

STUDIO  
SOUND  
SERVICE

ACUSTICA ARCHITETTONICA  
PER AMBIENTI CHIUSI, TEATRI,  
AUDITORIUM E GRANDI EVENTI.

SAIE - IFSARTS - SCOSA - AES

venerdì 19-10-12

# Progettazione acustica dei grandi ambienti

dott. Donato Masci - Studio Sound Service s.a.s.  
[donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.**  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)*

# Presentazione

Works » Studi di Registrazione Teatri Chiese Radio Auditorium – Sale Conferenza Italiano English

 STUDIO SOUND SERVICE  
acoustic design

Home News Studio » Servizi » Didattica » Realizzazioni » Portfolio Contatti search this site... 🔍



« Progettiamo e correggiamo l'acustica per ogni spazio ed ogni suono. »

[www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



# Progettazioni acustiche



- Studi di registrazione
- Teatri - Sale da concerto
- Auditorium - Sale Conferenza
- Cinema, studi radio/TV
- Luoghi di culto
- Consulenze in acustica edile, civile, industriale e legale

# Portfolio

Studio Sound Service s.a.s.

Donato Masci - Fabrizio Giovannozzi

## Studi per artisti e produttori come:

- Andrea Bocelli, Eros Ramazzotti, Ligabue, Piero Pelù, Enrico Cremonesi, Mogol, Venditti, Masini, Homo Sapiens, Planet Funk, Mario Manzani, Roberto Zanetti

## Circa 300 studi di registrazione e mastering in tutta Italia tra cui citiamo:

- Larione 10, Firenze
- House of Glass (Gianni Bini), Viareggio (LU)
- International Sound, Conversano (BA)
- Top Studio (Pietro Benini), Savio Ravenna (RA)
- Sound Studio Service (Capaccioni), Città di Castello (PG)
- Audacia Records (Stornelli), Avezzano (AQ)
- Creative Mastering (Cappelli), Forlì
- PPG Studio (Guerrini - Bocelli) S. Pietro Belvedere (PI)
- Sudestudio, Guagnano (LE)

## Studi radio/televisivi e postpr. a/v

- Mediaset (Matrix, Striscia la Notizia, TG5 e altri)
- Radio Subasio, Radio Toscana, Lady Radio, Radio Cuore, Radio Blu
- Jinglebell, Milano

## Cinema

- Home cinema per George Lucas in residenza privata italiana
- Cromie Disco e Imax, Castellaneta Marina (TA), Cinema a 360°

## Edifici Religiosi

- Santuario di Maria Theotokos di Loppiano (FI) (più teatro/auditorium annesso)
- Chiesa di Santa Maria Nuova di Terranuova Bracciolini (AR) (arch. Mario Botta)
- Chiesa di San Gerardo a Monza
- Chiesa di Castiglioncello del Trinoro, Sarteano

## Teatri e Auditorium

- Auditorium del Nuovo Palazzo di Giustizia di Firenze (*in lavorazione*)
- Teatro Bucci San Giovanni Valdarno (*in lavorazione*)
- Teatro Boccaccio di Certaldo (*in lavorazione*)
- Teatro Politeama di Poggibonsi
- Teatro del Popolo di Colle Val D'Elsa
- Teatro del Popolo di Castelfiorentino
- Teatro dei Risorti di Buonconvento

# Schema della presentazione

1. Le fasi della progettazione acustica
2. Linee guida al progetto acustico della sala
3. Modelli di simulazione
4. Casi studio



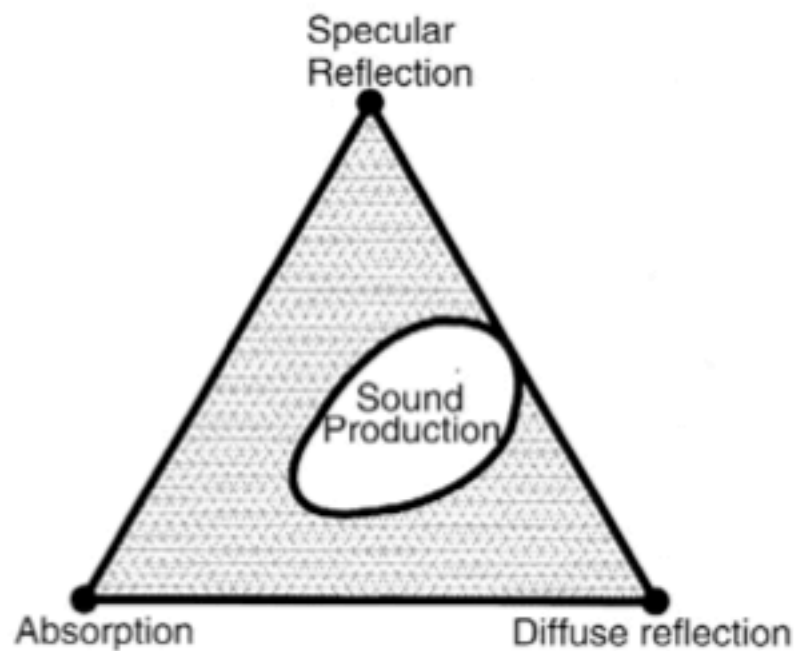
# Combinazioni delle superfici al contorno

