



REGIONE LOMBARDIA



Regione Lombardia

PROVINCIA DI MANTOVA



COMUNE DI
PORTO MANTOVANO



PROPRIETA'

COMUNE DI PORTO MANTOVANO

Strada Statale Cisa, 112 - 46047 Porto Mantovano (MN)

OGGETTO

**INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO
DELL'ASILO NIDO DI VIA UGO FOSCOLO
A PORTO MANTOVANO**

(CUP: C32B17000140004)

N° TAVOLA

B

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

**RELAZIONI SPECIALISTICHE
INDAGINI SUL FABBRICATO**

PROGETTISTA

ING. ALBERTO MANI

VIA A. SACCHI N. 6 - 46100 MANTOVA
TEL. 0376 222683 - FAX 0376 750904
E-MAIL: alberto.mani@studiotecnicomp.it

Timbro

Data

GENNAIO 2018

Relazioni specialistiche – Indagini sul fabbricato

PREMESSA

Si allega la documentazione tecnica relativa alle indagini che sono state eseguite al fine di approfondire la conoscenza del fabbricato e permettere la redazione del presente progetto di miglioramento sismico dell'asilo nido sito in via Ugo Foscolo.

Indagini eseguite e documenti allegati:

- Agosto/settembre 2017 - Caratterizzazione dinamica (ditta esecutrice LTM Laboratorio Tecnologico Mantovano srl).
- Agosto/settembre 2017 - Prove con martinetti piatti su muratura, prove a taglio su muratura, Indagini sulle malte, indagini endoscopiche, prove schlerometriche su cls, indagini su campioni di cls, microdemolizioni e ricerca armature dei c.a. (ditta esecutrice LTM Laboratorio Tecnologico Mantovano srl).
- Febbraio 2015 - Indagini sulle strutture sulle caratteristiche strutturali (ditta esecutrice Tecnoindagini srl).



LABORATORIO PROVE MATERIALI

Aut. Min. LL.PP. n°23470 del 03/05/1983 (L.1086/71 art. 20) e successive proroghe ed aggiornamenti

Settori: Leganti Idraulici, Calcestruzzi, Laterizi ed Acciai

Homepage <http://www.labtecman.com/>

Contatti info@labtecman.com

Indagini in situ

Caratterizzazione dinamica dell'asilo nido di via Ugo Foscolo di Porto Mantovano (MN)

Relazione

Relazione descrittiva, documentazione fotografica e rapporto di prova



IMPRESA / STUDIO

CODICE CANTIERE / COMMESSA

COMMITTENTE
COMUNE DI PORTO MANTOVANO
VIA STRADA CISA, 112
PORTO MANTOVANO MN

RIFERIMENTI COMMITTENTE

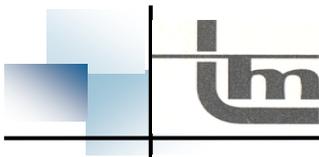
Arch.Giuseppe Menestò – Ufficio Tecnico Comune di Porto Mantovano
Ing.Paolo Ravelli – Studio tecnico Ing.Alberto Mani

04			Codice commessa
03			Verbale di Accettazione 372B/2017 del 03/08/17
02			Rapporto di prova prot. n. 672B/17 del 26/09/17
01			Il Responsabile di settore Ing. Virginio Brocajoli
00		Prima emissione	
Emissione	Data	Oggetto	Il tecnico rilevatore Ing. Christian Pace



SOMMARIO

1	GENERALITA'	3
2	METODOLOGIA D'INDAGINE	3
2.1	Posizionamento accelerometri.....	4
2.2	Strumentazione utilizzata per la campagna di indagine.....	4
2.2.1	Corrispondenza fra terme di riferimento e codici degli accelerometri.....	5
2.2.2	Settaggio canali centralina	5
2.2.3	Acquisizione dei segnali	6
3	Prova dinamica: acquisizione segnali ed elaborazione dati	7
3.1	"Evento 1" – ore 12.19 – registrazione 10 minuti.....	7
3.1.1	"Evento 1" – ore 12.19 – registrazione 10 minuti – Segnali canali 1-2-3.....	7
3.1.2	"Evento 1" – ore 12.19 – registrazione 10 minuti – canali 4-5-6.....	8
3.1.3	"Evento 1" – ore 12.19 – registrazione 10 minuti – canali 7-8-9.....	9
3.1.4	"Evento 1" – ore 12.19 – registrazione 10 minuti – canali 10-11-12.....	10
3.1.5	Spettro Terna 1	11
3.1.6	Spettro Terna 2	12
3.1.7	Spettro Terna 3	13
3.1.8	Spettro Terna 4	14
3.1.9	Conclusioni "Evento1".....	15
3.2	"Evento 2" – ore 12.34 – registrazione 10 minuti.....	16
3.2.1	"Evento 2" – ore 12.34 – registrazione 10 minuti – Segnali canali 1-2-3.....	16
3.2.2	"Evento 2" – ore 12.34 – registrazione 10minuti – canali 4-5-6.....	17
3.2.3	"Evento 2" – ore 12.34 – registrazione 10minuti – canali 7-8-9.....	18
3.2.4	"Evento 2" – ore 12.34 – registrazione 10 minuti – canali 10-11-12.....	19
3.2.5	Spettro Terna 1	20
3.2.6	Spettro Terna 2	21
3.2.7	Spettro Terna 3	22
3.2.8	Spettro Terna 4	23
3.2.9	Conclusioni "Evento2".....	24
3.3	"Evento 3" – ore 12.54– registrazione 10 minuti.....	25
3.3.1	"Evento 3" – ore 12.54 – registrazione 10 minuti – Segnali canali 1-2-3.....	25
3.3.2	"Evento 3" – ore 12.54 – registrazione 10 minuti – canali 4-5-6.....	26
3.3.3	"Evento 3" – ore 12.54 – registrazione 10 minuti – canali 7-8-9.....	27
3.3.4	"Evento 3" – ore 12.54 – registrazione 10 minuti – canali 10-11-12.....	28
3.3.5	Spettro Terna 1	29



3.3.6	Spettro Terna 2	30
3.3.7	Spettro Terna 3	31
3.3.8	Spettro Terna 4	32
3.3.9	Conclusioni "Evento 3"	33
3.4	Documentazione fotografica	34

1 GENERALITA'

Il giorno 22 agosto 2017 sono state effettuate delle prove di caratterizzazione dinamica dell'asilo nido di via Ugo Foscolo di Porto Mantovano (MN) mediante rilievi accelerometrici/velocimetrici da sorgenti naturali o antropiche per la determinazione dei periodi fondamentali della struttura relativi ai primi modi di vibrare.

Hanno partecipato all'esecuzione delle prove i Signori:

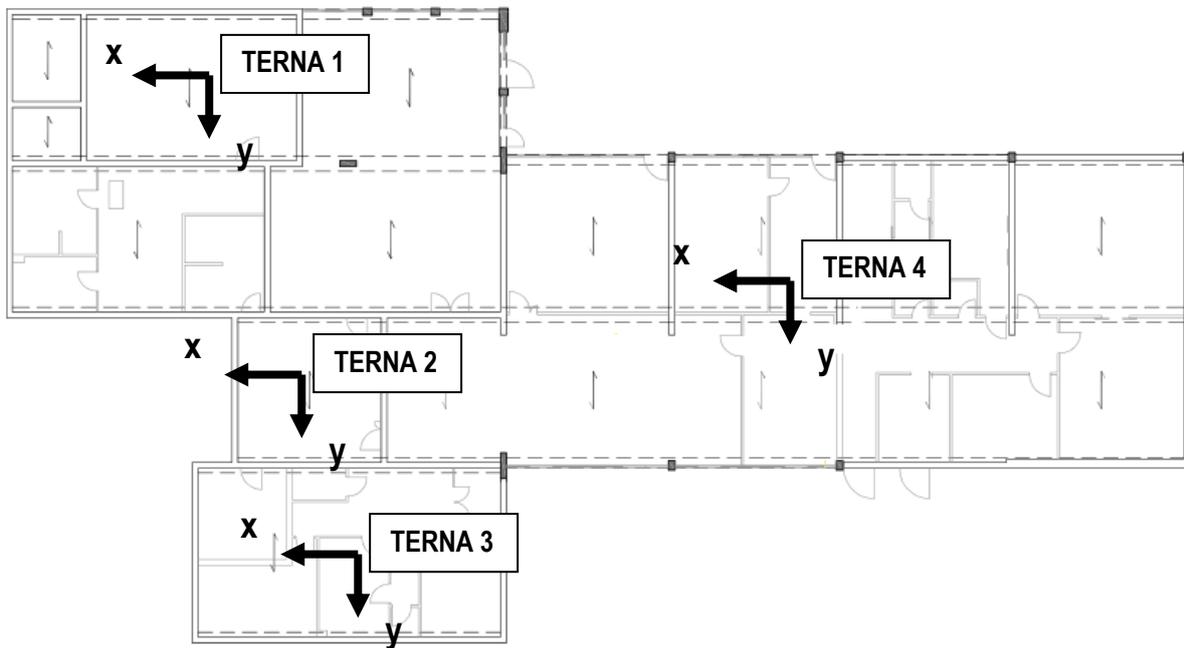
- *Ing. Christian Pace, LTM. S.r.l.*

2 METODOLOGIA D'INDAGINE

L'indagine in situ prevede l'esecuzione di una prova dinamica, suddivisa in tre diverse registrazioni delle accelerazioni della struttura nelle tre direzioni dello spazio definite "EVENTI" della durata di 10 minuti circa ciascuno. Oggetto della prova è il solaio del sottotetto. Dall'analisi dei risultati si dovrà quindi misurare la risposta strutturale in presenza della sola eccitazione ambientale, onde stabilire le frequenze proprie dell'edificio. Tutte le stazioni di indagine sono state preventivamente tracciate.

Al fine di determinare le prime frequenze modali e quindi i primi modi di vibrare, la prova dinamica è stata condotta mantenendo fissi i 4 acquisitori disponibili. Di seguito è riportato schematicamente il layout di prova.

2.1 Posizionamento accelerometri



Posizione terne accelerometriche

2.2 Strumentazione utilizzata per la campagna di indagine

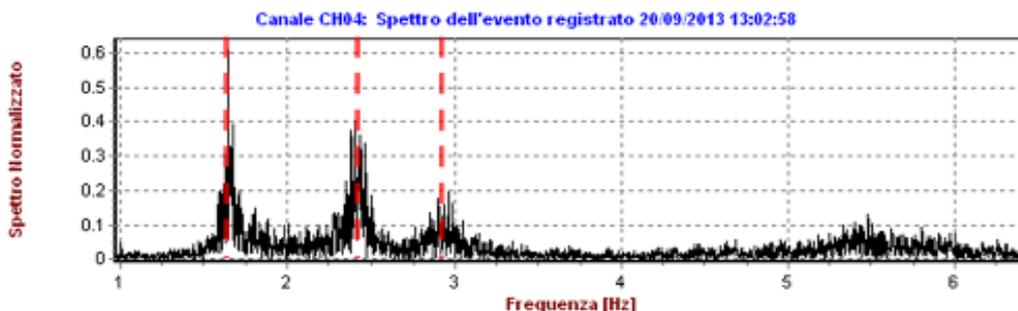
Le prove dinamiche ai fini della caratterizzazione delle vibrazioni libere della struttura sono svolte mediante il posizionamento nei punti più significativi di sensori accelerometrici di sensibilità tale da consentire la misurazione del rumore ambientale e/o sollecitazione antropica presente nelle zone circostanti. Le prove vengono quindi effettuate senza la necessità di adottare sollecitazioni specifiche mediante vibrodine o impulsi di bassa frequenza alla base dell'edificio. Ogni strumento è dotato al proprio interno di una terna di accelerometri, ciascuno in grado di rilevare le ampiezze delle oscillazioni nelle direzioni dominanti x, y, z di seguito indicate negli schemi di installazione delle varie prove.



- N.4 terne x, y, z di accelerometri del tipo **Solgeo AC-SF 1600 3D** su basette metalliche a pavimento.
 Le acquisizioni dei dati sono effettuate mediante centralina a 12 canali utilizzabile in modo manuale o attraverso soglie programmabili.
- Centralina di acquisizione del tipo **Solgeo Dymas 24 System**
 Le misurazioni sono effettuate per una durata sufficiente da consentire l'apprezzamento delle componenti di bassa frequenza, tipiche delle strutture civili. I rilievi sono ripetuti ed analizzati preliminarmente in sito per verificarne la ripetibilità, al fine di eludere interferenze e/o fenomeni isolati.



I segnali misurati vengono successivamente analizzati e scomposti in serie di Fourier al fine di identificare le frequenze fondamentali ed i valori dei periodi principali di vibrazione, come evidenziato nel grafico esemplificativo seguente.



2.2.1 Corrispondenza fra terne di riferimento e codici degli accelerometri

- Terna 1AC-SF1600-3D D006 013
- Terna 2AC-SF1600-3D D006 015
- Terna 3AC-SF1600-3D D006 002
- Terna 4AC-SF1600-3D D006 017
-

2.2.2 Settaggio canali centralina

CANALE di ACQUISIZIONE	ACCELERAZIONE RILEVATA	SENSORE
1	X013	D006 013
2	Y013	D006 013
3	Z013	D006 013
4	X015	D006 015
5	Y015	D006 015
6	Z015	D006 015
7	X002	D006 002
8	Y002	D006 002
9	Z002	D006 002
10	X017	D006 017
11	Y017	D006 017
12	Z017	D006 017

Assegnazione canali centralina – Sensori accelerometrici

2.2.3 Acquisizione dei segnali

Alle pagine che seguono sono riportati i dati raccolti su tutti i 12 segnali acquisiti.

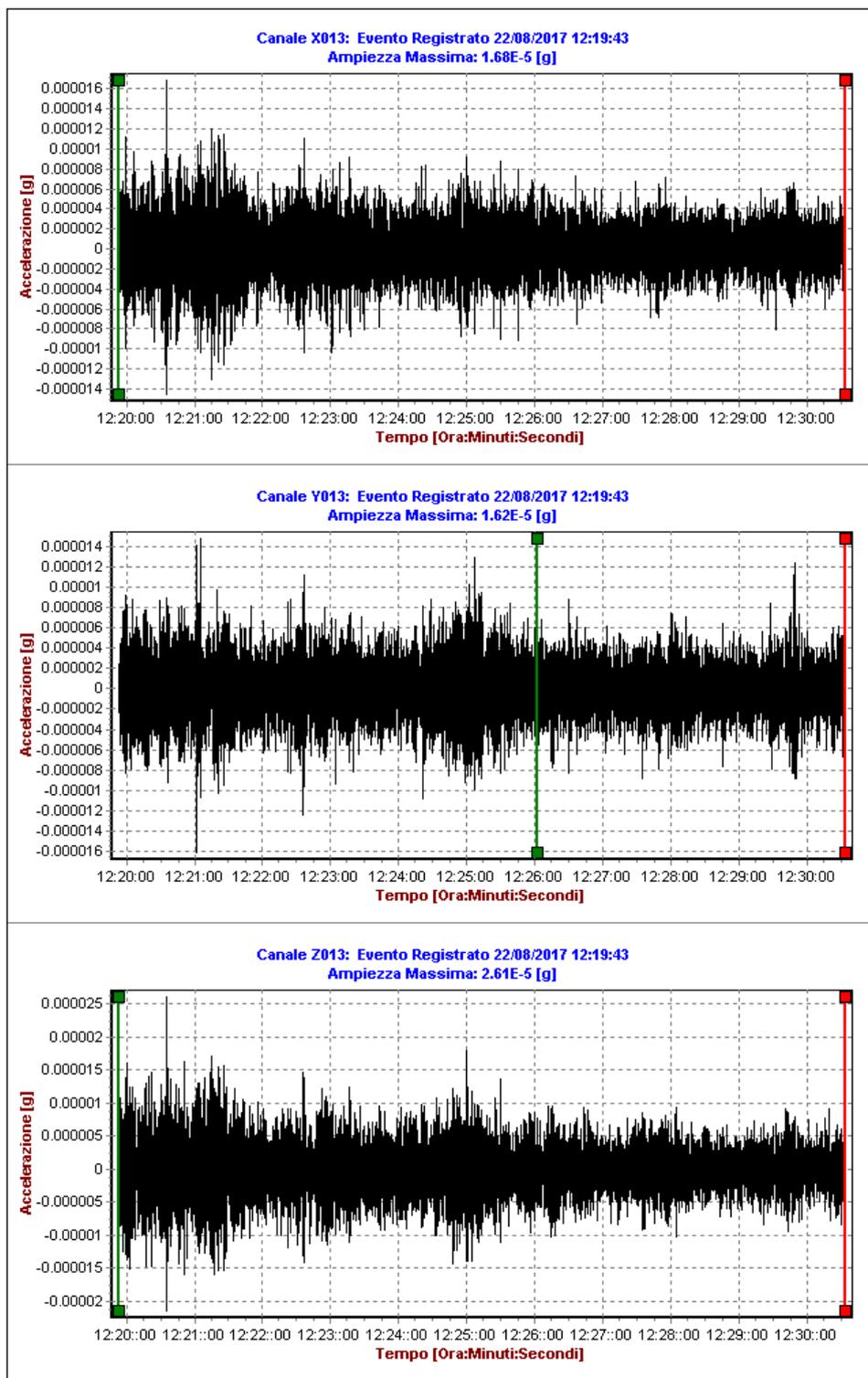
Si ricorda che gli spettri riportati nelle pagine che seguono sono stati restituiti con ordine, ossia inserendo rispettivamente:

- X013 in quanto corrispondente alla x della terna 1;
- Y013 in quanto corrispondente alla y della terna 1;
- X015 in quanto corrispondente alla x della terna 2;
- Y015 in quanto corrispondente alla y della terna 2;
- X002 in quanto corrispondente alla x della terna 3;
- Y002 in quanto corrispondente alla y della terna 3;
- X017 in quanto corrispondente alla x della terna 4;
- Y017 in quanto corrispondente alla y della terna 4.

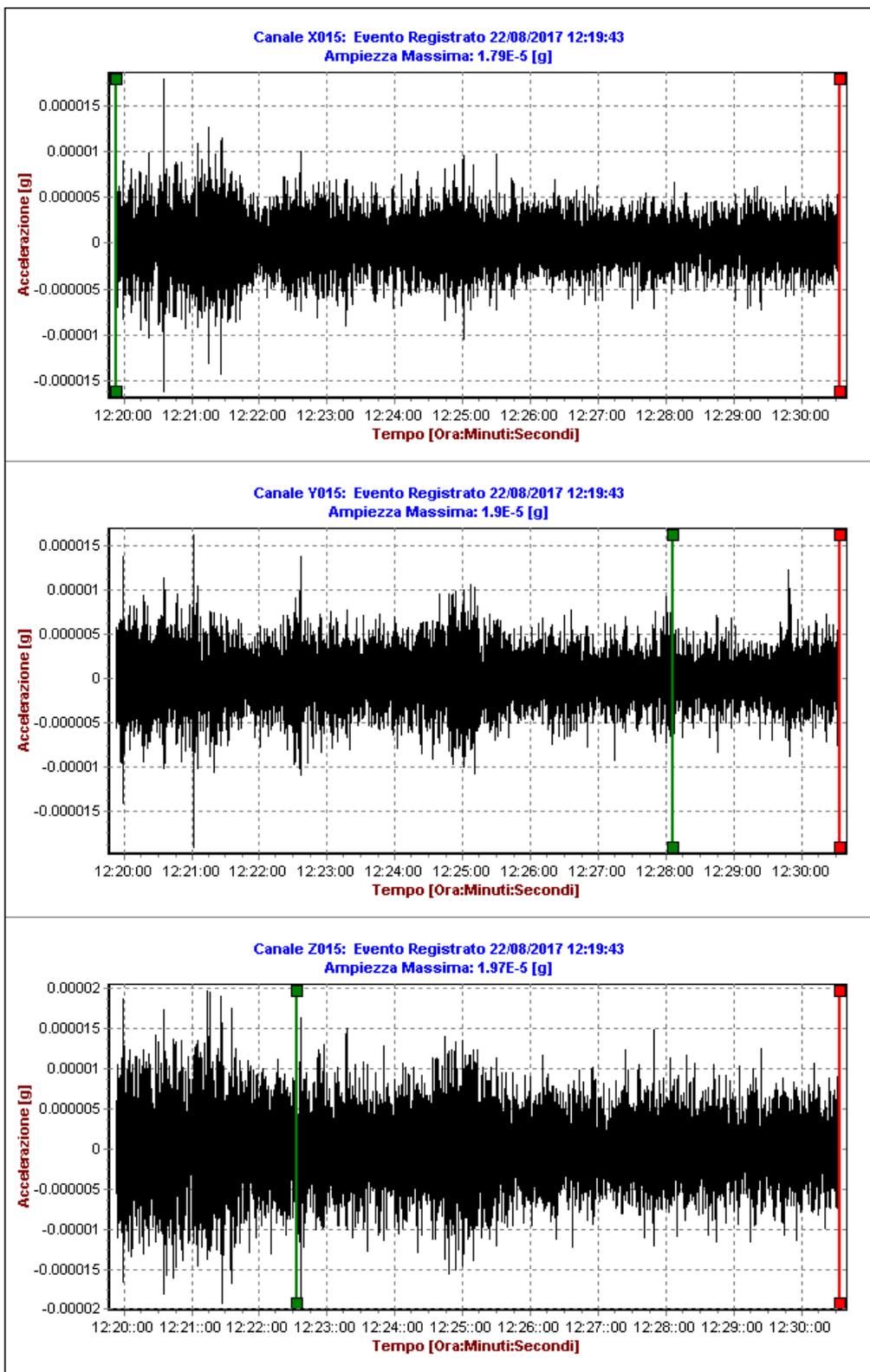
3 PROVA DINAMICA: ACQUISIZIONE SEGNALI ED ELABORAZIONE DATI

3.1 “Evento 1” – ore 12.19 – registrazione 10 minuti

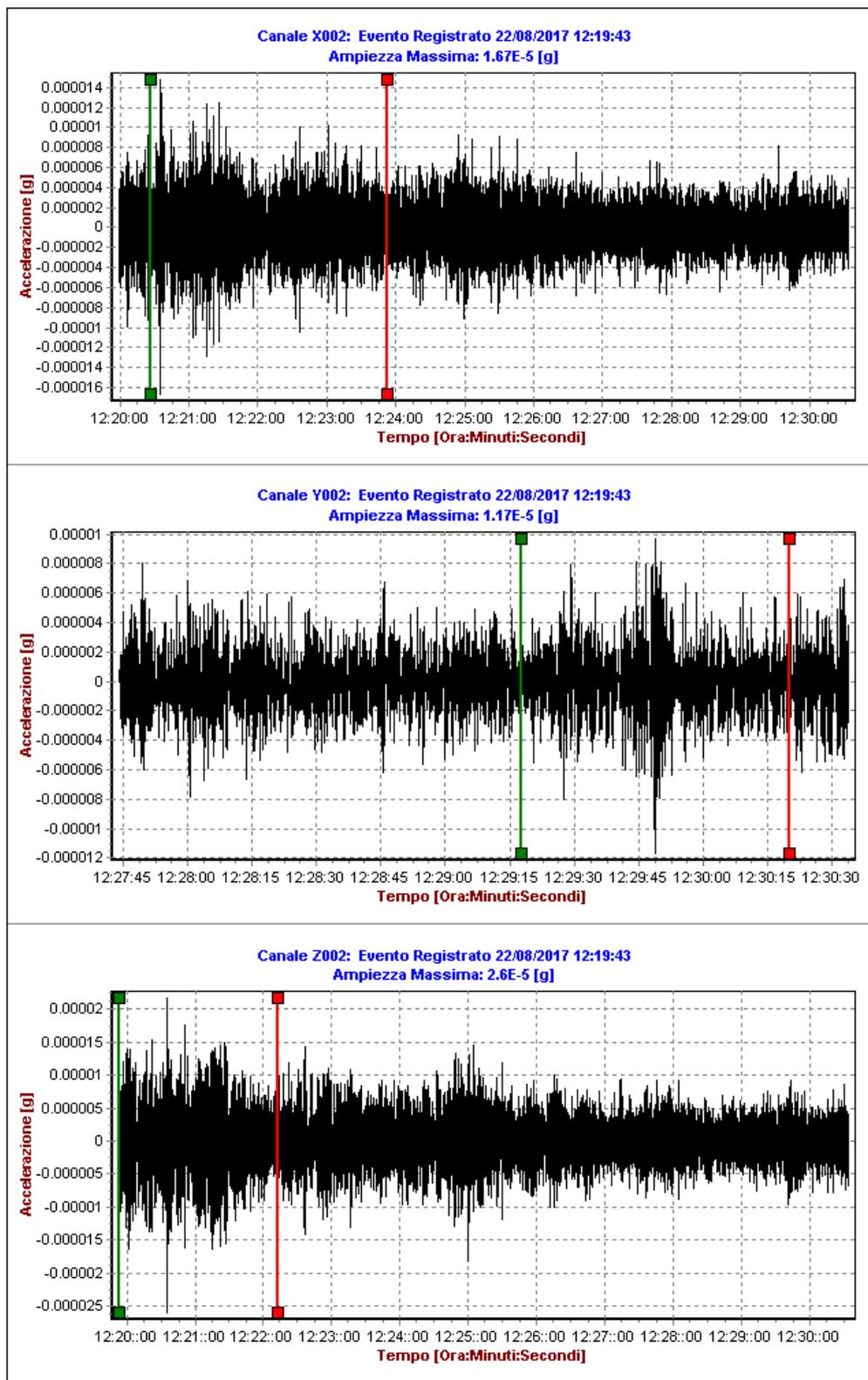
3.1.1 “Evento 1” – ore 12.19 – registrazione 10 minuti – Segnali canali 1-2-3



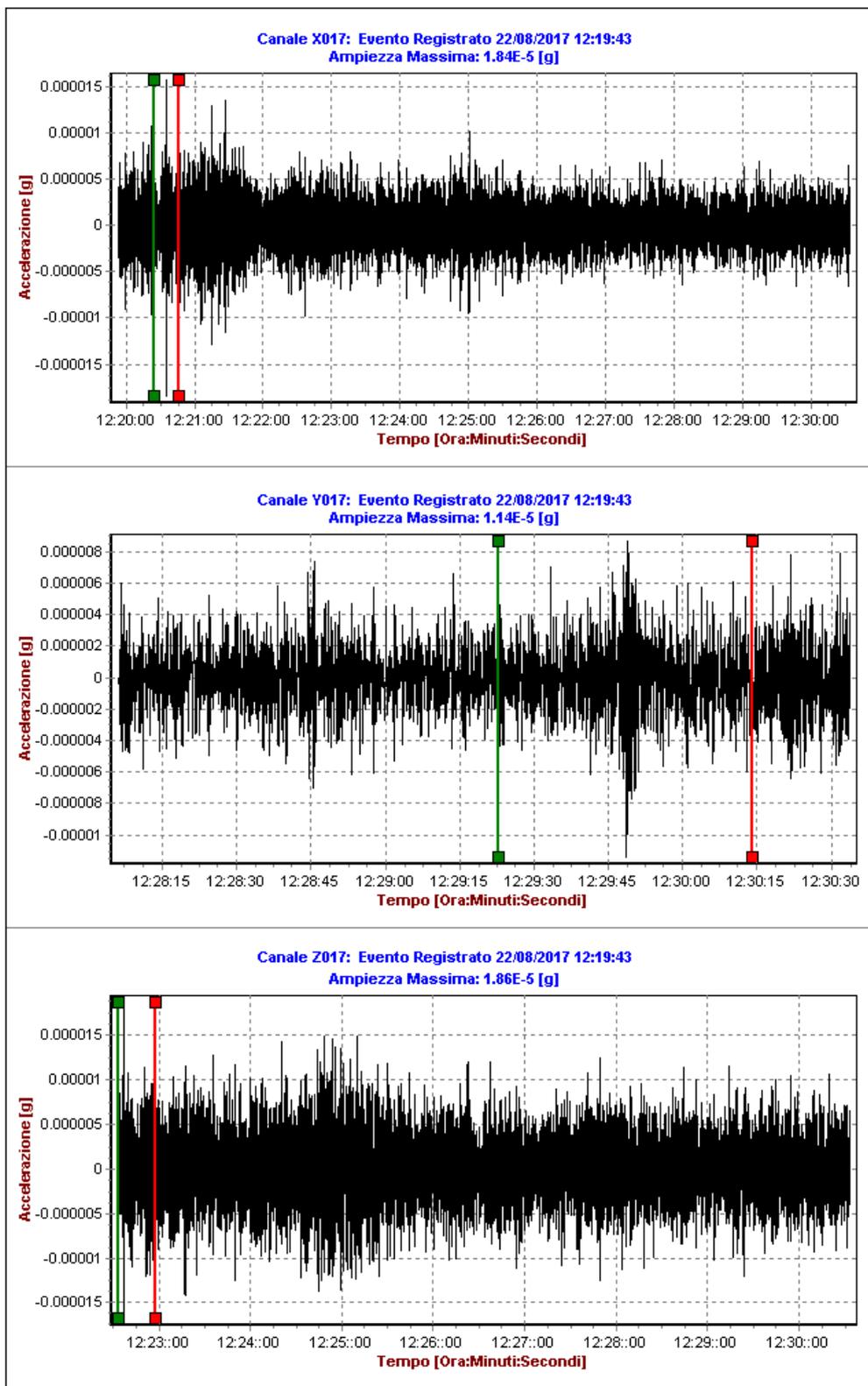
3.1.2 "Evento 1" – ore 12.19 – registrazione 10 minuti – canali 4-5-6



