

Committente



PROVINCIA REGGIO EMILIA
SERVIZIO UNITA' SPECIALE PER L'EDILIZIA
SCOLASTICA E LA SISMICA
Corso Garibaldi, 59 - 42121 Reggio Emilia
Il dirigente del Servizio: Ing. Daniele Pecorini
Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Ilaria Martini

Oggetto

REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SEDE DELL'ISTITUTO S. D'ARZO - 2° Stralcio

NEL COMUNE DI SANT'ILARIO D'ENZA (RE)

"Finanziato dall'Unione europea - NextGenerationEU"

Fase

PROGETTO DEFINITIVO

Progettisti
Madataria:



Progettazione Architettonica

Arch. Mauro Nesi
Arch. Giulio Zanni
Arch. Enrico Fontanili

Team Progettazione

Arch. Ernesto Nappi (collaboratore - giovane professionista)

Progetto Antincendio

Ing. Letizia Gilardi
Arch. Aniello Tafuro

Progetto Strutturale

Ing. Alberto Calza
Ing. Andrea Rossi (collaboratore)

Progetto Impianti Meccanici - Idraulici

Ing. Letizia Gilardi
Ing. Carlotta Pivetti (collaboratore)
Ing. Alessia Sgarbanti (collaboratore)

Progetto Impianti Elettrici / Speciali

Ing. Paolo Genta

Coordinatore Sicurezza in Fase di Progettazione

Arch. Aniello Tafuro

Timbri e Firme

Progettazione Architettonica

Team Progettazione

Progetto Antincendio

Progetto Strutturale

Progetto Impianti Meccanici - Idraulici

Progetto Impianti Elettrici / Speciali

Coordinatore Sicurezza in Fase di Progettazione

Mandanti:



centro cooperativo di progettazione sc
architettura, ingegneria, urbanistica

Geologo

Roberto Farioli

00		EMISSIONE				
Aggior.	Data	Descrizione motivo della revisione	Disegno	Progettato	Verificato	Approvato

Titolo

PROGETTO ARCHITETTONICO
Valutazione preventiva del rispetto dei requisiti
acustici passivi degli edifici - DPCM 05/12/97
e dei requisiti CAM

Numero tavola

3318

D.EA.01.01

Data





ottobre 2021




Scala

/

Pratica




3318

0	08/09/2021	Revisione 0	L.PAR	L.PAR	E.MOR
Rev.	Data	Descrizione	Preparazione	Controllo	Approvazione
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div> <p>Morlini Engineering</p> <p>di dott. ing. Emanuele Morlini Via Fratelli Cervi, 6 42124 Reggio Emilia (RE) tel. +39 335 6481119 e-mail: info@morlini.com web site: www.morlini.com</p> </div> </div>					
<p>Cairepro – Cooperativa Architetti e Ingegneri Progettazione Via Ruini, 6 – 42124 Reggio Emilia (RE)</p>					
		<p>Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 recante la “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici” e del Decreto 11 Ottobre 2017 “Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”</p>			
  <p style="font-size: small;">Certificato n. REB-2259-IT20</p>		<p>Realizzazione della nuova sede dell'Istituto “Silvio d’Arzo” Via Gramsci / Via Togliatti – 42049 Sant’Ilario d’Enza (RE)</p>			
Progetto	Unità / Area	Disciplina	Tipo Doc.	Progressivo	Foglio
					2 / 144
					0
Documento di proprietà Morlini Engineering: riproduzione, circolazione ed uso vietati senza espresso consenso della Società					




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

SOMMARIO

1.	Introduzione.....	5
1.1	Requisiti acustici passivi degli edifici (D.P.C.M. 05/12/1997)	6
1.2	Criteri Ambientali Minimi (Decreto 11 Ottobre 2017).....	9
1.3	Quadro normativo.....	17
1.4	Definizioni.....	20
2.	Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi	23
2.1	Isolamento acustico per via aerea.....	23
2.1.1	Analisi previsionale (potere fonoisolante, divisorio verticale tra aule distinte).....	26
2.1.2	Analisi previsionale (potere fonoisolante apparente, locali affiancati).....	28
2.1.3	Analisi previsionale (potere fonoisolante, divisorio orizzontale)	30
2.1.4	Analisi previsionale (potere fonoisolante apparente, locali sovrapposti)	31
2.1.5	Analisi previsionale (potere fonoisolante, divisorio <i>aule / vani comuni</i>).....	34
2.1.6	Analisi previsionale (calcolo indice descrittore $D_{nT,w}$)	36
2.2	Isolamento acustico di facciata.....	38
2.2.1	Analisi previsionale (potere fonoisolante, parete perimetrale)	40
2.2.2	Analisi previsionale (isolamento acustico di facciata, caso A).....	41
2.2.3	Analisi previsionale (isolamento acustico di facciata, caso B).....	44
2.3	Rumore di calpestio	47
2.3.1	Analisi previsionale (livello di rumore di calpestio, aule sovrapposte)	48
2.3.2	Analisi previsionale (livello di rumore di calpestio, aule affiancate)	53
2.4	Indicatori di comfort acustico.....	57
2.4.1	Tempo di riverberazione.....	57
2.4.2	Speech Transmission Index (STI)	59
2.4.3	Analisi previsionale (tempo di riverberazione, <i>aula 04</i>)	62
2.4.4	Analisi previsionale (tempo di riverberazione, <i>laboratorio informatica 01</i>).....	66
2.5	Impianti tecnologici	70
2.5.1	Impianti aeraulici.....	71
2.5.2	Attenuazione nelle condotte d'aria	77
2.5.3	Analisi previsionale (descrizione delle sorgenti di rumorosità).....	81
2.5.4	Analisi previsionale (impianti a funzionamento continuo, contributo interno)	83
2.5.5	Analisi previsionale (riepilogo prescrizioni, silenziatori lungo le canalizzazioni)	88
3.	Interventi volti al rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici	89
3.1	Isolamento acustico per via aerea.....	89

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

3.2	Isolamento di facciata.....	94
3.3	Rumore di calpestio.....	98
3.4	Impianti tecnologici.....	99
3.4.1	Impianti tecnologici a funzionamento continuo	101
3.4.2	Impianti tecnologici a funzionamento discontinuo.....	102
4.	Conclusioni.....	111
4.1	Condizioni di calcolo e principali prescrizioni di progetto.....	111
4.2	Stima previsionale del rispetto dei valori limite	112
5.	Schede di valutazione (software previsionale Echo 8.1.1.1).....	116
6.	Schede tecniche e/o certificazioni.....	136

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

1. Introduzione

Il presente studio consiste nella valutazione previsionale del rispetto degli indici indicati all'interno del D.P.C.M. 05/12/1997 recante la *“Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”* e del Decreto 11 Ottobre 2017 *“Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”*, relativamente alla realizzazione della nuova sede dell'Istituto Silvio d'Arzo a Sant'Ilario d'Enza (RE).

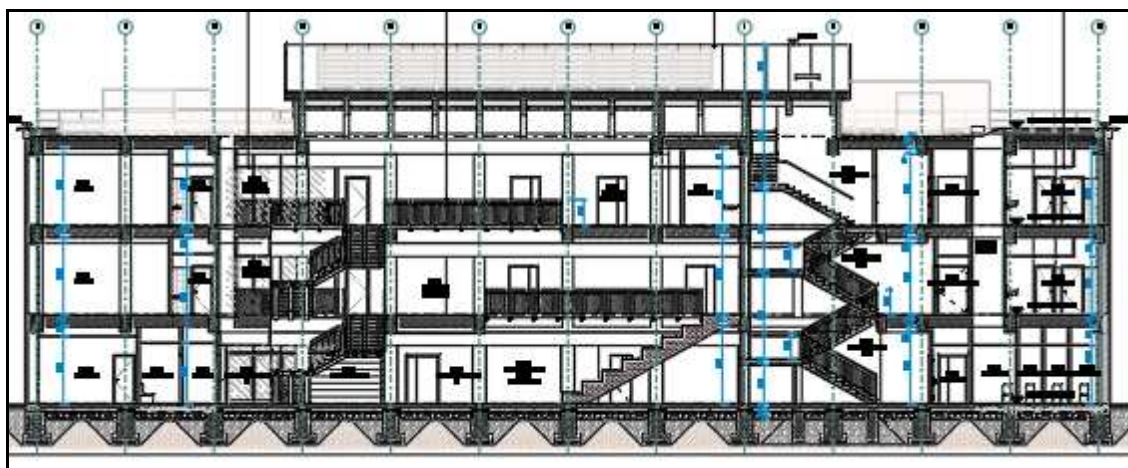





Figura 1: elaborati progettuali (sezione di progetto)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

1.1 Requisiti acustici passivi degli edifici (D.P.C.M. 05/12/1997)

La normativa in materia di determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici, dei requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, è regolata attualmente dal D.P.C.M. 05/12/1997 *“Requisiti acustici passivi degli edifici”*.

Per ogni tipologia di rumore il D.P.C.M. 05/12/1997 indica il descrittore da utilizzare ed i valori limite da rispettare in opera, a fine lavori, in funzione della destinazione d'uso, secondo la classificazione della tabella A del suddetto Decreto.

Tabella 1: D.P.C.M. 05/12/1997 (tabella A)

Categoria / Destinazione d'uso	Descrizione
A	edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	edifici adibiti ad uffici e assimilabili
C	edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
F	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto ed assimilabili
G	edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Nota: risulta evidenziato in colore viola la categoria di appartenenza dell'intervento oggetto di studio.

In particolare, il Decreto individua le prescrizioni per:

- isolamento dai rumori aerei tra differenti unità immobiliari (TV, radio, voci, ecc.);
- isolamento dai rumori provenienti dall'esterno (isolamento di facciata);
- isolamento dai rumori da impatto (calpestio, ecc.);
- isolamento dai rumori degli impianti a funzionamento discontinuo e continuo;
- tempo di riverbero di aule e palestre scolastiche.




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Tabella 2: D.P.C.M. 05/12/1997 (descrizione parametri)

	Descrittore	
Isolamento dai rumori aerei	R'_w	L'indice di potere fonoisolante apparente R'_w indica in sostanza "quanti dB è in grado di eliminare la partizione": pertanto più il valore di R'_w è alto, migliore è la prestazione di isolamento.
Isolamento dai rumori esterni	$D_{2m,nT,w}$	Anche l'indice di isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nT,w}$) indica in sostanza "quanti dB" è in grado di eliminare la facciata: alti valori di $D_{2m,nT,w}$ indicano migliori prestazioni di isolamento.
Isolamento dai rumori da impatto	$L'_{n,w}$	L'indice di livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$) si valuta azionando una macchina per il calpestio nell'ambiente disturbante e misurando il livello di rumore percepito nell'ambiente disturbato. Più basso è il valore di $L'_{n,w}$ migliori sono le prestazioni di isolamento.
Rumori impianti a funzionamento discontinuo	L_{ASmax}	Il parametro dipende dal "picco massimo" di rumore emesso da un impianto. Il DPCM 05/12/1997 considera impianti a funzionamento discontinuo: ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria.
Rumori impianti a funzionamento continuo	L_{Aeq}	Il parametro dipende dal "livello costante" di rumore emesso dall'impianto: il DPCM 05/12/1997 considera come impianti a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.
Tempo di riverbero	T	Il tempo di riverberazione (T) è il tempo necessario perché un suono decada di 60 dB all'interno di un locale: varia con la frequenza considerata.

- I valori di R'_w sono valori minimi consentiti e riferiti ad "elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari".
- I limiti $D_{2m,nT,w}$ sono valori minimi consentiti, riguardano i singoli ambienti abitativi (non l'intera facciata della U.I.) e non dipendono dal rumore esterno all'edificio; anche le falde dei tetti dei sottotetti abitabili devono quindi rispettare i limiti del D.P.C.M. 05/12/1997.
- I limiti di $L'_{n,w}$ sono valori massimi consentiti.
- I limiti di L_{ASmax} e L_{Aeq} sono valori massimi consentiti ed il disturbo deve essere misurato in ambienti diversi da quello in cui il rumore si origina.
- I limiti per il tempo di riverberazione, che riguardano solo aule e palestre scolastiche, sono quelli riportati nella Circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici.







 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Tabella 3: D.P.C.M. 05/12/1997 (tabella B)

Categorie	Parametri				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B F G	50	42	55	35	35

- Il D.P.C.M. 05/12/1997, come indicato all'art. 1, comma 1, *"in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, 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"*.
- All'art. 2, comma 1, dello stesso D.P.C.M. 05/12/1997 *"ai fini dell'applicazione del presente decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art. 2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447", ovvero gli "ambienti interni ad un edificio destinati alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzati per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive (...)" "sono distinti nelle categorie indicate nella tabella A"*.
- Alla luce di questa definizione si può sostenere che non ci sia la necessità di rispettare i requisiti acustici passivi per ambienti destinati alla permanenza di persone per periodi estremamente ridotti, quali possono essere i servizi (cucine, bagni, ripostigli, ecc.).
- Infine, il D.P.C.M. nel richiamare i valori limite si riferisce ad unità immobiliari distinte: nella presente trattazione si assume come definizione di unità l'interpretazione più comune del D.M. 02/01/98: *"l'unità immobiliare è costituita da una porzione (..) che (..) presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale"*.
- Nota: ai sensi del quanto sopra esposto ed in relazione alla conformazione architettonica dell'intervento in esame risultano evidenziati in colore viola gli indici applicabili ai locali oggetto di studio.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

1.2 Criteri Ambientali Minimi (Decreto 11 Ottobre 2017)

Si riporta di seguito quanto indicato all'interno del Decreto 11 Ottobre 2017 *“Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”*, al paragrafo 2.3.5.6.

“I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della classe II ai sensi delle norma UNI 11367”.




Tabella 4: UNI 11367 (indici di valutazione)

Classe	Indici di valutazione				
	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	L'_{nw}	L_{ic}	L_{id}
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

“Gli ospedali, le case di cura e le scuole devono soddisfare il livello di «prestazione superiore» riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A della norma 11367”.

Tabella 5: UNI 11367 (appendice A, prospetto A.1)

Descrittore	Prestazione base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_w	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato tra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw}	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} in ambienti diversi da quelli di installazione	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} in ambienti diversi da quelli di installazione	39	34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato tra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare L'_{nw}	63	53




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

“Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come «prestazione buona» nel prospetto B.1 dell'appendice B alla norma UNI 11367”.

Tabella 6: UNI 11367 (appendice B, prospetto B.1)

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 28

- Il D.P.C.M. 05/12/1997, come indicato all'art. 1, comma 1, *"in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, 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"*.
- All'art. 2, comma 1, dello stesso D.P.C.M. 05/12/1997 *"ai fini dell'applicazione del presente decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art. 2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447", ovvero gli "ambienti interni ad un edificio destinati alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzati per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive (...)" "sono distinti nelle categorie indicate nella tabella A".*
Alla luce di questa definizione si può sostenere che non ci sia la necessità di rispettare i requisiti acustici passivi per ambienti destinati alla permanenza di persone per periodi estremamente ridotti, quali possono essere i servizi (cucine, bagni, ripostigli, ecc.).
Infine, il D.P.C.M. nel richiamare i valori limite si riferisce ad unità immobiliari distinte: nella presente trattazione si assume come definizione di unità l'interpretazione più comune del D.M. 02/01/98: *"l'unità immobiliare è costituita da una porzione (..) che (..) presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale"*.
- Nota: ai sensi del quanto sopra esposto ed in relazione alla conformazione architettonica dell'intervento in esame risultano evidenziati in colore viola gli indici applicabili ai locali oggetto di studio.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

“Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532.




I descrittori acustici da utilizzare sono:

- *quelli definiti nella UNI 11367 per i requisiti acustici passivi delle unità immobiliari;*
- *almeno il tempo di riverberazione e lo STI per l'acustica interna agli ambienti di cui alla UNI 11532.”*

“Verifica: i professionisti incaricati, ciascuno per le proprie competenze, devono dare evidenza del rispetto dei requisiti, sia in fase di progetto iniziale che in fase di verifica finale della conformità, consegnando rispettivamente un progetto acustico e una relazione di collaudo redatta tramite misure acustiche in opera, ai sensi delle norme UNI 11367, UNI 11444 e UNI 11532 o norme equivalenti che attestino il raggiungimento della classe acustica qui richiesta.

Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio.

In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della ulteriore documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita, fermo restando l'esecuzione del collaudo.”

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

All'interno della norma UNI 11532-2 :2020 *“Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2: Settore scolastico”* sono individuati i valori limite da rispettare negli ambienti scolastici per parametri quali il tempo di riverbero (T), lo Speech Transmission Index (STI), la chiarezza (C50) ed il rumore degli impianti: il documento specifica inoltre come effettuare le verifiche in opera considerando l'incertezza di misura.

La suddetta norma è richiamata nel Decreto C.A.M. e, pertanto, le prescrizioni della parte 2 si applicano agli appalti degli edifici scolastici.

Nelle tabelle successive si illustrano le diverse categorie degli ambienti scolastici, definite sulla base delle attività svolte, con i relativi obiettivi qualitativi e modalità di intervento al fine di ottenere i valori di riferimento da calcolarsi sulla base delle dimensioni.

Tabella 7: UNI 11532-2 :2020 (prospetto 1)

Categoria	Attività in ambiente	Modalità di intervento
A1	Musica	Obiettivo raggiunto con progettazione integrata di geometrie, arredo, controllo del rumore residuo
A2	Parlato / conferenza	
A3	Lezione / comunicazione come parlato / conferenza (aule grandi) / interazione insegnante studente	
A4	Lezione / comunicazione (incluse aule speciali)	
A5	Sport	
A6	Aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche	Obiettivo raggiunto con assorbimento acustico ed il controllo del rumore residuo







 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Tabella 8: UNI 11532-2 :2020 (prospetto 2)

Categoria	Descrizione dell'utilizzo	Obiettivo qualitativo	Esempi
A1	Musica. Prevalentemente rappresentazioni musicali.	Buona acustica per musica non amplificata; ammessa limitata comprensione del parlato.	Aule per musica con musica suonata e canto.
A2	Parlato. Conferenze, Presentazioni parlate dove si ha un oratore frontale	Elevato grado di intelligibilità del parlato.	Aule didattiche, aule magne.
A3	A3.1 Ambienti della categoria A2 per persone che hanno problemi o deficit uditivi o parlano una lingua diversa ovvero aule speciali	Elevato grado di intelligibilità del parlato anche per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche.	Aule didattiche, aule magne.
	A3.2 Parlato. Comunicazione con la presenza contemporanea di più persone parlanti nell'aula.	Elevato grado di intelligibilità del parlato anche con più oratori contemporaneamente.	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi di studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aule insegnanti e similari.
A4	Più persone parlanti nella stanza (come A3.2) e destinate a persone con particolari necessità (aule speciali). Escluse aule speciali di volume superiore a 500 mc oppure per l'utilizzo musicale.	Elevato grado di intelligibilità del parlato con più oratori contemporaneamente e per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche.	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi di studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aula insegnanti e similari. Ambienti per le videoconferenze.
A5	Sport: piscine palestre e similari.	Comunicazione verbale possibile ma a distanze brevi.	Palestre, piscine per utilizzo come ambienti sportivi in generale.

Tabella 9: UNI 11532-2 :2020 (prospetto 3)

Categoria	Descrizione dell'utilizzo	Esempi
A6.1	Spazi senza permanenza.	Vani scala.
A6.2	Spazi con permanenza ridotta.	Spogliatoi, palestre e similari.
A6.3	Ambienti per la permanenza a lungo termine e/o di collegamento.	Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (multimedia, arti visive e suoni, eccetera). Spazi di studio, spazi / corridoi per attività didattiche alternative / ricreative, in scuole di ogni ordine e grado. Laboratori, biblioteche.
A6.4	Ambienti con necessità di riduzione del rumore di confort dell'ambiente.	Reception / Area desk (bidelleria) con postazione di lavoro fissa. Laboratorio con postazione di lavoro fissa, mense in scuole di ogni ordine e grado. Aree distribuzione nelle mense.
A6.5	Ambienti con particolari necessità di riduzione del rumore e di confort dell'ambiente.	Sale da pranzo. Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Valori di riferimento dei descrittori delle prestazioni acustiche degli elementi edilizi

I valori di riferimento per i descrittori R'_w , $D_{nT,w}$, $D_{2m,nT,w}$, L'_{nw} , L_{ic} e L_{id} sono riportati nella norma UNI 11367 :2010, al prospetto A.1 nella colonna prestazione superiore e nel prospetto B.1 nella colonna prestazione buona: i valori misurati, determinati in accordo con i metodi di verifica descritti al punto 6, prima di essere confrontati con i valori di riferimento, dovranno essere corretti con l'incertezza di misura come specificato nel punto 6.6 del suddetto riferimento normativo.

Valori di riferimento per il descrittore STI




Il descrittore si applica alle categoria A.1, A.2, A.3 ed A.4 del prospetto 1 della norma UNI 11532-2 :2020; in alternativa allo STI può essere il descrittore C_{50} , solo per ambienti aventi volume < 250 mc.

I valori di riferimento per STI sono indicati al prospetto 4 della norma UNI 11532-2 e sono riferiti ad ambiente arredato e con la presenza di due persone al massimo (tecnici rivelatori).

Tabella 10: UNI 11532-2 :2020 (prospetto 4)

	< 250 mc	> 250 mc
Senza impianto di amplificazione o con impianto spento	$\geq 0,55$ con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 60 dB(A)	$\geq 0,50$ con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 70 dB(A)
Con impianto di amplificazione	$\geq 0,60$ con segnale di emissione come in normali condizioni d'uso dell'impianto di amplificazione	

I valori misurati, determinati in accordo con i metodi di verifica, prima di essere confrontati con i valori di riferimento, dovranno essere corretti con l'incertezza di misura come specificato nel punto 6.6 della UNI 11367 :2010.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Il tempo di riverberazione ottimale T_{ott} corrispondente ad un'occupazione convenzionale pari all'80% ad eccezione della categoria A5, è determinato in relazione alla destinazione d'uso specifica dell'ambiente considerato ad al suo volume, attraverso le formule di calcolo riportate nel prospetto 6 della norma UNI 11532-2 :2020.




Tabella 11: UNI 11532-2 :2020 (prospetto 6)

Categoria	Ambiente occupato all'80%	
A1	$T_{ott,A1} = (0,45 \log V + 0,07)$	$30 \text{ mc} \leq V < 1000 \text{ mc}$
A2	$T_{ott,A2} = (0,37 \log V - 0,14)$	$30 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$
A3	$T_{ott,A3} = (0,32 \log V - 0,17)$	$30 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$
A4	$T_{ott,A4} = (0,26 \log V - 0,14)$	$30 \text{ mc} \leq V < 500 \text{ mc}$
Categoria	Ambiente non occupato	
A5	$T_{ott,A5} = (0,75 \log V - 1,00)$	$200 \text{ mc} \leq V < 10000 \text{ mc}$
	$T_{ott,A5} = 2,00$	$V \geq 10000 \text{ mc}$

Per le persone con problemi uditivi o disturbi legati alla concentrazione o attenzione, il tempo di riverberazione deve essere conforme alla categoria A3.1 o A4: nel caso di aule multifunzione (A2, A3 e A4), il tempo di riverberazione deve soddisfare i valori più restrittivi tra quelli per le categorie considerate.

Per gli ambienti appartenenti alla categoria A6, i valori di riferimento sono sempre considerati allo stato arredato e non occupato.




Il valore ottimale del tempo di riverberazione è in funzione dell'area di assorbimento (A) e della caratteristiche generiche dell'ambiente (V e h), come indicato nella tabella successiva.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

I valori di riferimento per il rapporto A/V richiesto per le categorie A6.2, A6.3, A6.4 e A6.5 si applicano nelle singole ottave da 250 Hz a 2000 Hz senza considerare l'assorbimento acustico delle persone.

Tabella 12: UNI 11532-2 :2020 (prospetto 7)




Categoria	Per altezza dell'ambiente $h \leq 2,5$ m Rapporto A/V in mq/mc	Per altezza dell'ambiente $h < 2,5$ m Rapporto A/V in mq/mc
A6.1	Nessuna richiesta	
A6.2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq [4,80 + 4,69 \log(h/1)]^{-1}$
A6.3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \log(h/1)]^{-1}$
A6.4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \log(h/1)]^{-1}$
A6.5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq [1,47 + 4,69 \log(h/1)]^{-1}$

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

1.3 Quadro normativo

Norme tecniche per la progettazione dei requisiti acustici passivi

- UNI EN 12354-1 :2017 *“Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti – Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti”*.
- UNI EN 12354-2 :2017 *“Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti – Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti”*.
- UNI EN 12354-3 :2017 *“Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti – Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea”*.
- UNI EN 12354-4 :2017 *“Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti – Parte 4: Trasmissione del rumore interno all'esterno”*.
- UNI EN 12354-5 :2009 *“Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici”*.
- UNI EN 12354-6 :2006 *“Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi”*.
- UNI/TR 11175 :2005 *“Acustica in edilizia – Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale”*.
- UNI 11532-1:2018 *“Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali”*.
- UNI 11532-2: 2020 *“Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2: Settore scolastico”*.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Norme tecniche per la posa in opera di sistemi costruttivi




- UNI 11516 :2013 *“Indicazioni di posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante per l'isolamento acustico”*.
- UNI 11296 :2018 *“Acustica in edilizia – Posa in opera di serramenti e altri componenti di facciata - Criteri finalizzati all'ottimizzazione dell'isolamento acustico di facciata dal rumore esterno”*.
- UNI EN ISO 10140-1 *“Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Regole di applicazione per prodotti particolari”*.

Norme tecniche per la classificazione acustica delle unità immobiliari

- UNI 11367 :2010 *“Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera”*.
- UNI 11444 :2012 *“Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Linee guida per la selezione delle unità immobiliari in edifici con caratteristiche non seriali”*.




Calcolo degli indici di valutazione

- UNI EN ISO 717-1 :2021 *“Acustica – Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea”*.
- UNI EN ISO 717-2 :2021 *“Acustica – Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio”*.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Norme tecniche per la misura in opera dei requisiti acustici passivi

- UNI EN ISO 16283-1 :2018 *“Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea”*.
- UNI EN ISO 16283-2 :2018 *“Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio”*.
- UNI EN ISO 16283-3 :2016 *“Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 3: Isolamento acustico di facciata”*.
- UNI EN ISO 16032 :2005 *“Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici – Metodo tecnico progettuale”*.
- UNI EN ISO 10052:2010 *“Misurazioni in opera dell’isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti – Metodo di controllo”*.
- UNI 8199 :2016 *“Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari – Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all’interno degli ambienti serviti”*.
- UNI EN ISO 3382-1 :2009 *“Acustica – Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 1: Sale da spettacolo”*.
- UNI EN ISO 3382-2 :2008 *“Acustica – Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari”*.
- UNI EN ISO 3382-3 :2012 *“Acustica – Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 3: Open space”*.
- EN 60268-16 :2011 *“Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index”*.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021




1.4 Definizioni

- Ambiente abitativo: porzione di unità immobiliare completamente delimitata destinata al soggiorno e alla permanenza di persone per lo svolgimento di attività e funzioni caratterizzanti la destinazione d'uso.
- Ambiente accessorio o di servizio: porzione di unità immobiliare (se di utilizzo individuale) o di sistema edilizio (se di utilizzo comune o collettivo) con funzione diversa da quella abitativa ovvero non destinato allo svolgimento di attività e funzioni caratterizzanti la destinazione d'uso.




Sono ambienti accessori gli spazi completamente o parzialmente delimitati destinati al collegamento degli ambienti abitativi ed alla distribuzione orizzontale e verticale all'interno del sistema edilizio, nonché gli spazi destinati a deposito, immagazzinamento e rimessaggio.

Sono ambienti di servizio gli spazi completamente delimitati destinati ad ospitare elementi tecnici connessi con il sistema edilizio, (per esempio vani ascensore, vani scala, ecc), e quelli specializzati a fornire servizi richiesti da particolari attività degli utenti, quali i servizi igienici, i locali tecnici degli edifici, i ripostigli anche interni all'unità abitativa, eccetera.




- Ambiente verificabile acusticamente: ambiente abitativo di dimensioni sufficienti a consentire l'allestimento di misurazioni in conformità ai procedimenti di prova e valutazione descritti nelle pertinenti parti della serie UNI EN ISO 717 per la determinazione dei livelli prestazionali in opera.
- Edificio: sistema edilizio costituito dalle strutture esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti, dispositivi tecnologici ed eventuali arredi che si trovano al suo interno. La superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici. L'edificio può essere composto da una o più unità immobiliari.
- Facciata: chiusura di un ambiente che delimita lo spazio interno da quello esterno; può essere orizzontale, verticale o inclinata ed essere caratterizzata dalla compresenza di elementi opachi e trasparenti, con o senza elementi per impianti e sistemi di oscuramento, ventilazione, sicurezza, o altre attrezzature esterne.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

- Indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea negli edifici: numero unico di valutazione della grandezza descrittiva dell'isolamento acustico per via aerea negli edifici, grandezza determinata in conformità alla UNI EN ISO 717-1 :2021.
- Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio negli edifici: numero unico di valutazione della grandezza descrittiva del livello di rumore di calpestio negli edifici, grandezza determinata in conformità alla UNI EN ISO 717-2 :2021.
- Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione: differenza tra le medie spaziotemporali dei livelli di pressione sonora prodotti in due ambienti da una sorgente posta in uno degli stessi, normalizzato rispetto al valore di riferimento del tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente.
Questa grandezza è determinata in conformità alla UNI EN ISO 16283-1 :2018.
- Isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione: differenza tra il livello di pressione sonora all'esterno alla distanza di 2 m dalla facciata e la media spazio-temporale del livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente, normalizzato rispetto al valore del tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente, in conformità alla UNI EN ISO 16283-1:2018.
- Impianto a funzionamento continuo: impianto il cui livello sonoro emesso nel tempo sia essenzialmente costante; rientrano in questa tipologia gli impianti di climatizzazione, di ricambio d'aria, di estrazione forzata e simili.
- Impianto a funzionamento discontinuo: impianti fissi il cui livello sonoro emesso non sia costante nel tempo e caratterizzato da brevi periodi di funzionamento rispetto al tempo di inattività durante l'arco di una giornata; rientrano in questa tipologia gli impianti sanitari, di scarico, gli ascensori, i montacarichi e le chiusure automatiche.
- Intervento edilizio: ogni lavorazione o opera che modifichi in tutto o in parte un edificio esistente o che porti alla realizzazione di una nuova costruzione.
- Partizione: insieme degli elementi tecnici orizzontali e verticali del sistema edilizio aventi funzione di dividere ed articolare gli spazi interni del sistema edilizio stesso delimitando le diverse unità immobiliari e gli ambienti accessori e di servizio di uso comune o collettivo.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

- Ristrutturazione edilizia: opere di revisione parziale o totale dell'edificio esistente anche con variazione di forma o di sagoma, o di volume, o di superficie e risanamento conservativo con o senza opere e variazione di destinazione d'uso. Sono interventi di ristrutturazione edilizia anche le opere di demolizione e ricostruzione integrale ("*con stessa volumetria e sagoma di quello preesistente*") o, comunque, le opere che portano alla realizzazione di un immobile in tutto o in parte differente dall'originale.
- Sistema edilizio: insieme strutturato di unità ambientali e di unità tecnologiche.
- Unità immobiliare, UI: porzione di fabbricato, o un fabbricato, o un insieme di fabbricati ovvero un'area che, nello stato in cui si trova e secondo l'utilizzo locale, presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale.
- Verifica acustica: verifica strumentale delle prestazioni acustiche degli elementi tecnici di un edificio, da eseguire in opera, nel rispetto delle vigenti normative tecniche, negli ambienti verificabili acusticamente delle varie unità immobiliari dell'edificio stesso.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2. Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi

2.1 Isolamento acustico per via aerea




La potenza sonora immessa nell'ambiente ricevente è dovuta al suono irradiato dai prodotti di separazione e dagli elementi strutturali laterali in quell'ambiente, oltre alla relativa trasmissione sonora diretta ed indiretta per via aerea.

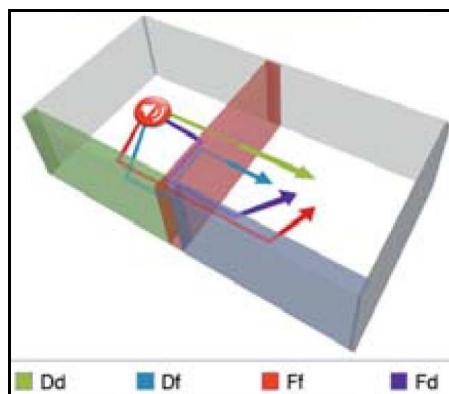
L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w caratterizza la capacità di un elemento divisorio (parete o solaio) posto in opera tra due locali, di abbattere il rumore: tale indice tiene conto, oltre che delle caratteristiche di fonoisolamento intrinseche della partizione, anche dei percorsi di trasmissione sonora laterale.

La norma UNI EN 12354-1 :2017 illustra un modello semplificato di calcolo per la trasmissione per via strutturale che prevede l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente sulla base dei singoli indici di valutazione degli elementi in esame: l'applicazione di tale modello è indicata nei casi in cui la trasmissione diretta e laterale avviene tra elementi essenzialmente omogenei, mentre l'influenza dello smorzamento strutturale degli elementi viene considerata in modo mediato.

