



PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE DEI LAVORI relativa ai lavori di "INTERVENTO 1: RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE DEL CINEMA/TEATRO DI LIGONCHIO" nell'ambito del PNRR M1C3I2.1 "ATTRATTIVITÀ DEI BORGHİ" - PROGETTO RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E STRUTTURALE DEGLI SPAZI CULTURALI COMUNE DI VENTASSO - LIGONCHIO: DOVE L'ENERGIA DIVENTA CULTURA"

Via alla Valla, 12 fraz. Ligonchio - 42032 - Ventasso (RE)

CUP H37D22000010006

CIG 958213866C

responsabile del procedimento

Ing. Laura Felici

Lavori pubblici, patrimonio e protezione civile

gruppo di progetto

progetto strutture e coordinamento generale :

Ing. Filippo Dallagiacomà

via Alla Valla 33 Ventasso loc. Ligonchio (RE) tel.0522 611750
e-mail: f.dallagiacomà@spadaccinistudio.it

progetto architettonico: Lapis architetture

Arch. Carlo Margini Arch. Francesca Fava

Via Emilia S.Stefano n.31 - Reggio Emilia tel 0522 454599 e-mail: info@lapis.re.it

impianti meccanici: Ing. Giancarlo Manghi –

GM Progettazione Energetica

Via Arduini n. 14/6 Cavriago - (RE) tel.0522 576666
e-mail: giancarlo.manghi@studiomanghi.net

impianti elettrici: P.I. Daniele Fontana

Via delle Scuole n. 23/2, Scandiano - (RE) tel. 0522 889418
e-mail: tecnico@fontanaprogetti.it

prevenzione incendi: Geom Simone Donelli

Via N.Copernico 6 - (RE) tel. 339 7839771
e-mail: info@geomsimonedonelli.it



esecutivo

20-06-2023

03_2023



/

Valutazione previsionale di
acustica architettonica

E.AC.2.01

Oggetto: **“progettazione definitiva ed esecutiva relative all’intervento di riqualificazione funzionale del cinema/teatro di Ligonchio (RE) - PNRR M1C312.1 CUP H37D22000010006. CIG 958213866C.**
Località: **Ligonchio Ventasso (RE)**
Fase del progetto: **ESECUTIVO**

Committente: **Comune di Ventasso**

Anno: **2023**

Data aggiornamento: **20/06/23**

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica analizza i principali parametri acustici relativi alla ristrutturazione del Cinema “Paradiso” di Ligonchio. La progettazione ha perseguito l’obiettivo di fornire un ambiente acusticamente idoneo all’esecuzione di spettacoli teatrali (auditorium) e cinema.

I risultati riportati nel presente documento sono stati ottenuti dall’utilizzo di software di calcolo (Echo 8.3 per le strutture, RAMSETE per l’acustica interna) e fogli di calcolo in possesso della scrivente (rumorosità degli impianti).

NOTA: è necessario puntualizzare che la progettazione dell’acustica passiva, così come riporta nella presente relazione, ricopre un ruolo fondamentale per un corretto comfort acustico dell’ambiente di ascolto. Tuttavia, sarà necessario implementare in una fase successiva lo studio dettagliato dell’impianto elettroacustico a supporto dell’attività prevista. La corretta scelta dei componenti hardware e il loro relativo posizionamento incideranno in maniera significativa sulla qualità acustica di ascolto. Il presente studio non considera l’analisi di suddette soluzioni tecniche.

2. REQUISITI PER IL CASO IN ESAME

DM 23 giugno 2022 “Criteri ambientali minimi per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi”

2.4.11 Prestazioni e comfort acustici

Criterio

Fatti salvi i requisiti di legge di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 «Determinazione dei requisiti acustici degli edifici» (nel caso in cui il presente criterio ed il citato decreto prevedano il raggiungimento di prestazioni differenti per lo stesso indicatore, sono da considerarsi, quali

valori da conseguire, quelli che prevedano le prestazioni più restrittive tra i due), i valori prestazionali dei requisiti acustici passivi dei singoli elementi tecnici dell'edificio, partizioni orizzontali e verticali, facciate, impianti tecnici, definiti dalla norma UNI 11367 corrispondono almeno a quelli della classe II del prospetto 1 di tale norma.

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

Nel caso di interventi su edifici esistenti, si applicano le prescrizioni sopra indicate se l'intervento riguarda la ristrutturazione totale degli elementi edilizi di separazione tra ambienti interni ed ambienti esterni o tra unità immobiliari differenti e contermini, la realizzazione di nuove partizioni o di nuovi impianti. Per gli altri interventi su edifici esistenti va assicurato il miglioramento dei requisiti acustici passivi preesistenti. Detto miglioramento non è richiesto quando l'elemento tecnico rispetti le prescrizioni sopra indicate, quando esistano vincoli architettonici o divieti legati a regolamenti edilizi e regolamenti locali che precludano la realizzazione di soluzioni per il miglioramento dei requisiti acustici passivi, o in caso di impossibilità tecnica ad apportare un miglioramento dei requisiti acustici esistenti degli elementi tecnici coinvolti. La sussistenza dei precedenti casi va dimostrata con apposita relazione tecnica redatta da un tecnico competente in acustica di cui all'articolo 2, comma 6 della legge 26 ottobre 1995, n. 447. Anche nei casi nei quali non è possibile apportare un miglioramento, va assicurato almeno il mantenimento dei requisiti acustici passivi preesistenti.

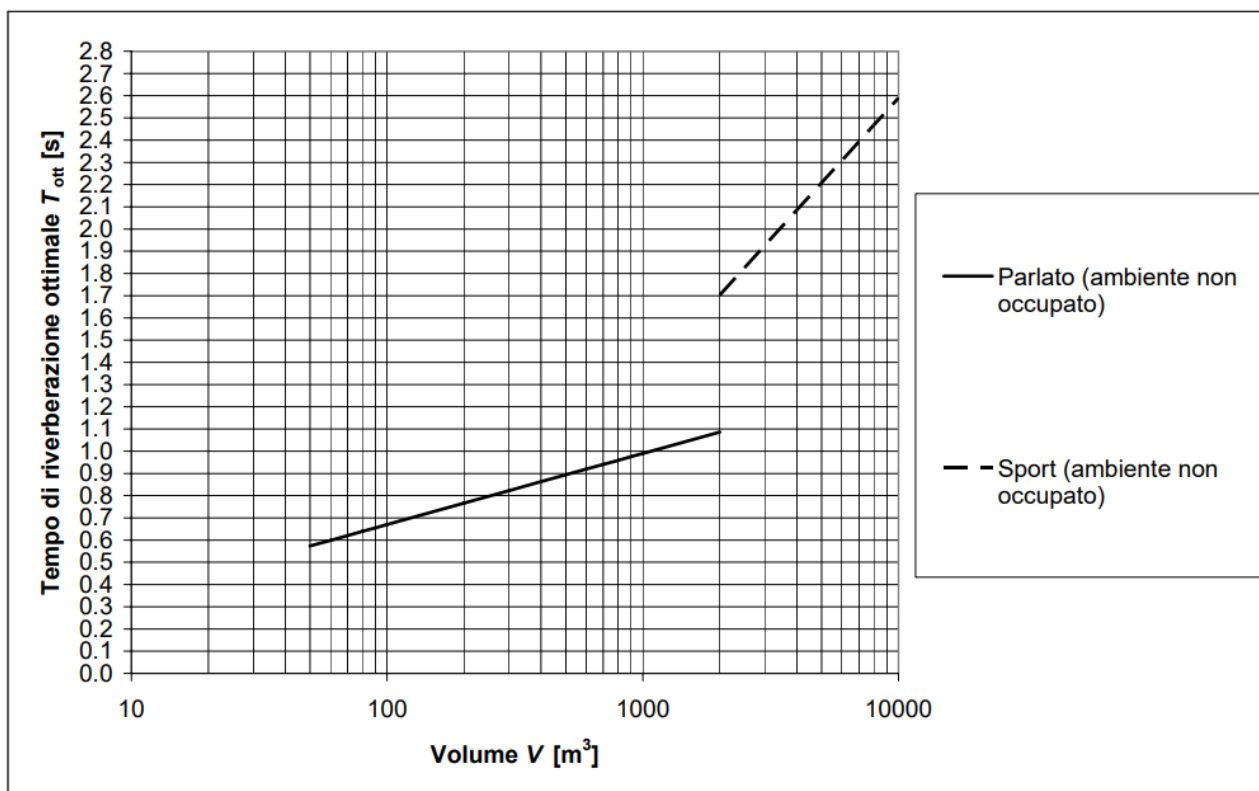
Classe Acustica	Indici di valutazione				
	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	R'_w [dB]	L'_{nw} [dB]	L_{ic} [dBA]	L_{id} [dBA]
I	> 43	> 56	< 53	< 25	< 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

.....

UNI11367:2010 “Classificazione acustica delle unità immobiliari” – Appendice C

Fra i parametri acustici che hanno rilevanza per caratterizzare la qualità acustica degli ambienti, si considera anche il tempo di riverberazione per alcuni tipi di ambienti, e il suo valore ottimale viene definito in base alla loro destinazione d'uso e alle loro dimensioni.

$$T_{60} = 0.32 \log(V) + 0.03 - \text{ambiente non occupato adibito a parlato}$$



Oltre al tempo di riverberazione vengono introdotte altre grandezze (C₅₀ e STI) di cui vengono forniti alcuni valori di riferimento

	C ₅₀ dB	STI dB
Ambienti adibiti al parlato	≥ 0	≥ 0,6

Valori applicabili per il caso in esame

Rispetto a quanto indicato nel DM 23/06/22 e conseguentemente nella UNI 11367:2010, la particolare destinazione d'uso del locale richiede una progettazione acustica dettagliata con soluzioni più performanti dal punto di vista acustico.

La sola applicazione dei valori di isolamento acustico e parametri acustici interni previsti dalla UNI 11367:2010, pur cogenti, non possono portare in linea generale all'ottenimento di un'adeguata acustica interna per ambienti con particolare destinazione d'uso. Nella norma stessa al punto 6.1 viene riportato quanto segue:

"sono esclusi dalla classificazione i seguenti casi: le unità immobiliari destinate ad attività ricreative e di culto la cui qualità acustica sia una caratteristica fondamentale da valutare mediante una progettazione acustica particolarmente accurata e criteri specifici (sale da concerto, chiese, ecc.)":

A seconda della destinazione d'uso e della capienza della sala (che a sua volta ne determina il volume) la letteratura riporta dei valori ottimali, intesi come risultati da conseguire per ottenere condizioni d'ascolto che, in base a valutazioni di carattere funzionale e artistico, sono ritenute accettabili.