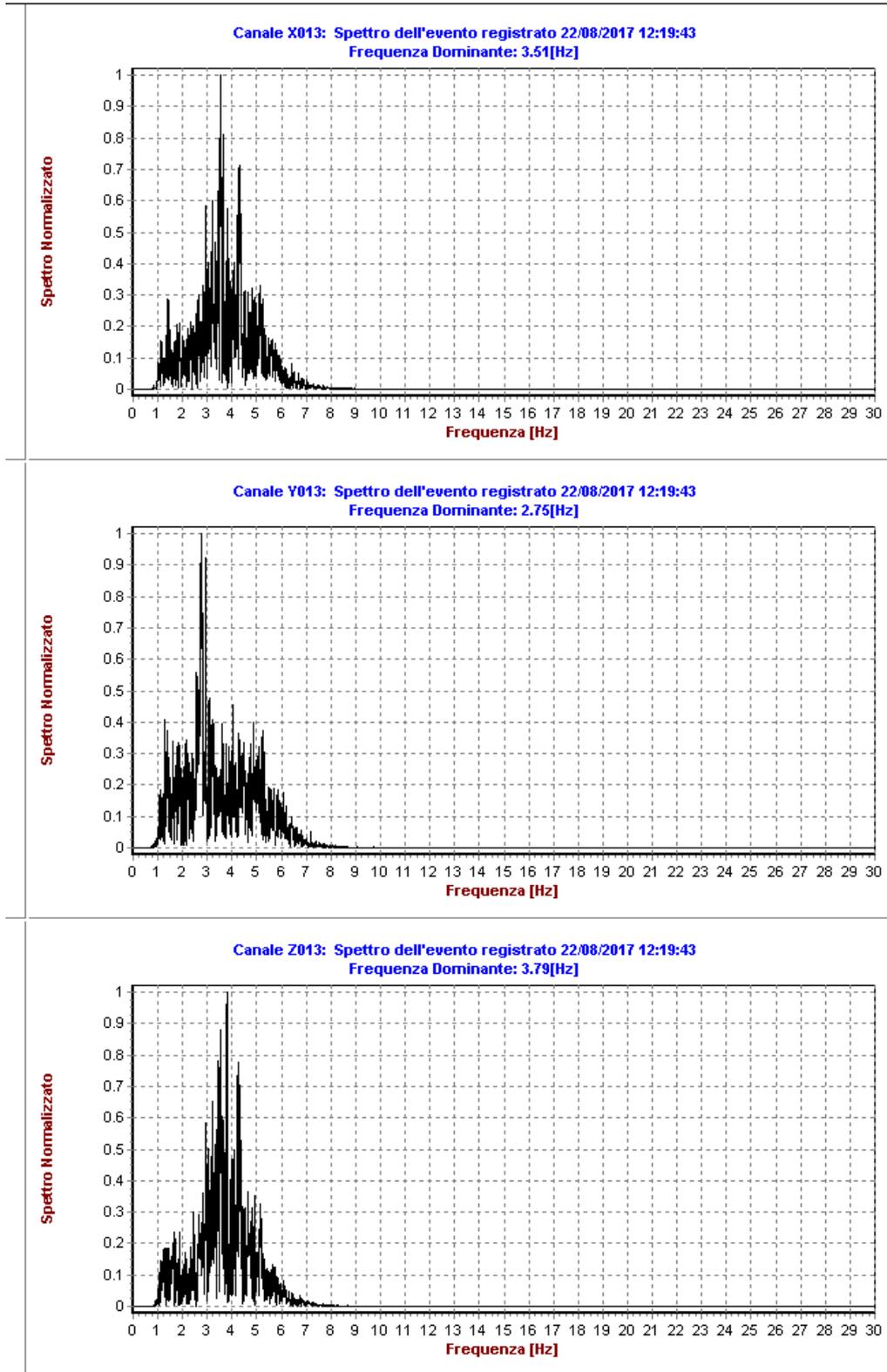
3.1.3 "Evento 1" – ore 12.19 – registrazione 10 minuti – canali 7-8-9



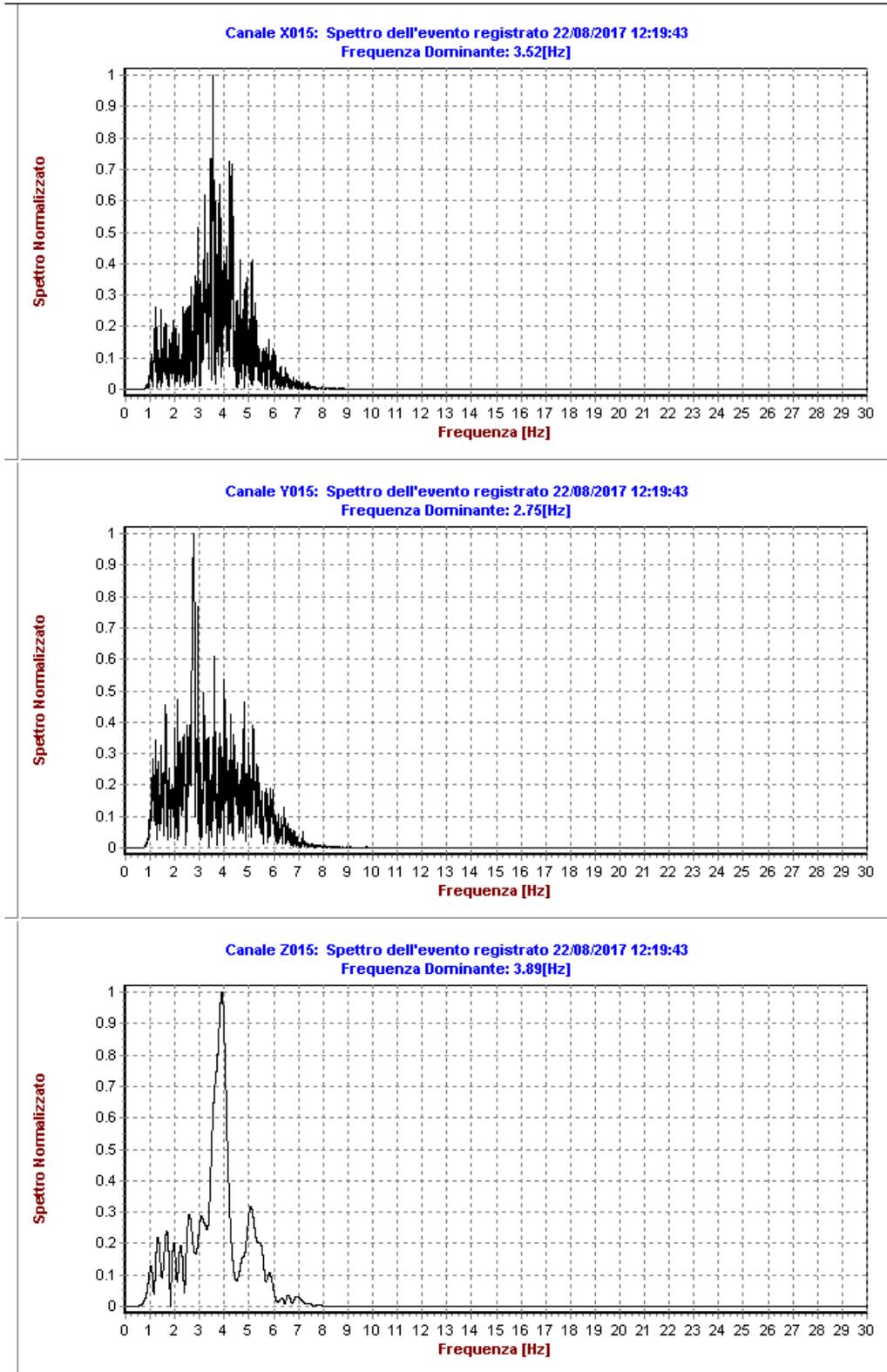
3.1.4 "Evento 1" – ore 12.19 – registrazione 10 minuti – canali 10-11-12



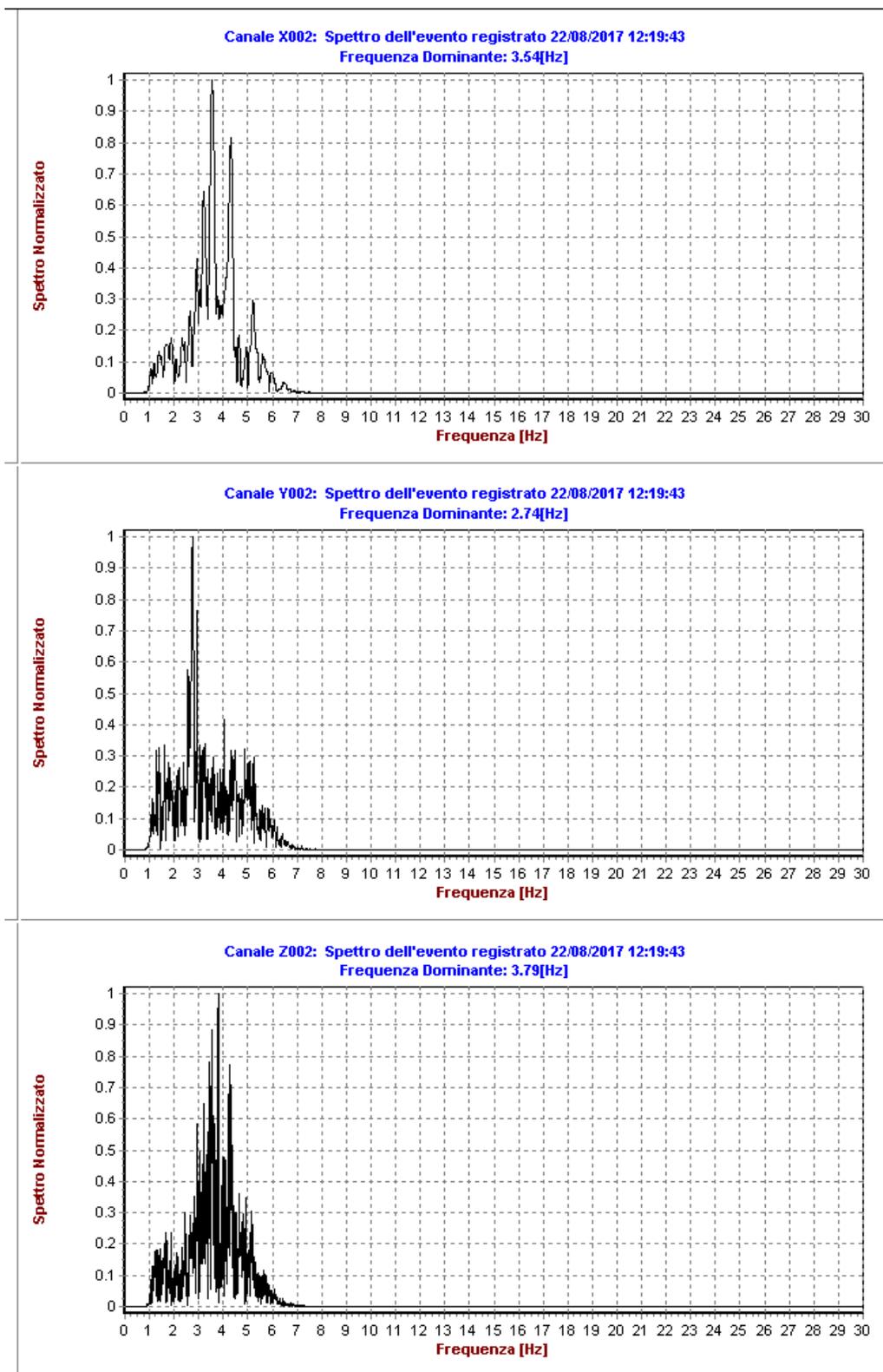
3.1.5 Spettro Terna 1



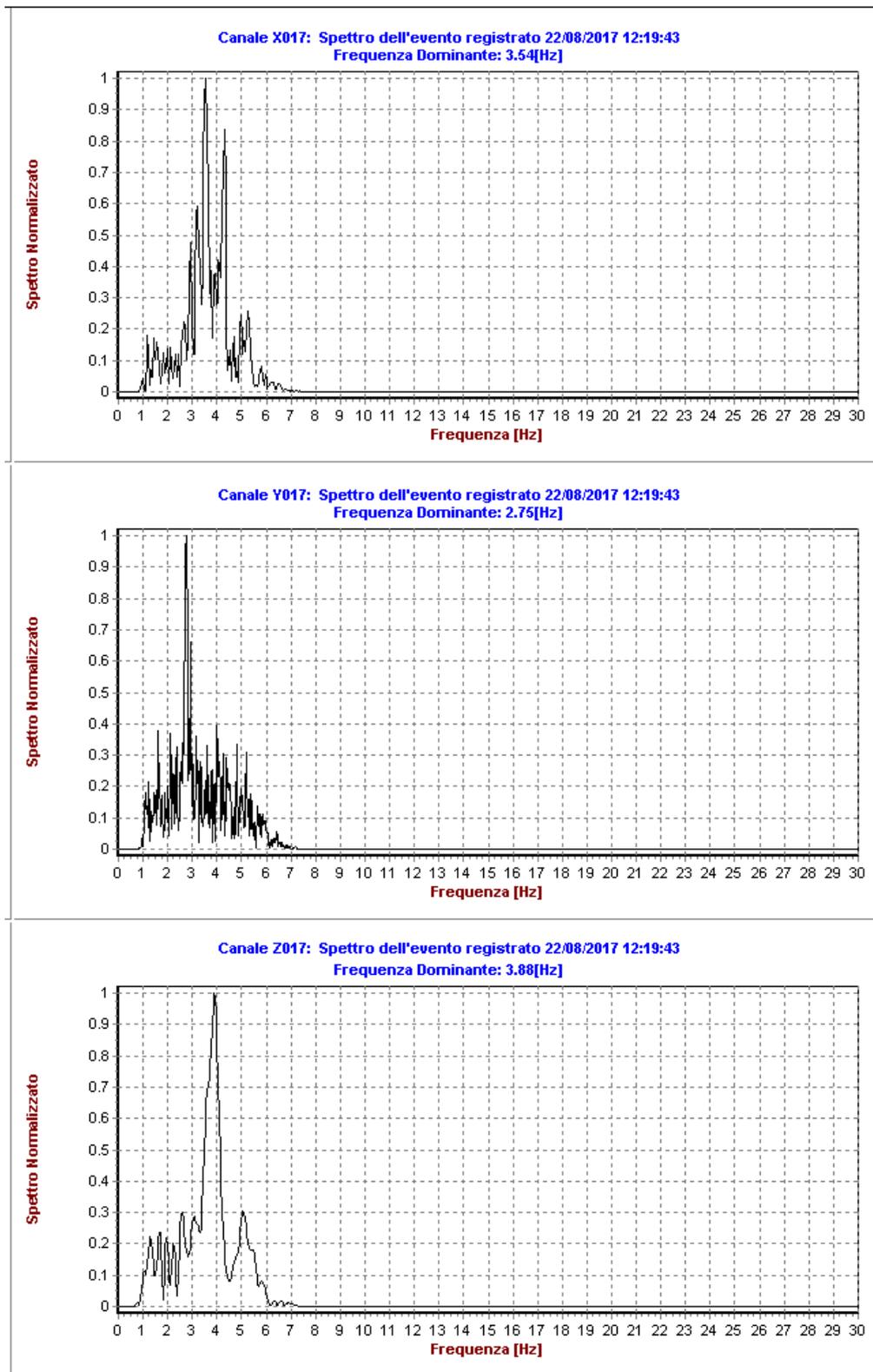
3.1.6 Spettro Terna 2



3.1.7 Spettro Terna 3



3.1.8 Spettro Terna 4



3.1.9 Conclusioni "Evento1"

Si riportano di seguito i valori relativi alle frequenze fondamentali di vibrazione dell'edificio lungo gli assi orizzontali di piano X, Y e l'asse verticale Z.

Tali frequenze fondamentali rilevate, in quanto dati sperimentali, sono affette da errori intrinseci di misurazione, pertanto nella tabella riassuntiva sottostante si riporta il valore mediato dai grafici delle pagine precedenti e l'intervallo di errore.

DIREZIONE	FREQUENZE (Hz)	PERIODI FONDAMENTALI (s)
X - Dominante 1	3.52	0.284
Y - Dominante 1	2.75	0.364
Z - Dominante 1	3.79	0.264
X - Dominante 2	3.52	0.284
Y - Dominante 2	2.75	0.364
Z - Dominante 2	3.89	0.257
X - Dominante 3	3.54	0.282
Y - Dominante 3	2.74	0.365
Z - Dominante 3	3.79	0.264
X - Dominante 4	3.54	0.282
Y - Dominante 4	2.74	0.365
Z - Dominante 4	3.79	0.264

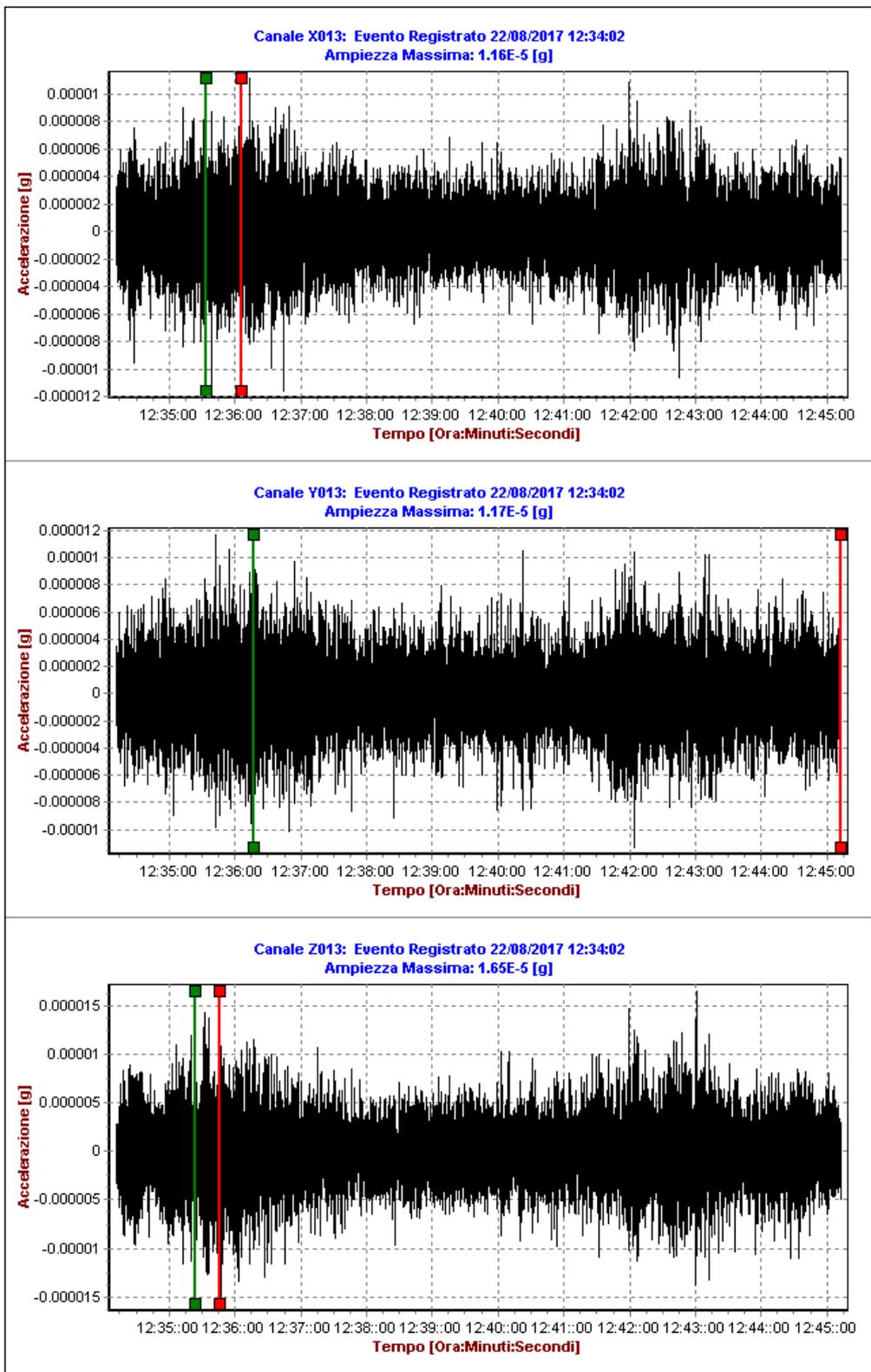
Frequenze derivanti dalla prova

DIREZIONE	FREQUENZE MEDIE (Hz)	VALORE MEDIO DEI PERIODI FONDAMENTALI (s)
X - Dominante	3.53 ± 0.10	0.283
Y - Dominante	2.75 ± 0.10	0.364
Z - Dominante	3.82 ± 0.10	0.262

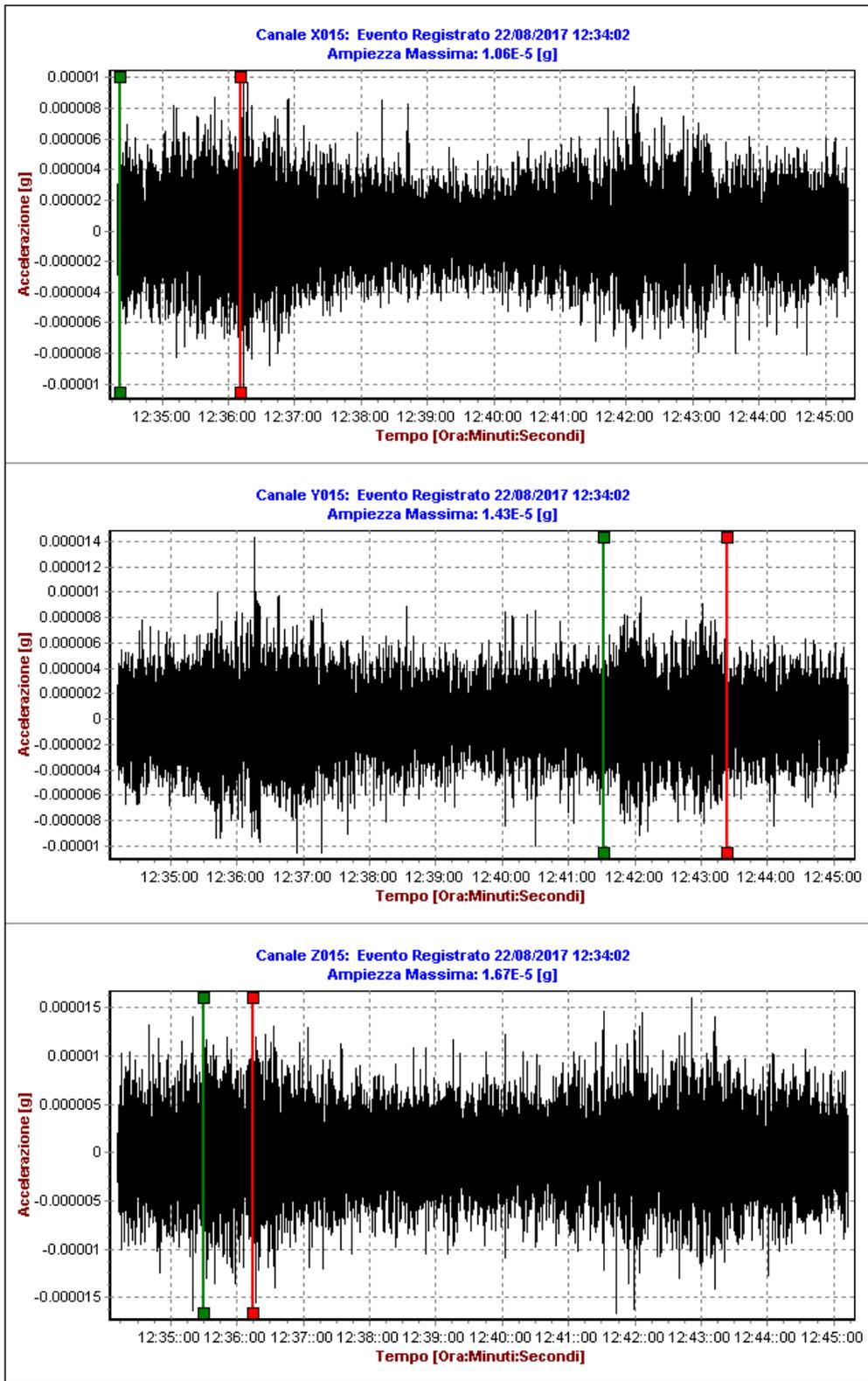
Frequenze dominanti

3.2 “Evento 2” – ore 12.34 – registrazione 10 minuti

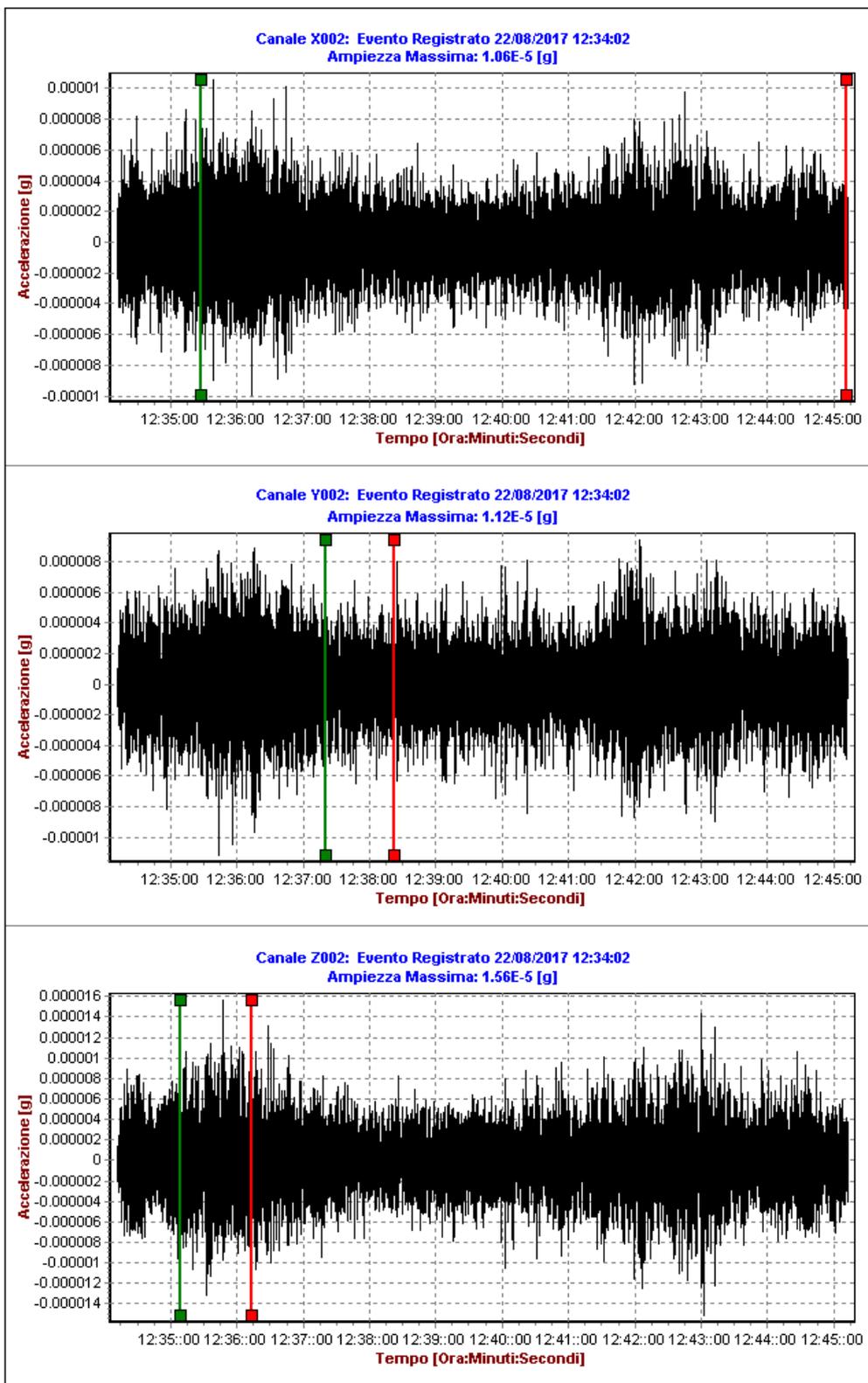
3.2.1 “Evento 2” – ore 12.34 – registrazione 10 minuti – Segnali canali 1-2-3



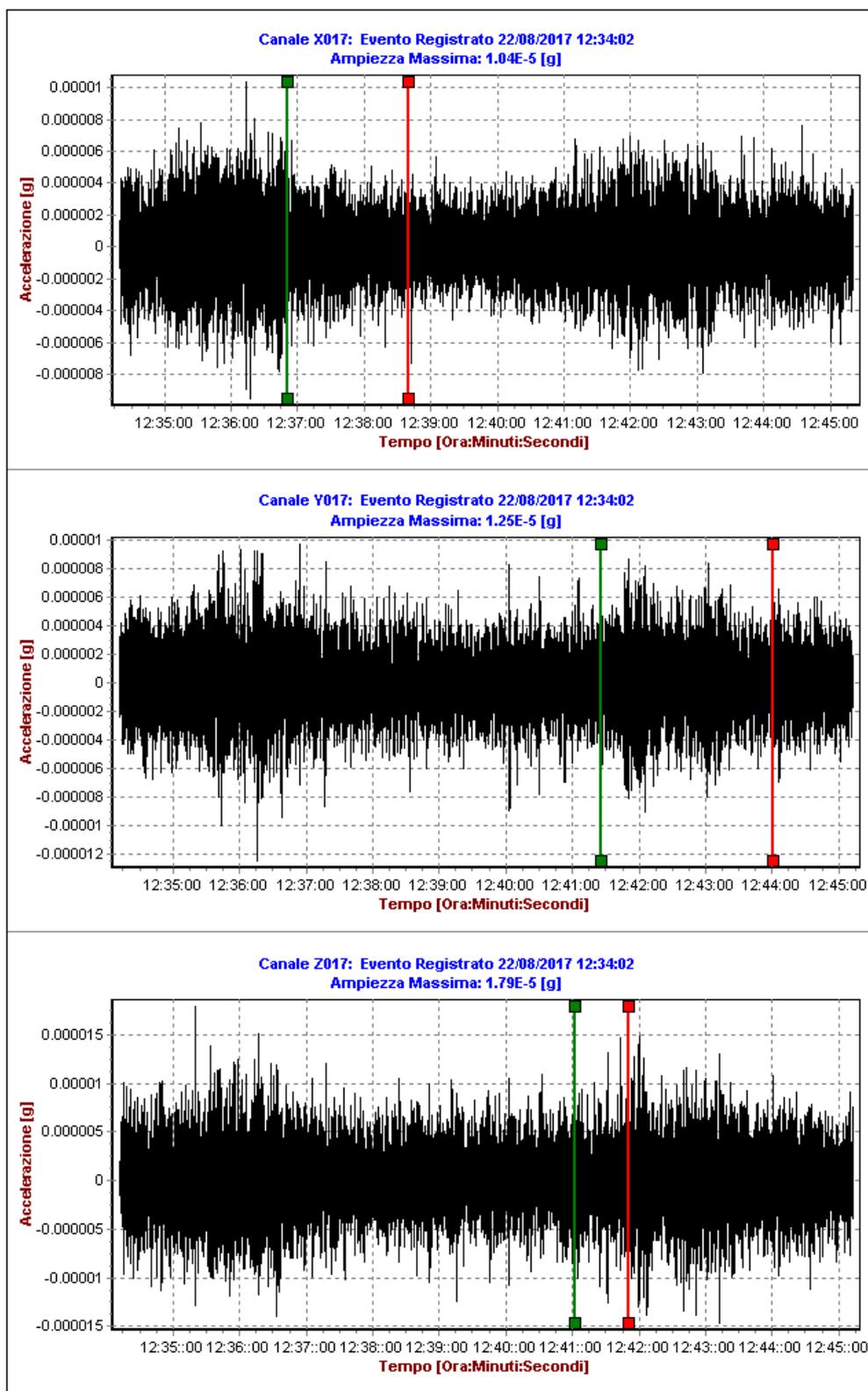
3.2.2 "Evento 2" – ore 12.34 – registrazione 10minuti – canali 4-5-6



