



PROVINCIA DI FERMO
SERVIZIO GENIO CIVILE E PROTEZIONE CIVILE



COMUNE DI RAPAGNANO

**REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO
GRADO "DON BOSCO" IN ZONA S. TIBURZIO A RAPAGNANO (FM)**

1° STRALCIO

CUP: B87B12000020002

CONVENZIONE DI AVVALIMENTO n. 1019 del 18/03/2015 TRA IL COMUNE DI RAPAGNANO ED IL GENIO CIVILE DI FERMO
PER LE ATTIVITÀ DI RUP, DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA, DI DIREZIONE LAVORI, DI APPALTO E DI COLLAUDO

IMPORTO PROGETTO €. 400.000,00

PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTISTI

Ing. Roberto Laiolo
Ing. Giuseppe Laureti
Ing. Marco Trovarelli
Arch. Maria Rita Spaziani
Geom. Simone Albertini
Geom. Andrea Ciccolini



DATA

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
IL DIRIGENTE Ing. Stefano BABINI

REALIZZAZIONE NUOVA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO “DON BOSCO” IN ZONA S. TIBURZIO A RAPAGNANO (FM)

CONVENZIONE DI AVVALIMENTO n. 1019 del 18/03/2015 TRA IL COMUNE DI RAPAGNANO ED IL GENIO CIVILE DI FERMO
PER LE ATTIVITÀ DI RUP, DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA, DI DIREZIONE LAVORI, DI APPALTO E DI COLLAUDO

CERTIFICATO ACUSTICO DI PROGETTO

DPCM 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”

PREMESSA

La presente relazione descrive gli interventi di natura acustica da adottare per la realizzazione della **nuova scuola secondaria di primo grado “Don Bosco” in zona S. Tiburzio a Rapagnano (FM)** e costituisce il Certificato Acustico di Progetto.

In generale tali interventi hanno lo scopo di assicurare adeguate condizioni di comfort acustico all'interno delle diverse unità immobiliari, limitando sia il rumore proveniente dall'esterno, che la trasmissione del rumore tra unità adiacenti.

La relazione valuta inoltre la rispondenza delle soluzioni adottate, alle prescrizioni del DPCM 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”. Tale decreto fissa i requisiti minimi che i componenti devono possedere. Tali requisiti si intendono riferiti al componente in opera e sono differenziati in funzione della destinazione d'uso dell'edificio.

Le grandezze normate sono:

- l'indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra unità immobiliari adiacenti R'_w
- l'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$
- l'indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato L'_{nw}

Sono inoltre fissati dei limiti per la rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici:

- L_{ASmax} con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo
- L_{Aeq} per i servizi a funzionamento continuo

Il nuovo fabbricato si sviluppa sui seguenti livelli:

- **Piano seminterrato: ingresso palestra e locali a servizio;**
- **Piano terra: uffici ed aule.**

Nella *tabella 1* sono evidenziati i valori limite, delle grandezze precedentemente definite, di interesse per l'intervento in esame (Cat. E).

Cat.	Descrizione	Parametri				
		R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili	50	40	63	35	35
B	Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	50	42	55	35	35
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili	50	40	63	35	35
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	55	45	58	35	25
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	50	48	58	35	25
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili	50	42	55	35	35
G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili	50	42	55	35	35

Tab. 1 – Requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e degli impianti tecnologici in funzione della classificazione degli ambienti abitativi

Resta inoltre valido il limite del valore del Tempo di Riverberazione indicato nella Circolare Ministeriale del 22 Maggio 1967 e pari a **1,2 secondi** ad aula arredata, con la presenza di due persone al massimo e calcolato come media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze 250-500-1000-2000 Hz.

METODOLOGIA DI CALCOLO DEGLI INDICI IN RIFERIMENTO AL DPCM 5.12.97

Il progetto dell'isolamento acustico dell'edificio è stato condotto separatamente per le diverse modalità di trasmissione del rumore, valutando per ciascuna di esse la rispondenza alle prescrizioni del DPCM 5/12/97:

- rumori aerei provenienti da unità immobiliari adiacenti (R'_w)
- rumori aerei provenienti dall'esterno dell'edificio ($D_{2m,nT,w}$)
- rumori impattivi provenienti da unità immobiliari sovrastanti (L'_{nw})

Le verifiche sono state condotte con riferimento alle seguenti norme tecniche:

- UNI EN 12354-1 *Acustica degli edifici. Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione di prodotti. Parte 1: Isolamento a rumori aerei tra ambienti.*
- UNI EN 12354-2 *Acustica degli edifici. Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione di prodotti. Parte 2: Isolamento al rumore di calpestio fra ambienti.*
- UNI EN 12354-3 *Acustica degli edifici. Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione di prodotti. Parte 3: Isolamento al rumore aereo proveniente dall'esterno.*
- UNI EN ISO 717-1 *Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento di rumori aerei.*
- UNI EN ISO 717-2 *Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento dal rumore di calpestio.*
- UNI U20000780 *Progetto di norma. Prestazioni acustiche degli edifici. Linee guida per il calcolo di progetto e di verifica.*
- UNI/TR 11175 (novembre 2005): guida alle norme serie UNI EN 12345 (applicazione alla tipologia costruttiva nazionale)

Il problema dei rumori generati dagli impianti tecnologici viene affrontato proponendo una serie di prescrizioni di dettaglio, poiché la valutazione su base teorica delle prestazioni risulta particolarmente difficile essendo queste ultime strettamente dipendenti dalla fase esecutiva di realizzazione e posa in opera dell'impianto.

RIFERIMENTI NORMATIVI

- | | |
|---------------------------------|---|
| ▪ <u>16.03.98 - DM Ambiente</u> | <i>Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico</i> |
| ▪ D.P.C.M. 05.12.97 | <i>Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici</i> |
| ▪ <u>14.11.97 – DPCM</u> | <i>Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore</i> |
| ▪ <u>11.12.96 DM Ambiente</u> | <i>Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo in GU n. 52 del 04/03/97.</i> |
| ▪ <u>26.10.95 - Legge 447</u> | <i>Legge quadro sull'inquinamento acustico</i> |
| ▪ <u>01.03.91 – DPCM</u> | <i>Limiti massimi di rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno</i> |

Isolamento delle pareti di separazione tra aule e gli altri ambienti, tra le aule ed i corridoi e tra le aule attigue, sovrapposte o comunicanti

con doppio tavolato e pannelli XLK spessore minimo 6 cm

Potere fonoisolante apparente $R'w$ (misura in opera)

Il potere fonoisolante apparente $R'w$ è legato a quello di laboratorio Rw dalla relazione:

$$R'w = Rw - a$$

dove **a** rappresenta la media dei contributi delle differenti trasmissioni laterali.