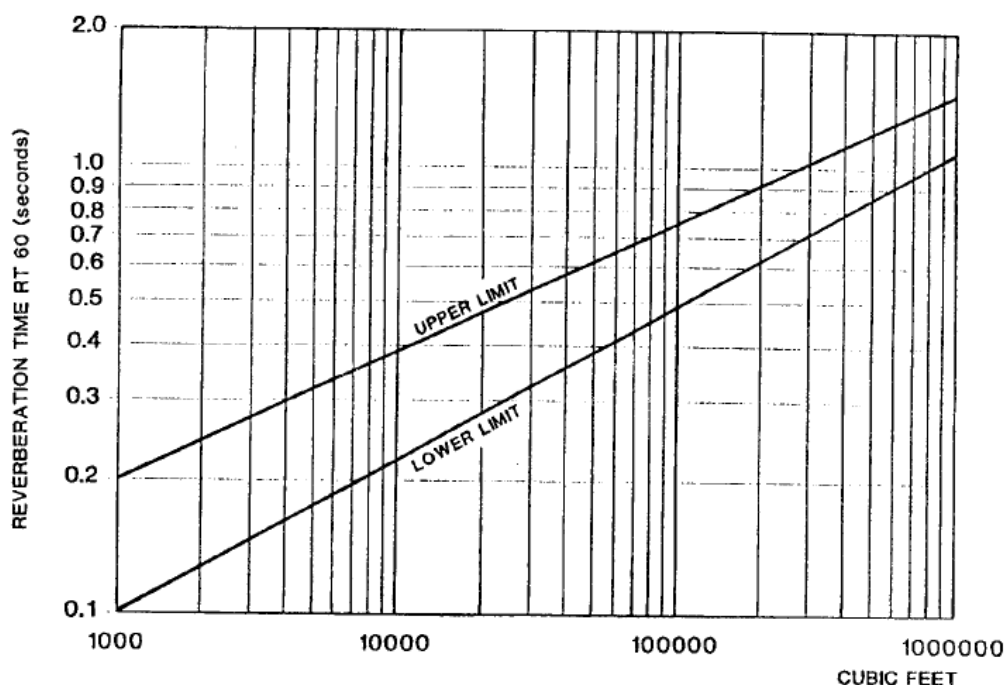


Figure 4.3 Acceptable Reverberation versus Room Volume at 500 Hz

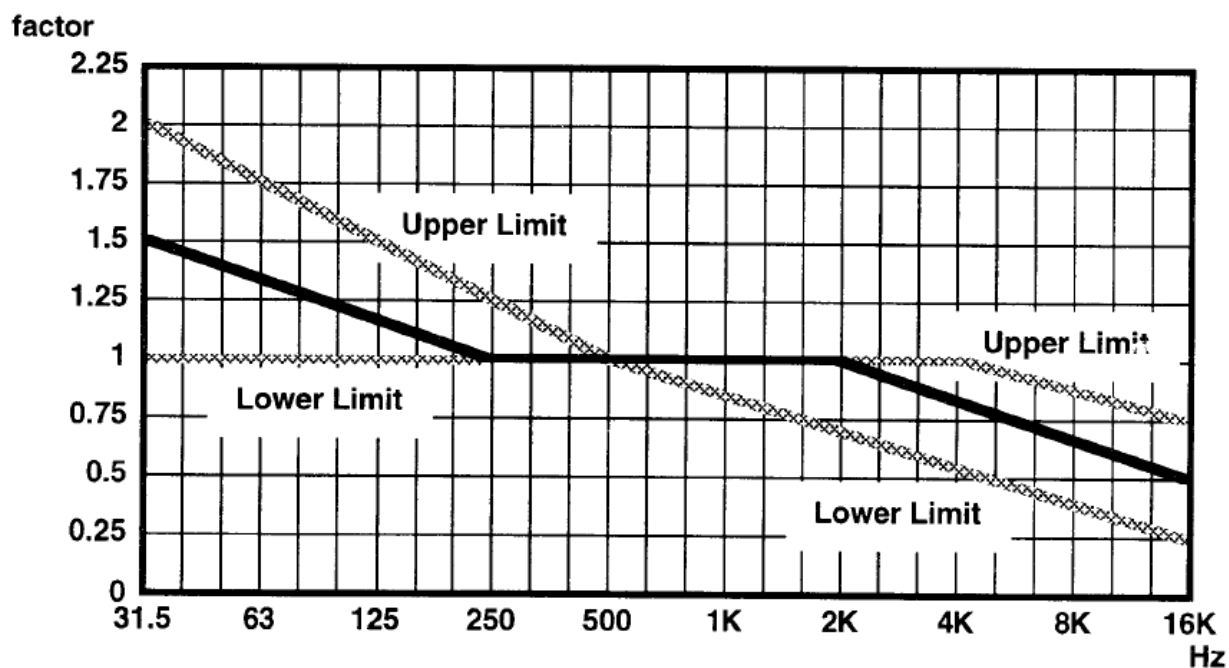


Figure 4.4 Reverberation Scaling Curve for Audio Bandwidth

In linea generale, valori bassi del tempo di riverberazione sono adeguati per locali dove sia richiesta la privacy o l'intelligibilità della parola (cinema e ristoranti), 0,5 secondi ad esempio, mentre tempi di riverberazione maggiori sono consigliati per ambienti in cui sia richiesta la buona percezione della musica.

Si riporta inoltre un metodo di calcolo per la determinazione del tempo di riverberazione ottimale, che consente di ottenere dei valori di massima da utilizzare per una valutazione di tipo qualitativo.

Partendo dalla formula del tempo di riverberazione ottimale alla frequenza di 1000 Hz è :

$$T_{(1000\text{Hz})} = k \cdot V^{1/9} [\text{sec}]$$

dove:

k coefficiente correttivo in funzione della destinazione d'uso del locale, pari a 0,50 (TABELLA 1) in quanto locale con destinazione d'uso possibile sia come auditorium che come cinema.

DESTINAZIONE D'USO DEL LOCALE	k
Locali destinati a conferenze	0,30
Cinema	0,40
Teatri	0,50
Auditorium	0,55

Il valore del tempo di riverberazione ottimale alle varie frequenze si può ottenere moltiplicando il valore a 1000 Hz con i fattori di proporzionalità indicati in tabella 2.

FREQUENZA	FATTORE DI CONVERSIONE
125 Hz	1,75
250 Hz	1,3
500 Hz	1,1
1000 Hz	1
2000 Hz	1,05
4000 Hz	1,1

Si ottengono quindi i seguenti valori di riferimento per il tempo di riverbero:

Parametro di riferimento	Frequenza	RT60
Tempo di riverbero	125 Hz	1,54 sec
	250 Hz	1,32 sec
	500 Hz	1,10 sec
	1000 Hz	1,10 sec
	2000 Hz	1,10 sec
	4000 Hz	1,10 sec

** Strada – Lazzarin : Elementi di acustica tecnica.*

Per i parametri di qualità acustica interna verranno presi come riferimento quelli indicati dalla norma UNI 11367:2010 per gli ambienti adibiti al parlato:

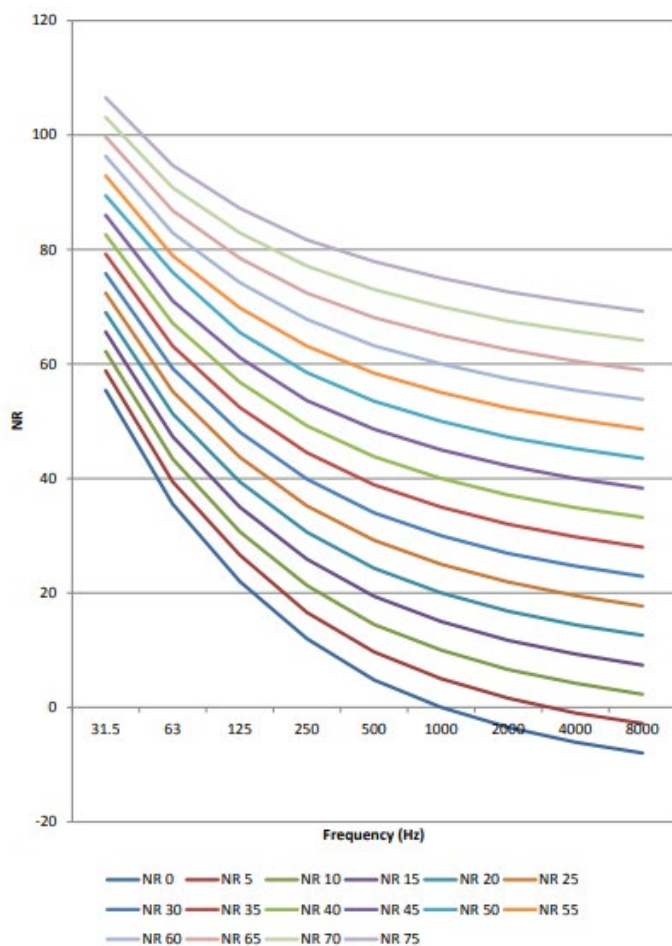
Parametro	Valore di riferimento
C50	≥ 0
STI	$\geq 0,6$

Come valori di isolamento acustico delle strutture si prenderanno come riferimento valori tipici per i cinema, che da letteratura richiedono strutture di separazione con potere fonoisolante di circa $R_w = 60-65$ dB.

Parametro	Valore di riferimento
R_w strutture	$\geq 60-65$ dB

Per quanto riguarda il rumore impiantistico (climatizzazione) e il rumore di fondo all'interno dei cinema, si farà riferimento a dati di letteratura che indicano un valore massimo pari alla curva NR30.

Noise rating curve	Application
NR 25	Concert halls, broadcasting and recording studios, churches
NR 30	Private dwellings, hospitals, theatres, cinemas, conference rooms
NR 35	Libraries, museums, court rooms, schools, hospitals operating theatres and wards, flats, hotels, executive offices
NR 40	Halls, corridors, cloakrooms, restaurants, night clubs, offices, shops
NR 45	Department stores, supermarkets, canteens, general offices
NR 50	Typing pools, offices with business machines
NR 60	Light engineering works
NR 70	Foundries, heavy engineering works



Noise Rating	Frequenza (Hz)							
	62,5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR30	59.2	48.1	39.9	34.0	30.0	26.9	24.7	22.9

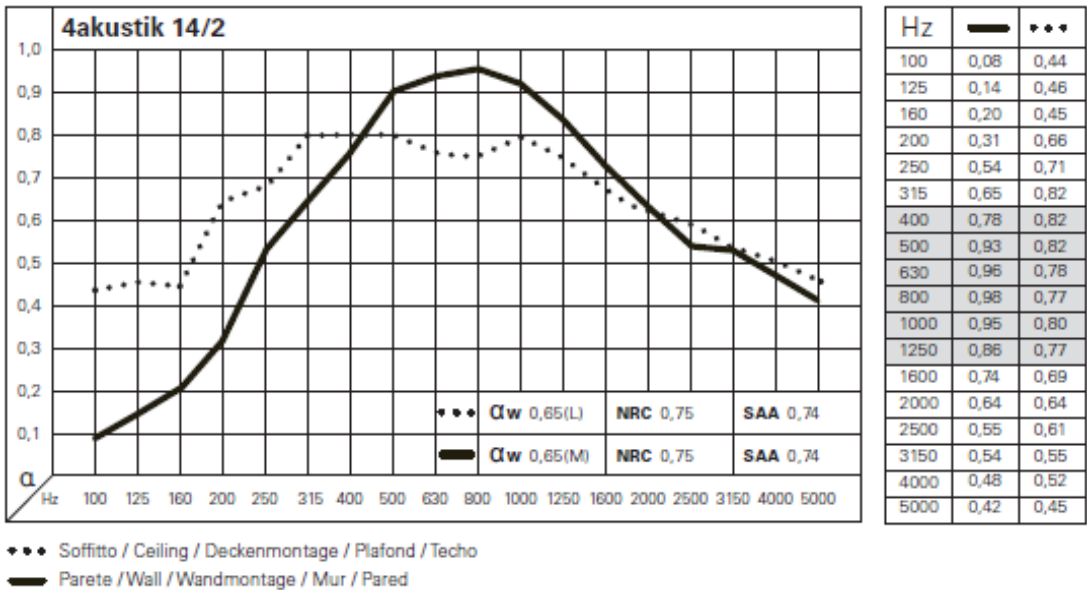
3. ANALISI DI ACUSTICA INTERNA DELLA SALA

L'interno dell'attuale sala verrà completamente ristrutturato nei materiali e strutture, andando ad utilizzare nuovi materiali *acustici*.

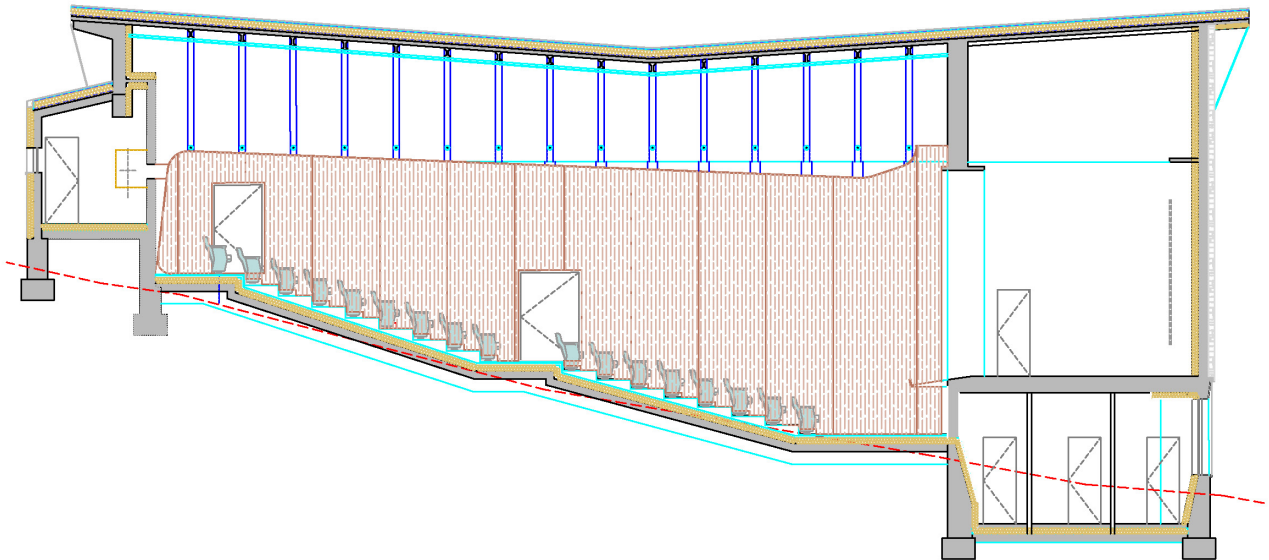
Sarà realizzata una struttura acustica in corrispondenza della platea, costituita da una copertura inclinata, che termina a terra in corrispondenza della cabina di regia, e pareti verticali realizzate con pannelli in legno a listelli microforati del tipo "4akustik" di cui si riporta sotto immagine esemplificativa:



Il materiale scelto è caratterizzato dai seguenti valori di assorbimento acustico, così come dai dati forniti dal produttore:



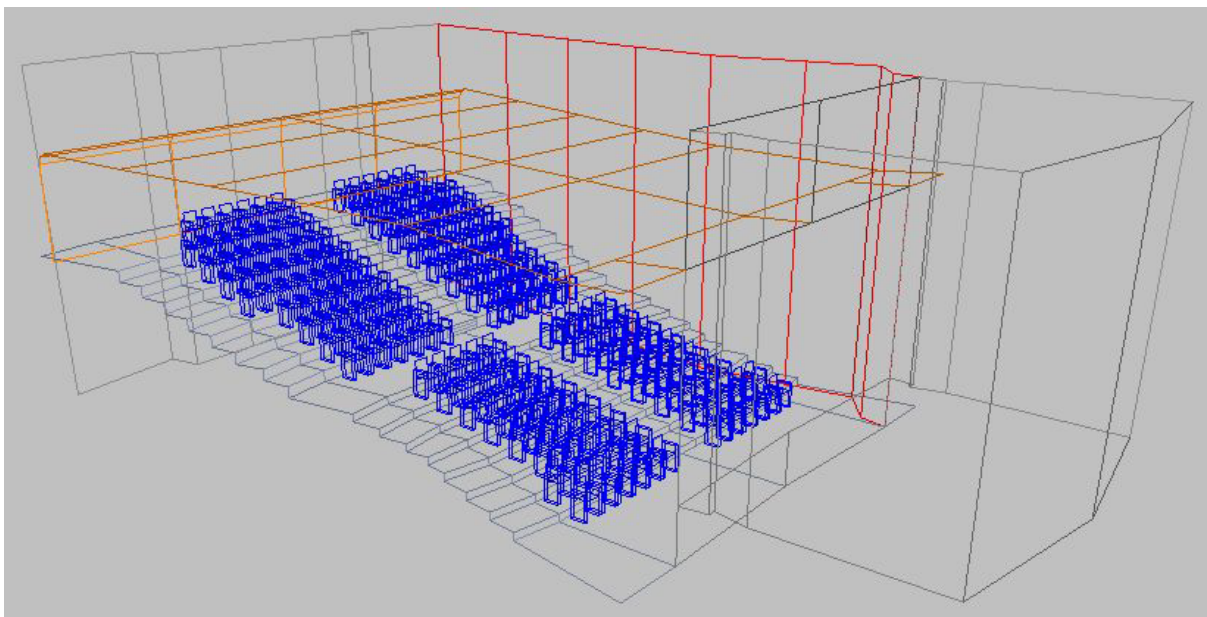
Si inserisce di seguito estratto delle tavole di progetto con indicazione del posizionamento del materiale (indicato in marrone sia per la copertura sopra platea che per i placcaggi laterali verticali):

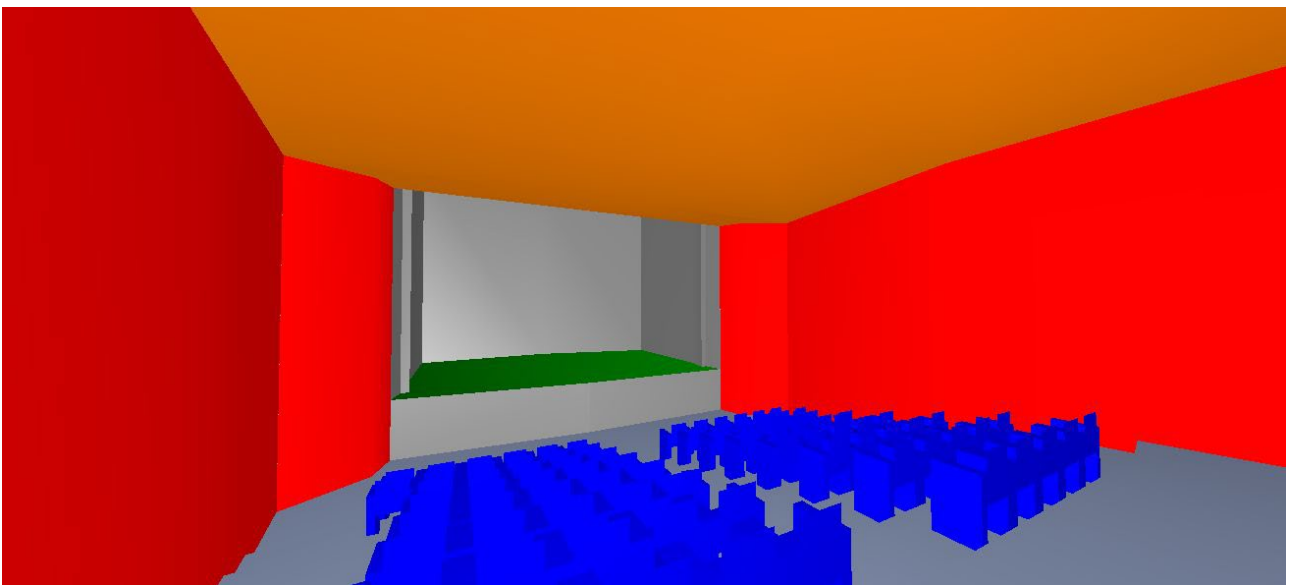
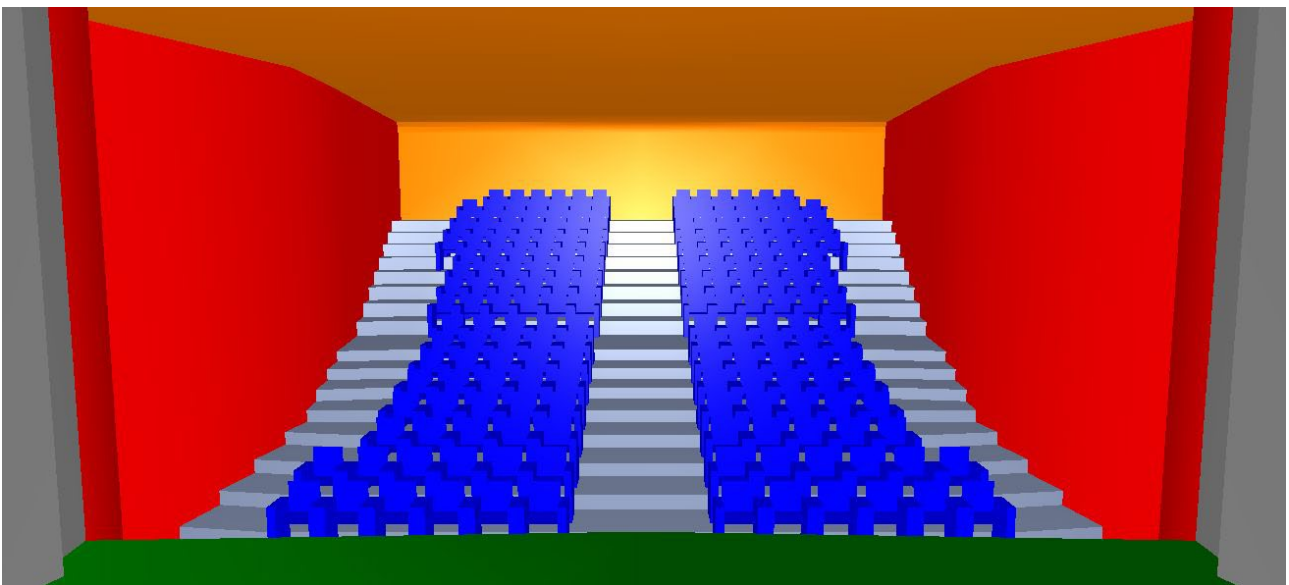
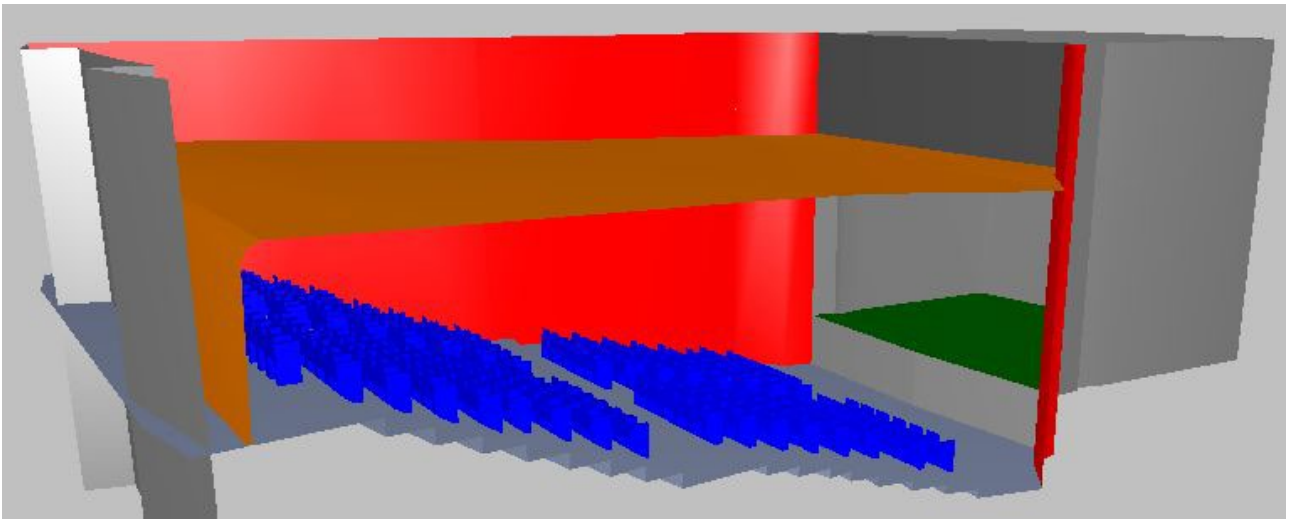


Per i calcoli acustici si è utilizzato il software *RAMSETE*, software avanzato per la simulazione dei fenomeni acustici che utilizza il metodo di calcolo del "Pyramid tracing".

All'interno del programma di simulazione è stato ricostruito in 3D l'ambiente interno del cinema/teatro con tutti i materiali previsti da progetto, corredati dai rispettivi coefficienti di assorbimento acustico comprese quindi le strutture, i materiali acustici e gli arredi.

