



# CITTA' DI NETTUNO

*Città Metropolitana di Roma Capitale*



Lavori di completamento Teatro Comunale 2° Lotto Funzionale  
CIG 73836794A CUP G71E17000130004

## PROGETTO ESECUTIVO

Responsabile dell' Integrazione fra le varie  
specialistiche: Ing. Alfredo Ingletti

Il Progettista Mandataria:

Mandante:



**3TI PROGETTI ITALIA**  
INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.  
Lgt. V. Gassman 22, 00146 ROMA - ITALIA  
tel +39 0655301518 fax +39 0655301522  
[www.3tiprogetti.it](http://www.3tiprogetti.it) - [info@3tiprogetti.it](mailto:info@3tiprogetti.it)



Responsabile dell'elaborato:  
Ing. Vincenzo Guida

Coordinamento per la Sicurezza in fase di progettazione  
Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Responsabile Unico del Procedimento:  
Arch. Stefano Bernicchia

TITOLO ELABORATO:

## PROGETTO ARCHITETTONICO

Elaborati generali

Relazione acustica

CODICE PROGETTO

NOME FILE

PE02ARCRE02\_A.doc

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

1012752

E

CODICE ELAB.

PE02ARCRE02

A

-

C

B

A

EMISSIONE

17/05/2019

GUIDA

DI STEFANO

INGLETTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

# Sommario

|  |           |
|--|-----------|
| <i>PREMESSA .....</i>  | <i>1</i>  |
| <i>NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</i>  | <i>2</i>  |
| <i>VINCOLI E SPECIFICHE DI PROGETTO.....</i>                                   | <i>3</i>  |
| <i>Zona acustica.....</i>  | <i>3</i>  |
| <i>Vincoli di progetto .....</i>   | <i>4</i>  |
| <i>Specifiche e raccomandazioni .....</i>                                      | <i>4</i>  |
| <i>Requisiti acustici passivi .....</i>  | <i>5</i>  |
| <i>Rumore di fondo .....</i>   | <i>9</i>  |
| <i>Isolamento partizioni.....</i>  | <i>10</i> |
| <i>Caratteristiche di forma .....</i>  | <i>10</i> |
| <i>Trattamento assorbente delle pareti.....</i>                                | <i>12</i> |
| <i>Tempo di riverberazione.....</i>  | <i>12</i> |
| <i>Accessori ed impianti.....</i>  | <i>13</i> |
| <i>ANALISI E TRATTAMENTO ACUSTICO DEGLI AMBIENTI .....</i>                     | <i>13</i> |
| <i>SALA PRINCIPALE DEL TEATRO: ISOLAMENTO ACUSTICO .....</i>                   | <i>13</i> |
| <i>Pareti di separazione della sala teatro dall'esterno.....</i>               | <i>14</i> |
| <i>Pareti di separazione della sala teatro da altri ambienti interni .....</i> | <i>15</i> |
| <i>Copertura della sala teatro .....</i>                                       | <i>15</i> |
| <i>Pavimento della sala teatro.....</i>  | <i>16</i> |
| <i>Porte .....</i>   | <i>16</i> |
| <i>Impianti e accessori .....</i>  | <i>16</i> |
| <i>SALA PRINCIPALE DEL TEATRO: STUDIO DELLA FORMA.....</i>                     | <i>18</i> |
| <i>Rapporti dimensionali.....</i>  | <i>20</i> |
| <i>Studio delle riflessioni e della riverberazione .....</i>                   | <i>22</i> |

|  |           |
|--|-----------|
| <i>SALA PRINCIPALE DEL TEATRO: INTERVENTO DI FONOTRATTAMENTO .....</i>                                       | <i>26</i> |
| <i>SALA PRINCIPALE DEL TEATRO: SIMULAZIONE DELLE CARATTERISTICHE ACUSTICHE</i>                               | <i>28</i> |
| <i>Il software di simulazione .....</i>  | <i>28</i> |
| <i>Gli indici di qualità per il parlato.....</i>   | <i>28</i> |
| <i>La simulazione preliminare.....</i>   | <i>29</i> |
| <i>AMBIENTI ACCESSORI, A SERVIZIO DEL TEATRO, ADIBITI AL PARLATO: ISOLAMENTO E TRATTAMENTO ACUSTICO.....</i> | <i>31</i> |
| <i>MISURE IN OPERA E COLLAUDO .....</i>  | <i>31</i> |
| <i>MATERIALI: certificazioni, garanzie e posa in opera .....</i>   | <i>32</i> |
| <i>RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DELLE CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLA SALA.....</i>                           | <i>33</i> |
| <i>COMPORTAMENTO DELLA SALA “PRIMA” DEL TRATTAMENTO ACUSTICO.....</i>  | <i>33</i> |
| <i>COMPORTAMENTO DELLA SALA “DOPO” IL TRATTAMENTO ACUSTICO.....</i>  | <i>37</i> |

## **PREMESSA**

La presente relazione riguarda la progettazione degli interventi di isolamento acustico e di trattamento correttivo interno legati alle operazioni di completamento del Teatro Comunale di Nettuno, una struttura polifunzionale per rappresentazioni teatrali e musicali, proiezioni e conferenze sita in Via Morselli, a Nettuno (RM).

In particolare, sulla base di quanto già realizzato e del progetto definitivo, si analizzerà:

- il fonoisolamento delle strutture murarie già esistenti al fine di verificare la rispondenza della struttura alla Legge n. 447/95 “Legge quadro sull'inquinamento acustico”, al DPCM 5/12/1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”, nonché a raccomandazioni nazionali e internazionali più restrittive, definite appositamente per gli ambienti destinati allo spettacolo;
- il trattamento acustico dell’ambiente interno;
- la verifica teorica, tramite simulazione computerizzata, di forme, volumetrie e distribuzione della sala (così come ipotizzata nel progetto definitivo).

## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

|  |  |
|--|--|
| <b>L. 26 ottobre 1995, n. 447</b>                        | <i>Legge quadro sull'inquinamento acustico</i>   |
| <b>D.P.C.M. 5 dicembre 1997</b>                          | <i>Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici</i>   |
| <b>D.P.C.M. 1 marzo 1991</b>                             | <i>Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno</i>  |
| <b>D.P.C.M. 14 novembre 1997</b>                         | <i>Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore</i>  |
| <b>D.M. 11 ottobre 2017</b>                              | <i>Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici</i>                                      |
| <b>UNI 11367:2010</b>                                    | <i>Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera</i>  |
| <b>UNI 11532-1:2018</b>                                  | <i>Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali</i>   |
| <b>UNI EN ISO 12354-1:2017</b>                           | <i>Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti – Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti</i>                      |
| <b>UNI EN ISO 12354-2:2017</b>                           | <i>Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti</i>                         |
| <b>UNI EN ISO 12354-3:2017</b>                           | <i>Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea</i> |
| <b>UNI/TR 11175:2005</b>                                 | <i>Acustica in edilizia - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale</i>                          |
| <b>UNI EN ISO 717-1:2013</b>                             | <i>Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea</i>   |
| <b>UNI EN ISO 717-2:2013</b>                             | <i>Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio</i>  |
| <b>UNI 11173:2015</b>                                    | <i>Serramenti esterni e facciate continue - Criteri di scelta delle caratteristiche prestazionali di permeabilità all'aria, tenuta all'acqua e resistenza al carico del vento</i>                          |
| <b>UNI EN ISO 354:2003</b>                               | <i>Acustica - Misura dell'assorbimento acustico in camera riverberante</i>   |
| <b>Raccomandazioni ITU, EBU e Dolby Laboratories Inc</b> |  |

# VINCOLI E SPECIFICHE DI PROGETTO

## *Zona acustica*

La localizzazione di una attività potenzialmente disturbante dal punto di vista delle emissioni rumorose nell'ambiente esterno deve essere subordinata al controllo (cfr. Lg. 447/95) delle stesse emissioni entro i limiti massimi previsti dal vigente D.P.C.M. 1/3/91 e sua revisione D.P.C.M. 14/11/97.

Le normative prevedono l'obbligo dei Comuni alla suddivisione del proprio territorio, su criteri di tipo urbanistico e di fruizione dell'area, in sei zone, per le quali vengono individuati i limiti massimi ammissibili del livello di rumore immesso per le fasce orarie diurne e notturne.

Nella zonizzazione acustica effettuata nel Comune di Nettuno, per il livello di edificazione e la tipologia delle attività presenti si è ritenuto di equiparare la zona di Via Morselli alla Classe III ("Aree di tipo misto", cfr. Tab.A All. DPCM 14.11.97) a cui corrispondono i seguenti limiti:

*Valori limite di emissione:* 55 e 45 dB(A) per il livello sonoro equivalente  $Leq,A$  rispettivamente nella fascia oraria diurna (ore 06.00-22.00) e notturna (ore 22.00-06.00).

*Valori limite assoluti di immissione:* 60 e 50 dB(A) per il livello sonoro equivalente  $Leq,A$  rispettivamente nella fascia oraria diurna (ore 06.00 - 22.00) e notturna (ore 22.00-06.00).



CLASSE III



## ***Vincoli di progetto***

Le operazioni di completamento del Teatro Comunale sono soggette a vincoli di tipo urbanistico ed architettonico che richiedono il rispetto delle forme e delle volumetrie originali dell'edificio.

Pertanto, per la progettazione dell'isolamento e del trattamento acustico della sala con il vincolo suddetto, principalmente per il mantenimento del numero di posti e delle conseguenti prescrizioni in materia di sicurezza antincendio, sorgono alcune problematiche:

- la suddivisione dello spazio interno al volume originario non consente di realizzare zone di "filtro" su tutto il perimetro della sala che, per questo motivo, risulta per larghi tratti limitata dalla muratura perimetrale esterna;
- per la mancanza delle suddette zone di filtro (perimetrali alla sala), l'apertura delle uscite di sicurezza avviene direttamente sul muro esterno del fabbricato, provocando una diminuzione di fonoisolamento della parete interessata;
- la necessità di mantenere la muratura perimetrale originaria in lastre di gesso rivestito e pannelli in fibra di legno richiede la valutazione del potere fonoisolante con stime e accertamenti strumentali finalizzati al dimensionamento delle strutture di protezione idonee all'adeguamento alle specifiche attuali;
- la mancanza di una struttura di copertura "pesante" e sufficientemente isolante, conduce alla previsione di una ulteriore partizione orizzontale opportunamente dimensionata a protezione del volume interno.

Oltre a quanto sopra detto, lo stato di abbandono della struttura ha permesso numerosi atti vandalici con il conseguente danneggiamento di strutture, sistemazioni ed infissi che impediscono la realizzazione di una campagna di misure fonometriche che sarebbe stata utile alla determinazione delle caratteristiche acustiche della sala così come realizzata.

## ***Specifiche e raccomandazioni***

Il DM 11 ottobre 2017 *"Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici"*, al punto 2.3.5.6 *"Comfort acustico"*, prescrive che "I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio debbano corrispondere almeno a quelli della classe II ai sensi della norma UNI 11367.

La stessa UNI 11367, del resto, esclude i teatri dalla classificazione acustica (punto 6.1), trattandosi di *"unità immobiliari destinate ad attività ricreative in cui la qualità acustica sia una caratteristica*

*fondamentale da valutare mediante una progettazione acustica particolarmente accurata e con criteri specifici”.*

Nonostante ciò le prescrizioni riportate nella presente relazione, unitamente alle soluzioni di progetto, sono tali da garantire che anche gli ambienti destinati al parlato, accessori alla sala principale, siano idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532 e UNI 11367.

### ***Requisiti acustici passivi***

La legge 26 ottobre 1995, n. 447 “*Legge quadro sull’inquinamento acustico*” ha stabilito le competenze dello Stato nella definizione dei requisiti acustici passivi degli edifici ai fini della riduzione dell’esposizione al rumore; in tale ambito si inquadra il D.P.C.M. del 5 dicembre 1997, che stabilisce i valori numerici degli indici caratteristici di isolamento acustico e dei livelli ammissibili di rumore immesso dagli impianti negli ambienti interni agli edifici destinati “alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane”.

Per gli edifici come quello oggetto della presente relazione, appartenenti alla Categoria F, “*edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili*”, detti indici assumono (ai sensi del DPCM) i parametri seguenti:

| <b><math>R'_w</math></b> | <b><math>D_{2m,nT,w}</math></b> | <b><math>L'_{n,w}</math></b> | <b><math>L_{ASmax}</math></b> | <b><math>L_{Aeq}</math></b> |
|--------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 50                       | 42                              | 55                           | 35                            | 35                          |

dove:

- $R'_w$  è l'indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra due differenti unità immobiliari;
- $D_{2m,nT,w}$  è l'indice dell'isolamento acustico normalizzato di facciata;
- $L'_{n,w}$  è l'indice del livello di rumore di calpestio normalizzato di solai;
- $L_{ASmax}$  è il livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo *slow*, immesso dagli impianti tecnologici a funzionamento discontinuo;
- $L_{Aeq}$  è il livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A, immesso dagli impianti tecnologici a funzionamento continuo.



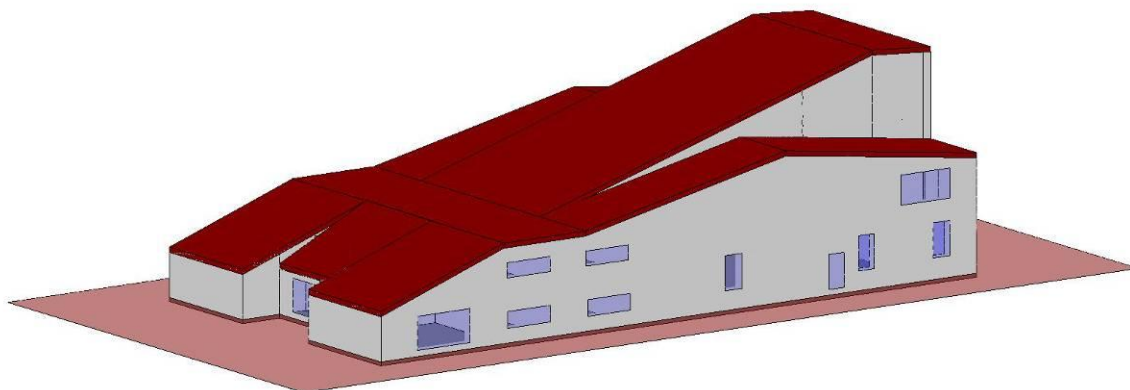
L'analisi delle stratigrafie esistenti delle partizioni orizzontali e verticali (per le quali è stata eseguita una stima del potere fonoisolante, come meglio indicato in seguito) nonché di quelle presenti nel progetto definitivo, unitamente ai materiali agli accorgimenti tecnico-costruttivi indicati, verificano i limiti (per il caso in esame la normativa richiede che sia verificato l'indice dell'isolamento acustico normalizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$ ) imposti dai requisiti acustici passivi (D.P.C.M. 5/12/97).

La valutazione suddetta è stata eseguita attraverso il software *ACUSTICA* di Namirial S.p.A.

I dati in ingresso del potere fonoisolante di infissi, porte e pareti sono stati desunti da schede tecniche e certificati di prova ove presenti, oppure stimati attraverso di modelli empirici e semiempirici reperibili in letteratura. In particolare sono stati adottati i seguenti valori:

- Copertura Rw = 48 dB (stima cautelativa, non considera il contributo del controsoffitto isolante nella sala teatro)
- Pareti perimetrali: Rw = 55 dB (stima cautelativa, non considera il contributo del cappotto esterno)
- Pareti laterali della sala principale: Rw = 62,5 dB (stima cautelativa, non considera il contributo del cappotto esterno)
- Divisori interni: Rw = 50 dB
- Parete di divisione Platea - Foyer: Rw = 80 dB
- Parete di divisione Libreria - Ufficio: Rw = 62 dB
- Pareti di separazione del palcoscenico: Rw = 62 dB
- Infissi (diversi dalle finestre F02): Rw = 40 dB (stima cautelativa)
- Infissi F02: Rw = 45 dB
- Porte esterne Platea: Rw = 43 dB
- Porte esterne di Foyer, bar e libreria: Rw = 45 dB
- Altre porte confinanti con l'esterno: Rw = 38 dB

Si riporta di seguito un'immagine del modello 3D realizzato con *ACUSTICA* e la schermata con i risultati attestanti il rispetto per l'edificio dei requisiti acustici passivi:



Modellazione del Teatro Comunale attraverso ACUSTICA di Namirial S.p.A.

| Risultati dei calcoli  |                |           |            |  |
|--|----------------|-----------|------------|--|
| <b>Risultato della verifica edificio</b><br>Verifica edificio positiva <span>Calcola isolamento acustico</span>                                  |                |           |            |  |
| <b>Locali interessati:</b>   |                |           |            |  |
| Locale ricevente   | D'2m,nT,w [dB] | Lim. [dB] | Verificato |  |
| <b>Ambiente ricevente : TEATRO</b>   |                |           |            |  |
| Bar  | 49,2           | 42,0      | ✓          |  |
| libreria   | 49,1           | 42,0      | ✓          |  |
| U01-Ufficio  | 44,1           | 42,0      | ✓          |  |
| U02-Ufficio  | 44,1           | 42,0      | ✓          |  |
| Sala prove   | 46,0           | 42,0      | ✓          |  |
| Sala teatro  | 52,7           | 42,0      | ✓          |  |
| S01-Sala assoc.  | 43,1           | 42,0      | ✓          |  |
| S02-Sala assoc.  | 44,6           | 42,0      | ✓          |  |
| S03-Sala assoc.  | 42,4           | 42,0      | ✓          |  |
| S04-Sala assoc.  | 44,7           | 42,0      | ✓          |  |
|  |                |           |            |  |
| <b>D'2m,nT,w:</b> 49,2 dB <span><b>Verifica effettuata:</b> <math>D'_{2m,nT,w} \geq \text{Limite}</math></span><br><b>Valore limite:</b> 42,0 dB |                |           |            |  |

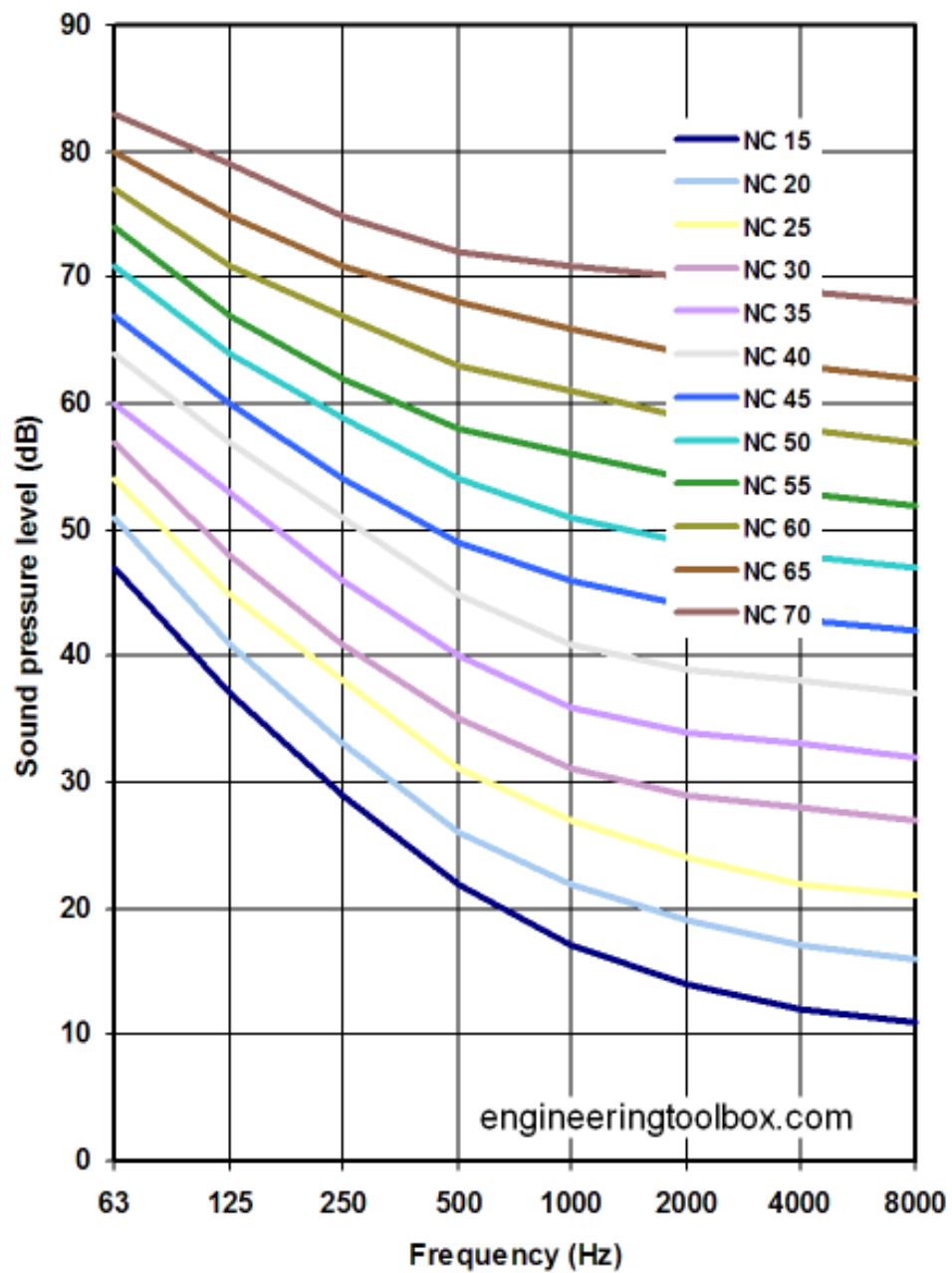
Screenshot della verifica eseguita attraverso ACUSTICA di Namirial S.p.A.

Nonostante sia rispettata la normativa sui requisiti acustici passivi, nel corso della progettazione acustica verranno seguite raccomandazioni nazionali e internazionali diverse, più restrittive sia del D.P.C.M. del 5 dicembre 1997, sia delle UNI 11367 e UNI 11532, definite appositamente per gli ambienti destinati allo spettacolo, come ad esempio quelle della *Dolby Laboratories Inc.* per la realizzazione di sale cinematografiche, per le quali sia previsto l'impiego di attrezzature elettroacustiche in grado di garantire elevati livelli sonori su uno spettro di frequenze molto ampio (potenzialmente fino a 103 dB di picco sull'intera gamma audio), e che richiedono un adeguato isolamento e trattamento acustico dei locali destinati a tali rappresentazioni.

