

COMUNE DI SCANDICCI

SCANDICCI CENTRO Srl



Project Financing “Nuovo Centro Civico e
Stazione Tramvia Veloce Firenze S.M.N. - Scandicci”

PROGETTO ESECUTIVO

8.1 - Requisiti Acustici Passivi e Comfort Acustico Edificio Culturale

rev. A 10.12.2009

COMUNE DI SCANDICCI

Scandicci Centro Srl



Scandicci Centro

Progettazione Architettonica

Rogers Stirk Harbour + Partners Limited
Arch. Ernesto Bartolini

Progetto di Paesaggio

Erika Skabar - Architettura del Paesaggio
Arch. Erika Skabar

Computi metrici Architettonico

Studio Associato Zingoni
Arch. Silvia Zingoni
Arch. Carlo Zingoni
Geom. Massimo Zingoni

Progettazione strutturale

POLITECNICA Soc. Coop.
Ing. Andrea Dal Cerro

**Progettazione impianti meccanici
e prevenzione incendi**

POLITECNICA Soc. Coop.
Ing. Marcello Gusso

Progettazione idraulica

POLITECNICA Soc. Coop.
Ing. Giovanni Romiti

Progettazione impianti elettrici

POLITECNICA Soc. Coop.
Ing. Enea Sermasi

Consulenza geologica

GEOTECNO Studio Associato
Dott. Marco Vanacore

Consulenza acustica

POLITECNICA Soc. Coop.
Ing. Sergio Luzzi

**Sicurezza in fase di
progettazione**

Ing. Massimo Ceccotti

**Consulenza storico
archeologica**

Arch. Miranda Ferrara

Project Financing “Nuovo Centro Civico e Stazione Tramvia Veloce Firenze S.M.N. – Scandicci”

PROGETTO ESECUTIVO

8.1 REQUISITI ACUSTICI PASSIVI E COMFORT ACUSTICO EDIFICIO CULTURALE

rev. A 10.12.2009

POLITECNICA Soc. Coop.
Ing. Sergio Luzzi

INDICE

1.	Natura e descrizione dell'incarico	5
1.1	Descrizione dell'intervento edilizio	5
1.1.1	Edificio C	6
2.	Quadro di riferimento normativo	9
2.1	Legislazione nazionale	9
2.2	Norme tecniche	9
2.3	Campo di applicazione e contenuti del D.P.C.M. 5/12/1997	9
3.	Metodi di calcolo previsionale	12
3.1	Calcolo previsionale dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente tra ambienti adiacenti (R'_{w})	12
3.2	Calcolo previsionale dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$)	13
3.3	Calcolo previsionale dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio per ambienti sovrapposti ($L'_{n,w}$)	15
3.4	Impianti tecnologici a funzionamento continuo e discontinuo	16
4.	Soluzioni tecniche oggetto di valutazione	17
4.1	Solai	17
4.1.1	Solaio piano terra	17
4.1.2	Solaio piano primo	18
4.1.3	Solaio copertura	21
4.2	Pareti interne	22
4.2.1	Parete tra unità distinte	22
4.2.2	Tramezzo interno	23
4.2.3	Parete scorrevole tipo ESTFELLER mod DS 100	24
4.3	Pareti di facciata	26
4.3.1	Parete di facciata (lato opposto piazza)	26
4.4	Serramenti di facciata	28
4.4.1	Facciata continua attività commerciali piano terra	29
4.4.2	Facciata continua Sala Polivalente piano primo	30
4.5	Dettagli dei nodi tecnologici per la riduzione della trasmissione laterale	31
5.	Verifica previsionale dei requisiti acustici passivi	39
5.1	Verifica previsionale dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$) tra ambienti sovrapposti	39
5.1.1	Solaio tra sala polivalente e unità commerciale	39
5.2	Verifica previsionale dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nT,w}$)	42
5.2.1	Facciata Unità commerciale	43
5.2.2	Facciata Sala polivalente	45
5.3	Verifica previsionale dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_{w})	48
5.3.1	Parete mobile tra due sale adiacenti	50
5.4	Indicazioni per la riduzione del rumore dovuto agli impianti	59
6.	Criteri di posa in opera	64
7.	Verifica del comfort acustico della sala polivalente	65
7.1	Premessa	65
7.2	Parametri oggettivi del comfort acustico	66
7.2.1	Tempo di riverbero	67
7.2.2	Tempo di ritardo iniziale (ITDG)	68
7.2.3	Early Delay Time (EDT)	69
7.2.4	Chiarezza (C50)	69
7.2.5	Definizione (D50)	69
7.2.6	Speech transmission index (STI)	69

7.2.7	Rinforzo del suono (G)	70
7.3	Le configurazioni di progetto della sala polivalente	70
7.4	Simulazioni con il software Ramsete	82
7.4.1	Foyer	83
7.4.2	Configurazione B.1	85
7.4.3	Configurazione B.2	87
7.4.4	Configurazione C	88
7.4.5	Configurazione D	90
7.4.6	Configurazione E	92
7.	Conclusioni	95
7.1	Tabelle riepilogative	95
7.2	Osservazioni alle tabelle	96

1. NATURA E DESCRIZIONE DELL'INCARICO

La presente relazione ha per oggetto la valutazione previsionale sul Progetto Esecutivo delle prestazioni acustiche di partizioni edilizie, finalizzata alla verifica del rispetto dei limiti fissati dal D.P.C.M. 5/12/1997.

Il D.P.C.M. 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" determina i valori limite relativi ai requisiti acustici passivi in opera dei componenti degli edifici (facciate, partizioni orizzontali e verticali) ed i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne nel rispetto del concetto di difesa passiva dei cittadini dal rumore introdotto dalla Legge 447 del 26/10/1995 "Legge quadro sull'inquinamento acustico".

La relazione in oggetto inoltre prevede la verifica del comfort acustico delle differenti configurazioni previste per la sala polivalente in termini di ottimizzazione dei parametri oggettivi che definiscono la qualità di ascolto nella stessa (tempo di riverbero, tempo di ritardo iniziale, rinforzo del suono, ecc.).

1.1 Descrizione dell'intervento edilizio

L'intervento in esame riguarda nello specifico la valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi relativi all'Edificio Culturale adibito a Commercio al piano terra e Sala Polivalente al piano primo. Per quest'ultima viene effettuato inoltre uno studio finalizzato alla verifica dei principali parametri che definiscono la qualità acustica degli spazi interni (TR, EDT, C₅₀, D, G, ecc.). Tali parametri saranno confrontati con i valori ottimali per l'intelligibilità del parlato o l'ascolto della musica riportati in letteratura. Per quanto riguarda il tempo di riverbero, verrà effettuato un confronto anche con i valori limite in frequenza ricavati attraverso la metodologia contenuta nel D.M. 18/12/75, non perché tale riferimento normativo sia cogente per questo tipo di sala, ma solo come riferimento per il tempo di riverbero in frequenza.

Tale edificio rientra nella realizzazione di un Nuovo Centro Civico e Stazione della Tramvia Veloce Firenze S.M.N. a Scandicci (FI).

Gli edifici oggetto della valutazione dei requisiti acustici passivi (v. **figura 1.1**) sono:

- Edificio R adibito a residenze e commercio;
- Edificio D adibito a uffici e commercio;
- Edificio C adibito a centro culturale e commercio.

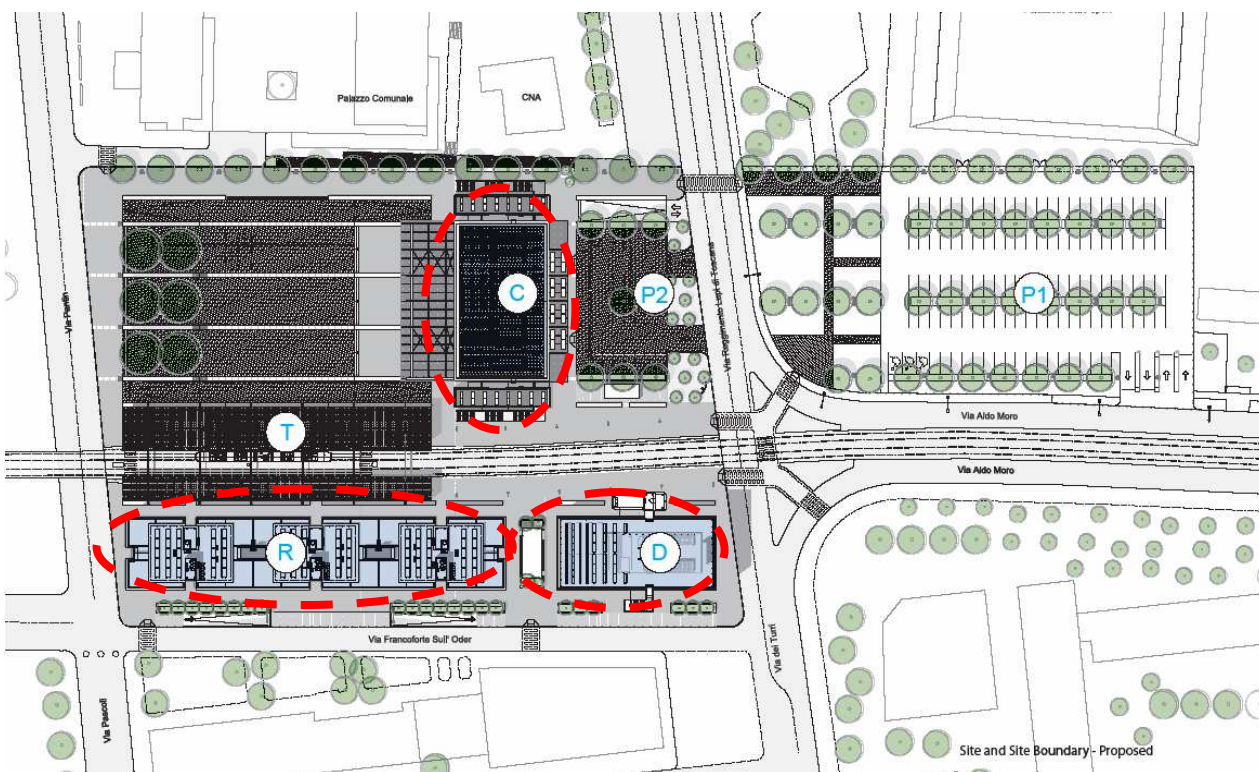


Figura 1.1 – Indicazione degli edifici oggetto della presente valutazione

1.1.1 Edificio C

L'edificio Culturale C è costituito da un corpo centrale che si apre verso gli spazi esterni della piazza servito da due corpi laterali posti a Nord e a Sud rispetto al corpo centrale.

Il piano interrato, come per gli altri edifici, è adibito a parcheggi auto (v. **figura 1.2**).

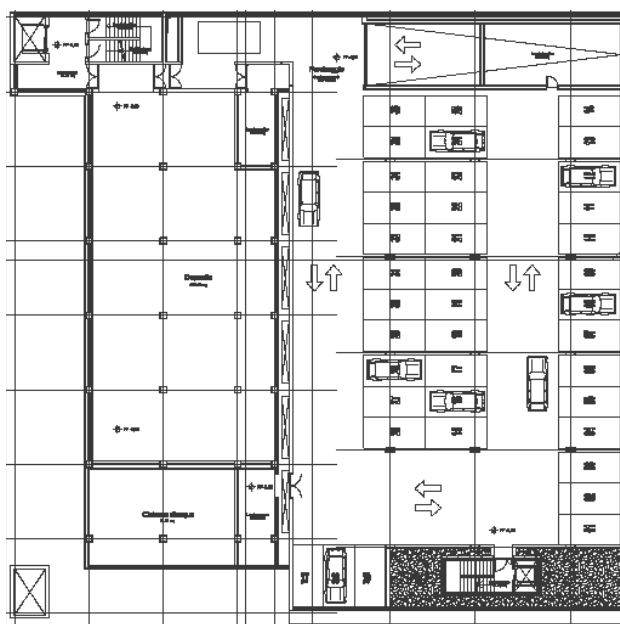


Figura 1.2 – Piano interrato dell'Edificio C

Il volume centrale si sviluppa su 2 piani con doppia altezza in cui si trovano a piano terra la Hall d'ingresso allo spazio polivalente e due unità commerciali, una delle quali con un piano mezzanino aperto al pubblico (v. **figura 1.3**).

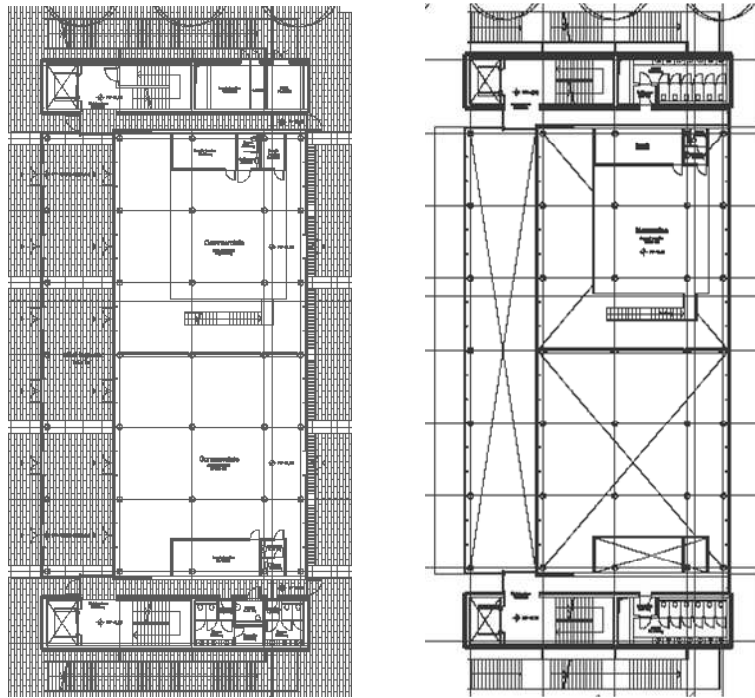


Figura 1.3 – Piano terra e mezzanino dell'Edificio C

Al piano primo si trova un grande spazio libero adibito a sala polivalente. Sul fronte della piazza al primo piano si trova una terrazza accessibile attraverso l'ampia vetrata, coperta da una tettoia in aggetto (v. **figura 1.4**).

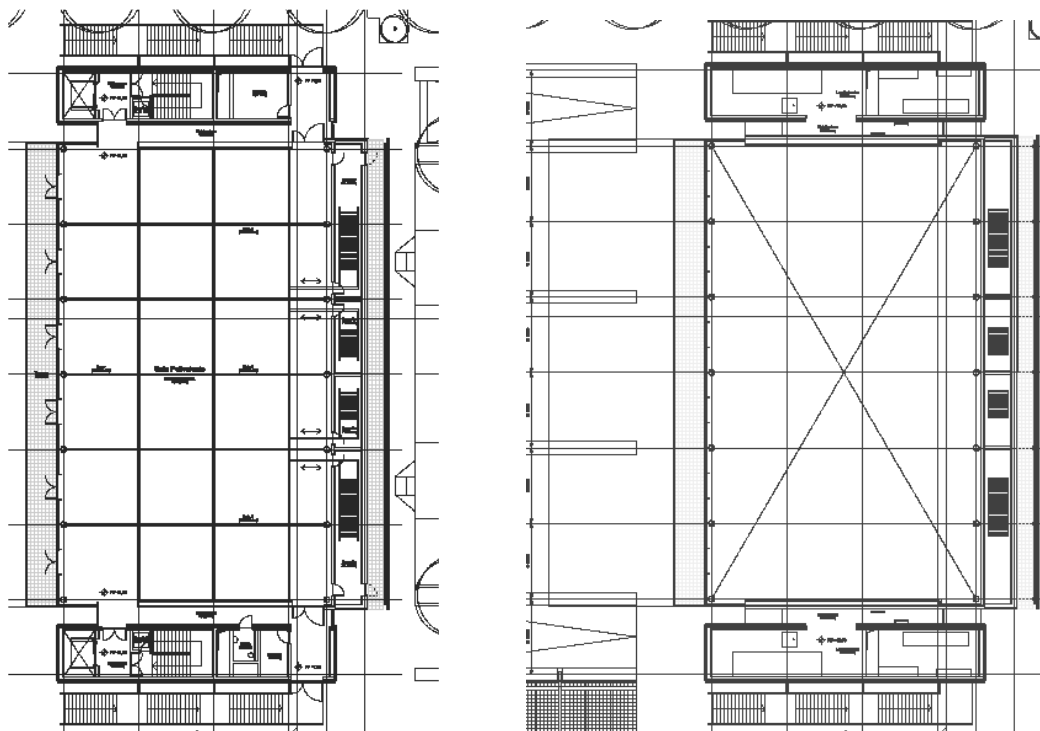


Figura 1.4 – Piano Primo e Secondo dell'Edificio C

I due volumi laterali contengono le scale, gli ascensori, i servizi igienici, spazi di servizio da adibire a ripostiglio e i locali tecnici. Questi corpi si sviluppano su 4 livelli, 2 livelli principali connessi alla hall e alla sala polivalente e 2 mezzanini.

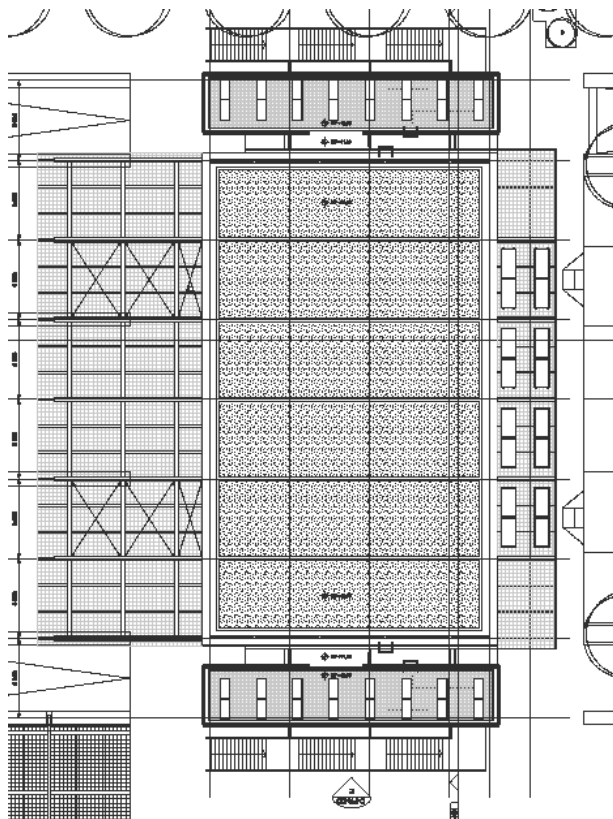


Figura 1.5 – Pianta copertura dell'Edificio C

2. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

2.1 Legislazione Nazionale

- Legge n° 447 del 26.10.1995 "Legge quadro sull'inquinamento acustico".
- D.P.C.M. 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici degli edifici".

2.2 Norme tecniche

- UNI TR 11175 (ed. 2005) "Acustica in edilizia. Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale".
- UNI EN ISO 717-1 (ed. dicembre 1997) "Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea".
- UNI EN ISO 717-2 (ed. dicembre 1997) "Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio".
- UNI EN 12207 (ed. luglio 2000) "Finestre e porte – Permeabilità all'aria - Classificazione".
- UNI EN 12354-1 (ed. novembre 2002) "Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei componenti. Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti".
- UNI EN 12354-2 (ed. novembre 2002) "Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei componenti. Isolamento acustico al calpestio tra ambienti".
- UNI EN 12354-3 (ed. novembre 2002) "Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei componenti. Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea".
- UNI EN 12354-6 (ed. marzo 2006) "Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Assorbimento acustico in ambienti chiusi".
- UNI EN 12431 (ed. 2000) "Isolanti termici per edilizia – Determinazione dello spessore degli isolanti per pavimenti galleggianti".
- UNI EN 14351-1 (ed. 2006) "Finestre e porte - Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali - Finestre e porte esterne pedonali senza caratteristiche di resistenza al fuoco e/o di tenuta al fumo".

2.3 Campo di applicazione e contenuti del D.P.C.M. 5/12/1997

Il D.P.C.M. 5/12/97 si applica agli ambienti abitativi.

La Legge 26 ottobre 1995, n. 447 all'art. 2, comma 1, lettera b) definisce **ambiente abitativo** ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane.

Il D.P.C.M. 5/12/1997 classifica gli ambienti abitativi in sette differenti categorie, riportate nella seguente tabella, allegata al decreto stesso, dove in rosso sono evidenziate le classificazioni che si possono ritrovare nell'unità immobiliare oggetto di valutazione:

Tab. A (DPCM 05/12/97) Classificazione degli edifici in funzione della destinazione d'uso
<input type="checkbox"/> Cat. A: edifici adibiti a residenza o assimilabili
<input type="checkbox"/> Cat. B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili
<input type="checkbox"/> Cat. C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
<input type="checkbox"/> Cat. D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
<input type="checkbox"/> Cat. E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
<input type="checkbox"/> Cat. F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili
<input type="checkbox"/> Cat. G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Tabella 2.1 – Classificazione degli edifici in funzione della destinazione d'uso

Gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- l'indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti (R'_{w}) da calcolare secondo la norma UNI EN 12354-1:2002;
- l'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$) da calcolare secondo la norma UNI EN 12354-3:2002;
- l'indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato ($L'_{n,w}$) da calcolare secondo la procedura descritta dalla norma UNI EN 12354-2:2002.

Si ricorda che il DPCM 05/12/97 chiarisce che R'_{w} si riferisce ad elementi di separazione fra distinte unità immobiliari.

L'art. 2 del D.M. 2/01/1998 (Catasto dei fabbricati) definisce l'unità immobiliare come "una porzione di fabbricato, o un fabbricato, o un insieme di fabbricati, ovvero un'area che (...) presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale".

La tabella che segue, allegata al decreto stesso, riporta i valori limite delle grandezze appena definite. Sono evidenziati i valori di riferimento per la destinazione d'uso dei locali in esame.

Tab. B (DPCM 05/12/97): Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici					
Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R'_{w} (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

(*) Valori di R'_{w} riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Tabella 2.2 – Parametri che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici

Alla luce di quanto sopra esposto, per l'edificio oggetto di valutazione sono state effettuate le verifiche dei seguenti requisiti passivi: potere fonoisolante apparente di partizioni verticali ed

orizzontali (R'_w), livello di rumore di calpestio normalizzato di solai ($L'_{n,w}$) e isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$) in diversi scenari campione, scelti, ai fini cautelativi, tra quelli più penalizzati dal punto di vista acustico e rappresentativi dell'intero edificio.

I valori limite con i quali sono stati confrontati sono riportati nella tabella che segue.

Componente edilizio	Parametro	Valore limite
Facciata sala polivalente	$D_{2m,nT,w}$	42 dB
Facciata negozi	$D_{2m,nT,w}$	42 dB
Solaio sala polivalente/negozio	$L'_{n,w}$	55 dB
	R'_w	50 dB
Solaio negozio/garage	R'_w	50 dB
Parete di divisione negozi	R'_w	50 dB

Tabella 2.3 – Parametri e relativi valori limite da confrontare con i requisiti calcolati per l'edificio in esame

3. METODI DI CALCOLO PREVISIONALE

Il D.P.C.M. 5/12/97 prescrive che le prestazioni di isolamento acustico dei componenti siano assicurate in opera: in altri termini nella fase di progettazione è necessario disporre di un metodo di calcolo analitico che consenta di prevedere con sufficiente approssimazione tali prestazioni a partire dalle caratteristiche acustiche dei singoli elementi che compongono l'edificio; queste sono normalmente rilevabili dalle certificazioni di laboratorio fornite dai produttori dei vari componenti edilizi (pareti, solai, serramenti, ecc.), oppure dai dati reperibili in letteratura, e dipendono in buona parte dalle modalità costruttive e di montaggio che si ritiene di dover adottare.

La serie di norme UNI EN ISO 12354: 2001 (*Acustica edilizia, stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalla prestazioni dei componenti*), e la UNI TR 11175: 2005 (*Acustica in edilizia - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale*) riportano metodi di calcolo utilizzabili per tale valutazione.

Occorre evidenziare che l'attendibilità dei metodi di calcolo è strettamente vincolata:

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

3.1 Calcolo previsionale dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente tra ambienti adiacenti (R'_w)

Il potere *fonoisolante apparente* R' di una partizione è una grandezza espressa in funzione della frequenza (terzi d'ottava) che esprime il potere fonoisolante degli elementi di separazione tra diverse unità abitative considerando i contributi di:

- ❖ trasmissione diretta attraverso la parete (τ_d)
- ❖ percorsi di trasmissione per fiancheggiamento dovuti alle strutture laterali (τ_f)
- ❖ eventuali percorsi di trasmissione aerea del suono (τ_e e τ_s)
- ❖ piccoli elementi posti nella partizione (prese d'aria, ecc.)
- ❖ sistemi in grado di trasmettere il suono per via aerea (condotti di ventilazione con uscite negli ambienti separati).

Sotto le ipotesi esemplificative secondo cui i percorsi di trasmissione strutturale del suono sono tra di loro indipendenti, e il contributo che si origina sulla parete opposta a quella di separazione, che si trasmette lateralmente e giunge all'ambiente ricevente (percorsi di trasmissione di ordine superiore

al secondo) può essere trascurato, il potere fonoisolante per un generico percorso $i-j$ si calcola con la relazione

$$R_{ij} = \frac{R_i + R_j}{2} + \Delta R_{ij} + K_{ij} + 10 \cdot \log \frac{S}{l_0 l_{ij}} \quad (\text{dB})$$

ed il *potere fonoisolante apparente* R' si calcola con la relazione

$$R' = 10 \cdot \log \tau' = -10 \cdot \log \left(\tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^k \tau_s \right) \quad (\text{dB})$$

Dai valori di R' espressi in funzione della frequenza si passa all'indice di valutazione R'_w delle partizioni attraverso un'apposita procedura normalizzata.

3.2 Calcolo previsionale dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$)

L'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ è una grandezza che esprime la quantità di energia sonora trasmessa dalla parete perimetrale dell'unità abitativa.

L'isolamento acustico offerto dalla facciata si valuta secondo l'espressione:

$$D_{2m,nT} = R_w' + \Delta L_{fs} + 10 \cdot \log \left(\frac{V}{6T_0 S} \right) \quad (\text{dB})$$

con

$$R_w' = 10 \log \left[\left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} \cdot 10^{\frac{-R_{wi}}{10}} \right) + \left(\sum_{i=1}^n \frac{A_0}{S} \cdot 10^{\frac{-D_{ne,wi}}{10}} \right) \right] - k \quad (\text{dB})$$

con

- S_i superficie di ogni elemento costituente la facciata [m²],
- $D_{ne,wi}$ indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi presenti in facciata [dB],
- k coefficiente correttivo che tiene conto delle trasmissioni per fiancheggiamento:
 - 0 per elementi di facciata non connessi [dB]
 - 2 per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi [dB]
- V è il volume dell'ambiente ricevente [m³],
- S è l'area totale della facciata vista dall'interno [m²],
- T_0 è il tempo di riverbero di riferimento pari a 0,5 s,
- ΔL_{fs} è il fattore correttivo dovuto alla forma della facciata.

Dai valori di $D_{2m,nT}$ espressi in funzione della frequenza si passa all'indice di valutazione $D_{2m,nT,w}$ dell'isolamento acustico standardizzato della facciata attraverso l'apposita procedura normalizzata.

Per quanto riguarda i serramenti vetrati, in assenza di dati specifici, il potere fonoisolante può essere ricavato dal potere fonoisolante del pannello di vetro, in base al metodo descritto dal progetto di norma UNI EN 14351-1, allegato B (v. **Tabella 3.1**).

R _w vetro	Finestre semplici ^a		Finestre semplici scorrevoli ^b	
	R _w finestra	N° guarniz. richieste ^c	R _w finestra	N° guarniz. Richieste ^c
27	30	1	25	1
28	31	1	26	1
29	32	1	27	1
30	33	1	28	1
32	34	1	29	1
34	35	1	29	1
36	36	2	30	1
38	37	2	-	-
40	38	2	-	-

^a Finestre semplici fisse o apribili con classe 3 di permeabilità all'aria;
^b Finestre semplici scorrevoli con classe 2 di permeabilità all'aria;
^c Solo finestre apribili

Tabella 3.1 - Relazione tra R_w del vetro e R_w del serramento (allegato B UNI EN 14351-1)

Qualora la dimensione dei serramenti effettivamente posti in facciata si discosti dai relativi campioni analizzati in laboratorio occorre tenere conto di un coefficiente di correzione della prestazione acustica che dipende dalla percentuale di variazione della superficie.

Tali coefficienti sono riportati nella tabella che segue tratta dall'allegato B della norma UNI EN 14351-1.

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

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

Tabella 3.2 – Coefficienti correttivi che tengono conto della differenza di superficie tra il serramento utilizzato in facciata e il relativo serramento analizzato in laboratorio (allegato B UNI EN 14351-1)

3.3 Calcolo previsionale dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio per ambienti sovrapposti ($L'_{n,w}$)

Il livello normalizzato di rumore da calpestio L'_n rappresenta il livello medio di pressione sonora che si stabilisce nell'ambiente disturbato quando sul solaio di separazione tra due ambienti sovrapposti agisce una sorgente in grado di produrre un livello determinato di forza di impatto, normalizzato rispetto all'assorbimento acustico dell'ambiente disturbato.

L'indice di valutazione $L'_{n,w}$ si ottiene dall'indice del livello equivalente normalizzato di rumore da calpestio $L_{n,w}$ in base alla seguente formula:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L + K \quad (\text{dB})$$

con ΔL riduzione del livello di rumore da calpestio dovuta a strati di rivestimento applicati all'intradosso o all'estradosso del solaio ($\Delta L = 0$ in assenza di rivestimento) e K è un termine che tiene conto in maniera globale della trasmissione laterale a partire dalla massa del solaio nudo e dalla massa media delle strutture laterali.

I valori di K sono riportati nella tabella che segue.

Massa per unità di area del solaio di separazione kg/m ²	Massa media per unità di area degli elementi laterali omogenei non ricoperti con rivestimenti supplementari kg/m ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

Tabella 3.3 – Termine di correzione K per la trasmissione laterale, in dB

Per solai omogenei con massa superficiale m' fra 100 kg/m² e 600 kg/m², vale la seguente espressione per $L_{n,w}$:

$$L_{n,w} = 164 - 35 \log(m') \quad (\text{dB})$$

La prestazione acustica di un rivestimento per solai (pavimento galleggiante), ΔL , è funzione della rigidità dinamica superficiale s' dello strato elastico inserito sotto la pavimentazione e dipende dalla frequenza di risonanza del sistema pavimento - strato elastico - solaio.

La rigidità dinamica superficiale dello strato è data dalla somma della rigidità superficiale s_s del materiale che costituisce la struttura dello strato elastico e della rigidità superficiale del gas racchiuso nelle cavità s_a .

Il metodo di calcolo dipende dalla posizione dello strato isolante, che può essere applicato superiormente al solaio o essere interno ad esso (pavimento galleggiante).

Nel caso di pavimenti galleggianti con massetto in calcestruzzo è possibile impiegare la seguente equazione:

$$\Delta L = 30 \lg \left(\frac{f}{f_0} \right) \text{ (dB)}$$

dove:

- f è la frequenza centrale del terzo di ottava considerato (Hz);
- f_0 è la frequenza di risonanza (Hz) ottenibile mediante la seguente equazione:

$$f_0 = 160 \sqrt[4]{\left(\frac{s'}{m} \right)} \text{ (Hz)}$$

dove:

- s' è la rigidità dinamica dello strato elastico (MN/m^3);
- m' è la massa superficiale dello strato di rivestimento (kg/m^2);

Le equazioni riportate sono valide all'interno del campo di frequenze $f_0 < f < 4f_0$.

L'indice di valutazione della riduzione di livello di rumore da calpestio può essere calcolato in base alle formule sopra riportate, utilizzando come valore della frequenza il valore di 500 Hz.

3.4 Impianti tecnologici a funzionamento continuo e discontinuo

Gli impianti tecnologici causano rumori di tipo aereo e vibrazioni strutturali.

Il controllo del rumore generato dagli impianti si effettua limitandone le interazioni con il resto delle strutture dell'edificio.

Considerata la diversa natura degli impianti che trovano alloggiamento in un edificio, i modelli previsionali che ne descrivono il comportamento acustico sono complicati dall'elevato numero di variabili coinvolte.

L'unico modo per semplificare la valutazione previsionale è quello di considerare i vari impianti in maniera indipendente, rendendo però sostanzialmente non verosimili i risultati ottenuti dall'analisi.

4. SOLUZIONI TECNICHE OGGETTO DI VALUTAZIONE

A partire dalle indicazioni fornite dai Progettisti, sono state individuate le seguenti tipologie di materiali e soluzioni che sono essi stessi oggetto di verifica, che sono semplicemente coinvolte nella valutazione delle strutture ad esse adiacenti e che, in generale, sono state oggetto di progetto acustico volto al rispetto della normativa vigente.

Di seguito si elencano le soluzioni e le relative prestazioni acustiche reperite attraverso certificati di prove in laboratorio su campioni simili o, in mancanza di questi, stimate attraverso relazioni empiriche, a partire dalle quali sono state effettuate le verifiche previsionali dei requisiti acustici passivi riportate nel **Capitolo 5** della presente relazione tecnica.

4.1 Solai

4.1.1 Solaio interno piano terra

Il pacchetto di solaio utilizzato al piano terra (tra negozi e parcheggi) è composto, a partire dall'intradosso, come segue:

1. Soletta in c.a., spessore 35 cm e densità 2400 kg/m^3 , massa superficiale 840 kg/m^2 ;
2. Pannello in polistirene EPS tipo STYRODUR, spessore 12 cm e densità 50 kg/m^3 ;
3. Massetto alleggerito armato tipo POLIBETON, spessore 12 cm e densità 600 kg/m^3 ;
4. Massetto di allettamento, spessore 2 cm e densità 1800 kg/m^3 ;
5. Pietra naturale, spessore 4 cm e densità 2000 kg/m^3 .

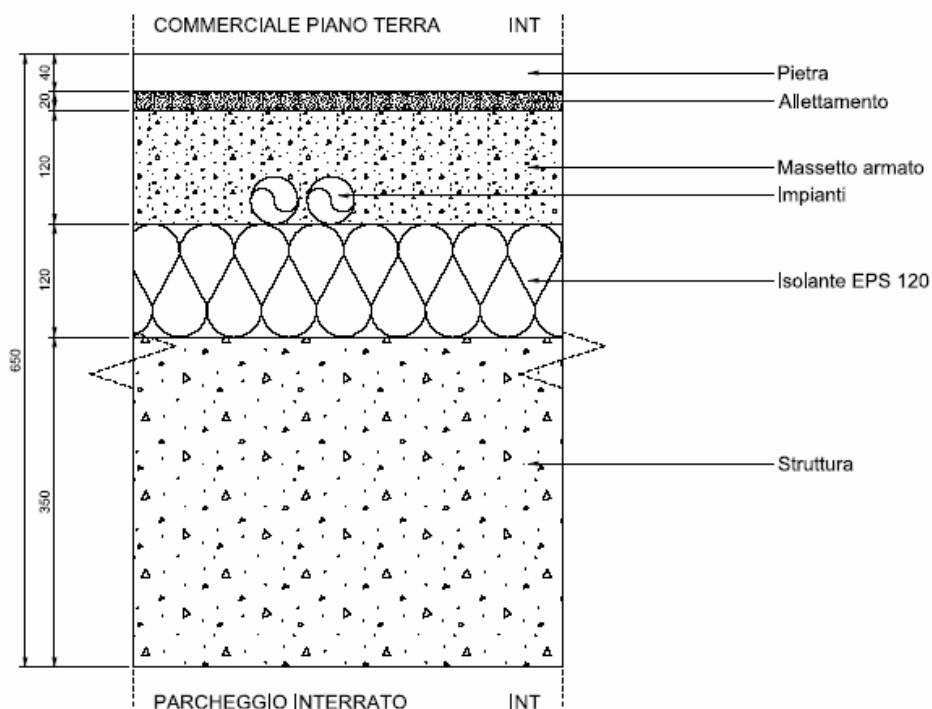


Figura 4.1 – Stratigrafia del solaio piano terra

4.1.2 Solaio piano primo

Il pacchetto di solaio utilizzato al piano primo è composto, a partire dall'intradosso, come segue:

1. Controsoffitto (a carico del gestore);
2. Intercapedine d'aria, spessore 55 cm;
3. Solaio predalles 5+25+5, spessore 35 cm e massa superficiale 450 kg/m²;
4. Pavimento di tipo sopraelevato con finitura in marmo.

