



FIAT ENGINEERING S.p.A.

- Torino -



EX MANIFATTURA TABACCHI (VE)

Indagini specialistiche preliminari in sito e in laboratorio

RELAZIONE TECNICA

VOLUME II

RZ/MP/C.958

Cassina de' Pecchi, Dicembre 1999



ICMQ  
NORMA ISO 9001

CERTIFICAZIONE  
SISTEMA QUALITÀ  
CERTIFICATO N. 98203



**tecniter** s.r.l.  
CENTRO RICERCHE APPLICATE  
INGEGNERIA CIVILE ED INDUSTRIALE

## INDICE

### VOLUME I

<b>1. PREMESSA</b>	<b>Pag. 3</b>
<b>2. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE APPARECCHIATURE UTILIZZATE</b>	<b>Pag. 4</b>
<b>3. DESCRIZIONE DEL LAVORO</b>	<b>Pag. 7</b>
<b>4. RISULTATI</b>	
4.1 <u>Prove su strutture in laterizio</u>	
4.1.1 Endoscopie nei solai voltati	Pag. 8
4.1.2 Endoscopie nelle murature	Pag. 9
4.1.3 Prove con martinetto piatto singolo	Pag. 10
4.1.4 Prove con martinetto piatto doppio	Pag. 11
4.1.5 Prove soniche nelle murature	Pag. 12
4.2 <u>Prove su strutture in cemento armato</u>	
4.2.1 Rilievo ferri di armatura e prove di carbonatazione	Pag. 13
4.2.2 Prove ultrasoniche e indice di rimbalzo sclerometrico	Pag. 14
4.2.3 Endoscopie nei solai in cemento armato	Pag. 15
4.2.4 Prove su carote in calcestruzzo	Pag. 16
4.2.5 Prove su spezzoni di armatura metallica	Pag. 17
4.3 <u>Prove su strutture metalliche</u>	
4.3.1 Prove su spezzone putrella	Pag. 18
4.3.2 Prove su chiodi metallici	Pag. 19
4.3.3 Ultrasuoni su colonne di ghisa	Pag. 20
4.4 <u>Analisi su strutture lignee</u>	Pag. 21

**VOLUME II**



4.5	<u>Prove di carico dinamiche su orizzontamenti - modalità di esecuzione</u>	Pag. 22
4.6	<u>Metodologia del calcolo analitico</u>	Pag. 23
4.7	<u>Analisi dinamica: modellazione solaio n° 1</u>	Pag. 24
4.7.1	Prova e analisi dinamica solaio n° 1	Pag. 25
4.7.2	Analisi statica solaio n° 1	Pag. 27
4.8	<u>Analisi dinamica: modellazione solaio n° 2</u>	Pag. 28
4.8.1	Prova e analisi dinamica solaio n° 2	Pag. 29
4.8.2	Analisi statica solaio n° 2	Pag. 31
4.9	<u>Analisi dinamica: modellazione solaio n° 3</u>	Pag. 32
4.9.1	Prova e analisi dinamica solaio n° 3	Pag. 33
4.9.2	Analisi statica solaio n° 3	Pag. 35
4.10	<u>Analisi dinamica: modellazione solaio n° 4</u>	Pag. 36
4.10.1	Prova e analisi dinamica solaio n° 4	Pag. 37
4.10.2	Analisi statica solaio n° 4	Pag. 39
4.11	<u>Analisi dinamica: modellazione solaio n° 5</u>	Pag. 40
4.11.1	Prova e analisi dinamica solaio n° 5	Pag. 41
4.11.2	Analisi statica solaio n° 5	Pag. 43
4.12	<u>Analisi dinamica: modellazione solaio n° 6</u>	Pag. 44
4.12.1	Prova e analisi dinamica solaio n° 6	Pag. 45
4.12.2	Analisi statica solaio n° 6	Pag. 47

**VOLUME III**

4.13	<u>Indagini geognostiche e prove di laboratorio</u>	Pag. 1 di 3
4.13.1	Sondaggi a carotaggio continuo	Pag. 2 di 3
4.13.2	Prove penetrometriche – CPTE – CPT	Pag. 3 di 3

**ALLEGATI:** Atlante delle planimetrie con ubicazione indagini

#### 4.5 Prove di carico dinamiche su orizzontamenti - Modalità di esecuzione

La prova sperimentale viene condotta registrando la risposta dinamica della struttura ad un'eccitazione impulsiva impartita secondo una maglia regolare (reticolo) appositamente predisposto per lo scopo (cfr. le seguenti figure).