Si riportano di seguito le immagini del modello della sala ricreato nel programma *Ramsete*:



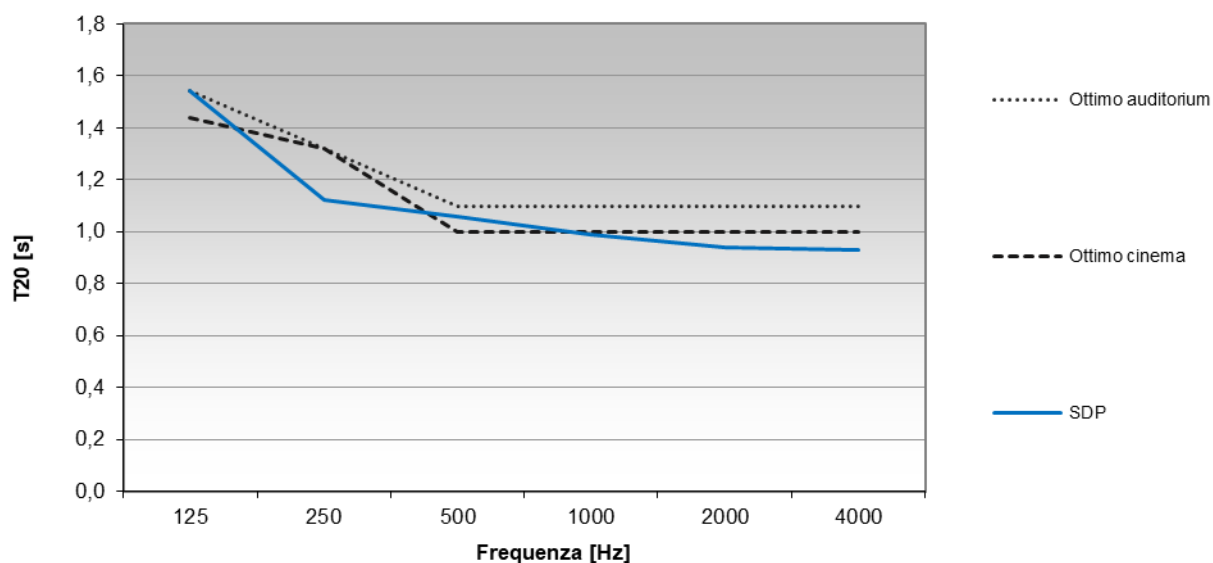


Si riportano di seguito i valori di assorbimento acustico utilizzati nel programma:

Elemento	Materiale	Assorbimento acustico					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Pareti palco	Intonaco	0,032	0,043	0,043	0,054	0,065	0,076
Pavimento palco	Legno liscio	0,1	0,11	0,9	0,9	0,11	0,11
Pavimento platea	Moquette	0,087	0,109	0,221	0,279	0,337	0,395
Poltrone	Tessuto imbottito	0,22	0,28	0,33	0,35	0,33	0,28
Pareti - soffitto lisci	Legno laccato	0,1	0,081	0,06	0,05	0,05	0,05
4akustik 14/2 parete	Mdf scanalato + lana minerale	0,14	0,50	0,89	0,93	0,64	0,48
4akustik 14/2 soffitto	Mdf scanalato + lana minerale	0,45	0,73	0,81	0,78	0,65	0,51

Di seguito i valori ottenuti per la sala:

Tempo di riverbero			Frequenza					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
T20	Bibliografia	Ottimo auditorium	1,54	1,32	1,10	1,10	1,10	1,10
T20	Bibliografia	Ottimo cinema	1,44	1,32	1,00	1,00	1,00	1,00
T20	Simulazione	Stato di progetto	1,54	1,12	1,06	0,99	0,94	0,93



Come si nota dalla tabella contenente i risultati in uscita dal programma di simulazione i valori del tempo di riverbero risultano coerenti con i valori di riferimento per sale polifunzionali sia come auditorium che cinema.

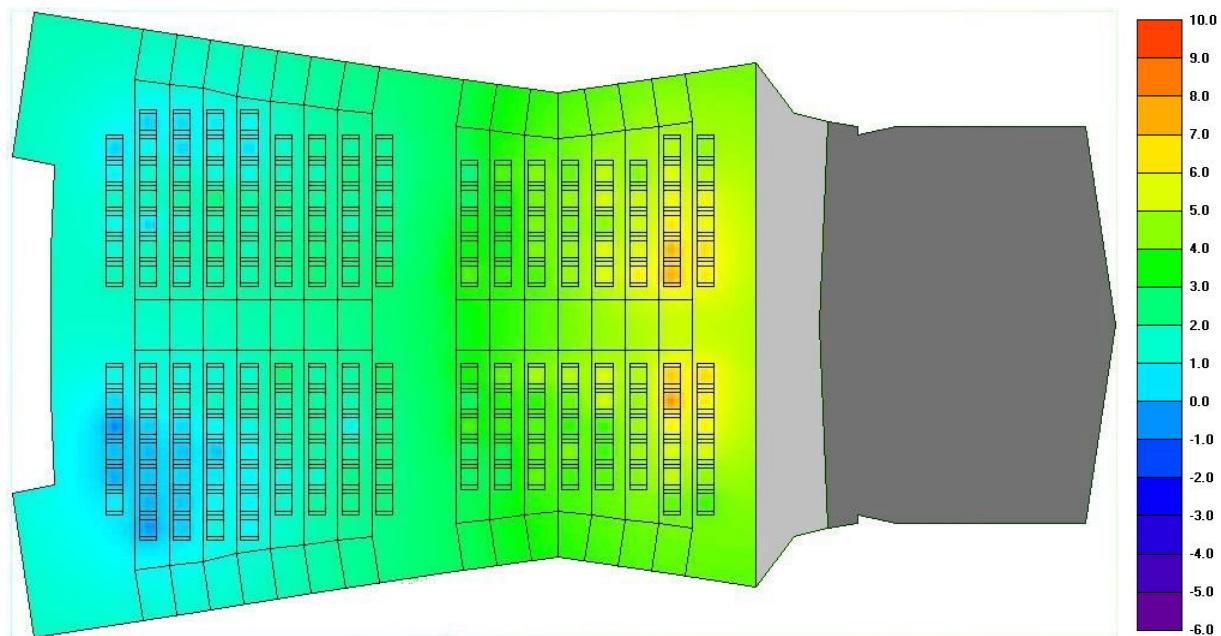
Si inseriscono anche le mappe ricavate per i principali parametri acustici di riferimento: C50, STI e SPL. Per le simulazioni è stata posizionata sul palco una sorgente omnidirezionale con segnale di rumore rosa.

Indice C50

Valore di riferimento (UNI11367:2010): ≥ 0 dB

Valore di output minimo: 0,80

Valore di output massimo: 8,83

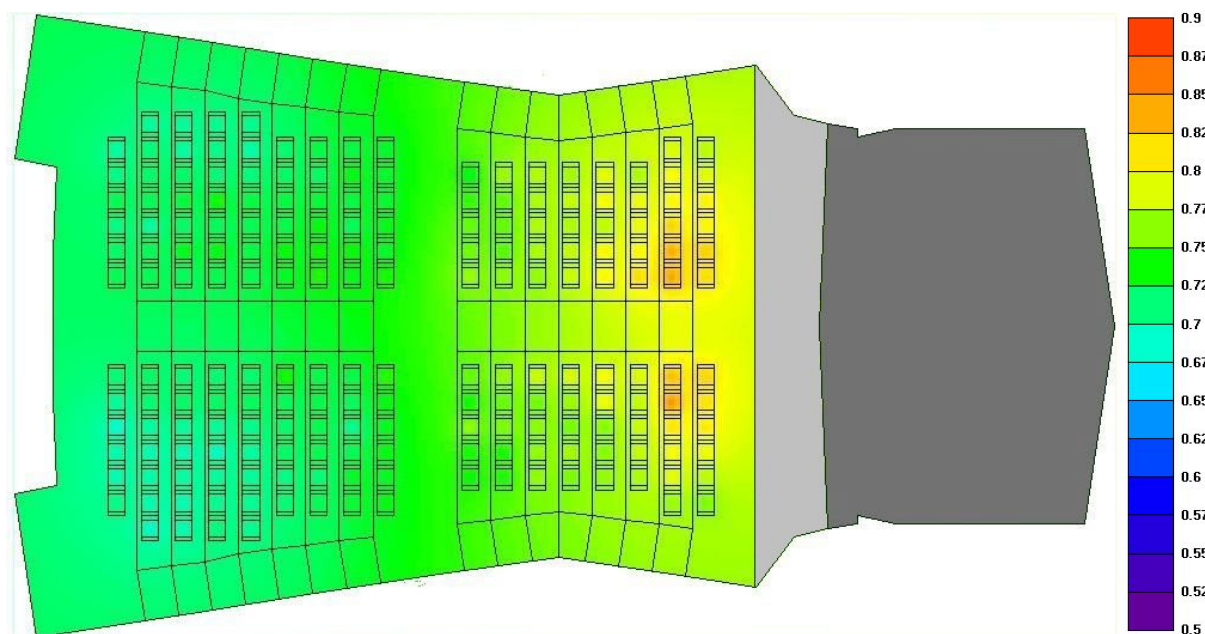


Indice STI

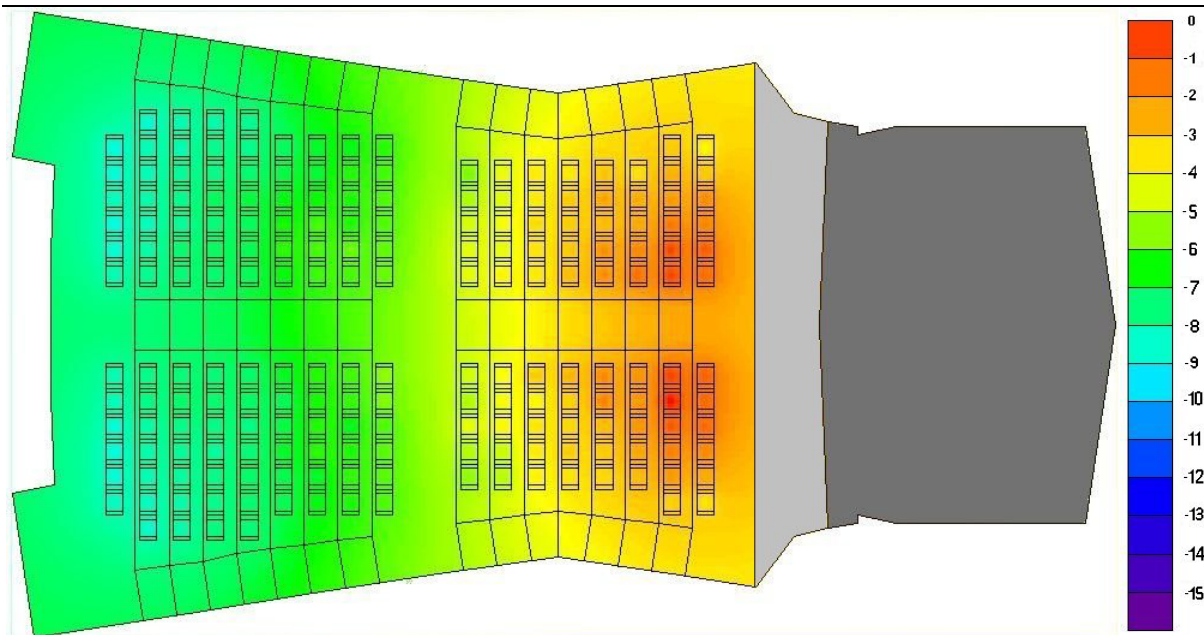
Valore di riferimento (UNI11367:2010): $\geq 0,6$

Valore di output minimo: 0,70

Valore di output massimo: 0,87



Indice SPL

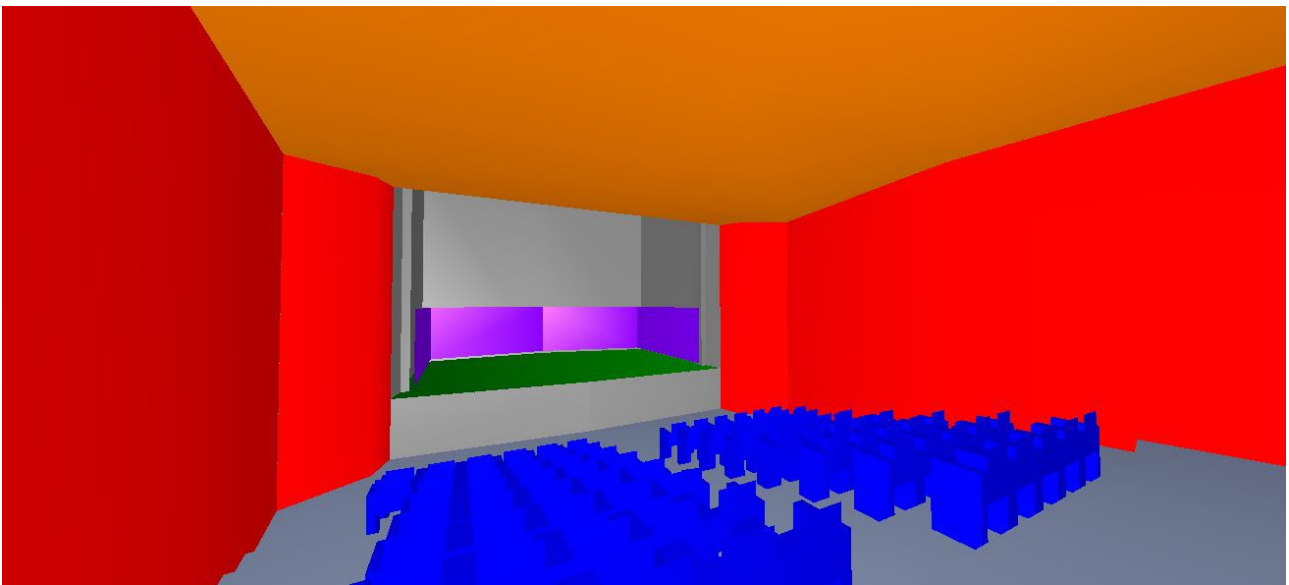
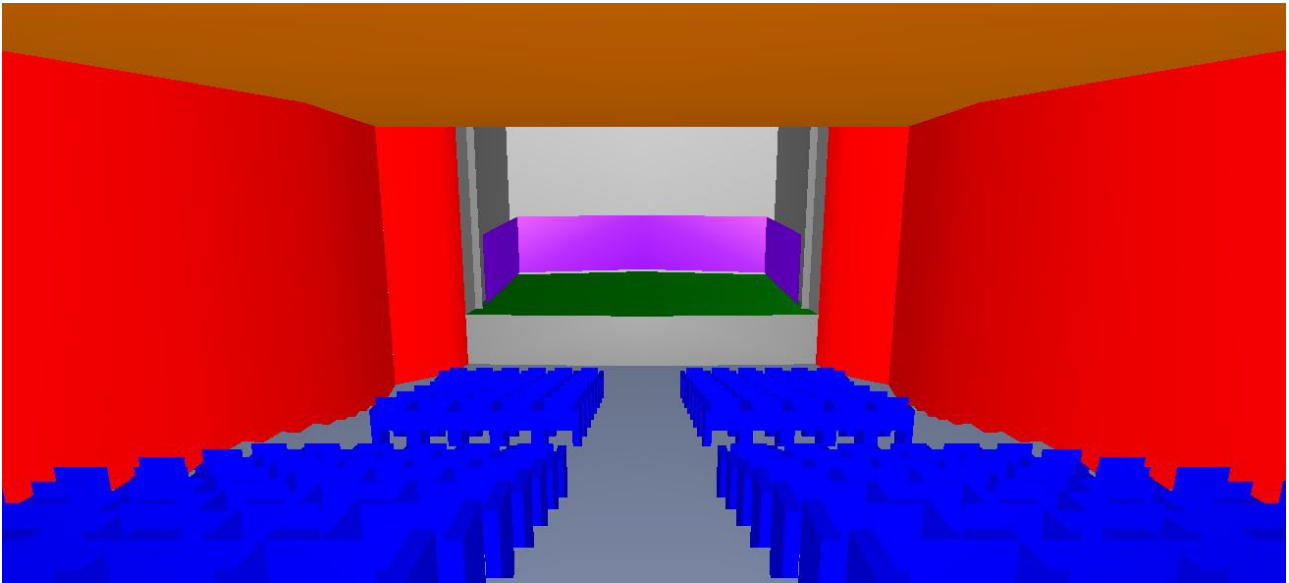