Le specifiche *Dolby Labs.* per il progetto acustico delle strutture cinematografiche (che possono essere utilmente utilizzate con le dovute modificazioni descritte nel seguito) interessano il controllo del rumore di fondo ammissibile, le caratteristiche di isolamento delle partizioni, le caratteristiche di forma delle sale, le caratteristiche di assorbimento delle pareti, il controllo della riverberazione, le caratteristiche acustiche di accessori ed impianti tecnici.

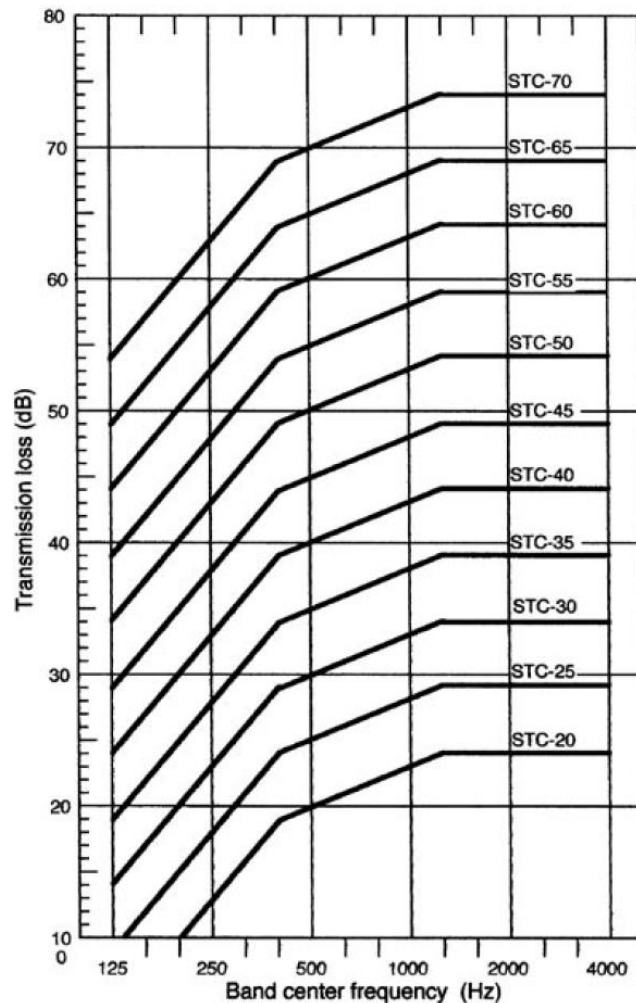
## ***Rumore di fondo***

L'ottenimento di una escursione dinamica adeguata alle rappresentazioni più diverse, con picchi elevati e altrettanto minimi livelli di quiete, richiede che il rumore di fondo in sala, dovuto ad impianti fissi interni ed a sorgenti di rumore esterne sia contenuto al massimo, entro la curva NC 25 (da preferire) e comunque non superiore alla curva NC 35 (minimo standard).



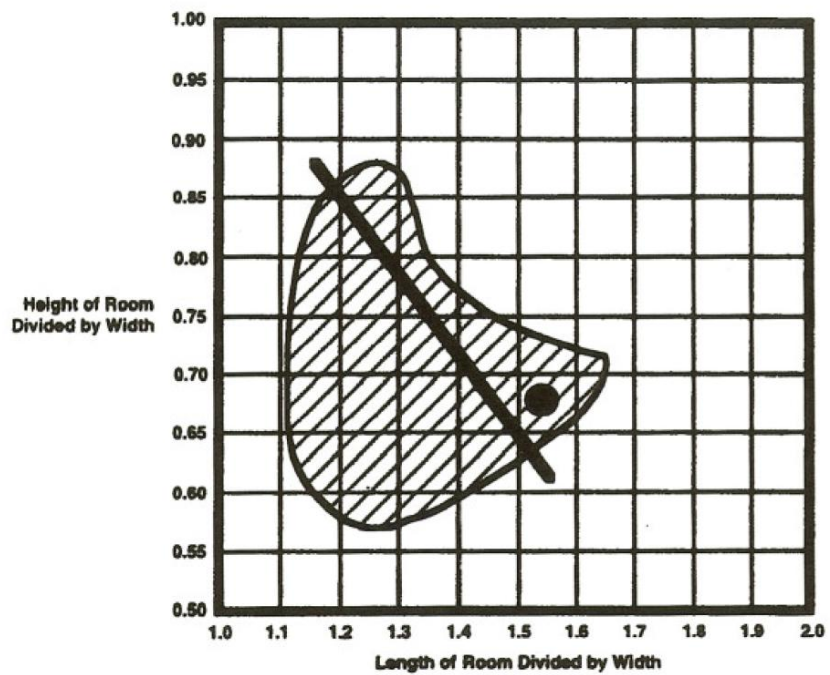
## ***Isolamento partizioni***

Gli elevati livelli riprodotti con la musica, amplificata e non, richiedono partizioni murarie dalla caratteristica di isolamento "in opera" raccomandabile della classe STC 70 (dove STC è l'acronimo di Sound Transmission Class), e comunque non inferiore alla classe STC 60. Nella figura seguente si riportano le curve di riferimento dello STC.

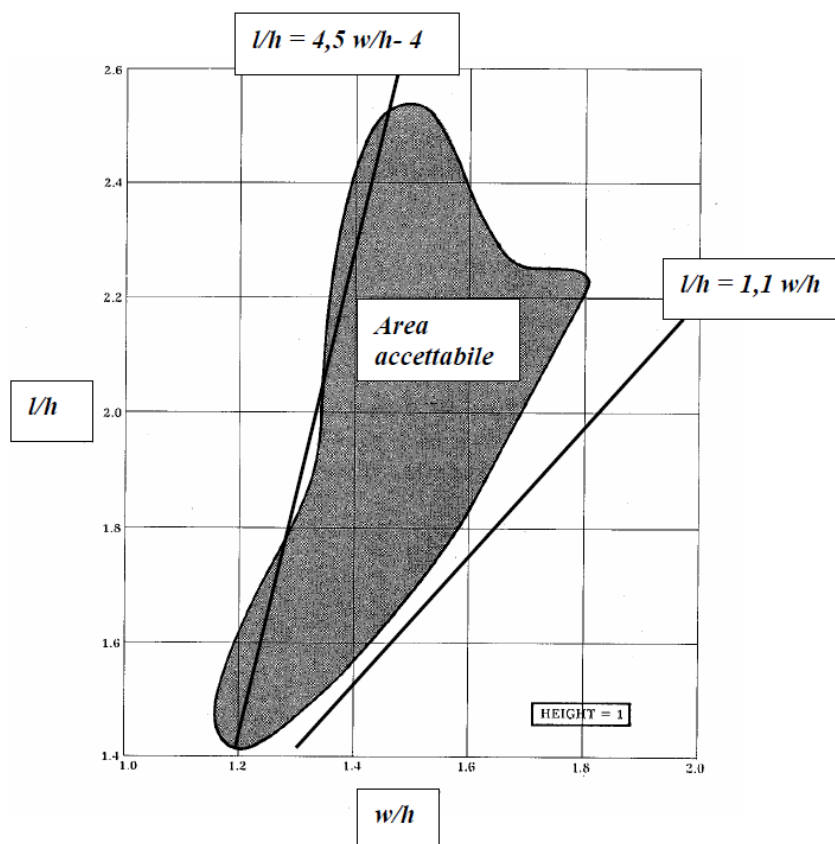


## ***Caratteristiche di forma***

Volumetrie non proporzionate, in particolare per locali non molto grandi, possono provocare problemi acustici di eco, riflessioni dannose o onde stazionarie; a tale scopo vengono utilizzate "maschere" dei rapporti dimensionali preferibili e accettabili (v. fig. seguente) all'interno della quale risultano minimizzate le problematiche suddette.



*Diagramma con i rapporti dimensionali ottimali*



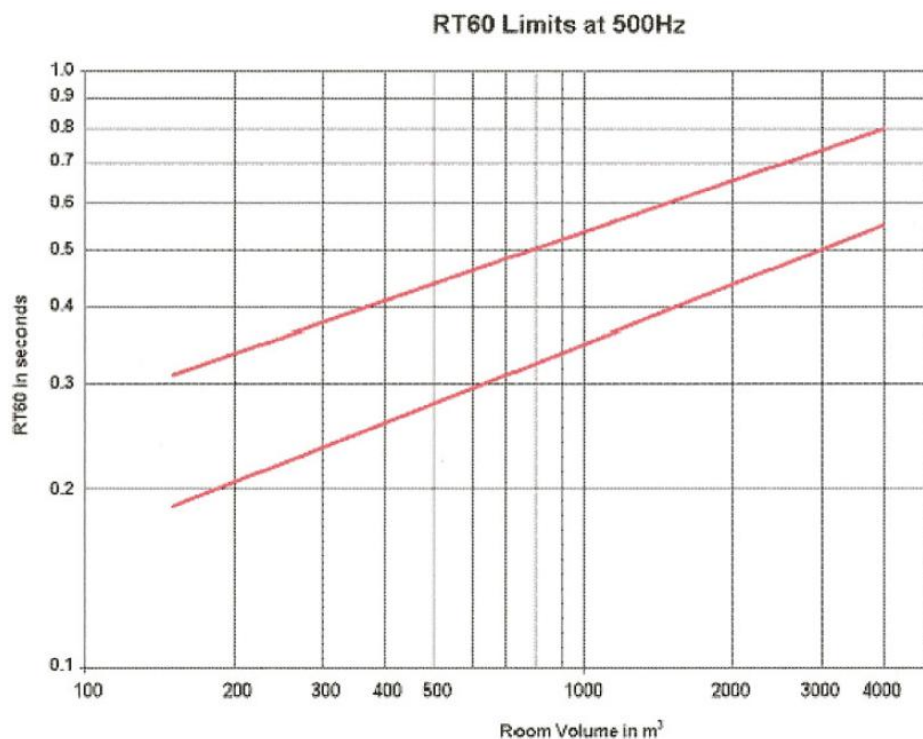
*Diagramma con i rapporti dimensionali ottimali di R.H. Bolt e area di accettabilità del criterio ITU*

## ***Trattamento assorbente delle pareti***

Per considerazioni legate all'ottenimento di una buona intelligibilità del parlato, di fondamentale importanza anche per le rappresentazioni teatrali, è stato previsto un trattamento fortemente fonoassorbente per la parete di fondo; le pareti laterali non saranno trattate completamente con materiale fonoassorbente, e avranno un comportamento più riflettente; per il controllo delle frequenze più basse, invece, è prevista la posa di controsoffittature fonoassorbenti sospese.

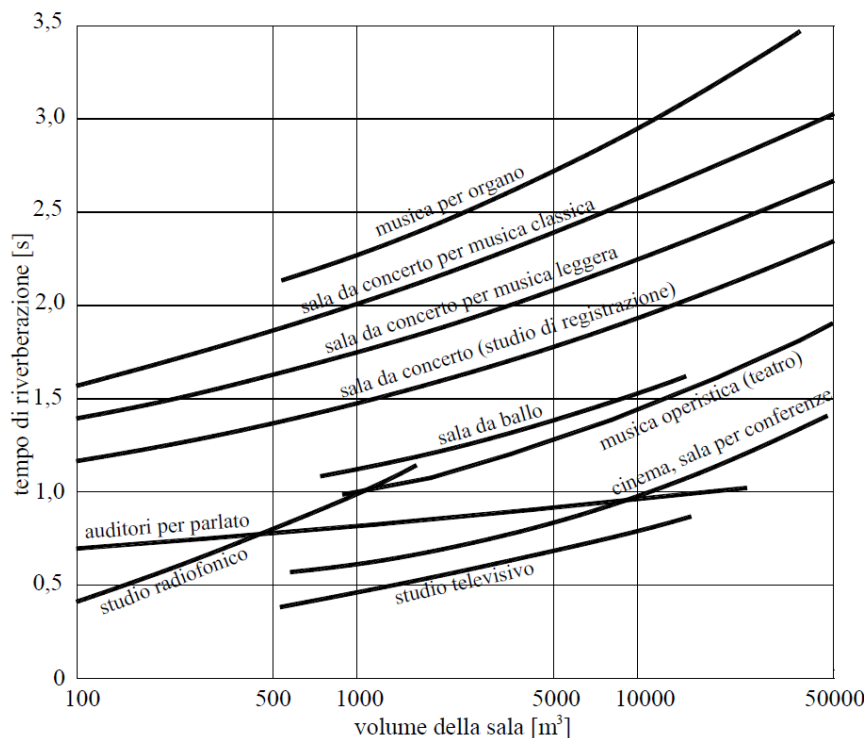
## ***Tempo di riverberazione***

Il trattamento fonoassorbente delle superfici interne della sala principale del teatro nonché degli ambienti accessori adibiti al parlato dovrebbe essere bilanciato con le rispettive volumetrie, al fine di rimanere all'interno di una maschera di accettabilità (minimo/massimo) come quella per il cinema riportata nella figura seguente, dedotta dall'andamento del tempo di riverberazione T60 in funzione del volume, riferito a 500 Hz.



Come meglio descritto in seguito, trattandosi di un teatro avente però anche caratteristiche di sala polifunzionale, con un volume non molto proporzionato rispetto al numero di spettatori, occorre

considerare valori anche più elevati ed è possibile ipotizzare accettabile, mediamente, un tempo di riverbero da 0,6 a 1,2 s.



### ***Accessori ed impianti***

Oltre ad alcune raccomandazioni sulla scelta più opportuna di accessori (tipo di porte e sedute), una grande attenzione viene richiesta per l'ottimizzazione delle necessarie interferenze impiantistiche, in particolare riguardo alla disposizione delle centrali e delle attrezzature per il trattamento e la distribuzione dell'aria nonché alla predisposizione di schermature e sistemi di silenziamento.

## **ANALISI E TRATTAMENTO ACUSTICO DEGLI AMBIENTI**

### ***SALA PRINCIPALE DEL TEATRO: ISOLAMENTO ACUSTICO***

Le particolari esigenze di fonoisolamento richiedono la posa in opera di strutture di separazione tra la sala e le altre zone, o con l'esterno, che siano dotate di un elevato potere isolante: il rispetto delle raccomandazioni suddette impone infatti l'ottenimento di un potere fonoisolante  $R_w \geq 60$  dB.



Per la non semplice stima preliminare dell'isolamento delle strutture esistenti miste (in pannelli di legno, truciolare OSB e lastre in cartongesso, con o senza lane minerali nell'intercapedine) si è fatto uso anche di modelli empirici e semiempirici reperibili in letteratura ed elaborati da autorevoli istituti di ricerca (IEN Galileo Ferraris e norme DIN) sulla base di dati sperimentali per pareti in lastre di gesso rivestito, di bassa massa e limitato spessore (70-80 kg/m<sup>2</sup> e spessore entro 25-30 cm), per le quali valgono le seguenti formule:

$$R_w = 20 \log m + 20 \log d + e - 5 \quad [dB]$$

$$R_w = 20 \log m + 10 \log d + e + 5 \quad [dB]$$

per pareti a singola struttura portante e:

$$R_w = 20 \log m + 10 \log d + e + 10 \quad [dB]$$

per pareti a doppia struttura portante, dove  $m$  è la massa superficiale totale,  $d$  lo spessore dell'intercapedine, ed  $e$  lo spessore del pannello di lana minerale posto nell'intercapedine.

*N.B.: Le formule suddette sono riferite a pareti in lastre di gesso e spessori di lana minerale contenuti in 6-8 cm e, per valori superiori, tendono a sovrastimare il risultato.*

## **Pareti di separazione della sala teatro dall'esterno**

Da quanto sopra indicato, per la parete perimetrale esistente, la cui stratigrafia è stata dedotta dagli elaborati di progetto e da sopralluoghi in situ, è possibile stimare un valore dell'indice di isolamento  $R_w$  intorno ai 55 dB. Tale valore di potere fonoisolante, sebbene in grado di verificare i requisiti acustici passivi degli edifici, impone (per la particolare destinazione d'uso della sala nonché dell'assenza di una "zona filtro" perimetrale alla sala principale) un adeguamento della parete confinante con l'esterno ad una classe di isolamento maggiore, compatibilmente con le esigenze di miglioramento della prestazione termica del pacchetto e di miglioramento della forma del guscio interno ai fini del controllo delle riflessioni sonore.

In considerazione delle strutture portanti esistenti nell'edificio si è ipotizzato, in generale, un adeguamento delle partizioni tra la sala e l'ambiente esterno realizzando, per quanto possibile, una tipologia di "scatola nella scatola": tale sistema permette di realizzare un guscio attorno al volume da

isolare che rimane, in tal modo, protetto dalle trasmissioni acustiche aeree e svincolato dalle immissioni acustiche veicolate dalla via rigida strutturale.

Si prevede pertanto la realizzazione di una controparete a tutta altezza in doppia lastra di cartongesso di spessore 12,5 mm sostenute da una struttura metallica, con intercapedine variabile da 100 mm a 200 mm, riempita con pannelli in lana minerale con densità 40 kg/mc e Classe 0 di reazione al fuoco; per le esigenze di migliore distribuzione delle riflessioni suddette, la controparete avrà una inclinazione di 2° con andamento a “dente di sega” per contenere l’ingombro sulla larghezza utile della sala.

Per il vincolo della controparete alla struttura esistente saranno previsti idonei elementi elastici di controvento, da posizionare alle quote e con la frequenza minima indicate dal progettista delle strutture. Per i dettagli delle stratigrafie adottate si rimanda agli elaborati del progetto architettonico.

## **Pareti di separazione della sala teatro da altri ambienti interni**

Sulla zona di fondo, la sala teatro confina con il foyer di accesso alla struttura e con due zone di servizio (wc, uffici, ecc.). Nelle zone ai lati della torre del palcoscenico, invece, si prevede la realizzazione di ambienti di servizio agli spettacoli in allestimento (camerini, sale prove, sale trucco etc). Per i dettagli delle stratigrafie adottate si rimanda agli elaborati del progetto architettonico.

## **Copertura della sala teatro**

La stratigrafia della copertura è costituita (dall’interno verso l’esterno) da uno strato in tavolato di abete di sp. 20mm, una barriera al vapore, una doppia orditura di spessore 5cm ciascuna in travicelli di legno e lana di roccia, una membrana impermeabile traspirante, un pannello in OSB/3 dello spessore di 10mm e, infine, il manto di copertura in PVC.

Il peso complessivo presumibile della copertura è di 18 kg/mq e, sempre con le formule semiempiriche sopra indicate, l’indice del suo potere fonoisolante  $R_w$  è stimabile in 48 dB.

Anche in questo caso, sebbene il valore permetta di soddisfare i requisiti acustici passivi degli edifici, è necessario incrementare l’isolamento della copertura.

A riguardo viene prevista una controsoffittatura in doppia lastra di cartongesso da 12,5 mm sostenute con struttura metallica e pendini antivibranti su intercapedine minima di 250 mm, riempita con pannello in lana minerale di densità 40 Kg/mc e Classe 0 di reazione al fuoco. La controsoffittatura

segue, in quota, l'andamento della copertura. L'incremento del potere fonoisolante della copertura è così stimato in circa 11 dB.

## **Pavimento della sala teatro**

Il progetto prevede la realizzazione, sul solaio strutturale, di una pavimentazione in massetto di sabbia e cemento previa interposizione di uno strato di polistirene espanso di spessore 30mm, e una finitura superficiale in laminato antistatico su un materassino isolante.

Al fine di garantire un migliore disaccoppiamento elastico della pavimentazione si prevede inoltre la posa in opera, al di sotto del massetto, di pannelli in granuli di gomma SBR e EPDM di spessore 15 mm. Si dovrà poi porre particolare cura, durante la fase dei lavori, nello svincolare opportunamente il massetto anche dalle pareti perimetrali attraverso l'uso di fasce desolidarizzanti in materiale resiliente.

## **Porte**

Le porte per l'accesso in sala saranno del tipo ad elevato potere fonoisolante (43 dB per le uscite laterali e 45 dB per quelle di accesso al foyer e alla sala prove laterale al palcoscenico), della dimensione minima possibile e delle caratteristiche REI prescritte dalla normativa vigente, con finitura in legno (accesso al foyer e alla sala prove adiacente al palcoscenico) o in lamiera metallica (uscite laterali). Tutte le porte dovranno essere dotate di guarnizioni perimetrali e di idonee cerniere. Infine, saranno dotate di un tendaggio in feltro pesante "a mollettone" sul filo interno della bussola. Per i dettagli si rimanda agli elaborati del progetto architettonico.

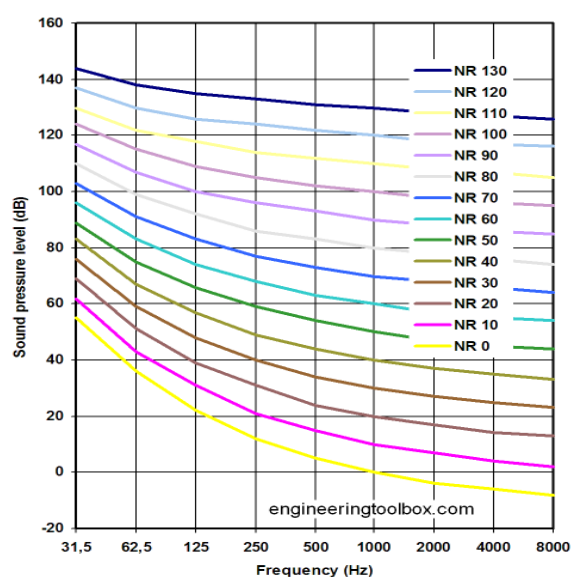
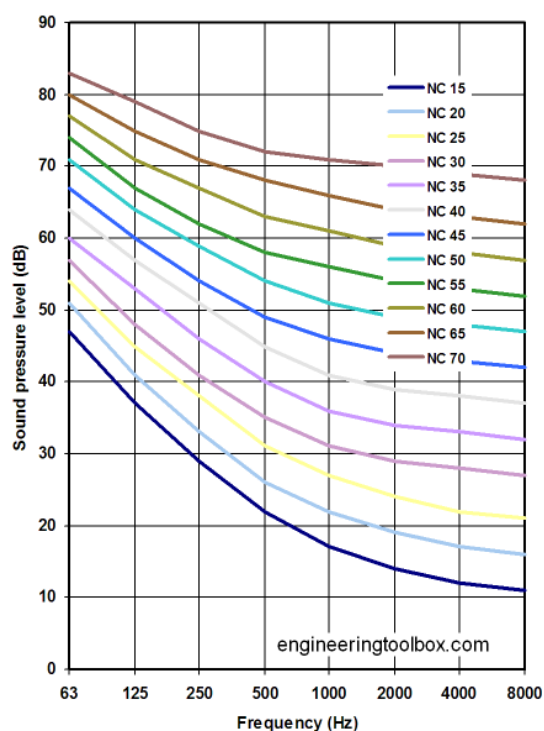
## **Impianti e accessori**

Riguardo le macchine e le attrezzature dell'impianto di trattamento dell'aria interne al volume dell'ambiente, occorre porre la massima attenzione alle specifiche di emissione sonora al fine del rispetto delle curve di rumore di fondo accettabile NC o NR per le varie destinazioni d'uso della sala, e in particolare:

**Valori accettabili di NC = 24**

**Valori ammissibili di NC = 30**

**Valori raccomandati di NR:** *Cinema, studi televisivi, piccole sale conferenza* = 25 - 35  
*Cinema, aule scolastiche, grandi sale conferenza* = 20 - 30  
*Sale da concerto, teatri* = 20 - 25



Considerati i valori raccomandati per il rumore di fondo e le distanze di posizionamento delle macchine dall'uditorio, appare raccomandabile un **livello di rumorosità  $L_W$  per queste ultime non superiore a 50 dB**. Qualora necessario, si dovrà provvedere a realizzare idonee schermature acustiche delle macchine, in modo da non superare il livello di rumorosità sopra indicato.

