



COMUNE DI POZZAGLIO ED UNITI

Via Roma, 37

26010 Pozzaglio ed Uniti (Cr)

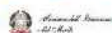
P.IVA-C.F. 00330950197



Finanziato  
dall'Unione Europea  
NextGenerationEU

**FUTURA**

**LA SCUOLA  
PER L'ITALIA DI DOMANI**



Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza

MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle università

Investimento 1.2: "Piano di estensione del tempo pieno e mense"

**Nuova mensa scolastica a servizio del plesso scolastico di  
Brazzuoli in comune di Pozzaglio ed Uniti (CR)**

**CUP: H65E22000310006**

**PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO**

**oggetto**

**RELAZIONE DI VALUTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI  
PASSIVI**

**tav. n.**

**16**

**committente**

Comune di Pozzaglio ed Uniti

**scala**

-

**data**

05/2023



ProAcustica  
Via Cascina Corte, 26  
26100 Cremona (Cr) - Italy  
Tel. +39 0372 43 82 32  
[www.proacustica.it](http://www.proacustica.it)

Dott. Ing. Alessia Carrettini  
Tecnico Competente in Acustica  
(D.P.G.R. Lombardia n°6446/09)



## **PROGETTAZIONE E VALUTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI**

**DPCM. 5.12.1997**

**D.M. 11.10.2017**

**OGGETTO: REALIZZAZIONE NUOVA MENSA SCOLASTICA A  
SERVIZIO DEL PLESSO SCOLASTICO DI BRAZZUOLI, COMUNE DI  
POZZAGLIO ED UNITI (CR)**

**PROGETTISTA ACUSTICO:**

Via Cascina Corte 26 – 26100 Cremona

## INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO	4
3.	PARAMETRI DA RISPETTARE PER L'EDIFICIO IN OGGETTO	9
1.	METODOLOGIA UTILIZZATA PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI	10
2.	DESCRIZIONE INTERVENTO E SINTESI STRATIGRAFIE	11
3.	PARETI PERIMETRALI VERSO AMBIENTE ESTERNO	12
4.	FACCIATA SUPERIORE: TETTO DI COPERTURA	18
5.	TEMPO DI RIVERBERO	18
6.	TEMPO DI RIVERBERO – SOFTWARE “RAMSETE	19
7.	IMPIANTI TECNICI	23
8.	VALUTAZIONE PARAMETRI DI LEGGE E CONCLUSIONI	28

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi dell'intervento di costruzione di una nuova mensa a servizio del complesso scolastico Brazzuoli, lungo la strada provinciale n.26, nel comune di Pozzaglio ed Uniti (CR).

I relatori della presente sono in possesso della qualifica di cui all'art. 2, commi 6 e 7 della Legge 447/95, per lo svolgimento dell'attività di "Tecnico Competente" nel campo dell'acustica ambientale e iscritti all'albo nazionale ENTECA con numero 1584.

La progettazione acustica degli ambienti è finalizzata alla riduzione del rumore proveniente dall'esterno e alla riduzione del rumore interno, per creare le condizioni ottimali per lo svolgimento delle attività. Tale obiettivo prestazionale viene perseguito attraverso una efficace progettazione acustica di tutti gli elementi costituenti il manufatto edilizio, compresi gli impianti tecnologici, oltre che attraverso il corretto controllo della riverberazione interna.

Il tecnico  
**Dott. Ing. Alessia Carrettini**  
*Tecnico Competente in Acustica*



## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO

La normativa ha lo scopo di definire i limiti di isolamento acustico per tutti gli edifici con destinazione d'uso diversa da quella produttiva, al fine di prevenire il disturbo percepito all'interno degli ambienti abitativi per rumori provenienti dall'esterno dell'edificio, ma anche da rumori provocati all'interno dello stesso tra diverse unità immobiliari e/o dagli impianti a servizio.

La norma di riferimento in materia di inquinamento acustico è la **Legge 26 ottobre 1995 n° 447** "Legge quadro sull'inquinamento acustico". Tale legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

In attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e) della Legge 447/95, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997, sono stati determinati i requisiti delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti acustici passivi degli edifici.

La classificazione degli edifici è definita in relazione alla destinazione d'uso dell'immobile e precisamente.

Tabella 1 - Tabella a dpcm 05.12.1997 - classificazione acustica degli ambienti abitativi

Categoria	Specificazioni
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 e assimilabili
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

ove per ciascuna categoria sono definiti i valori minimi di isolamento per le partizioni verticali ed orizzontali, mentre si definiscono i valori massimi di rumore ammissibili per gli impianti ad uso continuo e discontinuo a servizio dell'immobile.

I parametri considerati sono:

- **$R'_w$**  *Indice del potere fonoisolante apparente*: si riferisce all'isolamento per via aerea di elementi di separazione tra due distinte unità abitative
- **$D_{2m,nT,w}$**  *Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata*: si riferisce all'isolamento per via aerea delle facciate degli immobili
- **$L'_{n,w}$**  *Indice di valutazione del livello apparente normalizzato di rumore da calpestio di solai*: si riferisce all'isolamento al rumore da calpestio di una partizione orizzontale
- **$L_{ASmax}$**  *Livello massimo di pressione sonora*, ponderata A con costante di tempo "Slow" per la

valutazione della rumorosità degli impianti ad uso discontinuo

- **$L_{Aeq}$  Livello continuo equivalente di pressione sonora**, ponderata A per i servizi ad uso continuo
- I valori di riferimento, in funzione della classe di destinazione d'uso sono:

Tabella 2 - Tabella b DPCM 05.12.1997 – requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

Categoria dell'edificio	PARAMETRI				
	$R'_w$	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	$L_{ASmax}$	$L_{Aeq}$
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

## **DM 6 AGOSTO 2022 – CRITERI AMBIENTALI MINIMI PER L'AFFIDAMENTO DI SERVIZI DI PROGETTAZIONE E LAVORI PER LA NUOVA COSTRUZIONE, RISTRUTTURAZIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI PUBBLICI**

### Articolo 2.4.11. – Prestazioni e comfort acustici

Le scuole soddisfano almeno i valori di riferimento di requisiti acustici passivi e comfort acustico interno indicati nella UNI 11532 -2.

Le scuole devono soddisfare il livello di prestazione superiore riportati nel prospetto A.1. dell'Appendice A della norma 11367. Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come “prestazione buona” nel prospetto B.1. dell'appendice B della norma UNI 11367.

Tabella 3: Prospetto A1 Uni 11367

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

Tabella 4: Prospetto B1 Uni 11367

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di us comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{n,T,w}$ (dB)	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	$\geq 34$	$\geq 40$
Prestazione buona	$\geq 30$	$\geq 36$
Prestazione base	$\geq 27$	$\geq 32$
Prestazione modesta	$\geq 23$	$\geq 28$

E per quanto riguarda il tempo di riverbero e lo STI nell'ambito degli edifici a destinazione scolastica, nel prospetto 1 della UNI 11532-2 vengono individuate 6 categorie funzionali:

Tabella 5: Prospetto 1 UNI 11532-2

A2	Parlato/conferenze	Obbiettivo raggiunto con progettazione integrata di geometrie, arredo, controllo del rumore residuo
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	Obbiettivo raggiunto con assorbimento acustico ed il controllo del rumore residuo

E meglio dettagliate nel prospetto 2 (per le Categorie dalla A1 alla A5):

Tabella 6: Prospetto 2 UNI 11532-2

Categoria		Descrizione dell'utilizzo	Obbiettivo qualitativo	Esempi
A1		Musica Prevalentemente rappresentazioni musicali	Buona acustica per musica non amplificata; ammessa limitata comprensione del parlato	Aule per la musica con musica suonata e canto
A2		Parlato/conferenze	Elevato grado di intellegibilità del parlato	Aule didattiche
A3	A3.1	Ambiti della categoria A2 per persone che hanno problemi di deficit uditivi o parlano una lingua diversa ovvero aule speciali	Elevato grado di intellegibilità del parlato anche per persone con deficit uditivo o non madrelingua oppure con differenze linguistiche	Aule didattiche, Aule magne
	A3.2	Parlato. Comunicazione con la presenza di più persone parlanti nell'aula	Elevato grado di intellegibilità 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, aula insegnanti e similari
A4		Più persone parlanti nella stanza (come Categoria A3.2) e destinate a persone con particolari necessità (aule speciali). Escluse aule speciale di volume superiore a 500 mc, oppure per utilizzo musicale	Elevato grado di intellegibilità 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, aule insegnanti e similari. Ambienti per videoconferenze.