Il suono irradiato da un elemento strutturale può essere considerato come la somma delle trasmissioni sonore per via strutturale attraverso diversi percorsi: ogni percorso è identificato dall'elemento i su cui incide il suono nell'ambiente emittente e dal corrispondente elemento radiante j nell'ambiente ricevente.

Tali percorsi per un elemento laterale e per l'elemento di separazione sono illustrati nella figura seguente, dove nell'ambiente emittente i prodotti sono definiti con F (elemento laterale) e D (elemento di separazione), mentre nell'ambiente ricevente i prodotti sono definiti con f (elemento laterale) e con d (elemento di separazione).

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021






Il fattore di trasmissione totale può essere scomposto in più fattori di trasmissione, in relazione con ogni elemento dell'ambiente ricevente e con i prodotti e i sistemi coinvolti nella trasmissione diretta ed indiretta per via aerea, secondo l'equazione

$$R'_w = -10 \log \left[10^{-(R_{Dd,w}/10)} + \sum 10^{-(R_{Ff,w}/10)} + \sum 10^{-(R_{Df,w}/10)} + \sum 10^{-(R_{Fd,w}/10)} \right]$$

- $R_{Dd,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta **Dd**;
- $R_{Df,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione **Df**;
- $R_{Ff,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione **Ff**;
- $R_{Fd,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione **Fd**.

La valutazione dei vari indici è il risultato di una serie di calcoli che traggono origine dalle caratteristiche fisiche degli ambienti (volumi, superfici, caratteristiche delle tamponature verticali ed orizzontali, presenza di materiali isolanti, tipologia e dimensioni dei giunti presenti).




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Ogni singolo percorso di trasmissione sonora ij , che parte dalla partizione i e termina alla partizione j , viene determinato con la relazione

$$R_{w,ij} = (R_{w,i} + R_{w,j})/2 + \Delta R_{w,ij} + K_{ij} + 10 \log S / (l_0 l_{ij})$$

dove:

- $R_{w,i}$ è l'indice di valutazione di potere fonoisolante della struttura i priva di elementi di rivestimento (pavimenti galleggianti, contropareti, controsoffitti), in dB;
- $R_{w,j}$ è l'indice di valutazione di potere fonoisolante della struttura j priva di elementi di rivestimento (pavimenti galleggianti, contropareti, controsoffitti), in dB;
- $\Delta R_{w,ij}$ è l'incremento dell'indice di valutazione di potere fonoisolante, dovuto alla apposizione di strati di rivestimento sul percorso ij (pavimenti galleggianti, contropareti, controsoffitti), in dB;
- K_{ij} è l'indice di riduzione delle vibrazioni del percorso ij ;
- S è la superficie di riferimento;
- l_0 è la lunghezza di riferimento pari a 1 metro;
- l_{ij} è la lunghezza del giunto tra le strutture considerate.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.1.1 Analisi previsionale (potere fonoisolante, divisoria verticale tra aule distinte)




Nella tabella seguente si descrive la tipologia di parete divisoria verticale tra aule scolastiche distinte prevista per l'intervento in esame.

Descrizione		spessore	densità
1	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
2	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
3	Pannello in lana di roccia	6 cm	≥ 80 kg/m ³
4	Intercapedine	15 mm	/
5	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
6	Intercapedine	15 mm	/
7	Pannello in lana di roccia	6 cm	≥ 40 kg/m ³
8	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
9	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²

Tabella 13: analisi previsionale (stratigrafia, parete divisoria verticale tra aule distinte)

Nota: i valori relativi alle densità (superficiali e volumetriche) considerati nella tabella precedente sono tratti da fonti bibliografiche, certificazioni e/o schede tecniche relative ai materiali.

Il valore ottenuto per il potere fonoisolante relativo alla stratigrafia in esame è pari, in previsione, a 59,7 dB (software Echo ANIT versione 8.1.1.1): tale contributo è stato calcolato assimilando correttamente la stratigrafia ad una parete a secco con struttura doppia, ma considerando in modo cautelativo il solo contributo di isolamento dovuto ad una singola intercapedine riempita con materiale fibroso.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Formula da utilizzare

- ☐ Formule da UNI EN ISO 12354:2017
☐ Formule da UNI TR 11175
☒ Altre formule

Rw **59,7** dB

Pareti in lastre

d cm

☐ Struttura singola

e cm

☒ Struttura doppia

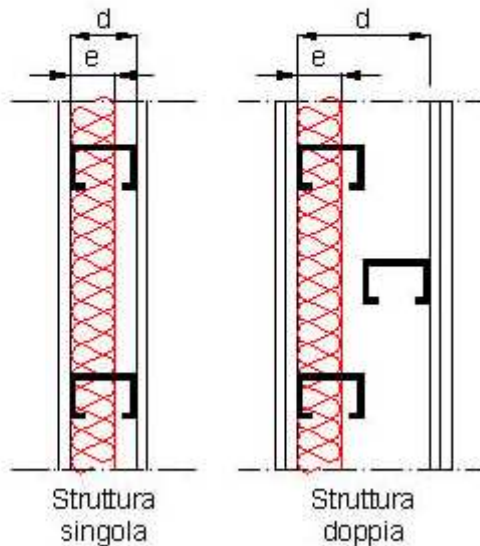





Figura 2: analisi previsionale (potere fonoisolante, divisorio verticale tra aule distinte)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.1.2 Analisi previsionale (potere fonoisolante apparente, locali affiancati)

L'analisi si riferisce alla partizione interna verticale, realizzata con la struttura descritta in precedenza, che separa due aule scolastiche distinte al piano primo (*aula 05* in colore arancione come ambiente emittente e *aula 04* in colore viola come ambiente ricevente), come illustrato nella figura successiva (parete divisoria in colore giallo).

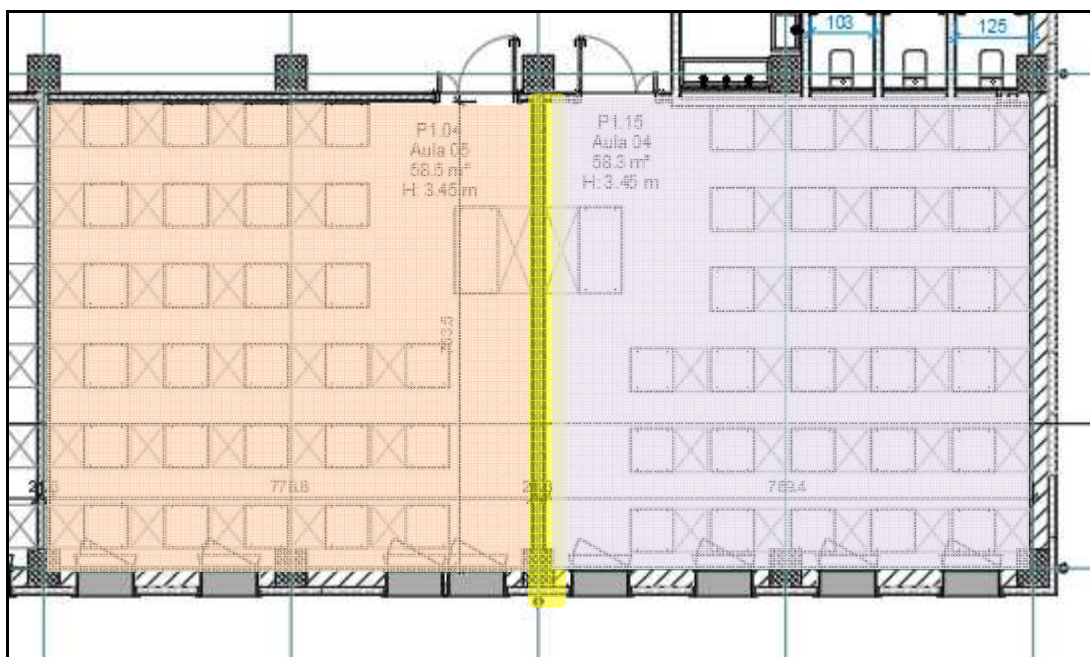





Figura 3: elaborati progettuali (analisi previsionale isolamento per via aerea, aule affiancate)

Gli elementi di tamponatura esterni ed interni sono considerati come elementi di trasmissione strutturali, in modo da ricondurre l'analisi allo schema generale descritto nella norma UNI EN 12354-1 :2017 illustrato in precedenza: tramite l'impiego del software ANIT Echo versione 8.1.1.1, secondo le procedure descritte nella suddetta normativa si è provveduto al calcolo del potere fonoisolante apparente relativo alla partizione evidenziata.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Ai fini dei calcoli successivi, si evidenziano le considerazioni / prescrizioni di seguito elencate.

- I pilastri eventualmente presenti all'interno delle tamponature divisorie verticali devono essere rivestiti tramite opportuno materiale isolante.
- La stratigrafia descritta ed analizzata in precedenza deve risultare integra e non soggetta ad attraversamenti impiantistici.

Indice di valutazione

R'_w **50,7** dB Valore limite **50** dB

Incertezza **2,30** dB [Visualizza coefficienti di sensibilità](#)




Destinazione d'uso
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

Volume del locale ricevente **201,13** m³ $D_{nT,w}$ **54,8** dB

Figura 4: analisi previsionale (potere fonoisolante apparente, aule affiancate)

Il valore ottenuto per il potere fonoisolante apparente relativo alla parete divisoria verticale tra unità immobiliari distinte in esame risulta, in previsione, pari a 50,7 dB, valore superiore e conforme al limite di legge, fissato a 50 dB per gli edifici associati alla categoria E (adibiti ad attività scolastiche e/o assimilabili), ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 *“Requisiti Acustici Passivi degli Edifici”*.

Il valore ottenuto per il descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ risulta, in previsione, pari a 54,8 dB, valore superiore e conforme al limite di legge, fissato a 50 dB ai sensi del D.M. 11/10/2017 *“Criteri Ambientali Minimi”* («prestazione superiore» come riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A della norma 11367).

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.1.3 Analisi previsionale (potere fonoisolante, divisoria orizzontale)

Nella tabella seguente si descrive la tipologia di partizione divisoria orizzontale tra aule scolastiche distinte prevista per l'intervento in esame (solaio interpiano).

Descrizione		Spessore	Densità
1	Pavimentazione	~ 10 mm	/
2	Caldana	5 cm	$\geq 2000 \text{ kg/m}^3$
3	Guaina anticalpestio	> 5 mm	/
4	Livellamento in calcestruzzo alleggerito	8,5 cm	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
5	Solaio predalles (5+28+7)	40 cm	525 kg/m^2

Tabella 14: analisi previsionale (stratigrafia, divisoria orizzontale tra aule distinte)

Nota: i valori relativi alle densità (superficiali e volumetriche) considerati nella tabella precedente sono tratti da fonti bibliografiche, certificazioni e/o schede tecniche relative ai materiali.

Il valore complessivo ottenuto per il potere fonoisolante relativo alla partizione orizzontale in esame è pari a 59,9 dB (software ANIT Echo versione 8.1.1.1): tale valore è calcolato a partire dalle prestazioni del solaio base, computando lo strato addizionale (pavimento galleggiante), che garantisce un incremento del potere fonoisolante pari a $\Delta R_w = 5,0 \text{ dB}$.

Struttura di base

Massa superficiale

559,0

kg/m²

R_w

54,9

dB

Carica da
archivio

Rigidità dinamica
del materiale resiliente

40,0

MN/m³

Strato addizionale

Massa superficiale

100,0

kg/m²

Frequenza di
risonanza

115

Hz




ΔR_w

5,0

dB

☒ Applicare la correzione di -2dB

Figura 5: analisi previsionale (potere fonoisolante, divisoria orizzontale tra aule scolastiche distinte)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.1.4 Analisi previsionale (potere fonoisolante apparente, locali sovrapposti)

L'analisi è svolta sulla partizione divisoria orizzontale, realizzata con la stratigrafia descritta in precedenza, che separa due aule scolastiche distinte, come evidenziato nelle figure successive: l'ambiente emittente al piano 1 (*aula 03*) è evidenziato in colore arancione, mentre quello ricevente al piano 0 (*aula laboratorio stampa*) in colore viola.

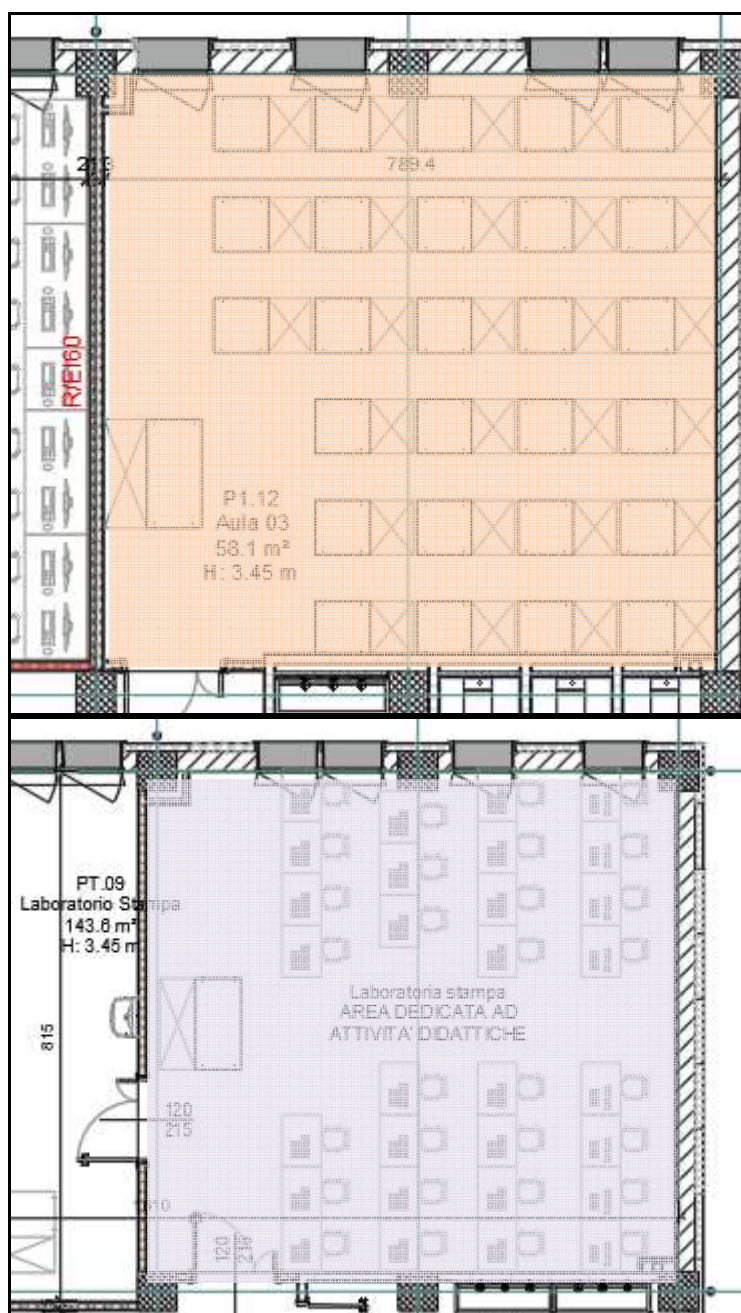








Figura 6: elaborati progettuali (analisi previsionale isolamento per via aerea, aule sovrapposte)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Gli elementi di tamponatura esterni ed interni sono considerati come elementi di trasmissione strutturali, in modo da ricondurre l'analisi allo schema generale descritto nella norma UNI EN 12354-1 :2017 illustrato in precedenza: tramite l'impiego del software ANIT Echo versione 8.1.1.1, secondo le procedure descritte nella suddetta normativa si è provveduto al calcolo del potere fonoisolante apparente relativo alla partizione evidenziata.

Ai fini dei calcoli successivi, si evidenziano le considerazioni / prescrizioni di seguito elencate.

- I pilastri eventualmente presenti all'interno delle tamponature divisorie verticali devono essere rivestiti tramite opportuno materiale isolante.
- Per la parete divisoria tra *aula 03* e l'adiacente *laboratorio informatica 02* è prevista la seguente stratigrafia: doppia lastra cartongesso spessore 25 mm / isolamento in lana di roccia spessore 4 cm densità > 80 kg/mc / intercapedine 10 mm / laterizio tipo Poroton 12x50x24,9 / intercapedine 10 mm / isolamento in lana di roccia spessore 4 cm densità > 80 kg/mc / doppia lastra cartongesso spessore 25 mm.
- Per la parete divisoria tra *aula 03* e gli adiacenti locali ad uso *wc* è prevista una stratigrafia analoga alla precedente.
- Per la parete divisoria al piano terreno tra *aula laboratorio stampa* e l'adiacente locale di pertinenza ad uso *laboratorio stampa* è prevista la seguente stratigrafia: doppia lastra cartongesso spessore 25 mm / isolamento in lana di roccia spessore 90 mm densità > 80 kg/mc / intercapedine 10 mm / doppia lastra cartongesso spessore 25 mm.
- Per la parete divisoria al piano terreno tra *aula laboratorio stampa* e gli adiacenti locali ad uso *wc* si prevede la posa di un laterizio tipo Poroton 12x50x24,9, intonacato su entrambi i lati.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Indice di valutazione

R'_w **54,4** dB Valore limite **50** dB

Incertezza **2,20** dB [Visualizza coefficienti di sensibilità](#)




Destinazione d'uso
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

Volume del locale ricevente **215** m³ $D_{nT,w}$ **55,2** dB

Figura 7: analisi previsionale (potere fonoisolante apparente, aule sovrapposte)

Il valore ottenuto per il potere fonoisolante apparente relativo alla parete divisoria orizzontale tra unità immobiliari distinte in esame risulta, in previsione, pari a 54,4 dB, valore superiore e conforme al limite di legge, fissato a 50 dB per gli edifici associati alla categoria E (adibiti ad attività scolastiche e/o assimilabili).

Il valore ottenuto per il descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ risulta, in previsione, pari a 55,2 dB, valore superiore e conforme al limite di legge, fissato a 55 dB ai sensi del D.M. 11/10/2017 "*Criteri Ambientali Minimi*" («prestazione superiore» come riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A della norma 11367).

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.1.5 Analisi previsionale (potere fonoisolante, divisoria *aule* / *vani comuni*)




Nella tabella successiva si descrive la tipologia di parete divisoria tra gli ambienti *aule* (*laboratori, uffici*) e *disimpegno* (*ambienti ad uso comune*) prevista per l'intervento oggetto di studio.

Descrizione		spessore	densità
1	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
2	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
3	Intercapedine	10 mm	/
4	Pannello in lana di roccia	9 cm	≥ 40 kg/m ³
5	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
6	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²

Tabella 15: analisi previsionale (stratigrafia, parete divisoria *aula* / *vani comuni*)

Nota: i valori relativi alle densità (superficiali e volumetriche) considerati nella tabella precedente, sono tratti da fonti bibliografiche, certificazioni e/o documentazione tecnica associata al progetto.

Il potere fonoisolante relativo alla stratigrafia in esame è, in previsione, pari a 56,9 dB (software Echo versione 8.1.1.1).

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Formula da utilizzare

- ☐ Formule da UNI EN ISO 12354:2017
☐ Formule da UNI TR 11175
☒ Altre formule

Rw 56,9 dB

Pareti in lastre

d 10 cm

☒ Struttura singola

e 9 cm

☐ Struttura doppia

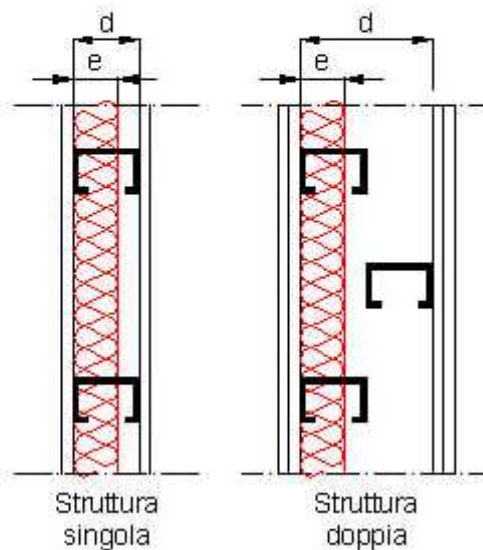





Figura 8: analisi previsionale (potere fonoisolante, divisoria verticale tra *aule* e *vani comuni*)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.1.6 Analisi previsionale (calcolo indice descrittore $D_{nT,w}$)

L'analisi previsionale, condotta ai sensi delle normative vigenti, si riferisce alla partizione interna verticale che separa l'ambienta *aula 05* con lo spazio ad uso comune interno del *disimpegno*, come illustrato nella figura successiva (partizione divisoria evidenziata in colore celeste).

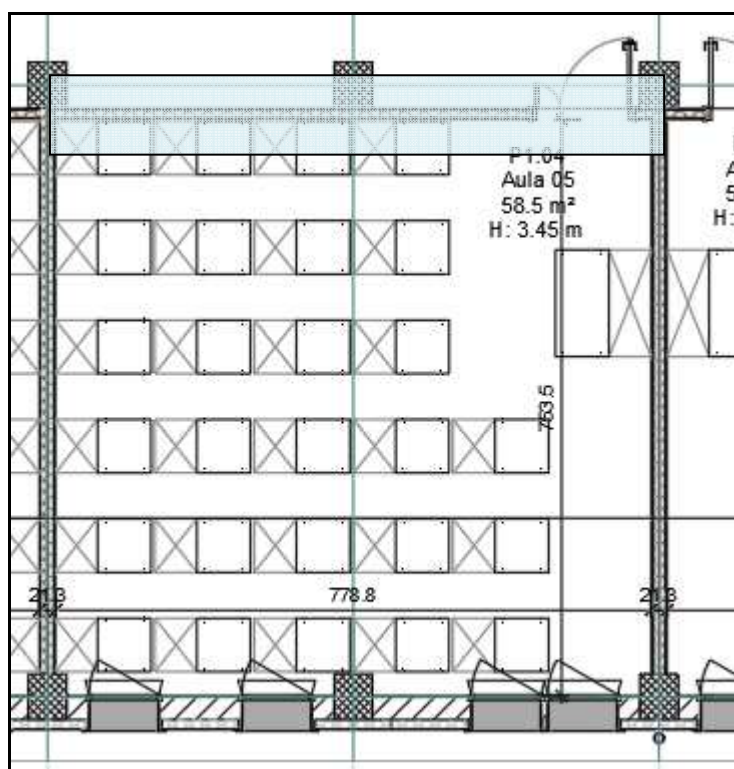





Figura 9:elaborati progettuali (isolamento acustico normalizzato verso ambienti ad uso comune)

Gli elementi di tamponatura esterni ed interni sono considerati come elementi di trasmissione strutturali, in modo da ricondurre l'analisi allo schema generale descritto nella norma UNI EN 12354-1 :2017 illustrato in precedenza: tramite l'impiego del software ANIT Echo versione 8.1.1.1, secondo le procedure descritte nella suddetta normativa si è provveduto al calcolo del potere fonoisolante apparente relativo alla partizione evidenziata.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021




Ai fini delle analisi successive si evidenziano le considerazioni di seguito riportate.

- Le porte di ingresso ai locali scolastici, laboratorio e/o ad uso ufficio dovranno essere in grado di garantire un potere fonoisolante non inferiore a 30 dB.
- I pilastri eventualmente presenti all'interno delle tamponature divisorie verticali devono essere rivestiti tramite opportuno materiale isolante.

Volume del locale ricevente m³ $D_{nT,w}$ dB

Figura 10: analisi previsionale (isolamento acustico normalizzato verso ambienti ad uso comune)

Il valore ottenuto per il descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ (descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi), pari a 44,6 dB, risulta, in previsione, superiore al limite di 30 dB, ai sensi di quanto indicato all'interno del prospetto B.1 della norma UNI 11367 (prestazione buona).

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.2 Isolamento acustico di facciata

Con il termine *facciata* si intende la totalità della superficie esterna di un ambiente, composta da elementi differenti quali pareti, porte, finestre, porzioni del tetto, sistemi di aerazione: la trasmissione sonora complessiva è il risultato dei singoli contributi (per ipotesi considerati indipendenti) dovuti a tali elementi.

Per l'Isolamento acustico delle facciate è necessario determinare l'indice $D_{2m,nT,w}$ funzione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w) della facciata che è calcolato sulla base dei valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante (R_w) dei singoli elementi che la costituiscono (elementi opachi e serramenti) e sulla base degli indici di isolamento acustico ($D_{new,i}$) dei piccoli elementi presenti su di essa.

Sarà necessario, inoltre, considerare la forma della facciata, l'assorbimento acustico delle eventuali superfici sottobalcone e l'incidenza delle onde sonore: la direzione dell'onda sonora incidente sulla facciata si caratterizza mediante l'altezza definita dalla intersezione tra la linea di veduta dalla sorgente ed il piano di facciata.




Il potere fonoisolante apparente R'_w di facciata, per un campo sonoro incidente diffuso, è calcolato sommando la potenza sonora trasmessa in modo diretto con il contributo dovuto alla trasmissione laterale.

Per partizioni composte è necessaria la conoscenza contemporanea degli indici di valutazione R_w del potere fonoisolante relativi alla parte opaca di superficie (tamponature e infissi) e degli indici D_{nw} di isolamento acustico per i piccoli elementi presenti (bocchette di ventilazione, prese d'aria).

Si ricava il valore complessivo di R'_w attraverso la formula:

$$R'_w = -10 \log \left[\sum_i S_i / S \cdot 10^{-(R_{iw} / 10)} + \sum_i A_0 / S \cdot 10^{-(D_{inw} / 10)} \right] - K \quad [\text{dB}]$$

dove A_0 assume il valore di 10 m^2 e K rappresenta il contributo associato alla trasmissione laterale

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021




Il rapporto tecnico UNI/TR 11175 :2005 riporta che il contributo della trasmissione laterale è solitamente trascurabile: se però elementi di facciata rigidi e pesanti (quali calcestruzzo o mattoni) sono collegati rigidamente ad altri elementi rigidi all'interno dell'ambiente ricevente, come pavimenti o pareti divisorie, la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale.

Questo potrebbe diventare rilevante se sono richiesti elevati requisiti di isolamento dal rumore e, di conseguenza, a favore di sicurezza, nei casi che comportano la presenza di elementi rigidi, si può considerare la trasmissione laterale in maniera “globale” diminuendo il potere fonoisolante di 2 dB ($K = 2$ dB), altrimenti $K = 0$

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante, dall'influenza della forma esterna della facciata e dalla dimensione degli ambiente abitativo, secondo la relazione generale:

$$D_{2m,nT,w} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \log (V/6T_0S) \quad [dB]$$

- V: è il volume dell'ambiente ricevente;
- S: è l'area totale della facciata, vista dall'interno;
- ΔL_{fs} : è l'influenza dovuta alla forma della facciata;
- T_0 : è il tempo di riverberazione di riferimento (per abitazioni 0,5 secondi).

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.2.1 Analisi previsionale (potere fonoisolante, parete perimetrale)

Nella tabella successiva si descrive la tipologia di parete perimetrale prevista per l'intervento oggetto di studio.

Descrizione (interno → esterno)		Spessore	Densità
1	Intonaco interno	15 mm	$\geq 1500 \text{ kg/m}^3$
2	Laterizio tipo Wienerberger 30x25x19	30 mm	$297,80 \text{ kg/m}^2$
3	Isolamento in <i>Stiferite</i>	12 cm	$\geq 15 \text{ kg/m}^3$
4	Intonaco plastico per cappotto	15 mm	$\geq 1300 \text{ kg/m}^3$

Tabella 16: analisi previsionale (stratigrafia, parete perimetrale)

Nota: i valori relativi alle densità (superficiali e volumetriche) considerati nella tabella precedente, sono tratti da fonti bibliografiche, certificazioni e/o documentazione tecnica associata al progetto.

Il potere fonoisolante relativo alla stratigrafia in esame è, in previsione, pari a 50,1 dB (software ANIT Echo versione 8.1.1.1): tale valore è stato calcolato non considerando in modo cautelativo il contributo di isolamento associato al cappotto esterno.




Formula da utilizzare

☒ Formule da UNI EN ISO 12354:2017
☐ Formule da UNI TR 11175
☐ Altre formule

Rw **50,1** dB

☐ Pareti monostrato ($m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$)
☐ Pareti monostrato Austria ($m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$)
☐ Pareti monostrato Francia ($m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$)
☐ Pareti monostrato Gran Bretagna ($m' \geq 50 \text{ kg/m}^2$)
☒ Pareti monostrato Italia ($m' \geq 80 \text{ kg/m}^2$)
☐ Germania ($65 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 720 \text{ kg/m}^2$)
Questa formula viene utilizzata in Germania per:
- pareti omogenee in cemento, blocchi in calcio silicato, mattoni
- solai in cemento

Figura 11: analisi previsionale (potere fonoisolante, parete perimetrale)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.2.2 Analisi previsionale (isolamento acustico di facciata, caso A)

L'analisi previsionale dell'isolamento acustico di facciata è condotta sull'ambiente scolastico tipo *aula 04*, come illustrato nella figura successiva (piano primo, partizione esterna in esame evidenziata in colore celeste).

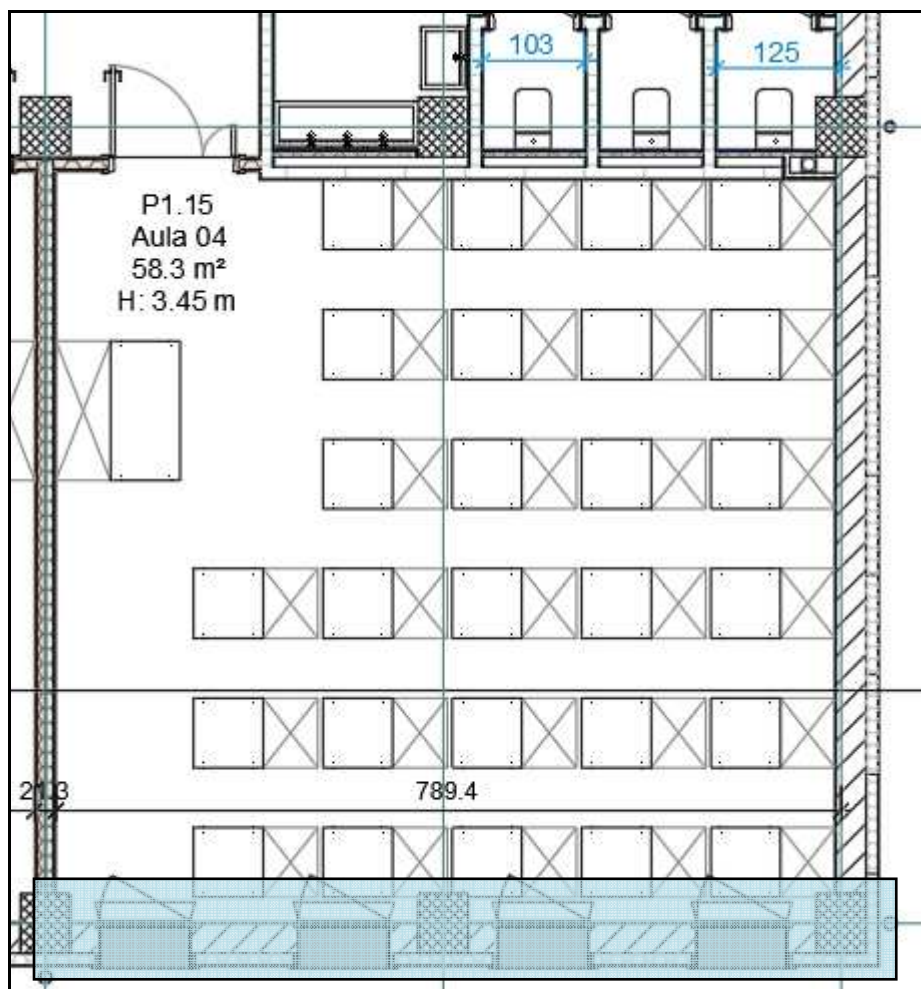





Figura 12: elaborati progettuali (analisi previsionale isolamento di facciata, caso A)

Caratteristiche superficiali e volumetriche della facciata in esame (caso A):

- S superficie complessiva facciata: $27,23 \text{ m}^2$;
- S_0 superficie complessiva parte opaca: $16,19 \text{ m}^2$;
- S_v superficie complessiva vetro-serramento: $11,04 \text{ m}^2$;
- V volume complessivo dell'ambiente ricevente: $201,13 \text{ m}^3$.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Come specificato all'interno del paragrafo 2.2, l'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante, dall'influenza della forma esterna della facciata e dalla dimensione degli ambiente abitativo, secondo la relazione

$$D_{2m,nT,w} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \log (V/6T_0S)$$




ove:

- V: è il volume dell'ambiente ricevente;
- S: è l'area totale della facciata, vista dall'interno;
- ΔL_{fs} : è l'influenza dovuta alla forma della facciata;
- T_0 : è il tempo di riverberazione di riferimento (per abitazioni 0,5 secondi).

Nei calcoli successivi, si considera un valore di potere fonoisolante per i complessi vetro-serramento (comprensivi degli eventuali elementi oscuranti e/o cassonetti coprirullo) pari o superiore a 46 dB. tale valore risulta essere prescrizione da riportare nel capitolato dell'opera.

I serramenti dovranno garantire una classe di permeabilità all'aria 4, ai sensi di quanto indicato nella norma UNI EN 12207: 2017 "Finestre e porte - Permeabilità all'aria - Classificazione": la posa dovrà tenere conto di quanto indicato nell'appendice J della norma UNI EN ISO 10140-1 :2021 in merito al potere fonoisolante R_s dei materiali di sigillatura.