I parametri su cui agire per migliorare il potere fonoisolante delle pareti in doppia muratura

- aumentare lo spessore dell'intercapedinee riempirla completamente di lana di vetro (minimo 6 cm)
- riempire tutta l'intercapedine con pannelli **XLK** spessore minimo 6 cm a giunti bene accostati.
- utilizzare 3 intonaci
- sigillare accuratamente i giunti orizzontali e verticali tra i mattoni, e il perimetro della parete
- non usare mattoni rotti, ne mattoni di spessore inferiore a 8 cm
- utilizzare mattoni di grande formato (es. 25 x 25 cm)
- utilizzare paramenti di diverso peso (kg/m^2)
- inserire nella parte inferiore al tavolato un materiale resiliente
- non realizzare tracce di impianti sulla parete e/o prese elettriche comunicanti tra i due paramenti.

inoltre:

- Sul solaio in latero cemento devono essere predisposte strisce di isolante acustico del tipo **AKUSTRIP 20** sulle quali verranno elevate le pareti divisorie al fine di smorzare le vibrazioni delle pareti;
- I divisori dovranno raggiungere il tavolato esterno.
- I pilastri, in particolare se posti tra pareti di separazione tra unità diverse, dovranno essere rivestiti con materiale isolante per evitare perdite di isolamento per fiancheggiamento; per limitare l'ispessimento si può usare un rivestimento cosiddetto a "pelle resiliente" e cioè con manufatti in lana di vetro e lastre di gesso rivestito.
- L'inserimento nei giunti delle pareti verticali (partizione - pareti laterali) e orizzontali (partizione - solai) di elementi elastici di sconnessione riducono le trasmissioni laterali.
- Per desolidarizzare le pareti dalle strutture portanti utilizzare malta cementizia bicomponente elastica vibrosmorzante ad elevata adesione

Caratteristiche della parete:
 spessore totale della parete 30 cm
 peso 403 Kg/m²
 R_w = 58 dB

Il divisorio tra unità adiacenti sarà realizzato in doppio tavolato in mattoni forati eretto su di un supporto elastico sottile **AKUSTRIP 20**, con giunti orizzontali e verticali sigillati, intonacato il primo su entrambe le facce ed il secondo solo sulla faccia a vista, con camera d'aria riempita di pannelli con pannelli **XLK**.

Descrizione:

Descrizione	s	ρ	M
	(m)	(kg/m ³)	(kg/m ²)
Intonaco premiscelato	0,015	2000	30
tramezze in laterizio forato da cm 12x25x25 F/A = 63 % a fori orizzontali	0.12	1800	216
rinzafo in malta cementizia con la proprietà sigillante sulle porosità, sulle fessure e sulle fughe non sigillate della muratura	0,010	1800	18
Camera d'aria riempita con pannelli isolanti in lana di vetro XLK da 6 cm	0.06	100	6
tramezza in laterizio forato da cm 8x25x25 F/A = 63% a fori orizzontali	0.08	1400	112
intonaco premiscelato	0,015	1400	21
Massa frontale struttura			403

AKUSTRIP 20 spessore 2,8 mm

feltro ad alta grammatura con una faccia impregnata a saturazione parziale da una speciale miscela bituminosa appositamente studiata e rifinita con tessuto polipropilenico

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Posizionamento del prodotto sotto le murature in laterizio

- pulire accuratamente la superficie del solaio, dove verrà realizzata la parete, da qualsiasi asperità o residuo di lavorazione
- inserire la striscia di **AKUSTRIP 20** avendo l'accortezza di adagiare la faccia nera impregnata di bitume rivolta verso l'alto (mattone forato)
- procedere ora alla posa dei laterizi giuntando perfettamente con malta le fughe di collegamento tra loro sia orizzontalmente che verticalmente
- posizionare il pannello (**XLK**) all'interno della doppia muratura.

PANNELLO XLK spessore 6 cm

Pannello autoportante di grandi dimensioni in lana di vetro non idrofilo trattato con speciale legante a base di resine termoindurenti, rivestito su una faccia con carta kraftalluminio retinata, e sull'altra con un velo di vetro

Il solaio della struttura in oggetto garantisce i requisiti richiesti dalla normativa vigente ($R'_{w} > 50$ dB(A)).

L'isolamento di Rw 50 tra aula e corridoio è dipendente dalle prestazioni acustiche della messa in opera della porta e del nodo della parete con inseriti gli impianti elettrici e l'impianto di riscaldamento.

Isolamento dei setti in c.a., travi calate o pilastri di separazione tra aule e gli altri ambienti, tra le aule ed i corridoi e tra le aule attigue, sovrapposte o comunicanti

un pannello in lana di vetro CALIBEL SBV spessore 2 cm incollato ad una lastra di gesso e posto sui due lati dell'elemento in cls

Caratteristiche della parete:
spessore totale della parete 36,6 cm
peso 753,4 Kg/m²
R'_w = 64 dB

Gli elementi posti tra unità immobiliari residenziali diverse e contigue sono costituiti da setti in c.a., travi calate o pilastri con spessore da 30 cm e saranno rivestiti con doppia controparete costituita da un pannello del tipo CALIBEL SBV in lana di vetro da 2 cm incollato ad una lastra di gesso da 1,3 cm

Descrizione:

Descrizione	s	ρ	M
	(mm)	(kg/m ³)	(kg/m ²)
Controparete costituita da un pannello in lana di vetro CALIBEL SBV incollato ad una lastra di gesso rivestito	20 + 13	85	1,7
elemento in cls	300	2.500	750
Controparete costituita da un pannello in lana di vetro CALIBEL SBV incollato ad una lastra di gesso rivestito	20 + 13	85	1,7
Massa frontale struttura			753,4

