LE VERIFICHE IN LABORATORIO E IN OPERA

Fabio Scamoni - Fabrizio Valentini

ITC Istituto per le Tecnologie della Costruzione
Construction Technologies Institute

CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche
National Research Council

ITC - CNR
Istituto per le Tecnologie della Costruzione
Consiglio Nazionale delle Ricerche

L'ITC-CNR **accorpa i seguenti Istituti del Consiglio Nazionale delle Ricerche:**

- ICITE CNR - Istituto Centrale per l'Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia, S. Giuliano Milanese e sezione di Roma
- ITEF CNR - Istituto per la Tecnica del Freddo, Padova
- ITIM CNR - Istituto per le Tecnologie Informatiche Multimediali, Milano
- IRIS CNR - Istituto per la Residenza e le Infrastrutture Sociali, Bari

Attualmente è conformato come segue:

- Sede (e direzione) - San Giuliano Milanese
- Sezione di Bari
- Sezione di Padova

L'Istituto svolge attività di ricerca, di valorizzazione e trasferimento tecnologico e di formazione nel settore delle Tecnologie della Costruzione

ITC **Istituto per le Tecnologie della Costruzione**
Construction Technologies Institute

CNR ***Consiglio Nazionale*** **delle Ricerche**
National Research Council

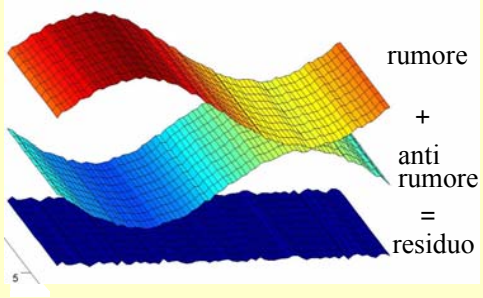
Le caratteristiche acustiche di componenti e di sistemi per l'edilizia, vengono studiate dall'ITC sia in condizioni d'opera che in laboratorio.

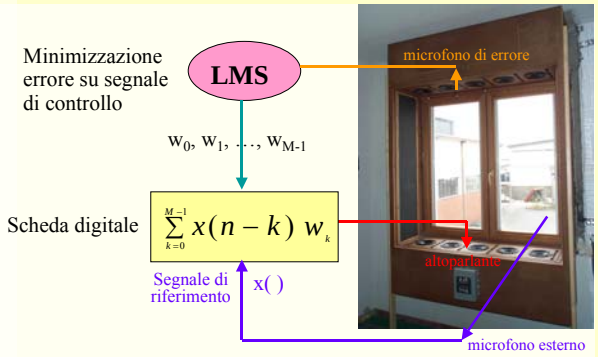
Vengono inoltre trattate le problematiche legate alla protezione dal rumore causato dalle infrastrutture di trasporto (in particolare gli aeroporti).

L'ITC rilascia Rapporti di Prova su tutte le valutazioni, le misurazioni e le previsioni teoriche eseguite in conformità alle normative tecniche vigenti.

Il Laboratorio di Acustica dell'ITC svolge attività di ricerca finanziata da Industrie, Associazioni private, Enti Pubblici, Amministrazioni Pubbliche e dalla CE sui temi più innovativi del controllo del rumore applicato all'edilizia. In particolare è allo studio l'applicazione del Controllo Attivo del Rumore agli elementi edili sia interni che di facciata. Questa tecnica viene utilizzata qualora i metodi tradizionali di protezione passiva (utilizzo di materiali fonoisolanti e fonoassorbenti), risultino inefficienti.

L'ITC ha messo a punto due prototipi a partire da componenti comunemente in commercio: una parete attrezzata e una finestra attiva, che presenta la caratteristica innovativa di consentire un parziale abbattimento del rumore entrante anche a finestra aperta.





Grandezze pertinenti agli edifici e ai prodotti ed elementi edili: indici di valutazione

- Sono grandezze indipendenti dalla frequenza
- Esprimono la prestazione acustica con un numero unico
- Sono direttamente confrontabili coi valori limite di legge
- Sono definiti nelle norme europee (armonizzate)

NORME DI RIFERIMENTO PER L'ISOLAMENTO:

UNI EN ISO 717 - parti 1 e 2 (1997)

indici di valutazione: termini di adattamento

Queste norme definiscono anche i termini di adattamento allo spettro. Essi permettono di fare confronti con altri paesi dove si utilizzano grandezze espresse in dB(A), distinte a secondo dello spettro della sorgente di emissione di rumore.

In particolare C_{tr} si riferisce a rumore di traffico stradale

C si riferisce a rumore rosa, tipico di sorgenti interne agli edifici (conversazione, musica, radio e TV)

TERMINI DI ADATTAMENTO ALLO SPETTRO:

UNI EN ISO 717 - parti 1 e 2 (1997)

Es: isolamento acustico

$D_{2m,nT,w}$ (C,C_{tr}) = 31 (-1;-3) dB

$D_{2m,nT,A}$=(31+C)=(31-1)= 30 dB(A)

rumore rosa

$D_{2m,nT,tr}$=(31+C_{tr})=(31-3)= 28 dB(A)

traffico stradale

Grandezze pertinenti agli edifici e ai prodotti edili

GRANDEZZE PERTINENTI ALLE CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEGLI EDIFICI INDICI DI VALUTAZIONE	
ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE	$D_{2m,nT,w}$
LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE	$L'_{nT,w}$
POTERE FONOISOLANTE APPARENTE	R'_w

GRANDEZZE PERTINENTI ALLE CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEI PRODOTTI EDILI INDICI DI VALUTAZIONE	
POTERE FONOISOLANTE	R_w
LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO NORMALIZZATO EQUIVALENTE	$L_{n,w,eq}$
ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO DI PICCOLI ELEMENTI	$D_{n,e,w}$

COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO ACUSTICO PONDERATO	α_w

Per affrontare correttamente le problematiche legate alla valutazione delle prestazioni acustiche di un edificio e dei suoi elementi, bisogna considerare tutti i diversi contributi della trasmissione sonora da un ambiente all'altro.

Tali contributi si sommano in base al principio di sovrapposizione degli effetti: si identifica un elemento esposto al suono nell'ambiente emittente e un elemento che irradia nell'ambiente ricevente.

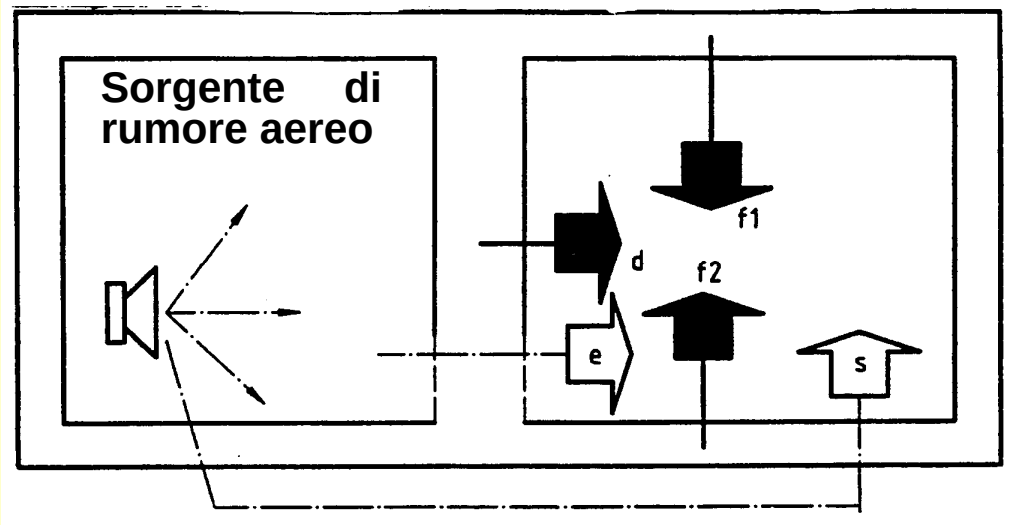
Contributi della trasmissione sonora:

d = diretta, attraverso la parete di separazione

f = laterale, attraverso le pareti laterali

e = diretta, dovuta ai piccoli elementi

s = indiretta, dovuta per es. agli impianti di ventilaz.



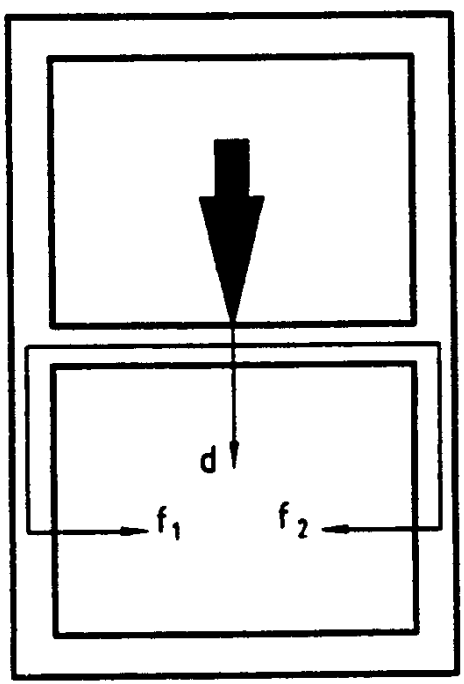
Diversi contributi della trasmissione sonora:

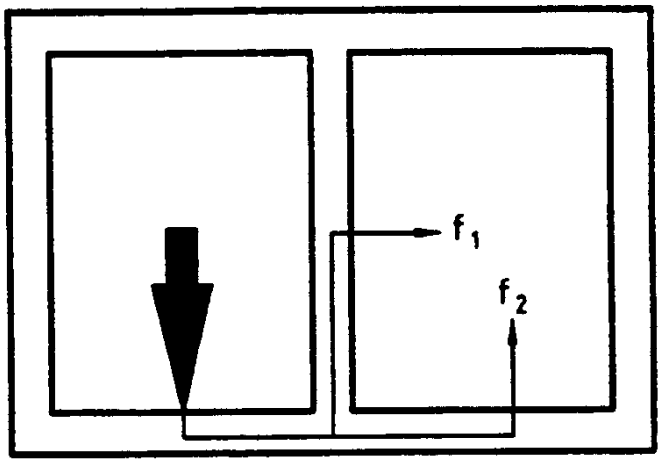
d = diretta (parete di separazione)

f = laterale

e = diretta (es. piccoli elementi)

s = indiretta (es. impianti di ventilazione)





Sorgente di rumore da impatto

si identifica un elemento esposto al suono nell'ambiente emittente e un elemento che irradia nell'ambiente ricevente

La normativa

		RIFERIMENTO
norma tecnica	→	norme europee (armonizzate)
legislazione	→	legge 447/1995 e relativi decreti (“legge quadro sull’inquinamento acustico”)

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997

Tale decreto determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

I valori di riferimento sono indipendenti dalla zonizzazione acustica del territorio, ma sono distinti in base alla destinazione d’uso degli edifici.

CATEGORIA	TIPOLOGIA DI EDIFICI
A	edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	edifici adibiti a uffici e assimilabili
C	edifici adibiti ad alberghi, pensioni e attività assimilabili
D	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
F	edifici adibiti ad attività ricreative, di culto o assimilabili
G	edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

PRESTAZIONE SECONDO CLASSIFICAZIONE PER TIPOLOGIE EDILIZIE (DPCM 5.12.97)

EDIFICIO (CATEGORIA)	ISOLAMENTO DI FACCIATA [dB]	PARTIZIONI INTERNE [dB]	RUMORE DI CALPESTIO [dB]
OSPEDALI (D)	45	55	58
ABITAZIONI E ALBERGHI (A, C)	40	50	63
SCUOLE (E)	48	50	58
UFFICI (B) CULTO (F) ATTIVITÀ RICREATIVE (F) ATTIVITÀ COMMERCIALI (G)	42	50	55

Metodi di valutazione

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE DEI PRODOTTI

⇒ **ADOZIONE DI METODI DEFINITI DALLE NORMATIVE EUROPEE ARMONIZZATE**

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE DELLE OPERE

⇒ **ADOZIONE DI METODI PER LA PREVISIONE TEORICA**

⇒ **ADOZIONE DI METODI PER LA VERIFICA SPERIMENTALE IN OPERA**

VERIFICA DEL RISPETTO DEI LIMITI PRESTAZIONALI DI LEGGE

⇒ **CONFRONTO TRA I RISULTATI TEORICI E/O SPERIMENTALI E I VALORI LIMITE DI LEGGE**

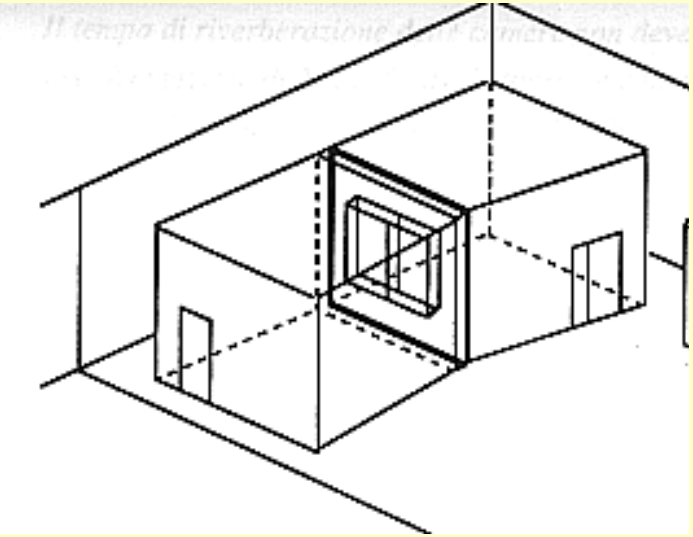
VERIFICA DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE DEI PRODOTTI