Ai fini delle analisi si inserisce il termine correttivo $K = 2$ in presenza di trasmissione laterale con giunti rigidi: non risultano, nel caso in esame, applicabili attenuazioni dovute alla presenza di balconi, logge esterne e/o altri elementi schermanti.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Area totale 27,23 m²
Volume dell'ambiente 201.13 m³




R'w 47,8 dB
D_{2m,nTw} 51,5 dB
Valore limite 48 dB

Destinazione d'uso
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

Figura 13: analisi previsionale (isolamento acustico di facciata, caso A)

A seguito degli interventi di miglioria proposti (installazione di nuovi serramenti aventi elevato potere fonoisolante), il valore ottenuto l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, a 2 metri di distanza dalla facciata ($D_{2m,nT,w}$), è pari a 51,5 dB, calcolato con il software ANIT Echo (versione 8.1.1.1).

Tale valore risulta superiore (risultato conforme) sia al limite di legge di 48 dB per gli edifici associati alla categoria E, adibiti ad attività scolastiche e/o assimilabili, ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 *“Requisiti acustici passivi degli edifici”*, che al limite di 43 dB, indicato all'interno del prospetto A.1 della norma UNI 11367 (prestazione superiore) ai sensi Decreto 11 Ottobre 2017 *“Criteri ambientali minimi”*.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.2.3 Analisi previsionale (isolamento acustico di facciata, caso B)

L'analisi previsionale dell'isolamento acustico di facciata è condotta sull'ambiente *portineria*, in relazione alla condizione peggiorativa associata alla presenza di più serramenti unitamente ad una più ridotta volumetria, come illustrato nella figura successiva (prospetto, partizione esterna in esame evidenziata in colore celeste).

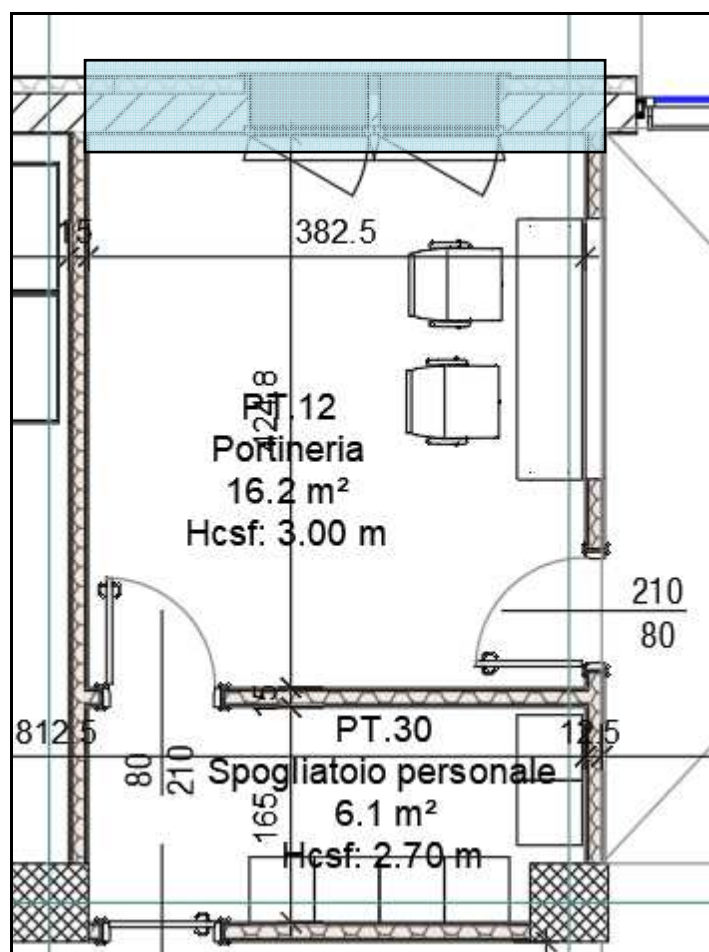





Figura 14: elaborati progettuali (analisi previsionale isolamento di facciata, caso B)

Caratteristiche superficiali e volumetriche della facciata in esame (caso B):

- S superficie complessiva facciata: 11,47 m²;
- S_o superficie complessiva parte opaca: 5,95 m²;
- S_v superficie complessiva vetro-serramento: 5,52 m²;
- V volume complessivo dell'ambiente ricevente: 48,60 m³.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Come specificato all'interno del paragrafo 2.2, l'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante, dall'influenza della forma esterna della facciata e dalla dimensione degli ambiente abitativo, secondo la relazione

$$D_{2m,nT,w} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \log (V/6T_0S)$$




ove:

- V: è il volume dell'ambiente ricevente;
- S: è l'area totale della facciata, vista dall'interno;
- ΔL_{fs} : è l'influenza dovuta alla forma della facciata;
- T_0 : è il tempo di riverberazione di riferimento (per abitazioni 0,5 secondi).

Nei calcoli successivi, si considera un valore di potere fonoisolante per i complessi vetro-serramento (comprensivi degli eventuali elementi oscuranti e/o cassonetti coprirullo) pari o superiore a 46 dB. tale valore risulta essere prescrizione da riportare nel capitolato dell'opera.

I serramenti dovranno garantire una classe di permeabilità all'aria 4, ai sensi di quanto indicato nella norma UNI EN 12207: 2017 "Finestre e porte - Permeabilità all'aria - Classificazione": la posa dovrà tenere conto di quanto indicato nell'appendice J della norma UNI EN ISO 10140-1 :2021 in merito al potere fonoisolante R_s dei materiali di sigillatura.

Ai fini delle analisi si inserisce il termine correttivo $K = 2$ in presenza di trasmissione laterale con giunti rigidi: non risultano, nel caso in esame, applicabili attenuazioni dovute alla presenza di balconi, logge esterne e/o altri elementi schermanti.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Area totale 11,47 m²
Volume dell'ambiente 48.60 m³




R' w 47,1 dB
D_{2m,nTw} 48,4 dB
Valore limite 48 dB

Destinazione d'uso
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

Figura 15: analisi previsionale (isolamento acustico di facciata, caso B)

A seguito degli interventi di miglioria proposti (installazione di nuovi serramenti aventi elevato potere fonoisolante), il valore ottenuto l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, a 2 metri di distanza dalla facciata ($D_{2m,nT,w}$), è pari a 48,4 dB, calcolato con il software ANIT Echo (versione 8.1.1.1).

Tale valore risulta superiore (risultato conforme) sia al limite di legge di 48 dB per gli edifici associati alla categoria E, adibiti ad attività scolastiche e/o assimilabili, ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 *"Requisiti acustici passivi degli edifici"*, che al limite di 43 dB, indicato all'interno del prospetto A.1 della norma UNI 11367 (prestazione superiore) ai sensi Decreto 11 Ottobre 2017 *"Criteri ambientali minimi"*.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.3 Rumore di calpestio

Per la determinazione del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$) la UN EN ISO 12354-2 :2017 ha radicalmente modificato la procedura di calcolo del “modello semplificato” per indice di valutazione: le relazioni matematiche richiamano in gran parte il “modello in frequenza” e permettono di valutare, oltre al calpestio su ambienti sovrapposti, anche il livello di disturbo tra stanze affiancate.

In sintesi il metodo richiede di analizzare, come per l'analisi dell'indice R'_w , tutti i possibili percorsi di rumore e di combinarli tra loro.

Per gli ambienti sovrapposti si determina il livello di calpestio attraverso il percorso diretto e i 4 percorsi laterali: il percorso diretto ($L_{n,d,w}$) dipende dal livello di calpestio del solaio portante ($L_{n,eq,0,w}$) e dalla riduzione di rumore da calpestio data da un rivestimento sul lato emittente (ΔL_w) o da un controsoffitto sul lato ricevente ($\Delta L_{d,w}$).




I percorsi laterali ($L_{n,ij,w}$) vengono valutati con specifiche relazioni matematiche che, anche in questo caso, vengono differenziate per elementi di “Tipo A” ed elementi di “Tipo B”.

Infine, i vari percorsi devono essere combinati tra loro con la Formula del *Calcolo di $L'_{n,w}$*

$$L'_{n,w} = \left(10 \log \left(10^{L_{n,d,w}/10} + \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,ij,w}/10} \right) \right)$$

Per il calcolo di $L_{n,eq,0,w}$ la nuova norma riporta una specifica relazione per i solai in laterocemento rivestiti con massetto alleggerito: tale formula, proposta da ricercatori italiani, è valida per l'intervallo di massa superficiale compreso tra 270 e 360 kg/m² ed indica un livello di calpestio inferiore di 4 dB rispetto ad altre tipologie di solai di pari massa.

Per il calcolo di ΔL_w la norma UNI EN ISO 12354-2:2017 nell'Appendice C indica una nuova relazione matematica, che di fatto determina gli stessi risultati della formula indicata nel rapporto tecnico italiano UNI/TR 11175 :2005.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

ISO 12354-2:2017	$\Delta L_w = (13 \log(m')) - (14,2 \log(s')) + 20,8$
UNI TR 11175:2005	$\Delta L_w = 30 \log \frac{500}{160 \sqrt{\frac{s'}{m'}}$
m': massa superficiale del massetto [kg/m ²] s': rigidità dinamica del materiale resiliente [MN/m ³]	

2.3.1 Analisi previsionale (livello di rumore di calpestio, aule sovrapposte)




L'analisi previsionale dell'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato è condotta sulla partizione orizzontale soggetta al requisito identificata nel solai interpiano, di cui si riporta la prevista stratigrafia nella tabella successiva (solaio interpiano).

Descrizione		Spessore	Densità
1	Pavimentazione	~ 10 mm	/
2	Caldana	5 cm	≥ 2000 kg/m ³
3	Guaina anticalpestio	> 5 mm	/
4	Livellamento in calcestruzzo alleggerito	8,5 cm	≥ 400 kg/m ³
5	Solaio predalles (5+28+7)	40 cm	525 kg/m ²

Tabella 17: analisi previsionale (stratigrafia, divisorio orizzontale tra aule distinte)

Nota: i valori relativi alle densità (superficiali e volumetriche) considerati nella tabella precedente sono tratti da fonti bibliografiche, certificazioni e/o schede tecniche relative ai materiali.

In particolare, sarà analizzato il requisito di trasmissione del rumore di calpestio tra due aule scolastiche distinte come evidenziato nelle figure successive: l'ambiente emittente al piano primo (*aula 03*) è evidenziato in colore arancione, mentre l'ambiente ambiente ricevente al piano primo (*aula laboratorio stampa*) è evidenziato in colore viola.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

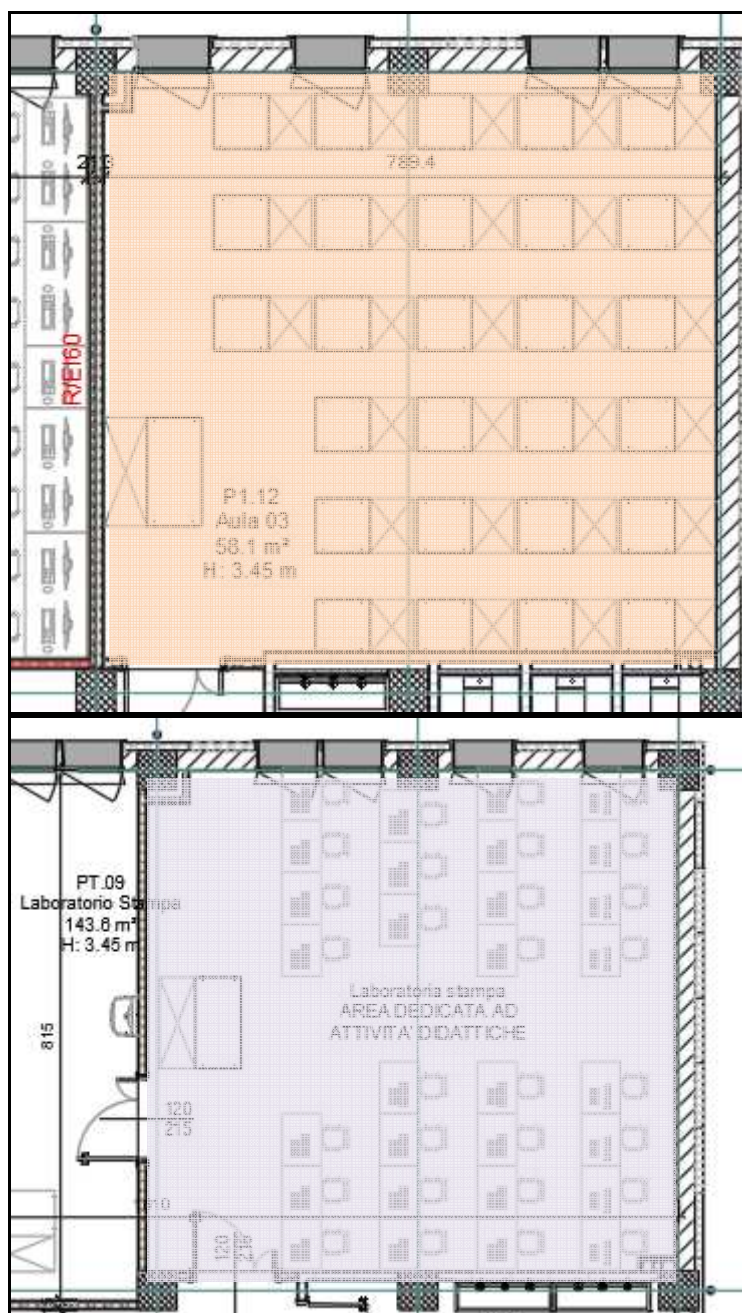





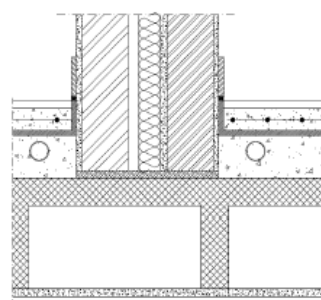
Figura 16: elaborati progettuali (analisi previsionale rumore di calpestio, aule sovrapposte)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Le analisi successive sono condotte sulla base delle metodologie descritte nella norma UNI EN ISO 12354-2 :2017, tramite l'impiego del software previsionale ANIT Echo versione 8.1.1.1.




L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico si ottiene a partire dalla prestazione del solaio “nudo” (comprensivo dello strato di livellamento in calcestruzzo alleggerito).

La presenza della guaina anticalpestio al di sotto del massetto, con conseguente desolarizzazione del getto dal muro, determina la configurazione caratteristica del pavimento galleggiante, come indicato nella figura a lato.



L'indice ΔL_w di attenuazione per pavimenti galleggianti viene calcolato a partire dal valore s' di rigidità dinamica associata alla tipologia di guaina anticalpestio, la cui posa deve essere prevista per i tutti i pavimenti a partire dal piano terreno.




La scelta dello spessore e della tipologia dell'elemento resiliente dovrà essere attentamente vagliata in relazione allo spessore del massetto: si raccomanda, in ogni caso, la scelta di materiali resilienti aventi valori s' di rigidità dinamica inferiori a 40 MN/m³, con spessori superiori ai 5 mm, accoppiati a massetti aventi spessori non inferiori ai 5 cm, al fine di assicurare, a fronte della corretta posa in opera, risultati conformi a quanto calcolato teoricamente.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE	DATA: 30/06/2021

La rigidità dinamica di un materiale deve essere valutata in relazione alla comprimibilità del materiale stesso (misurata secondo le norme UNI EN 12431: 2013 *“Isolanti termici per edilizia - Determinazione dello spessore degli isolanti per pavimenti galleggianti”* o UNI EN 1606: 2013 *“Isolanti termici per edilizia - Determinazione dello scorrimento viscoso a compressione”*): l'isolante acustico deve essere in grado di mantenere il suo spessore quando viene sottoposto ad un carico.

Ai fini dei calcoli successivi, si evidenziano le considerazioni di seguito elencate.

- Per la parete divisoria tra *aula 03* e l'adiacente *laboratorio informatica 02* si prevede la seguente stratigrafia: doppia lastra cartongesso spessore 25 mm / isolamento in lana di roccia spessore 4 cm densità > 80 kg/mc / intercapedine 10 mm / laterizio tipo Poroton 12x50x24,9 / intercapedine 10 mm / isolamento in lana di roccia spessore 4 cm densità > 80 kg/mc / doppia lastra cartongesso spessore 25 mm.
- Per la parete divisoria tra aula 03 e gli adiacenti locali ad uso wc si prevede una stratigrafia analoga alla precedente.
- Per la parete divisoria al piano terreno tra *aula laboratorio stampa* e l'adiacente locale di pertinenza ad uso *laboratorio stampa* si prevede la seguente stratigrafia: doppia lastra cartongesso spessore 25 mm / isolamento in lana di roccia spessore 90 mm densità > 80 kg/mc / intercapedine 10 mm / doppia lastra cartongesso spessore 25 mm.
- Per la parete divisoria al piano terreno tra *aula laboratorio stampa* e gli adiacenti locali ad uso wc si prevede la posa di un laterizio tipo Poroton 12x50x24,9, intonacata su entrambi i lati.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE	DATA: 30/06/2021

Indice di valutazione

$L'_{n,w}$ **43,8** dB Valore limite **58** dB




Incertezza **2,94** dB [Visualizza coefficienti di sensibilità](#)

Destinazione d'uso
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

Figura 17: analisi previsionale (livello di rumore di calpestio normalizzato, aule sovrapposte)

Il valore ottenuto per l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico risulta pari, in previsione, a 43,8 dB.

Tale valore risulta inferiore (risultato conforme) sia al limite di legge di 58 dB per gli edifici associati alla categoria E, adibiti ad attività scolastiche e/o assimilabili, ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 *"Requisiti acustici passivi degli edifici"*, che al limite di 53 dB, indicato all'interno del prospetto A.1 della norma UNI 11367 (prestazione superiore) ai sensi Decreto 11 Ottobre 2017 *"Criteri ambientali minimi"*.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE	DATA: 30/06/2021

2.3.2 Analisi previsionale (livello di rumore di calpestio, aule affiancate)

L'analisi previsionale dell'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato è condotta sulla stratigrafia orizzontale di seguito descritta (solaio interpiano).




Descrizione		Spessore	Densità
1	Pavimentazione	~ 10 mm	/
2	Caldana	5 cm	$\geq 2000 \text{ kg/m}^3$
3	Guaina anticalpestio	> 5 mm	/
4	Livellamento in calcestruzzo alleggerito	8,5 cm	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
5	Solaio predalles (5+28+7)	40 cm	525 kg/m^2

Tabella 18: analisi previsionale (stratigrafia, solaio interpiano)

Nota: i valori relativi alle densità (superficiali e volumetriche) considerati nella tabella precedente sono tratti da fonti bibliografiche, certificazioni e/o schede tecniche relative ai materiali.

In particolare, sarà analizzato il requisito di trasmissione del rumore di calpestio tra due aule scolastiche distinte al piano primo (*aula scolastica 04* in colore viola e *aula scolastica 05* in colore arancione), come illustrato nella figura successiva.

Le analisi successive sono condotte sulla base delle metodologie descritte nella norma UNI EN ISO 12354-2 :2017, tramite l'impiego del software previsionale ANIT Echo versione 8.1.1.1.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE	DATA: 30/06/2021

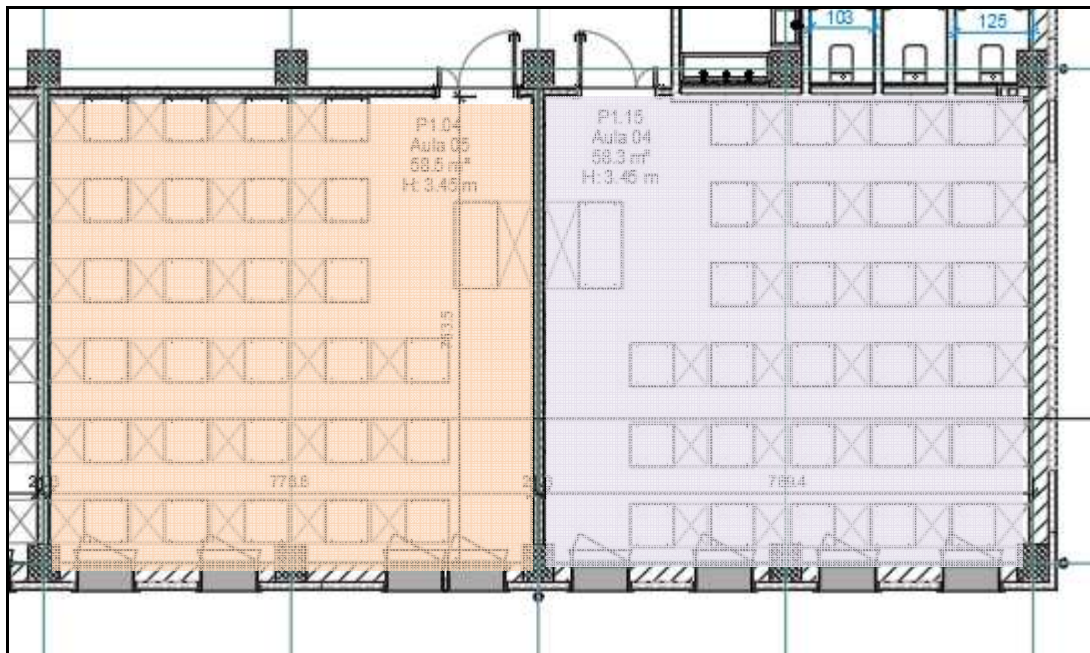
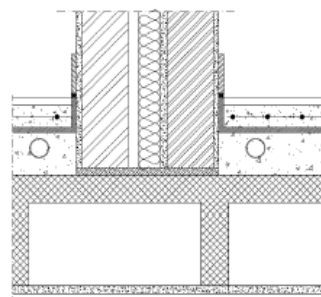





Figura 18: elaborati progettuali (analisi previsionale rumore di calpestio, aule affiancate)

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico si ottiene a partire dalla prestazione del solaio "nudo" (comprensivo dello strato di livellamento in calcestruzzo alleggerito).

La presenza della guaina anticalpestio al di sotto del massetto, con conseguente desolarizzazione del getto dal muro, determina la configurazione caratteristica del pavimento galleggiante, come indicato nella figura a lato.



 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

L'indice ΔL_w di attenuazione per pavimenti galleggianti viene calcolato a partire dal valore s' di rigidità dinamica associata alla tipologia di guaina anticalpestio, la cui posa deve essere prevista per i tutti i pavimenti a partire dal piano terreno.

La scelta dello spessore e della tipologia dell'elemento resiliente dovrà essere attentamente vagliata in relazione allo spessore del massetto: si raccomanda, in ogni caso, la scelta di materiali resilienti aventi valori s' di rigidità dinamica inferiori a 40 MN/m^3 , con spessori superiori ai 5 mm, accoppiati a massetti aventi spessori non inferiori ai 5 cm, al fine di assicurare, a fronte della corretta posa in opera, risultati conformi a quanto calcolato teoricamente.

La rigidità dinamica di un materiale deve essere valutata in relazione alla comprimibilità del materiale stesso (misurata secondo le norme UNI EN 12431: 2013 *“Isolanti termici per edilizia - Determinazione dello spessore degli isolanti per pavimenti galleggianti”* o UNI EN 1606: 2013 *“Isolanti termici per edilizia - Determinazione dello scorrimento viscoso a compressione”*): l'isolante acustico deve essere in grado di mantenere il suo spessore quando viene sottoposto ad un carico.

Ai fini dei calcoli successivi, si evidenziano le considerazioni di seguito elencate.

- I pilastri eventualmente presenti all'interno delle tamponature divisorie verticali devono essere rivestiti tramite opportuno materiale isolante.

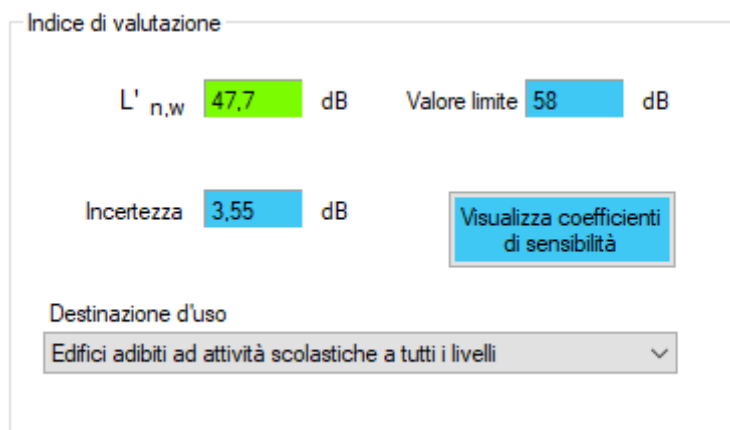








Figura 19: analisi previsionale (livello di rumore di calpestio normalizzato, aule affiancate)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Il valore ottenuto per l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico risulta pari, in previsione, a 47,7 dB.

Tale valore risulta inferiore (risultato conforme) sia al limite di legge di 58 dB per gli edifici associati alla categoria E, adibiti ad attività scolastiche e/o assimilabili, ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 *"Requisiti acustici passivi degli edifici"*, che al limite di 53 dB, indicato all'interno del prospetto A.1 della norma UNI 11367 (prestazione superiore) ai sensi Decreto 11 Ottobre 2017 *"Criteri ambientali minimi"*.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.4 Indicatori di comfort acustico

La progettazione acustica delle aule scolastiche è finalizzata al raggiungimento di condizioni associate ad una buona intelligibilità del parlato.

Per intelligibilità del parlato si intende la percentuale di parole o frasi correttamente comprese da un ascoltatore rispetto alla totalità delle frasi pronunciate da un parlatore. Il fine è quello di ridurre da un lato lo sforzo vocale degli insegnanti e dall'altro di migliorare l'attenzione e l'apprendimento degli studenti.

In Italia la nuova norma UNI 11532-2 :2020 introduce i requisiti da considerare in fase di progettazione e di verifica nelle scuole.




La norma è volontaria per gli edifici privati, ma ha carattere cogente per gli edifici pubblici, in quanto richiamata dal decreto dell'11 ottobre 2017 *“Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”*.

Il Decreto infatti fa riferimento alla norma UNI 11532 per quanto riguarda gli aspetti legati al confort acustico e alla norma UNI 11367:2010 *“Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera”*, per quanto riguarda gli aspetti di isolamento acustico.

2.4.1 Tempo di riverberazione

Si assume convenzionalmente come durata dell'onda sonora e si definisce tempo di riverberazione τ_{60} , il tempo necessario affinché la densità energetica esistente nella sala si sia ridotta di 60 dB (un milione di volte) rispetto al valore iniziale di regime.

Il tempo di riverberazione fornisce dunque un indice dell'apporto di energia delle onde riflesse: se tale tempo è lungo, l'apporto di energia delle onde riflesse è notevole e risulta elevata (a parità di energia emessa dalla sorgente) la densità energetica a regime, che contribuisce a rendere la sala *sonora*.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021




Se invece il tempo di riverberazione è breve, la densità energetica a regime è ridotta e la sala risulta *sorda*.

Ammesse una perfetta diffusione dell'onda sonora da parte delle pareti e l'uniformità della distribuzione della densità energetica nella sala, è possibile giungere per via teorica ad un calcolo del tempo di riverberazione τ_{60} secondo due modelli basati su ipotesi differenti: la prima, ammessa da Sabine, suppone che l'assorbimento di energia sonora da parte delle pareti sia continuo nel tempo; la seconda, ammessa da Eyring, suppone invece che questo assorbimento avvenga in modo discontinuo.

$$\text{Formula di Sabine } \tau_{60,S} = \frac{0,16 V}{\sum S_i a_i} \quad \text{Formula di Eyring } \tau_{60,E} = \frac{0,07 V}{S \log \frac{1}{1 - a_m}}$$

Il valore ottimale del tempo di riverberazione τ_{60} è dedotto dall'esperienza, dipende dal volume della sala ed è diverso a seconda che si tratti della parola o della musica ed è dell'ordine del secondo.

Data la variabilità del coefficiente di assorbimento con la frequenza, anche la riverberazione varierà al variare della frequenza.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.4.2 Speech Trasmission Index (STI)

Il principale indicatore di performance per l'acustica delle aule scolastiche è lo Speech Transmission Index (STI), che quantifica l'effetto combinato di rumore di fondo e di riverberazione sulla riduzione dell'intelligibilità di parlato, con o senza sistemi di amplificazione sonora.

Il parametro si ottiene tramite una procedura con la quale si determina la riduzione dell'indice di modulazione di un segnale di test che riflette le caratteristiche del parlato continuo, dalla sua emissione alla sua ricezione.

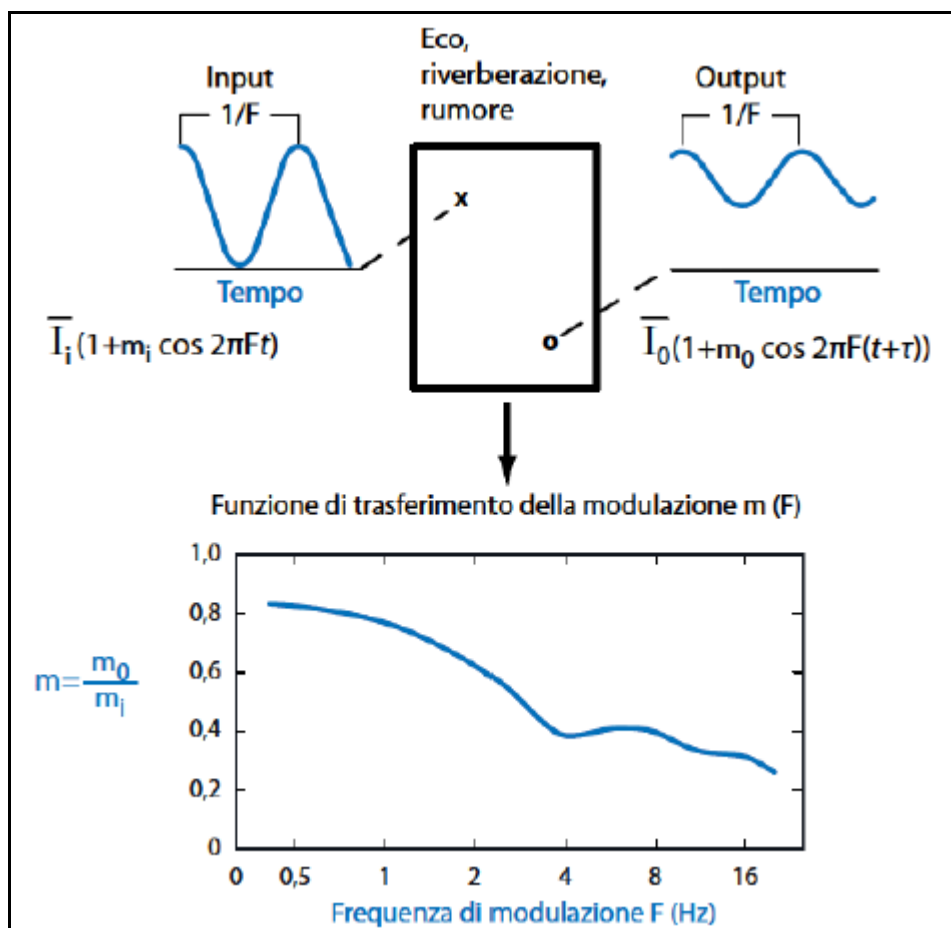





Figura 20: STI (riduzione dell'indice di modulazione di un segnale di test indicativo del parlato continuo)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

L'indice può assumere valore tra 0 e 1 ed è stato correlato a scale soggettive di intelligibilità, riferita a persone adulte.

Valutazione di intelligibilità	STI [-]
Eccellente	> 0,75
Buono	0,60 – 0,75
Discreto	0,45 – 0,60
Scadente	0,30 – 0,45
Pessimo	< 0,30

Figura 21: STI (scala di valutazione dell'intelligibilità)

I valori del fattore di riduzione dell'indice di modulazione $m_{f,F}$ si possono ottenere da misure indipendenti del rapporto segnale-rumore e della risposta all'impulso dell'ambiente, attraverso la seguente equazione:

$$m_{f,F} = \frac{\int_0^{\infty} e^{-j2\pi Ft} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \cdot \frac{1}{\left(1 + 10^{\left(-(S/N)_f/10\right)}\right)}$$




dove:

- $p(t)$ è la risposta all'impulso misurata in assenza di rumore [Pa];
- S/N_f è il rapporto segnale rumore, ovvero la differenza fra il livello del segnale e quello del rumore nella banda f considerata;
- F è la frequenza di modulazione [Hz].

Facendo riferimento ad un campo sonoro diffuso, per distanze molto maggiori della distanza critica, l'indice di modulazione si può ottenere dalla seguente equazione:

$$m_{f,F} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi \cdot F \cdot T_f}{13,8}\right)^2}} \cdot \frac{1}{1 + 10^{\frac{(S/N)_f}{10}}}$$

dove T_f è il tempo di riverberazione in secondi alla frequenza f .

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Per l'indice STI si considerano 7 bande di ottava (frequenza f), da 125 Hz a 8000 Hz, e 14 frequenze di modulazione F , comprese tra 0,63 e 12,5 Hz, in intervalli di un terzo d'ottava. Si ottengono in questo modo 98 (7×4) valori dell'indice di modulazione m che vengono infine sintetizzati nell'indice STI.