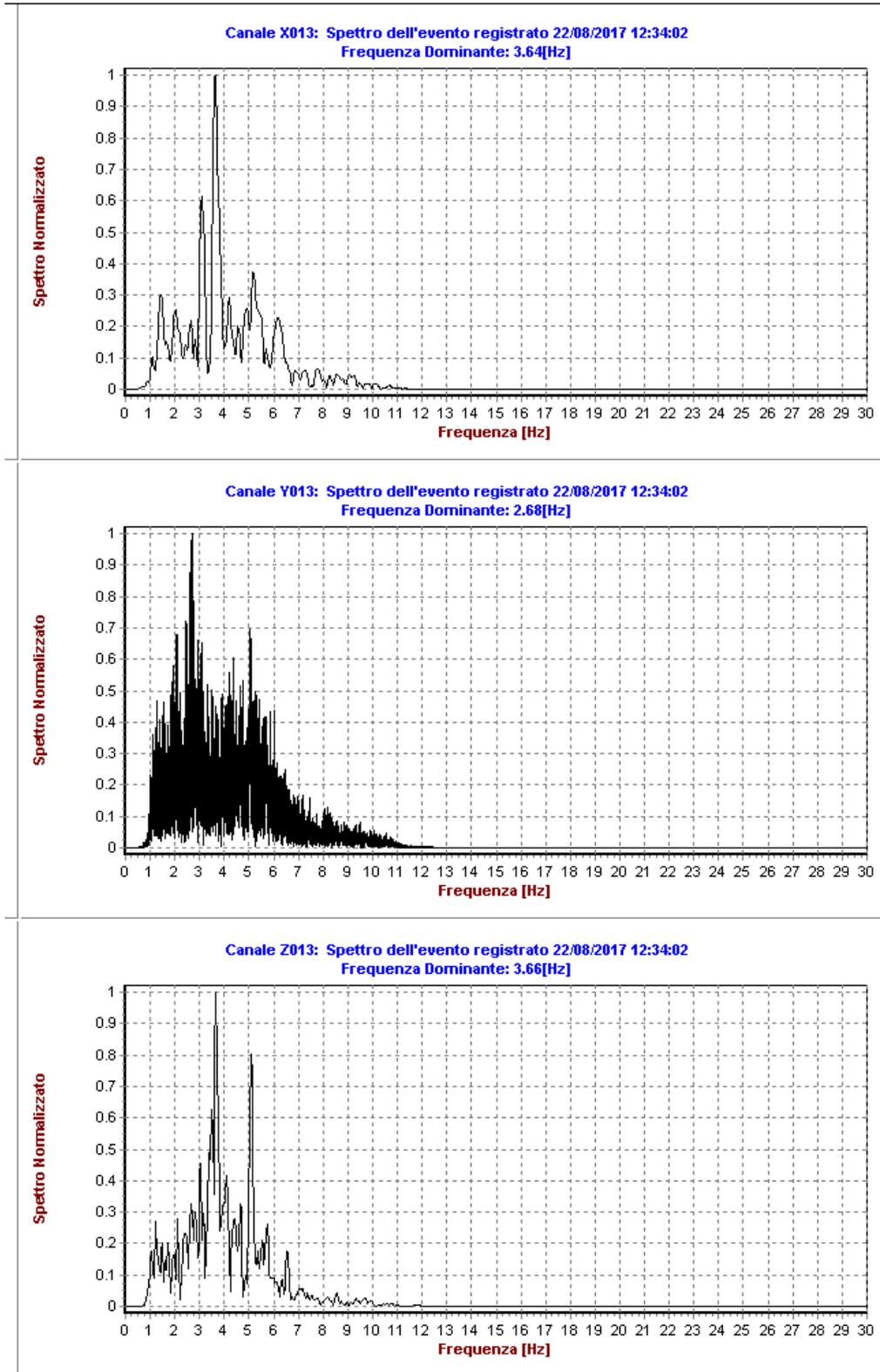
3.2.3 "Evento 2" – ore 12.34 – registrazione 10minuti – canali 7-8-9



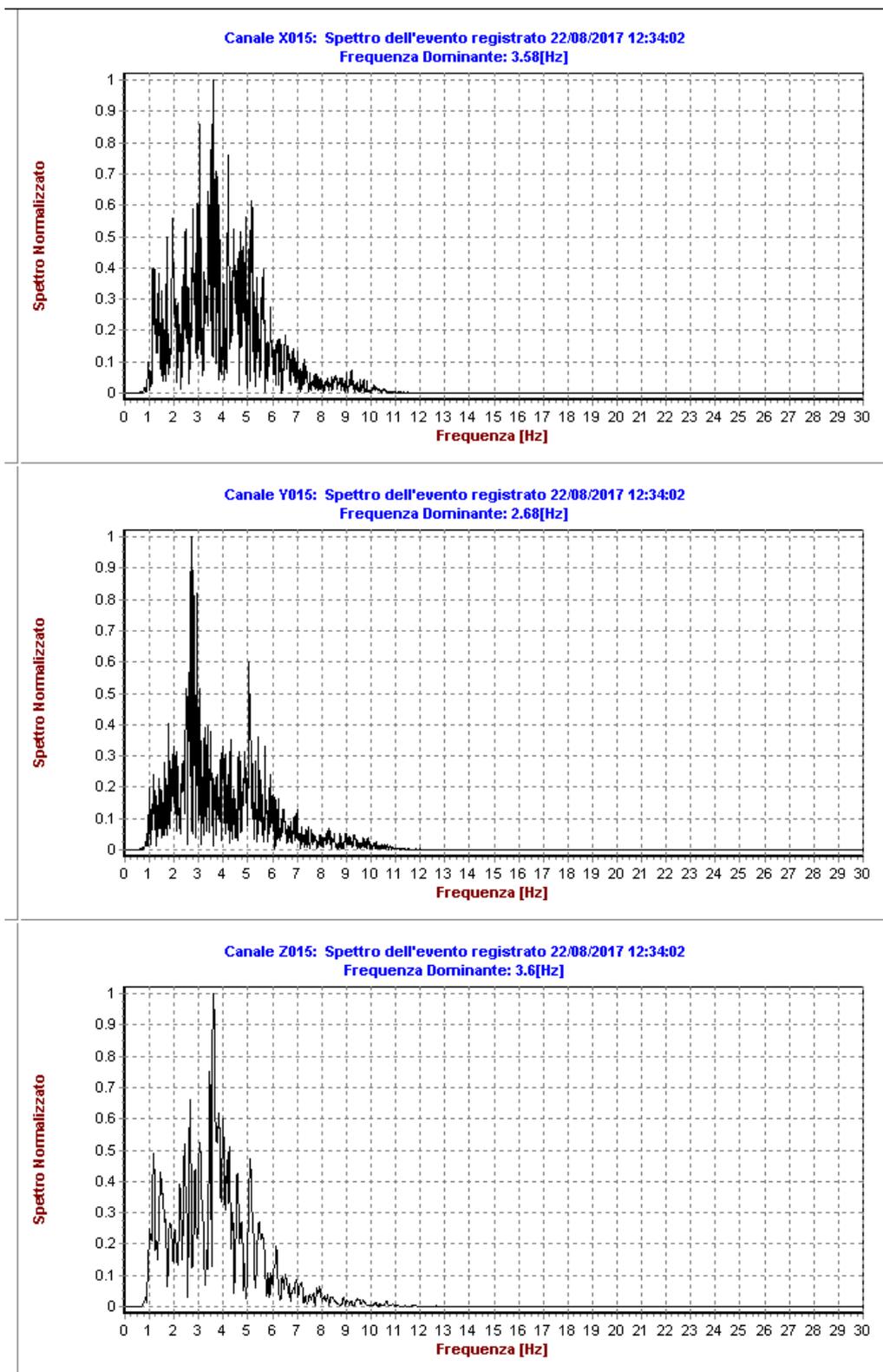
3.2.4 "Evento 2" – ore 12.34 – registrazione 10 minuti – canali 10-11-12



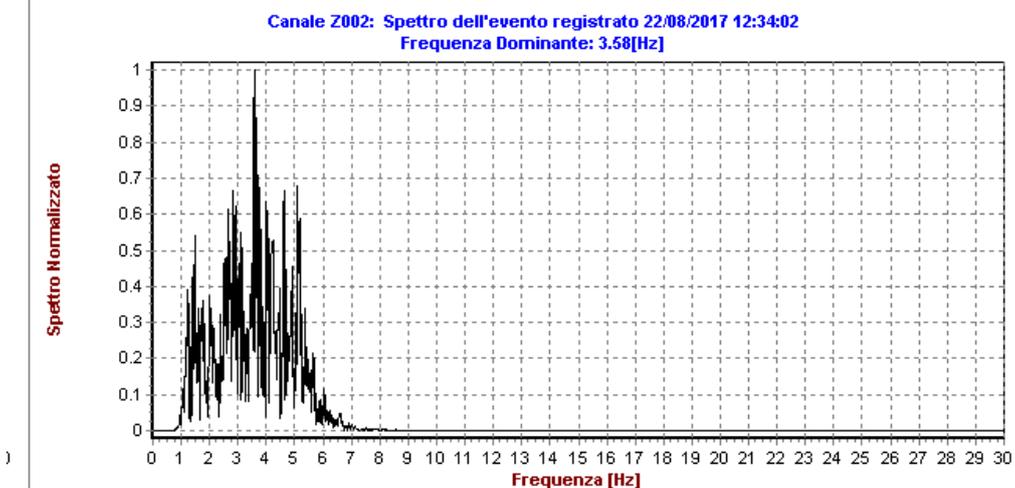
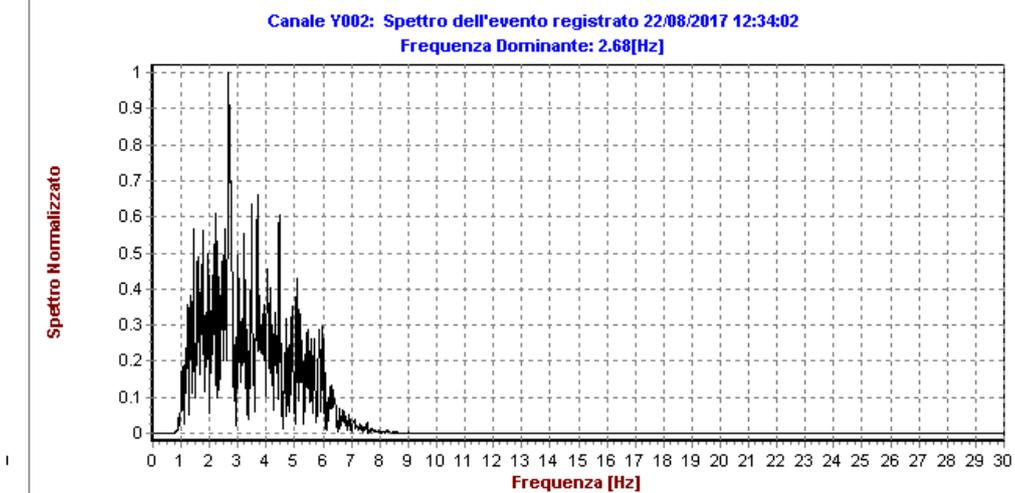
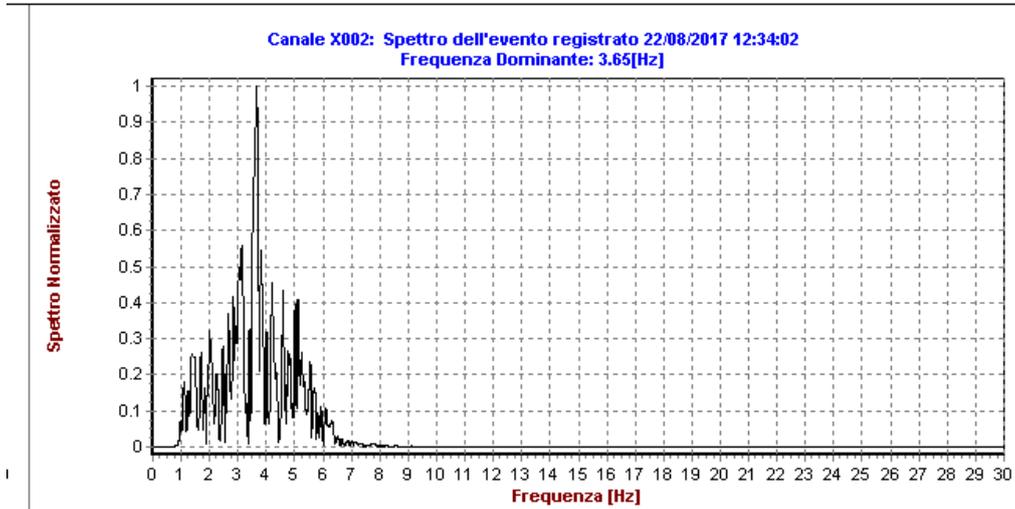
3.2.5 Spettro Terna 1



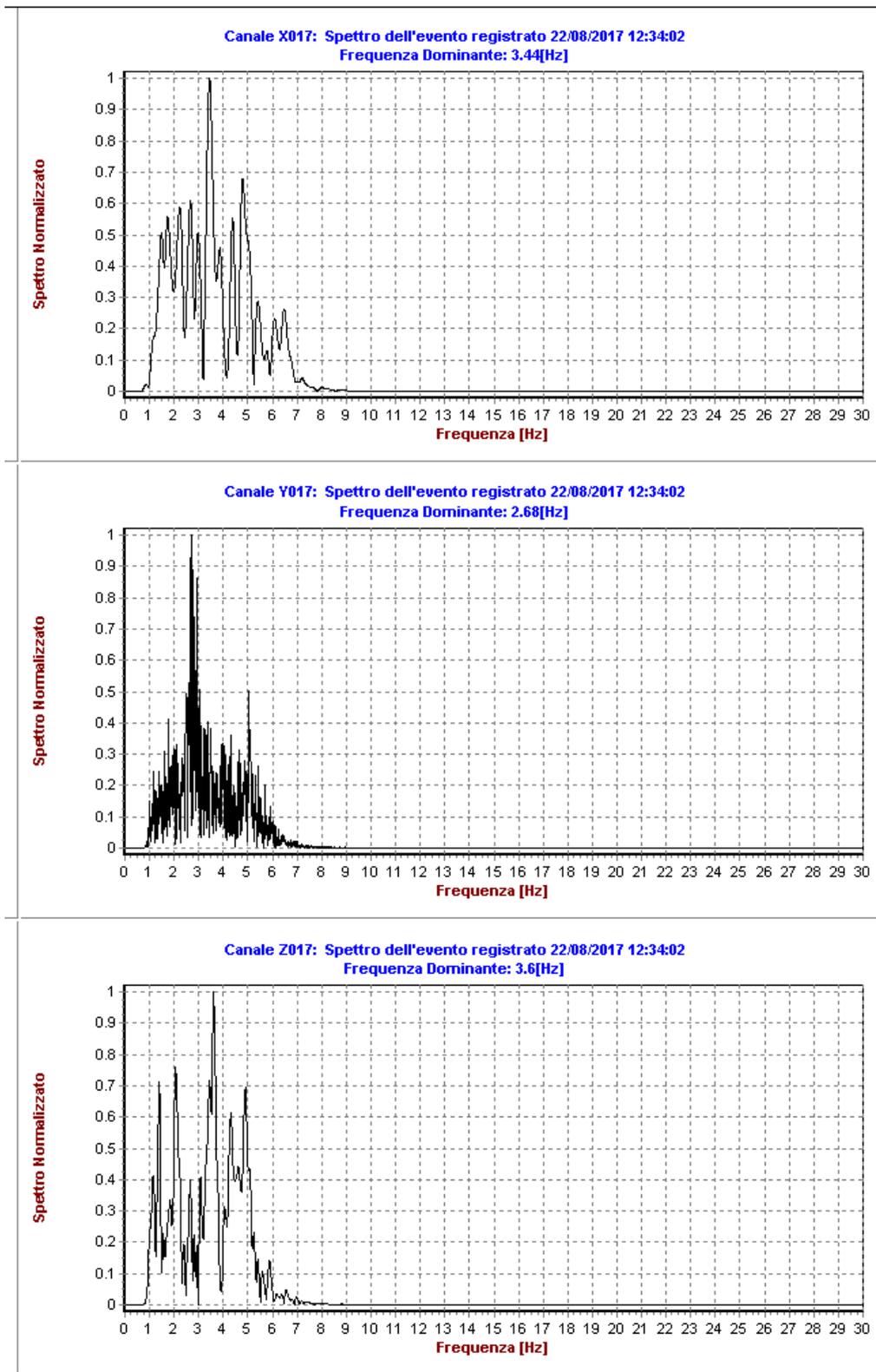
3.2.6 Spettro Terna 2



3.2.7 Spettro Terna 3



3.2.8 Spettro Terna 4



3.2.9 Conclusioni "Evento2"

Si riportano di seguito i valori relativi alle frequenze fondamentali di vibrazione dell'edificio lungo gli assi orizzontali di piano X, Y e l'asse verticale Z.

Tali frequenze fondamentali rilevate, in quanto dati sperimentali, sono affette da errori intrinseci di misurazione, pertanto nella tabella riassuntiva sottostante si riporta il valore mediato dai grafici delle pagine precedenti e l'intervallo di errore.

DIREZIONE	FREQUENZE (Hz)	PERIODI FONDAMENTALI (s)
X - Dominante 1	3.64	0.275
Y - Dominante 1	2.68	0.373
Z - Dominante 1	3.66	0.273
X - Dominante 2	3.58	0.279
Y - Dominante 2	2.68	0.373
Z - Dominante 2	3.6	0.278
X - Dominante 3	3.65	0.274
Y - Dominante 3	2.68	0.373
Z - Dominante 3	3.58	0.279
X - Dominante 4	3.44	0.290
Y - Dominante 4	2.68	0.373
Z - Dominante 4	3.6	0.278

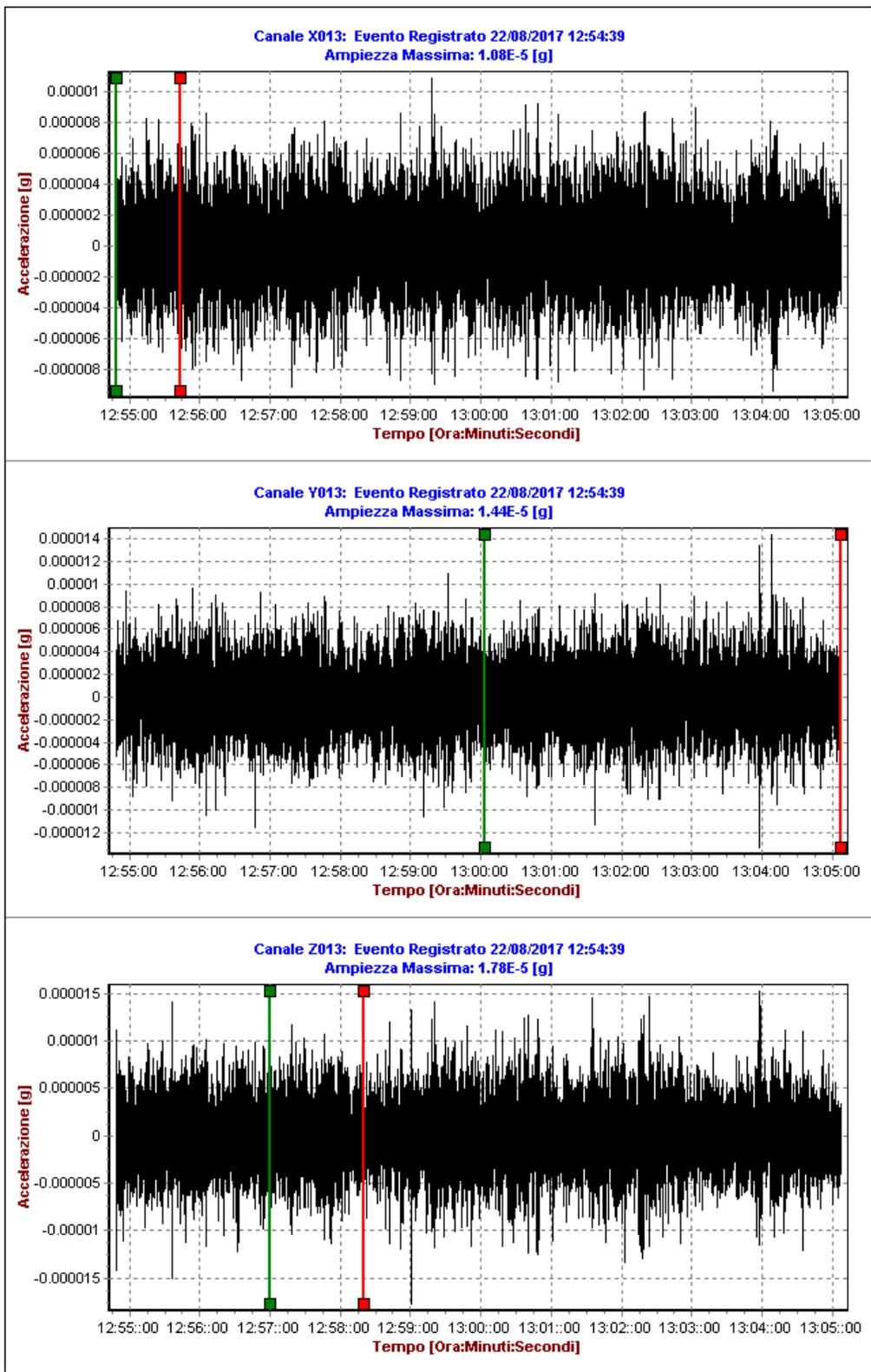
Frequenze derivanti dalla prova

DIREZIONE	FREQUENZE MEDIE	VALORE MEDIO DEI PERIODI FONDAMENTALI
X - Dominante	3.58 ± 0.10	0.279
Y - Dominante	2.68 ± 0.10	0.373
Z - Dominante	3.61 ± 0.10	0.277

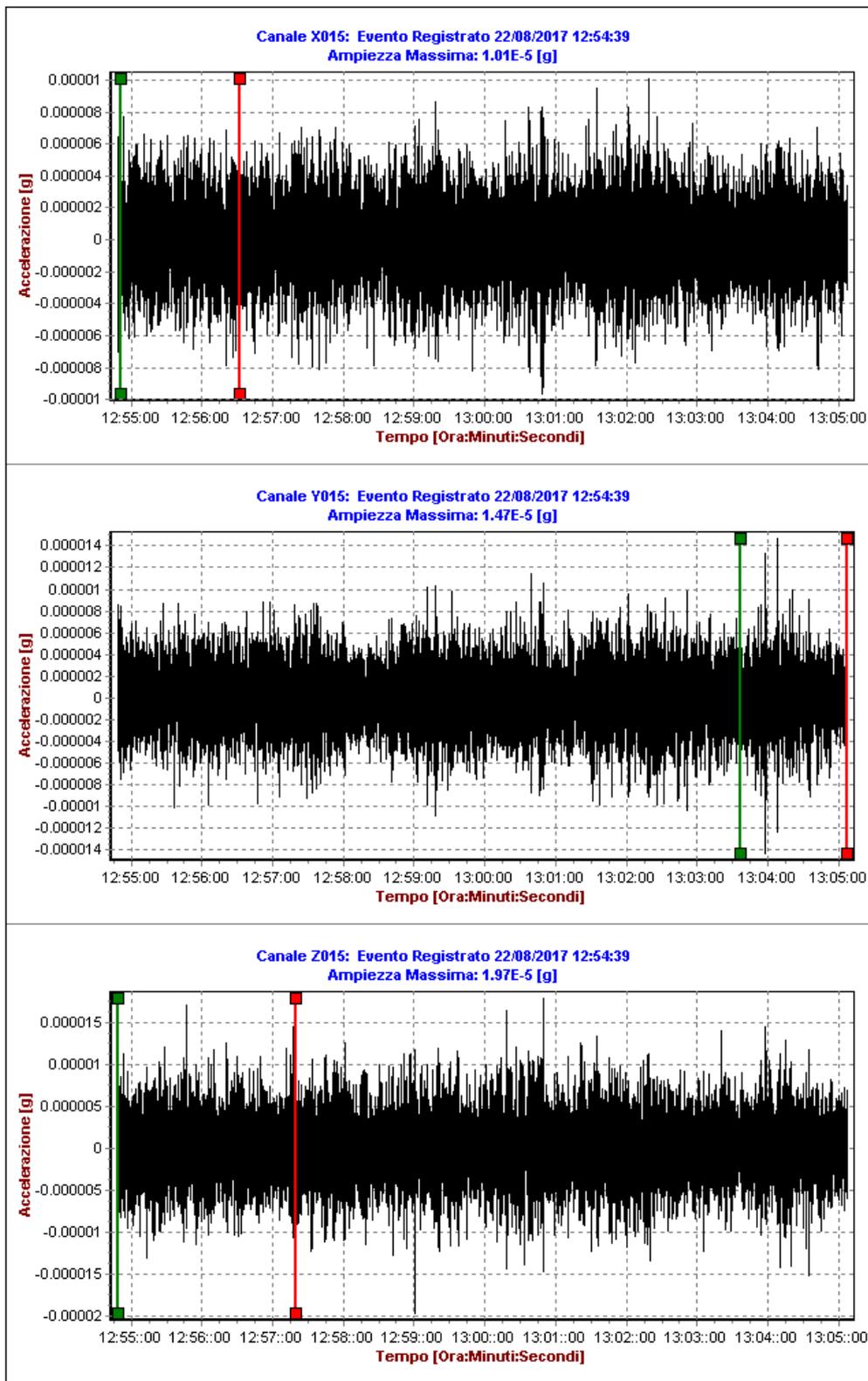
Frequenze dominanti

3.3 “Evento 3” – ore 12.54– registrazione 10 minuti

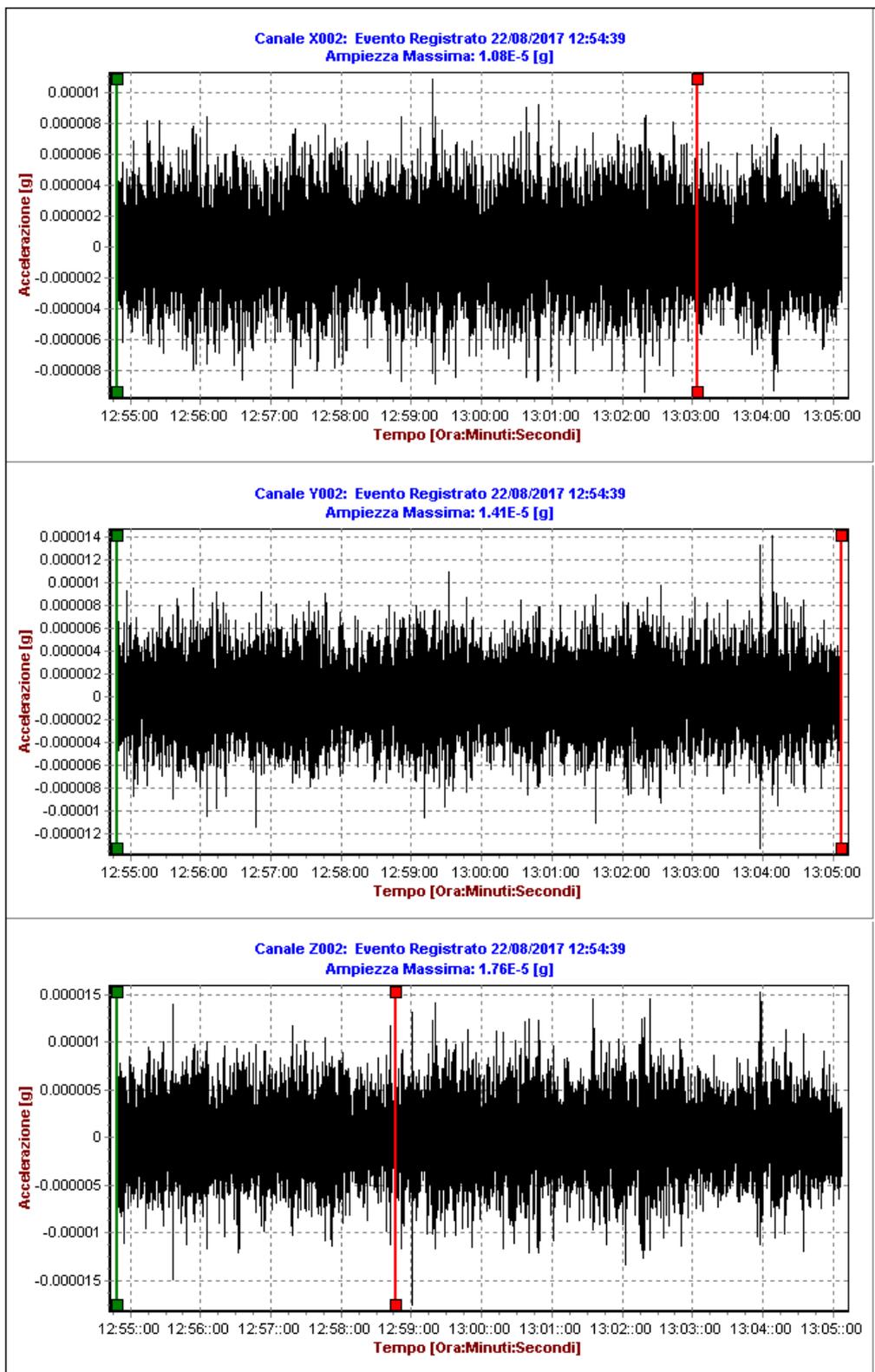
3.3.1 “Evento 3” – ore 12.54 – registrazione 10 minuti – Segnali canali 1-2-3



