



COMUNE DI MONZA

P.I.I. N19  
VIALE C. BATTISTI

EX FELTRIFICIO SCOTTI

ELABORATO **F2**  
PROGETTO  
AUDITORIUM -  
VERIFICA ACUSTICA

PROPONENTE:  
Fondazione De Ponti  
via Dei Mille 5, 22100 Como  
tel. 031.270332  
email: info@depontispa.it

PROGETTISTI:  
arch. Michele Faglia  
arch. Bernardo Faglia  
via Tommaso Grossi 4, 20900 Monza  
tel. 039/325311  
email: faglia@tin.it

CONSULENZA SPECIALISTICA:  
EXHIBO s.p.a.  
Ing. Massimiliano De Angelis  
Ing. Guido Diamanti  
via L. Da Vinci 6, 20854 Vedano al Lambro  
tel. 039/49841  
info@exhibo.it

data

20.05.2014

revisioni

scala

codice

PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO N. 19

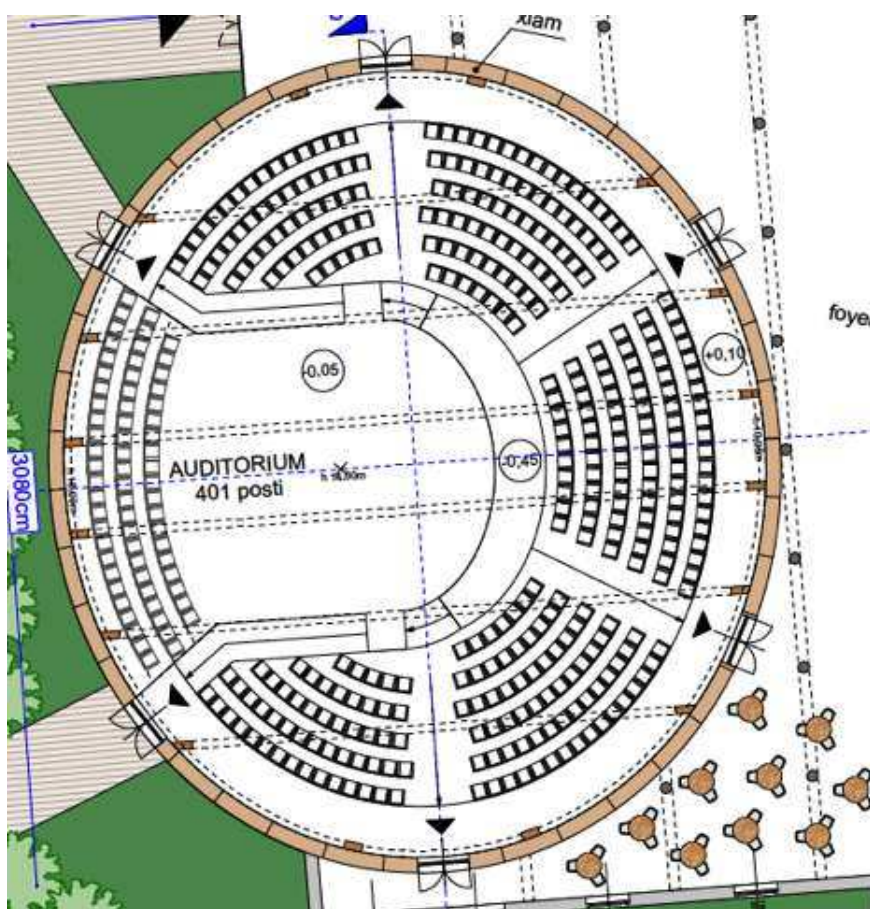
## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. FONO ISOLAMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3. ACUSTICA AMBIENTALE .....</b>	<b>9</b>
<b>4. ARCHITETTONICA E ACUSTICA .....</b>	<b>13</b>
<b>5. COMPOSIZIONE ORCHESTRALE .....</b>	<b>14</b>
<b>6. TRATTAMENTO ACUSTICO DELL'AUDITORIO.....</b>	<b>16</b>
<b>7. PROGETTO ACUSTICO RAMSETE.....</b>	<b>17</b>
<b>8. DETTAGLI PANNELLI ACUSTICI E MATERASSINI ANTIVIBRANTI.....</b>	<b>24</b>

---

## 1. PREMESSA

---



La filosofia progettuale voluta e seguita per la realizzazione del progetto presentato, si basa sulla sfida raccolta di sviluppare un Auditorio destinato alla riproduzione musicale con il minor dispendio economico consentibile.

La committenza desidera realizzare un progetto con il perfetto sincronismo tra le parti progettuali, onde ottenere il miglior rapporto qualità prezzo possibile dalle tecnologie costruttive moderne, ed evitare il più possibile future correzioni acustiche a progetto realizzato.

Exhibo ha sviluppato la stratigrafia dell'involucro dell'auditorio concentrando la progettazione su due parametri fondamentali: il fono-isolamento della struttura, la resa acustica interna dell'involucro.

A tal fine ha studiato le geometrie iniziali desiderate e ha proposto alcune varianti al progetto:

---

Isolare le porzioni di gettate cementizie che interessano le fondazioni dell'auditorio con vasche antivibranti, onde svincolare rigidamente le porzioni interessate ed evitare le trasmissioni vibrazioni dagli ambienti limitrofi;

Intensificare la stratigrafia delle pareti e della copertura in legno con materiali economici e acusticamente performanti per il raggiungimento dei parametri ideali di fono-isolamento dai disturbi esterni.

Realizzare le porzioni di pareti prefabbricate in conformazione piana anziché centinata, per consentire alle pareti stesse di lavorare acusticamente come pannellature acustico-diffondenti.

Applicare ad alcune porzioni di rivestimenti interni profili sagomati in legno di adeguato spessore dalle geometrie variabili per una corretta diffrazione delle onde sonore.

Isolare il rivestimento in legno a pavimento dell'auditorio con una guaina antivibrante per consentire al piano stesso di lavorare acusticamente come un rifrattore e rispondere agli urti da calpestio in modo "sordo".

Controllare ed eventualmente isolare o "allontanare" tutti gli impianti tecnologici che non rispondono ad adeguati parametri di pressione sonora nel rispetto del basso livello di fondo voluto all'interno dell'auditorio.

## 2. FONO ISOLAMENTO

---

Il progetto dell'isolamento acustico si basa sull'esperienza dei tecnici di Exhibo in oltre 10 anni di attività nel settore, e sull'utilizzo del software di impatto acustico previsionale SonidoPro.

SONIDO Professional è un software previsionale per l'acustica edilizia specificatamente ideato per la normativa italiana (DPCM 5/12/1997).

Il software permette la simulazione per la determinazione delle prestazioni acustiche di singole partizioni a partire dagli elementi base e la determinazione dei requisiti di isolamento richiesti dal DPCM 5/12/1997 in funzione delle caratteristiche delle partizioni e della geometria dei locali.

Sono state realizzate 5 diverse simulazioni, che si allegano alla seguente, con l'utilizzo di diversi materiali dislocati in posizioni alternate e a stratigrafie variabili, lasciando inalterate le caratteristiche principali desiderate dal contesto architettonico.

La simulazione che riteniamo idonea richiede a progetto una partizione stratigrafica di diversi materiali dalle caratteristiche acustiche differenziate tra di loro.

Le onde sonore sono in grado di sollecitare qualsiasi corpo incontrino nel loro percorso.

La risposta dei corpi a questa citazione dipende principalmente da alcune caratteristiche della materia, quali la massa, lo spessore, il modulo di Young ed il rapporto di Poisson. Vi sono anche altri fattori intrinseci della materia che la caratterizzano acusticamente, ma nel caso specifico apportano un contributo trascurabile.

L'esperienza acquisita in anni di progettazioni e realizzazioni, ci consente di partire da una base di simulazioni con i materiali di comune reperimento nel mercato, idonei alla realizzazione di stratigrafie acusticamente performanti.

---

Il progetto idoneo al corretto isolamento dell'area interessata prevede l'utilizzo di:

- 5 strati di abete sp. 186 mm tot
- 1 lastra di acciaio ferroso da 1,5 mm
- 1 intercapedine d'aria
- 4 lastre in lana minerale sp totale 280 mm
- 2 lastre di cartongesso in calcio silicato sp 15 mm cad.
- 3 strati di abete sp. 57 mm tot

Il documento di seguito allegato mostra il progetto nel dettaglio:

## Calcolo previsionale del potere fonoisolante di elementi di edifici

Tipo di componente edile: **Parete verticale con intercapedine**

Teoria applicata: **Parete doppia generica: Metodo delle Impedenze Accoppiate, MIA**

Note:

### Risultati di calcolo

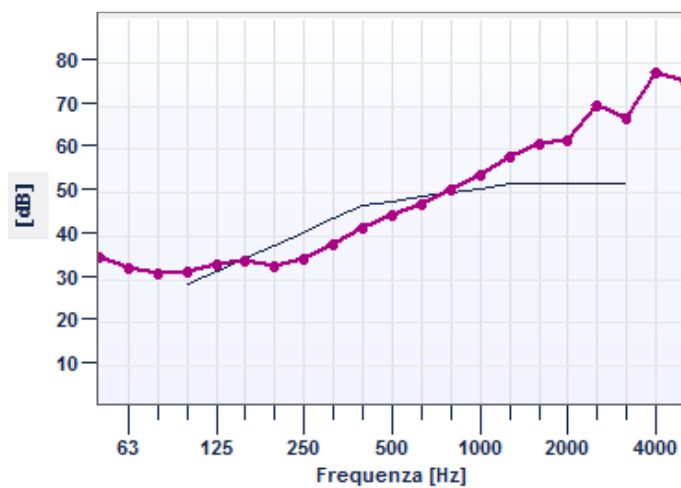
---

$$R_w (C; C_{tr}) = 48 (-1; -5) \text{ dB}$$

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	Riferimento [dB]
50	<b>35.1</b>	
63	<b>32.9</b>	
80	<b>31.6</b>	
100	<b>32.1</b>	29
125	<b>33.5</b>	32
160	<b>34.3</b>	35
200	<b>33.4</b>	38
250	<b>35.0</b>	41
315	<b>38.4</b>	44
400	<b>41.9</b>	47
500	<b>45.0</b>	48
630	<b>47.7</b>	49
800	<b>51.0</b>	50
1000	<b>54.2</b>	51
1250	<b>58.5</b>	52

---

1600	<b>61.5</b>	52
2000	<b>62.2</b>	52
2500	<b>70.3</b>	52
3150	<b>67.2</b>	52
4000	<b>77.9</b>	
5000	<b>75.8</b>	



— Potere fonoisolante Ri

— Curva di riferimento UNI EN ISO 717-1

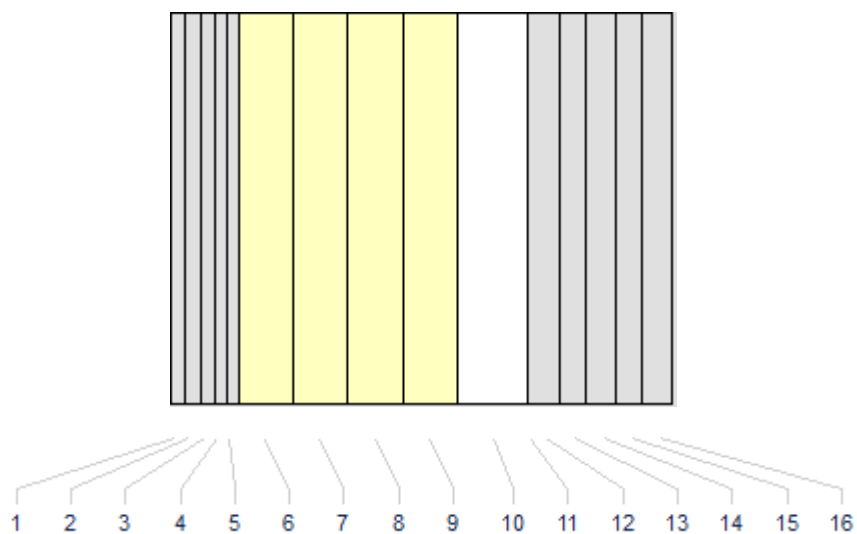
## Descrizione stratigrafia

N°	Descrizione strato	s [mm]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	$\eta_{int}$	s' [MN]	r [Pa s/m <sup>2</sup> ]
1	Abete	19	450.0	12	0.04		
2	Abete	19	450.0	12	0.04		
3	Abete	19	450.0	12	0.04		
4	Lastra antincendio in calcio silicato 15[mm] 875[kg/m3]	15	875.0	6	0.01		
5	Lastra antincendio in calcio silicato 15[mm] 875[kg/m3]	15	875.0	6	0.01		
6	Lana di roccia 70[mm] 80[kg/m3]	70	80.0	0	0		38,500.0
7	Lana di roccia 70[mm] 80[kg/m3]	70	80.0	0	0		38,500.0
8	Lana di roccia 70[mm] 80[kg/m3]	70	80.0	0	0		38,500.0
9	Lana di roccia 70[mm] 80[kg/m3]	70	80.0	0	0		38,500.0
10	Acciaio	1.5	7,800.0	210	0.01		
11	Abete	40	450.0	12	0.04		
12	Abete	33	450.0	12	0.04		
13	Abete	40	450.0	12	0.04		
14	Abete	33	450.0	12	0.04		
15	Abete	40	450.0	12	0.04		