Sia l'eccitazione che la risposta sono state misurate con opportuni trasduttori i cui segnali venivano mandati in ingresso ad un analizzatore di spettro bicanale con la possibilità di calcolo delle funzioni di trasferimento e di coerenza. Ogni funzione di trasferimento è caratteristica della struttura (per la coppia di punti indagati) mentre la funzione di coerenza stabilisce la bontà della correlazione tra il segnale di eccitazione e quello di risposta.

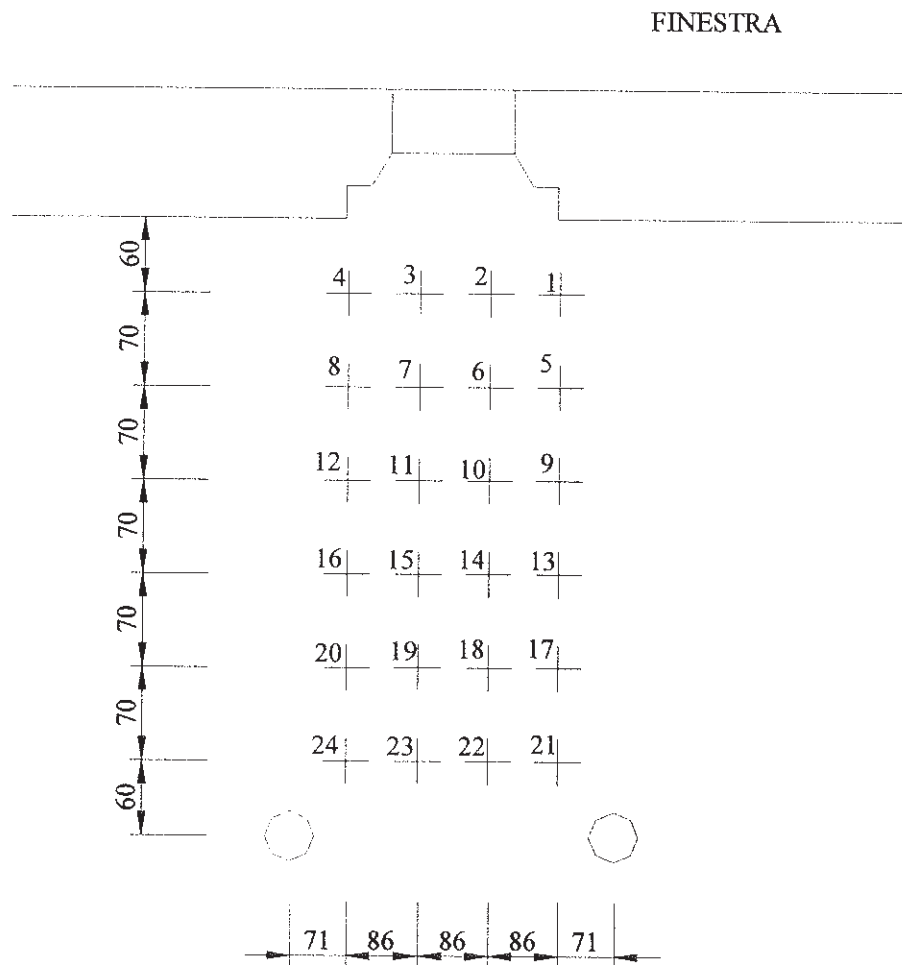
In tutti i casi sono state ottenute funzioni di coerenza soddisfacenti.

Ognuna delle funzioni suddette è stata calcolata effettuando la media su una serie ripetuta di tre misure per coppia di punti e successivamente trasferita su un computer sul quale è installato il programma di calcolo per l'effettuazione dell'analisi modale sperimentale.

L'intervallo di frequenza interessato dalle misure è stato limitato a 0 -100 Hz, con lo scopo di cogliere i modi di vibrazione di ordine minore che sono sicuramente i più significativi per i fini dell'identificazione strutturale. I valori di frequenza, di smorzamento e le forme modali vengono calcolati dal software in seguito ad una procedura di "fitting" delle funzioni di trasferimento acquisite. Il risultato di questa elaborazione costituisce lo stato preliminare al calcolo analitico effettuato con un codice di calcolo ad elementi finiti.

