

**RISTRUTTURAZIONE DEL PADIGLIONE 18 VITTORIO EMANUELE
PRESSO IL COMPENDIO IMMOBILIARE P.O. SAN GERARDO IN
VIA SOLFERINO, 16 A MONZA****COMMITTENTE**direttore generale:
dr. Carmelo Scarcelladirezione amministrativa:
dott.ssa Teresa Foiniresponsabile unico del procedimento:
arch. Leonardo Sferrazza Papa**PROGETTISTI:**progetto architettonico e coord. attività
specialistiche:
arch. Andrea Taddiaprogetto impianti meccanici, elettrici,
coord. sicurezza:
ing. Roberto Taddia

Rev.	Data	Descrizione	CM	AA-AT
	24/02/2023	PRIMA EMISSIONE	CM	AA-AT
			Redatto	Controllato
capogruppo mandataria:			Disegno N.	
 Consorzio Stabile - S.c.ar.l Sede di Milano Via Lampedusa, 13 - 20141 Milano			Y-001	
Oggetto			Scala:	
PROGETTO ESECUTIVO			Data	
PROGETTO REQUISITI ACUSTICI			24/02/2023	
Descrizione			Commessa	
Valutazione requisiti acustici passivi			2022671	
			Nome file	
			E 2671 - Y-001-0	

Indice

1	PREMESSA.....	2
2	DEFINIZIONI TECNICHE.....	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3.1	Riferimenti legislativi.....	6
3.2	Riferimenti normativi.....	6
3.3	Il D.P.C.M. 5 Dicembre 1997.....	7
3.4	Il D.M. 23 giugno 2022.....	7
4	IL PROGETTO.....	8
4.1	Localizzazione.....	8
4.2	Descrizione del progetto.....	8
5	CALCOLO DEI REQUISITI ACUSTICI DELLE STRUTTURE.....	10
5.1	Generalità.....	10
5.2	Calcolo dell'isolamento di facciata.....	10
5.3	Divisori interni.....	16
6	RUMOROSITÀ DEGLI IMPIANTI.....	17
6.1	Impianti a funzionamento continuo.....	17
6.2	Impianti a funzionamento discontinuo.....	19
7	CONSIDERAZIONI SUI CAM.....	21
7.1	Controsoffitto fonoassorbente.....	21
7.2	Pavimento sopraelevato.....	21
7.3	Setti acustici tra ambienti.....	22
8	CONCLUSIONI.....	23
9	ALLEGATO 1 – REPORT DI CALCOLO.....	24

1 PREMESSA

In ottemperanza alle disposizioni dell'art.8 della Legge 26 ottobre 1995, n.447 - "Legge quadro sull'inquinamento acustico", del D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", della Legge Regionale 10 agosto 2001, n.13 - "Norme in materia di inquinamento acustico" e del D.M. 23 giugno 2022 - "Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi" viene redatto il presente studio previsionale di determinazione dei requisiti acustici passivi delle opere edili di ristrutturazione di una parte di edificio esistente a destinazione d'uso uffici sito in Via Solferino, 16 a Monza (MB).

L'edificio in oggetto è il Padiglione 18 "Vittorio Emanuele" presso il compendio immobiliare P.O. San Gerardo di Monza.

Si tratta di un edificio esistente composto da una singola unità immobiliare interamente destinata a funzione di uffici; il progetto prevede un intervento di ristrutturazione ed adeguamento funzionale del solo secondo ed ultimo piano dell'edificio. I piani sottostanti sono già occupati e regolarmente funzionanti.

2 DEFINIZIONI TECNICHE

Ambiente abitativo: ogni ambiente interno a un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al decreto legislativo 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive.

Componenti degli edifici: sono componenti degli edifici le partizioni orizzontali e le partizioni orizzontali.

Servizi a funzionamento discontinuo: sono servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.

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

Tempo di riverberazione: il tempo di riverberazione è definito come il tempo necessario affinché il livello di pressione sonora in un ambiente si riduca di 60 dB rispetto a quello che si all'istante in cui la sorgente sonora cessa di funzionare.

Rumore bianco: rumore caratterizzato da densità spettrale omogenea a tutte le bande di frequenza.

Rumore rosa: rumore caratterizzato da una densità spettrale pari a $1/f$ con diminuzione di 3 dB per banda di ottava.

Livello di pressione sonora – L_p : esprime il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro mediante la scala logaritmica dei decibel (dB) ed è dato dalla relazione seguente:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad [\text{dB}]$$

dove:

p è il valore efficace della pressione sonora misurata in pascal (Pa)

p_0 è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 μPa

Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato 'A' – $L_{Aeq,T}$: è il parametro fisico adottato per la misura del rumore, definito dalla relazione analitica seguente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad [\text{dB(A)}]$$

dove:

$p_A(t)$ è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata secondo la curva A (norma IEC n. 651)

p_0 è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 μPa

$t_2 - t_1$ è l'intervallo di tempo di integrazione

$L_{Aeq,T}$ esprime il livello energetico medio del rumore ponderato in curva A, nell'intervallo di tempo considerato

Livello medio di pressione sonora in un ambiente – L: livello definito dalla seguente espressione dove i valori di pressione sonora sono presi in n punti omogenei all'interno di un ambiente in modo che l'intera volumetria ne sia rappresentata:

$$L = 10 \log \frac{p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + \dots + p_n^2}{n p_0} = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_j/10} \right) \quad [\text{dB}]$$

Area equivalente di assorbimento - A: è il livello di isolamento acustico normalizzato rispetto all'area di assorbimento acustico dell'ambiente di ricezione:

$$A = 0,161 \frac{V}{T} \quad [\text{m}^2]$$

dove:

A è l'area equivalente di assorbimento acustico dell'ambiente ricevente espressa in m²

T è il tempo di riverberazione espresso in secondi

V è il volume dell'ambiente in m³

Isolamento acustico – D: differenza tra il livello medio di pressione sonora *L*₁ misurato nell'ambiente di emissione ed il livello medio di pressione sonora *L*₂ misurato nell'ambiente di ricezione:

$$D = L_1 - L_2 \quad [\text{dB}]$$

Isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento acustico – D_n: è il livello di isolamento acustico normalizzato rispetto all'area di assorbimento acustico dell'ambiente di ricezione:

$$D_n = D - 10 \log \frac{A}{A_0} \quad [\text{dB}]$$

dove:

D è l'isolamento acustico

A è l'area equivalente di assorbimento acustico dell'ambiente ricevente espressa in m²

*A*₀ è l'area equivalente di assorbimento acustico di riferimento (10 m²)

Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione – D_{nT}: è il livello di isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente di ricezione:

$$D_{nT} = D + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad [\text{dB}]$$

dove:

D è l'isolamento acustico

T è il tempo di riverberazione espresso in secondi

*T*₀ è il tempo di riverberazione di riferimento (0,5 s)

Potere fonoisolante apparente – R_w: è il parametro che valuta la differenza tra l'energia sonora incidente su un divisorio e quella trasmessa attraverso di essa:

$$R_w = D + 10 \log \frac{S}{A} \quad [\text{dB}]$$

dove:

D è l'isolamento acustico

S è la superficie dell'elemento divisorio espressa in m²

A è l'area equivalente di assorbimento acustico dell'ambiente ricevente espressa in m²

Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico – L_{nA} : è il valore, normalizzato rispetto all'area di assorbimento acustico dell'ambiente ricevente, della pressione sonora generata da una macchina per il calpestio normalizzata trasmesso all'ambiente sottostante:

$$L_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} \quad [\text{dB}]$$

dove:

L_i è il livello di pressione sonora medio misurato nell'ambiente ricevente

A è l'area equivalente di assorbimento acustico dell'ambiente ricevente espressa in m²

A_0 è l'area equivalente di assorbimento acustico di riferimento (10 m²)

Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione – L_{nT} : è il valore, normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente, della pressione sonora generata da una macchina per il calpestio normalizzata trasmesso all'ambiente sottostante:

$$L_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad [\text{dB}]$$

dove:

L_i è il livello di pressione sonora medio misurato nell'ambiente ricevente

T è il tempo di riverberazione espresso in secondi

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento (0,5 s)

Livelli dei valori massimi di pressione sonora – L_{ASmax} , L_{AFmax} , $L_{AI max}$: esprimono i valori massimi della pressione sonora ponderata in curva "A" e le costanti di tempo "slow", "fast", "impulse".

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

3.1 **Riferimenti legislativi**

Per la stesura della presente relazione tecnica si è fatto riferimento, principalmente, ai seguenti testi di legge attualmente vigenti:

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.1769 del 30 aprile 1966 - “Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie”
- D.P.C.M. del 5 dicembre 1997 - “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”
- Legge Regionale del 10 agosto 2001, n.13 - “Norme in materia di inquinamento acustico”
- D.M. 23 giugno 2022 – “Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi”

3.2 **Riferimenti normativi**

- UNI EN 12354-1 – Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti: isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti
- UNI EN 12354-2 – Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti: isolamento acustico al calpestio tra ambienti
- UNI EN 12354-3 – Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti: isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea
- UNI EN 12354-5 – Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti: livelli sonori dovuti agli impianti tecnologici
- UNI TR 11175 – Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale
- UNI EN ISO 717-1 – Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea
- UNI EN ISO 717-2 – Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio
- UNI 11367 – Classificazione acustica delle unità immobiliari: Procedura di valutazione e verifica in opera
- UNI/TR 11326-1 – Acustica. Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica: Concetti Generali
- UNI/TS 11326-2 – Acustica. Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica: Confronto con valori limite di specifica
- UNI 11532-1 – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione: Requisiti generali
- UNI 11532-2 – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione: Settore scolastico
- UNI 11296 – 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 11516 – Indicazioni di posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante per l'isolamento acustico

3.3 Il D.P.C.M. 5 Dicembre 1997

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997 stabilisce i parametri di valutazione delle prestazioni acustiche degli edifici ed i loro valori limite a seconda della destinazione d'uso dei locali.

Gli ambienti oggetto di valutazione vengono suddivisi nelle seguenti categorie (Tabella A del Decreto):

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

La seguente tabella riporta i valori limite per ogni parametro acustico e per ogni categoria di edificio sopra elencata (Tabella B del Decreto).

Categoria edificio	Parametri acustici				
	R_w	$D_{2m,nT}$	$L_{n,W}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	58	35	35

3.4 Il D.M. 23 giugno 2022

Il D.M. 23 giugno 2022 specifica le prestazioni degli elementi costruttivi e delle modalità operative ed organizzative per la progettazione e l'esecuzione di lavori edili appaltati dalla Pubblica Amministrazione.

Per quanto attiene la materia acustica è trattata al paragrafo 2.4.11 mentre al paragrafo 1.1 del decreto si specifica:

“[...]”

Per gli interventi edilizi che non riguardano interi edifici, i presenti CAM si applicano limitatamente ai capitoli “2.5-Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione” e “2.6-Specifiche tecniche progettuali relative al cantiere”.

Nelle ipotesi di appalti di servizi di manutenzione di immobili e impianti i presenti CAM si applicano limitatamente ai criteri contenuti nei capitoli “2.5-Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione”, “2.6-Specifiche tecniche progettuali relative al cantiere” e ai criteri “3.1.2-Macchine operatrici” e “3.1.3-Grassi ed oli lubrificanti per i veicoli utilizzati durante i lavori”.

“[...]”

Nel caso in esame, quindi, il D.M. 23 giugno 2022 non si applica limitatamente alle prescrizioni acustiche.

4 IL PROGETTO

4.1 Localizzazione

L'edificio di progetto è il Padiglione 18 "Vittorio Emanuele" del P.O. San Gerardo di Via Solferino 16 in Monza (MB).

4.2 Descrizione del progetto

Il progetto in esame prevede la manutenzione del solo secondo piano dell'edificio in esame per la messa in operatività degli ambienti da destinare esclusivamente ad uso uffici e si configura, ai sensi del D.P.C.M. 5/12/1997, come di **Categoria B**.

Allo stato attuale il secondo piano oggetto dell'intervento si trova in stato "al rustico"; le opere di progetto prevedono la sistemazione delle facciate esterne, la realizzazione di elementi di separazione interna tra ambienti della stessa unità immobiliare e la realizzazione di n nuovo impianto meccanico per la climatizzazione ed il ricircolo dell'aria primaria degli ambienti.

L'intero edificio (compresi i piani inferiori già attivi) si configura come una singola unità immobiliare. Nella figura seguente si riporta la pianta di massima di progetto e la pianta sinottica delle pareti di nuova realizzazione. Per i dettagli si faccia riferimento agli elaborati tecnici definitivi.