A5	Sport: piscine e palestre e simili	Comunicazione verbale possibile ma a distanze brevi	Palestre per utilizzo come ambienti sportivi in generale
----	------------------------------------	---	--

E nel prospetto 3 (per la Categoria A6) :

Tabella 7: Prospetto 3 UNI 11532-2

Categoria	Descrizione dell'utilizzo	Esempi
A6.1	Spazi senza permanenza	Vani scala
A6.2	Spazi con permanenza di ridotta	Spogliatoi palestre e simili
A6.3	Ambienti per la permanenza a lungo termine e/o di collegamento	Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (Multimedia, arte visive e suoni) Spazi di studio, spazi/corridoi per attività didattiche alternative/ricreative scuole di ogni ordine e grado. Laboratorio, Biblioteche
A6.4	<b>Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente</b>	Reception/area desk (bidellerie) con postazione di lavoro fissa Laboratorio con postazione di lavoro fissa, <b>mense in scuole di ogni ordine e grado</b> . Area distribuzione nelle mense
A6.5	Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	Sale da pranzo Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido

Per ciascuna delle categorie, nel prospetto 6 si individua il tempo di riverberazione ottimale  $T_{ott}$ :

Tabella 8: Prospetto 6 UNI 11532-2

Categoria	$T_{ott}$	Volume
A1	$T_{ott, A1} = (0,45 \log V + 0,07)^{*1}$	$30 \text{ mc} \leq V < 1000 \text{ mc}$
A2	$T_{ott, A2} = (0,37 \log V - 0,14)^{*1}$	$50 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$
A3	$T_{ott, A3} = (0,32 \log V - 0,17)^{*1}$	$30 \text{ mc} \leq V < 5000 \text{ mc}$
A4	$T_{ott, A4} = (0,26 \log V - 0,14)^{*1}$	$30 \text{ mc} \leq V < 500 \text{ mc}$
A5	$T_{ott, A5} = (0,75 \log V - 1,00)^{*2}$ $T_{ott, A5} = 2,00^{*2}$	$V \geq 10000 \text{ mc}$

\*1 Ambiente arredato e occupato all'80%

\*2 Ambiente arredato e non occupato

Dove

V= volume dell'ambiente

Il valore del tempo di riverberazione di progetto dovrà essere compreso nell'intervallo di conformità riportato nella figura seguente:

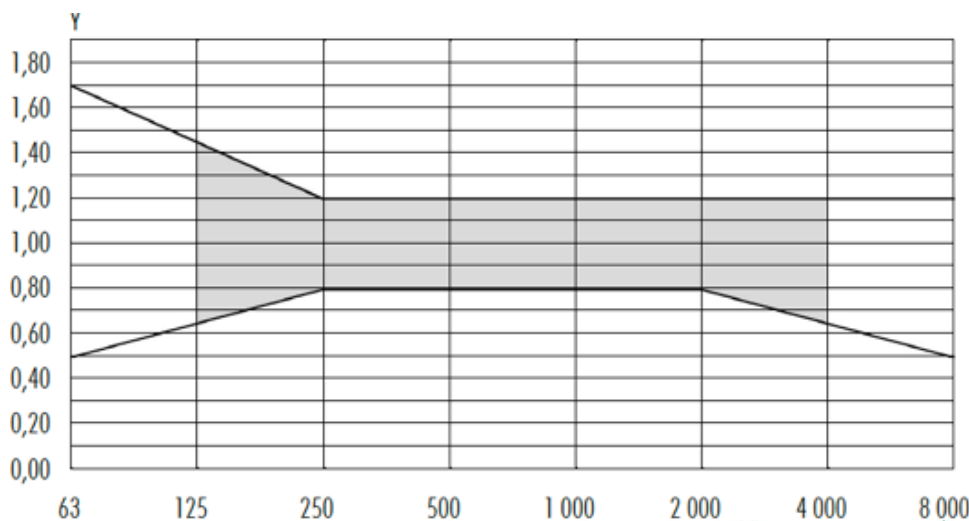




Figura 1: Andamento ed intervallo di conformità del tempo di riverberazione T in funzione della frequenza per le categorie da A1a A4

Dove:

X f= frequenza (Hz)

Y= T/T<sub>ott</sub> tempo di riverberazione dipendente dalla frequenza T rispetto al tempo di riverberazione desiderato T<sub>ott</sub> (adimensionale)

Per le categorie dalla A1 alla A4 l'intervallo di conformità del tempo di riverberazione T, dipende dalla frequenza nelle bande di ottava fra 125 Hz e 4000 Hz.

Per la categoria A5 si considerano solo le bande d'ottava tra 250 Hz e 2000 Hz.

**Per la categoria A6, la verifica è condotta non sul tempo di riverberazione ottimale T<sub>ott</sub> ma sul rapporto A/V.**

Tabella 9: Prospetto 7 uni 11532-2

Categoria	Per altezze dell'ambiente $h \leq 2,5$ m	Per altezze $h > 2,5$ m
A6.1	Nessuna richiesta	Nessuna richiesta
A6.2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq \{4,8+4,69\log(h/1m)\}^{-1}$
A6.3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq \{3,13+4,69\log(h/1m)\}^{-1}$
<b>A6.4</b>	<b><math>A/V \geq 0,25</math></b>	<b><math>A/V \geq \{2,13+4,69\log(h/1m)\}^{-1}</math></b>
A6.5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq \{1,47+4,69\log(h/1m)\}^{-1}$

**Dove**

A = Area di assorbimento equivalente (mq)

V = Volume dell'ambiente (mc)

H = altezza dell'ambiente (h)

I valori di riferimento A/V si applicano alle ottave da 250 Hz a 2000 Hz a locale non occupato.

In ambienti a doppia altezza, h si riferisce all'altezza media. L'altezza media dell'ambiente può essere calcolata dividendo il volume dello spazio per l'area netta in pianta dell'ambiente.

Nel prospetto 4 della UNI 11532-2 sono riportati i valori di STI che si applicano alle Categorie A1, A2, A3, A4

Tabella 10: Prospetto 4 UNI 11532-2

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

I valori di STI sono riferiti ad ambiente arredato e con la presenza di due persone al massimo. Per ambienti inferiori a 250 mc in alternativa allo STI può essere utilizzato il C<sub>50</sub> nelle bande d'ottava 500-1000-2000 Hz.

I valori di riferimento sono indicati nel prospetto 5 della norma Uni 11532-2:

## **PRECISAZIONE SUL RUMORE DEGLI IMPIANTI**

Il rumore degli impianti a funzionamento continuo generato in ambienti diversi dall'ambiente in esame è soggetto al DPCM 5/12/1997, mentre il rumore degli impianti a funzionamento continuo all'interno degli ambienti deve essere conforme al prospetto 8 della UNI 11532-2:2020 e il rumore dovuto a tutte le potenziali sorgenti di rumore  $L_{amb}$  deve essere conforme al prospetto 10 della norma UNI 11532-2:2020.

Tabella 11: Prospetto 8 uni 11532-2 - Valori di riferimento per  $L_{ic,int}$  e NC

Destinazioni d'uso	$L_{ic,int}$	NC
Aule e biblioteche < 250 mc	$\leq 34$	$\leq 25$
Aule e biblioteche $\geq 250$ mc	$\leq 38$	$\leq 30$
Ufficio singolo	$\leq 35$	$\leq 25$
Ambienti espositivi, spazi studio	$\leq 45$	$\leq 35$
<b>Palestre, piscine, uffici amministrativi, laboratori, aree aperte al pubblico, mense, corridoi, reception/area desk</b>	<b><math>\leq 45</math></b>	<b><math>\leq 35</math></b>

Tabella 12: Prospetto 9 uni 11532-2 - Valori di riferimento per il livello di rumore ambientale

Destinazioni d'uso	$L_{amb}$
Aule e biblioteche < 250 mc	$\leq 38$
Aule e biblioteche $\geq 250$ mc	$\leq 41$
Ufficio singolo	$\leq 38$
Ambienti espositivi, spazi studio	$\leq 48$
<b>Palestre, piscine, uffici amministrativi, laboratori, aree aperte al pubblico, mense, corridoi, reception/area desk</b>	<b><math>\leq 48</math></b>

### 3. PARAMETRI DA RISPETTARE PER L'EDIFICIO IN OGGETTO

L'edificio si sviluppa su un piano.

La normativa UNI 11532-2 richiamata assegna la categoria A6.4 per gli ambienti in oggetto.

I parametri e i limiti da rispettare sono:

Tabella 13: Parametri e limiti da rispettare per l'edificio in oggetto

	D.P.C.M 5.12.1997	UNI 11367	UNI 11532-2
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ (dB)	$\geq 48$		.....
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo $L_{ic}$ in ambienti diversi da quelli di installazione (dB(A))		$\leq 28$	.....
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo $L_{id}$ in ambienti diversi da quelli di installazione (dB(A))		$\leq 34$	.....
Rumorosità prodotta da impianti tecnologici a funzionamento	$\leq 35$		

discontinuo $L_{ASmax}(dB(A))$			
Rumorosità prodotta da impianti tecnologici a funzionamento continuo $L_{aeq}(dB(A))$	$\leq 25$		
Rumorosità impianti interno a Palestre, piscine, uffici amministrativi, laboratori, aree aperte al pubblico, mense, corridoi, reception/area desk $L_{ic,int}$			$\leq 45$
Atrio (A6.4) $A/V$			$A/V \geq \{2,13+4,69\log(h/1m)\}^{-1}$

#### 4. METODOLOGIA UTILIZZATA PER IL CALCOLO DEI PARAMETRI

La fase di verifica e progettazione dell'intervento dal punto di vista acustico si articola nei seguenti step, supportati da strumenti software:

- Calcolo delle prestazioni acustiche delle stratigrafie attraverso il Software o schede tecniche
- Calcolo del comportamento acustico delle partizioni nel contesto; verifica dei Requisiti acustici Passivi
- Calcolo degli indici acustici interni (tempo di riverbero/rapporto unità assorbenti/volumi) attraverso file di calcolo excel basate sulle formule riportate nella norma UNI 11532-1/2

Nella presente relazione si indicano le stratigrafie utilizzate e si assegna il valore previsto. Sono riportate inoltre le specifiche costruttive a cui attenersi per il raggiungimento dei valori verificati: innesti con le pareti, posa in opera dei serramenti. I calcoli e i dati di output dei software sono riportati in allegato.

