



EXCURSUS SULLA PROGETTAZIONE ACUSTICA DEGLI UFFICI

L'importanza del fattore comfort

Introduzione

All'interno delle postazioni di lavoro degli uffici l'inconveniente che si riscontra maggiormente è il rumore, soprattutto negli uffici open-space. Qui dovrebbero essere garantita sia la possibilità di scambio comunicativo sia la possibilità di rimanere concentrati sul lavoro. La progettazione dell'acustica ambientale ha come obiettivo quello di creare buone condizioni acustiche per ogni luogo di lavoro. Le tendenze dell'architettura e dell'edilizia rendono questo obiettivo più difficile da raggiungere, visto il sempre più frequente utilizzo di ampi fronti vetrati fonoriflettenti. Anche il design a pianta aperta dell'ufficio open space non è privo di problemi in quanto non offre una sufficiente separazione acustica.

Mentre il comfort termico non manca mai di essere considerato negli standard edilizi odierni, spesso si presta poca attenzione al comfort acustico. Questo nonostante l'importanza che esso assume nella considerazione generale del comfort indoor. In molti casi, perciò, le misure per migliorare l'acustica degli ambienti devono essere attuate in un secondo momento, quando l'edificio è già in uso.

Questo documento illustra quali criteri devono essere soddisfatti per una buona acustica ambientale in ufficio e quali misure sono necessarie per ottenerla. Si parlerà anche dell'importante ruolo delle superfici fonoassorbenti a soffitto.

In questo documento informativo cerchiamo di rispondere alle seguenti domande:

- A cosa si deve prestare attenzione per una buona acustica in ufficio?
- A cosa si deve prestare attenzione nelle sale per conferenze o riunioni?
- In quale punto della stanza vengono installati gli assorbitori acustici e come funzionano?
- Quali sono i vantaggi dei soffitti fonoassorbenti?
- Come sono etichettati gli assorbitori acustici e come devono essere interpretate le informazioni?

Progettazione acustica degli uffici

L'importanza del fattore comfort

Agosto 2024_V2

INDICE

L'importanza del fattore comfort

Criteri per una buona acustica ambientale.....	4
Propagazione del suono in ufficio	5
Caso speciale: sale per conferenze e riunioni	6
Assorbitori acustici installati in modo permanente sul soffitto.....	7
Fattore d'influenza distanza dal soffitto.....	8
Fattore d'influenza soffitti forati o perforati.....	9
Fattore d'influenza pannelli radianti attivati	10
Fattore d'influenza altezza di sospensione	10
Fattore d'influenza disposizione verticale.....	11
Assorbitori installati in modo permanente non posizionati sul soffitto.....	12
Etichettatura degli assorbitori acustici.....	13
Laboratorio di acustica	14
Conclusioni	15

Redattore



Bernd Rupflin

Bernd Rupflin, responsabile della camera
climatica, Barcol-Air Group AG

Criteri per una buona acustica ambientale

Per ottenere una buona acustica ambientale in ufficio, è necessario osservare i seguenti criteri¹:

- **Riverbero acustico ridotto**

Per misurare il riverbero di una stanza si utilizza il tempo di riverbero. Riverbero ridotto significa un tempo di riverbero breve. Lo si ottiene mediante superfici sufficientemente fonoassorbenti nella stanza. Un ambiente con riverbero ridotto, è più silenzioso di una stanza con riverbero elevato in condizioni altrimenti identiche (stessa esposizione al rumore dall'esterno o da fonti di rumore interne). Il riverbero influenza anche la propagazione del suono nella stanza.

- **Ridotta propagazione del suono**

Negli uffici si dovrebbe in generale tendere a una ridotta propagazione del suono. Ciò richiede un riverbero ridotto. In particolare, si deve tenere conto della propagazione (indesiderata) del suono tra le diverse postazioni di lavoro (maggiori informazioni nelle pagine seguenti).

- **Basso livello del rumore di fondo**

Per ottenere un basso livello del rumore di fondo è necessario garantire un adeguato isolamento acustico verso l'esterno e verso i locali attigui, nonché tenere conto delle emissioni acustiche degli impianti tecnologici dell'edificio. Questo riguarda il settore dei requisiti acustici passivi. Inoltre, è necessario tenere conto delle fonti di rumore interne provenienti da apparecchiature presenti negli uffici, come stampanti, ecc. Come accennato in precedenza, il livello del rumore di fondo si riduce anche in conseguenza di un basso livello di riverbero.

