

COMUNE DI INVERUNO

NUOVO PLESSO SCOLASTICO – VIA IV NOVEMBRE

PROGETTO DEFINITIVO

UFFICIO TECNICO COMUNE DI INVERUNO

R.U.P.: Geom. Pietro Tiberti

Progettista: Arch. Claudia Soldati



CONSULENTE SCIENTIFICO:

Politecnico di Milano – Dipartimento ABC

Titolo progetto di ricerca:

Individuazione di un nuovo modello di scuola innovativa ad alta efficienza tecnologica-energetica con l'applicazione della metodologia BIM

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

prof. Tomaso Monestiroli

GRUPPO DI LAVORO:

Prof. Maurizio Acito

Prof. Giuseppe Martino Di Giuda

Prof. Paolo Oliaro

Prof. Franco Guzzetti

Arch. Francesco Menegatti

Arch. Luca Cardani

Arch. Alberto Cariboni

Ing. Vito Lavermicocca

Ing. Mariagrazia Calia

Ing. Agata Consoli

BIMGroup: Ing. Marco Schievano, Ing. Francesco Paleari, Ing. Elena Seghezzi

CONSULENTE SCIENTIFICO:

Università degli studi di Milano Bicocca

Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "Riccardo Massa"

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

Prof.ssa Elisabetta Nigris

GRUPPO DI LAVORO:

Prof.ssa Barbara Balconi

Prof.ssa Luisa Zecca

Prof.ssa Ambra Cardani

Oggetto:

Documenti generali – Requisiti acustici passivi degli edifici DPCM 5/12/1997. Relazione Acustica 2

Tavola n°:

0-R3

INDICE

1. Premessa	3
2. Riferimenti normativi	3
2.1. <i>Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997</i>	3
3. Caratterizzazione dei componenti di impianto	5
3.1. <i>Funzionamento continuo - Impianti di climatizzazione</i>	5
3.1.1. Generatori a pompa di calore acqua-acqua	6
3.1.2. UTA tipo scuola	6
3.2. <i>Funzionamento discontinuo - Impianto di scarico delle acque reflue</i>	6
4. Caratterizzazione dei componenti edilizi	8
4.1. <i>Stratigrafie</i>	9
Componenti orizzontali.....	9
4.1.1. COP01a – Solaio di copertura aule.....	9
4.1.2. COP02a – Solaio di copertura auditorium	10
4.1.3. PO01 – Solaio tra aule.....	11
Componenti verticali	12
4.1.4. CV01b – Parete perimetrale con struttura in legno.....	12
4.1.5. CV02a – Parete perimetrale con struttura in c.a.....	13
4.1.6. CV03a – Parete perimetrale auditorium	14
4.1.7. P01a – Parete divisoria aule	15
Serramenti	16
4.1.8. Finestre e portefinestre	16
4.1.9. Uscite di sicurezza (auditorium)	16
5. Verifica del rispetto dei requisiti acustici previsti dalla normativa	17
5.1. <i>Isolamento acustico delle partizioni interne</i>	17
5.2. <i>Isolamento acustico di facciata</i>	17
5.3. <i>Potere fonoisolante apparente dei divisori fra due aule</i>	18
5.4. <i>Livello di rumore da calpestio fra due aule</i>	19
5.5. <i>Livello continuo equivalente di pressione sonora per impianti ad uso continuo</i>	19
5.6. <i>Livello massimo di pressione sonora per impianti ad uso discontinuo</i>	19
6. Conclusioni	20
ALLEGATO 1. Verifiche secondo D.P.C.M. 5 dicembre 1997	22
CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA Facciata laboratorio	23
Elementi che compongono la facciata.....	23
Correzioni	23
Indice di valutazione dell'isolamento di facciata	23
CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA Facciata Auditorium	24
Elementi che compongono la facciata.....	24
Correzioni	24
Indice di valutazione dell'isolamento di facciata	24

<i>CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DEL DIVISORIO TRA APPARTAMENTI Divisorio tra aule</i>		25
Elementi che compongono la struttura		25
Giunzioni.....		26
Rij - Potere fonoisolante per trasmissione laterale relativo al percorso i-j.....		26
Indice di valutazione del potere fonoisolante.....		27
<i>CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DEL DIVISORIO TRA APPARTAMENTI Solaio Aule</i>		28
Elementi che compongono la struttura		28
Giunzioni.....		29
Rij - Potere fonoisolante per trasmissione laterale relativo al percorso i-j.....		29
Indice di valutazione del potere fonoisolante.....		30
<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO TRA AMBIENTI Solaio Aule</i>		31
Elementi che compongono la struttura		31
Giunzioni.....		31
Lij - Rumore da calpestio per trasmissione laterale relativo al percorso i-j		32
Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio.....		32
<i>CALCOLO DEL LIVELLO CONTINUO EQUIVALENTE DI PRESSIONE SONORA PONDERATO A Uta - Aula</i>		33
Potenza sonora ventilatore		33
Calcolo attenuazioni.....		33
Lp a 1,00 m dalla bocchetta		33
Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A		33

1. Premessa

Il presente documento riporta le analisi effettuate sul progetto del complesso scolastico di Inveruno, composto da una scuola secondaria di primo grado (Edificio A), una scuola primaria (Edificio B) ed un auditorium (Edificio C); esse sono volte a valutare le prestazioni acustiche dell'edificio attraverso lo studio degli impianti e dell'involucro edilizio.

Lo studio si è svolto verificando il rispetto dei requisiti acustici previsti dalla normativa vigente.