## 5. DESCRIZIONE INTERVENTO E SINTESI STRATIGRAFIE

L'edificio in progetto è costituito da un corpo di fabbrica ad un piano fuori terra di forma semplice, a pianta rettangolare, avente dimensioni esterne di metri 24.40 x 14.40, con una superficie coperta di mq. 380,16; l'altezza utile interna è di m.3,50. Al nuovo fabbricato si accede da un doppio ingresso, il primo verso la scuola primaria e secondaria esistente, tramite un tunnel di collegamento, il secondo verso l'area esterna prospiciente l'ingresso della scuola e il parcheggio. Gli impianti verranno collocati in copertura insieme ai pannelli fotovoltaici.

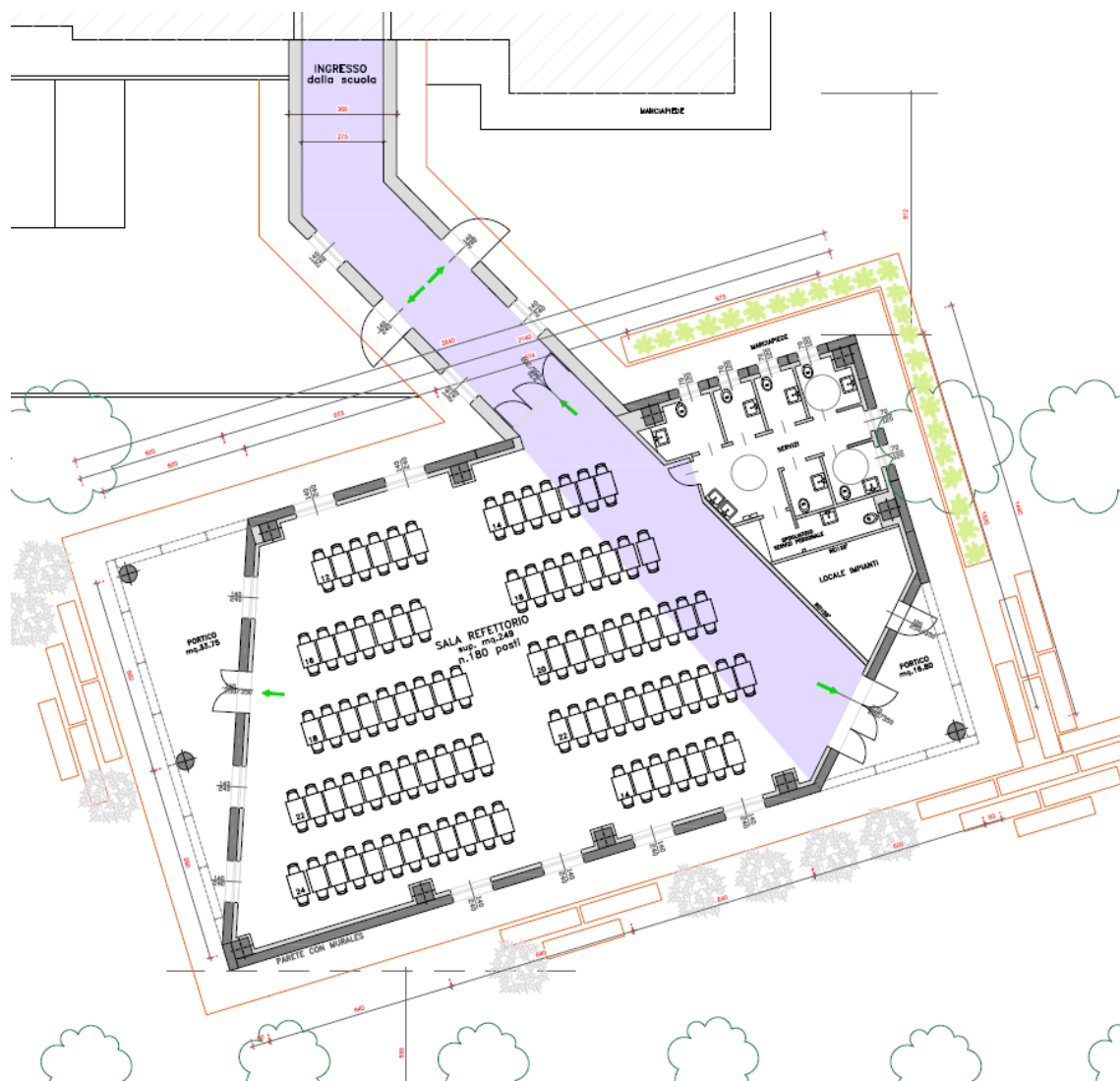


Figura 1: Pianta piano terra



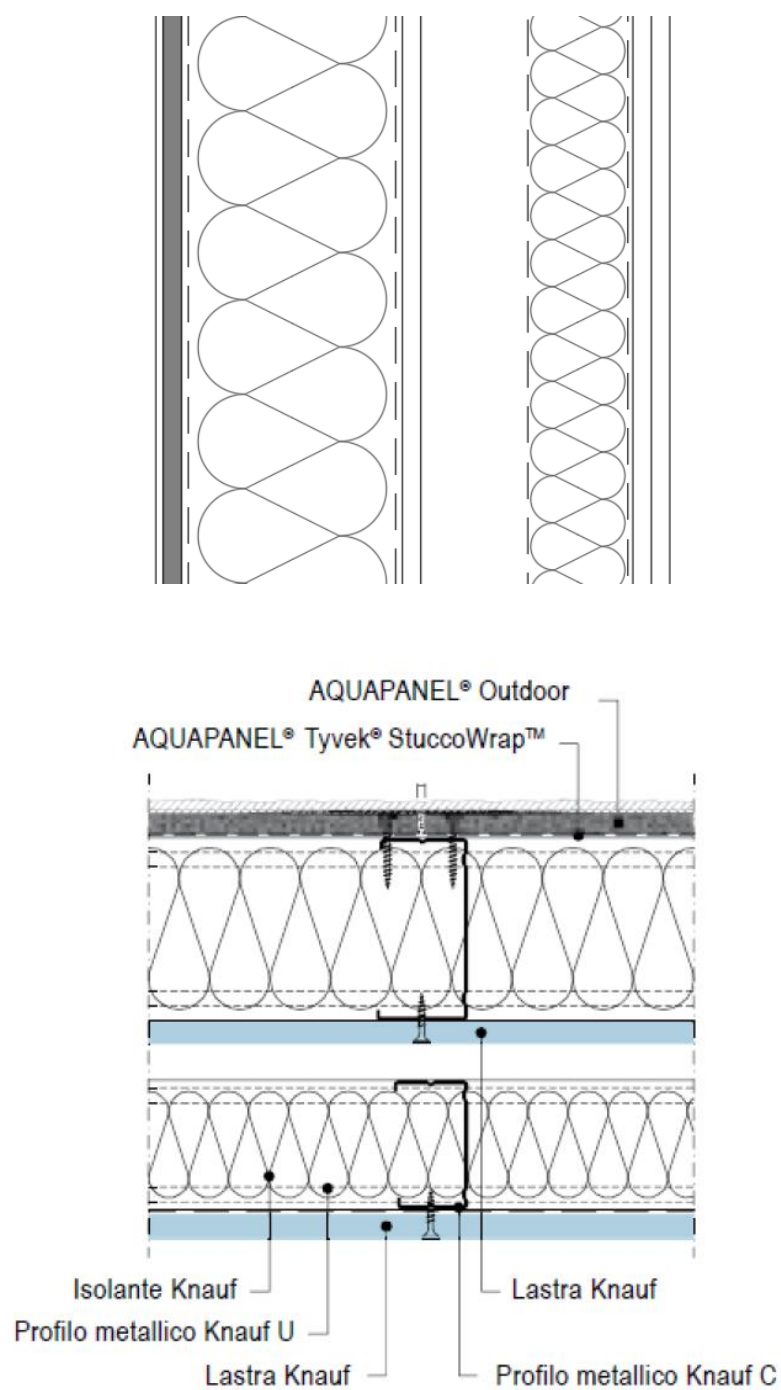


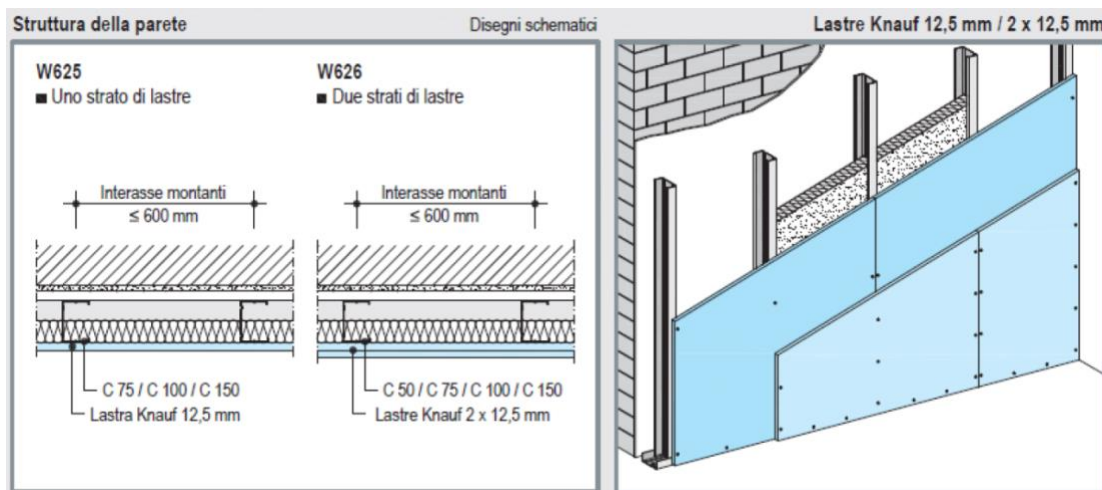
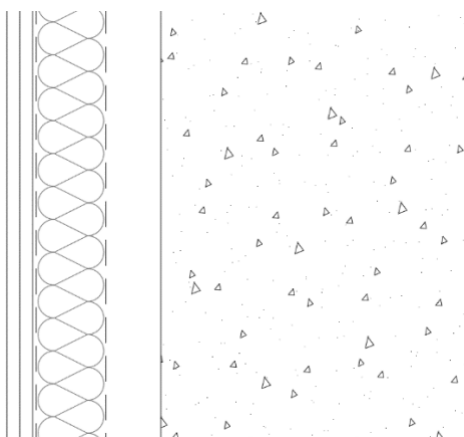
Figura 3: Pacchetto perimetrale sottoportico

## Parete perimetrale

	Descrizione	Spessore mm	Densità Kg/mc	Peso Kg/mq
1	Pannello prefabbricato	300	1200	360
2	Aria	50	-	-
3	Lana di roccia	75	70	5.25
4	Doppia lastra in cartongesso	25	800	20
	TOTALE	450		385.25

**Indice del Potere Fonoisolante previsto:**

$$R_w = 63 \text{ dB}$$



**Figura 4: Pacchetto perimetrale**



## PARTIZIONI VETRATE

L'isolamento acustico di facciata è controllato principalmente dal sistema serramento e dalla geometria dell'ambiente confinato.