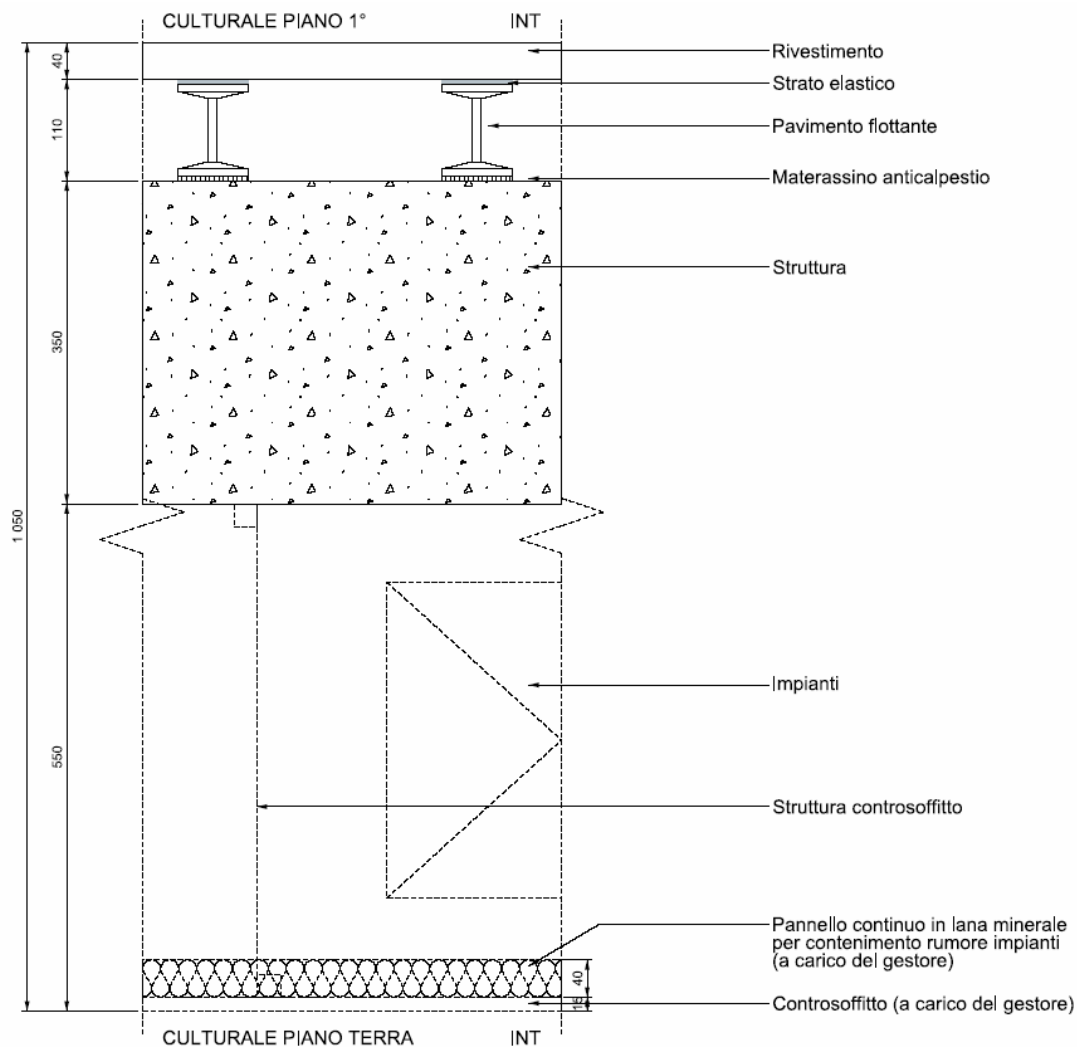


Figura 4.2 – Stratigrafia del solaio piano primo

Poiché il pavimento è di tipo sopraelevato, è possibile eliminare la presenza del materassino anticalpestio scegliendo un sistema di pavimento con adeguata prestazione certificata in laboratorio di riduzione del rumore da calpestio.

Si riporta di seguito un esempio di tale tipologia di pavimento dotato di certificazione acustica.

Si tratta, nello specifico, di una struttura metallica denominata CTS e da pannelli denominati "SS 30 TK SOFT" DELLA Ditta TEKNOFLOOR Srl (v. **figura 4.3**).

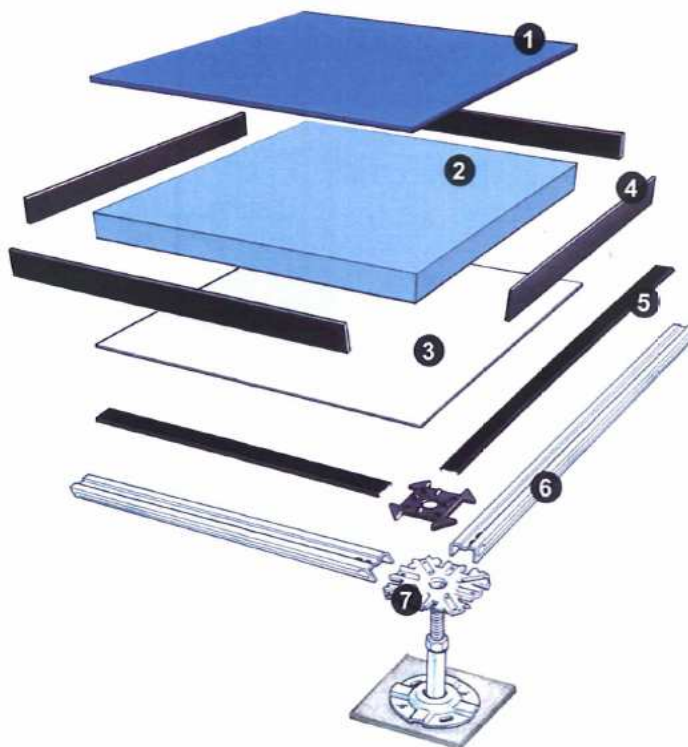


Figura 4.3 – Composizione del pavimento sopraelevato

Il sistema, a partire dal solaio in appoggio, è composto da:

- materassino sottostruttura denominato "TK SOFT", dimensioni nominali 100x100 mm e spessore totale 5 mm, costituito da uno strato di polietilene espanso a celle chiuse reticolato fisicamente, spessore 3 mm, accoppiato a gomma, massa superficiale 5 kg/m² e spessore 2 mm (tale materassino è indispensabile per disaccoppiare la struttura al solaio e ridurre così i possibili punti di trasmissione sonora);
- struttura metallica di supporto in acciaio galvanizzato denominata CTS formata da:
 - o una base circolare, diametro 90 mm e spessore 3 mm, munita di fori per il fissaggio alla soletta e sagomata per l'accoppiamento con un tubo, diametro 25 mm e spessore 1.5 mm;
 - o una testa a forma quadrata, dimensioni 90x90 mm e spessore 3 mm, munita di barra filettata, diametro 14 mm, predisposta per l'avvitamento delle traverse di collegamento orizzontali e munita di guarnizione in polietilene, spessore 3 mm (7);
 - o traverse con profilo a forma di "U", sezione d'ingombro 25x15 mm e spessore 1 mm (6), munite di guarnizioni in polietilene (5), spessore 1 mm;
- Pannelli, dimensioni in pianta 600x600 mm e spessore totale 40 mm, formati da:
 - o (2) anima centrale realizzata in solfato di calcio e fibre organiche, massa superficiale 51 kg/m² e spessore 30 mm;
 - o (1) piano di calpestio (realizzato in gres porcellanato, laminato o altri materiali di finitura), massa superficiale 25 kg/m² e spessore 10 mm;
 - o (3) rivestimento inferiore in primer;

- o (4) rivestimento laterale in PVC.

Questo sistema provato in laboratorio ha determinato, con un solaio di caratteristiche differenti da quello in oggetto (solaio in cemento armato) un miglioramento, in termini di riduzione di rumore da calpestio pari a:

$\Delta L_{n,w} = 35 \text{ dB}$

Rapporto di Prova dell'Istituto Giordano n. 213698 del 14/07/2006 (v. **figura 4.4**)

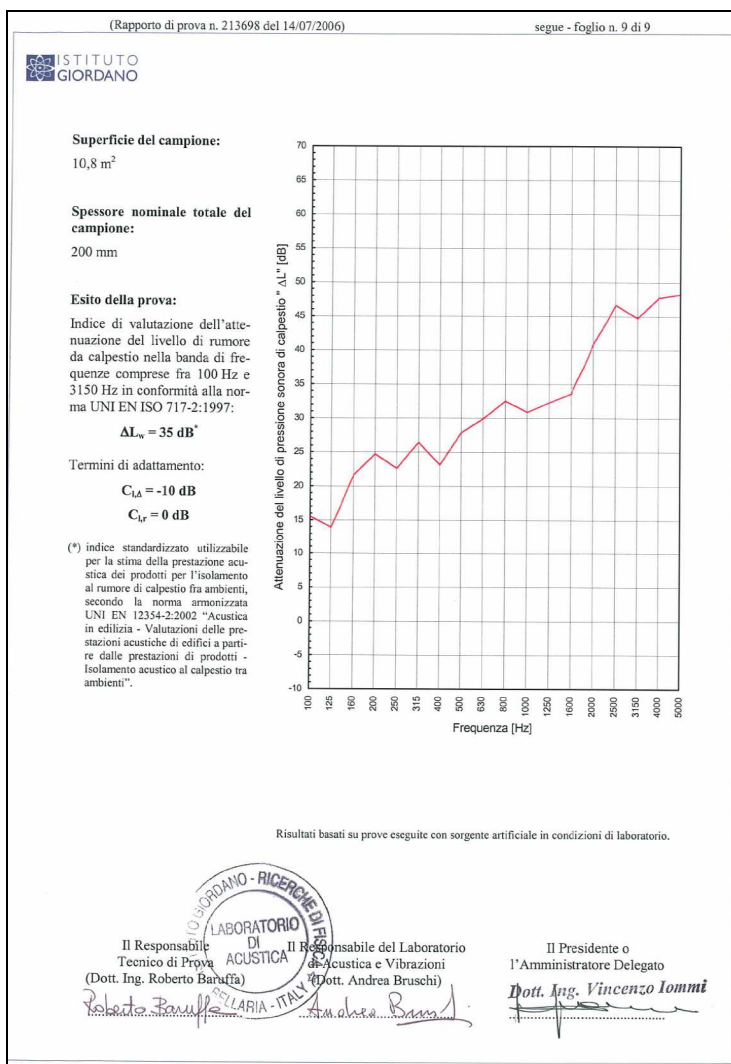


Figura 4.4 – Certificato di laboratorio relativo alla prestazione di attenuazione del rumore da calpestio del pavimento sopraelevato tipo ST 30 TK SOFT della Teknofloor

Anche se il controsoffitto risulta a carico del gestore, in questa sede pare opportuno dare indicazioni sulle caratteristiche atte a conseguire un sufficiente isolamento acustico, alla luce del fatto che nell'intercapedine potrebbe verificarsi il passaggio di impianti, sempre a carico del gestore, potenzialmente rumorosi.

Di seguito si riporta la descrizione di un esempio di controsoffitto fonoassorbente e fonoisolante (v. **figura 4.5**):

1. Pendini antivibranti;
2. Orditura metallica;
3. Pannello fonoassorbente tipo Isolmant Polifibre;

4. Lastra di cartongesso, spessore 12.5 mm;
5. Strato massivo tipo Isolmant Piombo;
6. Lastra di cartongesso di tipo assorbente, spessore 12.5 mm;
7. Strato elastica tipo Isolmant, spessore 4 mm e densità 50 kg/m³.

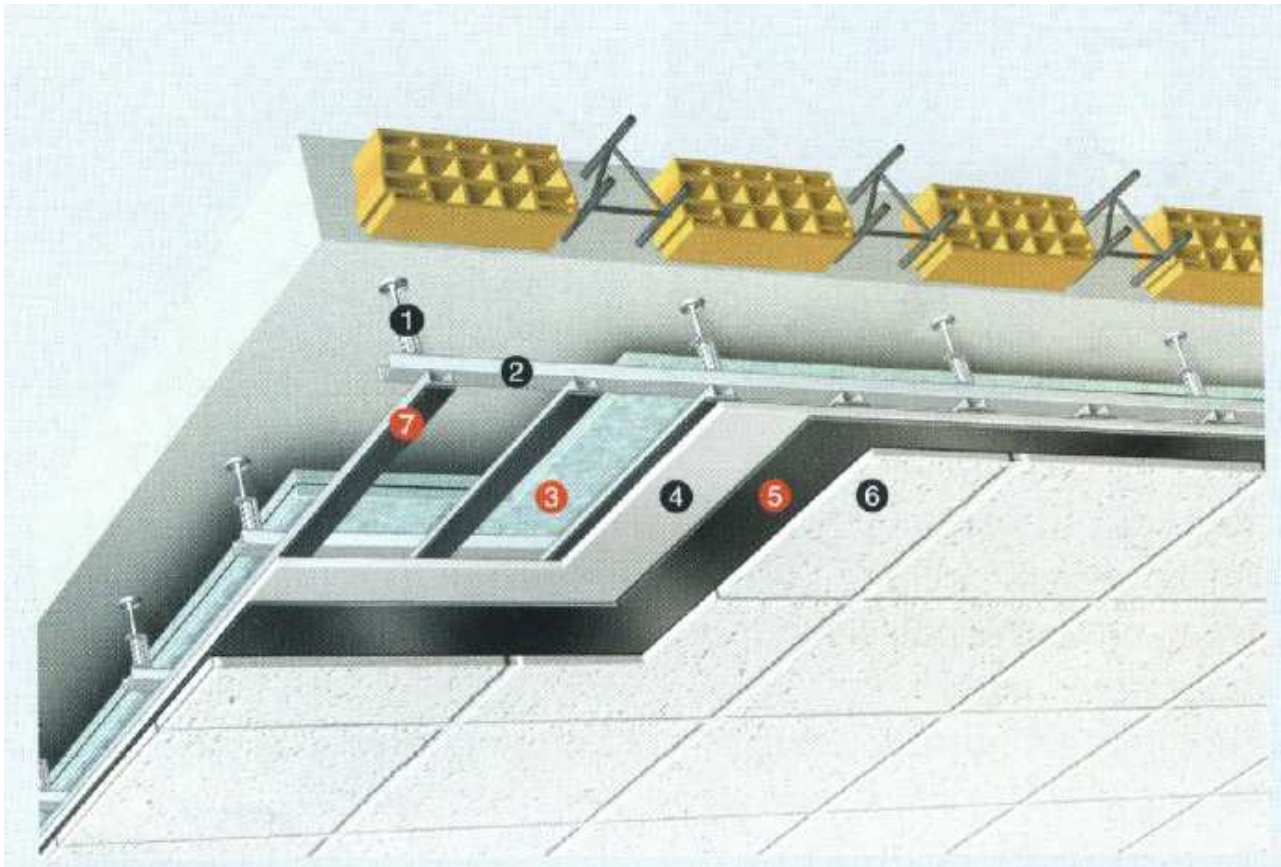


Figura 4.5 – Esempio di controsoffitto per i locali al piano terra

4.1.3 Solaio di copertura

Il pacchetto di solaio utilizzato in copertura è composto, a partire dall'intradosso, come segue:

- Controsoffitto tipo Knauf FEINSTRATOS MICROFORATO;
- Pannelli semirigidi di fibra minerale, spessore 4 cm e densità 55 kg/m³;
- Trave metallica principale, h = 1240 mm;
- Trave metallica secondaria, h = 450 mm;
- Lamiera grecata con getto in cls con rete, spessore minimo 5 cm e densità 2200 kg/m³ e massa superficiale 180 kg/m²;
- Barriera al vapore;
- Pannello in polistirene EPS tipo STYRODUR, spessore 12 cm e densità 50 kg/m³;
- Massetto per le pendenze, spessore minimo 5 cm e densità 600 kg/m³;
- Barriera al vapore;
- Erba e terra;

- Ghiaia grossa senza argilla.

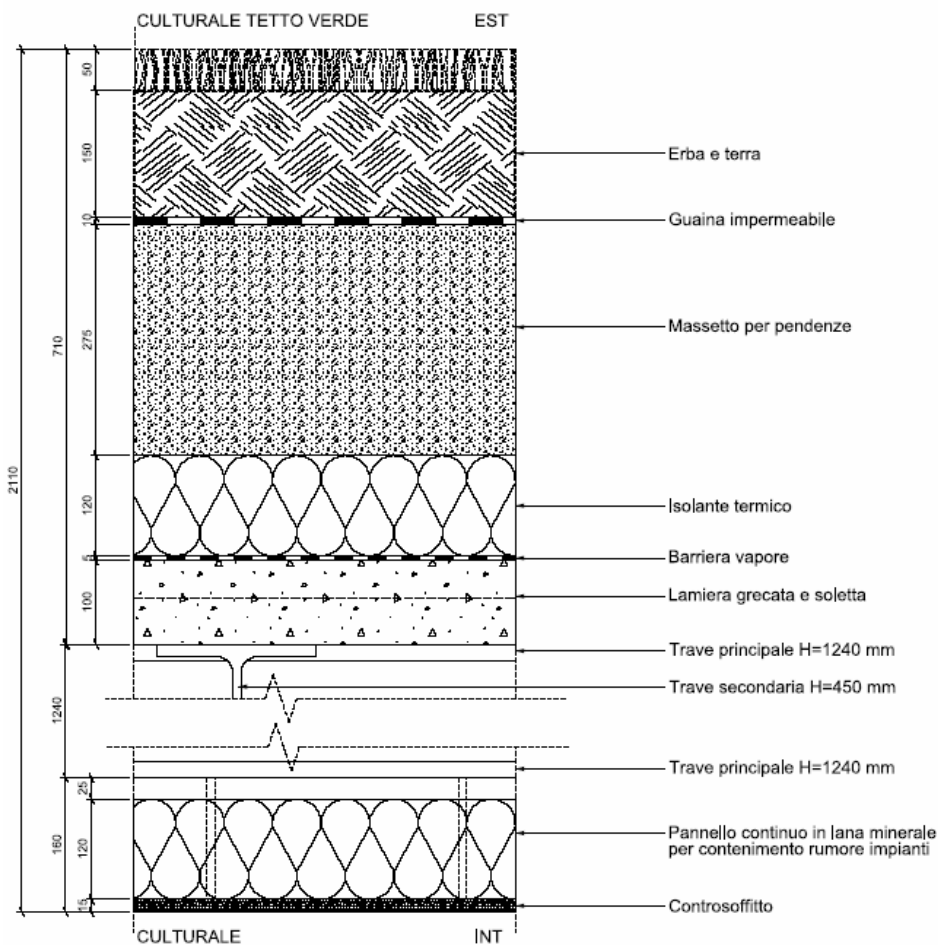


Figura 4.6 – Stratigrafia del solaio di copertura

4.2 Pareti interne

4.2.1 Parete tra unità distinte

La parete che divide due unità immobiliari distinte è tipo Knauf W115, spessore 255 mm, costituita da una doppia orditura metallica parallela, distanziata di almeno 5 mm ed isolata tra orditura ed orditura e dalla struttura perimetrale mediante nastro vinilico con doppio rivestimento in gesso rivestito da 12.5 mm su ambo i lati. All'interno delle orditure si trovano due pannelli in lana minerale, ciascuno di spessore 40 mm.

La prestazione acustica certificata in laboratorio della suddetta parete risulta pari a:

$R_w = 60 \text{ dB}$

Valore dichiarato dal produttore come medio tra differenti Istituti: IBMB Braunschweig, IBP Stuttgart, MPA NRW Dortmund.

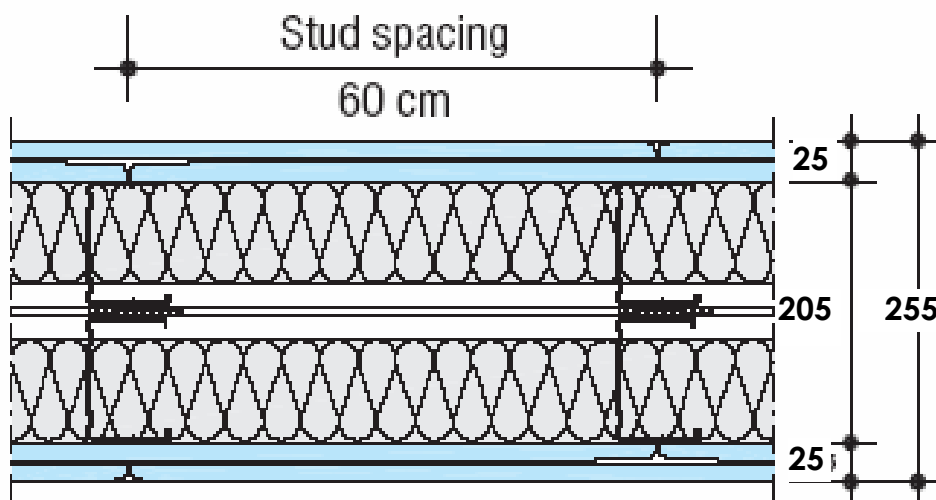


Figura 4.7 – Sezione orizzontale della parete che divide due unità immobiliari distinte

4.2.2 Tramezzo interno

I tramezzi in esame sono costituiti da foratelle, di dimensioni 25x12x25 cm, spessore 12 cm, intonacati su ambo i lati per uno spessore pari a 1.5 cm.

La massa superficiale di tale parete è:

$$M' = 149 \text{ kg/m}^2$$

La prestazione acustica certificata in laboratorio è pari a:

$$R_w = 42.5 \text{ dB}$$

Rapporto di prova n. 15 del 4/10/91 dell'Università di Parma (v. **figura 4.8**)

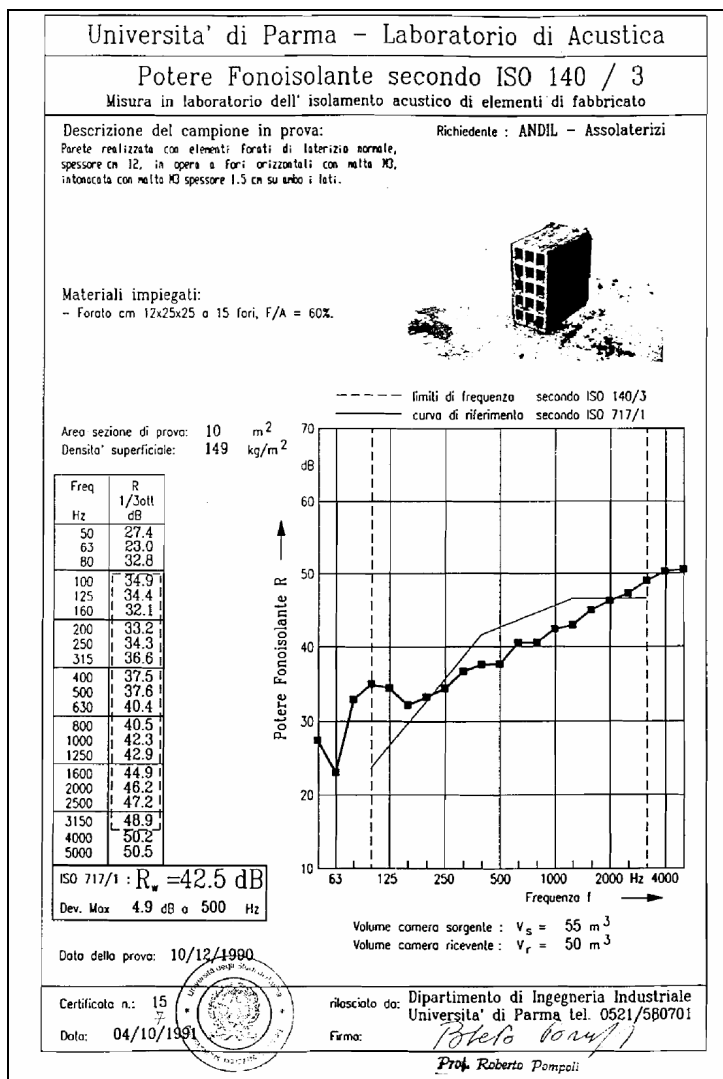


Figura 4.8 – Certificato della prestazione acustica relativa al tramezzo di spessore 15 cm

N.B. Poiché si tratta di una parete la cui prestazione acustica è fortemente influenzata dalla posa in opera è importante che gli strati di intonaco abbiano tutti lo spessore di 1.5 cm, come sopra indicato, e che vi sia una sconnessione su tutto il perimetro dalle strutture laterali mediante interposizione di materiale elastico caratterizzato da uno spessore almeno pari a 6 mm, bassa rigidità dinamica e larghezza uguale allo spessore totale della parete, intonaco incluso (ad esempio fascia taglia-parete tipo AKUSTRIP o prodotti similari).

4.2.3 Parete scorrevole tipo ESTFELLER mod. DS 100

Le pareti scorrevoli impiegate a separazione delle sale nelle differenti configurazioni previste dal progetto sono tipo ESTFELLER modello DS 100 (v. figura 4.9).

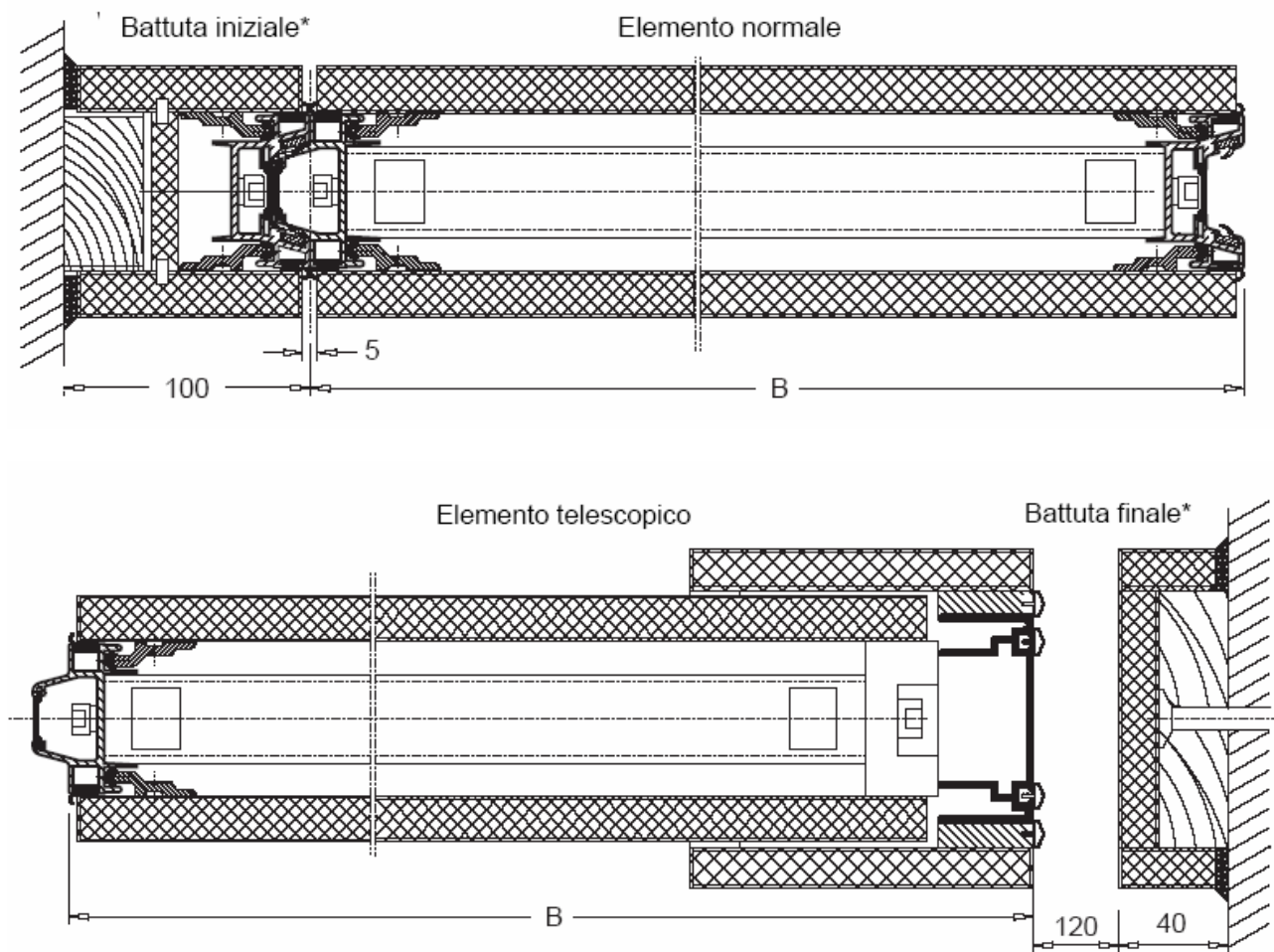


Figura 4.9 – Certificato della prestazione acustica relativa alla parete scorrevole tipo ESTFELLER modello DS 100

Tale parete, di massa complessiva pari a 60 kg/m^3 , è costituita da:

- pannello truciolare di alta qualità classe E1, spessore 16 mm, con rivestimento esterno in laminato HPL spessore 0.9 mm e rivestimento interno realizzato con bitume di spessore 8 mm e massa superficiale pari a 16 kg/m^2 ;
- pannello interno fonoassorbente in lana minerale spessore 40 mm;
- intercapedine d'aria, spessore 20 mm;
- pannello truciolare di alta qualità classe E1, spessore 16 mm, con rivestimento esterno in laminato HPL spessore 0.9 mm e rivestimento interno realizzato con bitume di spessore 8 mm e massa superficiale pari a 16 kg/m^2 .

L'accostamento fra gli elementi risulta uniforme poiché dotato di un sistema maschio/femmina con nastri magnetici e guarnizioni in gomma.

La prestazione acustica della parete in esame certificata in laboratorio è la seguente:

$R_w = 56 \text{ dB}$

Rapporto di prova del 17/11/1997 del Labor für Schallmesstechnik", Rosenheim secondo le norme DIN 52210 e EN 20717 (v. **figura 4.10**).

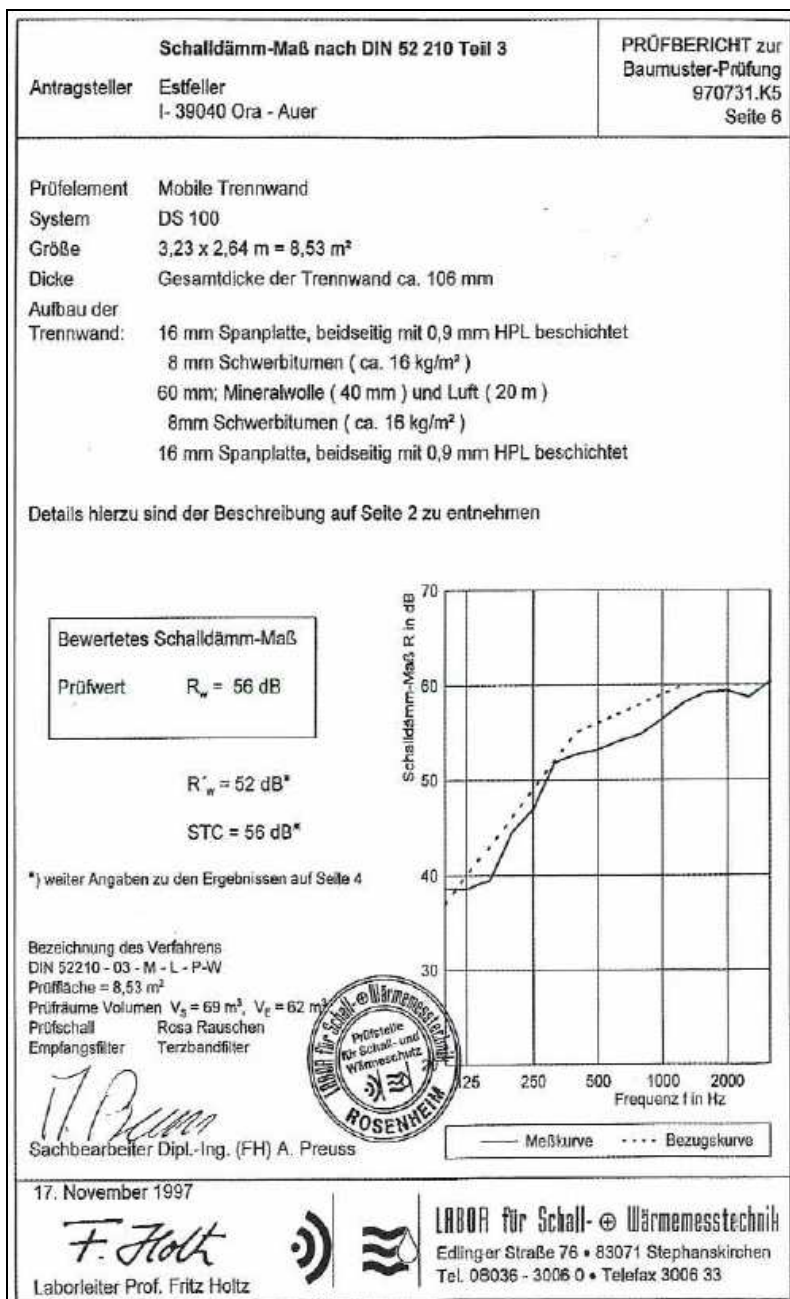


Figura 4.10 – Certificato di laboratorio della prestazione acustica relativa alla parete scorrevole tipo ESTFELLER modello DS 100

4.3 Pareti di facciata

4.3.1 Parete di facciata (lato opposto piazza)

La parete di facciata esposta sul lato opposto alla piazza, per uno spessore complessivo di 32.5 cm, risulta costituita da:

- 1) intonaco, spessore 1.5 cm;
- 2) strato di mattoni porizzati spessore 12 cm, dimensioni 12x45x25 cm, densità apparente 800 kg/m³, percentuale di foratura <45% in opera e giunti maschio-femmina, posati con asse

dei fori verticale e legati con giunti orizzontali continui in malta cementizia e giunti verticali tra elemento ed elemento con almeno un centimetro di malta;

- 3) intonaco, spessore 1.5 cm;
- 4) isolante termico spessore 8 cm;
- 5) strato di mattoni porizzati spessore 8 cm, dimensioni 8x45x25 cm, densità apparente 800 kg/m³, percentuale di foratura <45% in opera e giunti maschio-femmina, posati con asse dei fori verticale e legati con giunti orizzontali continui in malta cementizia e giunti verticali tra elemento ed elemento con almeno un centimetro di malta;
- 6) intonaco, spessore 1.5 cm.

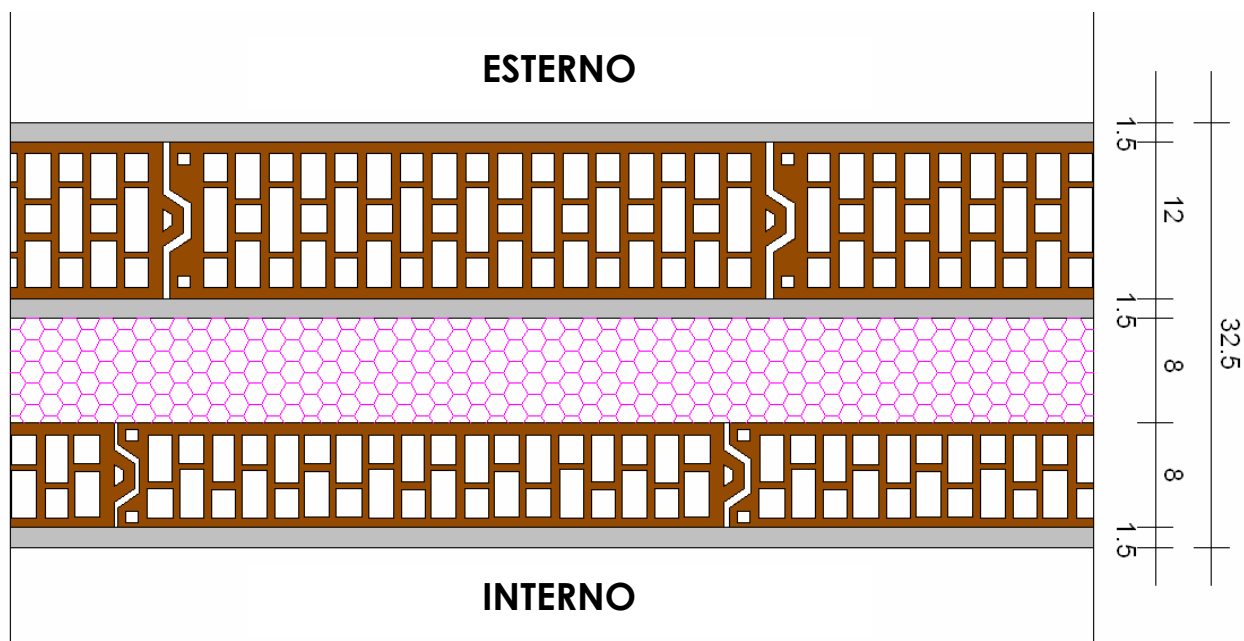


Figura 4.11 – Sezione orizzontale della parete che divide gli interni riscaldati da quelli non riscaldati

I tavolati della muratura devono essere sconnessi dal solaio inferiore mediante l'interposizione di strati elastici caratterizzati da uno spessore almeno pari a 6 mm, bassa rigidità dinamica e larghezza uguale allo spessore totale del tramezzo, intonaco incluso (ad esempio fascia taglia-parete tipo AKUSTRIP o prodotti similari).

Per disaccoppiare tali tavolati dall'intradosso del solaio superiore e dalle pareti laterali è consigliabile usare una malta cementizia elastica vibrosmorzante (ad esempio FONOPLAST della INDEX o prodotti similari).

N.B. Poiché si tratta di una parete la cui prestazione acustica è fortemente influenzata dalla posa in opera è importante che gli strati di intonaco siano effettivamente continui e con gli spessori almeno pari a quelli sopra indicati, e che vi sia una sconnessione dalle strutture laterali mediante l'interposizione di materiale elastico posto lungo i bordi dei tavolati come prima descritto.

La posa in opera deve essere fatta seguendo le indicazioni riportate al **Capitolo 6**.

La massa superficiale della parete è circa pari a:

$$M' = 318 \text{ kg/m}^2$$

Per la prestazione acustica, cautelativamente si farà riferimento alla prestazione di una parete costituita da due tramezzi tipo Alveolater di spessore 8 cm, due strati di intonaco e materiale isolante in intercapedine tipo ROCKWOOL 388 spessore 4 cm, ma con due soli strati di intonaco.