Linee guida per una buona progettazione acustica:

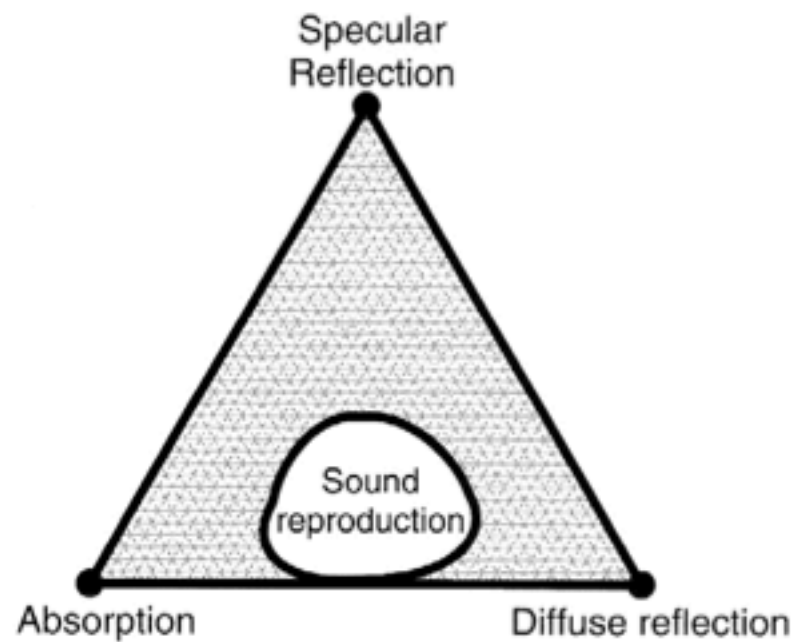
1. volume appropriato
2. geometria e forma ottimizzate
3. trattamento acustico delle superfici.

Il punto 3. segue da un'appropriata scelta di combinazioni e posizionamenti di materiale con caratteristiche acustiche **assorbenti, riflettenti e diffondenti.**

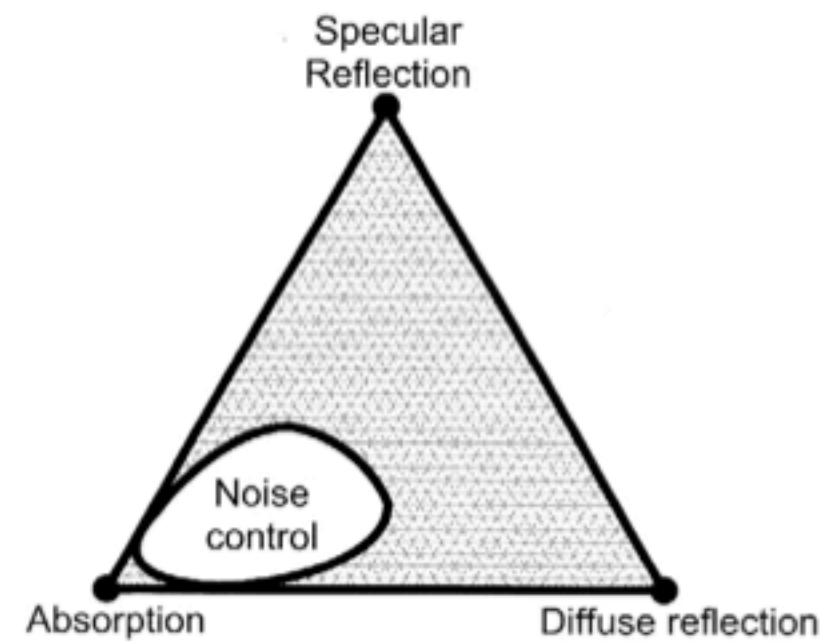
Ogni ambiente ha necessità differenti:



Concert Halls  
Opera Houses  
Teatri di prosa  
Auditorium  
Sale Conferenza  
Luoghi di culto