Per arrivare al soddisfacimento dell'indice dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ( $D_{2m,nT,w}$ ), così come prescritto dal D.P.C.M 5.12.1997, è necessario determinare l'isolamento acustico richiesto dei serramenti.

I calcoli effettuati portano a richiedere serramenti che abbiano un potere fonoisolante di **40 dB** per le vetrate di tutti gli ambienti. Il valore ottenuto è stato ottenuto per serramenti delle dimensioni effettive, pertanto richiedere certificati acustici con le medesime dimensioni o in alternativa valutare l'incremento di potere fonoisolante da richiedere in base alla normativa UNI /TR 11469:2012 sull'estendibilità del potere fonoisolante per serramenti e alla normativa UNI EN 14351-1:2016.

Si riporta uno stralcio del prospetto B.3 della UNI EN 14351-1:2016:

Tabella 14: Criteri di applicazione estesa dei valori di potere fonoisolante ottenuto mediante prova in base alla superficie del provino

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

Si rammenta inoltre che l'estendibilità del potere fonoisolante può essere effettuata solo all'interno delle stesse famiglie omogenee oppure nel passaggio da una famiglia all'altra in senso cautelativo come riportato nella norma UNI 11469.

Si ricorda che i valori di  $R_w$ , ovvero valore minimo necessario di isolamento dell'intero serramento, composto da telaio, tenute ecc., e non alla sola porzione vetrata.

Si raccomanda di chiedere ai fornitori, prima dell'acquisto, i certificati acustici di prova dei serramenti scelti che attestino il potere fonoisolante dell'intero serramento, composto da telaio, falso telaio, vetro, guarnizione, e qualsiasi altro elemento che componga il serramento. Il certificato dovrà essere rilasciato da laboratorio riconosciuto e presentato per intero.

Inoltre si richieda alla ditta fornitrice dei serramenti di indicare eventuali accorgimenti necessari al fine di non inficiare il valore  $R_w$  dichiarato nei certificati acustici; accorgimenti quali vellee realizzate in un certo modo, spalle, siliconature...



## INDICAZIONI PER LA CORRETTA POSA IN OPERA

Nel momento della stesura della presente relazione non sono stati ancora definiti nel dettaglio i serramenti previsti, pertanto si daranno delle indicazioni generali e si raccomanda al committente di contattare il tecnico scrivente una volta individuato il serramentista per valutare i nodi critici anche dal punto di vista acustico.

Il sistema serramento è fondamentalmente costituito e caratterizzato da 3 elementi:

- 1 Serramento
- 2 Controtelaio
- 3 Serramento (Finestra)

Affinché i valori prestazionali dell'elemento posato si avvicinino quanto più a quelli dell'elemento finestrato certificato è importante che si studino attentamente i due nodi di posa, quello primario, tra muratura e controtelaio e quello secondario, tra controtelaio e serramento. Solo una cura meticolosa di tutti gli aspetti sopra descritti porterà il serramento a non essere sempre l'elemento debole del sistema.

Oltre a seguire le indicazioni fornite dai produttori di serramenti si raccomanda di prestare particolare attenzione:

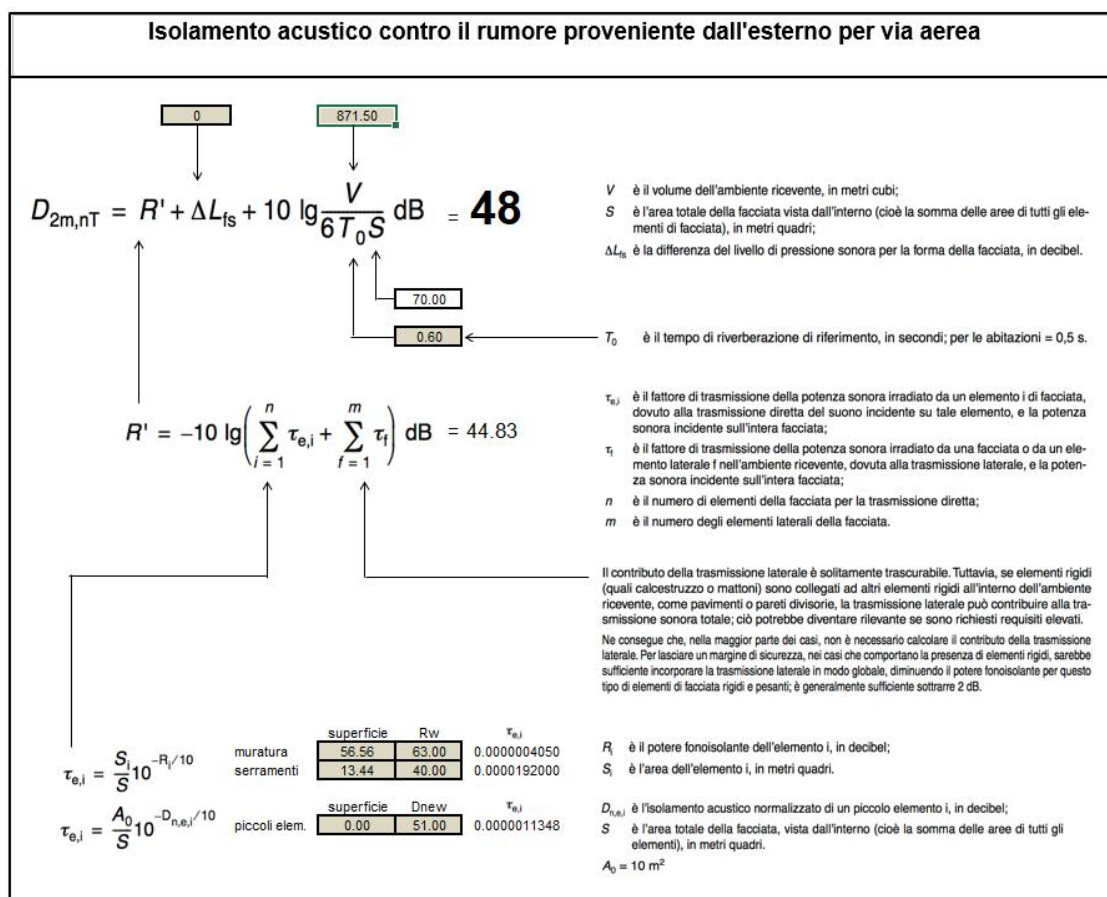
- a. Alla realizzazione del nodo primario controtelaio-muratura, il cui vuoto con la muratura va riempito con malta non solo nei punti di zancatura ma ovunque al fine di non creare dei ponti acustici tra esterno ed interno. Se possibile realizzare una spalletta a copertura del giunto controtelaio – muratura ( Aiutandosi in questo caso con la controparete in cartongesso)
- b. La classificazione normalizzata per la tenuta all'aria, del serramento, espressa in termini di portata d'aria che filtra attraverso 1 m<sup>2</sup> di serramento ad una pressione statica di 100 Pa, dovrà essere A3 ovvero portata d'aria inferiore a 7 m<sup>3</sup>/h secondo la norma UNI 7979:1979, oppure di tipo 4 secondo la norma UNI EN 12207:2000.
- c. Si raccomanda di prestare attenzione alla realizzazione e posa delle guarnizioni che devono essere integre e continue lungo tutto il serramento
- d. Nel nodo telaio controtelaio si dovrà mettere materiale tipo nastro autoespandente o schiume acustiche

## RISULTATO DEL CALCOLO ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

In base alle stratigrafie scelte, alle piante e sezioni progettate e alle vetrate si sono svolti i calcoli per la verifica del rispetto dell'isolamento acustico di facciata per ciascun ambiente, a seguire si riporta una tabella riassuntiva con i risultati ottenuti e le conformità.

Si rammenta che tali calcoli si sono eseguiti per il rispetto dell'isolamento acustico di facciata che altresì non risultano collaudabili in quanto la normativa acustica UNI EN ISO 16283-3:2016 prevede ambienti con volumetria inferiore a 250 mc.

Ambiente	$D_{2m,nt,w}$ DPCM	$R_w$ serramento	$D_{2m,nt,w}$ calcolato secondo modello di calcolo	CONFORME
Vetrate	48	40	48,0	SI



Essendo gli altri ambienti di servizio si ritiene che non vi debbano essere prescrizioni particolari per quanto riguarda l'isolamento acustico di facciata, si installeranno comunque serramenti con  $R_w$  minimo 34 dB.