Per la parete in esame l'indice di valutazione del potere fonoisolante misurato in laboratorio è risultato pari a:

$R_w = 55 \text{ dB}$

Rapporto di prova n° 201735 del 15/09/05 dell'Istituto Giordano (v. **figura 4.12**)

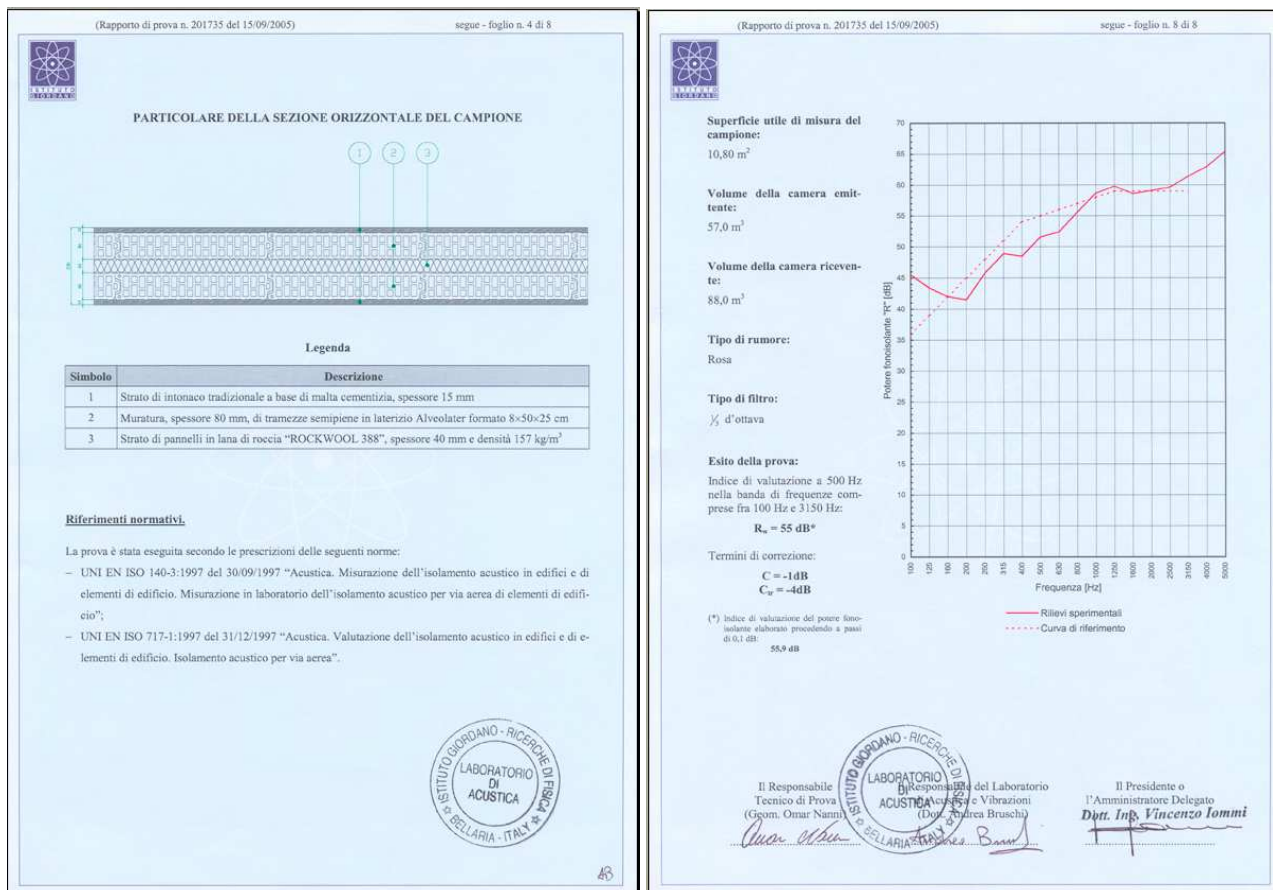


Figura 4.12 – Certificato di laboratorio relativo ad una parete 8+8 con la lana di roccia tipo ROCKWOOL 388 nell'intercapedine e presenza di un impianto elettrico

4.4 Serramenti di facciata

La scelta dei serramenti di facciata di seguito riportati è puramente indicativa e deriva dalle prestazioni minime desunte dalle verifiche previsionali dei requisiti acustici passivi svolte in fase di progetto definitivo.

Ciò posto, nel caso in cui i serramenti effettivamente installati dovessero essere differenti dai prodotti indicati nei paragrafi che seguono, al fine di conseguire il rispetto dei valori limite di isolamento acustico di facciata ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97, è necessario che i sistemi scelti siano caratterizzati dalle medesime prestazioni acustiche certificate in laboratorio secondo la normativa vigente.

4.4.1 Facciata continua attività commerciali piano terra

La facciata continua del piano terra commerciale dell'edificio è realizzata con serramenti in lega primaria di alluminio tipo Schüco FW50+, con spessore dei profili minimo di 50 mm e tenuta all'aria uguale alla classe A4.

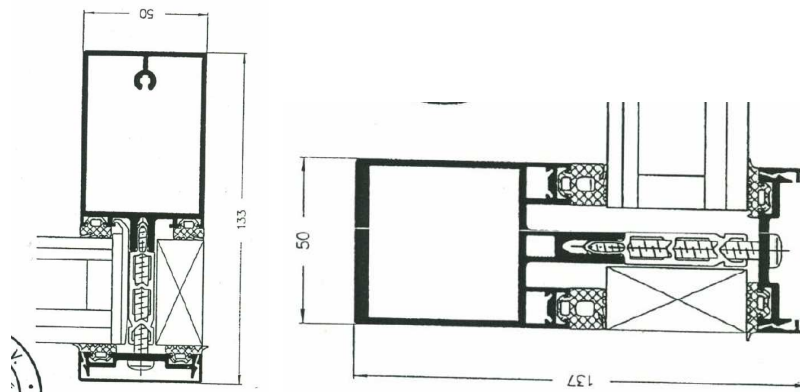


Figura 4.13 – Serramento della facciata continua tipo FW50+ della Schüco

Tale serramento è stato testato in laboratorio con differenti tipologie di vetro e ha dato prestazioni variabili da un minimo di 37 dB ad un massimo di 49 dB.

La vetrata impiegata per la realizzazione della suddetta facciata è tipo Pilkington 6/16/8.8, costituita da un vetro semplice di spessore 6 mm (o stratificato di equivalente spessore), un'intercapedine di spessore 16 mm riempita al 90% con gas Argon e un vetro stratificato tipo Pilkington OptilamPhon 4+4 con 2 fogli di PVB interposti.

Tale vetrata ha una prestazione acustica certificata in laboratorio pari a:

$R_{w, \text{vetro}} = 41 \text{ dB}$

Rapporto di prova n. P-BA 261/2000f del 04/10/2000 del Fraunhofer Institut Bauphysik (v. **Figura 4.14**)

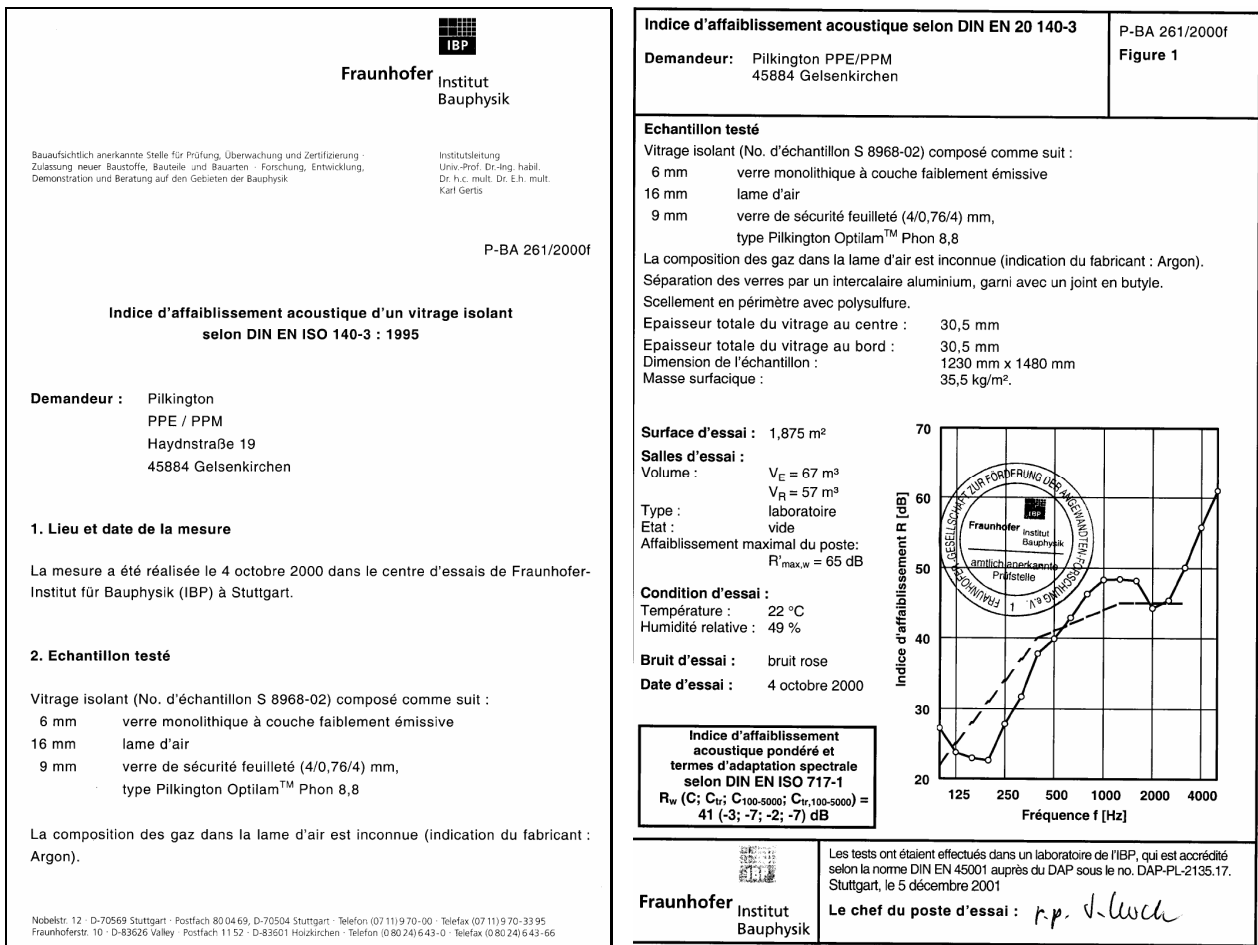


Figura 4.14 – Certificato di laboratorio relativo alla vetrata tipo Pilkington 6/16/8.8

Poiché non esiste un certificato di laboratorio relativo al serramento in esame e gli scarti tra prestazione del vetro e prestazione complessiva del serramento al fine di stimarne la prestazione acustica che si assume cautelativamente pari a:

$$R_{w,\text{serramento}} = 40 \text{ dB}$$

4.4.2 Facciata continua Sala Polivalente piano primo

La facciata continua della Sala Polivalente del piano primo è realizzata con serramenti in lega primaria di alluminio tipo Schüco FW50+, con spessore dei profili minimo di 50 mm e tenuta all'aria uguale alla classe A4 (v. figura 4.13).

Tale serramento è stato testato in laboratorio con differenti tipologie di vetro e ha dato prestazioni variabili da un minimo di 37 dB ad un massimo di 49 dB.

La vetrata impiegata per la realizzazione della suddetta facciata è tipo Pilkington 6/16/6.5, costituita da un vetro semplice di spessore 6 mm (o stratificato di equivalente spessore),

un'intercapedine di spessore 16 mm riempita al 90% con gas Argon e un vetro stratificato tipo Pilkington OptilamPhon 3.+3 con 2 fogli di PVB interposti.

La vetrata impiegata per la realizzazione della suddetta facciata ha una prestazione acustica certificata in laboratorio pari a:

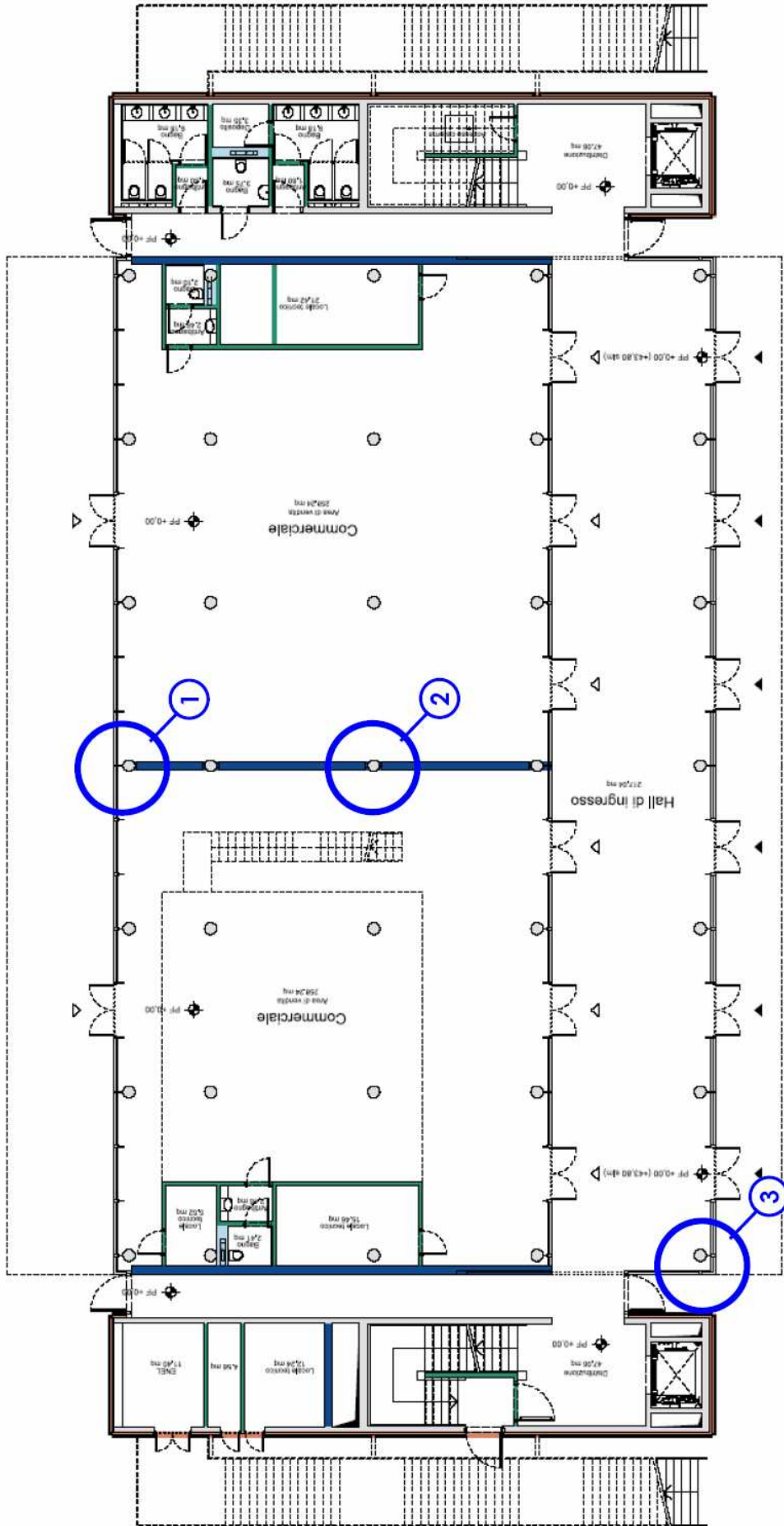
$R_{w, \text{vetro}} = 39 \text{ dB}$

Poiché non esiste un certificato di laboratorio relativo al serramento in esame con la vetrata prima descritta, sono stati analizzati tutti i certificati del serramento in esame e gli scarti tra prestazione del vetro e prestazione complessiva del serramento al fine di stimarne la prestazione acustica che si assume cautelativamente pari a:

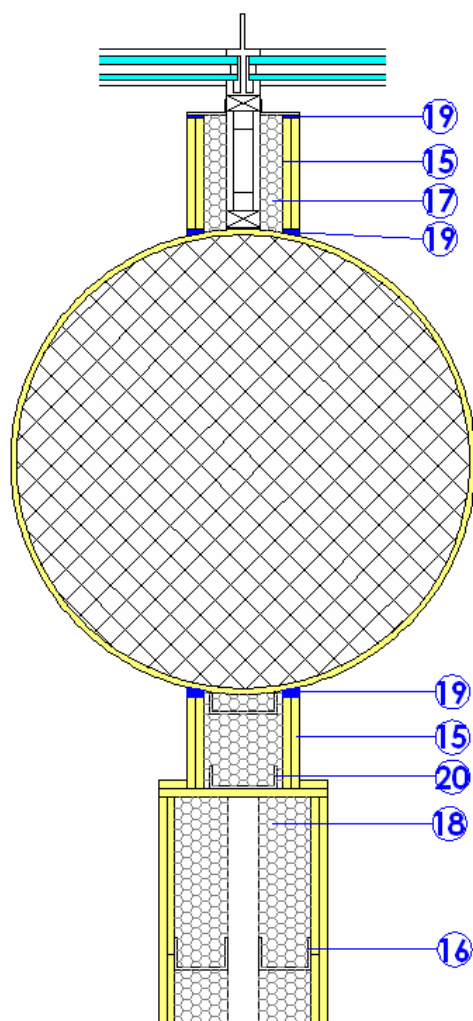
$R_{w, \text{serramento}} = 38 \text{ dB}$

4.5 Dettagli tecnologici per la riduzione della trasmissione laterale

Alla luce del fatto che la prestazione acustica di un componente in opera dipende dalle caratteristiche intrinseche del componente stesso, ma anche dal modo in cui si realizza il collegamento con le strutture laterali, pare opportuno in questa sede fornire alcuni dettagli tecnologici finalizzati alla riduzione della trasmissione laterale.



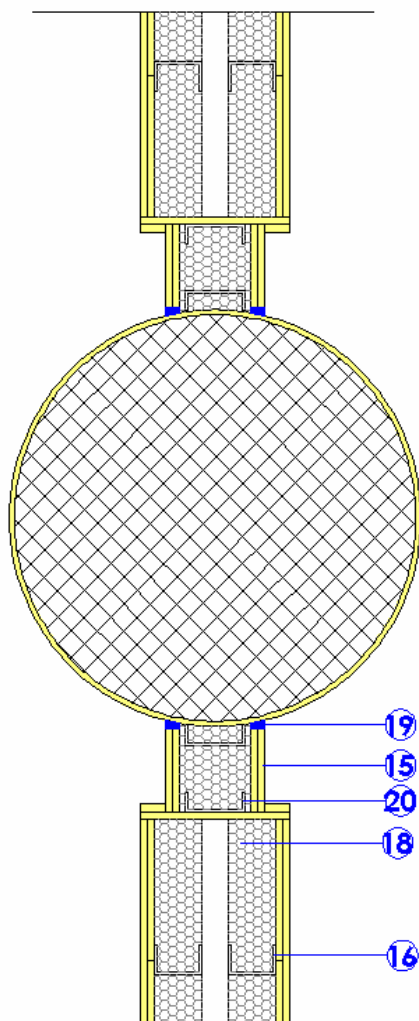
PARTICOLARE 1



LEGENDA

- ① Intonaco esterno sp. 1,5 cm
- ② Intonaco interno sp. 1,5 cm
- ③ Laterizio porizzato sp. 30 cm
- ④ Laterizio porizzato sp. 12 cm
- ⑤ Laterizio porizzato sp. 8 cm
- ⑥ Laterizio forato sp. 12 cm
- ⑦ Laterizio forato sp. 8 cm
- ⑧ Pannello Rockwool 388 sp. 4 cm
- ⑨ Rivestimento con pannello fonoimpedente tipo Isolmant Piombo o Isolmant 10 mm
- ⑩ Malta cementizia elastica vibrosmorzante (tipo FONOPLAST della INDEX)
- ⑪ Pilastro c.a.
- ⑫ Cavedio
- ⑬ Isolante termico
- ⑭ Pannello in gesso-fibra tipo Knauf VIDIWALL sp. 12,5 mm
- ⑮ Pannello in cartongesso sp. 12,5 mm
- ⑯ Orditura metallica
- ⑰ Lana minerale sp. 4 cm e densità 40 kg/m³
- ⑱ Lana minerale sp. 8 cm e densità 80 kg/m³
- ⑲ Sigillante siliconico
- ⑳ Profilo ad U per aggancio meccanico

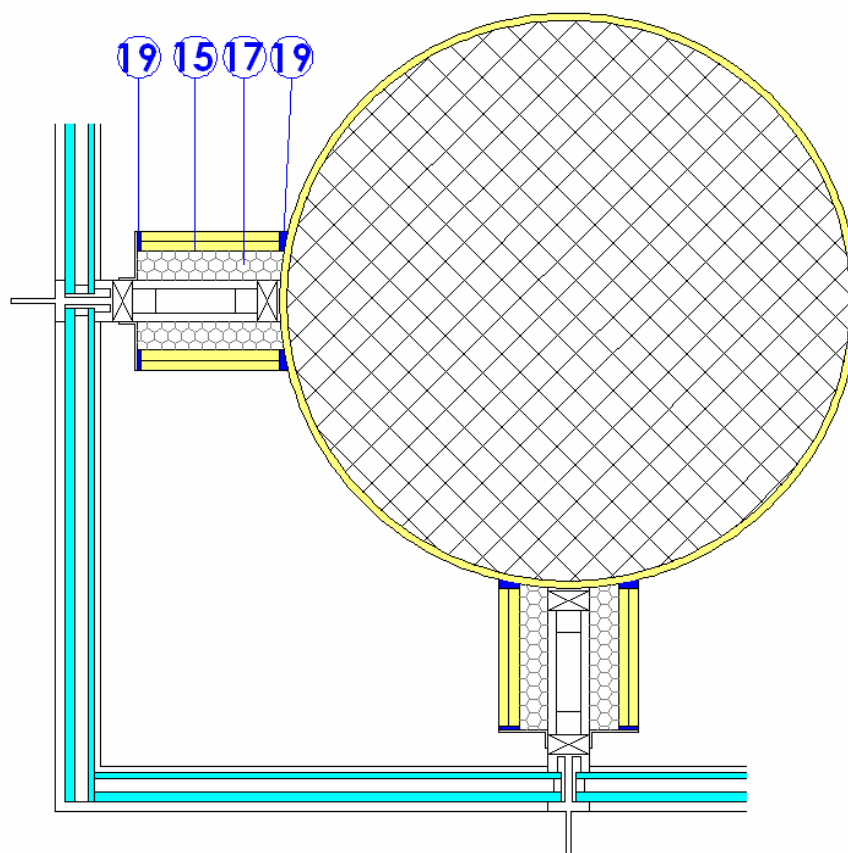
PARTICOLARE 2



LEGENDA

- ① Intonaco esterno sp. 1,5 cm
- ② Intonaco interno sp. 1,5 cm
- ③ Laterizio porizzato sp. 30 cm
- ④ Laterizio porizzato sp. 12 cm
- ⑤ Laterizio porizzato sp. 8 cm
- ⑥ Laterizio forato sp. 12 cm
- ⑦ Laterizio forato sp. 8 cm
- ⑧ Pannello Rockwool 388 sp. 4 cm
- ⑨ Rivestimento con pannello fonoimpedente tipo Isolmant Piombo o Isolmant 10 mm
- ⑩ Malta cementizia elastica vibrosmorzante (tipo FONOPLAST della INDEX)
- ⑪ Pilastro c.a.
- ⑫ Cavedio
- ⑬ Isolante termico
- ⑭ Pannello in gesso-fibra tipo Knauf VIDIWALL sp. 12,5 mm
- ⑮ Pannello in cartongesso sp. 12,5 mm
- ⑯ Orditura metallica
- ⑰ Lana minerale sp. 4 cm e densità 40 kg/m³
- ⑱ Lana minerale sp. 8 cm e densità 80 kg/m³
- ⑲ Sigillante siliconico
- ⑳ Profilo ad U per aggancio meccanico

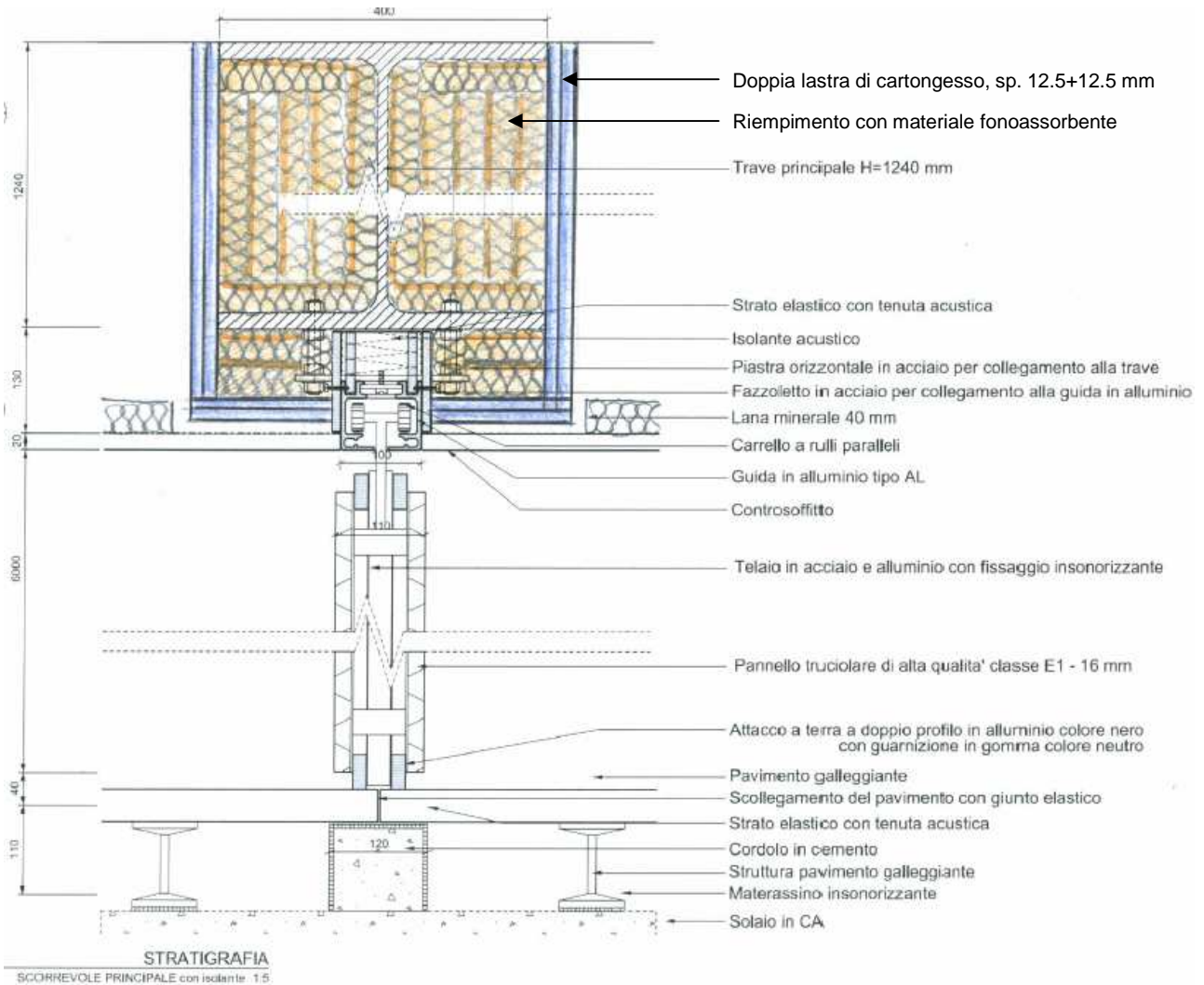
PARTICOLARE 3



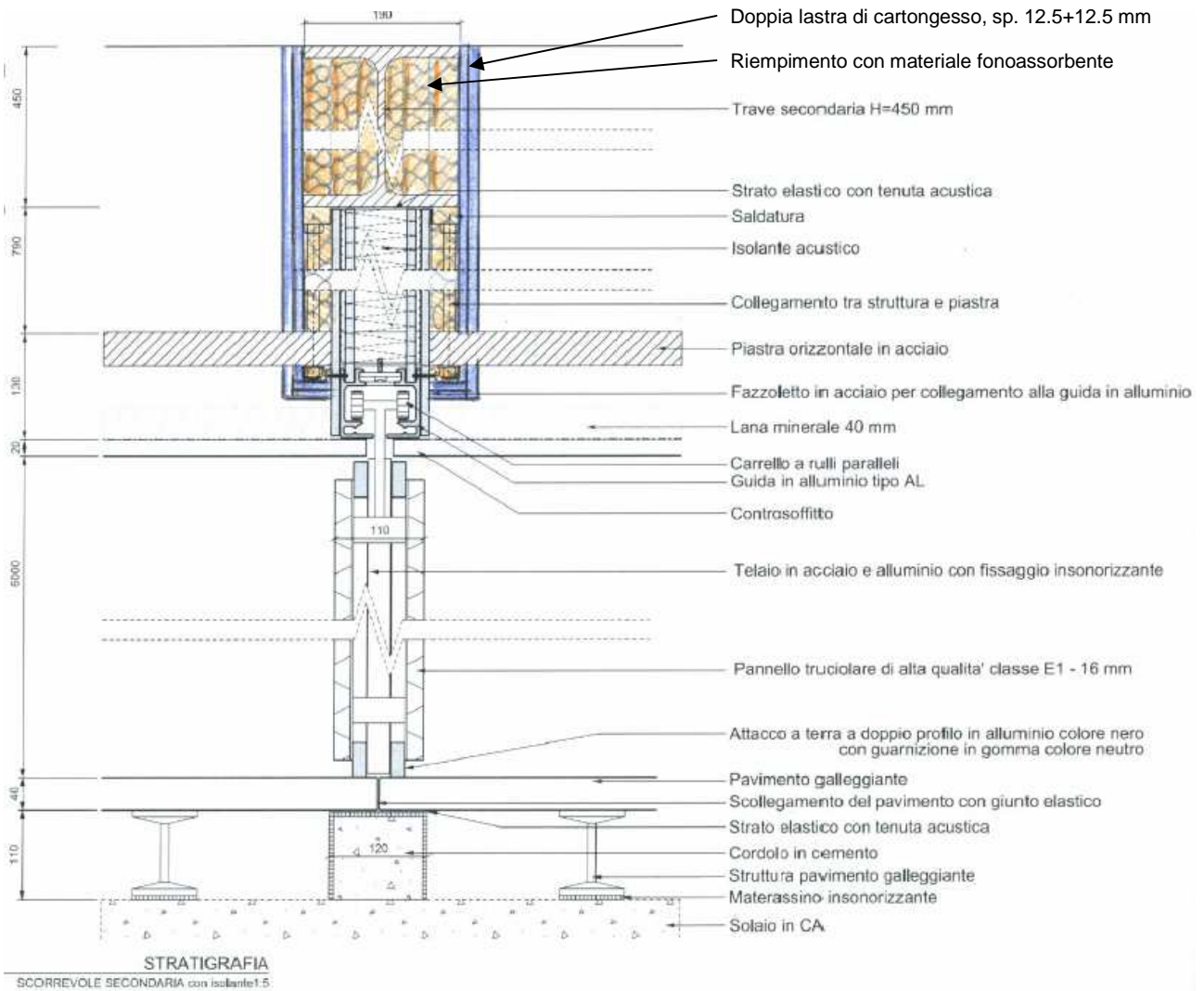
LEGENDA

- ① Intonaco esterno sp. 1,5 cm
- ② Intonaco interno sp. 1,5 cm
- ③ Laterizio porizzato sp. 30 cm
- ④ Laterizio porizzato sp. 12 cm
- ⑤ Laterizio porizzato sp. 8 cm
- ⑥ Laterizio forato sp. 12 cm
- ⑦ Laterizio forato sp. 8 cm
- ⑧ Pannello Rockwool 388 sp. 4 cm
- ⑨ Rivestimento con pannello fonoimpedente tipo Isomant Piombo o Isomant 10 mm
- ⑩ Malta cementizia elastica vibrosorzante (tipo FONOPLAST della INDEX)
- ⑪ Pilastro c.a.
- ⑫ Cavedio
- ⑬ Isolante termico
- ⑭ Pannello in gesso-fibra tipo Knauf VIDIWALL sp. 12,5 mm
- ⑮ Pannello in cartongesso sp. 12,5 mm
- ⑯ Orditura metallica
- ⑰ Lana minerale sp. 4 cm e densità 40 kg/m³
- ⑱ Lana minerale sp. 8 cm e densità 80 kg/m³
- ⑲ Sigillante siliconico
- ⑳ Profilo ad U per aggancio meccanico

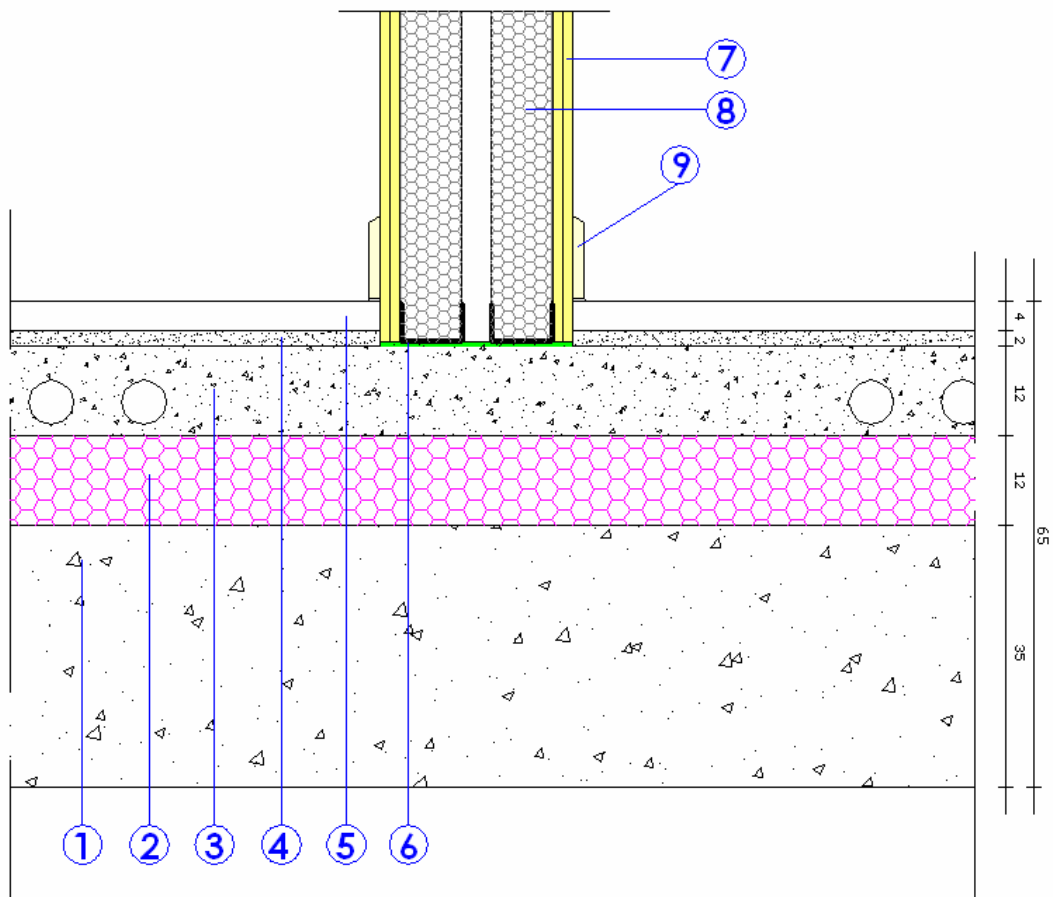
PARTICOLARE 4 – NODO TRAVE PRINCIPALE / PARETE SCORREVOLE



PARTICOLARE 5 – NODO TRAVE SECONDARIA / PARETE SCORREVOLE



PARTICOLARE 6 – NODO SOLAIO / PARETE TRA UNITÀ



LEGENDA

- ① Soletta in c.a. sp. 35 cm
- ② EPS sp. 12 cm
- ③ Massetto armato tipo Polibeton sp. 12.5 cm
- ④ Massetto di allettamento, sp. 2 cm
- ⑤ Pietra naturale sp. 4 cm
- ⑥ Fascia taglia-parete sp. 5-6 mm
- ⑦ Pannello in cartongesso sp. 12.5 mm
- ⑧ Lana minerale sp. 8 cm e densità 80 kg/m3
- ⑨ Battiscopa

5. VERIFICA PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

La valutazione dei requisiti acustici passivi dell'intervento in oggetto è stata effettuata su un campione di locali tipo, prudenzialmente individuati in base alle condizioni di maggiore criticità.

In particolare, per quanto riguarda la verifica dell'isolamento acustico di facciata, sono stati selezionati i locali caratterizzati da maggiore superficie vetrata rispetto alla superficie complessiva della facciata e dal minor volume, tenendo conto delle differenti tipologie di facciata previste dal progetto.

Per quanto riguarda la verifica del livello di rumore da calpestio è stata scelta la soluzione a maggior rischio per la trasmissione laterale, tenendo conto delle differenti soluzioni di solaio previste dal progetto.

5.1 Verifica previsionale dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$) tra ambienti sovrapposti

Data la tipologia dei solai e dei tramezzi interni il requisito relativo al livello di rumore di calpestio normalizzato di solai ($L'_{n,w}$) è stato verificato nello scenario campione riportato in **figura 5.1**.



Figura 5.1 - Indicazione della porzione di solaio oggetto di verifica (a sinistra) e della sua proiezione al piano terra

5.1.1 Solaio tra Sala polivalente e Unità commerciale

La porzione di solaio in esame divide la Sala polivalente al piano primo dall'unità commerciale al piano terra (v. **figura 5.2**).