Le canalizzazioni di mandata e di ripresa saranno del tipo ad elevato isolamento acustico; gli attacchi alle macchine ventilanti saranno realizzati previa interposizione di adeguati dispositivi di silenziamento; le bocche di immissione e di ripresa sono del tipo silenziato.

Le macchine esterne, della potenzialità adeguata e del tipo residenziale a minima emissione sonora, saranno posizionate in spazi tecnici opportunamente schermati, sul perimetro per un'altezza di 250-300 cm, da strutture in pannelli in sandwich di lamiera metallica e lana minerale fonoassorbente lato macchine e fonoisolante lato esterno (i pannelli sono con guscio in lamiera 10/10 e spessore 10 cm su

idonee carpenterie metalliche e fondazioni di sostegno a terra); sulle aperture di immissione/estrazione nell'ambiente esterno occorrerà verificare i livelli di emissione acustica verso gli edifici residenziali vicini e prevedere (se necessario) l'installazione di eventuali setti schermanti o griglie silenziante.

Per quanto riguarda i locali destinati ai servizi igienici adiacenti alla sala, viene riorganizzata la distribuzione interna dei sanitari che nel progetto iniziale erano posizionati in aderenza alle pareti di divisione sala/wc; in questo modo si ridurranno sensibilmente quelle criticità legate alla propagazione del rumore da impianti discontinui.

Al fine di ottenere valori di rumorosità entro i limiti prescritti dalle normative di riferimento, gli impianti idrici di adduzione e scarico dei servizi igienici adiacenti alla sala saranno comunque di tipo stratificato e ad alto isolamento, svincolati dal collegamento rigido con le murature tramite supporti/sospensioni in gomma o rivestimenti con coppelle di lana minerale o in polietilene accoppiato con lamina di piombo o gomma caricata con inerti, a seconda che si tratti di apparecchi sanitari o tubazioni di diverso diametro.

Riguardo agli altri impianti (elettrico, illuminazione etc.), infine, canalizzazioni e scatole di derivazione dovranno interferire il meno possibile con le strutture isolanti, limitando al minimo le forature delle stesse, evitando corrispondenze nei fori delle strutture doppie e sigillando ogni apertura di passaggio con mastice siliconico plastico.

Date le necessità di polifunzionalità della sala in progetto, la zona del palcoscenico potrà ospitare uno schermo con una struttura sollevabile; per il sistema di sonorizzazione frontale si può ipotizzare un doppio *array* di diffusori posizionati sui due lati del “boccascena”, da dimensionare anche sulle esigenze di amplificazione di eventuali rappresentazioni musicali.

## ***SALA PRINCIPALE DEL TEATRO: STUDIO DELLA FORMA***

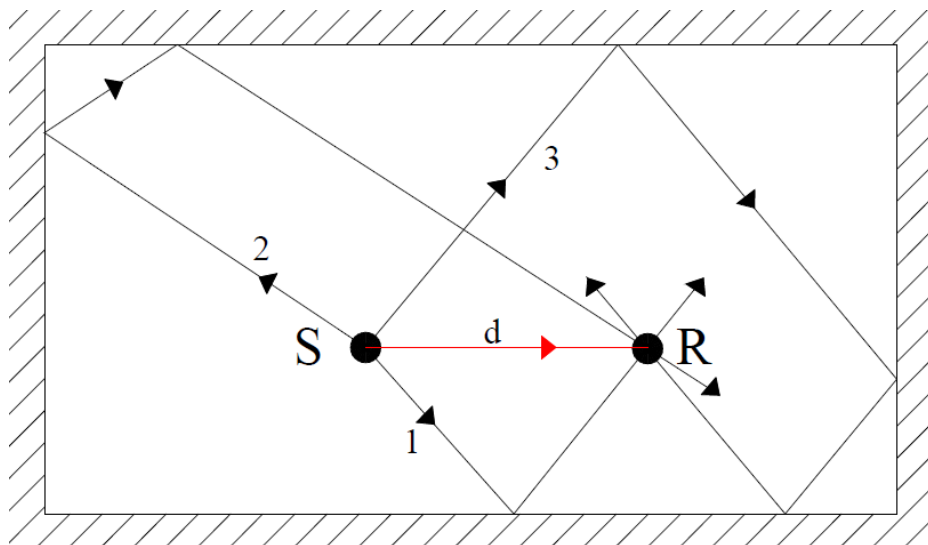
Il progetto di una sala con caratteristiche acustiche elevate richiede l'utilizzo di tecniche di modellazione e particolare attenzione.

Un elenco di buone norme può servire a evidenziare i punti più importanti. Per esempio:

- evitare di superare le distanze che garantiscono un sufficiente livello di pressione sonora all'ascoltatore (almeno 45 dB);

- rispettare i limiti nelle differenze di percorso suono diretto/ suono riflesso, garantendo prime riflessioni sufficientemente intense ma provenienti da direzioni diverse da quella diretta (prevalentemente dalle pareti laterali);
- ricercare l'uniformità del campo sonoro in forme compatte con dimensioni proporzionate tra loro;
- evitare il parallelismo tra pareti contrapposte per evitare *flutter echo* ed onde stazionarie;
- evitare l'impiego di superfici riflettenti concave che possano provocare focalizzazioni e concentrazioni sonore solo in certe zone e disuniformità inaccettabili di campo, preferendo invece profili diffondenti;
- bilanciare le superfici assorbenti, evitando assorbimenti troppo differenti tra loro;
- garantire un basso rumore di fondo.

Nel caso di ambienti di dimensioni importanti e per particolari utilizzi degli stessi, lo studio delle *prime riflessioni* e delle *riflessioni successive* (fig. seguente) assume un peso fondamentale nel progetto del trattamento correttivo interno.



Per considerazioni di ordine psicoacustico sulle differenze nei tempi di arrivo tra suono diretto e prime riflessioni (*effetto Haas*) si verifica che:

- le riflessioni che giungono entro i primi 30-40 ms risultano integrate con il suono diretto contribuendo all'effetto di ambienza e non alterano la percezione direzionale della sorgente;
- le riflessioni con tempi di arrivo compresi tra 50 e 250 ms, se di elevato livello, apportano in generale un degrado che diventa intollerabile superati i 250 ms (superati i 100 ms intervengono i primi effetti di eco, ovvero di replica ben distinguibile del suono diretto).

All'inverso, per le considerazioni sulle differenze di percorso suono diretto/ suono riflesso che consentono di minimizzare gli effetti dannosi dei ritardi, si ha quanto schematizzato nella tabella seguente:

| Differenza di percorso | Condizioni di ascolto                         |
|------------------------|---|
| Inferiore a 8,5 m      | Eccellenti per parlato e musica               |
| Tra 8,5 e 12 m         | Buone per il parlato, non buone per la musica |
| Tra 12 e 15 m          | Al limite dell'accettabilità                  |
| Tra 15 e 21 m          | Negative                                      |
| Maggiore di 21 m       | <i>Near eco</i> non tollerabile               |

Appare opportuno quindi aumentare il coefficiente di riflessione delle superfici che danno luogo a rinforzi del suono diretto entro un ritardo accettabile, ed aumentare il coefficiente di assorbimento di quelle superfici in grado di provocare ritardi elevati e conseguenti deterioramenti del segnale sull'uditorio.

Alla luce di quanto sopra descritto e dei risultati delle simulazioni via software delle caratteristiche acustiche della sala, verrà eliminato il parallelismo tra le pareti laterali della sala (previsto nel progetto definitivo) ricorrendo – come già detto in precedenza – alla realizzazione di una controparete con inclinazione di 2° e avente un andamento a “dente di sega”. Per i dettagli si rimanda agli elaborati del progetto architettonico.

## Rapporti dimensionali

Si riporta di seguito una tabella contenente alcuni valori che rappresentano dei rapporti ottenuti a partire dai valori di lunghezza ( $L = 18,7$  m), larghezza ( $W = 20,6$  m) ed altezza ( $H = 12,7$  m) che caratterizzano la sala in progetto.

| pp  | V     | V/pp | L/W | H/W  | L/H  | W/H | H/L | W/L |
|-----|-------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|
| 434 | 3.250 | 7,5  | 1,1 | 0,65 | 1,65 | 1,5 | 0,6 | 0,9 |

In merito al rapporto ottimale volume/spettatori (V/pp) in funzione dell'utilizzo della sala, in letteratura si considera raccomandabile:

- cinema: 4,0 m<sup>3</sup>/seduta (*per capienza fino a circa 1000 persone*)
- teatro: 5,5 m<sup>3</sup>/seduta (*per capienza fino a circa 2000 persone*)
- auditorium: 6,0 m<sup>3</sup>/seduta (*per capienza fino a circa 1500 persone*)

Dall'analisi dei rapporti dimensionali lunghezza/larghezza e altezza/larghezza riscontrati per la sala e riportati sulle maschere di accettabilità raccomandata dai Dolby Labs. e di H.Bolt o ITU-EBU (rappresentate nelle pagine precedenti), si rileva uno spostamento all'esterno verso il limite dell'area di ammissibilità causato dall'altezza piuttosto elevata rispetto alle due dimensioni in pianta.

Inoltre, valutando sempre gli indici di forma, per alcuni autori il rapporto altezza/lunghezza va mantenuto inferiore (o al massimo uguale) a 0,4, mentre quello larghezza/lunghezza deve essere compreso tra 0,5 e 0,7, confermando per l'ambiente in oggetto nuovamente una condizione al limite di quelle accettabili (soprattutto se si considera per l'altezza della sala in esame un valore medio, più realistico, sui 9 m).

Le dimensioni della sala, sufficientemente grandi, e le difformità geometriche di progetto (inclinazioni e non parallelismo delle pareti affacciate, inclinazione delle gradinate laterale e le diverse quote di posa del controsoffitto) risultano tali da non creare eccessivi problemi di onde stazionarie; la frequenza "di taglio" della zona di uniforme distribuzione della pressione sonora, calcolata secondo la

$$f_{\min} = 125 \cdot \sqrt[3]{\frac{180}{Volume}}$$

della UNI EN ISO 354:2003, porta a circa 47 Hz, sufficientemente in basso per le destinazioni d'uso previste e consente comunque eventuali correzioni per via elettroacustica dell'emissione dell'impianto di diffusione sonora.

In ogni caso, il dimensionamento opportuno di superfici diffondenti e di materiali fonoassorbenti all'interno della sala, unite alla corretta disposizione ed equalizzazione dell'impianto elettroacustico destinato alla diffusione del sonoro permetteranno comunque buoni margini di controllo dell'acustica dell'ambiente in progetto.

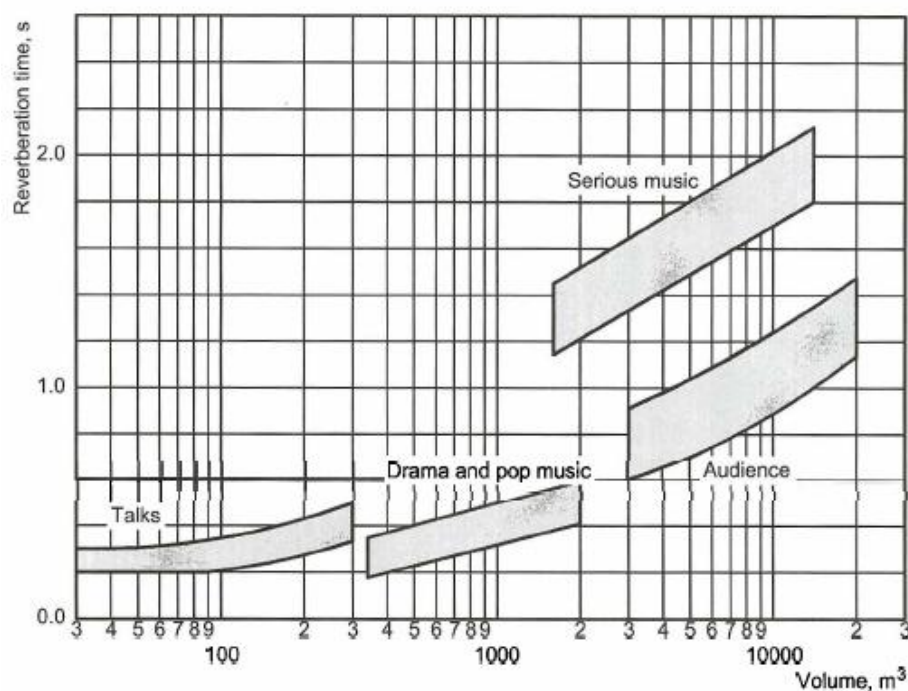


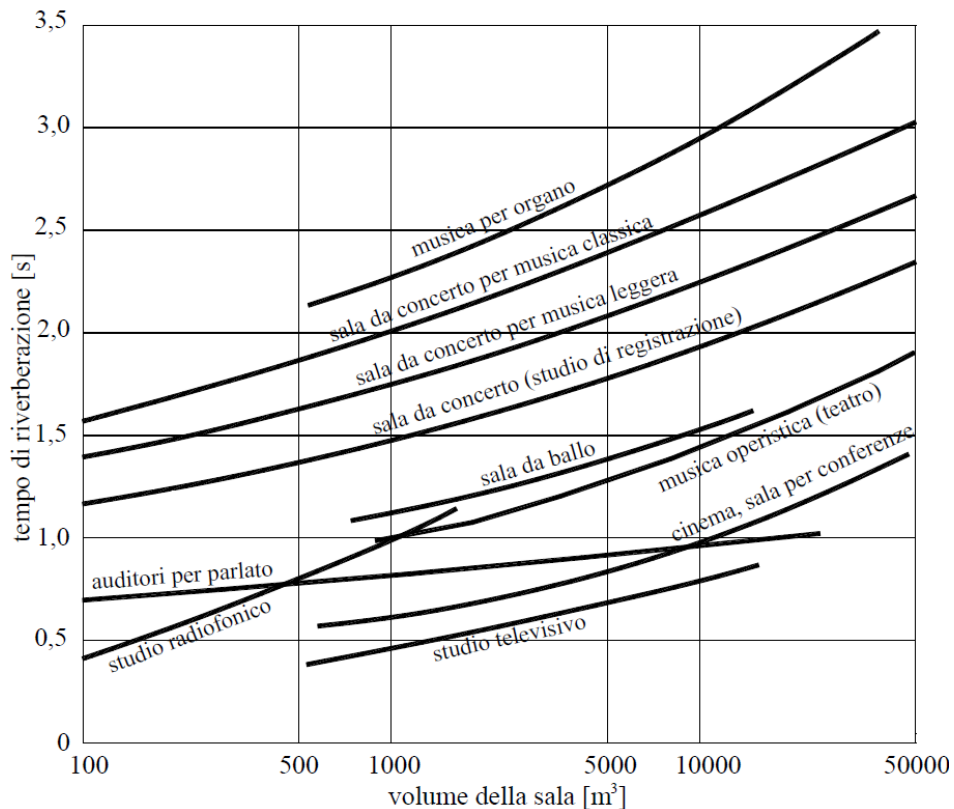
Ciò dovrà essere verificato ed ottimizzato in sede esecutiva, attraverso opportune misurazioni fonometriche nonché con simulazioni effettuabili sulla base della completa definizione dei materiali impiegati, dei trattamenti correttivi e delle attrezzature di riproduzione sonora.

## Studio delle riflessioni e della riverberazione

Dal punto di vista del controllo passivo, si cercherà di compensare la sproporzione verticale delle dimensioni della sala teatrale rendendo abbastanza assorbenti le superfici a soffitto, in modo da contenere le riflessioni acustiche tra soffitto stesso e platea; allo stesso tempo, per evitare la formazione di echi, verranno trattate con materiale fonoassorbente le pareti opposte a quelle del palcoscenico, oltre ad angolare (come già detto in precedenza) le pareti laterali.

Per il tempo di riverberazione esiste un'ampia letteratura contenente tabelle, grafici, etc. in funzione di diverse volumetrie e destinazioni d'uso. Si riporta di seguito ancora qualche esempio:





Sono state definite anche diverse formule empiriche che forniscono il tempo di riverberazione ottimale. Ad esempio, nel caso dell'ascolto di musica, si può applicare, con le dovute cautele (relative al fatto che ci si riferisce ad un ambiente di forma "compatta"), la formula seguente:

$$T_{60,ott} = 0.1 (V^{1/3})$$

Nel caso, invece, di una sala destinata all'ascolto del parlato ci si può riferire alla seguente relazione empirica:

$$T_{60,ott} = 0.5 + 10^{-4} V$$

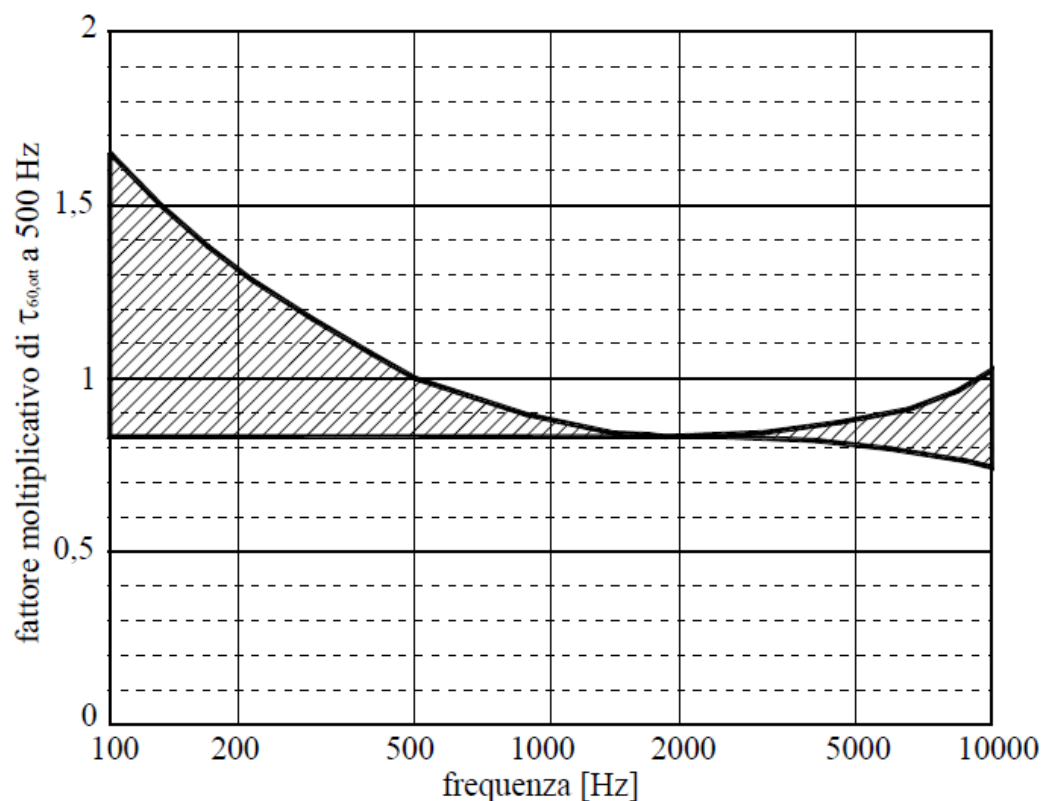
Entrambe le relazioni forniscono il tempo di riverberazione ottimale in secondi se il volume della sala è espresso in m<sup>3</sup>.

Per il caso dell'ambiente in oggetto, con un volume di circa 3.250 m<sup>3</sup> e considerata la richiesta di polifunzionalità della struttura, tramite le formule suddette e tenendo conto delle altre

raccomandazioni appare opportuno puntare ad un trattamento correttivo che permetta di arrivare ad un tempo di riverberazione medio compreso tra  $0,8 < T_{60} < 1,5$  sec:

- nella riproduzione del parlato o delle installazioni cinematografiche di qualità e per la musica amplificata, per l'importanza di garantire innanzitutto un'elevata intelligibilità del segnale diffuso frontalmente e per la possibilità di ottenere un ottimo controllo del campo sonoro diffuso tramite l'impianto elettroacustico, vengono generalmente raccomandati i valori più ridotti del tempo di riverberazione  $T_{60}$ ;
- nella riproduzione della musica non amplificata e per alcuni generi di musica, appare invece raccomandabile un tempo di riverberazione più elevato.

Definito il valore medio del  $T_{60}$  ottimale per destinazione d'uso e volumetria della sala, si può considerare per lo stesso un andamento in frequenza con le variabilità contenute nella maschera seguente:



L'ottenimento delle specifiche sopra indicate appare abbastanza agevole anche in considerazione del fatto che, per le problematiche legate al controllo di alcuni indici di qualità acustica delle sale ed alla

conseguente riduzione di risonanze, "*flutter echo*" e delle riflessioni dalle pareti di fondo e laterali, oltre che dal soffitto, occorre praticamente rendere adeguatamente assorbenti o diffondenti buona parte delle superfici esposte presenti. I materiali scelti e le modalità di posa saranno tali da poter raggiungere gli alti valori di assorbimento richiesti, in particolare a partire dalle frequenze medio basse e verso l'estremo elevato dello spettro udibile; la quota necessaria di unità assorbenti anche nella parte inferiore dello spettro audio è usualmente ottenuta con l'installazione di un controsoffitto assorbente, sospeso, con intercapedine di adeguata altezza.

Considerando per il coefficiente di assorbimento  $\alpha$  di *Sabine* dei materiali idonei un valore intorno a 0,8, è possibile stimare con una semplice formula, in via preliminare, una superficie da trattare pari a circa 600 m<sup>2</sup>.