### 3. FACCIATA SUPERIORE: TETTO DI COPERTURA

	Descrizione	Spessore mm	Densità Kg/mc
1	Pavimento a quadrotti	40	1400
2	Isolamento in lana minerale	150	70
3	Massetto di pendenza	150	2000
4	Soletta in c.a.	100	2300

**Indice del potere fonoisolante previsto:  $R_w$  pari a 58 dB**

Una copertura come quella sopra descritta porta al rispetto del l'isolamento acustico di facciata  $D_{2nT,w} \geq 48$  dB

### 4. TEMPO DI RIVERBERO

La correzione acustica avviene tramite un'appropriata applicazione di materiali fonoassorbenti, con l'obiettivo di ottenere un tempo di riverberazione ottimale, per la categoria a cui appartiene il locale principale, il locale mensa. La normativa UNI 11532-2 richiamata assegna all'ambiente la categoria A6.4.

In maniera generale il tempo di riverbero  $T_r$  (s) è funzione del volume e dell'area di assorbimento  $A$  (mq) dell'ambiente. A sua volta dipende dal coefficiente di assorbimento acustico dei materiali presenti nell'ambiente e dalla superficie di questi materiali.

Per il calcolo del tempo di riverbero, come indicato nella normativa uni 11532 -2 si ricorre alla formula di Sabine :  $T_r = 0,161 V/A$

Dove:

- $V$  (mc) è il volume dell'ambiente
- $A$  (Mq) è l'area equivalente di assorbimento totale

I coefficienti sono tratti dall'appendice C della norma uni 11532-2.

Come materiali fonoassorbenti per ottenere i valori richiesti dalla normativa sono stati utilizzati pannelli in lana di roccia vulcanica sp. 40 mm. Sarà posizionato lungo tutto il soffitto e l'orditura di sostegno è costituita da una pendinatura con profili portanti ed intermedi in acciaio zincato preverniciato.

	Frequenze $\alpha$ (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Intonaco liscio	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06
Finestre	0,28	0,2	0,11	0,06	0,03	0,02
Pannelli acustici	0,5	0,8	0,9	0,9	1	1
Porte	0,1	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05

Per la categoria A6 le frequenze da verificare sono da 250 Hz a 2000 Hz.

Frequenza		125	250	500	1000	2000	4000
SUPERFICI	mq	a	a	a	a	a	a
Pareti	168.2	5.0	5.0	3.4	6.7	8.4	8.4
Pavimento	252.0	5.0	5.0	7.6	7.6	10.1	10.1
Controsoffitto acustico	252.0	126.0	201.6	226.8	226.8	252.0	252.0
Finestra	54.0	15.1	10.8	5.9	3.2	1.6	1.1
Porte	1.8	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Totale unità assorbenti		151.4	222.6	243.8	244.4	272.2	271.7
Tr		0.93	0.63	0.58	0.58	0.52	0.52
A/V			0.25	0.28	0.28	0.31	

Il tempo di riverbero che si ottiene è conforme a quanto richiesto, infatti i valori di A/V che devono essere maggiori di 0,21 secondo la formula riportata nella UNI 11532 sono tutti superiori a 0,25.

## 5. TEMPO DI RIVERBERO – SOFTWARE “RAMSETE

### DESCRIZIONE DEL SOFTWARE

Ad integrazione dei calcoli riportati nel paragrafo precedente, si è modellizzato l'ambiente utilizzando il software Ramsete 3.0.

Il pacchetto Ramsete è formato da sette programmi: Ramsete CAD, Material Manager, Source Manager, Ramsete Trace, Ramsete Graph, Ramsete View.

Ramsete CAD è un CAD per la creazione di geometrie tridimensionali che accetta in ingresso anche disegni realizzati con AutoCAD. Esso consente di lavorare contemporaneamente su più finestre, con vista in pianta, sezioni ed assonometria.

Consente di introdurre i principali elementi geometrici: pavimento, pareti, tetti, porte, finestre, ricevitori e sorgenti, cui può essere assegnato un orientamento.

Ciò è importante soprattutto per sorgenti direttive. Alla fine il lavoro può essere salvato in un file con l'estensione .RAY oppure .DXF.

Aperto il programma Material Manager ci si ritrova in un ambiente di tipo "spreadsheet" che contiene i dati di assorbimento ed isolamento acustico dei materiali nelle 10 bande di frequenza considerate (da 31.5 a 16000 Hz).

Il Source Manager serve per generare e visualizzare i file che contengono i dati sulle sorgenti sonore (.SPK). Esso comprende anche un modulo, chiamato ISO 3744 (3746) per l'utilizzo diretto di dati di livello sonoro rilevati attorno ad una sorgente in accordo con le metodiche per la determinazione dei livelli di potenza sonora secondo le norme ISO citate. I dati della sorgente possono poi venire editati in forma tabellare, o visualizzati in forma grafica. Source Manager è infine in grado di importare file che contengono dati su altoparlanti provenienti dal programma Modeler della Bose Corporation.

Ramsete Trace costituisce il tracciatore di piramidi vero e proprio.

Ramsete Graph legge uno o più file elaborati da Ramsete Trace e consente di visualizzare in forma grafica le seguenti informazioni: risposta all'impulso in ciascun ricevitore; risposta integrata con Schroeder (curva di decadimento); spettro in ottave in ciascun punto ricevente; tabelle numeriche di tutti i dati (SPL, tempi di riverbero).

Ramsete View è un secondo post-processor, che consente, da un lato di effettuare visualizzazioni tridimensionali prospettiche delle geometrie disegnate con Ramsete CAD o con AutoCAD, dall'altro di mappare in pianta o in prospettiva i risultati di Ramsete Graph (livelli sonori, tempi di riverbero) e tutti i tipici parametri acustici.

Il pacchetto Ramsete è stato sviluppato con un tracciatore di piramidi che consente di tenere conto dell'effetto di diffrazione sul bordo libero delle schermature o degli ostacoli, e considera pure la quota di energia che passa attraverso le superfici (dotate di Potere Fonoisolante finito).

## SCENARIO SIMULATO E PARAMETRI ADOTTATI

La valutazione per il Tr della nuova mensa è stata effettuata tramite Ramsete inserendo nel modello tutti i materiali con le caratteristiche previste dal progetto in termini di pavimento, controsoffitto e intonaci. Vetrate e porte hanno caratteristiche tipiche dei materiali specifici e degli oggetti per gli ambienti scolastici.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti e la mappa con indicati i vari livelli medi ai ricettori interni all'ambiente.

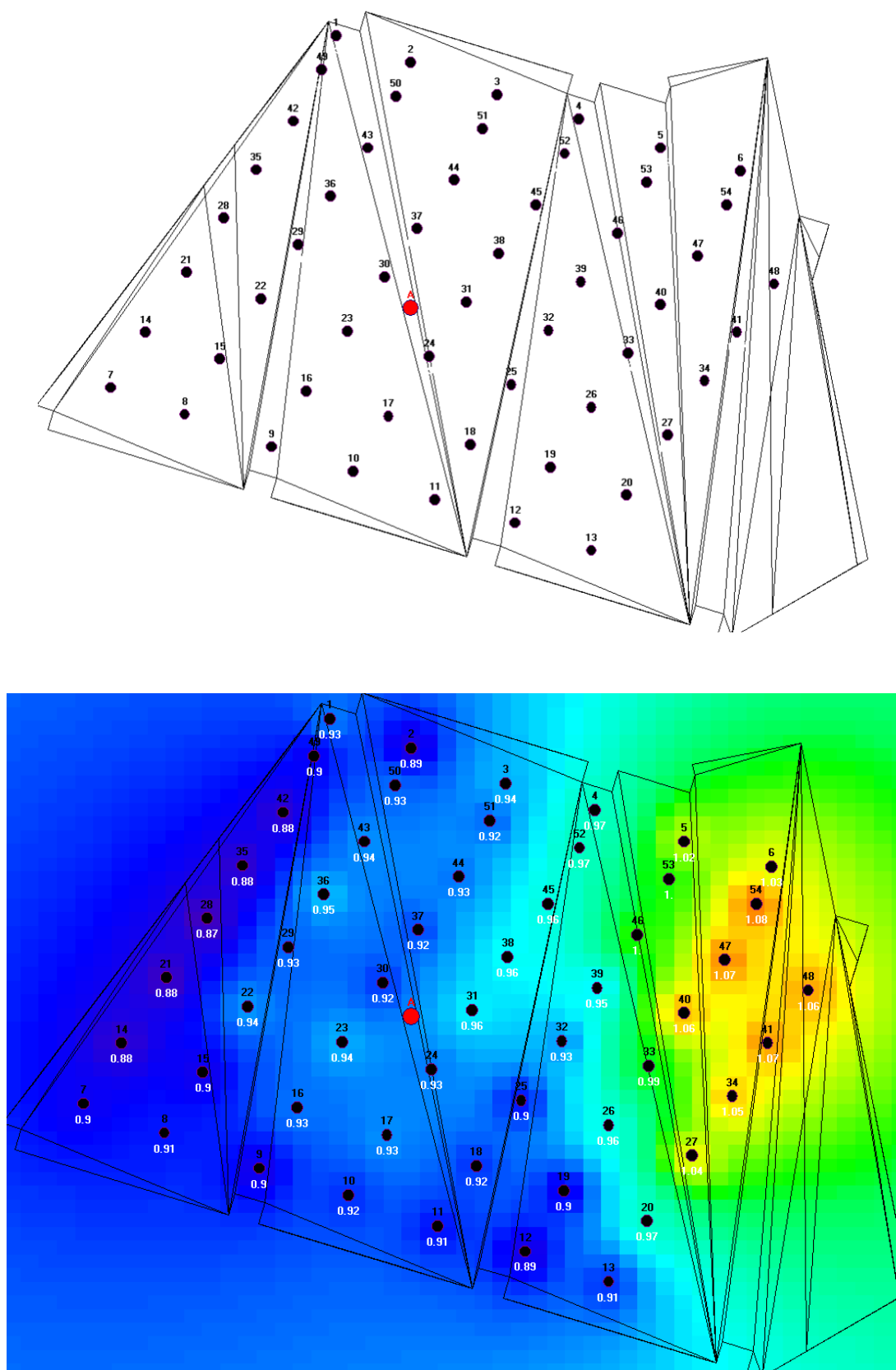


Figura 5: Mappa - Ramsete

Di seguito la tabella con i risultati ottenuti per ogni singolo ricettore alle varie frequenze.