2. Riferimenti normativi

Il progetto esecutivo del complesso scolastico dovrà rispondere alle prescrizioni normative volte a garantire un adeguato livello di comfort acustico all'interno degli ambienti di insegnamento. Il principale riferimento normativo del settore è il D.P.C.M. 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", che detta le linee guida per la verifica dei componenti edilizi ed impiantistici. Ulteriori indicazioni prestazionali sono definite dal D.M. 11/12/75 "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia", dalla Legge 23/1996 "Norme per l'edilizia scolastica", dalle linee guida MIUR 11/04/2013 per l'edilizia scolastica e dallanormativa UNI ed ISO in materia di Acustica in edilizia.

2.1. Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997

Il decreto impone la verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti in opera e del rumore generato dagli impianti, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

In sintesi i contenuti sono i seguenti:

- gli edifici vengono classificati in categorie secondo la loro destinazione d'uso (Tabella 1)

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI
categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Tabella 1: Classificazione degli ambienti abitativi (elaborazione da Tabella A del D.P.C.M. 5 dic. 1997)

- vengono definite le grandezze cui far riferimento per la qualificazione dell'edificio in tema di componenti edilizi e sistemi impiantistici, ovvero:

- indice di valutazione del potere fonoisolante apparente riferito a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari (R'_{w});
 - indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,W}$);
 - indice di valutazione del livello di rumore di calpestio dei solai normalizzato ($L'_{n,W}$);
 - livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo (L_{ASmax});
 - livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A per i servizi a funzionamento continuo (L_{Aeq});
- vengono infine forniti i valori limite per le grandezze appena elencate, per le diverse categorie di edificio (Tabella 2).

Categorie di edifici	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

Tabella 2: Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (Elaborazione da Tabella B del D.P.C.M. 5 dic. 1997)

Nel caso in esame la categoria di edifici presa a riferimento è la categoria E (edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili). I valori limite applicabili sono quelli evidenziati in rosso nella riga della Tabella 2 (Categoria E).

Ulteriori indicazioni sulle caratteristiche acustiche degli ambienti sono contenute all'interno dell'appendice C dello stesso D.P.C.M. Qui vengono descritti alcuni parametri atti a valutare il comfort acustico degli ambienti, l'intelligibilità del parlato ed il controllo dell'assorbimento acustico, stabilendo per ogni tipologia di ambiente valori ottimali del tempo di riverberazione e dello Speech Transmission Index (STI, indice che quantifica oggettivamente l'intelligibilità del parlato). Pur non presentando aspetti legali, tali prescrizioni indicative dovranno essere rispettate all'interno del progetto esecutivo per garantire la piena e corretta fruizione dei locali scolastici.

3. Caratterizzazione dei componenti di impianto

I sistemi impiantistici dell'edificio oggetto di studio che hanno significatività a livello acustico sono classificabili in due categorie a seconda della modalità di funzionamento:

- continuo;
- discontinuo.

Alla prima categoria appartengono gli impianti di climatizzazione; alla seconda, gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria. I paragrafi seguenti ne illustrano le principali caratteristiche.

3.1. Funzionamento continuo - Impianti di climatizzazione

Le principali dotazioni impiantistiche per la climatizzazione previste a progetto sono:

- generatori a pompa di calore acqua-acqua (installati in un locale dedicato al piano seminterrato dell'edificio A); le pompe di calore generano energia termica/frigorifera per le batterie delle unità di trattamento aria (di seguito UTA) e per i terminali di emissione nei locali;
- UTA e unità di recupero calore; l'aria primaria nei diversi locali dell'edificio è trattata dalle UTA collocate in copertura (sei per ogni scuola di cui una dedicata alla palestra e una alla mensa, una dedicata all'edificio C - auditorium).

La climatizzazione dei locali avviene mediante pannelli a soffitto nei locali delle scuole, pannelli radianti a pavimento nelle due palestre, venticonvettori nei refettori e bocchette di mandata e di ripresa nell'auditorium.

I componenti giudicati acusticamente significativi sono le UTA che però possono essere considerati trascurabili da un punto di vista acustico poiché essi presentano livelli di pressione sonora accettabili e sono schermati dai componenti architettonici (solai orizzontali di copertura) con elevato potere fonoisolante.

La posa dei diversi componenti e macchinari, in ogni caso, dovrà avvenire avendo cura di annullare qualunque possibile via strutturale di propagazione del rumore (piedini antivibranti, giunti antivibranti, materassini resilienti, ecc.).

3.1.1. Generatori a pompa di calore acqua-acqua

Le pompe di calore sono posizionate in un locale dedicato al piano seminterrato dell'edificio A. Il valore di potenza sonora dichiarato dal produttore per la macchina principale è pari a 97 dB(A).

3.1.2. UTA tipo scuola

L'UTA è posizionata in copertura esattamente al di sopra del blocco bagni.

Lo spettro di potenza sonora più critico dichiarato dal produttore è riportato in Tabella 3:

AHU sound levels	Octave band (Hz)								Tot. dB (A)
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Potenza sonora uscita aria [dB]	76.6	80.9	88.4	83.3	81.3	80.0	74.4	71.3	87.1

Tabella 3: Spettro di potenza sonora UTA (elaborazione da dati del produttore)

Su ciascuno dei due canali di distribuzione dell'aria trattata dall'UTA (mandata e ripresa) è montato un silenziatore. I valori di attenuazione acustica del silenziatore dichiarati dal produttore sono riportati in Tabella 4:

Lunghezza silenziatore (mm)	Octave band (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1200	7	20	30	41	40	37	23

Tabella 4: Valori di attenuazione acustica del silenziatore (elaborazione da dati del produttore)

Al rumore delle UTA propagato in ambiente tramite le canalizzazioni si aggiunge il rumore generato dalle griglie di immissione/estrazione dell'aria in ambiente. Per la rumorosità è stata analizzata una griglia che alla portata di progetto ha un valore di potenza sonora $L_w \leq 25$ dB(A), valore che dovrà essere confermato in fase di realizzazione.