Spessore totale [mm]: **644.5**

Massa superficiale [Kg/m<sup>2</sup>]: **169.70**

### Schema struttura

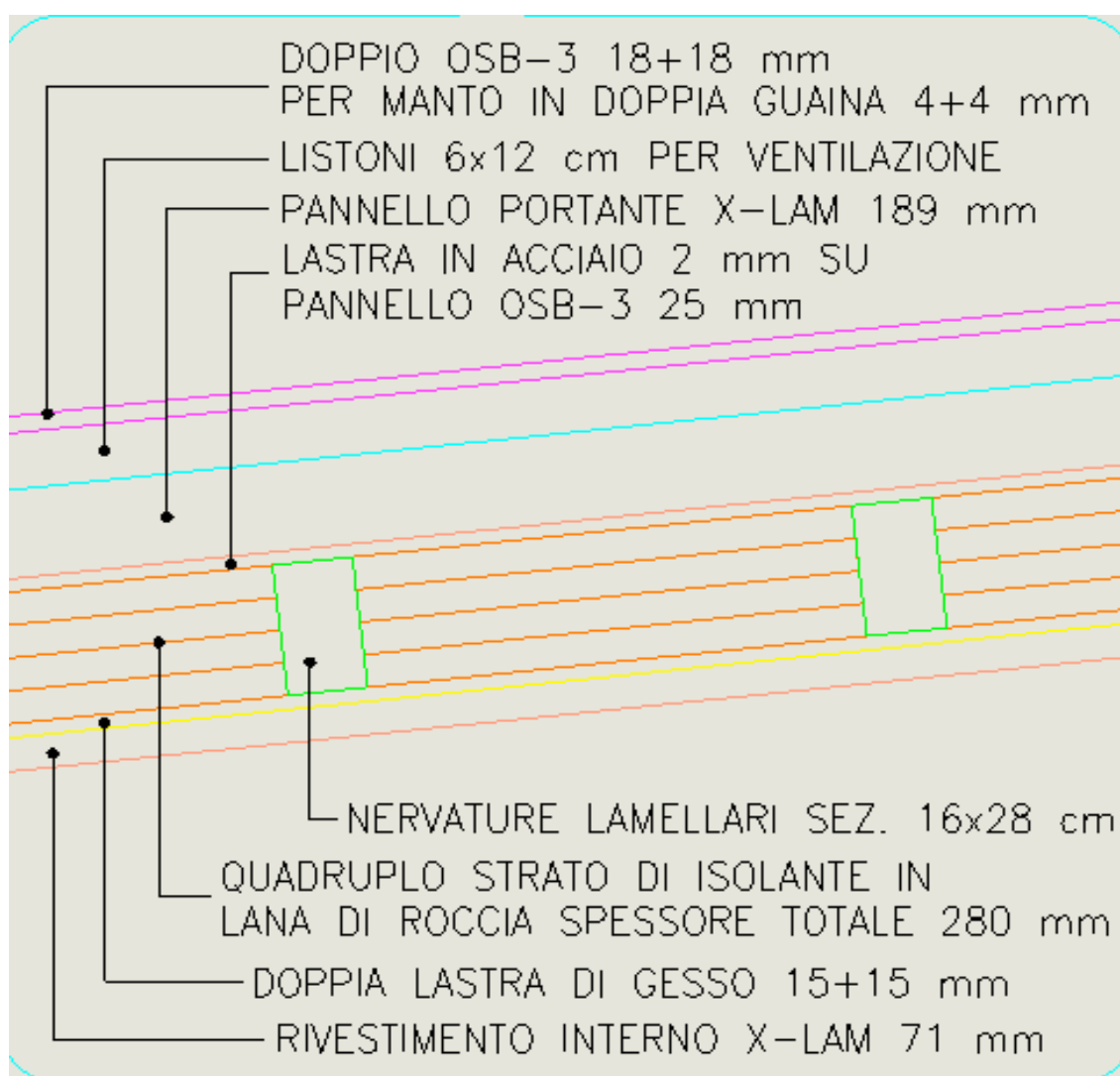


## Simbologia

<b>s</b>	Spessore dello strato	$\eta_{\text{int}}$	Fattore di perdita interna
<b><math>\rho</math></b>	Densità	<b>s'</b>	Rigidità dinamica apparente
<b>E</b>	Modulo di Young	<b>r</b>	Resistenza specifica al flusso

La stratigrafia così composta è in grado di garantire un'ottima resa anche alle frequenze più basse, molto difficili da contenere.

Ne è conseguita una progettazione delle stratigrafie per le coperture e per le pareti, come di seguito illustrata:

*Stratigrafia copertura**Stratigrafia pareti*



## VISTA ASSONOMETRICA STRATIGRAFIA STRUTTURA E PACCHETTO PARETALE

1 PARETE X-LAM 189 mm

2 COSTOLATURE SAGONATE  
IN LEGNO LAMELLARE GL24c

3 LASTRA CONTINUA IN ACCIAIO 2 mm  
CLASSE S235JR, SABBIAIA SA 2,5  
PROTEZIONE CON XEPOX 14,  
SOLIDARIZZATA CON  
XEPOX 6226 A SPRUZZO

4 PRIMO CORSO VERTICALE  
DI ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA  
SPESSORE 80 mm,  
INTERPOSTO A LISTONI  
SEZ. 8x8 cm

5 SECONDO CORSO ORIZZONTALE  
DI ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA  
SPESSORE 80 mm,  
INTERPOSTO A LISTONI  
SEZ. 12x6 cm

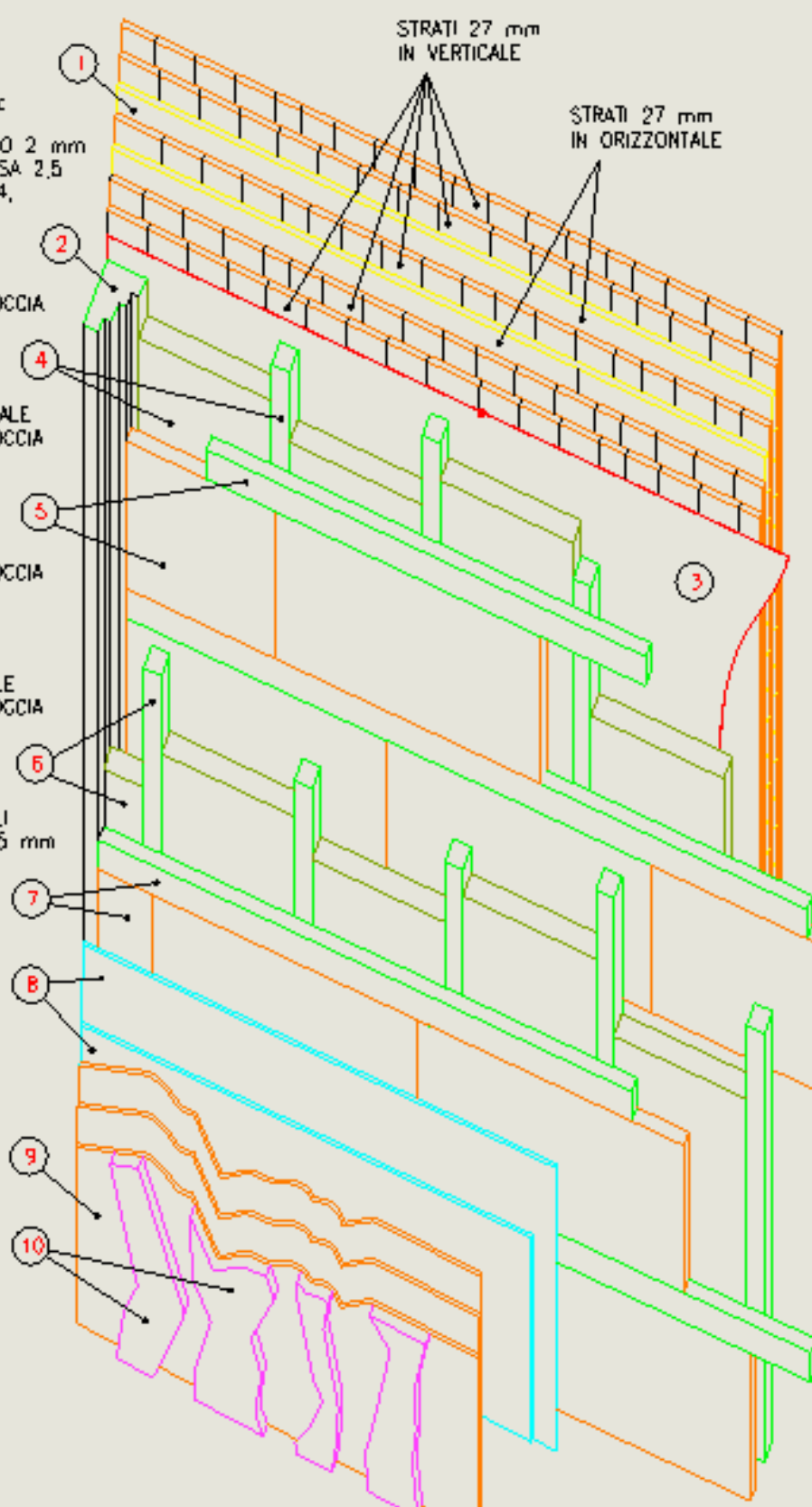
6 TERZO CORSO VERTICALE  
DI ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA  
SPESSORE 80 mm,  
INTERPOSTO A LISTONI  
SEZ. 8x8 cm

7 QUARTO CORSO ORIZZONTALE  
DI ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA  
SPESSORE 80 mm,  
INTERPOSTO A LISTONI  
SEZ. 12x6 cm

8 DOPPIO STRATO DI PANNELLI  
DI GESSO SPESSORE 15+15 mm

9 RIVESTIMENTO INTERNO  
IN X-LAM 51 mm

10 EVENTUALE RIVESTIMENTO  
CON DOGHE SAGONATE  
OTTENUTE DA PANNELLI  
X-LAM 51 mm



### 3. ACUSTICA AMBIENTALE

---

La valutazione della qualità acustica di un ambiente trova una difficile collocazione tra la fisica acustica ed i fenomeni in essa studiati, e la percezione uditiva ed emotiva dei singoli soggetti. Ad oggi le correlazioni che corrono tra i diversi studi realizzati nel corso degli anni, e la dimostrazione scientifica dei fenomeni sonori riscontranti non trova ancora un perfetto riscontro matematico.

Per il trattamento acustico reattivo dell'Auditorio di Monza, è stata generata e seguita una linea guida progettuale di seguito esposta, atta a conseguire risultati ottimali nella progettazione di una sala teatrale.

Tale linea guida è stata scelta in base alle più moderne constatazioni matematiche riscontrate in progetti che hanno raccolto i più alti consensi di piacere soggettivo su campioni selezionati di appassionati, studiosi ed esperti del settore e parametri acustici oggettivi.

I parametri scientifici che concorrono alla caratterizzazione dell'acustica di ogni ambiente possono essere elencati come di seguito esposto:

1. Intimità acustica - la percezione dei livelli sonori riprodotti in un determinato locale dipendenti dall'intervallo temporale tra il suono diretto e la prima riflessione.
  2. Vivacità sonora - l'effetto uditivo prodotto da tempi di riverberazione estesi alle frequenze superiori ai 500 Hz.
  3. Calore sonoro - l'effetto sonoro riprodotto da tempi di riverberazione estesi alle frequenze minori di 500 Hz.
  4. Ld - il livello sonoro percepito dal suono diretto tra sorgenti e recettori.
  5. Lr - il livello sonoro del suono dovuto alle riverberazioni indotte dalle architettoniche della sala.
  6. Definizione o Chiarezza - è opportuno distinguere tra la definizione "orizzontale", ossia il grado di percezione con cui i suoni che si susseguono sono intellegibili separatamente, e definizione "verticale", ossia il grado di percezione con cui suoni contemporaneamente prodotti, sono percepiti separatamente.
  7. Brillantezza - parametro che dipende dalla chiarezza di definizione delle alte frequenze e dalla lentezza del loro affievolimento.
  8. Diffusione e profondità - parametro di percezione che considera la diffusione sonora come suono avvolgente prodotto da innumerevoli punti nello spazio.
  9. Bilanciamento - parametro che si consegue quando ogni partizione dell'orchestra ha il corretto livello sonoro riproduttivo.
  10. Miscela - parametro percettivo sul bilanciamento complessivo di tutta l'orchestra.
  11. Immediatezza di responso - è la temporaneità delle prime rifrazioni percepite alle orecchie degli operatori.
  12. Struttura - parametro di bilanciamento tra l'intervallo ed il livello delle riflessioni.
  13. Assenza di echi e fenomeni di "echo flutter".
  14. Assenza di rumori esterni ed interni, disturbanti ed inquinanti.
  15. Campo di udibilità - parametro di percezione dell'evento sonoro in considerazione del minimo livello uditivo, determinato dal rumore di fondo presente nella sala.
  16. Qualità tonale - fenomeno indotto dall'architettura sonora della sala che rende ottimale la percezione degli eventi.
  17. Uniformità sonora percepita in tutta la sala.
-

In base ai parametri sopra riportati è possibile attribuire un “valore” alla qualità sonora della sala con l’assegnazione di punteggi stabiliti da fisici acustici nel corso delle esperienze raccolte in molteplici progetti realizzati.

Nella progettazione di una sala è necessario raggiungere un livello di qualità sonora parametrizzabile attraverso una serie di punteggi riscontrabili in letteratura come di seguito esposti:

Parametro	Punti
Intimità	40
Vivacità	15
Calore	15
Intensità sonora del suono diretto	10
Intensità sonora del suono riverberato	6
Bilanciamento e Miscela	6
Diffusione	4
Effetto di insieme	4
<b>Totale</b>	<b>100</b>

In base ai valori sopra riportati è possibile raggiungere ottimi risultati con il conseguimento di un punteggio medio di 80 punti, che porta il progetto nel campo di qualità definito da molto buono ad eccellente.

Per realizzare una progettazione che permetta di conseguire tale valore gli studiosi sono giunti alla conclusione che è necessario tenere in considerazione i parametri acustici di seguito esposti valutandoli nell’ordine di comparizione elencato:

- Il tempo di riverberazione T60
- Il tempo baricentrico  $t_s$
- L’indice di chiarezza C80
- L’indice d’intelligibilità vocale STI

Il parametro ideale di T60 di una sala d’ascolto della musica dal vivo (T60)<sub>opt</sub>, raccomandato nell’intervallo di frequenze tra i 500 e i 1000 Hz, varia tra i 1,5 e i 2,5 sec. (anche se può variare in base al tipo di musica riprodotta, nel caso di musica classica ed operistica il parametro può aumentare). Tale parametro è in grado di arricchire l’evento musicale riprodotto, aumentando l’intensità e legando le note e gli strumenti musicali.

L’istante baricentrico  $t_s$  dell’energia sonora esprime la regolarità della curva di decadimento della stessa nella più grossa porzione d’ascolto di interesse, parametro che caratterizza quindi l’uniformità della distribuzione sonora nella sala; nella musica il parametro è compreso tra 70 e 140 ms

L'indice di chiarezza C80, definito tra l'energia sonora che registra il punto di ascolto entro 80 ms e quella totale percepita, è un parametro che definisce la qualità di percezione del canto rispetto alla sovrapposizione della musica riprodotta; I valori ottimali riscontrabili in letteratura sono  $-2 < C < +2$ .

L'indice di intelligibilità vocale STI (speech transmission index), definisce la qualità di percezione intellettuale delle parole diffuse nel locale e percepite dagli ascoltatori; una scarsa intelligibilità procura una sovrapposizione delle frequenze riprodotte, rendendo poco chiari i discorsi e le parole pronunciate; l'indice ottimale per i valori di ascolto in ambienti grandi si attesta tra lo 0,45 e 0,70, anche se è corretto precisare che tale parametro è in netta contrapposizione con gli ambienti che offrono una "ricchezza" sonora degli strumenti musicali, pertanto nell'auditorio è necessario ricercare il giusto compromesso tra il parametro T60 e lo STI.