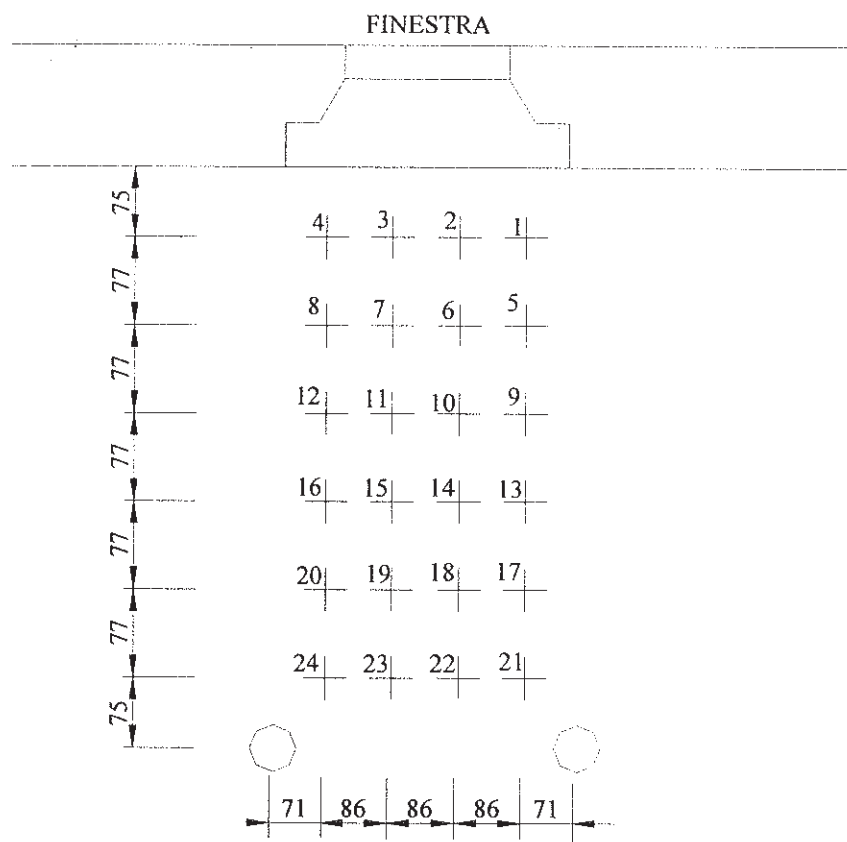
L'ubicazione delle 6 prove è posizionata nelle tavole allegate a questa relazione e nelle figure seguenti sono illustrate le maglie di punti utilizzati per le prove.