La posa dell'UTA e dei canali dovrà avvenire avendo cura di annullare qualunque possibile via strutturale di propagazione del rumore (piedini antivibranti, giunti antivibranti, materassini resilienti, pendinature resilienti, ecc.).

3.2. Funzionamento discontinuo - Impianto di scarico delle acque reflue

Tra gli impianti ad uso discontinuo, quelli aventi una particolare significatività da un punto di vista acustico sono le reti di scarico delle acque reflue.

In tal senso si prescrive che quest'ultime siano realizzate seguendo le seguenti specifiche:

- tubazioni e raccordi realizzati con miscela omogenea di polipropilene (PP) con carica minerale, del tipo ad innesto con bicchiere e guarnizione di tenuta a semplice labbro in elastomero o con saldatura testa-testa; densità almeno pari a $1,6 \text{ kg/dm}^3$; livello sonoro $L_{sc,A}$ di 6 dB(A) misurato alla portata di 2 l/s per un sistema di scarico De 110*5,6 secondo la norma EN 14366 e certificato dall'istituto Fraunhofer Institut Fur Bauphysik di Stoccarda (P-BA 223/2006);

- fissaggi a mezzo di collari resilienti aventi funzione di smorzare le vibrazioni del condotto annullando la propagazione del rumore per via strutturale;
- desolidarizzazione delle colonne di scarico e dei tratti principali sub orizzontali dai componenti edilizi evitando punti di contatto o inserendo appositi strati di materiale resiliente (gomma, neoprene, feltri, ecc.).

Le specifiche descritte hanno carattere prescrittivo al fine di ottemperare ai limiti imposti dalla legislazione vigente. Per le verifiche si rimanda al successivo paragrafo 5.6.

4. Caratterizzazione dei componenti edilizi

Si riporta di seguito l'analisi eseguita sui componenti edilizi. Essi sono descritti attraverso stratigrafia e tipologia dei singoli materiali impiegati.

Di ciascun componente edilizio è stato calcolato, tramite software Echo v.8.0.0.14, l'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w .

Si ricorda che l'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w è una caratteristica unicamente del componente. A partire da R_w sono poi stati calcolati gli indici di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w e dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,W}$.

I parametri R'_w e $D_{2m,nT,W}$ tengono conto delle trasmissioni laterali e, pertanto, sono parametri di prestazione in opera per il cui calcolo si veda il successivo paragrafo 5.

L'effetto delle trasmissioni laterali è generalmente quello di ridurre il potere fonoisolante, in funzione del tipo di connessione (Figura 1), dando luogo al potere fonoisolante apparente.