	125	250	500	1000	2000	4000
1	1.35	1.03	0.9	0.89	0.86	0.89
2	1.33	1.04	0.82	0.81	0.81	0.82
3	1.35	1.05	0.92	0.91	0.88	0.9
4	1.35	1.07	0.94	0.94	0.91	0.93
5	1.36	1.11	1.01	1.01	0.97	0.99
6	1.35	1.12	1.01	1	0.97	0.99
7	1.28	0.98	0.88	0.89	0.87	0.88
8	1.3	0.98	0.87	0.89	0.88	0.89
9	1.34	0.99	0.87	0.86	0.86	0.86
10	1.34	1.02	0.89	0.88	0.88	0.89
11	1.36	1.03	0.88	0.87	0.86	0.87
12	1.36	1.05	0.84	0.84	0.84	0.85
13	1.35	1.04	0.88	0.87	0.86	0.88
14	1.3	0.98	0.85	0.85	0.84	0.85
15	1.33	1.01	0.87	0.87	0.86	0.87
16	1.36	1.03	0.9	0.9	0.89	0.9
17	1.36	1.03	0.9	0.9	0.88	0.9
18	1.37	1.05	0.88	0.87	0.87	0.88
19	1.38	1.07	0.84	0.84	0.84	0.85
20	1.37	1.08	0.93	0.91	0.9	0.91
21	1.33	1	0.84	0.84	0.83	0.84
22	1.36	1.05	0.91	0.9	0.89	0.9
23	1.38	1.04	0.89	0.89	0.9	0.9
24	1.39	1.05	0.89	0.88	0.88	0.89
25	1.38	1.05	0.86	0.86	0.86	0.87
26	1.4	1.12	0.92	0.88	0.85	0.89
27	1.38	1.13	1.01	1	0.97	0.99
28	1.34	1	0.81	0.81	0.81	0.82
29	1.37	1.04	0.89	0.88	0.88	0.89
30	1.38	1.03	0.86	0.86	0.86	0.86
31	1.39	1.08	0.88	0.88	0.86	0.88
32	1.4	1.09	0.89	0.88	0.87	0.88
33	1.39	1.13	0.94	0.93	0.89	0.93
34	1.38	1.14	1.03	1.02	0.99	1.01
35	1.34	1	0.84	0.84	0.84	0.85
36	1.37	1.06	0.92	0.92	0.9	0.91
37	1.38	1.05	0.88	0.88	0.86	0.88
38	1.39	1.08	0.92	0.91	0.89	0.91
39	1.39	1.1	0.9	0.89	0.87	0.9
40	1.39	1.16	1.03	1.01	0.99	1.01
41	1.37	1.14	1.05	1.04	1	1.03
42	1.34	1.01	0.82	0.81	0.81	0.82
43	1.36	1.05	0.91	0.9	0.87	0.89
44	1.37	1.05	0.9	0.89	0.85	0.89
45	1.38	1.08	0.92	0.91	0.89	0.91
46	1.38	1.12	0.96	0.96	0.93	0.95



47	1.38	1.15	1.06	1.05	1.01	1.04
48	1.35	1.13	1.04	1.03	1	1.03
49	1.33	1.02	0.85	0.84	0.82	0.85
50	1.34	1.05	0.9	0.89	0.86	0.89
51	1.36	1.05	0.89	0.88	0.85	0.88
52	1.36	1.08	0.94	0.93	0.91	0.93
53	1.36	1.11	0.97	0.96	0.93	0.96
54	1.36	1.15	1.07	1.06	1.01	1.03

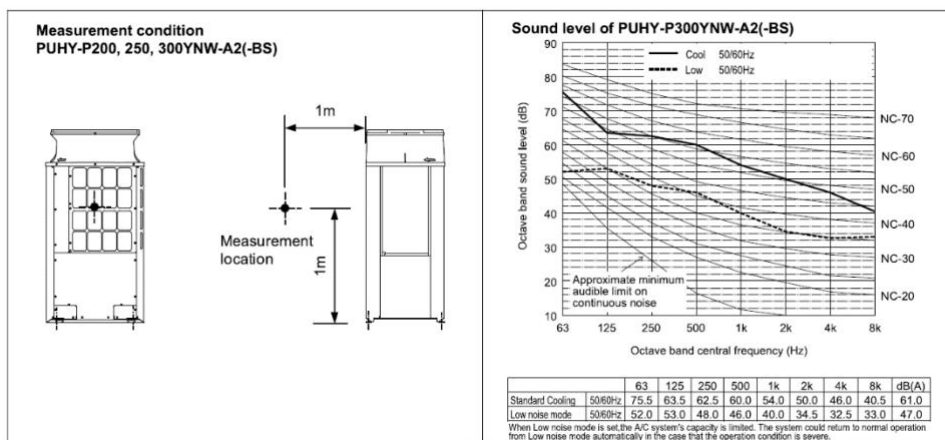
Come è possibile vedere sia dalla mappa che dalla tabella con i singoli risultati, i valori sono diversi rispetto a quelli ottenuti dal calcolo della UNI 11532-2. Il software infatti ha la possibilità di leggere le forme dell'ambiente analizzato e la posizione delle varie superfici che lo compongono. Si può notare come i tempi di riverbero ottenuti in prossimità delle grandi vetrate che collegano la mensa con l'esterno e il corridoio di collegamento con la scuola, siano più elevati rispetto ai tempi ottenuti nei punti in cui ci saranno i tavoli e le sedie per gli alunni.

Il modello conferma quanto previsto in base alla normativa: la soluzione è idonea a creare un ambiente adeguato.

## 6. IMPIANTI TECNICI

A servizio della struttura sarà installata n° 2 PDC in copertura. Di seguito si riportano il livello di pressione sonora.

N°	Modello	Livello di pressione sonora (a 1 mt)	Funzionamento
2	Mitsubishi electric – City Multi – Puhy – P300YNW – A2	61	Diurno





Si dovrà prevedere alla base della pdc esterna un adeguato sistema antivibrante, in modo da eliminare ogni possibile trasmissione per via strutturale. Il sistema proposto è integrativo rispetto agli antivibranti in dotazione delle macchine stesse. Il sistema isolante è il sistema Megamat della Isolgomma il cui dimensionamento definitivo dovrà essere effettuato con la ditta fornitrice in base al peso delle macchine.

		MEGAMAT			
		ME 500 (M10 EPM)	ME 650	ME 800	ME 950
Spessore	mm	10 - 20 - 30 - 40 - 50			
Range di utilizzo statico	N/mm <sup>2</sup>	0,050	0,070	0,120	0,250
Range di utilizzo dinamico	N/mm <sup>2</sup>	0,050 - 0,350	0,070 - 0,700	0,120 - 1,200	0,250 - 1,500
Carichi massimi	N/mm <sup>2</sup>	1,000	2,000	3,000	4,000
Modulo elastico statico	N/mm <sup>2</sup>	0,623	0,120	0,240	0,440
Modulo elastico dinamico	N/mm <sup>2</sup>	1,750	3,600	2,400	4,450
Compressione al 25%	N/mm <sup>2</sup>	0,200	0,396	0,634	1,125
Fattore di perdita		0,143	0,140	0,136	0,137
Reazione al fuoco		Classe E			

Ove le varie ipotesi applicative possono essere le seguenti:

- Applicazione mediante pad ai piedi della macchina

Area di applicazione <i>Area di applicazione</i>	Carico <i>Carico</i>	Cedimento <i>Cedimento</i>
Range di utilizzo (carico statico) <i>Static range of use (static loads)</i>	0.05 N/mm <sup>2</sup>	10%
Range di utilizzo dinamico (carico statico e dinamico) <i>Operating load range (static plus dynamic loads)</i>	0.05 ÷ 0.35 N/mm <sup>2</sup>	10% ÷ 30%
Carichi massimi (carico statico e dinamico) <i>load peaks (short term, infrequent loads)</i>	1.00 N/mm <sup>2</sup>	50%



- Applicazione lineare previa interposizione di elementi di distribuzione dei carichi (putrella d'appoggio) ai piedi della macchina;

Area di applicazione <i>Area di applicazione</i>	Carico <i>Carico</i>	Cedimento <i>Cedimento</i>
Range di utilizzo (carico statico) <i>Static range of use (static loads)</i>	0.07 N/mm <sup>2</sup>	5%
Range di utilizzo dinamico (carico statico e dinamico) <i>Operating load range (static plus dynamic loads)</i>	0.07 + 0.7 N/mm <sup>2</sup>	5% + 30%
Carichi massimi (carico statico e dinamico) <i>Load peaks (short term, infrequent loads)</i>	2.00 N/mm <sup>2</sup>	50%

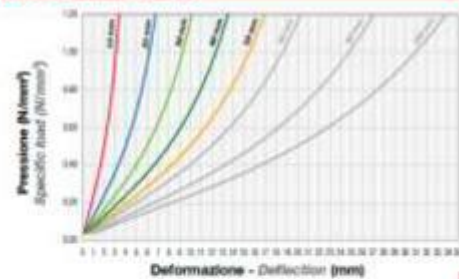


- Applicazione areale previa interposizione di un basamento massivo per la distribuzione dei carichi (es. soletta cls) ai piedi della macchina.