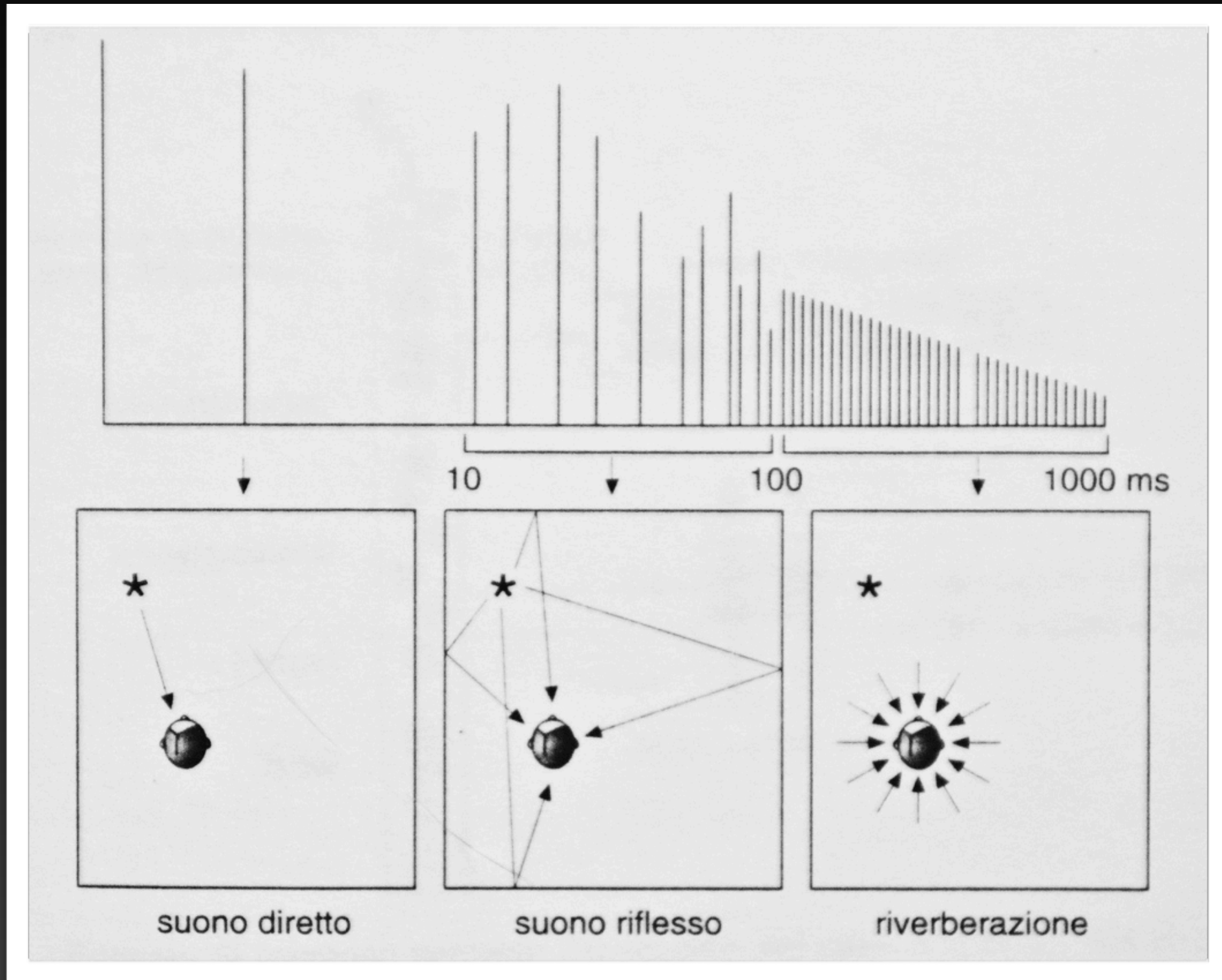


Studi di registrazione  
Studi Radio televisivi  
Home Theatres



Ambienti industriali  
Palestre  
Piscine  
Biblioteche  
Foyer - altri

# Suono in un ambiente chiuso



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



# Tempo di riverberazione ottimale

Per la migliore intelligibilità si deve avere nel punto di ascolto un'intensità sonora sufficiente ed una dispersione temporale non eccessiva del suono emesso dalla sorgente

