



QUALITA' SICUREZZA AMBIENTE  
Via Sicuri 60/A - 43124 PARMA  
Partita IVA 02031430347

Tel: 0521.257377 - Fax: 0521.268169  
E-mail: studioqsa@studioqsa.it  
www.studioqsa.it

## PROVINCIA DI PARMA COMUNE DI BUSSETO

INTERVENTO:

### INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA ED ADEGUAMENTO SISMICO DELLA PALESTRA DEL PLESSO SCOLASTICO "A. BAREZZI"

Via Pallavicino 2 - Busseto (PR)

OGGETTO:

INTERVENTI SU EDIFICI ESISTENTI  
REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

VALUTAZIONI SUL MIGLIORAMENTO DELLA  
PRESTAZIONE ACUSTICA DEGLI AMBIENTI

TEMPO DI RIVERBERO

DM 23/06/2022 (Criteri Ambientali Minimi)

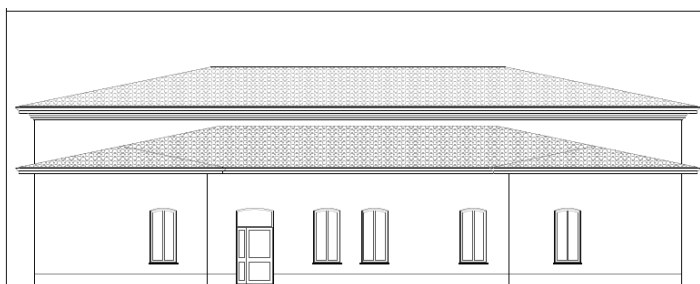
RICHIEDENTE/COMMITTENTE:



COMUNE DI BUSSETO

**Comune di Busseto**  
Piazza G. Verdi n.10,  
43011 Busseto PR

FOTO:



PROGETTISTA:

**Arch. Tommaso Caenaro**  
Piazza Athos Maestri 3  
43123 Parma

SERVIZIO

ACUSTICA

CODICE OFFERTA

0049-23

CODICE ATTIVITA'

A1438

CODICE CLIENTE

C869

DOCUMENTO

RELAZIONE TECNICA

00

27/06/2023

DOC

M.G.

M. G.

M. G.

Aggiornamenti

Data

Descrizione

Redatto

Verificato

Approvato

Il presente documento è RISERVATO.

E' vietata la riproduzione non autorizzata dallo STUDIO QSA di Ing. Gabriella Magri

**SOMMARIO**

1	Premessa .....	3
2	Normativa di riferimento .....	3
2.1	Valutazioni sull'applicabilità del DPCM 5/12/97 e del decreto CAM (DM 23/06/2022) .....	4
3	DPCM 5/12/97 Requisiti Acustici Passivi Degli Edifici .....	4
3.1	DECRETO CAM (DM 23/06/2022) – 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 .....	4
3.1.1	UNI 11367:2023 – Classificazione acustica delle unità immobiliari .....	5
3.1.2	UNI 11532:2020 – <i>Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione: Parte 2: Settore scolastico</i> .....	6
3.2	Isolamento acustico standardizzato di facciata esterna - Obiettivo di progetto .....	8
4	Comparazione stato di fatto (ante operam) e stato di progetto (post operam) .....	11
4.1	Comparazione del potere fonoisolante della copertura Ante Operam e Post Operam .....	11
4.2	Comparazione dei serramenti Ante-Operam e Post Operam .....	20
5	Analisi del tempo di riverberazione .....	23
5.1	Metodo di calcolo .....	23
5.2	Blocco/Ambiente PALESTRA (Vuoto) – $T_r$ stato di progetto (post operam) .....	24
5.3	Blocco/Ambiente PALESTRINA (Vuoto) – $T_r$ stato di progetto (post operam) .....	25
5.4	Blocco/Ambiente SPOGLIATOI (Vuoto) – $T_r$ stato di progetto (post operam) .....	26
6	CONCLUSIONI .....	28

## 1 Premessa

Il presente studio è finalizzato a verificare il miglioramento previsionale dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  relativo al progetto ***"Intervento di riqualificazione energetica ed adeguamento sismico della palestra del Plesso Scolastico "A. Barezzi, Via Pallavicino 2 – Busseto (PR)"*** tra la situazione Ante-operam e i materiali scelti per la riqualificazione (Post-Operam).

I lavori consistono nel rifacimento della copertura dell'edificio della palestra, distinto in 3 diversi "blocchi" e realizzato con nuovi "pacchetti compositivi" più performanti dal punto di vista energetico. Inoltre, si procederà con la sostituzione dei serramenti esistenti con altri più performanti dal punto di vista energetico.

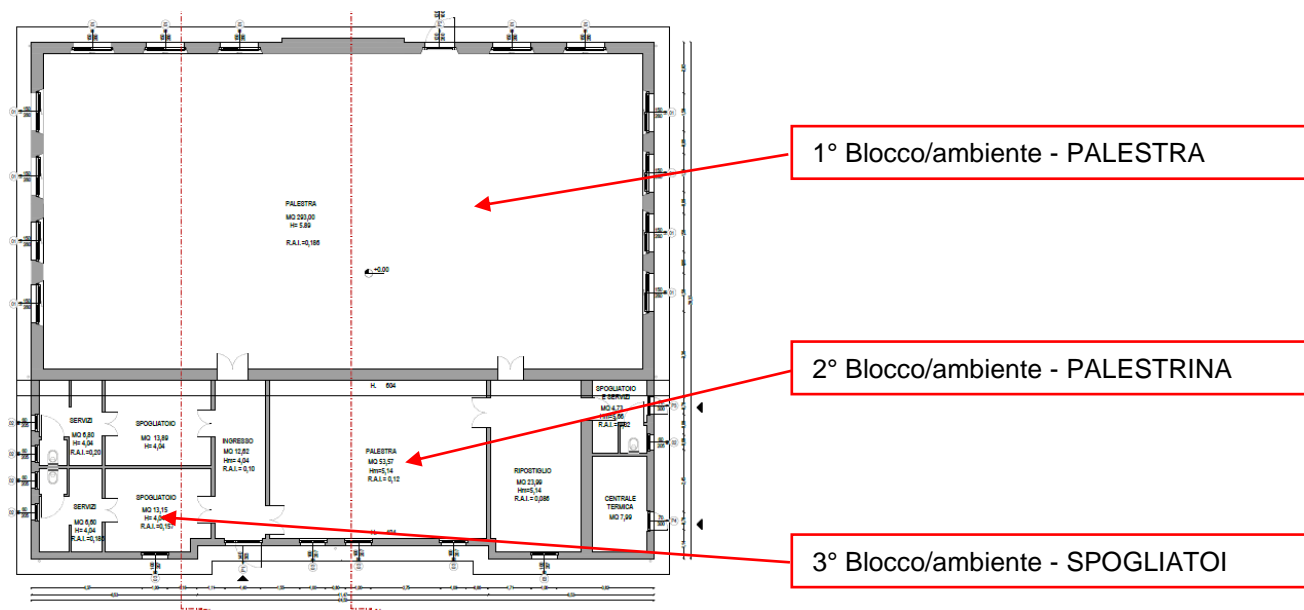


Fig. 1 – Individuazione dei 3 "blocchi/ambienti" oggetto di valutazione

L'edificio, nella presente analisi, è stato distinto in 3 "blocchi/ambienti" (PALESTRA, PALESTRINA e SPOGLIATOI) i quali sono stati analizzati e verificati in maniera indipendente. Si è considerata quale "facciata esterna" l'insieme di tutte le pareti verso l'esterno (di cui la copertura ne rappresenta solo una e di cui i serramenti ne modificano parzialmente altre (verticali)).

Le valutazioni che seguono, sono state effettuate facendo riferimento alla legislazione oggi cogente, e individuando, per il caso specifico, la relativa applicazione. La legislazione in materia di acustica è: il DPCM 5/12/97 (Requisiti acustici passivi degli edifici) e il DM 23/06/2022 noto come Decreto CAM (*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*) il quale, al Paragrafo 2.4.11 "Prestazioni e comfort acustici" dell' Allegato, indica i descrittori acustici di riferimento da rispettare.

## 2 Normativa di riferimento

- **DPCM 5/12/97** – Requisiti acustici passivi degli edifici
- **DECRETO CAM (DM 23/06/2022)** – 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:
  - Paragrafo 2.4.11: Prestazioni e comfort acustici;
- **UNI 11367** – Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera;

- **UNI 11532** – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione: Parte 2: Settore scolastico
- **UNI EN 12354** – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti:
  - Parte 3: Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea;
- **UNI TR 11175** – Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici;
- **UNI EN ISO 717** - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio:
  - Parte 1 – Isolamento di rumori aerei;

### 2.1 Valutazioni sull'applicabilità del DPCM 5/12/97 e del decreto CAM (DM 23/06/2022)

Nel quadro legislativo italiano il DPCM 5/12/97 ha validità generale mentre, per gli appalti pubblici, abbiamo il Decreto CAM-DM 23/06/2022 (Nota: il DM 23/06/2022 CAM subentra al DM 11/10/2017 CAM).

Dal punto di vista acustico il decreto CAM prevede un maggior numero di parametri rispetto al DPCM 5/12/97.

### 3 DPCM 5/12/97 Requisiti Acustici Passivi Degli Edifici

Con riferimento alla tabella A e alla tabella B del predetto decreto, i limiti sono riportati di seguito:

#### TABELLA A - CLASSIFICAZIONI DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)

Categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;

Categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;

Categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;

Categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;

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

Categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;

Categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

#### TABELLA B: REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Categoria di cui alla tab. A	Parametri				
	Pareti interne $R'_{w(*)}$	Facciata esterna $D_{2m, nT, w}$	Calpestio $L'_{n, w}$	Impianti discontinui $L_{ASmax}$	Impianti continui $L_{Aeq}$
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

(\*) Valori di  $R'_w$  riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

$D_{2m, nT, w}$  indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata, riguarda l'involucro esterno dell'edificio, serramenti compresi, ed identifica la capacità di fermare il rumore aereo;

Nota : nel caso più sfavorevole la palestra di una scuola si considera nella classificazione scuole.

### 3.1 DECRETO CAM (DM 23/06/2022) – 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

Nell'allegato al Decreto 23/06/2022 del Ministero Della Transizione Ecologica (pubblicato in G.U. 6/08/2022 serie Generale 183) al punto 2.4.11 "Prestazioni e Comfort Acustico", si tratta la materia dell'acustica architettonica. In dettaglio:

“  
...