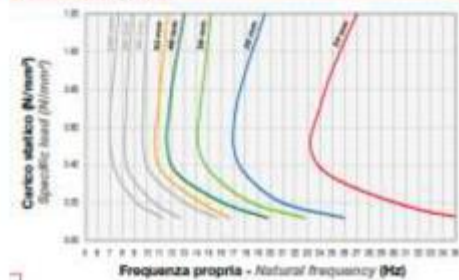
Area di applicazione <i>Area di applicazione</i>	Carico <i>Carico</i>	Cedimento <i>Cedimento</i>
Range di utilizzo (carico statico) <i>Static range of use (static loads)</i>	0.12 N/mm <sup>2</sup>	5%
Range di utilizzo dinamico (carico statico e dinamico) <i>Operating load range (static plus dynamic loads)</i>	0.12 + 1.2 N/mm <sup>2</sup>	5% + 30%
Carichi massimi (carico statico e dinamico) <i>Load peaks (short term, infrequent loads)</i>	3.00 N/mm <sup>2</sup>	50%



**Comportamento a compressione**  
*Load deflection curve*



**Frequenza propria**  
*Natural frequency*



In questo modo la pompa di calore non sarà fonte di disturbo per gli ambienti limitrofi.

Calcolando i livelli sonori della macchina e utilizzando le formule di propagazione si ricava che a 15 metri, cioè la distanza dalla prima finestra, i livelli sono inferiori a 45 dBA, per cui inferiore al limite di applicabilità del criterio differenziale in periodo diurno, inferiore ai limiti acustici della classe più restrittiva (la classe I).

## IMPIANTO IDRICO

Per limitare le trasmissioni di vibrazioni del sistema di scarico ogni elemento deve essere desolidarizzato dalle strutture murarie. Le tubazioni devono essere rivestite con materiale elastico resiliente in corrispondenza dei punti di contatto. È necessario prevedere anche 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.

**I collettori** dovranno essere inseriti in apposite contropareti e:

- ✓ si deve prevedere una valvola per l'attenuazione del “colpo d'ariete” nella rete di distribuzione, inserendo dispositivi che permettano l'espansione del liquido come ad esempio valvole limitatrici al collettore di distribuzione dell'acqua
- ✓ I collettori dovranno essere messi in opera avendo cura di posizionare del polietilene reticolato a completo rivestimento della “scatola” in alluminio del collettore.
- ✓ I tubi che si dirameranno dal collettore dovranno essere tutti rivestiti, si tratterà l'acqua fredda come l'acqua calda con calze in polietilene a celle chiuse

### **Le tubazioni che si realizzeranno:**

- ✓ sia gli impianti di scarico che gli impianti idrici (sia acqua calda che acqua fredda) saranno realizzati con tubazioni in materiale plastico pesante
- ✓ tutte le tubazioni di adduzione, dovranno essere rivestite con isolante in polietilene a celle chiuse avente spessore almeno di 5 mm per evitare la trasmissione di eventuali vibrazioni alle strutture edilizie
- ✓ utilizzare tubazioni di scarico di tipo insonorizzato il cui valore di rumorosità massima, secondo la norma UNI EN 14366 nella condizione di prova con flusso stazionario dell'acqua di portata 2 lt/s, sia minore o uguale a 18 dB, comunque tubi pesanti o a doppia estrusione.
- ✓ ancorare i condotti già rivestiti con bracciali dotati di sistemi smorzanti: guarnizioni in neoprene o flange. Inoltre i tasselli dovranno essere dotati di O'Ring in gomma. Le colonne di scarico andranno ancorate con bracciali muniti di guarnizioni per smorzare le vibrazioni.

- ✓ installare rubinetterie selezionate tenendo in considerazione anche la disponibilità di certificati di bassa emissione acustica (possibilmente tra quelle classificate nel gruppo acustico 1 secondo le norme UNI EN 817 e UNI EN 200); in particolare, le apparecchiature scelte dovranno garantire un valore  $D_s$  (differenza di livello normalizzato)  $\geq 25$  dB
- ✓ Le tubazioni devono essere rivestite anche nei tratti di raccordo orizzontali
- ✓ Le pompe di circolazione dovranno essere collegate alle tubazioni mediante connettori flessibili e posizionate su supporti antivibranti.

## 7. VALUTAZIONE PARAMETRI DI LEGGE E CONCLUSIONI

La descrizione del progetto ivi svolta, consiste nello studio acustico della mensa scolastica nel comune di Pozzaglio ed Uniti, dalle valutazioni emerge:

- Il rispetto dell'isolamento acustico di facciata  $D_{2m,nT,w} \geq 48$  dB
- Il rispetto del tempo di riverbero dell'ambiente mensa
- Il rispetto dei parametri relativi agli impianti

Il rispetto è legato all'esecuzione del manufatto così come descritto nel progetto esecutivo e nella presente valutazione, in particolare sono fondamentali i seguenti elementi:

- Specifiche caratteristiche degli elementi finestrati
- Specifiche caratteristiche acustiche degli elementi fonoassorbenti
- Sistemi antivibranti sotto le macchine pdc
- Emissioni sonore degli impianti come indicato nella presente relazione

È rilevante evidenziare che tutto quanto descritto nel progetto deve essere trasmesso agli operatori di cantiere, in quanto la messa in opera di ogni singolo elemento è di fondamentale importanza per la buona riuscita del progetto e la rispondenza a quanto ivi contenuto, il progettista acustico non risponde della messa in opera degli elementi sopra riportati e i cambiamenti in corso d'opera devono essere rivalutati anche acusticamente.

Per ridurre al minimo la trasmissione di rumore sarà importante rispettare le indicazioni e prescrizioni ivi contenute e indicate dai fornitori di materiali.

Si rammenta inoltre che tale valutazione non comprende la valutazione del rumore delle macchine e dell'attività nel confronto del vicinato. Tali valutazioni sono invece contenute nella valutazione previsionale di impatto acustico.

Cremona 22 Maggio 2023

### Il tecnico

**Dott. Ing. Alessia Carrettini**

*Tecnico Competente in Acustica*

*(D.P.G.R. Lombardia n°6446/09)*



## Allegato 1 – Valutazione acustica pacchetti - Software Insul

## Sound Insulation Prediction (v9.0.24)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017

Margin of error is generally within  $R_w \pm 3$  dB

- Key No. 5102

Job Name:

Job No.:

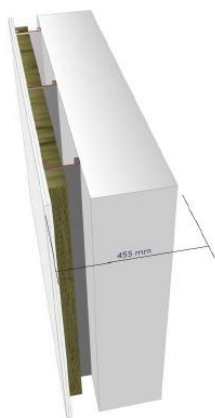
Initials: User

Date: 19/05/2023

File Name: PARETE PERIMETRALE.ixl



Notes:

 **$R_w$  63 dB**

C -1 dB

Ctr -5 dB

Mass-air-mass resonant frequency = 35 Hz

Panel Size = 2.7 m x 4.0 m

Partition surface mass = 411 kg/m<sup>2</sup>

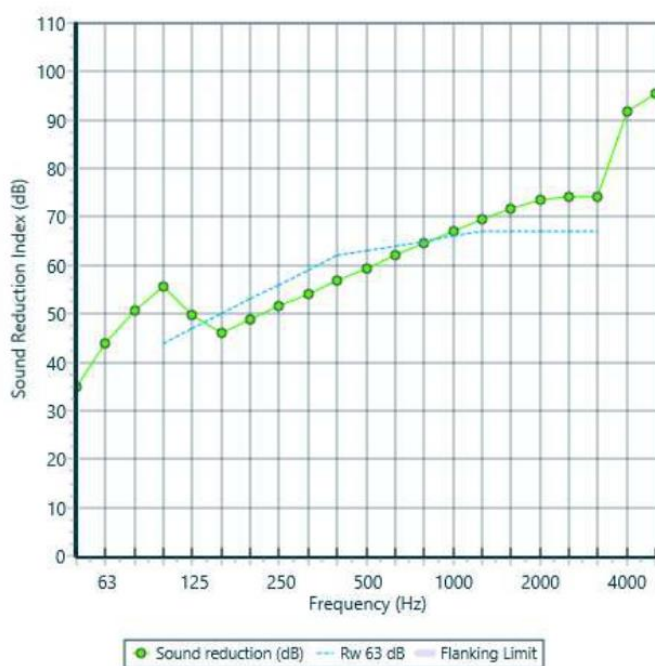
## System description

Panel 1 : 2 x 12.5 mm Cartongesso

Frame: Steel Stud (0.75mm) (1.3E2 mm x 38 mm), Stud spacing 600 mm; Cavity Width 130 mm, 1 x Lane di roccia (60kg/m3) Thickness 70 mm

Panel 2 : 1 x 300 mm Lightweight concrete

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	35	
63	44	39
80	51	
100	56	
125	50	49
160	46	
200	49	
250	51	51
315	54	
400	57	
500	59	59
630	62	
800	65	
1000	67	67
1250	70	
1600	72	
2000	74	73
2500	74	
3150	74	
4000	92	79
5000	96	