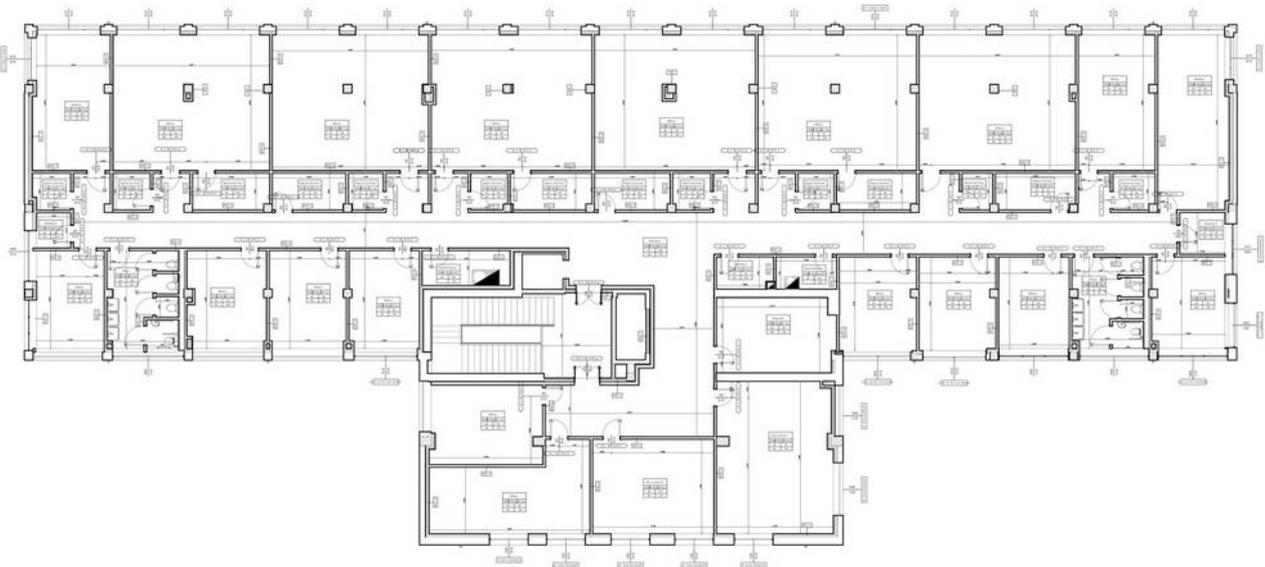


Figura 1 - Pianta del piano secondo

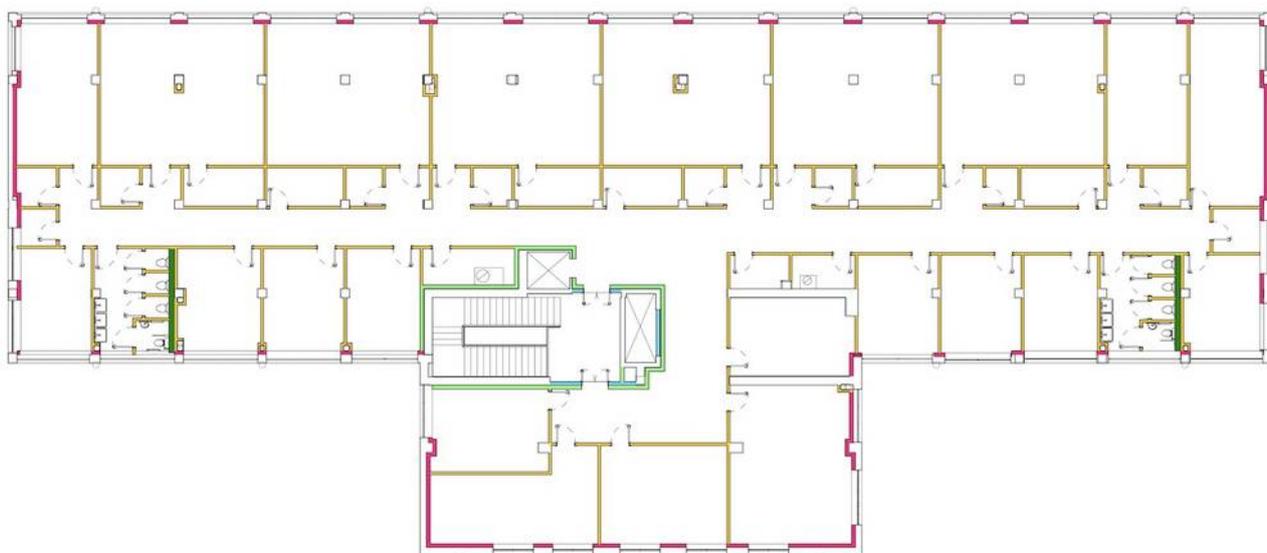


Figura 2 - Pianta sinottica delle nuove pareti del piano secondo

ABACO DELLE FINITURE DELLE MURATURE - SDP			
	TIPO	DESCRIZIONE	LIVELLO
	M04-d	Parete interna in cartongesso, con doppie lastre esterne (cartongesso/cartongesso e lastra classe A1/cartongesso lato corridoio), isolante in lana di roccia- sp. 12,5 cm	Pianta Secondo
	M02-c	Parete interna in cartongesso, con doppie lastre esterne (lastra classe A1/cartongesso e cartongesso/cartongesso), doppio isolante in lana di roccia e lastra singola interna in cartongesso - sp. 17,25 cm	Pianta Secondo
	M01_k	Controparete in cartongesso con doppia lastra esterna (cartongesso/cartongesso), isolante in lana di roccia - sp. 17,6 cm	Pianta Secondo
	M01-f	Controparete tecnica per passaggi impiantistici - sp. 27,5 cm	Pianta Secondo
	M01-d	Controparete in cartongesso con doppia lastra esterna (cartongesso/cartongesso), isolante in lana di roccia, Tenuta al fuoco REI 60 - sp. 17,6 cm	Pianta Secondo
	C06	Placcatura in calciosilicato - spessore 1 cm	Pianta Secondo

Figura 3 - Legenda della pianta sinottica

5 CALCOLO DEI REQUISITI ACUSTICI DELLE STRUTTURE

5.1 Generalità

I calcoli dei parametri acustici previsti dalla normativa vigente sono stati eseguiti con il software ECHO 8.1 sviluppato da ANIT secondo tutte le indicazioni tecnico-progettuali previste dalle normative UNI EN serie 12354 e dalla UNI TR 11175.

I valori del potere fonoisolante apparente R_w , dove non disponibili mediante certificazioni di laboratorio o riconducibili alle tipologie costruttive contenute nelle norme UNI serie 12354, sono stati calcolati con il software SoundFlow sviluppato da AFMG.

L'utilizzo di materiali differenti da quelli elencati nelle seguenti pagine potrebbe portare a determinare forti incongruenze tra i valori calcolati previsionalmente nel presente documento e quelli ottenuti in fase di collaudo. Tali incongruenze potrebbero anche portare a gravi mancanze nei valori di isolamento acustico determinandone l'incompatibilità con i valori limite previsti dalla normativa vigente.

Eventuali modifiche alle stratigrafie presentate in questo documento dovranno essere valutate ed approvate da un Tecnico Competente in Acustica ambientale prima di essere poste in essere.

5.2 Calcolo dell'isolamento di facciata

Modalità di calcolo dell'isolamento di facciata

La formula per il calcolo dell'isolamento di facciata ($D_{2m,nT,w}$), come definita dalla norma UNI EN 12354-3, è la seguente:

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{f,s} + 10 \log \frac{0,16 V}{T_0 S_{tot}} \quad [\text{dB}]$$

dove:

R'_w è il potere fonoisolante apparente medio della facciata in dB

$\Delta L_{f,s}$ è il fattore correttivo per la forma di facciata in dB

V è il volume dell'ambiente in m^3

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento (0,5 s)

S_{tot} è la superficie della facciata vista dall'interno in m^2

Il parametro R'_w è il valore globale del potere fonoisolante apparente della facciata in esame ed è dato dalla media logaritmica, pesata sulla superficie relativa, del potere fonoisolante apparente di ogni elemento componente la facciata (R'_{wi}) comprensivo della presenza di elementi di piccole dimensioni (ad esempio i fori di estrazione dei fumi, piccoli impianti di ricircolo aria, ecc), per i quali il parametro di isolamento acustico è $D_{ne,w,j}$ e degli elementi di sigillatura definiti dal parametro di isolamento $R_{SW,k}$.