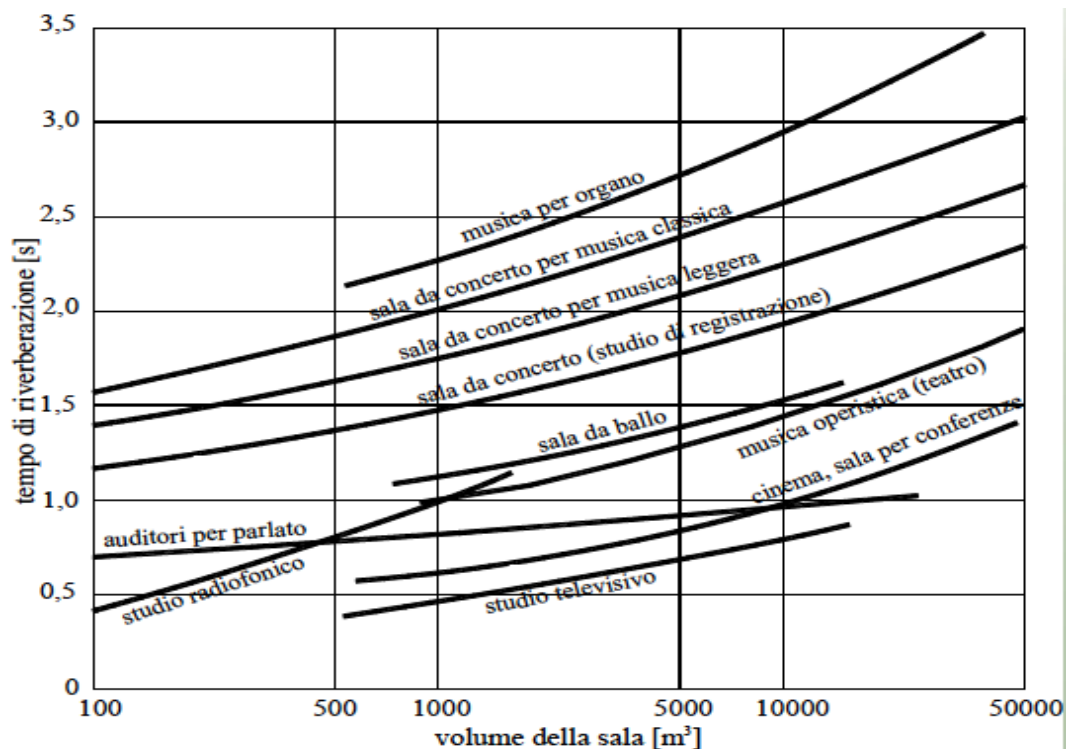
### 3. CARATTERIZZAZIONE SONORA

In letteratura è possibile confrontare i valori ottimali di riverberazione delle sale in base alla loro destinazione d'uso ed ai volumi in questione, oltre ai parametri di intelligibilità definiti come STI (speech transmission index).

Dalle tabelle sotto riportate è evidente come le destinazioni d'uso degli ambienti siano parametri fondamentali per la scelta dell'acustica reattiva della sala. E' possibile raggiungere un compromesso idoneo nel caso di utilizzo misto delle sale in esame.

Come sopra accennato e di seguito evidenziato, è sostanzialmente impossibile realizzare una sala con parametri ideali di STI per eventi del "parlato" ed una sala teatrale con parametri di T60 atti alla riproduzione musicale.

Nel caso specifico riteniamo utile raggiungere un compromesso che permetta l'utilizzo misto con una propensione acustica agli eventi musicali.

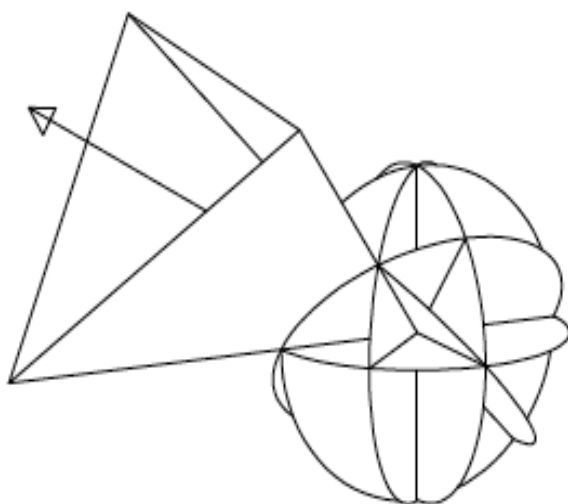


Classe di qualità di trasmissione del parlato	RASTI
Cattiva	< 0,32
Mediocre	0,32 - 0,45
Discreta	0,45 - 0,60
Buona	0,60 - 0,75
Eccellente	>0,75

Per la caratterizzazione sonora dell'auditorio in esame, è stato utilizzato il modellatore acustico di calcolo "RAMSETE".

Ramsete è un software previsionale specificamente sviluppato per lo studio dell'acustica ambientale.

È un moderno strumento di lavoro realizzato per la simulazione dei fenomeni acustici basato sull'algoritmo di tracciamento delle piramidi. Nasce come strumento di studio per la realizzazione di sale da concerto, auditorium e teatri. È un programma di calcolo basato sulla tecnica del pyramid tracing che unisce i vantaggi del ray tracing a quelli delle sorgenti di immagine e dell'acustica geometrica degli spazi.



*Emissione di un raggio piramidale*

Il raggio emesso dal simulatore, ricostruisce il fenomeno delle emissioni di onde sonore fino ad ordini elevatissimi, per simulare la realtà delle rifrazioni e delle code sonore.

Il software consente di realizzare la struttura del complesso attraverso un simulatore di autocad. La struttura disegnata deve essere caratterizzata da tutti gli elementi presenti in ambiente attraverso l'utilizzo del database di materiali e delle loro capacità acustiche intrinseche. Il progetto prevede la disposizione in ambiente delle sorgenti sonore, quali gli elementi di un'orchestra e i recettori, quali gli avventori della sala. Attraverso la simulazione delle proiezioni sonore delle sorgenti e la risposta dell'ambiente alla sollecitazione dell'energia acustica, è possibile controllare l'effetto sonoro percepito dell'auditorio.

E' integrato con un programma di post-processing, Ramsete Graph, che permette la visualizzazione grafica e tabellare dei risultati. Calcola la risposta all'impulso, per dieci bande di ottava, lineare e pesato A, di ciascun ascoltatore e quella media della sala, i livelli SPL per bande di ottava, lineare e pesato A per ciascun ascoltatore, la curva di decadimento di Schroeder ed il tempo di riverberazione EDT, T10, T15, T20, e T30.

#### 4. ARCHITETTONICA E ACUSTICA DELL'AUDITORIO

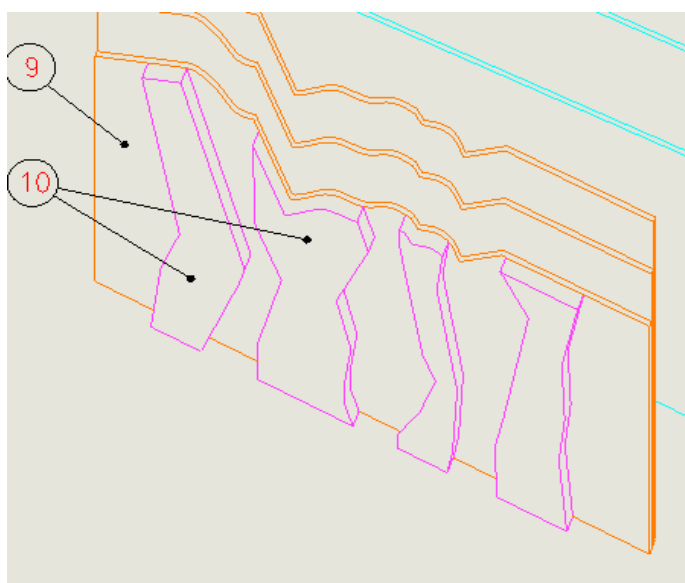
---

Per la caratterizzazione della sala Auditorio, è stato ricreato al simulatore l'ambiente progettato con particolare attenzione all'inserimento delle superfici che caratterizzeranno architettonicamente e acusticamente l'Auditorio:

- Soffitto in legno modulare con la superficie liscia come sotto riportato con inclinazione da 6 a 9 mt piano 0, con inclinazione a salire dall'orchestra al pubblico:



- Porzioni di pareti in legno con doghe sagomate nei punti necessari:



- Porzioni di pareti in legno con superficie liscia (16 pannellature fronte palco)
  - Porzioni di vetrate verticali in corrispondenza degli accessi con finestre dimensioni 2,4 m X 3,0 m a 2,5 mt dal piano 0, in corrispondenza degli ingressi.
-

- Palco sopraelevato di c.a. 50 cm realizzato in legno con travatura in acciaio vincolata con sistemi antivibranti.
- Pavimento in parquet di legno applicato su livellante colato su materassino anti-vibrante tipo Iso Blanket Pro Vicoustic.
- Sedute a poltroncine in tessuto pesante ed imbottitura.
- Vele acustiche diffondenti fisse applicate sull'orchestra e alcune porzioni dell'uditorio.
- Tendaggi a copertura delle finestrate.
- Pannellatura fono assorbitiva da applicare a parete.

La disposizione dei tendaggi, delle vele acustiche in legno multistrato, delle pareti con configurazione liscia e con doghe è stata ricercata per ottenere un risultato acustico ideale; la sonorizzazione dell'auditorio risulterà il più possibile omogenea non solo nella distribuzione sonora, ma anche nelle percezioni acustiche sopra descritte. Si rende comunque necessaria una verifica acustica a struttura realizzata per correggere le tolleranze tipiche dei sistemi di simulazione elettronica. Dopo tale verifica si ipotizzano delle lievi correzioni acustiche attraverso l'applicazione di pannellature acustiche tipo Vicoustic.

## 5. COMPOSIZIONE ORCHESTRALE

---



Per l'ipotesi sonora sono stati inseriti i seguenti elementi orchestrali:

25 Violini

3 Oboi

3 Corni

10 Violoncelli

3 Fagotti

1Pianofor

10 Violenze

3 Clarinetti

8 Contrabbassi

3 Trombe

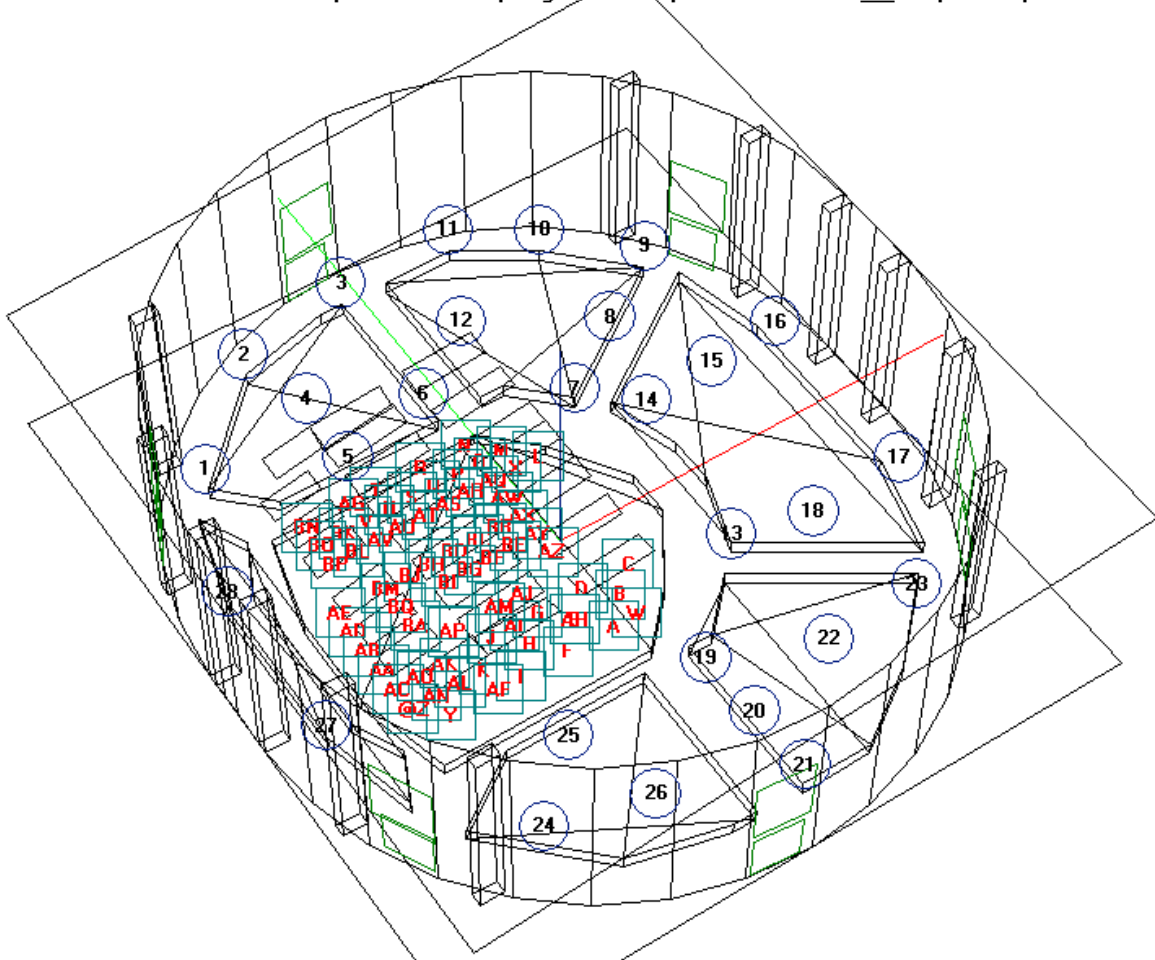


Sono stati simulati 28 punti di ascolto distribuiti strategicamente nell'aera con un massimo di quattro livelli distanziati fra di loro di c.a. 20 cm a partire dal livello 1.2 (livello tipico dell'altezza dell'orecchio in posizione seduta) fino ad un livello di 1.9 per l'ultima anello di sedie, la disposizione dei punti nell'area è stata scelta per simulare ogni punto interessato da posizioni ordinarie e critiche.

Il software calcola il percorso delle onde sonore all'interno dell'ambiente, partendo dalla generazione derivata dagli strumenti presenti, e arrivando fino agli orecchi dei recettori (uditorio), elaborando contemporaneamente l'effetto della pressione sonora e dei parametri utili alla qualità delle onde percepite dai recettori.