Si è eseguita anche una simulazione aggiuntiva andando a posizionare del materiale fonoassorbente (40mq) ai lati del palco e dietro lo schermo.

Tale soluzione, perseguibile con pannelli acustici a doppia faccia ruotabili (una faccia riflettente e una assorbente) permette di ottenere una configurazione migliorativa in caso di utilizzo della sala come cinema.

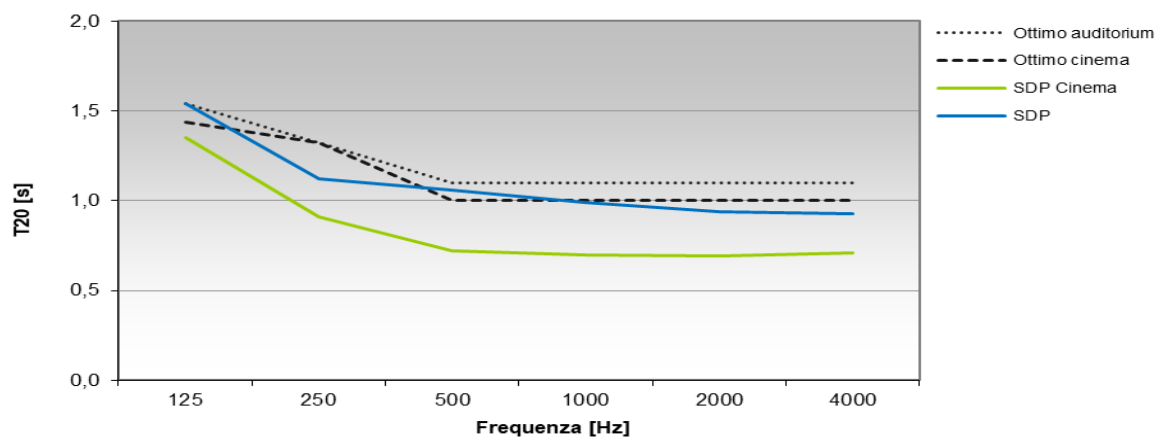
Elemento	Materiale	Assorbimento acustico					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Pareti palco	Intonaco	0,032	0,043	0,043	0,054	0,065	0,076
Pavimento palco	Legno liscio	0,1	0,11	0,9	0,9	0,11	0,11
Pavimento platea	Moquette	0,087	0,109	0,221	0,279	0,337	0,395
Poltrone	Tessuto imbottito	0,22	0,28	0,33	0,35	0,33	0,28
Pareti - soffitto lisci	Legno laccato	0,1	0,081	0,06	0,05	0,05	0,05
4akustik 14/2 parete	Mdf scanalato + lana minerale	0,14	0,50	0,89	0,93	0,64	0,48
4akustik 14/2 soffitto	Mdf scanalato + lana minerale	0,45	0,73	0,81	0,78	0,65	0,51
Pannelli fonoassorbenti palco	Fibra poliestere	0,20	0,35	0,60	0,80	0,85	0,85

Si inserisce un'immagine della sala modellizzata nel programma Ramsete con il posizionamento del materiale aggiuntivo (in viola sul palco):



Si riportano di seguito i dati ottenuti con la configurazione sopra indicata:

Tempo di riverbero			Frequenza					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
T20	Bibliografia	Ottimo auditorium	1,54	1,32	1,10	1,10	1,10	1,10
T20	Bibliografia	Ottimo cinema	1,44	1,32	1,00	1,00	1,00	1,00
T20	Simulazione	Stato di progetto	1,54	1,12	1,06	0,99	0,94	0,93
T20	Simulazione	Stato di progetto - Cinema	1,35	0,91	0,72	0,70	0,69	0,71
T20	Miglioramento		-0,19	-0,21	-0,34	-0,29	-0,25	-0,22



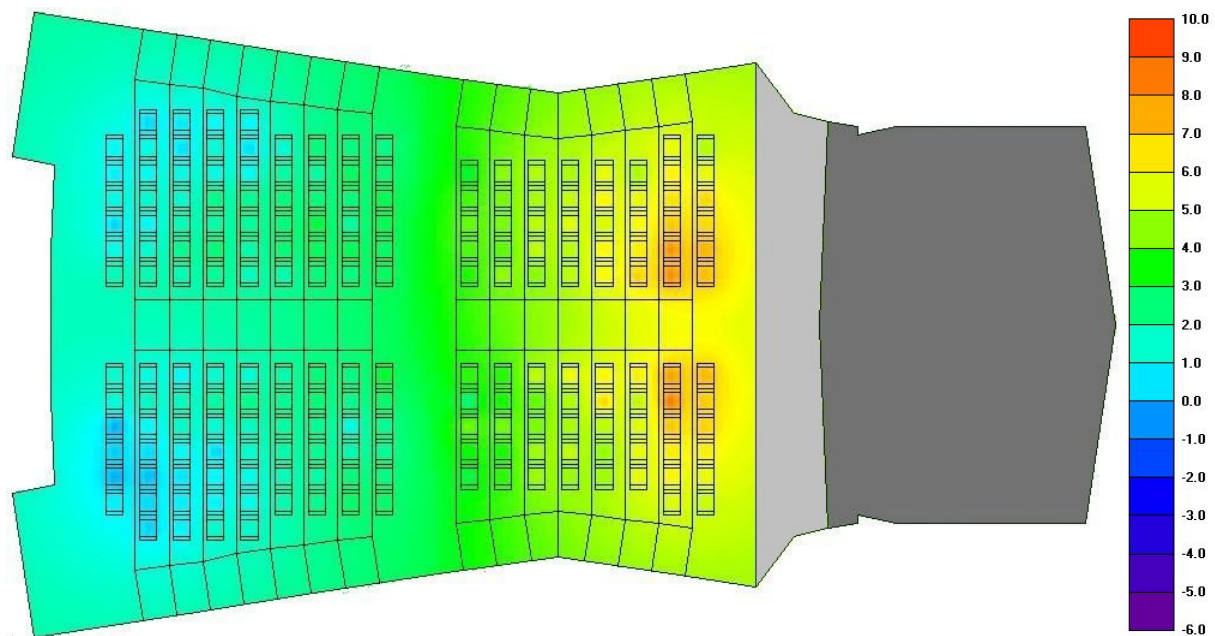
Si inseriscono anche le mappe ricavate per i principali parametri acustici di riferimento: C50, STI e SPL con il materiale aggiuntivo. Per le simulazioni, come nel caso precedente, è stata posizionata sul palco una sorgente omnidirezionale con segnale di rumore rosa.

Indice C50

Valore di riferimento (UNI11367:2010): ≥ 0 dB

Valore di output minimo: 0,75

Valore di output massimo: 9,93

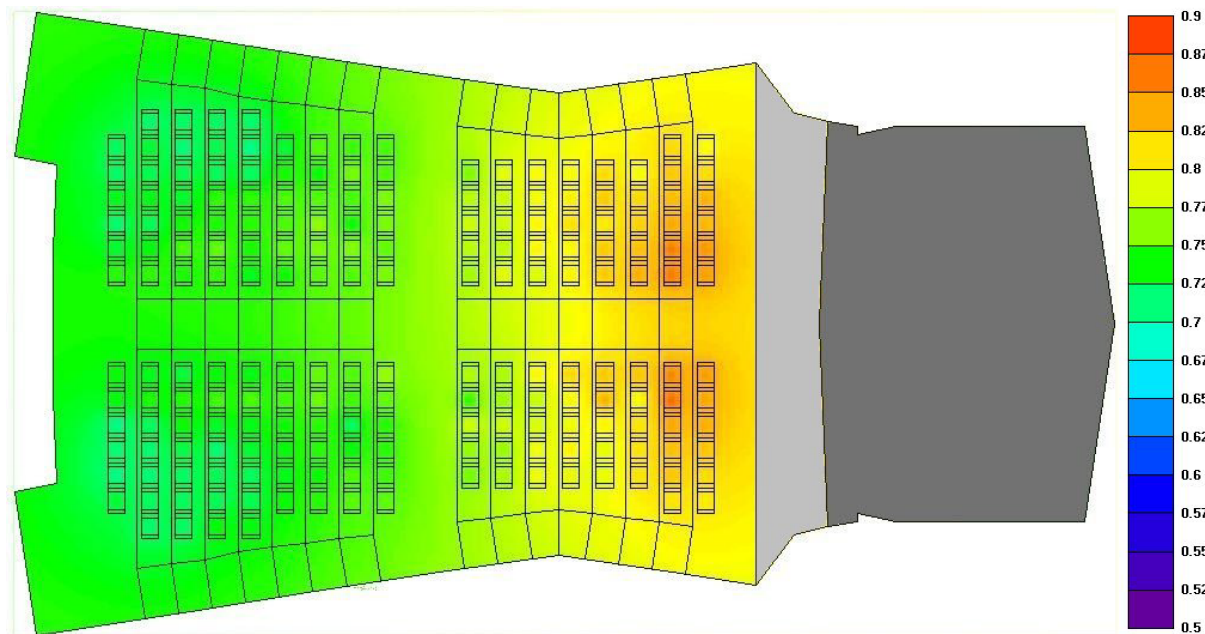


Indice STI

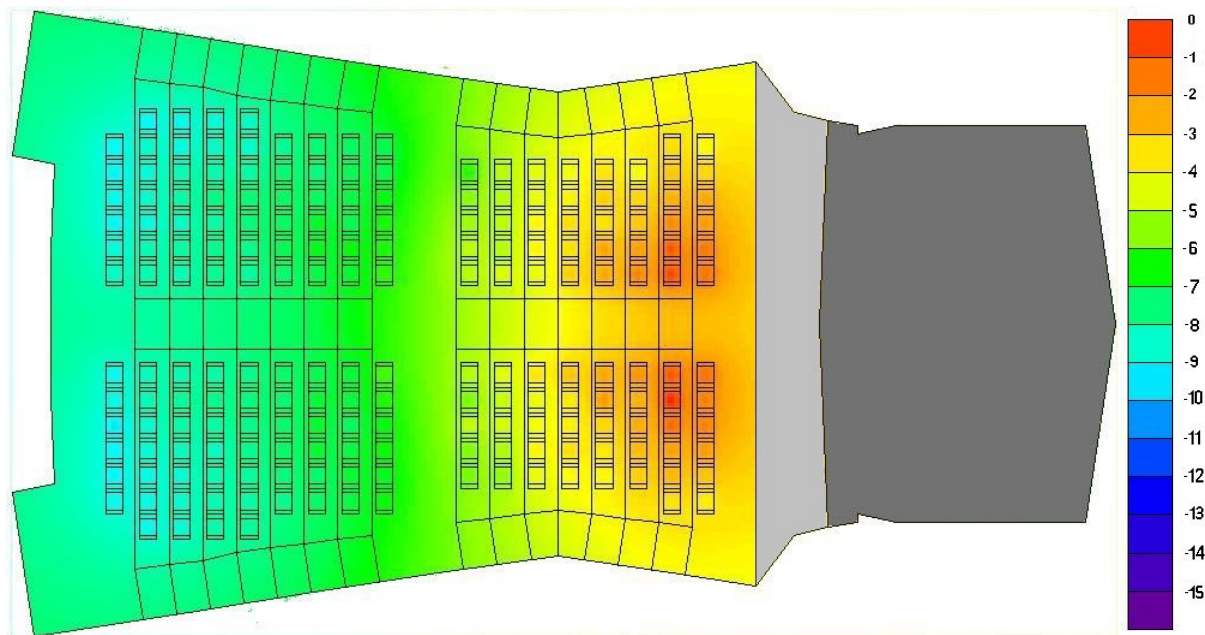
Valore di riferimento (UNI11367:2010): $\geq 0,6$