Il valore di R'_w si ottiene dalla formula seguente:

$$R'_w = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{\frac{-R_{wi}}{10}} + \frac{A_0}{S_{tot}} \sum_{j=1}^n 10^{\frac{-D_{ne,w,j}}{10}} + \frac{I_0}{S_{tot}} \sum_{k=1}^n I_{s,k} 10^{\frac{-R_{SW,k}}{10}} \right] - K$$

dove:

R'_w è il potere fonoisolante apparente medio della facciata in dB

S_i è la superficie dell'elemento i-esimo della facciata in m^2

S_{tot} è la superficie totale della facciata in m^2

A_0 è il riferimento della superficie equivalente di assorbimento ($10 m^2$)

$D_{n,ew,j}$ è l'isolamento acustico del j-esimo piccolo elemento in dB

$R_{SW,k}$ è il potere fonoisolante del k-esimo riempimento del giunto in dB

$l_{S,k}$ è la lunghezza del giunto in m

l_0 è la lunghezza di riferimento (1 m)

Il fattore K presente nella relazione assume il valore di 2 in caso la facciata preveda dei giunti rigidi con le pareti interne per considerare la trasmissione laterale. In alternativa può essere calcolato con la metodologia specifica descritta nella norma UNI EN 12354-1 per la componente della trasmissione per fiancheggiamento nella stima del potere fonoisolante apparente dei divisori interni.

Il parametro ΔL_{fs} dipende dalla forma della facciata rispetto alla posizione della potenziale sorgente sonora di collaudo.

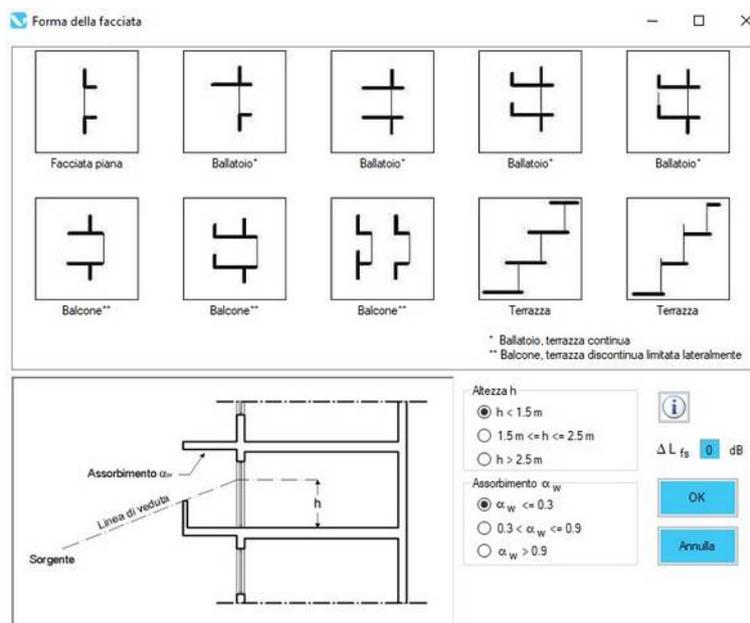


Figura 4 - Schermata di calcolo del ΔL_{fs} nel software ECHO 8.1

Modalità di calcolo del potere fonoisolante apparente

Il seguente metodo di calcolo del potere fonoisolante apparente di pareti semplici o complesse viene utilizzato qualora non fossero disponibili dati ottenuti mediante prove empiriche dirette sull'esatto elemento valutato (collaudi in opera e/o prove di laboratorio).

La stima del valore globale del potere fonoisolante apparente dell'elemento di base può essere eseguita, per pareti dotate di una massa superficiale superiore a 150 Kg/m^2 e formata da elementi omogenei (mattoni di argilla, calcestruzzo, blocchi di silicato di calcio, blocchi di gesso, calcestruzzo autoclavato, ecc), con le formule proposte dalla stessa UNI 12354-1:

$$R_w = 20 \log m' \quad [\text{dB}]$$

dove:

m' è la massa superficiale (in Kg/m^2)

E' possibile calcolare l'incremento del potere fonoisolante della struttura di base, dovuto alla presenza di contropareti, calcolando prima la frequenza di risonanza (f_0) della controparete mediante le seguenti formule:

per elementi direttamente collegati alla struttura di base

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad [\text{Hz}]$$

dove:

- s' è la rigidità dinamica reale dello strato resiliente (in MN/m³)
- m'_1 è la massa superficiale della struttura di base (in Kg/m²)
- m'_2 è la massa superficiale dello strato aggiuntivo (in Kg/m²)

per elementi dotati di intercapedine riempita di materiale poroso

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad [\text{Hz}]$$

dove:

- d è lo spessore dell'intercapedine (in m)
- m'_1 è la massa superficiale della struttura di base (in Kg/m²)
- m'_2 è la massa superficiale dello strato aggiuntivo (in Kg/m²)

Una volta calcolata la frequenza di risonanza, il fattore correttivo (ΔR_w) viene determinato secondo la tabella riportata in Appendice D alla norma UNI 112354-1.

Resonance frequency f_0 of the lining Hz	ΔR_w dB
$30 \leq f_0 \leq 160$	$74,4 - 20 \lg(f_0) - R_w/2$
200	- 1
250	- 3
315	- 5
400	- 7
500	- 9
630 to 1 600	- 10
$1\ 600 \leq f_0 \leq 5\ 000$	- 5

Figura 5 - Calcolo ΔR_w secondo UNI 112354-1

In caso di presenza di doppia controparete su una struttura di base, il potere fonoisolante totale si calcola aggiungendo il ΔR_w della controparete che assicura il ΔR_w maggiore e la metà del ΔR_w della seconda:

$$R_{w,m} = R_w + \Delta R_{w,1} + \frac{\Delta R_{w,2}}{2} \quad [\text{dB}]$$

dove:

- R_w è il potere fonoisolante della struttura di base (in dB)
- $R_{w,1}$ è il potere fonoisolante della prima controparete (in dB)
- $R_{w,2}$ è il potere fonoisolante della seconda controparete (in dB)

Nel caso che entrambi i ΔR_w risultino negativi, la controparete della quale si somma la metà del contributo è quello con il ΔR_w maggiore.

Descrizione degli elementi di facciata

Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997 fissa, per gli edifici adibiti ad uffici e assimilabili (categoria B), un valore limite minimo di isolamento di facciata ($D_{2m,nT}$) pari a 42 dB.

Il progetto prevede la realizzazione di una controparete interna da affiancare agli elementi esistenti di tamponamento esterno composti da mattoni forati.