### 2.4.11 Prestazioni e comfort acustici

#### Criterio

Fatti salvi i requisiti di legge di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 «Determinazione dei requisiti acustici degli edifici» (nel caso in cui il presente criterio ed il citato decreto prevedano il raggiungimento di prestazioni differenti per lo stesso indicatore, sono da considerarsi, quali valori da conseguire, quelli che prevedano le prestazioni più restrittive tra i due), i valori prestazionali dei requisiti acustici passivi dei singoli elementi tecnici dell'edificio, partizioni orizzontali e verticali, facciate, impianti tecnici, definiti dalla norma UNI 11367 corrispondono almeno a quelli della classe II del prospetto 1 di tale norma. I singoli elementi tecnici di ospedali e case di cura soddisfano il livello di “prestazione superiore” riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A di tale norma e rispettano, inoltre, i valori caratterizzati come “prestazione buona” nel prospetto B.1 dell'Appendice B di tale norma. **Le scuole soddisfano almeno i valori di riferimento di requisiti acustici passivi e comfort acustico interno indicati nella UNI 11532-2.**

Gli ambienti interni, ad esclusione delle scuole, rispettano i valori indicati nell'appendice C della UNI 11367.

Nel caso di interventi su edifici esistenti, si applicano le prescrizioni sopra indicate se l'intervento riguarda la ristrutturazione totale degli elementi edilizi di separazione tra ambienti interni ed ambienti esterni o tra unità immobiliari differenti e contermini, la realizzazione di nuove partizioni o di nuovi impianti.

**Per gli altri interventi su edifici esistenti va assicurato il miglioramento dei requisiti acustici passivi preesistenti.**

Detto miglioramento non è richiesto quando l'elemento tecnico rispetti le prescrizioni sopra indicate, quando esistano vincoli architettonici o divieti legati a regolamenti edilizi e regolamenti locali che precludano la realizzazione di soluzioni per il miglioramento dei requisiti acustici passivi, o in caso di impossibilità tecnica ad apportare un miglioramento dei requisiti acustici esistenti degli elementi tecnici coinvolti. **La sussistenza dei precedenti casi va dimostrata con apposita relazione tecnica redatta da un tecnico competente in acustica** di cui all'articolo 2, comma 6 della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

Anche nei casi nei quali non è possibile apportare un miglioramento, va assicurato almeno il mantenimento dei requisiti acustici passivi preesistenti.

#### Verifica

La Relazione CAM, di cui criterio “2.2.1-Relazione CAM”, illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale e prevede anche una relazione acustica di calcolo previsionale redatta da un tecnico competente in acustica secondo le norme tecniche vigenti; in fase di verifica finale della conformità è prodotta una relazione di collaudo basata su misure acustiche in opera eseguite da un tecnico competente in acustica secondo le norme tecniche vigenti.

...”

### 3.1.1 UNI 11367:2023 – Classificazione acustica delle unità immobiliari

Come previsto nel paragrafo 4.2 della UNI 11532-2 (vedi stralcio sotto riportato) i valori di riferimento per il descrittore  $D_{2m,nT,w}$ , per le scuole è riportato nel prospetto A.1 della norma UNI11367

4.2	<p><b>Valori di riferimento dei descrittori delle prestazioni acustiche degli elementi edilizi</b></p> <p>I valori di riferimento per i descrittori <math>R'_{w}</math>, <math>D_{nT,w}</math>, <math>D_{2m,nT,w}</math>, <math>L_{nw}</math>, <math>L_{icr}</math>, <math>L_{id}</math> sono riportati nella norma UNI 11367, prospetto A.1, colonna “prestazione superiore” e prospetto B.1, riga “prestazione buona”.</p> <p>I valori misurati, determinati in accordo coi metodi di verifica descritti al punto 6, prima di essere confrontati con i valori di riferimento, devono essere corretti con l'incertezza di misura come specificato nel punto 6.6.</p>
-----	---

Fig. 2 – Paragrafo 4.2 della UNI 11532-2

prospetto A.1 **Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole**

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

Fig. 3 – Prospetto A.1 dell'UNI 11367:2023

### 3.1.2 UNI 11532:2020 – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione: Parte 2: Settore scolastico

La norma prima di indicare i parametri di riferimento in ambito scolastico, definisce delle categorie di ambienti in relazione alla loro destinazione d'uso (vedi Figg 4, 5 e 6).

prospetto 1	<b>Categorie degli ambienti in relazione all'attività</b>		
	Categoria	Attività in ambiente	Modalità d'intervento
	A1	Musica	Obiettivo raggiunto con progettazione integrata di geometrie, arredo, controllo del rumore residuo
	A2	Parlato /conferenza	
	A3	Lezione/comunicazione come parlato/ conferenza (aule grandi) interazione insegnante studente	
	A4	Lezione/comunicazione, incluse aule speciali	
	A5	Sport	
	A6	Aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche	Obiettivo raggiunto con assorbimento acustico ed il controllo del rumore residuo

Fig. 4 - Prospetto 1 dell'UNI 11532:2020

prospetto 2		Descrizione dettagliata di utilizzo per le categorie da A1 a A5	
Descrizioni in dettaglio delle tipologie d'utilizzo			
Categoria	Descrizione dell'utilizzo	Obiettivo qualitativo	Esempi
A1	Musica. Prevalentemente rappresentazioni musicali.	Buona acustica per musica non amplificata; ammessa limitata comprensione del parlato.	Aule per la musica con musica suonata e canto.
A2	Parlato/Conferenze. Presentazioni parlate dove si ha un oratore frontale.	Elevato grado di intelligibilità del parlato.	Aule didattiche, Aule magne.
A3	A3.1 Ambienti della categoria A2 per persone che hanno problemi di deficit uditivi o parlano una lingua diversa ovvero aule speciali.	Elevato grado di intelligibilità del parlato anche per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche.	Aule didattiche, Aule magne.
	A3.2 Parlato. Comunicazione con la presenza contemporanea di più persone parlanti nell'aula.	Elevato grado di intelligibilità del parlato anche con più oratori contemporaneamente.	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi 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 aula speciale di volume superiore a 500 m³, oppure per utilizzo musicale.	Elevato grado di intelligibilità del parlato con più oratori contemporaneamente, e per persone con deficit uditivi o non madrelingua oppure con differenze linguistiche	Aule didattiche, aule per colloqui, aule per seminari, aule per gruppi studio o di lavoro, laboratori, uffici amministrativi, aula insegnanti e similari. Ambienti per le videoconferenze
A5	Sport: piscine e palestre e similari.	Comunicazione verbale possibile ma a distanze brevi	Palestre piscine per utilizzo come ambienti sportivi in generale

Fig. 5 - Prospetto 2 dell'UNI 11532:2020

Per il caso in esame, gli ambienti/blocchi PALESTRA e PALESTRINA ricadono nella categoria A5.

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

Fig.6 - Prospetto 3 dell'UNI 11532:2020

Per il caso in esame, si ritiene che l'ambiente/blocco SPOGLIATOI ricade nella categoria A6, in particolare nella sottocategoria A6.2

### Valori di riferimento del tempo di riverberazione secondo l'UNI 11532:2020

Per gli ambienti appartenenti nelle categorie A1 – A5, il tempo di riverbero ottimale  $T_{ott}$  è determinato in relazione alla destinazione d'uso specifica dell'ambiente considerato ed al suo volume, attraverso le formule di calcolo riportate nel prospetto 6 sotto riportato.

prospetto 6	Formule di calcolo di $T_{ott}$ per le categorie da A1 a A5		
	Categoria	Ambiente occupato all'80%	
	A1	$T_{ott,A1} = (0,45 \log V + 0,07)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 1000 \text{ m}^3$
	A2	$T_{ott,A2} = (0,37 \log V - 0,14)$	$50 \text{ m}^3 \leq V < 5000 \text{ m}^3$
	A3	$T_{ott,A3} = (0,32 \log V - 0,17)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 5000 \text{ m}^3$
	A4	$T_{ott,A4} = (0,26 \log V - 0,14)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 500 \text{ m}^3$
	Categoria	Ambiente non occupato	
	A5	$T_{ott,A5} = (0,75 \log V - 1,00)$ $T_{ott,A5} = 2,00$	$200 \text{ m}^3 \leq V < 10000 \text{ m}^3$ $V \geq 10000 \text{ m}^3$

Fig.7 - Prospetto 6 dell'UNI 11532:2020

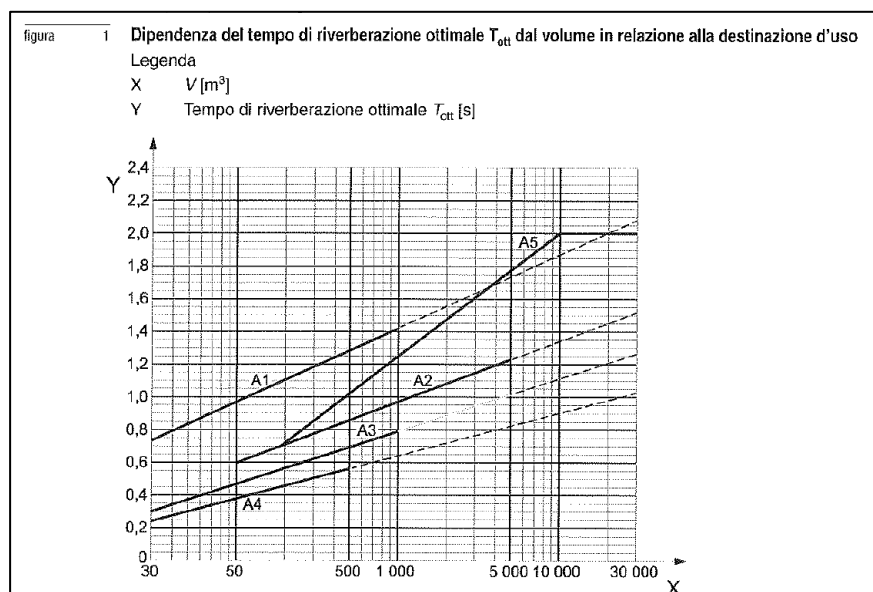


Fig.8 – Figura 1 dell'UNI 11532:2020



Per gli ambienti che appartengono alla categoria A6 (considerati nello stato arredato e non occupato), la norma definisce come valori di riferimento per ognuno di loro il rapporto A/V tra l'area di assorbimento e il volume dell'ambiente (vedi Fig.9).

prospetto 7 Valori di riferimento del rapporto A/V per le sottocategorie da A6.1 ad A6.5		
	Per altezza dell'ambiente $h \leq 2,5$ m Rapporto A/V, in $m^2/m^3$	Per altezza dell'ambiente $h > 2,5$ m Rapporto A/V, in $m^2/m^3$
A6.1	Nessuna richiesta	
A6.2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq [4,80 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
A6.3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
A6.4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
A6.5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq [1,47 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
Legenda $A$ = Area di assorbimento equivalente, in metri quadrati $V$ = volume dell'ambiente, in metri cubi $h$ = altezza dell'ambiente, in metri		

Fig.9 - Prospetto 7 dell'UNI 11532:2020

I valori di riferimento per il rapporto minimo A/V per la categoria A6 si applicano nelle singole ottave da 250 Hz a 2000 Hz senza considerare l'assorbimento acustico delle persone.

