

Studio di Ingegneria **A**custica **A**mbientale

Dott. Ing. GIANNI Claudio Gino Capolona, Loc. Busseto, 46 – 52010

Impatto Acustico e Vibrazionale - Bonifiche - Insonorizzazioni - Certificazioni 277/91, 626/94 e 494/96 - Sicurezza Aziendale

Acustica Interna di Ambulatorio Acustico

# RELAZIONE TECNICA

DOCUMENTAZIONE TECNICA art. 8 L.447/95

Ambulatorio medico presso Centro  
“Roberto Giovannini” di Prato

Tecnico Competente in Acustica Ambientale - Claudio Gino Dott. Ing. GIANNI  
Provvedimento Dirigenziale N° 66/EC del 10/05/2002 della Provincia di Arezzo

La presente relazione tecnica costituita dai seguenti paragrafi:

INTRODUZIONE.....	3
QUALITÀ ACUSTICA.....	3
LAY OUT.....	4
STRUMENTAZIONE E PERSONE PRESENTI AI RILIEVI.....	5
ONDE STAZIONARIE.....	5
MISURE.....	6
<i>Residuo di Fondo.....</i>	<i>6</i>
<i>Tempo di Riverberazione medio.....</i>	<i>7</i>
<i>Grafico a scalini.....</i>	<i>8</i>
ANALISI DEI RISULTATI.....	9
TRATTAMENTO DELLE PARETI.....	9

ed è completata dai seguenti documenti allegati:

- 1) REPORT DELLE MISURE – Misure del Tempo di Riverberazione (Misura n° 1, Misura n° 2, Misura n° 3, Misura n° 4, Misura n° 5 e Misura n° 6; Media delle misure del Tempo di Riverberazione; Misura del residuo di fondo);
- 2) NORMAL MODES – Procedura informatica per la determinazione dei Modi Normali di Vibrazione (Onde Stazionarie);
- 3) MATERIALI – Schede tecniche pannello fonoassorbente
- 4) Certificati di taratura della strumentazione

## INTRODUZIONE

L'ambulatorio per le visite e le misure otometriche è stato recentemente realizzato all'interno del nuovo Centro "Roberto Giovannini" nelle immediate vicinanze del complesso ospedaliero di Prato.

La qualità acustica interna è certamente di buon livello, ma la percezione degli operatori e degli specialisti lascia qualche incertezza che suggerisce una indagine accurata ed interventi di miglioramento per assicurare le migliori prestazioni.

In data 7 Aprile 2006 si è svolto il sopralluogo preliminare con il quale si è verificato che l'esigenza principale è collegata alla eccessiva densità sonora, anche se non sarà da trascurare l'eventuale presenza di onde stazionarie.

Si considera assente (abbiamo ricevuto assicurazione che la bocchetta presente sarà rimossa) il disturbo proveniente dalla bocchetta di estrazione aria del sistema di climatizzazione, in sede di misura delle caratteristiche acustiche esistente, in data 19 Aprile, abbiamo verificato lo spegnimento del sistema di climatizzazione.

## QUALITÀ ACUSTICA

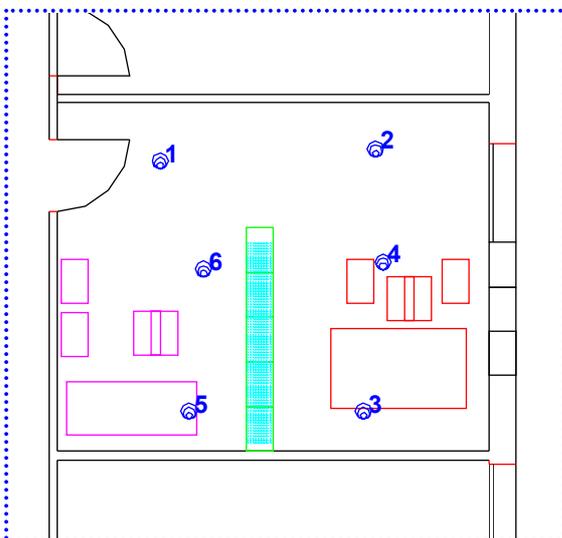
La verifica delle prestazioni acustiche di un ambiente sala è storicamente sviluppata per via sperimentale mediante l'analisi di singole caratteristiche specifiche. Solo alcune delle caratteristiche si avvale di misure del  $T_{60}$  Tempo di Riverberazione e di  $\alpha$  Coefficiente di assorbimento delle finiture superficiali.