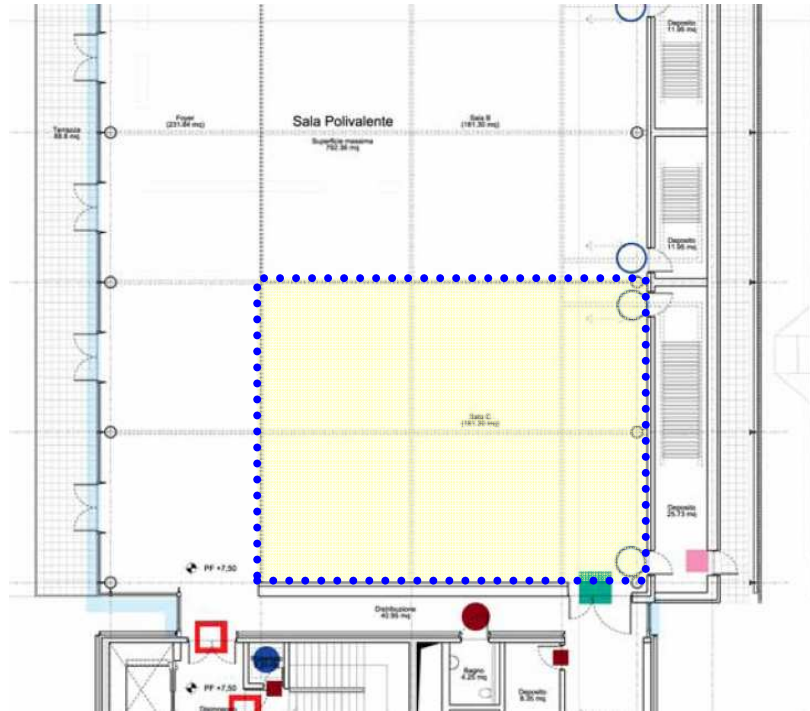


Figura 5.2 - Indicazione della porzione di solaio oggetto di verifica

La composizione del solaio in esame, ampiamente descritta al **paragrafo 4.1.2**, è riportata per comodità nella figura che segue.

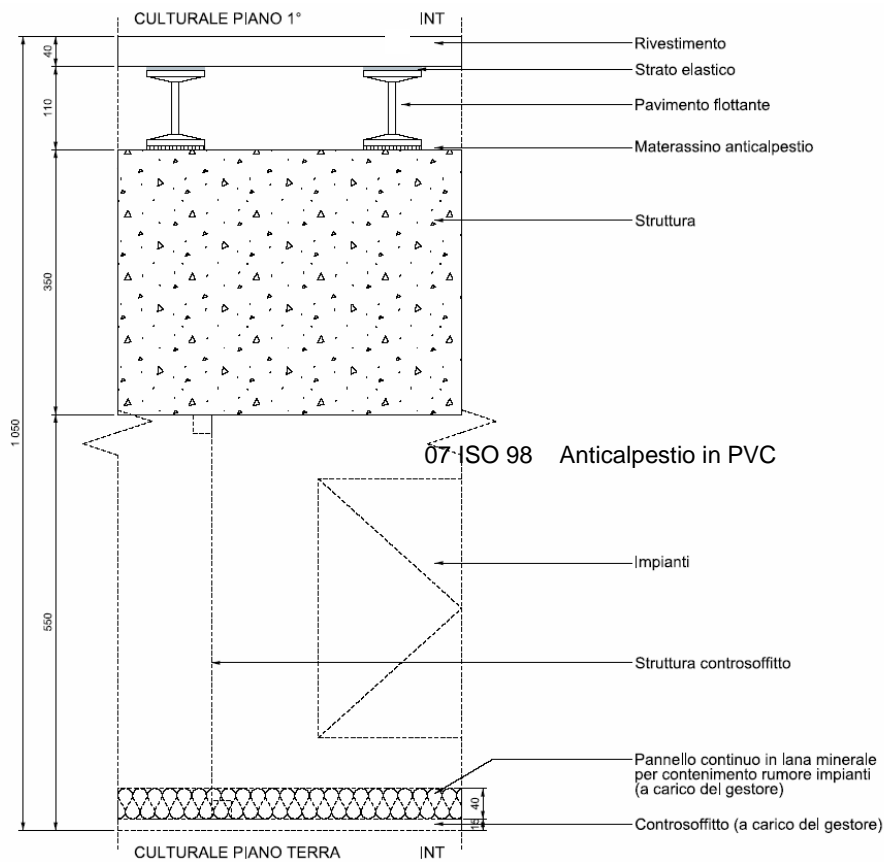


Figura 5.3 – Stratigrafia del solaio del piano primo

Determinazione dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio del solaio nudo

Le prestazioni acustiche dei solai, in mancanza di dati certificati, certamente più affidabili, si possono stimare attraverso la seguente relazione empirica riportata rispettivamente nella UNI EN 12354-2 e nella UNI TR 11175:

$$L_{n,w} = 164 - 35 \log (M') \quad [2]$$

La relazione [2] può essere applicata a tutti i solai con $80 \text{ kg/m}^2 < M' < 600 \text{ kg/m}^2$.

Poiché la massa del solaio in esame è pari a:

$$M'_{\text{solaio}} = 450 \text{ kg/m}^2$$

la prestazione del solaio, stimata con la relazione [2] risulta pari a:

$$L_{n,w} \text{ stimato} = 164 - 35 \log (450) = 71 \text{ dB}$$

Poiché questo dato appare sottostimato rispetto alle molte misure effettuate su tipologie di solaio analoghe a quello in esame, cautelativamente si prenderà a riferimento del solaio di base la seguente prestazione:

$$L_{n,w} = 75 \text{ dB}$$

Determinazione della trasmissione laterale

Per la situazione in esame è sufficiente considerare una trasmissione laterale pari a **3 dB**.

Determinazione dell'attenuazione del livello normalizzato di rumore da calpestio del rivestimento

È prevista la realizzazione di un pavimento sopraelevato con prestazione acustica certificata in laboratorio, in termini di indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio:

$$\Delta L_w = 35 \text{ dB}$$

Rapporto di Prova dell'Istituto Giordano n. 213698 del 14/07/2006 (v. **figura 4.4**)

Cautelativamente non si terrà conto dell'eventuale contributo migliorativo dovuto al controsoffitto.

Determinazione del livello normalizzato di rumore da calpestio in opera

La prestazione in opera del solaio in esame risulta pari a:

$$L'_{n,w} = 75 - 35 + 3 \text{ dB} = 43 \text{ dB}$$

da cui si ricava che in via previsionale la conformità rispetto al valore limite contenuto nel D.P.C.M. 5/12/97 come mostra il prospetto che segue.

Struttura oggetto di verifica	$L'_{n,w}$	Valore limite $L'_{n,w}$ D.P.C.M. 5/12/97	VERIFICA POSITIVA
Solaio tra sala polivalente (1° p) e attività commerciale (p.t.)	43	55	

5.2 Verifica previsionale dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nT,w}$)

La valutazione dei requisiti acustici passivi di facciata è stata effettuata sulle pareti di facciata degli ambienti che presentano caratteristiche tecniche differenti.

In generale, sono stati selezionati i locali avente la maggiore superficie finestrata rispetto alla superficie complessiva della facciata.

In questa sede occorre ribadire che la scelta dei serramenti di facciata di seguito riportati è puramente indicativa e deriva dalle prestazioni minime desunte dalle verifiche previsionali dei requisiti acustici passivi svolte in fase di progetto definitivo. A partire dalla tipologia di serramento individuata in fase di progetto esecutivo si procede di seguito a determinare il prodotto idoneo per l'edificio in esame sulla base delle prestazioni certificate in laboratorio.

Ciò posto, nel caso in cui i serramenti effettivamente installati dovessero essere differenti dai prodotti indicati nei paragrafi che seguono, al fine di conseguire il rispetto dei valori limite di isolamento acustico di facciata ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97, è necessario che i sistemi scelti siano caratterizzati dalle medesime prestazioni acustiche certificate in laboratorio secondo la normativa vigente.

Ciò posto, è stata selezionata la facciata continua di una delle due unità commerciali poste al piano terra (v. **figura 5.4**) e, al piano primo, la facciata della sala polivalente esposta verso la piazza (v. **figura 5.5**), quest'ultima nella configurazione in cui la sala non venga suddivisa attraverso le pareti mobili ma venga utilizzata nella sua massima estensione.

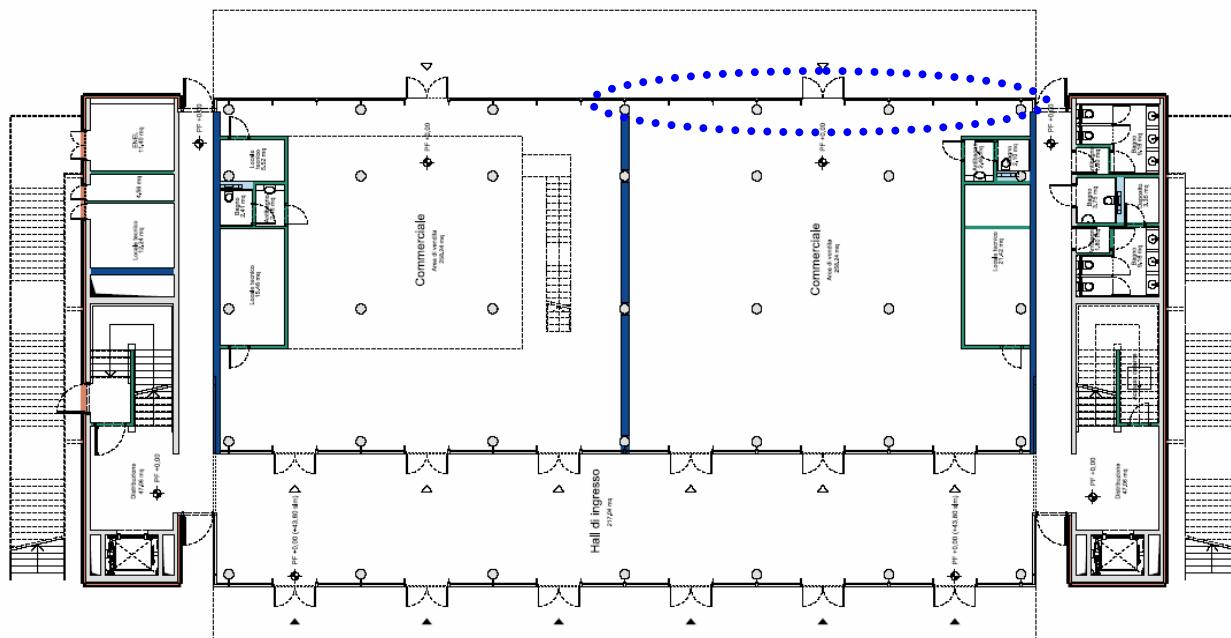


Figura 5.4 – Indicazione della facciata oggetto di valutazione, piano terra

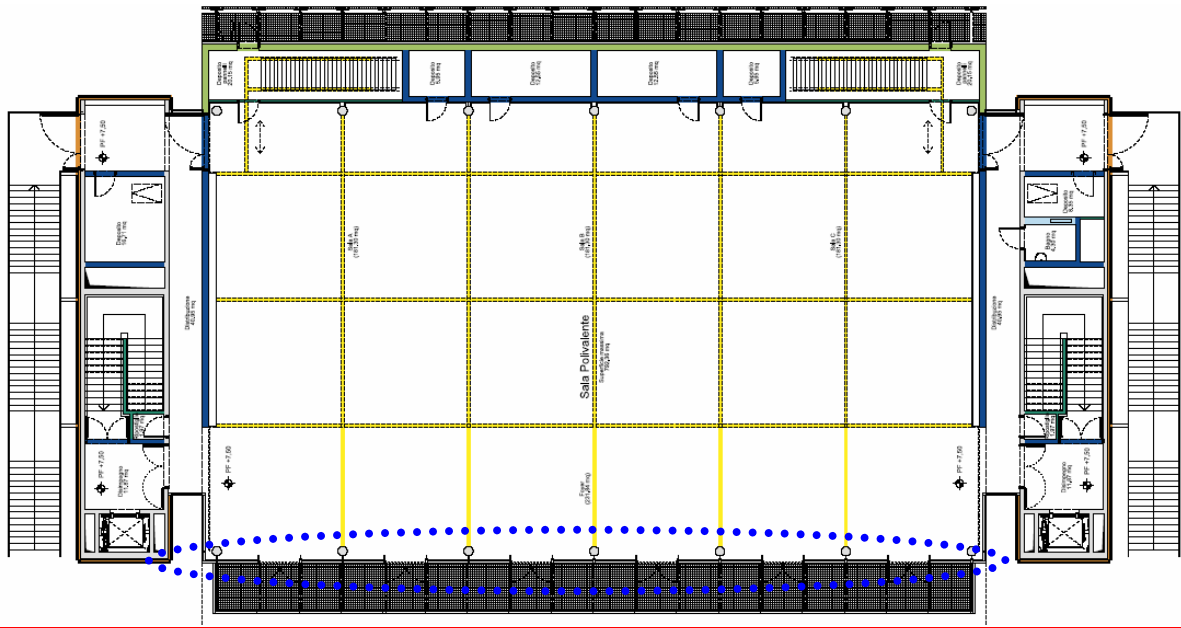


Figura 5.5– Indicazione della facciata oggetto di valutazione, piano primo

5.2.1 Facciata Unità commerciale

L'ambiente della cui facciata si verifica la conformità al D.P.C.M. 5/12/97, è adibita a unità commerciale posta al piano terra.

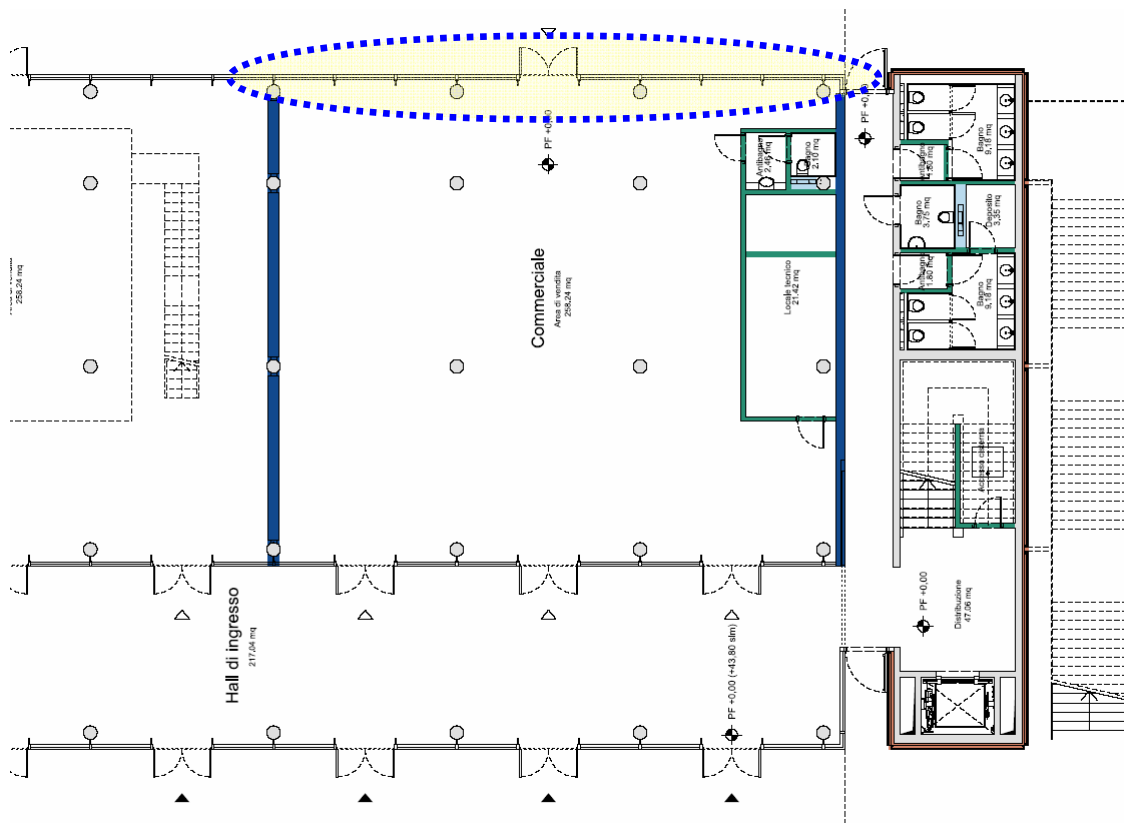


Figura 5.6 – Indicazione in pianta della facciata oggetto di valutazione

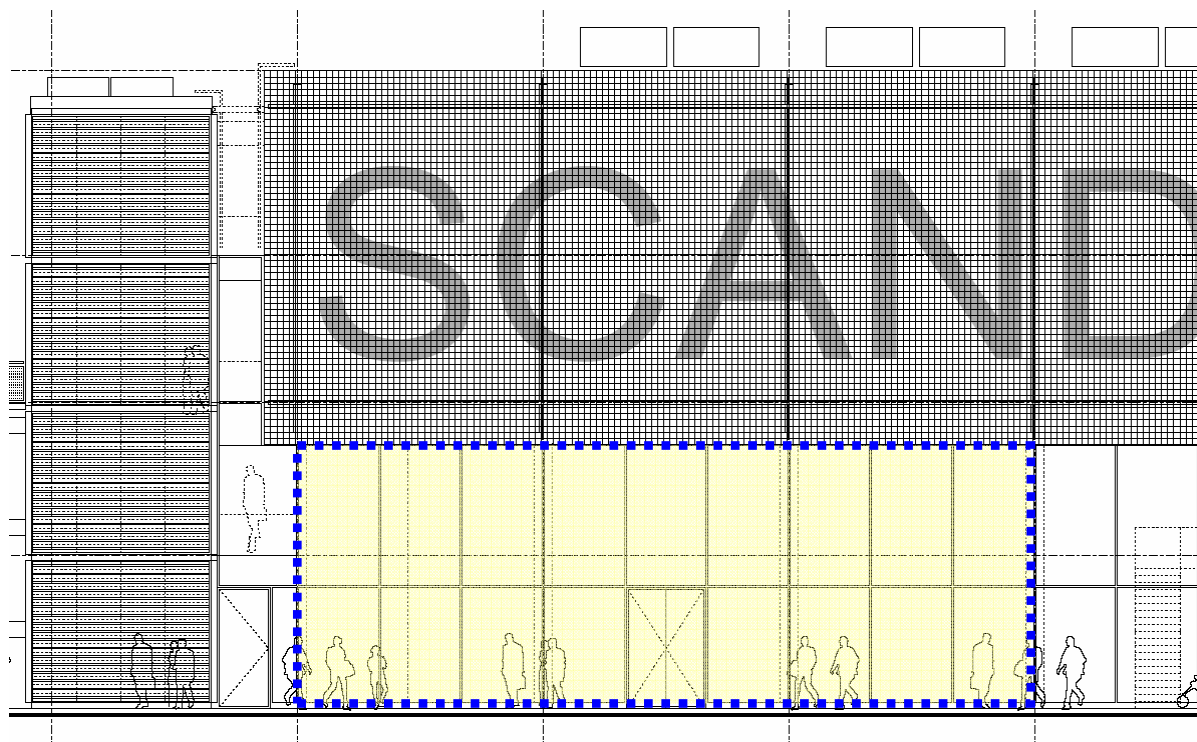


Figura 5.7 – Indicazione in prospettiva della facciata oggetto di valutazione

La facciata in esame, costituita dal serramento descritto al **paragrafo 4.4.1**, è completamente vetrata e contiene una porta d'ingresso a due ante anch'essa vetrata.

La prestazione acustica del suddetto serramento su cui viene montato un vetro con prestazione acustica pari a $R_{w, \text{vetro}} = 41$ dB risulta pari a:

$$R_w = 40 \text{ dB}$$

Poiché tale prestazione di laboratorio si riferisce ad un campione di dimensioni standard 1.23x1.48 m, per tenere conto della maggiore superficie utilizzato in facciata si terrà conto di un coefficiente correttivo pari a -3 dB così come riportato nella tabella dell'allegato B della norma UNI EN 14351-1 per serramenti con superficie maggiore di 4.6 m² (v. **paragrafo 3.2**).

Ciò posto la prestazione acustica del serramento utilizzata per il calcolo dell'isolamento di facciata risulta pari a:

$$R_w = 37 \text{ dB}$$

Ai fini del calcolo dell'isolamento acustico di facciata, poiché la facciata in esame è totalmente vetrata, e quindi non rigidamente connessa, si è ipotizzata una trasmissione laterale pari a **K = 0**.

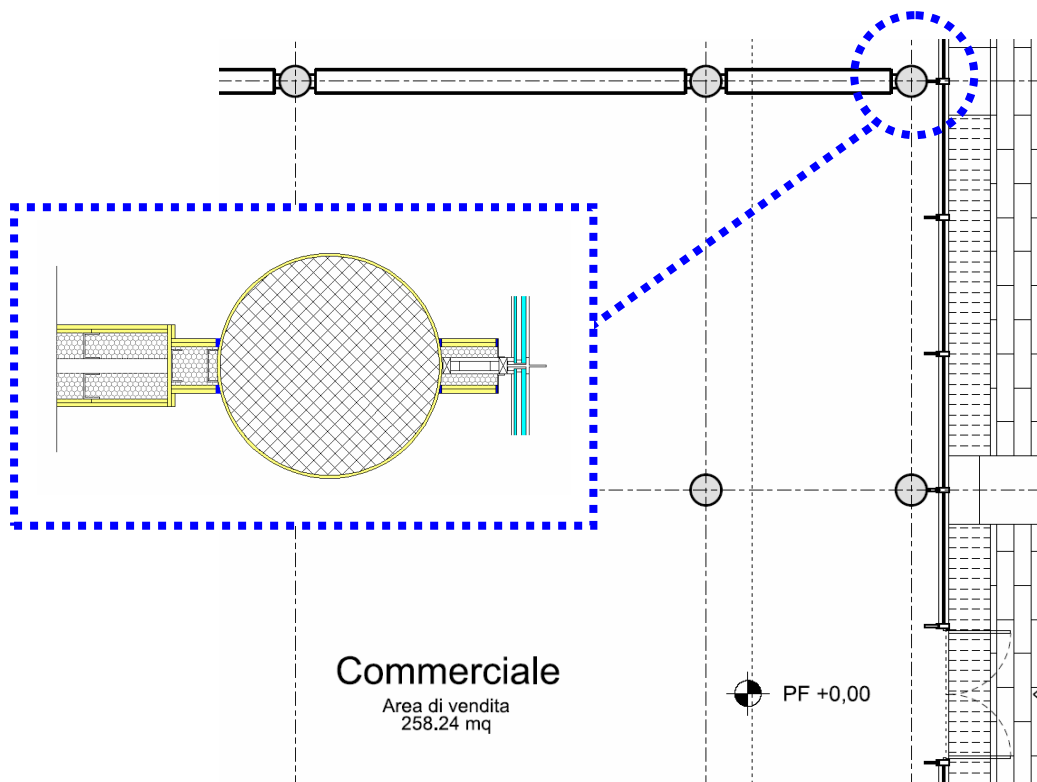


Figura 5.8 – Indicazione in pianta degli elementi leggeri di facciata non rigidamente connessi

Trattandosi di una facciata con un oggetto nella parte superiore, per tenere conto del probabile incremento di riflessioni sonore dovuto proprio alla presenza dell'intradosso dell'oggetto, si è tenuto conto di un fattore di forma pari a $\Delta L_{fs} = -1$ dB.

Le caratteristiche geometriche ed acustiche dell'ambiente e della facciata oggetto di valutazione sono riportate nella tabella di riepilogo che segue in cui è contenuta anche la verifica del requisito rispetto al D.P.C.M. 5/12/97.

Tabella di riepilogo – Facciata Unità commerciale		
Dati ambiente interno		
V (m ³)	1665.6	
S _{facc} (m ²)	116.1	
Dati facciata		
	Superficie (m ²)	R _w (dB)
Facciata continua tipo FW50 ⁺	116.1	37
Globale	116.1	37
Differenza per forma della facciata (dB)	-1	
Contributo della trasmissione laterale (dB)	0	
D_{2m,nT,w} (dB)	42.8	
Valore di riferimento (D.P.C.M. 5/12/97) (dB)	42	VERIFICA POSITIVA

5.2.2 Facciata Sala polivalente

L'ambiente della cui facciata si verifica la conformità al D.P.C.M. 5/12/97, è adibita a sala polivalente e posta al piano primo.

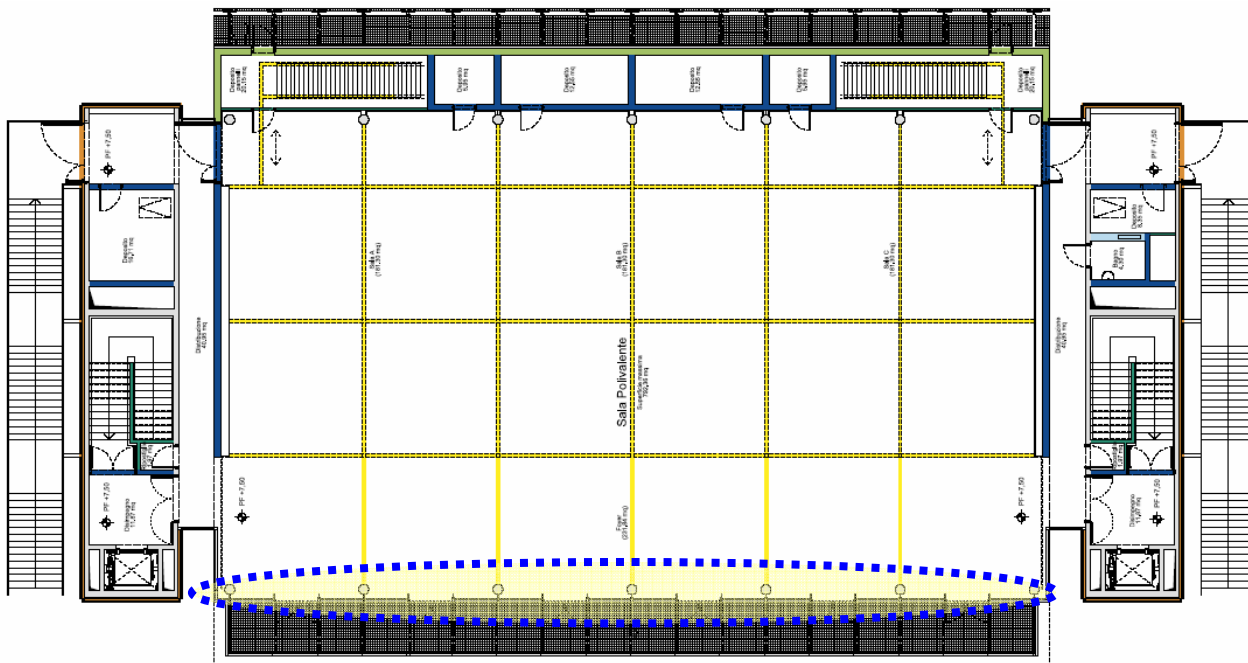


Figura 5.9 – Indicazione in pianta della facciata oggetto di valutazione

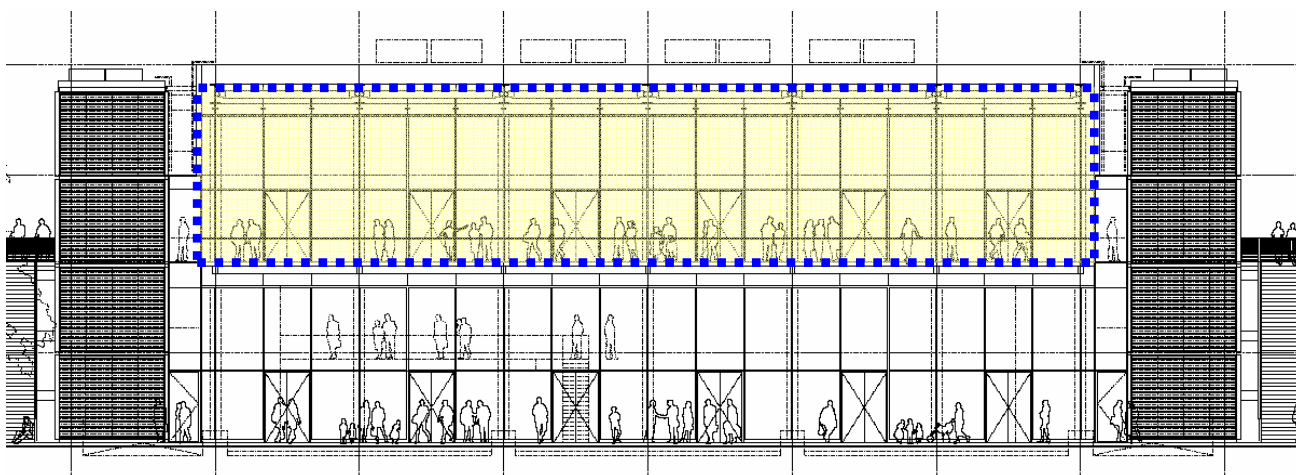


Figura 5.10 – Indicazione in sezione della facciata oggetto di valutazione

La facciata in esame, costituita dal serramento descritto al **paragrafo 4.4.1**, è completamente vetrata e contiene una porta d'ingresso a due ante anch'essa vetrata.

La prestazione acustica del suddetto serramento su cui viene montato un vetro con prestazione acustica pari a $R_{w, \text{vetro}} = 39 \text{ dB}$ risulta pari a:

$$R_w = 38 \text{ dB}$$

Poiché tale prestazione di laboratorio si riferisce ad un campione di dimensioni standard 1.23x1.48 m, per tenere conto della maggiore superficie utilizzato in facciata si terrà conto di un coefficiente correttivo pari a -3 dB così come riportato nella tabella dell'allegato B della norma UNI EN 14351-1 per serramenti con superficie maggiore di 4.6 m² (v. **paragrafo 3.2**).

Ciò posto la prestazione acustica del serramento utilizzata per il calcolo dell'isolamento di facciata risulta pari a:

$$R_w = 35 \text{ dB}$$

Ai fini del calcolo dell'isolamento acustico di facciata, poiché la facciata in esame è totalmente vetrata, e quindi non rigidamente connessa, si è ipotizzata una trasmissione laterale pari a $K = 0$.

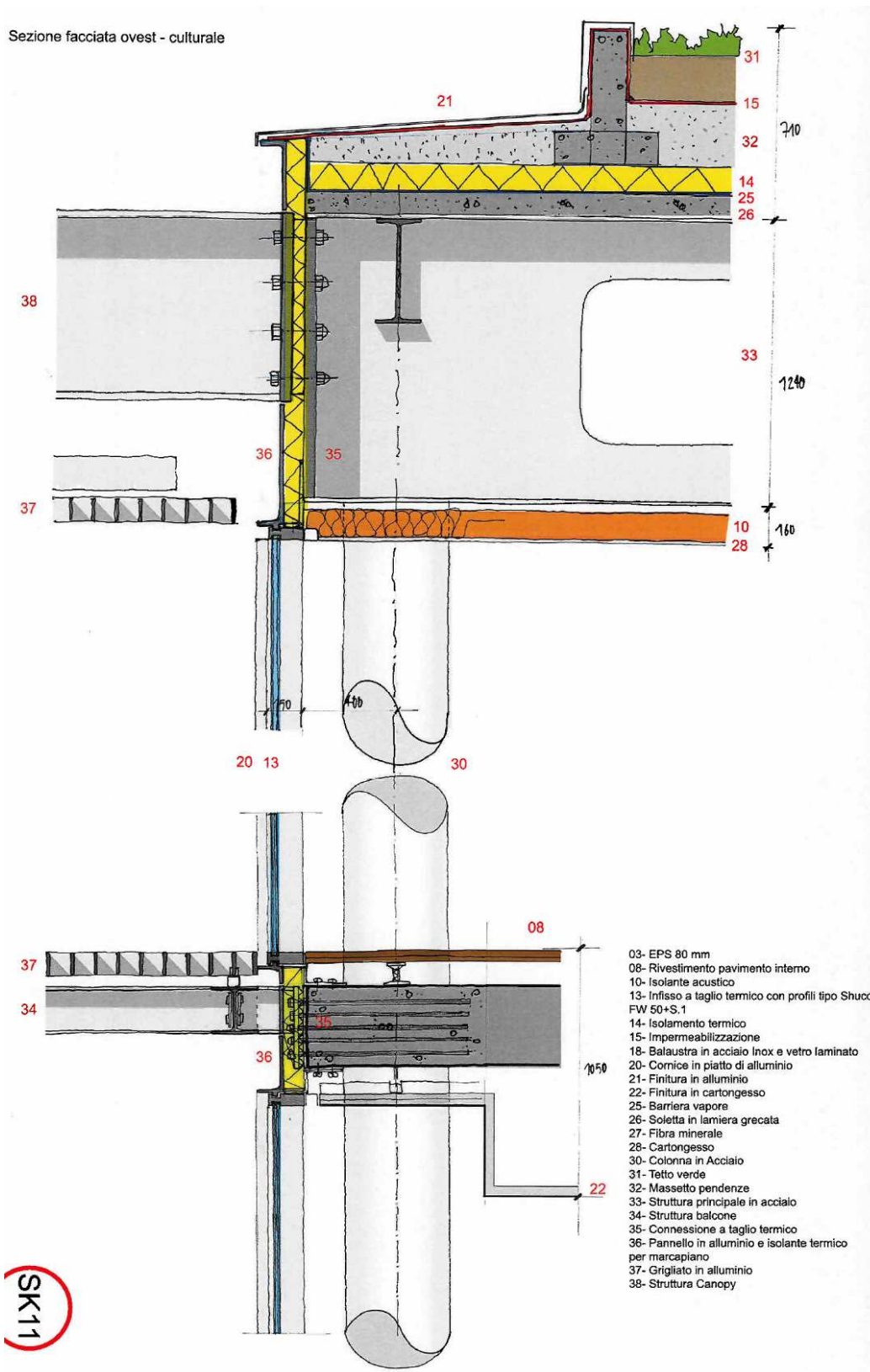


Figura 5.11 – Indicazione in sezione degli elementi leggeri di facciata non rigidamente connessi

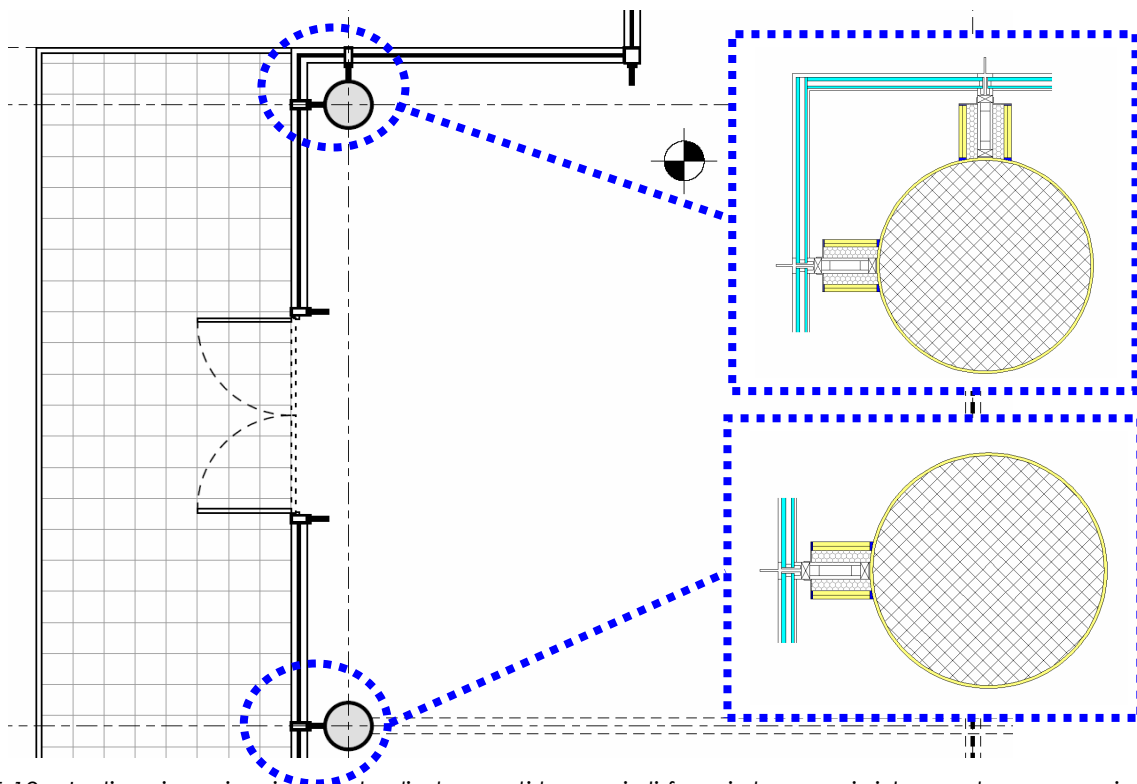


Figura 5.12 – Indicazione in pianta degli elementi leggeri di facciata non rigidamente connessi

Poiché nella parte alta della facciata si trova un oggetto che potrebbe incrementare le riflessioni sulla stessa, si è tenuto conto di un fattore di forma peggiorativo pari a $\Delta L_{fs} = -1$ dB.

Le caratteristiche geometriche ed acustiche dell'ambiente e della facciata oggetto di valutazione sono riportate nella tabella di riepilogo che segue in cui è contenuta anche la verifica del requisito rispetto al D.P.C.M. 5/12/97.

Tabella di riepilogo – Facciata Sala polivalente		
Dati ambiente interno		
V (m ³)	4754	
S _{facc} (m ²)	252	
Dati facciata		
	Superficie (m ²)	R _w (dB)
Facciata continua tipo FW50 ⁺	252	35
Globale	252	35
Differenza per forma della facciata (dB)	-1	
Contributo della trasmissione laterale (dB)	0	
D_{2m,nT,w} (dB)	42	
Valore di riferimento (D.P.C.M. 5/12/97) (dB)	42	VERIFICA POSITIVA

5.3 Verifica previsionale dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w)

Il volume centrale del 1° piano è costituito da uno spazio polivalente di circa 21x36 m, alto 6 m, completamente libero da colonne o altro elemento verticale ed è divisibile secondo le esigenze seguendo diversi layout (v. **figura 5.13**).