Il parametro, oltre che dal rumore e dalla riverberazione, dipende dalle caratteristiche di emissione della voce umana, in particolare dall'intensità di emissione, variabile a seconda dello sforzo vocale del parlatore, dalla direttività della sorgente del parlatore e da altri fattori di natura linguistica (struttura grammaticale della lingua) e semantica (senso generale del messaggio parlato).

L'approccio seguito dalla norma UNI 11532-2 è quello di considerare uno sforzo vocale dell'insegnante "*normale*", secondo la classificazione data dalla norma ANSI 3.5, per ambienti sotto 250 m³ (corrispondente ad un livello L_{Aeq} pari a 60 dBA a 1 m dall'insegnante), fino a "*elevato*", per ambienti sopra i 250 m³, con o senza sistemi di amplificazione (corrispondente a 70 dBA).

L'aula viene così progettata in modo che, garantendo tempi di riverberazione e livelli di rumore dagli impianti e ambientale raccomandati dalla norma, si ottengano valori di STI che garantiscano buone condizioni di comprensione del parlato.

Se da un lato il rumore generato dagli impianti e il rumore ambientale esterno possono essere stimati in fase di progettazione, il rumore legato all'attività scolastica viene trascurato in fase sia di progetto che di collaudo.

I livelli di rumore all'interno degli ambienti scolastici vengono controllati indirettamente attraverso la progettazione di strutture di facciata e di partizioni interne con adeguato potere fonoisolante e, direttamente, attraverso il controllo del rumore generato dalle componenti impiantistiche.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.4.3 Analisi previsionale (tempo di riverberazione, aula 04)

L'ambiente oggetto di analisi si individua nel locale tipo *aula 04*: ai fini dei calcoli, si è provveduto alla creazione di un modello tridimensionale, utilizzato come interfaccia per operare una previsione numerica della riverberazione, tramite l'ausilio del software previsionale ANIT Echo versione 8.1.1.1.

Come intervento di correzione acustica si prevede quanto di seguito specificato.

- Posa a soffitto di pannelli in fibra di poliestere tipo *Isosystem Silent Space*, aventi i valori minimi di coefficienti di assorbimento riportati nella tabella successiva (scheda tecnica in allegato) ed una superficie pari a 35 mq.

Tabella 19: analisi previsionale (coefficienti di assorbimento pannelli fonoassorbenti)

Coefficienti di assorbimento <i>Isosystem Silent Space</i>					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
0,19	0,57	0,86	0,96	0,89	0,90

Tabella 20: analisi previsionale (superfici di assorbimento, aula 04)

Superficie	Materiali	Superficie
Pavimento	Piastrelle (gres)	58,30 mq
Pannelli fonoassorbenti	Pannelli in fibra di poliestere tipo <i>Isosystem Silent Space</i>	35,00 mq
Soffitto	Intonaco / calcestruzzo	23,30 mq
Pareti laterali	Cartongesso	92,69 mq
Finestre	Vetro	11,04 mq
Porte	Metallo	2,73 mq
Persone	22 (80% capienza per analisi UNI 11532-2)	/




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Tabella 21: analisi previsionale (coefficienti di assorbimento, aula 4)

Materiale	Coefficienti di assorbimento α_p					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Gres / piastrelle	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Pannelli <i>Isosystem Silent Space</i>	0,19	0,57	0,86	0,96	0,89	0,90
Cartongesso (pareti)	0,20	0,12	0,10	0,07	0,07	0,07
Soffitto (intonaco / calcestruzzo)	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,05
Vetro doppio	0,28	0,20	0,11	0,06	0,03	0,02
Metallo	0,05	0,08	0,10	0,10	0,07	0,02
Alunni / persone	0,10	0,15	0,35	0,50	0,50	0,55

- Nota: i coefficienti di assorbimento acustico considerati in modo cautelativo ai fini delle analisi sono ricavati da schede tecniche e/o certificazioni fornite dalla case produttrici, dai valori riportati all'interno dei riferimenti normativi UNI 11523-2 e UNI EN 12354-6, dall'archivio del software previsionale Echo e/o in analogia con materiali simili nel caso di indisponibilità.

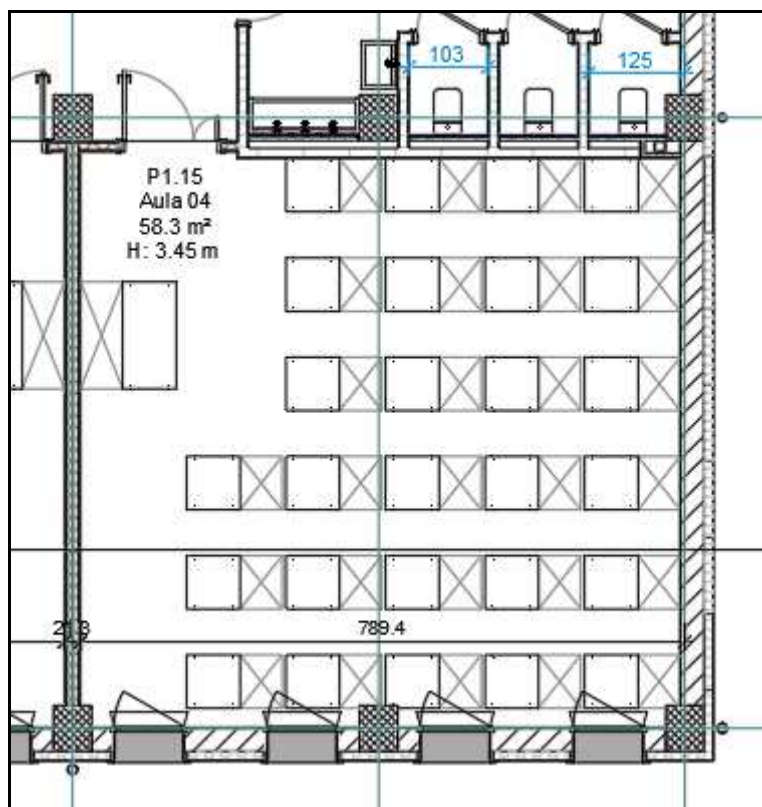





Figura 22: elaborati progettuali (pianta piano primo, aula 04)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Si presentano di seguito i risultati della valutazione in termini di tempo di riverberazione e di intelligibilità dell'ambiente in esame, ottenuti attraverso la creazione del modello tridimensionale tramite l'impiego di software previsionale ANIT Echo versione 8.1.1.1

Il tempo di riverberazione (media 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz) ad ambiente non occupato risulta, in previsione, pari a 0,8 s, inferiore (valore conforme) al limite di 1,2 s indicato nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22/05/1967.

DPCM 5/12/97 - Limiti di legge

<input checked="" type="radio"/> Edificio scolastico	<input checked="" type="radio"/> Aula	T massimo valore medio 250 Hz - 2000 Hz	T calcolato valore medio 250 Hz - 2000 Hz
	<input type="radio"/> Palestra		
	<input type="radio"/> Altro ambiente		
<input type="radio"/> Altra destinazione d'uso		1,2 s	0,8 s

Figura 23: analisi previsionale (media RT secondo D.P.C.M. 05/12/1997, aula 04)




La simulazione computerizzata e la conseguente valutazione dell'indice di intelligibilità, è stata condotta, all'interno del modello tridimensionale elaborato, secondo le indicazioni contenute all'interno della norma UNI 11532-2 :2020.

Indice di trasmissione del parlato

STI 0,68	STI minimo 0,55
Qualità del parlato in accordo con CEI EN60268-16 Buono	

Tabella 22: analisi previsionale (STI, aula 04)

Il valore ottenuto per l'indice di intelligibilità STI risulta, in previsione, pari a 0,67, superiore (valore conforme) al limite indicato all'interno della norma UNI 11532-2 :2020, come previsto dal D.M. 11/10/2017 "Criteri Ambientali Minimi".

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Ai sensi di quanto indicato all'interno della norma UNI 11532-2 :2020, richiamata all'interno del Decreto 11 Ottobre 2017, il tempo di riverberazione ottimale T_{ott} è determinato in relazione alla destinazione d'uso specifica dell'ambiente considerato e al suo volume.

Categoria	Tempo di riverberazione ottimale UNI 11532-2 :2020	
A2	$T_{ott,A2} = (0,37 \log V - 0,14) = 0,71 \text{ s}$	$30 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$ (occupazione ambiente 80%)

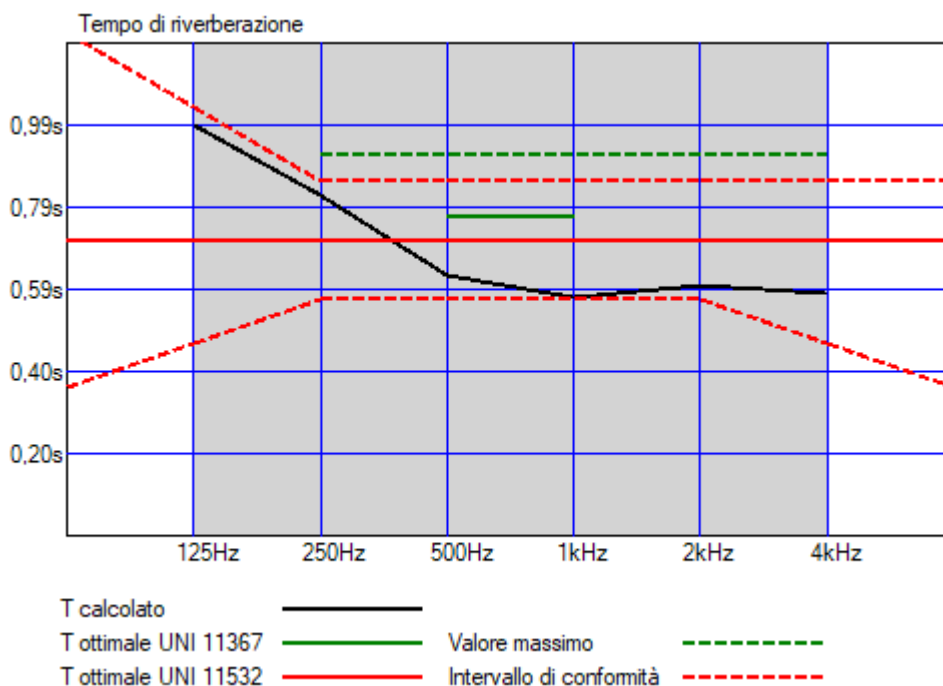





Figura 24: analisi previsionale (verifica conformità secondo UNI 11532-2, aula 04)

I valori del tempo di riverberazione, in previsione, calcolati alle frequenze comprese tra 125 Hz e 4 kHz, risultano, in previsione, compresi all'interno dell'intervallo di conformità indicato all'interno della norma UNI 11532-2 :2020 richiamata all'interno del D.M. 11/10/2017.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.4.4 Analisi previsionale (tempo di riverberazione, *laboratorio informatica 01*)

L'ambiente oggetto di analisi si individua nel locale tipo *laboratorio informatica 01*: ai fini dei calcoli, si è provveduto alla creazione di un modello tridimensionale, utilizzato come interfaccia per operare una previsione numerica della riverberazione, tramite l'ausilio del software previsionale ANIT Echo versione 8.1.1.1.

Come intervento di correzione acustica si prevede quanto di seguito specificato.

- Posa a soffitto di pannelli in fibra di poliestere tipo *Isosystem Silent Space*, aventi i valori minimi di coefficienti di assorbimento riportati nella tabella successiva (scheda tecnica in allegato) ed una superficie pari a 50 mq.

Tabella 23: analisi previsionale (coefficienti di assorbimento pannelli fonoassorbenti)

Coefficienti di assorbimento <i>Isosystem Silent Space</i>					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
0,19	0,57	0,86	0,96	0,89	0,90

Tabella 24: analisi previsionale (superfici di assorbimento, *laboratorio informatica 01*)

Superficie	Materiali	Superficie
Pavimento	Piastrelle (gres)	98,60 mq
Pannelli fonoassorbenti	Pannelli in fibra di poliestere tipo <i>Isosystem Silent Space</i>	50,00 mq
Soffitto	Intonaco / calcestruzzo	48,60 mq
Pareti laterali	Cartongesso	173,46 mq
Finestre	Vetro	19,32 mq
Porte	Metallo	5,46 mq
Persone	26 (80% capienza per analisi UNI 11532-2)	/




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Tabella 25: analisi previsionale (coefficienti di assorbimento, *laboratorio informatica 01*)

Materiale	Coefficienti di assorbimento α_p					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Gres / piastrelle	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Pannelli <i>Isosystem Silent Space</i>	0,19	0,57	0,86	0,96	0,89	0,90
Cartongesso (pareti)	0,20	0,12	0,10	0,07	0,07	0,07
Soffitto (intonaco / calcestruzzo)	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,05
Vetro doppio	0,28	0,20	0,11	0,06	0,03	0,02
Metallo	0,05	0,08	0,10	0,10	0,07	0,02
Alunni / persone	0,10	0,15	0,35	0,50	0,50	0,55

- Nota: i coefficienti di assorbimento acustico considerati in modo cautelativo ai fini delle analisi sono ricavati da schede tecniche e/o certificazioni fornite dalla case produttrici, dai valori riportati all'interno dei riferimenti normativi UNI 11523-2 e UNI EN 12354-6, dall'archivio del software previsionale Echo e/o in analogia con materiali simili nel caso di indisponibilità.

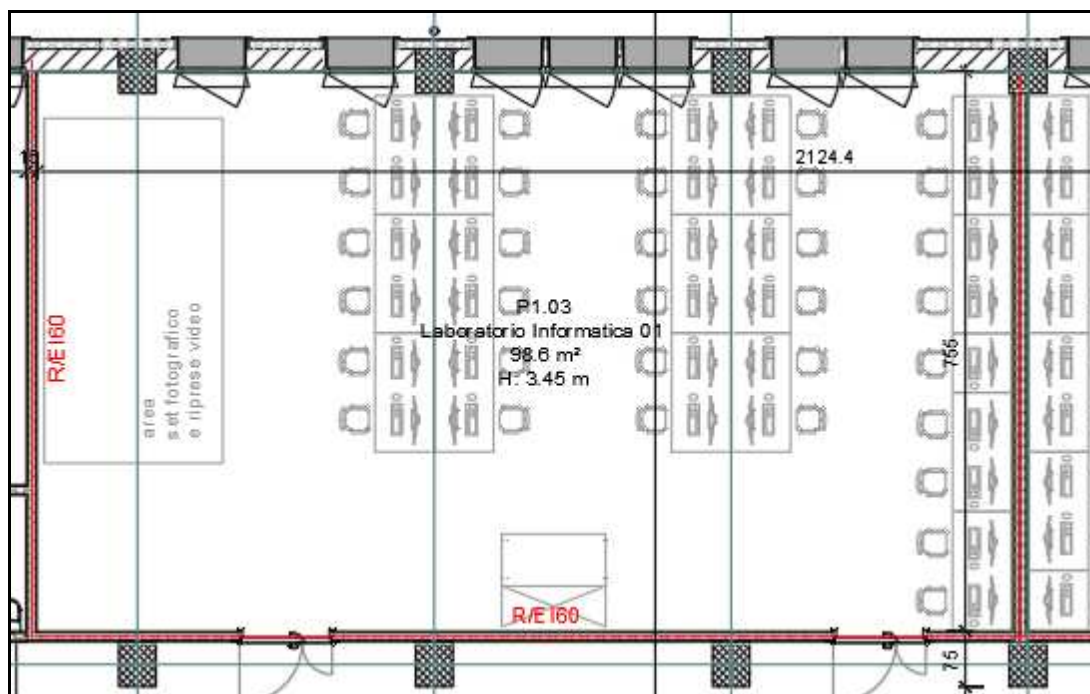





Figura 25: elaborati progettuali (pianta piano primo, *laboratorio informatica 01*)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Si presentano di seguito i risultati della valutazione in termini di tempo di riverberazione e di intelligibilità dell'ambiente in esame, ottenuti attraverso la creazione del modello tridimensionale tramite l'impiego di software previsionale ANIT Echo versione 8.1.1.1

Il tempo di riverberazione (media 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz) ad ambiente non occupato risulta, in previsione, pari a 0,8 s, inferiore (valore conforme) al limite di 1,2 s indicato nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22/05/1967.

DPCM 5/12/97 - Limiti di legge

<input checked="" type="radio"/> Edificio scolastico <input type="radio"/> Aula <input type="radio"/> Palestra <input type="radio"/> Altro ambiente <input type="radio"/> Altra destinazione d'uso	T massimo valore medio 250 Hz - 2000 Hz 1,2 s	T calcolato valore medio 250 Hz - 2000 Hz 0,8 s
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

Figura 26: analisi previsionale (media RT secondo D.P.C.M. 05/12/1997, laboratorio informativa 01)




La simulazione computerizzata e la conseguente valutazione dell'indice di intelligibilità, è stata condotta, all'interno del modello tridimensionale elaborato, secondo le indicazioni contenute all'interno della norma UNI 11532-2 :2020.

Indice di trasmissione del parlato

STI 0,67	STI minimo 0,5
Qualità del parlato in accordo con CEI EN60268-16 Buono	

Tabella 26: analisi previsionale (STI, laboratorio informatica 01)

Il valore ottenuto per l'indice di intelligibilità STI risulta, in previsione, pari a 0,67, superiore (valore conforme) al limite indicato all'interno della norma UNI 11532-2 :2020, come previsto dal D.M. 11/10/2017 "Criteri Ambientali Minimi".

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Ai sensi di quanto indicato all'interno della norma UNI 11532-2 :2020, richiamata all'interno del Decreto 11 Ottobre 2017, il tempo di riverberazione ottimale T_{ott} è determinato in relazione alla destinazione d'uso specifica dell'ambiente considerato e al suo volume.

Categoria	Tempo di riverberazione ottimale UNI 11532-2 :2020	
A2	$T_{ott,A2} = (0,37 \log V - 0,14) = 0,80 \text{ s}$	$30 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$ (occupazione ambiente 80%)

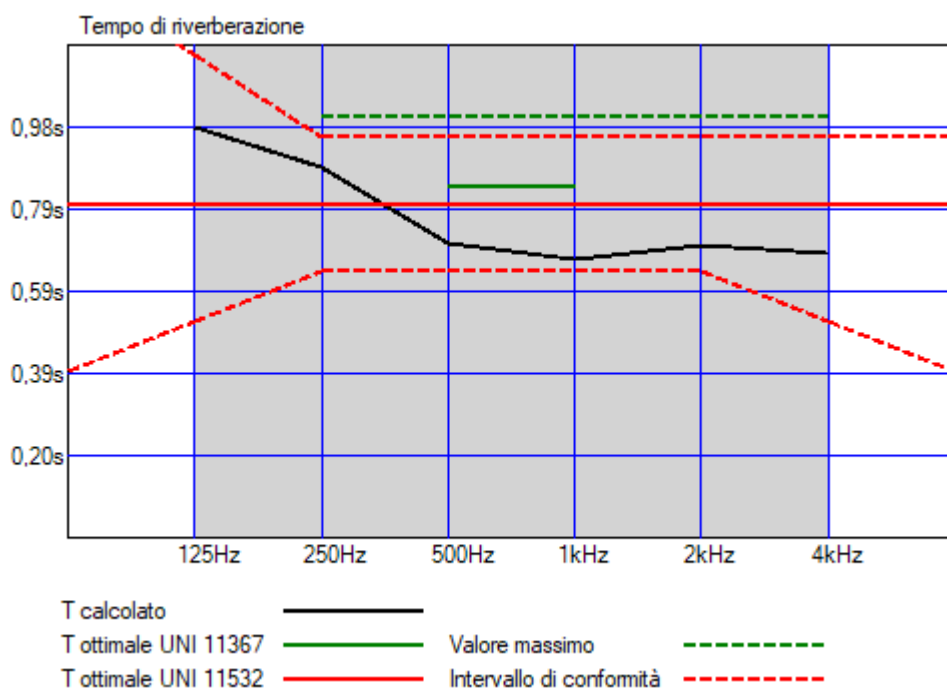





Figura 27: analisi previsionale (verifica conformità secondo UNI 11532-2, laboratorio informatica 01)

I valori del tempo di riverberazione, in previsione, calcolati alle frequenze comprese tra 125 Hz e 4 kHz, risultano, in previsione, compresi all'interno dell'intervallo di conformità indicato all'interno della norma UNI 11532-2 :2020 richiamata all'interno del D.M. 11/10/2017.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.5 Impianti tecnologici




Gli impianti sono classificati, a seconda delle modalità temporali di funzionamento, come d seguito elencato.

- Servizi a funzionamento discontinuo: impianti fissi il cui livello sonoro emesso non sia costante nel tempo e caratterizzato da brevi periodi di funzionamento rispetto al tempo di inattività durante l'arco di una giornata; rientrano in questa tipologia gli impianti sanitari (scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetteria), gli ascensori, i montacarichi e le chiusure automatiche, il cui parametro di riferimento è L_{ASmax} , livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow.
- Servizi a funzionamento continuo: impianti fissi il cui livello sonoro emesso nel tempo sia essenzialmente costante; rientrano in questa tipologia gli impianti di riscaldamento, climatizzazione, ricambio d'aria, estrazione forzata, il cui parametro di riferimento è L_{Aeq} , livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.

I valori limite di tali parametri cambiano in funzione della destinazione d'uso dell'edificio.

La misura è eseguita nell'ambiente con livello di rumore più elevato e diverso da quello in cui si trova la sorgente: infatti i limiti imposti dal D.P.C.M. 05/12/1997 non sono riferiti agli impianti, ma al rumore che propagano nell'edificio.

Oggetto della presente relazione è la valutazione previsionale del contributo indotto internamente. presso l'aula scolastica maggiormente esposta al piano secondo. dalle canalizzazioni di mandata e ripresa aria ambiente delle unità di trattamento aria dedicata e ubicata sulla copertura del fabbricato: sulla base di tali analisi saranno fornite le indicazioni in merito alle soluzioni di mitigazione acustica da adottare anche per i restanti locali.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.5.1 Impianti aeraulici

Gli impianti aeraulici possono essere di tre tipi: con trattamento centralizzato della portata d'aria totale (*impianti a tutt'aria*), con trattamento centrale della sola aria esterna di rinnovo e trattamento finale locale (*impianti misti*) e con solo trattamento locale.




Negli impianti a tutt'aria, si demanda all'aria trattata centralmente dall'U.T.A. il controllo sia delle condizioni termo-igrometriche dell'ambiente (temperatura e umidità relativa) sia dei parametri di qualità dell'aria (attraverso il ricambio e la filtrazione).

La portata d'aria elaborata comprende in genere una quota di aria esterna di rinnovo e una quota di aria di ricircolo, salvo i casi in cui questo sia esplicitamente vietato dalle normative.

Negli impianti misti, l'UTA tratta sola aria esterna per controllare l'umidità relativa e la qualità dell'aria, mentre il controllo di temperatura è demandato alle unità terminali poste in ambiente.

Negli impianti con solo trattamento locale, il ricambio d'aria e il controllo di temperatura ambiente sono gestiti direttamente dalle unità terminali: si tratta quindi di una soluzione più semplice delle precedenti dal punto di vista della realizzazione e dei costi iniziali, in quanto non prevede né le UTA, né le reti aerauliche.

Nei primi due casi la gestione del comfort interno (temperatura, umidità, qualità dell'aria) risulta più efficace e permette di monitorare contemporaneamente più ambienti, mentre gli impianti con solo trattamento locale sono limitati ad una gestione puntuale per singolo ambiente e/o stanza, nonché meno conveniente dal punto di vista estetico.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Negli impianti a tutt'aria o misti sono generalmente presenti due ventilatori.

- Ventilatore di mandata: preleva l'aria dall'esterno (o da una sezione di miscela, nel caso di impianti con ricircolo), e la fa passare attraverso i vari stadi di riscaldamento/raffrescamento, umidificazione/deumidificazione e filtrazione presenti nell'UTA, inviandola alla rete di mandata.
- Ventilatore di ripresa: è collegato alla rete di estrazione dell'aria dai vari locali, che espelle infine l'aria esausta verso l'esterno; in molti casi, fra sezione di mandata e sezione di ripresa dell'U.T.A. è inserito un recuperatore di energia termica, con lo scopo di ridurre il fabbisogno energetico dovuto al trattamento termoigrometrico dell'aria di rinnovo.

Gli impianti a tutt'aria sono generalmente utilizzati in ambienti a elevato tasso di occupazione, quali cinema, teatri, sale conferenze, aule universitarie, supermercati e impianti sportivi, nonché nei casi in cui è necessario garantire un controllo spinto della contaminazione dell'aria (ospedali, camere bianche, ecc.).




Per questi impianti la portata d'aria è generalmente determinata in base ai carichi termici e assume valori tipicamente compresi fra 3 e 8 volumi/ora, di cui 1-2 volumi di aria esterna e i restanti di aria di ricircolo dell'aria ambiente.

Valori di portata ancora più alti (12-15 vol/h) sono richiesti, ad esempio, in ambienti ospedalieri a elevata intensità di cura, come reparti operatori o di terapia intensiva.

Per impostare correttamente la progettazione acustica di un impianto aeraulico occorre considerare tutte le modalità di generazione del rumore nei sistemi di trattamento e distribuzione dell'aria e valutare la trasmissione di energia vibroacustica sia per via solida che per via aerea.

La sorgente primaria è costituita dal ventilatore: parte della potenza acustica prodotta è irradiata direttamente dalla cassa del ventilatore, parte è trasmessa alla rete aeraulica.

Le sorgenti secondarie sono dovute principalmente al deflusso dell'aria nei condotti e, in misura minore, alla trasmissione sonora attraverso le pareti dei condotti.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Il ventilatore, come tutte le macchine rotanti, genera nel funzionamento vibrazioni, che possono propagarsi alle strutture edilizie e alla rete aeraulica: l'intervento più semplice consiste nel ridurre la trasmissione delle vibrazioni generate dalla rotazione del ventilatore.




Nel caso delle UTA il gruppo motore-ventilatore è montato su un telaio di supporto, che deve sempre essere collegato alla struttura dell'U.T.A. tramite supporti antivibranti: è, inoltre, consigliabile che la stessa U.T.A., così come le unità di sola ventilazione, siano disaccoppiate dalle strutture sottostanti con l'interposizione di uno strato di materiale resiliente.

Un altro accorgimento consigliato è di realizzare il collegamento fra ventilatore e condotti aeraulici attraverso un giunto elastico, costituito ad esempio da un tessuto impermeabile all'aria, al fine di evitare che le vibrazioni generate dalla rotazione del ventilatore siano trasmesse al condotto.

La rete di distribuzione dell'aria è sede di ulteriori fenomeni acustici, che possono essere altrettanto importanti della generazione iniziale dovuta al ventilatore, quali in particolare i fenomeni di rigenerazione del rumore aerodinamico, dovuti ai deflussi turbolenti che si verificano in particolare in punti singolari del condotto quali curve, diramazioni, serrande e diffusori.

Per limitare tali fenomeni è importante agire su due fronti, ovvero limitare la velocità di deflusso dell'aria nei condotti e curare sia il tracciato della rete, sia la realizzazione dei suddetti elementi singolari: per intervenire sulla velocità dell'aria è comune aumentare la sezione della condotta.

Per avere un'idea di quanto influisca sull'emissione acustica la velocità dell'aria, si consideri che una riduzione di velocità del 20% determina una diminuzione del livello di rumore dell'ordine di 5 dB, e di circa 8 dB se la riduzione di velocità è del 30%.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Riguardo al tracciato della rete, sono da preferire curve ad ampio raggio e sono da evitare le strozzature troppo accentuate e le brusche variazioni di sezione, che andrebbero piuttosto realizzate con raccordi progressivi, da prevedere anche in corrispondenza delle diramazioni.

Un adeguato dimensionamento dei volumi tecnici, dei cavedi e dei controsoffitti sono infatti condizioni essenziali per il corretto funzionamento degli impianti con evidenti ripercussioni sulle prestazioni termotecniche, energetiche ed acustiche, nonché sulla possibilità di una efficace manutenzione dei vari componenti di impianto.




Dai valori indicati alla tabella successiva emerge che è buona prassi, nella rete di mandata, prevedere valori di velocità decrescenti quando si procede dal ramo principale (direttamente accoppiato all'U.T.A.) verso i rami secondari e terminali cui sono collegati i diffusori; analogamente, per la rete di estrazione, le velocità saranno crescenti dai rami periferici verso il ramo principale collegato alla sezione di ripresa dell'U.T.A.

Questa scelta presenta una duplice utilità: riduce il rischio di emissione di rumore aerodinamico nei rami più vicini ai diffusori e, quindi, agli spazi occupati e realizza un andamento della pressione statica nella rete più favorevole per un corretto bilanciamento delle portate ai terminali.

Utenza	Residenziale	Terziario	Industriale
Presa aria esterna	2,5	2,5	2,5
Bocca premente ventilatore	7	8	10
Condotto principale	4	6	8
Condotti secondari	3	4	5
Tronchi terminali	2,5	3	4

Figura 28: impianti aeraulici (valori massimi consigliati velocità aria reti mandata, fonte *saint-gobain.com*)

Un ulteriore accorgimento per migliorare le prestazioni dei diffusori e ridurre l'immissione di potenza acustica in ambiente è dotare il diffusore stesso di un plenum, ovvero di un volume in cui l'aria proveniente dal condotto riduce la propria velocità trasformando la pressione dinamica in pressione statica: il plenum, come il tratto terminale del condotto, può essere rivestito di materiale fonoassorbente.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Le tipologie costruttive per i condotti di distribuzione dell'aria sono essenzialmente tre.

- La condotta metallica che, per migliorare la resa acustica ed evitare perdite termiche, può essere isolata esternamente con materiale in lana minerale.
- La condotta preisolata e autoportante realizzata a partire da pannelli in materiale schiumoso (PIR/PUR).
- La condotta preisolata autoportante realizzata a partire da pannelli in lana di vetro tipo *Isover CLIMAVER A2 neto*.

Dal punto di vista delle prestazioni acustiche le tre tipologie si caratterizzano in termini di potere fonoisolante e di assorbimento acustico, da cui deriva una più o meno apprezzabile attenuazione del livello di pressione sonora per unità di lunghezza.

La figura successiva, riferita a un condotto rettangolare di sezione 300x400 mm, fornisce per le tre suddette tipologie i valori di coefficiente di assorbimento acustico α e di attenuazione (dB/5 m) nelle bande di ottava comprese fra 125 Hz e 2 kHz.



Canale metallico isolato esternamente

[Hz]	125	250	500	1000	2000
Assorbimento acustico (α)	0,03	0,03	0,05	0,05	0,03
ΔL (dB/5m)	0,5	0,5	1	1	0,5



Condotta autoportante PUR




[Hz]	125	250	500	1000	2000
Assorbimento acustico (α)	0,02	0,01	0,02	0,13	0,19
ΔL (dB/5m)	0,5	0,5	1	1	0,5



Condotta autoportante Isover CLIMAVER® A2 neto

[Hz]	125	250	500	1000	2000
Assorbimento acustico (α)	0,025	0,6	0,65	0,95	01
ΔL (dB/5m)	8,8	29	33	57	61

Figura 29: impianti aeraulici (proprietà acustiche dei condotti, fonte *saint-gobain.com*)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Le condotte realizzate in materiale a cellule chiuse (metalliche e preisolate in PIR/PUR), essendo materiali rigidi, trasmettono energia vibroacustica: occorre prestare particolare attenzione non solo alla fase progettuale ma anche a quella di installazione che dovrà essere accuratamente rifinita e prevede l'uso di antivibranti e soluzioni di smorzamento delle vibrazioni.




L'assorbimento acustico è quel fenomeno per cui parte dell'energia acustica che colpisce una superficie viene assorbita trasformandosi in calore.

Pertanto, α rappresenta la quantità di energia incidente che tale materiale è in grado di assorbire; è adimensionale e in materiali porosi come la lana di vetro dipende da vari parametri:

- resistenza al flusso d'aria;
- frequenza sonora;
- porosità (volume dell'aria/volume totale);
- tortuosità (geometria della struttura del materiale);
- spessore.

Guardando al caso specifico delle condotte aerauliche, quando l'onda sonora incontra la parete interna della condotta si presentano i seguenti fenomeni:

- una parte dell'energia incidente viene riflessa e continuerà a scorrere all'interno della condotta;
- una parte viene assorbita e trasformata in calore;
- una parte viene trasmessa verso l'esterno della condotta.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.5.2 Attenuazione nelle condotte d'aria

Nella propagazione attraverso la rete di distribuzione dell'aria il rumore si attenua in modo naturale per effetto della dissipazione energetica dovuta alla vibrazione delle pareti dei condotti non perfettamente rigide.

L'azione della pressione sonora fluttuante nei canali mette in vibrazione le pareti trasformando l'energia acustica in energia meccanica che viene in parte irradiata all'esterno del condotto come rumore ed in parte assorbita dallo smorzamento interno, come indicato alla figura successiva.