Di seguito si danno le definizioni, i valori di progetto, le analisi preliminari delle caratteristiche rilevate dei principali caratteri dell'acustica interna e le impostazioni oggetto di verifica:

- **Intimacy**, caratterizzata dal ritardo intercorrente tra l'onda sonora diretta e quella di prima riflessione.
  - Il valore più corretto normalmente individuato è  $T = 12$  millisecondi
  - Viste le dimensioni e le esigenze metrologiche tipiche dell'ambiente in esame si considera che, con l'esecuzione degli interventi di miglioramento previsti si avrà una intimità molto bassa.
- **Liveness**, individuata dal Tempo di Riverberazione ( $T_{60}$ ) medio delle sole frequenze comprese tra 500 e 1000 Hz (porzione centrale dell'area del parlato),
  - Varia al variare della specializzazione della sala, per la particolare sordità ambientale richiesta si ritiene che il valore compatibile deve essere inferiore a 1,2 secondi;

- Occorre verificare la risposta strumentale per rimodellare le finiture superficiali fino ad ottenere il valore di progetto.
- **Warmth**, corrisponde al rapporto tra il valore medio di  $T_{60}$  tra le frequenze 125 e 250 ed il  $T_{60}$  della “Liveness”,
  - Il valore da considerer buono per il nostro caso è compreso tra 1,1 e 1,5.
  - Anche qui la misura è necessaria per verificar le eventuali modalità di intervento correttivo.
- **Loudness Direct**, la potenza sonora dell’onda diretta (collegata alla distanza in metri tra l’ascoltatore e la sorgente di rumore).
  - In questo caso si deve ridurre la “presenza” ambientale al minimo, ma date le dimensioni e le caratteristiche esistenti si ritiene che la verifica sia ampiamente soddisfatta.
- **Loudness Reverberant**, la potenza sonora dell’insieme delle onde riflesse (è direttamente collegata al  $T_{60}$  ed è inversamente proporzionale al volume).
  - Anche in questo caso si deve ridurre la “presenza” del locale al minimo, per cui Il valore del rapporto  $T_{60}/V$  deve essere inferiore a 2.
  - Pur in presenza di valori certamente più che buoni, si ritiene necessaria una verifica strumentale, anche se non saranno da installare diffusori.
- **Diffusion**, percezione della presenza del volume ambientale.
  - Le dimensioni molto raccolte dell’ambiente consentono automaticamente il raggiungimento di una buona diffusione.
- **Echo**, la presenza di Onde Stazionarie o distorsioni tonali è molto importante, e sono da evitare con la massima attenzione.

## LAY OUT



Nella planimetria schematica riprodotta a fianco è riportato l’ambiente in esame con una rappresentazione degli arredi presenti e delle postazioni di misura.

Le pareti sono pannelli di cartongesso rivestite con intonaco acustico ad elevate prestazioni, il controsoffitto è a lastre compatte di polistirene estruso espanso sospese, la porta è di tipo pesante, mentre la finestra è protetta da tendaggi a pannelli mobili di tipo leggero.

Gli arredi sono semplici, privi di rivestimenti ad alto assorbimento.

## STRUMENTAZIONE E PERSONE PRESENTI AI RILIEVI

### Strumentazione utilizzata

Per la misurazione del rumore si è proceduto utilizzando un fonometro che soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994, come disposto dal Decreto 16/03/1998 art.2.