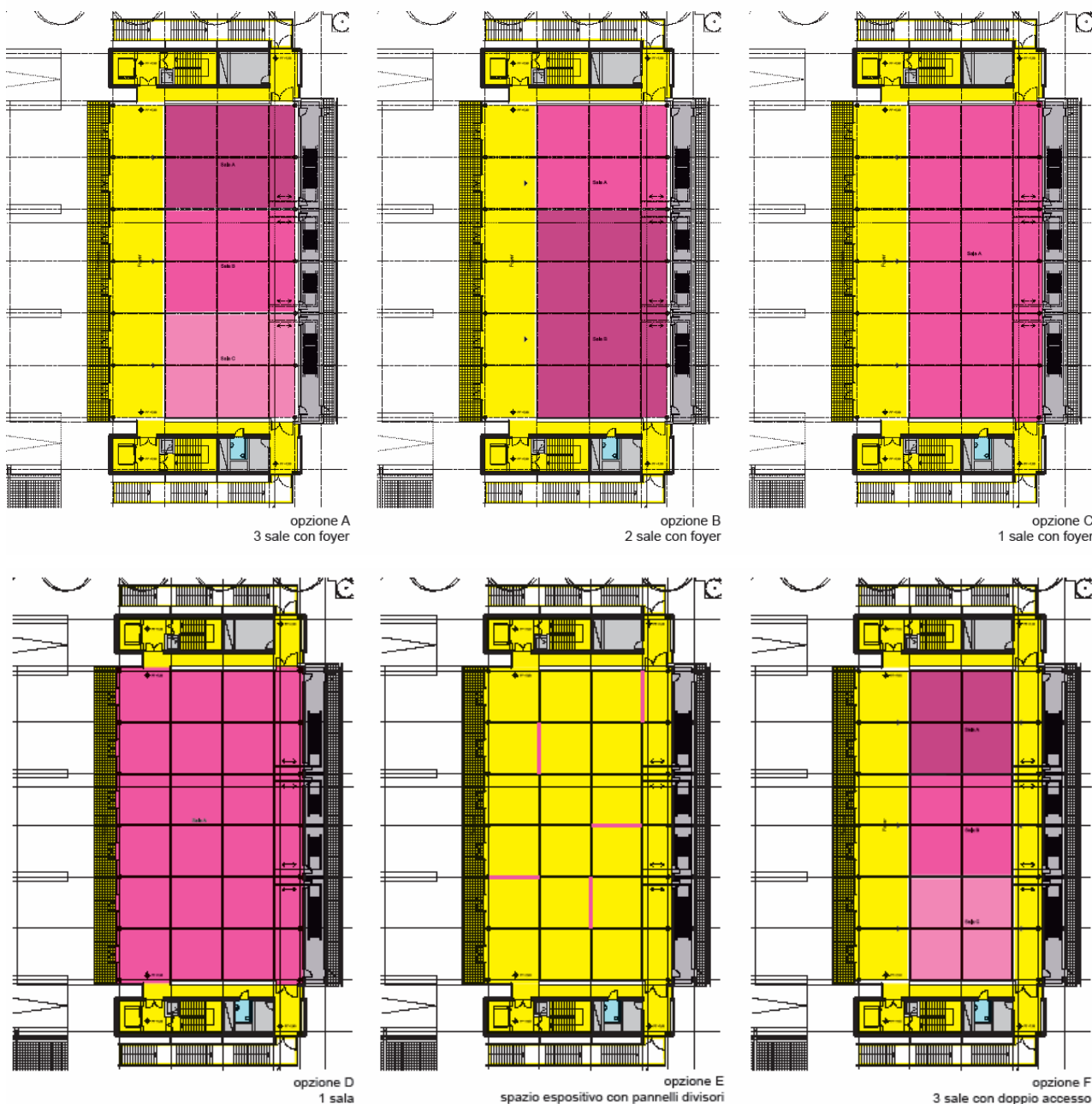


Figura 5.13 – Differenti configurazioni distributive della sala polivalente

Lo spazio polivalente è organizzato in moduli di 6x6 m definiti dalla partizione dei controsoffitti e dai binari su cui scorrono i moduli mobili delle pareti. Il progetto esecutivo prevede l'installazione di 44 pannelli mobili e della completa griglia dei binari consentendo in questa fase di realizzare le conformazioni indicate nelle opzioni A, B, C e D.

La verifica di seguito riportata è volta alla determinazione della prestazione di isolamento acustico stimata in opera (R'_w) della parete tra due sale a partire dall'ipotesi delle prestazioni acustiche di laboratorio della parete in esame (parete mobile) e degli elementi laterali (controsoffitto e pavimento sopraelevato), ciò al fine di garantire condizioni di comfort acustico sufficienti per l'utilizzo simultaneo di due o più sale.

Nel caso in esame la verifica viene eseguita per la parete evidenziata nella figura che segue.

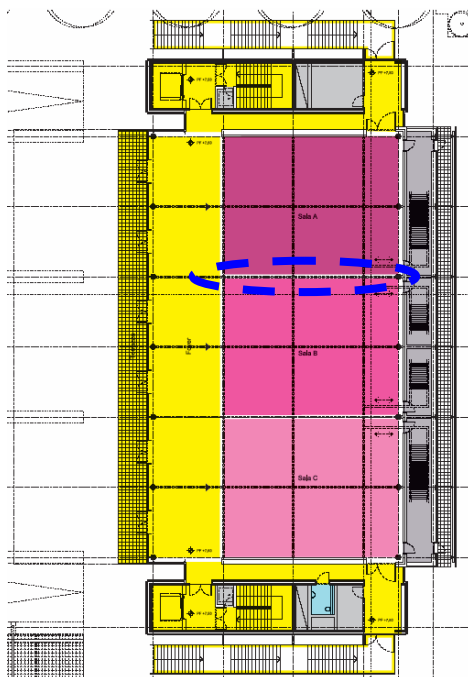


Figura 5.14 – Parete per la quale è stata effettuata la verifica di R'_w

N.B. La verifica del requisito R'_w per la partizione in esame non risulta essere cogente ai fini del D.P.C.M. 5/12/97 in quanto divide la medesima unità immobiliare.

5.3.1 Parete mobile tra due sale adiacenti

Si valuta di seguito l'indice di valutazione del potere fonisolante apparente della partizione verticale che divide due sale adiacenti. Posto che la verifica del suddetto requisito non risulta cogente, la valutazione è finalizzata alla verifica della qualità acustica minima degli ambienti in oggetto in termini di isolamento ai rumori aerei tra gli stessi.

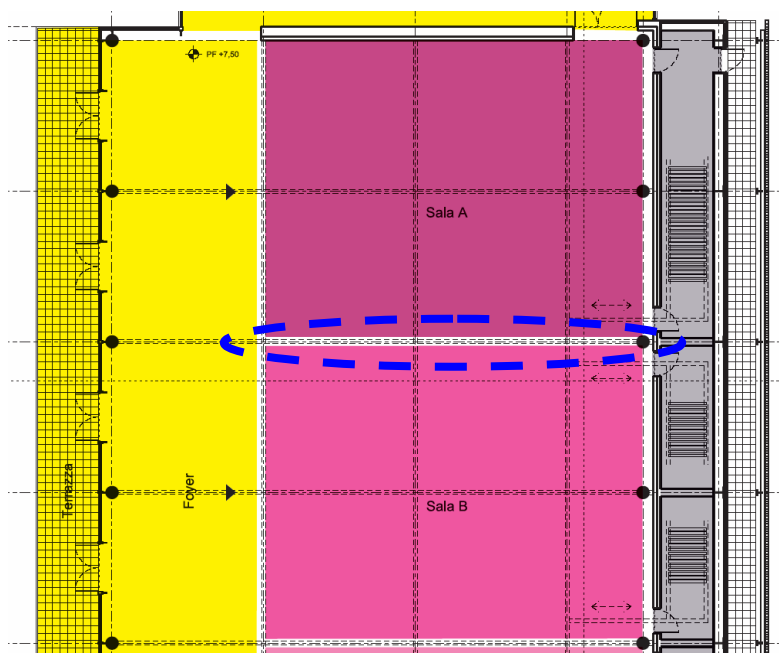


Figura 5.15 – Parete per la quale viene effettuata la verifica di R'_w

Gli ambienti in esame sono strutturati come schematicamente mostra la **figura 5.16**, attraverso, cioè, partizioni leggere mobili, controsoffitto appeso passante e pavimento sopraelevato anch'esso passante.



Figura 5.16 – Indicazione della partizione oggetto di valutazione

In una configurazione così fatta l'isolamento acustico dei rumori aerei della partizione mobile non è determinato in modo decisivo dalla prestazione acustica del componente stesso quanto dalla trasmissione attraverso i componenti che lo fiancheggiano.

I percorsi principali di trasmissione sonora tra due sale adiacenti sono:

- le pareti che danno verso il foyer;
- la parete passante (lato spazi tecnici);
- il controsoffitto passante;
- il pavimento sopraelevato passante.

Per determinare l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w (dB), si utilizza il metodo di approssimazione definito Metodo A, a quattro trasmissioni laterali, contenuto nell'Appendice A della norma UNI TR 11175. Tale metodo si applica in presenza di elementi desolidarizzati (pareti, controsoffitto, pavimenti sopraelevati) quando la trasmissione laterale può essere dominata dalle componenti F_f che non coinvolgono la struttura di separazione (v. **figura 5.17**).

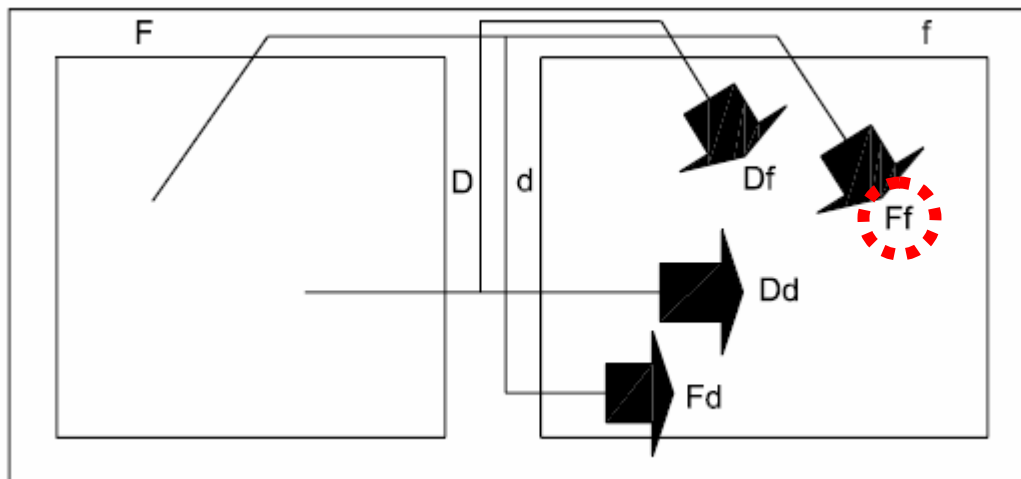


Figura 5.17 – Percorsi delle trasmissioni diretta e laterale di rumori aerei

In questi casi R'_w si ottiene dalla somma energetica dei valori del potere fonoisolante relativi a cinque soli percorsi (uno diretto e quattro laterali) secondo la seguente relazione:

$$R'_w = -10 \lg \left(10^{\frac{-R_w}{10}} + \sum_1^n \frac{10 - \bar{R}_{Ff,w,i}}{10} \right)$$

dove:

- R_w è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento divisorio, in dB;
- $\bar{R}_{Ff,w,i}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante longitudinale apparente dell' i esimo elemento costruttivo laterale (in genere $n = 4$), in dB, dato da:

$$\bar{R}_{Ff,w,i} = R_{Ff,w,i} + 10 \lg (S_s/S_0) - 10 \lg (l_i/l_0)$$

dove:

- $R_{Ff,w,i}$ è indice di valutazione del potere fonoisolante longitudinale (percorso Ff) dell' i esimo elemento costruttivo laterale, in dB;
- S_s è l'area dell'elemento di separazione, in metri quadrati (m^2);
- S_0 è l'area di riferimento = $10 m^2$;
- l_i è la lunghezza del giunto tra divisorio e elemento laterale, in metri;
- l_0 è la lunghezza di riferimento, in metri (per pareti $l_0 = 2,8 m$; per solai, controsoffitto e pavimenti $l_0 = 4,5 m$).

Nelle figure che seguono si indicano i quattro percorsi laterali e i corrispondenti indici di valutazione del potere fonoisolante longitudinale, $R_{Ff,w}$ (dB).

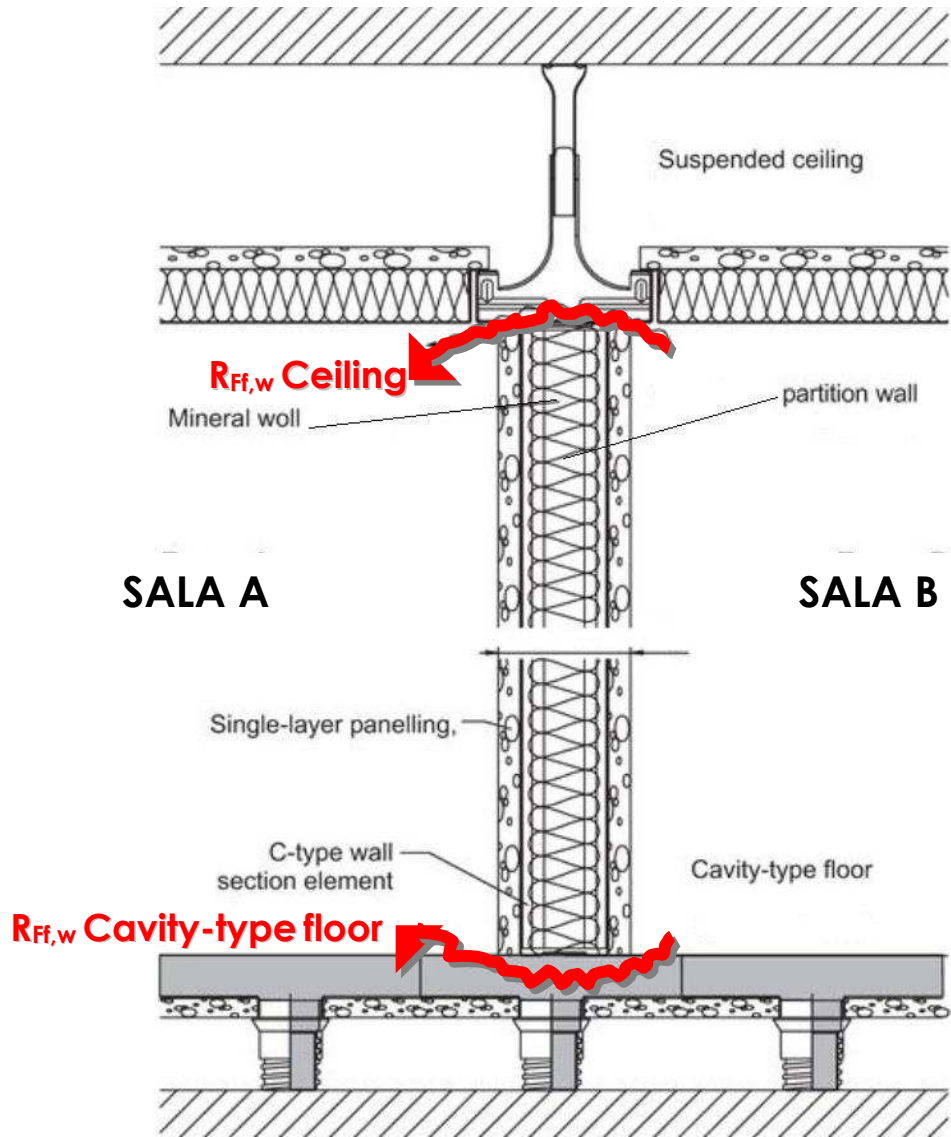


Figura 5.18 – Percorsi delle trasmissioni laterali in sezione

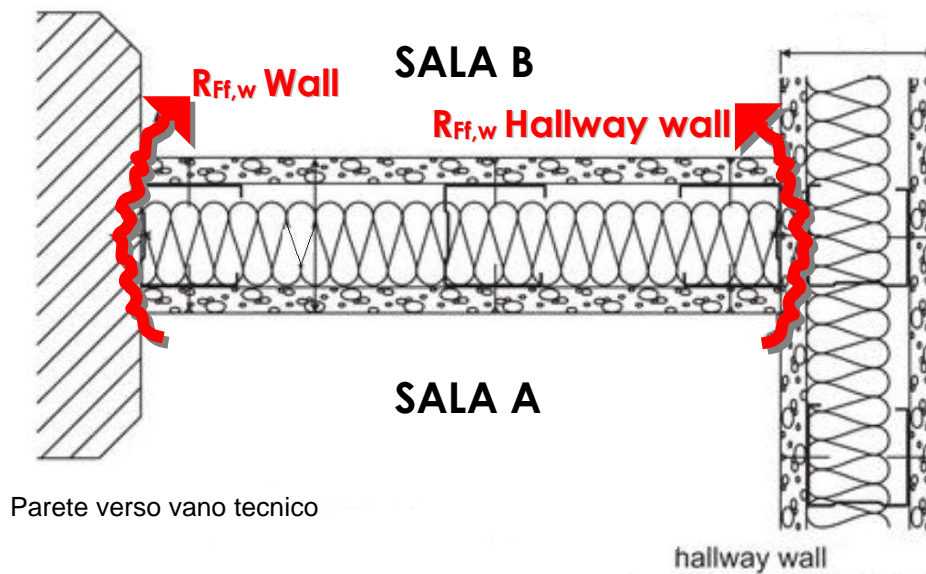


Figura 5.19 – Percorsi delle trasmissioni laterali in pianta

I valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante longitudinale, $R_{Ff,w}$, per elementi costruttivi di tipo massivo (solai e pareti) in funzione della massa per unità di area, si possono ricavare dal prospetto A.1 contenuto nella tabella che segue.

Massa per unità di superficie della struttura laterale kg/m ²	$R_{Ff,w}$ dB	
	Solai	Pareti
100	41	43
200	51	53
300	56	58
350	58	60
400	60	62

Tabella 5.1 – Valori di $R_{Ff,w}$ in funzione della massa per unità di superficie

Nel caso in esame l'unico elemento costruttivo di tipo massivo è la parete di separazione delle sale dagli spazi tecnici adibiti allo stoccaggio dei pannelli mobili per la quale, attraverso la **tabella 5.1**, si determina di seguito l'indice di valutazione del potere fonoisolante longitudinale a partire dalla massa superficiale di circa 393 kg/m² relativa alla parete in blocchi tipo Poroton di spessore 30 cm intonacati su ambo i lati:

$R_{Ff,w} = 61$ dB

tale valore viene ottenuto interpolando i valori di $R_{Ff,w}$ relativi alle masse rispettivamente di 350 e 400 kg/m² nella **tabella 5.1**.

Per determinare l'indice di valutazione del potere fonoisolante longitudinale, $R_{Ff,w}$ del controsoffitto e del pavimento sopraelevato si può utilizzare il metodo di calcolo riportato nell'Appendice F della norma UNI EN ISO 12354-1 che utilizza la seguente equazione:

$$R_{Ff} = D_{n,f} + 10 \lg \frac{S_s / I_{lab}}{A_o / I_{Ff}} + 10 \lg \frac{T_{s,F,lab}}{T_{s,F}} + 10 \lg \frac{T_{s,f,lab}}{T_{s,f}} \text{ dB}$$

La norma permette di trascurare gli ultimi due termini contenenti il tempo di riverberazione strutturale se la costruzione esaminata ha un elevato fattore di smorzamento interno, come nel caso di pareti composite e pareti leggere a doppio strato, pertanto la relazione impiegata nella presente verifica risulta pari a:

$$R_{Ff} = D_{n,f} + 10 \lg \frac{S_s / I_{lab}}{A_o / I_{Ff}}$$

in cui:

- $D_{n,f}$ è l'isolamento acustico normalizzato per trasmissione laterale, in dB. Per i controsoffitti si misura attraverso la norma UNI EN 20140-9 (ed. 1998), nel qual caso la grandezza è designata come $D_{n,c}$. Per i pavimenti sopraelevati si misura attraverso la norma UNI EN ISO 140-12 (ed. 2001), nel qual caso la grandezza è designata come $D_{n,f}$;
- S_s è la superficie dell'elemento di partizione, in m²;

- l_{lab} è la lunghezza del giunto tra la partizione e la struttura laterale di laboratorio, in m (in generale vale 4,5 m nel caso di controsoffitti e pavimenti);
- A_0 è l'area di assorbimento equivalente di riferimento: $A_0 = 10 \text{ m}^2$;
- l_{ff} è la lunghezza del giunto tra la partizione e la struttura laterale in esame, in m.

Il calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente della partizione mobile che divide due sale è stato effettuato ipotizzando le seguenti prestazioni acustiche relative a ciascun componente:

PARTIZIONE MOBILE

La prestazione della parete mobile in termini di indice di valutazione del potere fonoisolante certificato in laboratorio in conformità alla norma UNI EN ISO 140-3 risulta pari a:

$R_w \geq 56 \text{ dB}$

Rapporto di prova del 17/11/1997 del Labor für Schallmesstechnik", Rosenheim secondo le norme DIN 52210 e EN 20717

CONTROSOFFITTO

La prestazione del controsoffitto in termini di isolamento acustico normalizzato per trasmissione laterale certificato in laboratorio in conformità alla norma UNI EN 20140-9 risulta pari a:

$D_{n,c,w} \geq 34 \text{ dB}$

Rapporto di prova n. C/03/5L/0886-3498 del 14/04/2004

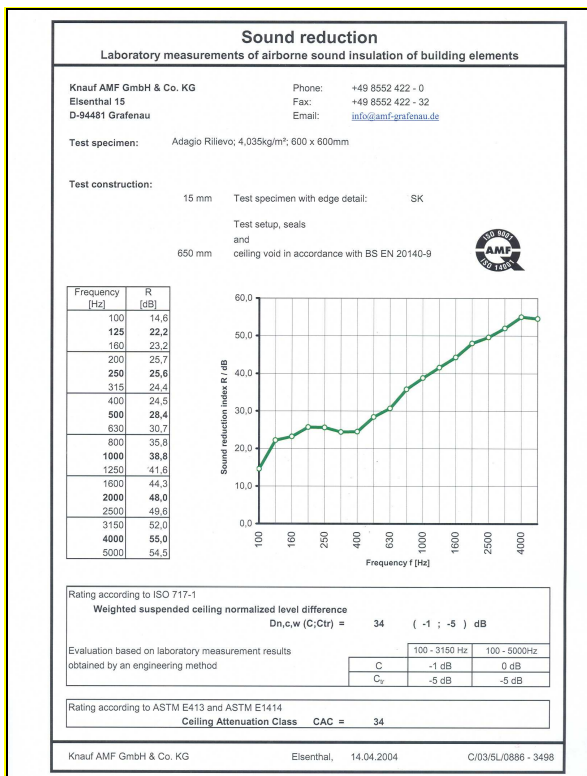


Figura 5.20 – Isolamento acustico laterale certificato in laboratorio del controsoffitto tipo Knauf FEINSTRATOS MICROFORATO

La continuità del controsoffitto viene sempre interrotta in corrispondenza dei binari sui quali scorrono le pareti mobili tipo ESTEFELLER attraverso la presenza della trave metallica (principale o secondaria a seconda dell'orditura) completamente rivestita con materiale fonoassorbente e doppia lastra di cartongesso, pertanto occorre tenere conto di un incremento rispetto al potere fonoisolante longitudinale del solo controsoffitto, $\Delta R_{Ff,w}$ (dB) (v. **figura 5.20**).

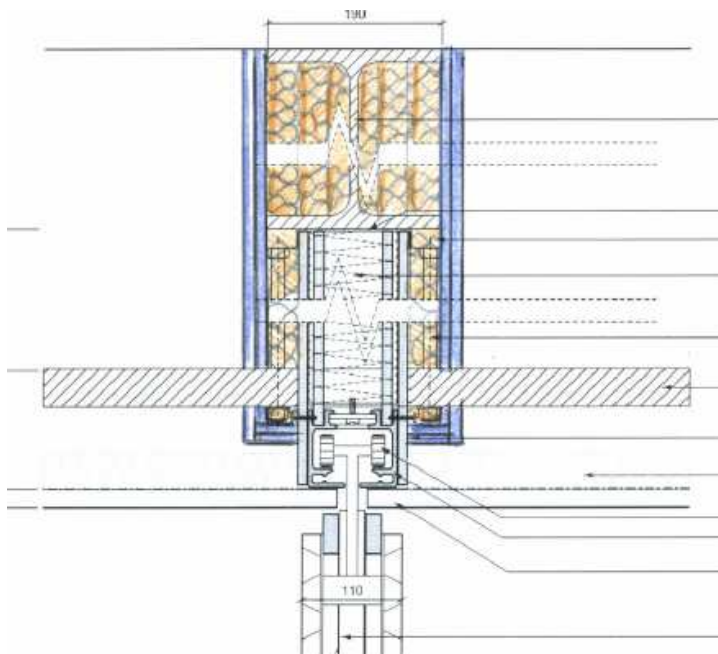


Figura 5.20 – Interruzione della continuità dell'intercapedine del controsoffitto per la presenza della trave metallica rivestita con materiale fonoassorbente e doppia lastra di cartongesso su ambo i lati

Tale miglioramento viene desunto dal prospetto A.3, contenuto nella norma UNI TR 11175, per un sistema analogo a quello in esame (v. **figura 5.21**) e risulta pari a:

$\Delta R_{Ff,w} = 20$ dB

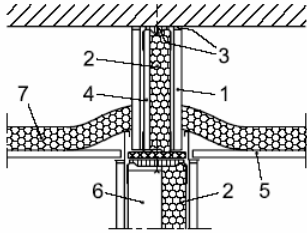
Tipo di controsoffitto	Tipo di compartimentazione acustica	Ampiezza <i>b</i> della interruzione con pannelli fonoassorbenti mm	Miglioramento $\Delta R_{Ff,w}$ dB
Lastre di gesso rivestito su orditura metallica	Setto acustico 	-	20
	Legenda figura 1 Lastre in gesso rivestito messe in opera secondo la UNI 9154-1:1988 2 Materiale isolante fibroso di resistenza al flusso d'aria $r \geq 5$ kNs/m ⁴ e spessore minimo 40 mm 3 Sigillatura a tenuta 4 Sottostruttura del controsoffitto, per esempio profili a banda larga 5 Rivestimento del controsoffitto in lastre con superficie continua oppure pannelli fonoassorbenti con struttura porosa o perforata 6 Divisorio di tipo leggero con collegamento ermetico al controsoffitto 7 Materiale isolante fibroso in strati resistenza al flusso d'aria $r \geq 5$ kNs/m ⁴ e di spessore minimo di 50 mm		

Figura 5.21 – Estratto del Prospetto A.3 della norma UNI TR 11175

PAVIMENTO SOPRAELEVATO

Poiché non si dispone di una certificazione di laboratorio relativa alla prestazione del pavimento sopraelevato in termini di isolamento acustico normalizzato per trasmissione laterale, $D_{n,f,w}$ (dB), in conformità alla norma UNI EN ISO 140-12, si fa riferimento al valore del potere fonoisolante longitudinale di un sistema analogo desunto dal prospetto A.4 della norma UNI TR 11175 (v. **figura 5.22**):

$R_{f,w} \geq 55$ dB

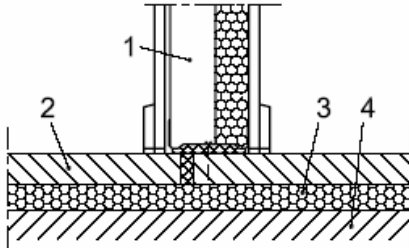
Schema del giunto tra pavimento e parete	$R_{f,w}$ dB
	55

Figura 5.22 – Estratto del Prospetto A.4 della norma UNI TR 11175

Pare opportuno riferirsi a tale schema poiché il pavimento passante del caso in esame risulta interrotto in corrispondenza della parete scorrevole attraverso l'interposizione di un giunto elastico e inoltre l'intercapedine del pavimento è interrotta con un cordolo in c.a. di spessore 12 cm opportunamente sigillato in corrispondenza del pavimento stesso (v. **figura 5.23**).

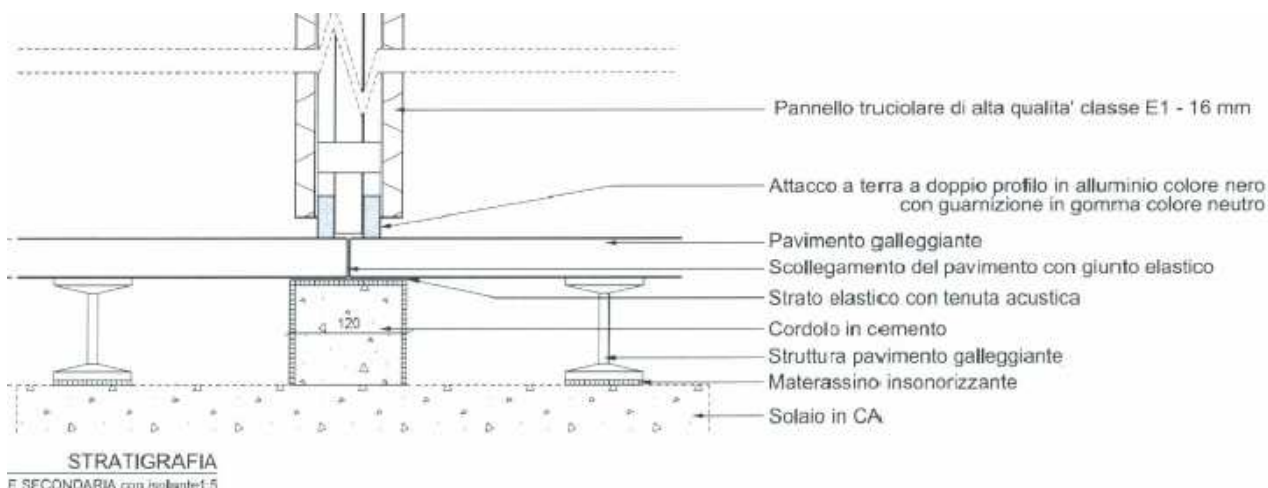


Figura 5.23 – Interruzione della continuità del pavimento attraverso l'interposizione di un giunto elastico e dell'intercapedine del pavimento sopraelevato per la presenza di un cordolo in c.a. opportunamente sigillato

PARTIZIONE MOBILE ADIACENTE

Le partizioni mobili adiacenti sono dello stesso tipo di quella a divisione per il quale viene effettuato il calcolo in esame.

Per determinare la prestazione acustica in termini di indice di valutazione del potere fonoisolante longitudinale, $R_{Ff,w}$ (dB), si prende a riferimento una situazione analoga contenuta nel prospetto A.6 della norma UNI TR 11175.

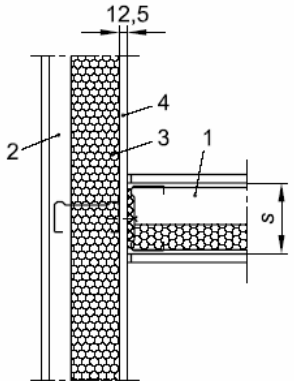
Tipo di collegamento	Rivestimento del lato interno della parete laterale: numero di strati	$R_{Ff,w}$ dB
Rivestimento passante della parete laterale 	1	53
	2	57 ¹⁾

Figura 5.24 – Estratto del Prospetto A.6 della norma UNI TR 11175

Attraverso il metodo prima descritto e a partire dalle prestazioni di laboratorio dei vari componenti sopra riportate, si determina la prestazione acustica, in termini di indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w), della partizione che divide le due sale in oggetto:

$$R'_w \geq 50.6 \text{ dB}$$

PORTE

Per quanto riguarda le porte, al fine di non creare dei ponti acustici tra sale e, nel contempo, tra sale e foyer, occorre che queste garantiscano idonee prestazioni in termini di isolamento acustico ai rumori aerei. In particolare si ritiene corretto un valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante certificato in laboratorio almeno pari a:

$$R_w \geq 45 \text{ dB.}$$

In accordo con quanto richiesto in sede di Progetto Definitivo quella appena indicata è la prestazione di laboratorio dichiarata dalla ESTEFELLER per le porte in esame (v. **figura 5.25** e **fig. 5.26**).

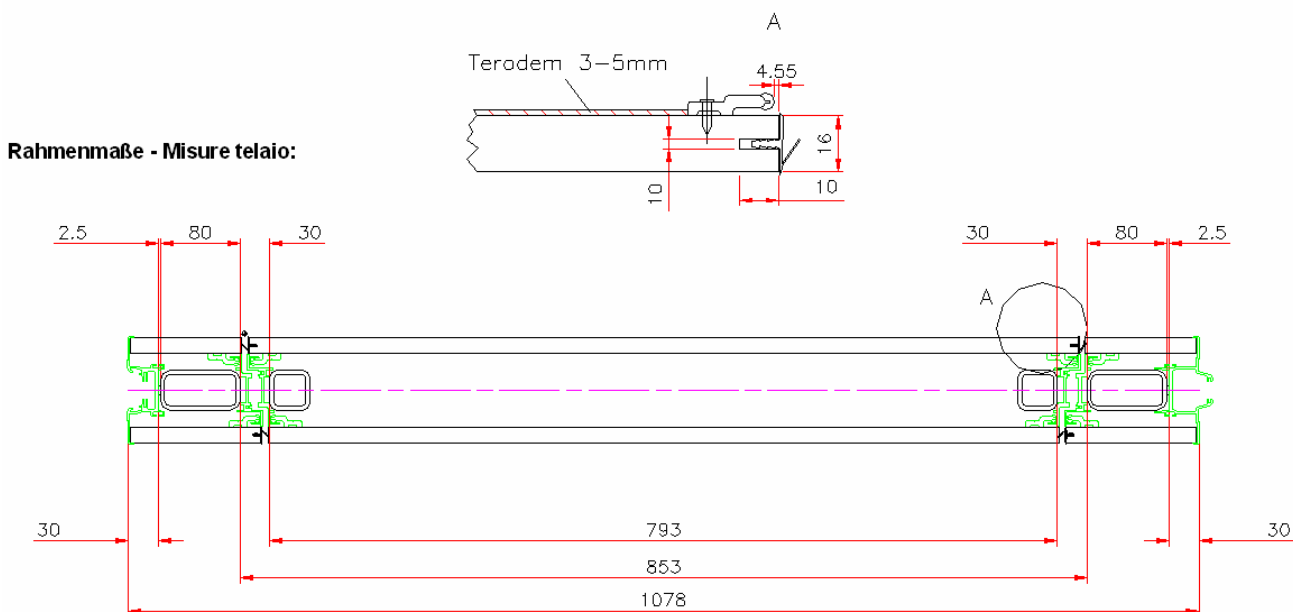


Figura 5.25 – Porta da inserire nelle pareti mobili tipo Estfeller

Maßst. 1:5	Tol. in mm DIN 7168	0,5 bis 3	>3 bis 6	>6 bis 30	>30 bis 120	estfeller	Zeichn.Nr. 03155752.1	
Roht.Nr.		±0.15	±0.2	±0.5	±0.8			
Verwendungsbereich		>120 bis 400	>400 bis 1000	>1000 bis 2000	>2000 bis 4000	Benennung		
Material		Türelement P100 TU-E ab 45 dB				Neues Zargenprofil		
		Elemento porta P100 TUE da 45 dB				Nuovo profilo porta		
Oberfläche	Ers.f.							
	Ers.d.							
		Datum	Name					
	Bear.	29.03.06	Armin					
	Gepr.	Zust. Änderung					Datum	Name

Figura 5.26 – Caratteristiche tecniche ed acustiche della porta da inserire nei pannelli scorrevoli dichiarati dal Produttore

5.4 Indicazioni per la riduzione del rumore dovuto agli impianti

Per le indicazioni sulla riduzione del rumore degli impianti si vedano le relazioni di verifica previsionale dei requisiti acustici passivi relative all'edificio R (residenziale) e all'edificio D (direzionale).

Sono previste due zone tecniche poste sui lati dell'edificio ad un livello ribassato di 4 metri circa rispetto alla copertura, ciascuna delle quali servirà metà edificio.