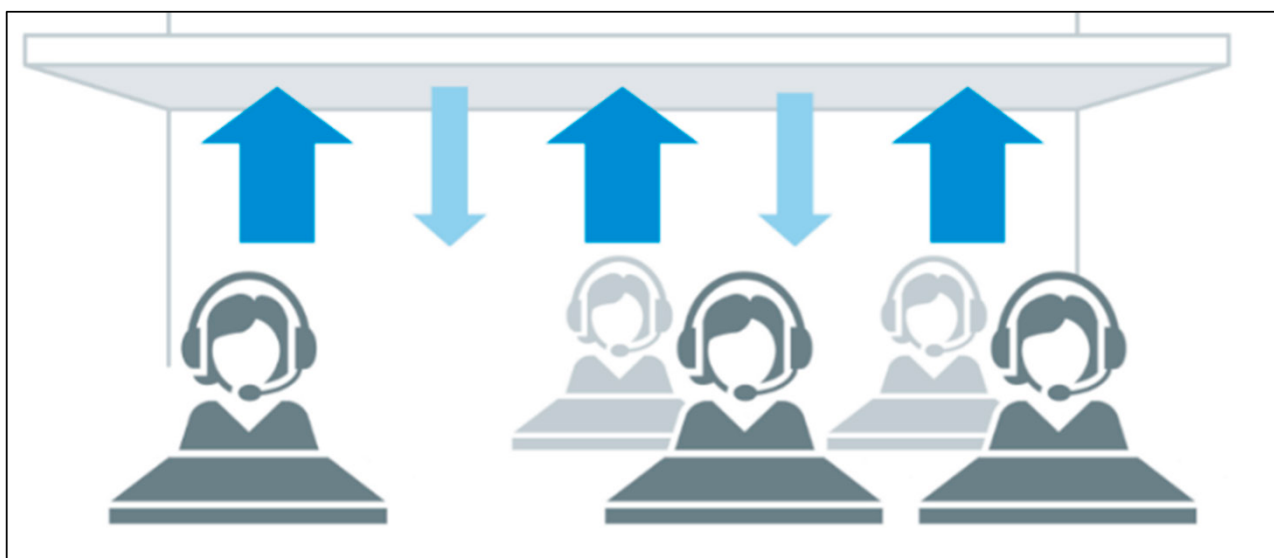


Fig. 0: Influsso della riflessione sonora all'interno di un ambiente

¹ Per un'analisi più approfondita: nella linea guida VDI 2569, che si occupa specificamente della progettazione acustica degli uffici, si distingue tra uffici individuali e uffici di piccole o grandi dimensioni, condivisi da più persone. Inoltre, sono specificati i valori soglia per i parametri relativi ai criteri sopra menzionati al fine di soddisfare tre diverse classi di acustica ambientale.

Propagazione del suono in ufficio

Senza schermi acustici

La Figura 1 mostra la propagazione del suono tra postazioni di lavoro vicine in un ufficio condiviso da più persone. Al suono diretto si aggiungono la riflessione del suono e la dispersione sul soffitto.

La riflessione e la dispersione del suono possono verificarsi anche tramite le pareti adiacenti, la facciata o il pavimento. La propagazione del suono attraverso il pavimento o le pareti, generalmente è più limitata rispetto a quella del soffitto a causa dell'arredamento presente nell'ufficio.

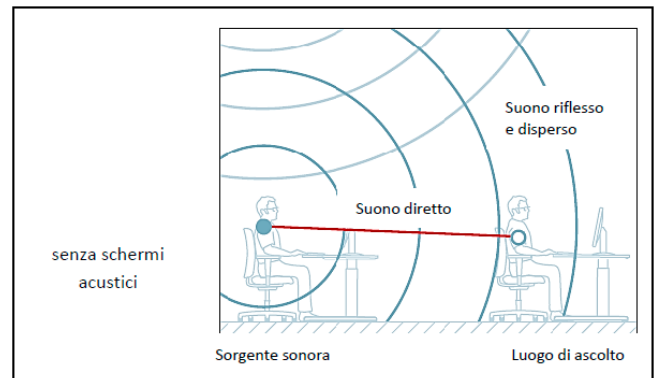


Fig. 1: Propagazione del suono in un ufficio condiviso da più persone senza schermo acustico (IBA)

Con schermi acustici

La figura 2 mostra come si propaga il suono in un ufficio con identica disposizione, ma con schermatura acustica.

Oltre a divisori speciali, si possono utilizzare come schermi acustici, ad esempio, armadi o alzate per scrivanie.

Lo schermo acustico blocca il suono diretto. Al suo posto si genera, all'estremità superiore dello schermo acustico, un suono di diffrazione, la cui pressione sonora è di molto inferiore a quella del suono diretto.

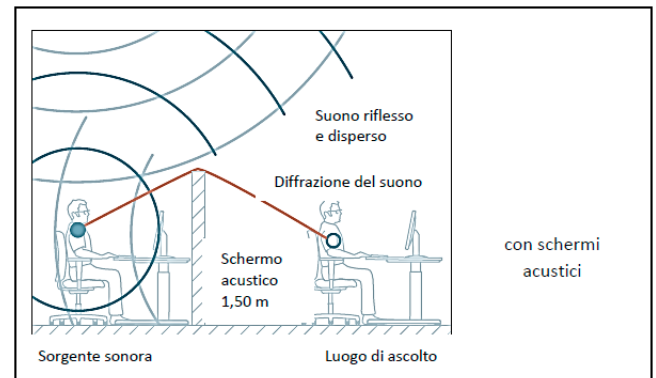


Fig. 2: Propagazione del suono in un ufficio condiviso da più persone con schermatura acustica (IBA)

Caso speciale: sale per conferenze e riunioni

Le sale conferenze e sale riunioni devono essere progettate in modo diverso dagli uffici. A differenza dell'ufficio singolo o multiplo, qui l'obiettivo è ottenere una buona udibilità a lunga distanza. Il riverbero dovrebbe quindi essere molto più alto che in ufficio.

In una **sala conferenze**, l'oratore deve essere chiaramente comprensibile da qualsiasi punto della sala. Pertanto, sopra la testa dell'oratore e degli ascoltatori devono essere presenti superfici che riflettono il suono. Un possibile posizionamento della superficie riflettente sul soffitto è rappresentato a colori nella figura 3. Gli elementi fonoassorbenti devono essere installati più verso il fondo della stanza e sulla parete posteriore.