## ***SALA PRINCIPALE DEL TEATRO: INTERVENTO DI FONOTRATTAMENTO***

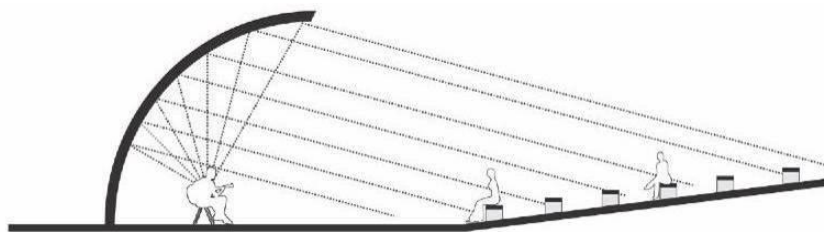
Il necessario trattamento acustico ambientale, accennato al precedente paragrafo, comprende l'intervento per l'inserimento in ambiente di quantitativi di "unità assorbenti" sufficienti a contenere la riverberazione entro i limiti ammissibili per la destinazione d'uso, in modo da portare il tempo medio di riverberazione dell'ambiente sugli 0,7-0,8 secondi nella banda 125-4000 Hz ed eliminare altri inconvenienti dannosi alla buona acustica del locale, come ad esempio le troppo forti prime riflessioni dalle pareti e le riflessioni eccessivamente ritardate dalle pareti di fondo.

Allo scopo suddetto:

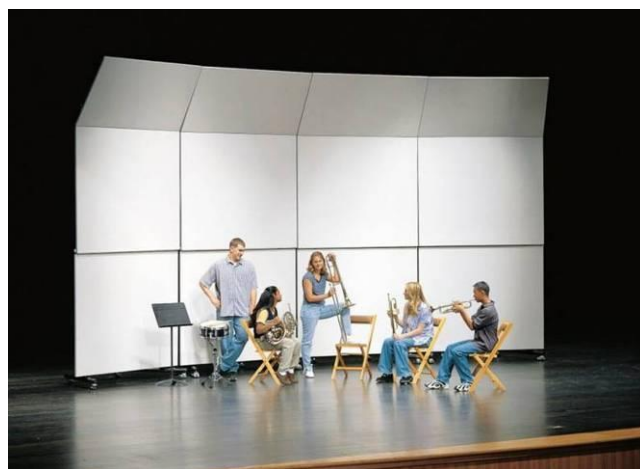
- 1) si realizzerà un controsoffitto piano, distanziato dal trattamento fonoisolante mediante idonea struttura metallica sospesa a varie quote (per i dettagli si rimanda alle tavole del progetto architettonico) ed a realizzare le richieste inclinazioni, utilizzando pannelli in MDF forato come da indicazione del progetto definitivo, con fresatura 4 mm, passo 16 mm, percentuale di foratura del 14,5 % e con sovrapposto pannello in fibra di poliestere o lana minerale di densità 40/50 kg/m<sup>3</sup> e di spessore 40 mm; per il pannello forato è ammissibile l'impiego di un sistema con frequenza di risonanza tra 250 e 500 Hz, con percentuale di foratura tra il 14 e il 20 %; la foratura non elevata del pannello e la copertura ribassata prevista in progetto della superficie disponibile a soffitto contribuisce ad una schermatura parziale di parte del volume in sala con presumibile effetto sulla riduzione del tempo di riverbero;
- 2) le pareti della torre del palcoscenico, del fondo della sala e quelle (interne ed esterne) del corpo che ospita la regia (aperta verso la platea da una finestra priva di vetri delle dimensioni non inferiori a 2.80 m di larghezza e 1.00 m di altezza) saranno interamente assorbenti, trattate con l'applicazione di pannelli in lana minerale e rivestimento in velo vetro dello spessore di 50 mm;
- 3) sulle pareti laterali della sala verranno applicati pannelli fonoassorbenti in lana minerale e rivestimento in velo vetro, dello spessore di 50mm. Per evitare il rischio di rapido deterioramento e danneggiamento del rivestimento all'altezza degli occupanti le gradinate, nonché per avere un comportamento non troppo assorbente, si opta per una quota di posa dei pannelli, sulle pareti laterali, più elevata di circa 2m rispetto all'ultimo livello delle gradinate stesse. E' opportuno sottolineare che i pannelli laterali ubicati al di sotto della quota del controsoffitto in MDF dovranno essere installati solamente dopo aver montato il controsoffitto stesso e aver verificato il tempo di riverberazione della sala mediante misure fonometriche in opera;
- 4) sulle aperture di accesso alla sala saranno installate, a copertura delle luci effettive ed a 30-40 cm dalla superficie protetta, dei tendaggi in tessuto con buon drappoggio (almeno il 200% della

- superficie coperta) e mollettone in feltro o in fibra sintetica di poliestere spessore 10 mm;
- 5) verranno preferibilmente utilizzate sedute con rivestimento in tessuto e imbottiture di buono spessore in modo da garantire anche da libere un assorbimento acustico equivalente a quello della seduta occupata da una persona;
  - 6) infine, la torre del palcoscenico sarà anch'essa ben trattata con un rivestimento fonoassorbente in pannelli di lana minerale di spessore 50 mm e densità 40-50 incollati e fissati a parete; a partire da terra e fino ad una quota di 2 m, il trattamento potrà essere protetto con una lamiera stirata fissata a profili metallici di spessore adeguato ancorati a parete.

Si fa presente che, per le caratteristiche geometriche della torre scenica e per la natura polifunzionale del teatro in progetto, eventuali programmi di musica classica/sinfonica e acustica in genere, caratterizzati dall'utilizzo di strumenti musicali privi di amplificazione elettroacustica, dovranno essere eseguiti preferibilmente con l'ausilio di pannellature mobili riflettenti (v. alcuni esempi nelle immagini seguenti). In questo modo si modifica la risposta acustica della struttura, che potrà essere utilizzata anche per concerti, garantendo la giusta brillantezza e direzionalità del suono emesso dagli strumenti verso gli spettatori.



*Schema di funzionamento di una conchiglia acustica*



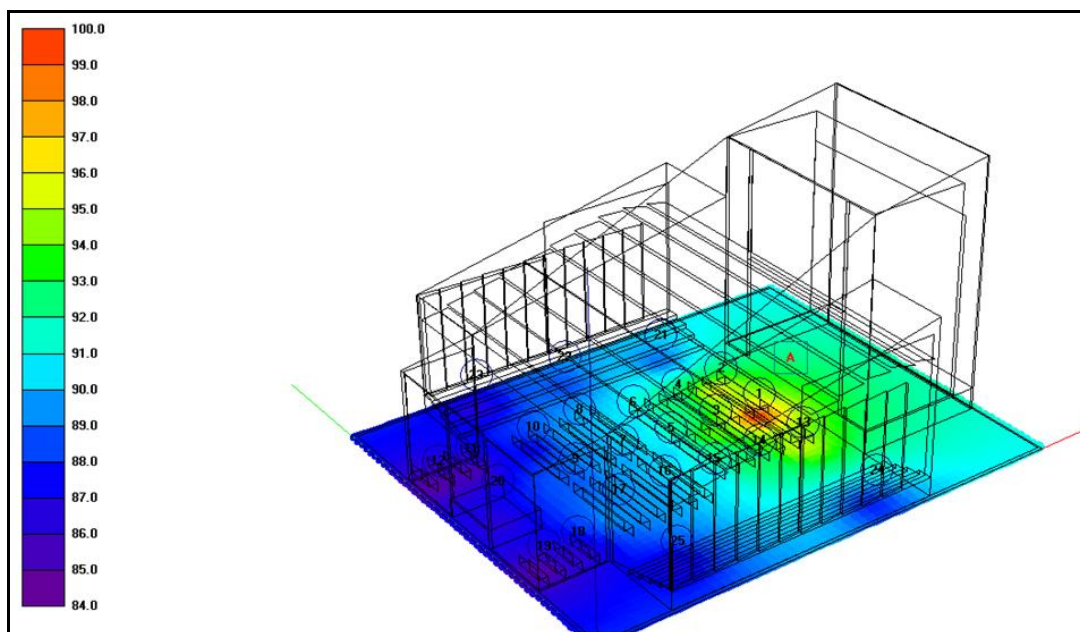
*Esempio di una conchiglia acustica realizzata con pannelli mobili*

## ***SALA PRINCIPALE DEL TEATRO: SIMULAZIONE DELLE CARATTERISTICHE ACUSTICHE***

### **Il software di simulazione**

Nella presente progettazione è stato utilizzato il pacchetto software di previsione acustica “*Ramsete*”, che permette di disegnare volumi e forme con un adeguato dettaglio, definirne le caratteristiche fisico-acustiche e prevedere il campo sonoro dello spazio confinato quando questi venga sollecitato da una particolare sorgente sonora.

Il software in questione è basato su un potente e rapido algoritmo di beam-tracing a tracciamento di piramidi ed integra al suo interno un efficace CAD tridimensionale e varie utilities di post-processing per la rappresentazione grafica o tabellare dei dati; “*Ramsete*”, oltre a calcolare il tempo di riverberazione T60, permette di determinare un grande numero di indici di qualità acustica della sala, così come definiti dai diversi gruppi di studio attivi nel campo.



### **Gli indici di qualità per il parlato**

Nel caso della sala in progetto, la qualità dell'ascolto è orientata al raggiungimento di un'ottima intelligibilità del parlato: il programma di simulazione utilizzato consente di calcolare lo “Speech Transmission Index” (STI) a diverse frequenze in posizioni prefissate dell'ambiente ed anche una sua

approssimazione rapida (RASTI), comunque normalizzata in sede ISO, che danno un ordine di grandezza efficace del rapporto suono utile / suono disturbante riverberato.

Dal punto di vista numerico, per una posizione nell'uditorio caratterizzata da un indice RASTI compreso tra 0,45 e 0,60 si aspetta una qualità *discreta*, per un indice compreso tra 0,60 e 0,75 una qualità *buona* e per un indice maggiore di 0,75 una qualità *ottima*.

In allegato si riporta il dettaglio, in forma tabellare, dei risultati delle simulazioni eseguite.

## La simulazione preliminare

Per la simulazione sul modello tridimensionale semplificato della sala<sup>1</sup> si è fatto riferimento alle ipotesi di trattamento correttivo interno descritte in precedenza considerando, oltre ai materiali di trattamento del tipo di quelli ipotizzati, tutte le sedute previste occupate da una persona.

La simulazione è utilizzata, partendo dalla condizione iniziale di sala non trattata, per verificare l'andamento dei parametri acustici man mano che si procede con il trattamento delle diverse superfici della sala stessa.

Alla presente relazione sono allegate tabelle ricavate direttamente dal software “*Ramsete*”, relative ai tempi di riverberazione e agli indici di intellegibilità del parlato nei diversi punti corrispondenti alla posizione degli ascoltatori nelle diverse zone significative dell'ambiente trattato.

Le simulazioni riportate sono riferite a situazioni “di misura” indicative di eventuali criticità dovute alla forma o al particolare trattamento delle superfici esposte alle sollecitazioni, ma non completamente rappresentative delle situazioni reali d'uso, in quanto utilizzando una sola sorgente sonora teorica posta sul fronte ed al centro del palco destinato agli spettacoli.

Inoltre si fa presente che i dati delle prestazioni acustiche forniti per i pannelli forati in commercio e adottati per le simulazioni si riferiscono normalmente a prove di laboratorio con installazioni in intercapedini di limitate dimensioni, non superiori a 30-50 cm: il comportamento effettivo della porzione di volume al di sopra del controsoffitto in MDF (caratterizzato da un'intercapedine superiore, talvolta, anche a 2 m), non noto in letteratura e non semplicemente prevedibile, potrà essere verificato attraverso le misure in sito, in corso d'opera. Qualora dovessero manifestarsi eventuali fenomeni di eccessiva riverberazione e risonanze al di sopra del controsoffitto suddetto, si potrebbe intervenire facilmente, ad esempio installando dei baffles in materiale fonoassorbente appesi direttamente al primo controsoffitto (fonoisolante).

---

<sup>1</sup> La relativa semplicità geometrica della struttura ha comunque permesso di utilizzare un modello molto vicino alla struttura reale, avendo semplificato, nei limiti delle approssimazioni accettabili per le dimensioni in gioco, la sola struttura curvilinea della copertura (peraltro frammentata a seguito della realizzazione dell'intervento di isolamento proposto)



Infine, per l'impossibilità di poter realizzare delle analisi fonometriche preventive utili anche ad una migliore "taratura" del modello simulato con il software e in considerazione dei dati sui materiali utilizzati in ingresso e reperiti da schede tecniche, ci si può aspettare una certa sovrastima sui risultati forniti dal software stesso.

Dai risultati delle simulazioni preliminari effettuate è comunque possibile prevedere:

- un buon controllo del tempo di riverberazione T60 su tutta l'area occupata dagli spettatori e sufficientemente lineare in frequenza, con valori medi intorno a 0,8 secondi nella gamma di interesse ad intervento correttivo ultimato (trattamento fonoassorbente su soffitto, regia, torre del palcoscenico e parete di fondo), a fronte di valori più che doppi per la sala non trattata;
- un valore dell'indice RASTI di intellegibilità del parlato che per la quasi totalità delle sedute appare mediamente superiore al valore dell'85%, valore indicativo di un'ottima riconoscibilità della voce;
- una sonorizzazione non particolarmente critica dell'uditorio, ove si sia posta la dovuta cura nella scelta del tipo e nel posizionamento, orientamento e controllo del livello di emissione dei diffusori di rinforzo.

L'interpretazione dei dati della simulazione preliminare consente, pertanto, di prevedere un utilizzo della sala conforme alle destinazioni d'uso richieste, con possibilità di ottimizzazione delle caratteristiche acustiche (effettuabile nella fase esecutiva) sulla base dei riscontri strumentali effettivi a trattamenti correttivi ed installazioni impiantistiche in opera.

Appare qui importante sottolineare che le considerazioni precedenti, come già puntualizzato in un precedente paragrafo, sono riferite ad una situazione in cui per il buon livello di isolamento raggiunto il rumore di fondo risulta ben controllato, in sicurezza almeno 20 dB inferiore al livello del parlato riprodotto e in tutta la gamma delle frequenze che vanno dai 500 ai 4.000 Hz.

## ***AMBIENTI ACCESSORI, A SERVIZIO DEL TEATRO, ADIBITI AL PARLATO: ISOLAMENTO E TRATTAMENTO ACUSTICO***

Gli ambienti accessori al primo e secondo livello nella zona del foyer nonché quelli a servizio del palcoscenico saranno realizzati con pavimentazioni isolate al calpestio e saranno dotati di controsoffittature fonoassorbenti.

In particolare:

*Pavimenti:* A seconda dell'ubicazione dei locali e della loro destinazione d'uso, al fine di ridurre il livello di rumore da calpestio (per ambienti sovrapposti) e le trasmissioni acustiche laterali per via solida (per ambienti adiacenti, sullo stesso piano) si prevede la realizzazione di pavimentazioni tramite l'impiego di materassini resilienti posati direttamente sotto la pavimentazione e/o pannelli in granuli di gomma SBR e EPDM di spessore 10 mm e 15 mm, posati sotto un massetto in cls di spessore non inferiore a 50 mm, opportunamente svincolato anche dal contatto con le pareti perimetrali mediante idonee fasce resilienti.

*Soffitti:* Per il controllo della riverberazione si prevede la realizzazione di controsoffitti in pannelli di lana minerale ad alte prestazioni fonoassorbenti, sospesi su strutture modulari in metallo.

Tali accorgimenti consentiranno di ottenere valori di C<sub>50</sub>, T<sub>60</sub> e STI accettabili negli ambienti destinati al parlato, come indicato dalla norma UNI 11367:

*Chiarezza*  $C_{50} \geq 0$

*Speech Transmission Index*  $STI \geq 0,6$

*Tempo di riverberazione*  $T_{60} \approx T_{ott} = 0,32 \log (V) + 0,03 \text{ [s]}$

## **MISURE IN OPERA E COLLAUDO**

Come più volte specificato, in sede di realizzazione delle opere relative all'isolamento e al trattamento acustico correttivo interno e alla sua ottimizzazione, nonché durante l'installazione degli impianti del

trattamento aria e dell'impianto elettroacustico per la diffusione sonora, dovranno essere effettuate le necessarie verifiche strumentali della conformità delle opere stesse alle specifiche raccomandate per la destinazione d'uso dell'ambiente in progetto.

## **MATERIALI: certificazioni, garanzie e posa in opera**

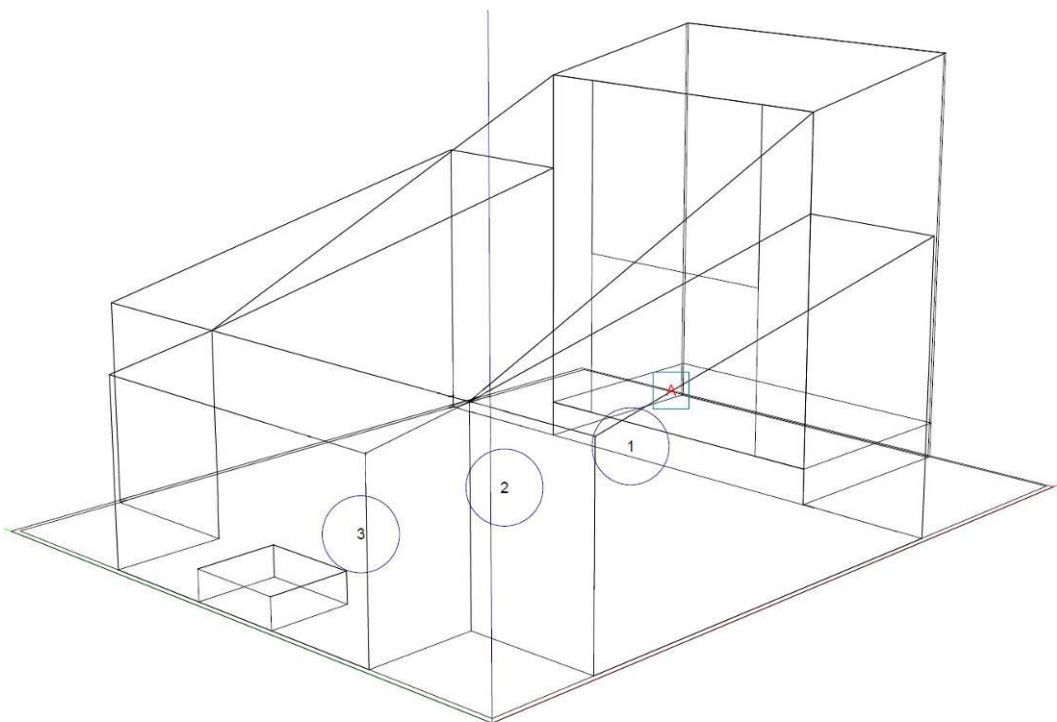
Si fa presente che l'ottenimento delle specifiche di progetto è subordinato all'impiego di materiali garantiti da certificazioni di qualità ed idoneità in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche e alle prestazioni acustiche dichiarate. Gli stessi, inoltre, dovranno essere posati in opera secondo le prescrizioni esecutive da personale specializzato, rispettando la regola dell'arte.

# RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DELLE CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLA SALA

## COMPORTAMENTO DELLA SALA "PRIMA" DEL TRATTAMENTO ACUSTICO

### SIMULAZIONE n.1

Teatro non occupato, con pareti e soffitti privi di trattamento acustico, sorgente omnidirezionale posizionata al centro del boccascena, ad un'altezza  $h=1.50$  m



**Tabella T30**

|      | 31.5 | 63   | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 16000 | Lin  | A    |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| Room | 8.19 | 6.23 | 6.23 | 5.85 | 5.80 | 5.74 | 5.19 | 4.39 | 2.38 | 1.22  | 7.21 | 5.46 |
| 1    | 8.21 | 6.28 | 6.28 | 5.90 | 5.86 | 5.80 | 5.25 | 4.45 | 2.42 | 1.22  | 7.25 | 5.52 |
| 2    | 8.12 | 6.18 | 6.18 | 5.81 | 5.76 | 5.70 | 5.16 | 4.38 | 2.42 | 1.24  | 7.15 | 5.43 |
| 3    | 8.24 | 6.22 | 6.22 | 5.83 | 5.79 | 5.73 | 5.16 | 4.32 | 2.32 | 1.21  | 7.21 | 5.42 |

**Tabella C50**

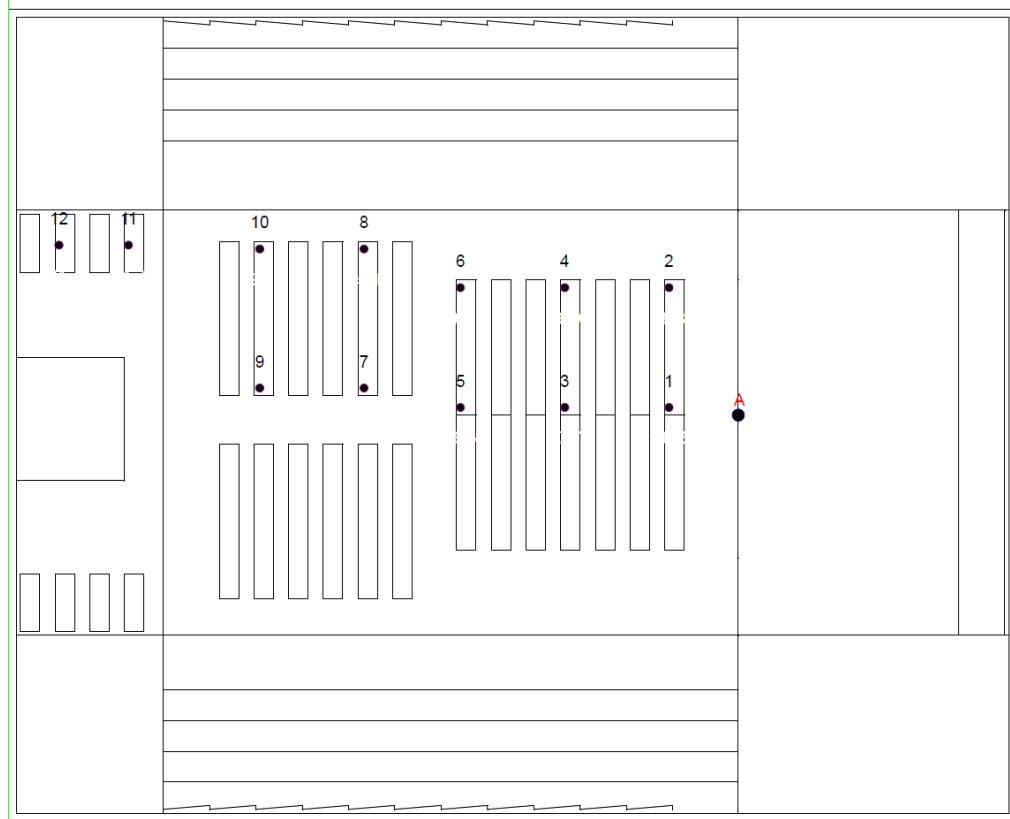
|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | -9.52       | -7.65     | -7.65      | -7.30      | -7.28      | -7.22       | -6.64       | -5.67       | -1.86       | 2.41         | -6.88      | -6.10    |
| 1    | -4.76       | -2.88     | -2.88      | -2.54      | -2.53      | -2.46       | -1.88       | -0.92       | 2.91        | 7.14         | -1.99      | -1.27    |
| 2    | -10.94      | -9.02     | -9.02      | -8.65      | -8.62      | -8.58       | -7.98       | -6.99       | -3.16       | 1.10         | -8.28      | -7.46    |
| 3    | -12.85      | -11.05    | -11.05     | -10.71     | -10.68     | -10.62      | -10.05      | -9.09       | -5.34       | -1.02        | -10.38     | -9.58    |