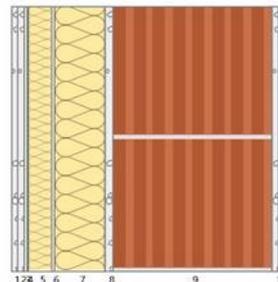
La stratigrafia succitata può essere così dettagliata (dall'esterno verso l'interno):

- Intonaco sabbia e cemento sp. 15 mm
- Blocco forato sp. 300 mm
- Intonaco sabbia e cemento sp. 15 mm
- Lana minerale sp. 95 mm
- Aria sp 5 mm
- Lana minerale sp. 45 mm
- Aria 5 mm
- Doppia lastra in cartongesso sp. 12,5 mm (x2)

Descrizione della struttura: Parete Esterna

Codice: M1

Trasmittanza termica	0,172 W/m ² K
Spessore	506 mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2 °C
Permeanza	1,934 10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	283 kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	212 kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,020 W/m ² K
Fattore attenuazione	0,118 -
Sfasamento onda termica	-13,1 h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Cartongesso in lastre	12,50	0,2100	0,060	700	1,00	10
2	Cartongesso in lastre	12,50	0,2100	0,060	700	1,00	10
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm ² /m	5,00	0,0455	0,110	-	-	-
4	Barriera vapore in fogli di polietilene	1,00	0,3300	0,003	920	2,20	100000
5	Lana Minerale Arena 32	45,00	0,0320	1,406	32	1,03	1
6	Intercapedine non ventilata Av<500 mm ² /m	5,00	0,0455	0,110	-	-	-
7	Lana Minerale Arena 32	95,00	0,0320	2,969	32	1,03	1
8	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
9	Blocco forato	300,00	0,3490	0,860	687	0,84	9
10	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,069	-	-	-

Figura 6 - Descrizione analitica della stratigrafia della parete esterna di progetto

Per il calcolo del potere fonoisolante della stratigrafia si è partiti dal valore di R_w di una parete in mattoni forati da 30 cm intonacata su ambo i lati che la letteratura tecnica in materia indica in 48 dB; il calcolo del ΔRW della controparete interna, eseguito secondo le formule riportate nella norma UNI 12534, indica ha determinato un valore di +20,3 dB al quale è stato applicato un fattore di incertezza pari a -2 dB per un valore di R_w dell'intera struttura pari a 66,3 dB.

Serramenti

I nuovi serramenti previsti dal progetto dovranno garantire **un potere fonoisolante apparente certificato (R_w) non inferiore a 40 dB per quasi tutti gli ambienti abitativi (uffici e sale riunioni).**

Eccezioni a questa prescrizione sono gli ambienti denominati Ufficio 30, Ufficio 40 e Ufficio 41 per i quali sarà necessario posare serramenti certificati come aventi R_w minimo pari a 41 dB.

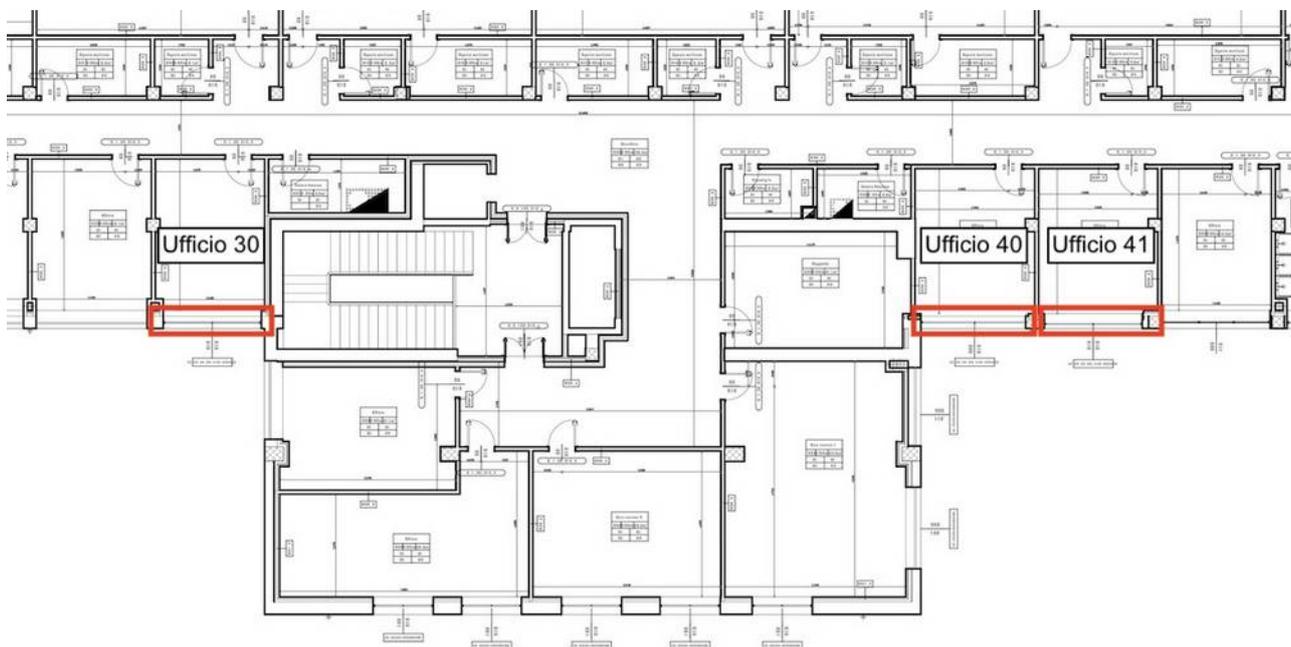


Figura 7 - Localizzazione dei serramenti che necessitano R_w certificato ≥ 41 dB

Per evitare eccessivi problemi dovuti all'effetto di coincidenza intrinseco nella tipologia costruttiva di questi elementi, si consiglia di scegliere una stratigrafia vetrata che preveda una differenziazione degli spessori delle due lastre (piane o stratificate che siano) componenti la vetrocamera. Tanto maggiore sarà questa differenza tanto minore risulterà l'incidenza dell'effetto di coincidenza delle finestre sulla prestazione acustica globale della facciata. Anche la presenza di fogli di PVB trasparente tra le lastre stratificate riduce tale effetto.

IMPORTANTE: I certificati dovranno essere rappresentativi dell'esatto serramento che sarà installato inteso come intero sistema e non solo come stratigrafia vetrata. A tal proposito ci si dovrà assicurare che non solo le lastre vetrate ed il serramento siano identici a quelli riportati nei certificati sia per stratigrafie che per dimensioni ma dovranno risultare omologhi anche gli accessori (guarnizioni, cardini, chiusure, ecc), i materiali di sigillatura e la posa dell'infisso.

Ad esempio, se il serramento in previsione di installazione risulta più grande di quello testato in laboratorio (generalmente il provino da laboratorio misura $1,82 \text{ m}^2$), questo sarà affetto da una perdita di prestazione; per valutare tale perdita può essere utilizzato il seguente prospetto, estratto dalla norma UNI EN 14531-1.

Area complessiva del serramento	Valore di R_w
dal -100% al + 50% dell'area complessiva del provino	R_w e $R_w + C_{tr}$ sperimentale
dal + 50% al + 100% dell'area complessiva del provino	R_w e $R_w + C_{tr}$ sperimentale -1 dB
dal + 100% al + 150% dell'area complessiva del provino	R_w e $R_w + C_{tr}$ sperimentale -2 dB
> + 150% dell'area complessiva del provino	R_w e $R_w + C_{tr}$ sperimentale -3 dB

Figura 8 - Applicabilità dei risultati di laboratorio a serramenti in opera (UNI 14531-1)

Analisi delle criticità

La criticità principale del progetto risiede nel fatto che questo prevede la posa di serramenti anche di grande superficie.