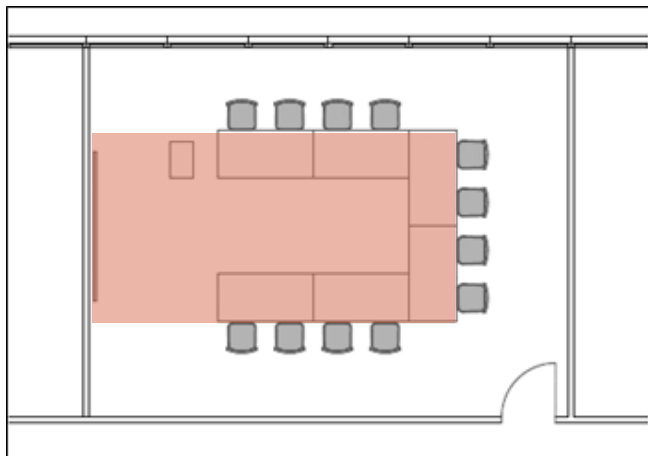


Fig. 3: Esempio di una sala conferenze con posizione prestabilita per il relatore e per il pubblico e con indicazione della superficie riflettente (figura aggiunta da IBA)

Una **sala riunioni** con un grande tavolo e sedie tutt'intorno dovrebbe avere un soffitto fonoriflettente sopra il tavolo, in modo che la persona che parla possa essere udita chiaramente da tutte le altre persone attorno al tavolo. Un possibile posizionamento della superficie riflettente sul soffitto è rappresentato a colori nella figura 4. Gli elementi fonoassorbenti devono essere installati sul soffitto nella posizione più esterna in ogni direzione.

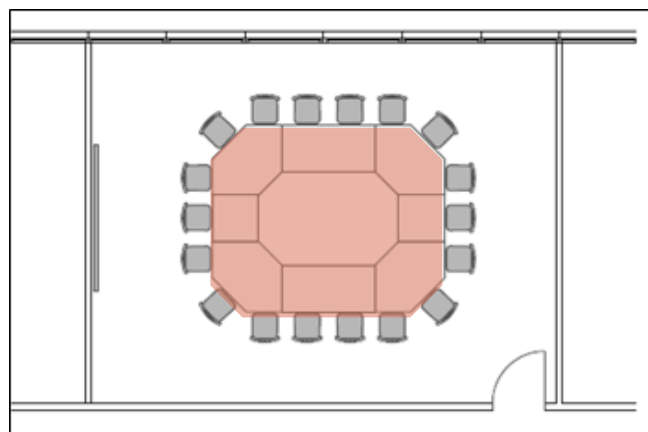


Fig. 4: Esempio di una sala riunioni con un grande tavolo con posti a sedere tutt'intorno e con indicazione della superficie riflettente (figura aggiunta da IBA)

Assorbitori acustici installati in modo permanente sul soffitto

Schermi acustici, pareti divisorie, alzate per scrivanie o simili possono essere integrati in modo flessibile nell'arredamento dell'ufficio, secondo la situazione di utilizzo. La situazione è diversa nel caso di assorbitori acustici installati in modo permanente. Per loro si raccomanda una progettazione accurata.

A causa della propagazione del suono in ufficio (fig. 1 e 2), è necessario prendere in considerazione gli assorbitori acustici a soffitto, soprattutto sopra le postazioni di lavoro o sopra altre fonti di rumore.

Di solito l'area del soffitto offre spazio libero sufficiente per gli assorbitori acustici. È anche possibile applicare

possibilmente a una distanza ottimale dal soffitto (maggiori informazioni nelle pagine seguenti). Un sistema radiante a soffitto, come mostrato nella figura 5 con vista dall'alto, non solo garantisce il comfort termico e di ventilazione, ma svolge anche un ruolo importante nel progetto dell'acustica ambientale.