La presenza in un ambiente d'ascolto di più persone attribuisce all'ambiente stesso un livello superiore di assorbimento acustico. Una simulazione matematica in ambiente, con la presenza di 400 avventori e 69 strumenti con oltre 8 livelli di rifrazioni per ogni singola frequenza su c.a. 20.000 frequenze, richiederebbe calcolatori con capacità e stabilità straordinarie, oltre che a rendere l'esito incerto pertanto è stato scelto di simulare l'assorbimento medio delle persone attraverso l'utilizzo delle poltroncine e di un pavimento con un coefficiente alfa medio 0,3 molto simile a quello delle persone.

Hamsete View v. 2.70 - \\psf\Home\Desktop\l'aglia\Hamsete pro\auditorio monza.\_\_\_\_ Freq.=A - Leq





## 6. TRATTAMENTO ACUSTICO DELL'AUDITORIO

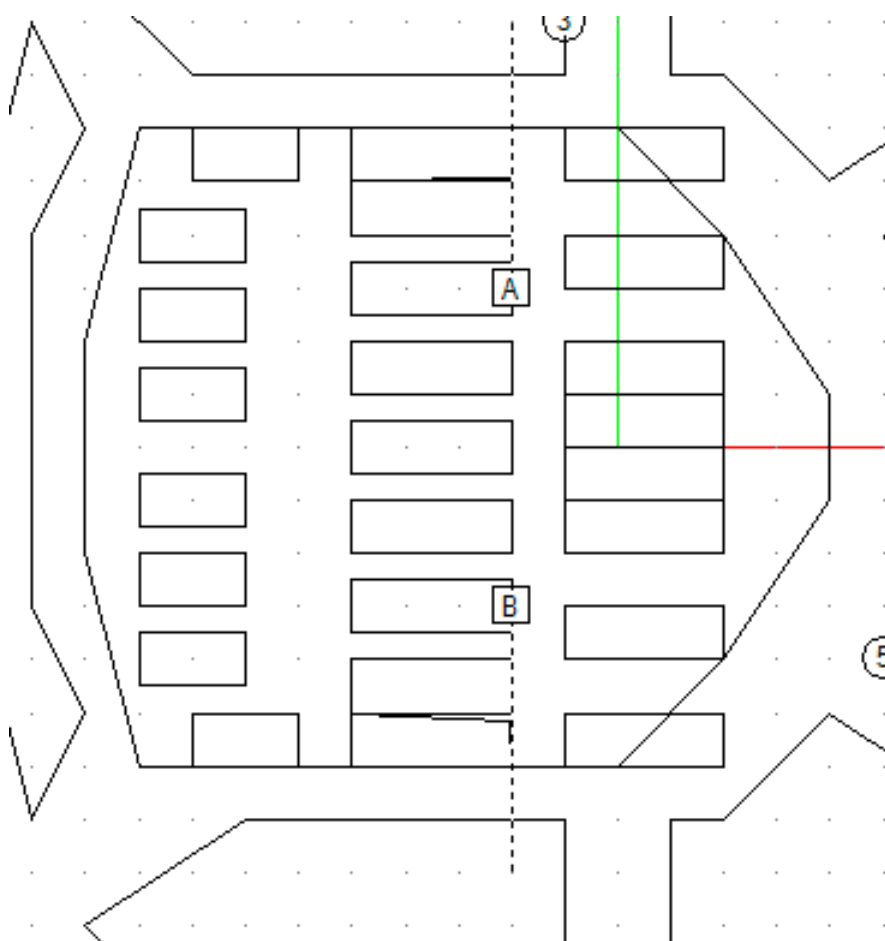
---

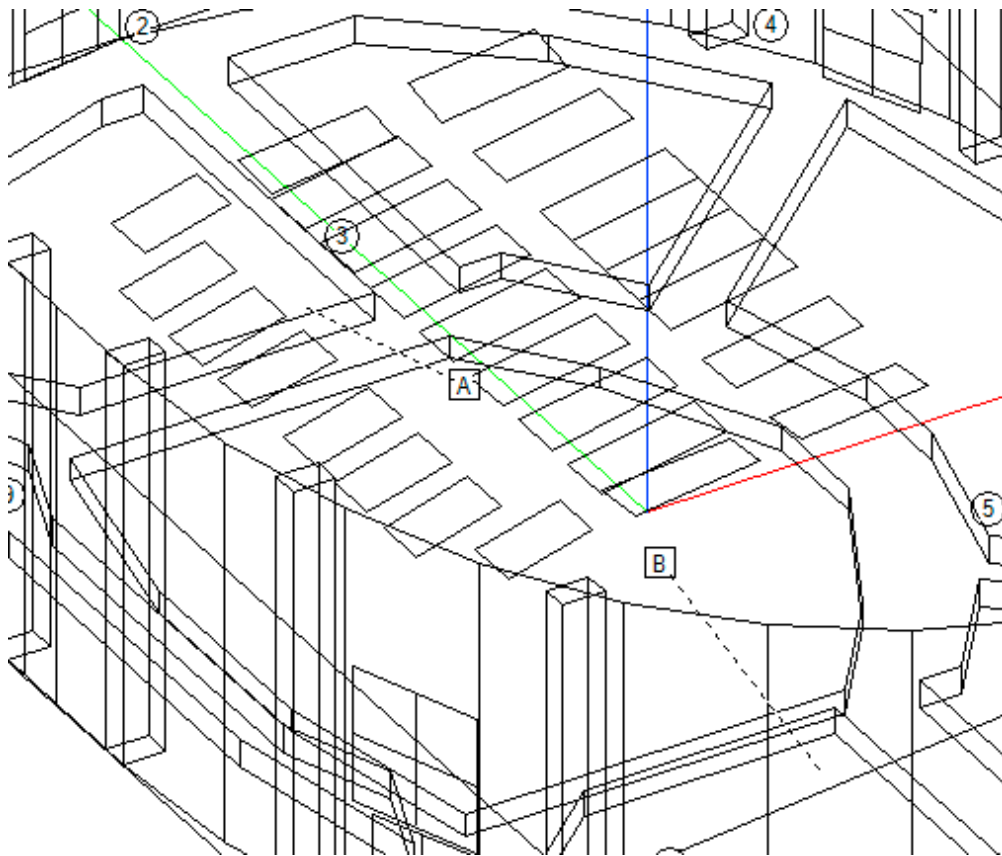
Il trattamento acustico ambientale dell'auditorio sarà realizzato attraverso l'applicazione di pannelli fono-riflettenti, e tendaggi a copertura delle porzioni vetrate, come unici elementi aggiuntivi all'architettura dell'area realizzata.

Tale risultato è stato ottenuto grazie all'utilizzo durante la progettazione, di pannellature e strategie installative finalizzate allo scopo stesso dell'edificio: l'ascolto eccellente degli eventi musicali.

Palcoscenico - Nella porzione di soffittatura del palcoscenico, saranno sospesi 75 m<sup>2</sup> di pannelli fono-riflettenti in laminato spessore 12 mm c.a con un lieve raggio di curvatura, di dimensioni 597 X 597 e 60 m<sup>2</sup> di pannelli rifrattivi di dimensioni 600 X 1200 opportunamente inclinati nella diagonale stabilita dal progetto.

Disposizione ipotizzata per la pannellatura fono-riflettente e fono-rifrattiva e fono-riflettente.





Saranno inseriti in ambiente pannelli fono-assorbiti da applicare alle pareti in punti opportuni in base ai dati che saranno raccolti a costruzione conclusa. La struttura verrà sollecitata attraverso l'utilizzo di una sorgente dodecaedrica certificata in diversi punti del complesso e verranno raccolti i dati fisici effettivi della risposta in frequenza della struttura, onde calibrare nel dettaglio l'esito del trattamento acustico ambientale.

## 7. PROGETTO ACUSTICO RAMSETE

---

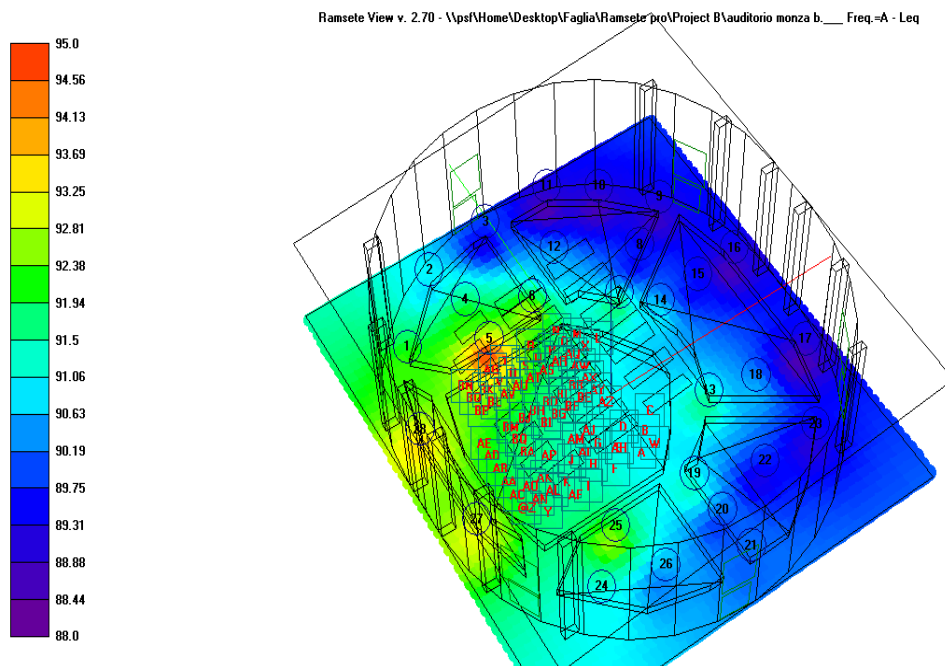
Risultati del progetto con simulatore RAMSETE

Le tabelle riportano in ordine i seguenti parametri fisico/acustici riscontrati empiricamente nel simulatore acustico:

- Leq
- T30
- Ts
- C80
- STI
- Risposta all'impulso

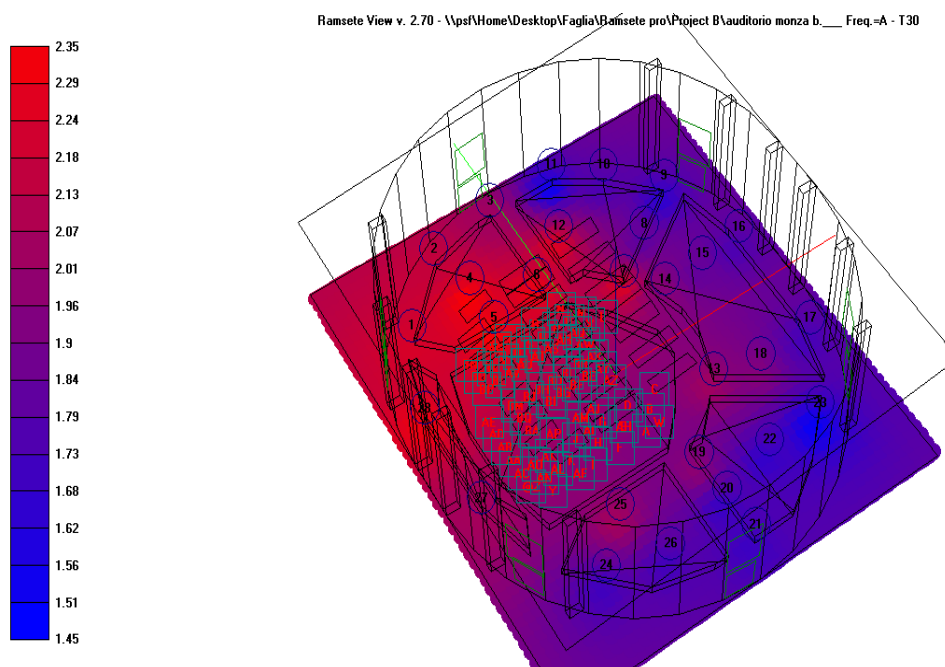
**Distribuzione sonora Leq**

---



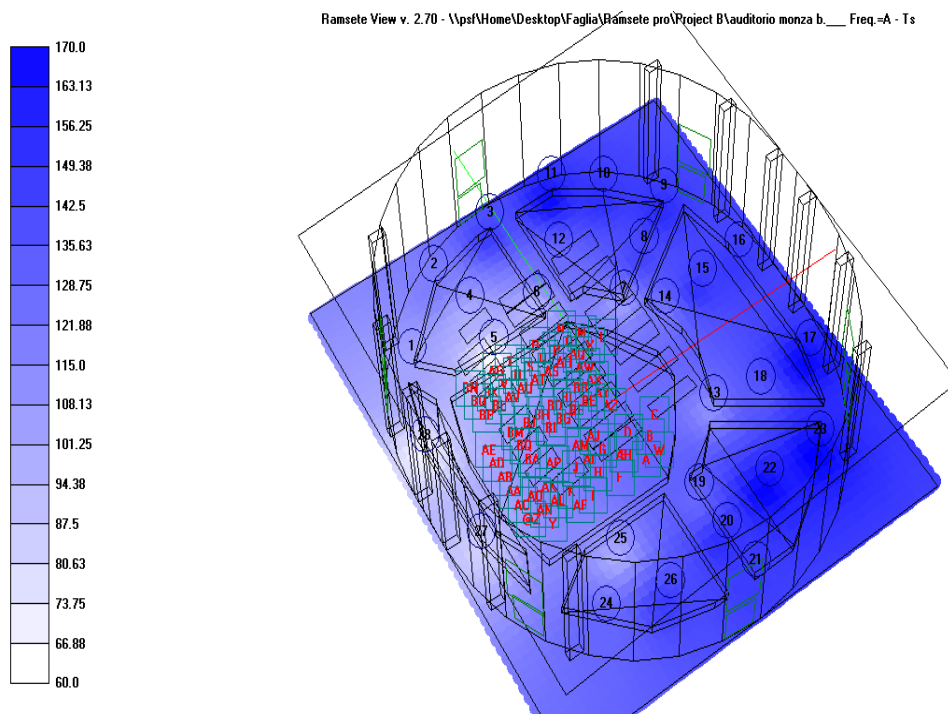
Il simulatore mostra come vi siano lievi differenze tra i recettori più coinvolti (quelli immediatamente nelle vicinanze del retro palco) con una pressione di c.a. 93 dB e i più distanti, con una pressione minima di 89 dB, portando la distribuzione sonora dell’auditorio su un piano acustico piuttosto uniforme.