Fonometro: PC Notebook ACER tipo TRAVELMATE 260 matricola n. 914S0115I2100 299DT000, scheda analizzatore 01 dB Italia tipo SYMPHONIE matricola n. 01369, preamplificatore 01 dB tipo PRE 12 H matricola n. 011187, capsula microfonica 01 dB tipo MCE 212 matricola n. 18532

Calibratore: Ditta 01 dB modello Cal 01 matricola 11626

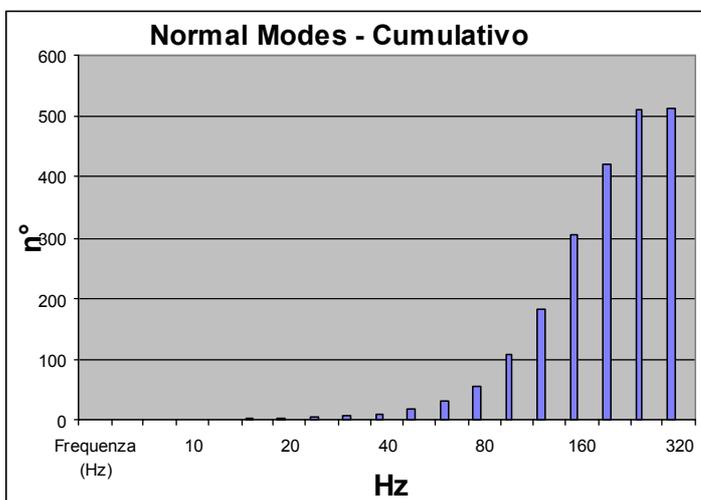
Calibrazione: calibrati in data 05/10/2004 presso il CENTRO DI TARATURA 146 della società Isoambiente S.r.l., come da copia dei certificati allegati.

Come definito dal Decreto 16/03/1998 art. 2 punto 3, prima e dopo la misurazione è stato proceduto a calibrare il fonometro trovando alla seconda calibrazione una differenza entro  $\pm 0,5$  dB, pertanto la misura è da ritenersi valida; per effettuare le misure il microfono, dotato di una cuffia antivento è stato posto nelle condizioni citate di volta in volta riportate nelle misure.

Sorgente per la verifica del riverbero: pistola a salve Kimar S.r.l. Mod. 92 AUTO Cal. 8 mm. K

Le misure sono state eseguite in ambiente (temperatura, umidità e velocità del vento ottimali), con lo scopo di ripetere le condizioni d'uso gli operatori di rilievo (addetto alla strumentazione ed operatore alla Kimar) sono rimasti in ambiente, con la sola eccezione della misura del residuo di fondo.

## ONDE STAZIONARIE



La procedura di calcolo automatico, di proprietà, allegata alla presente relazione, evidenzia un buon andamento delle onde stazionarie per cui si può confermare l'assenza di onde stazionarie percepibili.

Nel grafico a fianco si riporta l'andamento cumulativo della concentrazione dei Modi Normali di Vibrazione.

A causa della maggiore accuratezza richiesta per l'ambulatorio medico in esame si può affermare che si può avere una maggiore percepibilità del cumulo dei Modi Normali di Vibrazione centrati su 32 Hz. Per cui si suggerisce di realizzare una trappola acustica che riduca la percezione di questa frequenza, anche se il disturbo è riferibile maggiormente alla strumentazione piuttosto che alla effettiva percezione uditiva per i modesti livelli di potenza sonora nel range di frequenza individuato.

## MISURE

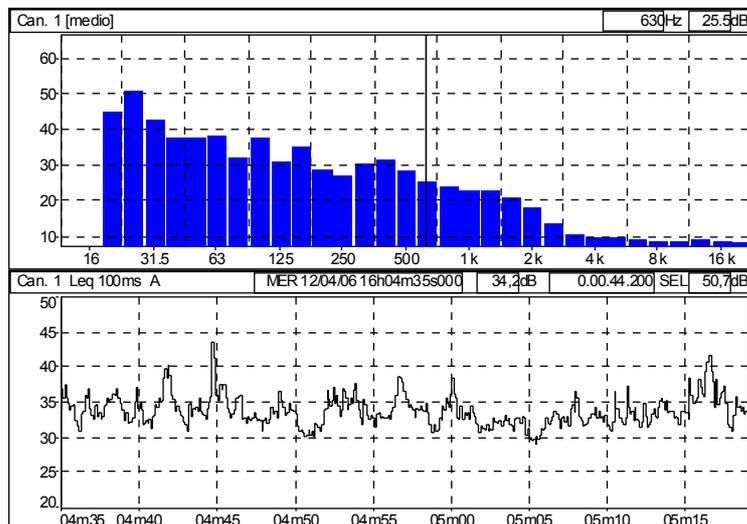
Ciascuna misura viene riportata integralmente nel documento allegato, di seguito si riportano la valutazione del residuo di fondo ed i valori medi generali.