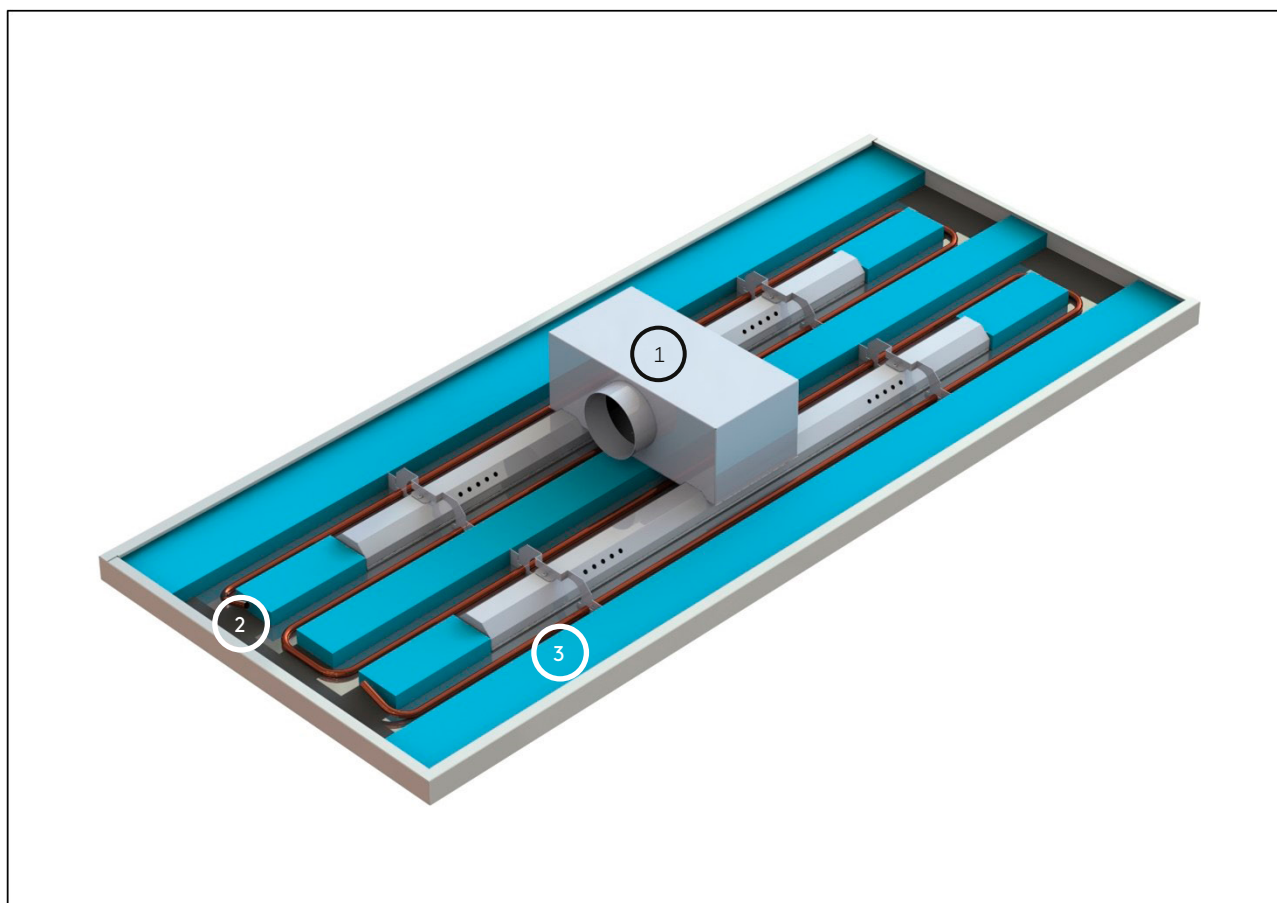


Fig. 5: Sistema radiante a soffitto con elemento di immissione dell'aria ①, tessuto non tessuto incollato ② al pannello radiante e strisce di lana minerale inserite in film nero di polietilene ③ (blu anziché nero in figura per una migliore visibilità).

Fattore d'influenza distanza dal soffitto

L'assorbimento acustico può essere notevolmente migliorato scegliendo una distanza favorevole tra l'assorbitore e il soffitto (altezza di sospensione). Ad esempio, un assorbitore poroso come la lana minerale, attaccato direttamente a una superficie fonoriflettente (ad esempio un solaio in calcestruzzo) assorbe il suono con spessori isolanti normali, soprattutto nella gamma delle frequenze alte ed eventualmente anche a quelle medie.

La figura 6 mostra l'andamento del coefficiente di assorbimento acustico di pannelli in fibra minerale con spessori isolanti di 15 e 40 mm senza distanza e con una distanza di 300 mm da una superficie fonoassorbente.

La figura 6 mostra inoltre un miglioramento significativo nella gamma delle basse frequenze da 0 a 300 mm di distanza per entrambi gli spessori isolanti. Il motivo è che le onde sonore riflesse creano un „accumulo di pressione” a una distanza pari a un quarto della lunghezza d'onda (in acustica si parla di area di massima velocità del suono). Un elevato livello di assorbimento si ottiene installando un isolamento in questa zona (fig. 7).

A una distanza di 300 mm, un quarto della lunghezza d'onda corrisponde a una frequenza di circa 280 Hz e quindi a un miglioramento dell'assorbimento nella gamma delle basse frequenze.