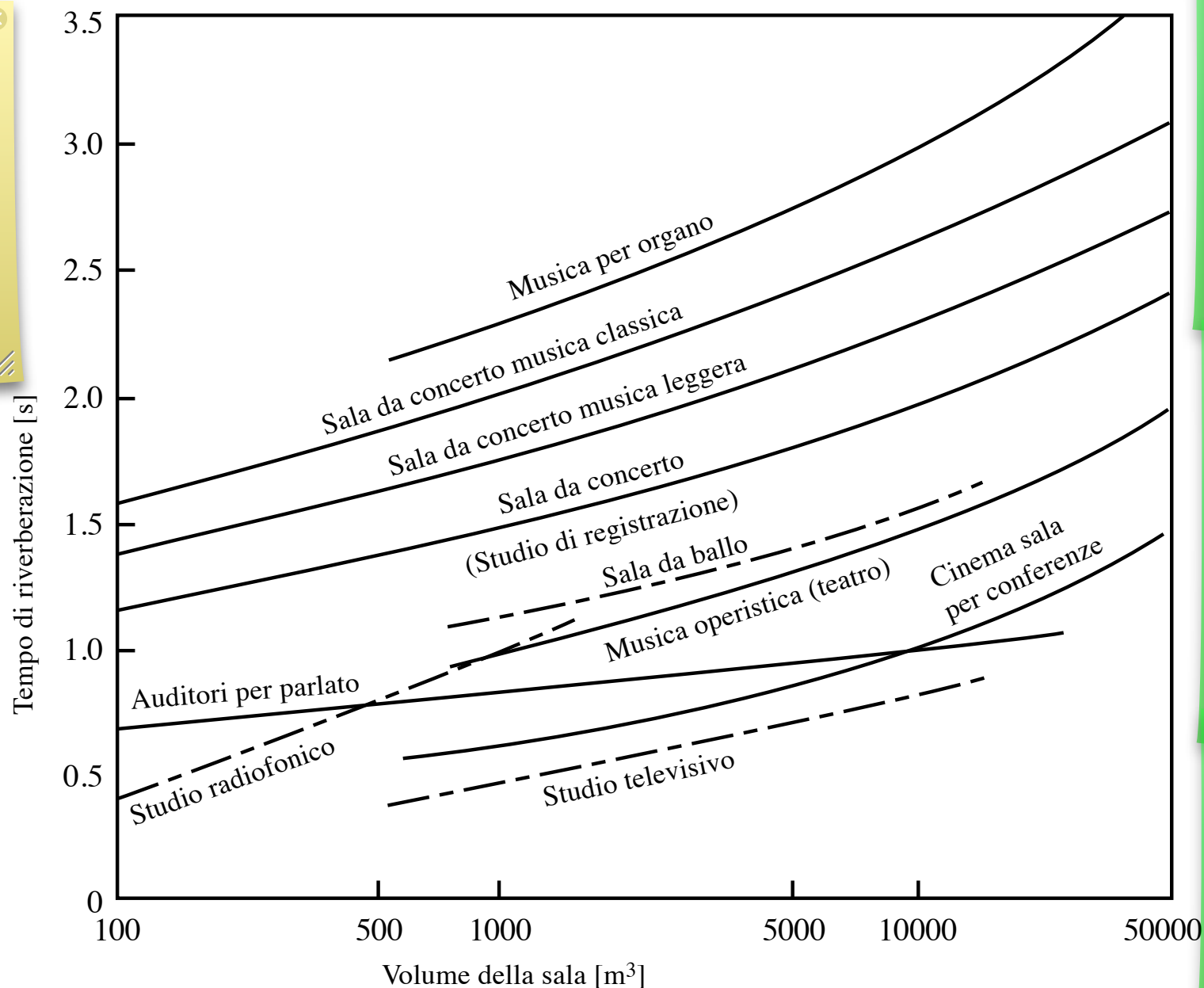
Nella ricerca del tempo di riverberazione ottimale di un ambiente, la riverberazione gioca un ruolo duplice...

**RIVERBERAZIONE:** ruolo duplice

- (+) innalza l'intensità sonora rispetto a quella del suono diretto;
- (-) aumenta la dispersione temporale, incidendo negativamente sulla comprensione delle note e dei fonemi.

**Il tempo di riverberazione deve assumere un valore ottimale in modo da offrire il miglior compromesso possibile.**

si è rilevato che mediamente gli ascoltatori preferiscono livelli diversi di riverberazione a seconda della grandezza della sala e del tipo di performance.



D'altra parte, l'organo uditivo umano, per ambienti più grandi, accetta un lieve peggioramento dell'intelligibilità in favore del livello sonoro

La sensazione oggettiva di maggiore vastità dell'ambiente che viene spontaneamente associata ad una coda sonora più lunga è in generale considerata gradevole dagli ascoltatori, tanto che il riv è uno degli effetti più comuni

Inoltre il tempo di riverberazione ottimale degli ambienti dedicati ad attività musicali è superiore a quello degli ambienti adibiti al parlato