Secondo quanto previsto dal prospetto riportato in Figura 8 del presente documento tecnico, a fronte di certificazioni di serramenti che siano state eseguite su provini standard (1,82 m²), l'R_w richiesto sarà dipendente dalla dimensione totale del reale serramento posato:

- per serramenti fino a 2,73 m² R_w = 40 dB
R_w = 41 dB per Uffici 30, 40 e 41
- per serramenti compresi tra 2,73 e 3,64 m² R_w = 41 dB
R_w = 42 dB per Uffici 30, 40 e 41
- per serramenti compresi tra 3,64 e 4,55 m² R_w = 42 dB
R_w = 43 dB per Uffici 30, 40 e 41
- per serramenti superiori a 4,55 m² R_w = 43 dB
R_w = 44 dB per Uffici 30, 40 e 41

Indipendentemente dal prodotto finale installato, si raccomanda che, dove applicabili, siano adottati gli accorgimenti della buona tecnica per l'eliminazione di eventuali ponti acustici come descritto nella norma tecnica UNI 11296:2018.

Si raccomanda in particolare il corretto utilizzo di elementi di "fondo giunto" e fasce autoespandenti in posa singola o, ancora meglio, doppia.

figura 6 Schematizzazione di un giunto dotato di fondo giunto
 Legenda
 1 Sigillante
 2 Fondo giunto
 A Almeno 5 mm e in conformità alle specifiche tecniche del fabbricante del sigillante
 B Ai fini della corretta reticolazione, consigliato pari ad A/2

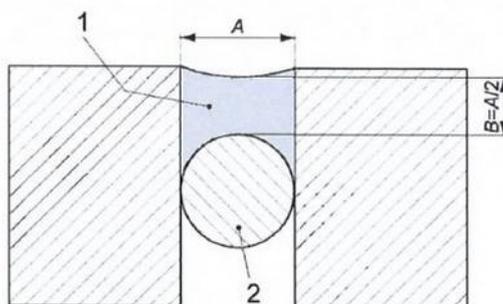


Figura 9 - Schema di installazione fondo giunto a sigillatura

In ogni caso i prodotti di sigillatura dei giunti tra falsi telai e muratura dovranno essere certificati come aventi un valore di R_{SW} non inferiore a 58 dB.

Risultati dei calcoli dell'isolamento di facciata

I calcoli, eseguiti con il software ECHO 8.1 della ANIT secondo le prescrizioni delle normative tecniche vigenti (UNI EN serie 12354 e dalla UNI TR 11175), riportano un sostanziale rispetto del parametro di isolamento di facciata (D_{2m,nT}) previsto dal D.P.C.M. 5/12/1997 per la destinazione d'uso uffici prevista dal progetto.

Si riporta in allegato il report di calcolo.

5.3 Divisori interni

Il progetto si configura, nel suo insieme, come un'unica unità immobiliare.

Il D.P.C.M. 5/12/1997 si applica esclusivamente ai divisori interni, verticali ed orizzontali, che suddividono due differenti unità immobiliari; per questo motivo risultano non applicabili i limiti previsti dalla legislazione vigente relativamente a:

- potere fonoisolante apparente (R'_w) di partizioni verticali
- potere fonoisolante apparente (R'_w) di partizioni orizzontali
- indice del rumore di calpestio (L'_n) dei solai

6 RUMOROSITÀ DEGLI IMPIANTI

6.1 Impianti a funzionamento continuo

Il progetto prevede l'installazione, al piano sottotetto, di 3 recuperatori di calore di portata rispettivamente pari a 1.300, 1.800 e 1.900 mc/h canalizzati verso delle unità interne poste nei controsoffitti degli ambienti di progetto.

I recuperatori di calore previsti sono dei MITSUBISHI serie LGH-RVX o similari di potenza massima pari a 1 KW; tali impianti sono garantiti come aventi un potenza sonora massima L_{WA} pari a 42 dB(A)

Premesso che dovranno comunque essere adottate tutte le soluzioni tecniche di buona posa delle macchine per evitare la creazione di ponti acustici e, in particolare: tutti gli impianti tecnologici dovranno essere installati su appositi sostegni antivibranti adeguatamente dimensionati in base alle frequenze tipiche di vibrazione di ogni impianto.

Analogamente anche tutte le canalizzazioni e tubazioni collegate agli impianti dovranno essere disaccoppiate dai propri sostegni (staffe, collari, supporti, ecc) mediante interposizione di materiale antivibrante.

Il solaio di divisione tra il piano secondo ed il sottotetto sarà realizzato con una soletta in laterocemento 220+40; sopra la soletta sarà posto un doppio strato di lana minerale di spessore totale pari a 160 mm

Descrizione della struttura: **Sottotetto**

Codice: **S1**

Trasmittanza termica	0,195 W/m ² K
Spessore	430 mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-2,7 °C
Permeanza	39,683 10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	384 kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	366 kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,026 W/m ² K
Fattore attenuazione	0,133 -
Sfasamento onda termica	-11,8 h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Pannello in lana di roccia	80,00	0,0350	2,286	70	1,03	1
2	Pannello in lana di roccia	80,00	0,0350	2,286	70	1,03	1
3	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	40,00	1,4900	0,027	2200	0,88	70
4	Blocco da solaio	220,00	0,6670	0,330	1214	0,84	9
5	Intonaco di cemento e sabbia	10,00	1,0000	0,010	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Figura 10 - Descrizione analitica della stratigrafia del solaio del sottotetto di progetto

In aggiunta alla stratigrafia succitata il progetto prevede la posa (lato uffici) di un controsoffitto in lana minerale di spessore 22 mm

Dell'elemento così composto è stato calcolato il fattore di Transmission Loss attraverso il software SoundFlow.