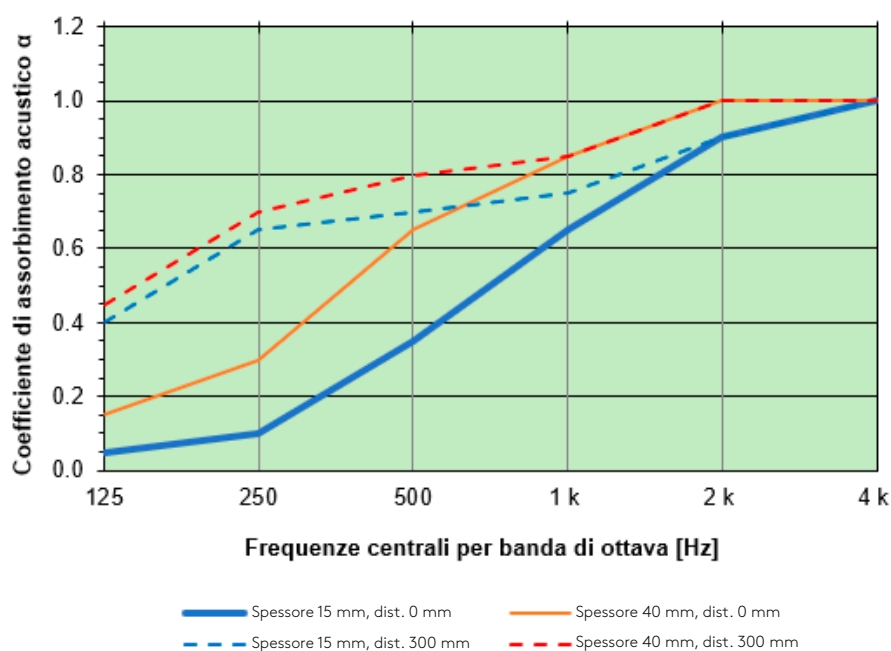


Fig. 6: Valori da Fasold/Veres, Tabella 4.3

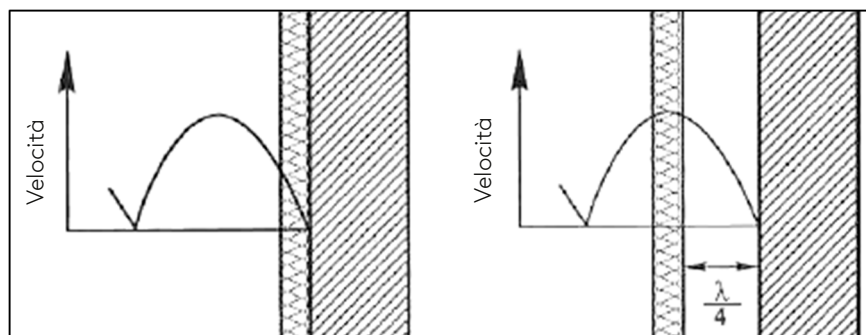


Fig. 7: Aumento dell'efficacia di un assorbitore poroso posizionato in corrispondenza del punto massimo di velocità (Fasold/Veres)

Fattore d'influenza soffitti forati o perforati

Un ulteriore effetto può essere ottenuto con soffitti forati o perforati. Questi possono raggiungere elevati coefficienti di assorbimento come i cosiddetti deflettori forati. I fori nel pannello agiscono da massa (la cosiddetta massa del foro, che dipende dalla sezione libera, dalla forma e dalle dimensioni del foro) e l'aria nell'intercapedine verso il solaio in calcestruzzo funge da molla.

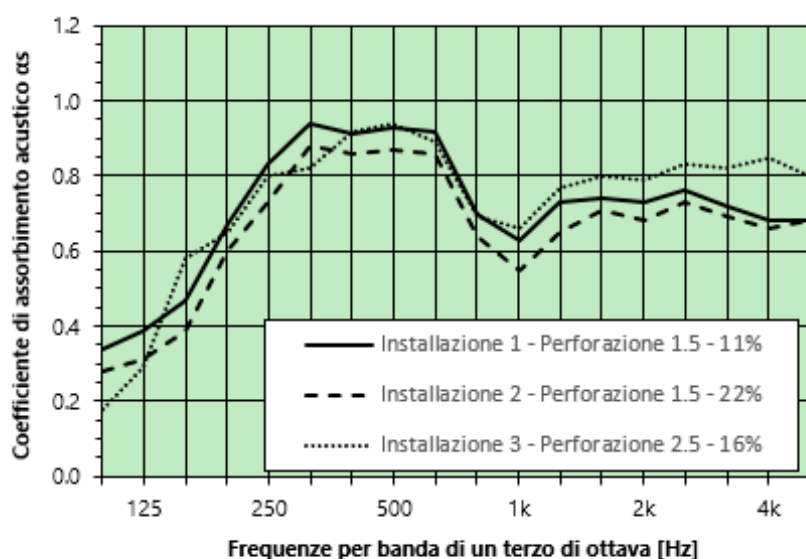
Un controsoffitto metallico chiuso e perforato con tessuto non tessuto acustico può già raggiungere valori di assorbimento acustico considerevoli. La figura 8 mostra i valori misurati in controsoffitti con diverse perforazioni e valori α_w compresi nell'intervallo tra 0,70 e 0,80.

Coefficiente di assorbimento acustico in tre installazioni di controsoffitti metallici senza attivazione

Installazione 1: controsoffitto metallico chiuso in acciaio, con tessuto non tessuto acustico, perforazione con fori rotondi (RG) 1,5 con percentuale di fori pari all'11 %, altezza di sospensione 200 mm, senza attivazione

Installazione 2: simile all'installazione 1, ma con perforazione con fori rotondi (RG) 1,5 con percentuale di fori pari al 22 %

Installazione 3: simile all'installazione 1, ma con perforazione con fori rotondi (RG) 2,5 con percentuale di fori pari al 16 %



Installazione 1 - Perforazione 1.5 - 11%					
Valutazione in base a EN ISO 11'654 (1997): α 0.75 (L)					
α_p 250 Hz:	0.80	500 Hz:	0.90	1000 Hz:	0.70
2000 Hz:	0.75	4000 Hz:	0.70		

Installazione 2 - Perforazione 1.5 - 22%					
Valutazione in base a EN ISO 11'654 (1997): α 0.70 (L)					
α_p 250 Hz:	0.75	500 Hz:	0.85	1000 Hz:	0.60
2000 Hz:	0.70	4000 Hz:	0.70		

Installazione 3 - Perforazione 2.5 - 16%					
Valutazione in base a EN ISO 11'654 (1997): α 0.80					
α_p 250 Hz:	0.75	500 Hz:	0.90	1000 Hz:	0.75
2000 Hz:	0.80	4000 Hz:	0.80		

Fig. 8: Controsoffitto metallico chiuso con tessuto non tessuto e con diverse perforazioni (dati desunti dalla documentazione di prodotto Fural)