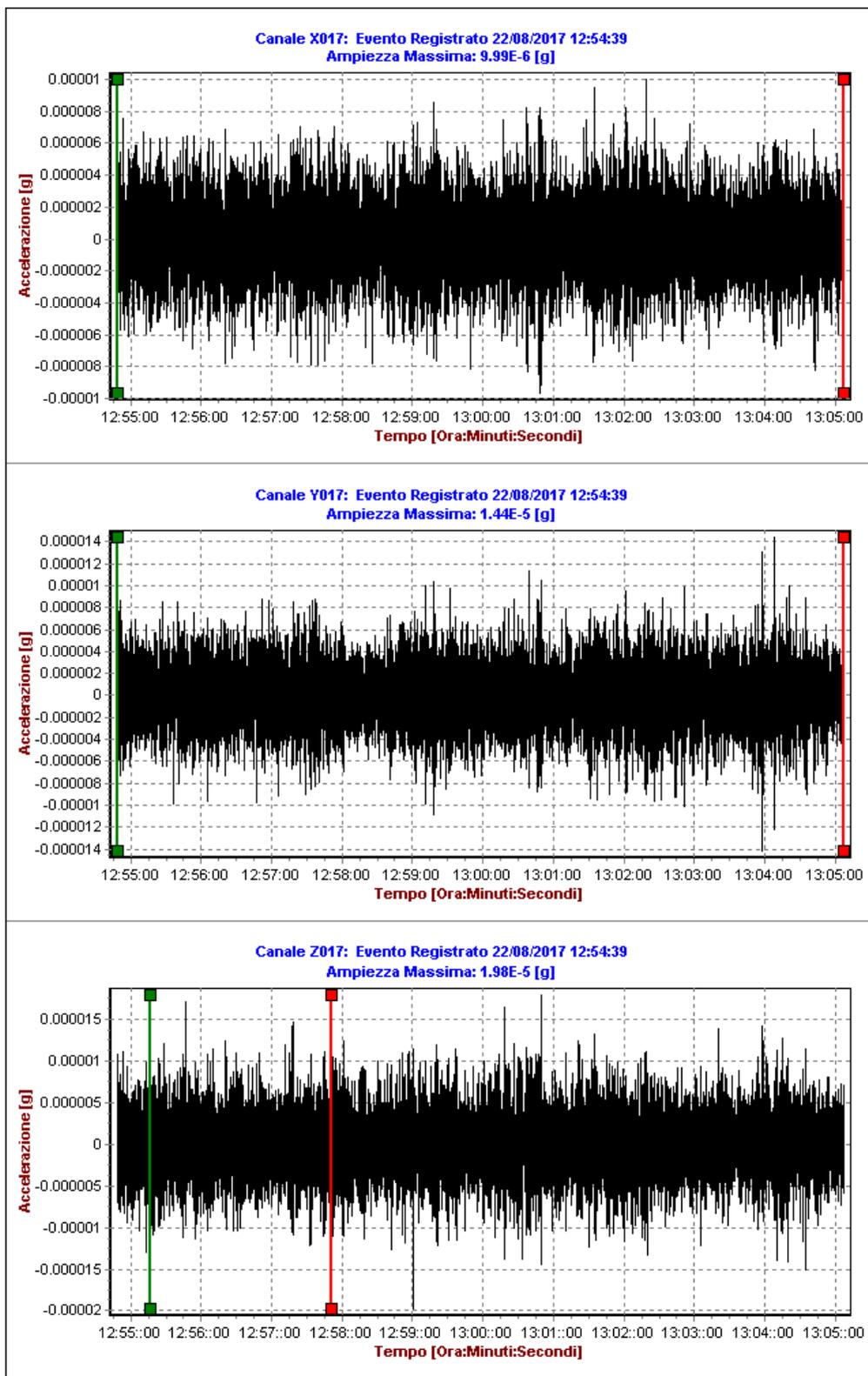
3.3.2 "Evento 3" – ore 12.54 – registrazione 10 minuti – canali 4-5-6



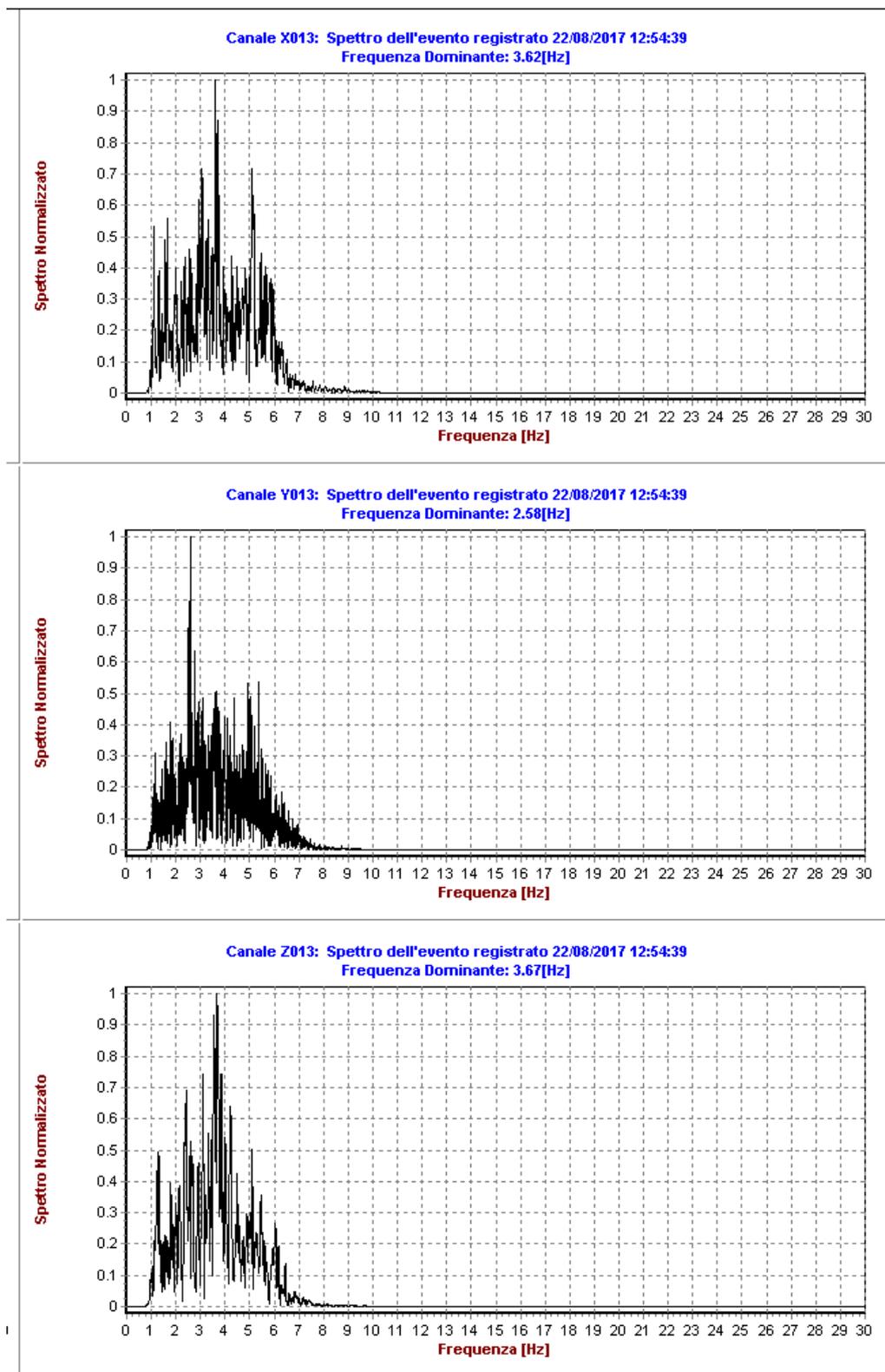
3.3.3 "Evento 3" – ore 12.54 – registrazione 10 minuti – canali 7-8-9



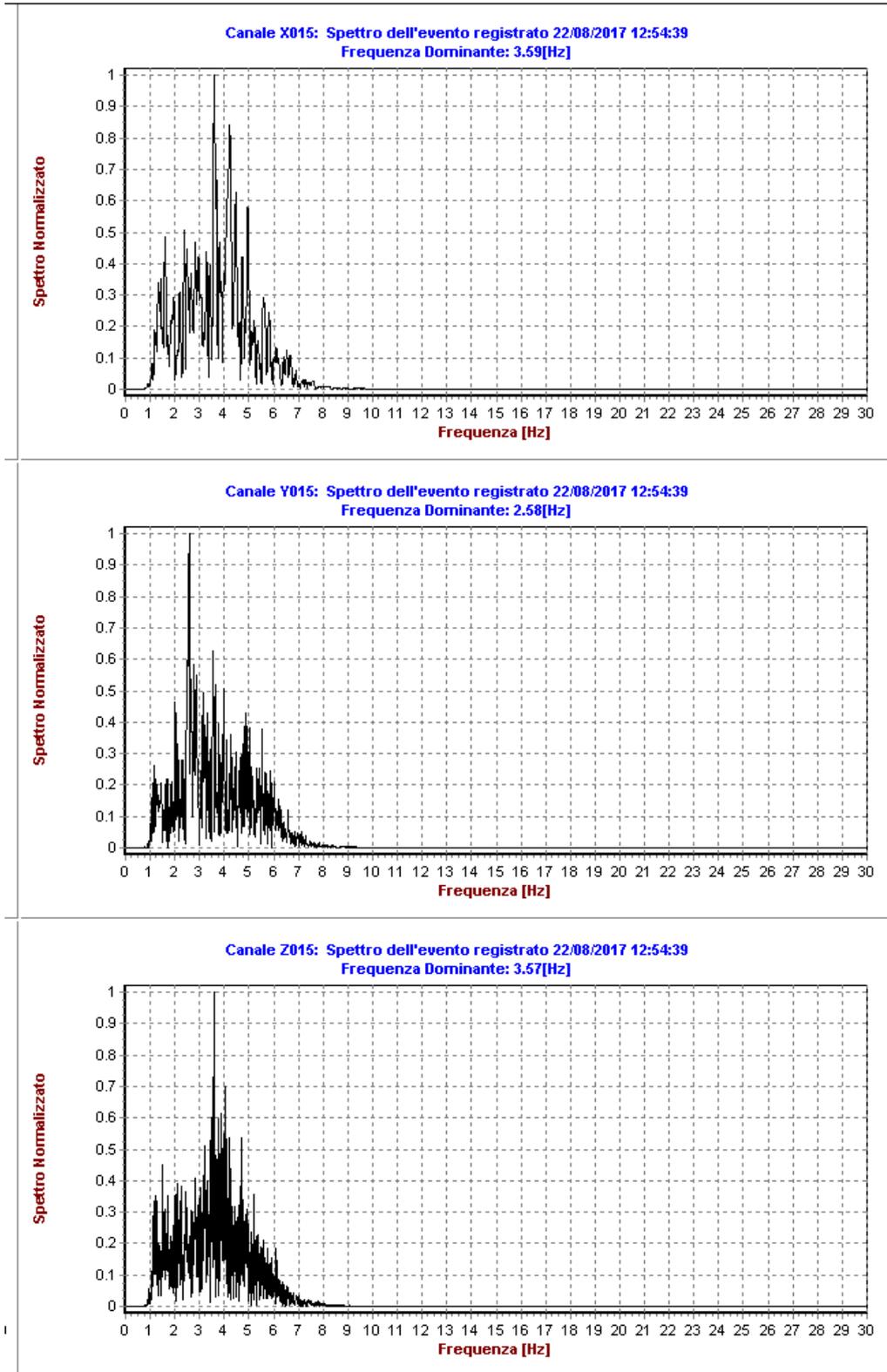
3.3.4 "Evento 3" – ore 12.54 – registrazione 10 minuti – canali 10-11-12



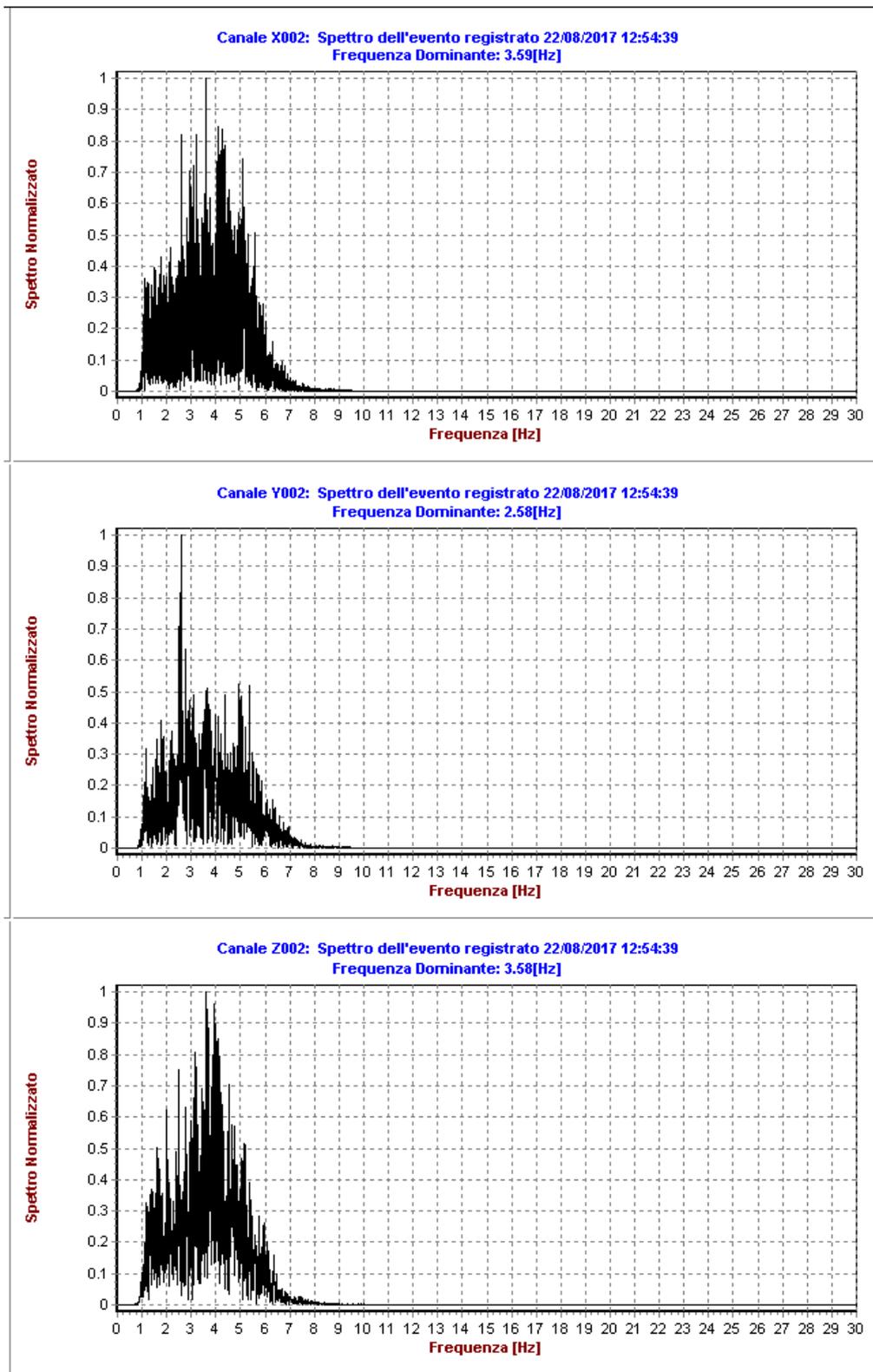
3.3.5 Spettro Terna 1



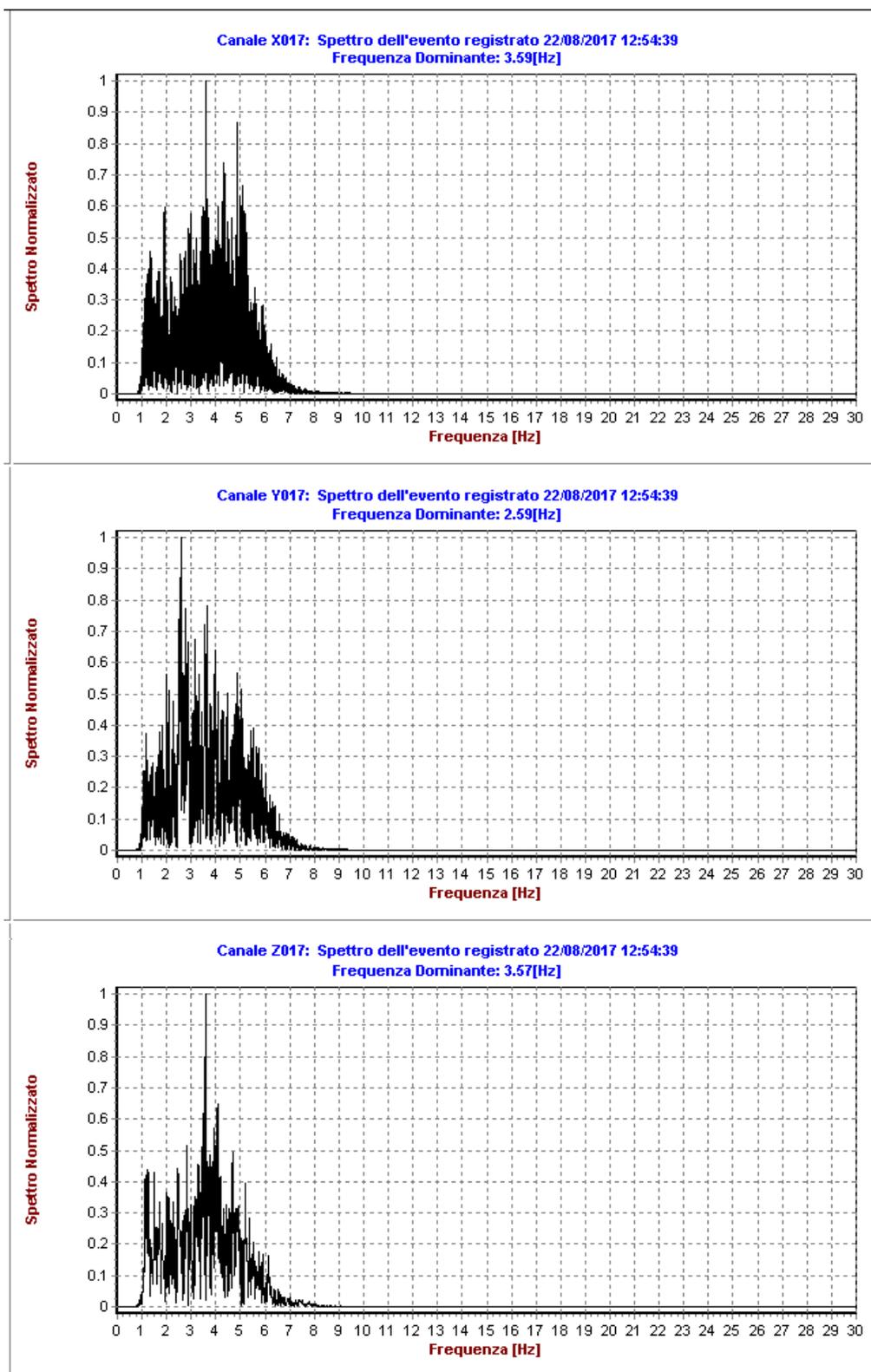
3.3.6 Spettro Terna 2



3.3.7 Spettro Terna 3



3.3.8 Spettro Terna 4



3.3.9 Conclusioni "Evento 3"

Si riportano di seguito i valori relativi alle frequenze fondamentali di vibrazione dell'edificio lungo gli assi orizzontali di piano X, Y e l'asse verticale Z.

Tali frequenze fondamentali rilevate, in quanto dati sperimentali, sono affette da errori intrinseci di misurazione, pertanto nella tabella riassuntiva sottostante si riporta il valore mediato dai grafici delle pagine precedenti e l'intervallo di errore.

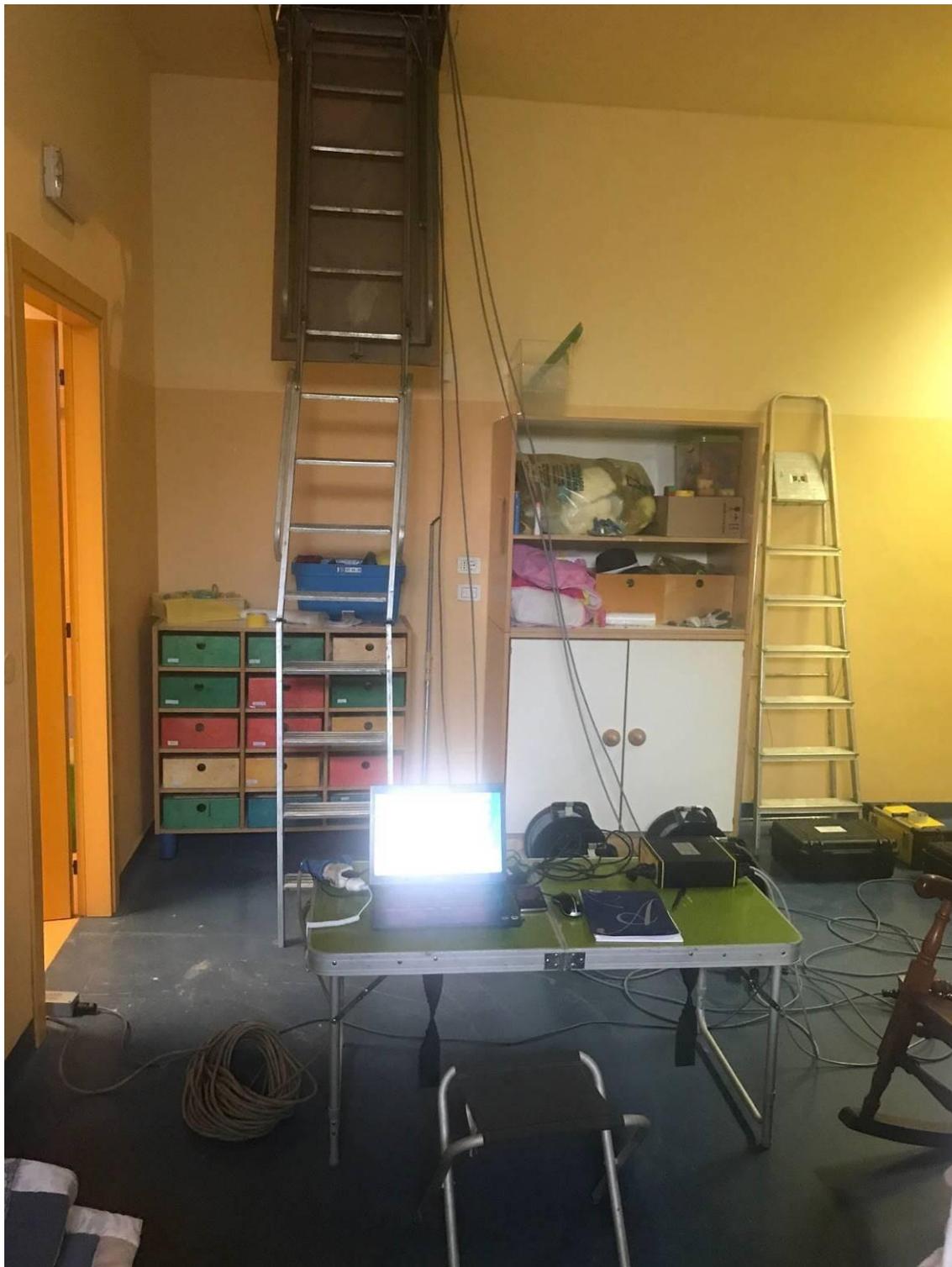
DIREZIONE	FREQUENZE (Hz)	PERIODI FONDAMENTALI (s)
X - Dominante 1	3.62	0.276
Y - Dominante 1	2.57	0.389
Z - Dominante 1	3.67	0.272
X - Dominante 2	3.59	0.278
Y - Dominante 2	2.58	0.388
Z - Dominante 2	3.57	0.280
X - Dominante 3	3.59	0.278
Y - Dominante 3	2.58	0.388
Z - Dominante 3	3.58	0.279
X - Dominante 4	3.59	0.278
Y - Dominante 4	2.59	0.386
Z - Dominante 4	3.57	0.280

Frequenze derivanti dalla prova

DIREZIONE	FREQUENZE MEDIE (Hz)	VALORE MEDIO DEI PERIODI FONDAMENTALI (s)
X - Dominante	3.60 ± 0.10	0.278
Y - Dominante	2.58 ± 0.10	0.388
Z - Dominante	3.60 ± 0.10	0.278

Frequenze dominanti

3.4 Documentazione fotografica



Strumentazione per prova dinamica



LABORATORIO PROVE MATERIALI

Aut. Min. LL.PP. n°23470 del 03/05/1983 (L.1086/71 art. 20) e successive proroghe ed aggiornamenti

Settori: Leganti Idraulici, Calcestruzzi, Laterizi ed Acciai

Homepage <http://www.labtecman.com/>

Contatti info@labtecman.com

Indagini in Situ

Indagini conoscitive sui materiali e strutture eseguite c/o:

Asilo nido

Sito in Via U.Foscolo 4

S.Antonio di Porto M.no (MN)

Relazione descrittiva, documentazione fotografica e rapporti di prova



IMPRESA / STUDIO

COMMITTENTE
COMUNE DI PORTO MANTOVANO
VIA STRADA CISA, 112
PORTO MANTOVANO MN

RIFERIMENTI COMMITTENTE

Arch.Giuseppe Menestò – Ufficio Tecnico Comune di Porto Mantovano
Ing.Paolo Ravelli – Studio tecnico Ing.Alberto Mani

04			
03			Verbale di Accettazione 372B/2017 del 03/08/17
02			Rapporto di prova prot. n. 673B/17 del 26/09/17
01			Il Responsabile di settore Ing. Virginio Brocajoli
00			
Emissione	Data	Oggetto	Il tecnico rilevatore T.i.M. Fabio Gozzi

SOMMARIO

1	Generalità	4
2	Descrizione Attività.....	4
3	Modalità di indagine	5
4	METODI D'INDAGINE E STRUMENTAZIONE	6
4.1	Prova con martinetti piatti su murature.....	6
4.2	Prova a taglio su muratura	12
4.3	Indagine videoendoscopica.....	13
4.4	Prova sclerometrica su malta	14
4.5	Prelievo carote in calcestruzzo.....	15
4.6	Valutazione della durezza del CLS - Indagine "SCLEROMETRICA"	15
4.7	Indagine Pachometrica.....	16
4.8	Microdemolizione	17
5	Risultati indagini	17
5.1	Martinetti piatti – Punto di prova MP1	21
5.2	Martinetti piatti – Punto di prova MP2	26
5.3	Prova a taglio su elemento di muratura in laterizio – Punto di prova T1	31
5.4	Prova a taglio su elemento di muratura in laterizio – Punto di prova T2	32
5.5	Indagini su malte	33
5.6	Indagini endoscopiche - visive	34
5.7	Indagine pacometrica per la rilevazione dei ferri d'armatura.....	38
5.8	Carotaggi su strutture in calcestruzzo.....	40
5.9	Indagini sclerometriche su strutture in calcestruzzo.....	41
5.10	Microdemolizioni(scalpellature) per l'individuazione dei diametri dei ferri d'armatura	42

1 GENERALITÀ

Nei giorni 1 e 2 Agosto 1017, presso il fabbricato adibito ad asilo nido sito in Via U.Foscolo a Porto Mantovano (MN), sono state eseguite indagini atte a verificare lo stato di consistenza delle strutture.

Hanno partecipato all'esecuzione delle prove i Signori:

- T.i.m. Fabio Gozzi L.T.M. S.r.l.
- Geom. Alessandro Fedrazzoni L.T.M. S.r.l.
- Geom. Fabio Saccani Impresa edile Saccani

I punti di indagine idonei alle prove/prelievi sono stati definiti tramite sopralluogo preventivo da parte di :

- T.i.m. Fabio Gozzi per L.T.M. S.r.l.
- Arch. Giuseppe Menestò per Comune di Porto Mantovano
- Ing. Paolo Ravelli per Studio tecnico Ing. Alberto Mani

2 DESCRIZIONE ATTIVITÀ

Le specifiche attività per lo svolgimento delle prove in oggetto sono state le seguenti:

- pulitura e preparazione delle zone d'indagine;
- effettuazione delle prove;
- elaborazione ed interpretazione dei risultati;
- redazione della relazione tecnica.

I dettagli relativi alle strutture in oggetto, le attrezzature utilizzate e i risultati sperimentali sono riportati nel seguito.

3 MODALITÀ DI INDAGINE

*Per i controlli sulla **muratura** e sui **solai** , si sono utilizzate le seguenti metodologie di indagine:*

- martinetti piatti singolo e doppio + prova a taglio (verifiche strutturali)
- indagine endoscopica (verifica visiva stratigrafica)

*Per i controlli della qualità delle **malte** , si sono utilizzate le seguenti metodologie di indagine :*

- Prova sclerometrica su malta in opera

*Per i controlli della resistenza dei **calcestruzzi**, si sono utilizzate le seguenti metodologie di indagine:*

- indagine sclerometrica per la valutazione della durezza superficiale del cls – UNI EN 12504/2
- carotaggio e prelievo di carote per la determinazione della resistenza unitaria a compressione del cls –UNI EN 12390/3

*Per l'individuazione dei **ferri d'armatura** e come controllo preliminare propedeutico all'esecuzione dei prelievi tramite carotaggio , si sono utilizzate le seguenti metodologie di indagine*

- Indagine elettromagnetica (pachometrica).
- Micro-demolizioni per la verifica dei diametri dei ferri d'armatura

4 METODI D'INDAGINE E STRUMENTAZIONE

4.1 Prova con martinetti piatti su murature

STRUMENTAZIONE

La prova viene effettuata attraverso un sistema a martinetti piatti, in grado di valutare il carico di esercizio della muratura, la resistenza a compressione e verificare il modulo elastico delle strutture sottoposte a prova.

Il sistema utilizzato per l'applicazione dei carichi e la misura degli spostamenti è il seguente:

- Martinetti piatti semiovali Novatest.



- pompa oleodinamica ENERPAC



- *Deformometro millesimale digitale.*



- *Moto troncatrice con lama diamantata HUSQVARNA K970 Ring.*



PROVA CON MARTINETTO PIATTO SINGOLO

La determinazione dello stato di sollecitazione di una muratura si basa sul rilascio tensionale successivo all'esecuzione di un taglio in direzione normale alla superficie di verifica e al carico agente . Per questo bisogna tener conto della relazione che intercorre tra le tensioni e le deformazioni in una muratura continua e la successiva modifica causata dal taglio orizzontale che determina un nuovo stato tensionale della struttura.