**Tabella STI e RaSTI**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>Rasti</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| Room |             |           | 0.34       | 0.35       | 0.35       | 0.36        | 0.38        | 0.42        | 0.57        |              | 0.38       | 0.40         |
| 1    |             |           | 0.44       | 0.45       | 0.45       | 0.46        | 0.48        | 0.52        | 0.68        |              | 0.48       | 0.50         |
| 2    |             |           | 0.30       | 0.31       | 0.31       | 0.31        | 0.34        | 0.38        | 0.53        |              | 0.34       | 0.36         |
| 3    |             |           | 0.28       | 0.29       | 0.29       | 0.30        | 0.32        | 0.35        | 0.50        |              | 0.32       | 0.34         |

**SIMULAZIONE n.2**

**Teatro non trattato, con poltrone della platea occupate, sorgente omnidirezionale posizionata al centro del boccascena, ad un'altezza  $h=1.50$  m**

**Tabella T30**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | 4.51        | 3.28      | 2.94       | 2.68       | 2.55       | 2.31        | 2.23        | 2.16        | 1.61        | 0.98         | 4.01       | 2.31     |
| 1    | 4.52        | 3.31      | 2.97       | 2.72       | 2.61       | 2.39        | 2.30        | 2.22        | 1.62        | 0.96         | 3.93       | 2.38     |
| 2    | 4.55        | 3.31      | 2.96       | 2.72       | 2.60       | 2.38        | 2.29        | 2.22        | 1.61        | 0.98         | 3.93       | 2.36     |
| 3    | 4.53        | 3.34      | 3.01       | 2.76       | 2.65       | 2.42        | 2.32        | 2.24        | 1.63        | 0.98         | 4.03       | 2.40     |
| 4    | 4.51        | 3.31      | 2.97       | 2.72       | 2.61       | 2.38        | 2.28        | 2.22        | 1.63        | 0.98         | 4.02       | 2.37     |
| 5    | 4.50        | 3.32      | 2.99       | 2.75       | 2.62       | 2.38        | 2.29        | 2.22        | 1.63        | 0.99         | 4.06       | 2.37     |
| 6    | 4.48        | 3.29      | 2.96       | 2.70       | 2.57       | 2.33        | 2.25        | 2.19        | 1.63        | 0.99         | 4.03       | 2.33     |
| 7    | 4.46        | 3.26      | 2.93       | 2.68       | 2.54       | 2.31        | 2.23        | 2.17        | 1.64        | 1.01         | 4.03       | 2.31     |
| 8    | 4.46        | 3.25      | 2.92       | 2.67       | 2.55       | 2.31        | 2.24        | 2.18        | 1.65        | 1.00         | 4.01       | 2.31     |
| 9    | 4.45        | 3.24      | 2.90       | 2.63       | 2.49       | 2.25        | 2.17        | 2.12        | 1.61        | 1.00         | 4.00       | 2.26     |
| 10   | 4.46        | 3.23      | 2.88       | 2.62       | 2.48       | 2.25        | 2.17        | 2.11        | 1.60        | 1.00         | 3.98       | 2.25     |
| 11   | 4.58        | 3.26      | 2.89       | 2.60       | 2.44       | 2.20        | 2.12        | 2.07        | 1.57        | 0.96         | 4.05       | 2.20     |
| 12   | 4.62        | 3.25      | 2.86       | 2.56       | 2.38       | 2.14        | 2.07        | 2.03        | 1.53        | 0.91         | 4.01       | 2.15     |

**Tabella C50**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | -6.40       | -4.69     | -3.95      | -3.20      | -2.56      | -2.01       | -2.00       | -2.04       | -0.37       | 2.62         | -3.40      | -1.83    |
| 1    | -1.53       | -0.09     | 0.32       | 0.72       | 1.07       | 1.53        | 1.62        | 1.73        | 3.60        | 6.66         | 0.97       | 1.93     |
| 2    | -3.08       | -1.55     | -1.18      | -0.89      | -0.77      | -0.55       | -0.31       | 0.03        | 2.19        | 5.63         | -0.74      | 0.13     |
| 3    | -6.43       | -4.61     | -3.76      | -2.87      | -2.07      | -1.38       | -1.41       | -1.56       | 0.18        | 3.26         | -2.97      | -1.28    |
| 4    | -7.13       | -5.33     | -4.49      | -3.59      | -2.76      | -2.06       | -2.12       | -2.29       | -0.65       | 2.30         | -3.71      | -2.01    |
| 5    | -7.05       | -5.26     | -4.43      | -3.54      | -2.76      | -2.12       | -2.14       | -2.29       | -0.77       | 2.14         | -3.83      | -2.05    |
| 6    | -7.92       | -6.19     | -5.49      | -4.76      | -4.10      | -3.52       | -3.53       | -3.60       | -1.94       | 1.02         | -4.91      | -3.37    |
| 7    | -8.54       | -6.57     | -5.52      | -4.46      | -3.58      | -2.92       | -2.98       | -3.18       | -1.79       | 0.88         | -4.93      | -2.94    |
| 8    | -6.38       | -4.53     | -3.77      | -3.04      | -2.45      | -1.94       | -1.88       | -1.85       | -0.03       | 3.23         | -3.40      | -1.68    |
| 9    | -7.79       | -5.98     | -5.10      | -4.18      | -3.36      | -2.69       | -2.72       | -2.88       | -1.33       | 1.65         | -4.60      | -2.65    |
| 10   | -7.21       | -5.64     | -5.10      | -4.58      | -4.18      | -3.82       | -3.71       | -3.58       | -1.83       | 1.16         | -4.80      | -3.46    |
| 11   | -8.00       | -6.29     | -5.38      | -4.44      | -3.62      | -3.04       | -3.11       | -3.26       | -1.82       | 0.79         | -4.81      | -3.03    |
| 12   | -5.78       | -4.23     | -3.47      | -2.74      | -2.14      | -1.65       | -1.67       | -1.71       | -0.27       | 2.68         | -3.09      | -1.54    |

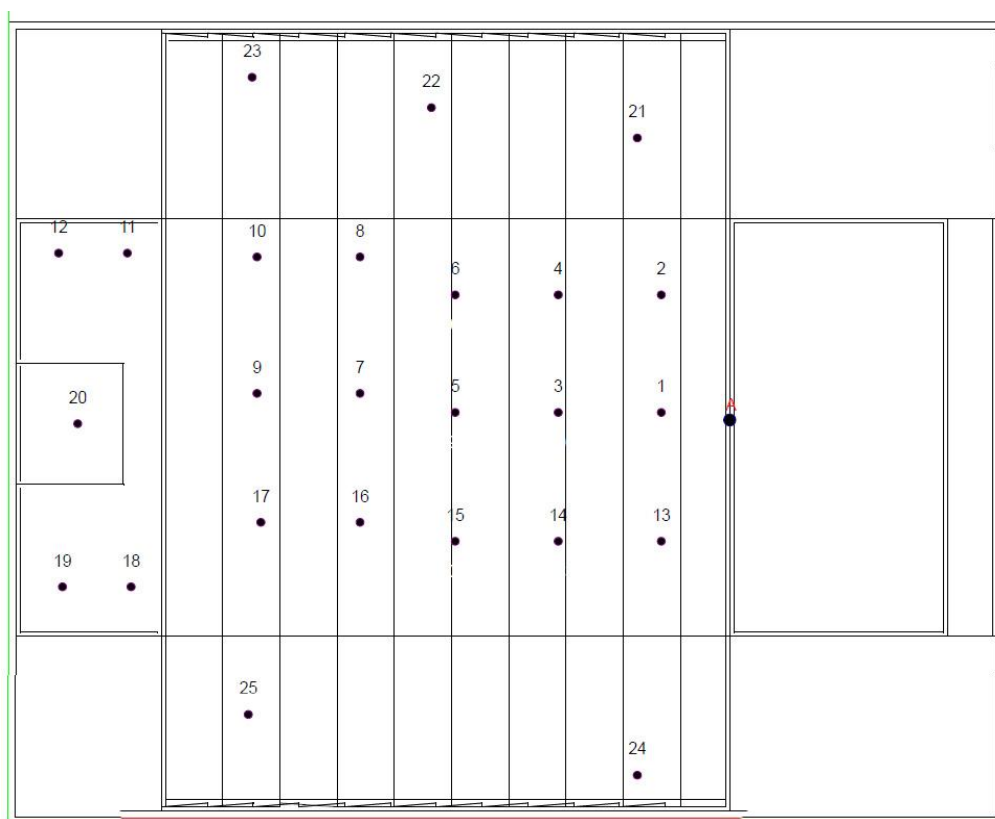
**Tabella STI e RaSTI**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>Rasti</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| Room |             |           | 0.51       | 0.54       | 0.56       | 0.58        | 0.59        | 0.59        | 0.66        |              | 0.58       | 0.58         |
| 1    |             |           | 0.60       | 0.62       | 0.64       | 0.66        | 0.67        | 0.67        | 0.75        |              | 0.66       | 0.66         |
| 2    |             |           | 0.56       | 0.58       | 0.59       | 0.61        | 0.61        | 0.62        | 0.70        |              | 0.61       | 0.61         |
| 3    |             |           | 0.50       | 0.53       | 0.56       | 0.59        | 0.59        | 0.59        | 0.66        |              | 0.58       | 0.58         |
| 4    |             |           | 0.49       | 0.52       | 0.54       | 0.57        | 0.57        | 0.57        | 0.64        |              | 0.56       | 0.56         |
| 5    |             |           | 0.50       | 0.53       | 0.55       | 0.58        | 0.58        | 0.58        | 0.64        |              | 0.57       | 0.57         |
| 6    |             |           | 0.48       | 0.51       | 0.54       | 0.56        | 0.56        | 0.56        | 0.63        |              | 0.56       | 0.55         |
| 7    |             |           | 0.48       | 0.52       | 0.55       | 0.57        | 0.57        | 0.57        | 0.63        |              | 0.56       | 0.56         |
| 8    |             |           | 0.49       | 0.52       | 0.55       | 0.57        | 0.57        | 0.57        | 0.65        |              | 0.56       | 0.56         |
| 9    |             |           | 0.48       | 0.51       | 0.54       | 0.56        | 0.56        | 0.56        | 0.63        |              | 0.55       | 0.55         |
| 10   |             |           | 0.50       | 0.53       | 0.55       | 0.57        | 0.57        | 0.57        | 0.64        |              | 0.56       | 0.56         |
| 11   |             |           | 0.51       | 0.54       | 0.57       | 0.59        | 0.59        | 0.59        | 0.65        |              | 0.58       | 0.58         |
| 12   |             |           | 0.53       | 0.56       | 0.58       | 0.60        | 0.60        | 0.60        | 0.66        |              | 0.59       | 0.59         |

## **COMPORTAMENTO DELLA SALA "DOPO" IL TRATTAMENTO ACUSTICO**

### **SIMULAZIONE n.3**

**Teatro senza sedute, torre del palcoscenico trattata, pareti laterali trattate a partire dalla quota di 2m al di sopra dell'ultimo livello della gradinata, pareti posteriori e regia trattate, controsoffitto in MDF forato e pannello in fibra di poliestere sp. 40mm, sorgente omnidirezionale posizionata al centro del boccascena, ad un'altezza h=1.50 m**



**Tabella T30**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | 3.52        | 2.15      | 1.61       | 0.66       | 0.43       | 0.40        | 0.46        | 0.47        | 0.43        | 0.31         | 3.39       | 1.08     |
| 1    | 3.61        | 2.30      | 1.96       | 1.23       | 0.91       | 0.59        | 0.58        | 0.54        | 0.47        | 0.30         | 3.52       | 1.66     |
| 2    | 3.62        | 2.27      | 1.86       | 0.83       | 0.69       | 0.67        | 0.64        | 0.62        | 0.49        | 0.32         | 3.48       | 0.90     |
| 3    | 3.65        | 2.30      | 1.85       | 0.63       | 0.42       | 0.39        | 0.41        | 0.43        | 0.41        | 0.34         | 3.55       | 0.80     |
| 4    | 3.61        | 2.27      | 1.83       | 0.76       | 0.73       | 0.68        | 0.60        | 0.58        | 0.46        | 0.26         | 3.51       | 1.02     |
| 5    | 3.60        | 2.24      | 1.73       | 0.58       | 0.46       | 0.41        | 0.45        | 0.47        | 0.45        | 0.34         | 3.51       | 0.97     |
| 6    | 3.57        | 2.22      | 1.69       | 0.89       | 0.56       | 0.48        | 0.49        | 0.50        | 0.48        | 0.38         | 3.47       | 1.08     |
| 7    | 3.54        | 2.19      | 1.63       | 0.57       | 0.42       | 0.38        | 0.43        | 0.45        | 0.42        | 0.32         | 3.44       | 1.00     |



|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 8  | 3.51 | 2.16 | 1.60 | 0.74 | 0.27 | 0.27 | 0.44 | 0.47 | 0.41 | 0.23 | 3.39 | 1.14 |
| 9  | 3.48 | 2.14 | 1.55 | 0.64 | 0.36 | 0.34 | 0.43 | 0.44 | 0.38 | 0.26 | 3.36 | 1.15 |
| 10 | 3.46 | 2.11 | 1.54 | 0.88 | 0.37 | 0.33 | 0.41 | 0.43 | 0.39 | 0.32 | 3.33 | 1.16 |
| 11 | 3.47 | 2.06 | 1.45 | 0.58 | 0.32 | 0.34 | 0.42 | 0.44 | 0.41 | 0.30 | 3.31 | 1.18 |
| 12 | 3.45 | 2.01 | 1.38 | 0.44 | 0.32 | 0.30 | 0.35 | 0.36 | 0.35 | 0.29 | 3.24 | 1.00 |
| 13 | 3.63 | 2.27 | 1.87 | 0.82 | 0.52 | 0.50 | 0.52 | 0.53 | 0.49 | 0.37 | 3.48 | 0.84 |
| 14 | 3.61 | 2.26 | 1.79 | 0.63 | 0.46 | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.42 | 0.34 | 3.51 | 0.89 |
| 15 | 3.57 | 2.23 | 1.68 | 0.49 | 0.26 | 0.27 | 0.39 | 0.43 | 0.39 | 0.24 | 3.48 | 1.00 |
| 16 | 3.52 | 2.18 | 1.59 | 0.62 | 0.42 | 0.40 | 0.43 | 0.46 | 0.44 | 0.32 | 3.42 | 1.08 |
| 17 | 3.47 | 2.13 | 1.53 | 0.65 | 0.30 | 0.30 | 0.42 | 0.42 | 0.39 | 0.25 | 3.35 | 1.13 |
| 18 | 3.45 | 2.04 | 1.42 | 0.63 | 0.32 | 0.33 | 0.44 | 0.46 | 0.43 | 0.26 | 3.28 | 1.19 |
| 19 | 3.44 | 2.01 | 1.39 | 0.53 | 0.30 | 0.36 | 0.41 | 0.44 | 0.42 | 0.26 | 3.24 | 1.15 |
| 20 | 3.39 | 2.01 | 1.40 | 0.58 | 0.64 | 0.52 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.37 | 3.22 | 1.15 |
| 21 | 3.52 | 2.11 | 1.52 | 0.49 | 0.26 | 0.29 | 0.49 | 0.52 | 0.48 | 0.32 | 3.37 | 1.13 |
| 22 | 3.48 | 2.12 | 1.58 | 0.62 | 0.51 | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.43 | 0.27 | 3.33 | 1.12 |
| 23 | 3.46 | 2.05 | 1.45 | 0.59 | 0.31 | 0.31 | 0.43 | 0.46 | 0.41 | 0.25 | 3.28 | 1.13 |
| 24 | 3.52 | 2.08 | 1.43 | 0.47 | 0.31 | 0.35 | 0.51 | 0.55 | 0.50 | 0.48 | 3.35 | 1.11 |
| 25 | 3.45 | 2.06 | 1.45 | 0.59 | 0.33 | 0.30 | 0.44 | 0.48 | 0.45 | 0.28 | 3.28 | 1.09 |

**Tabella C50**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | -5.41       | -2.49     | 0.13       | 9.20       | 13.18      | 12.40       | 10.35       | 10.03       | 10.74       | 14.53        | -0.71      | 10.12    |
| 1    | -0.17       | 2.96      | 5.30       | 13.93      | 16.39      | 16.33       | 15.56       | 15.51       | 16.59       | 19.75        | 6.64       | 15.68    |
| 2    | -4.02       | -0.82     | 1.94       | 10.95      | 13.11      | 13.07       | 12.37       | 12.37       | 13.41       | 17.09        | 2.61       | 12.46    |
| 3    | -4.52       | -1.33     | 1.30       | 7.45       | 8.47       | 8.61        | 8.51        | 8.64        | 9.78        | 12.51        | 1.44       | 8.65     |
| 4    | -5.00       | -1.84     | 0.80       | 9.74       | 13.71      | 13.69       | 11.96       | 11.65       | 12.22       | 15.64        | 0.95       | 11.89    |
| 5    | -5.94       | -2.78     | -0.01      | 8.16       | 11.21      | 10.95       | 9.61        | 9.40        | 10.42       | 14.54        | -0.71      | 9.69     |
| 6    | -5.50       | -2.51     | -0.23      | 9.29       | 14.04      | 13.82       | 11.90       | 11.80       | 12.41       | 17.63        | -0.49      | 11.73    |
| 7    | -6.49       | -3.38     | -0.83      | 6.20       | 7.50       | 7.39        | 6.21        | 5.91        | 6.69        | 8.87         | -1.66      | 6.33     |
| 8    | -5.25       | -2.12     | 0.76       | 11.02      | 13.77      | 14.29       | 12.75       | 12.15       | 12.38       | 14.82        | -0.56      | 12.06    |
| 9    | -6.66       | -3.75     | -0.83      | 10.48      | 19.43      | 15.28       | 9.85        | 8.96        | 9.08        | 12.40        | -1.93      | 9.80     |
| 10   | -6.27       | -3.41     | -0.61      | 8.13       | 10.51      | 10.31       | 8.96        | 8.81        | 9.48        | 13.79        | -2.31      | 8.77     |
| 11   | -6.42       | -3.83     | -1.41      | 7.68       | 10.67      | 10.62       | 9.36        | 9.26        | 9.88        | 14.25        | -3.18      | 8.68     |
| 12   | -3.99       | -1.53     | 0.93       | 9.84       | 11.59      | 11.81       | 10.37       | 9.99        | 10.81       | 13.52        | -1.11      | 9.77     |
| 13   | -3.51       | -0.40     | 2.14       | 9.86       | 11.49      | 11.53       | 11.05       | 11.05       | 12.08       | 15.09        | 2.69       | 11.16    |
| 14   | -5.35       | -2.27     | 0.37       | 8.21       | 10.25      | 10.26       | 9.53        | 9.54        | 10.25       | 13.62        | 0.48       | 9.62     |
| 15   | -5.58       | -2.61     | -0.31      | 7.07       | 8.96       | 9.09        | 8.86        | 9.05        | 9.79        | 12.80        | -0.58      | 8.85     |
| 16   | -6.55       | -3.58     | -1.02      | 7.36       | 9.45       | 9.78        | 8.90        | 8.64        | 8.96        | 11.52        | -1.75      | 8.65     |
| 17   | -6.35       | -3.28     | -0.22      | 12.12      | 19.04      | 14.40       | 10.01       | 9.28        | 9.80        | 12.72        | -1.51      | 10.14    |
| 18   | -6.33       | -3.63     | -1.12      | 10.12      | 18.79      | 15.20       | 10.73       | 10.10       | 11.16       | 15.58        | -2.83      | 10.13    |
| 19   | -3.81       | -1.46     | 0.70       | 11.85      | 20.47      | 16.66       | 12.19       | 11.63       | 12.89       | 17.83        | -1.18      | 11.34    |
| 20   | -5.96       | -3.53     | -1.34      | 7.54       | 10.80      | 9.76        | 7.19        | 6.70        | 7.63        | 10.03        | -3.03      | 7.00     |
| 21   | -7.81       | -4.61     | -1.36      | 8.72       | 12.22      | 12.51       | 11.53       | 11.41       | 11.90       | 16.06        | -1.72      | 11.05    |
| 22   | -5.58       | -2.84     | -0.44      | 8.72       | 15.32      | 15.33       | 10.98       | 10.04       | 9.97        | 13.78        | -1.61      | 10.32    |
| 23   | -4.72       | -2.02     | 0.50       | 9.87       | 16.68      | 14.37       | 10.40       | 9.61        | 10.11       | 13.91        | -1.56      | 9.86     |
| 24   | -8.23       | -4.98     | -1.31      | 8.12       | 16.08      | 15.45       | 11.48       | 10.85       | 11.20       | 22.16        | -2.61      | 11.05    |
| 25   | -5.28       | -2.77     | -0.47      | 7.56       | 9.65       | 9.59        | 8.60        | 8.49        | 9.68        | 13.44        | -2.15      | 8.39     |