Fattore d'influenza pannelli radianti attivati

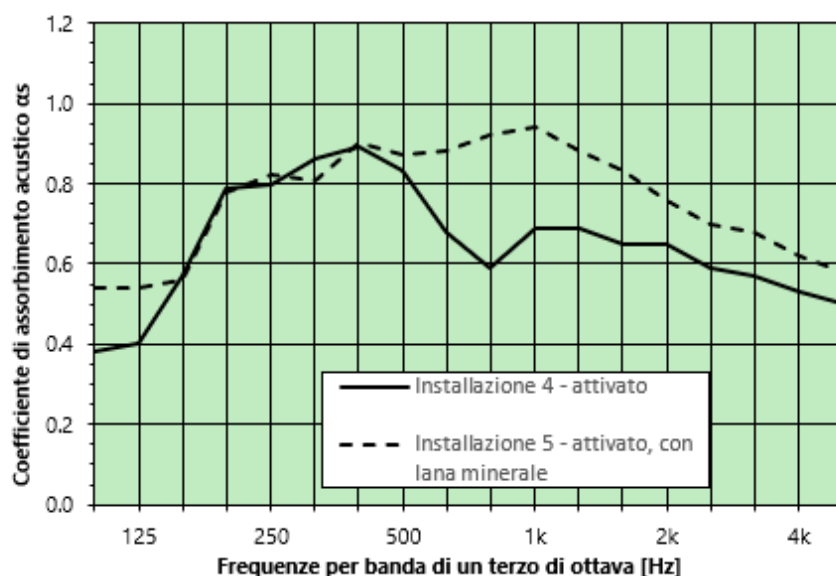
Se i pannelli metallici sono attivati con serpentine di raffreddamento, i valori di assorbimento calano leggermente, perché la superficie forata dei pannelli viene in parte coperta.

Con un isolamento aggiuntivo, ad esempio con lana minerale, si può ottenere un ulteriore significativo aumento dell'assorbimento (figura 9).

Coefficiente di assorbimento acustico di due impianti radianti a soffitto per riscaldamento/raffrescamento (con attivazione)

Installazione 4: simile all'installazione 1, ma attivata con serpentine di raffreddamento

Installazione 5: simile all'installazione 1, ma attivata con serpentine di raffreddamento e con in più 20 mm di lana minerale



Installazione 4 - attivato					
Valutazione in base a EN ISO 11'654 (1997): α 0.65 (L)					
α_p : 250 Hz:	0.80	500 Hz:	0.80	1000 Hz:	0.65
2000 Hz:	0.65	4000 Hz:	0.55		

Installazione 5 - attivato, con lana minerale					
Valutazione in base a EN ISO 11'654 (1997): 0.80					
α_p : 250 Hz:	0.80	500 Hz:	0.90	1000 Hz:	0.90
2000 Hz:	0.75	4000 Hz:	0.65		

Fig. 9: Soffitto radiante metallico chiuso per riscaldamento/raffrescamento con tessuto non tessuto (installazione 4) e con in più lana minerale (installazione 5).

Fattore d'influenza altezza di sospensione

Sebbene l'intercapedine verso il solaio in calcestruzzo sia necessaria per consentire al pannello forato di oscillare, l'altezza di sospensione (e quindi l'altezza dell'intercapedine) in una determinata area non è di primaria importanza. Per i controsoffitti metallici con le perforazioni indicate nella figura 8, si ottengono valori α_w molto simili nell'intervallo tra 100 e 400 mm

di altezza di sospensione, mentre i valori α_w sono più alti di solito ad un'altezza di sospensione di circa 200 mm. Con un'altezza di sospensione di 100 mm, l'assorbimento è minore nella gamma delle basse frequenze; con un'altezza di sospensione di 400 mm, l'assorbimento è minore nella gamma delle medie frequenze.

Fattore d'influenza disposizione verticale

Gli assorbitori disposti in verticale sul soffitto (i cosiddetti baffle) difficilmente possono sfruttare gli effetti descritti del deflettore perforato e del punto massimo di velocità e quindi raggiungono coefficienti di

assorbimento meno elevati. Tuttavia, si può compensare questo svantaggio aumentando il numero di deflettori installati.



Fig. 10: I baffle sono una tipologia di assorbitore da soffitto. L'immagine mostra i baffle per riscaldamento/raffrescamento con un inserto aggiuntivo di materiale fonoassorbente all'interno (tessuto non tessuto acustico e materassini di lana minerale).

Assorbitori installati in modo permanente non posizionati sul soffitto

Gli assorbitori posizionati a **parete** vengono utilizzati negli uffici come integrazione degli assorbitori a soffitto. Gli assorbitori a parete possono essere molto utili per evitare l'eco quando nella stanza ci sono due superfici riverberanti disposte l'una di fronte all'altra, ad esempio la facciata vetrata e una parete "nuda" della stanza.

Se sono presenti gli assorbitori a soffitto, di solito non è più necessario aggiungere assorbitori a parete speciali, in quanto spesso sono sufficienti il normale arredamento dell'ufficio con scaffali e armadiature.

I rivestimenti tessili per **pavimento** possono contribuire a ottimizzare l'acustica dell'ambiente. Per via del loro ridotto spessore, i rivestimenti per pavimenti sono molto efficaci nella gamma delle alte frequenze e molto meno in quella delle medie frequenze.



Fig. 11: I pannelli acustici per le pareti sono disponibili in numerose versioni.