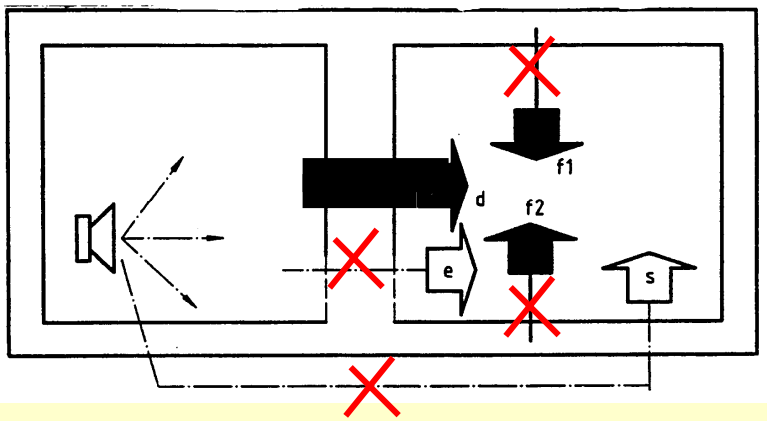
Principali metodi di valutazione in laboratorio

- MISURA DEL POTERE FONOISOLANTE
- MISURA DEL RUMORE DA CALPESTIO
- MISURA DEL COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO ACUSTICO

Potere fonoisolante: camere senza trasmissione laterale

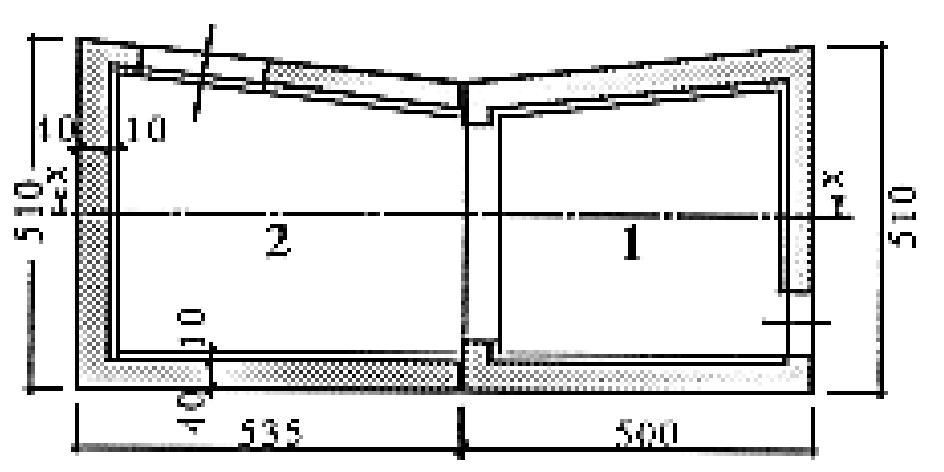
L'assetto di prova ha le seguenti caratteristiche: la costruzione è formata da due camere affiancate, comunicanti con un'apertura di circa 10 m^2 entro la quale, di volta in volta, è montato il divisorio in prova. Entrambe le camere poggiano su supporti elastici; fra i due ambienti, di ricezione e di emissione, vi è una separazione strutturale completa, onde evitare ogni possibilità di trasmissione laterale. Sempre allo scopo di neutralizzare ogni possibile via di trasmissione laterale, le superfici interne dei due locali sono rivestite con contropareti dotate di un alto smorzamento interno e le pavimentazioni sono di tipo galleggiante.

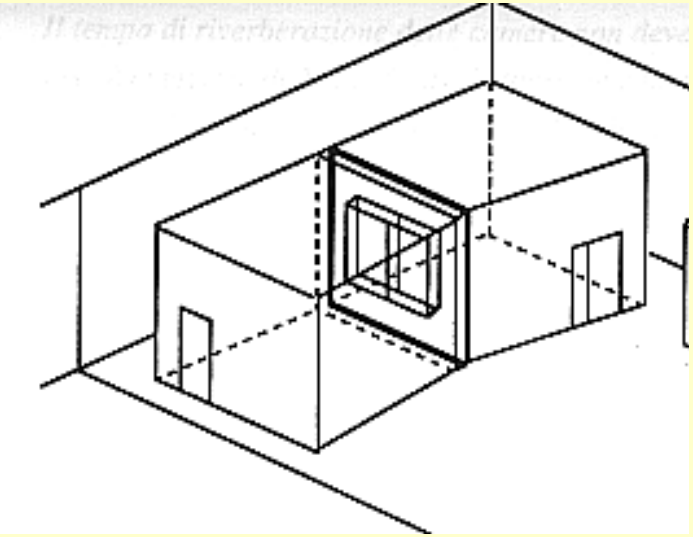




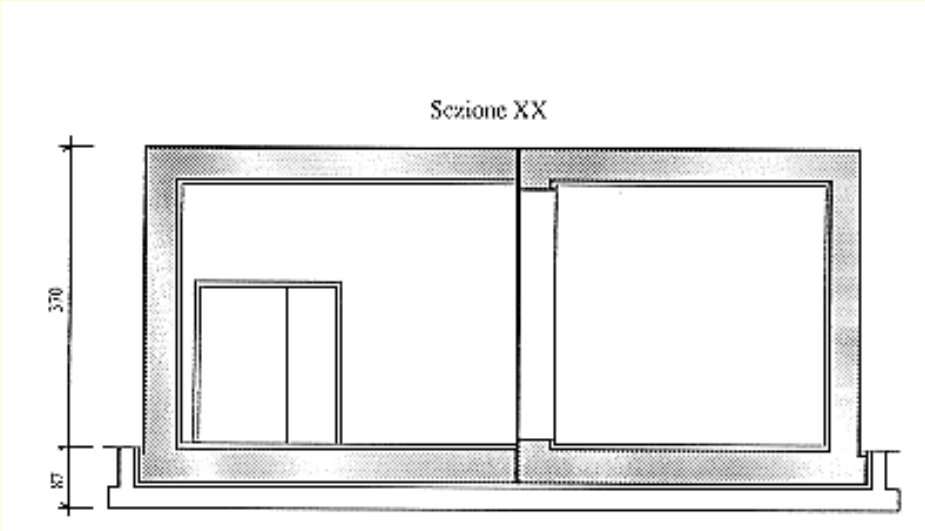
Soppressione delle trasmissioni laterali

Potere fonoisolante: camere senza trasmissione laterale





AMBIENTE		1 SORGENTE	2 RICEVENTE
volume (m^3)		50	60
superficie totale interna (m^2)		79,5	91,5
APERTURA DI PROVA TRA L'AMBIENTE 1 E 2:			
altezza 3,0 m	lunghezza 3,31 m	larghezza 0,5 m	area apertura 9,93 m^2



Potere fonoisolante: metodologia di prova

Valutazione del potere fonoisolante

La norma di riferimento è la **UNI EN ISO 140 Parte 3ª** del 1997: stabilisce il metodo di misura in laboratorio del potere fonoisolante di elementi di edifici quali pareti, pavimenti, porte, finestre, elementi di facciata o facciate.

Si definisce **potere fonoisolante R** la grandezza data dall'espressione:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log } (S/A) \quad \text{dB} \qquad 1)$$

L_1 livello medio di pressione sonora nell'ambiente di emissione, in decibel;
L_2 livello medio di pressione sonora nell'ambiente di ricezione, in decibel;
S area dell'elemento in prova, in m^2;
A area di assorbimento acustico equivalente dell'ambiente di ricezione, in m^2.

L'area di assorbimento equivalente A presente nel termine di correzione della relazione (1) viene calcolata a partire dai valori misurati del tempo di riverberazione, mediante la **formula di Sabine**:

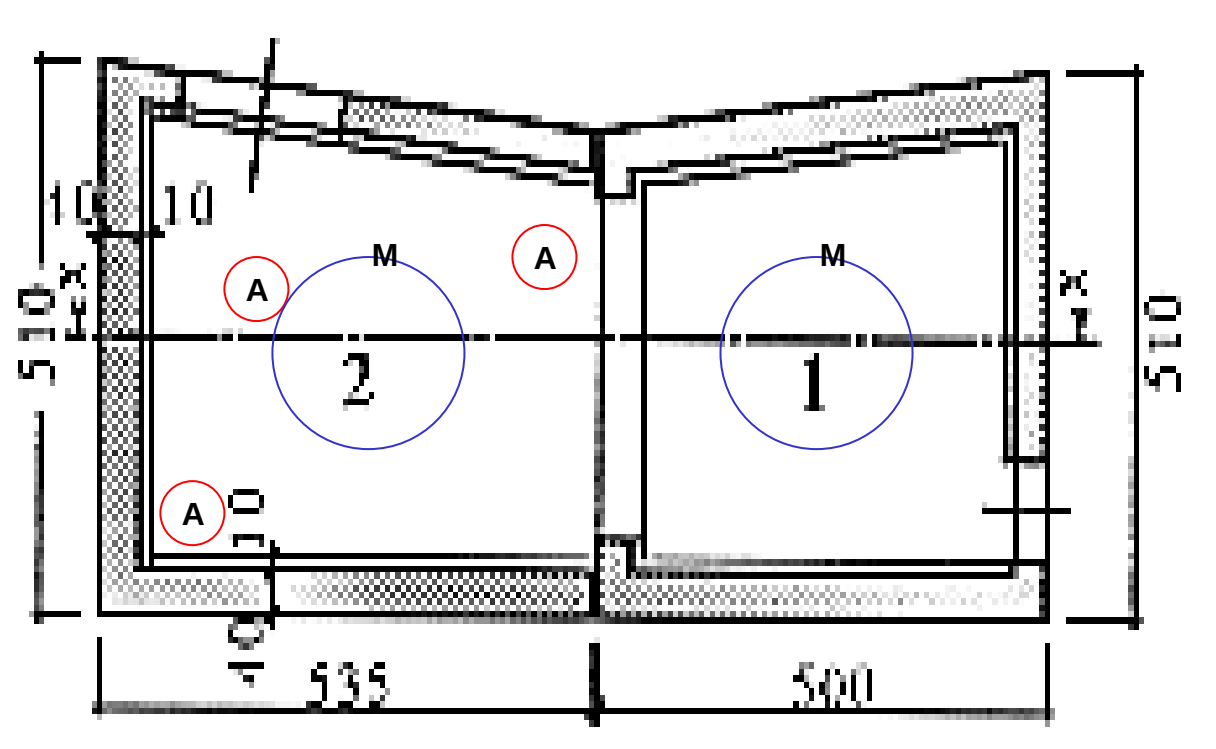
$$A = 0{,}16\ V/T \qquad m^2$$

V volume dell'ambiente di ricezione, in m^3;
T tempo di riverberazione dell'ambiente di ricezione, in secondi.

Potere fonoisolante: metodologia di prova

Generazione del campo sonoro nell'ambiente di emissione

La sorgente sonora viene sistemata nell'ambiente di emissione in modo da produrre un campo sonoro il più possibile uniforme e a una distanza dal divisorio in esame tale che non sia predominante la radiazione sonora diretta sullo stesso. Per le misure viene utilizzato il rumore bianco.



A Posizione altoparlante

M Posizione microfono su asta rotante

Potere fonoisolante: metodologia di prova

Livello sonoro nell'ambiente di emissione e di ricezione

Il livello medio di pressione sonora viene ottenuto mediante la tecnica del microfono mobile con integrazione spazio temporale del quadrato della pressione sonora. Il microfono mobile è disposto in modo tale da rispettare i requisiti richiesti dalla norma ISO 140 Parte 1ª.

Per l'esecuzione delle misure il microfono viene posto sull'asta rotante inclinata in modo tale che l'altezza minima del microfono dal pavimento sia di 1m e quella massima sia di 2m.