Isolamento di pareti di separazione tra aule e paretina vano ascensore in c.a. da 15/20 cm :

un pannello in lana di vetro CALIBEL SBV spessore 4 cm incollato ad una lastra di gesso e posto sul lato dell'elemento in cls rivolto verso l'unità immobiliare

Caratteristiche della parete:
spessore totale della parete 15/20 cm
peso 385,4 / 515,4 Kg/m²
R'_w = 59 / 61 dB

Gli elementi posti tra unità immobiliari residenziali diverse e contigue sono costituiti da setti in c.a., travi calate o pilastri con spessore da 30 cm e saranno rivestiti con doppia controparete costituita da un pannello del tipo CALIBEL SBV in lana di vetro da 2 cm incollato ad una lastra di gesso da 1,3 cm

Descrizione:

Descrizione	S ₁₅	S ₂₀	ρ	M ₁₅	M ₂₀
	(mm)	(mm)	(kg/m ³)	(kg/m ²)	(kg/m ²)
Controparete costituita da un pannello in lana di vetro CALIBEL SBV incollato ad una lastra di gesso rivestito	40 + 13	40 + 13	85	12+3.4	12+3.4
elemento in cls	15	20	2.500	370	500
Massa frontale struttura				385,4	515,4

Isolamento dai rumori provenienti dall'esterno

con doppio tavolato e pannelli XLK spessore minimo 6 cm

l'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ definito da:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log T/T_0$$

dove:

D_{2m} = L_{1,2m}-L₂ è la differenza di livello sonoro.

L_{1,2m} = livello pressione esterna a 2 m dalla facciata.

L₂ = livello pressione interna ambiente ricevente.

T e T₀ = tempo di riverberazione interno e di riferimento.

L'isolamento standardizzato risulterà dalla media ponderata tra gli elementi componenti di facciata, ad esempio tra finestre e pareti murarie, tra vetri e strutture leggere di alluminio, ecc. Poiché i valori stabiliti si riferiscono ai componenti di facciata in opera, sarà opportuno incrementare saggiamente i valori dell'indice di valutazione R_w specifico del vetro, in funzione non solo del tipo di serramento previsto, ma altresì degli elementi complementari di facciata (ponti acustici) rigorosamente vagliati.

Le prestazioni di isolamento acustico della facciata dipendono principalmente dalle caratteristiche dei componenti finestrati e dagli elementi accessori.

In particolare le soluzioni individuate prevedono:

- parete perimetrale limitatamente alla parte opaca (doppio muro isolato 12÷8)

Caratteristiche della parete:

spessore totale della parete 30 cm

peso 403 Kg/m²

$R_w = 58$ dB

Il La paree di facciata sarà realizzata in doppio tavolato in mattoni forati eretta su di un supporto elastico sottile **AKUSTRIIP 20**, con giunti orizzontali e verticali sigillati, intonacato il primo su entrambe le facce ed il secondo solo sulla faccia a vista, con camera d'aria riempita di pannelli con pannelli **XLK**.

Descrizione	s	ρ	M
	(m)	(kg/m ³)	(kg/m ²)
Intonaco in malta cementizia	0,015	2000	30
tramezze in laterizio forato da cm 12x25x25 F/A = 64 % a fori orizzontali	0.12	1800	216
rinzafo in malta cementizia con la	0,010	1800	18

proprietà sigillante sulle porosità, sulle fessure e sulle fughe non sigillate della muratura			
Camera d'aria riempita con pannelli isolanti in lana di vetro XLK da 6 cm Per l'aspetto termico (DLGS 311 del 29/12/06) necessita XLK da 8 cm	0.06	100	6
tramezza in laterizio forato da cm 8x25x25 F/A = 63% a fori orizzontali	0.08	1400	112
intonaco premiscelato	0,015	1400	21
Massa frontale struttura			403

INFLUENZA DEI COMPONENTI FINESTRATI

Le superfici vetrate presentano generalmente un potere fonoisolante notevolmente inferiore a quello delle murature in cui vengono inserite e costituiscono quindi l'elemento "debole" dell'isolamento acustico offerto dalla facciata.

Anche aumentando notevolmente il potere fonoisolante delle murature, non è possibile rientrare nei limiti previsti dal DPCM 5.12.97 senza intervenire sull'elemento finestrato con idonee scelte tipologiche (il rumore predominante risulterà quello generato dal traffico stradale).

L'elemento vetrato da adottare dovrà invece tendere ad un potere fonoisolante **R_w** almeno pari a **40 dB per locali destinati ad uffici** (dati forniti dal produttore) e **46 dB** locali destinati ad *aule* (dati forniti dal produttore)..

Si tratta dunque di orientarsi su una vetrata con intercapedine, di cui una delle due lastre deve essere necessariamente stratificata o opportunamente studiata.

Occorre osservare che l'indice di valutazione da utilizzare per la parte vetrata deve tenere in considerazione anche il contributo del telaio (classe A3 in legno 35 dB mentre classe A3 in pvc 40 dB) certamente negativo e determinante nella negatività e del cassonetto isolato 38 dB (se presente). La perdita di isolamento del componente "vetro + serramento", rispetto al potere fonoisolante dell'elemento vetrato, può essere determinata in base alla classe di tenuta all'aria del serramento, riportata nella norma UNI 7979:

CLASSE SERRAMENTO	PERDITA DI ISOLAMENTO [dB]
A1	$\Delta R_w > 8$
A2	$2 < \Delta R_w < 5$
A3	$\Delta R_w < 2$

I serramenti dovranno garantire una tenuta all'aria **classe A3** secondo la classificazione della norma UNI7979.

Sigillare accuratamente i giunti tra la muratura ed i telai delle finestre con idoneo materiale al fine di evitare ponti acustici; è buona norma creare, lungo il perimetro delle finestre delle controbattute in muratura.

Evitare restringimenti delle murature in corrispondenza delle finestre

▪ Vetratura

Il vetro camera dovrà assicurare un livello di abbattimento acustico di almeno **40 dB** (valore certificato) *per locali adibiti ad ufficio* (SGG Climalit Silence 40/21 spessore 21 mm) e di almeno **46 dB** (valore certificato) *per locali adibiti ad aule* (SGG Climalit Silence 46/37 spessore 37 mm).

Si segnala che un semplice 4-12-4 prevede $R_w = < 33$ dB e non è accettabile.