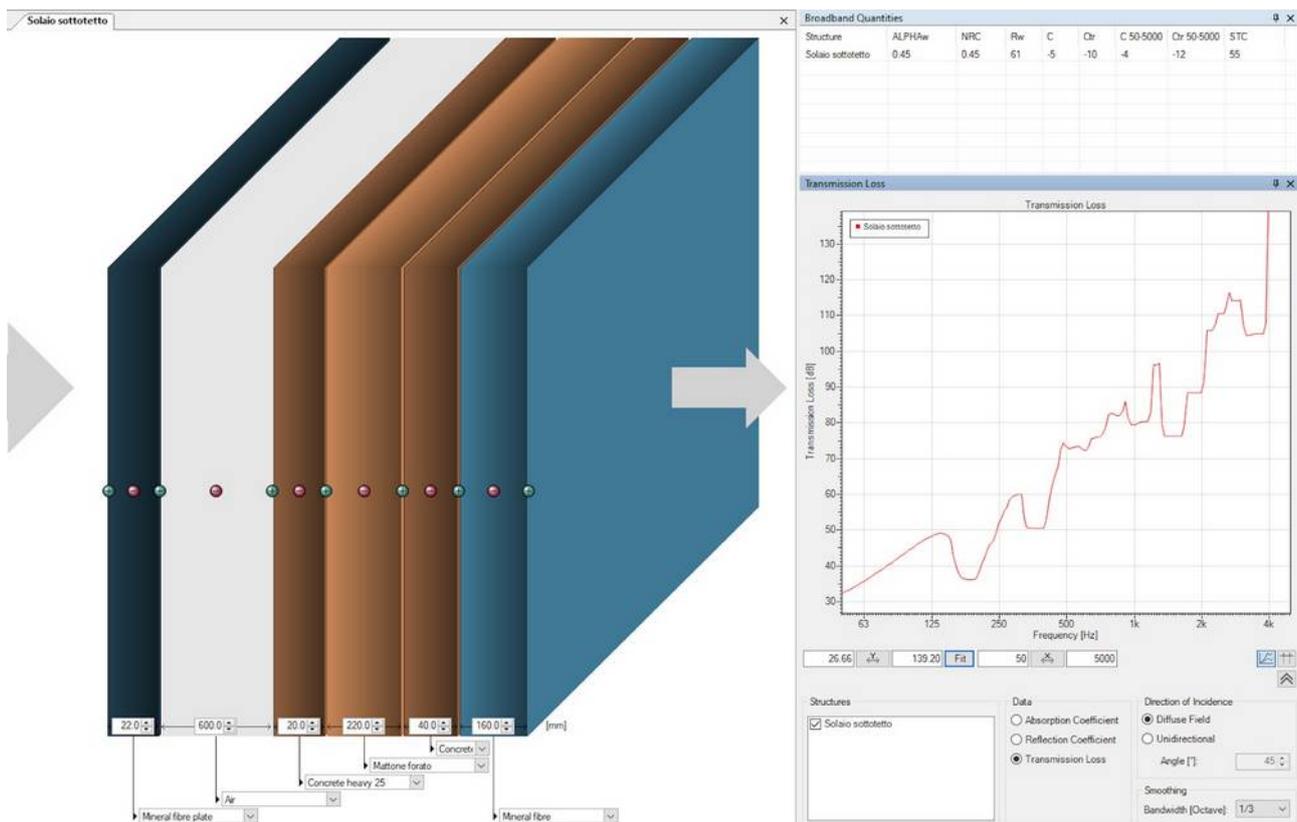


Figura 11 - Schermata di calcolo dei parametri acustici del solaio S1

I valori in banda di ottava della Transmission Loss calcolata sono riportati nella seguente tabella.

	Frequenza (Hz)						
	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Transmission Loss (dB)	34,8	44,5	41,2	55,2	82,4	80,9	109,3

Dai dati sopra esposti relativi alle prestazioni di Transmission Loss e della potenza sonora dei recuperatori di calore previsti si stima, con buona dose di cautela, che il livello di rumorosità all'interno degli ambienti sottostanti sarà scarsamente sensibile e comunque ampiamente inferiore al limite di L_{Aeq} che il D.P.C.M. 5/12/1997 fissa, per gli ambienti in Categoria B, in massimo 35 dB(A).

Le unità interne installate nei controsoffitti degli ambienti abitativi di progetto non rientrano nella casistica di valutazione della rumorosità immessa negli ambienti di progetto in quanto generano le loro emissioni sonore all'interno dello stesso ambiente in cui sono collocate; prescrizione del D.P.C.M. 5/12/1997 è infatti:

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

6.2 Impianti a funzionamento discontinuo

Per garantire il rispetto del limite di L_{ASmax} , fissato dal D.P.C.M. 5/12/1997 in massimo 35 dB(A), nei confronti degli ambienti posizionati a fianco delle zone bagno, il progetto prevede di adottare l'utilizzo di tubazioni plastiche pluristrato silenziate fissate con collari dotati di strato elastico disaccoppiante.



Figura 12 - Esempio di tubazione pluristrato silenziate



Figura 13 - Esempio di collare con materiale disaccoppiante

I cavedi di alloggiamento delle tubazioni di scarico saranno dotati di due strati di lana di roccia, uno addossato alla parete del bagno stesso ed uno alla parete dell'ambiente abitativo adiacente; questa soluzione, oltre ad aumentare il potere fonosolante della parete divisoria garantirà che il cavedio non si trasformi in una cassa di risonanza abbattendo significativamente i riverberi delle onde sonore generate dagli scarichi e diminuendo di conseguenza la densità di energia sonora al suo interno.

Nei passaggi delle tubazioni attraverso i solai si dovrà inoltre aver cura di sigillare la rimanenza dei fori con materiale non rigido in modo da evitare la trasmissione del rumore per via solida.

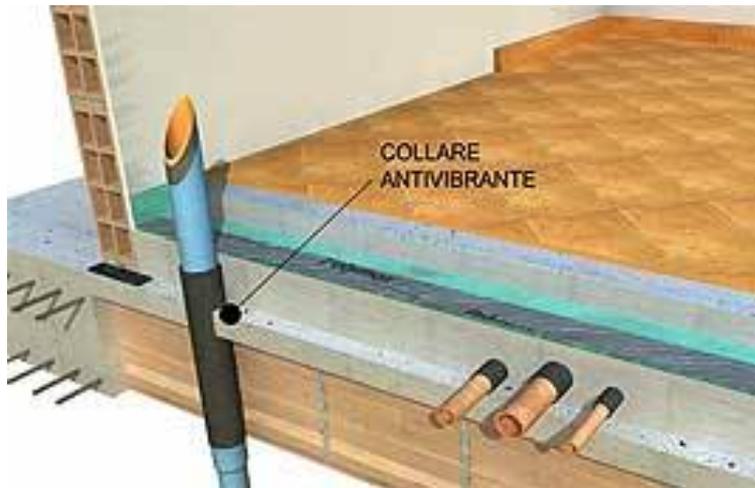


Figura 14 - Schema di passaggio dei solai dei tubi di scarico

Per concludere, il progetto delle tubazioni di scarico dovrà assicurare la minima presenza possibile di spostamenti di tubazione e curve a 90°

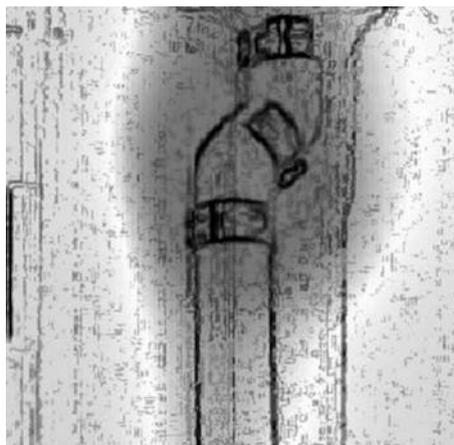


Figura 15 - Analisi dell'aumento di rumorosità (+10 dB(A)) in corrispondenza di spostamenti di tubazioni

7 CONSIDERAZIONI SUI CAM

Come argomentato al paragrafo 3.4 del presente documento, il D.M. 22 giugno 2022 sui Criteri Ambientali Minimi, esclude l'applicabilità delle prescrizioni in materia di acustica per gli interventi diretti su singole porzioni di edificio.