Potere fonoisolante: metodologia di prova

Procedimenti di misura

Il livello di pressione sonora è misurato utilizzando filtri di 1/3 di ottava nella seguente serie di frequenze nominali:

100	**125**	**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**Hz**
800	**1000**	**1250**	**1600**	**2000**	**2500**	**3150**	**4000**	**5000**	**Hz**

L'**area di assorbimento equivalente A dell'ambiente di ricezione**, presente nel termine di correzione della relazione

$R = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log } (S/A)$ dB

viene calcolata a partire dai valori misurati del tempo di riverberazione, mediante la **formula di Sabine**:

$$\mathbf{A = 0{,}16\ V/T \qquad m^2}$$

dove:

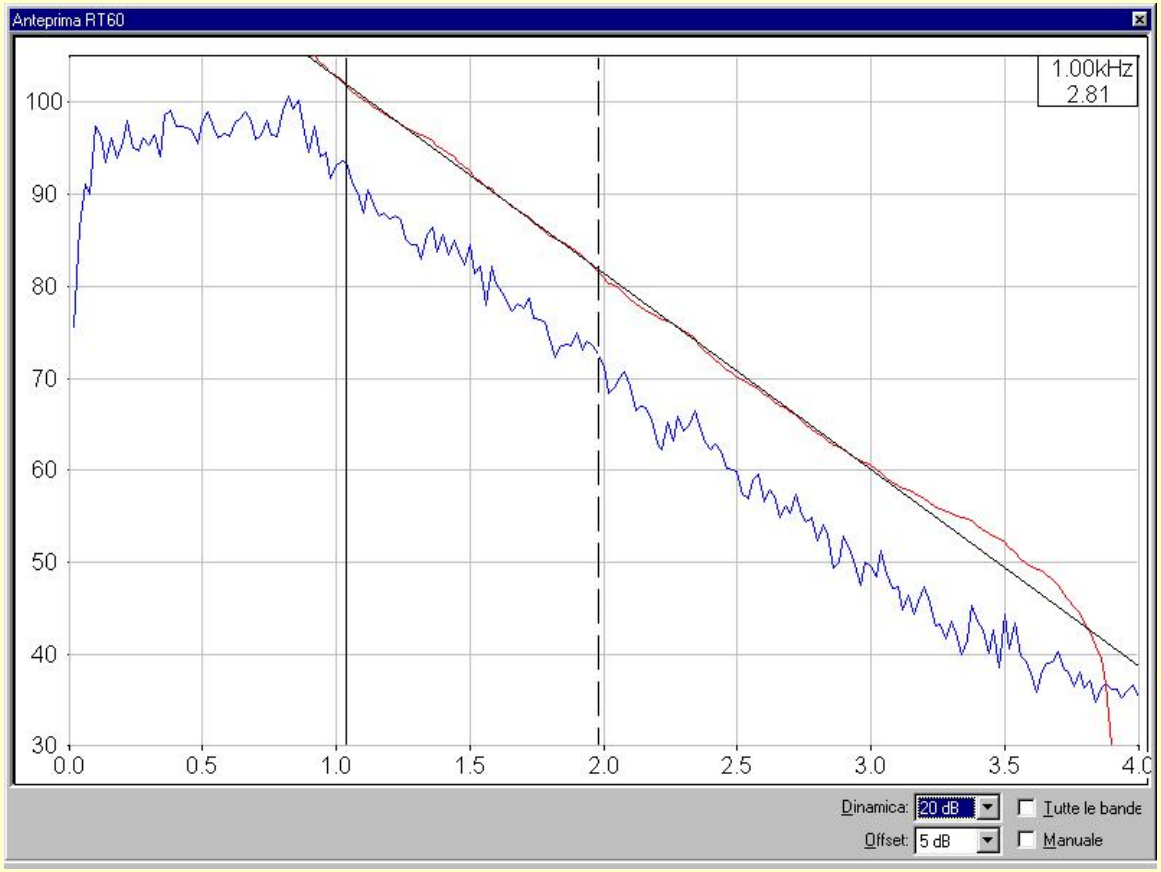
V è il volume dell'ambiente di ricezione, in m^3;

T è il tempo di riverberazione dell'ambiente di ricezione, in secondi.

Potere fonoisolante: metodologia di prova

Misura del tempo di riverberazione dell'ambiente di ricezione

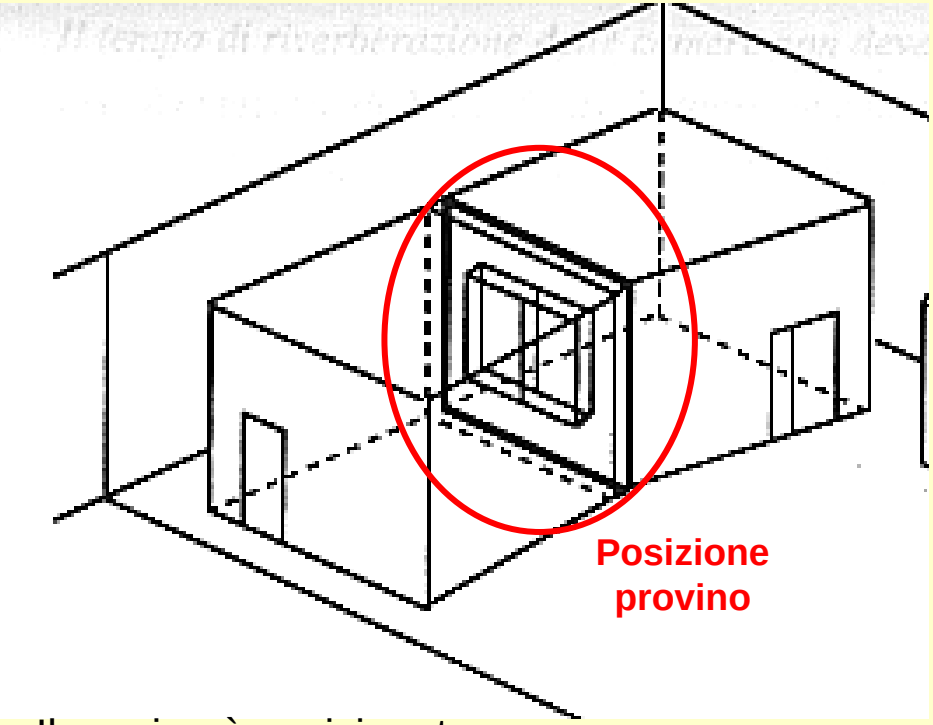
La misura del tempo di riverberazione è eseguita secondo le modalità prescritte dalla norma ISO 354. Vengono impiegate due posizioni dell'altoparlante e tre posizioni di microfono con due letture in ciascuna posizione



Si approssima la curva reale con una retta a pendenza costante.
Si misura il T20 (tempo necessario affinché il livello di pressione sonora iniziale diminuisca di 20 dB), a partire da 5 dB sotto al livello di pressione sonora costante della emissione iniziale.
Da T20 per estrapolazione si ottiene T60.

Potere fonoisolante: metodologia di prova

Posizionamento del provino



Il provino è posizionato nell'apertura di prova come elemento di separazione tra la camera di emissione e la camera di ricezione.
Viene montato come si usa in opera.

Se l'elemento da valutare è più piccolo dell'apertura di prova, come nel caso di una finestra, di una porta o di un pannello, esso viene installato entro una parete ad elevato potere fonoisolante, costruita nell'apertura di prova stessa.

Pot. Fonoisolante - valore unico di valutazione

Indice di valutazione del potere fonoisolante

Applicando la norma **UNI EN ISO 717-1 del 1997**, si ricava una singola quantità atta a caratterizzare globalmente la prestazione acustica considerata; tale quantità è denominata **indice di valutazione del potere fonoisolante, R_w**; esso si ottiene:

1) confrontando lo spettro dei valori sperimentali del potere fonoisolante R in funzione della frequenza nel campo tra 100 Hz e 3150 Hz con una curva di riferimento definita nella UNI EN ISO 717 parte 1ª;

2) traslando la curva di riferimento in modo che si avvicini il più possibile a quella sperimentale;

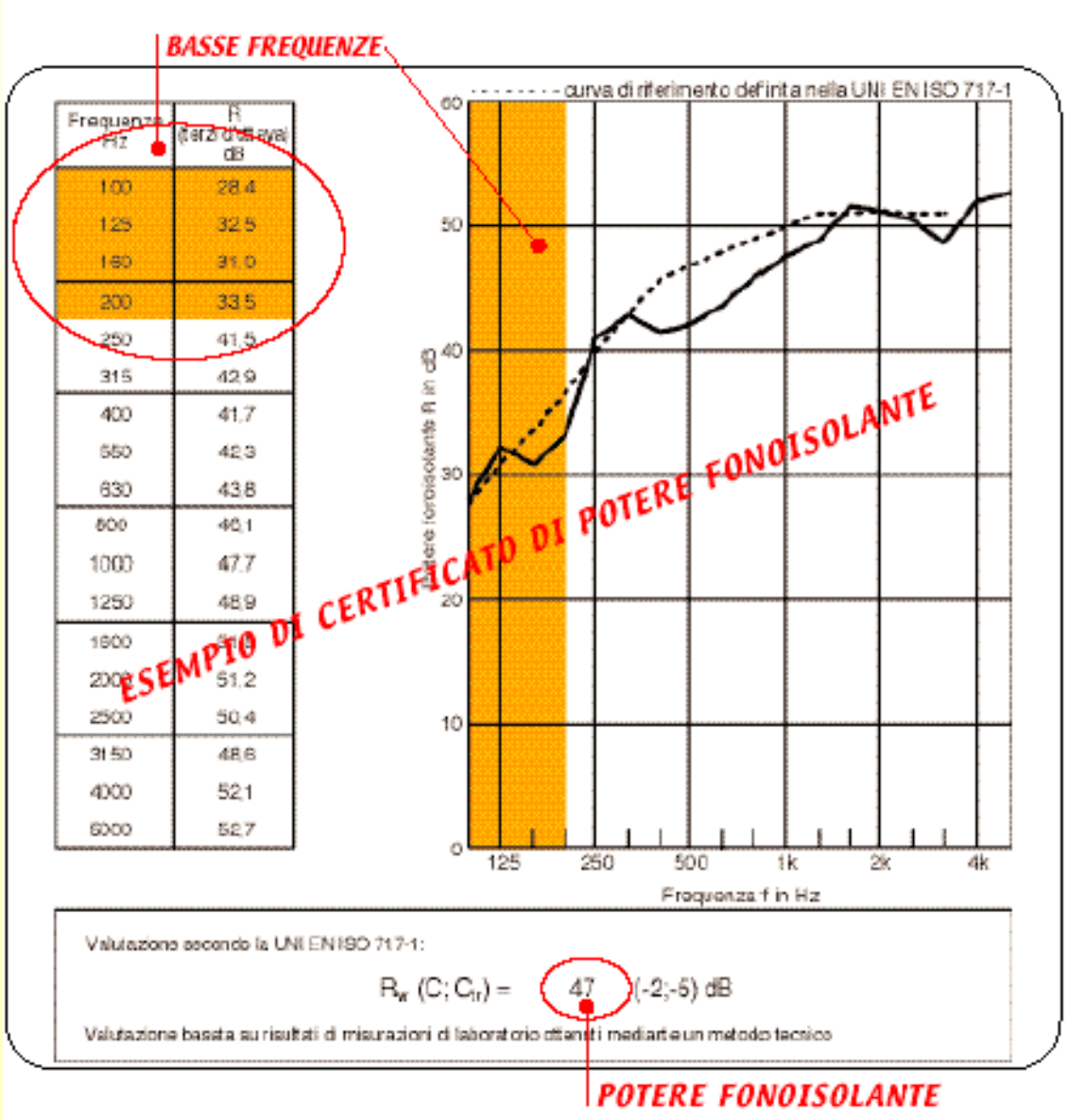
3) R_w è il valore in decibel dell'ordinata **a 500 Hz** della curva di riferimento risultante dal procedimento di traslazione.

Per tenere conto dei diversi spettri delle sorgenti di rumore sono stati definiti dalla UNI EN ISO 717-1, 1997 i termini di adattamento spettrale C e C_{tr}; tali termini vengono calcolati come previsto nella suddetta norma e aggiunti all'indice di valutazione nell'espressione dei risultati.

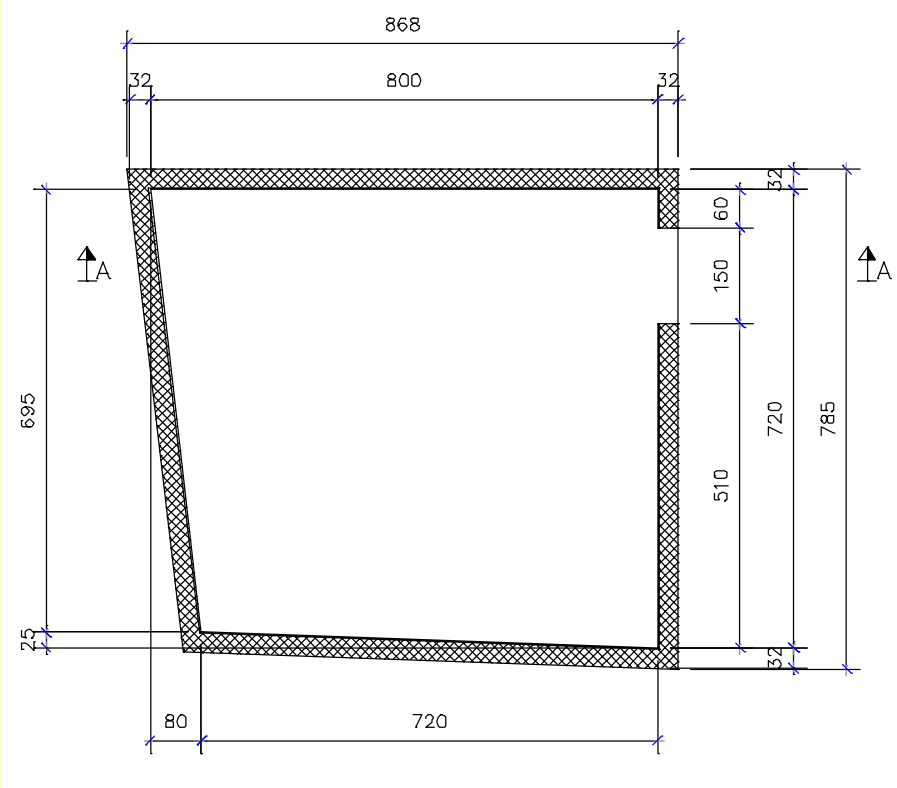
Potere fonoisolante Risultati: procedimento