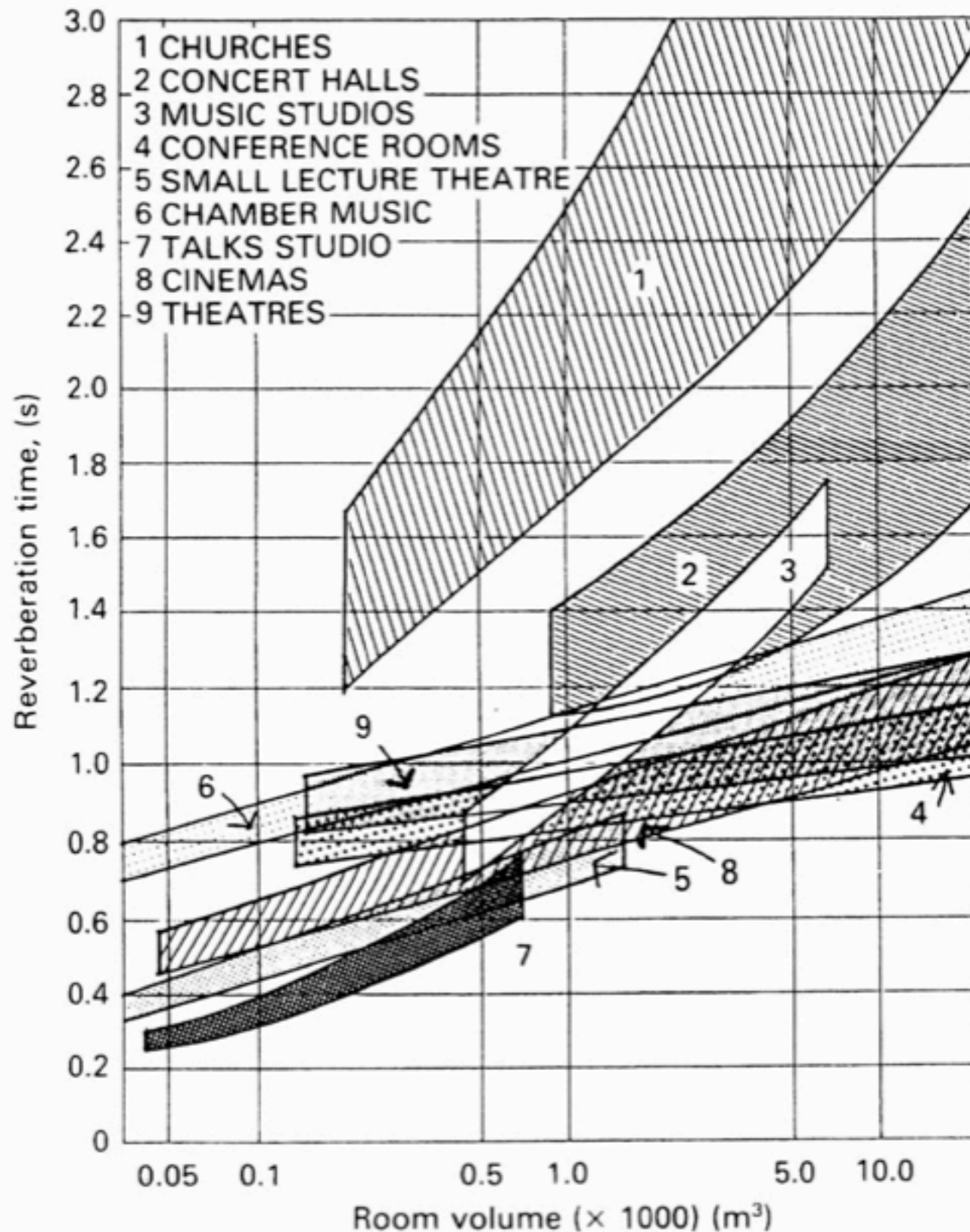
il valore ottimale cresce all'aumentare del volume della sala per una determinata destinazione d'uso:

formule empiriche  
( $V$  in  $m^3$ )

$$RT60_{parlato} = 0.1 V^{1/3}$$

$$RT60_{musica} = 0.5 + 10^{-4} V$$

si è rilevato che mediamente gli ascoltatori preferiscono livelli diversi di riverberazione a seconda della grandezza della sala e del tipo di performance.



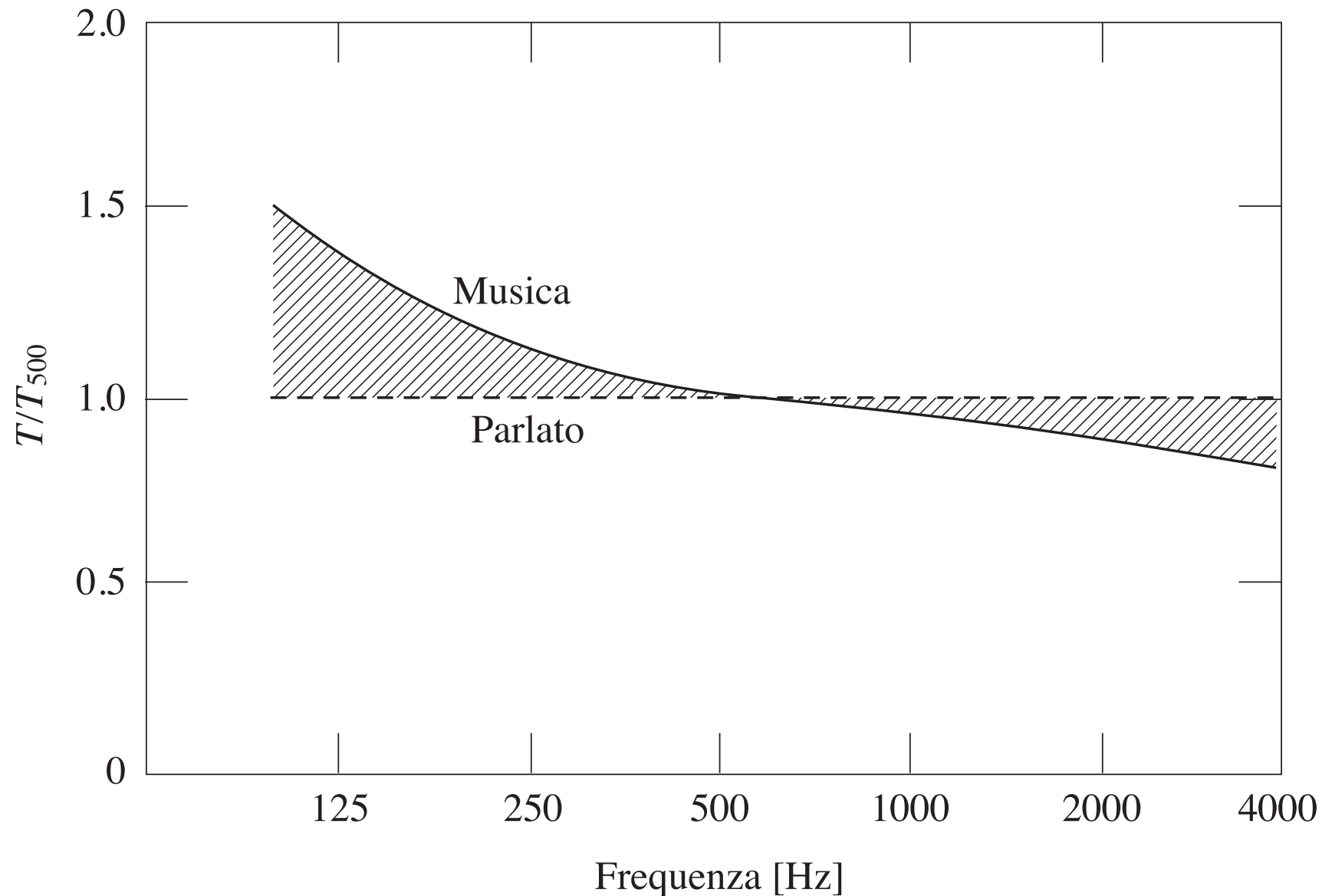
D'altra parte, l'organo uditivo umano, per ambienti più grandi, accetta un lieve peggioramento dell'intelligibilità in favore del livello sonoro