Indice di riduzione acustica			Denominazione commerciale composizione	Peso Kg/m ²	Spessore mm
Rw	C	Ctr			
39	-2	-4	SGG Climalit Silence 39/20	34	20
40	-2	-4	SGG Climalit Silence 40/21	36	21
41	-2	-6	SGG Climalit Silence 41/27	37	27
42	-2	-6	SGG Climalit Silence 42/29	42	29
43 +/- 0,5	-2	-6	SGG Climalit Silence 43/32	42	32
44	-2	-6	SGG Climalit Silence 44/34	46	34
45	-2	-6	SGG Climalit Silence 45/34	47	34
46	-2	-6	SGG Climalit Silence 46/37	54	37
47	-2	-7	SGG Climalit Silence 47/36	53	36
48 +/- 0,5	-2	-7	SGG Climalit Silence 48/36	53	41
49	-2	-7	SGG Climalit Silence 49/42	54	42
50	-2	-7	SGG Climalit Silence 50/46	54	46
51	-2	-5	SGG Climalit Silence 51/48	68	47

▪ Porte d'ingresso

Le porte esterne d'ingresso agli spazi didattici dovranno assicurare un livello di abbattimento acustico di almeno **42 dB** (valore certificato).

▪ Chiostrine, Balconi, Loggia

Nelle pareti e nel soffitto delle chiostrine e balconi e loggia usare intonaco fonoassorbente.

▪ Copertura

I tetti di copertura, ai sensi della vigente normativa, sono assimilabili alle facciate esterne.

Basandosi sulle attuali nozioni ed esperienze acquisite su strutture simili, la copertura garantirà un abbattimento acustico tale da garantire l'isolamento acustico standardizzato di facciata D_{2n,nT,w} il cui valore è fissato in 48 dB.

Tuttavia al fine di migliorare le caratteristiche complessive dell'isolamento termoacustico dell'edificio si consiglia l'impiego di un isolante termoacustico da distendere sul solaio del sottotetto (nelle zone non praticabili) o da inserire all'estradosso (sotto il manto di copertura).

Prodotti equivalenti sono ammessi.

Tempo di Riverbero

Il tempo di riverberazione (T₆₀) è la grandezza fondamentale per valutare la "qualità" della risposta acustica dei locali.

Esso dipende dalla forma geometrica del locale stesso (rapporto tra la lunghezza, altezza e larghezza) nonché dal coefficiente di assorbimento proprio delle strutture.

La media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze 250 - 500 - 1000 - 2000 Hz, per le **scuole e università** non deve superare 1,2 sec. ad aula arredata, con la presenza di due persone al massimo.

Nelle palestre la media dei tempi di riverberazione (qualora non debbano essere utilizzate come auditorio) non deve superare 2,2 sec. Eventuali aule per musica e spettacolo devono adeguarsi, per quanto riguarda il trattamento acustico, alle norme generali per le sale di spettacolo.

In base al calcolo previsionale eseguito l'aula magna intesa anche come sala conferenze, rispetta il limite prescritto dalla normativa con l'inserimento di particolari 'unità fonoassorbenti'.

Infatti si dovrà intervenire, per ottenere un'adeguata correzione acustica, inserendo nell'ambiente una quantità equilibrata di "unità fonoassorbenti" costituite da particolari materiali di rivestimento delle pareti, dei pavimenti e dei soffitti con prestazioni acustiche certificate in funzione di frequenze specifiche.

Il tempo di riverberazione può essere misurato in opera o calcolato come detto al punto 1.6. della Circolare N.3150 del 22 Maggio 1967 che dice testualmente:

‘Il tempo di riverberazione nelle aule arredate, e con la presenza di due persone al massimo, non deve superare i prescritti limiti [...1,2 sec]. Il controllo può anche essere effettuato mediante la conoscenza dei coefficienti di assorbimento e delle superfici dei materiali adoperati per il trattamento. L'effetto assorbente dell'arredamento e delle due persone viene valutato convenzionalmente in due unità (mq) di assorbimento acustico. I valori dei coefficienti di assorbimento dei materiali impiegati devono risultare da certificati rilasciati da laboratori universitari, nei quali le misure siano state effettuate disponendo i materiali con le stesse modalità di posa in opera.’

In base al calcolo previsionale eseguito le aule arredate presenti nell'edificio da realizzare rispettano il limite prescritto dalla normativa senza inserimento di particolari 'unità fonoassorbenti'.

Tuttavia qualora in fase di collaudo il dato previsto si rivelasse errato e il requisito richiesto non soddisfatto si dovrà intervenire per ottenere un'adeguata correzione acustica inserendo nell'ambiente una quantità equilibrata di "unità fonoassorbenti" costituite da particolari materiali di rivestimento delle pareti, dei pavimenti e dei soffitti con prestazioni acustiche certificate in funzione di frequenze specifiche.

Verranno privilegiati materiali e strutture resistenti all'insaccamento (da applicare alle pareti esistenti), ininfiammabili (di Classe 1 per la resistenza al fuoco, omologati con certificazione ministeriale), imputrescibili, autoestinguenti, non tossici, non gocciolanti, biologicamente puri; non contenenti fibre minerali sfuse che possano in qualche modo entrare in ventilazione; inalterabili nel tempo ed in qualsiasi condizione igrometrica dell'ambiente.

▪ controsoffitto ribassato ad orditura metallica doppia sovrapposta e rivestimento

Da un calcolo previsionale del tempo di riverbero all'interno degli spazi didattici usati come sale conferenze, è stata prevista un'adeguata controsoffittatura fonoassorbente al fine di raggiungere i limiti di legge.

La controsoffittatura fonoassorbente sarà composta da una doppia lastra in gesso rivestito e un materassino di lana minerale spessore 50 mm e densità indicativa minima di 50 Kg/m².

Al fine di limitare le trasmissioni dovute al sistema di pendinaggio, è fondamentale prevedere ganci di sospensione a taglio acustico tipo Gancio Silent Knauf. Per migliorare ulteriormente il comportamento acustico del controsoffitto sarà opportuno prevedere nel rivestimento in doppio strato l'impiego di lastre in gesso rivestito di diverso spessore (mm 12,5+15).

La controsoffittatura avrà la funzione di migliorare le caratteristiche delle aule usate come sala riunioni con destinazione d'uso conferenza (parlato) relativamente al tempo di riverberazione.