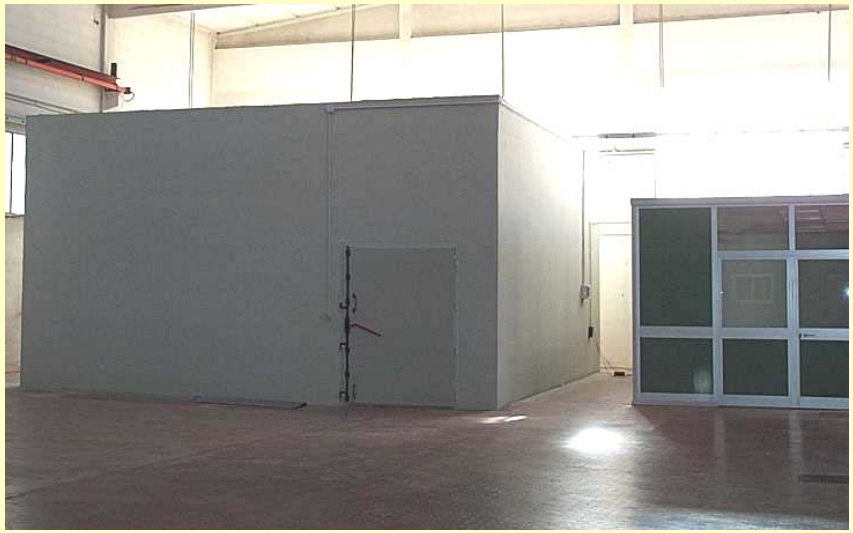
Per bande frequenza di 1/3 d'ottava:

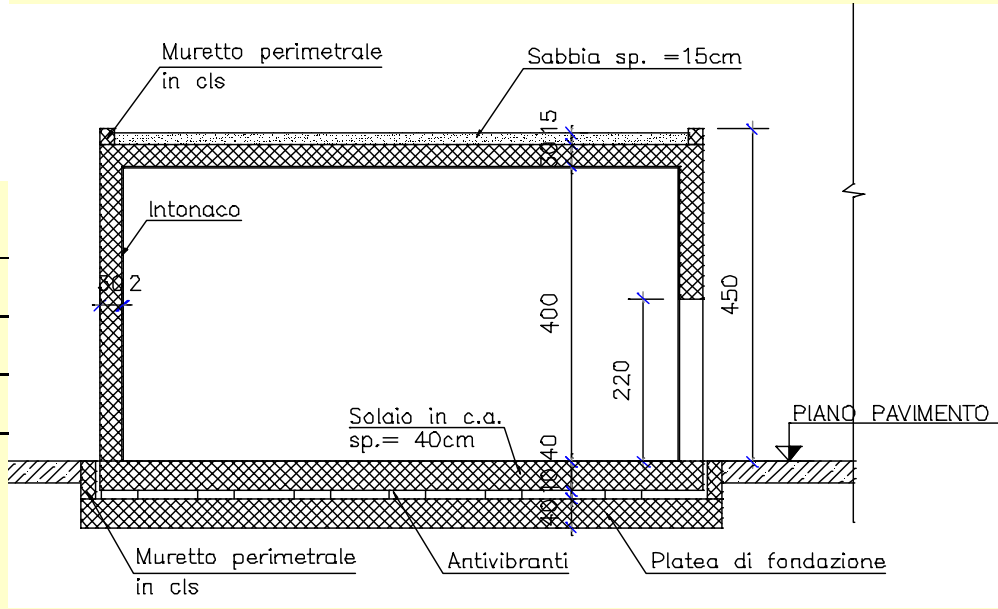
1) **si misurano L1 e L2 (emissione e ricezione);**
2) **si misura T nell'ambiente di ricezione;**
3) **si calcola R;**
4) **si confronta R con curva riferimento;**
5) **si calcola R_w indice indipendente dalla frequenza.**



Assorbimento acustico: camera riverberante







CAMERA RIVERBERANTE	
volume (m^3)	219
superficie totale interna (m^2)	228

Camera riverberante: metodologia di prova

Determinazione del coefficiente di assorbimento acustico

La norma di riferimento è la **UNI EN ISO 354** del 1988: stabilisce il metodo di misura in laboratorio dell'assorbimento acustico di elementi di edifici quali pannelli, divisori, schermi, rivestimenti di pareti, intonaci ed elementi di arredo.

Si definisce **area di assorbimento acustico equivalente A di un campione in prova** la grandezza data dall'espressione:

$$A = 55{,}3\ V/c\ (1/T_2 - 1/T_1) \quad m^2$$

$A = 55{,}3\ V/Tc$
formula di Sabine

V volume della camera riverberante, in m^3;
c velocità del suono nell'aria ($c = 331 + 0.6\ t$, con t temperatura in ^oC), in m/s;
T_1 tempo di riverberazione della camera riverberante vuota, in secondi;
T_2 tempo di riverberazione della camera riverberante con l'elemento in prova, in secondi.

<u>area di assorbimento acustico equivalente</u> = area ipotetica totalmente assorbente che darebbe lo stesso tempo di riverberazione misurato in una stanza reale

si calcola il **coefficiente di assorbimento acustico α_S** con l'espressione:

$$\alpha_S = A/S$$

A area di assorbimento acustico equivalente dell'elemento in prova (m^2)
S superficie di assorbimento dell'elemento in prova, in m^2

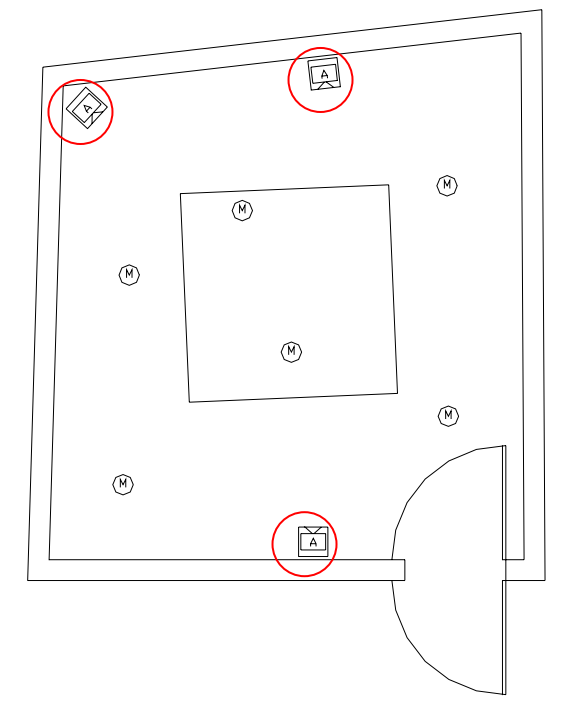
Camera riverberante: metodologia di prova

Generazione del campo sonoro nell'ambiente di emissione

Si usa un altoparlante (la sorgente sonora) che emette rumore bianco.

La UNI EN ISO 354 prevede che si abbia un tempo di emissione sufficientemente lungo tale da produrre un livello di pressione sonora costante nella camera riverberante: si usa un tempo di emissione di tre secondi.

La misura deve essere eseguita con la sorgente sonora in almeno due posizioni differenti (distanti fra loro almeno 3 metri): si usano tre differenti posizioni.

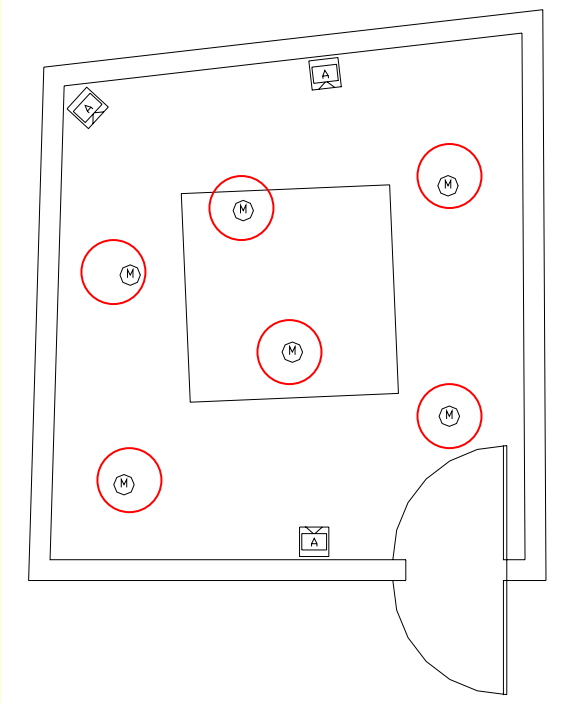


Posizione altoparlante

Camera riverberante: metodologia di prova

Ricezione del campo sonoro nell'ambiente di emissione

La ricezione del campo sonoro si effettua tramite microfoni: la norma UNI EN ISO 354 richiede almeno 3 microfoni (distanti tra loro 1,5 m, posti a 2 m dalle sorgenti sonore ed a 1m dagli altri elementi presenti nella camera).

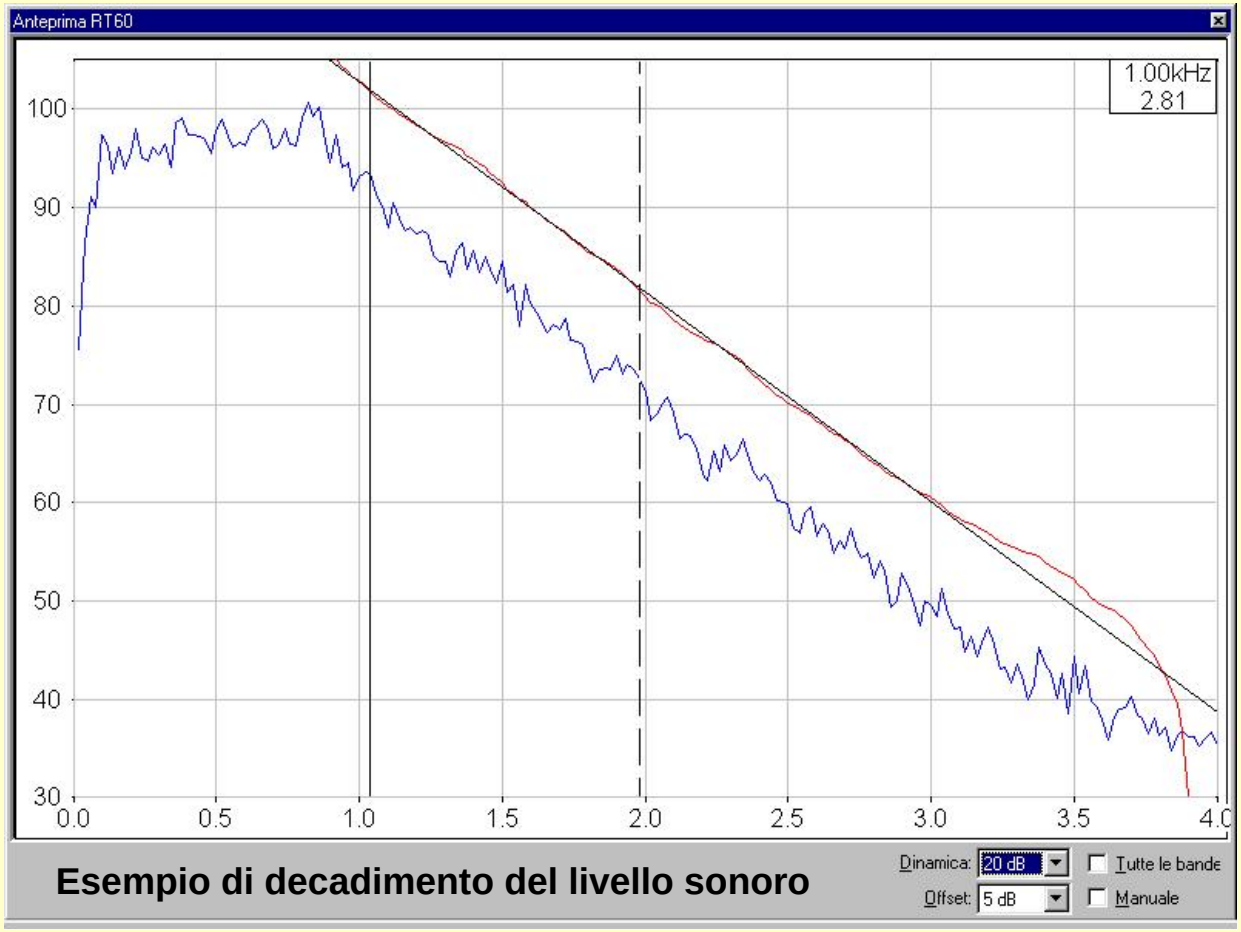


Posizione microfono

Camera riverberante: metodologia di prova

Misura dei tempi di riverberazione

Si definisce **tempo di riverberazione T (o T60)** il tempo, in secondi, necessario affinchè il livello di pressione sonora diminuisca di 60 dB dopo che la sorgente sonora sia stata spenta.



Esempio di decadimento del livello sonoro

Si approssima la curva reale con una retta a pendenza costante.
Si misura il T20 (tempo necessario affinché il livello di pressione sonora iniziale diminuisca di 20 dB), a partire da 5 dB sotto al livello di pressione sonora costante della emissione iniziale.
Da T20 per estrapolazione si ottiene T60.