La sensazione oggettiva di maggiore vastità dell'ambiente che viene spontaneamente associata ad una coda sonora più lunga è in generale considerata gradevole dagli ascoltatori, tanto che il riv è uno degli effetti più comuni

Inoltre il tempo di riverberazione ottimale degli ambienti dedicati ad attività musicali è superiore a quello degli ambienti adibiti al parlato



# andamento del tempo di riverberazione ottimale in funzione della frequenza:



il tempo di riverberazione ottimale alle frequenze più basse può quasi raddoppiare rispetto al valore corrispondente a 500 Hz

# Valori di RT60 relativi a importanti sale acusticamente efficienti

qui mostriamo i tempi di riverberazione a varie frequenze di alcune tra le più importanti sale da concerto

è da notare che i valori di RT60 delle ultime due sale che sono adibite a musica lirica sono più bassi

Sala	$V/10^3$ [m <sup>3</sup> ]	$S/10^3$ [m <sup>2</sup> ]	Tempo di riverber. [s] a varie frequenze [Hz]						Prima riflessione [ms]	Posti
			125	250	500	1000	2000	4000		
Gerusalemme, Binyanei Ha'oomah	24.7	2.4	2.2	2.0	1.75	1.75	1.65	1.5	13-26	3100
New York, Carnegie Hall (pre-rest.)	24.3	2.0	1.8	1.8	1.8	1.6	1.6	1.4	16-23	2800
Boston, Symphony Hall	18.7	1.6	2.2	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	7-15	2600
Amsterdam, Concertgebouw	18.7	1.3	2.2	2.2	2.1	1.9	1.8	1.6	9-21	2200
Glasgow, St. Andrew's Hall	16.1	1.4	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	1.5	8-20	2100
Philadelphia, Academy of Music	15.7	1.7	1.4	1.7	1.45	1.35	1.25	1.15	10-19	3000
Bristol, Colston Hall	13.5	1.3	1.85	1.7	1.7	1.7	1.6	1.35	6-14	2200
Bruxelles, Palais des Beaux Arts	12.5	1.5	1.9	1.75	1.5	1.35	1.25	1.1	4-23	2200
Göteborg, Konzerthus	11.9	1.0	1.9	1.7	1.7	1.7	1.55	1.45	22-23	1400
Lipsia, Neues Gewandhaus	10.6	1.0	1.5	1.6	1.55	1.55	1.35	1.2	6-8	1600
Basilea, Stadt-Casino	10.5	0.9	2.2	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	6-16	1400
Cambridge (Mass.), Kresge Auditorium	10.0	1.0	1.65	1.55	1.5	1.45	1.35	1.25	10-15	1200
Buenos Aires, Teatro Colon	20.6	2.1	—	—	1.7	—	—	—	13-19	2800
New York, Metropolitan Opera	19.5	2.6	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	18-22	2800
Milano, Teatro alla Scala	11.2	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	0.9	12-15	2500

Fig. 1.3. Tempi di riverberazione alle varie frequenze di alcune sale da concerto (da KINSLER, *Fundamentals of Acoustics* 4<sup>a</sup> ed.).

# Altri parametri acustici

G<sub>t<sub>s</sub></sub> TIACC Clarity RASTI C80  
L<sub>f</sub> IACC C50 BR DirSPL  
D<sub>50</sub> Definition ITD  
W<sub>IACC</sub> D<sub>50</sub> G  
TotSPL

AlSTI  
cons



Leo Beranek tuttora professore al MIT, fu il più autorevole tra i successivi fisici che studiarono l'acustica ambientale.

# Leo Beranek

Nel suo trattato, del 1962, analizza 100 sale da concerto con diversi parametri oggettivi e tenta poi di metterli in relazione con le opinioni soggettive di famosi direttori d'orchestra e addetti ai lavori

1962: *Music, Acoustics and Architecture*

Analisi di 100 tra le più importanti *concert halls*.