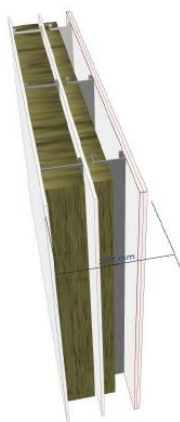


## Sound Insulation Prediction (v9.0.24)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017  
 Margin of error is generally within  $R_w \pm 3$  dB  
 - Key No. 5102  
 Job Name:  
 Job No.: Initials: User  
 Date: 19/05/2023  
 File Name: PARETE PORTICC.ixl



Notes:

**R<sub>w</sub> 68 dB**

C -7 dB

Ctr -15 dB

Mass-air-mass resonant frequency = 46 Hz, 89 Hz

Panel Size = 2.7 m x 4.0 m

Partition surface mass = 43.6 kg/m<sup>2</sup>

## System description

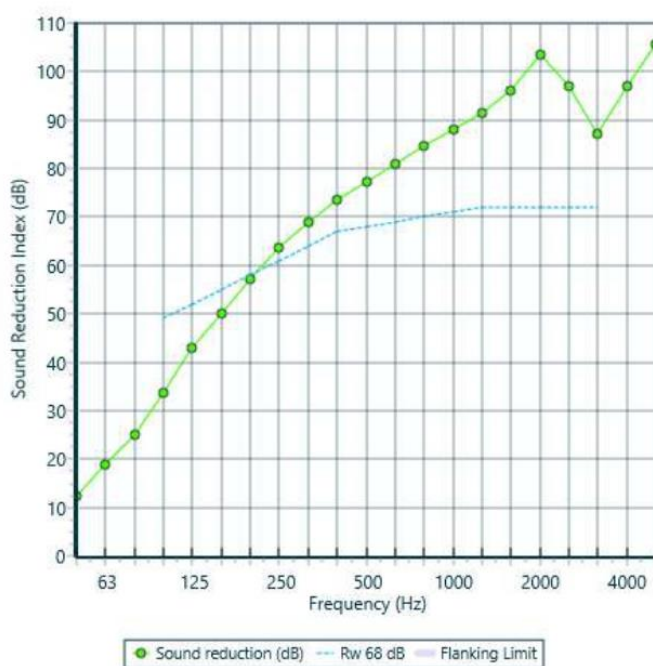
Panel 1 : 1 x 12.5 mm Cartongesso

Frame: Steel Stud (0.55mm) (1.5E2 mm x 38 mm), Stud spacing 600 mm; Cavity Width 150 mm, 1 x Lane di roccia (60kg/m<sup>3</sup>) Thickness 140 mm  
 Panel 2 : 1 x 12.5 mm Cartongesso

Frame: Right steel stud + air gap (1.1E2 mm x 45 mm), Stud spacing 600 mm; Cavity Width 140 mm, 1 x Lane di vetro (10kg/m<sup>3</sup>) Thickness 75 mm  
 Panel 3 : 2 x 12.5 mm Cartongesso

...

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	12	
63	19	16
80	25	
100	34	
125	43	38
160	50	
200	57	
250	64	61
315	69	
400	73	
500	77	76
630	81	
800	85	
1000	88	87
1250	91	
1600	96	
2000	104	98
2500	97	
3150	87	
4000	97	92
5000	106	





## APPENDICE 1: NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

### **NORME TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI**

#### **UNI EN ISO 12354 (2017)**

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti

Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti

Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea

Parte 4: Trasmissione del rumore interno all'esterno

Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici

#### **UNI EN 12354**

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti

Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi (2006)

**UNI TR 11175 (2021)** – 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 confinanti

**UNI 11532-2: 2020** - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinanti – Metodo di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2 settore scolastico

**UNI 11367** – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera

### **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

**Misurazione dei parametri acustici degli ambienti** (Tempo di riverberazione e altri parametri)

**Parte 1: Sale da spettacolo**

**Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari**

**Parte 3: Open space**

EN 60268-16:2011

**Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech**

**transmission index** (Misura di STI: Speech Transmission Index – Indice di intelligibilità del parlato)

Per approfondimenti:

### **NORME TECNICHE PER LA POSA IN OPERA DI SISTEMI COSTRUTTIVI**

**UNI 11296:2018** (Posa serramenti)

**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 11516:2013** (Posa massetti galleggianti)

Indicazioni di posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante per l’isolamento acustico

### **CALCOLO DEGLI INDICI DI VALUTAZIONE**

**UNI EN ISO 717** Acustica – Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio

Parte 1 – Isolamento di rumori aerei;

Parte 2 – Isolamento di rumore di calpestio.

## **APPENDICE 2: MODELLI DI CALCOLO PER I PARAMETRI ACUSTICI**

### **POTERE FONOISOLANTE $R_w$**

Come definito anche dalle vigenti norme in materia di acustica, il parametro che descrive l’isolamento acustico per via aerea tra due ambienti adiacenti è il **Potere Fonoisolante** definito come:

$$R = 10 \log \left( \frac{1}{\tau} \right)$$

ove  $\tau$ , coefficiente di trasmissione, è definito dal rapporto energetico tra l’energia trasmessa ( $E_t$ ) e l’energia incidente ( $E_i$ ):

**Nella realtà, oltre alla trasmissione diretta, all’interno degli edifici avvengono anche altre trasmissioni per via solida dovute agli elementi strutturali che compongono l’edificio stesso.**

Pertanto il suono all’interno degli edifici si propaga:

- per *Trasmissione diretta*: la trasmissione del rumore avviene attraverso il solo elemento considerato

- per *Trasmissioni laterali*: trasmissione del rumore attraverso gli elementi strutturali adiacenti l'elemento in analisi

Per tenere conto anche delle perdite di isolamento dovute alle trasmissioni laterali, si definisce un ulteriore parametro, che è il Potere Fonoisolante Apparente.

Ai fini del calcolo del potere fonoisolante apparente tra due ambienti adiacenti, si deve quindi determinare il valore del potere fonoisolante per ogni singolo percorso di trasmissione laterale, mediante la relazione:

$$\text{dove:} \quad R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad \text{dB}$$

$R_{i,w}$  è il potere fonoisolante della struttura i (dB)

$\Delta R_{ij,w}$  = incremento del potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati di rivestimento lungo il percorso i-j (dB)

$K_{ij}$  = indice di riduzione delle vibrazioni del percorso i-j (dB)

$S_s$  = superficie della partizione (mq)

$l_0$  = lunghezza di riferimento (1 m)

$l_f$  = lunghezza del giunto tra le strutture considerate (m)

Dalla determinazione di tali parametri è possibile ricavare il valore del potere fonoisolante apparente  $R'_w$ , secondo la relazione:

$$R'_w = -10 \log \left[ 10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \quad \text{dB}$$

dove:

$R_{Dd,w}$  = indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta

$R_{Ff,w}$  = indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Ff

$R_{Df,w}$  = indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Df

$R_{Fd,w}$  = indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Fd

$n$  = numero di elementi laterali dei due ambienti, di solito 4

## ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE $D_{nTw}$

La norma volontaria inserisce il nuovo parametro  $D_{nTw}$ : Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione. Il parametro è così definito secondo la Norma UNI 11367:

$$D_{nT} = D + 10 \lg(T/T_0)$$

dove:

$D$  = indica la differenza di isolamento tra ambiente L1 ed ambiente L2

$T_0 = 0.5$  s tempo di riverbero di riferimento

$T$  = tempo riverberazione stimato nell'ambiente ricevente

## ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA $D_{2M,NTW}$

L'isolamento acustico standardizzato di facciata è direttamente correlato al potere fonoisolante apparente  $R'_w$  (cioè all'isolamento effettivo in opera, determinato dalle trasmissioni dirette e laterali) ed è definito come di seguito riportato:

$$D_{nT} = R' + 10 \log \left( \frac{0.16V}{(T_0 * S)} \right)$$

dove

$R'$  = potere fonoisolante apparente, composto nel caso di combinazione di parti opache e parti vetrate

$T_0$  = tempo di riverbero di riferimento, pari a 0.5 secondi

$S$  = superficie della facciata del locale (mq)

$V$  = volume dell'ambiente in analisi (mc)

Si deve considerare inoltre una differenza di livello dettata dalla geometria della facciata  $\Delta L_{fs}$ .

**RUMORE DA CALPESTIO E TRASMISSIONI STRUTTURALI**

La norma EN 12354-2 prevede una procedura di calcolo semplificata per il livello di calpestio:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K$$

dove:

$L_{n,w,eq}$  = indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato;

$\Delta L_w$  = indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio del rivestimento di pavimentazione;

K = correzione per la trasmissione dei rumori di calpestio attraverso le strutture laterali.

**TEMPO DI RIVERBERO T60**

Per tempo di riverberazione si intende il tempo, in secondi, impiegato dal suono per attenuarsi di 60 dB dopo che la sorgente ha cessato di emetterlo. I tempi di riverberazione per ogni banda di frequenza possono essere calcolati dalla formula di Sabine

$$T_{60} = 0,163 V / A$$

Dove

V = Volume dell'ambiente (mc)

A = Assorbimento totale (mq sabine)

L'assorbimento totale in un locale ad una data frequenza è la somma degli assorbimenti, a quella frequenza di tutti i materiali presenti

$$A = \sum S \alpha = \sum a$$

Dove

S = superficie (mq)

$\alpha$  = coefficiente di assorbimento

A = assorbimento di ogni materiale (mq sabine)

Il valore di assorbimento in un materiale varia con la frequenza. Per confrontare gli assorbimenti dei vari materiali all'interno della gamma del parlato si utilizza  $\alpha_w$  che è uguale a:

$$\alpha_w = (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}) / 4$$