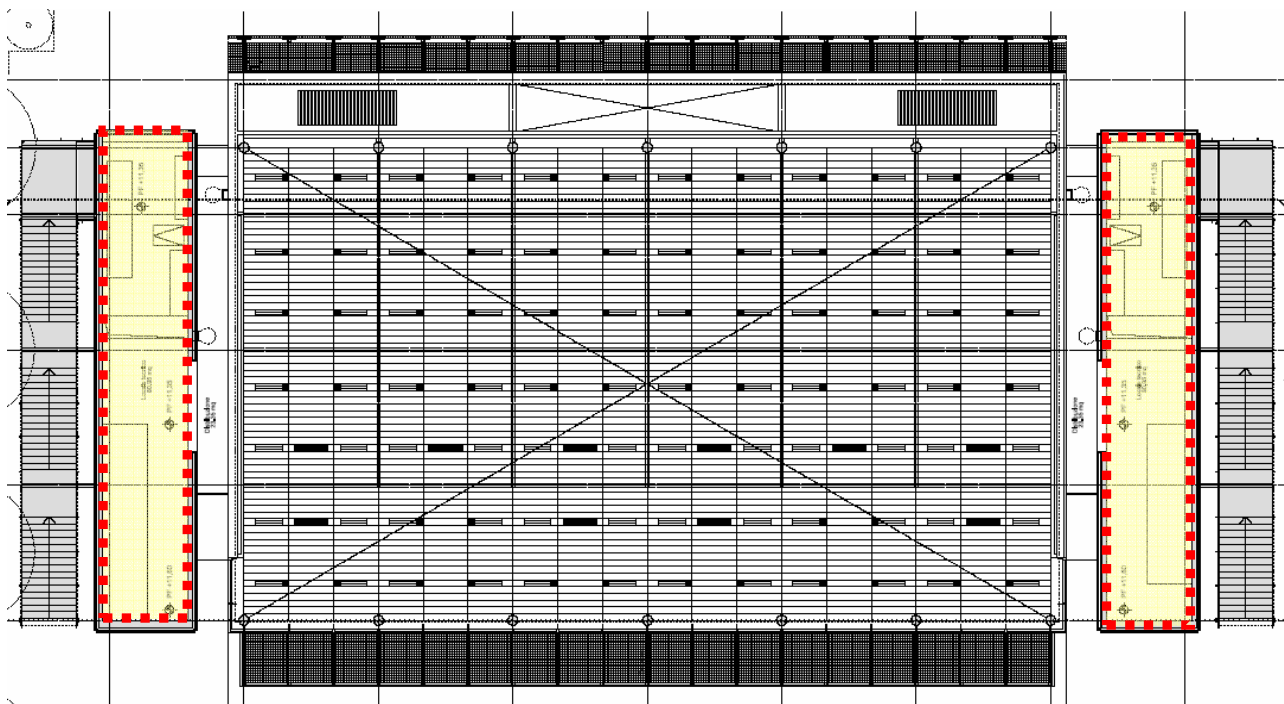


Figura 5.27 – Indicazione in pianta delle zone tecniche dell'edificio

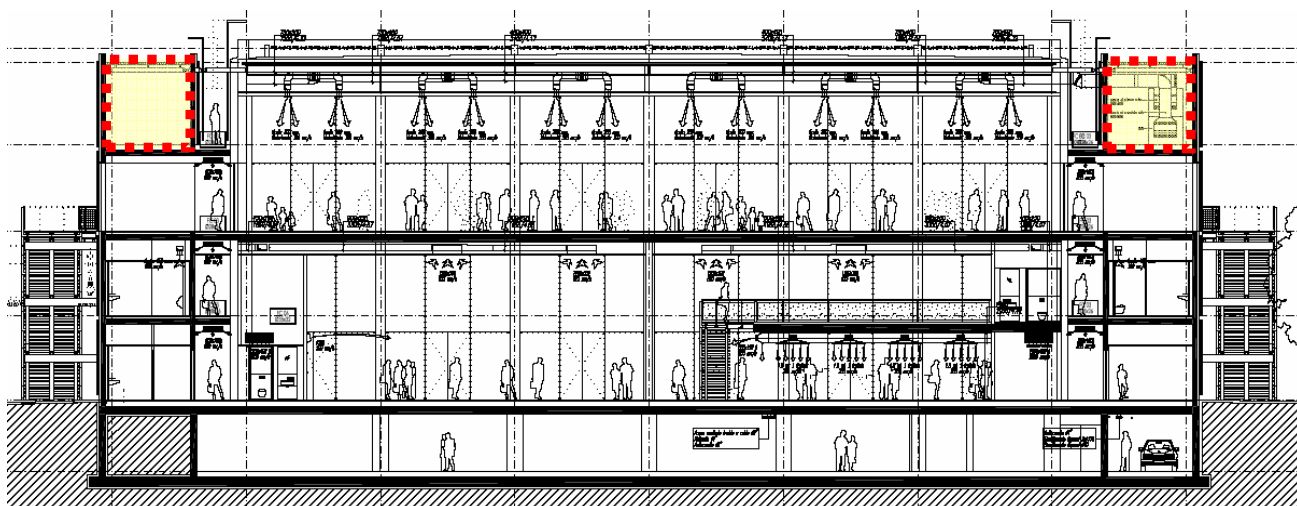


Figura 5.28 – Indicazione in sezione delle zone tecniche dell'edificio

I gruppi ventilanti delle macchine di trattamento aria sono posizionati come indicato nella figura che segue, (per maggiori dettagli si veda la relazione relativa agli impianti meccanici).

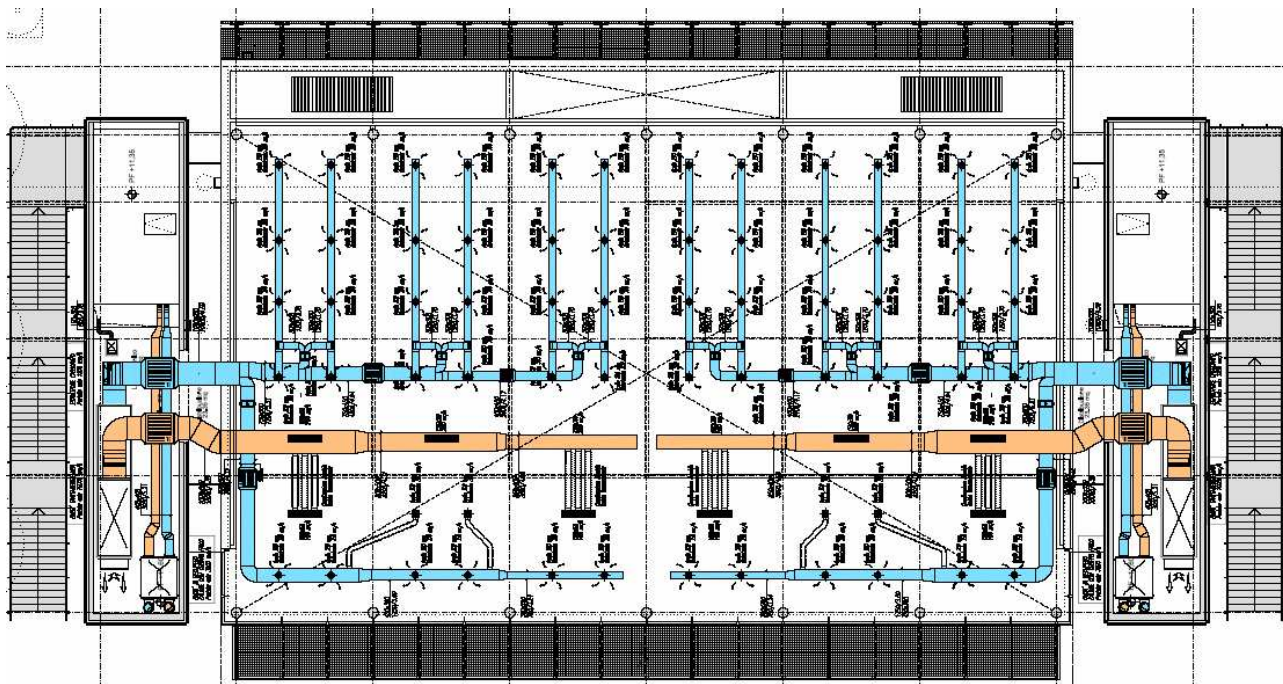


Figura 5.29 – Indicazione in pianta della distribuzione aeraulica

Per la verifica del rumore prodotto dai canali di mandata e ripresa dell'aria primaria cautelativamente si è scelto di verificare il livello di pressione sonora prodotto in prossimità del diffusore più vicino all'UTA, ovvero quello indicato nella figura che segue.

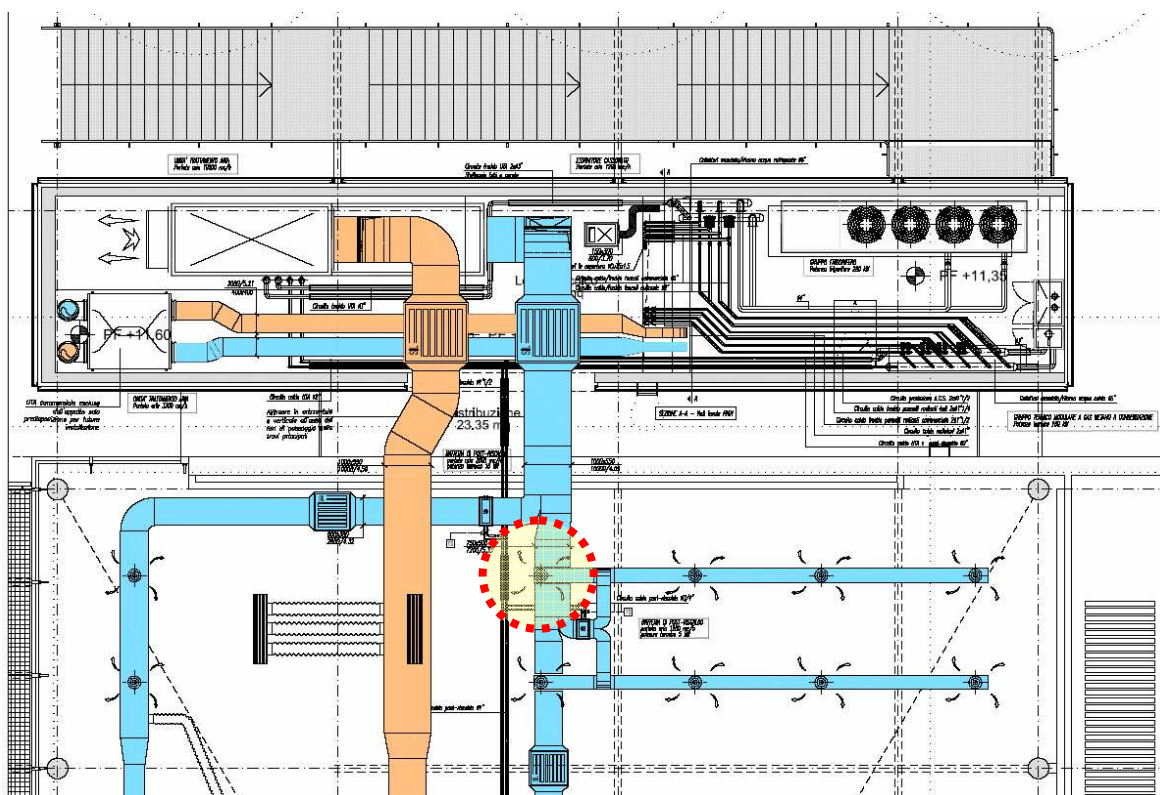


Figura 5.30 – Indicazione in pianta del diffusore in prossimità del quale viene effettuato il calcolo di livello di pressione sonora prodotto dallo stesso

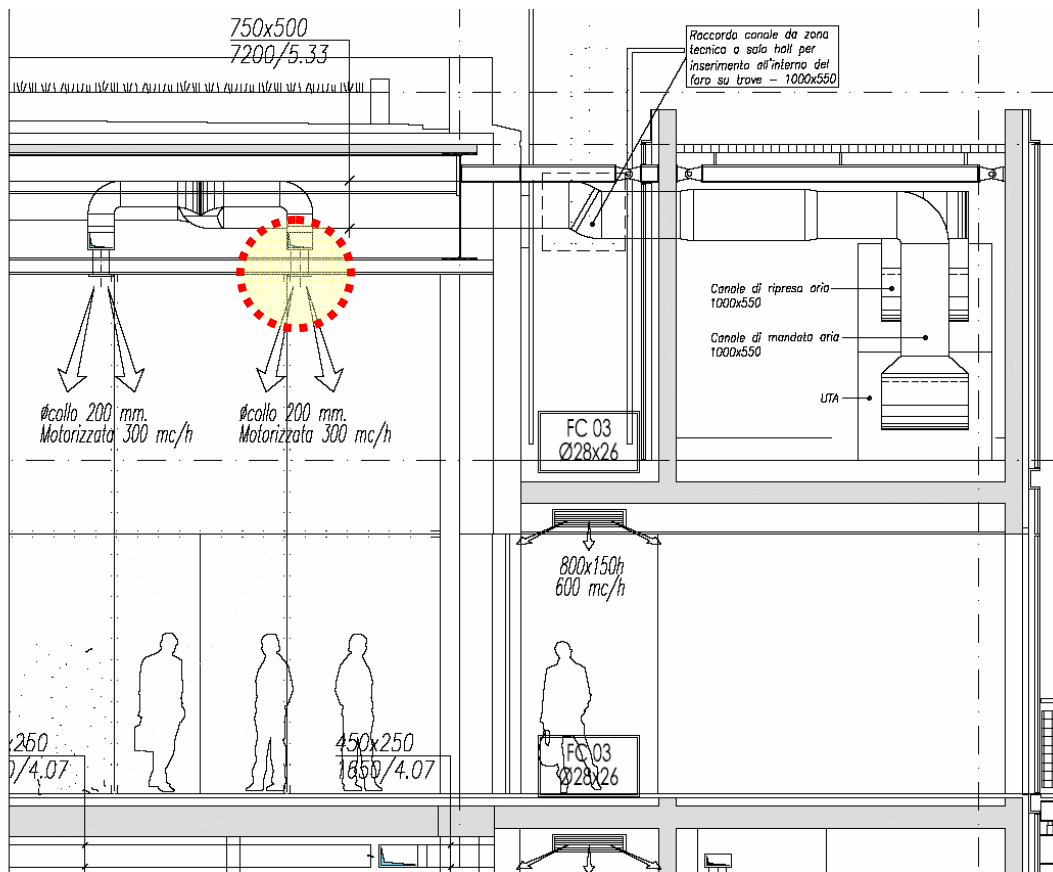


Figura 5.31 – Indicazione in sezione del diffusore in prossimità del quale viene effettuato il calcolo di livello di pressione sonora prodotto dallo stesso

Il calcolo è stato effettuato a partire dai seguenti dati in frequenza di potenza sonora relativi all'UTA (portata d'aria 10.000 m³/h) così come indicati dal Fornitore (v. **tabella 5.3**).

	Frequenze (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Livello di potenza sonora del ventilatore di mandata (dB)	90	86	85	82	82	78	77	70
Attenuazione acustica del silenziatore (dB)	5	9	18	31	39	40	32	24
Livello attenuato (dB)	85	77	67	51	43	38	45	46

Tabella 5.2 – Livelli di potenza sonora in frequenza del ventilatore di mandata e attenuazione acustica del silenziatore

Cautelativamente il calcolo viene effettuato considerando la bocchetta più vicina al ventilatore. Di seguito si effettua il calcolo del livello di potenza sonora che arriva alla bocchetta più vicina tenendo conto di tutte le attenuazioni dovute ai vari elementi dell'impianto.

Lw UTA mandata (dB)	Lunghezza (m)	Frequenza (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
		85	77	67	51	43	38	45	46
Condotto rettilineo da 550 mm	2	2	2.6	1.4	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Raccordo a 90° da 550 mm		0	0	6	8	4	3	3	3
Condotto rettilineo da 550 mm	3	3	3.9	2.1	2.1	0.48	0.48	0.48	0.48
Perdita di potenza sonora alla diramazione (rapporto = 0.72)		1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Tratto rettilineo da 500 mm	2	2	2.6	1.4	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32

Perdita per riflessione alla bocchetta		19	13	7.5	3.8	0.5	0	0	0
L _w irradiato nell'ambiente (dB)		57.6	53.5	47.2	35.1	36.0	32.5	39.5	40.5

Tabella 5.3 – Determinazione del livello di potenza sonora irradiato nell'ambiente oggetto di verifica

Nella tabella che segue si riporta il risultato del calcolo del livello di pressione sonora presente ad 4.5 m di distanza dalla sorgente sonora considerata.

LIVELLO DI PRESSIONE DIRETTA									
	Globale	Frequenza (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _w (dB)	59.4	57.6	53.5	47.2	35.1	36.0	32.5	39.5	40.5
r (m)	4.5								
ID(θ)		4.2	5.2	6.5	7.5	8.1	9	9	9
L _{pD} (dB)	40.3	37.7	34.6	29.6	18.5	20.0	17.4	24.4	25.4
LIVELLO DI PRESSIONE RIVERBERATA									
	Globale	Frequenza (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _w (dB)	59.4	57.6	53.5	47.2	35.1	36.0	32.5	39.5	40.5
R _c (m ²)	1260.00	1260.0	1260.0	1260.0	1260.0	1260.0	1260.0	1260.0	1260.0
S _r (m ²)	1890								
α medio	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
L _{pR} (dB)	34.4	32.6	28.5	22.2	10.1	11.0	7.5	14.5	15.5
LIVELLO DI PRESSIONE DIRETTA + RIVERBERATA									
	Globale	Frequenza (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _{pD} +L _{pR} (dB)	41.3	38.9	35.6	30.4	19.1	20.5	17.8	24.8	25.8
Correzione dB(A)		-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0.0	1.2	1.0	-1.1
L _{pD} +L _{pR} dB(A)	30.7	12.7	19.5	21.8	15.9	20.5	19.0	25.8	24.7

Tabella 5.4 – Livello di pressione sonora calcolato a 4.5 m dal diffusore più vicino all'UTA

Prendendo a riferimento il valore indicativo contenuto nel prospetto 2 della norma UNI 8199 "Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione" pari a 30 dB(A) per le Sale Conferenza, dalla tabella sopra riportata emerge il rispetto di tale valore.

6. CRITERI DI POSA IN OPERA

Per i criteri di posa in opera si veda la relazione di verifica previsionale dei requisiti acustici passivi relativa all'Edificio Residenziale).

7. VERIFICA DEL COMFORT ACUSTICO DELLA SALA POLIVALENTE

7.1 Premessa

Per la verifica della qualità acustica degli ambienti interni si fa riferimento a diversi parametri, di cui il più importante e conosciuto risulta essere il tempo di riverberazione (RT). Questo rappresenta il tempo necessario affinché un livello sonoro stazionario presente nell'ambiente decada di 60 dB, ovvero diventi impercettibile per le persone¹ ed influenza in maniera sensibile la qualità percettiva della voce e della musica.

Valori elevati del tempo di riverberazione causano fastidiosi incrementi del livello di rumorosità prodotto all'interno dell'ambiente stesso o proveniente da ambienti adiacenti, viceversa valori eccessivamente bassi determinano condizioni di "ambiente sordo" ed in generale un senso di "secchezza" del segnale sonoro. In generale, il valore ottimale di questo parametro dipende dal volume dell'ambiente, dalla frequenza del suono e dalla tipologia di attività (sala conferenze, attività musicale, ecc.).

In questa relazione si riportano i risultati della verifica del tempo di riverberazione e degli altri parametri oggettivi nello stato di progetto, considerando le specifiche dimensionali e le caratteristiche dei materiali che si prevede di impiegare.

Al momento non risulta definita la destinazione d'uso di tali spazi, se si debba quindi privilegiare l'ascolto della parola o della musica, e se il progetto debba essere ottimizzato in funzione di un'acustica "naturale" o "amplificata" attraverso un impianto elettro-acustico.

Poiché questa è la premessa necessaria al fine di progettare in maniera corretta la risposta acustica di una sala, si cercherà di fare delle ipotesi più probabili circa l'utilizzo della sala nelle diverse configurazioni. Ciò posto, il progetto sarà finalizzato a contenere il più possibile i tempi di riverbero nell'ottica di privilegiare l'intelligibilità del parlato (soprattutto nell'eventualità dell'utilizzo di un impianto elettroacustico) più che l'ascolto della musica, nelle differenti ipotesi di configurazione della sala.

Nel parlato l'interesse di un ascoltatore sta nel percepire ogni fonema con la massima chiarezza, e quindi non mascherato da un suono di riverberazione. Nel caso della musica, invece, è auspicabile la presenza di un certo grado di riverberazione, variabile a seconda del genere musicale, indispensabile per ottenere certi effetti benefici quali il mescolamento dei suoni (amalgama) ed il legamento delle note. In relazione alla discontinuità del messaggio sonoro, assume poi particolare importanza il potere di risoluzione temporale dell'udito, ossia la capacità di udire due suoni come distinti al ridursi dell'intervallo temporale che li separa.

Dalla psicoacustica è infatti noto come l'udito, mentre riesce a percepire due suoni diversi nello stesso istante, tende invece a confondere due suoni uguali (di uguale frequenza) percepiti fino a qualche centesimo di secondo l'uno dall'altro; ciò dipende dal fatto che suoni di diversa frequenza vanno ad interessare terminazioni diverse del nervo acustico, per cui le sensazioni prodotte sono

¹ La diminuzione di 60 dB corrisponde alla riduzione ad un milionesimo del quadrato della pressione sonora.

mantenute distinte. In pratica l'apparato uditivo umano si comporta, frequenza per frequenza, come un filtro integratore.

Ai fini dell'ascolto si può quindi ritenere interamente utile solo quella parte della riverberazione di un segnale che viene percepita con un ritardo, rispetto all'onda diretta, non superiore a qualche decina di millisecondi.

Per ritardi maggiori (superiore a 35 ms circa), il suono di riverberazione è integrato solo parzialmente all'onda diretta e per una frazione che decresce progressivamente all'aumentare del ritardo fino a risultare completamente disturbante quando il ritardo supera il centinaio di millisecondi.

Si comprende ora l'importanza che assume in ogni punto di una sala la distribuzione temporale dell'energia dovuta al campo riverberante; una volta definita la natura del messaggio sonoro, il contributo della riverberazione può ritenersi utile, se non in certi casi indispensabile, unicamente se è ridotto il ritardo con il quale viene percepito rispetto al contributo diretto della sorgente.

In maniera molto sintetica le condizioni necessarie per ottenere una buona risposta acustica, oltre al tempo di riverberazione ottimale, in una sala sono le seguenti:

- Forma geometrica e dimensioni opportune;
- Livello sonoro sufficiente per tutti i punti di ascolto;
- Assenza di rumori disturbanti (elevato rapporto segnale/disturbo).

Per quanto riguarda la forma della sala occorre evitare difetti acustici tali da provocare la focalizzazione del suono o fenomeni di eco. Alcune forme delle pareti di confine della sala conducono a concentrazioni localizzate di energia sonora, per contro altri punti non ricevono abbastanza energia riflessa e il livello sonoro diviene insufficiente. Per ridurre fenomeni di questo tipo occorre evitare quanto più possibile le superfici concave.

Per quanto riguarda il livello sonoro sufficiente per tutti i punti di ascolto, per assicurare una buona intelligibilità della parola occorre che questo sia almeno di 55 dB. Esistono in letteratura² delle tabelle che riportano il valore limite del volume superato il quale, a seconda del tipo di sorgente sonora, è necessario ricorrere ad un impianto di amplificazione (v. **tabella 3.1**).

Sorgente sonora	Volume (m ³)
Oratore	3000
Oratore addestrato (es. attore)	6000
Cantante o solista strumentale	10000
Orchestra sinfonica	20000

Tabella 7.1 - Valori limite del volume oltre i quali è necessario ricorrere ad un impianto di amplificazione

7.2 Parametri oggettivi del comfort acustico

Di seguito si elencano i principali parametri che determinano la qualità acustica di un ambiente destinato prevalentemente all'ascolto della parola.

² Moncada Lo Giudice G., Santoboni S., "Acustica", Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 2000.

7.2.1 Il tempo di riverberazione

Il comportamento acustico degli ambienti chiusi è caratterizzato dalla presenza della riverberazione, ossia dalle conseguenze prodotte dei successivi rinvii dell'energia sonora da parte delle pareti di confine e degli eventuali oggetti presenti all'interno dell'ambiente.

Il campo sonoro risulta perciò costituito dalla sovrapposizione del campo sonoro diretto, dovuto alle onde sonore irradiate direttamente dalla sorgente, e del campo riverberato, prodotto dall'insieme dell'energia sonora rinviata.

In acustica il parametro caratteristico utilizzato per determinare quantitativamente la rapidità di estinzione del campo sonoro riverberato è il *tempo di riverberazione*, RT , denominato anche durata convenzionale della coda sonora³.

Questo è definito come il tempo necessario perché a partire dall'istante di inizio del transitorio di estinzione la densità sonora nell'ambiente discenda di 60 dB.

Il valore del tempo di riverberazione RT in base a numerose indagini sperimentali condotte da Sabine, risulta direttamente proporzionale al volume della sala e inversamente proporzionale ad un parametro A che prende il nome di *unità assorbenti totali* della superficie di confine della sala, secondo l'espressione:

$$T_{60} = 0.16 \frac{V}{\sum_i a_i S_i}$$

dove:

- RT = tempo di riverberazione (s);
- V = volume dell'ambiente (m^3);
- a_i = coefficiente di assorbimento della superficie i -esima;
- S_i = area della superficie i -esima.

Il fenomeno della riverberazione in un ambiente chiuso presenta degli aspetti positivi e degli aspetti negativi. Se da una parte la presenza del campo sonoro riverberato è utile ai fini dell'ascolto, perché il suo contributo innalza il valore della densità di energia sonora in regime permanente e fornisce "condizioni naturali" di ascolto (non è deve mai essere eliminata del tutto), da un altro lato un valore eccessivo della durata peggiora la qualità dell'ascolto con perdita dell'intellegibilità e "impastamento" del segnale sonoro.

Alla luce di quanto appena detto il tempo di riverberazione, RT , deve assumere, a seconda delle condizioni di ascolto, un valore ottimale in modo da offrire il miglior compromesso per l'influenza del campo sonoro riverberato sulla qualità dell'ascolto.

In linea generale si può dire che per sale destinate all'ascolto del parlato si riscontrano valori di RT più brevi, a parità di altre condizioni, che per le sale destinate allo svolgimento di programmi musicali. I valori più brevi di RT si riscontrano nelle sale in cui il suono diretto viene privilegiato rispetto

³ La normativa di riferimento per la misura del tempo di riverbero è la ISO 3382 "Acoustics - Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters".

a quello riverberato, come avviene per le sale cinematografiche e, in generale, quando sia presente un sistema elettroacustico di diffusione sonora.

Il valore del RT ottimale di un ambiente chiuso dipende, oltre che dalla destinazione d'uso, dallo spettro di emissione della sorgente e dal tipo di messaggio sonoro che verrà prodotto, anche dal volume della sala secondo i valori contenuti nella tabella che segue.

Volume (m ³)	Tempo di riverberazione T ₆₀ (s)	
	Musica	Parola
1000	0,99÷1,25	0.75÷0.92
2500	1.1÷1.45	0.83÷1.02
5000	1.25÷1.65	0.92÷1.12
10000	1.4÷1.85	0.99÷1.21
15000	1.5÷2	1.04÷1.27
20000	1.55÷2.1	1.08÷1.32
25000	1.6÷2.15	1.12÷1.38

Tabella 7.2 - Tempi di riverberazione ottimali per la musica e la parola al variare del volume per $f = 500$ Hz .

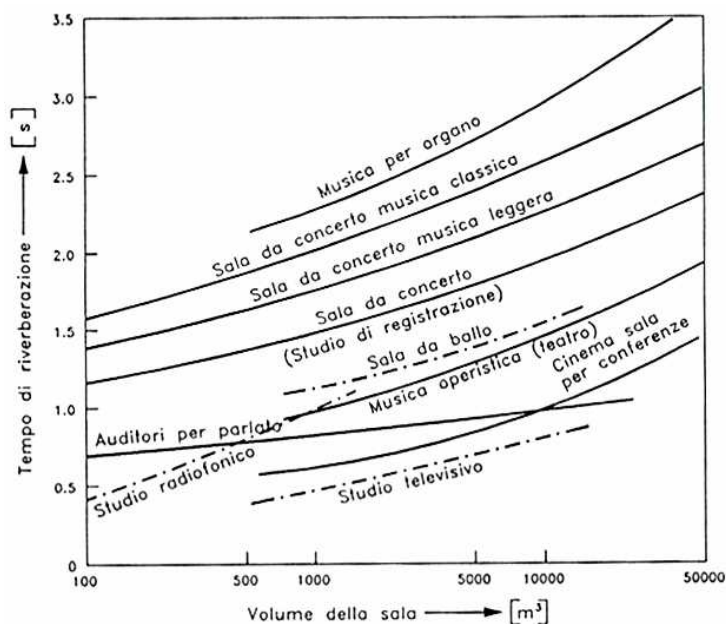


Figura 7.1 - Valori ottimali del tempo di riverberazione in funzione del volume della sala e della destinazione d'uso della sala, alla frequenza di 500 Hz.

I valori prima esposti saranno quelli con cui verranno confrontati i parametri della sala in esame.

7.2.2 Tempo di ritardo iniziale (ITDG)

Il tempo di ritardo iniziale (ITDG) rappresenta il ritardo in millisecondi (ms) tra l'arrivo del suono diretto e la prima riflessione importante. È correlato alla sensazione di intimità e prossimità acustica del pubblico rispetto alla sorgente sonora.

Come si vedrà dalle verifiche che seguono, tale parametro si può calcolare sulla base della geometria della sala.

Il valore ottimale è:

$$ITDG \leq 35 \text{ ms}$$

7.2.3 Early Delay Time (EDT)

Il parametro “Early Delay Time” o EDT è importante perché si riferisce alla parte iniziale del decadimento sonoro e determina quanto morbido o repentino sia l'andamento di tale decadimento. Per la progettazione acustica è a volte un dato essenziale, in quanto è più realistico del RT, che si riferisce al decadimento completo del suono, che raramente occorre durante la sonorizzazione mediante musica o parlato. L'altezza della copertura influisce sul valore di EDT nelle posizioni di ascolto collocate in prossimità della sorgente. È la relazione fra RT e EDT che ci fornisce la chiarezza.

Il valore ottimale è:

$$1.8 < EDT < 2.6 \text{ s}$$

7.2.4 Chiarezza (C_{50})

La chiarezza è un parametro che rappresenta il grado di distinguibilità del suono, ovvero quanto i singoli suoni sono distinguibili l'uno dall'altro all'interno di una emissione complessa. Una sala con un basso livello di chiarezza corrisponde a una bassa qualità acustica. Di contro, un livello troppo alto di questo parametro produce, nel caso delle performances musicali una resa sonora troppo “precisa” e priva di armonia.

I valori ottimali per una sala vuota alle frequenze medie (500-1000 Hz) sono i seguenti:

$$0 < C_{50} < 2 \text{ dB} \quad \text{DISCRETO}$$

$$C_{50} > +3 \text{ dB} \quad \text{BUONO}$$

7.2.5 Definizione (D_{50})

La definizione, è un parametro simile alla chiarezza, ma si relaziona alla distinguibilità e intellegibilità del parlato, piuttosto che alla chiarezza delle componenti di brani musicali. È dato dal rapporto tra l'energia sonora che arriva nei primi 50 ms e l'energia totale, pertanto rappresenta un valore percentuale.

Per il parlato il valore ottimale è:

$$D_{50} \geq 50\%$$

7.2.6 Speech Transmission Index (STI)

Un metodo oggettivo per stabilire la qualità del parlato e quanto sia correttamente e chiaramente ascoltabile è basato sullo Speech Transmission Index (STI).

Lo STI è un parametro utile per la progettazione di un ambiente dedicato all'ascolto della parola dal momento che tiene conto degli effetti del rumore di fondo e della riverberazione sulla intellegibilità del parlato stesso.

Negli ambienti oggetto della presente relazione si è tenuto conto del rumore di fondo definito dalla curva NR25 che ha in frequenza i seguenti livelli sonori:

	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR25	44	35	29	25	22	20	18

Tabella 7.3 – Qualificazione del rumore di fondo secondo la curva NR25

I valori ottimali sono di seguito riportati:

$0.45 < STI < 0.6$ QUALIFICAZIONE INTELLEGIBILITÀ SUFFICIENTE

$0.45 < STI < 0.6$ QUALIFICAZIONE INTELLEGIBILITÀ BUONA

$STI > 0.75$ QUALIFICAZIONE INTELLEGIBILITÀ ECCELLENTE

7.2.7 Rinforzo del suono (G)

La qualità dell'ascolto è legata anche alla risposta dinamica della sala. Il parametro Rinforzo del suono rappresenta la valutazione della percezione quantitativa del suono, della sua "robustezza", secondo la definizione della Norma ISO 3382. Su questa caratteristica hanno influenza sia l'energia sonora generata sia le caratteristiche acustiche della sala.

Più alto è il valore che assume G, più forte e "robusto" è il suono rappresentato. Tale valore dipende dalla distanza fra sorgente e ricevitore. Questa è la ragione per cui nel modello base della diffusione acustica questo valore sia alto in prossimità del palco e si riduca progressivamente, allontanandosi da esso.

A sala vuota il valore ottimale di G alle medie frequenze (500-1000 Hz) è:

$G \geq 11$ dB

7.3 Le configurazioni di progetto della sala polivalente

Il volume centrale del 1° piano è costituito da uno spazio polivalente di circa 21x36 m, alto 6 m, completamente libero da colonne o altro elemento verticale ed è divisibile a seconda delle esigenze seguendo diversi layout.

Lo spazio polivalente è organizzato in moduli di 6x6 m definiti dalla partizione dei controsoffitti e dai binari su cui scorrono i moduli mobili delle pareti. Il progetto esecutivo prevede l'installazione di 44 pannelli mobili e della completa griglia dei binari consentendo in questa fase di realizzare le conformazioni indicate nella figura che segue.

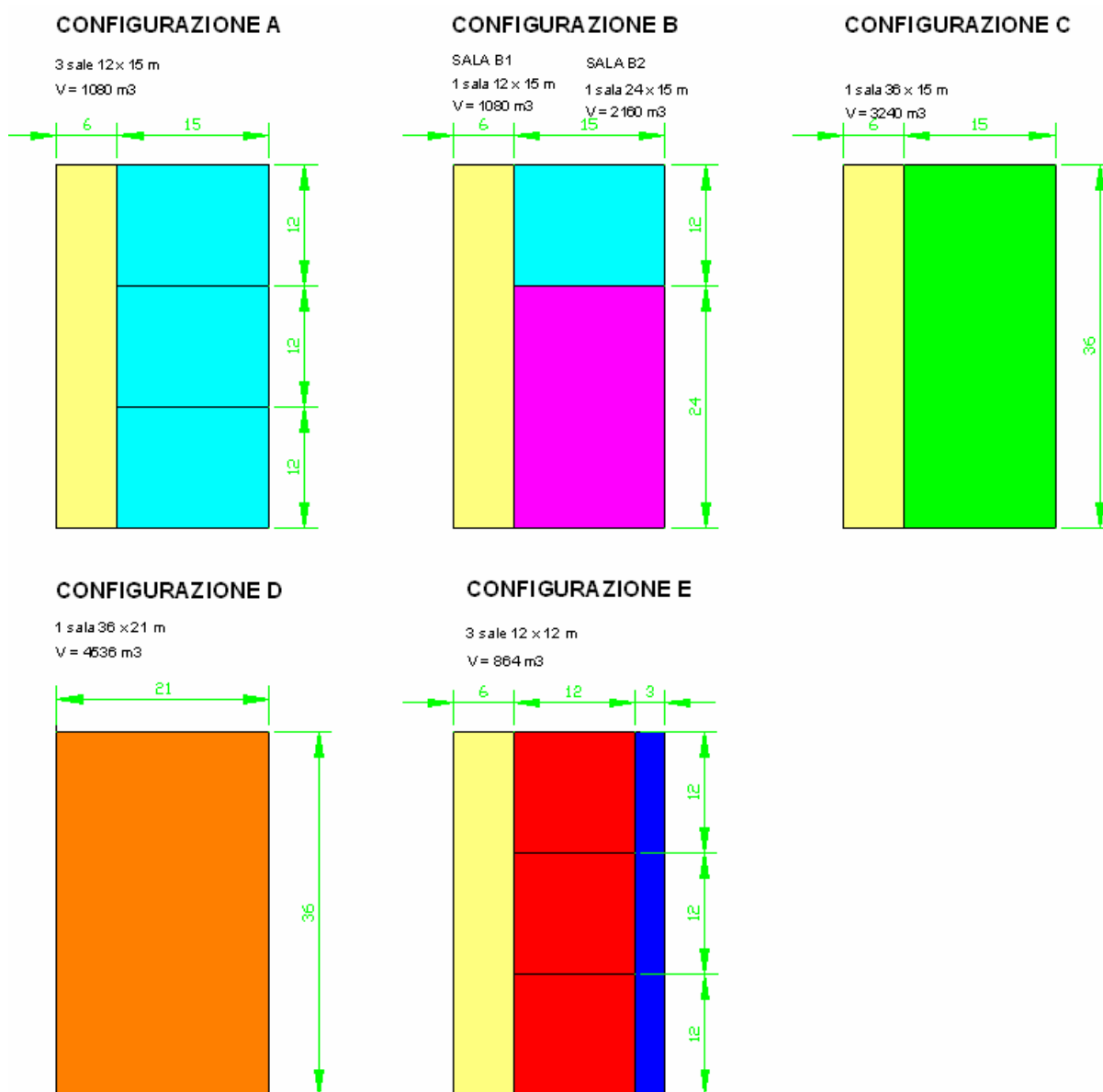


Figura 7.2 – Differenti configurazioni distributive della sala polivalente

In particolare, le configurazioni previste sono le seguenti:

- La CONFIGURAZIONE A è costituita da un foyer di dimensioni 6 x 36 m dal quale si accede a 3 sale rettangolari di dimensioni 15 x 12 m;
- La CONFIGURAZIONE B è costituita da un foyer di dimensioni 6 x 36 m dal quale si accede a una sala rettangolare di dimensioni 15 x 12 m (B1) e ad una sala di 15 x 24 m (B2);
- La CONFIGURAZIONE C è costituita da un foyer di dimensioni 6 x 36 m dal quale si accede a una sala rettangolare di dimensioni 15 x 36 m;
- La CONFIGURAZIONE D è costituita da un'unica sala che prende l'intero piano di dimensioni 21 x 36 m;
- La CONFIGURAZIONE E è costituita da un foyer di dimensioni 6 x 36 m e da uno spazio distributivo di dimensioni 3 x 36 m, dai quali si accede a tre sale rettangolari di dimensioni 12 x 12 m.

Il progetto prevede la presenza dei seguenti materiali e componenti all'interno della sala.

PAVIMENTO

Il pavimento è realizzato in marmo su una struttura di tipo sopraelevato.

I coefficienti di fonoassorbimento impiegati nei calcoli, desunti da letteratura, sono quelli riportati nella tabella che segue.

Componente	125	250	500	1000	2000	4000
Pavimento in marmo	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04

Tabella 7.4 – Coefficienti di fonoassorbimento relativi al pavimento in marmo

VETRATA

La parete della sala esposta verso la piazza è costituita da una facciata continua totalmente vetrata.

I coefficienti di fonoassorbimento impiegati nei calcoli, desunti da letteratura, sono quelli riportati nella tabella che segue.

Componente	125	250	500	1000	2000	4000
Vetrata	0.13	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02

Tabella 7.5 – Coefficienti di fonoassorbimento relativi al pavimento in marmo

PARETI TIPO ESTFELLER

Le pareti scorrevoli tipo ESTFELLER mod. DS 100 sono realizzate in pannelli di truciolare rivestiti con laminato HPL

I coefficienti di fonoassorbimento impiegati nei calcoli, desunti da letteratura, sono quelli riportati nella tabella che segue.