Tentativo di classificazione delle sale da concerto utilizzando parametri oggettivi.



Il tempo di riverberazione è un parametro fondamentale, ma non è l'unico adatto a valutare l'acustica di un ambiente.

ITDG - Initial time delay gap (intervallo temporale di ritardo iniziale)

il tempo di riverberazione ha una certa varianza tra le sale migliori, tuttavia i valori sono compresi tra 1,2 - 2.0 sec

## Introduzione di nuovi parametri per l'acustica ambientale

Attributo Soggettivo	Criterio di misura oggettiva	Parametri utilizzati
Chiarezza e trasparenza armonica	Rapporto tra energia vicina e lontana dal suono diretto	Criteri energetici (C80, C50, D50, $t_s$ , G)
Riverberazione	Decadimento dell'energia sonora	Tempi di riveberazione (T30, T20, T10, EDT)
Spazialità del campo acustico	Energia Laterale, dissimilarità dei segnali alle due orecchie	Spazialità mono e binaurale (IACC, $L_f$ , ASW, LEV, $W_{IACC}$ , $T_{IACC}$ )
Intimità	Distanza, ritardo della prima riflessione e livello sonoro	Tempo di ritardo iniziale (ITDG)
Loudness	Livello sonoro	Livelli sonori e rinforzo sonoro (G, DirSPL, TotSPL, D/R ratio)
Calore	Relazione tra riverberazione alle frequenze gravi e medie	Bass Ratio (BR)
Intelligibilità	Intelligibilità e comprensione del parlato	Parametri di intelligibilità (STI, RaSTI, ALcons)

# Evoluzione: acustica vs tecnologia

## Parametri Temporal

- 1890 Sabine:**  
- Legge di Sabine  
- Tempo di Riverberazione RT60

## Parametri Energetici

- 1962 Beranek:**  
- Music, Acoustics and Architecture, questionario in sale da concerto  
- Nuovi parametri acustici (ITDG, Loudness, RT (EDT, caratteristiche in frequenza della riverberazione etc) C80, C50, D50)

## Parametri di Intelligibilità Parametri di Spazialità e “inviluppo”

- 1971 Houtgast e Steeneken:**  
- Intelligibilità del parlato  
- STI (poi RaSTI, STIPA)

- 1977 Ando e Kageyama:**  
- preferenze soggettive in relazione a fattori fisici binaurali  
- IACC, ITDG

- 1971 Barron:**  
- Impressione spaziale, sensazione di “inviluppo”  
- SCC

- 1972 Damaske e Ando:**  
- soggettività della diffusione e direzione della sorgente sonora  
- IACC, T<sub>IACC</sub>

- 1983-1997 Sato, Mori, Ando e Cocchi, Farina e Rocco:**  
- preferenza soggettiva rispetto a 4 parametri “ortogonali” del campo acustico  
- Listening level, ITDG, IACC, T<sub>IACC</sub>

1890

1960

1970

1980

1990

AM Radio  
Electrical Phonographs

Reel to Reel

Primo stereo

Dolby Cassettes

AM/FM/Phono

44.1/16 Digital CD

Dolby Surround, THX  
70mm & IMAX

MP3, AC3, DTS 96/24  
DVD-A, SACD

5.1 compressed  
digital system

**1886 Tainter & Bell:**  
Invenzione del grammofono  
(registrazione su disco)

**1948 Introduzione vinile 12”**

**1971 microprocessore CPU**

**1949 AMPEX 300**

**1978 Sony**  
Walkman

**1992 Sony**  
MiniDisc (MD)

**1901 Prima trasmissione radio transatlantica**

**1954 Prima radio a transistor portatile**

**1952 Registratore 8-tracce**

**1982 Commodore**  
Commodore 64

**1995 DVD**

**1914 Ford “T”**  
Prima Autoradio

**1956 Registrazioni a nastro STEREO**

**1982 Sony & Philips**  
Compact Disc (CD)

**1997 MP3**  
Popolarità del formato compresso MP3

**1904 Marconi:**  
Breveto radio

**1958 Primo LP STEREO**

**1985 IXI**  
Primo player audio digitale

**1999 Napster**  
mp3 peer-to-peer sharing

**1926 John Logie Baird**  
Invenzione della Televisione

**1962 Philips**  
Compact Cassette Tape

**1933 Armstrong**  
Invenzione dell’FM

**1967 TV Color in UK**

**1936 Magnetophone**  
Primo registratore a nastro magnetico

**1969 Dolby-B noise reduction**

**2001 Apple**  
iPod

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.**  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