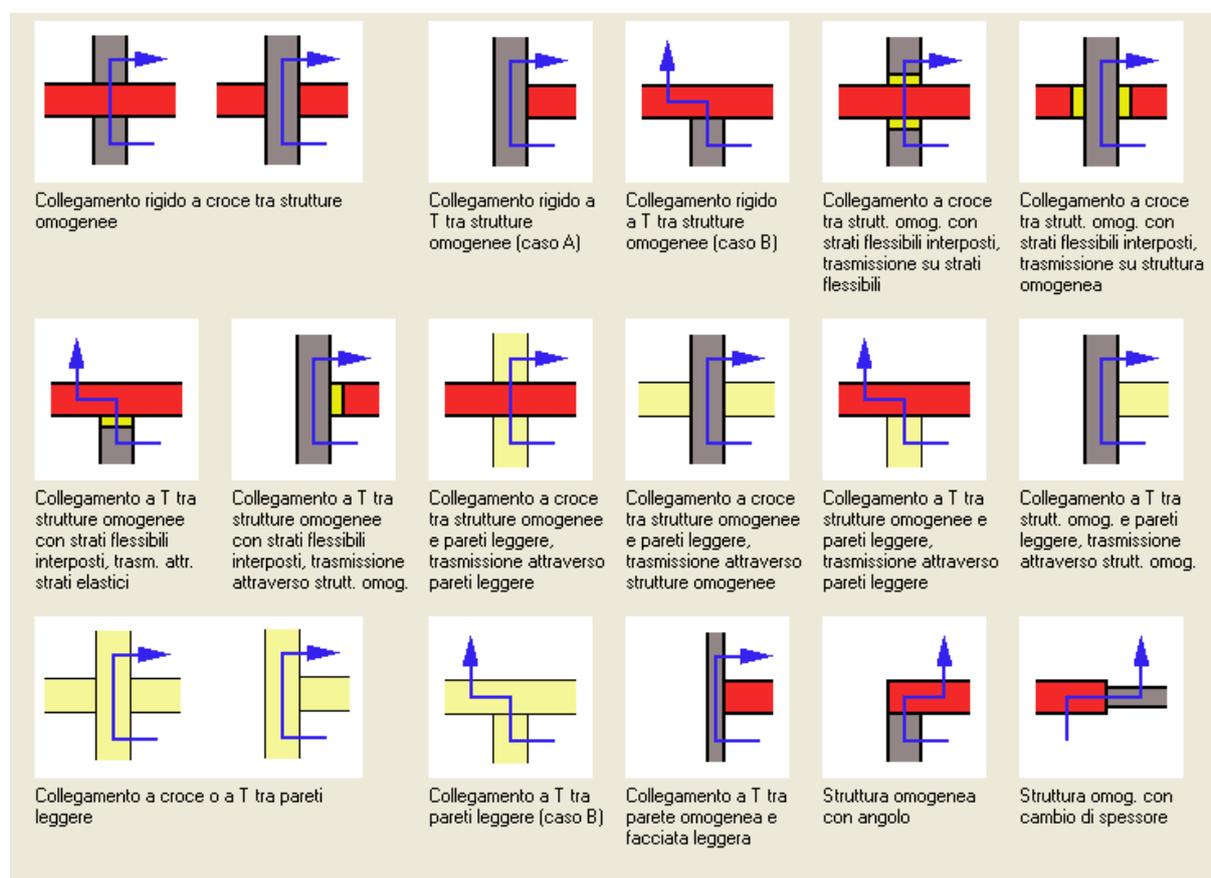


Figura 1: Tipologie di collegamento fra elementi

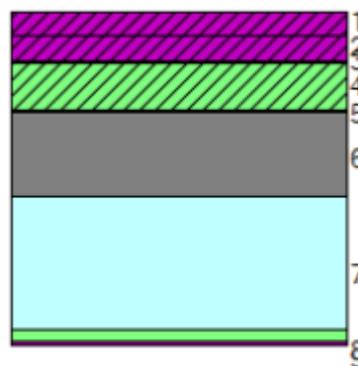
4.1. Stratigrafie

Componenti orizzontali

4.1.1. COP01a – Solaio di copertura aule

Spessore totale 137.7 cm
Massa superficiale 945.1 kg/m²

R_w **59.5 dB**

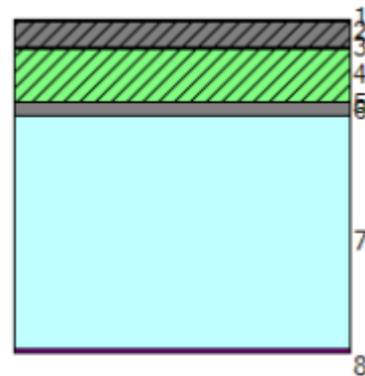


	Tipo	Materiale	Spessore [cm]	Massa superficiale [kg/m ²]
1	VAR	Tetto verde (terriccio e argilla espansa)	10.0	35.0
2	VAR	Substrato di coltivazione	10.0	35.0
3	IMP	Doppia guaina bituminosa	0.8	8.8
4	ISO	Lastre in schiuma polyso con velo vetro saturato	20.0	7.0
5	IMP	Barriera al vapore in polietilene	0.4	4.4
6	CLS	Calcestruzzo armato	35.0	840.0
7	INA	Intercapedine d'aria non ventilata	55.0	0.6
8	ISO	Isolamento in lana di vetro per soffitto radiante	5.0	0.8
9	VAR	Cartongesso in lastre	1.5	13.5

4.1.2. COP02a – Solaio di copertura auditorium

Spessore totale 134.5 cm
 Massa superficiale 447.4 kg/m²

Rw 53.0 dB

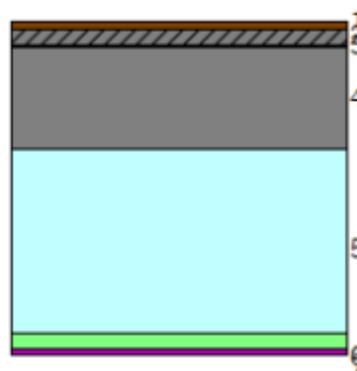


	Tipo	Materiale	Spessore [cm]	Massa superficiale [kg/m ²]
1	IMP	Doppia guaina bituminosa	0.8	8.8
2	CLS	Massetto cls alleggerito	10.0	140.0
3	IMP	Doppia guaina bituminosa	0.8	8.8
4	ISO	Lastre in schiuma polyso con velo vetro saturato	20.0	7.0
5	IMP	Barriera al vapore in polietilene	0.4	4.4
6	CLS	Calcestruzzo armato	11.0	264.0
7	INA	Intercapedine d'aria non ventilata	90.0	0.6
8	VAR	Cartongesso in lastre	1.5	13.5

4.1.3. PO01 – Solaio tra aule

Spessore totale 99.2 cm
 Massa superficiale 773.1 kg/m²

R_w **57.8 dB**
L_{n,eq,0,w} **62.9 dB**



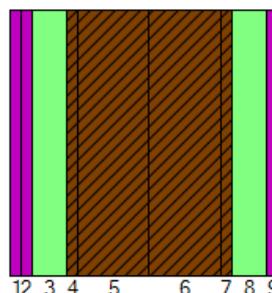
	Tipo	Materiale	Spessore [cm]	Massa superficiale [kg/m ²]
1	LEG	Finitura intera in legno (rovere)	2.2	18.7
2	ISO	Strato di livellamento in cls alleggerito	5.0	15.0
3	GOM	Strato di isolamento acustico in gomma vulcanizzata anticallpestio	0.5	4.8
4	CLS	Calcestruzzo armato	30.0	720.0
5	INA	Intercapedine d'aria non ventilata	55.0	0.6
6	ISO	Isolamento in lana di vetro per soffitto radiante	5.0	0.6
7	VAR	Cartongesso in lastre	1.5	13.5