**C.958**  
**Indagini Diagnostiche**  
**Prove dinamiche**  
**Reticolo di prova**  
**Solaio n. 1**

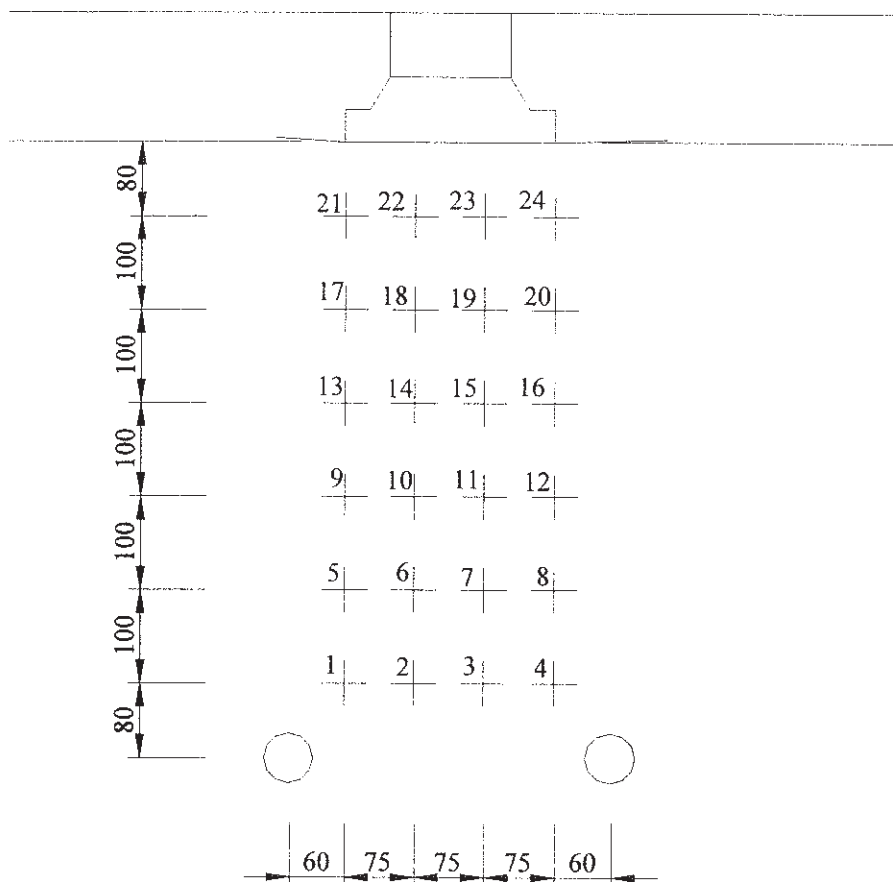




**C.958**  
**Indagini Diagnostiche**  
**Prove dinamiche**  
**Reticolo di prova**  
**Solaio n. 2**



**C.958**  
**Indagini Diagnostiche**  
**Prove dinamiche**  
**Reticolo di prova**  
**Solaio n. 3**



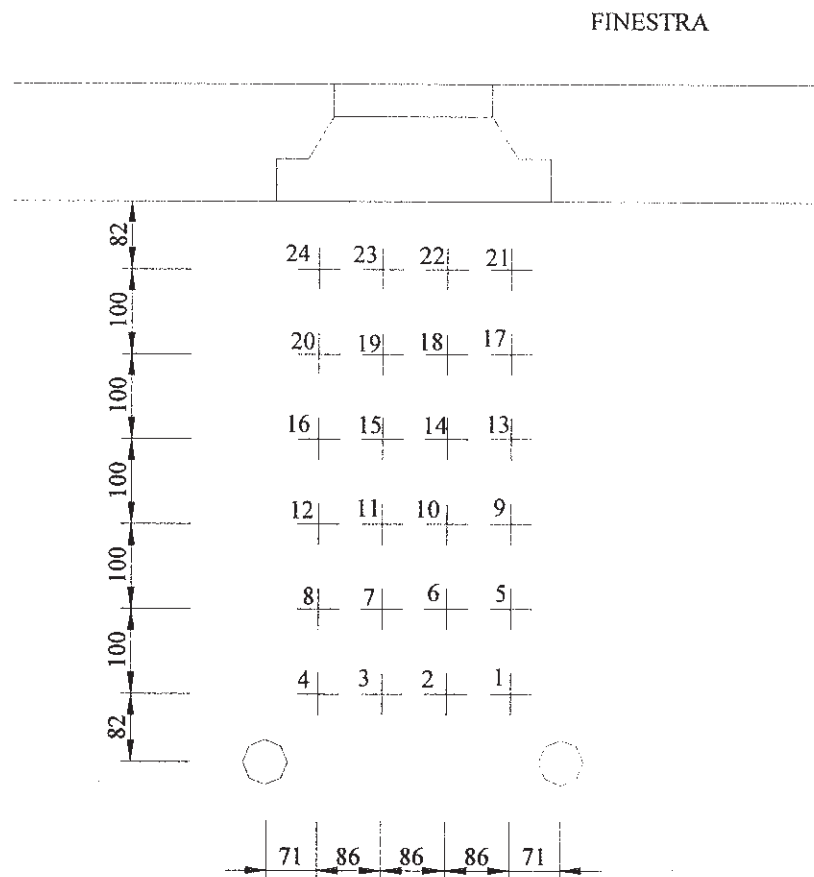
Disegno non in scala

Misure espresse in cm

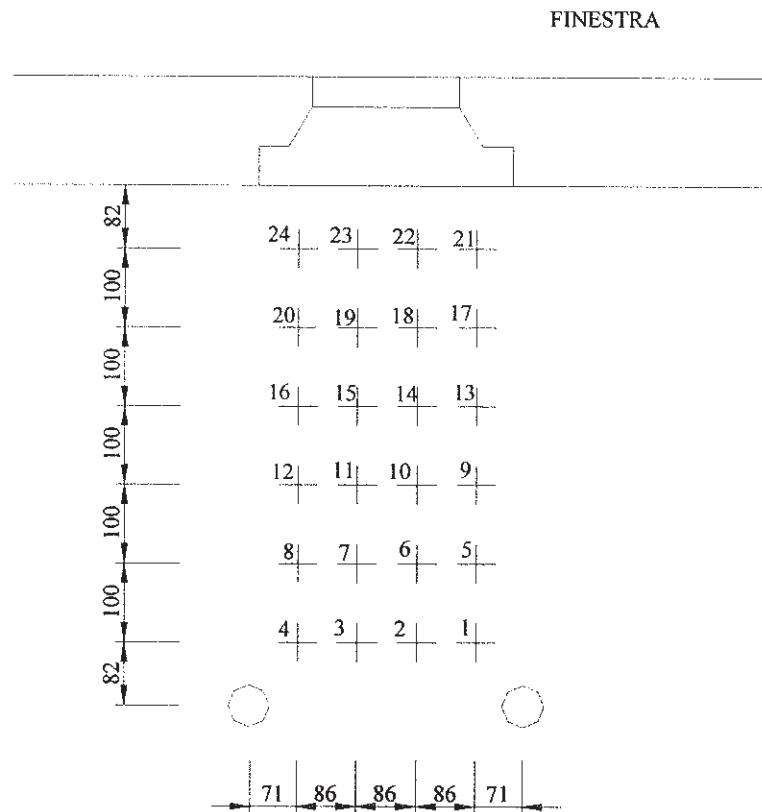
Fig.103



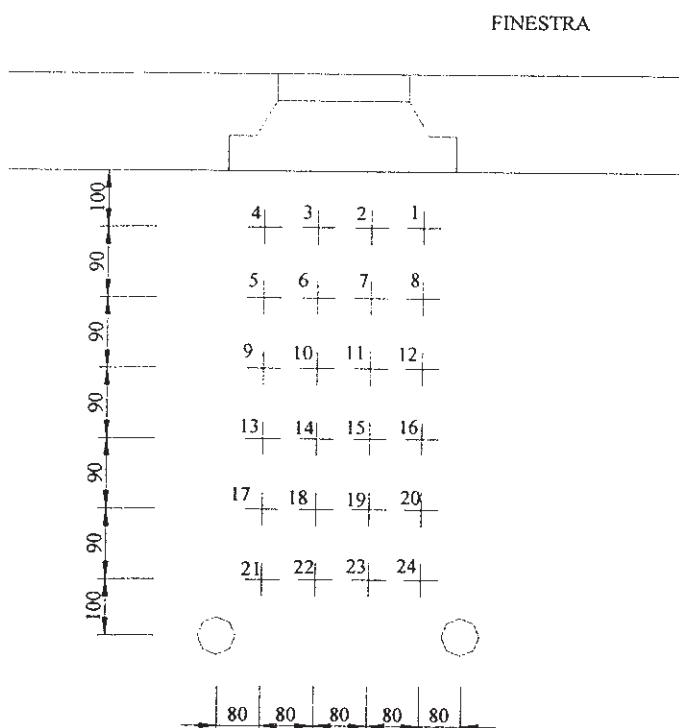
C.958  
Indagini Diagnostiche  
Prove dinamiche  
Reticolo di prova  
Solaio n. 4



**C.958**  
**Indagini Diagnostiche**  
**Prove dinamiche**  
**Reticolo di prova**  
**Solaio n. 5**



**C.958**  
**Indagini Diagnostiche**  
**Prove dinamiche**  
**Reticolo di prova**  
**Solaio n. 6**



#### 4.6 Metodologia del calcolo analitico

A valle delle prove dinamiche sperimentali è stato eseguito uno studio mediante analisi modale.

Il solaio è stato schematizzato con modelli ad elementi finiti realizzati tramite il pre e post processore FEMAP 4.51b della Enterprise Software Products Inc, ed analizzati mediante il codice di calcolo UAI/NASTRAN 11.8 della UAI Analitics Corp..