Nel calcolo non sono stati considerati gli arredi e l'affollamento e comunque per un miglioramento dell'acustica all'interno delle aule si consiglia di rivestire le pareti perimetrali con idoneo materiale fonoassorbente.

Molto importante sarà la scelta dell'impianto di diffusione sonora preferendo la realizzazione di sistemi di sonorizzazione da soffitto con diffusione omogenea del suono.

<i>Isolamento dai rumori di calpestio e dai rumori aerei (solai interpiano) – edifici di nuova costruzione</i> con ECOSOL N spessore 2 cm
--

L'indice di valutazione del livello sonoro standardizzato di rumore di calpestio **L'nw** fra due ambienti sovrapposti si determina attraverso una misura in opera che tiene conto delle trasmissioni laterali.

Il modello previsionale può essere il seguente:

$$L'_{nw} = L_{nw0} - \Delta L_{nw} + K$$

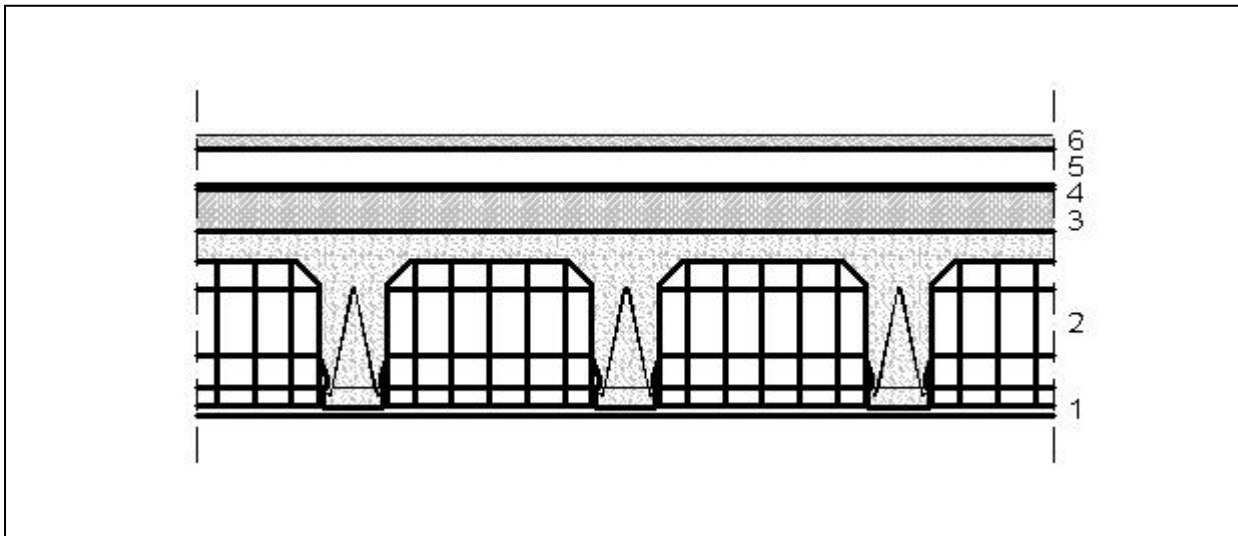
dove:

L_{nw0} rappresenta l'indice di livello sonoro di calpestio equivalente riferito al solo solaio non rivestito

ΔL_{nw} rappresenta l'incremento di isolamento acustico al calpestio dovuto all'intervento (ad esempio pavimento galleggiante)

K rappresenta la correzione per tenere conto delle trasmissioni laterali; il suo valore dipende dalla massa superficiale del solaio e dalla massa superficiale delle strutture laterali.

SOLAIO IN LATEROCEMENTO



Peso solaio grezzo = 300

Spessore solaio finito 36 cm

$L_{nw0} = 75$ dB (soletta nuda)

L_{nw} (dB) = 49 livello di calpestio normalizzato

ΔL_{nw} (dB) = 31 miglioramento dell'isolamento acustico al rumore di calpestio

RW (dB) = 61 potere fonoisolante della parete secondo norma ISO 140/3 e ISO 717/1

ECOSOL N (rigidità dinamica $s' = 8$ MN/m³ spessore 2 cm) Pannello in lana di vetro trattata con speciale legante a base di resine termoindurenti.

▪ Solaio di interpiano

Per l'isolamento acustico dai rumori impattivi dei solai interpiano in latero cemento deve essere realizzato un pavimento galleggiante, costituito da:

Descrizione		s (m)	ρ (kg/m ³)	M (kg/m ²)
1	Intonaco premiscelato	0,01	1400	14
2	Solaio in laterocemento	0,24		300
3	strato di livellamento impianti alleggerito	0,04	1000	40
4	Pannelli in lana di vetro EKOSOL N risvoltati lungo le pareti perimetrali, lungo le porte ed i pilastri, protetti da un cartonfeltro bitumato	0,02	45	0,9
5	massetto armato di ripartizione dei carichi realizzato in calcestruzzo alleggerito armato con rete elettrosaldata (maglia 5x5 mm e Ø 2-3 mm con spessore ≥ 4 cm);	0,05	2200	110
6	Pavimento (piastrelle di ceramica)	0,01	2300	23 (non coadiuvante)
Massa frontale struttura				488

I parametri su cui agire per ridurre il rumore di calpestio di pavimenti galleggianti isolati sono:

- Non annegare le tubazioni degli impianti nel massetto ripartitore ma sotto l'isolante.
- Rifilare il materiale isolante al livello della pavimentazione finita invece che del massetto.
- Pulire il piano di posa dell'isolante per evitare danni allo stesso.
- Interrompere il pavimento galleggiante al di sotto dei tramezzi.
- Utilizzare materiali isolanti di contenuta rigidità dinamica sotto i carichi previsti (in edilizia 250/300 kg/m²).
- Proteggere con cartonfeltro bitumato i pannelli isolanti (**EKOSOL N**) dalla miscela acqua-cemento del massetto o, nel caso del FONAS-31, posare lo strato protettivo del prodotto verso l'alto e realizzare sovrapposizioni non inferiori ai 10 cm.
- Per evitare possibili rotture della pavimentazione dimensionare ed eventualmente armare il massetto ripartitore dei carichi che deve essere di adeguata composizione e portato a stagionatura prima del transito di cantiere.
- Posare il materiale isolante solo poco prima della realizzazione del massetto per evitare che restando a lungo senza protezione venga danneggiato dal pedonamento di cantiere.