### 3.2 Isolamento acustico standardizzato di facciata esterna - Obiettivo di progetto

Il valore dell'indice di isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  si calcola secondo l'equazione seguente:

$$D_{2m,nT,w} = R_w - K + F_{cp} + \Delta L_{fs}$$

Dove:

- $F_{cp}$  è il fattore correttivo sempre positivo che interpreta il contributo dovuto alla profondità dell'ambiente retrostante la facciata:

$F_{cp} = 10 \log[V/(6T_0S)]$  con  $V$  volume dell'ambiente,  $T_0 = 0,5$  s tempo di riverbero di riferimento e  $S$  superficie della facciata;

- $\Delta L_{fs}$  è il fattore che tiene conto della forma della facciata;
- $K$  è la correzione relativa al contributo della trasmissione laterale pari a 0, per elementi di facciata non connessi, pari a 2 per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi;
- $R_w$  è il potere fonoisolante medio della facciata.

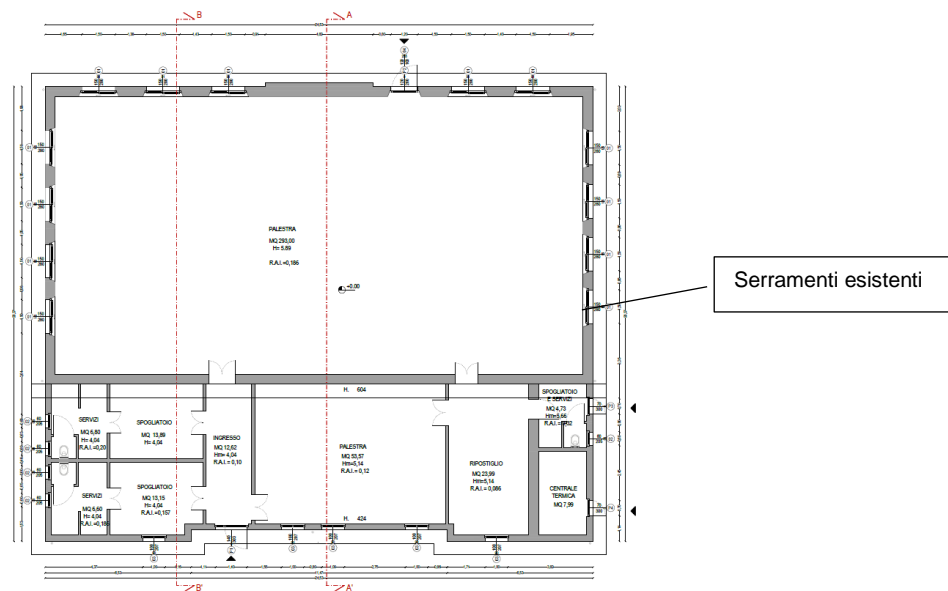
Visto che l'intervento in esame riguarda sostanzialmente il rifacimento della copertura esistente e la sostituzione dei serramenti, i parametri che va a differire tra lo stato di fatto e quello di progetto nel calcolo di  $D_{2m,nT,w}$  dell'edificio sono il parametro  $R_{wc}$  della copertura e il parametro  $R_{ws}$  dei serramenti: per gli ambienti dell'edificio dove la copertura e i serramenti rientrano nell'involucro, i fattori  $F_{cp}$  (dimensioni ambiente e relativo involucro),  $\Delta L_{fs}$  (Copertura piana) e  $K$  (tipologia costruttiva) non subiscono una variazione sostanziale dallo stato di fatto allo stato di progetto.

**Il miglioramento del  $R_w$  (potere fonoisolante), dovuto al rifacimento della copertura sui tre ambienti oggetto di analisi (palestra, palestrina e spogliatoi) e la sostituzione di tutti i serramenti esistenti con nuovi serramenti più performanti, è l'indicatore del miglioramento della prestazione del parametro di facciata.**

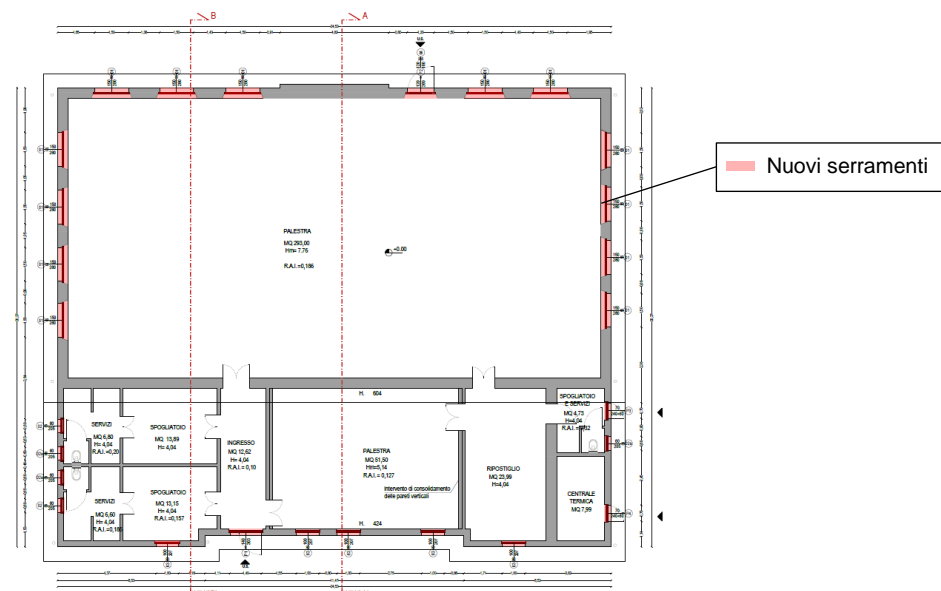
Seguono delle planimetrie, stato attuale e stato di progetto, con evidenziati in rosso le attività previste: rifacimento della copertura e sostituzione dei serramenti.