Componente	125	250	500	1000	2000	4000
Pareti tipo ESTFELLER mod. DS 100	0.1	0.09	0.08	0.05	0.04	0.04

Tabella 7.6 – Coefficienti di fonoassorbimento relativi alle pareti scorrevoli tipo ESTFELLER DS 100

CONTROSOFFITTO TIPO KNAUF FEINSTRATOS MICROFORATO

Il controsoffitto è costituito da pannelli in lana minerale tipo Knauf FEINSTRATOS MICROFORATO, spessore 15 mm.

I coefficienti di fonoassorbimento, dichiarati dal Produttore, sono riportati nel grafico e nella tabella che seguono.

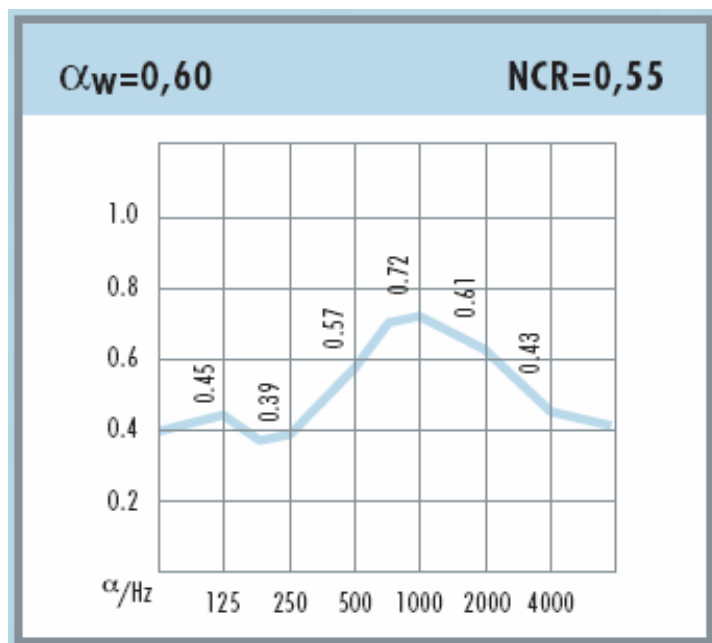


Figura 7.3 - Coefficienti di fonoassorbimento relativi al controsoffitto tipo Knauf Feinstratos microforato

Componente	125	250	500	1000	2000	4000
Controsoffitto tipo Knauf Feinstratos microforato	0.45	0.39	0.57	0.72	0.61	0.43

Tabella 7.7 – Coefficienti di fonoassorbimento relativi al controsoffitto tipo Knauf Feinstratos microforato

Pannelli fonoassorbenti tipo Patt STILLWALL

Tre delle quattro pareti fisse della sala saranno rivestire con pannelli fonoassorbenti modulari tipo Patt STILLWALL 12/5. Si tratta di pannelli in MDF di spessore 16 mm, microforati sul lato visibile con fori di diametro 12 mm e interasse tra i fori di 16 mm e sul lato non visibile con fori di diametro 5 mm, rivestiti sul lato interno con un velo di TNT. Tali pannelli vengono montati su una struttura di supporto che crea un'intercapedine di spessore 12 mm, la quale a sua volta viene montata su un profilo in alluminio di spessore 15 mm.

In questo modo è possibile inserire un pannello in poliestere di spessore 20 mm con retrostante intercapedine di 7 mm (v. **figura 7.4** e **figura 7.5**).

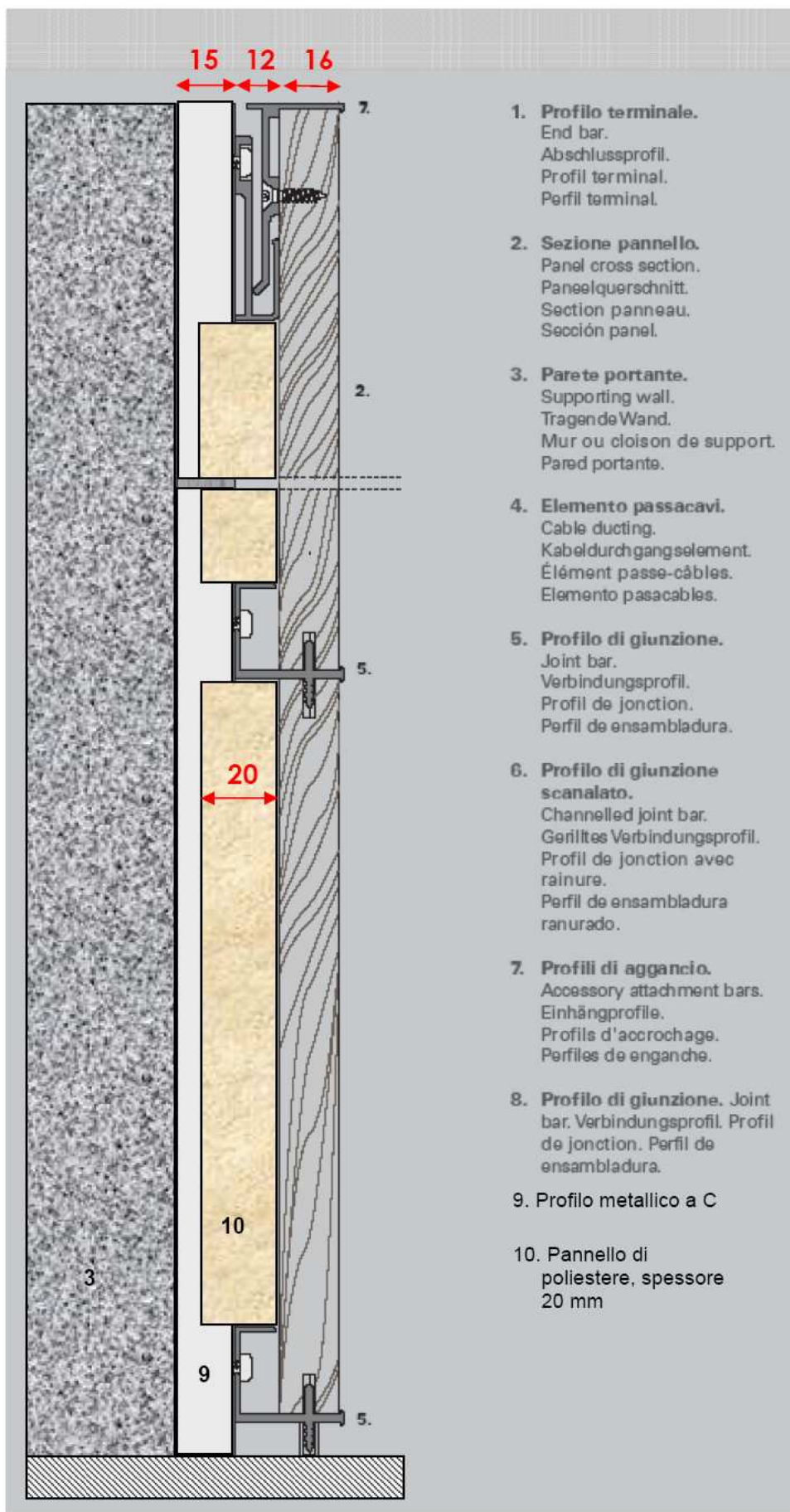


Figura 7.4 – Sistema di aggancio dei pannelli fonoassorbenti tipo Patt STILLWALL 12/5 alla parete

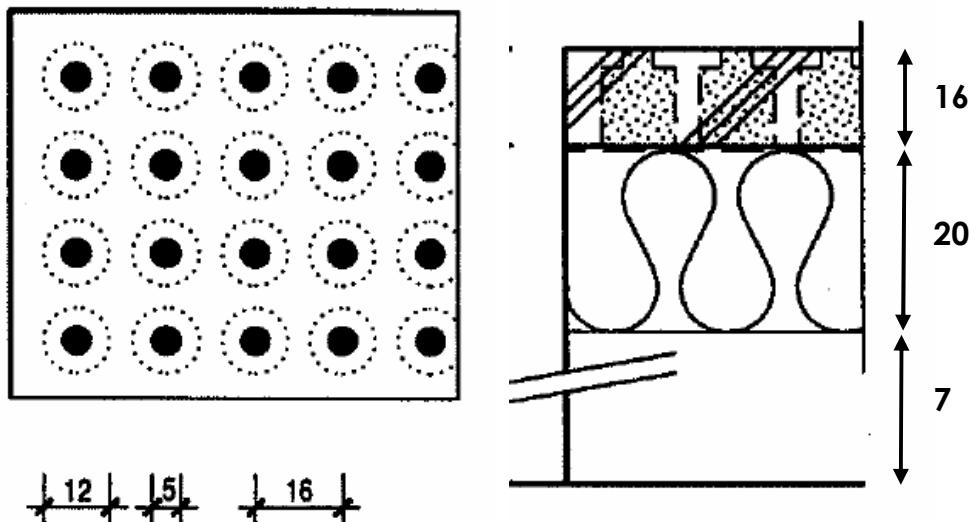


Figura 7.5 – Pannelli fonoassorbenti tipo Patt STILLWALL 12/5

I coefficienti di fonoassorbimento di tale pannello sono state misurate per una configurazione non del tutto analoga a quella di progetto, per la quale si riporta il certificato nella figura che segue.

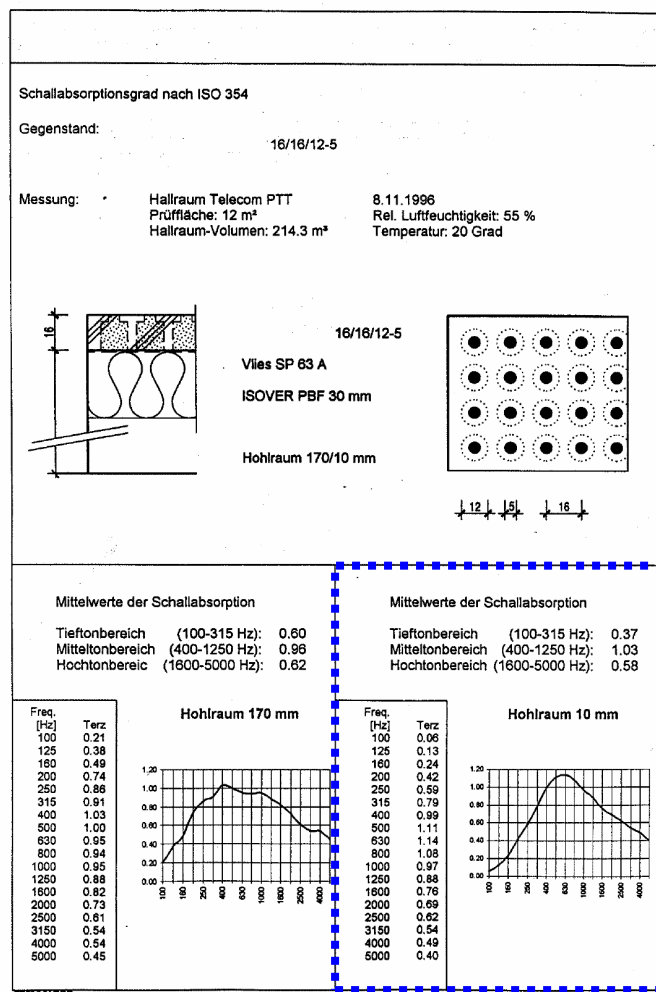


Figura 7.6 – Coefficienti di fonoassorbimento del pannello tipo Patt STILLWALL 12/5 nella configurazione che prevede un velo di TNT, materiale fonoassorbente tipo ISOVER PBF, spessore 30 mm, e cavità di 10 mm

Per tenere conto della reale configurazione di progetto del suddetto pannello (minore spessore della cavità e minore spessore del pannello fonoassorbente), come indicato dal Produttore, i coefficienti di fonoassorbimento certificati a norma ISO 354 sono stati ridotti del 15% a tutte le frequenze di analisi (v. **tabella 7.8**).

Componente	125	250	500	1000	2000	4000
Rivestimento delle pareti con pannelli tipo Patt STILLWALL	0.12	0.51	0.91	0.83	0.58	0.4

Tabella 7.8 – Coefficienti di fonoassorbimento relativi alle pareti rivestite con pannelli fonoassorbenti tipo Patt STILLWALL nella configurazione di progetto

Poltrone

Nell'ipotesi di utilizzo delle sale come sale conferenza si è scelta una tipologia di poltrone come base sulla quale effettuare le simulazioni numeriche, per valutare il contributo di una superficie fonoassorbente che può non essere affatto trascurabile. Poiché al momento non si conosce la tipologia di arredo che verrà impiegato, sono state scelte poltrone poco imbottite (spessore del rivestimento del sedile 4 cm, schienale anteriore rivestito al 65% per uno spessore di 2 cm, retro e bracciolo non rivestito).

I coefficienti di fonoassorbimento di questa tipologia di poltrone sono desunti da letteratura e derivano da misure nelle sale prima dell'installazione delle poltrone impiegando tutta la sala come una camera riverberante.

Componente	125	250	500	1000	2000	4000
Poltrone	0.41	0.47	0.49	0.45	0.38	0.3

Tabella 7.9 – Coefficienti di fonoassorbimento relativi alle poltrone

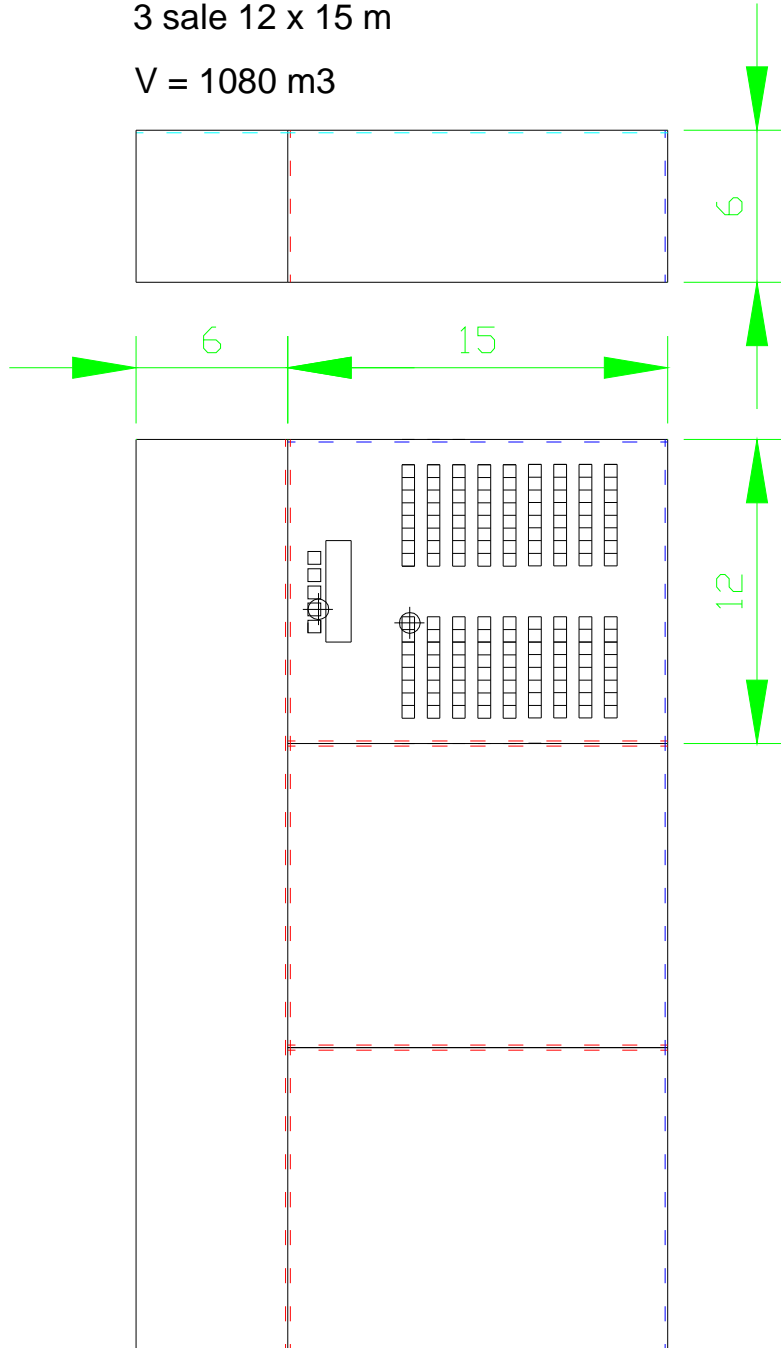
La distribuzione dei materiali appena elencati viene fatta, a seconda delle configurazioni di progetto, come mostrano le figure che seguono. Nelle stesse figure si indica inoltre un'ipotesi distributiva dell'arredo, il più possibile ottimale rispetto alla conformazione e distribuzione dei materiali fonoassorbenti e riflettenti presenti nelle sale.

Le ipotesi distributive di arredo, nei limiti del possibile, sono state fatte cercando di mantenere sempre riflettente la parete alle spalle dell'oratore e assorbente quella alle spalle della platea.

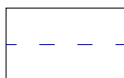
OPZIONE A

3 sale 12 x 15 m

V = 1080 m³



Parete riflettente tipo ESTFELLER



Parete con Rivestimento fonoassorbente STILLWALL 5/12



Controsoffitto fonoassorbente tipo Knauf FEINSTRATOS MICROFORATO

OPZIONE B

SALA B1

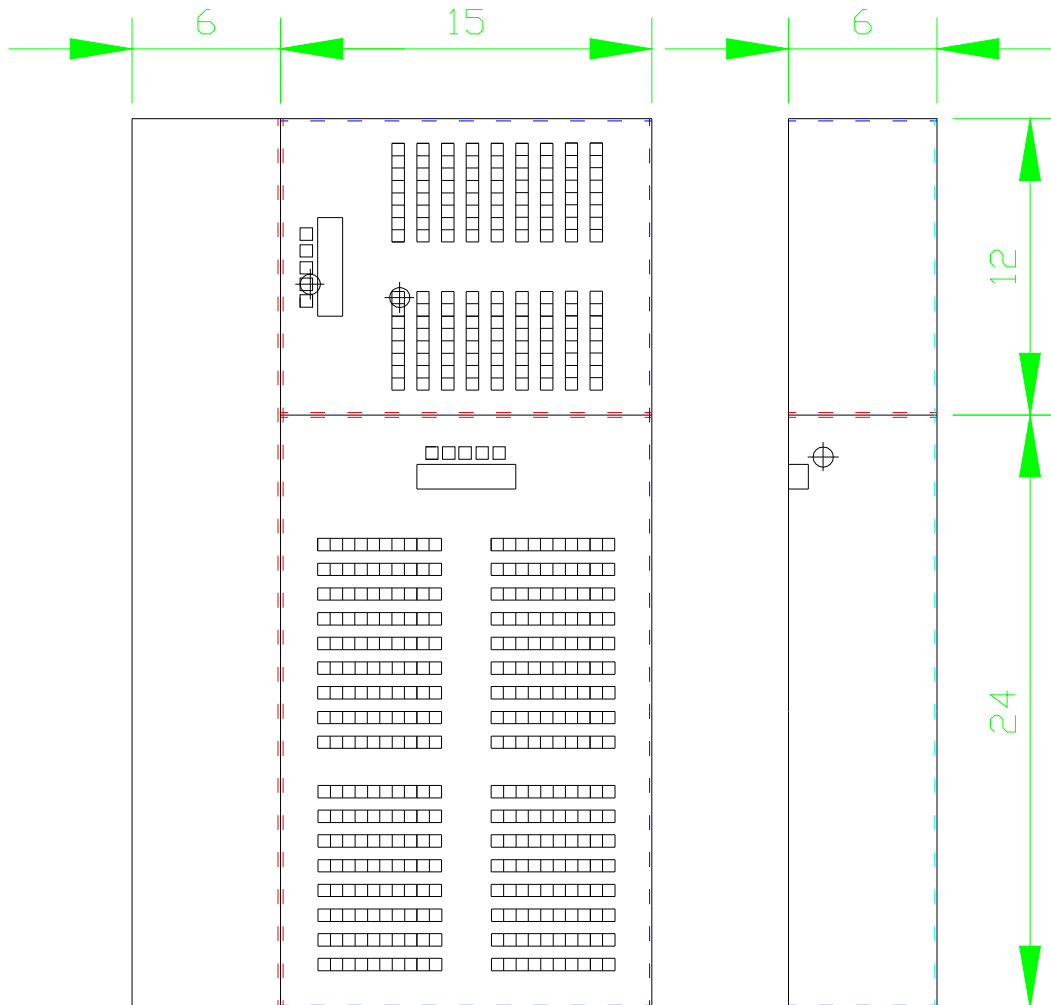
1 sala 12 x 15 m



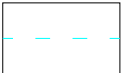
V = 1080 m³

SALA B2

1 sala 24 x 15 m

V = 2160 m³

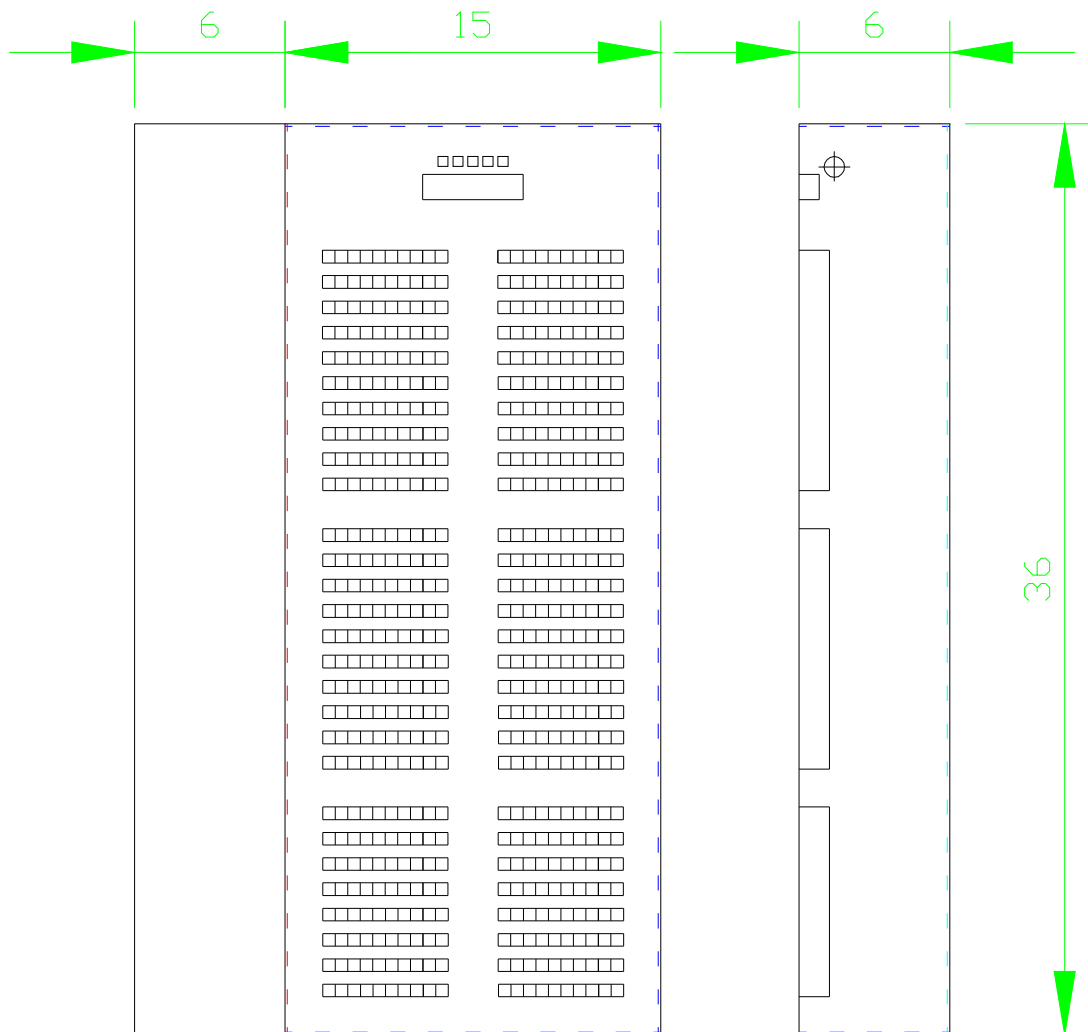





-  Parete riflettente tipo ESTFELLER
-  Parete con Rivestimento fonoassorbente STILLWALL 5/12
-  Controsoffitto fonoassorbente tipo Knauf FEINSTRATOS MICROFORATO

OPZIONE C

1 sala 36 x 15 m

V = 3240 m³

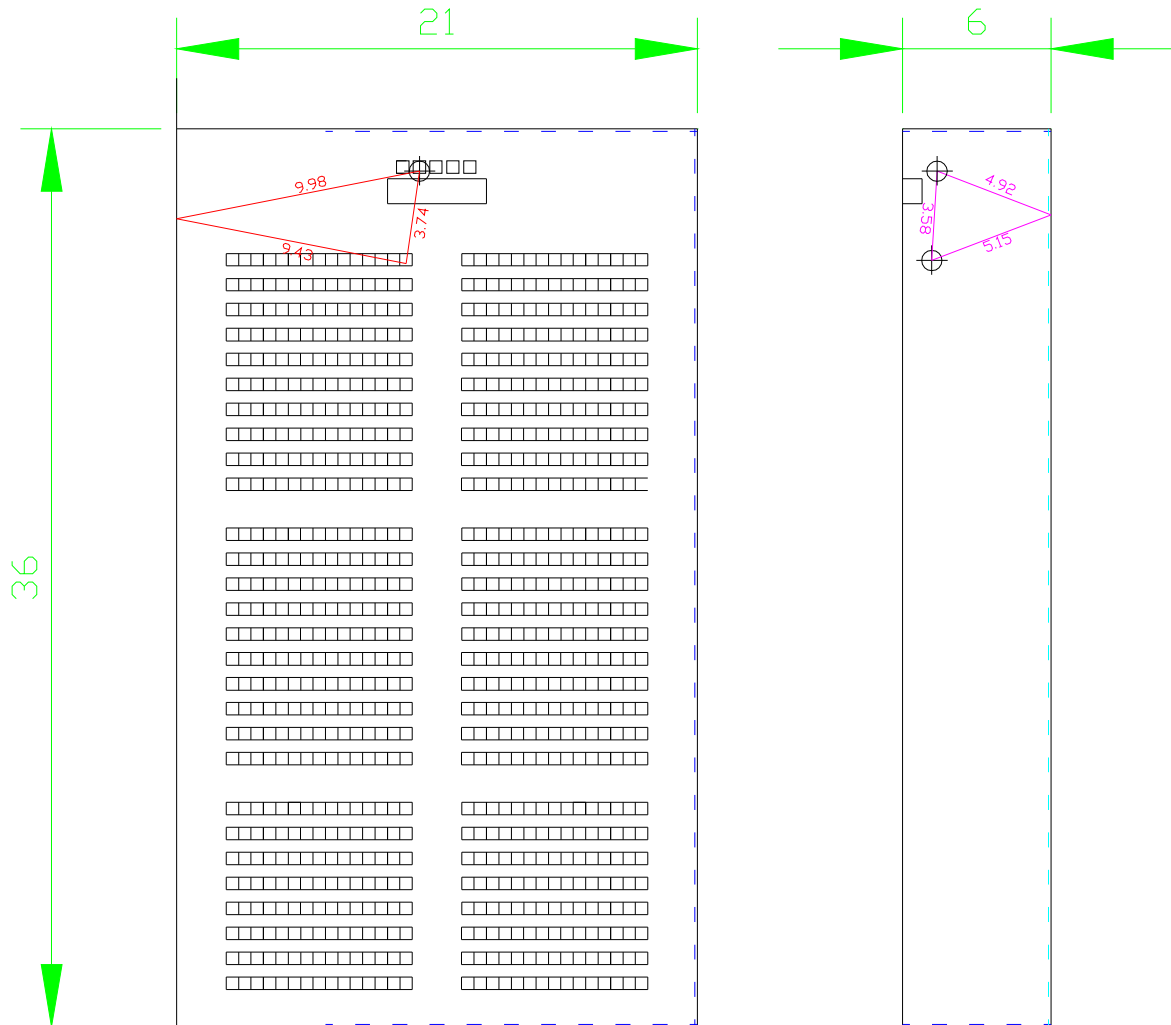





-  Parete riflettente tipo ESTFELLER
-  Parete con Rivestimento fonoassorbente STILLWALL 5/12
-  Controsoffitto fonoassorbente tipo Knauf FEINSTRATOS MICROFORATO

OPZIONE D

1 sala 36 x 21 m

V = 4536 m³

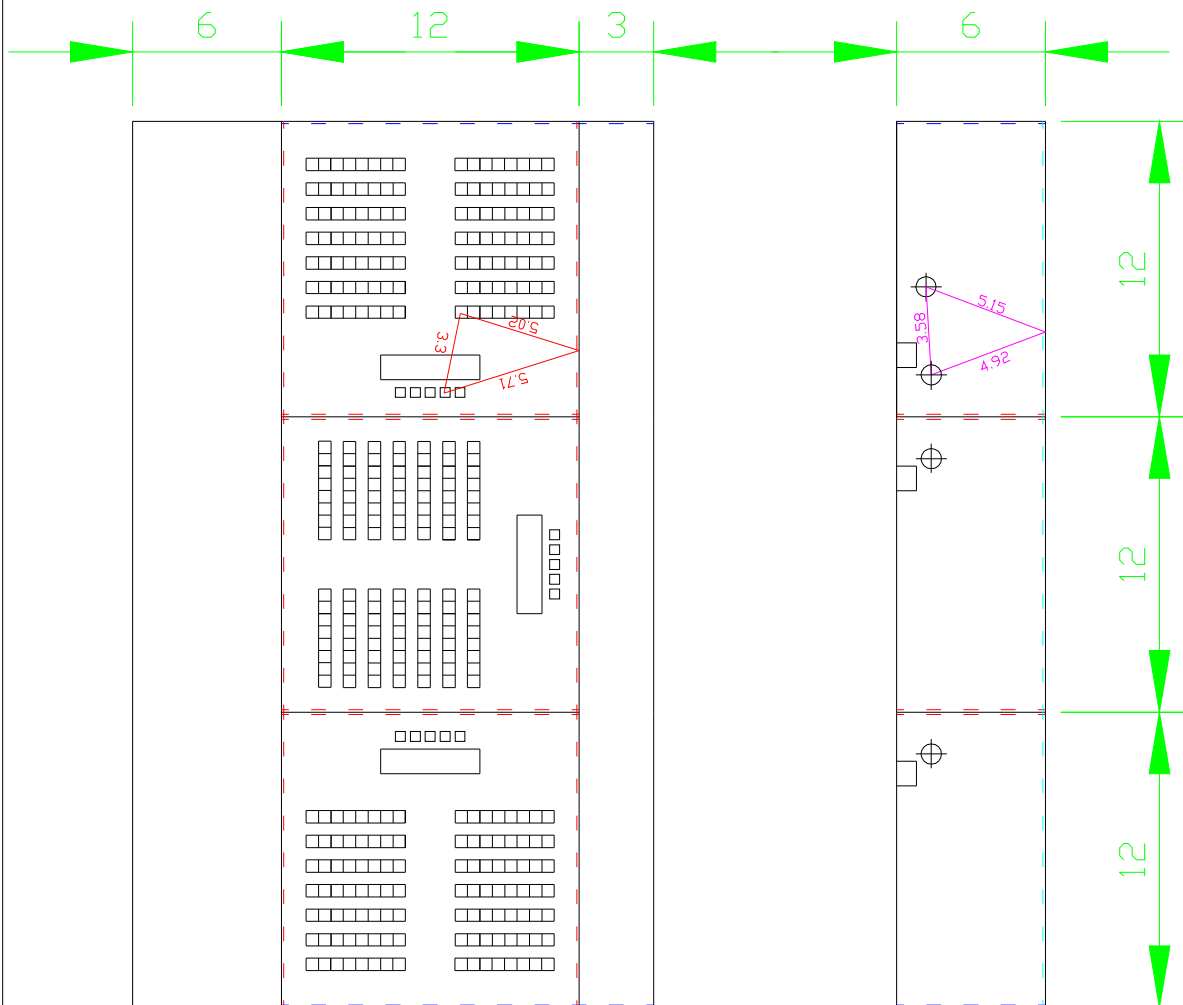



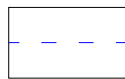

-  Parete riflettente tipo ESTFELLER
-  Parete con Rivestimento fonoassorbente STILLWALL 5/12
-  Controsoffitto fonoassorbente tipo Knauf FEINSTRATOS MICROFORATO

OPZIONE E

3 sale 12 x 12 m

V = 864 m³



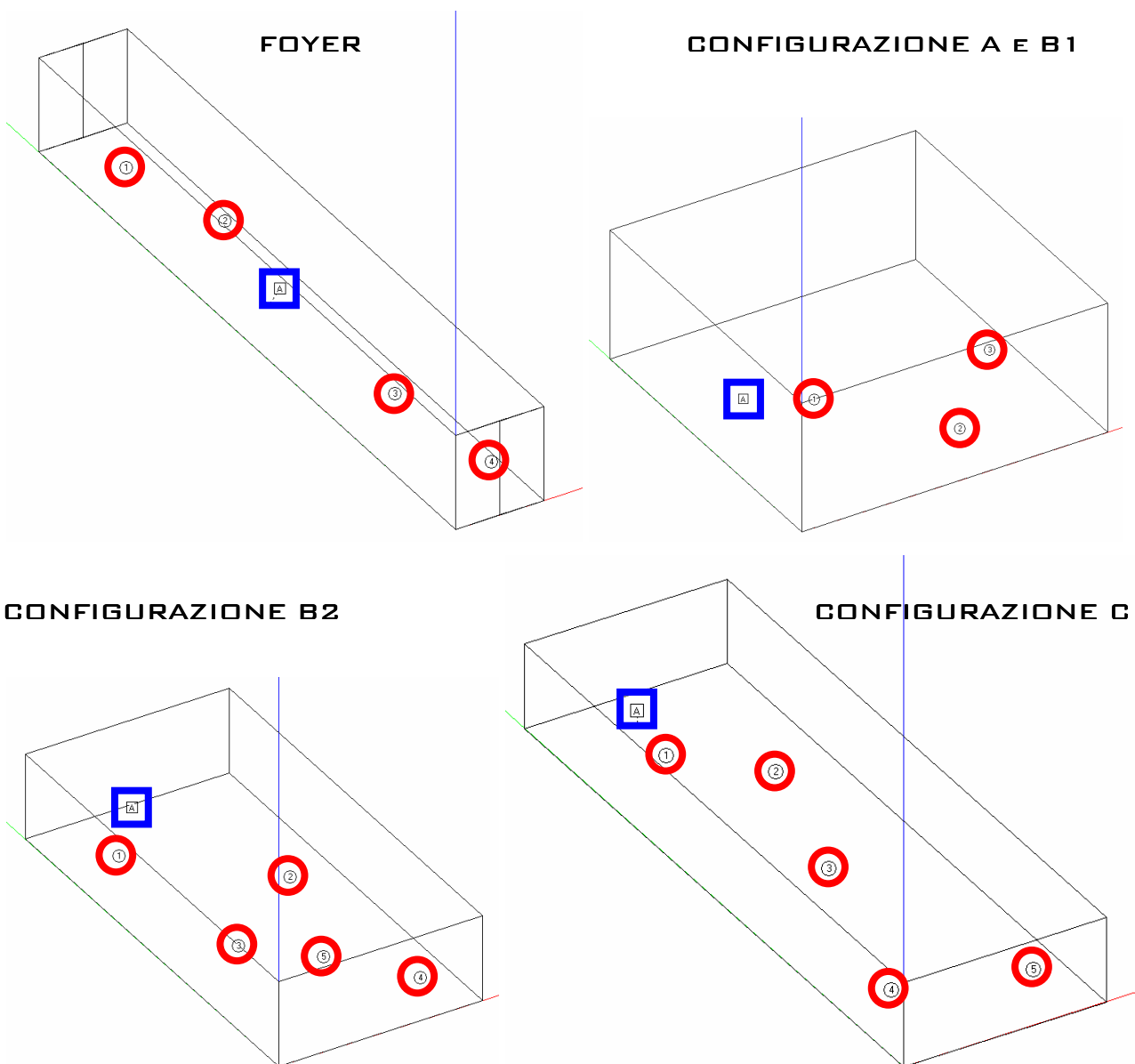
-  Parete riflettente tipo ESTFELLER
-  Parete con Rivestimento fonoassorbente STILLWALL 5/12
-  Controsoffitto fonoassorbente tipo Knauf FEINSTRATOS MICROFORATO

7.4 Simulazioni con il software Ramsete

Al fine di ricavare i parametri descrittivi della qualità acustica dell'aula viene utilizzato il software di simulazione acustica denominato "Ramsete vers. 2.5", validato a livello internazionale e basato sulla tecnica del "pyramid tracing".

Il software richiede la costruzione del modello tridimensionale e fornisce la risposta impulsiva della sala in specifici punti dell'ambiente.

Nelle figure che seguono si riportano i modelli tridimensionali per ciascuna configurazione di progetto analizzata in cui si evidenzia la posizione della sorgente omnidirezionale (in blu) e dei ricevitori (in rosso).