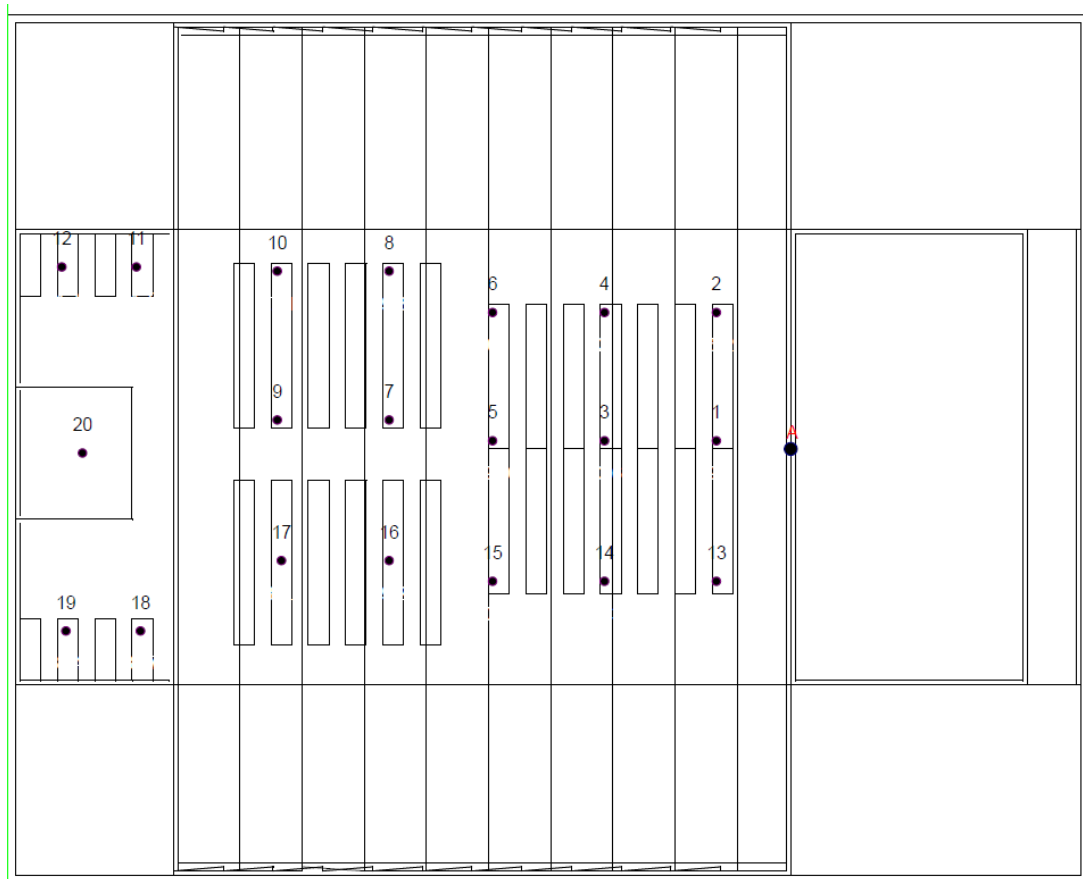
**Tabella STI e RaSTI**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>Rasti</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| Room |             |           | 0.67       | 0.89       | 0.93       | 0.93        | 0.91        | 0.91        | 0.92        |              | 0.91       | 0.88         |

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1  | 0.77 | 0.96 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.95 |
| 2  | 0.69 | 0.92 | 0.95 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.95 | 0.94 | 0.91 |
| 3  | 0.68 | 0.87 | 0.90 | 0.90 | 0.89 | 0.89 | 0.91 | 0.89 | 0.87 |
| 4  | 0.67 | 0.90 | 0.96 | 0.96 | 0.93 | 0.92 | 0.93 | 0.93 | 0.90 |
| 5  | 0.66 | 0.86 | 0.92 | 0.91 | 0.89 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 0.86 |
| 6  | 0.66 | 0.88 | 0.94 | 0.93 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.92 | 0.88 |
| 7  | 0.65 | 0.85 | 0.87 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.84 |
| 8  | 0.68 | 0.90 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.89 |
| 9  | 0.66 | 0.89 | 0.95 | 0.94 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.92 | 0.88 |
| 10 | 0.67 | 0.86 | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.88 | 0.90 | 0.88 | 0.86 |
| 11 | 0.68 | 0.86 | 0.90 | 0.90 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.86 |
| 12 | 0.70 | 0.88 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.88 |
| 13 | 0.70 | 0.91 | 0.94 | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.93 | 0.90 |
| 14 | 0.66 | 0.87 | 0.92 | 0.92 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.87 |
| 15 | 0.67 | 0.87 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.87 |
| 16 | 0.65 | 0.87 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 0.86 |
| 17 | 0.67 | 0.91 | 0.94 | 0.93 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.92 | 0.88 |
| 18 | 0.67 | 0.89 | 0.96 | 0.94 | 0.91 | 0.90 | 0.92 | 0.92 | 0.89 |
| 19 | 0.70 | 0.91 | 0.99 | 0.97 | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.91 |
| 20 | 0.67 | 0.86 | 0.91 | 0.89 | 0.86 | 0.86 | 0.88 | 0.87 | 0.85 |
| 21 | 0.64 | 0.91 | 0.96 | 0.97 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.91 |
| 22 | 0.68 | 0.89 | 0.97 | 0.96 | 0.93 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.89 |
| 23 | 0.68 | 0.89 | 0.97 | 0.95 | 0.91 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.89 |
| 24 | 0.64 | 0.89 | 0.99 | 0.98 | 0.93 | 0.91 | 0.92 | 0.94 | 0.90 |
| 25 | 0.68 | 0.86 | 0.90 | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.90 | 0.89 | 0.86 |

**SIMULAZIONE n.4**

**Teatro senza gradinate, torre del palcoscenico trattata, pareti laterali trattate a partire dalla quota di 2m al di sopra dell'ultimo livello della gradinata, pareti posteriori e regia trattate, controsoffitto in MDF forato e pannello in fibra di poliestere sp. 40mm, Sorgente Omnidirezionale posizionata al centro del boccascena, ad un'altezza  $h=1.50$  m**

**Tabella T30**

|      | 31.5 | 63   | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 16000 | Lin  | A    |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| Room | 3.17 | 1.99 | 1.55 | 0.70 | 0.41 | 0.40 | 0.46 | 0.47 | 0.43 | 0.30  | 3.02 | 1.01 |
| 1    | 3.29 | 2.13 | 1.83 | 1.14 | 0.67 | 0.64 | 0.66 | 0.59 | 0.48 | 0.30  | 3.14 | 1.27 |
| 2    | 3.28 | 2.10 | 1.73 | 0.76 | 0.55 | 0.52 | 0.53 | 0.53 | 0.49 | 0.31  | 3.08 | 0.76 |
| 3    | 3.28 | 2.09 | 1.73 | 0.69 | 0.33 | 0.33 | 0.40 | 0.43 | 0.38 | 0.28  | 3.11 | 0.77 |
| 4    | 3.25 | 2.07 | 1.67 | 0.74 | 0.56 | 0.53 | 0.52 | 0.52 | 0.48 | 0.34  | 3.10 | 0.83 |
| 5    | 3.23 | 2.05 | 1.61 | 0.71 | 0.30 | 0.31 | 0.49 | 0.54 | 0.47 | 0.26  | 3.09 | 0.97 |
| 6    | 3.20 | 2.03 | 1.57 | 0.63 | 0.61 | 0.56 | 0.56 | 0.57 | 0.51 | 0.35  | 3.07 | 0.99 |
| 7    | 3.17 | 2.00 | 1.51 | 0.47 | 0.30 | 0.29 | 0.46 | 0.48 | 0.45 | 0.25  | 3.04 | 1.01 |
| 8    | 3.14 | 1.98 | 1.51 | 0.55 | 0.37 | 0.35 | 0.40 | 0.42 | 0.42 | 0.34  | 3.01 | 0.99 |
| 9    | 3.12 | 1.97 | 1.49 | 0.47 | 0.29 | 0.32 | 0.38 | 0.39 | 0.38 | 0.27  | 2.99 | 1.02 |
| 10   | 3.09 | 1.95 | 1.48 | 0.53 | 0.37 | 0.37 | 0.39 | 0.40 | 0.38 | 0.35  | 2.96 | 1.11 |

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 11 | 3.10 | 1.89 | 1.41 | 0.50 | 0.37 | 0.36 | 0.44 | 0.46 | 0.41 | 0.29 | 2.94 | 1.15 |
| 12 | 3.06 | 1.85 | 1.35 | 0.48 | 0.34 | 0.33 | 0.43 | 0.46 | 0.41 | 0.20 | 2.88 | 1.13 |
| 13 | 3.29 | 2.11 | 1.78 | 0.97 | 0.63 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.52 | 0.39 | 3.09 | 0.83 |
| 14 | 3.25 | 2.08 | 1.70 | 0.77 | 0.35 | 0.33 | 0.41 | 0.43 | 0.39 | 0.27 | 3.10 | 0.84 |
| 15 | 3.19 | 2.03 | 1.59 | 0.74 | 0.33 | 0.30 | 0.35 | 0.38 | 0.36 | 0.28 | 3.06 | 0.95 |
| 16 | 3.15 | 2.00 | 1.53 | 0.83 | 0.31 | 0.32 | 0.40 | 0.42 | 0.39 | 0.29 | 3.02 | 0.99 |
| 17 | 3.10 | 1.96 | 1.47 | 0.82 | 0.31 | 0.30 | 0.40 | 0.43 | 0.41 | 0.29 | 2.97 | 1.07 |
| 18 | 3.08 | 1.88 | 1.38 | 0.85 | 0.29 | 0.32 | 0.40 | 0.42 | 0.39 | 0.31 | 2.91 | 1.19 |
| 19 | 3.07 | 1.85 | 1.35 | 0.81 | 0.33 | 0.32 | 0.36 | 0.36 | 0.37 | 0.24 | 2.89 | 1.11 |
| 20 | 3.04 | 1.86 | 1.36 | 0.59 | 0.67 | 0.62 | 0.58 | 0.59 | 0.54 | 0.45 | 2.88 | 1.16 |

**Tabella C50**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | -4.56       | -2.03     | 0.05       | 8.52       | 12.47      | 12.13       | 10.34       | 10.09       | 10.53       | 14.48        | -0.44      | 9.91     |
| 1    | 0.52        | 3.21      | 5.12       | 12.97      | 15.00      | 15.07       | 14.57       | 14.58       | 15.25       | 18.08        | 6.39       | 14.61    |
| 2    | -1.82       | 0.78      | 2.58       | 9.11       | 10.42      | 10.04       | 9.85        | 10.24       | 11.35       | 14.38        | 3.35       | 10.20    |
| 3    | -3.84       | -1.07     | 1.18       | 7.68       | 8.92       | 9.07        | 8.84        | 8.96        | 10.02       | 12.87        | 1.46       | 8.98     |
| 4    | -4.06       | -1.57     | 0.22       | 7.17       | 9.36       | 9.73        | 9.36        | 9.35        | 9.95        | 13.26        | 0.74       | 9.27     |
| 5    | -5.07       | -2.37     | 0.08       | 9.24       | 14.21      | 15.64       | 12.76       | 11.83       | 11.56       | 15.32        | -0.41      | 11.91    |
| 6    | -5.48       | -2.82     | -0.62      | 8.76       | 12.81      | 13.06       | 11.28       | 10.95       | 11.19       | 16.95        | -0.85      | 10.93    |
| 7    | -6.13       | -3.63     | -1.72      | 4.79       | 6.82       | 7.72        | 7.57        | 7.60        | 8.12        | 10.91        | -2.13      | 7.29     |
| 8    | -4.74       | -2.11     | 0.31       | 10.58      | 14.86      | 14.26       | 11.57       | 11.08       | 12.07       | 16.93        | -0.47      | 11.45    |
| 9    | -5.80       | -3.28     | -0.85      | 7.71       | 10.11      | 10.39       | 9.02        | 8.55        | 8.80        | 11.59        | -1.94      | 8.66     |
| 10   | -6.19       | -3.70     | -1.31      | 6.92       | 10.25      | 9.87        | 7.92        | 7.67        | 8.09        | 12.88        | -2.77      | 7.75     |
| 11   | -6.04       | -3.81     | -2.15      | 7.37       | 15.17      | 13.47       | 10.36       | 10.46       | 11.12       | 18.65        | -3.22      | 9.65     |
| 12   | -3.73       | -1.37     | 0.53       | 9.85       | 16.34      | 14.71       | 12.00       | 11.75       | 13.09       | 18.03        | -1.32      | 10.97    |
| 13   | -3.15       | -0.52     | 1.53       | 9.30       | 11.70      | 11.80       | 11.21       | 11.17       | 12.08       | 15.49        | 2.51       | 11.24    |
| 14   | -3.98       | -1.60     | 0.17       | 6.55       | 8.36       | 9.02        | 8.61        | 8.40        | 8.83        | 11.39        | 0.61       | 8.43     |
| 15   | -5.66       | -3.14     | -1.14      | 4.26       | 5.10       | 5.78        | 5.79        | 5.72        | 6.00        | 7.85         | -1.40      | 5.59     |
| 16   | -5.51       | -2.92     | -0.96      | 6.46       | 8.63       | 9.26        | 9.06        | 8.94        | 9.01        | 11.11        | -1.43      | 8.61     |
| 17   | -5.36       | -2.71     | -0.20      | 10.53      | 15.08      | 13.03       | 9.75        | 9.16        | 9.53        | 12.62        | -1.28      | 9.78     |
| 18   | -5.20       | -2.84     | -0.74      | 11.52      | 21.99      | 17.80       | 12.21       | 11.47       | 11.40       | 15.25        | -2.31      | 10.89    |
| 19   | -4.32       | -2.12     | 0.04       | 11.72      | 22.02      | 18.74       | 13.17       | 12.67       | 12.85       | 22.67        | -1.76      | 11.68    |
| 20   | -5.57       | -3.08     | -0.99      | 7.95       | 12.30      | 14.22       | 11.97       | 11.34       | 10.37       | 13.44        | -2.51      | 10.28    |

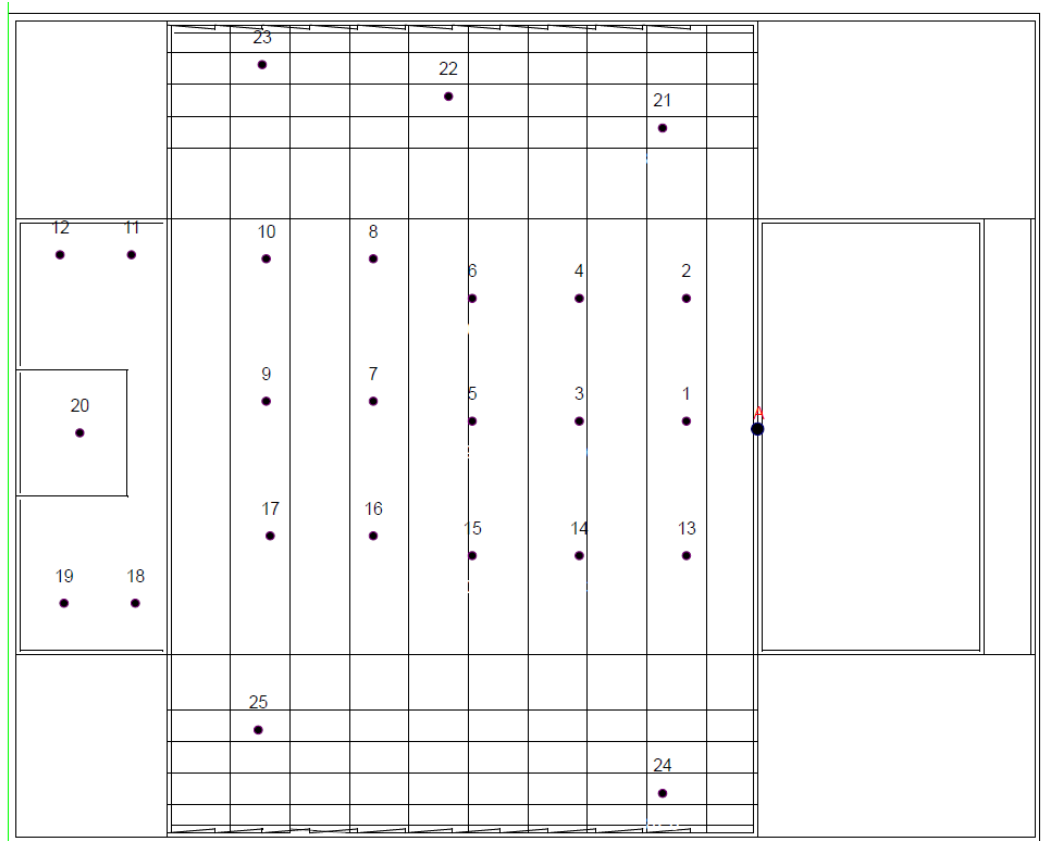
**Tabella STI e RaSTI**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>Rasti</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| Room |             |           | 0.68       | 0.88       | 0.93       | 0.93        | 0.91        | 0.91        | 0.91        |              | 0.91       | 0.88         |
| 1    |             |           | 0.77       | 0.95       | 0.98       | 0.98        | 0.97        | 0.97        | 0.98        |              | 0.97       | 0.95         |
| 2    |             |           | 0.72       | 0.91       | 0.93       | 0.93        | 0.92        | 0.93        | 0.94        |              | 0.93       | 0.90         |
| 3    |             |           | 0.69       | 0.87       | 0.90       | 0.90        | 0.89        | 0.89        | 0.90        |              | 0.89       | 0.87         |
| 4    |             |           | 0.67       | 0.86       | 0.90       | 0.91        | 0.89        | 0.89        | 0.90        |              | 0.89       | 0.86         |
| 5    |             |           | 0.67       | 0.88       | 0.94       | 0.95        | 0.91        | 0.90        | 0.90        |              | 0.92       | 0.88         |
| 6    |             |           | 0.66       | 0.87       | 0.93       | 0.93        | 0.91        | 0.90        | 0.91        |              | 0.91       | 0.87         |
| 7    |             |           | 0.67       | 0.84       | 0.88       | 0.90        | 0.89        | 0.89        | 0.89        |              | 0.88       | 0.85         |
| 8    |             |           | 0.68       | 0.89       | 0.93       | 0.93        | 0.92        | 0.91        | 0.92        |              | 0.92       | 0.89         |
| 9    |             |           | 0.67       | 0.87       | 0.90       | 0.91        | 0.89        | 0.89        | 0.89        |              | 0.89       | 0.86         |
| 10   |             |           | 0.67       | 0.84       | 0.89       | 0.89        | 0.87        | 0.87        | 0.88        |              | 0.88       | 0.85         |
| 11   |             |           | 0.66       | 0.85       | 0.96       | 0.94        | 0.90        | 0.90        | 0.91        |              | 0.91       | 0.88         |
| 12   |             |           | 0.69       | 0.88       | 0.97       | 0.95        | 0.92        | 0.91        | 0.92        |              | 0.93       | 0.89         |
| 13   |             |           | 0.69       | 0.90       | 0.94       | 0.95        | 0.94        | 0.94        | 0.95        |              | 0.94       | 0.90         |

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 14 | 0.67 | 0.86 | 0.89 | 0.90 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.86 |
| 15 | 0.67 | 0.85 | 0.87 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.88 | 0.87 | 0.84 |
| 16 | 0.67 | 0.86 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.90 | 0.89 | 0.86 |
| 17 | 0.68 | 0.90 | 0.93 | 0.92 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.88 |
| 18 | 0.69 | 0.90 | 0.98 | 0.97 | 0.93 | 0.93 | 0.92 | 0.94 | 0.90 |
| 19 | 0.70 | 0.91 | 0.98 | 0.96 | 0.92 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.90 |
| 20 | 0.68 | 0.87 | 0.91 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.91 | 0.87 |

**SIMULAZIONE n.5**

**Teatro senza poltrone della platea, torre del palcoscenico trattata, pareti laterali trattate a partire dalla quota di 2m al di sopra dell'ultimo livello della gradinata, pareti posteriori e regia trattate, controsoffitto in MDF forato e pannello in fibra di poliestere sp. 40mm, sorgente omnidirezionale posizionata al centro del boccascena, ad un'altezza h=1.50 m**

**Tabella T30**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | 3.52        | 2.15      | 1.61       | 0.66       | 0.43       | 0.40        | 0.46        | 0.47        | 0.43        | 0.31         | 3.39       | 1.08     |
| 1    | 3.61        | 2.30      | 1.96       | 1.23       | 0.91       | 0.59        | 0.58        | 0.54        | 0.47        | 0.30         | 3.52       | 1.66     |
| 2    | 3.62        | 2.27      | 1.86       | 0.83       | 0.69       | 0.67        | 0.64        | 0.62        | 0.49        | 0.32         | 3.48       | 0.90     |
| 3    | 3.65        | 2.30      | 1.85       | 0.63       | 0.42       | 0.39        | 0.41        | 0.43        | 0.41        | 0.34         | 3.55       | 0.80     |
| 4    | 3.61        | 2.27      | 1.83       | 0.76       | 0.73       | 0.68        | 0.60        | 0.58        | 0.46        | 0.26         | 3.51       | 1.02     |
| 5    | 3.60        | 2.24      | 1.73       | 0.58       | 0.46       | 0.41        | 0.45        | 0.47        | 0.45        | 0.34         | 3.51       | 0.97     |
| 6    | 3.57        | 2.22      | 1.69       | 0.89       | 0.56       | 0.48        | 0.49        | 0.50        | 0.48        | 0.38         | 3.47       | 1.08     |
| 7    | 3.54        | 2.19      | 1.63       | 0.57       | 0.42       | 0.38        | 0.43        | 0.45        | 0.42        | 0.32         | 3.44       | 1.00     |
| 8    | 3.51        | 2.16      | 1.60       | 0.74       | 0.27       | 0.27        | 0.44        | 0.47        | 0.41        | 0.23         | 3.39       | 1.14     |
| 9    | 3.48        | 2.14      | 1.55       | 0.64       | 0.36       | 0.34        | 0.43        | 0.44        | 0.38        | 0.26         | 3.36       | 1.15     |
| 10   | 3.46        | 2.11      | 1.54       | 0.88       | 0.37       | 0.33        | 0.41        | 0.43        | 0.39        | 0.32         | 3.33       | 1.16     |
| 11   | 3.47        | 2.06      | 1.45       | 0.58       | 0.32       | 0.34        | 0.42        | 0.44        | 0.41        | 0.30         | 3.31       | 1.18     |