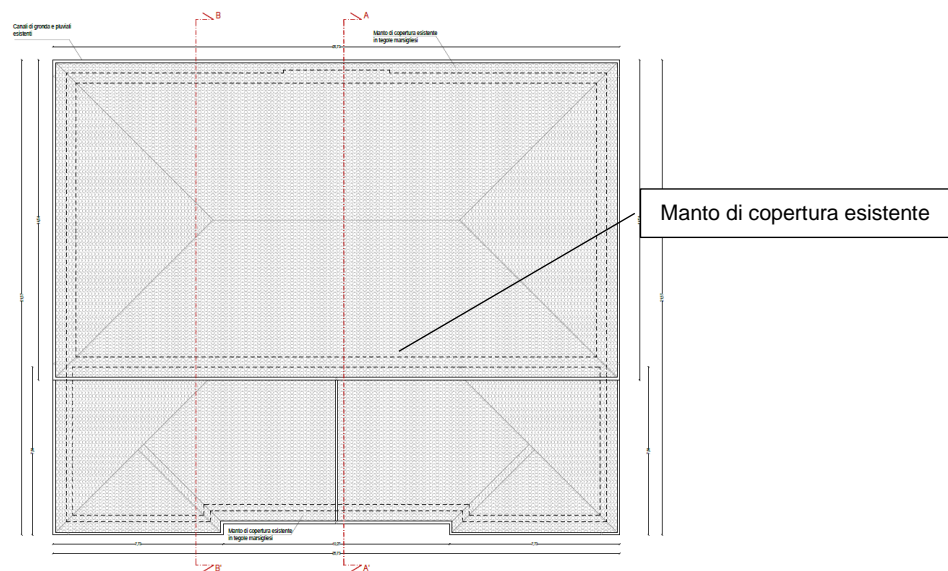
## PIANO TERRA – STATO DI FATTO



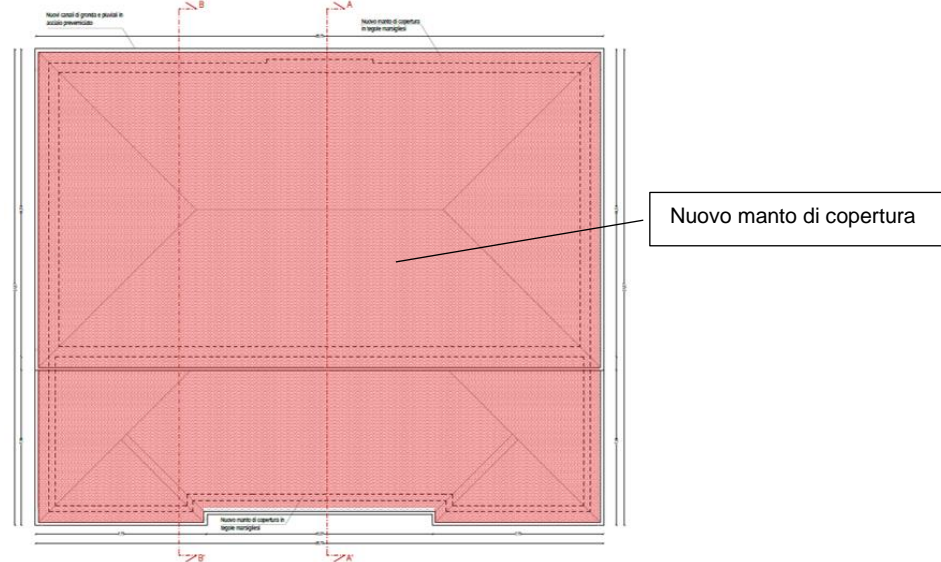
## PIANO TERRA – STATO DI PROGETTO

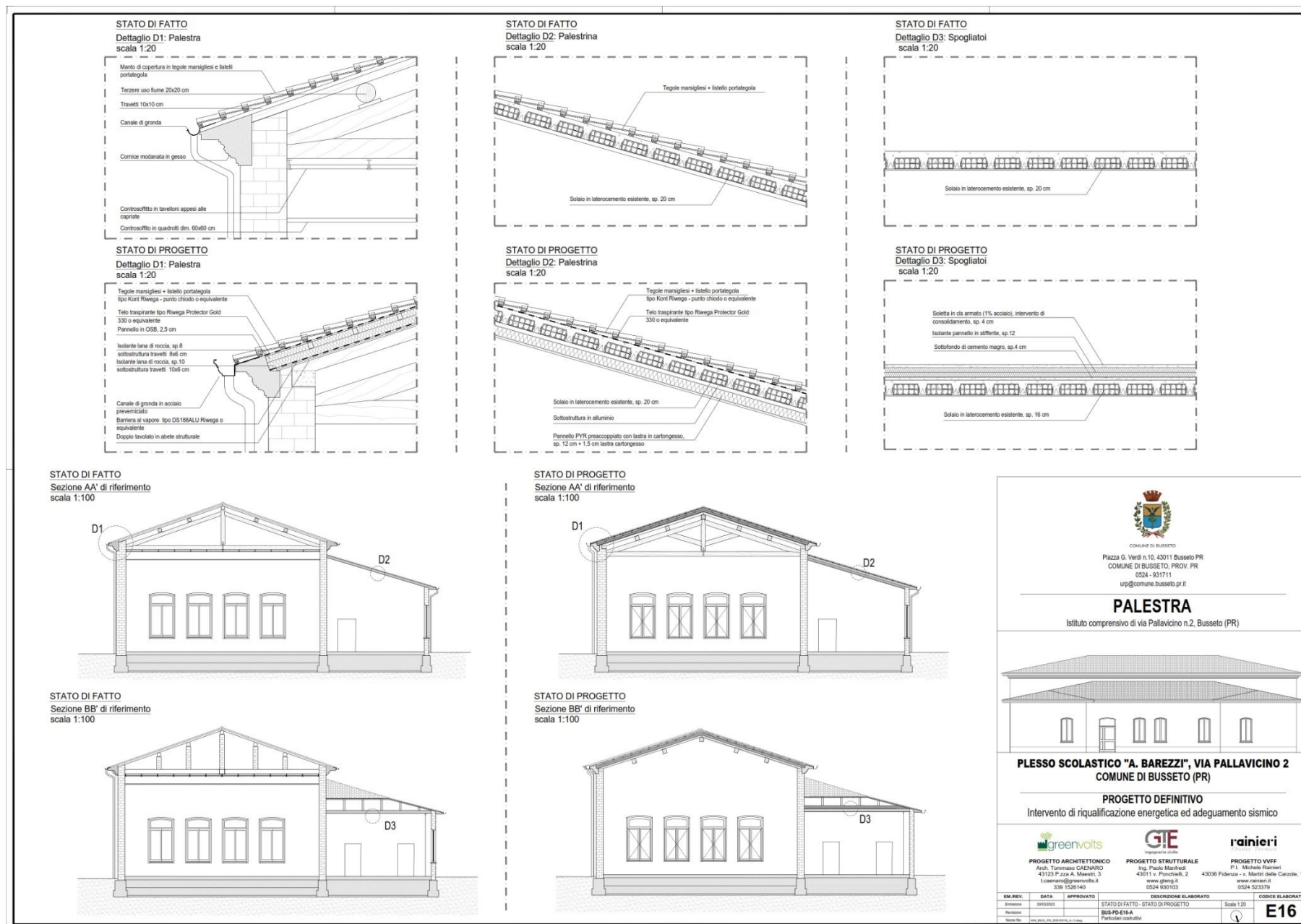


## PIANO COPERTURA – STATO DI FATTO



## PIANO COPERTURA – STATO DI PROGETTO





Per una panoramica completa di tutti i dettagli fare riferimento ai documenti di progetto.

Per la verifica del miglioramento del requisito di facciata per i 3 blocchi/ambienti individuati (palestra, palestrina e spogliatoio) si è proceduto a comparare la copertura e i serramenti dello stato di fatto (ante operam) con quelli dello stato di progetto (post operam). Si è proceduto, quindi, ad un confronto tra potere fonoisolante  $R_w$  della copertura e dei serramenti dello stato di fatto con quello di progetto.

#### 4 Comparazione stato di fatto (ante operam) e stato di progetto (post operam)

In questo capitolo è stato calcolato il potere fonoisolante teorico/previsionale  $R_{WAO}$  sia della copertura che dei serramenti esistenti e il potere fonoisolante teorico/previsionale  $R_{WPO}$  sia della copertura che dei serramenti di progetto sulla base dello spessore, composizione e la densità dei materiali componenti.

##### 4.1 Comparazione del potere fonoisolante della copertura Ante Operam e Post Operam

###### Blocco/Ambiente PALESTRA – Copertura stato di fatto (Ante Operam)

Composizione	Spessore [mm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Massa sup. [kg/m <sup>2</sup> ]	$R_{WAO}$ [dB]
- Manto di copertura in tegole marsigliesi e listelli portategola	10	1600	16	<b>31</b> Da Calcolo Insul

###### Blocco/Ambiente PALESTRA – Copertura stato di progetto (Post Operam)

Composizione	Spessore [mm]	Densità [kg/m³]	Massa sup. [kg/m²]	R <sub>WPO</sub> [dB]
- Tegole marsigliesi + listello portategola tipo Kont Riwega – punto chiodo o equivalente	10	1600	16	46 Da Calcolo Insul
- Telo traspirante tipo Riwega Protector Gold 330 o equivalente	Irrilevante	Irrilevante	Irrilevante	
- Pannello in OSB 2,5 cm	25	590	14,8	
- Isolante lana di roccia sp.8 cm sottostruttura travetti 8x6 cm	180	60	10,8	
- Isolante lana di roccia sp. 10 cm sottostruttura travetti 10x6 cm				
- Barriera al vapore tipo DS188ALU Riwega o equivalente	Irrilevante	Irrilevante	Irrilevante	
- Doppio tavolato in abete strutturale sp 2 cm + 2 cm	40	490	19,6	

Come si può evincere dalle tabelle sopra riportate, il potere fonoisolante  $R_{WPO}$  della copertura di progetto (post operam) è sensibilmente maggiore del potere fonoisolante  $R_{WAO}$  della copertura esistente (ante operam).

**L'intervento porta a un miglioramento del requisito acustico della copertura.**

Nota: Il pannello acustico previsto per la correzione del tempo di riverberazione (vedi paragrafo 5 del presente documento), se installato in copertura (ipotesi 1), verosimilmente contribuirà ulteriormente a migliorare la prestazione acustica della copertura di progetto.

Di seguito il calcolo di  $R_w$  delle coperture appena descritte con il software Insul:

**Blocco/Ambiente PALESTRA – Copertura stato di fatto - ante operam calcolo di  $R_{WAO}$** 

## 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. 2061

Job Name:

Job No.:

Initials:utente3

Date:19/06/2023

File Name:insul



Notes:

 **$R_w$  31 dB**

C -2 dB

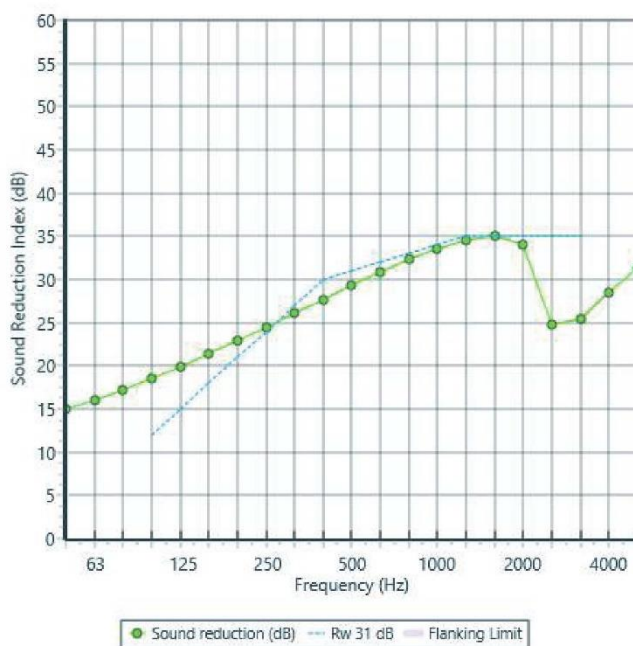
Ctr -3 dB

Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

Partition surface mass = 16 kg/m<sup>2</sup>System description

Panel 1 : 1 x 10 mm Mattone

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	15	
63	16	16
80	17	
100	18	
125	20	20
160	21	
200	23	
250	24	24
315	26	
400	28	
500	29	29
630	31	
800	32	
1000	34	33
1250	35	
1600	35	
2000	34	29
2500	25	
3150	25	
4000	28	28
5000	31	





**Blocco/Ambiente PALESTRA – Copertura di progetto - post operam calcolo di  $R_{WPO}$** 

## 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. 2061

Job Name:

Job No.:

Initials:utente3

Date:19/06/2023

File Name:insul



Notes:

 **$R_w$  46 dB**

C -4 dB

Ctr -9 dB

Mass-air-mass resonant frequency = 35 Hz

Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

Partition surface mass = 61,1 kg/m<sup>2</sup>System description

Panel 1 : 1 x 10 mm Mattone

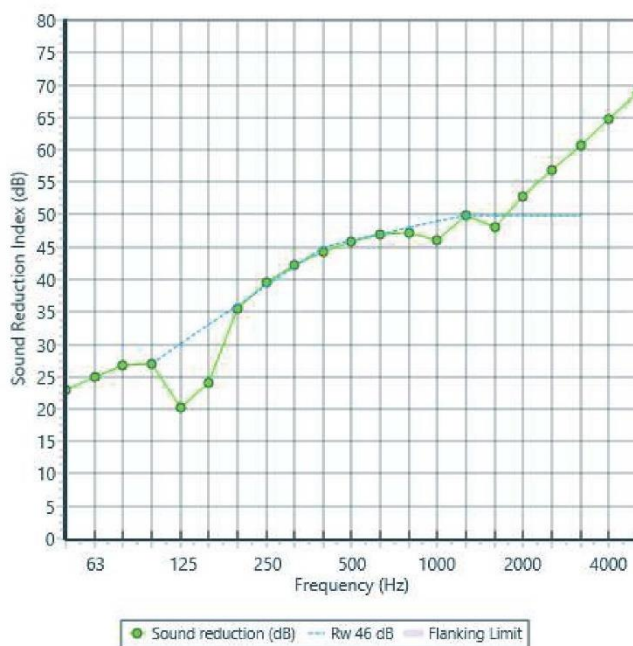
+ 1 x 25 mm Panneau de particules orientées (OSB3)

Frame: Timber stud (1,8E2 mm x 45 mm), Stud spacing 600 mm; Cavity Width 180 mm, 1 x Lane di roccia (60kg/m<sup>3</sup>) Thickness 180 mm

Panel 2 : 1 x 20 mm Pino

+ 1 x 20 mm Pino

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	23	
63	25	25
80	27	
100	27	
125	20	23
160	24	
200	35	
250	40	38
315	42	
400	44	
500	46	45
630	47	
800	47	
1000	46	47
1250	50	
1600	48	
2000	53	51
2500	57	
3150	61	
4000	65	64
5000	69	



**Blocco/Ambiente PALESTRINA – Copertura stato di fatto (Ante Operam)**

Composizione	Spessore [mm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Massa sup. [kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>WAO</sub> [dB]
- Tegole marsigliesi + listello portategola	10	1600	16	<b>46</b> Da Calcolo Insul
- Solaio in laterocemento esistente sp 20 cm	200	280	56	

**Blocco/Ambiente PALESTRINA – Copertura stato di progetto (Post Operam)**

Composizione	Spessore [mm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Massa sup. [kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>WPO</sub> [dB]
- Tegole marsigliesi + listello portategola tipo Kont Riwega – punto chiodo o equivalente	10	1600	16	<b>47</b> Da Calcolo Insul
- Telo traspirante tipo Riwega Protector Gold 330 o equivalente	Irrilevante	Irrilevante	Irrilevante	
- Solaio in laterocemento esistente sp 20 cm	200	280	56	
- Sottostruttura in alluminio riempita con pannelli in stifferite sp. 12 cm	120	43	5,16	
- 1,5 cm lastra cartongesso	15	690	10,3	

Come si può evincere dalle tabelle sopra riportate, il potere fonoisolante  $R_{WPO}$  della copertura di progetto (post operam) è maggiore del potere fonoisolante  $R_{WAO}$  della copertura esistente (ante operam).