### **Residuo di Fondo**

La misura del residuo consente di evidenziare un fondo abbastanza elevato, ancorché inferiore ai limiti di Legge. Una porzione del residuo può essere da imputare al comportamento già visto riferito alle Onde Stazionarie.

Una componente, certamente da indagare, può essere determinata dalla presenza di trasmissioni strutturali da parte di impianti remoti.

Nella Figura sottostante si ha la rappresentazione del rumore residuo per bande di terzi d'ottava e la grafica dell'andamento temporale della misura, si conferma una anomala presenza di rumore alle medesime frequenze evidenziate dal calcolo sui Normal Modes.



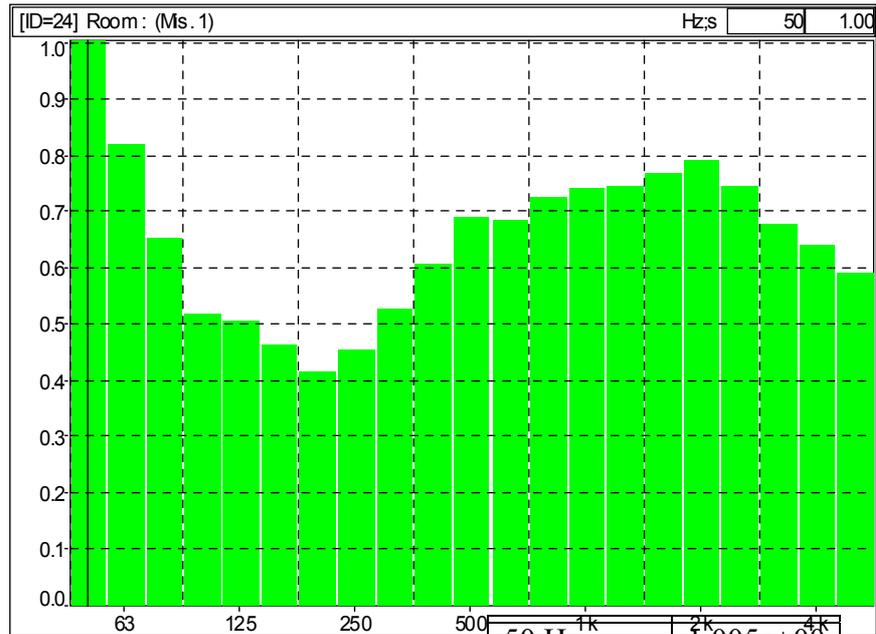
01dB FCSpectra V32		1/3 d'ottava			
Data - Orario		13/04/06 18.38.12			
		13/04/06 18.38.12		13/04/06 18.38.12	
		Can. 1	Can. 2	Can. 3	Can. 4
		[Istantaneo]	[Medio]	[Min]	[Max]
20 Hz		39,7	45,0	20,6	59,2
25 Hz		52,4	51,1	32,0	66,5
31.5 Hz		39,4	42,7	25,2	55,4
40 Hz		36,0	37,8	24,0	51,1
50 Hz		40,7	37,6	22,8	47,1
63 Hz		42,3	38,5	23,3	48,1
80 Hz		30,0	32,4	23,4	45,5
100 Hz		30,3	38,0	26,5	45,9
125 Hz		30,0	31,1	23,6	39,8
160 Hz		30,5	35,2	24,8	47,0
200 Hz		24,8	29,0	21,5	41,6
250 Hz		30,5	27,2	20,0	33,6
315 Hz		31,0	30,7	22,8	44,9
400 Hz		30,1	31,4	20,9	46,3
500 Hz		22,0	28,3	17,1	41,9
630 Hz		21,9	25,5	18,2	35,7
800 Hz		25,8	23,9	16,0	34,8
1 kHz		26,3	22,7	16,1	34,0
1.25 kHz		22,6	23,1	17,3	34,8
1.6 kHz		23,5	21,1	15,8	31,6
2 kHz		18,5	18,0	13,6	24,2
2.5 kHz		12,2	13,6	10,1	21,1
3.15 kHz		10,8	10,6	7,7	14,1
4 kHz		9,1	9,9	7,7	16,0
5 kHz		9,5	9,6	7,8	15,5
6.3 kHz		9,1	9,0	7,5	19,4
8 kHz		8,7	8,7	7,7	12,9
10 kHz		8,2	8,9	7,7	17,5
12.5 kHz		9,5	9,0	8,1	15,5
16 kHz		8,5	8,8	7,9	12,9
20 kHz		8,6	8,5	7,5	9,2