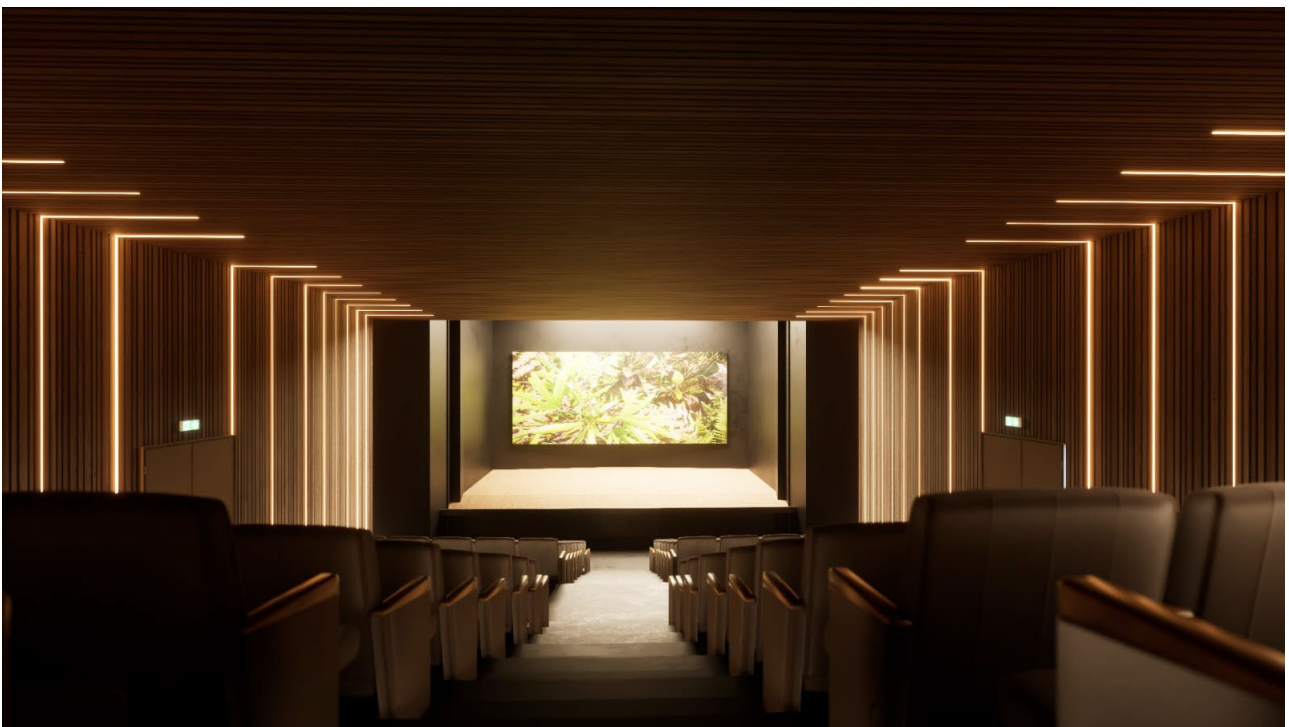
Valore di output minimo: 0,72

Valore di output massimo: 0,89



Indice SPL





4. ANALISI DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DELLE STRUTTURE

Si riportano di seguito le norme utilizzate per i calcoli acustici eseguiti:

- UNI EN 12354-1:2017: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti
- UNI EN 12354-2:2017: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti
- UNI EN 12354-3:2017: Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea
- UNI/TR 11175: Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale.

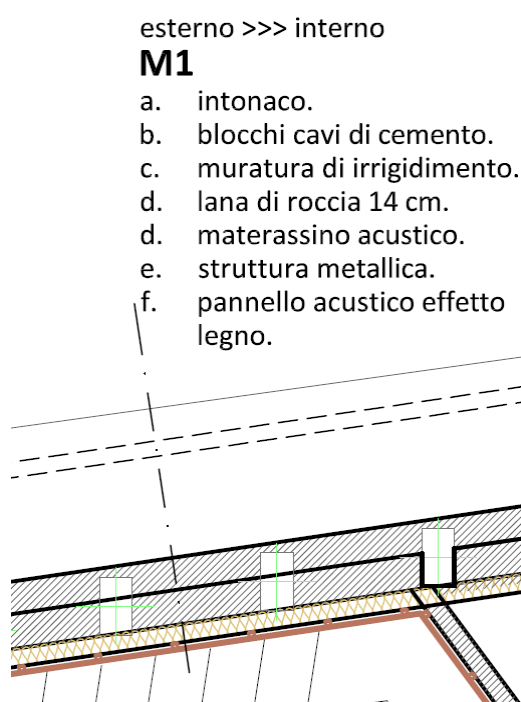
Pavimento

La struttura sarà realizzata contro terra, quindi non vi saranno immissioni di rumore dalla pavimentazione della platea.

Pareti laterali

Si esegue la verifica dell'isolamento acustico verso l'esterno dalla parete verticale così come prevista da progetto così da poter determinare:

- Valore di R_w della struttura piena;
- Valore di $D_{2m,nT,w}$ della facciata con installazione di porte con un R_w pari a 44dB.





Tipo di elemento	Parete esterna
Spessore totale [cm]	64,5
Massa superficiale [kg/m ²]	408,9
Area totale [m ²]	147,0
R_w [dB]	68,7

	Tipo	Descrizione	Spessore [cm]	Massa sup [kg/m ²]
1	INT	Intonaco di calce e gesso	1,0	14,0
2	MUR	Struttura in blocchi pieni 19,5cm	20,0	149,0
3	MUR	Struttura in blocchi semipieni sp.parete 20cm	25,0	231,9
4	ISO	Pannelli rigidi in fibre minerali di rocce feldspatiche	14,0	14,0

Struttura: Porte esterne Cinema

Tipo di elemento	Porte esterne Cinema
R_w [dB]	44,0

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA - Facciata esterna Cinema Ligonchio

Dati geometrici

Volume dell'ambiente [m ³]	1.200,00
Superficie della facciata [m ²]	152,28

Elementi che compongono la facciata

	Elemento	Area [m ²] / Lunghezza [m]	R _w / D _{new} [dB]
1	Parete M1 Cinema Ligonchio	147,00	68,69
2	Porte esterne Cinema	5,28	44,00

Correzioni

Trasmissione laterale K [dB]	2
Forma di facciata DL _{fs} [dB]	0
Tipo	Facciata piana
Altezza h [m]	h < 1,5 m
Assorbimento α _w	α _w ≤ 0,3

Risultati

R' _w [dB]	56,2
D_{2m,nT,w} [dB]	60,2

Come si nota dai valori sopra riportati la struttura esterna di base avrà un potere fonoisolante elevato $R_w > 65\text{dB}$.

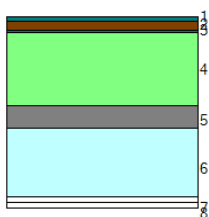
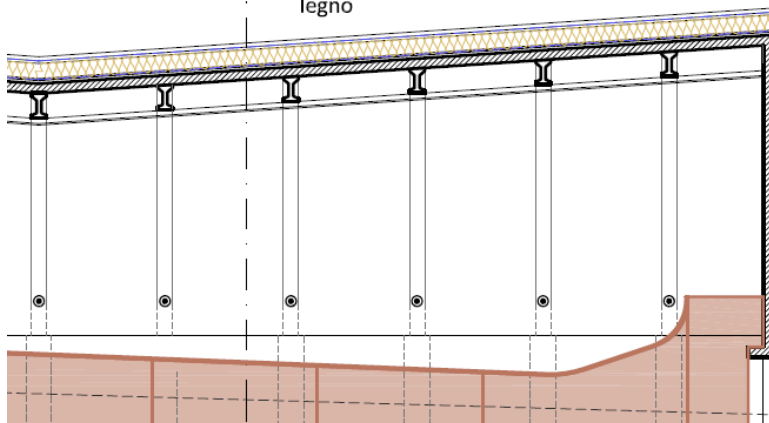
L'installazione di **porte esterne di emergenza con un $R_w = 44\text{dB}$** permette di avere un isolamento di facciata elevato (indice calcolato non considerando la copertura).

Copertura

esterno >>> interno

C1

- a. lamiera aggraffata color corten.
- b. membrana traspirante.
- c. supporto continuo in legno.
- d. lana di roccia 16cm.
- e. barriera al vapore
- f. cappa armata 5 cm .
- d. solaio esistente.
- e. pannellatura in cartongesso REI120.
- f. pannelli acustici effetto legno



Tipo di elemento	Copertura Cinema
Spessore totale [cm]	42,0
Massa superficiale [kg/m ²]	211,4
Rw [dB]	60,0

Sotto la lamiera esterna aggraffata verrà **posizionata una guaina antirombo** in modo da minimizzare il rumore della pioggia che dalla copertura potrebbe propagarsi all'interno della sala.

Il valore di isolamento della copertura risentirà dell'installazione degli evacuatori di fumo che saranno installati e dei quali, allo stato attuale, non si hanno caratteristiche di isolamento acustico utili per eseguire i calcoli.

Non si ritiene in ogni caso necessario adottare soluzioni migliorative rispetto a quanto indicato in progetto; il rumore ambientale esterno che potrebbe incidere sulla copertura risulta contenuto.

5. ANALISI DELLA RUMOROSITÀ DEGLI IMPIANTI – RUMORE DI FONDO DELLA SALA

Per il calcolo della potenza sonora delle ventole si utilizzano le seguenti formule analitiche, in quanto la scheda tecnica dell'Unità esterna fornisce valori di rumorosità solo per l'unità esterna.

Il valore di potenza sonora delle ventole può essere ricavato utilizzando le seguenti formule che prendono in considerazione dati tecnici della macchina.

$$L_N = 67 + 10 \log(S) + 10 \log(p)$$

$$L_N = 40 + 10 \log(Q) + 20 \log(p)$$

$$L_N = 94 + 20 \log(S) - 10 \log(Q)$$

dove:

L_N = potenza sonora dalla ventola (dB)

S = potenza del motore (kW)

p = pressione statica della ventola (Pa, N/m²)

Q = volume di ricambi aria (m³/s)

L'impianto avrà le seguenti caratteristiche:

VENTILATORI ZONA TRATTAMENTO (MANDATA)			
Tipo ventilatore mandata	(5.6)		RAD
Numero ventilatori Mandata		Nr	1.00
Diametro ventilatori		mm	630
Portata aria mandata		l/s	3611
Potenza unitaria installata		kW	2.38
Max pressione statica mandata	(5.8)	Pa	330
VENTILATORI (ESPULSIONE)			
Tipo ventilatore espulsione	(6.7)		RAD
Numero ventilatori espulsione		Nr	1.00
Diametro ventilatori		mm	500
Potenza unitaria installata		kW	3.65

da cui si ricavano i seguenti valori:

Ventilatore Mandata

$$L_N = 94 + 20 \log(S) - 10 \log(Q) = \mathbf{96,0 \text{ dB}}$$

Ventilatore Espulsione

$$L_N = 94 + 20 \log(S) - 10 \log(Q) = \mathbf{99,7 \text{ dB}}$$

Il livello di potenza sonora in bande d'ottave può essere calcolato sommando i valori della tabella sottostante al livello di potenza sonora calcolato nelle espressioni sopra:

Decibels to add (dB)								
Fan Type	Octave (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Centrifugal fan, backward-curved blades	-4	-6	-9	-11	-13	-16	-19	-22
Centrifugal fan, forward-curved blades	-2	-6	-13	-18	-19	-22	-25	-30
Centrifugal fan, straight radial blades	-3	-5	-7	-7	-8	-11	-16	-18
Axial fan	-7	-9	-7	-7	-8	-11	-16	-18

Da cui si ottiene:

	Frequenza (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lw ventilatore mandata	93,0	91,0	89,0	89,0	88,0	85,0	80,0	78,0
Lw ventilatore espulsione	93,8	91,8	89,8	89,8	88,8	85,8	80,8	78,8

Si è eseguita quindi la verifica della rumorosità immessa in ambiente tramite il software "Lindab" con il silenziatore previsto da progetto meccanico sulla mandata, per valutare il valore di Lw immesso nella canalizzazione:



lindab | we simplify construction

SLGPU 100 - Circular straight

Progetto: Cinema Ligonchio - Mandata Rev01

20-03-2023



Requisiti:		
Volume aria	Qv	9480 m3/h
Risultati::		
Face velocity	v	3,4 m/s
Perdita di carico totale	Δpt	2 Pa

SLGPU 100 - Circular straight

SLGPU è un silenziatore circolare in linea con ogiva centrale

Lo spessore nominale dell'isolamento è 100 mm. In questo modo si ottiene un'ottima attenuazione del rumore su tutta la gamma.