Componenti verticali

4.1.4. CV01b – Parete perimetrale con struttura in legno

Spessore totale 37.5 cm
Massa superficiale 71.2 kg/m²

Rw 68.0 dB

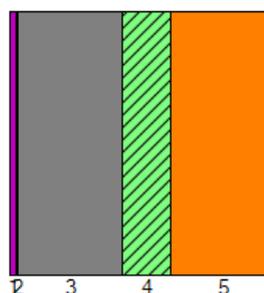


	Tipo	Materiale	Spessore [cm]	Massa superficiale [kg/m ²]
1	VAR	Cartongesso in lastre	1.5	13.5
2	VAR	Cartongesso in lastre	1.5	13.5
3	ISO	Pannello in lana di vetro (densità 11.5 kg/m ³)	5.0	0.6
4	LEG	Pannello OSB	1.5	9.8
5	LEG	Pannello in fibre di legno (densità 50 kg/m ³)	10.0	5.0
6	LEG	Pannello in fibre di legno (densità 50 kg/m ³)	10.0	5.0
7	LEG	Pannello OSB	1.5	9.8
8	ISO	Pannello in lana di vetro (densità 11.5 kg/m ³)	5.0	0.6
9	VAR	Cartongesso in lastre	1.5	13.5

4.1.5. CV02a – Parete perimetrale con struttura in c.a.

Spessore totale 64.0 cm
 Massa superficiale 1072.1 kg/m²

Rw 60.6 dB

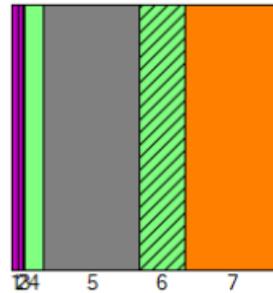


	Tipo	Materiale	Spessore [cm]	Massa superficiale [kg/m ²]
1	VAR	Cartongesso in lastre	1.5	13.5
2	IMP	Barriera al vapore in polietilene	0.4	4.4
3	CLS	Calcestruzzo armato	25.0	600.0
4	ISO	Lastre in schiuma polyso con velo vetro saturato	12.0	4.2
5	MUR	Struttura in mattoni pieni sp. 25 cm	25.0	450.0

4.1.6. CV03a – Parete perimetrale auditorium

Spessore totale 70.4 cm
 Massa superficiale 1072.1 kg/m²

Rw 60.7 dB

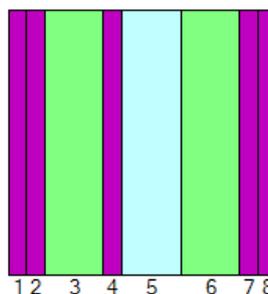


	Tipo	Materiale	Spessore [cm]	Massa superficiale [kg/m ²]
1	VAR	Cartongesso in lastre	1.5	13.5
2	VAR	Cartongesso in lastre	1.5	13.5
3	IMP	Barriera al vapore in polietilene	0.4	4.4
4	ISO	Pannello in lana di vetro (densità 11.5 kg/m ³)	5.0	0.6
5	CLS	Calcestruzzo armato	25.0	600.0
6	ISO	Lastre in schiuma polyso con velo vetro saturato	12.0	4.2
7	MUR	Struttura in mattoni pieni sp. 25 cm	25.0	450.0

4.1.7. P01a – Parete divisoria aule

Spessore totale 22.5 cm
 Massa superficiale 68.8 kg/m²

Rw 68.9 dB



	Tipo	Materiale	Spessore [cm]	Massa superficiale [kg/m ²]
1	VAR	Cartongesso in lastre	1,5	13,5
2	VAR	Cartongesso in lastre	1,5	13,5
3	ISO	Pannello in lana di vetro (densità 11.5 kg/m ³)	5,0	0,6
4	VAR	Cartongesso in lastre	1,5	13,5
5	INA	Camera non ventilata	5,0	0,1
6	ISO	Pannello in lana di vetro (densità 11.5 kg/m ³)	5,0	0,6
7	VAR	Cartongesso in lastre	1,5	13,5
8	VAR	Cartongesso in lastre	1,5	13,5

5. Verifica del rispetto dei requisiti acustici previsti dalla normativa

Caratterizzati i componenti edilizi, si passa alla valutazione delle prestazioni acustiche del fabbricato, calcolando i parametri definiti nel D.P.C.M. 5 dicembre 1997 il quale, come detto, costituisce il riferimento normativo.

5.1. Isolamento acustico delle partizioni interne

Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997 prescrive la verifica dei divisori tra diverse unità immobiliari e tra unità immobiliari e spazi comuni. Ciò perché all'interno di una stessa unità immobiliare gli ambienti sono comunicanti (possono esservi porte aperte) e, in ogni caso, il disturbo trasmesso da un locale all'altro non riguarda terze persone.

Nel fabbricato in esame non sono presenti elementi di separazione con altre unità immobiliari in quanto trattasi di edificio totalmente indipendente.

A livello cogente non è pertanto necessaria la verifica dei valori di R'_w . Per completezza di analisi si è proceduto comunque alla verifica analizzando l'isolamento ambientale tra due aule adiacenti e tra due aule sovrastanti, oltre al livello di rumore di calpestio fra due aule sovrapposte, in riferimento alle verifiche da compiere in opera una volta completata la realizzazione dell'edificio come previsto dal D.M. 18/12/1975.

5.2. Isolamento acustico di facciata

La verifica è stata svolta su due locali degli edifici ritenuti più sfavoriti dal punto di vista dell'esposizione al rumore data la maggiore quantità opaca e trasparente esposta direttamente verso l'esterno. In particolare sono stati analizzati: il laboratorio delle scuole medie (locale 1) e l'auditorium (locale 2). I locali analizzati sono individuati negli estratti planimetrici riportati nelle figure seguenti.