Etichettatura degli assorbitori acustici

Il coefficiente di assorbimento acustico α (alpha) è il parametro determinante degli assorbitori piatti e descrive l'efficacia di assorbimento del suono incidente. Per una superficie assorbente ideale che assorbe il 100 % del suono incidente, $\alpha = 1$; per una superficie completamente riflettente, $\alpha = 0$. Gli assorbitori reali hanno valori compresi tra 0 e 1.

Il coefficiente di assorbimento acustico dipende dalla frequenza ed è misurato in conformità alla norma EN ISO 354 per 18 bande di terzi d'ottava con frequenze centrali da 100 a 5000 Hz. I coefficienti di assorbimento acustico per le bande di terza ottava sono chiamati valori α_s .

Valore α_w (valore singolo)

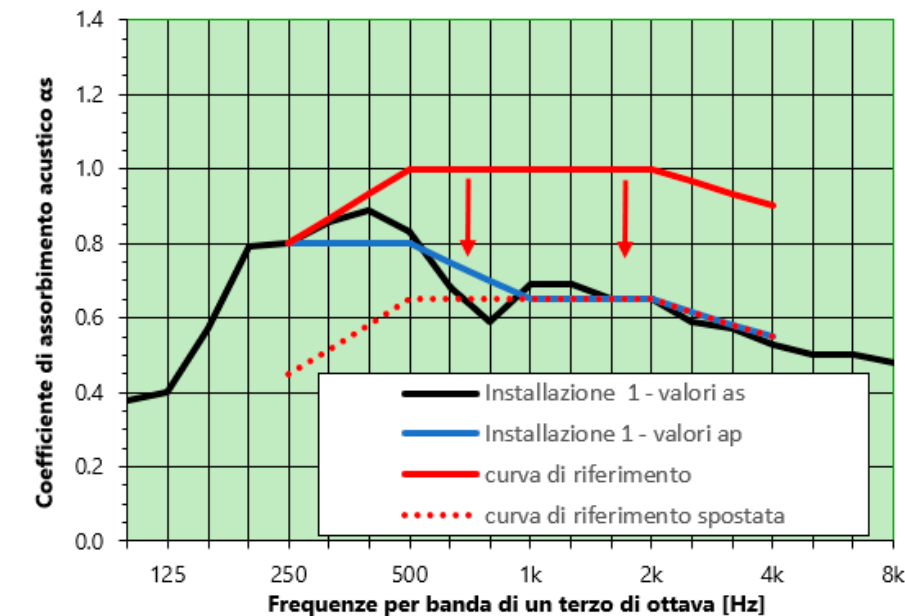
Il valore α_w è adatto per un confronto grossolano tra diversi assorbitori. Per determinare il valore α_w , si combinano in un unico valore i 15 valori α_s con le frequenze centrali da 200 a 5000 Hz. A questo scopo, viene prima ricavata la media dei valori α_s in valori di banda d'ottava α_p , cioè tre valori α_s danno ogni volta un unico valore α_p . I valori α_p sono indicati con incrementi di 0,05 e hanno un valore massimo di 1. I valori α_p vengono poi confrontati con la curva di riferimento. Il valore α_w è il valore della

Se l'assorbitore, in determinate aree, è significativamente migliore della curva di riferimento, vengono assegnati degli indicatori di forma. Se questo scostamento si verifica a basse frequenze, viene assegnato l'indicatore L.

Questo è il caso dell'assorbitore rappresentato nella figura 12. Gli indicatori M e H sono assegnati rispettivamente agli scostamenti nella gamma di frequenza media e alta. (Per un calcolo preciso del valore α_w , consultare la norma EN ISO 11654)

Valore NRC (valore singolo)

Nel mondo anglosassone, si usa comunemente come valore unico il valore NRC (Noise Reduction Coefficient) secondo la norma ASTM (American Society for Testing and Materials) C423. La determinazione del valore NRC è relativamente semplice: i valori α_s delle bande di terzo d'ottava con frequenze centrali di 250, 500, 1000 e 2000 Hz sono mediati aritmeticamente e arrotondati a 0,05.



Installation 1					
Valutazione in base a EN ISO 11'654 (1997): α_w : 0.65 (L)					
α_p : 250 Hz: 0.80	500 Hz: 0.80	1000 Hz: 0.65	2000 Hz: 0.65	4000 Hz: 0.55	

Fig. 12: Installazione 4 della Figura 9 con curva di riferimento per la determinazione del valore α_w .