Lo si preferisce quando i requisiti acustici superano le capacità prestazionali del silenziatore SLGU. Particolarmente indicato per le grandi dimensioni.

Il materiale di attenuazione è la lana minerale. SLGPU è costituito da un robusto canale esterno a spirale e da un canale interno in acciaio con piccole aperture per poter resistere alla pulizia meccanica e allo stesso tempo non interferire con la perdita di inserzione. Lo spazio tra i due è riempito con lana minerale e tra il canale interno e il materiale di attenuazione è inserito un tessuto non tessuto, per evitare che le fibre dell'isolante penetrino nel sistema di condotti. Il silenziatore può essere pulito con spazzole di nylon rotanti, aspirapolvere o panno umido.

I dati tecnici relativi a perdita di inserzione, perdita di carico e rumore autogenerato si basano su test condotti in conformità alla norma ISO 7235.

Per materiali e dimensioni speciali, contattare l'ufficio commerciale Lindab.

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Sum	Sum
Sound level, before Lw	93	91	89	88	88	85	80	78	92	92
Insertion loss IL	3	7	20	38	34	22	17	17		
Self-generated noise Lw	39	38	31	28	22	14	10	10	29	24
Sound level, after Lw	90	84	69	51	54	63	63	61	72	71
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(A)	NR



Codice ordine

SLGPU-1000-1800-100

Lunghezza prodotto 1800 mm

Sistema Mandata

Descrizione:

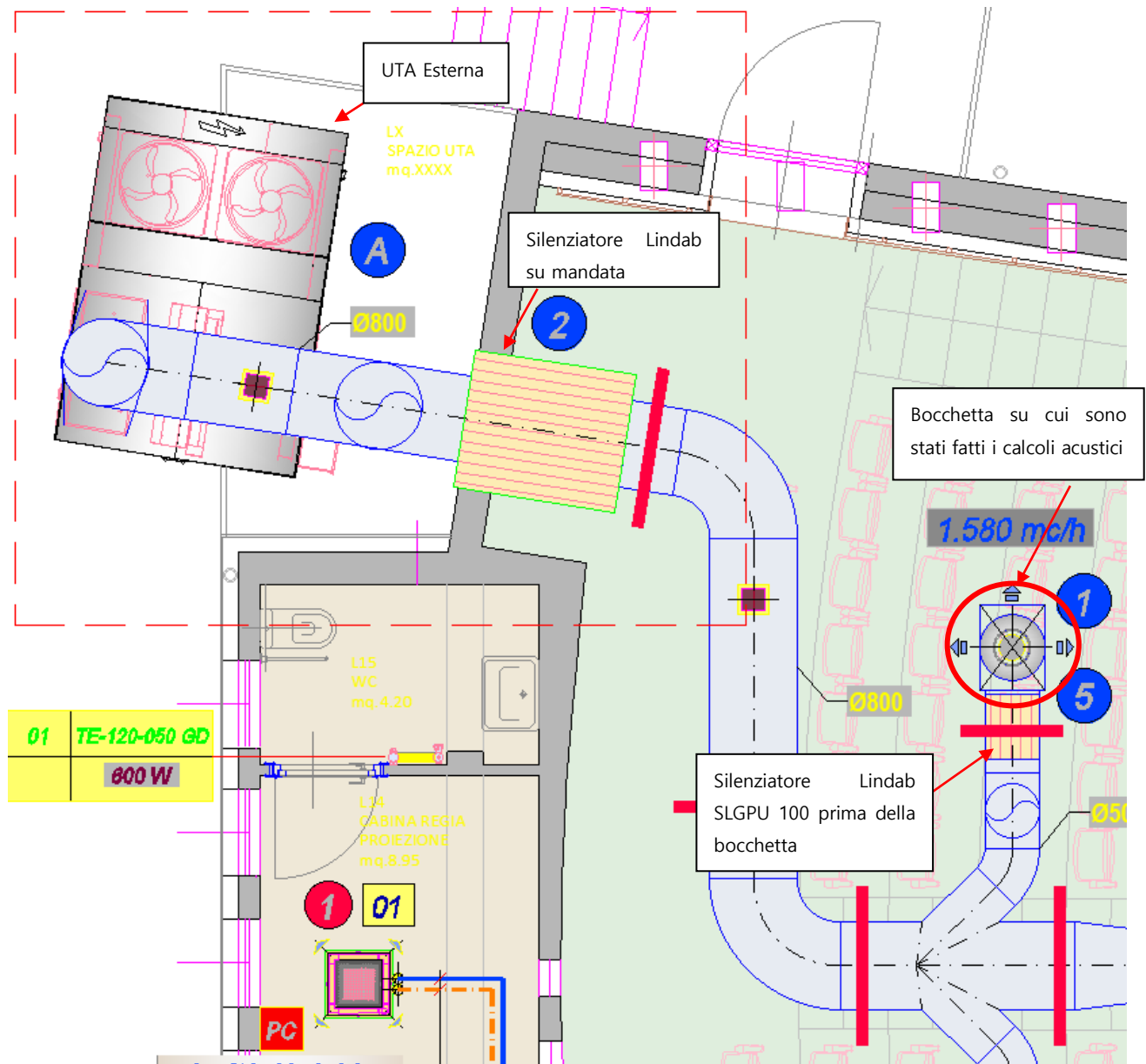
Mandata

5.4.230307 (04) 2003/2023
11/5/24

Soggetto a modifiche senza obbligo di preavviso



Considerando che il silenziatore sulla mandata sarà inserito all'interno della sala, lo stesso sarà rivestito esternamente con guaina gomma-piombo e lana minerale. I calcoli acustici sono stati eseguiti in corrispondenza della bocchetta più prossima all'ingresso dell'impianto nella sala. Si fa presente che nel progetto la platea risulta inclinata verso il basso dal fondo del locale verso il palco, quindi la bocchetta oggetto di analisi sarà posizionata a circa 2,0m sopra le sedute e risulterà quella potenzialmente più rumorosa considerando le minori diaramazioni presenti e la minore distanza dalla macchina esterna.



Prima della bocchetta terminale sarà installato un silenziatore tipo Lindab SLGPU 100 d=500mm e l=600mm che permette i seguenti valori di attenuazione:

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Lindab SLGPU 100 d = 500mm - l = 600mm	1dB	3dB	8dB	18dB	25dB	26dB	20dB	10dB

Si riporta ora il calcolo eseguito per il caso in esame:

CALCOLO ATTENUAZIONE POTENZA SONORA - MANDATA												
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz			
Lw immesso con silenziatore in uscita da mandata		90,00	84,00	69,00	51,00	54,00	63,00	63,00	61,00	dB		
Perdita per percorso in condotto												
	d	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz			
Curva non rivestita	800-1500	0,34	0,34	0,34	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	11,4	lunghezza [m]	
Curva non rivestita	400-799	0,20	0,20	0,20	0,28	0,45	0,45	0,36	0,45	2,8	lunghezza [m]	
Lw dopo condotte [dB]		89,46	83,46	68,46	49,92	52,75	61,75	61,84	59,75	dB		
Perdita per presenza gomiti												
	d	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz			
NORIV	600-825	0	12	32	20	12	12	12	12	4,0	n. gomiti	
NORIV	425-575	0	0	6	8	4	3	3	3	1,0	n. gomiti	
Lw dopo gomiti [dB]		89,46	71,46	30,46	21,92	36,75	46,75	46,84	44,75	dB		
Perdita per diramazione condotto - Area Diramazione / Area condotto principale												
					d [m]	A [mq]						
Area Sezione condotto principale					0,80	0,50	Rapporto Diramazione / Principale					
Area Sezione diramazione 1					0,50	0,20	0,39					
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz			
A 0,3		-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5			
Lw dopo diramazione [dB]		84,46	66,46	25,46	16,92	31,75	41,75	41,84	39,75	dB		
SILENZIATORE PRIMA DELLA BOCCHETTA												
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz			
Attenuazione da catalogo Lindab SLGPU 100 d = 500mm - l = 600mm		1	3	8	18	25	26	20	10	dB		
Lw dopo silenziatore		83,46	63,46	17,46	-1,08	6,75	15,75	21,84	29,75	dB		
Perdita data dalle dimensioni della bocchetta di uscita												
d [m]	0,5											
A [mq]	0,19625											
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz			
A 0,2		10,5	6,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Lw alla bocchetta [dB]		72,96	57,46	14,66	-1,08	6,75	15,75	21,84	29,75			dB
Lw bocchetta (da catalogo – 4m/s)		35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	dB		
POTENZA SONORA IN USCITA DALLA BOCCHETTA												
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz			
Lw all'uscita		72,96	57,49	35,04	35,00	35,01	35,05	35,20	36,14	dB		

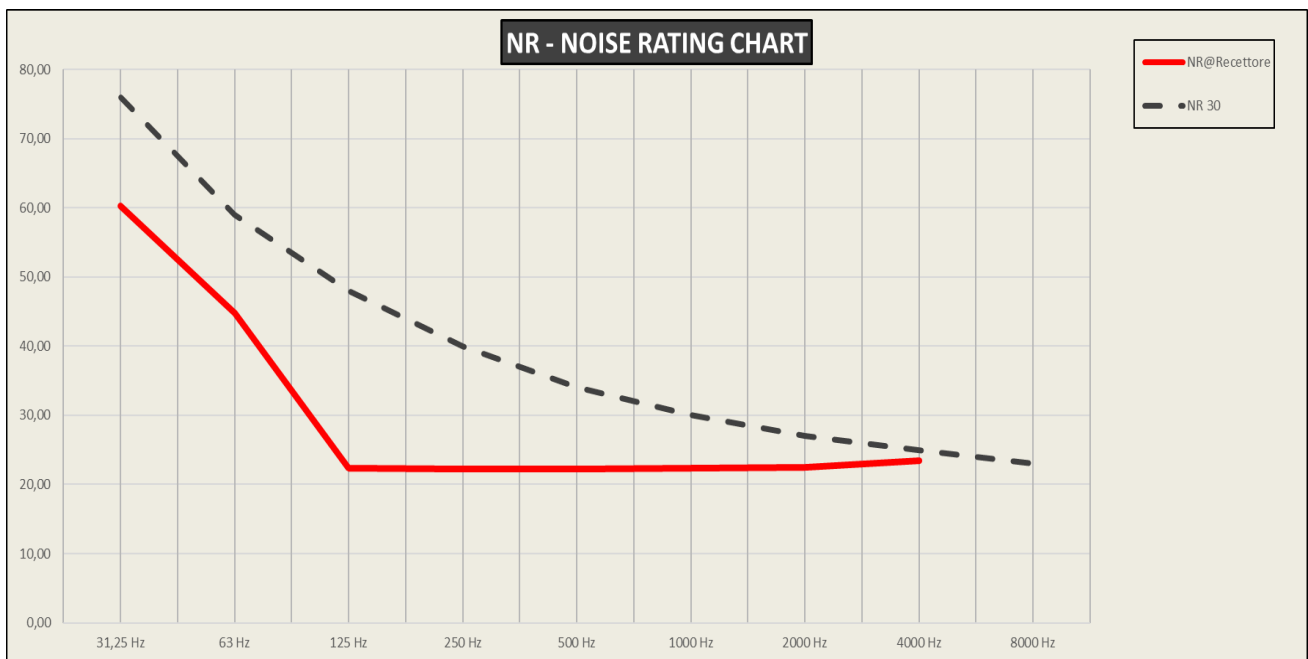
CALCOLO RUMOROSITA' IMMESSA IN AMBIENTE - MANDATA

Dati Geometrici e Strutturali dell'ambiente

coeff medio assorbimento ambiente [α]	0,49
S superfici interne dell'ambiente [mq]	745,66
Costante della sala [R]	716,4184314
n. bocchette	6
direttività [Q θ]	1
distanza da bocchette in metri [r]	2

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Lp_D =	55,9	40,5	18,0	18,0	18,0	18,0	18,2	19,1	dB
Lp_riv=	58,2	42,7	20,3	20,2	20,2	20,3	20,4	21,4	dB
Lp @ Recettore=	60,22	44,75	22,30	22,26	22,27	22,31	22,46	23,39	dB

Curva di riferimento NR in base alla destinazione dell'ambiente



Per il ventilatore di ripresa si procederà con l'installazione prima della macchina esterna costituito da un silenziatore "Tune S" appositamente scelto per incontrare le esigenze acustiche interne della sala.