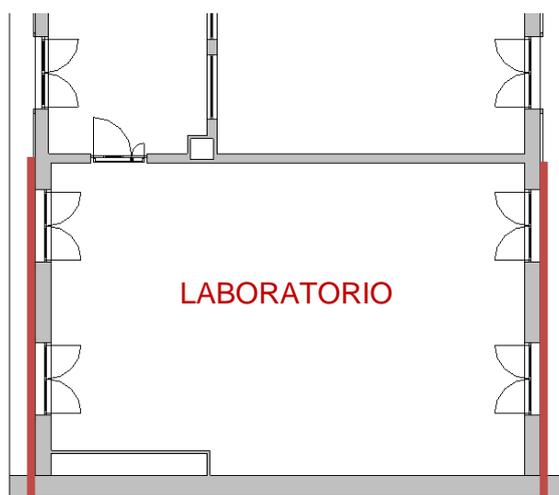


Figura 2: Individuazione del locale oggetto di verifica: laboratorio

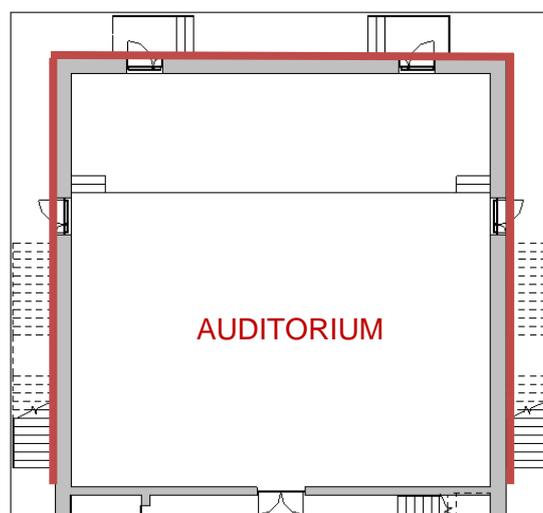


Figura 3: Individuazione del locale oggetto di verifica: auditorium

Gli indici di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata per i due locali analizzati vengono riportati nella Tabella seguente.

Locale verificato	$D_{2m,nT,w}$	Valore limite
Laboratorio locale 1	48.7 dB	48 dB
Auditorium locale 2	48.9 dB	48 dB

Tabella 5: Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato

L'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata è calcolato dal software di simulazione seguendo la procedura definita dalla UNI EN 12354 – 3.

Per i dettagli del calcolo si rimanda all'Allegato 1 della presente relazione.

Dai risultati ottenuti si deduce che la tipologia di tamponatura perimetrale analizzata è idonea al rispetto dei limiti fissati dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997 per la categoria di edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili.

5.3. Potere fonoisolante apparente dei divisori fra due aule

Per la verifica sono state considerate le prestazioni dei divisori (solai e pareti) riportate nel capitolo 4. L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente garantito dalle pareti divisorie è pari a 56.4 dB, mentre quello garantito dai solai è di 57.8 dB. Entrambi i valori sono superiori al valore di riferimento del D.P.C.M 5 dicembre 1997.

I locali oggetto di verifica sono riportati nella seguente figura.

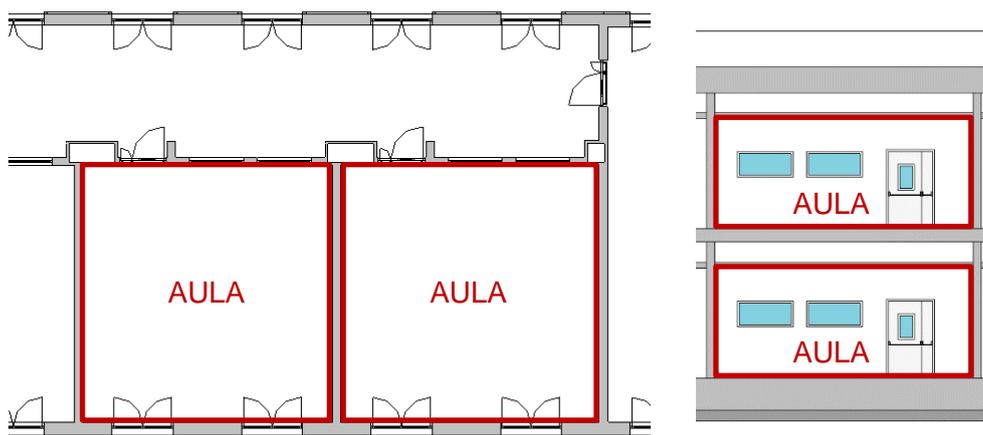


Figura 4: Individuazione del locale oggetto di verifica: aule (pianta e sezione)

5.4. Livello di rumore da calpestio fra due aule

La verifica è stata effettuata considerando il solaio fra le aule, le cui caratteristiche sono riportate nell' capitolo 4. Dalle analisi effettuate il livello di rumore da calpestio del solaio è di 48.1 dB. Qualora anche si consideri l'incertezza pari 2.94 dB (valutata secondo quanto definito dall'Appendice K della norma UNI EN ISO 12345-1), il valore risulta quindi inferiore al limite massimo di 58 dB previsto dal D.P.C.M 5/12/1997.

5.5. Livello continuo equivalente di pressione sonora per impianti ad uso continuo

Il livello continuo equivalente di pressione sonora generato dai sistemi impiantistici ad uso continuo è stato calcolato considerando il rumore generato dalla UTA delle aule del primo piano della scuola media e la posizione del banco più vicino alla bocchetta più sfavorita (installata a parete nell'aula più vicina al cavedio tecnico).