La prova a martinetto singolo utilizza un approccio teorico, simile a quello utilizzato nelle prove edometriche sui terreni: eseguendo un taglio normale alla superficie si genera il rilascio istantaneo delle tensioni esistenti nella muratura. Questo deve essere annullato ponendo, nella fessura creata, un martinetto piatto che, opportunamente riempito con olio in pressione, consente di ripristinare lo stato di tensione iniziale e di definire i parametri meccanici della struttura.

Di seguito sono descritti i dettagli dell'esecuzione della prova:

Dopo aver accuratamente preparato la superficie della muratura, togliendo se necessario malte e intonaci, vengono fissate delle basi circolari ad una distanza prefissata, solitamente dell'ordine di 25–30 cm, così da formare tre coppie di punti di riferimento a distanza L_{n_0} .

Mediante un comparatore millesimale, si eseguono le letture di zero tra i punti disposti.

Viene realizzato un taglio perpendicolare alla superficie della muratura (se possibile in corrispondenza di un giunto di malta), circa a metà distanza tra le coppie di riferimento scelte.

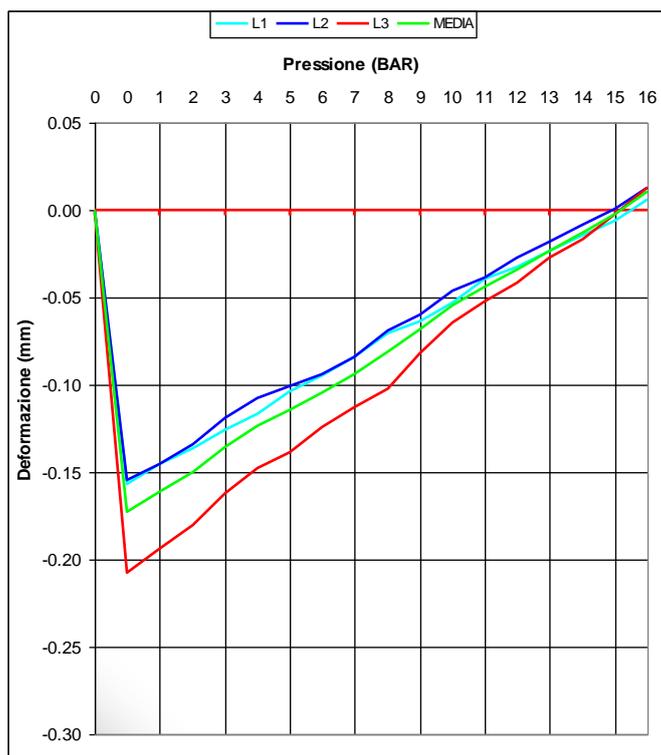
L'apertura creata provoca localmente l'azzeramento delle tensioni sulla superficie di taglio e la sua parziale chiusura. Questo avviene a causa del cedimento micrometrico che si instaura negli elementi in laterizio o muratura sovrastanti l'apertura, dovuti sia ai carichi esistenti sulla superficie derivati dalle zone superiori , sia alla nascita di un possibile effetto "arco", dovuto alla redistribuzione delle tensioni lateralmente, che permettono alla struttura di instaurare un nuovo equilibrio e di stabilizzarsi.

Questa deformazione determina un avvicinamento delle basi estensimetriche, con la conseguente riduzione della distanza tra le coppie di punti . Otterrò una misura $L_{n_1} < L_{n_0}$.

Viene inserito nel taglio il martinetto piatto, collegato ad una centralina di controllo mediante circuito oleodinamico. Dopo aver eliminato l'aria residua nel circuito si inizia la prova, aumentando gradualmente la pressione interna dell'olio nel martinetto fino a raggiungere una configurazione geometrica uguale a quella iniziale, misurata all'origine della prova.

All'aumentare della pressione nel circuito idraulico il martinetto tende a ripristinare la tensione di esercizio, riportando le coppie di punti di riferimento alla distanza originale.

La tensione del martinetto che annulla la convergenza delle superfici murarie, provocata dal taglio, è uguale alla tensione verticale media preesistente nella muratura, salvo fattori di correzione dovuti al rapporto tra il martinetto e la superficie di taglio.



Il fattore di correzione deve considerare il rapporto tra l'area del martinetto e l'area di taglio (K_a è il rapporto tra area del martinetto e area di taglio) e di K_m , la costante di rigidità intrinseca del singolo martinetto, determinata con test di taratura in laboratorio e legata al fattore di forma (contiene informazioni legate al materiale utilizzato, alla rigidità, alla dimensione e al tipo di bordo).

In questo modo la tensione media di esercizio σ_e , nella zona di prova, risulta legata alla pressione di ripristino determinata dal martinetto dalla relazione:

$$\sigma_e = p \times K_m \times K_a$$

Ricapitolando:

σ_e tensione di esercizio.

p pressione di ripristino del martinetto.

K_m costante di rigidità del martinetto.

K_a rapporto A_m/A_t (superficie martinetto / superficie di taglio).

PROVA CON MARTINETTI PIATTI DOPPI

La prova con due martinetti piatti ha lo scopo di definire le caratteristiche di deformabilità della muratura, determinandone il Modulo Elastico.

Il controllo in opera si propone di isolare un prisma di muratura sufficientemente grande per sottoporlo, grazie all'ausilio di due martinetti, ad un carico di compressione noto. In questo modo si instaura un complesso di deformazioni normali e tangenziali alla forza applicata facilmente misurabili. La verifica dello stato tensionale e l'esame dei risultati durante l'esecuzione della prova, consente di osservare eventuali perdite di elasticità e rilevare la tensione di collasso ultima della struttura. Di seguito sono descritti i dettagli dell'esecuzione della prova.

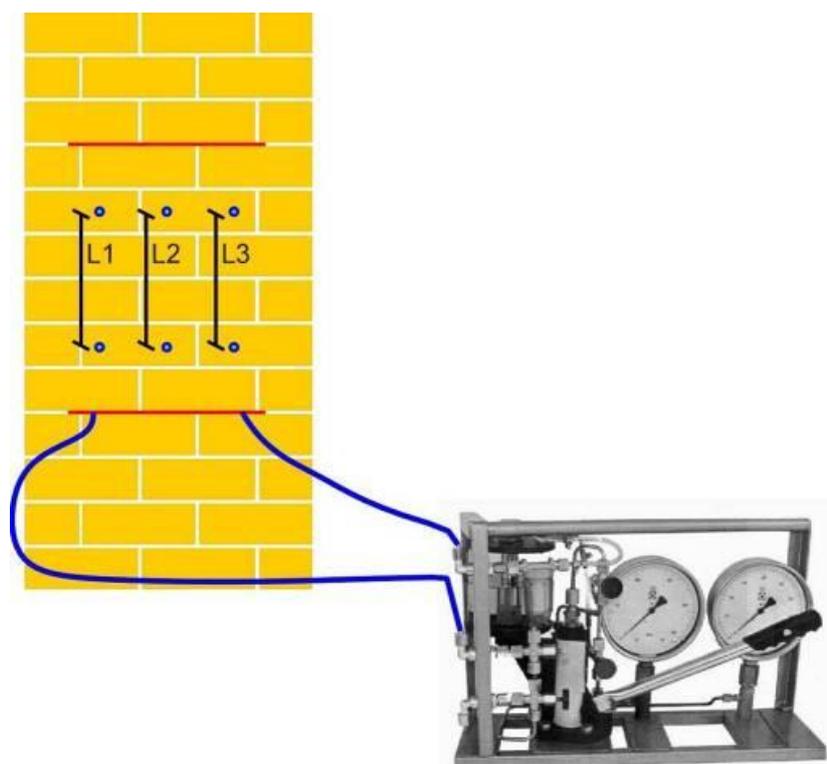
Dopo aver accuratamente preparato la superficie della muratura, togliendo malte e intonaci, vengono fissate delle dime circolari ad una distanza prefissata, solitamente dell'ordine di 25–30 cm, così da formare tre coppie di punti di riferimento.

Vengono realizzati due tagli orizzontali perpendicolari alla superficie della muratura (se possibile in corrispondenza di giunti di malta), circa a 50-60 cm di distanza tra loro.

I martinetti vengono immediatamente inseriti nelle fessure e collegati in parallelo alla medesima pompa. Dopo aver eliminato l'aria residua nel circuito si inizia la prova, aumentando gradualmente la pressione interna dell'olio nel martinetto.

Mediante un comparatore millesimale si eseguono le letture di zero tra i punti disposti, corrispondenti ad una pressione nulla nel sistema oleodinamico.

Aumentando successivamente la pressione si provoca la compressione del concio con la conseguente diminuzione della distanza tra i riferimenti. Le letture delle distanze relative alle tre coppie di dime, avvengono, una volta raggiunto un dato step di carico, a stabilizzazione avvenuta delle deformazioni. I valori letti vengono così graficizzati su PC ottenendo delle curve sforzi/deformazioni.



Schema di acquisizione – martinetto doppio.

La perdita della linearità di tali diagrammi, rappresenta la tensione di rottura, oltre la quale le deformazioni escono dal campo elastico per assumere una componente prevalentemente plastica.

Il campione risulta sottoposto ad uno stato di sollecitazione molto prossimo a quello di una prova di compressione monoassiale di laboratorio, nonostante il confinamento laterale della muratura, dovuto al parziale collegamento tra il campione e la muratura circostante.

Il Modulo Elastico E è facilmente ricavabile mediante la formula:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

dove ε rappresenta la deformazione verticale misurata in prossimità dell'asse di mezzeria dell'elemento, ed è determinata dal rapporto tra la variazione di distanza tra le basi di misura durante gli step di carico (Δl) e la distanza L iniziale.

Durante la prova è possibile visualizzare l'andamento della retta sforzo/deformazione ed osservare la linearità del modulo elastico E . Nel momento in cui le deformazioni passano dal campo elastico a quello plastico la retta perde la sua linearità.

Ricapitolando:

$$\sigma = \rho \times K_m \times K_a$$

$$\varepsilon = \Delta l / L$$

Δl spostamento dei riferimenti dalla base di misura.

L lunghezza della base di misura.

K_m costante di rigidezza del martinetto.

K_a rapporto A_m/A_t (superficie martinetto / superficie di taglio)

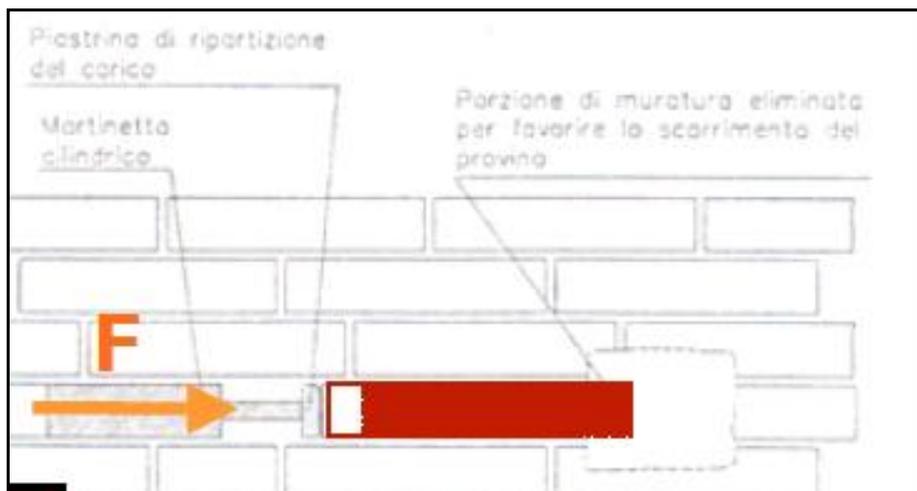


Prova con martinetti doppi su diverse tipologie di muratura

4.2 Prova a taglio su muratura

In parallelo alla prova con martinetto piatto, utilizzando un apposito pistone cilindrico si determina la resistenza allo scorrimento della muratura (taglio τ) in presenza di carichi verticali.

La prova consiste nel verificare la forza occorrente per far scorrere orizzontalmente un mattone della muratura nel piano dei giunti di malta in presenza del carico verticale precedentemente misurato.



La resistenza a taglio della muratura si può determinare dalla formula :

$$f_v = F / 2A$$

Nelle zone sismiche questa metodologia di prova è ampiamente utilizzata quando si interviene su murature esistenti, al fine di misurare i reali comportamenti in presenza di forze di taglio.



Esempio di prova a taglio

4.3 Indagine videoendoscopica

- Sistema di foto/video ispezione portatile Lafayette BORESCOPE.



Le indagini endoscopiche vengono svolte per identificare, senza ricorrere a procedure invasive, le stratigrafie relative ad un componente edilizio (murature, solai) o all'investigazione di cavità inaccessibili e permettono di rilevare anche lo stato dei giunti di malta, infiltrazioni di umidità ed eventuali discontinuità interne.

La strumentazione adottata è costituita da un videoendoscopio "Lafayette BoreScope" in grado di realizzare video o foto delle cavità esplorate attraverso una sonda, di lunghezza 1.0m illuminata mediante luce led.

L'indagine viene svolta mediante realizzazione di un foro mediante trapano funzionante a semplice rotazione senza azione di martellamento. All'interno del foro viene inserita la sonda unitamente ad un metro semirigido e, a seconda delle esigenze, si procede alla realizzazione di video o fotografie referenziate.

4.4 Prova sclerometrica su malta

La prova viene eseguita con un penetrometro meccanico costituito da una massa battente caricata manualmente, che colpendo un percussore, infligge nella malta in esame un puntale ad ago.

L'ago, sottoposto ad urto dinamico con 10 battute per punto di prova, avanza all'interno del giunto di malta, comprimendo e spingendo la malta a lato del proprio percorso.

La resistenza che la malta offre all'avanzamento dell'ago è proporzionale alla resistenza meccanica del materiale.



Le misure vanno acquisite sui giunti di malta (n.3 per punto di indagine) opportunamente spazzolati, con lo sclerometro posizionato sempre ortogonalmente alla superficie di prova. Dopo l'infissione dell'ago, tramite un comparatore centesimale, si determina la profondità di penetrazione dello stesso in mm.



Attraverso l'utilizzo di curve di correlazione infine è possibile ottenere una stima indicativa della resistenza meccanica della malta in rapporto alla profondità di penetrazione. Il valore ottenuti sono puntuali e quindi rappresentativi solo dei punti testati.

4.5 Prelievo carote in calcestruzzo

Preventivamente all'esecuzione del prelievo si effettua una indagine pachometrica al fine di ridurre al minimo il rischio di taglio delle armature presenti. La strumentazione viene successivamente fissata all'elemento strutturale mediante tassello meccanico, la prova viene condotta con raffreddamento ad acqua. La profondità del prelievo è tale da ricavare, in seguito alle rettifiche effettuate in laboratorio, un rapporto altezza/diametro pari a circa 1, tuttavia la rottura della porzione interna all'elemento strutturale può avvenire in modo scomposto imponendo l'adozione di rapporti inferiori all'unità.



4.6 Valutazione della durezza del CLS - Indagine "SCLEROMETRICA"



L'indagine è stata eseguita con uno sclerometro di Schmidt Tipo N (PROCEQ) e relativa incudine di taratura. Le misure vanno acquisite su superfici lisce, trattate con una mola o con pietra abrasiva dedicata, e lo sclerometro deve essere posizionato sempre ortogonalmente alla superficie di prova. Ogni superficie di prova deve essere sottoposta a n°10 battute ed i singoli punti di impatto devono essere distanti, tra loro, almeno 25mm. Il valore di rimbalzo R è visualizzato sulla scala del dispositivo dopo ogni impatto. La gamma di misurazione comprende valori di resistenza alla compressione del CLS compresi tra 10 e 70 N/mm²

4.7 Indagine Pachometrica

L'indagine viene eseguita con un Pachometro Multifunzione PROCEQ Profometer5.



Il pachometro è uno strumento utilizzato per localizzare in modo rapido ed accurato la presenza e l'orientamento delle barre nel calcestruzzo armato e misurare con buona precisione lo spessore di copri ferro.

Il rilievo dei ferri d'armatura con il metodo elettromagnetico risulta l'indispensabile fase preliminare per qualunque tipologia di controllo su strutture in C.A.

Il rilievo dei ferri d'armatura nelle strutture in C.A. (barre e staffe) viene utilizzato sia per l'individuazione di zone libere utili all'esecuzione delle prove non invasive (metodo microsismico) e semidistruttive (pull out, microcarotaggi), sia per verificare la corrispondenza tra gli elementi metallici rilevati e quelli dichiarati dal costruttore.

Lo strumento sfrutta il principio delle correnti passive: un conduttore massiccio, come può essere un armatura, sottoposto ad un campo d'induzione magnetica dissipa una certa quantità di potenza in funzione della sua resistività e geometria. La posizione dei ferri è determinata muovendo la sonda sulla superficie in esame, fino ad individuare la direzione di massimo assorbimento elettromagnetico che corrisponde all'andamento longitudinale della barra.

Un sistema d'informazione direzionale indica se la sonda si avvicina o si allontana dalla barra permettendo di raggiungere precisioni molto elevate, dell'ordine del millimetro.

La posizione delle barre viene sempre individuata con estrema precisione e rapidità grazie alla presenza di dispositivi ottici e spie audio a frequenza variabile.

4.8 Microdemolizione

Si tratta di un'indagine semi-distruttiva; viene effettuata tramite martello percussore o scalpellatura manuale e consiste nella rimozione del copriferro di calcestruzzo di una struttura.

La messa in luce dei ferri di armatura permette di misurare con precisione la maglia o il passo dei tondi e il diametro e tipo di ferro utilizzato. La micro demolizione viene infine ripristinata tramite malta ad alta resistenza.



5 RISULTATI INDAGINI

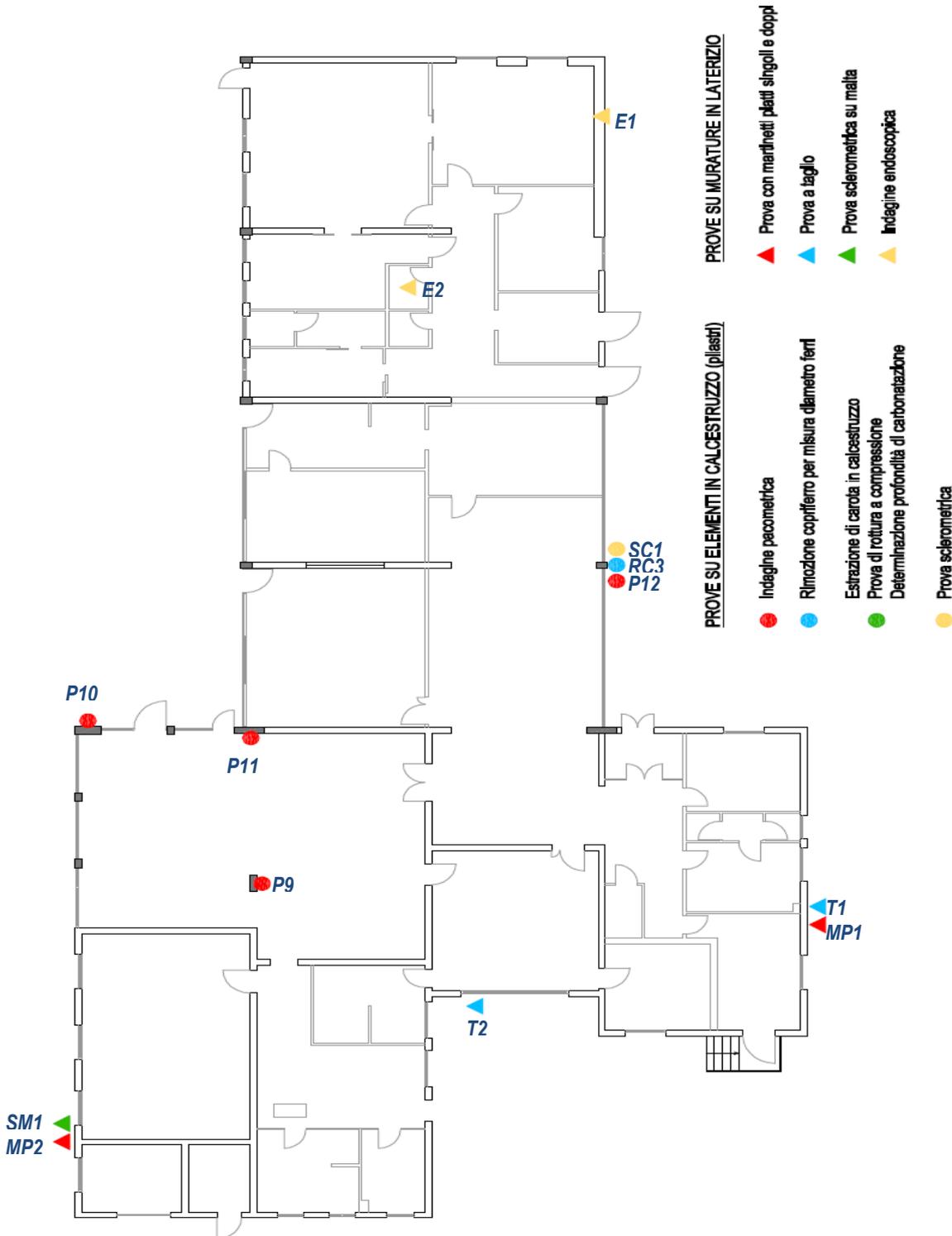
L'indagine ha interessato l'intero edificio sul quale sono state effettuate prove sia sulle murature perimetrali esterne, sia nei locali interni distribuiti sui 2 piani costituenti la struttura.

I punti di indagine sono stati scelti in funzione delle esigenze della Committenza e delle possibilità logistiche legate all'esecuzione delle prove, .

Complessivamente l'indagine ha previsto la verifica, nelle zone individuate, con le seguenti metodologie:

- N.2 prove su murature con martinetti piatti doppi
- N.2 prove a taglio su murature
- N.1 prova sclerometrica su malta
- N.4 indagini endoscopiche / visive
- N.12 indagini pacometriche
- N.8 prelievi di carote in cls e successiva prova a compressione
- N.3 prove sclerometriche su cls
- N.3 scalpellature per individuazione ferri d'armatura

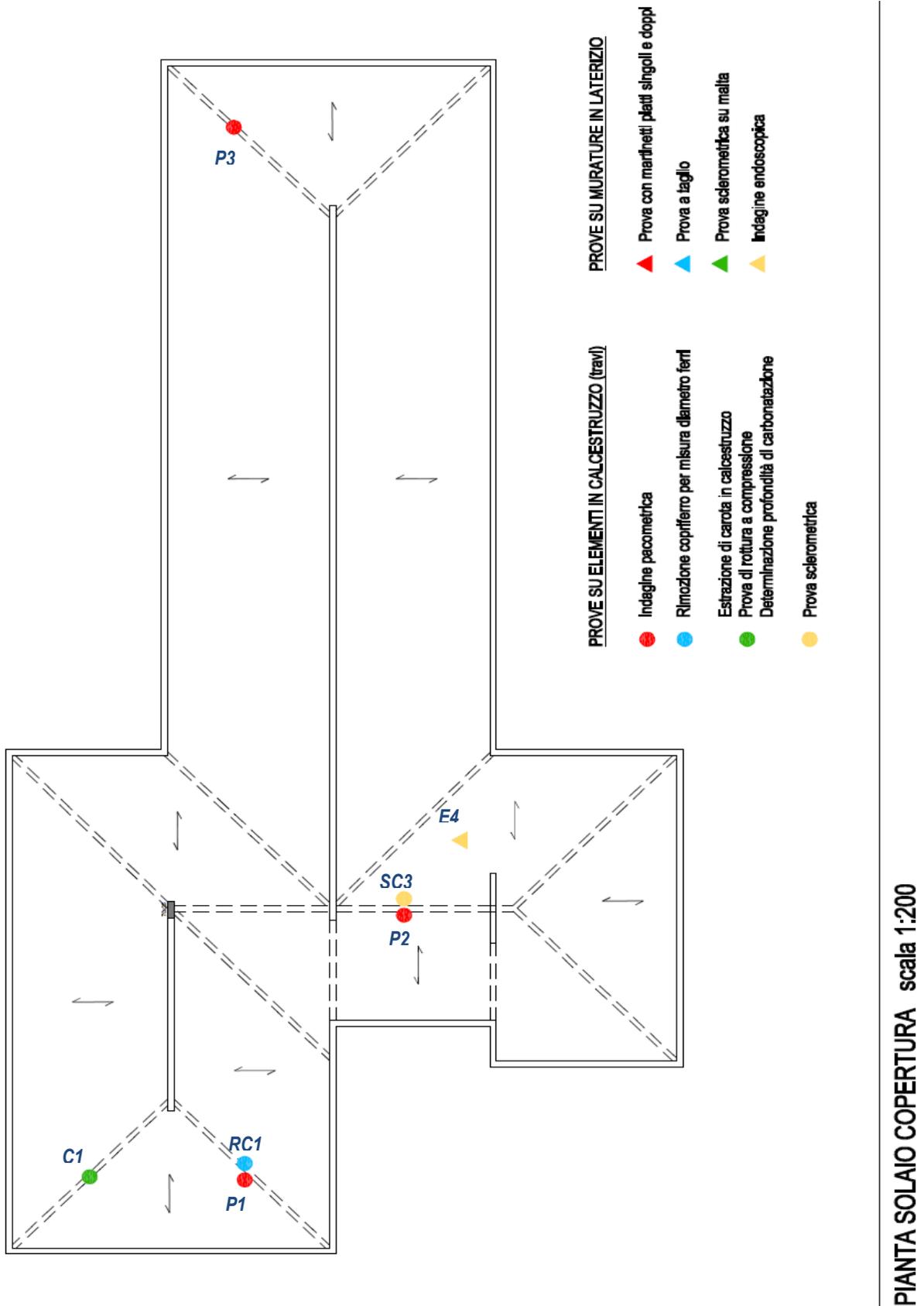
Seguono planimetrie con le ubicazioni dei punti d'indagine.