Inoltre per quanto riguarda le pavimentazioni e i massetti, essi dovranno:

- essere desolidarizzati dagli elementi fissi della costruzione (pareti, colonne, spalle di porte, ecc.);
- desolidarizzare, prevedendo un giunto e/o una sigillatura elastica, le soglie d'entrata delle unità immobiliari e di accesso ai balconi in particolare la pavimentazione posta su pavimento galleggiante non deve essere collegata con le soglie attraverso fughe cementizie;
- essere suddivisi con giunti elastici di dilatazione in settori di dimensione convenientemente limitata: 4-6 metri lineari circa preferibilmente in corrispondenza delle soglie.

Il risvolto verticale di **AKUSTRIP 33** e di **BITULAN C3** realizza il giunto perimetrale in corrispondenza delle pareti, delle colonne, delle spalle delle porte.

Si consiglia la realizzazione della tipologia di pavimento galleggiante descritta anche al piano terra per limitare la trasmissione del rumore per fiancheggiamento ai piani sovrastanti.

- Terrazzi e balconi praticabili

Il pavimento galleggiante dei solai interni dovrà proseguire su terrazzi e balconi praticabili al fine di garantire isolamento acustico ai rumori impattivi.

- scale

Le scale possono essere considerate alla stregua di un pavimento: il rumore da calpestio ivi prodotto si propaga lateralmente agli alloggi confinanti a causa del collegamento rigido delle stespe con la struttura. In generale l'unico intervento possibile in questi casi consiste nel realizzare dei gradini galleggianti su opportuni materiali isolanti o, se la struttura lo consente, desolidarizzare il piano scala dai muri verticali.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Posizionamento del prodotto come banda di sormonto per pavimenti galleggianti

- pulire accuratamente la superficie del solaio e liberarla da qualsiasi asperità o residuo di lavorazione
- raccordare al solaio con malta cementizia eventuali tubazioni
- realizzare un piano di posa dell'isolante **ECOSOL N** che copra interamente le tubazioni, mediante uno strato livellato di sabbia resa stabile con cemento
- Il sottofondo di posa deve essere liscio e pulito
- posizionare la banda di sormonto **AKUSTRIP 33** al di sotto dei pannelli **ECOSOL N**, disponendola con la faccia nera impregnata di bitume verso l'alto in modo da ottenere un'altezza in verticale sulla parete di poco superiore alla pavimentazione finita
- posare i pannelli isolanti, ben accostati tra loro, evitando la formazione di vuoti dietro l'isolante e l'**AKUSTRIP 33**
- procedere alla copertura dei pannelli **ECOSOL N**, per evitare la penetrazione della malta cementizia, con uno strato di (cartonfeltro bitumato tipo **BITULAN C3** da 300 gr/m²) risbordato lungo il perimetro. La sovrapposizione dei giunti deve essere 8-10 cm circa
- realizzare un massetto di ripartizione di spessore adeguato ai carichi previsti
- realizzare la prevista pavimentazione
- rifilare l'eccesso di **AKUSTRIP 33** e di **BITULAN C3** al di sopra del pavimento finito
- applicare il battiscopa **evitando il contatto tra pavimento e battiscopa che può causare un ponte acustico**

Prodotti equivalenti sono ammessi.

Elementi portanti ed elementi di discontinuità

In generale gli elementi portanti, quali: pilastri, pareti, vano scale e vano ascensore in cemento armato se presenti, nonché gli elementi di “discontinuità”, quali: canne fumarie, tubature e fori di vario genere, rappresentano delle vie preferenziali per il trasporto del rumore e, dato il loro numero, non possono venire ignorati, se non si vuole inficiare, in parte, od in toto, l'intervento di isolamento acustico operato sul resto della costruzione.

Pertanto si consiglia:

1. rivestire ogni canna fumaria e di areazione con materiale tipo pannello in lana di vetro semirigido **PAR** 45 mm avendo cura di non ridurre la massa frontale della muratura; per la perimetrazione del condotto si può prevedere un tavolato 8 cm con giunti orizzontali e verticali sigillati, intonaco da entrambe le facce e rivestimento mediante incollaggio su di un lato con gesso rivestito accoppiato con pannelli di lana di vetro **CALIBEL** 60 + 13 mm con uno spessore della parete di 19 cm ed un $R_w = 55$ dB.
2. usare tubature di scarico stratificate e rivestirle con materiale fonoisolante oppure inserirle in cavedi insonorizzati (ideale se posti all'esterno); ogni tubatura dovrà essere fissata con staffe desolidarizzate

Prodotti equivalenti sono ammessi.

CORREZIONE DEI PONTI TERMICI

CORREZIONE DI UN PILASTRO (DI PROFONDITÀ MINORE DELLA PARETE PERIMETRALE)

Il DLGS 311 del 29/12/06 fornisce la definizione di “ponte termico corretto”: ...quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente. Alla luce di quanto richiamato, il ponte termico deve essere rivestito per intero con uno specifico manufatto isolante.

- Sulla faccia esterna del pilastro, la correzione sarà realizzata con l'impiego del pannello **Isover ROOFIX PT** di polistirene estruso monostrato - spessore 25/30 mm

I pannelli dovranno essere fresati su ambo i lati per facilitare l'adattabilità alle superfici ed avere un facile aggrappaggio della colla o dell'intonaco.