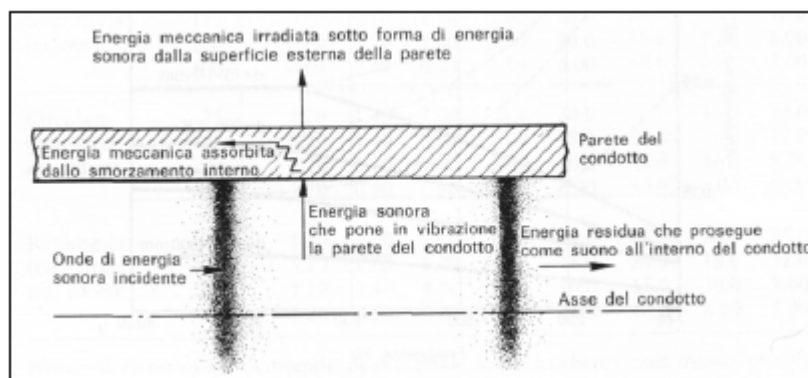


Figura 30: impianti aeraulici (bilancio energetico in un elemento di parete di canalizzazione, fonte Aermec))

Un'analisi accurata del problema richiede la suddivisione dello stesso in tre fasi:

- stima della potenza sonora totale immessa dal ventilatore nel sistema (dati solitamente reperibili dalle schede tecniche e/o certificazioni fornite dal costruttore);
- calcolo dell'attenuazione totale dell'energia immessa per effetto delle varie parti che compongono l'impianto aeraulico (tratti rettilinei, curve, derivazioni, eccetera);
- stima della quantità di energia irradiata dal terminale nell'ambiente ventilato (con riferimento alla bocchetta più prossima al ventilatore a fini cautelativi).

Risulta evidente che ovunque vada l'energia si assiste ad una riduzione del livello di potenza sonora originario lungo il condotto di distribuzione dell'aria: essendo, inoltre, tale processo dissipativo continuo è preferibile esprimere l'entità della perdita per metro di condotto attraversato, pervenendo alla tabelle di seguito riportate.




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

TABELLA 5.2									
Attenuazione (in dB/m) dei condotti rettilinei rigidi									
Sezione	Lato minore o diametro (mm)	Attenuazione (dB/m) secondo la banda d'ottava (Hz)							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Circolare (senza rivestimento)	75 - 199	0.07	0.10	0.16	0.16	0.33	0.33	0.33	0.33
	200 - 399	0.07	0.10	0.10	0.16	0.23	0.23	0.23	0.23
	400 - 799	0.07	0.07	0.07	0.10	0.16	0.16	0.16	0.16
	800 - 1500	0.03	0.03	0.03	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Rettangolare (senza rivestimento)	75 - 199	0.16	0.66	0.49	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	200 - 399	0.48	0.66	0.49	0.33	0.23	0.23	0.23	0.23
	400 - 799	0.50	0.66	0.33	0.23	0.16	0.16	0.16	0.16
	800 - 1500	0.60	0.33	0.16	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07
Circolare (con rivest. esterno)	75 - 199	0.14	0.20	0.35	0.16	0.33	0.33	0.33	0.33
	200 - 399	0.14	0.20	0.20	0.16	0.23	0.23	0.23	0.23
	400 - 799	0.14	0.14	0.14	0.10	0.16	0.16	0.16	0.16
	800 - 1500	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Rettangolare (con rivest. esterno)	75 - 199	0.35	1.30	1.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	200 - 399	1.00	1.30	1.00	0.33	0.23	0.23	0.23	0.23
	400 - 799	1.00	1.30	0.70	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
	800 - 1500	1.00	0.70	0.35	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07
Circolare (con rivest. interno)	75	0.60	0.70	3.50	12.0	30.0	35.0	30.0	25.0
	125	0.60	0.70	2.50	7.00	18.0	24.0	18.0	12.0
	200	0.60	0.70	2.00	3.00	10.0	15.0	10.0	8.00
	400	0.60	0.40	0.40	2.50	6.00	10.0	6.00	5.00
Rettangolare (con rivest. interno)	75	0.60	0.70	3.50	12.0	30.0	35.0	30.0	25.0
	125	0.60	0.70	2.50	7.00	18.0	24.0	18.0	12.0
	200	0.60	0.70	2.00	3.00	10.0	15.0	10.0	8.00
	400	0.60	0.40	0.40	2.50	6.00	10.0	6.00	5.00
Circolare (con rivest. int. ed est.)	75	1.20	1.40	7.00	12.0	30.0	35.0	30.0	25.0
	125	1.20	1.40	5.00	7.00	18.0	24.0	18.0	12.0
	200	1.20	1.40	4.00	3.00	10.0	15.0	10.0	8.00
	400	1.20	0.80	0.80	2.50	6.00	10.0	6.00	5.00
Rettangolare (con rivest. int. ed est.)	75	1.20	1.40	7.00	12.0	30.0	35.0	30.0	25.0
	125	1.20	1.40	5.00	7.00	18.0	24.0	18.0	12.0
	200	1.20	1.40	4.00	3.00	10.0	15.0	10.0	8.00
	400	1.20	0.80	0.80	2.50	6.00	10.0	6.00	5.00

Nota - Il rivestimento s'intende di materiale fonoassorbente con massa specifica di 35 - 40 kg/m³ e spessore di 50 mm.

Figura 31: impianti aeraulici (attenuazione per condotti rettilinei rigidi, fonte Aermec)

E' importante sottolineare che alla basse frequenze i condotti a sezione rettangolare attenuano maggiormente di quelli a sezione circolare; questo è legato al fatto che a tali frequenze l'attenuazione è inversamente proporzionale alla rigidità che è relativamente maggiore nel caso di condotti a sezione circolare.

Alle alte frequenze i valori di attenuazione sono comparabili in quanto la trasmissione del rumore attraverso i divisori dipende, invece, dalla massa per unità di superficie del divisorio: a parità di massa, la dispersione del rumore è la stessa.



Morlini Engineering

Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997
e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)

Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2

REV. 0 - 2021



DATA: 08/09/2021




Gomiti a sezione rettangolare	Lato minore della sezione (mm)	Attenuazione (dB) secondo la banda d'ottava (Hz)							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Con alette deflettrici (senza rivestimento)	75 - 140	0	0	0	0	0	1	2	3
	150 - 275	0	0	0	0	1	2	3	3
	300 - 575	0	0	0	1	2	3	3	3
	600 - 950	0	0	1	2	3	3	3	3
	975 - 1100	0	1	2	3	3	3	3	3
	1105 - 1350	1	2	3	3	3	3	3	3
	1375 - 1500	1	2	3	3	3	3	3	3
Senza alette deflettrici (senza rivestimento)	75 - 100	0	0	0	0	1	7	7	3
	115 - 140	0	0	0	0	5	8	4	3
	150 - 200	0	0	0	1	7	7	4	3
	225 - 275	0	0	0	5	8	4	3	3
	300 - 400	0	0	1	8	6	3	3	3
	425 - 575	0	0	6	8	4	3	3	3
	600 - 825	0	3	8	5	3	3	3	3
	850 - 950	0	5	8	4	3	3	3	3
	975 - 1100	0	6	8	4	3	3	3	3
	1125 - 1350	0	8	6	3	3	3	3	3
	1375 - 1500	0	8	5	3	3	3	3	3
Senza alette deflettrici (con rivest. interno)	75 - 100	0	0	0	0	2	13	18	18
	115 - 140	0	0	0	1	7	16	18	16
	150 - 200	0	0	0	2	13	18	18	16
	225 - 275	0	0	1	7	16	18	16	17
	300 - 400	0	0	4	14	18	18	16	18
	425 - 575	0	1	8	17	18	16	17	18
	600 - 825	0	4	15	18	17	17	18	18
	850 - 950	0	5	16	18	17	17	18	18
	975 - 1100	1	8	17	18	16	17	18	18
	1125 - 1350	2	12	18	18	16	18	18	18
	1375 - 1500	3	14	18	18	17	18	18	18
Derivazione a T (rivestimento solo nella derivazione)	75 - 100	0	0	0	0	2	11	14	13
	115 - 140	0	0	0	1	8	14	14	13
	150 - 200	0	0	0	2	11	13	13	12
	225 - 275	0	0	1	6	14	13	13	11
	300 - 400	0	0	3	12	13	12	12	10
	425 - 575	0	2	9	14	12	10	11	10
	600 - 825	0	4	13	13	11	10	10	10
	850 - 950	0	5	14	13	11	10	10	10
	975 - 1100	0	7	14	13	11	10	10	10
	1125 - 1350	0	11	14	12	10	10	10	10
	1375 - 1500	0	12	14	11	10	10	10	10

Nota - Il rivestimento s'intende di materiale fonoassorbente con massa specifica di 35-40 kg/m³ e spessore di 50 mm.

Figura 32: impianti aeraulici (attenuazione per raccordi a gomito rigidi, fonte Aermec)

In tale tipologia di condotti, più che dallo smorzamento o dall'assorbimento interno, l'attenuazione è in prevalenza legata alla riflessione in direzione della sorgente: in funzione di ciò è logico che l'attenuazione maggiore la si ottenga con una curva a 90°.

Vi sono poi picchi di attenuazione alle frequenze cui la lunghezza d'onda è doppia rispetto alla lunghezza del condotto: in generale, è possibile affermare che l'attenuazione prodotta da una curva è direttamente proporzionale alla resistenza aerodinamica offerta.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

In corrispondenza delle derivazioni l'attenuazione acustica è legata essenzialmente alla ripartizione della potenza sonora complessiva nei condotti secondari.

A tale proposito è possibile, senza commettere errori rilevanti, assumere che l'energia proveniente dal condotto principale si distribuisca nei condotti secondari nella stessa misura in cui lo fa la portata.

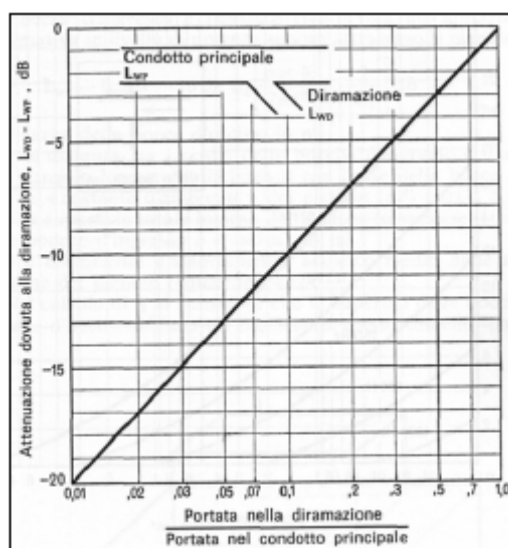


Figura 33: impianti aeraulici (attenuazione per diramazioni, fonte Aermec)

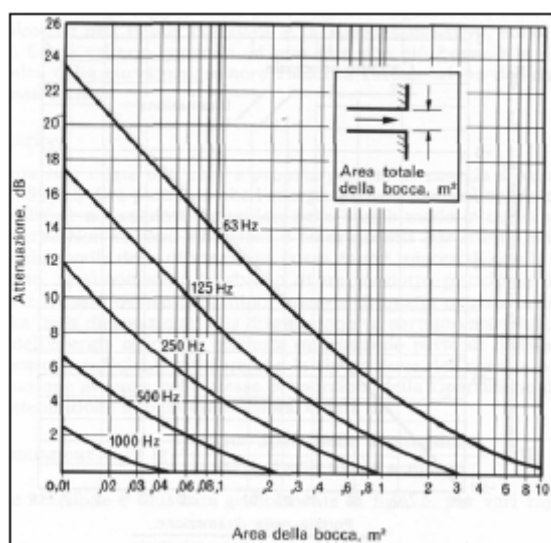





Figura 34: impianti aeraulici (attenuazione per terminali di condotto, fonte Aermec)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.5.3 Analisi previsionale (descrizione delle sorgenti di rumorosità)

Scopo delle analisi successive è valutare, in previsione, come in precedenza indicato, il contributo di rumorosità indotto attraverso le canalizzazioni di mandata e presa aria dell'unità di trattamento aria dedicata posta in copertura, nei confronti dell'aula scolastica maggiormente esposta, ubicata al piano secondo (*aula 19*), nella condizione a finestre chiuse associata al corretto funzionamento dell'impianto medesimo.

Si riportano nella tabella successiva valori massimi di rumorosità di progetto relativi alle sorgenti in esame, come da schede tecniche e/o certificazioni fornite dalla casa produttrice (mandata e ripresa aria ambiente già comprese di silenziatore).

Supply									
Sound Power (dB)	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	AVG dB (A)
Fan Inlet	75	84	75	71	69	67	63	64	76
Fan Outlet	80	89	80	81	78	76	73	69	84
Unit Inlet	74	67	58	54	45	35	11	12	56
Unit Outlet	71	74	52	43	30	29	40	42	58
Airborne	66	77	64	63	60	56	53	35	66
Pressure (1m) *	55	66	53	52	49	45	42	24	55




* Simple source in free field, spherical propagation

Figura 35: scheda tecnica (CTA03, potenza sonora canale di mandata, fonte *Daikin*)

Return									
Sound Power (dB)	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	AVG dB (A)
Fan Inlet	89	86	82	78	72	70	67	72	80
Fan Outlet	89	90	86	86	82	80	76	77	88
Unit Inlet	80	70	53	39	21	19	26	37	57
Unit Outlet	89	90	86	86	82	80	76	77	88
Airborne	75	78	70	68	64	60	56	43	70
Pressure (1m) *	64	67	59	57	53	49	45	32	59

* Simple source in free field, spherical propagation

Figura 36: scheda tecnica (CTA03, potenza sonora canale di ripresa, fonte *Daikin*)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Al fine di ridurre il contributo di rumorosità registrabile all'interno degli ambienti scolastici sarà prevista l'installazione di silenziatori opportunamente dimensionati sulle canalizzazioni di mandata e ripresa aria ambiente, immediatamente a valle delle macchine, nonché di ulteriori silenziatori all'interno delle aule scolastiche.

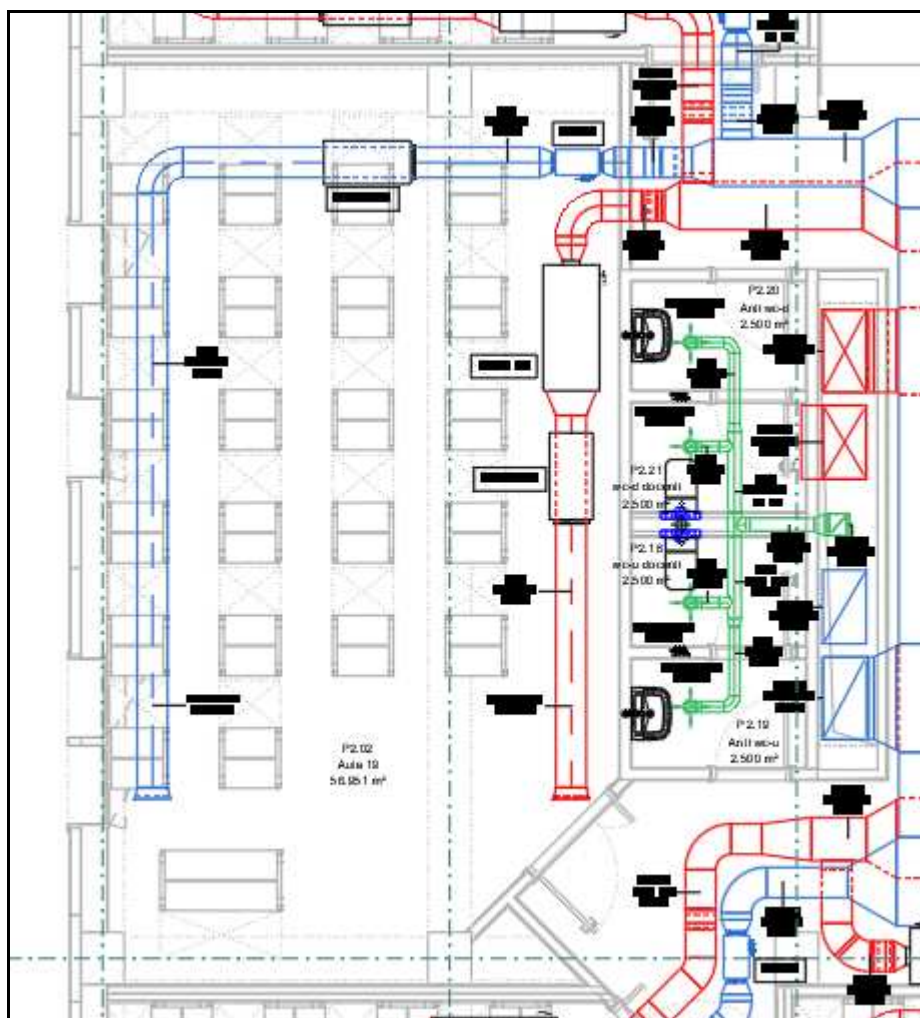





Figura 37: elaborati progettuali (pianta piano secondo, impianti aeraulici / canalizzazioni aula 19)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.5.4 Analisi previsionale (impianti a funzionamento continuo, contributo interno)




Il modello di calcolo contenuto all'interno della norma UNI EN 12354-5 :2009 *"Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici"* risulta di applicazione complessa nella sua integrità: si procederà, pertanto ed in modo cautelativo, ad una stima del contributo di rumorosità indotto all'interno dei locali maggiormente esposti sulla base delle indicazioni contenute all'interno del paragrafo 2.5, considerando lo schema di canalizzazioni semplificato di seguito riportato.

Percorso canalizzazione di mandata (da U.T.A. Daikin in copertura a aula 19)

- ventilatore di mandata con silenziatore / gomito (senza rivestimento);
- condotto rettangolare rivestito esternamente ($l \geq 4,0$ m);
- gomito (senza rivestimento) + gomito (senza rivestimento);
- condotto rettangolare rivestito esternamente ($l \geq 1,0$ m);
- gomito (senza rivestimento) + gomito (senza rivestimento);
- condotto rettangolare rivestito esternamente ($l \geq 2,0$ m);
- gomito (senza rivestimento) + gomito (senza rivestimento);
- condotto rettangolare rivestito esternamente ($l \geq 2,0$ m);
- silenziatore tipo Officine Volta 20.10_1000;
- condotto circolare rivestito esternamente ($l \geq 2,5$ m) / bocchette.

Percorso canalizzazione di ripresa (da U.T.A. Daikin in copertura 2 a aula 19)

- ventilatore di ripresa con silenziatore;
- condotto rettangolare rivestito esternamente ($l \geq 1,0$ m);
- gomito (senza rivestimento) + gomito (senza rivestimento);
- condotto rettangolare rivestito esternamente ($l \geq 1,0$ m);
- gomito (senza rivestimento) + gomito (senza rivestimento);
- condotto rettangolare rivestito esternamente ($l \geq 2,0$ m);
- gomito (senza rivestimento) + gomito (senza rivestimento);
- condotto rettangolare rivestito esternamente ($l \geq 2,0$ m);
- silenziatore tipo Officine Volta 20.10_1000;
- condotto circolare rivestito esternamente ($l \geq 3,0$ m) / bocchette.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

L'area di assorbimento equivalente dell'ambiente è pari ad $A = 0,161 V / T_{60}$, dove V rappresenta il volume dell'ambiente ricevente e T_{60} il tempo di riverberazione, cautelativamente stimato in 0,8 s come da precedente analisi.

Il livello di pressione sonora in ambiente, ipotizzando campo diffuso, può essere stimato tramite la seguente formula: $L_p = L_w - 10\log A + 6$.




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Tabella 27: analisi previsionale (pressione sonora presso l'aula maggiormente esposta, mandata)

Frequenze							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w mandata							
71,0	74,0	52,0	43,0	30,0	29,0	40,0	42,0
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
ΔdB condotto							
4,0	5,2	2,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
ΔdB condotto							
1,0	1,3	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
ΔdB condotto							
2,0	2,6	2,0	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
ΔdB condotto							
2,0	2,6	2,0	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
Silenziatore							
7,0	7,0	19,0	28,0	38,0	35,0	20,0	12,0
ΔdB condotto							
0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
Bocchette							
13,0	8,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pesatura A							
26,2	16,1	8,6	3,2	0,0	-1,2	-1,0	1,1
L_w in ambiente							
15,5	30,7	5,4	-5,7	-31,3	-28,1	-2,3	5,6
L_w mandata (emissione ambiente)				30,9	dB(A)		
L_p mandata (emissione ambiente)				20,7	dB(A)		
					1,18E+02		




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Tabella 28: analisi previsionale (pressione sonora presso l'aula maggiormente esposta, ripresa)

Frequenze							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w presa							
80,0	70,0	53,0	39,0	21,0	19,0	26,0	37,0
ΔdB condotto							
1,0	1,3	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
ΔdB condotto							
1,0	1,3	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
ΔdB condotto							
2,0	2,6	2,0	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Gomito senza rivestimento							
0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
ΔdB condotto							
2,0	2,6	2,0	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
Silenziatore							
7,0	7,0	19,0	28,0	38,0	35,0	20,0	12,0
ΔdB condotto							
0,4	0,6	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Bocchette							
13,0	8,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pesatura A							
26,2	16,1	8,6	3,2	0,0	-1,2	-1,0	1,1
L_w in ambiente							
27,4	30,5	9,4	-7,3	-36,9	-34,7	-12,9	4,0
L_p in ambiente				32,3	dB(A)		
Livello di pressione sonora in ambiente				22,1	dB(A)	1,63E+02	







 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Tabella 29: analisi previsionale (pressione sonora presso l'aula maggiormente esposta, complessivo)

Livello di pressione sonora in ambiente	20,7	dB(A)	
Livello di pressione sonora in ambiente	22,1	dB(A)	
Livello di pressione sonora totale in ambiente	24,5	dB(A)	

I valori ottenuti per l'indice L_{Aeq} (livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A, livello massimo di rumorosità per impianti tecnologici a funzionamento continuo) risultano, in previsione, conforme al limite di legge fissato a 25 dB per gli edifici associati alla categoria E, adibiti ad uso attività scolastiche e/o assimilabili, come indicato al D.P.C.M. 05/12/1997.

Tali valori, risultano, inoltre, conformi al limite di 28 dB, indicato all'interno del prospetto A.1 della norma UNI 11367 (prestazione superiore) ai sensi Decreto 11 Ottobre 2017 "*Criteri ambientali minimi*", non avendo considerato in modo peggiorativo nessuna correzione previsionale per il tempo di riverberazione del locale maggiormente esposto.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

2.5.5 Analisi previsionale (riepilogo prescrizioni, silenziatori lungo le canalizzazioni)




- In generale deve essere prevista in la posa di silenziatori a valle dei ventilatori di tutte le unità di trattamento aria (sia per le canalizzazioni di mandata e ripresa aria ambiente, che di espulsione e presa aria esterna), con l'aggiunta di ulteriori silenziatori di lunghezza sulle canalizzazioni di mandata e ripresa aria ambiente in ingresso ai locale *serviti* (questi ultimi tipo Officine Volta 20.10_1000).
- In ogni caso, al fine di poter garantire, in opera, risultati conformi a quanto calcolato preventivamente si raccomanda una ulteriore riduzione della potenza sonora alle frequenze di 63 Hz e 125 Hz per le canalizzazioni di mandata e ripresa aria ambiente, che dovranno assestarsi su un valore di 70 dB.

SMORZAMENTO

Superficie setti totalmente rivestita con velovetro nero.

Spessore setto	Passaggio aria	Lunghezza	Frequenze						
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
mm	mm	mm	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
200	100	500	4	10	15	20	18	12	6
		1000	7	19	28	38	35	20	12
		1500	9	26	40	50	50	29	15
		2000	11	35	50	50	50	37	21

Figura 38: scheda tecnica (esempio silenziatori tipo, fonte *Officine Volta*)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

3. Interventi volti al rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici

3.1 Isolamento acustico per via aerea

Sia in fase di progettazione che di realizzazione è utile tenere presente alcuni accorgimenti per evitare la presenza di percorsi preferenziali di propagazione del rumore e di conseguenza incrementare l'isolamento acustico globale.

Nella realizzazione della muratura, il mancato riempimento con malta dei giunti verticali tra i blocchi, anche se in presenza di intonaco, costituisce una via preferenziale di trasmissione del rumore (esempio in figura successiva, soluzione corretta a destra).

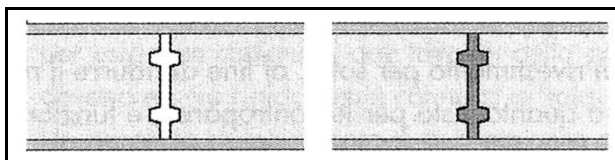


Figura 39: accorgimenti costruttivi (corretto riempimento di malta tra i giunti verticali)

Gli impianti possono essere annegati nella muratura, senza particolari effetti secondari, se le dimensioni delle tracce sono limitate e ben riempite di malta (esempio in figura successiva, soluzione corretta a destra).

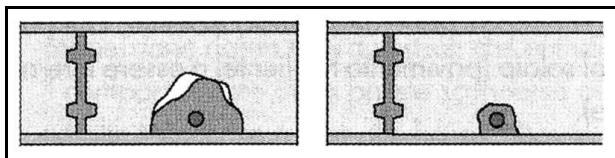





Figura 40: accorgimenti costruttivi (corretto riempimento di malta per impianti annegati nella muratura)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Il pavimento ed il relativo sottofondo devono essere separati dalla parete divisoria, possibilmente con l'interposizione di materiale elastico; percorsi preferenziali di trasmissione del rumore si presentano nel caso di pareti divisorie al di sotto di solai realizzati con pignatte forate sistemate con travetti ortogonali rispetto al tramezzo (esempio in figura successiva).

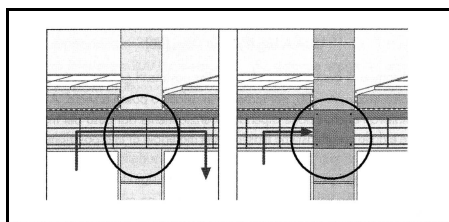





Figura 41: accorgimenti costruttivi (corretto riempimento di malta per impianti annegati nella muratura)

Per evitare le perdite di rumore al di sotto della parete attraverso il solaio è necessario aver realizzato il pavimento galleggiante ed aver posto in opera una fascia tagliamuro. Posizionata sotto tutte le tramezze interne al locale (compreso il solo tavolato interno del muro perimetrale) essa riduce la componente di rumore che passa dai muri al locale adiacente (quantificabile in circa 3/5 dB a seconda dei casi).



Figura 42: accorgimenti costruttivi (posa fascia tagliamuro sottoparete)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Nelle pareti perimetrali, in corrispondenza dei tramezzi, occorre *interrompere* le continuità delle intercapedini: si deve prestare attenzione, tuttavia, al possibile instaurarsi di ponti termici e di conseguenti vie preferenziali di trasmissione del calore.

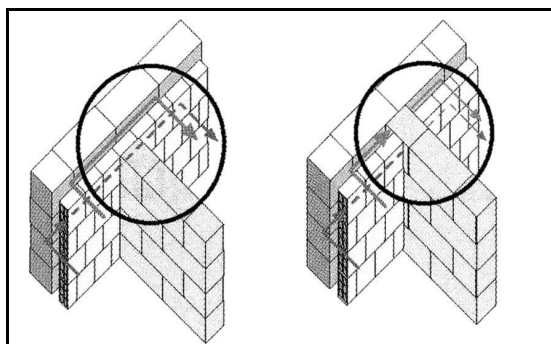


Figura 43: accorgimenti costruttivi (interruzione continuità in corrispondenza pareti perimetrali)

Una posizione ravvicinata di eventuali aperture, quali finestre o porte, nelle strutture laterali rispetto al divisorio, può facilitare la trasmissione del rumore.

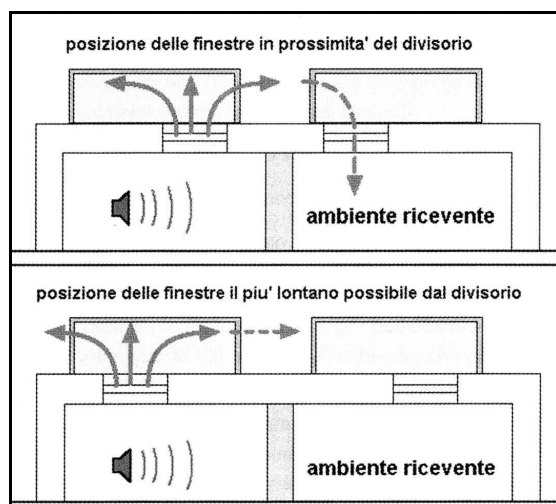





Figura 44: accorgimenti costruttivi (trasmissione rumore attraverso aperture esterne)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Sono da evitare tracce scatole elettriche contrapposte che comporterebbero ponti acustici di notevole entità: il completo riempimento dell'intercapedine può in parte eliminare tali penalizzazioni o, in alternativa, può essere previsto il loro inserimento in appositi moduli fonoisolanti.

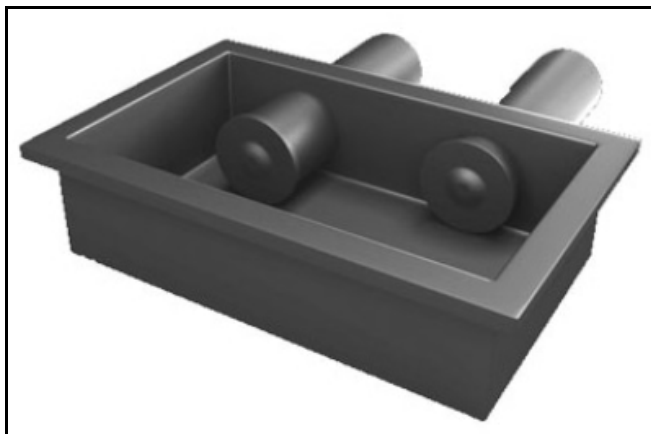


Figura 45: accorgimenti costruttivi (esempio modulo fonoisolante per scatole elettriche)

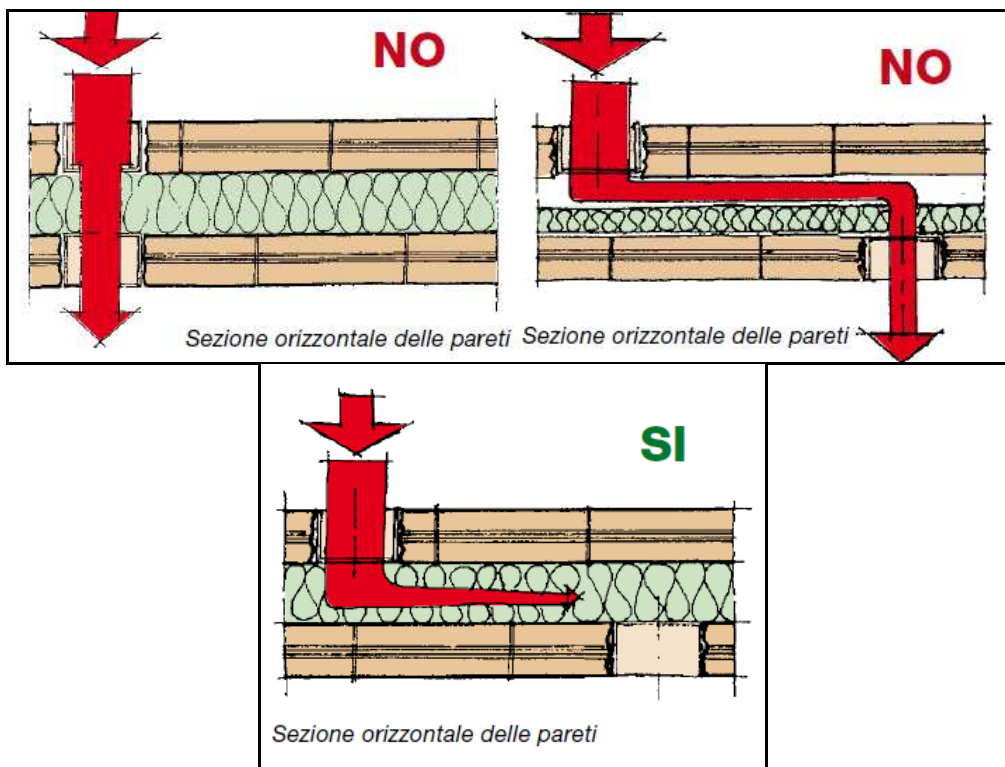





Figura 46: accorgimenti costruttivi (scatole elettriche, riempimento intercapedine)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Nel caso in cui all'interno di una parete fonoisolante sia contenuto un pilastro esso costituisce un ponte acustico (oltre che termico) specie se in calcestruzzo armato.




La correzione del ponte acustico si realizza di norma mediante fasciatura dello stesso con materiale elastico e successivo ricoprimento con una piccola tavella da intonacare.

Nei casi in cui, per problemi di spessore non si riesce a chiudere con una tavella si può fissare direttamente sull'isolante, con tasselli in nylon, una robusta rete portaintonaco e procedere alla finitura della parete con particolare attenzione alle fessurazioni.

Esistono dei setti verticali come ad esempio vani scale, vani ascensori e pilastri che collegano rigidamente tutta la struttura dalle fondazioni all'ultimo solaio che però non possono essere "tagliati" acusticamente.

In questi casi si procede alla fasciatura mediante specifici materiali ed al successivo rivestimento ove possibile con una tavella da 4/5 cm oppure con pannelli in gesso rivestito o lana di legno o con semplice rete porta-intonaco.

Anche le scale stesse possono essere un veicolo per il passaggio del rumore all'interno della struttura ed andrebbero realizzate con i singoli gradini galleggianti e poi svincolate dalla struttura portante.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

3.2 Isolamento di facciata

I serramenti contribuiscono in maniera determinante all'isolamento complessivo della facciata: tali elementi dovranno essere installati in opera in modo da evitare il passaggio dell'aria (e quindi dei rumori) lungo il perimetro.