**Tempi di riverberazione T30**



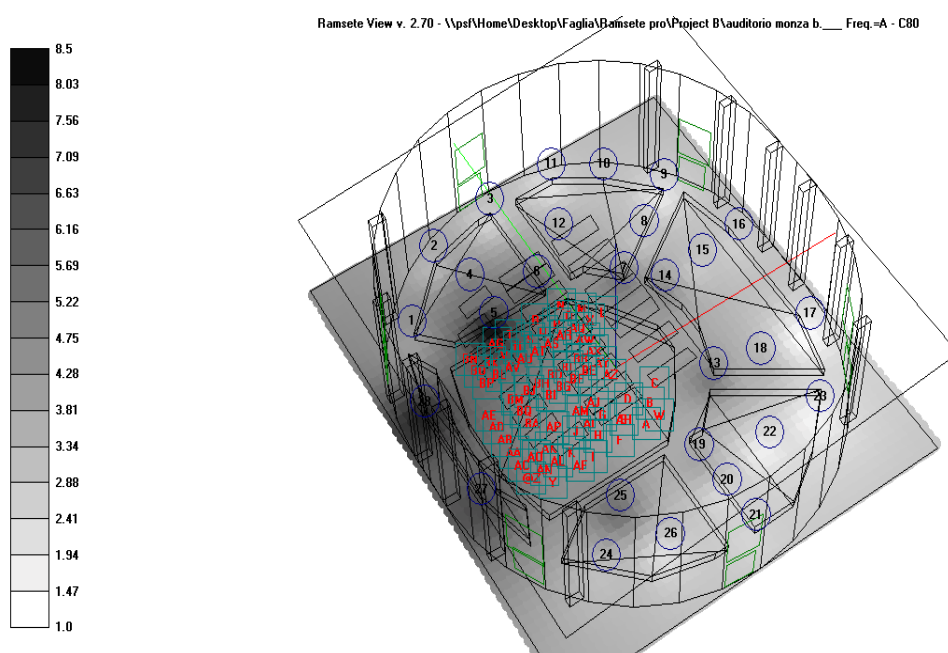
Anche in questo caso risulta esistere un'omogeneità di risposta alle riverberazioni in quasi tutte le porzioni nella risposta dell'ambiente, con tempi che variano da i 2,3 ai 1,8 secondi in base alle frequenze interessate.

### Istante baricentrico Ts



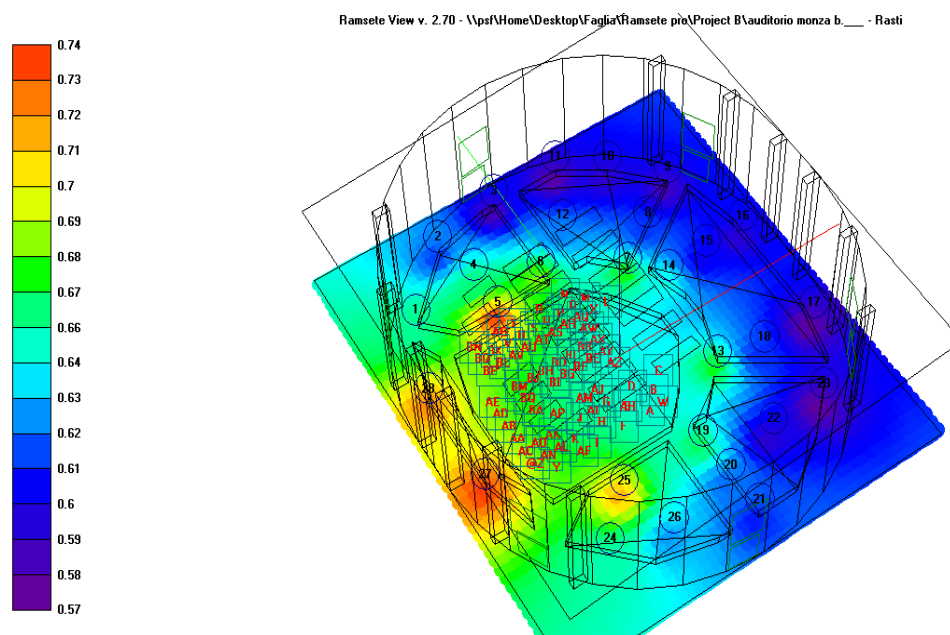
Il calcolatore mostra tempi che variano da 70 a 165 ms, parametri ideale per la musica classica e nel dettaglio perfetti per la musica barocca.

### Indice di chiarezza C80



La maggior parte delle sedute (ad eccezione fatta per le disposizione retro-palco) mostrano un indice intorno al +2, parametro voluto per le manifestazioni musicali di carattere classico.

### Parametro d'intelligibilità STI

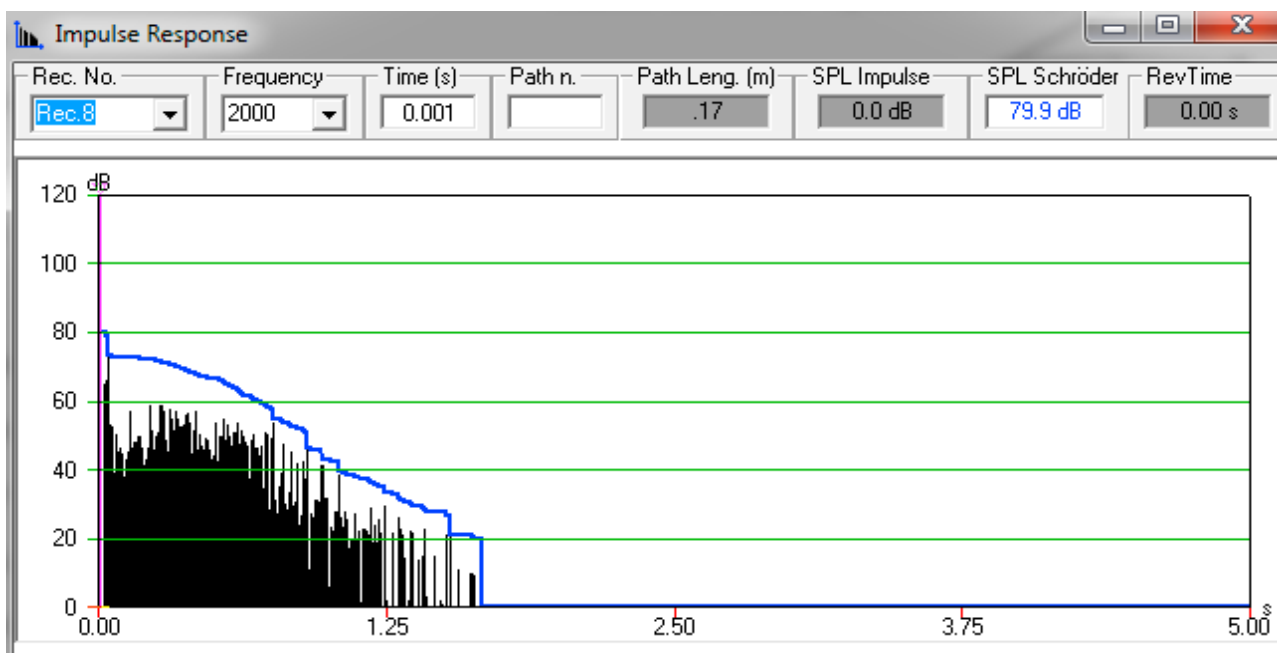
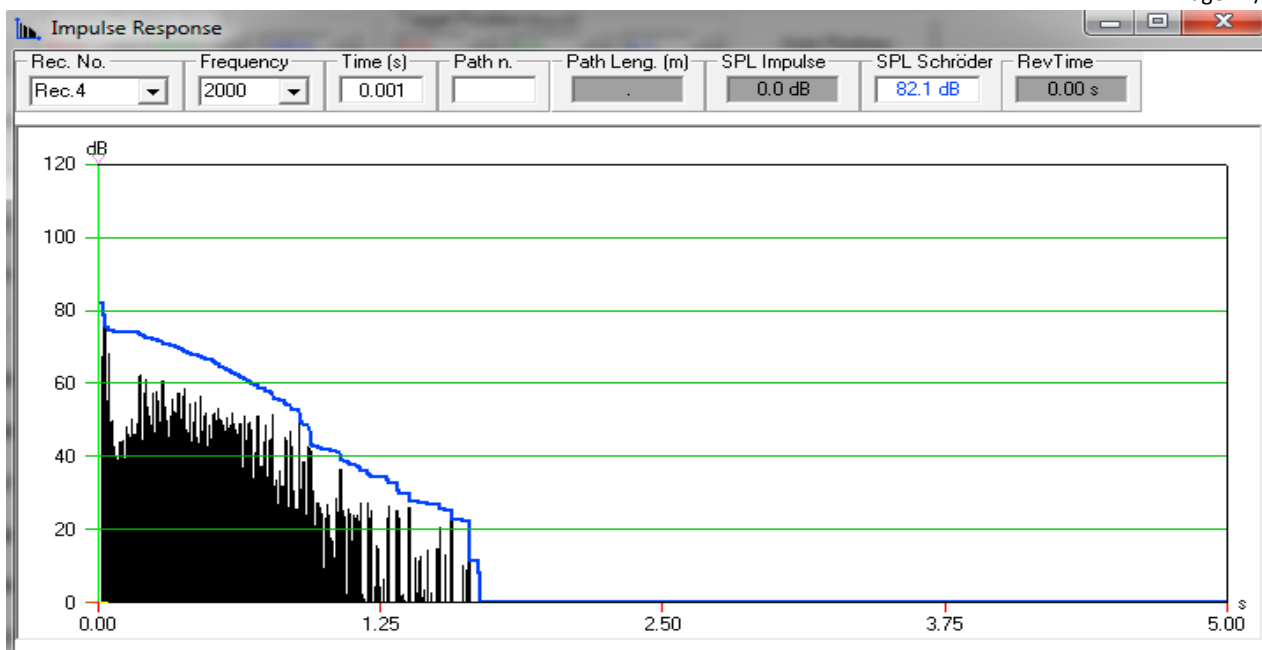


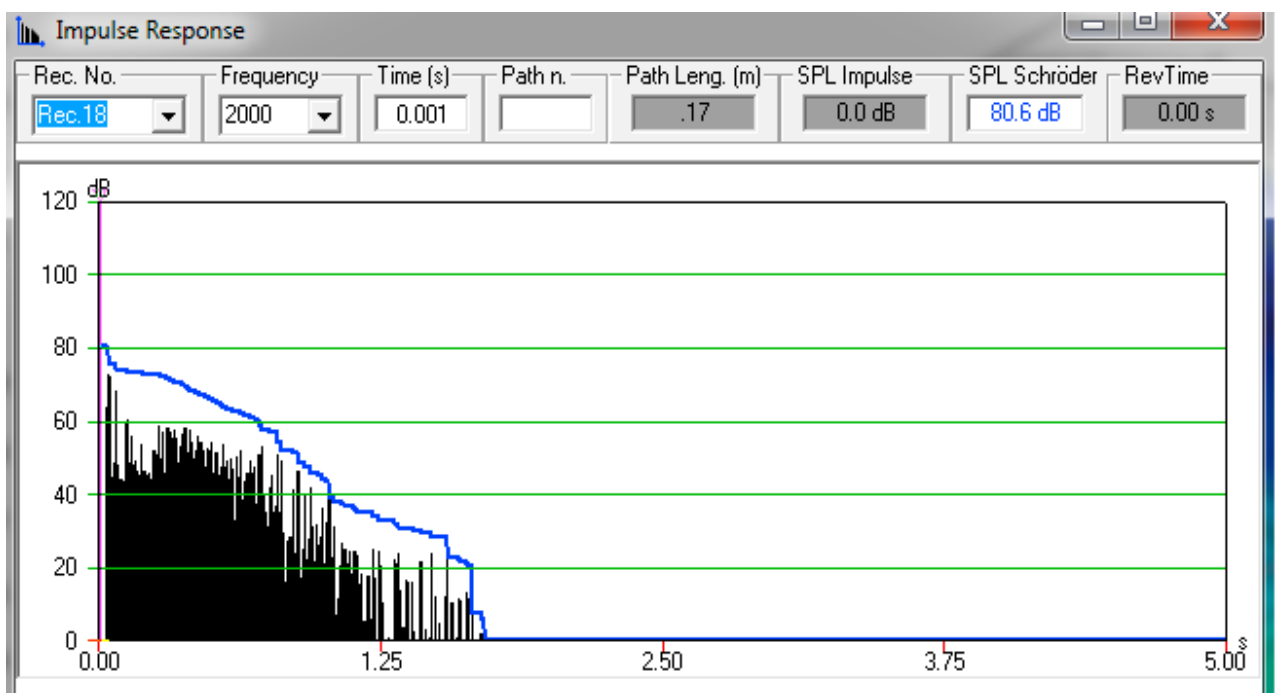
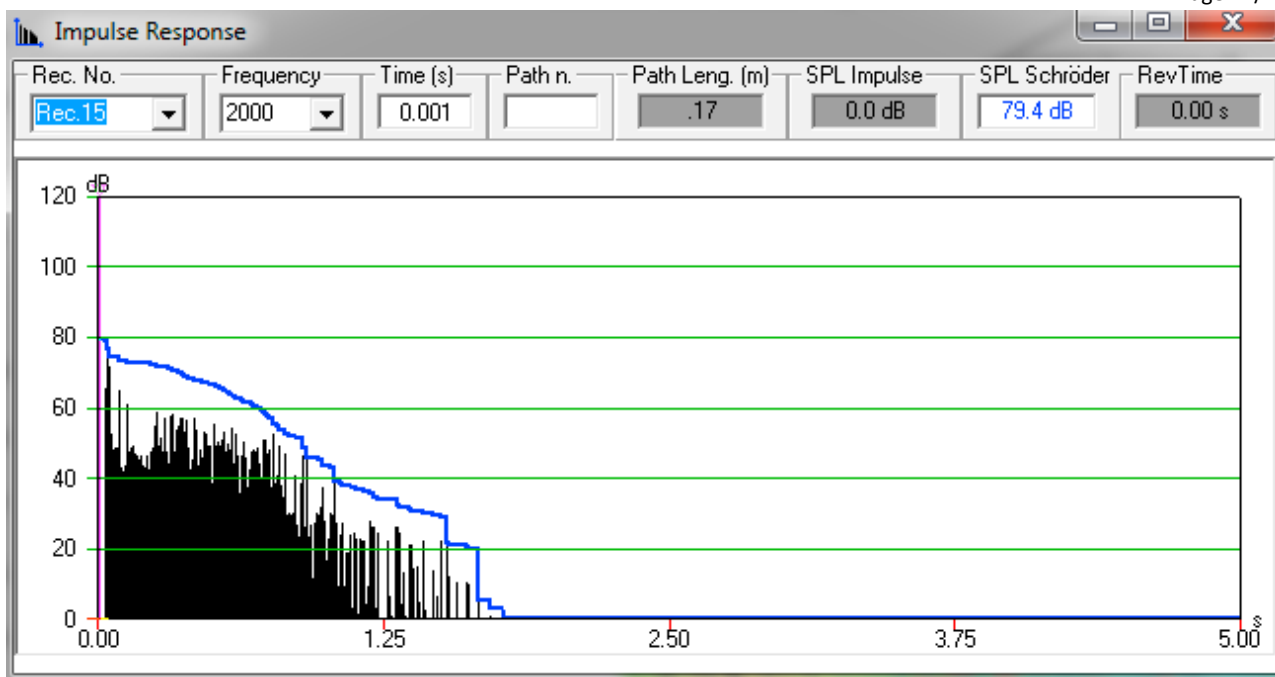
Nonostante il trattamento acustico focalizzato più sulla riproduzione musicale che sull'evento convegnistico, i parametri d'intelligibilità risultano decisamente buoni, grazie alla giusta commistione di elementi rifrattivi, diffusori e assorbitori. I valori variano da 0,6 a 0,72 come era logico aspettarsi nelle vicinanze delle sorgenti.