Sulle facce interna/laterali del pilastro, la correzione sarà realizzata con l'impiego del pannello in lana di vetro **Isover EXTRAWALL** con le caratteristiche seguenti e con la superficie rivestita rivolta verso l'ambiente riscaldato (verso l'interno):

- totale assenza di materiale non fibrato
- dimensioni 1,20 x 2,85 m
- spessore posato in opera 40/50/60/80 mm
- resistenza termica R dichiarata alla temperatura media di 10°C pari a 1,25/1,55/1,85/2,50 m²K/W
- fattore di resistenza alla diffusione del vapore della barriera al vapore $\mu = 9.000$
- costante di attenuazione acustica (indice di valutazione a 500 Hz) dovrà essere non inferiore a 155 dB/m
- Tagliare i pannelli a delle larghezze tali da renderli compatibili con le dimensioni del pilastro
- Prima di realizzare il paramento interno della parete, incollare i pannelli sulle facce interna/laterali del pilastro mediante malta o collante, raccordandoli con i pannelli isolanti in intercapedine
- Incollare i pannelli anche sulla faccia esterna del pilastro, mediante malta o collante, in quantità tale da renderli idonei alle successive operazioni di finitura (intonaco o altro)
- Far aderire i pannelli a tutte le facce del pilastro esercitando una forte pressione

CORREZIONE DI UN PILASTRO (DI PROFONDITÀ MAGGIORE DELLA PARETE PERIMETRALE)

- La correzione sarà realizzata con l'impiego del pannello **Isover ROOFIX PT** di polistirene estruso monostrato con le caratteristiche seguenti:
 - dimensione 0,6 m x 3,0 m.
 - spessore 25/30 mm
 - resistenza termica R dichiarata alla temperatura media di 10°C pari a 0,70/0,85 m²K/W
 - resistenza a compressione per deformazione del 10% non inferiore a 200 kPa
 - fattore di resistenza alla diffusione del vapore $\mu = 80$.

I pannelli dovranno essere fresati su ambo i lati per facilitare l'adattabilità alle superfici ed avere un facile aggrappaggio della colla o dell'intonaco.

- Tagliare i pannelli a delle larghezze tali da renderli compatibili con le dimensioni del pilastro
- Prima di realizzare il paramento interno della parete, incollare i pannelli sulle facce interna/laterali del pilastro mediante malta o collante, raccordandoli con i pannelli isolanti in intercapedine
- Incollare i pannelli anche sulla faccia esterna del pilastro, mediante malta o collante, in quantità tale da renderli idonei alle successive operazioni di finitura (intonaco o altro)
- Far aderire i pannelli a tutte le facce del pilastro esercitando una forte pressione.

CORREZIONE DELLA TRAVE PERIMETRALE

- La correzione sarà realizzata con l'impiego del pannello **Isover ROOFIX PT** di polistirene estruso monostrato con le caratteristiche seguenti:
 - dimensione 0,6 m x 3,0 m.
 - spessore 25/30 mm
 - resistenza termica R dichiarata alla temperatura media di 10°C pari a 0,70/0,85 m²K/W
 - resistenza a compressione per deformazione del 10% non inferiore a 200 kPa
 - fattore di resistenza alla diffusione del vapore $\mu = 80$.

I pannelli dovranno essere fresati su ambo i lati per facilitare l'adattabilità alle superfici ed avere un facile aggrappaggio della colla o dell'intonaco.

- Tagliare i pannelli a delle larghezze tali da renderli compatibili con le dimensioni della trave
- Prima di realizzare il paramento esterno, incollare i pannelli sul lato esterno ed inferiore della trave mediante malta o collante
- Il rivestimento isolante posizionato sul lato inferiore della trave sarà raccordato con i pannelli isolanti in intercapedine
- Fare aderire i pannelli alle superficie della trave esercitando una forte pressione.

<i>Impianti a funzionamento discontinuo</i>	<i>Impianti a funzionamento continuo</i>
Ascensori Scarichi idraulici Bagni Servizi igienici Rubinetteria	Impianti di riscaldamento Impianti di aerazione Impianti di condizionamento

Per limitare la generazione e la propagazione del rumore prodotto dagli impianti si forniscono di seguito una serie di indicazioni e di criteri da seguire durante la progettazione e la posa in opera:

- nella rete di distribuzione dell'acqua è opportuno prevedere una velocità del fluido non superiore a 2.0 m/s, adottando di conseguenza idonee sezioni per le tubazioni
- le rubinetterie adottate dovranno essere classificate nel gruppo acustico 1 ($L_{ap} < 20$ db) secondo le norme UNI 10234 e ISO 3822.
- dovranno essere previsti sistemi per l'attenuazione del "colpo d'ariete" nella rete, come ad esempio WC con cassette di tipo silenziato, ammortizzatori per il colpo d'ariete, tratti di tubazione verticali prima dell'allacciamento ai rubinetti
- tutte le tubazioni, comprese quelle dell'acqua fredda dovranno essere isolate con coppelle di elastomeri espansi di almeno 6 mm di spessore, per evitare la trasmissione di eventuali vibrazioni alle strutture edilizie, in particolare in corrispondenza degli attraversamenti e dei fissaggi. In commercio esistono tubazioni stratificate che garantiscono un ottimo isolamento acustico.
- nella posa in opera dei sanitari (vasche, vasi, lavabi e piatti doccia) dovrà essere prevista l'interposizione di uno strato di materiale resiliente tra l'apparecchio sanitario e la struttura muraria. Per quanto riguarda le vasche da bagno dovrà essere prevista la posa per incollaggio di tipo Isomant, con funzione antirombo, sulle pareti della vasca dal lato interno.
- Gli scarichi, in particolare dei WC, dovranno essere isolati acusticamente; se si utilizzano tubi non acusticamente isolati, dovranno essere fasciati con Isolpiombo o meglio Isolpiombo 10+3 ed impedire ogni contatto diretto con le strutture o murature.
- nella realizzazione dell'impianto elettrico si dovrà evitare che le scatole elettriche vengano a trovarsi in corrispondenza per evitare ponti acustici che potrebbero ridurre significativamente l'isolamento acustico dei divisori.
- le tubazioni non dovranno mai attraversare le strutture dell'edificio, dovranno essere previsti appositi cavedi. Le tubazioni, le canalizzazioni, i supporti ed ancoraggi degli impianti possono dar luogo ad effetti di riduzione dell'isolamento se non sono completamente desolidarizzati dalle strutture. Nel caso le tubazioni debbano per forza attraversare le strutture ad esempio di murature o di solai devono essere previsti manicotti di materiale espanso morbido e nel caso di supporti questi debbono essere muniti di antivibranti. Una cura particolare poi dovrebbe essere posta nel munire gli attacchi delle tubazioni alle macchine di giunti antivibranti che impediscano la trasmissione dei rumori generati da queste ultime. Problemi come questi si possono presentare per il riscaldamento a pavimento, gli impianti di condizionamento, gli impianti idrosanitari e di scarico. Ulteriori problemi sono posti da impianti fissi come ascensori, macchine di condizionamento ecc.
- I locali macchine dovranno avere pavimenti galleggianti su cui si appoggeranno le macchine per mezzo di supporti elastici.