L'indice di potere fonoisolante dei serramenti dovrà essere certificato dal fornitore degli stessi mediante i risultati di prove di laboratorio conformi alla normativa tecnica vigente (UNI ES ISO 10140): la prova dovrà riguardare l'intero serramento (telaio + vetro).




Nel caso in cui i serramenti siano dotati di cassonetto la prova dovrà riguardare l'intero sistema monoblocco (telaio + vetro + cassonetto) con avvolgibile alzato (finestra non oscurata): in alternativa sarà possibile considerare separatamente i certificati di finestre e cassonetti.

Il fornitore dei serramenti dovrà indicare tutte le prescrizioni di corretta posa in opera dei propri sistemi: tali prescrizioni dovranno risultare conformi a quanto indicato per la posa in opera nelle prove di laboratorio.

Estrema cura viene raccomandata nella realizzazione e nella posa delle guarnizioni, che dovranno essere prive di rotture e, per quanto possibile, continue lungo tutto il perimetro del serramento; inoltre, particolare attenzione dovrà essere posta nella realizzazione degli angoli.

Tra falso telaio e telaio si raccomanda l'interposizione di materiale fibroso fonoassorbente o, in alternativa, l'utilizzo di schiume che riempiano completamente l'intercapedine: il telaio fisso dovrà essere giuntato sul perimetro interno ed esterno utilizzando silicone: è da preferirsi la realizzazione della mazzetta esterna rispetto alla posa in luce.

Per quanto riguarda le finestre e porta-finestre occorre che le prestazioni acustiche certificate in laboratorio di queste, intese come complesso *“vetro + serramento”* nel complesso, siano per ciascun serramento relativo ad ambienti abitativi, pari o superiori a quelle sopra indicate.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Si ritiene necessario effettuare la scelta dei serramenti sulla base di certificazioni di laboratorio eseguite su un campione avente la stessa tipologia di apertura dei serramenti di progetto, lo stesso numero di ante e una superficie simile a quella dei serramenti di progetto (non inferiore al 50%).

Se la condizione sulla dimensione non risulta rispettata occorre considerare i coefficienti correttivi riportati nella seguente tabella (Allegato B della UNI EN 14351-1), che devono essere sommati alle prestazioni acustiche richieste per i serramenti:




Window size range		Sound insulation value for window
Test results (see B.2) for test specimen of any size	Tabulated values (see B.3) ^a	
-100% to +50% of test specimen overall area	Overall area $\leq 2,7 \text{ m}^2$	$R_{w, \text{tab}}$ and $R_{w, \text{tab}} + C_{tr}$ according to B.2 or B.3
+50% to +100% of test specimen overall area	$2,7 \text{ m}^2 < \text{Overall area} \leq 3,6 \text{ m}^2$	$R_{w, \text{tab}}$ and $R_{w, \text{tab}} + C_{tr}$ corrected by -1 dB
+100% to +150% of test specimen overall area	$3,6 \text{ m}^2 < \text{Overall area} \leq 4,6 \text{ m}^2$	$R_{w, \text{tab}}$ and $R_{w, \text{tab}} + C_{tr}$ corrected by -2 dB
> +150% of test specimen overall area	$4,6 \text{ m}^2 < \text{Overall area}$	$R_{w, \text{tab}}$ and $R_{w, \text{tab}} + C_{tr}$ corrected by -3 dB

^a The area intervals indicated for tabulated values are identical to the intervals for test results according to B.2 using the recommended test specimen size 1,23 m x 1,48 m.

Figura 47: accorgimenti costruttivi (coefficienti correttivi UNI EN 14351.1 allegato B)

Le prestazioni in opera dei serramenti in generale dipendono, oltre che dalle sue caratteristiche intrinseche, dalla qualità dei vari componenti che lo costituiscono, dalla qualità del loro assemblaggio, dalla qualità del montaggio sul muro e da quella del muro medesimo.

Le soluzioni scelte devono garantire di eseguire al meglio il raccordo tra infisso e muratura, riducendo quanto più possibile la presenza di spazi d'aria tra telaio fisso e muratura attraverso la creazione di un giunto dotato di adeguati cordoli di sigillatura e di eventuali materiali di riempimento.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

La posa in opera del serramento dovrà essere realizzata minimizzando l'esposizione del falso telaio e garantendo che esso sia protetto da materiale isolante sufficiente ad evitare perdite di prestazione; ovvero in sede esecutiva la D.L. dovrà richiedere al serramentista che esso fornisca un serramento con telaio tale da ricreare le condizioni di prova in laboratorio del serramento medesimo; se ciò non dovesse essere soddisfatto i certificati di misura non saranno ritenuti validi e, quindi, per validare la scelta di un serramento darà necessaria una misura di isolamento di facciata in opera durante le fasi di cantiere.

La posa del serramento dovrà avvenire secondo la normativa UNI 11673-1:2017 *“Posa in opera di serramenti”*.

Si riporta di seguito un esempio di corretta posa con giunto in luce e giunto in battuta di un generico telaio. Il giunto per la posa del telaio in luce è costituito dai seguenti componenti messi in opera nell'ordine sotto riportato:

- si applica un cordolo sigillante sulle tre spallette di battuta del vano finestra e sul davanzale, avendo cura di raccordarli;
- una volta inserito e fissato il telaio del serramento all'interno del vano murario, occorre eseguire l'operazione di riempimento del giunto con materiale espandente;
- effettuare la sigillatura della parte interna del giunto con sigillante;
- effettuare la sigillatura della piccola fuga che rimane tra la muratura e il serramento sulla parte esterna del giunto con sigillante.

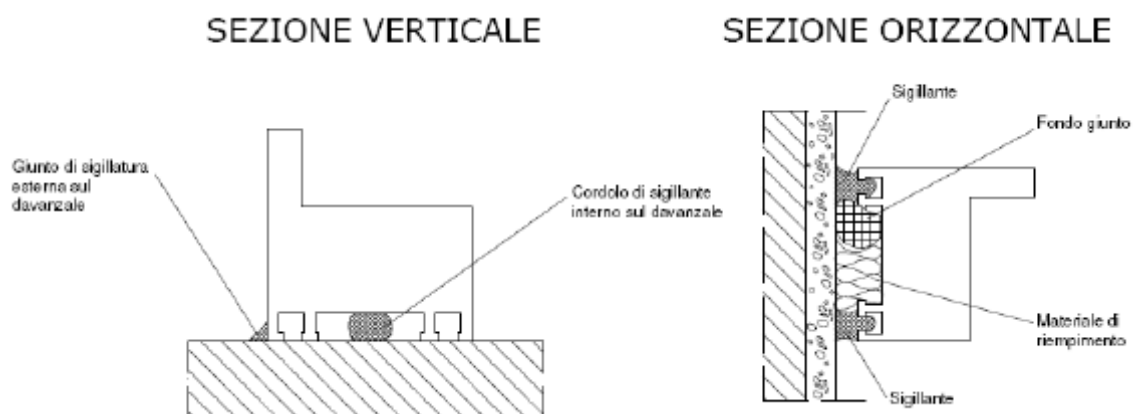





Figura 48: accorgimenti costruttivi (corretta sigillatura del giunto in luce)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Ai fini dell'isolamento acustico un giunto in battuta funziona meglio di un giunto in luce, soprattutto se il giunto non è stato realizzato correttamente.

Per la creazione del giunto a battuta su spalletta a centro muro o a mazzetta si riportano i componenti da utilizzare e la successione delle operazioni da effettuare al fine di ottenere un giunto efficacemente sigillato e coibentato:

- si applica un cordolo sigillante sulle tre spallette di battuta del vano finestra e sul davanzale, avendo cura di raccordarli;
- una volta inserito e fissato il telaio del serramento all'interno del vano murario, occorre eseguire l'operazione di riempimento del giunto con materiale espandente;
- effettuare la sigillatura della parte interna del giunto con sigillante;
- effettuare la sigillatura della piccola fuga che rimane tra la muratura e il serramento sulla parte esterna del giunto con sigillante.

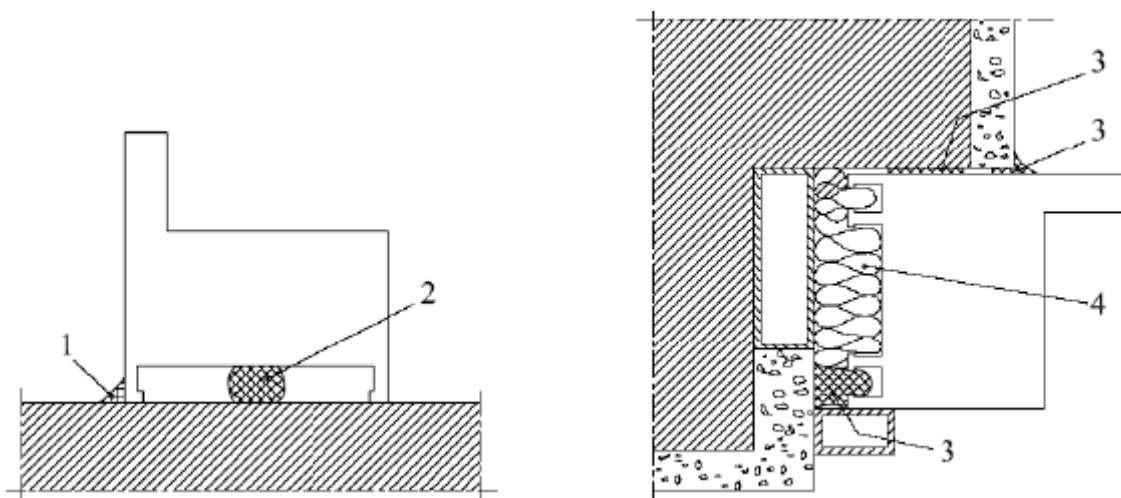





Figura 49: accorgimenti costruttivi (corretta sigillatura del giunto in battuta)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

3.3 Rumore di calpestio

Le modalità di realizzazione di un *pavimento galleggiante* con caratteristiche isolanti sono descritte nei punti successivi.

- Pulire la superficie del solaio e liberarla da qualsiasi residuo.
- Raccordare al solaio con malta cementizia eventuali tubazioni.
- Realizzare un piano di posa dell'isolante che copra interamente le tubazioni, mediante uno strato livellato di sabbia resa stabile con cemento (le operazioni descritte possono essere evitate se la superficie del solaio si presenta senza tubazioni e inoltre ben livellata e priva di grumi o di asperità).
- Svolgere e tagliare a misura il materiale isolante, ricoprendo totalmente il solaio; nel caso di rotoli di materiale bitumoso, la faccia rivestita con bitume deve essere posata verso l'alto ed i bordi devono sormontarsi di 4/5 cm, in modo da realizzare una buona continuità dello strato insonorizzante.
- Risvoltare l'isolante lungo pareti e pilastri per evitare collegamenti rigidi tra la pavimentazione e le altre strutture dell'edificio; l'altezza dei risvolti deve superare di poco quella della pavimentazione finita; l'isolante deve essere piegato ad angolo retto tra piano orizzontale e verticale per evitare la formazione di vuoti tra feltro e soletta.
- Realizzare un massetto di ripartizione di spessore adeguato ai carichi previsti.
- Realizzare la prevista pavimentazione.
- Rifilare l'eccesso di isolante al di sopra del pavimento finito.
- Applicare il battiscopa.

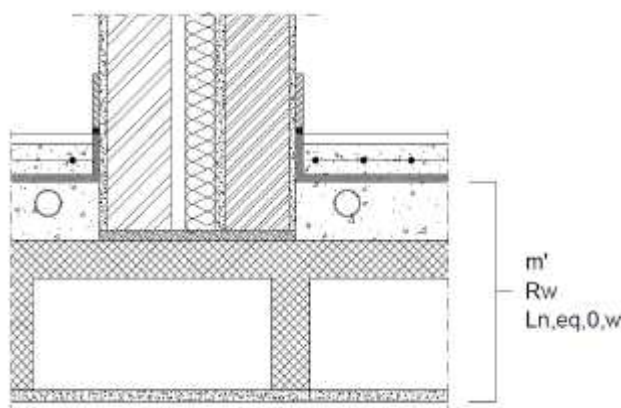





Figura 50: accorgimenti costruttivi (stratigrafia tipo per isolamento ai rumori di calpestio)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

3.4 Impianti tecnologici




Le caratteristiche di protezione acustica che caratterizzano gli elementi costruttivi di qualunque immobile non sono sufficienti a definire il comportamento delle varie parti dell'edificio stesso a costruzione ultimata: i valori che si registrano in opera sono, in realtà, diversi da quelli che si misurano in laboratorio.

Le prestazioni acustiche degli elementi edilizi sono in larga misura condizionate da una corretta esecuzione: *la perfetta continuità degli elementi, sotto il profilo della tenuta all'aria e la realizzazione di collegamenti elastici sono, ad esempio, alcune delle caratteristiche che favoriscono l'isolamento in opera*, senza contare che differenti caratteristiche dimensionali, in ambienti delimitati da elementi costruttivi che presentano analoghe proprietà isolanti, danno luogo a diversi gradi di protezione acustica.

La possibilità di effettuare una valutazione delle prestazioni acustiche degli elementi costruttivi è condizionata, perciò, dall'acquisizione di criteri, tendenzialmente approssimati, che possono costituire anche gli strumenti per la formulazione di richieste specifiche; inoltre, le condizioni di isolamento acustico che si verificano in opera tra due ambienti diversi o tra un locale particolarmente rumoroso con l'ambiente esterno, separati da un elemento costruttivo, non dipendono solamente dal valore raggiunto dal potere fonoisolante.

In realtà la trasmissione delle onde sonore si verifica in maniera diretta attraverso gli elementi edilizi, ma presenta anche altre componenti: vari fattori tendono, infatti, a ridurre le capacità isolanti degli elementi costruttivi rispetto ai valori rilevati in laboratorio.

Le modalità di esecuzione, la trasmissione indiretta dell'energia sonora, la presenza di passaggi tecnologici ed altre cause possono abbassare in modo anche consistente le prestazioni acustiche a costruzione ultimata.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

In generale, l'inserimento di canalizzazioni per gli impianti nelle pareti divisorie, con la creazione di veri e propri ponti acustici, altera le prestazioni di isolamento.

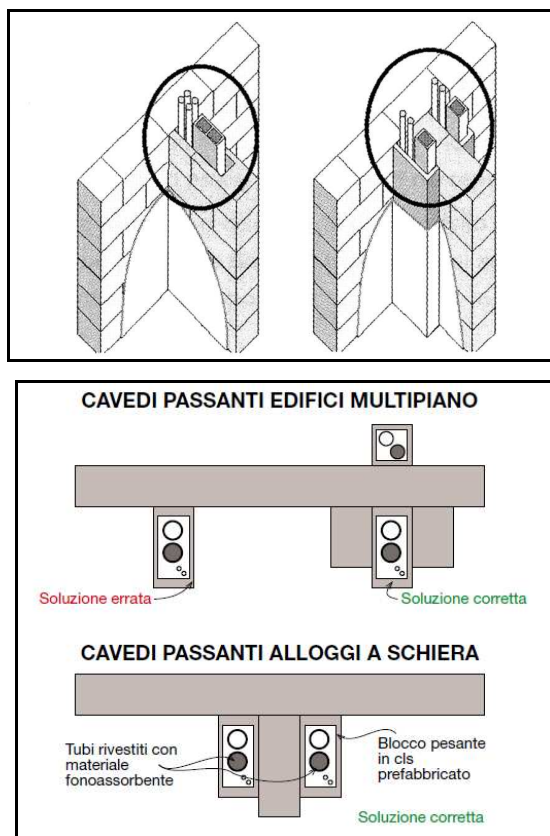





Figura 51: accorgimenti costruttivi (coretto posizionamento dei passaggi impiantistici)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

3.4.1 Impianti tecnologici a funzionamento continuo




Per impianti a funzionamento continuo si intendono impianti di riscaldamento, aerazione e/o condizionamento, nonché quello elettrico, seppur quest'ultimo in misura minore.

La trasmissione dei rumori per questa tipologia di impianti avviene sia per via aerea, sia per il propagarsi delle vibrazioni trasmesse direttamente alle partizioni su cui si poggiano le macchine stesse e/o alla rete delle tubazioni.

Negli impianti di riscaldamento le principali sorgenti di rumorosità sono costituite dal bruciatore, dalla caldaia, dalla pompa e dai collegamenti alla struttura muraria dell'impianto di distribuzione, dove si generano vibrazioni che si trasmettono alle tamponature, mentre il rumore causato dal bruciatore e dalla pompa durante le varie fasi di esercizio viene trasmesso per via aerea

Le vibrazioni della caldaia e/o della pompa si trasmettono a distanza anche lungo le tubazioni dell'impianto: pertanto, gli impianti medesimi dovranno essere disaccoppiati dalla base di posa mediante opportuni supporti antivibranti: analogamente le pompe ed i camini saranno collegati alle tubazioni e alla canna fumaria (da alloggiarsi di preferenza in un apposito cavedio tecnico) con appositi manicotti elastici.

Gli accorgimenti riportati si rendono necessari per garantire, in via previsionale, il rispetto dei valori limite indicati all'interno del D.P.C.M. 05/12/1997: tali valori, non stimabili univocamente in via previsionale, dovranno essere confermati a lavori ultimati con le misurazioni di collaudo previste dalla vigente normativa in materia.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

3.4.2 Impianti tecnologici a funzionamento discontinuo

Per servizi a funzionamento discontinuo si intendono scarichi, ascensori, eccetera; particolare attenzione dovrà essere fatta agli scarichi, generalmente causa principale del mancato rispetto di tali limiti.




Un'adeguata progettazione nell'ubicazione degli scarichi e, soprattutto, l'impiego di materiali specifici, sono essenziali per la concreta riduzione del rumore derivante dall'uso delle condotte; la costruzione di una protezione in muratura intorno agli scarichi, pur se di consistente spessore, non è sufficiente ad assorbire adeguatamente e da sola il rumore prodotto durante il passaggio delle acque.

L'attenuazione dell'onda sonora nelle pareti dei tubi dipende essenzialmente da due fattori: la struttura molecolare ed il peso superficiale del materiale: i suoni propagati nei solidi sono provocati da un colpo, quale ad esempio l'urto dell'acqua contro le pareti del tubo, soprattutto nelle colonne di scarico verticali in corrispondenza di una curva o di una braga.

Il suono si propaga dal punto colpito a tutto il tubo, mentre la vibrazione subita dal tubo genera una ulteriore onda acustica.

La posa della condotta per l'evacuazione delle acque di scarico deve rispettare due principi fondamentali: evitare ogni contrazione alla tubazione ed evitare ogni ostacolo alla dilatazione longitudinale; le tubazioni saranno sostenute con bracciali a vite, con interposta una guarnizione insonorizzante in gomma, perfettamente adattati alla circonferenza dei tubi e ancorati alla parete per mezzo di tasselli.

Le condotte suscettibili di essere soggette a pressioni di scarico devono essere garantite contro ogni sfilamento ed ogni disassamento con l'aiuto di bracciali di bloccaggio (punti fissi).

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021




Visto che la rumorosità dell'evacuazione delle acque dipende prevalentemente dal tracciato delle condotte, è importante ridurre i rumori di scarico e limitare i punti di urto: per questa ragione, le colonne di scarico verranno deviate progressivamente, e non con un cambiamento brusco di direzione, sfavorevole dal punto di vista dell'insonorizzazione. Inoltre, occorre dimensionare le condotte d'evacuazione in maniera da permettere una circolazione d'aria congiuntamente allo scorrimento delle acque residue; per lo stesso motivo, i bracciali devono essere muniti di una guarnizione.

Nel caso di condotte incassate, bisogna badare che i suddetti bracciali non siano fissati alla parete del cavedio ma al muro portante; in più, gli attraversamenti dei muri e dei soffitti devono permettere un certo gioco.

Gli attraversamenti delle solette devono, a loro volta, essere a tenuta di umidità e isolati contro il rumore.

In sintesi, per limitare i rumori aerei generati nei canali e le vibrazioni trasmesse dai canali alle strutture è possibile intervenire con i seguenti accorgimenti:

- utilizzare tubazioni di tipo silenziato (ad esempio prodotti stratificati o di massa elevata);
- rivestire i tubi non silenziati (ed eventualmente anche quelli silenziati) con materiale fonoisolanti;
- inserire le tubazioni in cavedi impiantistici;
- inserire nei cavedi materiale fonoimpedente;
- fasciare i canali con materiale “elastico” e/o fonoimpedente nei punti in cui il tubo entra in contatto con le strutture edilizie (attraversamenti a parete o solaio);
- utilizzare collari di tipo silenziato.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

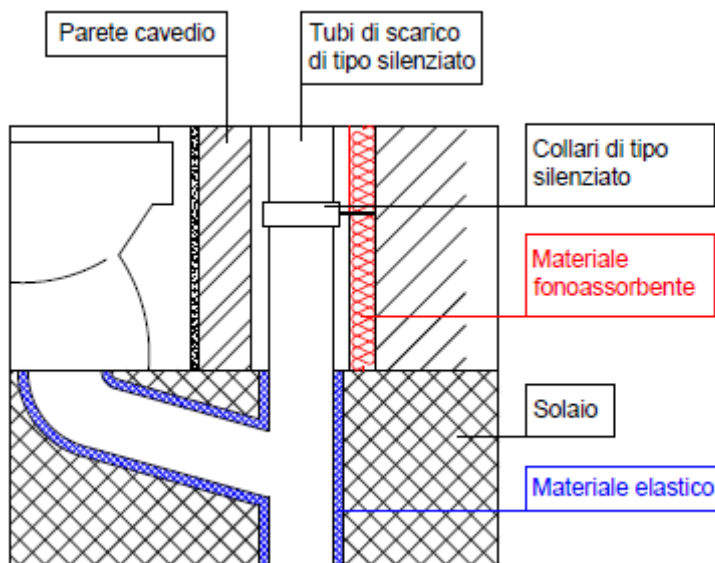


Figura 52: accorgimenti costruttivi (indicazioni generali per l'isolamento dei canali di scarico)

Inoltre, per ridurre la generazione di rumori lungo il canale, è opportuno evitare variazioni di direzione di 90° (da verticale a orizzontale) al piede della colonna, realizzando raccordi con due curve a 45° e un tubo intermedio, di lunghezza pari almeno a 2 volte il diametro della tubazione.

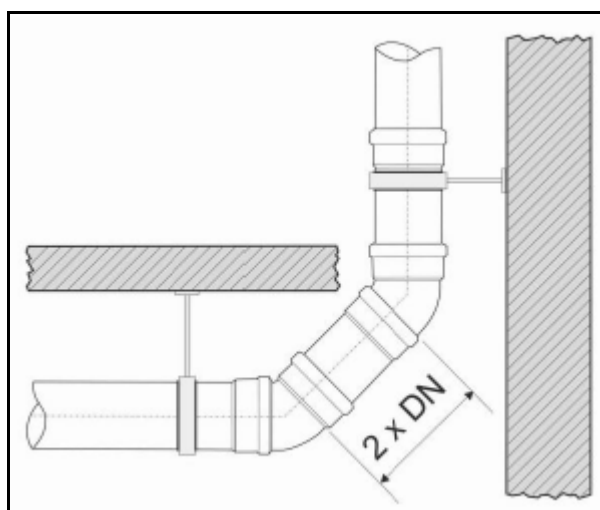





Figura 53: accorgimenti costruttivi (corretta angolazione raccordi, fonte ANIT)

Oltre al rumore dello scarico WC è possibile limitare drasticamente il rumore della ricarica delle cassette utilizzando apposite cassette di tipo silenziato.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Per limitare la trasmissione di rumori aerei si utilizzano sistemi di scarico caratterizzati da adeguate prestazioni fonoisolanti inseriti in appositi cavedi impiantistici.

I cavedi devono essere previsti fin dal progetto preliminare.

Sono infatti da evitare scassi realizzati in cantiere nelle pareti di separazione tra differenti unità immobiliari, che comporterebbero, oltre alla percezione del rumore degli impianti, anche un decremento della prestazione fonoisolante della parete stessa.

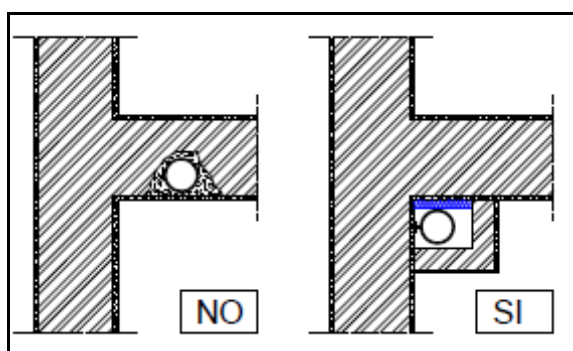


Figura 54: accorgimenti costruttivi (corretto posizionamento cavedi impiantistici, fonte ANIT)

All'interno dei cavedi è opportuno inserire del materiale fonoassorbente (ad es. feltri in fibra minerale) per limitare possibili fenomeni di risonanza.

Le pareti dei cavedi possono essere realizzate con laterizi, blocchi, sistemi a secco o altre tecnologie. Il progettista dovrà stimare la prestazione fonoisolante di tali partizioni in base al tipo di sistema di scarico utilizzato e al risultato che vuole ottenere in opera.

Nel caso gli impianti inseriti in uno scasso nella parete esterna, i tubi di scarico devono essere fasciati con materiale elastico e posizionati sul lato esterno della partizione.

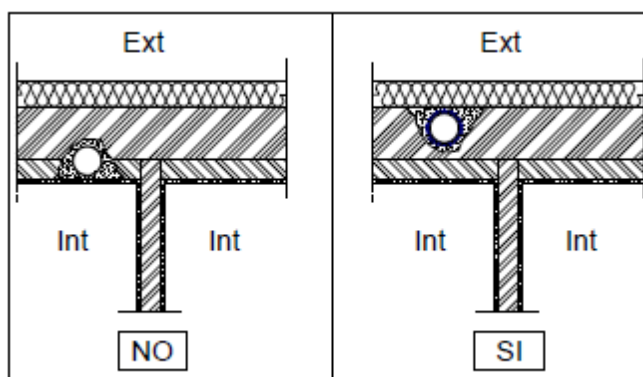





Figura 55: accorgimenti costruttivi posizionamento impianti in parete perimetrale, fonte ANIT)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Per limitare la trasmissione di vibrazioni il sistema di scarico deve essere desolidarizzato dalle strutture murarie; le tubazioni devono essere rivestite con materiale elastico resiliente in corrispondenza di tutti i punti di contatto, anche lungo il tratto che collega i sanitari alla colonna principale.

Inoltre è opportuno prevedere l'interposizione di uno strato di materiale elastico tra l'apparecchio sanitario e la struttura muraria, sia nel contatto a pavimento, sia nel contatto a parete nel caso di sanitario sospeso.

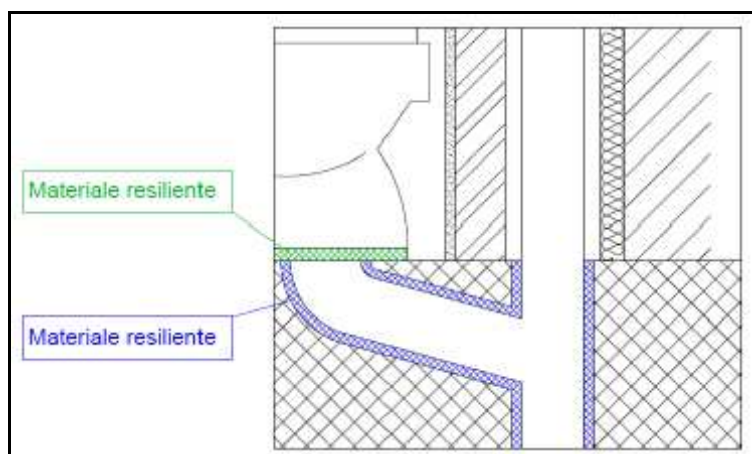


Figura 56: accorgimenti costruttivi (riduzione vibrazioni in impianti sanitari, fonte ANIT)

Esistono in commercio differenti tipologie di materiali elastici. Alcuni servono solo per desolidarizzare gli elementi; altri, di tipo multistrato e caratterizzati da una massa superficiale superiore, possono incrementare la prestazione fonoisolante del sistema, e contribuire a limitare anche la trasmissione di rumori aerei.

I collari di collegamento devono essere di tipo silenziato (in grado di smorzare le vibrazioni); In alternativa si dovrà interporre tra tubazione e collare uno strato di materiale elastico.

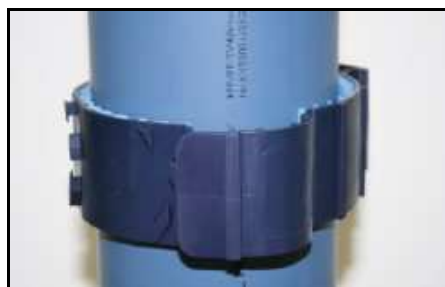


Figura 57: accorgimenti costruttivi (collare silenziato, fonte *bampi.it*)




 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021



Figura 58: accorgimenti costruttivi (rivestimento impianti nel passaggio solai, fonte *indexspa.it*)



Figura 59: accorgimenti costruttivi (isolamento acustico di una tubazione di scarico, fonte *indexspa.it*)







 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021



Figura 60: accorgimenti costruttivi (isolamento acustico curva tubazione di scarico, fonte *indexspa.it*)



Figura 61: accorgimenti costruttivi (particolari isolamento acustico tubazioni, fonte *indexspa.it*)

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

La rumorosità della rubinetteria in fase di apertura aumenta con l'aumentare della velocità e della pressione dell'acqua per cui è opportuna l'installazione di un riduttore di pressione all'entrata di ogni unità abitativa ma anche la brusca chiusura può generare un "colpo d'ariete" rumoroso che può essere ridotto con opportuni ammortizzatori installati sui tratti lunghi delle tubazioni.

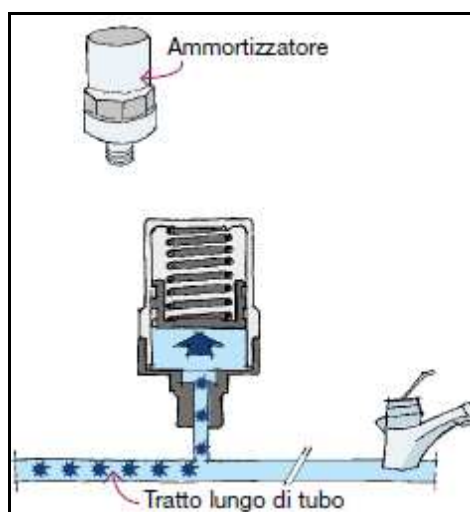





Figura 62: accorgimenti costruttivi (ammortizzatore colpi d'ariete, fonte *indexspa.it*)

L'inserimento di un manicotto elastico fra tubazione e rubinetto associato ad un rompigitto aeratore installato sul rubinetto come pure un opportuno disegno della sezione del rubinetto, priva di spigoli vivi, unita ad una chiusura progressiva, più efficace degli ammortizzatori, contribuiscono a ridurre entrambi i problemi.

La rumorosità dei lavelli in acciaio delle cucine va ridotta con pannelli antirombo incollati sul retro degli stessi.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021




Le cassette di scarico dei WC incassate nella muratura sono fonte di rumori fastidiosi ed è opportuno sostituirle con cassette esterne meno rumorose impiegando apparecchiature insonorizzate esistenti in commercio.

La colonna di scarico verrà inserita in un cavedio apposito con pareti pesanti prevedendo l'uso di attacchi alle pareti, isolati con collari di gomma o con fasce di materiale fonoimpedente, evitando di posizionarli sui muri confinanti con camere da letto o di soggiorno.



Figura 63: accorgimenti costruttivi (esempio cassetta silenziata da incasso, fonte *bampi.it*)

Gli accorgimenti riportati si rendono necessari per garantire, in via previsionale, il rispetto dei valori limite indicati all'interno del D.P.C.M. 05/12/1997: tali valori, non stimabili univocamente in via previsionale, dovranno essere confermati a lavori ultimati con le misurazioni di collaudo previste dalla vigente normativa in materia.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

4. Conclusioni

4.1 Condizioni di calcolo e principali prescrizioni di progetto

La presente relazione si basa su condizioni di progetto che costituiscono specifica prescrizione per la realizzazione dell'opera, come indicato ai capitoli precedenti: si riportano di seguito le principali.




- L'indice ΔL_w di attenuazione per pavimenti galleggianti viene calcolato a partire dal valore s' di rigidità dinamica associata alla tipologia di guaina anticalpestio, la cui posa deve essere prevista per i pavimenti a partire dal piano terra.

Ai fini delle analisi è stata considerata la posa di una guaina anticalpestio avente valore di rigidità dinamica s' pari a 40 MN/m³: tale valore rappresenta il limite da non superare.

- Nei calcoli dell'isolamento di facciata è stato considerato un valore di potere fonoisolante per i complessi vetro-serramento pari o superiore a 46 dB.

I serramenti dovranno garantire una classe di permeabilità all'aria 4, ai sensi di quanto indicato nella norma UNI EN 12207: 2017 "*Finestre e porte - Permeabilità all'aria - Classificazione*": la posa dovrà tenere conto di quanto indicato nell'appendice J della norma UNI EN ISO 10140-1 :2021 in merito al potere fonoisolante R_s dei materiali di sigillatura.