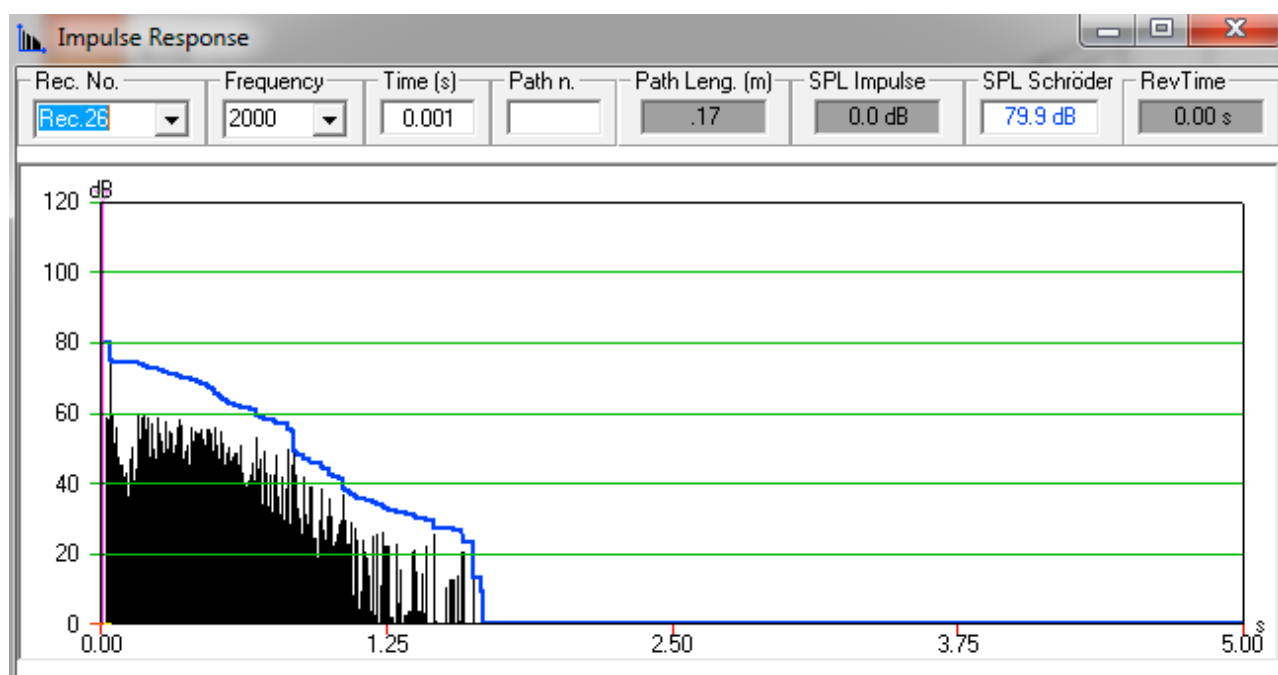
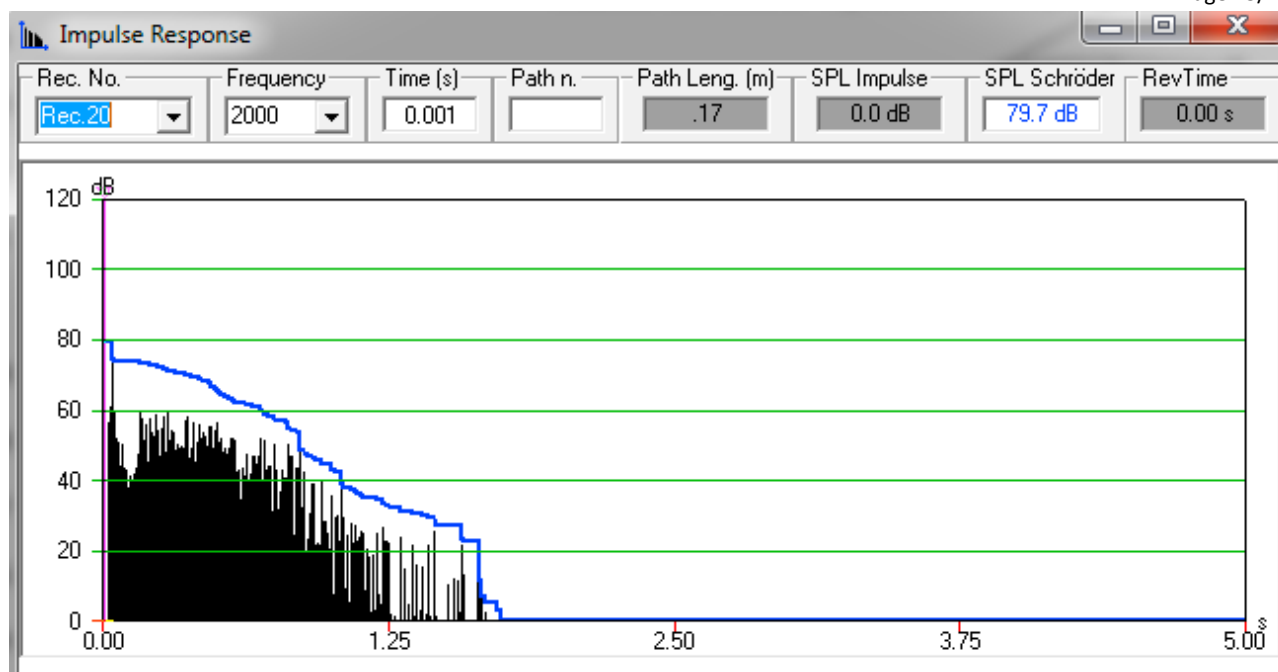
### Risposta all'impulso

La risposta all'impulso registrata ad una determinata frequenza da un determinato recettore, aiuta a stabilire la linearità nel tempo della risposta dell'ambiente nei vari punti.

Nel caso specifico si riportano i grafici della risposta a 2000 Hz nei punti: 4 – 8 – 15 – 18 -20 e 26.







Anche il parametro della risposta all'impulso attesta l'omogeneità della risposta in ambiente alle sollecitazioni sono interessate negli eventi riprodotti.



8. DETTAGLI PANNELLATURE E MATERASSINI ANTIVIBRANTI

PANNELLI FONO-RIFLETTENTI

I pannelli riflettenti previsti a progetto sono di produzione della società Vicoustic modello Poly Wood Fusor 697X597.

Il pannello è in grado di controllare la diffusione sonora delle frequenze da 300Hz a 12KHz.

# POLY WOOD FUSER

PREMIUM Line

FEATURES Poly Wood Fuser

APPLICATIONS Poly Wood Fuser

TECHNICAL INFORMATION Poly Wood Fuser

PERFORMANCE Poly Wood Fuser

Creating effective and controlled diffusion within a particular design frequency has always been one of the greatest challenges facing

acousticians. Vicoustic is proud to present the Poly Wood Fuser, a specially designed panel based on an optimal curve, which creates an

elliptical diffuser to effectively scatter unwanted frequencies.

The panel’s fiberboard elliptical membrane has a controlled density, allowing an infinite diffusion pattern (effective from 300Hz to 12 kHz),

which breaks up standing waves and flutter-echo effects.

The panel’s acoustic foam interior serves two purposes: dampening the membrane’s diffusion effect and acting as a broadband absorber for medium-low frequencies.

Listening Rooms, Home Theaters, Recording and Broadcast

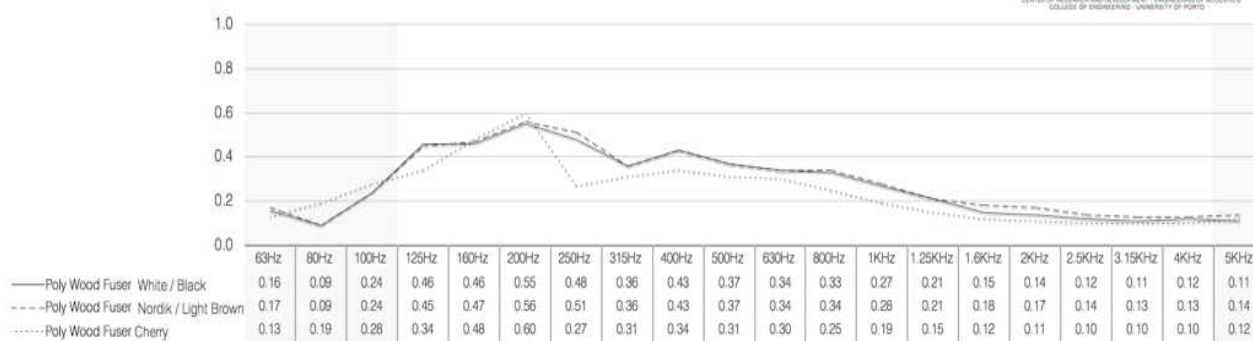
Studios, Post Production Studios, Performance Spaces,

Rehearsal Rooms, Conference and Teleconference Rooms,

Public Spaces, Auditoriums, etc.

Material: Acoustic Foam and Wood

Absorption coefficient - accordance with the Standards EN - ISO 354



## PANNELLI FONO-RIFRATTIVI

I pannelli rifrattivi previsti a progetto sono di produzione della società Vicoustic modello Wave Wood 600X1200.

Il pannello è in grado di controllare la diffusione e la difrazione sonora delle frequenze da 125Hz a 5KHz

PREMIUM Line

Cherry: Ref. - V00073  
EAN13 - 5600217588329


Black: Ref. - V00074  
EAN13 - 5600301840517


White: Ref. - V00075  
EAN13 - 5600301840524


Light Brown: Ref. - V00076  
EAN13 - 5600217588978


Nordik: Ref. - V00077  
EAN13 - 5600217588985


Box - 63 x 63 x 62 cm  
Weight - 13.5 Kg  
Each panel - 59.7 x 59.7 x 6.2 cm  
Units per box - 10





  
Black

  
White

  
Nordik

  
Light Brown

  
Cherry



Church - Labanon

1200 Cherry: Ref. - V00544  
EAN13: 5600301843556


1200 Light Brown: Ref. - V00545  
EAN13: 5600301843563


1200 Nordik: Ref. - V00546  
EAN13: 5600301843570


1200 Black: Ref. - V00547  
EAN13: 5600301843587


1200 White: Ref. - V00548  
EAN13: 5600301843594


Box - 123 x 63 x 29 mm  
Weight - unavilable  
Each panel - 120 x 60 x 6,4 cm  
Units per box - 4




  
Black

  
White

  
Nordik

  
Light Brown

  
Cherry

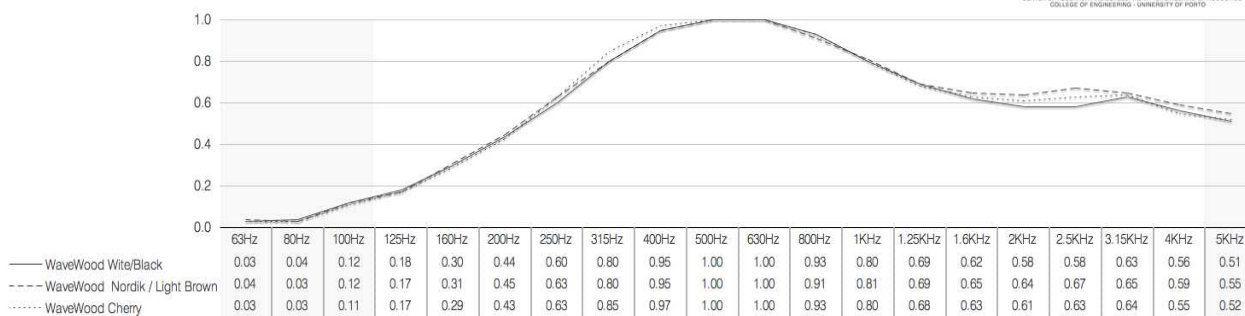
FEATURES *Wave Wood*

The Wave Wood panel represents one of the strongest Vicoustic solutions in terms of the Absorption and Reflection Control System\*.

This is an ideal solution to those who search balanced sound ambiances that simultaneously control the exceeding energy in a room, and still maintain a living and bright sound.

**\*ARCS - Absorption and Reflection Control System.** The ARCS system is the Vicoustic's research model, in the area of absorption and diffusion combination solutions. Therefore, it includes the study, combination and appliance of the best foam and wood properties allied with the design of non linear sequential cavities. The system presumes the optimal balance between the absorption area and the reflecting surface.

Absorption coefficient - accordance with the Standards EN - ISO 354



## MATERASSINI ANTIVIBRANTI

Il tappeto antivibrante previsto come isolante vibrazionale da inserire nell'intera pavimentazione dell'auditorio è del tipo ISO Blanket della società Vlcoustic.

Il tappeto ad altissima densità è uno smorzante acustico per tutte le frequenze sotto i 100 Hz.

## FEATURES

The Isoblanket is a high density sound blocking membrane, used in the soundproofing of walls, ceilings and floors. It combines up to date technology and flexibility for sound insulation of airborne noise, and flanking noise transmission.

Bitumen based damping sheet, consisting of bitumen fillers with added mineral fillers and synthetic rubber to form a highly visco-elastic material,

creating an efficient barrier against noise transmission. It's coated with a polyethylene film on both sides.

This products is sold in rolls. Each roll is 6m<sup>2</sup>

(1,00m x 6,00m), with a nominal weight of 39Kg and consists of a straightness  $\leq 20$  mm/10 m. This product can also be sold in pallets, each pallet with 28 rolls.

For optimum results the sound blocking membrane should be installed between plasterboard layers.