**L'intervento porta a un miglioramento del requisito acustico della copertura**

Nota: Il pannello acustico previsto per la correzione del tempo di riverberazione (vedi paragrafo 5 del presente documento), se installato in copertura (ipotesi 1), verosimilmente contribuirà ulteriormente a migliorare la prestazione acustica della copertura di progetto.

Di seguito il calcolo di  $R_w$  delle coperture appena descritte con il software Insul:

**Blocco/Ambiente PALESTRINA – Copertura stato attuale - ante operam calcolo di  $R_{WA0}$** 

## 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. 2061

Job Name:

Job No.:

Initials:utente3

Date:19/06/2023

File Name:insul



Notes:

 **$R_w$  46 dB**

C -1 dB

Ctr -3 dB

Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

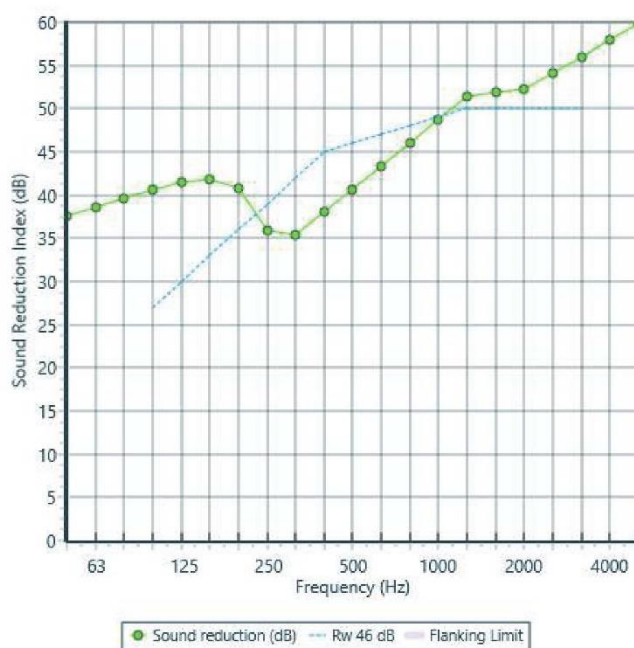
Partition surface mass = 234 kg/m<sup>2</sup>System description

Panel 1 : 1 x 10 mm Mattone

+ 1 x 160 mm Briques bio'bric Carrobric 70 enduits

+ 1 x 40 mm Calcestruzzo

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	38	
63	39	39
80	40	
100	41	
125	41	41
160	42	
200	41	
250	36	37
315	35	
400	38	
500	41	40
630	43	
800	46	
1000	49	48
1250	51	
1600	52	
2000	52	53
2500	54	
3150	56	
4000	58	58
5000	60	





**Blocco/Ambiente PALESTRINA – Copertura di progetto - post operam calcolo di  $R_{Wp0}$** 

## 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. 2061

Job Name:

Job No.:

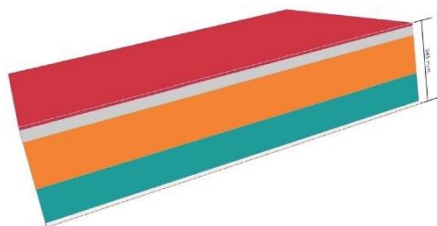
Initials:utente3

Date:19/06/2023

File Name:insul



Notes:

 **$R_w$  47 dB**

C -1 dB

Ctr -4 dB

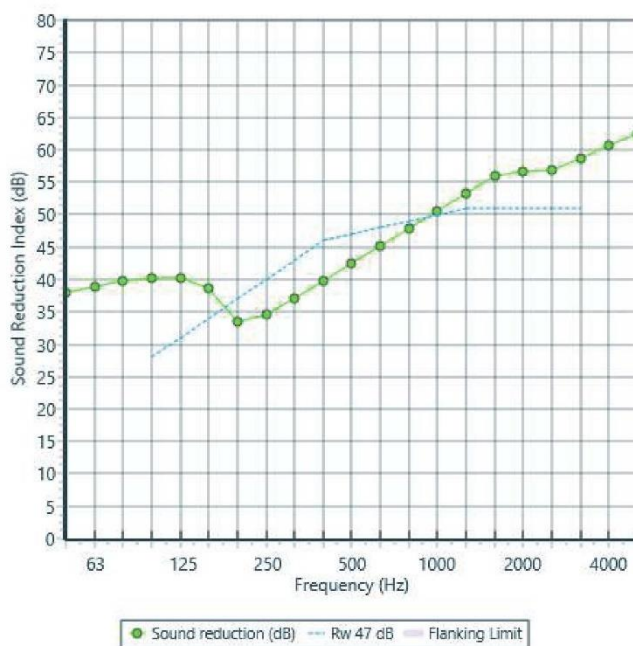
Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

Partition surface mass = 250 kg/m<sup>2</sup>System description

Panel 1 : 1 x 10 mm Mattone  
 + 1 x 160 mm Briques bio'bric Carrobric 70 enduits  
 + 1 x 15 mm Cartongesso

+ 1 x 40 mm Calcestruzzo  
 + 1 x 120 mm Stifferite

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	38	
63	39	39
80	40	
100	40	40
125	40	40
160	39	
200	33	
250	35	35
315	37	
400	40	
500	42	42
630	45	
800	48	
1000	51	50
1250	53	
1600	56	
2000	57	56
2500	57	
3150	59	
4000	61	60
5000	63	



**Blocco/Ambiente SPOGLIATOI – Copertura stato di fatto (Ante Operam)**

Composizione	Spessore [mm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Massa sup. [kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>WAO</sub> [dB]
- Solaio in laterocemento esistente sp 20 cm	200	280	56	<b>46</b> Da Calcolo Insul

**Blocco/Ambiente SPOGLIATOI – Copertura stato di progetto (Post Operam)**

Composizione	Spessore [mm]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Massa sup. [kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>WPO</sub> [dB]
- Soletta in cls armato (1% acciaio) sp 4 cm	40	2340	93,6	<b>49</b> Da Calcolo Insul
- Isolante pannello in stifferite sp 12 cm	120	43	5,16	
- Sottofondo in cemento magro sp 4 cm	40	200	8	
- Solaio in laterocemento esistente sp 20 cm	200	280	56	

*Come si può evincere dalle tabelle sopra riportate, il potere fonoisolante  $R_{WPO}$  della copertura di progetto (post operam) è sensibilmente maggiore del potere fonoisolante  $R_{WAO}$  della copertura esistente (ante operam).*

**L'intervento porta a un miglioramento del requisito acustico della copertura.**

Nota: Il pannello acustico previsto per la correzione del tempo di riverberazione (vedi paragrafo 5 del presente documento), se installato in copertura (ipotesi 1), verosimilmente contribuirà ulteriormente a migliorare la prestazione acustica della copertura di progetto.

Di seguito il calcolo di  $R_w$  delle coperture appena descritte con il software Insul:

**Blocco/Ambiente SPOGLIATOI – Copertura stato di fatto - ante operam calcolo di  $R_{WA0}$** 

## 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. 2061

Job Name:

Job No.:

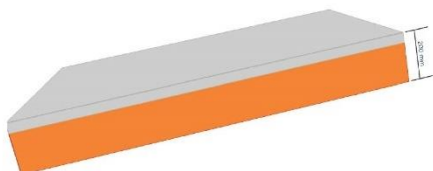
Initials:utente3

Date:19/06/2023

File Name:insul



Notes:

 **$R_w$  46 dB**

C -1 dB

Ctr -3 dB

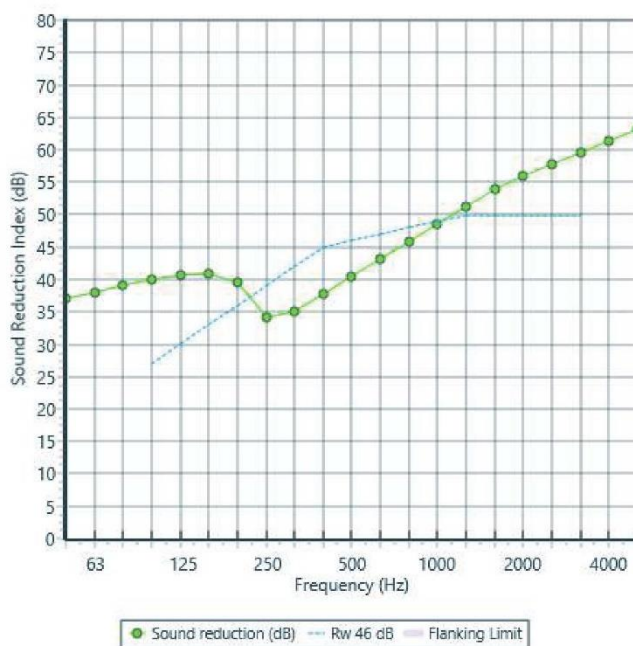
Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

Partition surface mass = 218 kg/m<sup>2</sup>System description

Panel 1 : 1 x 40 mm Calcestruzzo

+ 1 x 160 mm Briques bio'bric Carrobriac 70 enduits

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	37	
63	38	38
80	39	
100	40	
125	41	40
160	41	
200	40	
250	34	36
315	35	
400	38	
500	40	40
630	43	
800	46	
1000	48	48
1250	51	
1600	54	
2000	56	56
2500	58	
3150	60	
4000	61	61
5000	63	



**Blocco/Ambiente SPOGLIATOI – Copertura di progetto - post operam calcolo di  $R_{Wp0}$** 

## 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. 2061

Job Name:

Job No.:

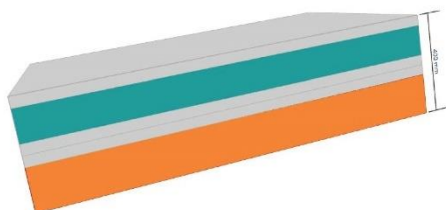
Initials:utente3

Date:19/06/2023

File Name:insul



Notes:

 **$R_w$  49 dB**

C 0 dB

Ctr -3 dB

Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

Partition surface mass = 325 kg/m<sup>2</sup>System description

Panel 1 : 1 x 40 mm Calcestruzzo

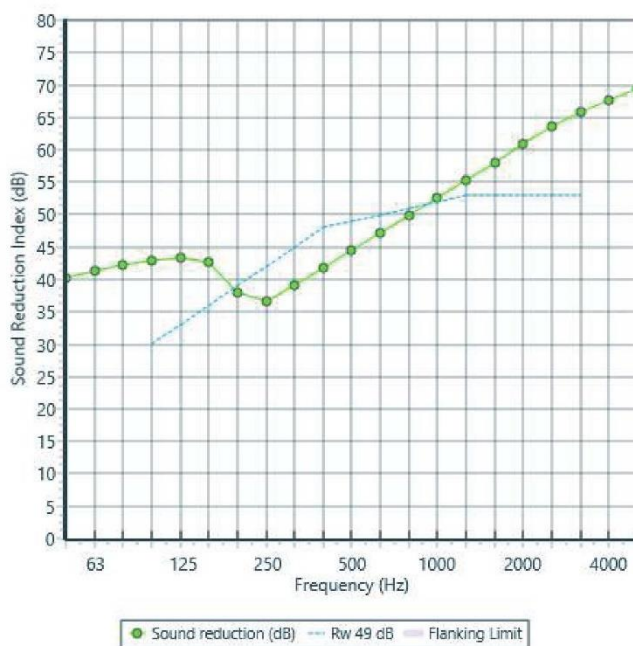
+ 1 x 40 mm Magrone

+ 1 x 160 mm Briques bio'bric Carrobric 70 enduits

+ 1 x 120 mm Stifferite

+ 1 x 40 mm Calcestruzzo

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	40	
63	41	41
80	42	
100	43	
125	43	43
160	43	
200	38	
250	37	38
315	39	
400	42	
500	45	44
630	47	
800	50	
1000	53	52
1250	55	
1600	58	
2000	61	60
2500	64	
3150	66	
4000	68	67
5000	70	