Di nuovo si conferma la necessità di realizzare una trappola acustica speciale per la riduzione della “PRESENZA” di tali componenti sonore.

**Tempo di Riverberazione medio**

Anche la media delle misure del Tempo di Riverberazione evidenzia una sensibile concentrazione sulle frequenze inferiori.

Il valore massimo del  $T_{60}$  è pari ad 1,00 Secondi, il valore medio è 0,78.



01dB Data V	Id 24	Ident Name AVG
Comment	Origin dB Oper 32	Family RT
Data Type	Type Room	Begin 15.48.01 12/04
End 12/04/06 15.48.01	Study Begin	Study End
Period 0,000e+00	Average	Average Duration
Where (Mis. 1)	Coord	Unit s
Power Unit Ampiezza	Reference 0,000e+00	dB/LinLin
Weight	Partial 3	X unit Hz
X Min 50 Hz	X Max 5 kHz	Nb Elements 1

50 Hz	1,005e+00
63 Hz	8,193e-01
80 Hz	6,529e-01
100 Hz	5,187e-01
125 Hz	5,062e-01
160 Hz	4,635e-01
200 Hz	4,151e-01
250 Hz	4,524e-01
315 Hz	5,253e-01
400 Hz	6,060e-01
500 Hz	6,897e-01
630 Hz	6,829e-01
800 Hz	7,251e-01
1 kHz	7,402e-01
1.25 kHz	7,435e-01
1.6 kHz	7,660e-01
2 kHz	7,904e-01
2.5 kHz	7,436e-01
3.15 kHz	6,777e-01
4 kHz	6,410e-01
5 kHz	5,895e-01

Nelle tabelle a fianco e sopra sono riepilogati i dati generali della misura ed i risultati tabellati dei valori risultanti.

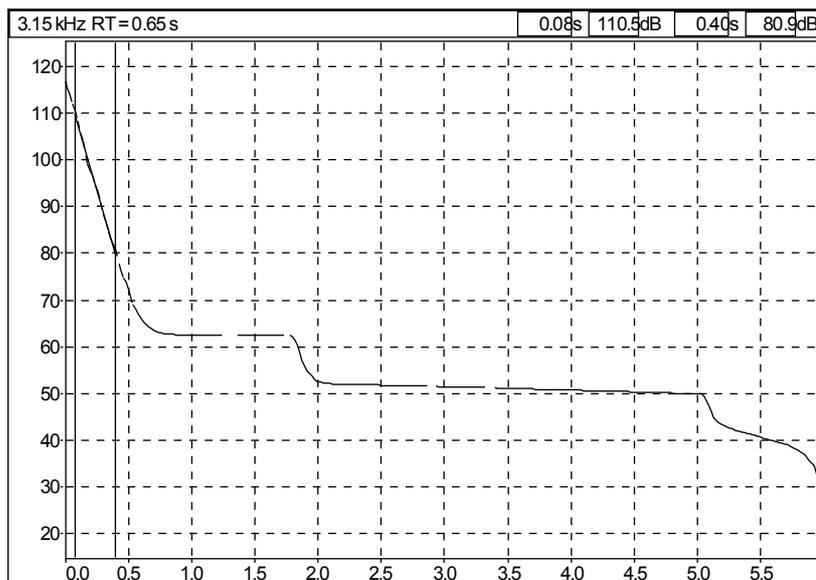
È un valore molto basso, estremamente inferiore ai valori normalmente suggeriti per gli ambienti di vita.