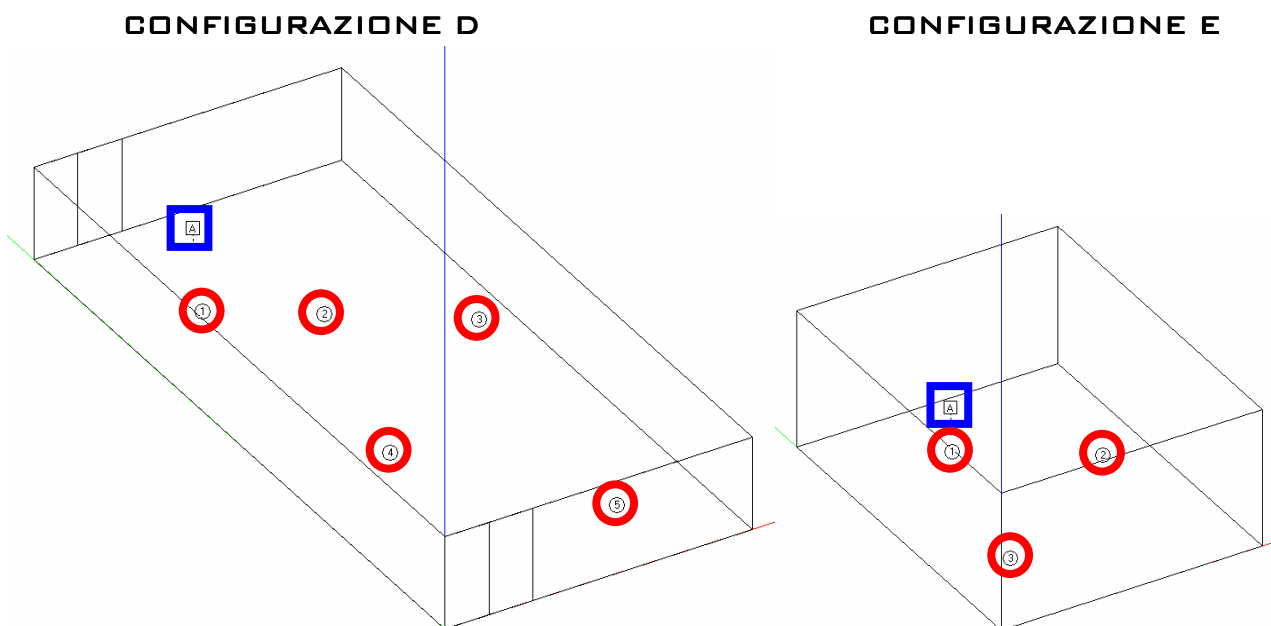


Figura 7.7 – Modelli tridimensionali delle diverse configurazioni progettuali analizzate prive di arredo

Di seguito si riportano i principali dati di input in corrispondenza dei quali sono state effettuate le simulazioni:

- Numero di piramidi tracciate: **8 x 2¹⁰**;
- Tempo in cui vengono seguiti i raggi: **5 s**;
- Umidità: **50%**;
- Temperatura: **20°C**;
- Diffrazione: **2**;
- Numero di raggi dopo i quali il software randomizza: **4**;
- Tipo di sorgente sonora: **omnidirezionale**;
- Numero di ricevitori: **variabile** (da un minimo di 3 per gli ambienti più piccoli ad un massimo di 5 per quelli più grandi).

7.4.1 Foyer

Il foyer è un ambiente di dimensioni 6 x 36 x 6 (h) e volume pari a circa 1296 m³.

Alla luce delle ipotesi relative alla distribuzione dei materiali descritta al **paragrafo 7.3**, e per comodità richiamati nella **figura 7.8**, si riportano di seguito i risultati delle simulazioni acustiche volte a determinare il tempo di riverbero nello spazio adibito a foyer.

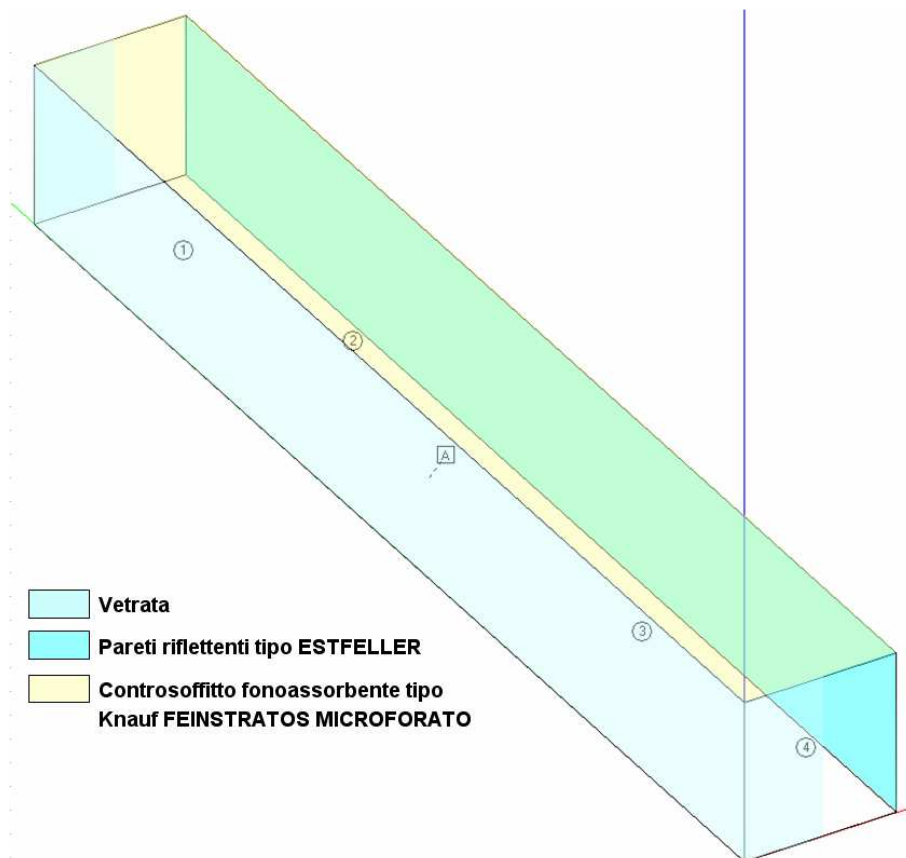


Figura 7.8 – Distribuzione dei materiali nello spazio adibito a Foyer

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	1.16	1.28	1.18	1.11	1.27	1.44
2	1.15	1.28	1.19	1.12	1.28	1.45
3	1.15	1.29	1.18	1.11	1.28	1.44
4	1.16	1.28	1.18	1.11	1.27	1.42
Room	1.15	1.28	1.18	1.11	1.27	1.44

Tabella 7.10 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto del Foyer

Per la valutazione dei dati ottenuti per la configurazione di progetto nella tabella e nel grafico che seguono si riporta il confronto del TR_{Room} così ottenuto con i valori limite del tempo di riverbero ai sensi del D.M. 18/12/75 per l'edilizia scolastica, riferiti alla volumetria dell'ambiente in esame.

	125	250	500	1000	2000	4000
TR Foyer	1.15	1.28	1.18	1.11	1.27	1.44
TR limite	1.98	1.65	1.32	1.16	1.1	1.21

Tabella 7.11 – Confronto dei tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto del Foyer con i valori limite ai sensi del D.M. 18/12/75

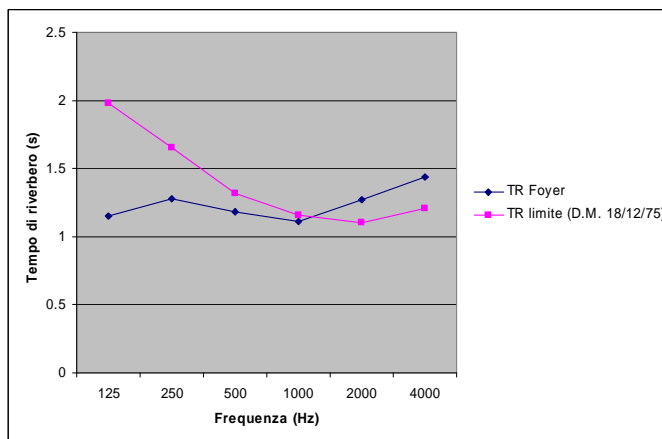


Figura 7.9 – Grafico di confronto dei tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto del Foyer con i valori limite ai sensi del D.M. 18/12/75

Come si evince da quanto sopra riportato, nonostante l'unica superficie fonoassorbente presente nel foyer sia costituita dal controsoffitto, i tempi di riverbero in essa presenti, seppur in assenza di arredo, risultano confrontabili con quelli limite relativi all'edilizia scolastica ai sensi del D.M. 18/12/75.

7.4.2 Configurazione B.1

La sala nella configurazione B.1 è un ambiente di dimensioni 12 x 15 x 6 (h) m e volume pari a circa 1080 m³.

Alla luce delle ipotesi relative alla distribuzione dei materiali descritta al **paragrafo 7.3**, e per comodità richiamati nella **figura 7.10**, si riportano di seguito i risultati delle simulazioni acustiche volte a determinare il tempo di riverbero nell'ipotesi di sala non arredata (Ipotesi 1) e nell'ipotesi in cui siano presenti le poltrone (Ipotesi 2).

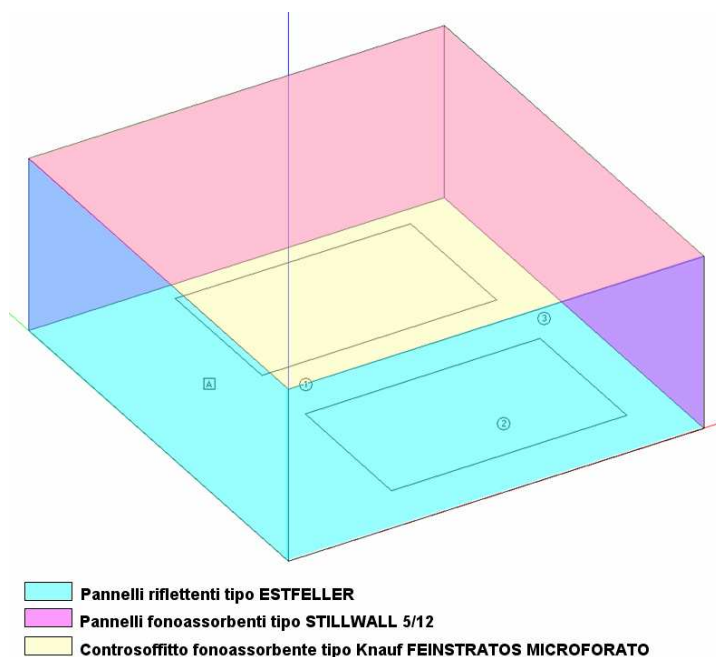


Figura 7.10 - Distribuzione dei materiali nella sala relativa alla configurazione B.1 (uguale ad A)

IPOTESI 1

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala risulti priva di arredo.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	1.72	0.96	0.56	0.58	0.8	1.08
2	1.69	0.95	0.56	0.57	0.79	1.07
3	1.71	0.96	0.56	0.58	0.8	1.08
Room	1.7	0.96	0.56	0.58	0.8	1.07

Tabella 7.12 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto B.1 (Ipotesi 1)

Nella tabella che segue si riporta una sintesi dei principali parametri descrittivi del comfort acustico di una sala come media delle frequenze 500-1000 Hz, per ciascuno dei quali viene indicato il valore ottimale per l'ascolto della parola o della musica.

Parametri	Ricevitori			Valori ottimali
	R1	R2	R3	
TR (s)	0.57	0.57	0.57	0.75-0.92 s PAROLA 0.99-1.25 s MUSICA
EDT (s)	0.50	0.53	0.51	1.8-2.6 s
D50 (%)	88	82	82	> 50%
C50 (dB)	8.6	6.6	6.6	0-2 dB discreto > 3 dB buono
G (dB)	15.15	11.6	9.85	>11 dB
STI (%)	0.88	0.85	0.86	0.45 - 0.6 sufficiente 0.6 - 0.75 buono > 0.75 eccellente

Tabella 7.13 – Confronto dei parametri del comfort acustico relativo alla sala nella configurazione B.1 (Ipotesi 1)

Come si evince dai dati sopra riportati il tempo di riverbero risulta molto basso, di conseguenza il parametro STI che descrive l'intelligibilità del parlato risulta molto elevato. Questa situazione è assai favorevole per l'ascolto della parola e in generale nei casi in cui si utilizzi un impianto elettro-acustico di riproduzione sonora.

La resa di uno spettacolo musicale per contro potrebbe risultare poco ricca.

IPOTESI 2

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala contenga delle sedute poco imbottite nel numero pari a circa 144.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	1.41	0.81	0.5	0.53	0.72	0.96
2	1.38	0.81	0.5	0.53	0.72	0.96
3	1.4	0.83	0.51	0.54	0.73	0.97
Room	1.4	0.82	0.51	0.53	0.73	0.96

Tabella 7.14 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto B.1 (Ipotesi 2)

Rispetto all'Ipotesi 1, aver introdotto delle poltrone non molto imbottite ha determinato un lieve abbassamento dei tempi di riverbero.

7.4.3 Configurazione B.2

La sala nella configurazione B.2 è un ambiente di dimensioni 12 x 24 x 6 (h) m e volume pari a circa 2160 m³.

Alla luce delle ipotesi relative alla distribuzione dei materiali descritta al **paragrafo 7.3**, e per comodità richiamati nella **figura 7.11**, si riportano di seguito i risultati delle simulazioni acustiche volte a determinare il tempo di riverbero nell'ipotesi di sala non arredata (Ipotesi 1) e nell'ipotesi in cui siano presenti le poltrone (Ipotesi 2).

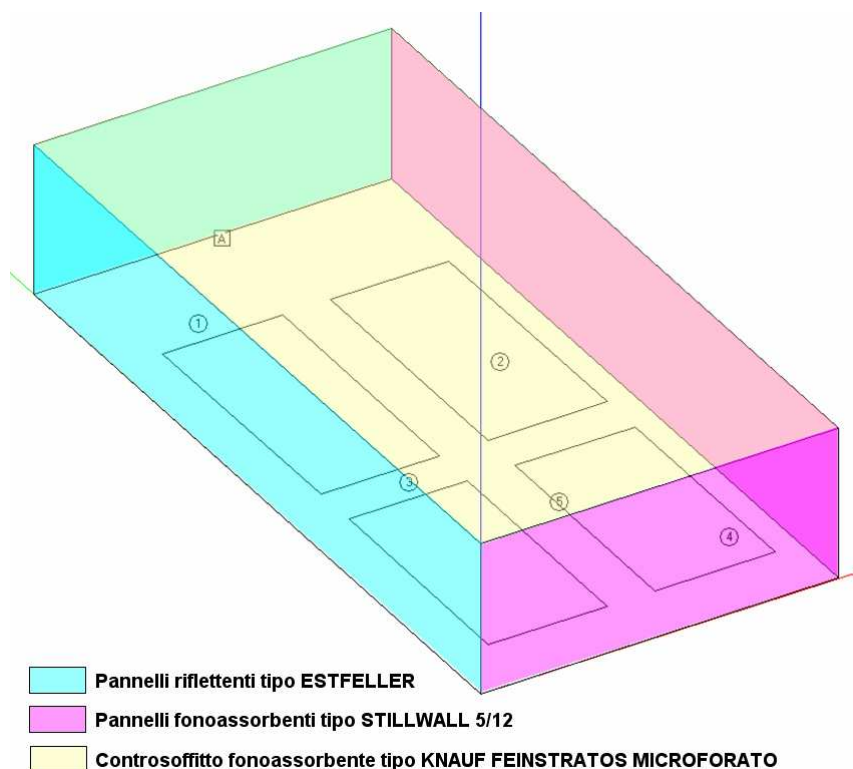


Figura 7.11 - Distribuzione dei materiali nella sala relativa alla configurazione B.2

IPOTESI 1

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala risulti priva di arredo.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	2.09	1.23	0.71	0.74	1.02	1.35
2	2.13	1.24	0.72	0.76	1.03	1.36
3	2.14	1.24	0.72	0.77	1.03	1.36
4	2.08	1.23	0.72	0.76	1.03	1.34
5	2.14	1.24	0.72	0.76	1.04	1.37
Room	2.12	1.24	0.72	0.76	1.03	1.36

Tabella 7.15 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto B.2 (Ipotesi 1)

Nella tabella che segue si riporta una sintesi dei principali parametri descrittivi del comfort acustico di una sala come media delle frequenze 500-1000 Hz, per ciascuno dei quali viene indicato il valore ottimale per l'ascolto della parola o della musica.

Parametri	Ricevitori					Valori ottimali
	1	2	3	4	5	
TR (s)	0.73	0.74	0.75	0.74	0.74	0.75-0.92 s PAROLA 0.99-1.25 s MUSICA
EDT (s)	0.41	0.61	0.64	0.56	0.60	1.8-2.6
D50 (%)	88.14	75.52	71.85	81.13	70.93	> 50%
C50 (dB)	8.71	4.90	4.07	6.34	3.88	0-2 dB discreto > 3 dB buono
G (dB)	13.2	9.25	8.35	6.45	7.5	>11 dB
STI (%)	0.88	0.83	0.82	0.84	0.82	0.45 - 0.6 sufficiente 0.6 - 0.75 buono > 0.75 eccellente

Tabella 7.16 – Confronto dei parametri del comfort acustico relativo alla sala nella configurazione B.1 (Ipotesi 1)

Come si evince dai dati sopra riportati il tempo di riverbero risulta confrontabile con i valori ottimali per l'ascolto del parlato, e infatti il parametro STI che descrive l'intelligibilità del parlato risulta molto elevato. D'altra parte ciò porta ad avere un rinforzo nelle postazioni più lontane dall'oratore inferiori al valore ottimale; per una buona acustica anche nei punti più lontani si rende pertanto necessario l'utilizzo di un impianto elettro-acustico di riproduzione sonora.

IPOTESI 2

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala contenga delle sedute poco imbottite nel numero pari a circa 340.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	0.75	0.66	0.51	0.55	0.64	0.7
2	0.74	0.63	0.49	0.51	0.6	0.69
3	0.77	0.68	0.54	0.56	0.66	0.73
4	0.75	0.67	0.55	0.59	0.68	0.7
5	0.78	0.71	0.59	0.63	0.71	0.76
Room	0.76	0.67	0.53	0.57	0.66	0.72

Tabella 7.17 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto B.1 (Ipotesi 2)

Rispetto all'Ipotesi 1, aver introdotto delle poltrone non molto imbottite ha determinato un lieve abbassamento dei tempi di riverbero.

7.4.4 Configurazione C

La sala nella configurazione C è un ambiente di dimensioni 36 x 15 x 6 (h) m e volume pari a circa 3240 m³.

Alla luce delle ipotesi relative alla distribuzione dei materiali descritta al **paragrafo 7.3**, e per comodità richiamati nella **figura 7.12**, si riportano di seguito i risultati delle simulazioni acustiche volte a determinare il tempo di riverbero nell'ipotesi di sala non arredata (Ipotesi 1) e nell'ipotesi in cui siano presenti le poltrone (Ipotesi 2).

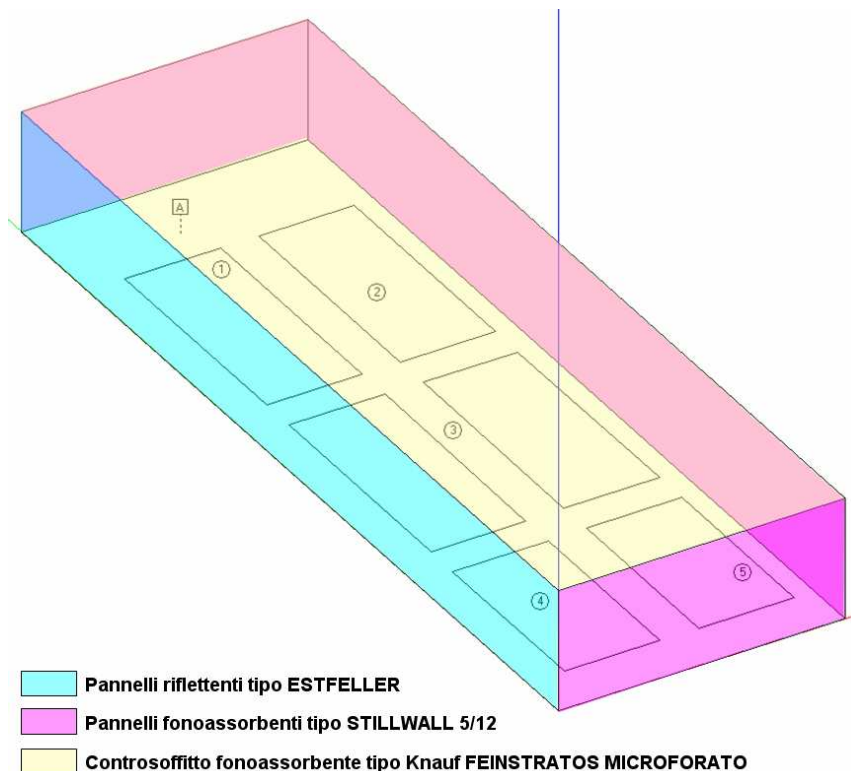


Figura 7.12 - Distribuzione dei materiali nella sala relativa alla configurazione C

IPOTESI 1

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala risulti priva di arredo.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	2.33	1.21	0.67	0.7	0.99	1.33
2	2.37	1.21	0.69	0.73	0.99	1.32
3	2.4	1.22	0.68	0.71	1	1.33
4	2.35	1.22	0.66	0.7	1	1.34
5	2.33	1.22	0.66	0.71	1	1.33
Room	2.36	1.21	0.67	0.71	1	1.33

Tabella 7.15 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto C (Ipotesi 1)

Nella tabella che segue si riporta una sintesi dei principali parametri descrittivi del comfort acustico di una sala come media delle frequenze 500-1000 Hz, per ciascuno dei quali viene indicato il valore ottimale per l'ascolto della parola o della musica.

Parametri	Ricevitori					Valori ottimali
	1	2	3	4	5	
TR (s)	0.69	0.71	0.70	0.68	0.69	0.75-0.92 s PAROLA 0.99-1.25 s MUSICA
EDT (s)	0.35	0.50	0.64	0.53	0.51	1.8-2.6
D50 (%)	91.75	83.79	72.88	78.95	78.20	> 50%
C50 (dB)	10.47	7.14	4.30	5.75	5.55	0-2 dB discreto > 3 dB buono
G (dB)	12.05	8.15	5.25	3.05	2.65	>11 dB
STI (%)	0.90	0.85	0.83	0.84	0.85	0.45 - 0.6 sufficiente 0.6 - 0.75 buono > 0.75 eccellente

Tabella 7.16 – Confronto dei parametri del comfort acustico relativo alla sala nella configurazione C (Ipotesi 1)

Come si evince dai dati sopra riportati il tempo di riverbero risulta ottimale per l'ascolto del parlato, infatti il parametro STI che descrive l'intelligibilità del parlato risulta molto elevato. D'altra parte ciò porta ad avere un rinforzo nelle postazioni più lontane dall'oratore inferiori al valore ottimale; per una buona acustica anche nei punti più lontani pertanto si rende necessario l'utilizzo di un impianto elettro-acustico di riproduzione sonora.

IPOTESI 2

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala contenga delle sedute poco imbottite nel numero pari a circa 560.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	1.72	0.95	0.56	0.58	0.86	1.09
2	1.77	0.98	0.59	0.67	0.89	1.15
3	1.81	1.01	0.62	0.67	0.91	1.17
4	1.78	1.01	0.61	0.65	0.92	1.17
5	1.77	1.02	0.61	0.65	0.93	1.18
Room	1.77	1	0.6	0.64	0.9	1.15

Tabella 7.17 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto C (Ipotesi 2)

Rispetto all'Ipotesi 1, aver introdotto delle poltrone non molto imbottite ha determinato un lieve abbassamento dei tempi di riverbero.

7.4.5 Configurazione D

La sala nella configurazione D è un ambiente di dimensioni 36 x 21 x 6 (h) m e volume pari a circa 4536 m³.

Alla luce delle ipotesi relative alla distribuzione dei materiali descritta al **paragrafo 7.3**, e per comodità richiamati nella **figura 7.13**, si riportano di seguito i risultati delle simulazioni acustiche volte a determinare il tempo di riverbero nell'ipotesi di sala non arredata (Ipotesi 1) e nell'ipotesi in cui siano presenti le poltrone (Ipotesi 2).

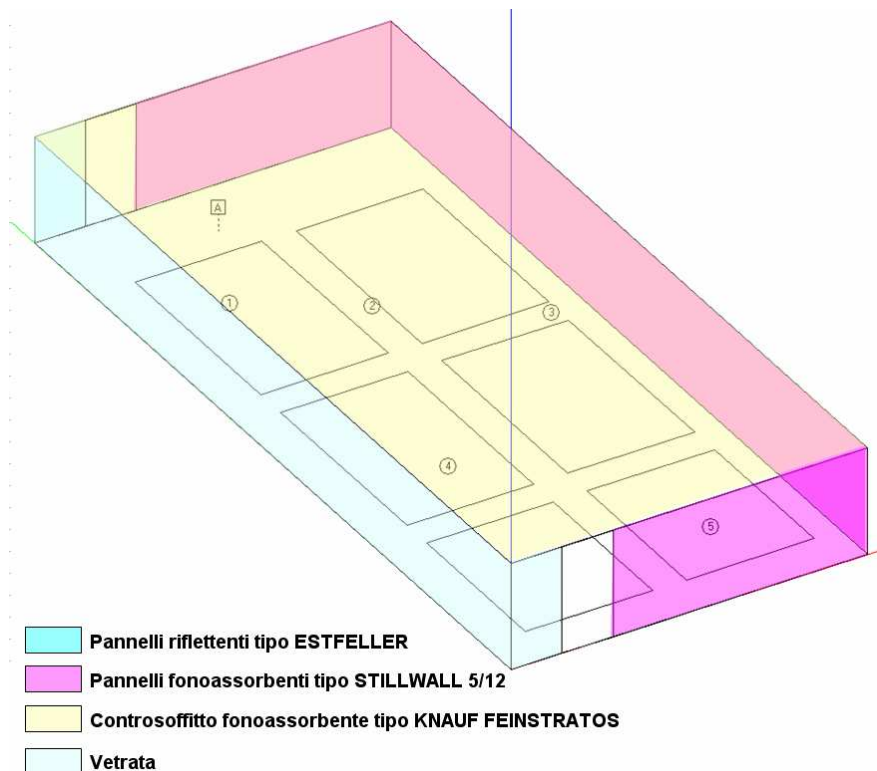


Figura 7.13 - Distribuzione dei materiali nella sala relativa alla configurazione D

IPOSTESI 1

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala risulti priva di arredo.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	2.05	1.3	0.8	0.82	1.08	1.4
2	2.07	1.3	0.8	0.82	1.09	1.4
3	2.06	1.3	0.79	0.81	1.08	1.4
4	2.07	1.3	0.79	0.83	1.09	1.4
5	2.03	1.29	0.8	0.83	1.08	1.39
Room	2.06	1.3	0.8	0.82	1.08	1.4

Tabella 7.18 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto C (Ipotesi 1)

Nella tabella che segue si riporta una sintesi dei principali parametri descrittivi del comfort acustico di una sala come media delle frequenze 500-1000 Hz, per ciascuno dei quali viene indicato il valore ottimale per l'ascolto della parola o della musica.

Parametri	Ricevitori					Valori ottimali
	1	2	3	4	5	
TR (s)	0.81	0.81	0.80	0.81	0.82	0.75-0.92 s PAROLA 0.99-1.25 s MUSICA
EDT (s)	0.52	0.66	0.73	0.71	0.62	1.8-2.6
D50 (%)	85.64	79.92	75.31	70.50	75.04	> 50%
C50 (dB)	7.76	6.01	4.85	3.79	4.79	0-2 dB discreto > 3 dB buono
G (dB)	9.1	7.5	5.05	4.25	2.15	>11 dB
STI (%)	0.86	0.82	0.81	0.80	0.82	0.45 - 0.6 sufficiente 0.6 - 0.75 buono > 0.75 eccellente

Tabella 7.19 – Confronto dei parametri del comfort acustico relativo alla sala nella configurazione D (Ipotesi 1)

Come si evince dai dati sopra riportati il tempo di riverbero risulta ottimale per l'ascolto del parlato, infatti il parametro STI che descrive l'intelligibilità del parlato risulta molto elevato. D'altra parte ciò porta ad avere un rinforzo nelle postazioni più lontane dall'oratore inferiori al valore ottimale; per una buona acustica anche nei punti più lontani pertanto si rende necessario l'utilizzo di un impianto elettro-acustico di riproduzione sonora.

IPOTESI 2

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala contenga delle sedute poco imbottite nel numero pari a circa 840.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	1.56	1.04	0.68	0.73	0.95	1.21
2	1.6	1.07	0.73	0.78	0.98	1.23
3	1.58	1.06	0.71	0.76	0.98	1.22
4	1.63	1.07	0.7	0.75	0.98	1.23
5	1.62	1.06	0.71	0.76	0.98	1.22
Room	1.6	1.06	0.71	0.76	0.98	1.22

Tabella 7.17 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto D (Ipotesi 2)

Rispetto all'Ipotesi 1, aver introdotto delle poltrone non molto imbottite ha determinato un lieve abbassamento dei tempi di riverbero.

7.4.5 Configurazione E

La sala nella configurazione D è un ambiente di dimensioni 12 x 12 x 6 (h) m e volume pari a circa 864 m³.

Alla luce delle ipotesi relative alla distribuzione dei materiali descritta al **paragrafo 7.3**, e per comodità richiamati nella **figura 7.14**, si riportano di seguito i risultati delle simulazioni acustiche volte a determinare il tempo di riverbero nell'ipotesi di sala non arredata (Ipotesi 1) e nell'ipotesi in cui siano presenti le poltrone (Ipotesi 2).

La verifica cautelativamente è stata effettuata sulla sala centrale, l'unica delle tre con minore rivestimento fonoassorbente.

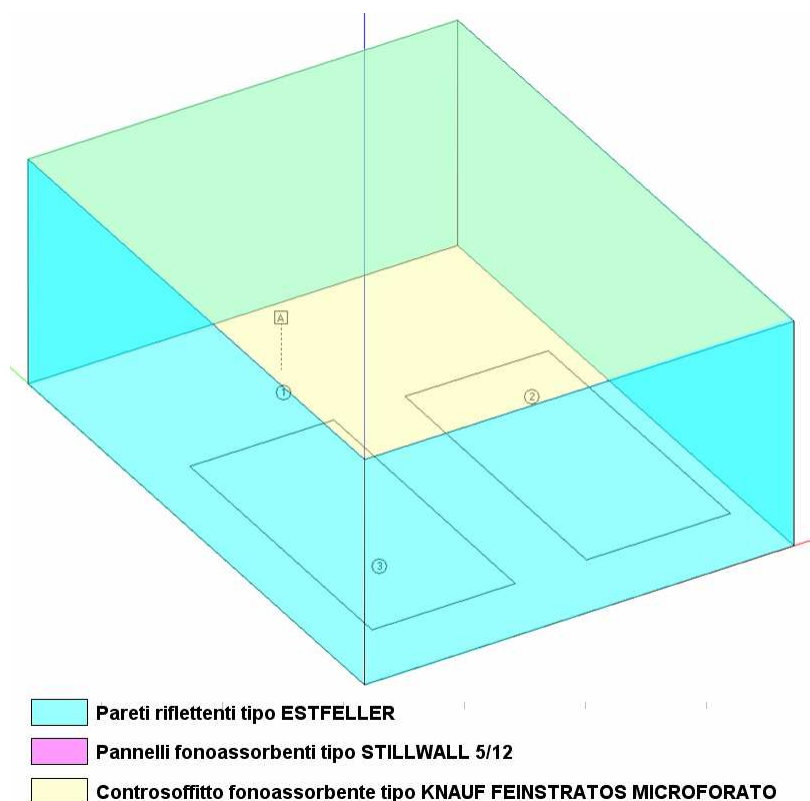


Figura 7.14 - Distribuzione dei materiali nella sala relativa alla configurazione E

IPOTESI 1

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala risulti priva di arredo.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	1.68	1.88	1.62	1.62	1.85	2.11
2	1.68	1.88	1.62	1.62	1.85	2.11
3	1.65	1.84	1.58	1.58	1.81	2.08
Room	1.67	1.87	1.61	1.61	1.83	2.1

Tabella 7.18 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto C (Ipotesi 1)

Nella tabella che segue si riporta una sintesi dei principali parametri descrittivi del comfort acustico di una sala come media delle frequenze 500-1000 Hz, per ciascuno dei quali viene indicato il valore ottimale per l'ascolto della parola o della musica.

Parametri	Ricevitori			Valori ottimali
	R1	R2	R3	
TR (s)	1.62	1.62	1.58	0.75-0.92 s PAROLA 0.99-1.25 s MUSICA
EDT (s)	1.40	1.41	1.42	1.8-2.6
D50 (%)	62.24	49.05	49.08	> 50%
C50 (dB)	2.17	-0.17	-0.10	0-2 dB discreto > 3 dB buono
G (dB)	17.8	15.95	15.7	>11 dB
STI (%)	0.71	0.68	0.68	0.45 - 0.6 sufficiente 0.6 - 0.75 buono > 0.75 eccellente

Tabella 7.19 – Confronto dei parametri del comfort acustico relativo alla sala nella configurazione E (Ipotesi 1)

Come si evince dai dati sopra riportati il tempo di riverbero risulta superiore a quello ottimale per l'ascolto del parlato. D'altra parte ciò porta ad avere un buon rinforzo anche nelle postazioni più lontane dall'oratore.

IPOTESI 2

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni acustiche nell'ipotesi in cui la sala contenga delle sedute poco imbottite nel numero pari a circa 112.

Ricevitori	125	250	500	1000	2000	4000
1	1.36	1.43	1.3	1.34	1.53	1.74
2	1.36	1.43	1.29	1.33	1.52	1.73
3	1.33	1.4	1.27	1.32	1.5	1.7
Room	1.35	1.42	1.29	1.33	1.52	1.73

Tabella 7.17 – Tempi di riverbero simulati per la configurazione di progetto E (Ipotesi 2)

Rispetto all'Ipotesi 1, aver introdotto delle poltrone non molto imbottite ha determinato un lieve abbassamento dei tempi di riverbero.

8. CONCLUSIONI

8.1 Tabelle riepilogative

Dall'analisi dei dati sintetizzati nelle tabelle che seguono emerge che l'**edificio** in esame, a partire dalle considerazioni e dalle semplificazioni sopra descritte, **rispetta in fase progettuale i valori limite dei requisiti acustici passivi previsti dal DPCM 05/12/97.**

INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO ($L'_{n,w}$) DI SOLAI				
Struttura oggetto di verifica	Parametro oggetto di verifica	Valore limite D.P.C.M. 5/12/97	Valore calcolato	Esito verifica
Solaio tra Sala polivalente e Unità commerciale	$L'_{n,w}$	43	55	VERIFICA POSITIVA

Tabella 8.1 – Riepilogo dei risultati di verifica previsionale dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)

INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA NORMALIZZATO ($D_{2m,nT,w}$)				
Struttura oggetto di verifica	Parametro oggetto di verifica	Valore limite D.P.C.M. 5/12/97	Valore calcolato	Esito verifica
Facciata Unità commerciale	$D_{2m,nT,w}$	42	50.9	VERIFICA POSITIVA
Facciata Sala polivalente	$D_{2m,nT,w}$	42	53.6	VERIFICA POSITIVA

Tabella 8.2 – Riepilogo dei risultati di calcolo relativi all'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato ($D_{2m,nT,w}$)

INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOSOLANTE APPARENTE (R'_{w})			
Struttura oggetto di verifica	Parametro oggetto di verifica	Valore calcolato	Esito verifica
Parete mobile di divisione tra sale	R'_{w}	50.6	VERIFICA NON COGENTE

Tabella 8.3 – Riepilogo dei risultati di calcolo relativi all'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_{w})

Sono stati inoltre simulati i parametri che definiscono la qualità acustica di uno spazio nelle diverse configurazioni di utilizzo della sala.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi contenente i tempi di riverbero relativi alle diverse configurazioni e ipotesi.

TEMPO DI RIVERBERO (s)							
Tipo di ambiente		125	250	500	1000	2000	4000
Foyer		1.15	1.28	1.18	1.11	1.27	1.44
Configurazione B.1	Ipotesi 1	1.7	0.96	0.56	0.58	0.8	1.07
	Ipotesi 2	1.4	0.82	0.51	0.53	0.73	0.96
Configurazione B.2	Ipotesi 1	2.12	1.24	0.72	0.76	1.03	1.36
	Ipotesi 2	0.76	0.67	0.53	0.57	0.66	0.72
Configurazione C	Ipotesi 1	2.36	1.21	0.67	0.71	1	1.33
	Ipotesi 2	1.77	1	0.6	0.64	0.9	1.15

Configurazione D	Ipotesi 1	2.06	1.3	0.8	0.82	1.08	1.4
	Ipotesi 2	1.6	1.06	0.71	0.76	0.98	1.22
Configurazione E	Ipotesi 1	1.67	1.87	1.61	1.61	1.83	2.1
	Ipotesi 2	1.35	1.42	1.29	1.33	1.52	1.73

Tabella 8.4 – Riepilogo dei risultati di calcolo relativi al tempo di riverbero in frequenza per le differenti configurazioni di sale analizzate

8.2 Osservazioni alle tabelle

Dall'osservazione delle tabelle sopra riportate si può dedurre quanto segue:

- **LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO:** i solai in esame soddisfano in via previsionale i valori limite previsti dal D.P.C.M. 5/12/97 a patto che vengano impiegati prodotti con caratteristiche prestazionali certificate in laboratorio pari o superiori a quelle indicate nella presente relazione tecnica e la posa in opera sia a “regola d'arte”.
- **ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA:** le facciate in esame soddisfano in via previsionale i requisiti previsti dal D.P.C.M. 5/12/97 a patto che i componenti opachi e trasparenti di facciata abbiano prestazioni certificate in laboratorio pari o superiori a quelle indicate nella presente relazione tecnica e la posa in opera sia a “regola d'arte”.
- **RUMORE DEGLI IMPIANTI:** è necessario rispettare tutte le indicazioni date nelle relazioni tecniche di verifica previsionale dei requisiti acustici passivi al fine di limitare il rumore prodotto dagli impianti a funzionamento continuo e discontinuo.

I materiali e le soluzioni oggetto di valutazione, corredati di apposito certificato acustico, devono essere posti in opera secondo le prescrizioni delle relative schede tecniche.