PIANTA PIANO TERRA E SOLAIO CALPESTIO PIANO TERRA scala 1:200

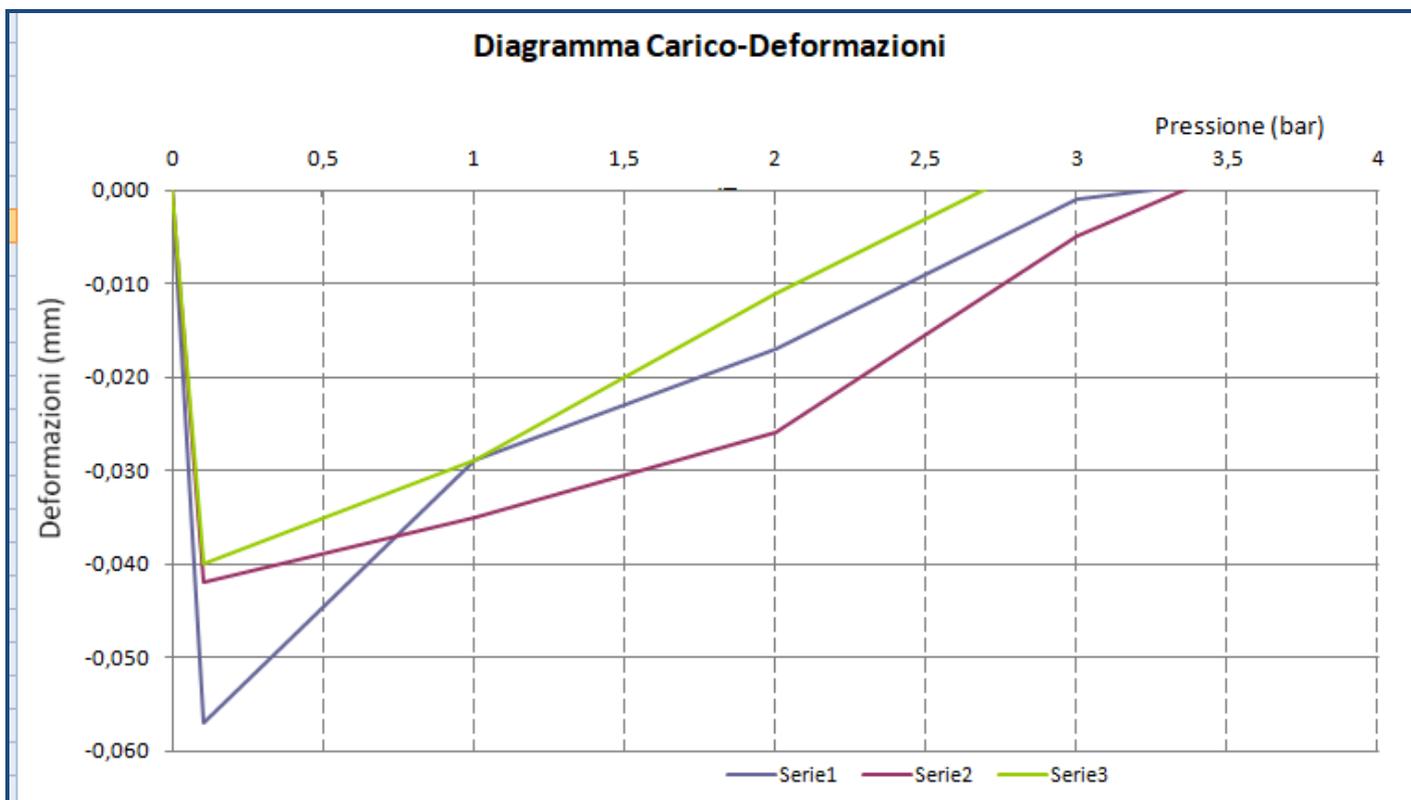
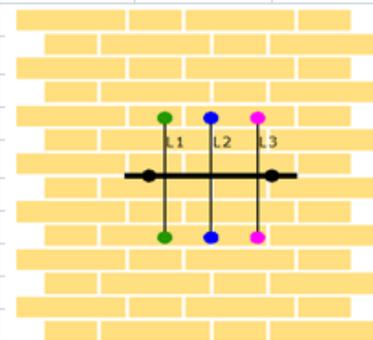


PIANTA SOLAIO CALPESTIO SOTTOTETTO scala 1:200



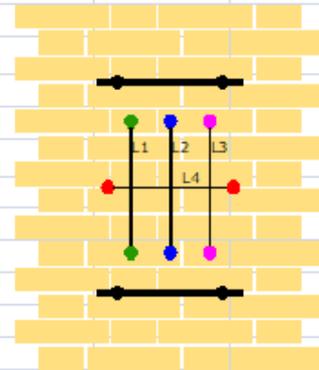
5.1 Martinetti piatti – Punto di prova MP1

Data:	01/08/2017	Area martinetti	
Tipologia muratura:	MATTONI DOPPIO UNI	Km	
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86	778,56
Area superfici di taglio (cm²):	852,00		
MARTINETTO SINGOLO			
Tensione esercizio σ_e	2,75	daN/cm²	
LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE			
BAR	L1	L2	L3
0	5,763	5,865	5,943
0	5,706	5,823	5,903
1	5,734	5,830	5,914
2	5,746	5,839	5,932
3	5,762	5,860	5,948
CEDIMENTI (mm)			
L1	L2	L3	MEDIA (L1-L2-L3)
0,000	0,000	0,000	0,000
-0,057	-0,042	-0,040	-0,046
-0,029	-0,035	-0,029	-0,031
-0,017	-0,026	-0,011	-0,018
-0,001	-0,005	0,005	0,000

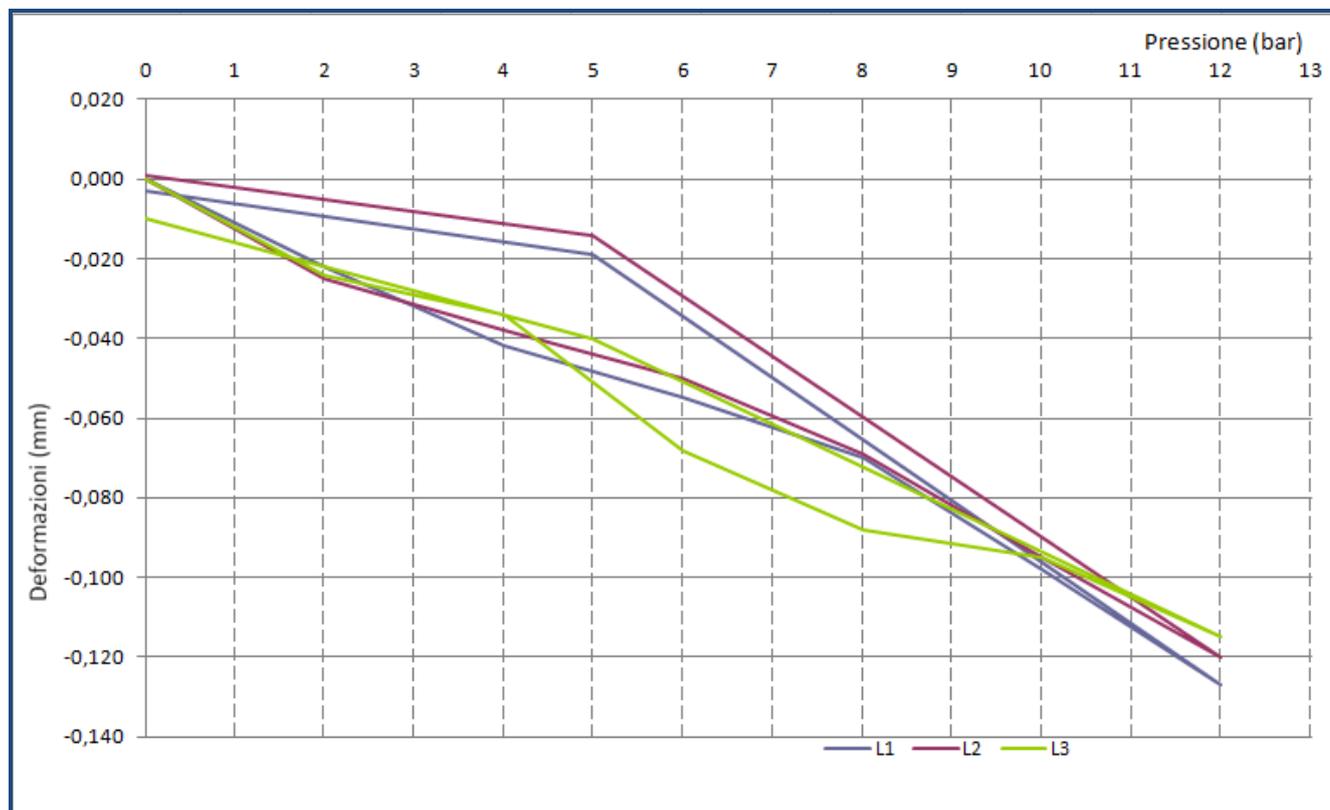


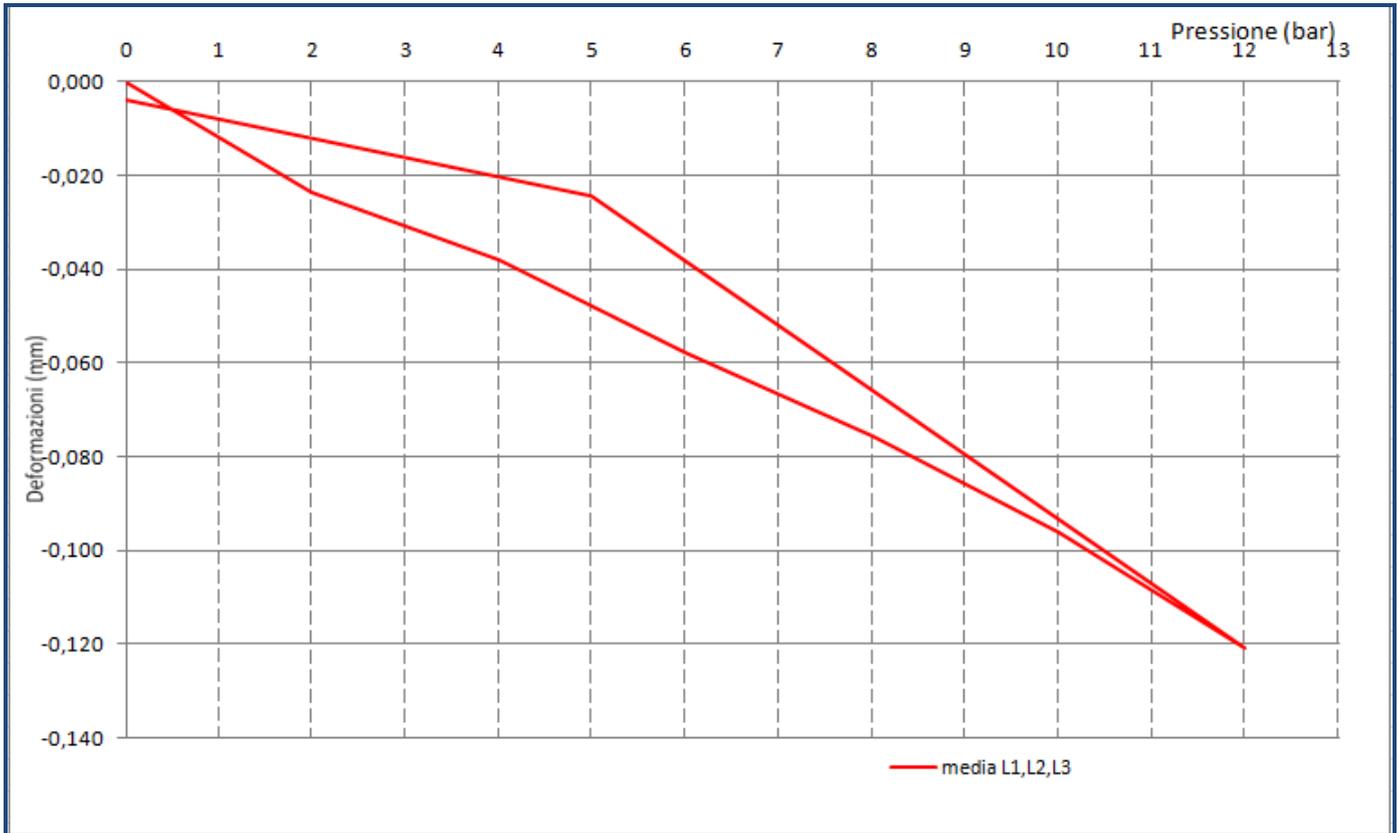
Tensione esercizio σ_e
(daN/cm²) **2,75**

Data:	01/08/2017	Area martinetti	
Tipologia muratura:	MATTONI DOPPIO UNI	Km	
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86	778,56
Area superfici di taglio (cm²):	852,00		
MARTINETTO DOPPIO 1°ciclo			



LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE					CEDIMENTI (mm)				
BAR	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	MEDIA (L1-L2-L3)
0	5,739	6,070	6,063		0,000	0,000	0,000		0,000
2	5,717	6,045	6,039		-0,022	-0,025	-0,024		-0,024
4	5,697	6,032	6,029		-0,042	-0,038	-0,034		-0,038
6	5,684	6,020	5,995		-0,055	-0,050	-0,068		-0,058
8	5,669	6,001	5,975		-0,070	-0,069	-0,088		-0,076
10	5,641	5,975	5,968		-0,098	-0,095	-0,095		-0,096
12	5,612	5,950	5,948		-0,127	-0,120	-0,115		-0,121
5	5,720	6,056	6,023		-0,019	-0,014	-0,040		-0,024
0	5,736	6,071	6,053		-0,003	0,001	-0,010		-0,004

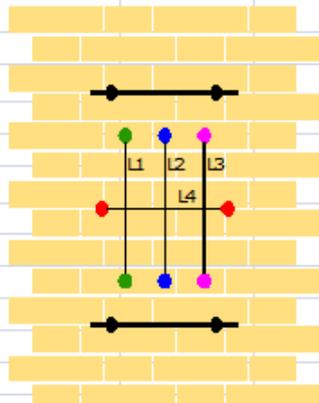




E medio (daN/cm²) 20304



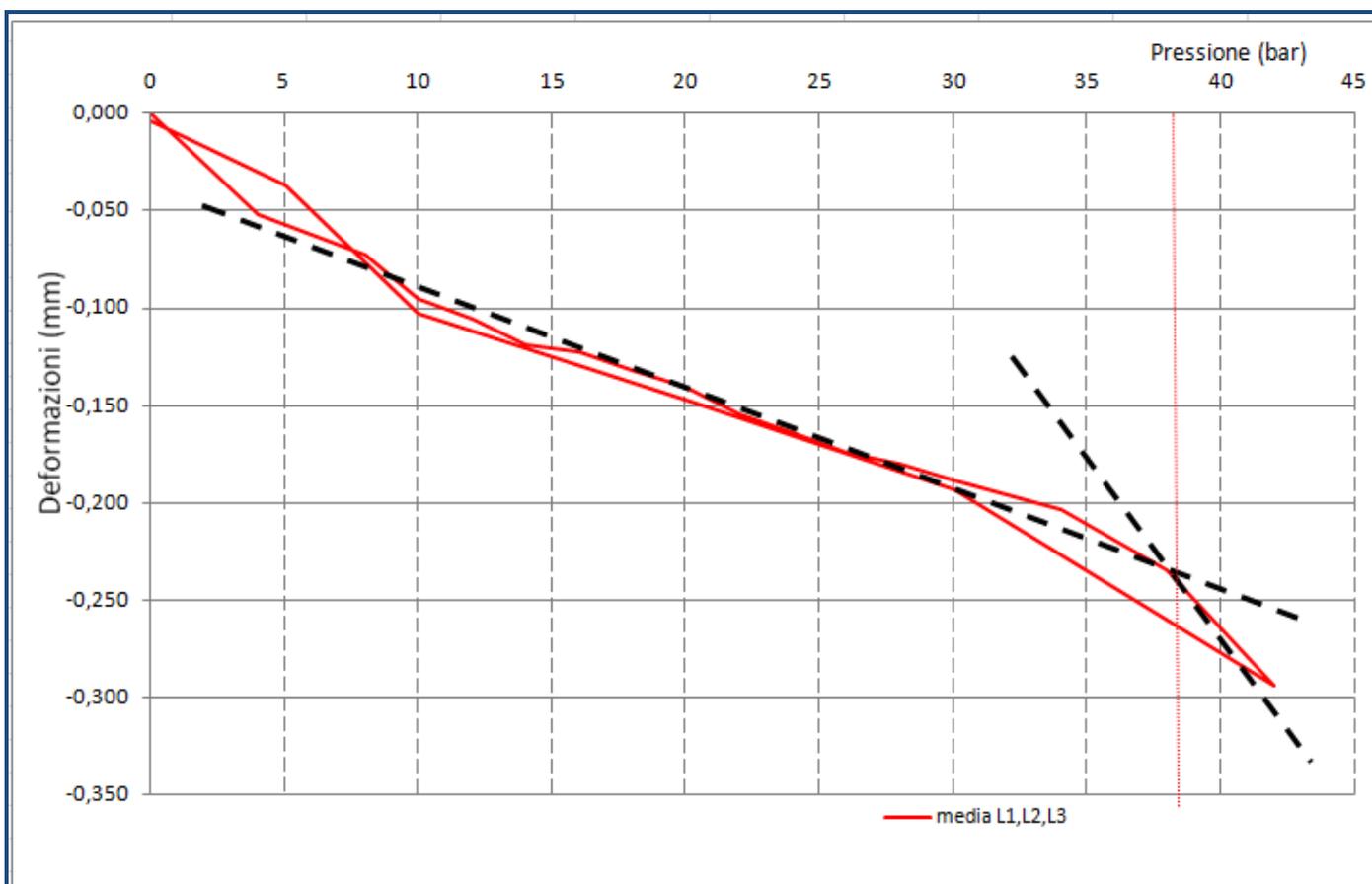
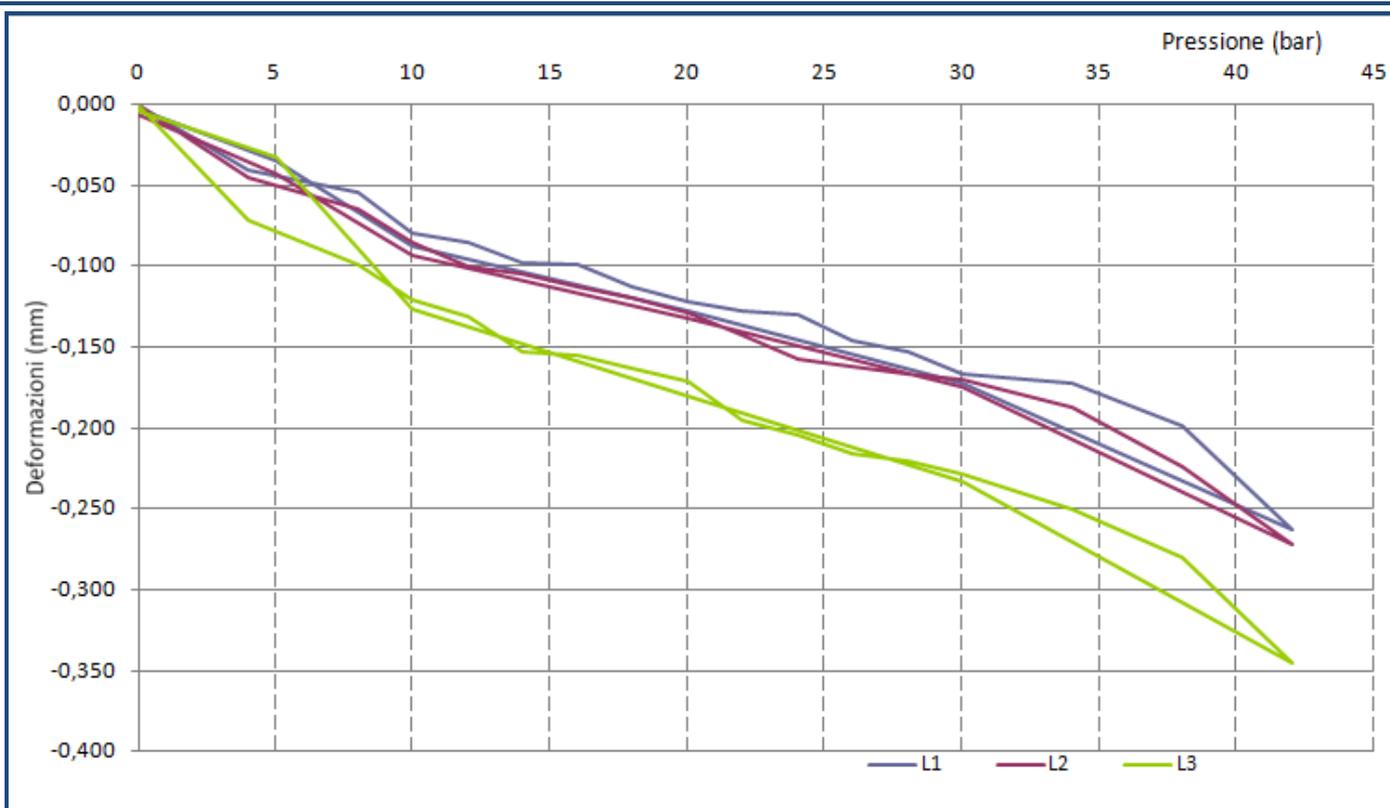
Punto di prova MP1

Data:	01/08/2017	Area martinetti (cm²)	
Tipologia muratura:	MATTONI DOPPIO UNI		
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86	778,56
Area superfici di taglio (cm²):	852,00		
MARTINETTO DOPPIO CICLO ULTIMO			

LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE					CEDIMENTI (mm)				MEDIA (L1-L2-L3)
BAR	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	
0	5,708	6,093	6,045		0,000	0,000	0,000		0,000
4	5,667	6,048	5,974		-0,041	-0,045	-0,071		-0,052
8	5,654	6,028	5,946		-0,054	-0,065	-0,099		-0,073
10	5,629	6,008	5,924		-0,079	-0,085	-0,121		-0,095
12	5,623	5,993	5,914		-0,085	-0,100	-0,131		-0,105
14	5,610	5,988	5,892		-0,098	-0,105	-0,153		-0,119
16	5,609	5,980	5,890		-0,099	-0,113	-0,155		-0,122
18	5,595	5,974	5,882		-0,113	-0,119	-0,163		-0,132
20	5,586	5,964	5,874		-0,122	-0,129	-0,171		-0,141
22	5,581	5,951	5,850		-0,127	-0,142	-0,195		-0,155
24	5,578	5,936	5,841		-0,130	-0,157	-0,204		-0,164
26	5,562	5,931	5,829		-0,146	-0,162	-0,216		-0,175
28	5,555	5,927	5,825		-0,153	-0,166	-0,220		-0,180
30	5,541	5,923	5,817		-0,167	-0,170	-0,228		-0,188
34	5,536	5,906	5,795		-0,172	-0,187	-0,250		-0,203
38	5,509	5,869	5,765		-0,199	-0,224	-0,280		-0,234
42	5,445	5,821	5,700		-0,263	-0,272	-0,345		-0,293
30	5,536	5,918	5,812		-0,172	-0,175	-0,233		-0,193
20	5,580	5,961	5,865		-0,128	-0,132	-0,180		-0,147
10	5,620	6,000	5,919		-0,088	-0,093	-0,126		-0,102
5	5,673	6,050	6,013		-0,035	-0,043	-0,032		-0,037
0	5,705	6,087	6,041		-0,003	-0,006	-0,004		-0,004

**Tensione limite elastico
(a 38.0 bar)
daN/cm²**

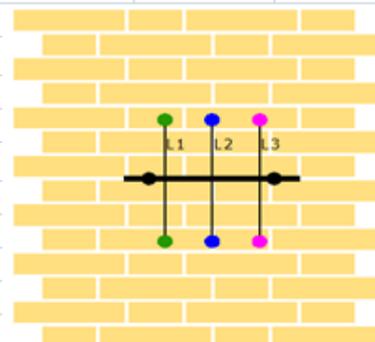
29,86



E medio (daN/cm²) 26970

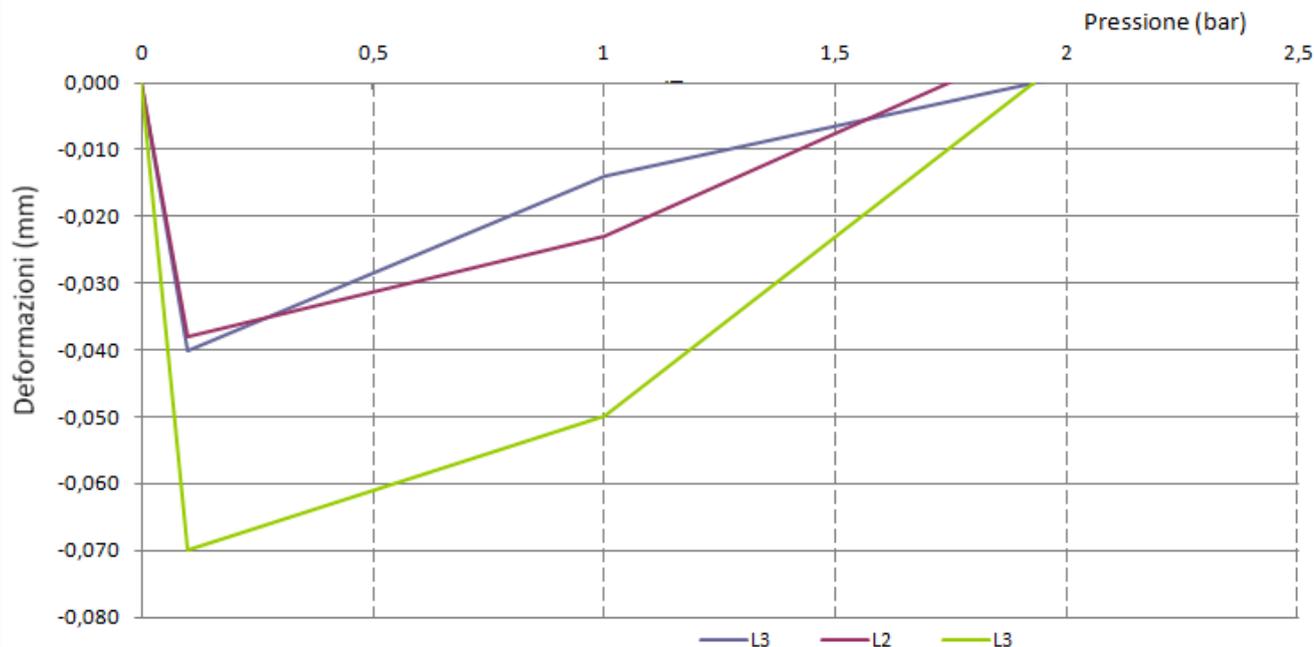
5.2 Martinetti piatti – Punto di prova MP2

Data:	02/08/2017	Area martinetti (cm²)	
Tipologia muratura:	MATTONI DOPPIO UNI	Km	0,86
Tipologia martinetto:	NOVATEST		778,56
Area superfici di taglio (cm²):	852,00		
MARTINETTO SINGOLO			
Tensione esercizio σ_e	1,57	daN/cm²	



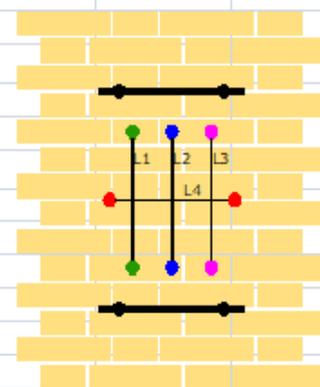
LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE				CEDIMENTI (mm)			
BAR	L1	L2	L3	L1	L2	L3	MEDIA (L1-L2-L3)
0	6,204	6,722	5,841	0,000	0,000	0,000	0,000
0	6,164	6,684	5,771	-0,040	-0,038	-0,070	-0,049
1	6,190	6,699	5,791	-0,014	-0,023	-0,050	-0,029
2	6,205	6,730	5,845	0,001	0,008	0,004	0,004

Diagramma Carico-Deformazioni

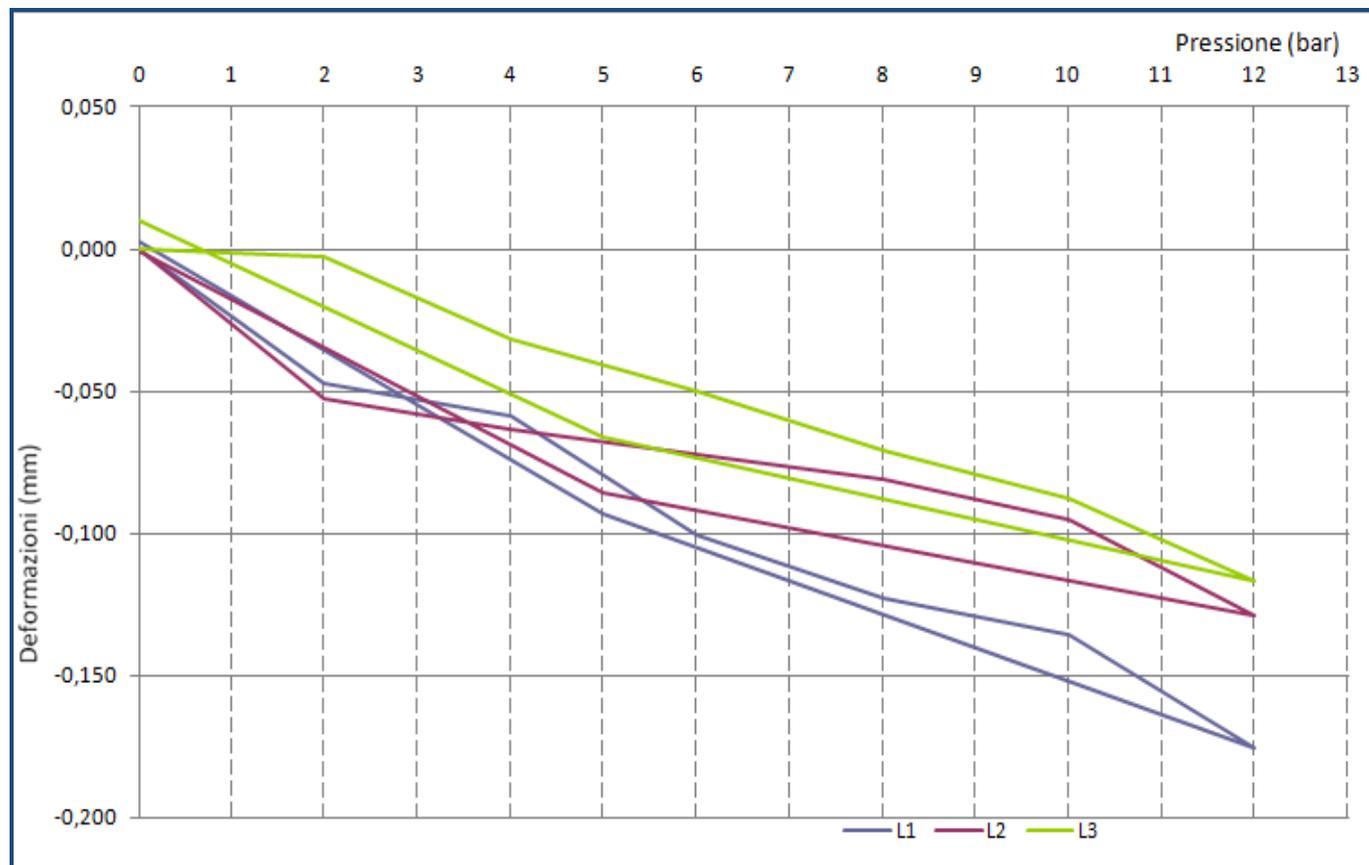


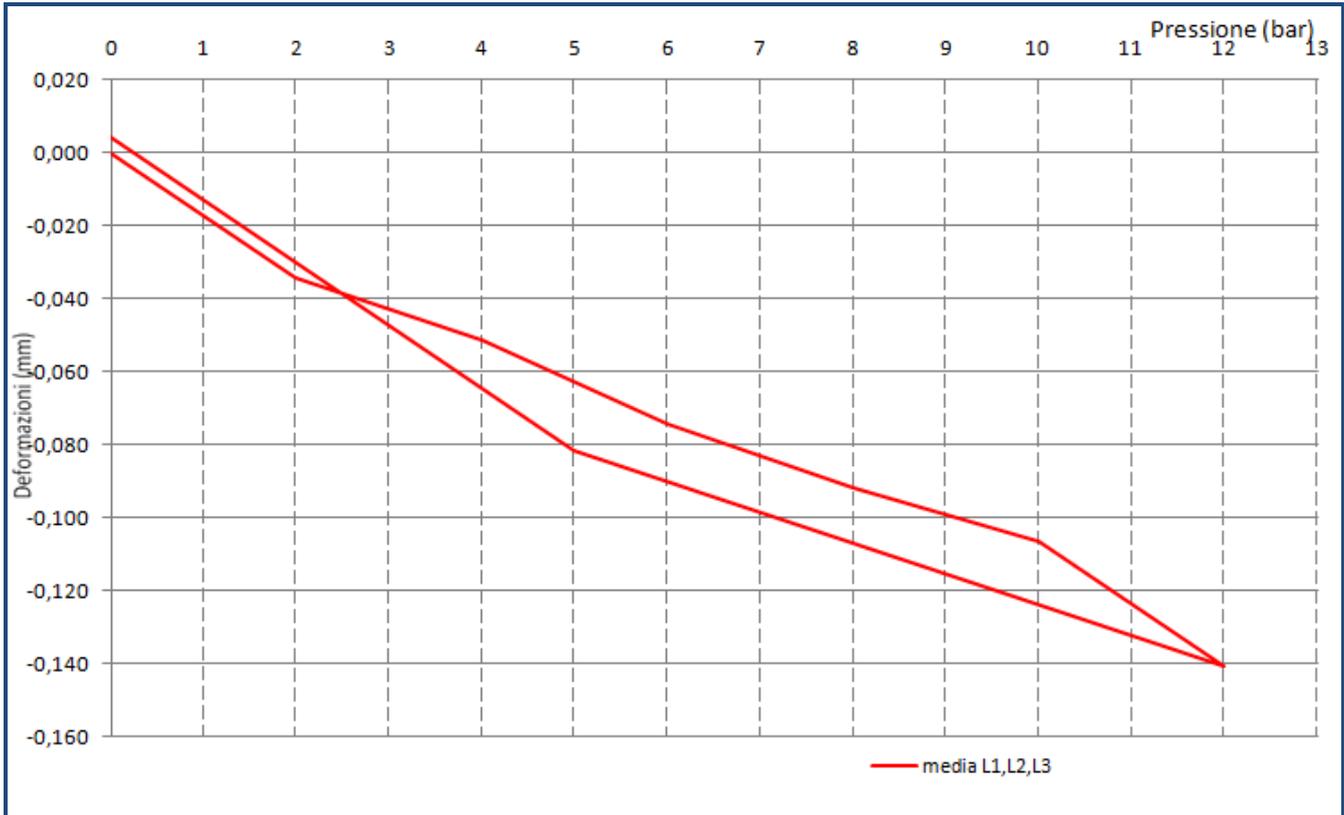
Tensione esercizio σ_e
(daN/cm²) **1,57**