Camera riverberante: metodologia di prova

Misura dei tempi di riverberazione

Il tempo di riverberazione viene misurato utilizzando filtri di 1/3 di ottava nella seguente serie di frequenze nominali:

100	**125**	**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**Hz**
800	**1000**	**1250**	**1600**	**2000**	**2500**	**3150**	**4000**	**5000**	**Hz**

Le curve di decadimento da cui si ottengono i tempi di riverbero devono essere almeno 12 (ad esempio 2 acquisizioni per ciascuno dei 6 differenti posizionamenti sorgente/microfono). I tempi di riverberazione vengono infine mediati aritmeticamente. Per l'esecuzione della prova si usano 6 microfoni, opportunamente distribuiti nella camera, e si eseguono 3 acquisizioni per ciascuna delle 18 differenti combinazioni cassa/microfono (per un totale di 54 curve di decadimento).

Il procedimento si applica una volta a **camera vuota**, per calcolare $\mathbf{T_1}$

e una volta con il **provino in camera**, con microfoni e sorgenti nelle medesime posizioni, per calcolare $\mathbf{T_2}$

Camera riverberante: allestimento di prova

Posizionamento del provino

Il provino deve avere un'area compresa tra 10 e 12 m^2.

Deve avere una forma rettangolare con un rapporto tra lunghezza e larghezza compreso tra 0,7 e 1

Nessuna delle sue parti deve essere più vicina di 1 metro ai lati della camera.

I lati del provino non devono essere paralleli ai lati più vicini della camera.

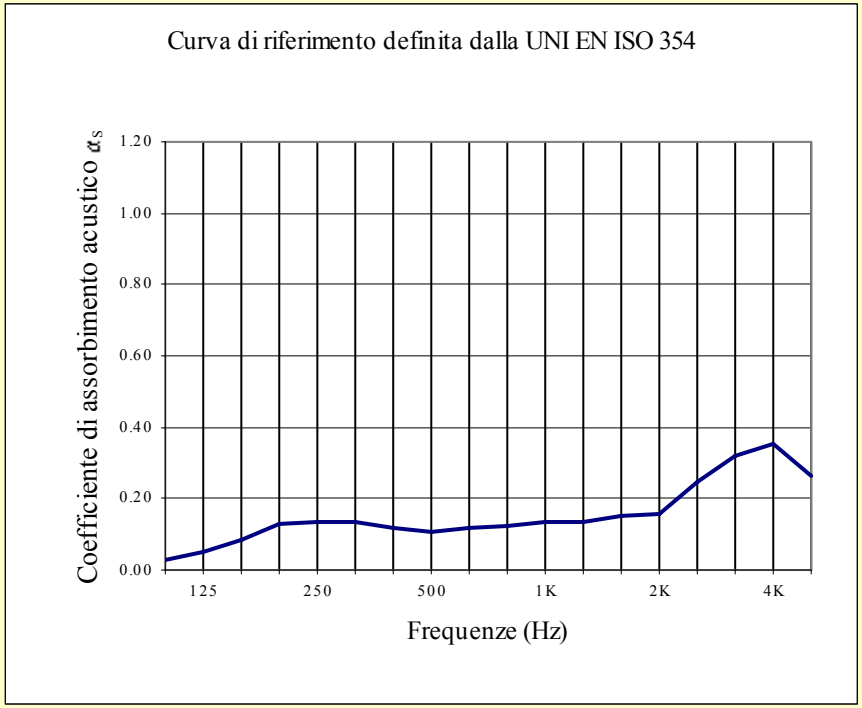
Assorbimento - Risultati: procedimento

1) si misura T_1 (camera vuota)

2) si misura T_2 (camera con provino)

3) si calcola $A = 55{,}3\ V/c\ (1/T_2 - 1/T_1)$

4) si calcola $\alpha_S = A/S$



Frequenza (Hz)	T1 (s)	T2 (s)	α_S
100Hz	18,3	15,7	0,03
125Hz	16,8	13,6	0,05
160Hz	18,4	12,7	0,08
200Hz	18,2	10,7	0,13
250Hz	16,6	10,1	0,13
315Hz	14,8	9,4	0,13
400Hz	12,9	8,9	0,12
500Hz	11,5	8,4	0,11
630Hz	10,2	7,5	0,12
800Hz	9,2	6,9	0,12
1,00kHz	7,9	6,0	0,14
1,25kHz	6,9	5,4	0,14
1,60kHz	5,8	4,6	0,15
2,00kHz	5,2	4,2	0,16
2,50kHz	4,5	3,4	0,24
3,15kHz	3,8	2,8	0,32
4,00kHz	3,2	2,4	0,35
5,00kHz	2,8	2,3	0,26

Assorbimento - Valore unico di valutazione

Coefficiente di assorbimento acustico ponderato

Applicando la norma **UNI EN ISO 11654** del 1998, si ricava una singola quantità atta a caratterizzare globalmente la prestazione considerata; tale quantità è denominata **coefficiente di assorbimento acustico ponderato, α_w**; si ottiene

1) calcolando, a partire da α_s, il **coefficiente di assorbimento acustico pratico α_p per banda di ottava** come media aritmetica dei tre coefficienti di assorbimento α_s delle bande di terzo d'ottava all'interno dell'ottava stessa;

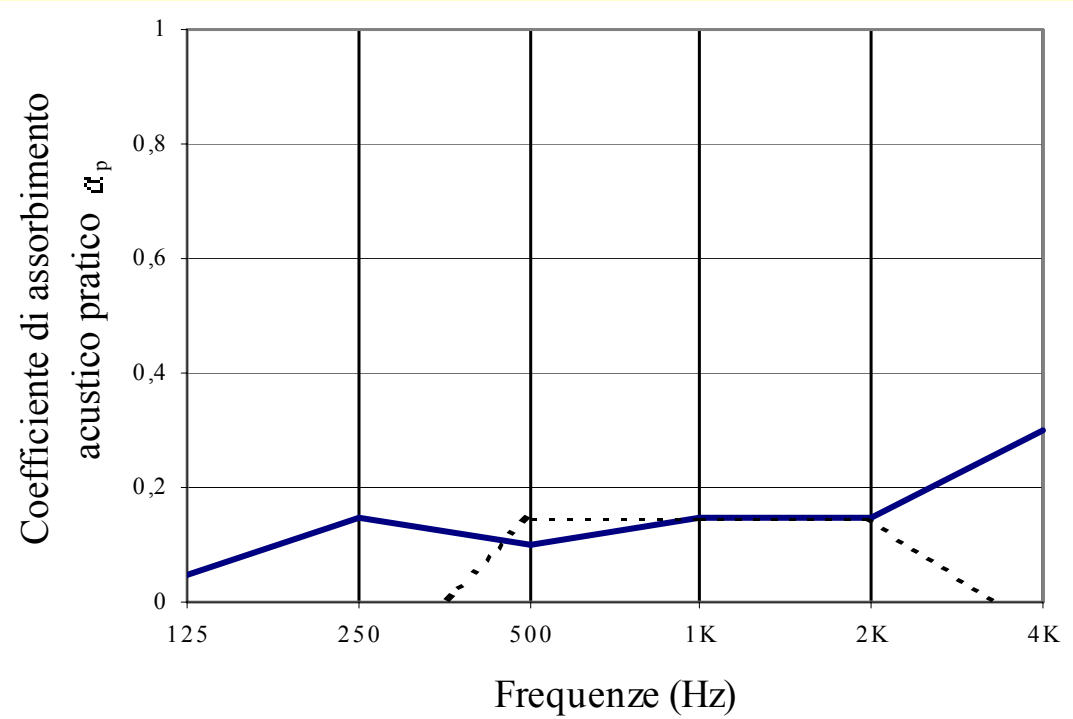
2) confrontando la curva degli α_p nel campo di frequenze tra **250 Hz** e **4000 Hz** con una **curva di riferimento** definita dalla norma **UNI EN ISO 11654**

3) α_w è il valore **a 500 Hz** dell'ordinata della curva di riferimento **traslata** in modo da avvicinarsi il più possibile alla curva di α_p

4) Se in corrispondenza di qualche banda d'ottava la curva di α_p supera il valore della curva di riferimento traslata di 0,25 o più, si aggiunge al valore α_w uno o più **indicatori di forma:**

L, M, H (L se l'eccesso di assorbimento si verifica a 250 Hz; M se si verifica a 500 Hz o 1000 Hz, H se si verifica a 2000 Hz o 4000 Hz).

Valore unico di valutazione α_w



Frequenza (Hz)	α_p
125Hz	0,05
250Hz	0,15
500Hz	0,10
1,00kHz	0,15
2,00kHz	0,15
4,00kHz	0,30

Valutazione secondo la UNI EN ISO 11654:

α_w = 0,15 (LH)

Si raccomanda vivamente di utilizzare questo indice di valutazione unico in combinazione con la curva del coefficiente di assorbimento acustico completa.

La presenza di un indicatore di forma segnala che il coefficiente α_p è notevolmente maggiore dei valori della curva di riferimento traslata, pertanto si consiglia fortemente il committente della prova di non limitarsi all'analisi del valore di α_w ma di esaminare anche la curva del coefficientedi assorbimento acustico completa.

valutazione in opera

I collaudi in opera hanno senso solo se

1 - eseguiti a lavori completamente ultimati (a cantieri chiusi)

2 - facendo sospendere tutte le attività di cantiere

3 - a locali arredati con arredi fissi (gli arredi mobili potrebbero essere d'impiccio)

4 - a porte e finestre chiuse

Le misurazioni in opera

L’attendibilità e la ripetibilità maggiore si ottiene con sorgente di rumore standard (altoparlante e non traffico o altre fonti locali)

Per lo svolgimento delle misure, traffico e altre fonti (locali pubblici, metrò ecc.) possono essere di ostacolo alla misurazione per cui si è costretti a operare in giorni o orari favorevoli (giorni festivi ore notturne o altro)

In genere, se possibile, la misurazione viene ripetuta almeno due volte per cautelarsi da problemi dovuti a interferenze e/o altri inconvenienti tecnici

Avvertire sempre eventuali vicini e/o confinanti che si sta operando con dispositivi rumorosi e fastidiosi e chiedere di avere pazienza per un determinato periodo di tempo.

L’importanza del sopralluogo

Fare sempre un sopralluogo per:

scegliere l’ambiente di prova più significativo e, in alcuni casi, rappresentativo della situazione più sfavorevole.

L’ambiente interno in cui si fanno le misurazioni di livello sonoro o di tempo di riverberazione deve essere:

di volume non troppo piccolo per permettere il rispetto delle distanze tra pareti e microfoni e altoparlanti (se possibile non meno di 2m x 2m di superficie); in ambienti grandi è comunque possibile fare misurazioni.

di forma non troppo irregolare per non mettere troppo in difficoltà chi esegue la misura (che comunque si può fare).

L’ambiente interno in cui si fanno le misurazioni di livello sonoro o di tempo di riverberazione deve essere:

situato, se possibile, ai piani più bassi, per problemi di trasportabilità di strumentazione pesante (altoparlante, macchina-calpestio), e problemi di disposizione del microfono e dell’altoparlante esterni (per prove su facciata).

Se si fanno prove di facciata su piani “fuori terra” far preparare strutture di appoggio per sostenere microfoni e/o altoparlante.

Nel caso di prove di calpestio verificare la continuità del solaio su più ambienti sottostanti. L’ideale sarebbe l’identità tra ambiente superiore e inferiore; in caso contrario prevedere la verifica disponendo la macchina del calpestio anche negli ambienti superiori adiacenti e/o laterali; ciò darà utili indicazioni se si deve prevedere un trattamento di bonifica.

Verificare la presenza di alimentazione elettrica per strumentazione e illuminazione (prese funzionanti e compatibili).

Fare una documentazione fotografica durante il sopralluogo e durante le misurazioni per evitare contestazioni.