- Come intervento di correzione acustica per gli ambienti scolastici, si prevede la posa di pannelli in fibra di poliestere (tipo *Isoystem Silent Space*), per una superficie indicativa pari al 50-55% di quella utile, in grado di assicurare tempi di riverberazione ottimali in relazione alla destinazione d'uso e conformi ai limiti indicati all'interno della norma UNI 11532-2 :2020.
- Le canalizzazioni di mandata e ripresa associate al ricambio aria dei locali dovranno prevedere l'installazione di silenziatori come indicato all'interno del paragrafo 2.5.
- Le porte di ingresso ai locali scolastici, laboratori e/o ad uso ufficio dovranno essere in grado di garantire un potere fonoisolante non inferiore a 30 dB.
- I pilastri eventualmente presenti all'interno delle tamponature divisorie verticali devono essere rivestiti tramite opportuno materiale isolante.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

4.2 Stima previsionale del rispetto dei valori limite

I valori calcolabili, in previsione e fermo restando le condizioni progettuali riportate, risultano rispettare i limiti di stabiliti dalla normativa vigente per l'isolamento per via aerea, per l'isolamento di facciata, per il rumore di calpestio, per il rumore degli impianti a funzionamento continuo, per il tempo di riverberazione, l'indice di intelligibilità, ai sensi di quanto indicato nel D.P.C.M. 05/12/1997 recante la “*Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*” e nel Decreto 11/10/2017 “*Criteri Ambientali Minimi*”.

Occorre evidenziare che l'attendibilità dei metodi di calcolo è da ritenersi strettamente vincolata a quanto di seguito elencato:




- alla veridicità delle certificazioni acustiche dei componenti edilizi;
- alla effettiva utilizzazione in corso d'opera dei componenti certificati;
- alla esecuzione a regola d'arte dei componenti oggetto di valutazione (pareti, solai);
- alla corretta installazione dei serramenti (finestre, porte);
- alle incertezze insite nel modello stesso e, comunque, presenti in ogni valutazione analitica del tipo in esame.

La differenza tra i risultati di calcolo e le prestazioni raggiunte in opera dipende principalmente da fattori quali l'attendibilità dei dati di ingresso, la rappresentatività del caso reale con il modello e la corretta realizzazione dell'opera: non è possibile, pertanto, esprimere una precisione del metodo di calcolo per tutte le situazioni reali.

Tuttavia, in edifici con elementi di base omogenei e realizzazione a regola d'arte, i risultati del modello semplificato sono in genere caratterizzati da una deviazione standard di circa 2 dB rispetto ai risultati in opera.

La norma UNI EN ISO 12354-1 : 2017 propone un metodo per stimare l'incertezza dei calcoli di potere fonoisolante apparente per indici di valutazione: tale incertezza dipende dall'incertezza dei parametri che rientrano nel calcolo, dall'incertezza del modello matematico e dai “coefficienti di sensibilità” dei singoli parametri.

L'incertezza dei parametri di calcolo viene valutata dalla norma pari circa 2 dB; l'incertezza del modello matematico è indicata invece pari a circa 0,8 dB.

 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Ai fini delle analisi previsionali è stata considerata, inoltre, anche la norma di riferimento UNI/TR 11326 :2009 “Acustica - Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica. Parte 1: Concetti Generali”.

La scelta degli ambienti e/o delle partizioni oggetto di analisi è stata condotta in modo cautelativo, valutando situazione di particolare criticità in relazione a condizioni di applicabilità della normativa di calcolo ed introducendo opportuni coefficienti di cautela nelle analisi: per tale motivo i risultati ottenuti per gli indici di cui sopra possono ritenersi estensibili all'intero edificio.

Tabella 30: riepilogo risultati (tabella comparativa valori limite legge / risultati analisi teorica)

Indice / Requisito	Valore limite D.P.C.M. 05/12/1997	Valore previsionale di calcolo
Isolamento per via aerea (aule distinte affiancate)	$R'_w \geq 50$ dB	$R'_w = 50,7$ dB valore conforme
Isolamento per via aerea (aule distinte sovrapposte)	$R'_w \geq 50$ dB	$R'_w = 54,4$ dB valore conforme
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ (caso A)	$D_{2m,nT,w} \geq 48$ dB	$D_{2m,nT,w} = 48,4$ dB valore conforme
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ (caso B)	$D_{2m,nT,w} \geq 48$ dB	$D_{2m,nT,w} = 51,5$ dB valore conforme
Rumore di calpestio (aule distinte sovrapposte)	$L'_{n,w} < 58$ dB	$L'_{n,w} = 43,8$ dB valore conforme
Rumore di calpestio (aule distinte affiancate)	$L'_{n,w} < 58$ dB	$L'_{n,w} = 47,7$ dB valore conforme
Rumori impianti a funzionamento continuo (locale maggiormente esposto)	$L_{Aeq} < 25$ dB	$L_{Aeq} = 24,5$ dB valore conforme
Tempo di riverberazione (Circolare 22/05/1967) ambiente aula 04	$RT60 = < 1,2$ s	$RT = 0,8$ s valore conforme
Tempo di riverberazione (Circolare 22/05/1967) ambiente laboratorio informatica 01	$RT60 = < 1,2$ s	$RT = 0,8$ s valore conforme







 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Illario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

Tabella 31: riepilogo risultati (tabella comparativa valori limite legge / risultati analisi teorica)

Indice / Requisito	Valore limite C.A.M. UNI 13367 (prospetto A.1)	Valore previsionale di calcolo
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$	$D_{nT,w} \geq 50$ dB	$D_{nT,w} = 54,8$ dB valore conforme
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$	$D_{nT,w} \geq 55$ dB	$D_{nT,w} = 55,2$ dB valore conforme
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ (caso A)	$D_{2m,nT,w} \geq 43$ dB	$D_{2m,nT,w} = 48,4$ dB valore conforme
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ (caso B)	$D_{2m,nT,w} \geq 43$ dB	$D_{2m,nT,w} = 51,5$ dB valore conforme
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato tra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare $L'_{n,w}$	$L'_{n,w} < 53$ dB	$L'_{n,w} = 43,8$ dB valore conforme
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{ic} in ambienti diversi da quelli di installazione (aula più esposta)	$L_{ic} < 28$ dB	$L_{Aeq} = 24,5$ dB valore conforme
Indice / Requisito	Valore limite C.A.M. UNI 13367 (prospetto B.1)	Valore previsionale di calcolo
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ (aula scolastica / disimpegno)	$D_{nT,w} \geq 30$ dB	$D_{nT,w} = 44,6$ dB valore conforme
Indice / Requisito	Valore limite C.A.M. UNI 11532-2	Valore previsionale di calcolo
Tempo di riverberazione ambiente <i>aula scolastica 04</i>	$T_{ott} = 0,71$ secondi	RT (125 Hz – 4 kHz) all'interno dell'intervallo di conformità valori conformi
Indice di intelligibilità STI ambiente <i>aula scolastica 04</i>	$STI > 0,55$	$STI = 0,68$ valore conforme
Tempo di riverberazione ambiente <i>laboratorio informatica 01</i>	$T_{ott} = 0,80$ secondi	RT (125 Hz – 4 kHz) all'interno dell'intervallo di conformità valori conformi
Indice di intelligibilità STI ambiente <i>laboratorio informatica 01</i>	$STI > 0,50$	$STI = 0,67$ valore conforme

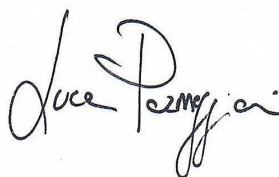
 Morlini Engineering	Valutazione previsionale ai sensi del D.P.C.M. 05/12/1997 e del Decreto 11 ottobre 2017 (C.A.M.)	REV. 0 - 2021
		 
	Istituto Silvio d'Arzo Sant'Ilario d'Enza RE – stralcio 2	DATA: 08/09/2021

In conclusione, tenuto conto di quanto finora esposto, possiamo affermare che, fermo restando le condizioni progettuali avanti enunciate, le partizioni oggetto di analisi sono conformi, in previsione, alle prescrizioni di cui all'attuale legislazione vigente in materia.

Reggio Emilia (RE), 08/09/2021

dott. ing. Emanuele Morlini (*)

dott. ing. Luca Parmeggiani (**)

(*)

- iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Reggio Emilia, sotto il n. 1321
- iscritto all'albo dei tecnici competenti in acustica ambientale, di cui alla Legge 26 Ottobre 1995, n. 447, secondo quanto comunicato dalla Provincia di Reggio Emilia con prot. n. 16895-02/15183 del 05 Marzo 2002
- iscritto nell'elenco nominativo Nazionale dei tecnici competenti in acustica ENTECA (D. Lgs. n. 42/2017) sotto il n. 5286 dal 10/12/2018
- iscritto all'albo dei Consulenti Tecnici del Tribunale di Reggio Emilia sotto il n. 494/124 dal 10/10/2003
- certificato n. REB-2259-IT2 il 30/04/2020



(**)

- iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Reggio Emilia, sotto il n. 1593
- iscritto all'Elenco dei Certificatori Ecoabita
- iscritto all'Elenco dei Certificatori Energetici della Regione Emilia Romagna, sotto il n. 839

5. Schede di valutazione (software previsionale Echo 8.1.1.1)

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA VpCAM Istituto d'Arzo - analisi facciata (portineria) - revisione 1

Volume dell'ambiente 48,60 m³
Superficie della facciata 11,47 m²

Elementi che compongono la facciata

	Elemento	Superficie [m ²]	R _w / D _{new} [dB]
1	VpRAP - serramento certificato 46 dB	5,52	46,00
2	VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	5,95	50,10

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB
Forma di facciata $\Delta L_{\text{f}} = 0$ dB

Indice di valutazione dell'isolamento di facciata

R'_w 47,1 dB
D_{2m,nT,w} 48,4 dB
Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad attività
scolastiche a tutti i livelli
D_{2m,nT,w} minimo 48,0 dB

Limite verificato

Elementi costituenti la struttura

Elemento 1

Struttura: VpRAP - serramento certificato 46 dB

Tipo di elemento Serramento utente

R_w 46,0 dB

Elemento 2

Struttura: VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30

Tipo di elemento Parete utente

Massa superficiale 318,8 kg/m²

R_w 50,1 dB

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA **VpCAM Istituto d'Arzo - analisi facciata (aula 04) - revisione 1**

Volume dell'ambiente 201,13 m³
 Superficie della facciata 27,23 m²

Elementi che compongono la facciata

	Elemento	Superficie [m²]	R _w / D _{new} [dB]
1	VpRAP - serramento certificato 46 dB	11,04	46,00
2	VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	16,19	50,10

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB
 Forma di facciata ΔL_{ts} = 0 dB

Indice di valutazione dell'isolamento di facciata

R'_w 47,8 dB
 D_{2m,nT,w} 51,5 dB
 Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad attività
 scolastiche a tutti i livelli
 D_{2m,nT,w} minimo 48,0 dB

Limite verificato

Elementi costituenti la struttura

Elemento 1

Struttura: VpRAP - serramento certificato 46 dB

Tipo di elemento Serramento utente

R_w 46,0 dB

Elemento 2

Struttura: VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30

Tipo di elemento Parete utente










Massa superficiale 318,8 kg/m²

R_w 50,1 dB

**CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE
DEL DIVISORIO TRA APPARTAMENTI
VpCAM Istituto d'Arzo - analisi R'_w aula 04 / aula 05**

Area del divisorio: 26,22 m²

Elementi che compongono la struttura

		Elemento	Massa superficiale [kg/m ²]	R' _w [dB]	Strato addizionale	ΔR' _w [dB]
S		VpCAM Istituto d'Arzo - divisorio aule	56,1	59,7	Lato emitt: Lato ricev:	0,0 0,0
1		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza	44,4	56,9		0,0
2		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	54,9	VpCAM Istituto d'Arzo - massetto galleggiante	5,0
3		VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	318,8	50,1		0,0
4		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	54,9		0,0
5		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza	44,4	56,9		0,0
6		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	54,9	VpCAM Istituto d'Arzo - massetto galleggiante	5,0
7		VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	318,8	50,1		0,0
8		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	54,9		0,0

Indice di valutazione del potere fonoisolante

R'_w 50,7 dB
 Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad attività scolastiche a
 tutti i livelli
 R'_w minimo 50,0 dB










Limite verificato

Volume del locale
 ricevente 201,13 m³
 D_{nT,w} 54,8 dB

**CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE
DEL DIVISORIO TRA APPARTAMENTI
VpCAM Istituto d'Arzo - analisi DnY,w**

Area del divisorio: 22,14 m²

Elementi che compongono la struttura

		Elemento	Massa superficiale [kg/m ²]	R _w [dB]	Strato addizionale	ΔR _w [dB]
S		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza corridoi (con porta)	44,4	40,2	Lato emitt: Lato ricev:	0,0 0,0
1		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza	44,4	56,9		0,0
2		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	54,9	VpCAM Istituto d'Arzo - massetto galleggiante	5,0
3		VpCAM Istituto Aldrovandi - divisoria corridoi (con serramenti)	40,4	35,2		0,0
4		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	54,9		0,0
5		VpCAM Istituto d'Arzo - divisoria aule	56,1	59,7		0,0
6		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	54,9	VpCAM Istituto d'Arzo - massetto galleggiante	5,0
7		VpCAM Istituto d'Arzo - divisoria aule	56,1	59,7		0,0
8		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	54,9		0,0










Volume del locale

ricevente 201,82 m³
D_{nt,w} 44,6 dB

**CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE
DEL DIVISORIO TRA APPARTAMENTI
VpCAM Istituto d'Arzo - analisi R'_w aula 03 / aula LS**

Area del divisorio: 60 m²

Elementi che compongono la struttura




		Elemento	Massa superficiale [kg/m ²]	R' _w [dB]	Strato addizionale	ΔR' _w [dB]
S		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	54,9	Lato emitt: VpCAM Istituto d'Arzo - massetto galleggiante	5,0
					Lato ricev:	0,0
1		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza laterizio	111,4	40,9	VpCAM Istituto d'Arzo - comntro parete tramezza	16,0
2		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza laterizio	111,4	40,9	VpCAM Istituto d'Arzo - comntro parete tramezza	16,0
3		VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	318,8	50,1		0,0
4		VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	318,8	50,1		0,0
5		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza	44,4	56,9		0,0
6		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza laterizio	111,4	40,9		0,0
7		VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	318,8	50,1		0,0
8		VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	318,8	50,1		0,0

Indice di valutazione del potere fonoisolante

R' _w	54,4 dB
Categoria dell'edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
R' _w minimo	50,0 dB
Limite verificato	
Volume del locale ricevente	215 m ³
D _{nt,w}	55,2 dB

**CALCOLO DEL LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO
TRA AMBIENTI
VpCAM Istituto d'Arzo - analisi L'nw aula 04 / aula 05**

Elementi che compongono la struttura






		Elemento	Massa superficiale [kg/m²]	$L'_{n,eq,0,w}$ [dB]	R_w [dB]	Strato addizionale	$\Delta L_w/\Delta R_w$ [dB]
S		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	67,8	54,9	VpCAM Istituto d'Arzo - massetto galleggiante	24,1
1		VpCAM Istituto d'Arzo - divisoria aule	56,1		59,7		0,0
2		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0		54,9	VpCAM Istituto d'Arzo - massetto galleggiante	5,0

Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio

$L'_{n,w}$ 47,7 dB
Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad attività
 scolastiche a tutti i livelli
 $L'_{n,w}$ massimo 58,0 dB
Limite verificato

**CALCOLO DEL LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO
TRA AMBIENTI
VpCAM Istituto d'Arzo - analisi L'nw aula 03 / aula LS**

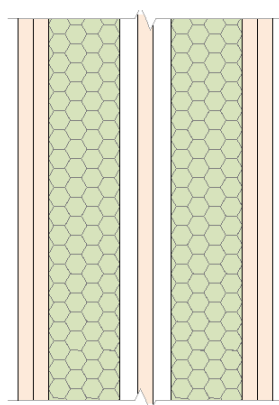
Elementi che compongono la struttura

		Elemento	Massa superficiale [kg/m²]	$L_{n,eq,0,w}$ [dB]	R_w [dB]	Strato addizionale	$\Delta L_w/\Delta R_w$ [dB]
S		VpCAM Istituto d'Arzo - solaio interpiano base	559,0	67,8	54,9	Lato emitt: VpCAM Istituto d'Arzo - massetto galleggiante	24,1
						Lato ricev:	0,0
1		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza	44,4		56,9		0,0
2		VpCAM Istituto d'Arzo - tramezza laterizio	111,4		40,9		0,0
3		VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	318,8		50,1		0,0
4		VpCAM Istituto d'Arzo - perimetrale Wienerberger 30	318,8		50,1		0,0

Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio

$L'_{n,w}$ 43,8 dB
Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad attività
scolastiche a tutti i livelli
 $L'_{n,w}$ massimo 58,0 dB
Limite verificato

Analisi potere fonoisolante (parete divisoria tra aule scolastiche distinte)



Descrizione		spessore	densità
1	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
2	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
3	Pannello in lana di roccia	6 cm	≥ 80 kg/m ³
4	Intercapedine	15 mm	/
5	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
6	Intercapedine	15 mm	/
7	Pannello in lana di roccia	6 cm	≥ 40 kg/m ³
8	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²
9	Lastra cartongesso tipo <i>Gypsotech STD BA 13</i>	12,5 mm	9,3 kg/m ²

Tabella 32: analisi previsionale (stratigrafia, parete divisoria verticale tra aule distinte)

Nota: i valori relativi alle densità (superficiali e volumetriche) considerati nella tabella precedente, sono tratti da fonti bibliografiche, certificazioni e/o documentazione tecnica associata al progetto.

Il valore ottenuto per il potere fonoisolante relativo alla stratigrafia in esame è pari, in previsione, a 59,7 dB (software Echo ANIT versione 8.1.1.1): tale contributo è stato calcolato assimilando correttamente la stratigrafia ad una parete a secco con struttura doppia, ma considerando in modo cautelativo il solo contributo di isolamento dovuto ad una singola intercapedine riempita con materiale fibroso.

La formula utilizzata è quella di norma impiegata per le pareti in lastre ovvero:

- struttura singola: $R_w = 20 \log (m') + 10 \log (d) + e + 5$
- struttura doppia: $R_w = 20 \log (m') + 10 \log (d) + e + 10$

ove m' rappresenta la densità superficiale di massa, d la profondità dell'intercapedine (in cm) ed e lo spessore del pannello in fibra minerale (in cm).

Le formule sono valide per massa areica complessiva entro 70-80 kg/mq, spessore totale d entro 25-30 cm e valori di e contenuti entro 6-8 cm.

Formula da utilizzare

☐ Formule da UNI EN ISO 12354:2017
☐ Formule da UNI TR 11175
☒ Altre formule

R_w 59,7 dB

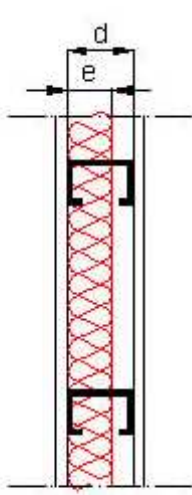
Pareti in lastre

d cm

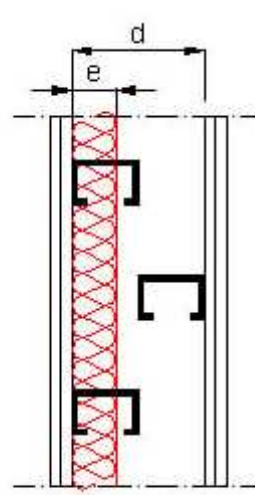
e cm

☐ Struttura singola

☒ Struttura doppia



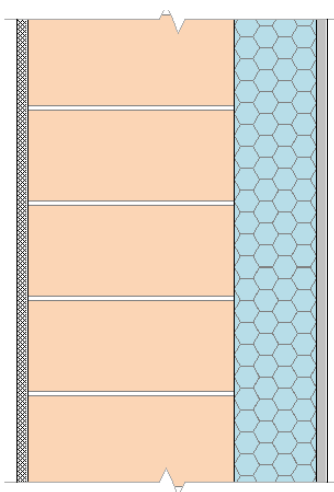
Struttura
singola



Struttura
doppia

Figura 64: analisi previsionale (potere fonoisolante, divisorio verticale tra aule distinte)

Analisi potere fonoisolante (parete perimetrale)



Descrizione (interno → esterno)		Spessore	Densità
1	Intonaco interno	15 mm	$\geq 1500 \text{ kg/m}^3$
2	Laterizio tipo Wienerberger 30x25x19	30 mm	$297,80 \text{ kg/m}^2$
3	Isolamento in <i>Stiferite</i>	12 cm	$\geq 15 \text{ kg/m}^3$
4	Intonaco plastico per cappotto	15 mm	$\geq 1300 \text{ kg/m}^3$

Tabella 33: analisi previsionale (stratigrafia, parete perimetrale)

Nota: i valori relativi alle densità (superficiali e volumetriche) considerati nella tabella precedente, sono tratti da fonti bibliografiche, certificazioni e/o documentazione tecnica associata al progetto.

Il potere fonoisolante relativo alla stratigrafia in esame è, in previsione, pari a 50,1 dB (software ANIT Echo versione 8.1.1.1): tale valore è stato calcolato non considerando in modo cautelativo il contributo di isolamento associato al cappotto esterno.

La formula utilizzata per il calcolo delle prestazioni della tamponatura base in laterizio è quella di norma impiegata (UNI EN ISO 123541 :2017) per le pareti monostrato in Italia $R_w = 20 \log (m')$.

Formula da utilizzare

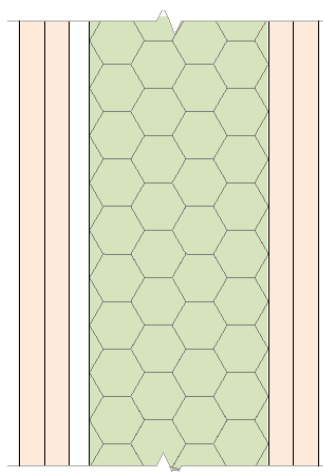
- ☒ Formule da UNI EN ISO 12354:2017
- ☐ Formule da UNI TR 11175
- ☐ Altre formule

Rw 50,1 dB

- ☐ Pareti monostrato ($m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$)
- ☐ Pareti monostrato Austria ($m' \geq 100 \text{ kg/m}^2$)
- ☐ Pareti monostrato Francia ($m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$)
- ☐ Pareti monostrato Gran Bretagna ($m' \geq 50 \text{ kg/m}^2$)
- ☒ Pareti monostrato Italia ($m' \geq 80 \text{ kg/m}^2$)
- ☐ Germania ($65 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 720 \text{ kg/m}^2$)
Questa formula viene utilizzata in Germania per:
- pareti omogenee in cemento, blocchi in calcio silicato, mattoni
- solai in cemento

Figura 65: analisi previsionale (potere fonoisolante, parete perimetrale)

Analisi potere fonoisolante (parete divisoria tra aule e vani comuni)



Descrizione		spessore	densità
1	Lastra cartongesso tipo Gypsotech STD BA 13	12,5 mm	9,3 kg/m ²
2	Lastra cartongesso tipo Gypsotech STD BA 13	12,5 mm	9,3 kg/m ²
3	Intercapedine	10 mm	/
4	Pannello in lana di roccia	9 cm	≥ 40 kg/m ³
5	Lastra cartongesso tipo Gypsotech STD BA 13	12,5 mm	9,3 kg/m ²
6	Lastra cartongesso tipo Gypsotech STD BA 13	12,5 mm	9,3 kg/m ²

Tabella 34: analisi previsionale (stratigrafia, parete divisoria aula / vani comuni)

Nota: i valori relativi alle densità (superficiali e volumetriche) considerati nella tabella precedente, sono tratti da fonti bibliografiche, certificazioni e/o documentazione tecnica associata al progetto.

Il potere fonoisolante relativo alla stratigrafia in esame è, in previsione, pari a 56,9 dB (software Echo versione 8.1.1.1).

La formula utilizzata è quella di norma impiegata per le pareti in lastre ovvero:

- struttura singola: $R_w = 20 \log (m') + 10 \log (d) + e + 5$
- struttura doppia: $R_w = 20 \log (m') + 10 \log (d) + e + 10$

ove m' rappresenta la densità superficiale di massa, d la profondità dell'intercapedine (in cm) ed e lo spessore del pannello in fibra minerale (in cm).

Le formule sono valide per massa areica complessiva entro 70-80 kg/mq, spessore totale d entro 25-30 cm e valori di e contenuti entro 6-8 cm.

Formula da utilizzare

- ☐ Formule da UNI EN ISO 12354:2017
- ☐ Formule da UNI TR 11175
- ☒ Altre formule

Rw **56,9** dB

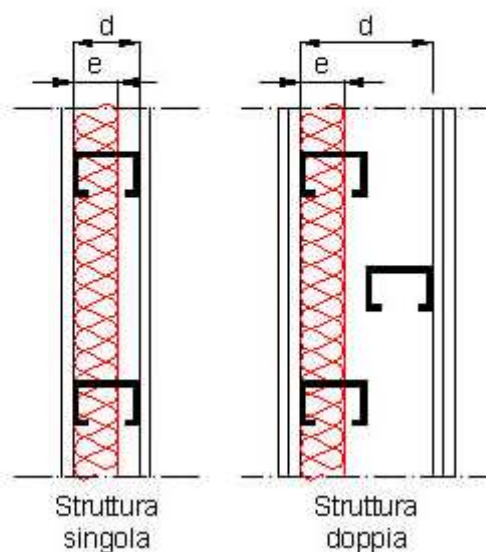
Pareti in lastre

d cm

☒ Struttura singola

e cm

☐ Struttura doppia



Si presenta di seguito scheda tecnica e certificato del potere fonoisolante relativo ad una struttura a secco tipo analoga a quella oggetto di calcolo.

Applicazione	Pareti
Nome Soluzione	sistema W112 Diamant + GKB
Lastre	Diamant + GKB, sp. 12,5 mm
Profilo	profilo a "C", 50/75/50, sp. 0,6 mm
Isolante	Strato di Mineral Wool 35, sp. 60 mm, densità 18 kg/m³
Potere fonoisolante R_w	56 dB
Spessore soluzione	125 mm
Certificato N°	097-2019-IAP

[CONSULTA ORA ARCHIVIO CERTIFICATI ACUSTICI](#)

Figura 66: scheda tecnica (esempio struttura a secco singola tipo, fonte *knauf.it*)

RAPPORTO DI PROVA N. 097-2019-IAP Ita

UNI EN ISO 10140-2:2010

MISURAZIONE IN LABORATORIO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI EDIFICI E DI ELEMENTI DI EDIFICIO MISURAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO PER VIA AEREA

Luogo e data di emissione: Cerea (VR), 11/06/2019

Committente: Knauf di Knauf S.r.l. s.a.s

Indirizzo Committente: Via Livornese, 20 - 56040 Castellina Marittima (PI)

Data della fornitura del campione: 10/05/2019

Provenienza del campione: Knauf di Knauf S.r.l. s.a.s

Data installazione del campione: 20/05/2019

Campione installato in laboratorio da: Committente (campionamento a cura del committente)

Data dell'esecuzione della prova: 21/05/2019

Luogo della prova: Z Lab S.r.l. – Via Pisa, 7 – 37053 Cerea (VR) – Italia

Denominazione del campione: Parete Knauf W112 a singola orditura metallica con doppio rivestimento su entrambi i lati costituito da lastra Diamant, a contatto con l'orditura, e lastra Knauf GKB a vista. Isolamento nell'intercapedine con pannello in lana minerale Mineral Wool 35 sp. 60 mm.



LAB N° 1416

REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Massimo Fiore	Antonio Scofano	Antonio Scofano

M-TEC-03 rev. 15
del 29-10-2018

Il presente rapporto di prova è composto da n. 7 pagine e non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di Z Lab Srl. I risultati riportati nel presente documento sono riferiti esclusivamente al campione ed ai materiali oggetto di prova. I campioni vengono conservati per 30 giorni dopo il termine della prova.

Pagina
1 di 7

Figura 67: certificazione (potere fonoisolante struttura a secco tipo, fonte *knauf.it*)

Descrizione del campione

Il campione oggetto della prova è costituito da una parete avente le seguenti caratteristiche:

Larghezza rilevata** [mm]	3600
Altezza rilevata** [mm]	2980
Spessore nominale** [mm]	125
Massa superficiale parete** [kg/m²]	45
Superficie elemento di prova ** [m²]	10,73

Il campione è composto da (*) una parete costituita da:

- guide orizzontali Knauf, una inferiore ed una superiore, realizzate con profilati in acciaio zincato a forma di "U", sezione nominale 40/75/40 mm e spessore nominale della lamiera 0,6 mm, fissate all'apertura di prova mediante tasselli previa interposizione di nastro di guarnizione monoadesivo sp.4mm;

- profili montanti "Knauf" realizzati in acciaio zincato sagomati a forma di "C", sezione nominale 50/75/50 mm e spessore nominale della lamiera di 0,6 mm, posti ad interasse nominale di 600 mm ed inseriti alle estremità nella guida sopra descritte;

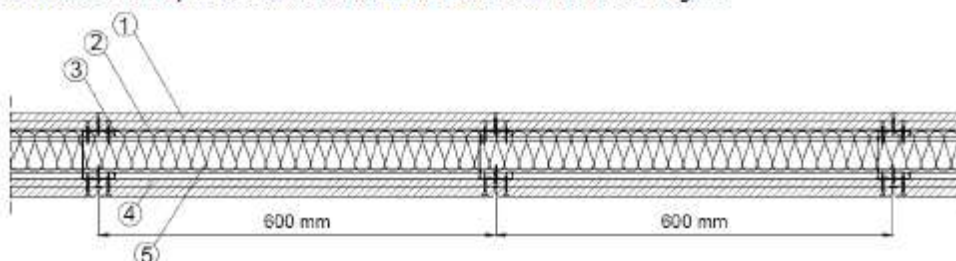
- doppio strato di rivestimento su ciascun lato della parete, costituito da lastre Knauf per uno spessore complessivo nominale di 25 mm.

Il primo strato, a contatto con l'orditura, sarà eseguito con lastre Knauf Diamant, spessore 12,5 mm, aventi massa superficiale di 12,8 kg/m², avvitate all'orditura metallica con viti XTN 23, specifiche per lastre Knauf Diamant, poste ad interasse pari a 500 mm.

Il secondo strato, a vista, sarà realizzato con lastre Knauf GKB, spessore 12,5 mm, aventi massa superficiale pari a 8,5 kg/m², avvitate all'orditura metallica con viti autoperforanti fosfatate poste ad interasse di 250 mm.

Le giunzioni tra le lastre risultano stuccate tramite applicazione di nastro microforato Knauf e stucco a base di gesso "Knauf Fugenfuller Leicht".

- strato di materiale isolante in intercapedine realizzato mediante l'accostamento di pannelli in lana minerale denominati "Mineral Wool 35" aventi spessore nominale di 60 mm e densità nominale di c.a. 18 kg/m³.



1	Lastra Knauf GKB sp. 12,5 mm
2	Lastra Knauf Diamant sp. 12,5 mm
3	Profilo montante Knauf 50/75/50 spessore nominale 0,6 mm
4	Knauf Guida ad U 40/75/40 spessore nominale 0,6 mm
5	Mineral Wool 35, spessore nominale 60 mm, densità nominale 18 kg/m³

(*) dati nominali forniti dal committente

(**) dati misurati mediante campionamento sull'elemento di prova

(***) dati nominali forniti dal produttore

M-TEC-03 rev.15
del 29-10-2018

Il presente rapporto di prova è composto da n. 7 pagine e non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di Z Lab Srl. I risultati riportati nel presente documento sono riferiti esclusivamente al campione ed ai materiali oggetto di prova. I campioni vengono conservati per 30 giorni dopo il termine della prova.

Pagina
2 di 7

Figura 68: certificazione (potere fonoisolante struttura a secco tipo, fonte *knauf.it*)

Immagini del campione



Figura 1 _ Vista Lato Camera Emittente



Figura 2 _ Vista Lato Camera Ricevente

Il provino è montato all'interno dell'apertura di prova secondo le indicazioni tecniche fornite dalla normativa UNI EN ISO 10140-1.

La prova è stata eseguita non appena terminato l'allestimento del campione.

Riferimenti normativi

UNI EN ISO 10140-1:2016	Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio Parte 1: Regole di applicazione per prodotti particolari.
UNI EN ISO 10140-2:2010	Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio Parte 2: Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea.
UNI EN ISO 10140-4:2010	Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Parte 4: Procedure e requisiti di misurazione
UNI EN ISO 717-1:2013	Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio Parte 1: Isolamento acustico per via aerea.

Descrizione degli ambienti e condizioni fisiche al momento della prova

La struttura di prova è realizzata in cemento armato, completamente isolata dal pavimento del laboratorio mediante supporti antivibranti. È costituita da un ambiente emittente e un ambiente ricevente, entrambi di forma irregolare e privi di partizioni tra loro parallele. Sono separati da una cornice di prova avente spessore 100 cm.