## TECHNICAL INFORMATION

Material: Modified bitumen with elastomer polymers

Fire Rating:

Product Classification : Euroclass E ( ISO 11925-2:2010)

Installation: Mechanical Fixation

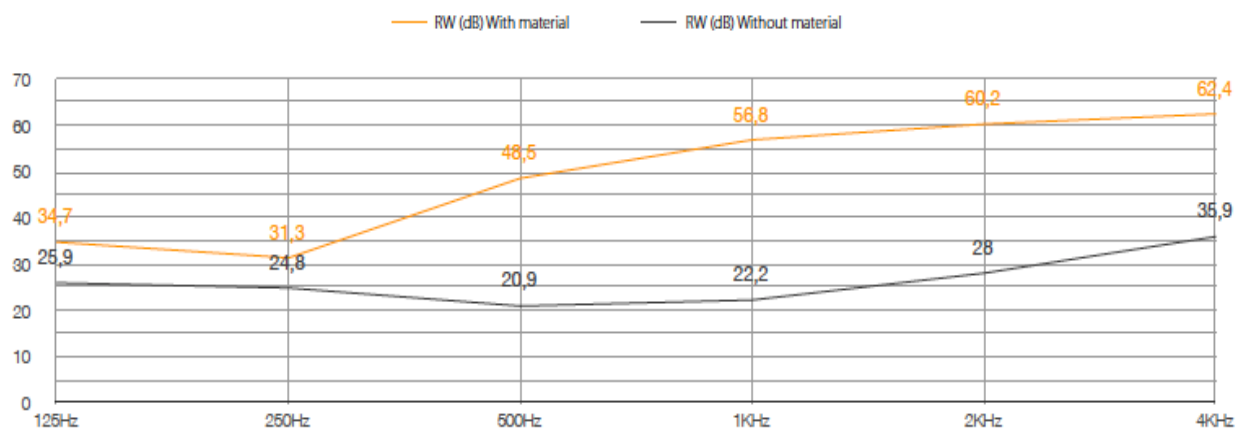
Thickness (mm) 4

Adhesive No

Weight (kg/m<sup>2</sup>) 6,5

Sound Insulation Increase at 125Hz (dB) > 7

# PERFORMANCE EXAMPLE



## Generalità

La dotazione di apparati audio per l'auditorium ha molteplici scopi:

1. Attività musicale - ripresa microfonica per registrazione multitraccia dell'evento, post-produzione (almeno per la fase iniziale), diffusione sonora limitata al supporto per particolari performances, come ad esempio la voce narrante di opere quali "Pierino e il Lupo", "Sogno di una notte di mezza estate" o amplificazione di strumenti elettrici/elettronici utilizzati, anche se raramente, nella musica sinfonica contemporanea.
2. Attività congressuale – ripresa microfonica, diffusione sonora, traduzione simultanea.

## Attività musicale

### Amplificazione

Come già accennato la musica classica in un teatro o in un auditorium non viene amplificata ma possono esserci delle particolari rappresentazioni in cui sono previsti strumenti elettrici/elettronici o microfoni che in quanto tali vanno amplificati.

E' di fondamentale importanza non solo quello che ascolta il pubblico, ma anche quello che ascolta il Direttore d'orchestra e l'orchestra stessa.

Prima di approfondire le caratteristiche tecniche del tipo di diffusore, è importante sottolineare che non ci sarà una installazione fissa: in prossimità del boccascena ed in almeno un paio di punti sul palcoscenico sarà predisposto un arrivo di cavi di segnale e di alimentazione dalla regia. In questo modo, a seconda della necessità, il diffusore sarà installato subito davanti all'esecutore. In questo modo sia il pubblico che l'orchestra potrà ascoltare il segnale amplificato come uscente dallo stesso punto in cui si trova l'esecutore. Per migliorare ancora la qualità dell'ascolto, il diffusore utilizzato dovrà avere delle particolari caratteristiche tecniche:

- Linearità nella risposta in frequenza
- Angolo di emissione non estremamente accentuato né estremamente ampio, orientativamente analogo all'angolo di emissione di una sorgente naturale (es. voce)
- Dinamica elevata. La dinamica della musica classica è molto maggiore rispetto a quella della musica popolare amplificata: anche se non si opererà a livelli elevatissimi di pressione sonora il sistema dovrà essere in grado di riprodurre picchi assolutamente non distorti e "pianissimo" senza rumore di fondo percettibile.

## Attività congressuale: Studio Elettroacustico:

Nel dimensionamento dell'impianto audio di supporto all'attività congressuale si tiene conto del tipo di attività che si svolge nella sala: nelle scelte progettuali si opterà per soluzioni che privilegiano l'ascolto confortevole della parola e della musica intesa soprattutto come "colonna sonora" di videoproiezioni.

I dati iniziali della progettazione sono costituiti da:

I requisiti funzionali

La configurazione generale di sistema

Il rumore di fondo ambientale

Le prestazioni del sistema per garantire l'intelligibilità richiesta

Le dimensioni e configurazione degli ambienti

Le normative

Per quanto riguarda la diffusione sonora, tutte le prestazioni sono mostrate attraverso mappe generate dal software EASE (Enhanced Acoustic Simulator for Engineers) che ormai da oltre 20 anni è il software di riferimento per i progetti elettroacustici.

Il trasporto, la distribuzione e la fruibilità dei segnali saranno illustrati con schemi a blocchi in formato Autocad.

Le misure nelle quali c'è l'influenza del suono riflesso (pressione totale, intelligibilità del parlato, ecc.) saranno simulate tutte nella situazione di sala vuota. Questa è la situazione peggiore per quanto riguarda intelligibilità e chiarezza. Per quanto riguarda invece la pressione sonora totale, se è vero che a sala piena il valore è lievemente minore di quello a sala vuota, è anche vero che c'è una consistente disponibilità di energia sonora, come si evince dai grafici presentati più avanti.

Il sistema di amplificazione sarà caratterizzato dalla estrema flessibilità, nel rispetto del mantenimento delle caratteristiche elettroacustiche.

## Prestazioni elettroacustiche

Il sistema di diffusione sonora è configurato in modo da consentire un facile ed affidabile supporto all'attività che si svolge nella struttura.

Lo sviluppo del progetto ha le seguenti linee guida:

- Scelta di componenti di ottima qualità e prodotti da aziende rinomate: ciò renderà l'impianto in grado di sviluppare le migliori prestazioni. Inoltre sarà gradito dagli utilizzatori esterni.
- Semplicità d'uso

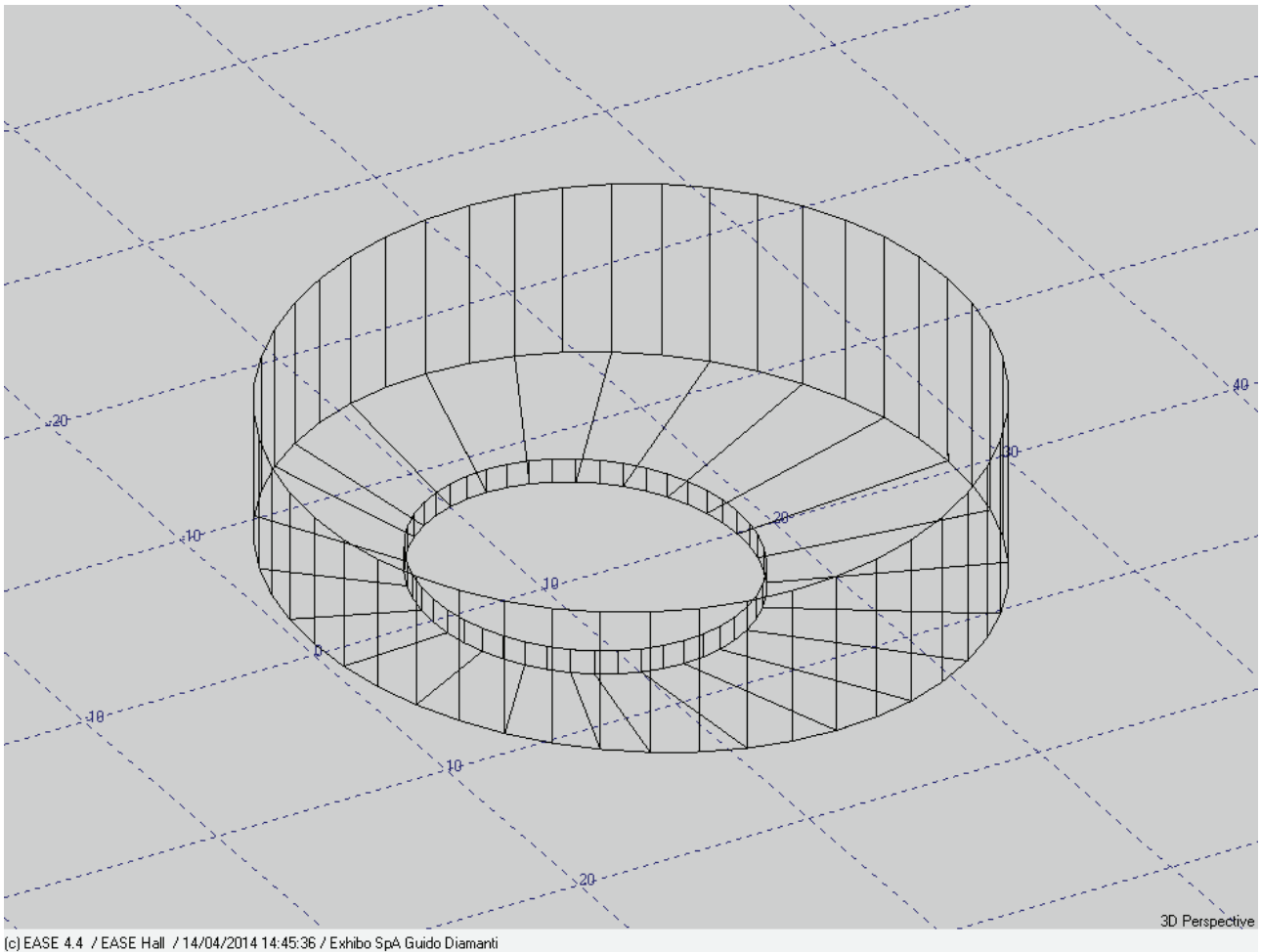
Nel corso di questo documento verranno analizzate nel dettaglio le prestazioni elettroacustiche che si stima di ottenere. Gli obiettivi principali per il dimensionamento del sistema audio sono:

- Pressione sonora superiore di almeno 15 dB rispetto al rumore di fondo
- Pressione sonora distribuita in modo uniforme
- Intelligibilità del parlato maggiore di 0,55 RASTI su gran parte dell'area di ascolto

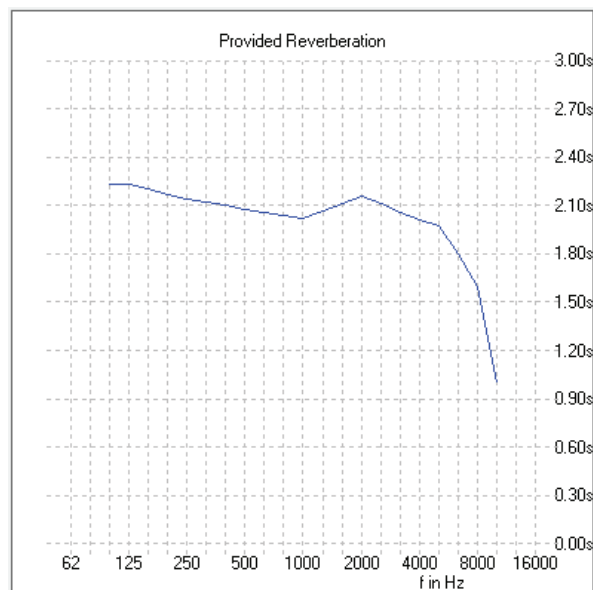
Il segnale audio generato dai microfoni o dalle sorgenti musicali, dovrà essere diffuso in sala con elevata qualità, con particolare riferimento a:

- Intelligibilità del parlato
- Chiarezza della musica
- Distribuzione uniforme della pressione sonora in platea.

Il primo step è quello di costruire il modello:



Viene “assegnato” alla sala il tempo di riverberazione derivante dal progetto acustico della sala, quindi relativamente elevato per un utilizzo come il presente:



Per mantenere elevata l’intelligibilità del parlato in un ambiente così caratterizzato dal punto di vista acustico, la rete altoparlanti proposti è costituita da un particolarissimo sistema.

La sonorizzazione sarà effettuata con un sistema portatile, amplificato.

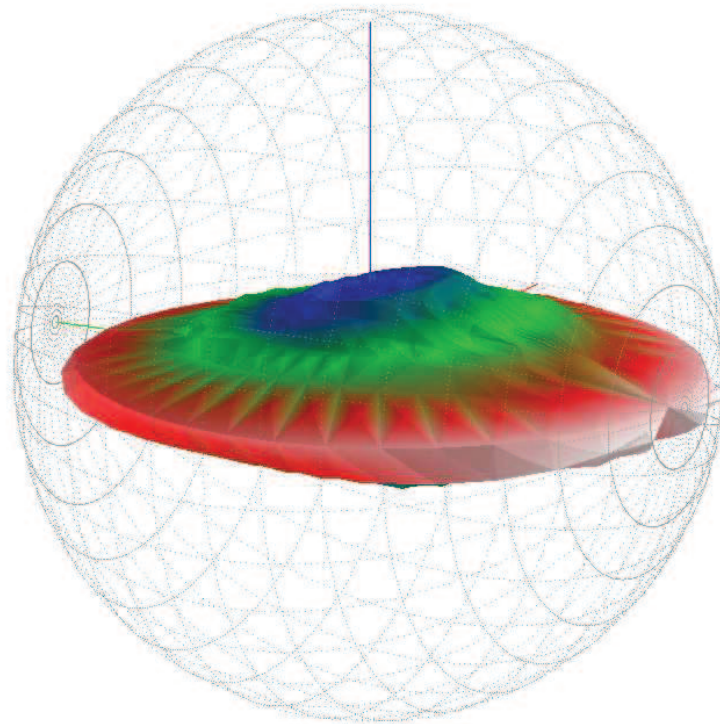


Questo sistema, dal peso e dalle dimensioni relativamente ridotte, sarà caratterizzato essenzialmente da:

- 124 dB di livello di pressione continui, 130 dB di picco
- Completa di accessori per il trasporto
- Fronte d'onda cilindrico (Line Array emission wavefront)
- Amplificatore e DSP a bordo con 16 preset dedicati
- Software di controllo remoto da PC