Data:	02/08/2017	Area martinetti	
Tipologia muratura:	MATTONI DOPPIO UNI	Km	
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86	778,56
Area superfici di taglio (cm²):	852,00		
MARTINETTO DOPPIO 1° ciclo			



LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE					CEDIMENTI (mm)				
BAR	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	MEDIA (L1-L2-L3)
0	6,092	5,976	6,332		0,000	0,000	0,000		0,000
2	6,045	5,923	6,329		-0,047	-0,053	-0,003		-0,034
4	6,033	5,912	6,300		-0,059	-0,064	-0,032		-0,052
6	5,991	5,904	6,282		-0,101	-0,072	-0,050		-0,074
8	5,969	5,895	6,261		-0,123	-0,081	-0,071		-0,092
10	5,956	5,881	6,244		-0,136	-0,095	-0,088		-0,106
12	5,916	5,847	6,215		-0,176	-0,129	-0,117		-0,141
5	5,999	5,890	6,266		-0,093	-0,086	-0,066		-0,082
0	6,095	5,975	6,342		0,003	-0,001	0,010		0,004

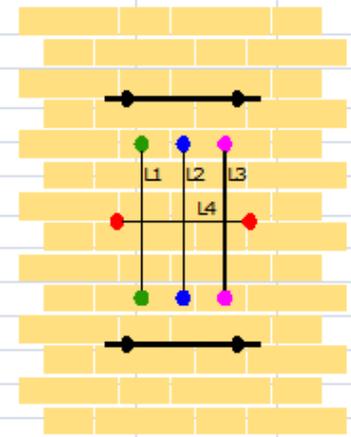




E medio (daN/cm²) 15876



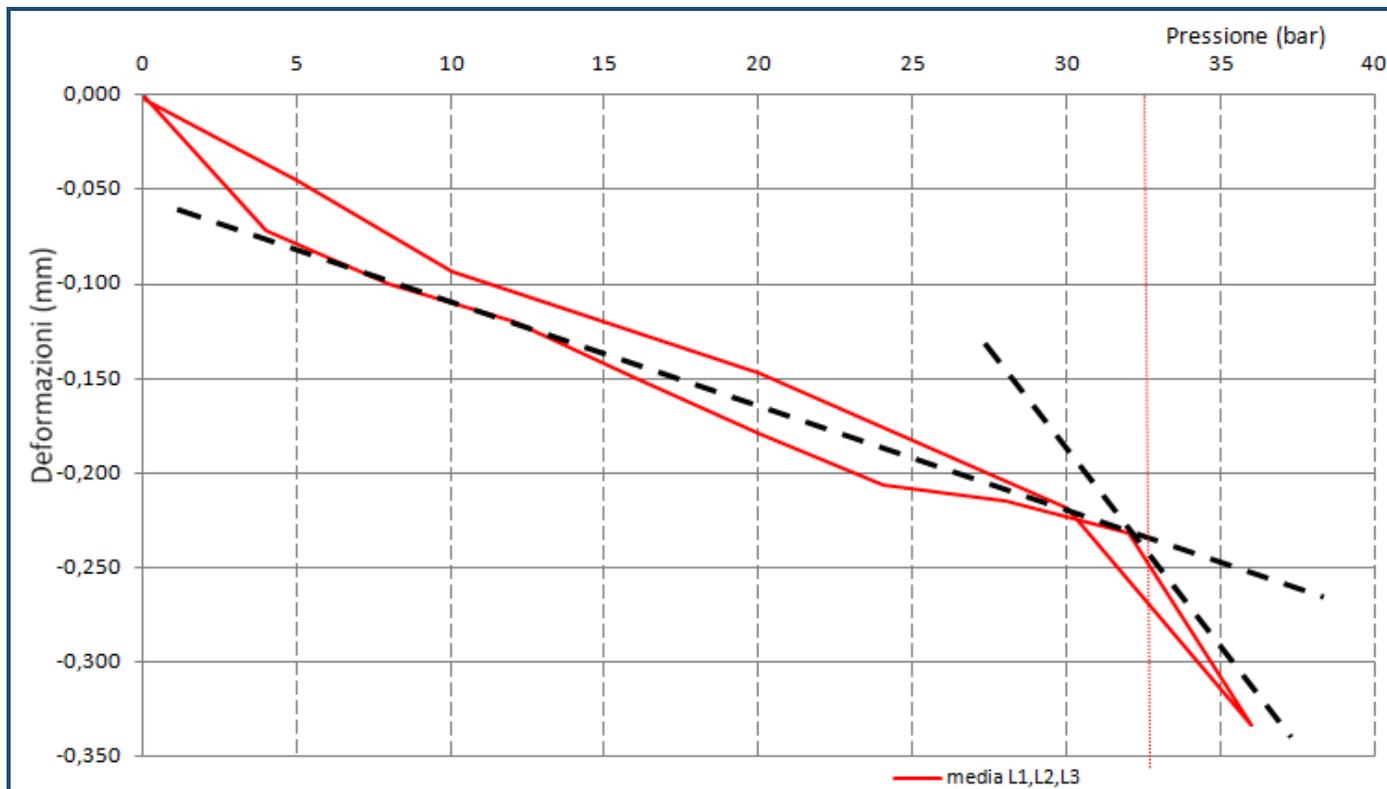
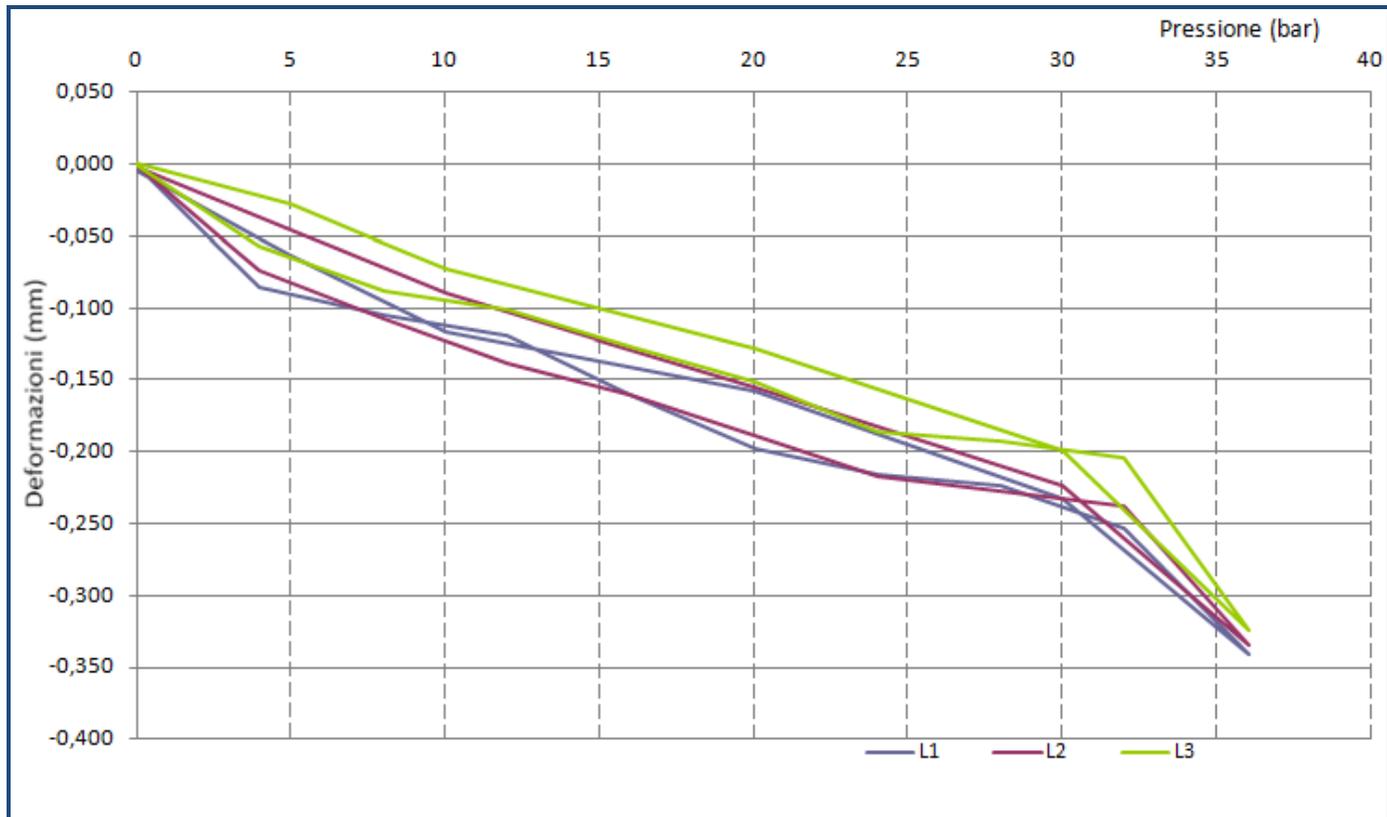
Punto di prova MP2

Data:	02/08/2017	Area martinetti	
Tipologia muratura:	MATTONI DOPPIO UNI	(cm²)	
Tipologia martinetto:	NOVATEST	0,86	778,56
Area superfici di taglio (cm²):	852,00		
MARTINETTO DOPPIO CICLO ULTIMO			

LETTURE ESEGUITE DEFORMOMETRO MILLESIMALE					CEDIMENTI (mm)				
BAR	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	MEDIA (L1-L2-L3)
0	6,062	5,963	6,349		0,000	0,000	0,000		0,000
4	5,977	5,889	6,292		-0,085	-0,074	-0,057		-0,072
8	5,957	5,855	6,261		-0,105	-0,108	-0,088		-0,100
12	5,943	5,825	6,248		-0,119	-0,138	-0,101		-0,119
16	5,902	5,802	6,222		-0,160	-0,161	-0,127		-0,149
20	5,864	5,774	6,198		-0,198	-0,189	-0,151		-0,179
24	5,846	5,746	6,163		-0,216	-0,217	-0,186		-0,206
28	5,838	5,736	6,156		-0,224	-0,227	-0,193		-0,215
32	5,809	5,725	6,145		-0,253	-0,238	-0,204		-0,232
36	5,721	5,628	6,025		-0,341	-0,335	-0,324		-0,333
30	5,830	5,739	6,150		-0,232	-0,224	-0,199		-0,218
20	5,904	5,808	6,221		-0,158	-0,155	-0,128		-0,147
10	5,945	5,873	6,277		-0,117	-0,090	-0,072		-0,093
5	5,999	5,918	6,321		-0,063	-0,045	-0,028		-0,045
0	6,058	5,961	6,350		-0,004	-0,002	0,001		-0,002

**Tensione limite elastico
(a 32.5 bar)
daN/cm²**

25,54

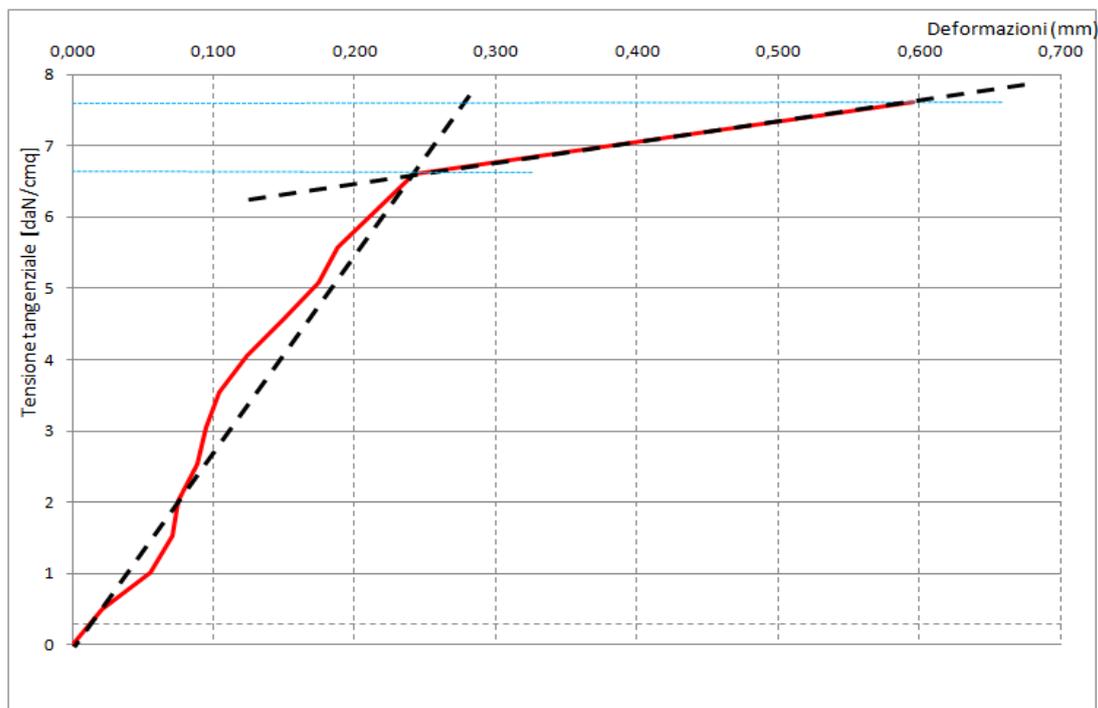


E medio (daN/cm²) 22645

5.3 Prova a taglio su elemento di muratura in laterizio – Punto di prova T1

Dimensioni mattone forato testato: 25,0 x 12,1 x 11,8h cm

GRAFICO TENSIONI - DEFORMAZIONI



Tensione tangenziale di fessurazione : 6,8 (daN/cm²)*

Tensione tangenziale Ultima Rilevata : 7,6 (daN/cm²)



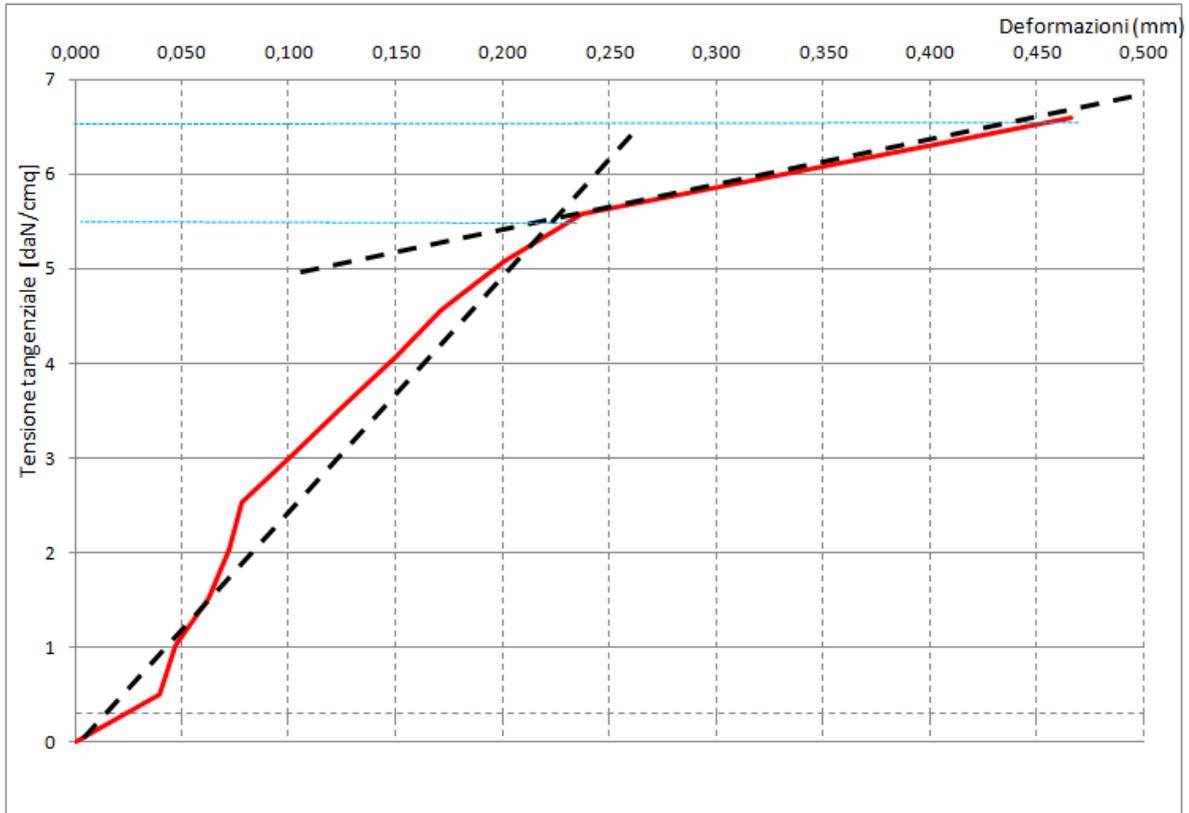
Punto di prova T1

NOTE:* Rottura blocco in laterizio

5.4 Prova a taglio su elemento di muratura in laterizio – Punto di prova T2

Dimensioni mattone forato testato: 25,0 x 12,1 x 11,8h cm

GRAFICO TENSIONI - DEFORMAZIONI



Tensione tangenziale di fessurazione : 5,5 (daN/cm²)*

Tensione tangenziale Ultima Rilevata : 6,5 (daN/cm²)



Punto di prova T2

NOTE:* Rottura blocco in laterizio

5.5 Indagini su malte

Indagine sclerometrica sulla malta (secondo istruzioni RSM 15)

Contrassegno Punto indagine	Profondità infissione ago (mm)				Stima della resistenza a compressione della malta (*) MpA
	1^ serie*	2^ serie *	3^ serie*	Media	
SM 1	3	1	3	2	≥ 4,0

(*) – dopo interpolazione dati medi di penetrazione dell'ago, effettuata con tabelle interpretative fornite dal costruttore dello strumento

NOTE:

- * Le serie consistono in n.10 battute per punto di prova
- L'indagine è stata eseguita in prossimità della prova con i martinetti piatti denominata MP2

5.6 Indagini endoscopiche - visive

Punto di prova E1 - MURO perimetrale p.t.



Stratigrafia : Rivestimento+Calcestruzzo =15 cm + Blocco forato in calcestruzzo =25 cm

Spessore tot. = 40 cm

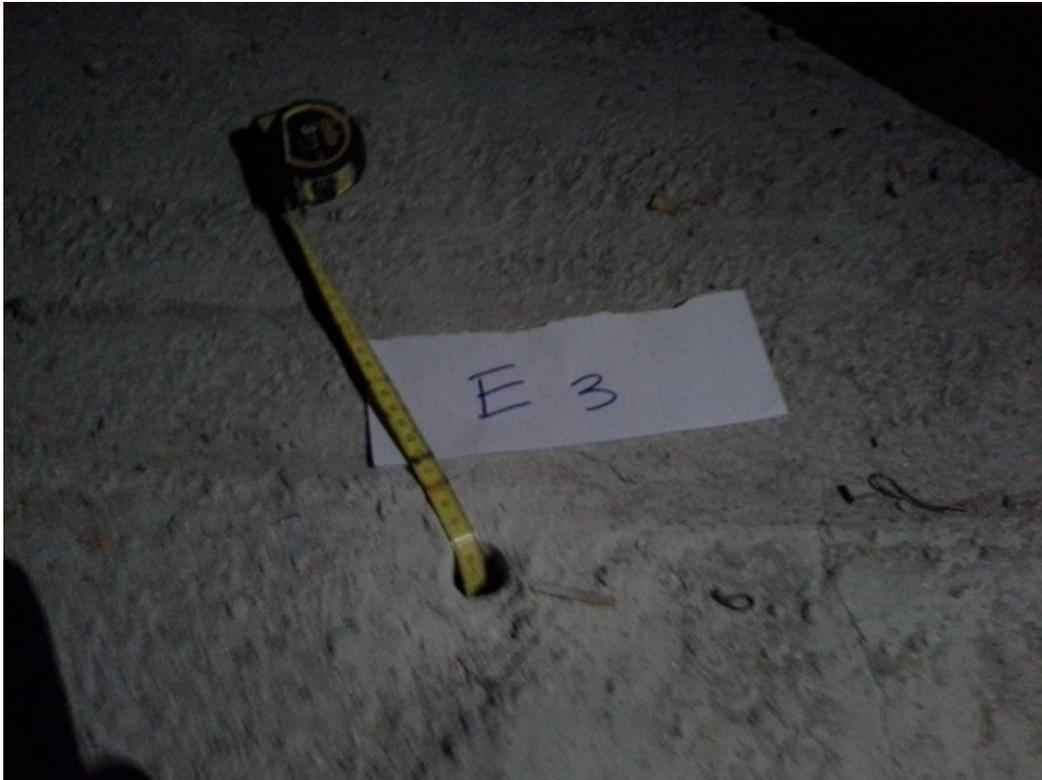
Punto di prova E2 - Solaio p.t.



Stratigrafia : Soletta in cls + Massetto =14 cm + Pignatta in laterizio =16 cm

Spessore tot. = 30 cm

Punto di prova E3 - Solaio 1°p.



Stratigrafia : Cappa in calcestruzzo =1 cm + Pignatta in laterizio =16 cm

Spessore tot. = 17 cm

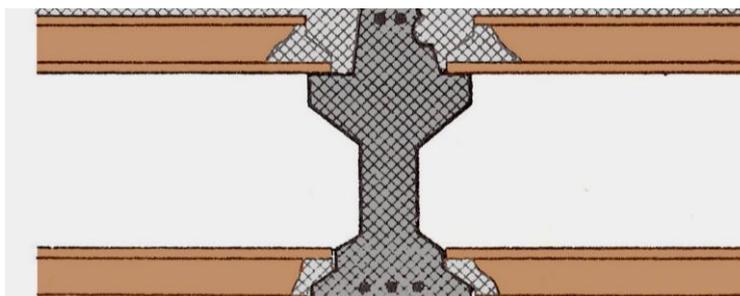
Punto di prova E4 – Copertura



Stratigrafia : *Tavella in laterizio =4 cm + Intercapedine = 20 cm + Tavella in laterizio =4 cm*

Spessore tot. = 28 cm

Note : *Le tavelle in laterizio appoggiano sulle alette di una trave di calcestruzzo tipo "Varese"*



ESEMPIO SEZIONE COPERTURA

5.7 Indagine pacometrica per la rilevazione dei ferri d'armatura

Pilastr

Contrass.	Ubicazione punto d'indagine [cm]	Lato elemento scansionato [cm]	N° ferri Longitud.	Distanza media ferri longitud. [cm]	Diametro ferri longitud.* (mm)	Passo medio staffe [cm]	Diametro ferri staffe.* (mm)	Copriferro medio [cm]
P9	Pilastr p.t interno- 70 x 25	70	8	8	16	20	8	3,0
		25	2	20	16	20	8	3,0
P10	Pilastr p.t perimetrale- 100 x 42	100	10	8	16	20	8	3,5
		42	4	10	16	20	8	3,5
P11	Pilastr p.t perimetrale- 105 x 25	105	12	9	16	20	8	3,0
		25	2	18	16	20	8	3,0
P12	Pilastr p.t. perimetrale sagomato – 25 x 40	25 (lato a vista sagomato)	2	20	18	25	8	3,0
		40 ^(A)	2	34	18	25	8	3,0

Attrezzatura utilizzata: Pacometro digitale "ELCOMETER" - Mod.W33ISH-4 – Verifica taratura : 07/10/16.

NOTE:

- (*) come da indicazioni del produttore, il diametro del ferro rilevato può variare di ± 2 mm rispetto al valore visualizzato dal display dello strumento.

- ^(A) Non effettuata rilevazione in mezzeria in quanto non scansionabile (presente serramento)

Travi

N°	Ubicazione punto di indagine	Dimensioni (cm)	Dimensioni elemento scansionato [cm]	N° ferri Longitud.	Distanza media ferri longitud. [cm]	Diametro ferri longitud.* (mm)	Passo medio staffe [cm]	Diam. ferri staffe.* (mm)	Coprif. medio [cm]
P1	sottotetto - Trave obliqua di copertura	30 (altezza) x 20 (intradosso)	20 (intradosso) x 50	7	1	14	27	8	1,0
P3	sottotetto - Trave obliqua di copertura	30 (altezza) x 20 (intradosso)	20 (intradosso) x 50	7	1	14	27	8	1,0
P2	sottotetto - Trave orizzontale di copertura	36 (altezza) x 25 (intradosso)	25 (intradosso) x 50	4	4	n.2 16 est. n.2 14 int.	27	6	1,5
P4	sottotetto - Cordolo perimetrale	45 (altezza lato a vista)	45 x 50	//	//	//	25	8	2,0
P6	sottotetto - Cordolo perimetrale	45 (altezza lato a vista)	45 x 50	//	//	//	25	8	2,0
P8	sottotetto - Cordolo perimetrale	45 (altezza lato a vista)	45 x 50	//	//	//	25	8	2,0
P5	sottotetto - Trave laterale rialzata	72 (altezza) x 25 (estradosso)	25 (estradosso) x 50	2	20	16	25	8	2,5
P7	sottotetto - Trave centrale rialzata	90 (altezza lato a vista)	90 x 50	1 (a 10 cm dall'estradosso)	//	16	25	8	2,5

Attrezzatura utilizzata: Pacometro digitale "ELCOMETER" - Mod.W33ISH-4 - Verifica taratura : 07/10/16.

NOTE:

- (*) come da indicazioni del produttore, il diametro del ferro rilevato può variare di ± 2 mm rispetto al valore visualizzato dal display dello strumento.

- Nelle **altezze**, dove non specificato, sono state individuate solamente le staffe.

5.8 Carotaggi su strutture in calcestruzzo

Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

RISULTATI DELLE PROVE							
N	Contrassegno provini	Dimensioni Diam. x altezza (mm)	Rapp. H/Ø	Massa Volumica (Kg/m ³)	Resistenza Max. Unit. (Mpa)* f _c	Data di prelievo	Data prova
1	C 1 - trave obliqua copertura	94 x 93	0,99	2282	26,9	01/08/2017	07/08/2017
2	C 2 - trave centrale	94 x 94	1,00	2239	22,6	01/08/2017	07/08/2017

(*) 1 MPa = 1N/mm² = 10,2 Kg/cm²

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN - mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 17/05/16

OSSERVAZIONI :

-Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.

-Tipo di rottura soddisfacente.

Foto zone di prelievo



5.9 Indagini sclerometriche su strutture in calcestruzzo

- Determinazione dell'indice sclerometrico – UNI EN 12504/2

	Prova 1	Prova 2	Prova 3
Contrassegno	SC 1 Pilastro sagomato p.t	SC 2 Cordolo perimetrale	SC 3 Trave orizzontale
N° battuta	Indice sclerom.	Indice sclerom.	Indice sclerom.
1	42	35	38
2	44	42	35
3	35	35	40
4	32	40	42
5	42	39	37
6	45	41	37
7	38	40	39
8	40	34	42
9	44	35	40
10	44	32	34
INDICE SCLEROMETRICO MEDIO	41	37	38
ORIENTAMENTO SCLEROMETRO	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
R cubica STIMATA (*) (N/mm²)	40	35	36

(*) – dopo interpolazione effettuata in base all'orientamento dello sclerometro, come da istruzioni del fabbricante dello strumento.

Osservazioni:

- Lo Sclerometro "MATEST" - mod. // - matr. 3S0367 è stato verificato tramite battute effettuate su un incudine campione di taratura "Tecnotest" -Matr.AT241/A, il giorno 17/07/2017

5.10 Microdemolizioni (scalpellature) per l'individuazione dei diametri dei ferri d'armatura

Scalpellatura RC1

Intradosso trave obliqua sp.25 cm – zona sottotetto



Ferri individuati: n.7 ferri longitudinali LISCI \varnothing 14 mm + staffa LISCIA \varnothing 8 mm

Scalpellatura RC2

Trave centrale rialzata – zona sottotetto



Ferri individuati: n.1 ferro longitudinale NERVATO \varnothing 16 mm + staffa LISCIA \varnothing 8 mm

Scalpellatura RC3

Pilastro sagomato perimetrale – piano Terra



Ferri individuati: ferro longitudinale LISCIO Ø 18 mm

***LIBRETTO SANITARIO
SULLO SFONDELLAMENTO DEI SOLAI***

Asilo Nido “Tartaruga”

Via Foscolo – Porto Mantovano (MN)



Committente:

Comune di Porto Mantovano (MN)

Strada statale Cisa, 42

46047 Porto Mantovano (MN)

INDICE

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	3
3. ANALISI TERMOGRAFICA	4
3.1. Caratteristiche del metodo	4
3.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	4
3.3. Indicazioni ricavate	5
4. ANALISI COSTRUTTIVA	6
4.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOLAI	6
4.1.1. Solaio Tipo	6
5. ANALISI SFONDELLAMENTO	8
5.1. DIAGNOSI CON BATTITURA MANUALE	8
5.2. DIAGNOSI MEDIANTE SONISPECT®	8
5.2.1. Caratteristiche del metodo	8
5.2.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature	11
6. RISULTATI DELLE ANALISI	12
6.1. TERMOGRAFIA	12
6.2. INTONACO	13
6.3. SFONDELLAMENTO	14
7. PLANIMETRIE	15
7.1. TIPOLOGIA CONTROSOFFITTI – Piano Terra	15
7.2. MAPPATURA SONISPECT® – Piano Terra	16
8. CONCLUSIONI	17

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dal Comune di Porto Mantovano si è proceduto ad una analisi diagnostica per individuare le condizioni all'intradosso dei solai dell'edificio che ospita l'Asilo Nido "Tartaruga" ubicato in via Foscolo a Porto Mantovano (MN).

La presente relazione è finalizzata all'individuazione di sfondellamento agli intradossi dei locali e non include la valutazione delle caratteristiche di stabilità strutturali dei solai.

L'analisi diagnostica per la prevenzione del rischio di sfondellamento segue un protocollo di indagine ed è necessario, innanzitutto, acquisire le informazioni necessarie per compiere una ricostruzione storica dell'edificio.

In particolare è fondamentale:

- ✓ conoscere le destinazioni d'uso, originali ed attuali, dei locali per poter risalire alle storie di carico dei diversi solai;
- ✓ ricercare la tipologia edilizia in relazione all'anno di costruzione;
- ✓ ricostruire le planimetrie generali del fabbricato in modo da valutare la distribuzione dei locali ed impostare la fase operativa di monitoraggio.