Collaudi in opera

esempio di strumentazione

Analizzatore in tempo reale

Macchina per calpestio

Microfono e cassa acustica

Valutazione in opera dell'isolamento degli elementi di facciata e delle facciate

a. metodologia impiegata

ISOLAMENTO ACUSTICO DA RUMORI AEREI NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE

GRANDEZZA:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \lg (T/T_0) \quad [dB]$$

INDICE DI VALUTAZIONE:

$$D_{2m,nT,w} (C,C_{tr}) \quad [dB]$$

(UNI EN ISO 717 parte 1)

NORMA:

UNI EN ISO 140 parte 5 del 2000

$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$ **è la differenza tra il livello di pressione sonora all'esterno a 2 m dalla facciata e il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente, in decibel;**

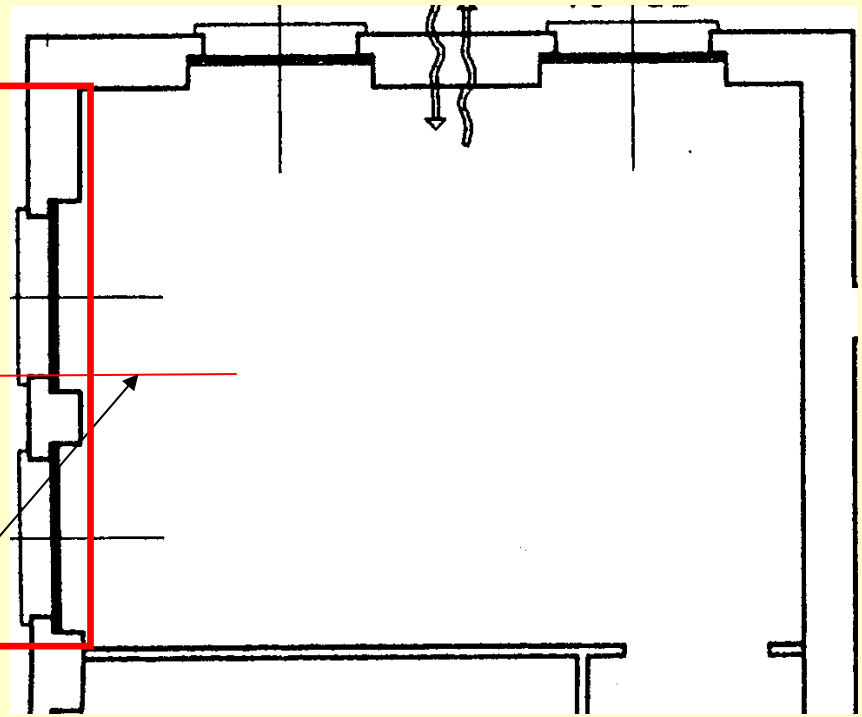
T **è il tempo di riverberazione dell'ambiente di ricezione, in secondi;**

T_0 **è il tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0,5 s.**

Valutazione in opera dell'isolamento degli elementi di facciata e delle facciate

fasi preparatorie

Identificazione dell'elemento in prova:



PIANTA

fasi preparatorie

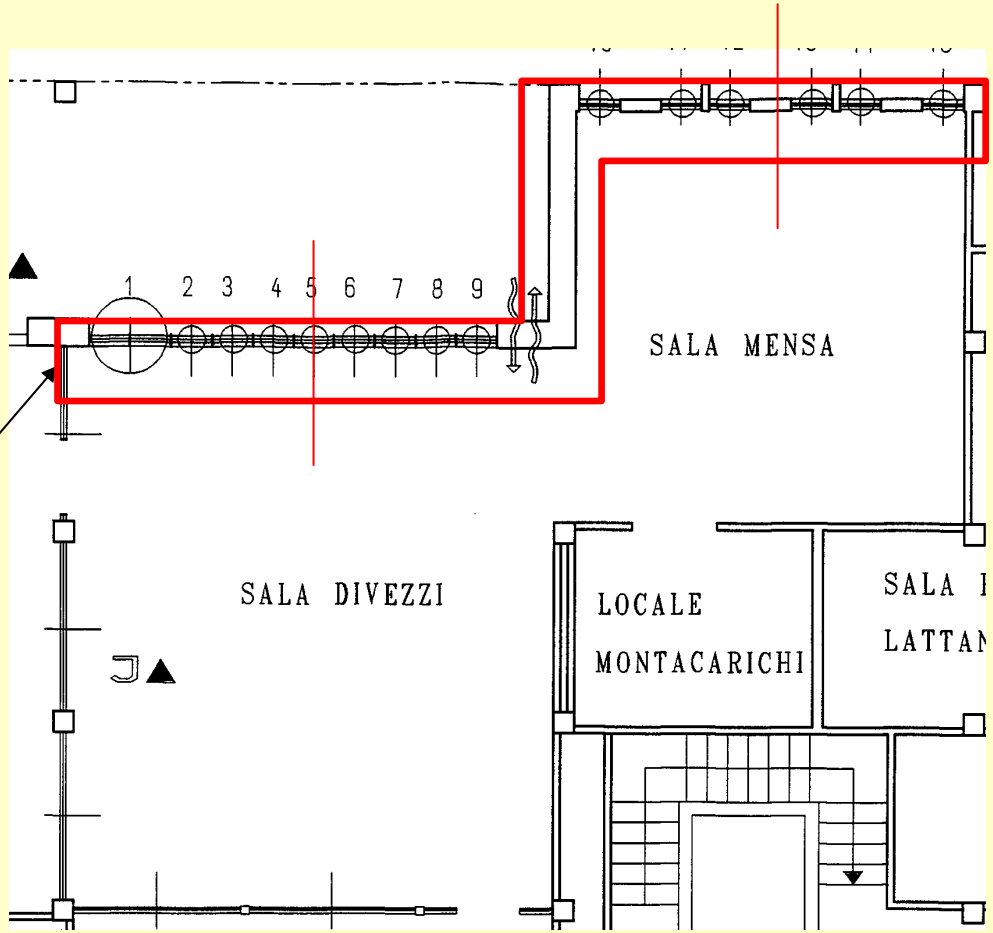
Se la stanza è molto grande o ha più di un muro esterno. si usano diverse posizioni della sorgente, si calcola l'isolamento acustico per ogni posizione e si media in accordo all'espressione:

$$D_{2m} = -10 \, \mathrm{Log} \, (1/n \, \Sigma \, 10^{-Di/10}) \qquad \mathrm{dB}$$

n è il numero di posizioni della sorgente;
Di è l'isolamento acustico per ogni combinazione sorgente-ricevitore.

Identificazione dell'elemento in prova:

Grandi ambienti o facciate che comprendono più di un muro esterno



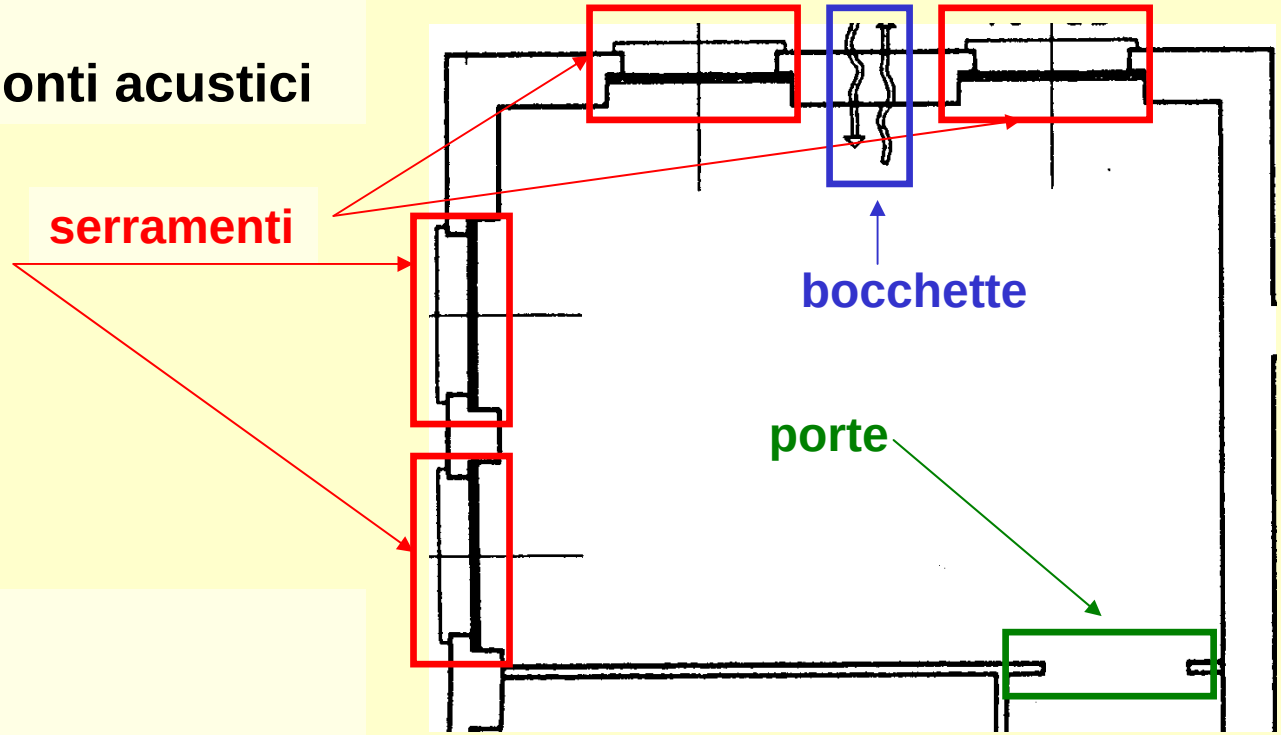
PIANTA

Valutazione in opera dell'isolamento degli elementi di facciata e delle facciate

fasi preparatorie

Identificazione elementi deboli:

aperture e ponti acustici



PIANTA

- **cassonetti**
- **cavedi**
- **condotti di condizionamento**

fasi preparatorie

Grandi ambienti o facciate che comprendono più di un muro esterno

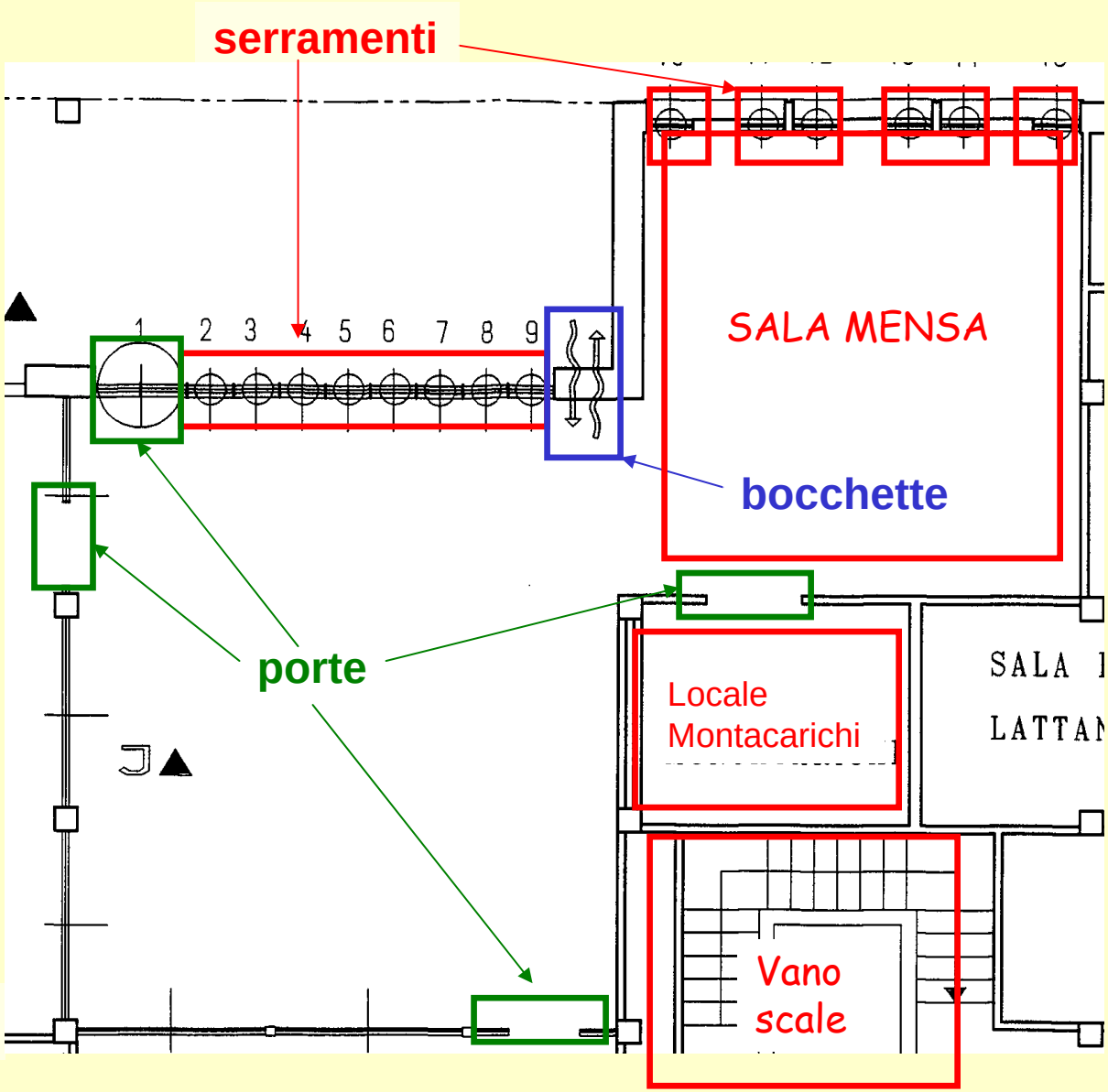
Identificazione elementi deboli:

aperture e ponti acustici

Identificazione elementi disturbanti:

locali confinanti rumorosi

e impianti (telefoni!!)