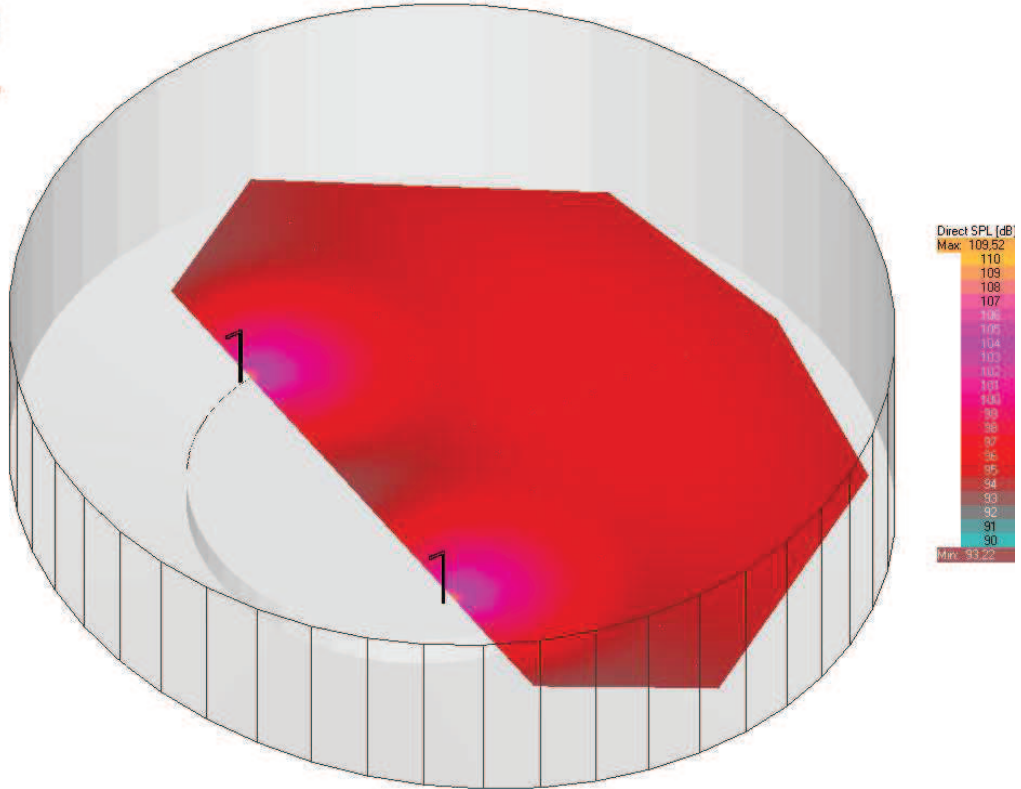
Per quanto riguarda le caratteristiche elettroacustiche, i diffusori dovranno essere caratterizzati da una direttività verticale tanto elevata quanto precisa: il suono viene convogliato entro uno stretto angolo verticale. In questo modo l'onda irradiata è simile ad un'onda cilindrica piuttosto che sferica, pertanto l'attenuazione del suono con la distanza dal diffusore si avvicina ai 3dB per ogni raddoppio della distanza piuttosto che ai "canonici" 6 dB. Ciò comporta una uniformità maggiore nella distribuzione della pressione sonora nell'area di ascolto.

Quanto sopra è descritto dalla figura seguente che mostra il lobo di radiazione del diffusore nell'ottava intorno a 1000 Hz.



Per quanto riguarda le prestazioni elettroacustiche stimate, le figure seguenti descrivono la modalità di irradiazione della pressione sonora diretta:

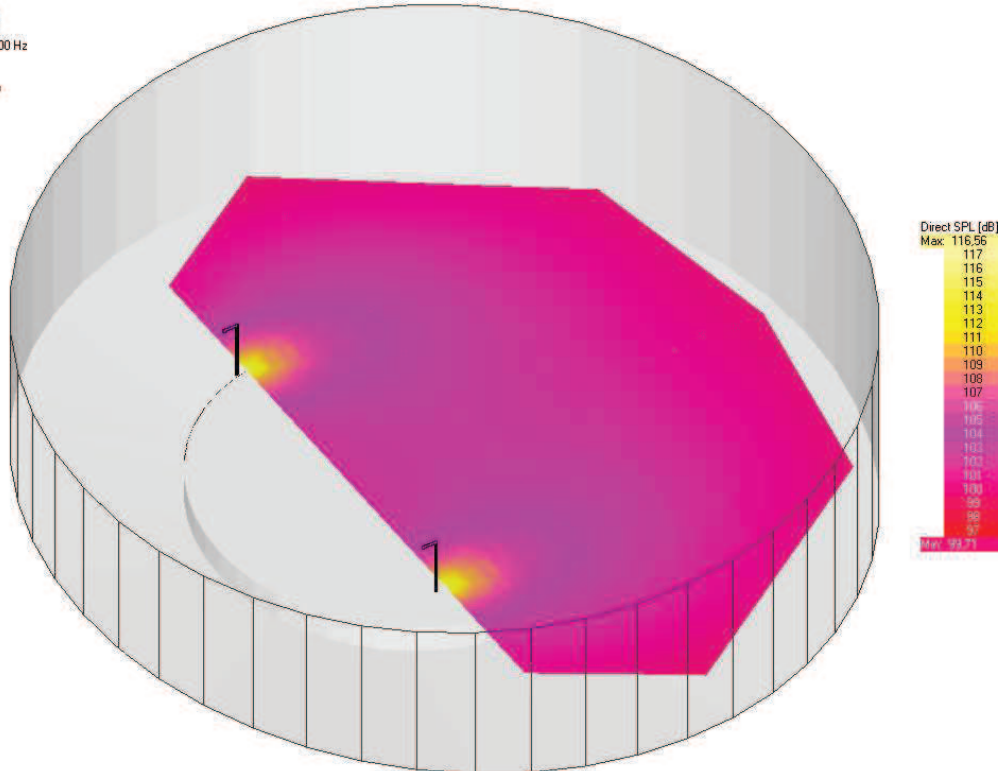
Ver: 41° Hor: 121°  
Lspk: S2, S2°  
Project: Auditorium2  
Map: Direct SPL [Z]  
Freq: 1000 Hz  
(1/1 Octave Sum)  
Shadow Cast: No  
Resolution = 0.30 m



(c) EASE 4.4 / EASE Hall / 14/04/2014 14:11:07 / Exhibo SpA Guido Diamanti

Nell'ottava intorno a 1000 Hz

Ver: 41° Hor: 121°  
Lspk: S2, S2°  
Project: Auditorium2  
Map: Direct SPL [Z]  
Freq: 100 Hz to 10000 Hz  
(Custom Sum)  
Shadow Cast: No  
Resolution = 0.30 m



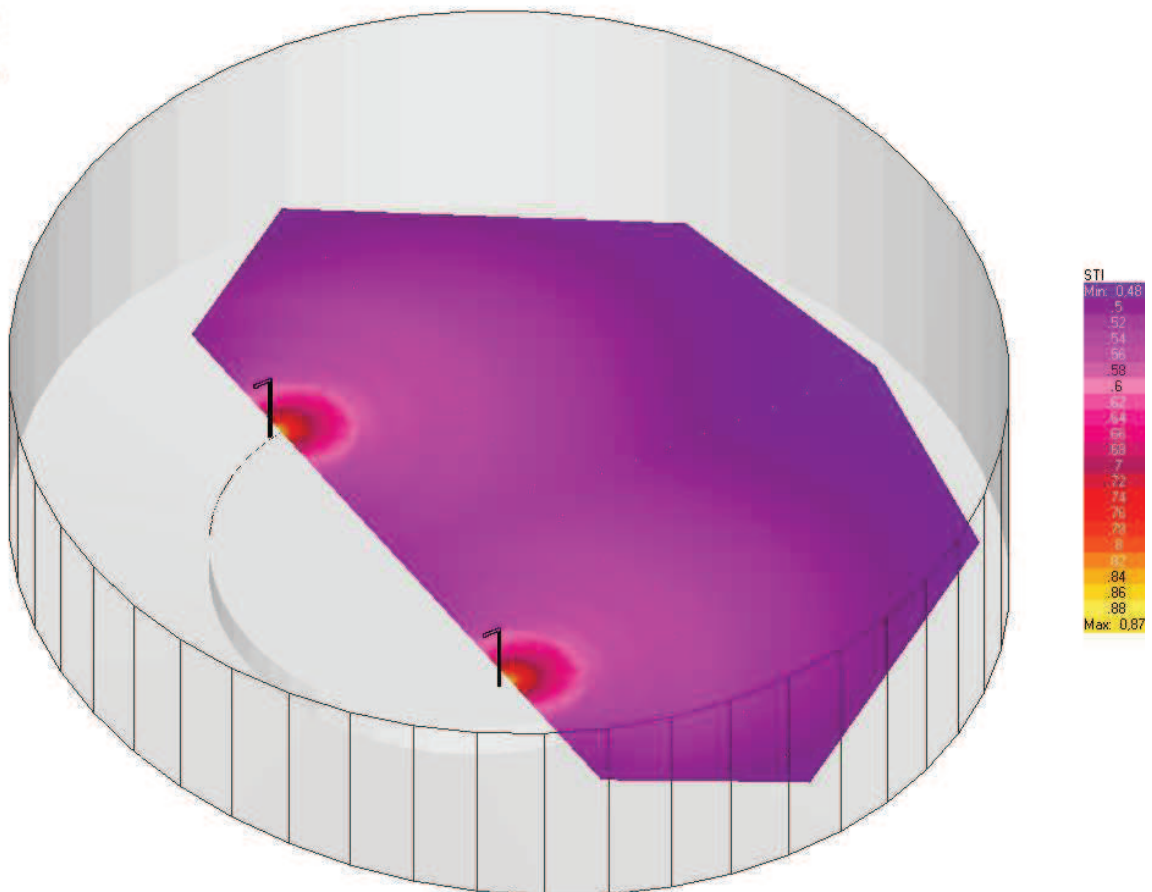
(c) EASE 4.4 / EASE Hall / 14/04/2014 14:11:23 / Exhibo SpA Guido Diamanti

Da 100 a 10000 Hz

Come si intuisce dall'omogeneità del colore mostrato, la pressione è distribuita in modo uniforme su tutta l'estensione dell'auditorium. Avere una pressione distribuita in modo uniforme anche a frequenze elevate, è estremamente importante ai fini della intelligibilità del parlato, dal momento che quest'ultima è legata alla corretta riproduzione delle consonanti, che occupano la parte più alta dello spettro del parlato.

La mappa seguente mostra l'indice di intelligibilità del parlato stimato: sul 90% dell'area di ascolto è superiore o uguale a 0,55 STI.

Ver: 41° Hor: 121°  
Lspk: S2, S2°  
Project: Auditorium2  
Map: RaSTI  
Shadow Cast: No  
Resolution = 0.30 m



## Appendice A – misura della intelligibilità del parlato

L'intelligibilità del parlato è espressa con un indice di trasferimento della modulazione del parlato, conosciuto come indice STI-RASTI : Speech Transmission Index - Rapid Speech Transmission Index. Questo metodo è stato raccomandato da IEC nella pubblicazione IEC268-16. Il valore STI rappresenta la media aritmetica delle perdite dell'indice di trasferimento della informazione, contenuta nel parlato.

L'intelligibilità del parlato in un ambiente chiuso è condizionata dalle riflessioni multiple provenienti dal pavimento, dal soffitto e dalle pareti.

Queste riflessioni producono un duplice effetto:

- quello benefico di aumentare il livello diretto percepito dagli ascoltatori con un livello diffuso, dando luogo ad un livello totale che è la somma in potenza dei due
- quello dannoso di mascherare il segnale originale diminuendo l'intelligibilità

Nella nostra stima abbiamo imposto 35 ms il limite per considerare utile il contributo delle riflessioni; il suono che giunge all'orecchio dell'ascoltatore dopo 35 ms diminuisce l'intelligibilità del parlato, inizia a mascherare il suono originale. Questa scelta è dettata da considerazioni di tipo pratico oltre che teorico: infatti al di là della scelta di un valore più o meno premiante, nel corso delle innumerevoli simulazioni effettuate e delle misure eseguite dopo l'installazione, abbiamo verificato che 40 ms è proprio il valore di "split time" in cui la simulazione realizzata con EASE si avvicina alla realtà fisica.

La tabella che segue fornisce la valutazione della qualità del trasferimento della informazione.

Indice STI	Valutazione oggettiva
STI $\geq$ 0.55	Intelligibilità adeguata per <b>messaggi complicati</b> e per annunciatore non professionista ed ascoltatori non preparati
STI = 0.55 - 0.45	Intelligibilità adeguata per <b>messaggi meno complicati</b> e per annunciatore non professionista ed ascoltatori non preparati, ma ancora adeguata per messaggi complicati se emessi con una dizione ben articolata
STI = 0.45 - 0.32	Intelligibilità adeguata solo per <b>messaggi semplici e brevi annunci</b> . Messaggi più complicati richiedono un annunciatore professionista ed ascoltatori preparati
STI = 0.32	Limite per una intelligibilità di messaggi semplici emessi da un annunciatore professionista e con ascoltatori preparati

*L'intelligibilità del parlato, che è fondamentalmente proporzionale al rapporto tra suono diretto e suono riverberato, è in genere valutata anche con un altro metodo: ALCONS%, perdita percentuale di articolazione delle consonanti. Il suo nome deriva da un metodo empirico che consisteva nella corretta comprensione soggettiva di una serie di consonanti; può assumere valori compresi tra 0% e 100%.*

## Appendice B – Normative di riferimento

IEC 60268 Sound system equipment:

IEC60268-1 General Sound system equipment

IEC60268-2 Explanation of general terms

IEC60268-3 Sound system amplifiers

IEC60268-4 Microphones

IEC60268-5 Loudspeakers

IEC60268-6 Auxiliary passive elements

IEC60268-8 Automatic gain control devices

IEC60268-9 Artificial reverberation, time delay and frequency shift equipment

IEC60268-10 Programme level meters

IEC60268-11 Application of connectors for the interconnection of sound system components

IEC60268-12 Application of connectors for broadcast and similar use

IEC60268-13 Listening test on loudspeakers

IEC60268-14 Mechanical design features

IEC60268-15 Preferring matching values for the interconnection of sound system components

IEC60268-16 The objective rating of speech intelligibility in auditoria by the RASTI method

IEC574 Audiovisual, video and television equipment and system

IEC61938 Audio, video and audiovisual systems- interconnections and matching values

IEC61958 Digital audio interface

EN 50081 Electromagnetic compatibility general standard

EN 50082 Electromagnetic compatibility general standard

EN 55011 Electromagnetic compatibility measuring methods. RF characteristic from industrial, scientific and medical equipment

IEC60065 Safety requirements for mains operating electronic and related apparatus

IEC60364 Electrical installation of building

EN 55013 Electromagnetic compatibility measuring methods. RF characteristic from radio and TV receivers