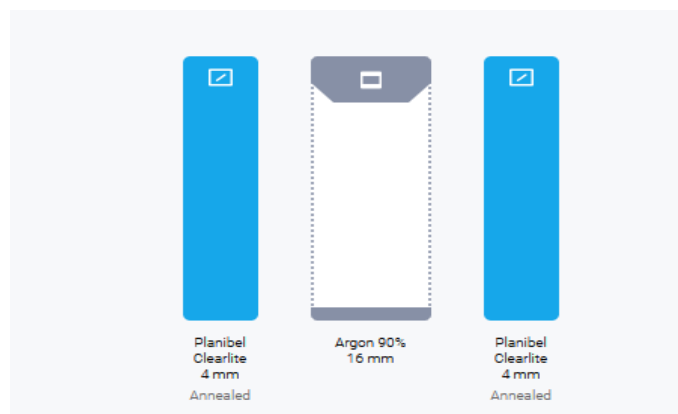
## 4.2 Comparazione dei serramenti Ante-Operam e Post Operam

La comparazione viene effettuata confrontando le vetrazioni. Resta inteso che nel caso Ante Operam i telai dei serramenti, vecchi di alcune decine di anni, non hanno particolari caratteristiche acustiche o di tenuta all'aria, mentre nel caso Post Operam i telai dei serramenti saranno prestazionali dal punto di vista energetico e quindi almeno in Classe 4 di permeabilità all'aria.

Confrontare quindi esclusivamente le sole vetrature è a favore di sicurezza poiché emerge un miglioramento minimo rispetto a che si tenesse conto anche dei telai. I serramenti sono sostituiti in tutti i blocchi/ambienti.

**Serramenti stato di fatto (Ante-Operam):** Serramenti in alluminio taglio termico + vetrocamera "tradizionale" (stratigrafia 4-16-4).

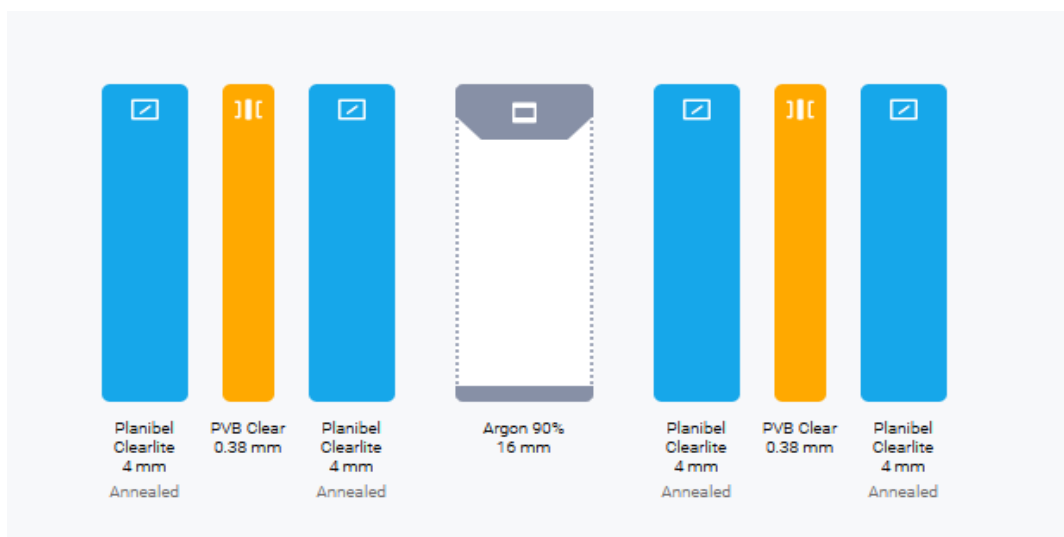
Con il configuratore AGC Glass, si è proceduto a calcolare il valore  $R_w$  dei vetri allo stato attuale:



Il risultato ottenuto è pari a:  $R_w = 30 \text{ dB}$

**Serramenti stato di progetto (Post Operam):** Serramenti in alluminio taglio termico + vetrocamera basso emissivo con vetro stratificato (stratigrafia 44.1-16-44.1)

Con il configuratore AGC Glass, si è proceduto a calcolare il valore  $R_w$  dei vetri di progetto:



Il risultato ottenuto è pari a:  $R_w = 39 \text{ dB}$

*Come si può evincere dai risultati sopra riportati, l'intervento porta a un miglioramento.*

Di seguito il calcolo di  $R_w$  delle stratigrafie dei vetri appena descritte con il configuratore AGC Glass:

**Stratigrafia vetri allo stato di fatto (4-16-4) - Ante Operam calcolo di  $R_w$** Calcolato da **acustica studioqsa**  
Nota personale **Stato di Fatto**Calcolato su **22/6/2023**Paese **Italy**

① 4 mm Planibel Clearlite Ricotto ② 16 mm Argon 90% ③ 4 mm Planibel Clearlite Ricotto

**Simulazione di dati sulle prestazioni in opera del vetro****☀️ Caratteristiche luminose - EN 410**

Trasmissione luminosa : $\tau_v$ [%]	82
Riflessione luminosa : $\rho_v$ [%]	15
Riflessione luminosa interna : $\rho_{vi}$ [%]	15
Indice di resa dei colori : $R_a$ [%]	99

**🔥 Caratteristiche energetiche - EN 410**

Fattore solare : $g$ [%]	80
Riflessione energetica esterna : $\rho_e$ [%]	14
Riflessione energetica interna : $\rho_{ei}$ [%]	14
Trasmissione diretta dell'energia : $\tau_e$ [%]	76
Absorbimento energetico vetro 1 : $ae_1$ [%]	6
Absorbimento energetico vetro 2 : $ae_2$ [%]	4
Absorbimento energetico totale : $ae$ [%]	10
Coefficiente di shading : SC	0.92
Trasmissione dei raggi ultravioletti : $\tau_{uv}$ [%]	55
Selettività	1.03

**🌡️ Proprietà termiche - EN 673**

Trasmittanza termica (vetri verticali) : U value [W/( $m^2 \cdot K$ )]	2.6
--	-----

**🔊 Riduzione acustica**

Isolamento al rumore aereo diretto - EN 12758 : $R_w$ (C;Ctr) [dB] 1	30 (-1;-4)
--	------------

**🛡️ Caratteristiche di sicurezza**

Resistenza al fuoco - EN 13501-2	NPD
Reazione al fuoco - EN 13501-1	NPD
Resistenza ai proiettili - EN 1063	NPD
Resistenza alle effrazioni - EN 356	NPD
Resistenza agli urti (Prova del pendolo) - EN 12600	NPD / NPD
Resistenza all'esplosione - EN 13541	NPD

**📏 Spessore e peso**

Spessore nominale : [mm]	24.0
Peso : [kg/m <sup>2</sup> ]	20

1. Gli indici acustici forniti si riferiscono a una vetrata avente dimensione 1230 x 1480 mm secondo la norma EN ISO 10140-3 testata in condizioni di laboratorio. Le effettive prestazioni in opera possono variare in funzione delle reali dimensioni della vetrata e della stanza, del sistema di supporto, del tipo di installazione, dell'ambiente, delle sorgenti di rumore ecc. L'accuratezza degli indici riportati è di +/- 1 dB.



Glass Configurator  
Calculation software verified by INISMA  
EN 410 and EN 673  
Report: n° 2018E GOU 35741



Molti prodotti AGC sono adesso disponibili nella versione Low-Carbon Glass. Questa versione non altera le proprietà delle specifiche del glass configuration. Per maggiori informazioni riguardo la gamma di vetri AGC Low-Carbon, visita il sito YourGlass nella sezione Low-Carbon.

L'AGC Glass Configurator è uno strumento di simulazione che analizza le prestazioni per lo scopo limitato di aiutare l'utente nella valutazione delle prestazioni per la configurazione del vetro identificato in questo report. Le prestazioni stimate si applicano esclusivamente ai prodotti in vetro prodotti o trattati da AGC. Questo strumento di simulazione non deve essere inteso come sostitutivo di una Dichiarazione delle prestazioni ufficiale, pertanto può contenere alcune variazioni, sebbene AGC abbia compiuto ogni possibile sforzo per verificare l'affidabilità dello stesso. L'utente si assume ogni rischio correlato ai risultati forniti dallo strumento ed è il solo responsabile per la selezione della configurazione di vetro più appropriata per la sua applicazione.

Il presente documento deve essere inteso a scopo informativo e non può, in alcun caso, essere interpretato quale accettazione di alcun ordine da parte del Gruppo AGC. Consultare le Condizioni d'uso specifiche per gli standard di calcolo utilizzati, il numero del report del test INISMA e l'accuratezza dei valori.

AGC non fornisce alcuna garanzia, espressa o implicita, di alcun tipo in relazione allo strumento Glass Configurator. Non si rilasciano garanzie di commerciabilità, non violazione o adeguatezza a uno scopo particolare e nessuna garanzia sarà ritenuta implicita, per effetto di legge o altrimenti. In nessun caso AGC può essere ritenuta responsabile per danni diretti, indiretti, consequenziali o incidentali di alcun tipo in relazione a o derivanti dall'uso dello strumento Glass Configurator.