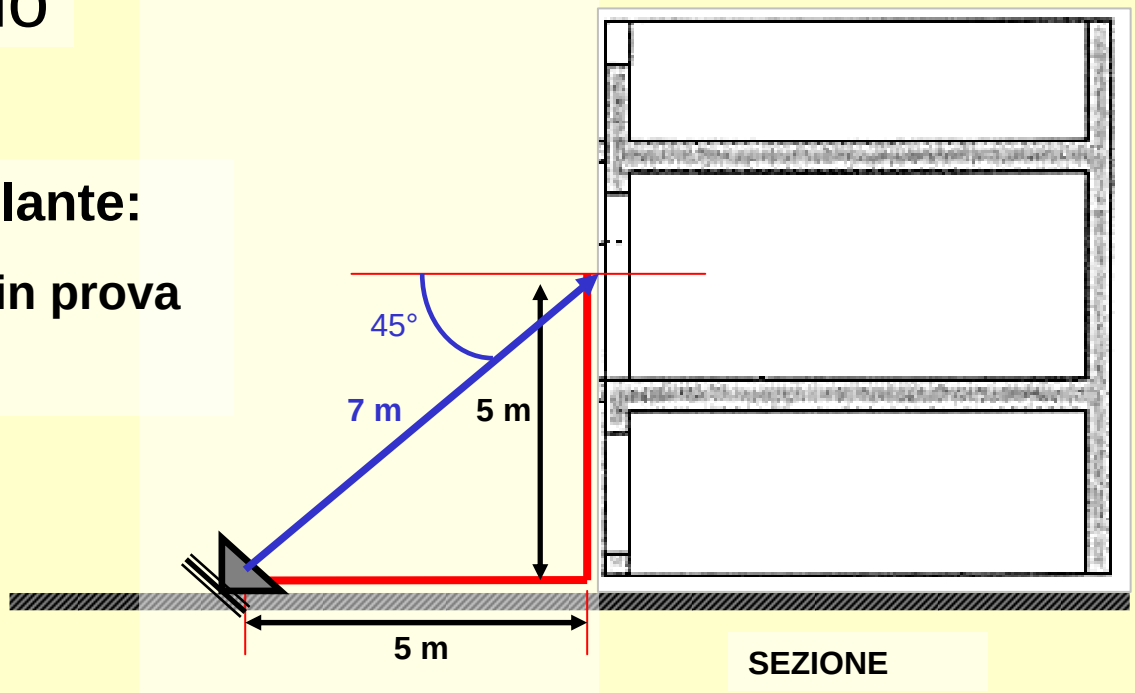
PIANTA

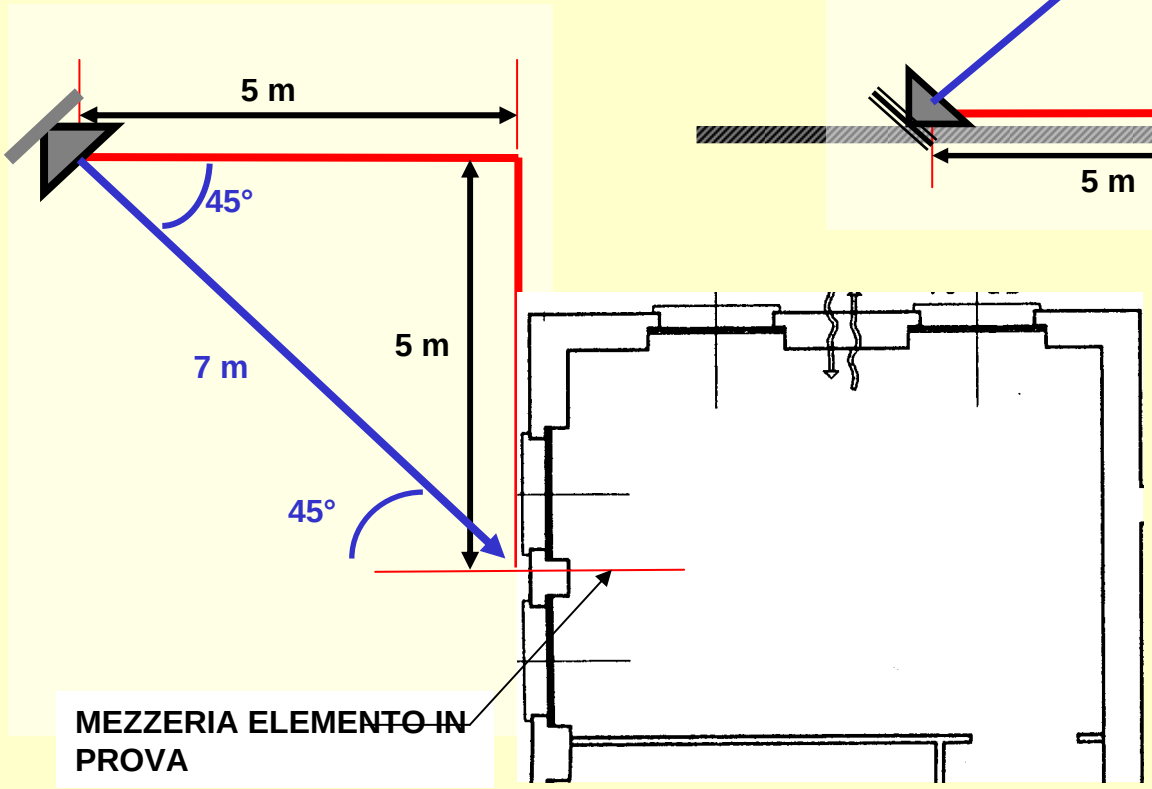
fasi operative: esterno

Posizionamento dell'altoparlante:

- ≥7m dal centro dell'elemento in prova

- angolo di incidenza di 45°±5°

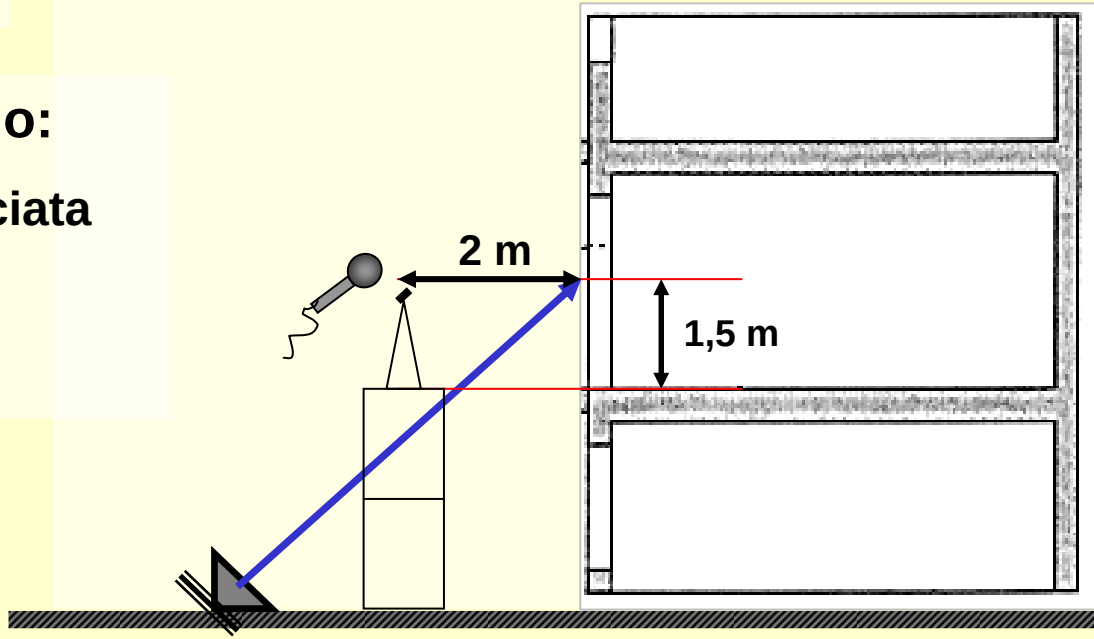




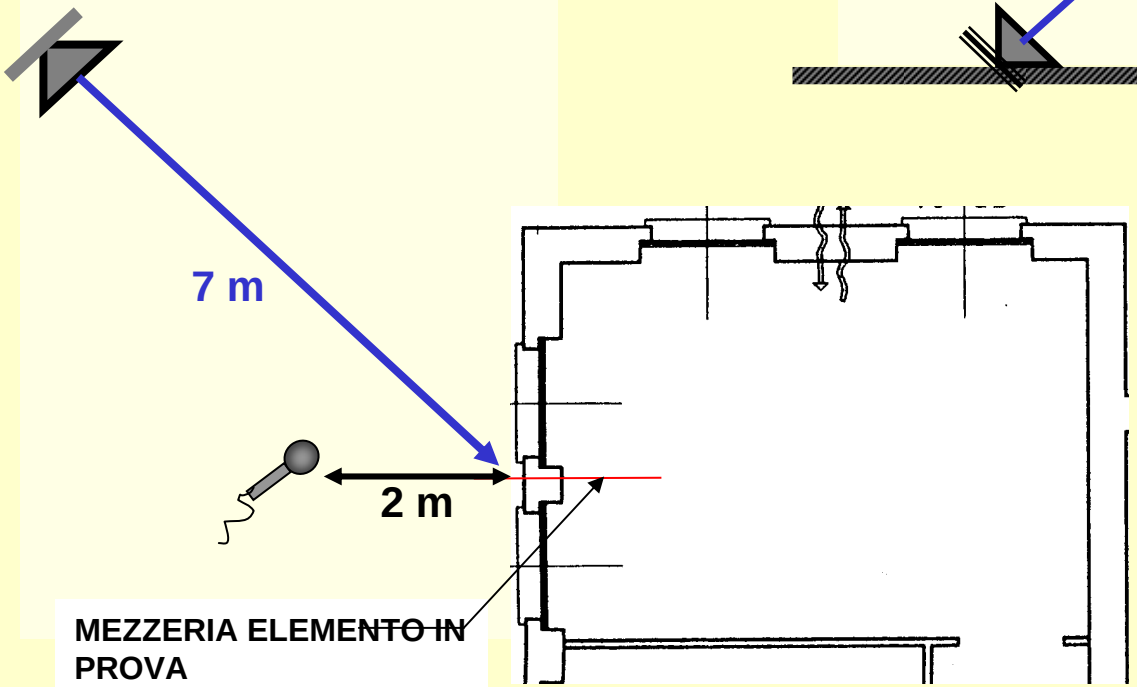
fasi operative: esterno

Posizionamento del microfono:

- **2m (±20cm) dal piano della facciata**
- **1m da balaustra o sporgenza**
- **1,50m dal pavimento**



SEZIONE

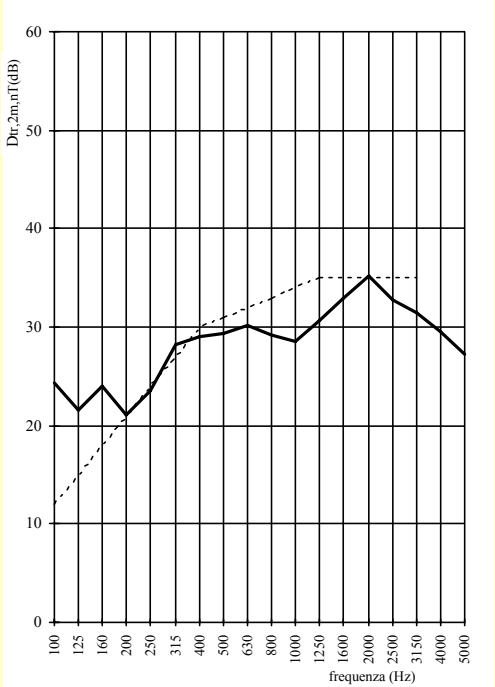


PIANTA

Esempio di risultati

ELEMENTO PROVATO	VALORE MISURATO	LIMITE DI LEGGE
Facciata (*)	**$D_{2m,nT,w}$ (C,C_{tr}) = 31 (-1;-3) dB**	**≥ 40 dB**
Solaio	**$L'_{n,w}$ (C_I) = 65 (0) dB**	**≤ 63 dB**

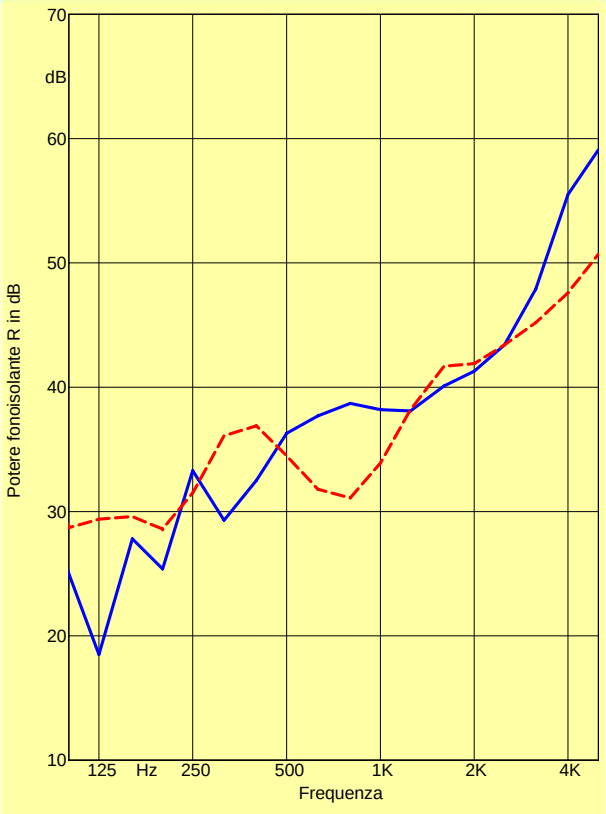
Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione con traffico stradale



Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione

Interpretazione dei risultati
la valutazione per bande di frequenza

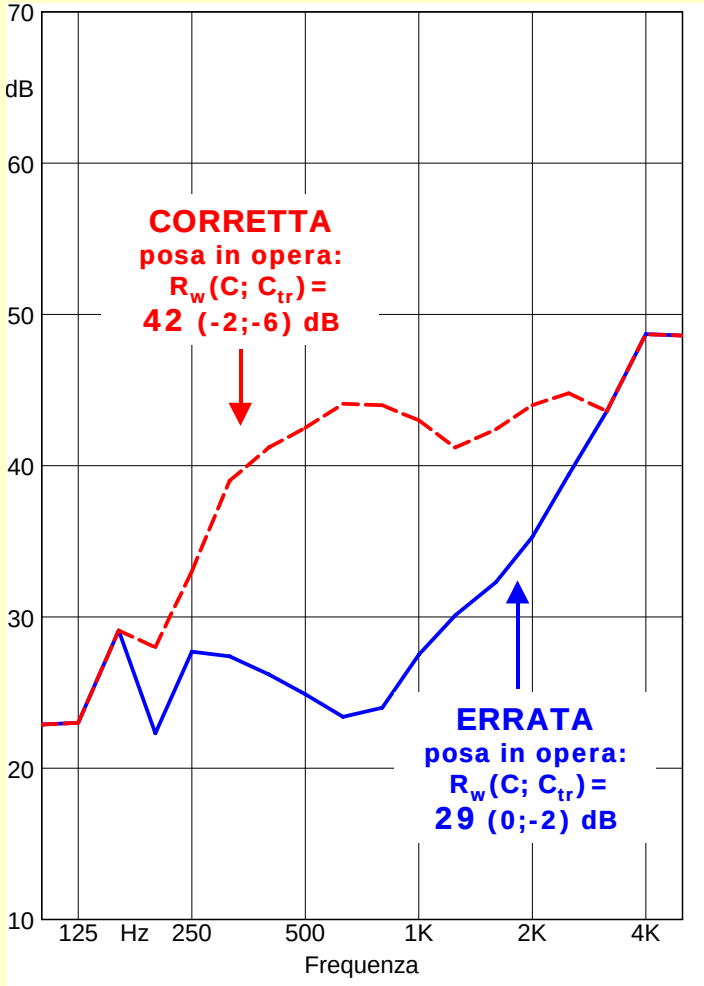
anche se i valori limite imposti per legge o in capitolato sono espressi quasi sempre con un numero unico, conviene sempre esaminare l'intero spettro di valutazione; spesso risultati con lo stesso numero unico nascondono andamenti spettrali ben diversi



due componenti diversi con lo stesso R_w=38 dB

Interpretazione dei risultati

l’importanza della posa in opera

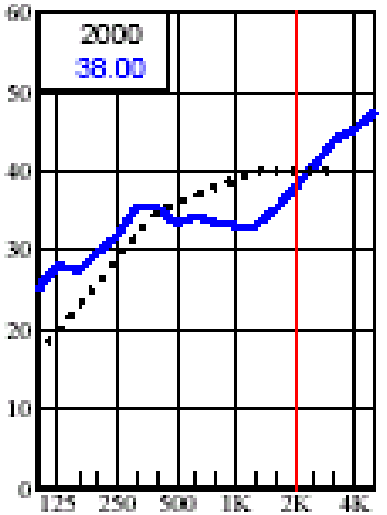


dai confronti mirati fatti in laboratorio si ottengono utili indicazioni che permettono di interpretare i risultati ottenuti in opera; per esempio l'influenza della cattiva posa sui collaudi particolarmente negativi

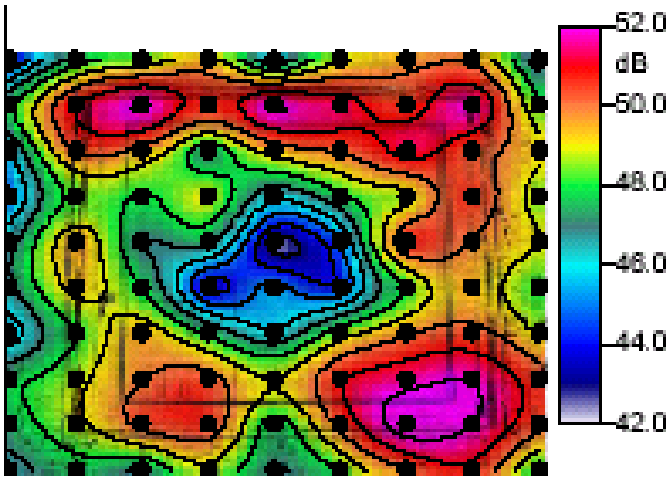
Interpretazione dei risultati

la ricerca dei punti deboli e lo studio degli interventi correttivi

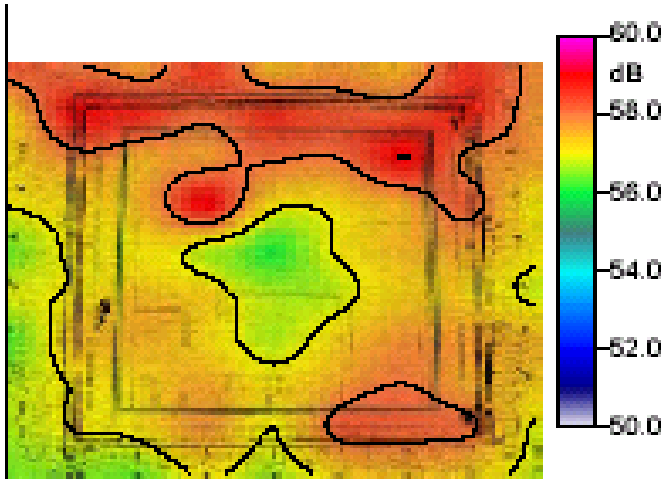
le recenti tecniche di fonoscopia permettono di visualizzare con una scala di colori la mappa di livelli di pressione o intensità acustica sulla superficie di componenti sottoposti a irraggiamento sonoro.



R_w = 36(-1;-3) dB



intensity – 2000 Hz

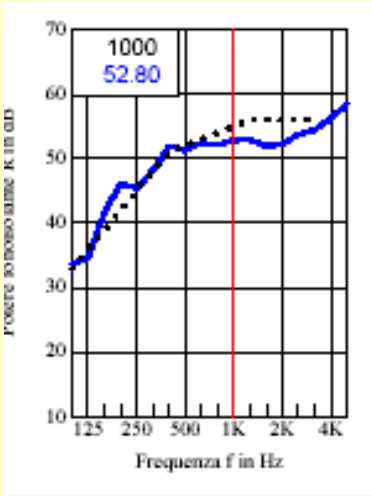


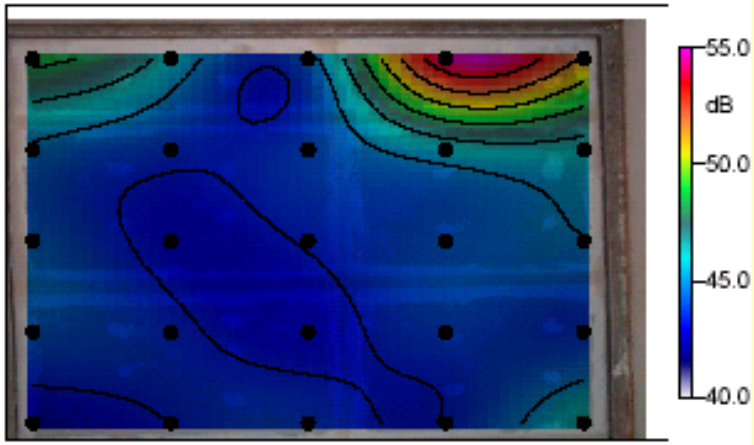
SPL – 2000 Hz

Interpretazione dei risultati

la ricerca dei punti deboli e lo studio degli interventi correttivi

Dal confronto delle mappe con i relativi spettri in frequenza si evidenziano i punti deboli e si decidono gli interventi correttivi. Anche in questo caso dai collaudi effettuati in opera si ottengono indicazioni utili all'individuazione di carenze non imputabili a una cattiva progettazione dell'intervento o a difetti dei materiali.





VERIFICA DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE DEI PRODOTTI

Verifiche prestazionali di rumorosità di impianti

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997

Determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici.

Distingue tra:

- servizi a funzionamento continuo;
- servizi a funzionamento discontinuo.

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997

- sono servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria;

- sono servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997

Le grandezze di riferimento sono le seguenti:

- per servizi a funzionamento discontinuo: L_{ASmax}, il livello massimo di pressione sonora ponderato A con costante di tempo Slow;

- per servizi a funzionamento continuo: L_{Aeq}, il livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato A.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere **diverso** da quello in cui il rumore si origina.

DPCM del 5 dicembre 1997

Categoria	Descrizione	L_{ASmax}	L_{Aeq}
A	edifici adibiti a residenza o assimilabili	≤ 35	≤ 35
B	edifici adibiti ad uffici e assimilabili	≤ 35	≤ 35
C	edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili	≤ 35	≤ 35
D	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	≤ 35	≤ 25
E	edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	≤ 35	≤ 25
F	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili	≤ 35	≤ 35
G	edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili	≤ 35	≤ 35

Impianti di climatizzazione e ventilazione

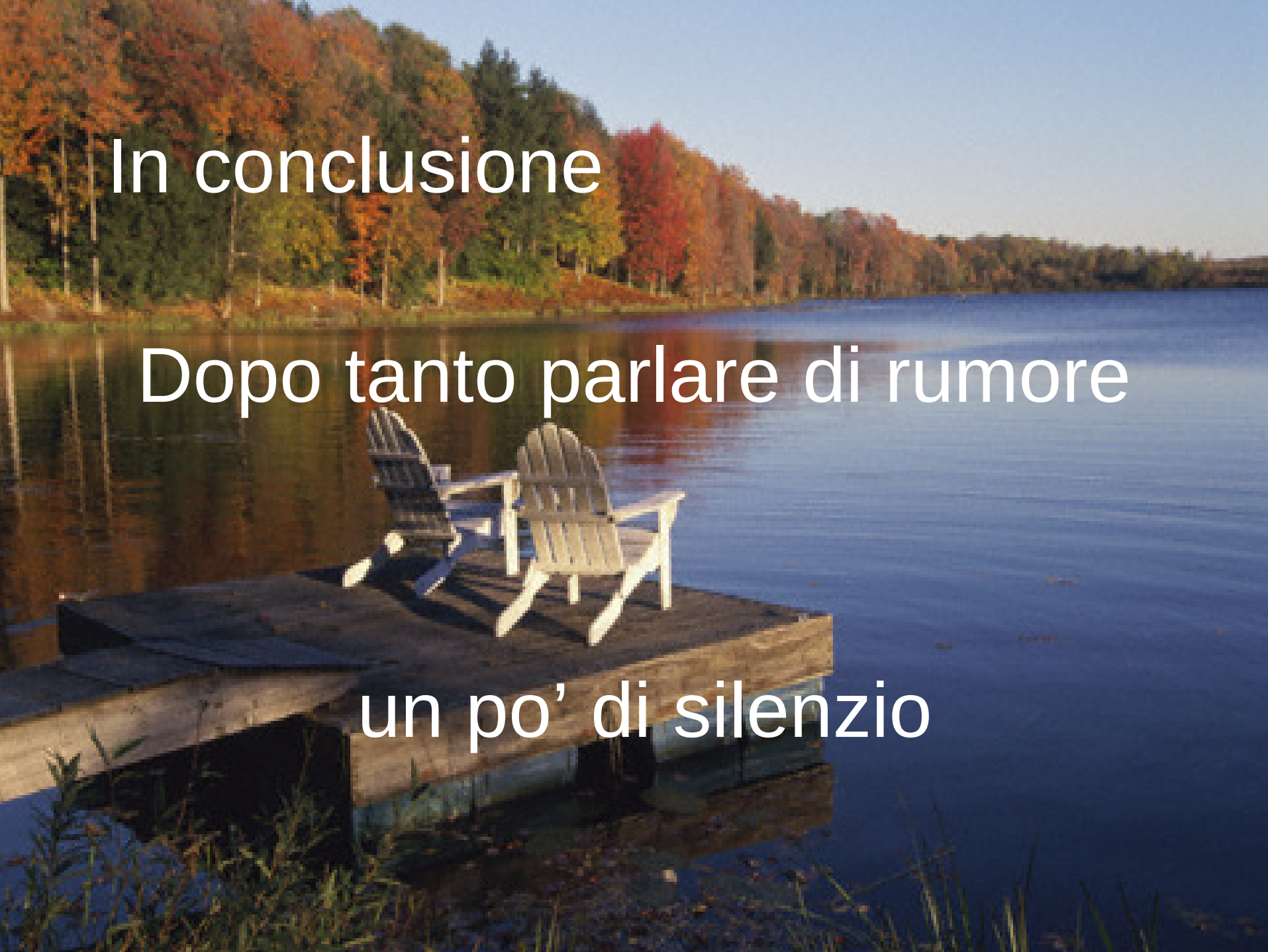
Si può far riferimento alla norma UNI 8199/98 “*Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione*”.

Definisce le procedure di valutazione e suggerisce dei possibili valori limite, distinti per destinazione d’uso.

Circolare Ministero Ambiente

6 settembre 2004

4. Servizi ed impianti fissi dell'edificio: Così come previsto dall'art. 4, comma 3, del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, relativamente «ai servizi ed impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso», non si applicano i valori limite differenziali di immissione. A tutela della rumorosità di impianti e servizi di un edificio all'interno dello stesso deve essere applicato il decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 recante la «determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici».


In conclusione
Dopo tanto parlare di rumore
un po’ di silenzio

LE VERIFICHE IN LABORATORIO E IN OPERA

RIFERIMENTI:

Fabio Scamoni - Fabrizio Valentini

fabio.scamoni@itc.cnr.it

fabrizio.valentini@itc.cnr.it

ITC Istituto per le Tecnologie della Costruzione
Construction Technologies Institute

CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche
National Research Council