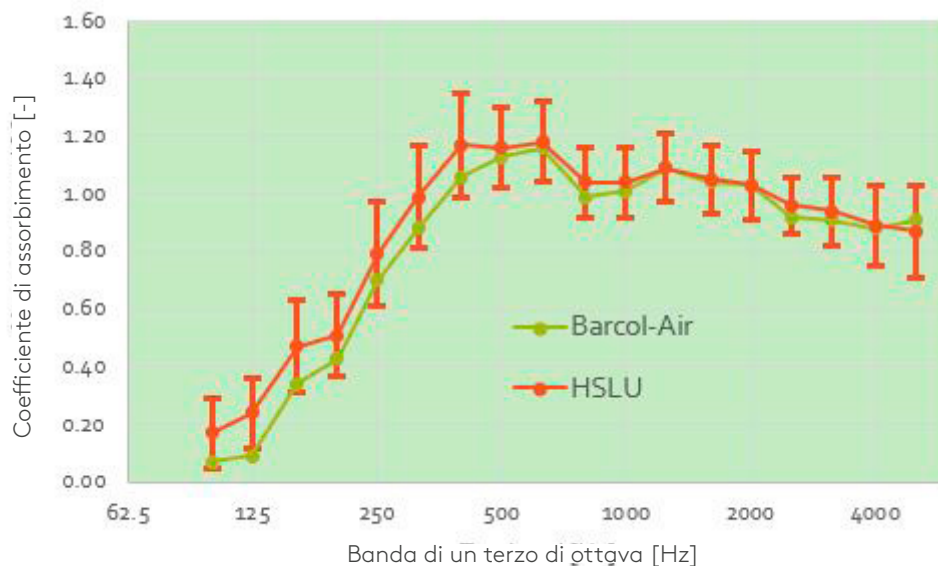
Laboratorio di acustica

Oltre ai laboratori per la misurazione delle prestazioni di raffreddamento e riscaldamento dei soffitti radianti, per la determinazione della velocità dell'aria ambiente e di altri criteri di comfort dei loro diffusori d'aria, Barcol-Air ha allestito un ulteriore laboratorio presso la sede di Schwerzenbach per la misurazione dell'assorbimento acustico dei soffitti radianti in metallo.



Grazie alla camera riverberante interna, possiamo eseguire misurazioni specifiche per il cliente con estrema flessibilità e rapidità. Grazie a un'approfondita modellazione, siamo riusciti a minimizzare lo scostamento già esiguo delle misurazioni rispetto a quelle dell'Istituto universitario di Lucerna e del Laboratorio federale di prova dei materiali e di ricerca (EMPA), e a determinarlo poi con precisione.

Confronto tra la camera riverberante Barcol-Air e Università di Lucerna
Isola a soffitto, spessore 200 mm



Oltre alle misurazioni flessibili, nella camera riverberante è possibile effettuare un gran numero di misurazioni, assicurando quindi un elevato livello di dettaglio. Su questa base, Barcol-Air è in grado di sviluppare tool di progettazione che permettono dichiarazioni precise delle prestazioni.

Conclusioni

Tra le osservazioni relative al comfort interno, l'acustica ambientale è un elemento di grande rilievo. Per ottenere il grado di comfort acustico ottimale, esistono varie soluzioni. Affinché tali soluzioni siano però utili ed efficaci, è necessario utilizzarle tenendo conto delle situazioni locali, degli usi previsti e dei fondamenti scientifici. In particolare, vale la pena tenere conto del soffitto nell'approccio acustico ambientale. Il soffitto è infatti disposto nel modo tecnicamente ideale per assorbire i suoni, offre un ampio spazio e consente di contribuire in misura notevole a una buona acustica ambientale.

Come fornitore di sistemi radianti a soffitto e specialista del comfort interno, Barcol-Air considera la qualità acustica interna un fattore essenziale per il comfort degli utenti. Per i diversi sistemi radianti a soffitto sono disponibili i relativi parametri di progettazione acustica di un ambiente interno forniti da enti di prova certificati.

Altri documenti da leggere

Nozioni di base sui soffitti radianti

Tecnologia / Campi di applicazione / Vantaggi



Raffrescare gli ambienti in modo efficiente

Aumentare la temperatura di mandata d'acqua



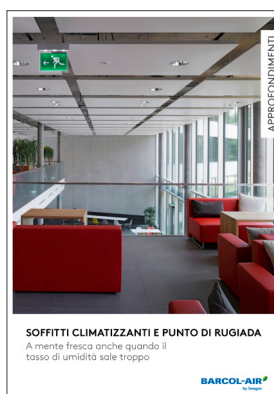
Fattori per aumentare le prestazioni dei soffitti radianti

Differenza tra EN 14240 e realtà



Soffitti climatizzanti e punto di rugiada

A mente fresca anche quando il tasso di umidità sale troppo



Soffitti radianti con integrazione della massa dell'edificio

Principi funzionali e vantaggi



Flessibilità e intercambiabilità dei moderni sistemi radianti a soffitto

Massima adattabilità



Appunti

[illegible]

Appunti

[illegible]

Contatti

Internazionale

Barcol-Air Group AG

Wiesenstrasse 5
8603 Schwerzenbach
T +41 58 219 40 00
F +41 58 218 40 01
info@barcolair.com
barcolair.com

Svizzera



Barcol-Air AG

Wiesenstrasse 5
8603 Schwerzenbach
T +41 58 219 40 00
F +41 58 218 40 01
info@barcolair.com

Barcol-Air AG

Via Bagutti 14
6900 Lugano
T +41 58 219 45 00
F +41 58 219 45 01
ticino@barcolair.com

Germania

Swegon Klimadecken GmbH

Schwarzwaldstrasse 2
64646 Heppenheim
T: +49 6252 7907-0
F: +49 6252 7907-31
klimadecken@swegon.de
swegon.de/klimadecken

Francia

Barcol-Air France SAS

Parc Saint Christophe
10, avenue de l'Entreprise
95861 Cergy-Pontoise Cedex
T +33 134 24 35 26
F +33 134 24 35 21
france@barcolair.com
barcolair.com

Italia

Barcol-Air Italia S.r.l.

Via Leone XIII n. 14
20145 Milano
T +41 58 219 45 40
F +41 58 219 45 01
italia@barcolair.com
barcolair.com

Feel good **inside**