Copyright: © 2023 - AGC Glass Europe. Tutti i diritti riservati

[www.agc-yourglass.com/configurator](http://www.agc-yourglass.com/configurator)



**Stratigrafia vetri di progetto (44.1-16-44.1) -Post Operam calcolo di  $R_w$** 

Calcolato da

acustica studioqsa

Calcolato su

22/6/2023

Paese

Italy

① Stratobel Clearlite 44.1 Ricotto ② 16 mm Argon 90% ③ Stratobel Clearlite 44.1 Ricotto

**Simulazione di dati sulle prestazioni in opera del vetro****Caratteristiche luminose - EN 410**

Trasmissione luminosa : $\tau_v$ [%]	79
Riflessione luminosa : $\rho_v$ [%]	14
Riflessione luminosa interna : $\rho_{vi}$ [%]	14
Indice di resa dei colori : $R_a$ [%]	98

**Caratteristiche energetiche - EN 410**

Fattore solare : $g$ [%]	71
Riflessione energetica esterna : $\rho_e$ [%]	12
Riflessione energetica interna : $\rho_{ei}$ [%]	12
Trasmissione diretta dell'energia : $\tau_e$ [%]	64
Assorbimento energetico vetro 1 : $\alpha_{e1}$ [%]	16
Assorbimento energetico vetro 2 : $\alpha_{e2}$ [%]	8
Assorbimento energetico totale : $\alpha_e$ [%]	24
Coefficiente di shading : SC	0.82
Trasmissione dei raggi ultravioletti : $\tau_{uv}$ [%]	0
Selettività	1.11

**Proprietà termiche - EN 673**

Trasmittanza termica (vetri verticali) : U value [W/(m <sup>2</sup> .K)]	2.5
--	-----

**Riduzione acustica**

Direct airborne sound reduction - Interpolated : $R_w$ (C;Ctr) [dB] <sub>1</sub>	39 (-1;-5)
--	------------

**Caratteristiche di sicurezza**

Resistenza al fuoco - EN 13501-2	NPD
Reazione al fuoco - EN 13501-1	NPD
Resistenza ai proiettili - EN 1063	NPD
Resistenza alle effrazioni - EN 356	NPD
Resistenza agli urti (Prova del pendolo) - EN 12600	2B2 / 2B2
Resistenza all'esplosione - EN 13541	NPD

**Spessore e peso**

Spessore nominale : [mm]	32.8
Peso : [kg/m <sup>2</sup> ]	41

1. Gli indici acustici sono stimati e non testati o calcolati. Si riferiscono a una vetrata avente dimensione 1230 x 1480 mm secondo la norma EN ISO 10140-3. Le effettive prestazioni in opera possono variare in funzione delle reali dimensioni della vetrata e della stanza, del sistema di supporto, del tipo di installazione, dell'ambiente, delle sorgenti di rumore ecc. L'accuratezza degli indici riportati è di +/- 2 dB.



Glass Configurator  
Calculation software verified by INISMA  
EN 410 and EN 673  
Report n° 2018E COU 35741



Molti prodotti AGC sono adesso disponibili nella versione Low-Carbon Glass. Questa versione non altera le proprietà delle specifiche del glass configuration. Per maggiori informazioni riguardo la gamma di vetri AGC Low-Carbon, visita il sito YourGlass nella sezione Low-Carbon.

L'AGC Glass Configurator è uno strumento di simulazione che analizza le prestazioni per lo scopo limitato di aiutare l'utente nella valutazione delle prestazioni per la configurazione del vetro identificato in questo report. Le prestazioni stimate si applicano esclusivamente ai prodotti in vetro prodotti o trattati da AGC. Questo strumento di simulazione non deve essere inteso come sostitutivo di una Dichiarazione delle prestazioni ufficiale, pertanto può contenere alcune variazioni, sebbene AGC abbia compiuto ogni possibile sforzo per verificare l'affidabilità dello stesso. L'utente si assume ogni rischio correlato ai risultati forniti dallo strumento ed è il solo responsabile per la selezione della configurazione di vetro più appropriata per la sua applicazione.

Il presente documento deve essere inteso a scopo informativo e non può, in alcun caso, essere interpretato quale accettazione di alcun ordine da parte del Gruppo AGC. Consultare le Condizioni d'uso specifiche per gli standard di calcolo utilizzati, il numero del report del test INISMA e l'accuratezza dei valori.

AGC non fornisce alcuna garanzia, espressa o implicita, di alcun tipo in relazione allo strumento Glass Configurator. Non si rilasciano garanzie di commerciabilità, non violazione o adeguatezza a uno scopo particolare e nessuna garanzia sarà ritenuta implicita per effetto di legge o altrimenti. In nessun caso AGC può essere ritenuta responsabile per danni diretti, indiretti, consequenziali o incidentali di alcun tipo in relazione a o derivanti dall'uso dello strumento Glass Configurator.

Copyright: © 2023 - AGC Glass Europe. Tutti i diritti riservati

[www.agc-yourglass.com/configurator](http://www.agc-yourglass.com/configurator)



## 5 Analisi del tempo di riverberazione

Come già anticipato nel paragrafo 3.1.2 del corrente documento, l'UNI 11532-2:2020, definisce dei valori ottimali di riferimento in relazione alla destinazione d'uso. Per il caso in esame:

- 1) Gli ambienti/blocchi PALESTRA e PALESTRINA ricadono nella categoria A5;
- 2) L'ambiente/blocco SPOGLIATOI ricade nella categoria A6, in particolare nella sottocategoria A6.2.

Si riporta di nuovo lo stralcio della norma attinente ai casi in esame.

prospetto 6	<b>Formule di calcolo di <math>T_{ott}</math> per le categorie da A1 a A5</b>		
Categoria	Ambiente occupato all'80%		
A1	$T_{ott,A1} = (0,45 \log V + 0,07)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 1000 \text{ m}^3$	
A2	$T_{ott,A2} = (0,37 \log V - 0,14)$	$50 \text{ m}^3 \leq V < 5000 \text{ m}^3$	
A3	$T_{ott,A3} = (0,32 \log V - 0,17)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 5000 \text{ m}^3$	
A4	$T_{ott,A4} = (0,26 \log V - 0,14)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 500 \text{ m}^3$	
Categoria	Ambiente non occupato		
A5	$T_{ott,A5} = (0,75 \log V - 1,00)$ $T_{ott,A5} = 2,00$	$200 \text{ m}^3 \leq V < 10000 \text{ m}^3$ $V \geq 10000 \text{ m}^3$	

Fig.10 - Prospetto 6 dell'UNI 11532:2020

prospetto 7	<b>Valori di riferimento del rapporto A/V per le sottocategorie da A6.1 ad A6.5</b>		
	Per altezza dell'ambiente $h \leq 2,5 \text{ m}$ Rapporto A/V, in $\text{m}^2/\text{m}^3$	Per altezza dell'ambiente $h > 2,5 \text{ m}$ Rapporto A/V, in $\text{m}^2/\text{m}^3$	
A6.1	Nessuna richiesta		
A6.2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq [4,80 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$	
A6.3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$	
A6.4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$	
A6.5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq [1,47 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$	
Legenda $A$ = Area di assorbimento equivalente, in metri quadrati $V$ = volume dell'ambiente, in metri cubi $h$ = altezza dell'ambiente, in metri			

Fig.11 - Prospetto 7 dell'UNI 11532:2020

I valori di riferimento per il rapporto minimo A/V per la categoria A6 si applicano nelle singole ottave da 250 Hz a 2000 Hz senza considerare l'assorbimento acustico delle persone.

Segue tabella riepilogativa dei parametri obbiettivi per ogni singolo ambiente (palestra, palestrina e spogliatoi):

Blocco/ambiente	Categoria Vedi Prospetti 1, 2 e 3 dell'UNI 11532:2020	Obiettivo di Progetto cogente
PALESTRA	A5	$T_r \leq 1,5 \text{ s}$
PALESTRINA	A5	$T_r \leq 0,8 \text{ s}$
SPOGLIATOI	A6.2	$A/V \geq 0,13$

### 5.1 Metodo di calcolo

In maniera generale il Tempo di riverberazione  $T_r [\text{s}]$  è funzione del volume  $V [\text{m}^3]$  e dell'area equivalente di assorbimento  $A [\text{m}^2]$  dell'ambiente. A sua volta  $A [\text{m}^2]$  dipende dal coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha [-]$  dei materiali presenti nell'ambiente e della superficie  $S [\text{m}^2]$  di questi materiali.

Per calcolare  $T_r [\text{s}]$  si farà riferimento alla formula di Sabine:

$$T_r = 0,161 V/A$$

Dove:

- $V [m^3]$  il volume dell'ambiente;
- $A [m^2]$  è l'area equivalente di assorbimento totale:
- Il valore di  $A$  è ricavato con la seguente relazione:  $A = \sum \alpha_i S_i [m^2]$  con
  - $\alpha_i [-]$  il coefficiente di assorbimento  $i$ -esimo degli elementi presenti nell'ambiente;
  - $S_i [m^2]$  la superficie  $i$ -esima degli elementi presenti nell'ambiente.

Prima di presentare i risultati ottenuti dopo le calcolazioni per i singoli ambienti/blocchi, segue un riepilogo dei coefficienti di assorbimento acustici  $\alpha [-]$  utilizzati nelle valutazioni dei singoli ambienti (vedi Tabella sotto riportata).

		Coefficiente di assorbimento $\alpha$ dei materiali							Note
	Materiale tipo	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	NRC	
1	Pavimento in linoleum	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	<b>0,03</b>	Dati presi da bibliografia
2	Pavimento in piastrelle	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	<b>0,02</b>	
3	Soffitto in legno	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	<b>0,09</b>	
4	Soffitto in cartongesso liscio	0,20	0,15	0,10	0,05	0,05	0,10	<b>0,09</b>	
5	Soffitto e/o pareti in intonaco	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07	<b>0,04</b>	
6	Finestre (vetro e telaio in alluminio)	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	<b>0,05</b>	
7	Porte in legno	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	<b>0,09</b>	
8	Pannello isolante acustico (NRC $\geq 0,90$ ) (Ad esempio Tipo Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare)	0,25	0,70	1,00	0,95	0,95	0,85	<b>0,90</b>	

## 5.2 Blocco/Ambiente PALESTRA (Vuoto) – $T_r$ stato di progetto (post operam)

Al fine di raggiungere il parametro obiettivo cogente, così come previsto dalla UNI 11532:2020 ( $T_r \leq 1,5$  s), nella valutazione del tempo di riverberazione allo stato di progetto del blocco/ambiente "palestra" si è previsto l'inserimento di un pannello acustico avente un valore NRC  $\geq 0,90$  (ad esempio Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare).

- **IPOTESI 1:** Nell'ipotesi 1, l'installazione dei pannelli acustici (NRC  $\geq 0,90$ ) è stata prevista "a soffitto" (tra una trave e l'altra). L'intervento prevede l'installazione di circa 240mq di pannelli acustici. Di seguito si riporta tabella riepilogativa con i materiali considerati nella valutazione, la loro superficie e i risultati ottenuti:

Volume [ $m^3$ ]	Materiali considerati nella valutazione	Superficie [ $m^2$ ]
2280	Pavimento in linoleum	293,0
	Soffitto in legno	71,5
	Pareti in intonaco	429,2
	Porte e Finestre (vetro e telaio in alluminio)	58,9
	Pannello isolante acustico (NRC $\geq 0,90$ ) (Ad esempio Tipo Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare)	240,0

Frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
<b>T<sub>r,calc</sub> [s] calcolato</b>	<b>4,17</b>	<b>1,83</b>	<b>1,34</b>	<b>1,40</b>	<b>1,36</b>	<b>1,43</b>
<b>T<sub>r,calc</sub> medio (250 Hz - 2 kHz) [s]</b>	<b>≤ 1,5</b>					

- **IPOTESI 2:** Nell'ipotesi 2, l'installazione dei pannelli acustici ( $NRC \geq 0,90$ ) è stata prevista, escludendo posa di materiali a soffitto, e posandoli invece in aderenza alle pareti verticali (a partire dall'alto verso il basso) per un "striscia" di altezza di circa 3,0 m per tutto il perimetro della palestra. L'intervento prevede l'installazione di circa 240mq di pannelli acustici. Di seguito si riporta tabella riepilogativa con i materiali considerati nella valutazione, la loro superficie e i risultati ottenuti:

Volume [m <sup>3</sup> ]	Materiali considerati nella valutazione	Superficie [m <sup>2</sup> ]
2280	Pavimento in linoleum	293,0
	Soffitto in legno	311,5
	Pareti in intonaco	189,24
	Porte e Finestre (vetro e telaio in alluminio)	58,9
	Pannello isolante acustico ( $NRC \geq 0,90$ ) (Ad esempio Tipo Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare)	240,0

Frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
<b>T<sub>r,calc</sub> [s] calcolato</b>	<b>3,50</b>	<b>1,71</b>	<b>1,29</b>	<b>1,34</b>	<b>1,30</b>	<b>1,39</b>
<b>T<sub>r,calc</sub> medio (250 Hz - 2 kHz) [s]</b>	<b>≤ 1,5</b>					

### 5.3 Blocco/Ambiente PALESTRINA (Vuoto) – T<sub>r</sub> stato di progetto (post operam)

Al fine di raggiungere il parametro obbiettivo cogente, così come previsto dalla UNI 11532:2020 ( $T_r \leq 0,8$  s), nella valutazione del tempo di riverberazione allo stato di progetto del blocco/ambiente "palestrina" si è previsto l'inserimento di un pannello acustico avente un valore  $NRC \geq 0,90$  (ad esempio Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare).