Scopo dell'analisi teorica è quello di giungere alla completa caratterizzazione del comportamento strutturale nei confronti di una eccitazione dinamica.

Si è allora proceduto ad un'analisi di sensibilità dei modelli variando i parametri che ne influenzano il comportamento dinamico cioè la rigidezza, il modulo elastico ed il grado di vincolo. Non così per la massa in gioco, che è stata valutata in accordo con le rilevazioni eseguite, ed alle "Norme tecniche per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16/01/1996.

La completa identificazione strutturale si ottiene ricercando quei valori di rigidezza, modulo elastico e grado di vincolo per i quali il modello ad elementi finiti restituisce le stesse frequenze e gli stessi modi di vibrare rilevati sperimentalmente. Si fa notare a questo proposito che la comparazione va intesa in senso qualitativo. Infatti il ruolo di irrigidimento che gli elementi architettonici svolgono nei confronti della nuda struttura, così come le condizioni al contorno variabili da punto a punto in funzione anche delle tecniche costruttive adottate, risultano alquanto aleatorie. E' dunque possibile trovare discordanze tra metodo analitico e metodo sperimentale.

In particolare, il metodo analitico può fornire un numero di frequenze modali differente da quanto si può rilevare sperimentalmente anche a causa, talvolta, della difficile individuazione di alcuni picchi delle funzioni di trasferimento che identificano le frequenze modali. Queste "interferenze" al comportamento strutturale possono inoltre portare, nella modellazione analitica, al superamento della effettiva geometria delle strutture.

Si consideri inoltre che l'analisi modale svolta con il metodo degli elementi finiti non tiene conto dello smorzamento; questo induce un ulteriore fattore di approssimazione.

Una volta raggiunta comunque una sufficiente corrispondenza tra comportamento dinamico sperimentale e analitico, è stato possibile eseguire il calcolo statico delle strutture utilizzando il modello matematico ottimizzato, ed ottenere così le sollecitazioni che tendono a insorgere nelle strutture stesse, intese come costituite da materiale perfettamente elastico, omogeneo e isotropo.

#### 4.7 Analisi dinamica: modellazione solaio n°1

Di seguito si riportano i dati fondamentali emersi dalla analisi dinamica teorica.

Il pacchetto di solaio è stato schematizzato con elementi *Lplate* a quattro nodi, mentre le travi che costituiscono il telaio di orditura sono state modellate con elementi *beam*.

Tutti i materiali sono stati considerati omogenei ed isotropi.

#### 4.7.1 Prova e analisi dinamica solaio n°1

L'analisi dinamica sperimentale è stata condotta al secondo piano su una porzione della superficie calpestabile del solaio compresa fra la finestra e la prima coppia di pilastri. Il solaio in analisi è realizzato con una gettata in calcestruzzo su longherine in acciaio ed ha dimensioni circa 4,7 x 4 m. Tutto il pacchetto di solaio poggia inoltre su due travi in acciaio.

Nella seguente tabella si riportano i valori di frequenza ottenuti dalla prova sperimentale:

<b>Modo</b>	<b>Freq. solaio (Hz)</b>
I	15,9
II	21,0
III	38,
IV	68,6

L'analisi di sensibilità sul modello ad elementi finiti ha condotto alla individuazione delle seguenti grandezze caratteristiche equivalenti:

Modulo di elasticità dell'acciaio  $E_a = 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

Modulo di elasticità equivalente del pacchetto di solaio:  $E_s = 2,5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

Spessore equivalente del pacchetto di solaio:  $s = 0.10 \text{ m}$

Sovraccarico: caso 1:  $2000 \text{ N/m}^2$   
caso 2:  $3500 \text{ N/m}^2$

Sono stati evidenziati i seguenti vincoli:

- in corrispondenza dei pilastri e dei due rimanenti angoli: incastro
- in corrispondenza della parete della finestra: appoggio complesso
- in corrispondenza della parete opposta (dove il solaio prosegue): vincolo di continuità + molle assiali di rigidezza 100000 N/m.

In corrispondenza ai modi sperimentali l'analisi modale ha restituito le seguenti frequenze significative :

<b>Modo</b>	<b>Freq. solaio (Hz)</b>
I	15,6
II	22,5
III	39,3
IV	68,3