Prescrizioni acustiche per gli impianti di climatizzazione

E' risaputo che il rumore generato dagli impianti di riscaldamento, ventilazione e idricosanitari si propaga all'interno degli edifici sia per via aerea sia per via strutturale (a seguito di moti vibratori trasmessi alla struttura dell'edificio) e risulta maggiormente fastidioso quanto più basso è il rumore di fondo all'interno dei locali in esame.

Per quanto riguarda gli impianti di ventilazione facciamo notare che due sono i principali problemi sui quali intervenire con sistemi di insonorizzazione:

- i motori ed i ventilatori producono rumori e vibrazioni che possono disturbare gli ambienti adiacenti alle sale macchine e per i quali ambienti si seguirà la normativa UNI 8199.
- i condotti di ventilazione possono trasmettere il rumore dei motori e dei ventilatori ed inoltre possono mettere in comunicazione sonora gli ambienti adiacenti e da qui tutte le aree dell'intervento.

I livelli di rumore prodotti dai vari componenti degli impianti tecnologici dovrebbero risultare tali da rientrare nella curva NR 25 all'interno delle aule, NR 30 per gli uffici, NR 25 all'interno dell'aula magna e dell'aula di musica, NR 35 per tutti gli altri ambienti.

I canali di mandata e di ripresa dell'aria devono essere coibentati esternamente (ad esempio con un pacchetto formato da lamina di piombo accoppiata a guaina caricata) ed all'interno saranno trattati con un materassino fonoassorbente (per esempio di fibra di poliestere 35 Kg/mc protetto da un lamierino forato con percentuale di foratura minima del 20%).

Inoltre per ciascuno dei diffusori e delle griglie di ripresa previsti, lo spettro delle immissioni sonore dovrebbe sottostare ai seguenti valori per quanto riguarda la componente aerea:

Per la misura e la valutazione della rumorosità prodotta negli ambienti in esame si fa riferimento alle vigenti norme UNI 8199.

Freq. Hz	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Leq dB (lin)	55	45	30	27.5	20	< 20	< 20	< 20	< 20

Prodotti equivalenti sono ammessi

CONCLUSIONI

In base alla tipologia edilizia espressa nei vari elementi, alle dimensioni geometriche rilevabili dai disegni e comunque confermate dal Progettista, ai valori degli isolamenti acustici desunti da dati di laboratorio e/o pratici ed in particolare quelli espressi dai manuali di acustica (Spagnolo), la realizzazione della **nuova scuola secondaria di primo grado “Don Bosco” in zona S. Tiburzio a Rapagnano (FM)** rispetta i requisiti acustici passivi come definiti dalla tabella A del D.P.C.M. 5.12.97.

Si rimarca il fatto che le prestazioni acustiche garantite dalle strutture di progetto una volta realizzate dipendono massimamente dalle modalità di posa che devono necessariamente seguire la regola d'arte e che sono state più volte indicate nel presente certificato.

Il presente documento costituisce “certificato acustico di progetto”.

L'atto conclusivo di certificazione acustica della struttura edilizia di progetto sarà il “*certificato di conformità ai requisiti acustici passivi degli edifici*” e potrà essere ottenuto sulla base di un collaudo in opera o mediante autocertificazione da parte del tecnico competente in acustica congiuntamente al progettista, al costruttore e al direttore dei lavori, attestando che le ipotesi progettuali sono state soddisfatte.

Il certificato di conformità accompagnerà la struttura edilizia su cui si è intervenuti in tutte le contrattazioni di vendita e di locazione dell'immobile.

Il certificato di conformità avrà validità temporale di 10 anni a partire dalla data del rilascio e decadrà qualora intervengano modifiche, ristrutturazioni o variazioni d'uso dell'immobile.

ALLEGATI :

- a) Pianta e sezione edificio di progetto

Il Tecnico Competente

**CALCOLO DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE DELLE STRUTTURE
IN RELAZIONE AL DPCM 5.12 97
per Unità immobiliare**

Studio eseguito da: Ing. Marco trovarelli

Classificazione dell'edificio

Categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili

Livello minimo del potere fonoisolante del divisorio tra appartamenti 50 dB

Livello minimo dell'isolamento di facciata 42 dB

Livello massimo del rumore da calpestio 55 dB

I requisiti acustici delle strutture con i materiali sopra descritti risultano verificati

Classificazione dell'edificio

Categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

Livello minimo del potere fonoisolante del divisorio tra appartamenti 50 dB

Livello minimo dell'isolamento di facciata 48 dB

Livello massimo del rumore da calpestio 58 dB

I requisiti acustici delle strutture con i materiali sopra descritti risultano verificati

Appendice A

SIMBOLI

R Potere fonoisolante di un elemento [dB]

R' Potere fonoisolante apparente [dB]

ΔR_i Incremento del potere fonoisolante mediante strati addizionali per l'elemento i [dB]

R_w Indice di valutazione del potere fonoisolante (EN ISO 717-1) [dB]

ΔR_w Indice di valutazione dell'incremento del potere fonoisolante (EN ISO 717-1) [dB]

R'_w Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (EN ISO 717-1) [dB]

C Termine di adattamento allo spettro 1 (EN ISO 717-1) [dB]

C_{tr} Termine di adattamento allo spettro 2 (EN ISO 717-1) [dB]

T_{60} Tempo di riverberazione in cui l'energia sonora decresce di 60 dB dopo lo spegnimento della sorgente sonora [s]

L_n Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato [dB]

$L_{n,w}$ Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato [dB]

$L'_{n,w}$ Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, in opera (EN ISO 717-2) [dB]

$L'_{nT,w}$ Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, in opera [dB]

ΔL_n Attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato di un rivestimento di pavimentazione [dB]

$\Delta L_{n,w}$ Indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato dovuto ad un rivestimento di pavimentazione (EN ISO 717-2) [dB]

C_i Termine di adattamento allo spettro per il rumore da calpestio (EN ISO 717-2) [dB]

$D_{nT,w}$ Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione [dB]

$D_{2m,nT,w}$ Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione (EN ISO 717-1) [dB]

$D_{n,e}$ Isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi di edificio [dB]

$D_{n,e,w}$ Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi di edificio [dB]

K Termine di correzione per la trasmissione laterale [dB]