- **IPOTESI 1:** Nell'ipotesi 1, l'installazione dei pannelli acustici ( $NRC \geq 0,90$ ) è stata prevista "a soffitto". L'intervento prevede l'installazione di circa 50mq di pannelli acustici. Di seguito si riporta tabella riepilogativa con i materiali considerati nella valutazione, la loro superficie e i risultati ottenuti:

Volume [m <sup>3</sup> ]	Materiali considerati nella valutazione	Superficie [m <sup>2</sup> ]
265	Pavimento in linoleum	51,5
	Soffitto in cartongesso liscio	3,6
	Pareti in intonaco	158,3
	Finestre (vetro e telaio in alluminio)	6,2
	Porte in legno	5,0
	Pannello isolante acustico ( $NRC \geq 0,90$ ) (Ad esempio Tipo Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare)	50,0

Frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
<b>T<sub>r,calc</sub> [s] calcolato</b>	<b>2,29</b>	<b>1,00</b>	<b>0,72</b>	<b>0,76</b>	<b>0,73</b>	<b>0,75</b>
<b>T<sub>r,calc</sub> medio (250 Hz - 2 kHz) [s]</b>	<b>≤ 0,8</b>					

- **IPOTESI 2:** Nell'ipotesi 2, l'installazione dei pannelli acustici ( $NRC \geq 0,90$ ) è stata prevista, escludendo posa di materiali a soffitto, e posandoli invece in aderenza alle pareti verticali (a partire dall'alto verso il basso) per un "striscia" di altezza di circa 1,8 m per tutto il perimetro della palestra. L'intervento prevede l'installazione di circa 50mq di pannelli acustici. Di seguito si riporta tabella riepilogativa con i materiali considerati nella valutazione, la loro superficie e i risultati ottenuti:

• Volume [m <sup>3</sup> ]	Materiali considerati nella valutazione	Superficie [m <sup>2</sup> ]
265	Pavimento in linoleum	51,5
	Soffitto in cartongesso liscio	53,6
	Pareti in intonaco	108,3
	Finestre (vetro e telaio in alluminio)	6,2
	Porte in legno	5,0
	Pannello isolante acustico ( $NRC \geq 0,90$ ) (Ad esempio Tipo Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare)	50,0

Frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
$T_{r,calc}$ [s] calcolato	2,29	1,00	0,72	0,76	0,73	0,75
$T_{r,calc}$ medio (250 Hz - 2 kHz) [s]	$\leq 0,8$					

#### 5.4 Blocco/Ambiente SPOGLIATOI (Vuoto) – $T_r$ stato di progetto (post operam)

All'interno dell'edificio in esame sono presenti n.2 locali spogliatoi aventi dimensioni e geometrie simili. L'analisi del tempo di riverberazione è stata condotta solo su n.1 ambiente spogliatoio ritenuto rappresentativo.

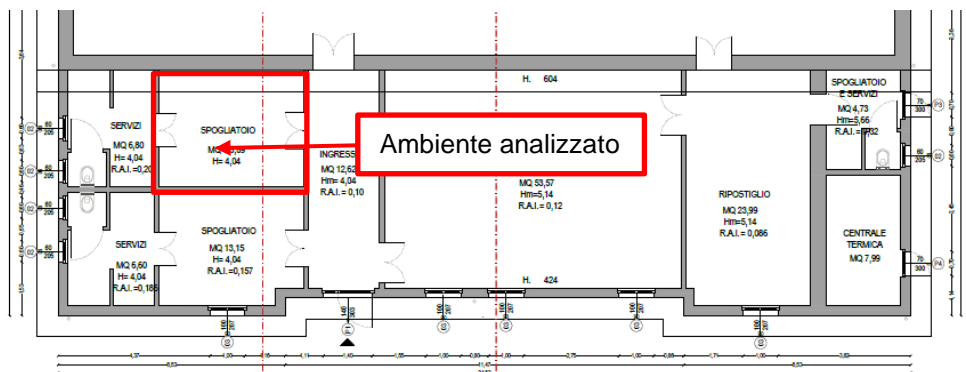


Fig.11 – Stralcio planimetria di stato di fatto - Individuazione ambiente analizzato

Al fine di raggiungere il parametro obiettivo cogente, così come previsto dalla UNI 11532:2020 ( $A/V \geq 0,13$  nelle singole ottave da 250 Hz a 2000 Hz senza considerare l'assorbimento acustico delle persone), nella valutazione del tempo di riverberazione allo stato di progetto dell'ambiente spogliatoio analizzato si è previsto l'inserimento di un pannello acustico avente un valore  $NRC \geq 0,90$  (ad esempio Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare).

- **IPOTESI 1:** Nell'ipotesi 1, l'installazione dei pannelli acustici ( $NRC \geq 0,90$ ) è stata prevista "a soffitto". L'intervento prevede l'installazione di circa 7mq di pannelli acustici. Di seguito si riporta tabella riepilogativa con i materiali considerati nella valutazione, la loro superficie e i risultati ottenuti:

Volume [m <sup>3</sup> ]	Materiali considerati nella valutazione	Superficie [m <sup>2</sup> ]
56	Pavimento in piastrelle	13,9
	Soffitto in intonaco	6,9

Pareti in intonaco	55,5
Porte in legno	5,0
Pannello isolante acustico (NRC $\geq 0,90$ ) (Ad esempio Tipo Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare)	7,0

Frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
$T_{r,calc}$ [s] <b>calcolato</b>	<b>2,51</b>	<b>1,22</b>	<b>0,89</b>	<b>0,91</b>	<b>0,85</b>	<b>0,81</b>
$T_{r,calc}$ <b>medio (250 Hz - 2 kHz) [s]</b>	<b><math>\leq 1,0</math></b>					

Verifiche con i valori di riferimento

Frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
$(A/V)_{calc}$ [ $m^2/m^3$ ] <b>calcolato</b>	<b>0,06</b>	<b>0,13</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,19</b>	<b>0,20</b>
$(A/V)_{ott}$ [ $m^2/m^3$ ] UNI11532-2:2020	/	0,13	0,13	0,13	0,13	/

- **IPOTESI 2:** Nell'ipotesi 2, l'installazione dei pannelli acustici (NRC  $\geq 0,90$ ) è stata prevista, escludendo posa di materiali a soffitto, e posandoli invece in aderenza alle pareti verticali. L'intervento prevede l'installazione di circa 7mq di pannelli acustici. Di seguito si riporta tabella riepilogativa con i materiali considerati nella valutazione, la loro superficie e i risultati ottenuti:

Volume [ $m^3$ ]	Materiali considerati nella valutazione	Superficie [ $m^2$ ]
56	Pavimento in piastrelle	13,9
	Soffitto in intonaco	13,9
	Pareti in intonaco	48,5
	Porte in legno	5,0
	Pannello isolante acustico (NRC $\geq 0,90$ ) (Ad esempio Tipo Celenit ABE 25 mm intercapedine 30 mm con lana minerale = 30 mm, o similare)	7,0

Frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
$T_{r,calc}$ [s] <b>calcolato</b>	<b>2,51</b>	<b>1,22</b>	<b>0,89</b>	<b>0,91</b>	<b>0,85</b>	<b>0,81</b>
$T_{r,calc}$ <b>medio (250 Hz - 2 kHz) [s]</b>	<b><math>\leq 1,0</math></b>					

Verifiche con i valori di riferimento

Frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
$(A/V)_{calc}$ [ $m^2/m^3$ ] <b>calcolato</b>	<b>0,06</b>	<b>0,13</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,19</b>	<b>0,20</b>
$(A/V)_{ott}$ [ $m^2/m^3$ ] UNI11532-2:2020	/	0,13	0,13	0,13	0,13	/

## 6 CONCLUSIONI

Si ricorda che le considerazioni e i risultati qui espressi sono frutto di valutazioni analitiche e teoriche sugli elementi e informazioni in nostro possesso.

La variazione nella composizione dei pacchetti porta inevitabilmente alla modifica dei valori indicati nella presente relazione e si dovrà quindi procedere ad un'ulteriore verifica.

Dalla comparazione tra lo stato di fatto e lo stato di progetto eseguita per i tre blocchi/ambienti individuati (palestra, palestrina e spogliatoi), è emerso che la copertura e i serramenti di progetto presentano una migliore prestazione acustica rispetto alla copertura e ai serramenti esistenti.


Si può quindi ritenere che l'intervento porterà un miglioramento dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$ .

Per quanto riguarda il tempo di riverberazione al fine di raggiungere il parametro di legge, così come previsto dalla UNI 11532:2020 richiamata dal DM 23/06/2022 CAM, nei tre blocchi/ambienti analizzati (palestra, palestrina e spogliatoi) si dovrà prevedere l'installazione di un pannello acustico avente un valore NRC  $\geq 0,90$  nelle quantità e modalità come indicate nelle pagine precedenti.

Parma, lì 27/06/2023

**IL TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA**

Ing. Gabriella Magri  
Tecnico Competente in Acustica  
Numero iscrizione ENTECA: 5491



ENTECA  Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica	
Home	
Tecnici Competenti in Acustica	
Corsi	
Login	
Tecnici Competenti in Acustica / Vista	
Numero Iscrizione Elenco Nazionale	5491
Regione	Emilia Romagna
Numero Iscrizione Elenco Regionale	RER/00448
Cognome	MAGRI
Nome	GABRIELLA
Titolo studio	INGEGNERE
Estremi provvedimento	PROVINCIA (PARMA) DETERMINA (n. 1080) del 26/03/2003
Luogo nascita	PARMA
Dati contatto	EMILIA ROMAGNA PARMA (PR) VIA SICURI 60/A
Data pubblicazione in elenco	10/12/2018