Le caratteristiche dimensionali e le condizioni fisiche al momento della prova sono:

	Camera emittente	Camera ricevente
Dimensioni medie ambiente (L x W x H)	700 X 500 X 330 cm	770 X 560 X 370 cm
Volume	123,0 m ³	163,8 m ³
Temperatura media	19,2 ± 1,0 °C	18,7 ± 1,0 °C
Umidità relativa media	62 ± 2,0 %	61,5 ± 2,0 %
Pressione atmosferica	101,5 kPa ± 1 hPa	
Superficie di separazione	10,73 m ²	
Area S, apertura di prova	10,73 m ²	

Strumentazione di prova

Strumento	Marca e Modello	N. serie
Fonometro	Larson & Davis LD2900B	1080 CH1
Microfono	GRAS 40AQ	204027
Preamplificatore	Larson & Davis PRM900C	1267
Calibratore	Larson & Davis CAL200	3852
Sorgente omnidirezionale	LOOKLINE D301 + DL301	AO900163 + DO900159
Sorgente omnidirezionale	Bruel & Kjaer 2719 + 4292	2571776 + 14012
Termoigrometro	DeltaOHM HD35ED1NTV	16037651
Sonda combinata temperatura e umidità	DeltaOHM HD35ED1NTV	16037652
Flessometro	Stanley 33 - 442	13/946
Microclima con misuratore di pressione	DeltaOHM HD 32.1	8033500

Figura 70: certificazione (potere fonoisolante struttura a secco tipo, fonte knauf.it)

Metodologia di rilievo

La verifica dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti si fonda sul principio della differenza tra il livello medio di pressione sonora nel locale emittente (L_1) e quello rilevato all'interno dell'ambiente ricevente (L_2). La sorgente acustica (la quale produce rumore rosa) viene messa in funzione all'interno dell'ambiente emittente in 3 posizioni differenti; il microfono è posizionato in 5 diversi punti dell'ambiente emittente e ricevente. Viene effettuata una misura per ogni combinazione sorgente-microfono, per un totale quindi di 15 misurazioni in ambiente emittente e 15 in ambiente ricevente. Il tempo di integrazione è, per ciascuna misura, almeno 15 s.

Terminata la rilevazione del livello medio di pressione sonora nell'ambiente emittente, L_1 , e ricevente, L_2 , la sorgente viene disattivata, allo scopo di permettere la misura del livello del rumore di fondo L_b . Le correzioni da apportare allo spettro L_2 , da calcolarsi per ogni singola frequenza componente dello spettro, sono pari a:

$$L_2 = L_2 - 1,3 \text{ [dB]} \quad \text{se} \quad L_2 - L_b \leq 6 \text{ dB}$$

$$L_2 = 10 \cdot \log(10^{(L_2/10)} - 10^{(L_b/10)}) \text{ [dB]} \quad \text{se} \quad 6 < L_2 - L_b < 10 \text{ dB}$$

Il calcolo del tempo di riverberazione T è finalizzato alla determinazione del potere fonoisolante R :

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log(S/A) \text{ [dB]}$$

dove:

S : area dell'apertura di prova libera nella quale l'elemento di prova è installato, espressa in m^2 ;

A : area equivalente di assorbimento acustico nella camera ricevente calcolata nel modo seguente utilizzando l'espressione di Sabine:

$$A = 0,16 \cdot (V/T) \text{ [m}^2\text{]}$$

dove V è il volume dell'ambiente ricevente in m^3 .

Sulla base dei singoli valori calcolati per ogni frequenza da 100 Hz a 3150 Hz dello spettro in bande di 1/3 di ottava, si ricostruisce la curva sperimentale da confrontare con quella di riferimento che viene riportata nella norma UNI EN ISO 717-1.

Si applica quindi il metodo dell'avvicinamento della curva di riferimento a quella misurata, fino al punto in cui la somma degli scarti sfavorevoli è, sulla curva di riferimento, minore o uguale a 32 dB. Il valore in corrispondenza della frequenza di 500 Hz è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea R_w .

Sono inoltre calcolati i termini di adattamento allo spettro. Tali valori, "C" e "C₂" sono da sommare all'indice R_w per tenere conto delle caratteristiche degli spettri sonori particolari: rumore rosa ponderato A per il termine "C" e rumore da traffico urbano ponderato A per il termine "C₂".

Figura 71: certificazione (potere fonoisolante struttura a secco tipo, fonte *knauf.it*)

Valori misurati

f [Hz]	L ₁ [dB]	L ₂ [dB]	L _b [dB]	T [s]	R [dB]
<i>Frequenza</i>	<i>Livello in ambiente emittente</i>	<i>Livello in ambiente ricevente</i>	<i>Livello del rumore di fondo</i>	<i>Tempo di riverberazione</i>	<i>Potere fonoisolante</i>
50	79,8	61,1	32,0	4,57	21,5
63	81,1	68,3	29,5	3,76	14,7
80	79,8	61,4	17,3	2,64	18,7
100	89,2	57,7	17,8	3,24	32,7
125	92,5	57,5	15,0	3,27	36,3
160	95,4	55,6	14,2	2,69	40,2
200	96,2	54,0	10,6	2,52	42,4
250	97,8	50,4	9,6	2,41	47,4
315	96,3	44,9	9,6	2,43	51,3
400	96,0	40,9	9,6	2,15	54,5
500	94,6	37,0	10,7	2,08	56,9
630	93,7	34,1	11,8	2,31	59,4
800	92,3	31,6	12,2	2,31	60,4
1000	90,4	28,0	9,3	2,15	61,8
1250	89,6	24,8	7,7	2,22	64,4
1600	92,2	25,6	6,4	2,34	66,4
2000	95,9	30,4	7,9	2,25	65,1
2500	93,2	37,6	4,7	2,05	54,8
3150	90,1	36,7	5,2	1,89	52,2
4000	91,5	32,9	5,6	1,71	57,0
5000	87,7	24,0	6,4	1,52	61,6

Figura 72: certificazione (potere fonoisolante struttura a secco tipo, fonte *knauf.it*)

Potere fonoisolante, R, secondo la UNI EN ISO 10140-2

Descrizione dell'elemento di prova: Parete Knauf W112 a singola orditura metallica con doppio rivestimento su entrambi i lati costituito da lastra Diamant, a contatto con l'orditura, e lastra Knauf GKB a vista. Isolamento nell'intercapedine con pannello in lana minerale Mineral Wool 35 sp. 60 mm.

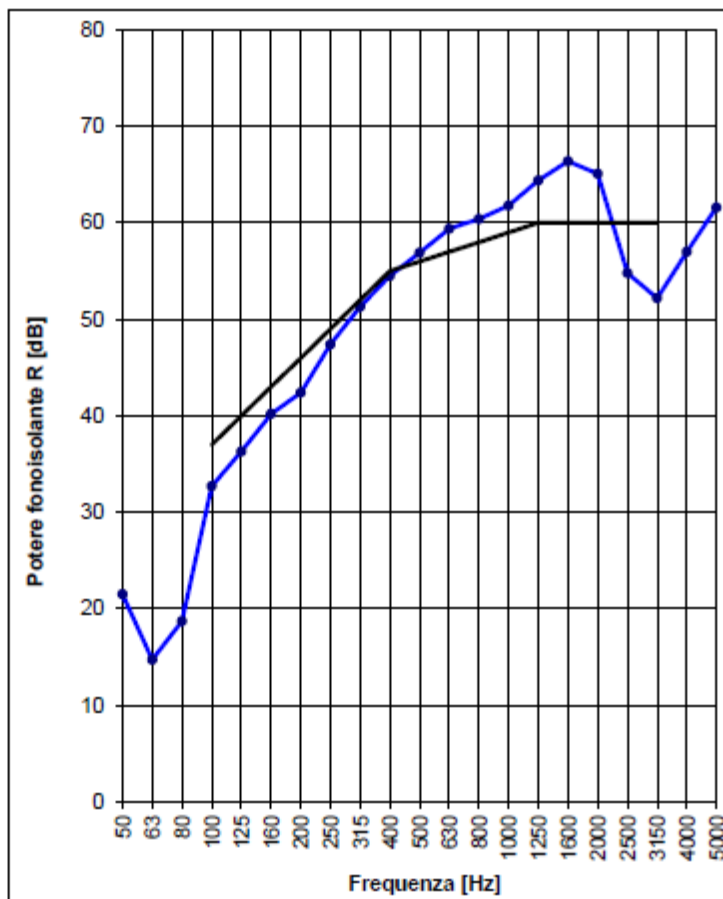
Area S dell'apertura di prova:
Volume degli ambienti:

10,73 m²

Emittente 123,0 m³

Ricevente 163,8 m³

f	R
[Hz]	[dB]
50	21,5
63	14,7
80	18,7
100	32,7
125	36,3
160	40,2
200	42,4
250	47,4
315	51,3
400	54,5
500	56,9
630	59,4
800	60,4
1000	61,8
1250	64,4
1600	66,4
2000	65,1
2500	54,8
3150	52,2
4000	57,0
5000	61,6



Valutazione in conformità ad UNI EN ISO 717-1

$R_w (C; C_{tr}) = 56 (-2; -7) \text{ dB}$ $C_{50-3150} = -9 \text{ dB};$ $C_{50-5000} = -8 \text{ dB};$ $C_{100-5000} = -2 \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in laboratorio ottenuti mediante un metodo teorico.

$C_{tr,50-3150} = -21 \text{ dB};$ $C_{tr,50-5000} = -21 \text{ dB};$ $C_{tr,100-5000} = -7 \text{ dB}$

Indice di valutazione del potere fonoisolante elaborato procedendo a passi di 0,1 dB : 56,1 dB

Responsabile di Laboratorio Ing. Antonio Scofano

M-TEC-03 rev.15
del 29-10-2018

Il presente rapporto di prova è composto da n. 7 pagine e non può essere riprodotto parzialmente, salvo autorizzazione scritta di Z Lab Srl. I risultati riportati nel presente documento sono riferiti esclusivamente al campione ed al materiali oggetto di prova. I campioni vengono conservati per 30 giorni dopo il termine della prova.

Pagina
7 di 7

Figura 73: certificazione (potere fonoisolante struttura a secco tipo, fonte *knauf.it*)

6. Schede tecniche e/o certificazioni

AWS 60 >

 Ricorda prodotto



Profondità di sistema	60 mm
Sezione in vista min.	91 mm
Valore Uf telaio \geq	1,7 W/(m ² ·K)
Spessore vetro/pannello max.	50 mm
Larghezza anta max.	1700 mm
Altezza dell'anta max.	2500 mm

Isolamento acustico RwP max.	47 dB(A)
Permeabilità all'aria	Classe 4
Impermeabilità alla pioggia battente	Classe 9A
Antieffrazione	fino a RC 2
Tenuta al vento	Classe C5 / B5
Marchio CE	Ja

Alluminio Isolato termicamente classico Standard Aerazione localizzata Antieffrazione Sicurezza maggiorata
 Maggiore isolamento acustico Carico massimo

AWS 90.SI+ >

 Ricorda prodotto



Profondità di sistema	90 mm
Sezione in vista min.	99 mm
Valore Uf telaio \geq	0,71 W/(m ² ·K)
Spessore vetro/pannello max.	68 mm
Larghezza anta max.	1700 mm
Altezza dell'anta max.	2500 mm

Isolamento acustico RwP max.	47 dB(A)
Permeabilità all'aria	Classe 4
Impermeabilità alla pioggia battente	Classe 9A
Antieffrazione	fino a RC 3
Tenuta al vento	Classe C5 / B5
Marchio CE	Ja

Alluminio Compatibile con Passivhaus classico Standard Assenza di barriere architettoniche Aerazione localizzata
 Antieffrazione Sicurezza maggiorata Maggiore isolamento acustico Funzionamento "Comfort" Carico massimo
 Motorizzazione Frangisole Ventilazione

Figura 74: scheda tecnica (esempio serramento fonoisolante vetri, fonte *shueco.com*)

GYPSONTECH® VAPOR
SCHEDA TECNICA

Lastra in cartongesso


Tipologia

Lastra (Tipo A secondo EN 520) sul cui retro è stata incollata una lamina di alluminio di spessore pari a 15 µm con la funzione di barriera al vapore, cioè di impedire che l'eventuale condensazione sulla lastra dell'umidità presente nell'aria possa danneggiarla nel tempo.

Composizione

Strato di gesso (Solfato di Calcio bi-idrato $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) con additivi specifici, incorporato fra due fogli di cartone e rivestita sul dorso con una lamina di alluminio spessore pari a 15 µm che funge da barriera al vapore.

Colore rivestimento lastra

Nella posa in opera il lato che rimane a vista è costituito da carta di colore avorio.

Impiego

Utilizzabile per la formazione di pareti, contropareti e controsoffitti.

Per una corretta applicazione si consiglia di consultare sempre il Manuale Tecnico.



CARATTERISTICHE TECNICHE	VAPOR BA 10	VAPOR BA 13
Tipo	A	A
Spessore (mm)	9,5	12,5
Larghezza (mm)	1.200	1.200
Lunghezza (mm)	3.000	3.000
Peso (kg/m²)	7,9	9,3
Tolleranza spessore (mm)	± 0,4	± 0,4
Tolleranza larghezza (mm)	0 / -4	0 / -4
Tolleranza lunghezza (mm)	0 / -5	0 / -5
Tolleranza peso %	± 2	± 2
Fuori squadra (mm)	≤ 2,5	≤ 2,5
Limite carico di rottura a flessione long. EN 520 (N)	≥ 400	≥ 550
Limite carico di rottura a flessione long. NF 081 (N)	≥ 400	≥ 600
Carico di rottura a flessione long. Effettivo* (N)	≥ 540	≥ 690
Limite carico di rottura a flessione trasv. EN 520 (N)	≥ 160	≥ 210
Limite carico di rottura a flessione trasv. NF 081 (N)	≥ 170	≥ 210
Carico di rottura a flessione trasv. Effettivo* (N)	≥ 210	≥ 270
Resistenza al fuoco (EN 13501-1)	A2-s1,d0	A2-s1,d0
Conduttività termica λ (W/mK)	0,21	0,21
Fattore di resistenza al vapore (μ) R.A.P. Pol. TO N.100/2014	230,7	230,7
Durezza superficiale (Ø impronta mm)	≤ 20	≤ 20
Deformazione SL (mm)	≤ 0,8	≤ 2,4
Deformazione ST (mm)	≤ 1,9	≤ 1,2

(*) Valore medio riferito a dati di produzione

Norma di Riferimento

EN 520
EN 14190

Bordo Lastra

BA = Bordo Assottigliato

I dati riportati si riferiscono a prove e procedure previste dalla norma di prodotto EN 520 ed al regolamento di certificazione NF 081 (dove previsto). L'utilizzatore deve comunque verificare l'idoneità del prodotto all'impiego previsto, assumendosi ogni responsabilità derivante dall'uso. La ditta Fassa si riserva di apportare modifiche tecniche, senza alcun preavviso.

Durante lo stoccaggio, l'applicazione ed in ogni caso prima della finitura finale, si dovranno mettere in atto tutte quelle precauzioni per proteggere le lesse dall'umidità atmosferica e dall'esposizione alla luce solare che potrebbe causare variazioni cromatiche.

Specifiche tecniche in merito all'uso di prodotti Fassa Bortolo in ambito strutturale o antincendio, avranno carattere di utilità solo se fornite da "Assistenza Tecnica" e "Ricerca Sviluppo e Sistemi Qualità" di Fassa Bortolo. Qualora necessario, contattare il servizio di Assistenza Tecnica del proprio paese di riferimento (IT: area.technica@fassabortolo.com, ES: asistencia.technica@fassabortolo.com, FR: bureau.technique@fassabortolo.fr, PT: assistencia.technica@fassabortolo.com).

Si ricorda che per i suddetti prodotti è necessaria la validazione da parte del professionista incaricato, secondo le normative vigenti.





Fassa S.r.l. - Via Lazzaris, 3 - 31027 Spresiano (TV) - www.fassabortolo.com
area.technica@fassabortolo.it

GYPSONTECH® VAPOR - 12/2020

Figura 75: scheda tecnica (lastra cartongesso, fonte fassabortolo.com)

Confronto tra lastre

A seguire il confronto tra tre tipologie di lastre (STD, GypsoHD o GypsoSILENS, GypsoLIGNUM, GypsoLIGNUM ZERO):

CARATTERISTICHE TECNICHE	TIPO DI LASTRE			
	STD BA 13	GypsoHD BA 13 GypsoARYA BA 13	GypsoLIGNUM BA 13	GypsoLIGNUM ZERO BA 13
				
Tipo (EN 520)	A	DI	DEFH1R	DEFH1I
Spessore (mm)	12,5	12,5	12,5	12,5
Densità (kg/m³)	740	940	1024	1008
Peso (kg/m²)	9,3	11,9	12,8	12,6
Durezza superficiale (Ø impronta mm)	< 20	< 15	< 15	< 15
Limite carico di rottura a flessione long. EN 520 (N)	≥ 550	≥ 550	≥ 725	≥ 550
Limite carico di rottura a flessione long. NF 061 (N)	≥ 600	≥ 600	≥ 600	≥ 600
Carico di rottura a flessione long. Effettivo* (N)	≥ 690	≥ 780	≥ 830	≥ 680
Limite carico di rottura a flessione trasv. EN 520 (N)	≥ 210	≥ 210	≥ 300	≥ 210
Limite carico di rottura a flessione trasv. NF 061 (N)	≥ 210	≥ 210	≥ 210	≥ 210
Carico di rottura a flessione trasv. Effettivo* (N)	≥ 270	≥ 380	≥ 420	≥ 420
Reazione al fuoco (EN 13501-1)	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A2-s1,d0	A1
Assorbimento totale di acqua (%) EN 520	NON PREVISTO	NON PREVISTO	< 5	< 5
Assorbimento superficiale di acqua (g/m²) EN 520	NON PREVISTO	NON PREVISTO	≤ 180	≤ 180
Viti consigliate	Vite standard punta chiodo	Vite punta chiodo con filetto speciale a doppio principio reverse		
Rivestimento	Cartone avorio standard	Bianco/ Cartone azzurro ad alte prestazioni	Cartone ultra-bianco ad alte prestazioni che facilita le operazioni di finitura	Cartone avorio con basso potere calorifico
Lavorazione/Finitura	Con normali attrezzi cutter/avvitatore, NON necessitano di rasature della superficie e sono adatte a ricevere subito la pittura previa applicazione di un fondo fissativo			

(*) Valore medio riferito a dati di produzione

9

Figura 76: scheda tecnica (lastra cartongesso, fonte *fassabortolo.com*)

GYPSOTECH® EXTERNA LIGHT

SCHEDA TECNICA

Lastra in cemento



Tipologia

Lastra in cemento alleggerito e rinforzata con fibra di vetro, progettata per essere applicata sia verso l'interno sia verso l'esterno.

Composizione

Composta da cemento, aggregati minerali, additivi specifici e alleggerita con polistirene espanso, rivestita da una rete in fibra di vetro su ambo i lati.

Colore rivestimento lastra

Nella posa in opera il lato che rimane a vista è il lato taglio e la lastra è di colore grigio chiaro.

Impiego

Utilizzabili per la formazione di pareti, contropareti e controsoffitti anche verso l'esterno. Le lastre dovranno essere rigorosamente posate perpendicolarmente alle orditure metalliche con il lato taglio a vista, i giunti dovranno essere sfalsati come nelle normali applicazioni dei rivestimenti a secco.

Per una corretta applicazione si consiglia di consultare sempre il Manuale Tecnico.



CARATTERISTICHE TECNICHE	EXTERNA light 13
Norma	ETA 19-0145
Spessore (mm)	12,5
Larghezza (mm)	1.200
Lunghezza (mm)	2.000
Peso (kg/m²)	12,5
Tolleranza spessore (mm)	± 1,2
Tolleranza larghezza (mm)	± 3,8
Tolleranza lunghezza (mm)	± 5
Tolleranza peso %	± 10
Resistenza a flessione (MPa)	5,8
Resistenza alla trazione perpendicolare al piano (MPa)	0,90
Resistenza alla trazione parallela al piano (MPa)	1,05
Resistenza alla compressione (MPa)	> 8,7
Permeabilità all'acqua (EN 12467)	categoria A
Fattore di resistenza al vapore acqueo (μ) UNI EN ISO 12572	31
Resistenza al fuoco (EN 13501-1)	A1
Conduttività termica λ EN 12667 (W/mK)	0,20

Norma di Riferimento

ETA 19-0145

Bordo Lastra

BD = Bordo Dritto

I dati riportati si riferiscono a prove e procedure previste dalla norma di prodotto EN 12467. L'utilizzatore deve comunque verificare l'idoneità del prodotto all'impiego previsto, assumendosi ogni responsabilità derivante dall'uso. La ditta Fassa si riserva di apportare modifiche tecniche, senza alcun preavviso. Specifiche tecniche in merito all'uso di prodotti Fassa Bortolo in ambito strutturale o antincendio, avranno carattere di ufficialità solo se fornite da "Assistenza Tecnica" e "Ricerca Sviluppo e Sistema Qualità" di Fassa Bortolo. Qualora necessario, contattare il servizio di Assistenza Tecnica del proprio paese di riferimento (IT: area.technica@fassabortolo.com, ES: asistencia.technica@fassabortolo.com, PT: assistencia.technica@fassabortolo.com, FR: bureau.technique@fassabortolo.fr, UK: technical.assistance@fassabortolo.com). Si ricorda che per i suddetti prodotti è necessaria la valutazione da parte del professionista incaricato, secondo le normative vigenti.

GYPSOTECH® EXTERNA LIGHT - 04/2021

Fassa S.r.l. - Via Lazzaris, 3 - 31027 Spresiano (TV) - www.fassabortolo.com
area.technica@fassabortolo.it

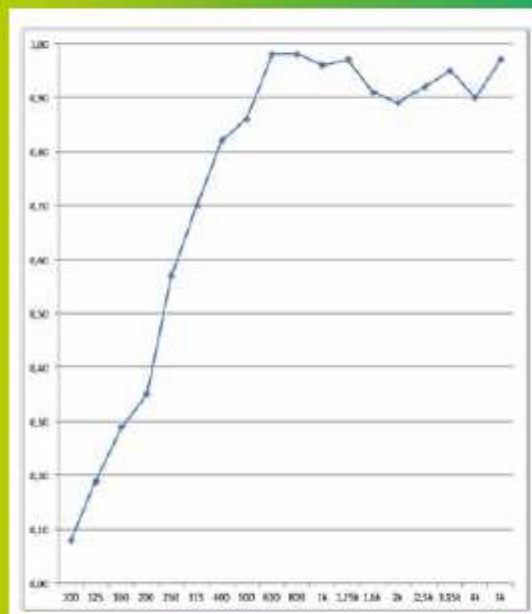
Figura 77: scheda tecnica (lastra cartongesso, fonte fassabortolo.com)



Figura 78: scheda tecnica (pannello fonoassorbente, fonte termoisolanti.com)

DATI TECNICI

CLASSE DI ASSORBIMENTO ACUSTICO NORMA UNI EN ISO 354



SILENT SPACE - Spessore: 50 mm

Frequenza f, (Hz)	Coefficienti di fonassorbimento
100	0,08
125	0,19
160	0,29
200	0,35
250	0,57
315	0,70
400	0,82
500	0,86
630	0,98
800	0,98
1000	0,96
1250	0,97
1600	0,91
2000	0,89
2500	0,92
3150	0,95
4000	0,90
5000	0,97

CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO NORMA UNI EN 13501-1
B-s1, d0

CERTIFICAZIONE DI RESISTENZA AGLI URTI DA PALLONE FINO A CIRCA 60 km/h
CLASSE 1A

CERTIFICAZIONE DI RESISTENZA AL CARICO
RESISTENZA AD UN CARICO PARI A 2,5 VOLTE IL PESO DEI SINGOLI PANNELLI
GARANTENDO UNA BUONA RESISTENZA MECCANICA E LA DURABILITA' NEL TEMPO

Figura 79: scheda tecnica (pannello fonoassorbente, fonte *termoisolanti.com*)

Scheda tecnica

In riferimento alla norma italiana UNI EN 771-1. Prodotto in categoria I CE

Pth BIO PLAN 12-50/24,9



Caratteristiche del blocco

Codice	18201209
Stabilimento di produzione	FELTRE
Tipologia di muro	tamponamento
Spessore	cm 12
Lunghezza	cm 50
Altezza	cm 24,9
Peso del blocco	kg 13,7
Foratura	% < 45
Densità media	kg/mc 940

Muratura e confezionamento

Muratura mc	pezzi	n.	66,7
	malta speciale PLAN (25kg)	sacchi n.	0,43
	peso ⁽¹⁾	kg	928,4
Muratura mq	pezzi	n.	8,0
	malta speciale PLAN (25kg)	sacchi n.	0,05
	peso ⁽¹⁾	kg	111,4
Pacco	pezzi	n.	64
	peso	kg	877
	pezzi per motrice	13t	896
	pezzi per autotreno	29t	2048

Caratteristiche meccaniche

Resistenza del blocco media (f_{bm}) e caratteristica (f_{bk})	base ⁽²⁾	$[f_{bm} / f_{bk}]$	N/mm ²	11 / 10
	testa ⁽²⁾	$[f_{bm} / f_{bk}]$	N/mm ²	2 / 1,5
Resistenza della muratura	a compressione ⁽³⁾	$[f_m]$	N/mm ²	-
	a taglio ⁽⁴⁾	$[f_{vm}]$	N/mm ²	-

Caratteristiche termiche

Conducibilità termica (λ)	λ_{dry} del blocco a secco ⁽⁵⁾	W/mK	0,183
	$\lambda_{m,m}$ del muro con malta speciale 1 mm ⁽⁶⁾	W/mK	<u>0,183</u>
Trasmittanza termica (U) della muratura	senza intonaco	W/mqK	1,211
	con intonaco base calce ⁽⁷⁾	W/mqK	<u>1,135</u>
	con intonaco termico est. ⁽⁸⁾	W/mqK	0,980
	con intonaco termico est. e int. ⁽⁸⁾	W/mqK	0,863
Capacità termica areica interno ⁽⁴⁾		KJ/mqK	49,27
Trasmittanza termica periodica ⁽⁸⁾		W/mqK	0,760
Sfasamento ⁽⁸⁾		ore	5,64
Attenuazione ⁽⁸⁾		-	0,670

Resistenza al fuoco

min⁽⁹⁾ EI 120*

Potere fonoisolante

dB⁽¹⁰⁾ 44

TIPOLOGIA DI BLOCCO

Tramezza rettificata ad incastro porizzata con farina di legno per la realizzazione di divisori ad alto potere fonoisolante o per contropareti di tamponamento

ACCESSORI E PEZZI SPECIALI



rullo stendi malta - cod. 18009996



Maniglie afferra blocchi - cod. 30092530



MURFOR compact - cod. 18005405



Ancoraggi per muratura - cod. 18009992



Wienerberger

tutta la documentazione compresi certificati e voci di capitolato è scaricabile al seguente link:

<https://www.wienerberger.it/pordtherm-bic> 07/01/2019

1. Si considera lo spessore dei giunti orizzontali di malta di 1 mm e il riempimento della trasea verticale con malta M10 per i soli blocchi pieni; 2. Resistenza a compressione caratteristica dichiarata secondo la NTC 2018 e la UNI EN 771; 3. Valori di resistenza meccanica desunti dai certificati di laboratorio; 4. Secondo la UNI EN 1245 valore senza maggiorazione; 5. Valori tecnici calcolati con intonaco a base calce ($\lambda = 0,09$ W/mK) e termico ($\lambda = 0,08$ W/mK) spessore 15+15 mm; 6. Valori calcolati con intonaco a base calce spessore 20+20 mm; 7. In conformità alla circolare VVF 15/02/08 e DM 16/02/07 all.D; 8. Valore calcolato con la legge della massa ($19,9 \log (M)$) compresi gli intonaci. Calore specifico del laterizio $c = 1000$ J/KgK; Coeff. diffusione vapore acqueo $\mu = 3/10$.

I dati inseriti nella presente scheda tecnica sono indicativi - Wienerberger si riserva il diritto di apportare qualsiasi modifica senza preavviso

Wienerberger SpA Unipersonale - Sede legale: 40037 Mordano (BO) fraz. Buharo, Via Bughiano 1 - tel. 0542 56611, fax 0542 52143 - info@wienerberger.com - www.wienerberger.it
Altri stabilimenti: Feltre - 32030 Villabona di Feltre (BL) - Strada della Fomara 7 - tel. 0438 340413, fax 0438 42733; Gattinara - 23045 Gattinara (VC) - Via Ronconada 79 - tel. 0383 821012, fax 0383 834086; Terni - 05100 Terni - Via. Marchionna 134 - tel. 0744 241497, fax 0744 241117

Figura 80: scheda tecnica (tramezza, fonte wienerberger.it)

Calcolo dell'Indice di valutazione del Potere Fonoisolante* di Parete in
Pth BIO PLAN 12-50/24,9

COMPOSIZIONE DELLA PARETE

Parete monostrato realizzata con blocchi in laterizio tramezza rettificata

Pth BIO PLAN 12-50/24,9

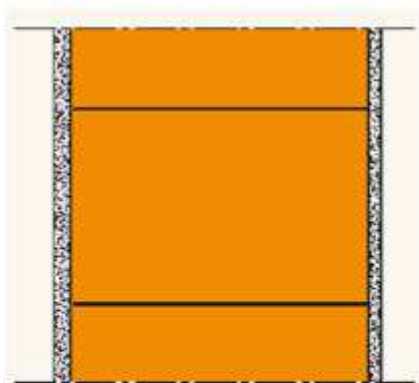
spessore cm 12

intonaco su entrambe le facce in malta cementizia spessore cm 1,5

Spessore totale della parete cm 15

Massa totale della parete Kg/mq 165 comprensiva degli intonaci**

densità intonaco 1800 Kg/mc



Dalla ricerca eseguita dall'Università di Padova per incarico dell'Andil-Assolaterizi, e da prove direttamente eseguite dal Consorzio Alveolater presso l'Istituto Giordano di Bellaria (RN) si è riscontrato che l'indice di valutazione del potere fonoisolante di pareti in blocchi a incastro è regolato dalla relazione

$$R_w = 19,9 \log M = 19,9 \log 165 = 44,1$$

Si può pertanto attribuire alla parete in oggetto un indice di valutazione del potere fonoisolante

$$\underline{R_w = 44 \text{ dB}}$$

Il calcolatore

Ing. E. Lanconelli

* L'indice riportato è un valore calcolato su una muratura non interrotta da tramezzature perpendicolari ed omogenea (cioè priva di tracce e scassi), nonchè posata a regola d'arte.

** Per il calcolo del peso della muratura al mq si è valutato uno spessore del giunto di malta orizzontale continuo di circa 1 mm.

Figura 81: scheda tecnica (potere fonoisolante tramezza, fonte *wienerberger.it*)

Scheda tecnica

in riferimento alla norma italiana UNI EN 771-1. Prodotto in categoria I C E

Pth BIO MOD 30-25/19 (45%)



Caratteristiche del blocco

Codice	18116245	
Stabilimento di produzione	BU/BANO 1	
Tipologia di muro	portante	
Spessore	cm	30 25
Lunghezza	cm	25 30
Altezza	cm	19
Peso del blocco	kg	12,3
Foratura	% <	45
Densità media	Kg/mc	860

Muratura e confezionamento

		sp. 30	sp. 25
Muratura mc	pezzi	n.	63,0
	malta tradizionale	dmc	121,0
	malta tradizionale	sacchi n.	8,1
	peso ⁽¹⁾	kg	992,5
Muratura mq	pezzi	n.	18,9
	malta tradizionale	dmc	36,3
	malta tradizionale	sacchi n.	2,4
	peso ⁽¹⁾	kg	297,8
Pacco	pezzi	n.	60
	peso	kg	738
	pezzi per motrice	13t	960
	pezzi per autotreno	29t	2280

Caratteristiche meccaniche

		sp. 30	sp. 25
Resistenza del blocco	base ⁽²⁾	18,7 / 17	
	media (f _{adm}) e caratteristica (f _{ak})	7,5 / 6,5	
Resistenza della muratura	a compressione ⁽³⁾ (f _t)	-	
	a taglio ⁽³⁾ (f _{ak})	-	

Caratteristiche termiche

		sp. 30	sp. 25
Conducibilità termica (λ)	λ _{10,dry} del blocco a secco ⁽⁴⁾	W/mK	0,176
	λ _{10,dry} del muro con malta trad. 12 mm ⁽⁴⁾	W/mK	0,257
	λ _{10,dry} del muro con malta trad. 6 mm ⁽⁴⁾	W/mK	0,192
	λ _{10,dry} del muro con malta term. 6 mm ⁽⁴⁾	W/mK	0,222
Trasmittanza termica (U) della muratura	con giunto di malta 12 mm trad. ⁽⁵⁾	W/mqK	0,718
	con giunto di malta 6 mm trad. ⁽⁵⁾	W/mqK	0,559
	con giunto di malta 6 mm term. ⁽⁵⁾	W/mqK	0,546
		W/mqK	0,740
Capacità termica areica interno ⁽⁶⁾		KJ/mqK	44,07
Trasmittanza termica periodica ⁽⁸⁾		W/mqK	0,108
Sfasamento ⁽⁸⁾	ore		13,95
Attenuazione ⁽⁸⁾			0,150

Resistenza al fuoco

	sp. 30	sp. 25
min ⁽⁷⁾	REI 180	REI 120

Potere fonoisolante

	sp. 30	sp. 25
dB ⁽⁹⁾	52	51



TIPOLOGIA DI BLOCCO

Blocco a facce lisce porizzato con additivi di origine naturale per la realizzazione di murature portanti secondo le NTC 2018

ACCESSORI E PEZZI SPECIALI



MURFOR rnd - cod. 18005200



Maniglie afferra blocchi - cod. 30092530



MURFOR compact - cod. 18005405



Ancoraggi per muratura - cod. 18009992



Mezzi blocchi disponibili - cod. 18111204



Wienerberger

Figura 82: scheda tecnica (potere fonoisolante laterizio perimetrale, fonte wienerberger.it)