Il progetto in esame ricade in questa casistica e quindi non sono state eseguite specifiche analisi quantitative sui parametri previsti al paragrafo 2.4.11 del suddetto decreto.

Ad ogni modo si ritiene di dover specificare che il progetto ha previsto diverse soluzioni per garantire un buon comfort acustico degli ambienti di progetto che vengono descritti qualitativamente nei successivi paragrafi.

7.1 Controsoffitto fonoassorbente

I controsoffitti degli ambienti abitativi di progetto saranno realizzati con quadrotti 60x60 cm in fibra minerale di spessore 22 mm certificati come aventi un valore di coefficiente di assorbimento acustico α_w pari a 0,90.

7.2 Pavimento sopraelevato

Per quanto attiene alle aree "abitative" (come definite dal D.P.C.M. 5/12/1997) si prevede la posa di pavimentazione sopraelevata con sistema composto da quadrotte in calcio silicato o prodotto simile.

Al fine di migliorare la situazione acustica esistente, si prevede di posare sotto i piedini di supporto della pavimentazione sopraelevata, uno strato di materiale elastico disaccoppiante anticalpestio.

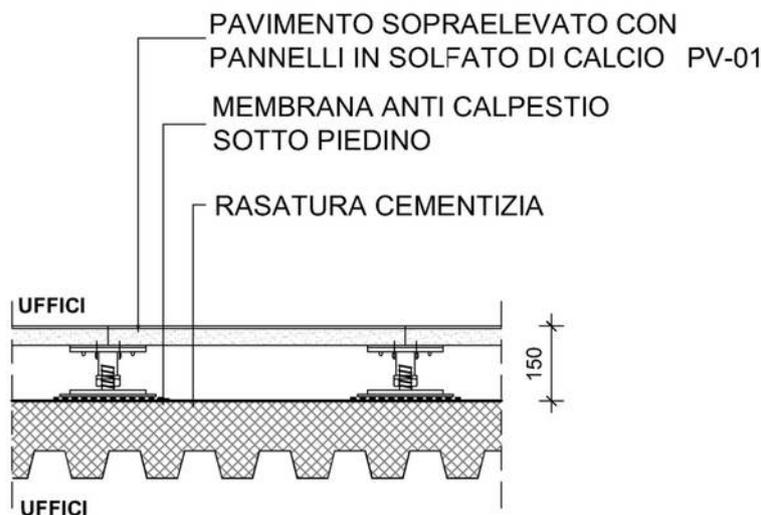


Figura 16 - Stratigrafia dei solai di progetto e localizzazione nuovo strato anticalpestio

Il materiale da posare sotto i piedini dovrà avere una buona resistenza alla compressione in modo che il carico gravante su ogni piedino non lo tagli rendendo così instabile la pavimentazione e inutile l'effetto di miglioramento acustico attribuibile a questo elemento.

Un buon prodotto di questa tipologia ha una densità non inferiore a 650 Kg/m^3 e rigidità dinamica (s') compresa tra i 55 ed i 70 MN/m^3 .

7.3 Setti acustici tra ambienti

I divisori tra gli ambienti abitativi saranno realizzati con pareti a secco in doppia lastra su ogni lato e lana minerale all'interno (75 mm).

Per evitare passaggi di rumore tra un ambiente e l'altro, tali divisori saranno poggiati sulla soletta inferiore e fissati sul lato superiore all'intradosso della soletta superiore in modo che, realizzando pavimentazioni e controsoffitti non continui, fungano automaticamente da setti acustici inferiore e superiore.

Un'ulteriore soluzione pratica per il miglioramento delle prestazioni acustiche dei divisori interni sarà quella di prevedere uno strato di materiale elastico disaccoppiante nei punti di giunzione tra i pannelli del pavimento sopraelevato e le pareti circostanti così come tra i traversi di sostegno del controsoffitto e le stesse pareti circostanti.

8 CONCLUSIONI

Il rispetto delle indicazioni fornite nella presente documentazione tecnica sulle caratteristiche dei materiali che saranno utilizzati per la realizzazione dell'intervento di progetto garantirà che i requisiti acustici passivi degli elementi strutturali previsti dal progetto in esame siano conformi a quanto previsto per gli edifici di categoria B (Uffici e assimilabili) dalle prescrizioni del D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".

Dato che i valori dei parametri in esame calcolati sono, in alcuni casi, molto vicini alle soglie di legge sarà necessario che durante le operazioni di cantiere i lavori siano attentamente supervisionati in modo che tutti gli accorgimenti realizzativi proposti siano adeguatamente adottati in modo che non si vengano a creare ponti acustici o vibrazionali a causa di lavorazioni non completamente conformi alla regola dell'arte od ai principi di acustica in edilizia.

Trattandosi di un intervento su una singola porzione di edificio, ai sensi del paragrafo 1.1 del D.M. 22 giugno 2022, le prescrizioni acustiche sui criteri ambientali minimi non sono applicabili al progetto in esame tuttavia questo è stato sviluppato in modo da tenere in conto il comfort acustico degli ambienti e massimizzare le prestazioni acustiche degli elementi previsti.

Tecnico Competente in Acustica

ENTECA n.1657

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'C' followed by a series of loops and a final flourish.

CLAUDIO COSTA

9 ALLEGATO 1 – REPORT DI CALCOLO

Si riporta in questo allegato il report dei calcoli svolti con il software Echo 8.2 relativamente all'isolamento di facciata degli ambienti abitativi di progetto.

Requisiti acustici passivi secondo DPCM 5-12-97

Unità immobiliare
Destinazione d'uso

ASST Monza
Edifici adibiti ad uffici, attività commerciali, ricreative o di culto

D_{2m,nT,w} - Isolamento acustico di facciata - DPCM 5.12.97

	Facciate	D _{2m,nT,w} [dB]
1	Ufficio 01 - Ovest	45.4
2	Ufficio 01 - Nord	43.5
3	Ufficio 02	43.6
4	Ufficio 03	43.6
5	Ufficio 04	43.7
6	Ufficio 05	43.7
7	Ufficio 06	43.7
8	Ufficio 07	43.6
9	Ufficio 08	44.2
10	Ufficio 26 - Ovest	42.0
11	Ufficio 26 - Sud	44.0
12	Ufficio 28	44.5
13	Ufficio 29	44.5
14	Ufficio 30	42.7
15	Ufficio 33	46.5
16	Ufficio 34 - Ovest	68.8
17	Ufficio 34 - Sud	44.9
18	Sala Riunioni 2 35	43.1
19	Sala Riunioni 1 36 - Sud	47.9
20	Sala Riunioni 1 36 - Est	45.7
21	Ufficio 40	42.6
22	Ufficio 41	42.5
23	Ufficio 42	43.9
24	Ufficio 44 - Sud	44.0
25	Ufficio 44 - Est	42.6