Riprendendo i parametri acustici specialistici descritti nel secondo paragrafo ed effettuando i calcoli necessari si può confermare che:

- **Liveness**
  - Il valore calcolato è pari a 0,7 Secondi.
  
- **Warmth,**
  - Il valore calcolato è pari a 1,4.
  
- **Loudness Reverberant,**
  - Il valore del rapporto è  $T_{60}/V$  è 1,6.

### Grafico a scalini

L'analisi delle differenti misure del tempo di Riverberazione ha



evidenziato un andamento particolare che viene rappresentato di seguito (il dato è riferito al decadimento della rumorosità indotta dal classico colpo a salve, per il terzo di banda d'ottava centrato su 3150 Hertz). Il punto di misura è quello connotato con n° 6 nella planimetria schematica già riprodotta.

Il dato ricorre per molti punti di misura e generalmente per le alte frequenze (superiori a 2000 Hertz).

Il decadimento è formalmente corretto, il  $T_{60}$  è pari a 0,4 secondi, ma al di fuori del range di misura si ha una persistenza della rumorosità che si può collegare alla presenza dei Modi Normali di Vibrazione individuati precedentemente.

L'eccessiva "Presenza" di elevate potenze sonore alle basse frequenze, può essere determinata anche da intromissioni esterne, (rumori nel corridoio che non sono stati percepiti sul momento, poco probabile perché l'evento si è ripetuto con eccessiva regolarità); pertanto si ritiene fortemente probabile l'immissione di rumori impiantistici remoti, che giungono all'interno dell'ambiente per via strutturale.

La conferma definitiva può essere ottenuta attraverso un accurato rilievo di rumore e vibrazioni, ma per la soluzione del problema richiesto si può semplicemente proseguire nella

mitigazione degli effetti fin qui rilevati, con buona certezza del raggiungimento del risultato cercato.

## ANALISI DEI RISULTATI

In mancanza di specifiche tecniche per la tipologia di ambulatori in esame (si ritiene che i requisiti delle camere anecoiche o semianecoiche siano eccessivi, e riferendosi ad ambienti di buon livello acustico), tutti i valori misurati confermano in modo sostanziale che le caratteristiche acustiche ambientali sono ottime, eventuali interventi migliorativi possono essere motivati solo da due aspetti concorrenti che si sono rivelati con le misure:

- 1) Persistenza di onde stazionarie (perfettamente compatibili con un utilizzo ordinario, ma che possono lasciare dubbi sull'interpretazione dei grafici strumentali, in campo di misura lineare);
- 2) Eccessiva presenza di basse frequenze (possibile collegamento sia alle onde stazionarie già dette, che ad una trasmissione strutturale di vibrazioni e/o immissione di rumore proveniente da percorsi di fiancheggiamento "Flanking Path"), anche in questo caso si hanno elevate potenze acustiche nel campo delle basse frequenze (percezione dell'udito molto limitata, ma rilievo molto sensibile da parte della strumentazione di misura).