In definitiva, dal calcolo effettuato analizzando il progetto si è ottenuto un valore L_{Aeq} di 22.5 dB(A) quindi inferiore al limite fissato dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997 per gli edifici adibiti ad attività scolastiche $L_{Aeq} \leq 25$ dB(A).

5.6. Livello massimo di pressione sonora per impianti ad uso discontinuo

Il livello massimo di pressione sonora generato dai sistemi impiantistici ad uso discontinuo presenti all'interno dell'edificio, viste le caratteristiche dei componenti sopra descritte e prescritte (v. paragrafo 3.2), risulterà essere $L_{ASmax} \leq 35$ dB(A).

Pertanto si può affermare che tali sistemi siano idonei al rispetto dei limiti fissati dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997 per edificazione ad uso scolastico.

6. Conclusioni

In conclusione, dallo studio svolto derivano le seguenti indicazioni:

- Le facciate esterne garantiscono, con le stratigrafie dei componenti come da descrizione al capitolo 4, un indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato sufficiente, ovvero superiore a 48 dB (minimo imposto dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997);
- I sistemi impiantistici ad uso continuo garantiscono, allo stato di progetto, livelli di pressione sonora continui equivalenti ponderati A inferiori a 25 dB(A) e pertanto sufficientemente bassi, quanto meno secondo la corrente interpretazione del D.P.C.M. 5 dicembre 1997; in ogni caso questo potrà essere verificato solo a livello di progetto esecutivo, una volta stabiliti in dettaglio i percorsi, le dimensioni dei canali e le velocità di transito dell'aria;
- I sistemi impiantistici ad uso discontinuo, realizzati come da descrizione al paragrafo 3.2, garantiscono livelli massimi di pressione sonora ponderati A sufficientemente bassi ovvero $L_{max} \leq 35$ dB (A) (massimo imposto dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997);
- I divisori tra le aule risultano sufficienti per garantire un adeguato potere fonoisolante apparente; analogamente, il progetto definitivo è congruente con la possibilità di garantire adeguati poteri fonosolanti apparenti per tutti gli altri divisori interni del progetto, pur non essendoci alcun obbligo di legge in merito e quindi non sussistendo alcun obbligo di analisi in fase di progetto definitivo e conseguente rendicontazione ai sensi del D.P.C.M. 5 dicembre 1997; gli eventuali divisori specifici su cui si vorrà puntare l'attenzione dovranno essere stabiliti in fase di progetto esecutivo sulla base delle eventuali richieste del Committente.

ALLEGATO 1 - VERIFICHE SECONDO D.P.C.M. 5 DICEMBRE 1997

**$D_{2m,nT,W}$ - Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato
di facciata**

R'_w - Potere fonoisolante dei divisori - Pareti e solai

L'_{nw} - Livello di rumore da calpestio

L_{Aeq} - Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A

Requisiti acustici passivi secondo DPCM 5-12-97

Unità immobiliare Scuola media ed elementare di Inveruno
Destinazione d'uso Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

D_{2m,nT,w} - Isolamento acustico di facciata

Valore limite:48 dB

	Facciate	D _{2m,nT,w} [dB]
1	Facciata laboratorio	48,7
2	Facciata Auditorium	48,9

R'_w - Potere fonoisolante dei divisori - Pareti

Valore limite:50 dB

	Divisori	R' _w [dB]
1	Divisorio tra aule	56,6

R'_w - Potere fonoisolante dei divisori - Solai

Valore limite:50 dB

	Divisori	R' _w [dB]
1	Rw Solaio Aule	57,8

L'_{nw} - Livello di rumore da calpestio

Valore limite:58 dB

	Solai	L' _{nw} [dB]
1	Rw Solaio Aule	48,1

L_{Aeq} – Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A con costante di tempo slow

Valore limite:25 dB

	Solai	L' _{nw} [dB]
1	Uta P1	22,5

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA
Facciata laboratorio

Volume dell'ambiente 240,00 m³
Superficie della facciata 166,50 m²

Elementi che compongono la facciata

	Elemento	Superficie [m ²]	R _w / D _{new} [dB]
1	Serramento Inveruno	17,60	45,00
2	CV01b	35,60	67,96
3	COP01a	80,00	59,51
4	CV02a	33,30	60,60

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata

 ΔL_{fs} = 0 dB

Indice di valutazione dell'isolamento di facciata

R'_w 51,9 dB

D_{2m,nT,w} 48,7 dB

Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

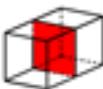
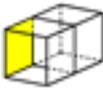
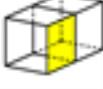
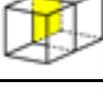
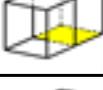
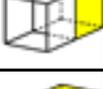
D_{2m,nT,w} minimo 48,0 dB

Limite verificato

**CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE
DEL DIVISORIO TRA APPARTAMENTI
Divisorio tra aule**

Area del divisorio: 26,6 m²

Elementi che compongono la struttura

		Elemento	Massa superficial e [kg/m ²]	R _w [dB]	Strato addizionale	ΔR _w [dB]
S		P01a	68,8	68,9	Lato emitt:	0,0
					Lato ricev:	0,0
1		CV01b	71,2	68,0		0,0
2		PO01a	713,1	63,0		0,0
3		P01a	68,8	68,9		0,0
4		COP01a	945,0	59,5		0,0
5		CV01b	71,2	68,0		0,0
6		PO01a	773,1	57,8		0,0
7		P01a	68,8	68,9		0,0
8		COP01a	945,0	59,5		0,0

Giunzioni

Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza [m]
1		A T (caso A)	3,0
2		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	7,4
3		A T (caso A)	3,0
4		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	7,4