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 12 | 3.45 | 2.01 | 1.38 | 0.44 | 0.32 | 0.30 | 0.35 | 0.36 | 0.35 | 0.29 | 3.24 | 1.00 |
| 13 | 3.63 | 2.27 | 1.87 | 0.82 | 0.52 | 0.50 | 0.52 | 0.53 | 0.49 | 0.37 | 3.48 | 0.84 |
| 14 | 3.61 | 2.26 | 1.79 | 0.63 | 0.46 | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.42 | 0.34 | 3.51 | 0.89 |
| 15 | 3.57 | 2.23 | 1.68 | 0.49 | 0.26 | 0.27 | 0.39 | 0.43 | 0.39 | 0.24 | 3.48 | 1.00 |
| 16 | 3.52 | 2.18 | 1.59 | 0.62 | 0.42 | 0.40 | 0.43 | 0.46 | 0.44 | 0.32 | 3.42 | 1.08 |
| 17 | 3.47 | 2.13 | 1.53 | 0.65 | 0.30 | 0.30 | 0.42 | 0.42 | 0.39 | 0.25 | 3.35 | 1.13 |
| 18 | 3.45 | 2.04 | 1.42 | 0.63 | 0.32 | 0.33 | 0.44 | 0.46 | 0.43 | 0.26 | 3.28 | 1.19 |
| 19 | 3.44 | 2.01 | 1.39 | 0.53 | 0.30 | 0.36 | 0.41 | 0.44 | 0.42 | 0.26 | 3.24 | 1.15 |
| 20 | 3.39 | 2.01 | 1.40 | 0.58 | 0.64 | 0.52 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.37 | 3.22 | 1.15 |
| 21 | 3.52 | 2.11 | 1.52 | 0.49 | 0.26 | 0.29 | 0.49 | 0.52 | 0.48 | 0.32 | 3.37 | 1.13 |
| 22 | 3.48 | 2.12 | 1.58 | 0.62 | 0.51 | 0.47 | 0.46 | 0.45 | 0.43 | 0.27 | 3.33 | 1.12 |
| 23 | 3.46 | 2.05 | 1.45 | 0.59 | 0.31 | 0.31 | 0.43 | 0.46 | 0.41 | 0.25 | 3.28 | 1.13 |
| 24 | 3.52 | 2.08 | 1.43 | 0.47 | 0.31 | 0.35 | 0.51 | 0.55 | 0.50 | 0.48 | 3.35 | 1.11 |
| 25 | 3.45 | 2.06 | 1.45 | 0.59 | 0.33 | 0.30 | 0.44 | 0.48 | 0.45 | 0.28 | 3.28 | 1.09 |

**Tabella C50**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | -5.41       | -2.49     | 0.13       | 9.20       | 13.18      | 12.40       | 10.35       | 10.03       | 10.74       | 14.53        | -0.71      | 10.12    |
| 1    | -0.17       | 2.96      | 5.30       | 13.93      | 16.39      | 16.33       | 15.56       | 15.51       | 16.59       | 19.75        | 6.64       | 15.68    |
| 2    | -4.02       | -0.82     | 1.94       | 10.95      | 13.11      | 13.07       | 12.37       | 12.37       | 13.41       | 17.09        | 2.61       | 12.46    |
| 3    | -4.52       | -1.33     | 1.30       | 7.45       | 8.47       | 8.61        | 8.51        | 8.64        | 9.78        | 12.51        | 1.44       | 8.65     |
| 4    | -5.00       | -1.84     | 0.80       | 9.74       | 13.71      | 13.69       | 11.96       | 11.65       | 12.22       | 15.64        | 0.95       | 11.89    |
| 5    | -5.94       | -2.78     | -0.01      | 8.16       | 11.21      | 10.95       | 9.61        | 9.40        | 10.42       | 14.54        | -0.71      | 9.69     |
| 6    | -5.50       | -2.51     | -0.23      | 9.29       | 14.04      | 13.82       | 11.90       | 11.80       | 12.41       | 17.63        | -0.49      | 11.73    |
| 7    | -6.49       | -3.38     | -0.83      | 6.20       | 7.50       | 7.39        | 6.21        | 5.91        | 6.69        | 8.87         | -1.66      | 6.33     |
| 8    | -5.25       | -2.12     | 0.76       | 11.02      | 13.77      | 14.29       | 12.75       | 12.15       | 12.38       | 14.82        | -0.56      | 12.06    |
| 9    | -6.66       | -3.75     | -0.83      | 10.48      | 19.43      | 15.28       | 9.85        | 8.96        | 9.08        | 12.40        | -1.93      | 9.80     |
| 10   | -6.27       | -3.41     | -0.61      | 8.13       | 10.51      | 10.31       | 8.96        | 8.81        | 9.48        | 13.79        | -2.31      | 8.77     |
| 11   | -6.42       | -3.83     | -1.41      | 7.68       | 10.67      | 10.62       | 9.36        | 9.26        | 9.88        | 14.25        | -3.18      | 8.68     |
| 12   | -3.99       | -1.53     | 0.93       | 9.84       | 11.59      | 11.81       | 10.37       | 9.99        | 10.81       | 13.52        | -1.11      | 9.77     |
| 13   | -3.51       | -0.40     | 2.14       | 9.86       | 11.49      | 11.53       | 11.05       | 11.05       | 12.08       | 15.09        | 2.69       | 11.16    |
| 14   | -5.35       | -2.27     | 0.37       | 8.21       | 10.25      | 10.26       | 9.53        | 9.54        | 10.25       | 13.62        | 0.48       | 9.62     |
| 15   | -5.58       | -2.61     | -0.31      | 7.07       | 8.96       | 9.09        | 8.86        | 9.05        | 9.79        | 12.80        | -0.58      | 8.85     |
| 16   | -6.55       | -3.58     | -1.02      | 7.36       | 9.45       | 9.78        | 8.90        | 8.64        | 8.96        | 11.52        | -1.75      | 8.65     |
| 17   | -6.35       | -3.28     | -0.22      | 12.12      | 19.04      | 14.40       | 10.01       | 9.28        | 9.80        | 12.72        | -1.51      | 10.14    |
| 18   | -6.33       | -3.63     | -1.12      | 10.12      | 18.79      | 15.20       | 10.73       | 10.10       | 11.16       | 15.58        | -2.83      | 10.13    |
| 19   | -3.81       | -1.46     | 0.70       | 11.85      | 20.47      | 16.66       | 12.19       | 11.63       | 12.89       | 17.83        | -1.18      | 11.34    |
| 20   | -5.96       | -3.53     | -1.34      | 7.54       | 10.80      | 9.76        | 7.19        | 6.70        | 7.63        | 10.03        | -3.03      | 7.00     |
| 21   | -7.81       | -4.61     | -1.36      | 8.72       | 12.22      | 12.51       | 11.53       | 11.41       | 11.90       | 16.06        | -1.72      | 11.05    |
| 22   | -5.58       | -2.84     | -0.44      | 8.72       | 15.32      | 15.33       | 10.98       | 10.04       | 9.97        | 13.78        | -1.61      | 10.32    |
| 23   | -4.72       | -2.02     | 0.50       | 9.87       | 16.68      | 14.37       | 10.40       | 9.61        | 10.11       | 13.91        | -1.56      | 9.86     |
| 24   | -8.23       | -4.98     | -1.31      | 8.12       | 16.08      | 15.45       | 11.48       | 10.85       | 11.20       | 22.16        | -2.61      | 11.05    |
| 25   | -5.28       | -2.77     | -0.47      | 7.56       | 9.65       | 9.59        | 8.60        | 8.49        | 9.68        | 13.44        | -2.15      | 8.39     |

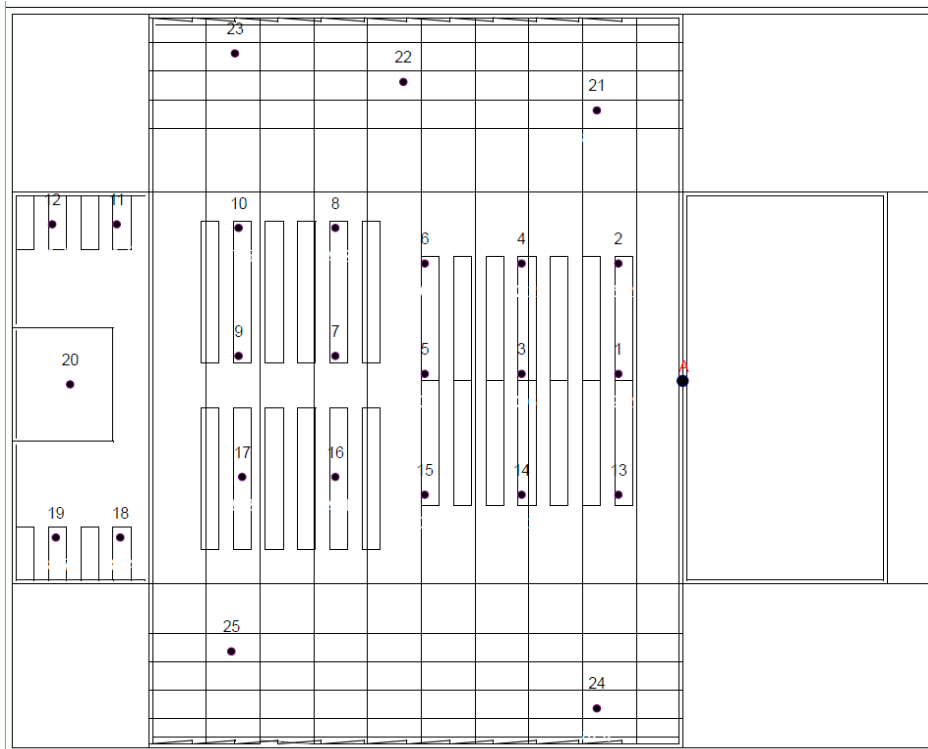
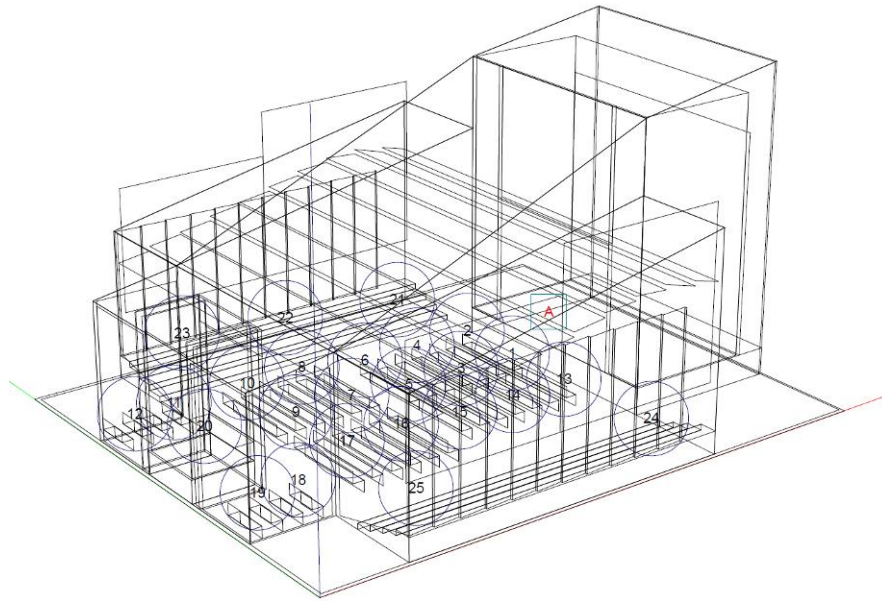
**Tabella STI e RaSTI**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>Rasti</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| Room |             |           | 0.67       | 0.89       | 0.93       | 0.93        | 0.91        | 0.91        | 0.92        |              | 0.91       | 0.88         |
| 1    |             |           | 0.77       | 0.96       | 0.98       | 0.98        | 0.98        | 0.98        | 0.99        |              | 0.98       | 0.95         |
| 2    |             |           | 0.69       | 0.92       | 0.95       | 0.96        | 0.95        | 0.94        | 0.95        |              | 0.94       | 0.91         |
| 3    |             |           | 0.68       | 0.87       | 0.90       | 0.90        | 0.89        | 0.89        | 0.91        |              | 0.89       | 0.87         |
| 4    |             |           | 0.67       | 0.90       | 0.96       | 0.96        | 0.93        | 0.92        | 0.93        |              | 0.93       | 0.90         |

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5  | 0.66 | 0.86 | 0.92 | 0.91 | 0.89 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 0.86 |
| 6  | 0.66 | 0.88 | 0.94 | 0.93 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.92 | 0.88 |
| 7  | 0.65 | 0.85 | 0.87 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.84 |
| 8  | 0.68 | 0.90 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.89 |
| 9  | 0.66 | 0.89 | 0.95 | 0.94 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.92 | 0.88 |
| 10 | 0.67 | 0.86 | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.88 | 0.90 | 0.88 | 0.86 |
| 11 | 0.68 | 0.86 | 0.90 | 0.90 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.86 |
| 12 | 0.70 | 0.88 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.88 |
| 13 | 0.70 | 0.91 | 0.94 | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.93 | 0.90 |
| 14 | 0.66 | 0.87 | 0.92 | 0.92 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.87 |
| 15 | 0.67 | 0.87 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.87 |
| 16 | 0.65 | 0.87 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.90 | 0.90 | 0.86 |
| 17 | 0.67 | 0.91 | 0.94 | 0.93 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.92 | 0.88 |
| 18 | 0.67 | 0.89 | 0.96 | 0.94 | 0.91 | 0.90 | 0.92 | 0.92 | 0.89 |
| 19 | 0.70 | 0.91 | 0.99 | 0.97 | 0.93 | 0.93 | 0.94 | 0.94 | 0.91 |
| 20 | 0.67 | 0.86 | 0.91 | 0.89 | 0.86 | 0.86 | 0.88 | 0.87 | 0.85 |
| 21 | 0.64 | 0.91 | 0.96 | 0.97 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.91 |
| 22 | 0.68 | 0.89 | 0.97 | 0.96 | 0.93 | 0.92 | 0.92 | 0.93 | 0.89 |
| 23 | 0.68 | 0.89 | 0.97 | 0.95 | 0.91 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.89 |
| 24 | 0.64 | 0.89 | 0.99 | 0.98 | 0.93 | 0.91 | 0.92 | 0.94 | 0.90 |
| 25 | 0.68 | 0.86 | 0.90 | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.90 | 0.89 | 0.86 |



**SIMULAZIONE n.6** Teatro con poltrone della platea e delle gradinate occupate, torre del palcoscenico trattata, pareti laterali trattate a partire dalla quota di 2m al di sopra dell'ultimo livello della gradinata, pareti posteriori e regia trattate, controsoffitto in MDF forato e pannello in fibra di poliestere sp. 40mm, sorgente omnidirezionale posizionata al centro del boccascena, ad un'altezza  $h=1.50$  m



**Tabella T30**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | 2.92        | 1.85      | 1.62       | 0.79       | 0.55       | 0.48        | 0.44        | 0.43        | 0.43        | 0.36         | 2.76       | 0.81     |
| 1    | 3.09        | 2.09      | 2.02       | 1.27       | 1.46       | 1.38        | 0.80        | 0.58        | 0.40        | 0.34         | 2.94       | 1.35     |
| 2    | 3.08        | 2.05      | 1.93       | 0.74       | 0.53       | 0.52        | 0.52        | 0.51        | 0.50        | 0.40         | 2.87       | 0.76     |
| 3    | 3.08        | 2.03      | 1.94       | 0.72       | 0.44       | 0.47        | 0.41        | 0.40        | 0.41        | 0.38         | 2.90       | 0.66     |
| 4    | 3.04        | 1.99      | 1.87       | 0.60       | 0.40       | 0.39        | 0.37        | 0.38        | 0.39        | 0.34         | 2.88       | 0.69     |
| 5    | 3.00        | 1.93      | 1.80       | 0.78       | 0.47       | 0.34        | 0.38        | 0.39        | 0.41        | 0.27         | 2.84       | 0.79     |
| 6    | 2.96        | 1.92      | 1.74       | 0.57       | 0.36       | 0.41        | 0.36        | 0.36        | 0.38        | 0.37         | 2.83       | 0.70     |
| 7    | 2.93        | 1.87      | 1.70       | 0.65       | 0.51       | 0.40        | 0.43        | 0.45        | 0.45        | 0.37         | 2.79       | 0.85     |
| 8    | 2.89        | 1.85      | 1.61       | 0.61       | 0.32       | 0.31        | 0.33        | 0.35        | 0.37        | 0.31         | 2.75       | 0.73     |
| 9    | 2.87        | 1.83      | 1.55       | 0.58       | 0.41       | 0.36        | 0.42        | 0.40        | 0.41        | 0.31         | 2.74       | 0.85     |
| 10   | 2.83        | 1.79      | 1.51       | 0.59       | 0.50       | 0.53        | 0.47        | 0.45        | 0.43        | 0.41         | 2.69       | 0.85     |
| 11   | 2.85        | 1.73      | 1.39       | 0.59       | 0.43       | 0.41        | 0.44        | 0.43        | 0.44        | 0.37         | 2.68       | 0.76     |
| 12   | 2.75        | 1.65      | 1.30       | 0.58       | 0.45       | 0.45        | 0.47        | 0.46        | 0.46        | 0.28         | 2.55       | 0.80     |
| 13   | 3.08        | 2.05      | 1.95       | 1.21       | 0.99       | 0.54        | 0.51        | 0.49        | 0.42        | 0.32         | 2.88       | 0.90     |
| 14   | 3.05        | 2.00      | 1.88       | 0.92       | 0.45       | 0.45        | 0.39        | 0.39        | 0.40        | 0.38         | 2.89       | 0.75     |
| 15   | 2.98        | 1.92      | 1.75       | 0.97       | 0.48       | 0.39        | 0.40        | 0.42        | 0.43        | 0.37         | 2.83       | 0.80     |
| 16   | 2.91        | 1.84      | 1.59       | 0.91       | 0.48       | 0.43        | 0.46        | 0.46        | 0.46        | 0.35         | 2.77       | 0.83     |
| 17   | 2.85        | 1.81      | 1.55       | 1.05       | 0.45       | 0.43        | 0.44        | 0.44        | 0.43        | 0.38         | 2.72       | 0.92     |
| 18   | 2.84        | 1.75      | 1.43       | 0.89       | 0.36       | 0.35        | 0.41        | 0.44        | 0.45        | 0.37         | 2.67       | 0.82     |
| 19   | 2.80        | 1.67      | 1.33       | 1.02       | 0.41       | 0.52        | 0.40        | 0.41        | 0.40        | 0.39         | 2.59       | 0.89     |
| 20   | 2.92        | 1.72      | 1.33       | 0.83       | 0.48       | 0.48        | 0.50        | 0.48        | 0.49        | 0.46         | 2.66       | 0.76     |
| 21   | 2.89        | 1.80      | 1.46       | 0.59       | 0.46       | 0.45        | 0.40        | 0.41        | 0.40        | 0.36         | 2.74       | 0.66     |
| 22   | 2.89        | 1.83      | 1.58       | 0.74       | 0.49       | 0.54        | 0.45        | 0.43        | 0.44        | 0.45         | 2.74       | 0.74     |
| 23   | 2.82        | 1.73      | 1.42       | 0.55       | 0.48       | 0.46        | 0.46        | 0.46        | 0.44        | 0.45         | 2.63       | 0.77     |
| 24   | 2.87        | 1.75      | 1.33       | 0.50       | 0.39       | 0.36        | 0.41        | 0.44        | 0.44        | 0.38         | 2.68       | 0.56     |
| 25   | 2.82        | 1.75      | 1.46       | 1.29       | 1.48       | 0.55        | 0.39        | 0.39        | 0.39        | 0.31         | 2.66       | 1.10     |

**Tabella C50**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | -3.84       | -1.17     | 0.98       | 7.63       | 9.77       | 10.26       | 9.83        | 9.68        | 9.92        | 12.92        | 0.59       | 9.50     |
| 1    | 0.37        | 2.76      | 4.21       | 10.49      | 12.29      | 12.65       | 12.44       | 12.47       | 12.76       | 15.08        | 5.81       | 12.37    |
| 2    | -1.24       | 1.41      | 3.30       | 9.85       | 12.29      | 12.74       | 12.51       | 12.70       | 13.09       | 16.65        | 4.19       | 12.42    |
| 3    | -3.34       | -0.81     | 0.98       | 6.45       | 7.97       | 8.50        | 8.39        | 8.42        | 9.12        | 12.18        | 1.58       | 8.38     |
| 4    | -3.54       | -1.07     | 0.57       | 5.72       | 8.12       | 9.16        | 9.06        | 8.94        | 9.03        | 11.71        | 1.24       | 8.72     |
| 5    | -3.72       | -0.87     | 1.48       | 8.66       | 11.86      | 11.95       | 10.96       | 10.92       | 11.21       | 15.09        | 1.11       | 10.91    |
| 6    | -4.06       | -1.61     | 0.41       | 6.36       | 8.90       | 8.94        | 8.23        | 8.33        | 8.79        | 12.69        | 0.26       | 8.33     |
| 7    | -4.52       | -1.81     | 0.28       | 7.42       | 10.39      | 11.12       | 10.71       | 10.27       | 10.34       | 12.52        | -0.16      | 10.12    |
| 8    | -2.74       | 0.00      | 2.18       | 8.04       | 8.13       | 8.40        | 8.87        | 9.12        | 9.76        | 12.45        | 1.09       | 8.84     |
| 9    | -4.38       | -1.58     | 0.74       | 9.16       | 13.36      | 12.53       | 10.57       | 10.03       | 10.42       | 13.10        | -0.24      | 10.36    |
| 10   | -4.96       | -2.40     | -0.44      | 6.20       | 8.12       | 9.08        | 9.01        | 9.26        | 9.62        | 13.65        | -1.06      | 8.74     |
| 11   | -5.00       | -2.47     | -0.29      | 7.47       | 10.31      | 10.33       | 9.04        | 8.70        | 9.23        | 12.55        | -1.24      | 8.83     |
| 12   | -2.14       | 0.13      | 1.95       | 7.89       | 9.60       | 10.48       | 9.90        | 9.58        | 9.81        | 12.81        | 0.26       | 9.27     |
| 13   | -3.10       | -0.40     | 1.59       | 7.93       | 9.66       | 9.99        | 9.60        | 9.44        | 10.08       | 12.69        | 2.66       | 9.58     |
| 14   | -3.83       | -1.25     | 0.75       | 6.78       | 8.43       | 9.05        | 8.77        | 8.45        | 8.80        | 11.10        | 1.19       | 8.55     |
| 15   | -4.16       | -1.29     | 1.27       | 8.51       | 10.69      | 10.66       | 9.91        | 9.75        | 9.98        | 13.02        | 0.84       | 9.86     |
| 16   | -3.87       | -1.29     | 0.93       | 7.49       | 9.88       | 9.87        | 9.02        | 8.75        | 8.98        | 11.64        | 0.18       | 8.90     |
| 17   | -5.10       | -2.27     | 0.39       | 8.77       | 11.06      | 10.86       | 9.43        | 8.70        | 8.88        | 11.26        | -0.92      | 9.10     |
| 18   | -4.24       | -1.51     | 1.15       | 8.84       | 10.17      | 10.61       | 10.27       | 9.90        | 10.15       | 12.45        | -0.45      | 9.77     |
| 19   | -2.72       | -0.18     | 1.87       | 9.34       | 11.52      | 14.12       | 15.18       | 15.37       | 15.00       | 20.37        | 0.32       | 13.25    |
| 20   | -3.31       | -0.46     | 0.93       | 8.66       | 10.27      | 11.23       | 11.36       | 11.17       | 11.56       | 14.87        | 0.25       | 10.49    |
| 21   | -7.75       | -4.71     | -1.70      | 3.95       | 5.42       | 5.78        | 5.28        | 4.84        | 4.87        | 6.55         | -1.66      | 5.08     |