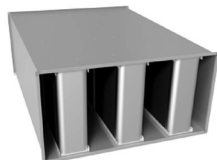


lindab | we simplify construction

TUNE-S - Rectangular straight

Progetto: Cinema Ligonchio - Ripresa Rev04

20-03-2023



Requisiti:

Volume aria	qv	9500 m3/h
Larghezza		1240 mm
Altezza		800 mm
Lunghezza		1500 mm

Risultati::

Face velocity	v	2,7 m/s
Perdita di carico totale	Δp_t	61 Pa

TUNE-S - Rectangular straight

TUNE-S è un silenziatore rettangolare dal design convenzionale con base e altezza che non superano le presenti dimensioni di connessione. Il silenziatore può essere prodotto in tutte le dimensioni standard del canale.

Telaio esterno in lamiera grecata trapezoidale che assicura stabilità e riduce il rischio di oscillazione. Il silenziatore è progettato per garantire basse perdite di carico ed è fornito di setti fonoisolanti che assicurano una buona attenuazione acustica, soprattutto alle basse frequenze.

Il tipo di materiale isolante è stato sviluppato per fornire buone proprietà acustiche, peso minimo e per essere lavabile.

Testato secondo standard ISO 7235.

E' dotato di profilo di giunzione tipo RJFP.

Per selezionare il silenziatore, si utilizza lo strumento online IT LindQST o DIMsilencer che permette di ottimizzare la distanza tra i setti, la lunghezza e l'altezza del silenziatore.

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Sum	Sum
Sound level, before Lwi	94	92	90	90	89	86	81	79	93	93
Insertion loss IL	8	14	27	47	50	50	47	32		
Self-generated noise Lw	47	37	37	39	36	30	21	4	40	36
Sound level, after Lwo	86	78	63	45	41	37	34	47	65	64
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(A)	NR

Codice ordine

TUNE-S-150/57-1240-800-1500

Sistema

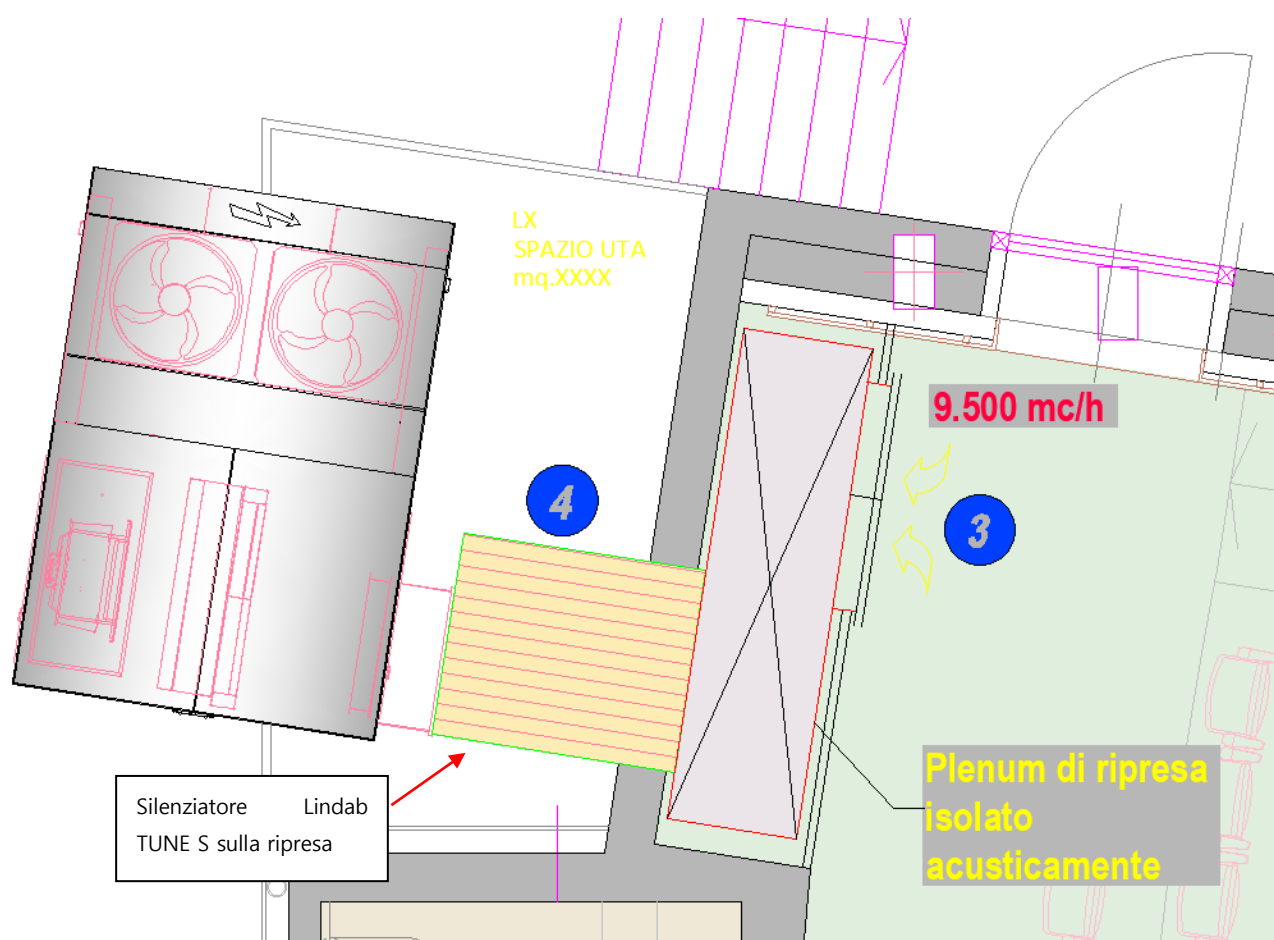
Extract

Descrizione:

Ripresa

All'interno della sala la bocchetta di ripresa avrà dimensioni di 1240x2000mm per la quale si procederà con la realizzazione di un "plenum acustico" appositamente studiato per diminuire l'immissione di rumore in sala dovuta al rumore del ventilatore della macchina esterna e dal passaggio dell'aria in aspirazione. Il plenum, di dimensioni pari a 3000x800x2400mm, sarà realizzato con lamiera rivestita internamente con materiale tipo Akustik Foam della NDA con $\alpha_w = 0,65$ dello spessore di 5cm.

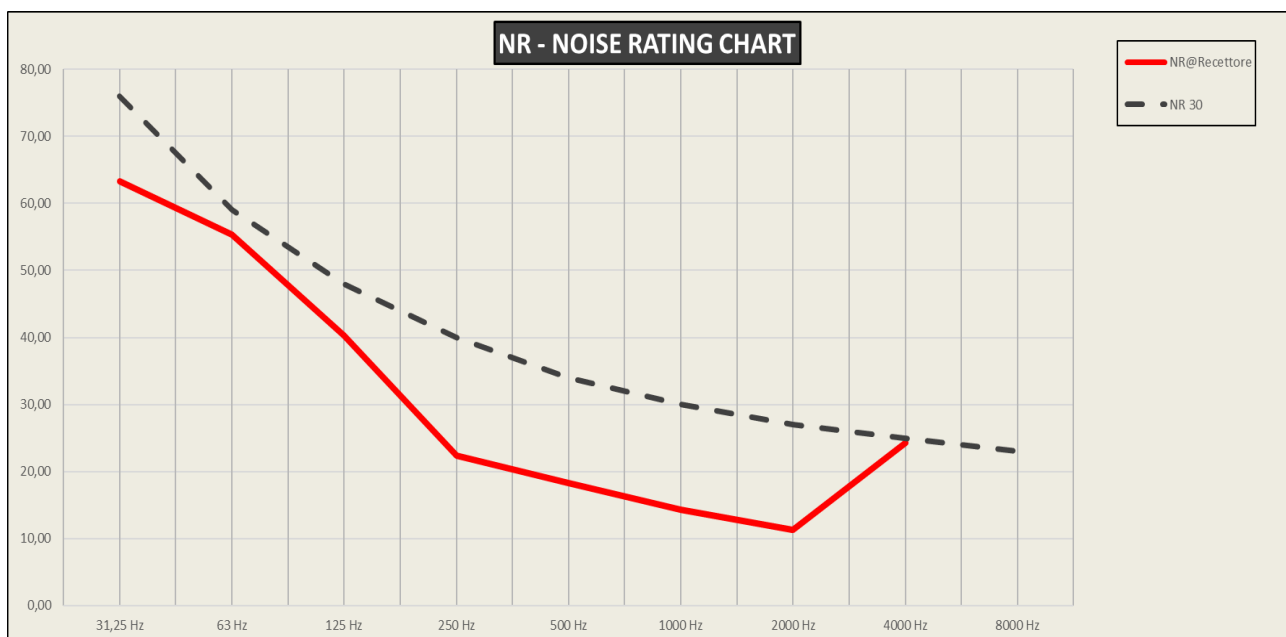
Il plenum, dato il suo posizionamento all'interno della sala, sarà rivestito esternamente con una guaina gomma-piombo autoadesiva e soprastante materassino in lana minerale densità 40kg/m³ e spessore nominale di almeno 7cm. Il vano contenente il plenum verrà chiuso verso la sala con una doppia parete in cartongesso con lastre montate a giunti sfalsati.



Si riporta ora il calcolo eseguito per determinare il livello di pressione sonora in sala, nel posto a sedere più vicino alla bocchetta, considerando il dato di partenza ottenuto con silenziatore Lindab e realizzando il plenum come da progetto impiantistico:

CALCOLO ATTENUAZIONE POTENZA SONORA - RIPRESA									
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Lw immesso con silenziatore Lindab Tune S	86,00	78,00	63,00	45,00	41,00	37,00	34,00	47,00	dB
Attenuazione per presenza plenum									
Sezione Uscita "S2" [mq]	2,8								
angolo θ [°]	30								
d [m]	1,70								
α assorbimento interno	0,65								
S interna totale [mq]	23								
Attenuazione del Plenum	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	
Lw dopo plenum [dB]	75,51	67,51	52,51	34,51	30,51	26,51	23,51	36,51	dB
POTENZA SONORA DALLA RIPRESA									
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Lw all'uscita	75,51	67,51	52,51	34,51	30,51	26,51	23,51	36,51	dB

CALCOLO RUMOROSITA' IMMESSA IN AMBIENTE - RIPRESA									
Dati Geometrici e Strutturali dell'ambiente									
coeff medio assorbimento ambiente $[\alpha]$	0,49								
S superfici interne dell'ambiente [mq]	745,66								
Costante della sala [R]	716								
n. bocchette	1								
direttività [Q θ]	2								
distanza da bocchette in metri [r]	2,41								
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Lp_D =	62,9	54,9	39,9	21,9	17,9	13,9	10,9	23,9	dB
Lp_riv=	53,0	45,0	30,0	12,0	8,0	4,0	1,0	14,0	dB
Lp @ Recettore=	63,31	55,31	40,31	22,31	18,32	14,32	11,33	24,31	dB
Curva di riferimento NR in base alla destinazione dell'ambiente									



Tutte le canalizzazioni passanti nella sala saranno opportunamente coibentate all'esterno con guaine antirombo e materassini in lana minerale.

I collari di sostegni delle canalizzazioni avranno interposte guaine elastomeriche che permettono lo smorzamento delle vibrazioni verso la struttura dell'edificio.

I silenziatori e i plenum saranno desolarizzati dalle strutture dell'edificio ed opportunamente isolati acusticamente, come riportato prima.