Rij - Potere fonoisolante per trasmissione laterale relativo al percorso i-j

Per corso		Tipo di collegamento	Rij [dB]
S		Trasmissione diretta	68,93
1-5		A T (caso A)	82,96
2-6		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	60,46
3-7		A T (caso A)	84,10
4-8		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	59,38
1-S		A T (caso A)	83,64
2-S		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	91,84
3-S		A T (caso A)	84,10
4-S		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	91,14

S-5		A T (caso A)	83,64
S-6		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	89,25
S-7		A T (caso A)	84,10
S-8		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso A)	91,14

Indice di valutazione del potere fonoisolante

R'_w 56,6 dB

Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

R'_w minimo 50,0 dB

Limite verificato

Volume del locale

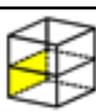
ricevente 151 m³

$D_{nT,w}$ 59,3 dB

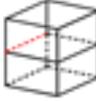
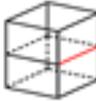
**CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE
DEL DIVISORIO TRA APPARTAMENTI
Rw Solaio Aule**

Area del divisorio: 50,4 m²

Elementi che compongono la struttura

		Elemento	Massa superficial e [kg/m ²]	R _w [dB]	Strato addizionale	ΔR _w [dB]
S		PO01a	773,1	57,8	Lato emitt:	0,0
					Lato ricev:	0,0
1		CV01b	71,2	68,0		0,0
2		P01a	68,8	68,9		0,0
3		P01a	68,8	68,9		0,0
4		P01a	68,8	68,9		0,0
5		CV01b	71,2	68,0		0,0
6		P01a	68,8	68,9		0,0
7		P01a	68,8	68,9		0,0
8		P01a	68,8	68,9		0,0

Giunzioni

Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza [m]
1		A T tra elementi pesanti e facciata leggera (UNI TR 11175)	7,0
2		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	7,2
3		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	7,0
4		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	7,2

Rij - Potere fonoisolante per trasmissione laterale relativo al percorso i-j

Per corso		Tipo di collegamento	Rij [dB]
S		Trasmissione diretta	57,80
1-5		A T tra elementi pesanti e facciata leggera (UNI TR 11175)	91,93
2-6		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	108,40
3-7		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	108,52
4-8		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	108,40
1-S		A T tra elementi pesanti e facciata leggera (UNI TR 11175)	91,83
2-S		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	92,32
3-S		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	92,45
4-S		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	92,32

S-5		A T tra elementi pesanti e facciata leggera (UNI TR 11175)	91,83
S-6		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	92,32
S-7		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	92,45
S-8		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	92,32

Indice di valutazione del potere fonoisolante

R'_w 57,8 dB

Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

R'_w minimo 50,0 dB

Limite verificato

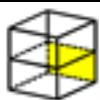
Volume del locale

ricevente 151,2 m³

$D_{nT,w}$ 57,8 dB

**CALCOLO DEL LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO
TRA AMBIENTI
R_w Solaio Aule**

Elementi che compongono la struttura

		Elemento	Massa superficial e [kg/m ²]	L _{n,eq,0,w} [dB]	R _w [dB]	Strato addizionale	ΔL _w /ΔR _w [dB]
S		PO01a	773,1	62,9	57,8	Lato emitt:	14,8
						Lato ricev:	0,0
1		CV01b	71,2		68,0		0,0
2		P01a	68,8		68,9		0,0
3		P01a	68,8		68,9		0,0
4		P01a	68,8		68,9		0,0

Giunzioni

Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza a [m]
1		A T tra elementi pesanti e facciata leggera (UNI TR 11175)	7,0
2		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	7,2
3		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	7,0
4		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	7,2

Lij - Rumore da calpestio per trasmissione laterale relativo al percorso i-j

Per corso		Tipo di collegamento	Lij [dB]
S		Trasmissione diretta	48,14
S-1		A T tra elementi pesanti e facciata leggera (UNI TR 11175)	14,09
S-2		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	13,60
S-3		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	13,48
S-4		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso B)	13,60

Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio

L'_{n,w} 48,1 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 CONTINUO EQUIVALENTE DI PRESSIONE SONORA
PONDERATO A
Uta P1 - Aula**

Potenza sonora ventilatore

	Octave band (Hz)							Tot. dB (A)
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Potenza sonora uscita aria [dB]	80.9	88.4	83.3	81.3	80.0	74.4	71.3	87.1

Calcolo attenuazioni

AHU sound levels	Octave band (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Condotti rettilinei 500 x 300 mm (10.3 m) [dB]	6.2	4.1	3.1	2.6	2.3	2.3	2.3
Condotti rettilinei 500 x 500 mm (10.5 m) [dB]	6.3	4.2	2.4	2.1	1.9	1.9	1.9
Condotti rettilinei 200 x 150 mm (2.8 m) [dB]	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8
Curve 90° [dB]	0	15	35	20	15	15	15
Diramazioni [dB]	9	9	9	9	9	9	9
Terminali [dB]	10.5	4.5	6	2.5	0	0	0
Silenziatore 1200 mm [dB]	7	20	30	41	40	37	23

Superficie dell'ambiente 186,00 m²
R_a dell'ambiente 20,67 m²
Distanza dal centro del terminale 1,00 m

Lp a 1,00 m dalla bocchetta

	Octave band (Hz)							Tot. dB (A)
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Potenza sonora [dBA]	19.6	17.2	0	0	7.6	4.8	13.6	22.5

Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A

L_{Aeq} 22,5 dB(A)
Categoria Edifici adibiti ad attività
dell'edificio scolastiche a tutti i livelli
L_{Aeq} massimo 25,0 dB (A)

Limite verificato