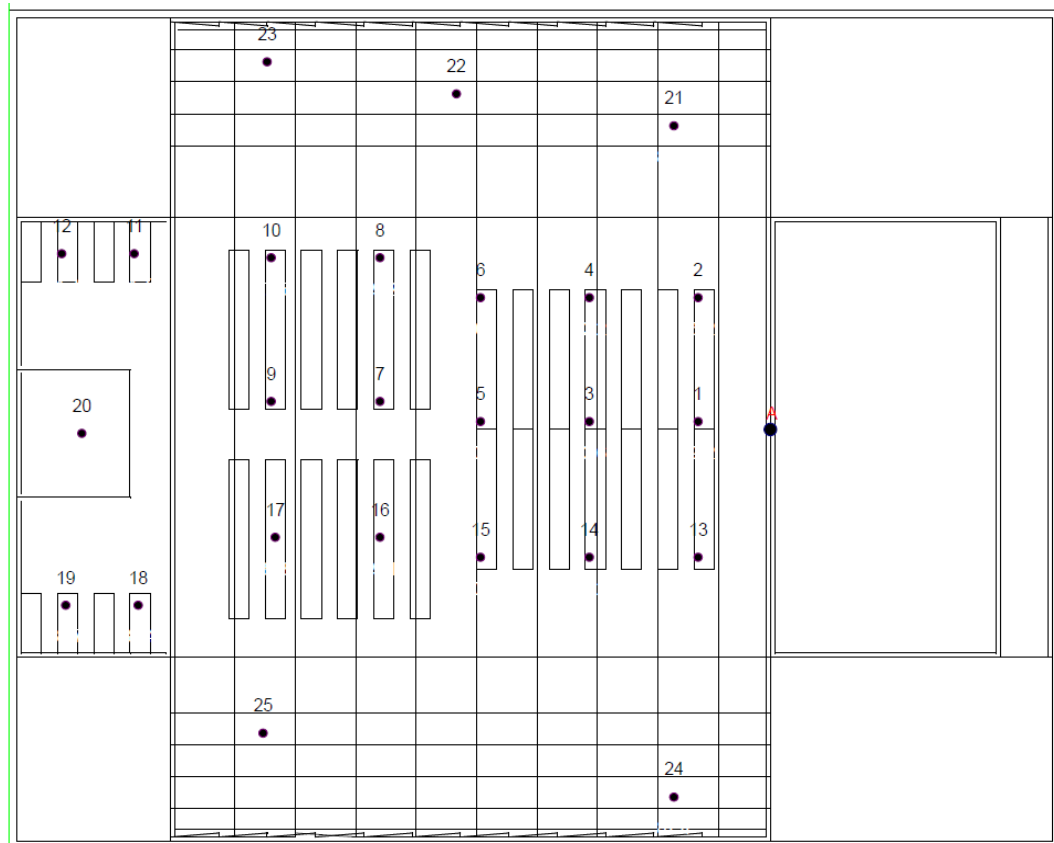
|    |       |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 22 | -4.27 | -1.64 | 0.08  | 6.16 | 8.21  | 8.76  | 8.51  | 8.58  | 8.80  | 11.81 | -0.03 | 8.37  |
| 23 | -3.50 | -0.82 | 1.45  | 9.50 | 13.35 | 13.98 | 13.04 | 13.00 | 12.95 | 18.19 | 0.41  | 12.42 |
| 24 | -7.24 | -4.09 | -0.72 | 4.25 | 5.29  | 5.59  | 5.24  | 4.88  | 4.86  | 6.39  | -0.69 | 5.08  |
| 25 | -3.68 | -0.97 | 1.13  | 6.79 | 8.87  | 10.10 | 10.49 | 10.38 | 9.91  | 12.20 | -0.16 | 9.67  |

**Tabella STI e RaSTI**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>Rasti</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| Room |             |           | 0.70       | 0.86       | 0.89       | 0.90        | 0.89        | 0.89        | 0.90        |              | 0.89       | 0.86         |
| 1    |             |           | 0.77       | 0.92       | 0.95       | 0.96        | 0.96        | 0.96        | 0.96        |              | 0.95       | 0.93         |
| 2    |             |           | 0.74       | 0.90       | 0.92       | 0.93        | 0.93        | 0.93        | 0.94        |              | 0.92       | 0.90         |
| 3    |             |           | 0.70       | 0.85       | 0.88       | 0.89        | 0.88        | 0.88        | 0.89        |              | 0.88       | 0.86         |
| 4    |             |           | 0.70       | 0.84       | 0.88       | 0.89        | 0.89        | 0.89        | 0.89        |              | 0.88       | 0.86         |
| 5    |             |           | 0.70       | 0.86       | 0.89       | 0.90        | 0.89        | 0.89        | 0.90        |              | 0.89       | 0.86         |
| 6    |             |           | 0.70       | 0.83       | 0.86       | 0.86        | 0.86        | 0.86        | 0.87        |              | 0.86       | 0.83         |
| 7    |             |           | 0.69       | 0.86       | 0.91       | 0.92        | 0.91        | 0.91        | 0.91        |              | 0.91       | 0.88         |
| 8    |             |           | 0.71       | 0.85       | 0.85       | 0.86        | 0.87        | 0.88        | 0.88        |              | 0.87       | 0.85         |
| 9    |             |           | 0.70       | 0.87       | 0.91       | 0.91        | 0.90        | 0.89        | 0.90        |              | 0.90       | 0.87         |
| 10   |             |           | 0.69       | 0.84       | 0.87       | 0.88        | 0.88        | 0.89        | 0.89        |              | 0.88       | 0.85         |
| 11   |             |           | 0.70       | 0.85       | 0.89       | 0.89        | 0.89        | 0.88        | 0.89        |              | 0.88       | 0.86         |
| 12   |             |           | 0.73       | 0.86       | 0.90       | 0.91        | 0.90        | 0.89        | 0.89        |              | 0.89       | 0.87         |
| 13   |             |           | 0.70       | 0.87       | 0.90       | 0.90        | 0.90        | 0.89        | 0.90        |              | 0.89       | 0.87         |
| 14   |             |           | 0.69       | 0.85       | 0.88       | 0.89        | 0.88        | 0.88        | 0.88        |              | 0.88       | 0.85         |
| 15   |             |           | 0.70       | 0.87       | 0.89       | 0.89        | 0.89        | 0.89        | 0.89        |              | 0.89       | 0.86         |
| 16   |             |           | 0.71       | 0.85       | 0.88       | 0.88        | 0.88        | 0.88        | 0.89        |              | 0.88       | 0.86         |
| 17   |             |           | 0.69       | 0.86       | 0.88       | 0.88        | 0.88        | 0.88        | 0.88        |              | 0.88       | 0.85         |
| 18   |             |           | 0.71       | 0.88       | 0.90       | 0.90        | 0.90        | 0.89        | 0.90        |              | 0.89       | 0.87         |
| 19   |             |           | 0.72       | 0.88       | 0.93       | 0.96        | 0.96        | 0.96        | 0.96        |              | 0.95       | 0.91         |
| 20   |             |           | 0.71       | 0.86       | 0.87       | 0.88        | 0.89        | 0.89        | 0.90        |              | 0.88       | 0.86         |
| 21   |             |           | 0.66       | 0.82       | 0.85       | 0.85        | 0.85        | 0.84        | 0.84        |              | 0.84       | 0.82         |
| 22   |             |           | 0.70       | 0.83       | 0.87       | 0.88        | 0.89        | 0.89        | 0.89        |              | 0.88       | 0.85         |
| 23   |             |           | 0.71       | 0.87       | 0.92       | 0.93        | 0.92        | 0.92        | 0.92        |              | 0.91       | 0.88         |
| 24   |             |           | 0.68       | 0.84       | 0.86       | 0.87        | 0.86        | 0.85        | 0.85        |              | 0.86       | 0.83         |
| 25   |             |           | 0.71       | 0.86       | 0.90       | 0.92        | 0.93        | 0.93        | 0.92        |              | 0.92       | 0.89         |

# **SIMULAZIONE n.7**

**Teatro con poltrone della platea e delle gradinate occupate, torre del palcoscenico trattata, pareti laterali NON trattate, pareti posteriori e regia trattate, controsoffitto in MDF forato e pannello in fibra di poliestere sp. 40mm, sorgente omnidirezionale posizionata al centro del boccascena, ad un'altezza h=1.50 m**



**Tabella T30**

|      | 31.5 | 63   | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 16000 | Lin  | A    |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| Room | 2.98 | 1.89 | 1.55 | 0.90 | 0.83 | 0.70 | 0.69 | 0.70 | 0.66 | 0.48  | 2.81 | 0.84 |
| 1    | 3.13 | 2.08 | 1.93 | 0.95 | 0.85 | 0.82 | 0.77 | 0.77 | 0.75 | 0.54  | 2.97 | 1.01 |
| 2    | 3.12 | 2.04 | 1.80 | 0.85 | 0.76 | 0.68 | 0.68 | 0.69 | 0.66 | 0.47  | 2.89 | 0.78 |
| 3    | 3.12 | 2.03 | 1.77 | 0.84 | 0.82 | 0.74 | 0.70 | 0.72 | 0.70 | 0.53  | 2.93 | 0.78 |
| 4    | 3.09 | 2.01 | 1.76 | 0.93 | 0.87 | 0.81 | 0.76 | 0.75 | 0.72 | 0.54  | 2.92 | 0.85 |
| 5    | 3.06 | 1.95 | 1.64 | 0.86 | 0.84 | 0.75 | 0.73 | 0.75 | 0.71 | 0.53  | 2.90 | 0.84 |
| 6    | 3.03 | 1.95 | 1.63 | 0.87 | 0.80 | 0.72 | 0.74 | 0.76 | 0.72 | 0.49  | 2.88 | 0.84 |
| 7    | 2.99 | 1.90 | 1.52 | 1.09 | 1.14 | 0.89 | 0.78 | 0.78 | 0.74 | 0.46  | 2.84 | 0.92 |
| 8    | 2.96 | 1.90 | 1.54 | 0.93 | 0.81 | 0.70 | 0.65 | 0.66 | 0.65 | 0.46  | 2.82 | 0.79 |
| 9    | 2.94 | 1.86 | 1.46 | 1.16 | 1.10 | 0.64 | 0.68 | 0.70 | 0.68 | 0.53  | 2.79 | 0.92 |
| 10   | 2.91 | 1.85 | 1.47 | 1.06 | 0.94 | 0.65 | 0.69 | 0.71 | 0.64 | 0.47  | 2.76 | 0.88 |
| 11   | 2.92 | 1.81 | 1.44 | 1.04 | 0.97 | 0.87 | 0.82 | 0.72 | 0.66 | 0.49  | 2.75 | 0.94 |
| 12   | 2.85 | 1.73 | 1.34 | 0.65 | 0.38 | 0.43 | 0.59 | 0.63 | 0.55 | 0.41  | 2.64 | 0.77 |

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 13 | 3.11 | 2.05 | 1.88 | 0.89 | 0.80 | 0.74 | 0.75 | 0.75 | 0.73 | 0.53 | 2.91 | 0.82 |
| 14 | 3.08 | 2.00 | 1.79 | 0.79 | 0.66 | 0.58 | 0.65 | 0.67 | 0.63 | 0.51 | 2.92 | 0.75 |
| 15 | 3.02 | 1.93 | 1.62 | 0.90 | 0.87 | 0.69 | 0.71 | 0.73 | 0.69 | 0.47 | 2.87 | 0.83 |
| 16 | 2.97 | 1.89 | 1.52 | 0.92 | 0.90 | 0.78 | 0.71 | 0.73 | 0.68 | 0.48 | 2.83 | 0.84 |
| 17 | 2.92 | 1.86 | 1.44 | 0.90 | 0.86 | 0.75 | 0.68 | 0.68 | 0.65 | 0.50 | 2.78 | 0.83 |
| 18 | 2.91 | 1.79 | 1.36 | 1.18 | 1.14 | 0.90 | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.49 | 2.73 | 0.96 |
| 19 | 2.88 | 1.71 | 1.25 | 0.50 | 0.49 | 0.49 | 0.53 | 0.55 | 0.53 | 0.39 | 2.66 | 0.84 |
| 20 | 3.03 | 1.78 | 1.28 | 0.69 | 0.64 | 0.63 | 0.75 | 0.67 | 0.67 | 0.56 | 2.78 | 0.80 |
| 21 | 2.96 | 1.84 | 1.46 | 0.76 | 0.70 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.64 | 0.46 | 2.79 | 0.75 |
| 22 | 2.95 | 1.87 | 1.54 | 1.07 | 0.99 | 0.71 | 0.66 | 0.67 | 0.64 | 0.43 | 2.77 | 0.82 |
| 23 | 2.88 | 1.77 | 1.43 | 1.13 | 1.09 | 0.70 | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.49 | 2.68 | 0.88 |
| 24 | 2.92 | 1.80 | 1.36 | 0.59 | 0.45 | 0.45 | 0.59 | 0.61 | 0.55 | 0.44 | 2.71 | 0.65 |
| 25 | 2.87 | 1.82 | 1.43 | 0.92 | 0.93 | 0.80 | 0.69 | 0.70 | 0.67 | 0.41 | 2.70 | 0.86 |

**Tabella C50**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>A</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|----------|
| Room | -4.01       | -1.42     | 0.68       | 6.71       | 8.84       | 8.96        | 7.95        | 7.50        | 7.71        | 10.17        | 0.43       | 7.78     |
| 1    | 0.47        | 2.91      | 4.59       | 10.74      | 12.58      | 12.84       | 12.27       | 12.06       | 12.28       | 14.66        | 5.93       | 12.23    |
| 2    | -1.32       | 1.06      | 2.89       | 8.62       | 10.05      | 9.85        | 9.20        | 9.22        | 9.98        | 13.19        | 3.61       | 9.49     |
| 3    | -3.42       | -1.08     | 0.58       | 5.74       | 7.68       | 8.04        | 7.43        | 7.15        | 7.54        | 10.19        | 1.28       | 7.40     |
| 4    | -3.54       | -1.10     | 0.75       | 5.54       | 8.07       | 8.74        | 7.56        | 6.92        | 6.96        | 9.20         | 1.14       | 7.36     |
| 5    | -4.55       | -1.86     | 0.34       | 7.02       | 10.29      | 10.38       | 8.98        | 8.45        | 8.49        | 11.71        | 0.52       | 8.83     |
| 6    | -4.69       | -2.13     | -0.11      | 5.62       | 8.38       | 7.69        | 6.14        | 5.80        | 6.02        | 8.53         | -0.15      | 6.31     |
| 7    | -5.35       | -2.73     | -0.63      | 5.46       | 8.33       | 8.09        | 6.40        | 5.70        | 5.93        | 7.75         | -0.74      | 6.30     |
| 8    | -3.41       | -0.68     | 1.70       | 6.84       | 7.50       | 7.95        | 7.78        | 7.50        | 7.78        | 10.27        | 0.74       | 7.62     |
| 9    | -4.15       | -1.41     | 0.92       | 8.32       | 11.33      | 10.95       | 9.00        | 8.16        | 8.22        | 10.38        | 0.15       | 8.74     |
| 10   | -4.24       | -1.74     | 0.13       | 5.00       | 6.30       | 6.91        | 6.56        | 6.33        | 6.58        | 9.00         | -0.45      | 6.41     |
| 11   | -4.25       | -1.63     | 0.50       | 7.34       | 9.07       | 9.34        | 8.28        | 7.69        | 8.01        | 10.40        | -0.53      | 8.02     |
| 12   | -2.98       | -0.49     | 1.68       | 6.61       | 7.86       | 8.37        | 7.88        | 7.45        | 7.67        | 10.03        | -0.20      | 7.50     |
| 13   | -3.35       | -0.65     | 1.57       | 8.04       | 9.92       | 9.99        | 9.16        | 8.83        | 9.53        | 12.42        | 2.49       | 9.25     |
| 14   | -4.49       | -1.88     | 0.35       | 6.19       | 8.21       | 8.21        | 6.97        | 6.39        | 6.54        | 8.77         | 0.69       | 6.94     |
| 15   | -4.57       | -1.98     | 0.38       | 6.67       | 9.14       | 8.11        | 6.23        | 5.61        | 5.71        | 7.77         | 0.16       | 6.33     |
| 16   | -5.32       | -2.63     | -0.32      | 6.20       | 8.80       | 8.28        | 6.59        | 5.95        | 6.26        | 8.08         | -0.62      | 6.56     |
| 17   | -4.58       | -2.04     | -0.02      | 6.66       | 9.22       | 9.37        | 8.14        | 7.41        | 7.42        | 9.59         | -0.55      | 7.78     |
| 18   | -4.76       | -2.29     | -0.25      | 7.28       | 9.18       | 9.31        | 8.70        | 8.22        | 8.22        | 10.21        | -0.96      | 8.26     |
| 19   | -2.86       | -0.52     | 1.11       | 8.01       | 9.84       | 11.31       | 11.78       | 12.02       | 11.99       | 17.06        | 0.04       | 10.82    |
| 20   | -4.05       | -1.27     | 0.45       | 8.72       | 12.67      | 13.48       | 11.79       | 10.97       | 10.82       | 13.45        | -0.21      | 10.87    |
| 21   | -8.59       | -5.56     | -2.46      | 3.21       | 4.73       | 4.74        | 3.75        | 3.29        | 3.48        | 5.69         | -2.31      | 3.79     |
| 22   | -3.80       | -1.34     | 0.36       | 4.76       | 6.30       | 6.60        | 6.01        | 5.87        | 6.22        | 8.46         | 0.12       | 6.04     |
| 23   | -3.13       | -0.58     | 1.57       | 9.56       | 13.47      | 12.39       | 9.96        | 9.31        | 9.53        | 12.21        | 0.66       | 9.85     |
| 24   | -6.08       | -3.29     | -0.45      | 3.91       | 5.05       | 5.49        | 5.12        | 4.63        | 4.62        | 6.22         | -0.38      | 4.89     |
| 25   | -3.29       | -0.67     | 1.43       | 5.71       | 6.96       | 7.48        | 7.00        | 6.65        | 6.98        | 8.94         | 0.31       | 6.84     |

**Tabella STI e RaSTI**

|      | <b>31.5</b> | <b>63</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> | <b>16000</b> | <b>Lin</b> | <b>Rasti</b> |
|------|-------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| Room |             |           | 0.70       | 0.84       | 0.87       | 0.88        | 0.87        | 0.86        | 0.86        |              | 0.86       | 0.84         |
| 1    |             |           | 0.77       | 0.93       | 0.96       | 0.96        | 0.95        | 0.95        | 0.95        |              | 0.95       | 0.93         |
| 2    |             |           | 0.73       | 0.88       | 0.90       | 0.90        | 0.89        | 0.89        | 0.90        |              | 0.89       | 0.87         |
| 3    |             |           | 0.69       | 0.83       | 0.87       | 0.88        | 0.86        | 0.85        | 0.86        |              | 0.86       | 0.84         |
| 4    |             |           | 0.69       | 0.83       | 0.87       | 0.87        | 0.86        | 0.85        | 0.85        |              | 0.86       | 0.83         |
| 5    |             |           | 0.68       | 0.83       | 0.87       | 0.87        | 0.86        | 0.85        | 0.85        |              | 0.86       | 0.83         |

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 6  | 0.69 | 0.82 | 0.85 | 0.85 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.82 |
| 7  | 0.68 | 0.84 | 0.88 | 0.88 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.87 | 0.84 |
| 8  | 0.70 | 0.82 | 0.83 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.86 | 0.84 | 0.82 |
| 9  | 0.69 | 0.85 | 0.88 | 0.88 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.87 | 0.84 |
| 10 | 0.70 | 0.81 | 0.83 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.83 | 0.82 |
| 11 | 0.71 | 0.84 | 0.87 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.86 | 0.86 | 0.84 |
| 12 | 0.72 | 0.84 | 0.87 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.86 | 0.86 | 0.84 |
| 13 | 0.70 | 0.87 | 0.90 | 0.90 | 0.89 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 0.87 |
| 14 | 0.67 | 0.84 | 0.87 | 0.87 | 0.85 | 0.84 | 0.85 | 0.86 | 0.83 |
| 15 | 0.69 | 0.84 | 0.87 | 0.87 | 0.85 | 0.84 | 0.85 | 0.85 | 0.83 |
| 16 | 0.69 | 0.83 | 0.86 | 0.86 | 0.85 | 0.85 | 0.86 | 0.85 | 0.83 |
| 17 | 0.69 | 0.83 | 0.85 | 0.86 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.83 |
| 18 | 0.69 | 0.85 | 0.88 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.85 |
| 19 | 0.71 | 0.85 | 0.90 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.91 | 0.88 |
| 20 | 0.70 | 0.86 | 0.91 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.87 |
| 21 | 0.63 | 0.79 | 0.82 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | 0.78 |
| 22 | 0.70 | 0.80 | 0.83 | 0.85 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.85 | 0.83 |
| 23 | 0.70 | 0.87 | 0.92 | 0.91 | 0.88 | 0.87 | 0.88 | 0.89 | 0.86 |
| 24 | 0.67 | 0.82 | 0.85 | 0.86 | 0.84 | 0.83 | 0.83 | 0.84 | 0.82 |
| 25 | 0.71 | 0.83 | 0.85 | 0.86 | 0.87 | 0.86 | 0.87 | 0.86 | 0.84 |

### Ulteriori informazioni circa l'interpretazione dei dati:

*Materiali e coefficienti di assorbimento acustico impiegati per la simulazione (i valori indicati sono quelli "tipici" di un pannello forato per il soffitto e di un pannello in lana minerale per le pareti):*

| Hz       | 31.5 | 63  | 125  | 250  | 500  | 1K   | 2K   | 4K   | 8K  | 16K  |
|----------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Soffitto | 0.1  | 0.2 | 0.55 | 0.85 | 0.9  | 0.75 | 0,48 | 0.4  | 0.4 | 0,48 |
| Pareti   | 0.05 | 0.1 | 0.13 | 0,72 | 0.95 | 0.95 | 0.92 | 0.93 | 0.9 | 1    |
| Sedute   | 0.2  | 0.3 | 0.44 | 0.6  | 0.77 | 0.89 | 0.82 | 0.7  | 0.6 | 0.5  |

### *Range degli indici di qualità per il parlato:*

Per l'indice di chiarezza per il parlato  $C_{50}$ , si considerano i seguenti valori:

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Da -12 a -6 dB  | Pessimo     |
| Da -6 a +4 dB   | Accettabile |
| Da +4 a +10 dB  | Buono       |
| Da +10 a +18 dB | Ottimo      |

### *Scala dei valori dello Speech Transmission Index:*