Si ritiene, quindi, di dover intervenire realizzando un intervento di miglioramento delle prestazioni acustiche dell'ambiente interno

## TRATTAMENTO DELLE PARETI

Gli interventi da eseguire devono risolvere due differenti aspetti:

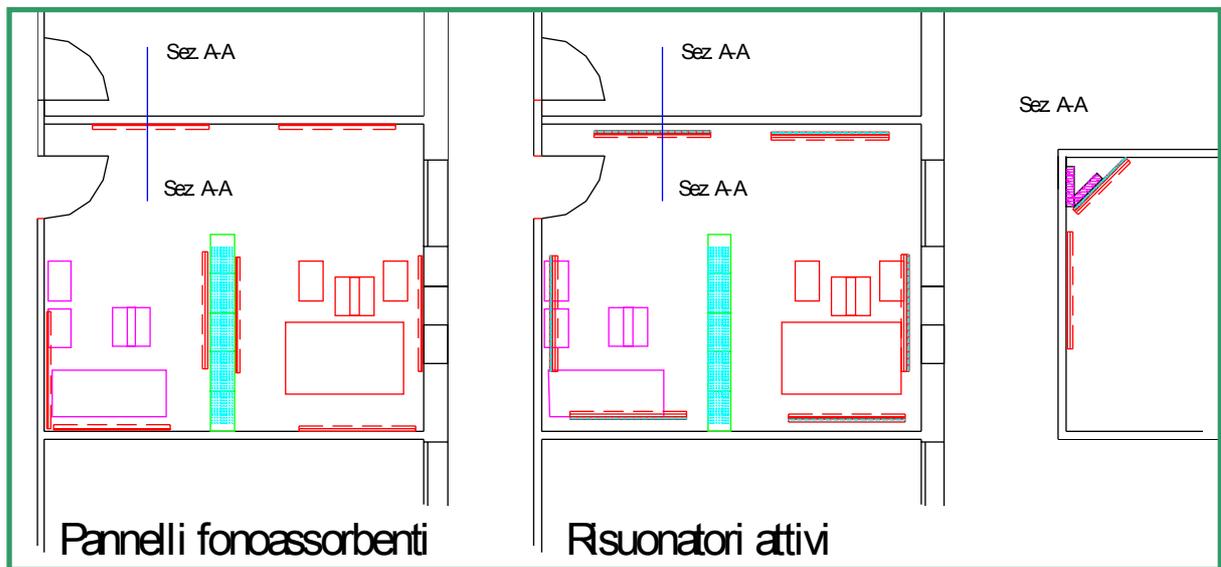
- 1) Miglioramento delle prestazioni di fonoassorbimento delle finiture interne;
- 2) Riduzione della presenza dei Modi Normali di Vibrazione, comunque riduzione mirata della percezione delle frequenze centrate sull'intorno di 50 Hz.

Nella pagina seguente si presentano in maniera schematica le soluzioni individuate, che vengono descritte di seguito.

Per la soluzione del primo aspetto si propone di applicare alle pareti esistenti almeno 20 mq. di pannelli fonoassorbenti in melammina bugnata 2+5, in tutto analoghi a quelli riportati nella scheda tecnica allegata, ed assemblati in pannelli delle dimensioni di 1,50 x 1,20 metri (n° 3 elementi di fornitura 1,20 x 0,50 affiancati, per ciascun pannello riportato nella grafica che

segue). In tal modo si inseriscono 18,00 mq. di rivestimento fonoassorbente ad elevate prestazioni.

Per la soluzione del secondo si suggerisce di installare un pannello di cartongesso rivestito del medesimo pannello fonoassorbente ancorato alla parete laterale mediante un supporto discontinuo in legno che mantiene discosto il pannello dalla parete retrostante di 6 centimetri, tali supporti devono essere della larghezza di 20 centimetri ed essere collocati con interasse di 20 centimetri (in tal modo l'apertura realizzata sul bordo inferiore è rettangolare di 6 x 20 cm. ed è intervallata con un elemento pieno delle stesse dimensioni).



Ciascun pannello è delle dimensioni di 1,00 x 1,20. in tal modo si inseriscono altri 7,2 mq. di rivestimento fonoassorbente ad elevate prestazioni, per complessivi 25,2 mq. di rivestimento.

Nel disegno si evidenziano, in modo schematico, le modalità di posa.

Arezzo 02 Maggio 2006

Il tecnico competente Ing. Claudio Gino Gianni