Queste operazioni risultano fondamentali per capire quale tipo di struttura si andrà ad analizzare. Successivamente si procede con le osservazioni in sito.

Già un primo impatto visivo con l'ausilio della termocamera ad infrarossi può fornire importanti informazioni sullo stato di salute dei solai. Piccole demolizioni localizzate permettono di definirne la tipologia e di constatarne le geometrie.

Questa fase è indispensabile: infatti solo un solaio con laterizio di alleggerimento può essere soggetto a sfondellamento.

Nella prima fase di verifica l'analisi delle solette dei singoli locali avviene tramite battitura manuale. Questo metodo indica la presenza del fenomeno.

Infine, l'elaborazione delle immagini termografiche registrate durante l'indagine confrontate con i risultati ottenuti dalla battitura consentiranno di ottenere tutti i dati necessari per una corretta diagnosi dello stato di consistenza e conservazione degli intradossi dei solai.

L'indagine dei solai, così completata, permette di tracciare delle planimetrie retinate che indicano il grado di avanzamento del fenomeno nei vari punti.

2. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

Dalla documentazione raccolta non si è potuto risalire con precisione alla data di costruzione dell'edificio oggetto del monitoraggio.

La maggior parte dell'edificio analizzato è occupato dai locali dell'Asilo Nido "Tartaruga" mentre i restanti locali sono utilizzati da un altro istituto.

In buona parte dell'edificio è stato installato un controsoffitto ispezionabile in pannelli in lana minerale e nel solo ripostiglio al piano terra il controsoffitto è realizzato con pannelli in fibra minerale. La superficie indagata ammonta a circa 800 mq.

3. ANALISI TERMOGRAFICA

Prima di effettuare le indagini atte alla valutazione dello stato dei solai viene compiuta un'osservazione generale dei soffitti utilizzando una termocamera ad infrarossi che consente di individuare anomalie nella formazione dei solai. Ciò può avvenire grazie alla sensibilità di misurazione che permette di localizzare le zone in cui sono presenti delle differenze di temperatura.

3.1. Caratteristiche del metodo

Lo scopo principale della termografia consiste nell'individuazione di errori e difetti nelle strutture dei solai e nella determinazione della loro natura ed estensione. Generalmente viene utilizzata per studiare le variazioni di temperatura sulle superfici di una struttura. Le variazioni nella resistenza termica possono, in determinate condizioni, determinare variazioni di temperatura sulla superficie. La termocamera permette di misurare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. La radiazione, quale funzione della temperatura della superficie di un oggetto, emessa dallo strumento permette di calcolare e visualizzare tale temperatura. La radiazione rilevata dalla termocamera non dipende solo dalla temperatura dell'oggetto, ma è anche una funzione dell'emissività.

L'emissività è una misura che si riferisce alla quantità di radiazione termica emessa dall'oggetto, comparata a quella emessa dal perfetto corpo nero. L'emissività della maggior parte dei materiali da costruzione ha valori compresi tra 0,85 e 0,90.

Le immagini termiche visibili con la termocamera ad infrarossi sono realizzate in modo da minimizzare il più possibile l'interferenza di fattori climatici esterni; di conseguenza risulta particolarmente importante impostare e bilanciare correttamente la temperatura ambiente.

3.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

- ✓ Campo di misura della temperatura da -20 °C a $+120\text{ °C}$
- ✓ Frequenza di immagine: 30 Hz
- ✓ Sensibilità termica (NETD mK) 50 mK @ $+30\text{ °C}$
- ✓ Risoluzione spaziale a 45° : 1,23 mRad
- ✓ Tipo di sensore: Focal Plane Array (FPA), microbolometro non raffreddato 640x480 pixels, vanadium oxide.
- ✓ Campo spettrale da 7,8 a 14 μm

3.3. Indicazioni ricavate

L'osservazione dei plafoni compiuta con l'ausilio della termocamera ad infrarossi, ha permesso di individuare lo scheletro strutturale e l'orditura dei solai. Tali informazioni consentono di determinare le posizioni in cui procedere successivamente con l'analisi costruttiva ed ottimizzare il numero di demolizioni da eseguire.

L'analisi termografica ha evidenziato la presenza di una sola tipologia di impalcato caratterizzata da una tramatura portante monodirezionale in c.a. e da pignatte di alleggerimento interposte.



Foto n°1-2 – Piano terra, sala Attività Gioco n°1, immagine nel visibile e confronto con l'analisi termografica.



Foto n°3-4 –Piano terra, Bagno n°1, immagine nel visibile e confronto con l'analisi termografica.

4. ANALISI COSTRUTTIVA

Grazie all'analisi termografica è possibile individuare le posizioni in cui procedere con le demolizioni superficiali necessarie per conoscere le tipologie dei solai presenti e per constatarne lo stato di salute.

4.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOLAI

A seguito delle osservazioni e delle demolizioni localizzate, effettuate in alcuni locali dell'edificio, si sono potute identificare le caratteristiche dei solai presenti. La maggior parte degli impalcati del fabbricato è realizzata secondo la descrizione riportata di seguito. Leggere varianti potrebbero essere legate all'altezza e alla geometria degli alleggerimenti, al quantitativo di armatura in relazione alle luci coperte dai solai ed allo spessore della finitura che difficilmente è costante sull'intera superficie. All'interno dell'edificio è stata rinvenuta un'unica tipologia di impalcato laterocementizio.

4.1.1. Solaio tipo

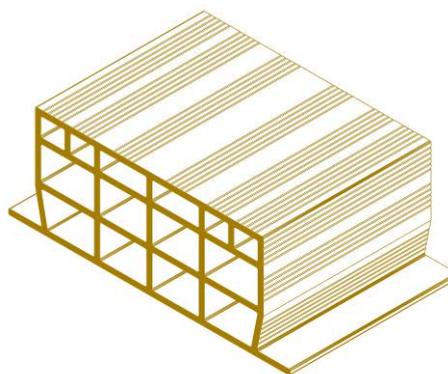
Le informazioni raccolte su questo impalcato discendono da alcune demolizioni eseguite dalla Committenza in alcuni locali al piano terra. Questa tipologia di solaio è classificabile come struttura mista ottenuta dall'assemblaggio di cemento armato, con funzione prevalentemente resistente, e laterizi aventi funzione prevalentemente di alleggerimento.

Il travetto portante, che ha una larghezza di circa 8 cm (misurati alla base), si forma in seguito al getto di calcestruzzo tra due file di pignatte adiacenti, ove è stata preventivamente posata l'armatura longitudinale.

L'altezza dell'impalcato si stima essere di 20 cm, dati dall'altezza degli elementi in laterizio (16 cm) più circa

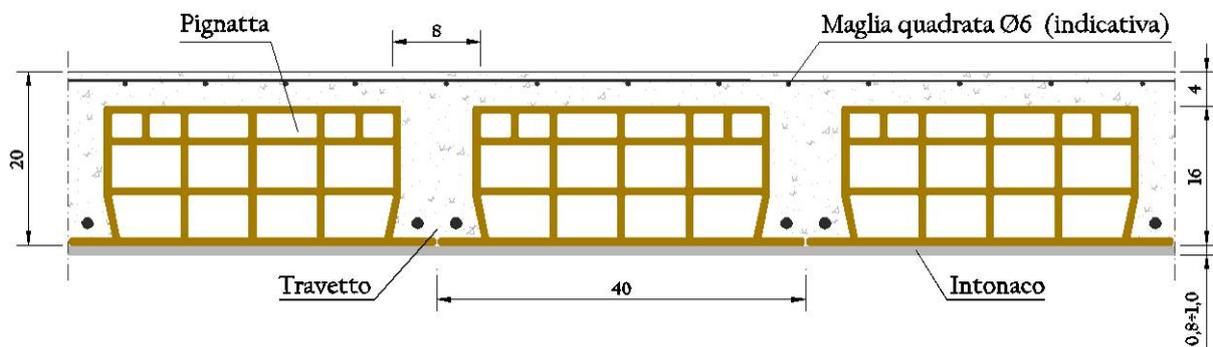
4 cm di soletta in calcestruzzo, quest'ultima rilevata direttamente in cantiere. Ciascun elemento di alleggerimento ha una larghezza di 40 cm comprese le ali laterali che permettono la formazione del travetto in c.a. e, ove è stata eseguita la microdemolizione, i setti interni ed esterni della pignatta hanno uno spessore conforme a quanto prescritto dalle normative vigenti, e non presentano anomalie realizzative rilevanti (setti ricurvi, difetti di cottura del laterizio, ecc.).

Nel punto in cui è stata eseguita la microdemolizione lo strato di finitura che riveste l'intradosso del solaio ha uno spessore di 0,80÷1,00 cm.



Disegno n° 1 – Vista tridimensionale di un elemento di alleggerimento.

A conclusione della descrizione si riporta la schematizzazione della sezione del solaio in esame, con riassunte le principali indicazioni dimensionali che caratterizzano l'impalcato.



Disegno n° 2 - Schematizzazione della sezione trasversale della solaio tipo.

La documentazione fotografica riportata qui di seguito mostra una visione d'insieme della demolizione eseguita per la determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi dell'impalcato, con il particolare del travetto e dello spessore dello strato di intonaco di finitura.



Foto n° 5 - Visione d'insieme della microdemolizione eseguita nel dormitorio al piano terra.



Foto n° 6 - Particolare del travetto gettato in opera.



Foto n° 7 - Particolare dello spessore d'intonaco presente all'intradosso del plafone.

5. ANALISI SFONDELLAMENTO

5.1. DIAGNOSI CON BATTITURA MANUALE

La battitura manuale della soletta è un metodo per la prima verifica dell'esistenza dello sfondellamento. Sollecitando la superficie del soffitto con colpi regolari si compie la prima valutazione di massima. La presenza di suoni vuoti in zone particolari del solaio indica l'esistenza del fenomeno. Questa operazione di scrematura ci permette di controllare l'intera superficie e di raffinare la diagnosi, in una seconda fase, mediante lo strumento di ispezione sonora. Osservata la presenza di zone ammalorate si procede, ove necessario, ad una diagnosi approfondita mediante Sonispect®.

5.2. DIAGNOSI MEDIANTE SONISPECT®

Il metodo ha lo scopo di individuare, con metodi non distruttivi, gli sfondellamenti o le lesioni negli elementi in laterizio e anche i distacchi del solo strato d'intonaco.

La strumentazione per l'indagine con il metodo Sonispect® è composta da un'asta alla cui estremità sono posti uno spintore elettromeccanico con testina battente e un microfono a condensatore direzionale. L'intensità di battuta è costante ed il microfono ne registra la risposta sonora. L'indagine viene svolta mediante auscultazione sonora di impulsi sequenziali emessi e ricevuti su una maglia a geometria fissa ed analizzati nel dominio delle frequenze.

Le valutazioni sull'eventuale difettosità delle aree sono espresse in base alla conoscenza della tipologia costruttiva dei solai, poiché ogni tipologia reagisce con risposte differenti nel campo delle vibrazioni.

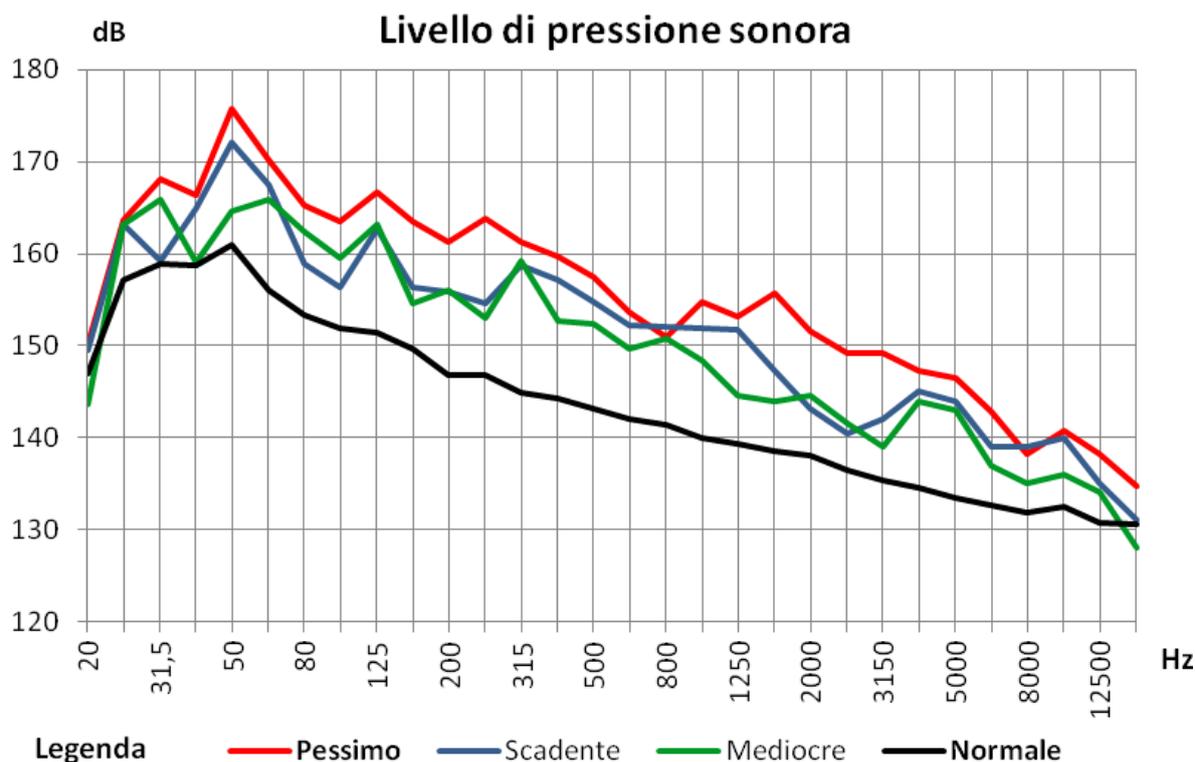
5.2.1. Caratteristiche del metodo

Il metodo presenta delle caratteristiche vantaggiose che ne consentono l'uso in qualsiasi situazione con la certezza dei risultati.

- ✓ Rapidità di indagine
- ✓ Alta risoluzione
- ✓ Rilievo strumentale con eccitatore meccanico a percussione e con microfono ad alta risoluzione
- ✓ Elaborazione immediata in terzi di ottava con analizzatore di spettro
- ✓ Restituzione a mezzo CAD di immediata comprensione.

In base alle analisi effettuate mediante Sonispect® è possibile classificare le situazioni di danneggiamento secondo quattro diversi livelli. Partendo dalla situazione considerata normale, cioè che non presenta alcun fenomeno fessurativo, si arriva a situazioni pessime e pericolose, passando da uno stato mediocre e da uno scadente, in cui il fenomeno è in evoluzione, ma non presenta la precarietà di un probabile distacco. Lo strumento, attraverso l'analisi delle risposte alle battute, è in grado di percepire la differenza di situazione e di indicare le difettosità puntuali o diffuse. Come pessime e pericolose si indicano le risposte che segnalano la sicura rottura con possibile imminente distacco di intonaco e/o laterizio. È possibile compiere dei confronti tra le diverse risposte dalla lettura dei diagrammi di uscita.

Il diagramma presenta in ascissa la frequenza compresa tra 20 Hz e 16000 Hz ed in ordinata il livello di pressione sonora (misurata in dB). Il diagramma di confronto qui riportato si riferisce all'andamento tipico di un solaio analogo in cui sono state osservate patologie simili.



Leggendo i risultati riportati nel diagramma di uscita dello strumento sonico è possibile fare delle osservazioni generali. Si nota che le curve, per una frequenza di 50 Hz, presentano un picco che si assesta intorno ad un valore di 160÷176 dB. Tale picco si riferisce all'impulso di battitura dello spintore, che agendo con la medesima intensità di battuta su ogni punto della superficie procura un'analogia risposta.

Il giudizio sullo stato di salute dell'intradosso del solaio va compiuto nell'intervallo di frequenze compreso tra i 50 Hz ed i 16000 Hz. In tale range la risposta è ben approssimata ed è possibile trovare le variazioni di risposta in modo più preciso.

La linea di colore nero, più bassa, si riferisce ad un solaio normale, in cui non è presente la fessurazione. L'andamento, se pur irregolare, ha dei valori di sensibile decremento di risposta.

In modo analogo si comporta la linea di colore **verde**, che rappresenta uno stato mediocre. In questo caso la curva risulta leggermente superiore a quella nera indicando una variazione all'interno dell'intradosso. La struttura è globalmente omogenea, ma possono essere presenti delle fessurazioni nello strato superficiale dell'intonaco di finitura dell'intradosso.

La linea di colore **blu** segnala una condizione transitoria in cui la porzione di intradosso non possiede più le caratteristiche di stabilità del solaio normale, ma non ha raggiunto ancora la situazione di crisi. Per questi casi si può prevedere una degenerazione del problema fino ad un collasso finale. La mutabilità e l'evoluzione del problema, non permettono una previsione temporale del distacco, ma consigliano un periodico monitoraggio in modo da prevenire i rischi.

La linea superiore, di colore **rosso**, presenta invece da subito delle anomalie. La curva, infatti, non ha più una brusca caduta ed il suono vuoto che si produce mantiene più alta l'intera curva. Ciò significa che la struttura non è omogenea e che presenta un fenomeno piuttosto avanzato di sfondellamento o di perdita di aderenza della finitura intonacata. In queste condizioni potrebbero presentarsi delle situazioni pericolose per gli utenti dei locali.

Nelle mappature allegate le zone in condizione normale non presentano alcuna retinatura colorata, le zone mediocri presentano una retinatura di colore verde, le zone scadenti di colore blu, mentre le zone pessime sono indicate in rosso con retinatura piena. La rimanente parte, non retinata, indica un impalcato normale.

5.2.2. Caratteristiche tecniche delle apparecchiature

Analizzatore di spettro digitale

- ✓ Risposta in frequenza: 20 ÷ 20 kHz
- ✓ Impedenza in entrata (@ 1 kHz) : 1,6 k Ω
- ✓ Frequenza di campionamento: fino a 48 Hz
- ✓ 16 bit di conversione A/D
- ✓ Memoria RAM: 2 GHz

Spintore elettromeccanico

- ✓ Testina battente in gomma dura
- ✓ Tensione: 12 V
- ✓ Resistenza nominale bobina: 1,05 Ω
- ✓ Soglia rigidità dielettrica: 1 mA

Microfono a condensatore direzionale

- ✓ Risposta in frequenza: 20 ÷ 20 kHz
- ✓ Sensibilità: 9 mV/PA / -41 dBV
- ✓ Pressione acustica limite: 112 Pa / 135 dB SPL
- ✓ Impedenza elettrica: < 200 Ω

6. RISULTATI DELLE ANALISI

L'insieme delle informazioni ottenute durante l'indagine ci permette di riassumere i risultati ottenuti con le diverse analisi.

6.1. TERMOGRAFIA

La termografia si è dimostrata uno strumento prezioso per la valutazione delle infiltrazioni e dell'umidità nell'edificio. Inoltre, la presenza di sacche d'aria tra lo strato di intonaco ed il supporto in laterizio ha permesso l'osservazione diretta delle zone col peggiore grado di aderenza dell'intonaco. La capacità di fornire un'immagine fisica dei percorsi di diffusione dell'umidità offre informazioni più sicure rispetto all'estrapolazione dei dati di umidità rilevate da sonde e comporta tempi inferiori. Le infiltrazioni ed i vuoti d'aria, attraverso la struttura, influiscono anche sulle variazioni di temperatura della superficie. Ciò significa che i difetti di isolamento presenti nelle componenti strutturali che racchiudono un edificio possono essere localizzati e ispezionati. A causa della sua maggiore capacità termica, la parte umida trattenerà il calore più a lungo di quella asciutta e sarà visibile nelle immagini termiche; inoltre il materiale da costruzione interessato dall'umidità ha una massa termica più elevata e la sua temperatura diminuisce più lentamente rispetto alle aree circostanti a causa dell'effetto capacitivo conduttivo e termico.

L'indagine non ha evidenziato porzioni di solaio interessate da infiltrazioni attive durante il sopralluogo.

6.2. INTONACO

L'analisi costruttiva ha evidenziato la presenza di uno strato di finitura spesso circa 0,80÷1,00 cm. Le verifiche svolte all'interno dell'edificio consentono di affermare che, complessivamente, lo stato di conservazione della finitura è soddisfacente, in quanto non si hanno da segnalare situazioni di particolare ammaloramento.

6.3. SFONDELLAMENTO

Come si può dedurre dalle mappature allegate, in alcune posizioni sono state individuate situazioni riconducibili alla presenza del fenomeno dello sfondellamento.

Le cause di degrado possono essere strettamente connesse alla struttura o legate all'ambiente. Le sollecitazioni indotte da fenomeni termoigrometrici dovuti anche alla modifica del microclima ambientale nel corso degli anni o le sollecitazioni indotte alla struttura per effetto dei carichi statici può determinare la trasmissione di azioni dovute alla congruenza e l'insorgere di fessurazioni nei laterizi provocate da elevati sforzi di trazione.

La presenza di carichi dinamici anche di piccola entità può determinare un fenomeno di affaticamento, provocando il cedimento per fatica del materiale. Altre cause frequenti sono da ricercare nelle sollecitazioni indotte da deformazioni nel tempo, che possono essere dovute a ritiri differenziali tra intonaco e laterizio, o a deformazioni differite nei travetti rispetto alle pignatte adiacenti.

Per la tipologia di solaio rinvenuta, il fenomeno dello sfondellamento deve essere inteso in senso classico, ovvero come fessurazione dei setti inferiori negli elementi di alleggerimento e, generalmente, si presenta in maniera maggiormente severa in corrispondenza delle travi ribassate, pareti perimetrali e cambi di orditure dei solai. Tale posizione non è casuale ma dovuta alla trasmissione, dai travetti ai laterizi, di sforzi di natura torsionale che innescano fenomeni di sollecitazione assiale lungo i setti delle pignatte in corrispondenza della connessione al fondello. In questo modo le prime file di laterizi risultano le più esposte a tale fenomeno. La presenza di elementi rigidi, infatti, impedisce la libera deformazione delle solette inducendo carichi trasversali eccessivi sulle prime file di alleggerimento.

L'auscultazione degli impalcati mediante battitura ha evidenziato alcuni elementi di alleggerimento affetti da problematiche di sfondellamento di varia entità.

In due casi (piano terra, Guardiola Insegnanti e Aula n°1) lo stato di salute di alcune pignatte è stato giudicato pessimo rispetto alla scala di valori proposta, rendendo pertanto necessario un intervento di messa in sicurezza prima che l'evoluzione del fenomeno possa dare luogo al cedimento di intonaco e/o laterizi. In questo caso è opportuno estendere l'intervento manutentivo a tutta la fascia di solaio parallela al setto murario, in quanto giudicata in non perfette condizioni di conservazione (condizione mediocre e scadente).

Mentre in altri casi si sono osservate zone degradate (pessime) nelle vicinanze di porzioni interessate dalla demolizione puntuale dell'impalcato. Il degrado in questo caso è riconducibile alle vibrazioni sostenute dall'impalcato durante le demolizioni.

7. PLANIMETRIE

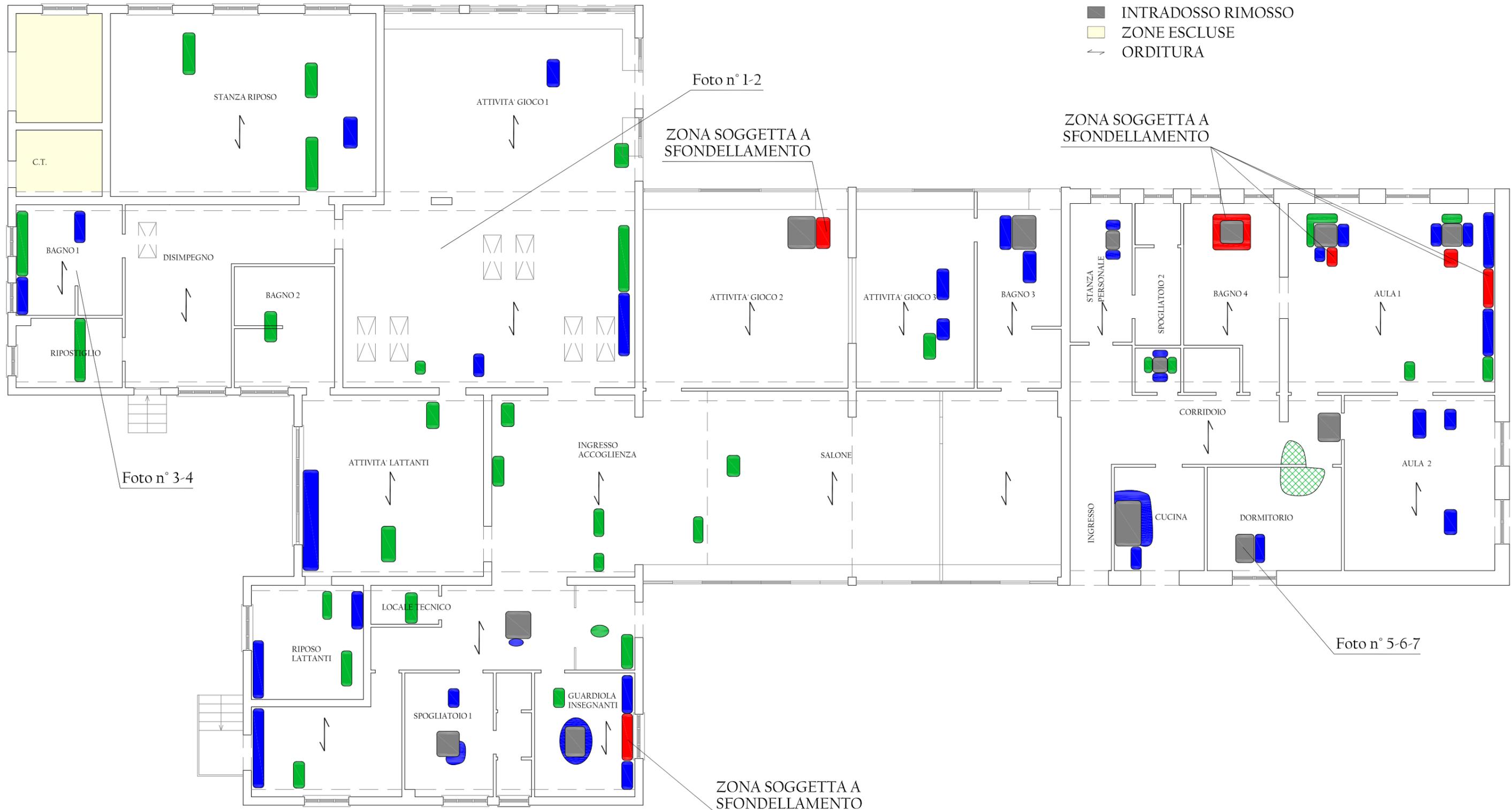
7.1. TIPOLOGIA CONTROSOFFITTI - PIANO TERRA



7.2. MAPPATURA SONISPECT® - PIANO TERRA

LEGENDA

-  PERICOLOSO
-  PESSIMO
-  SCADENTE
-  MEDIOCRE
-  NORMALE
-  INFILTRAZIONI
-  INTRADOSSO RIMOSSO
-  ZONE ESCLUSE
-  ORDITURA



8. CONCLUSIONI

I documenti e le informazioni raccolte permettono di avere un quadro complessivo dello stato di salute dei solai analizzati.

L'analisi termografica svolta all'interno dell'edificio non ha evidenziato **infiltrazioni** d'acqua attive al momento dell'indagine.

Non si hanno da segnalare porzioni di **intonaco** con problemi di aderenza al plafone.

La battitura degli intradossi ha invece evidenziato alcuni laterizi affetti da problematiche di **sfondellamento** di varia entità. Le situazioni più gravi, classificate come pessime rispetto alla scala di valori proposta, sono state rinvenute all'interno della Guardiola Insegnanti, dell'Attività Gioco n°2, del Bagno n°4 e dell'Aula n°1 al piano terra. In corrispondenza di queste aree è necessario procedere con un adeguato intervento di bonifica da estendere anche agli alleggerimenti limitrofi in quanto considerati in stato di conservazione non ottimale, prima che l'evoluzione del fenomeno possa determinare il crollo al suolo di intonaco e/o laterizi.

Per quantificare il grado di rischio legato ad un possibile sfondellamento occorre analizzare i due principali fattori che definiscono la quantità di materiale soggetto a possibile crollo. Il peso della finitura ad intonaco è di circa 18 kg/mq per ogni centimetro di spessore. È evidente che l'incremento di spessore provoca un aumento proporzionale di peso. L'analisi costruttiva ha messo in evidenza uno strato d'intonaco spesso circa 0,80÷1,00 cm. Nel caso di distacchi simultanei anche di parti di laterizio, tale peso va incrementato ulteriormente di circa 10 kg/mq.

Il secondo fattore fondamentale è l'estensione del fenomeno. L'esperienza ottenuta da anni di osservazioni insegna che in molti casi, tale aspetto è quello rilevante.

Infatti, se si considera di estendere i carichi ipotizzati precedentemente su una superficie di circa 1÷2 mq, è chiaro che un crollo improvviso di ≈55 kg di materiale costituisce un pericolo. Inoltre, spesso, il fenomeno risulta tanto più imprevedibile quanto più è elevata la superficie ammalorata.

Tali considerazioni sono necessarie per una corretta interpretazione dei risultati ottenuti e per individuare un più corretto metodo di intervento.

Per una valutazione puntuale si rimanda alle indicazioni riportate nella relazione, mentre per l'individuazione delle zone interessate da possibili cedimenti si rimanda alle planimetrie allegate che indicano puntualmente la situazione osservata e contengono i riferimenti alle immagini inserite.

E' doveroso ricordare che la presente relazione ha una limitata valenza temporale, in particolar modo nel caso di eventi eccezionali quali esplosioni, incendi o sismi, soprattutto in un edificio di rilevanza strategica. Non è, infatti, possibile garantire la stabilità dell'intradosso dei solai per tempi illimitati.

Per valutare l'evoluzione dei fenomeni registrati si suggerisce l'esecuzione di un monitoraggio di controllo sui soffitti dell'edificio periodico, ponendo particolare attenzione alle porzioni individuate come scadenti ed indicate in blu nelle planimetrie allegate.

Porto Mantovano, 16 Febbraio 2015

Dott. Ing. Marco Gallotta



Tecnoindagini S.r.l.