# 2. Le fasi della progettazione acustica



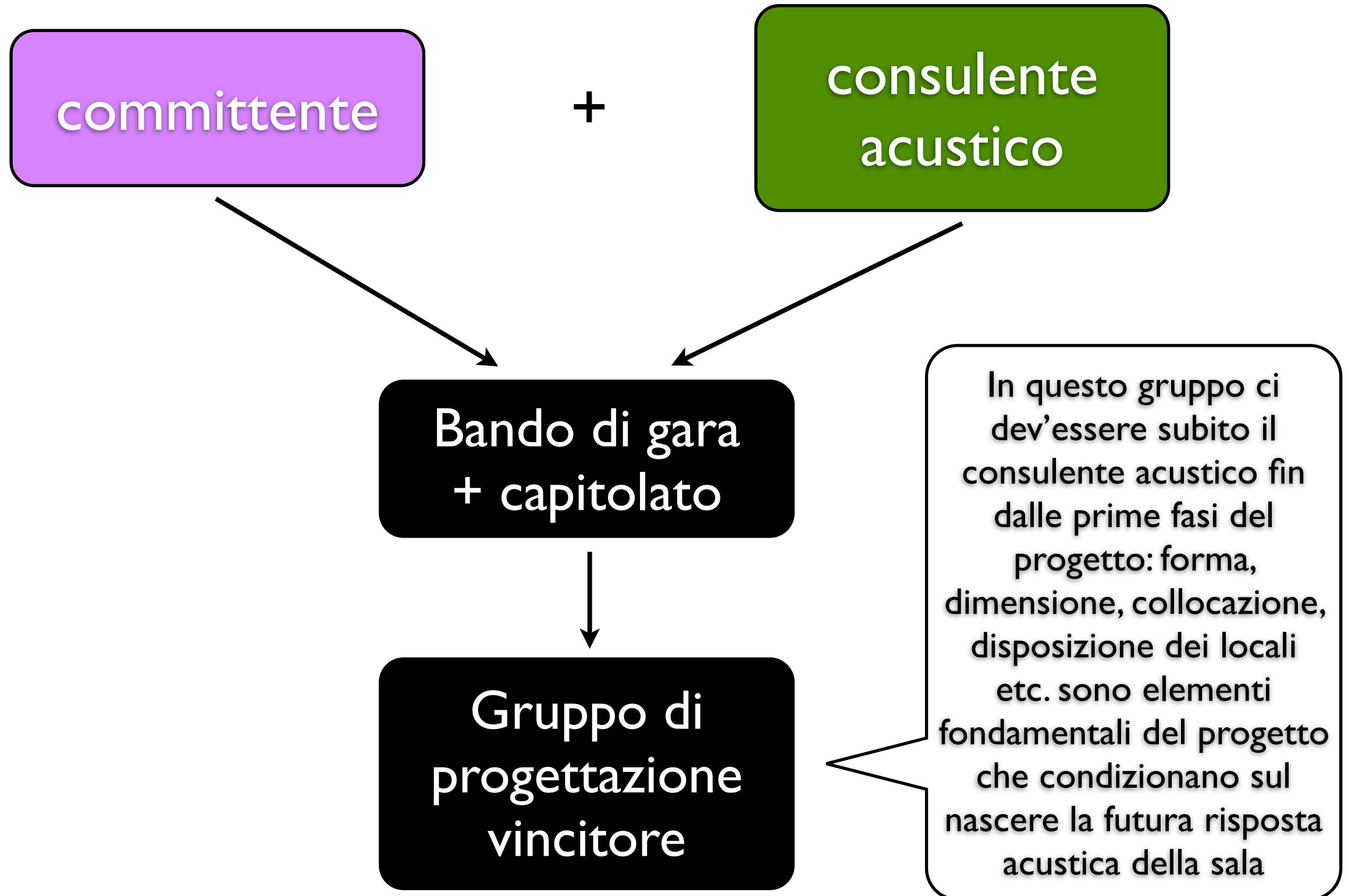
domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



# Il progetto acustico





# Relazione acustica metodologica

1. Il contesto acustico in cui si inserisce la sala (clima acustico)
2. Disposizione degli ambienti e degli impianti
3. Isolamenti acustici di facciata
4. La progettazione acustica della sala
5. La sala e il palcoscenico (se c'è)
6. La buca d'orchestra e il palcoscenico (nel caso dei teatri d'opera)
7. Il rumore degli impianti
8. L'acustica di altri ambienti con specifiche vocazioni acustiche
  - nel caso dei teatri: il ridotto, i camerini, le sale prove coro, ballo e orchestra, etc;
  - nel caso di sale conferenza: gli ambienti per la traduzione simultanea, le regie audio/video, etc.

# Vecchio e Nuovo?

Le fasi di progettazione acustica che abbiamo indicato sono applicabili sia ad una sala nuova o al restauro/ricostruzione/recupero di una vecchia.

La vera differenza tra i due casi sta nel fatto di poter effettuare una campagna di misurazioni acustiche *ad hoc* per una sala già esistente per capire perfettamente lo stato di fatto.



**“fotografia acustica”**

# Correzioni?

Dalla “fotografia acustica” si possono valutare le prestazioni acustiche della sala nello stato di fatto:

partendo da questo risultato si possono capire le necessità di correzione.

Tutti gli interventi poi vanno discussi con il committente e il resto della progettazione: i risultati acustici finali che si potranno raggiungere non dipenderanno quindi solo dal progetto acustico, ma da una serie di vincoli (estetici, meccanici, funzionali, etc)

# Vincoli per le grandi sale

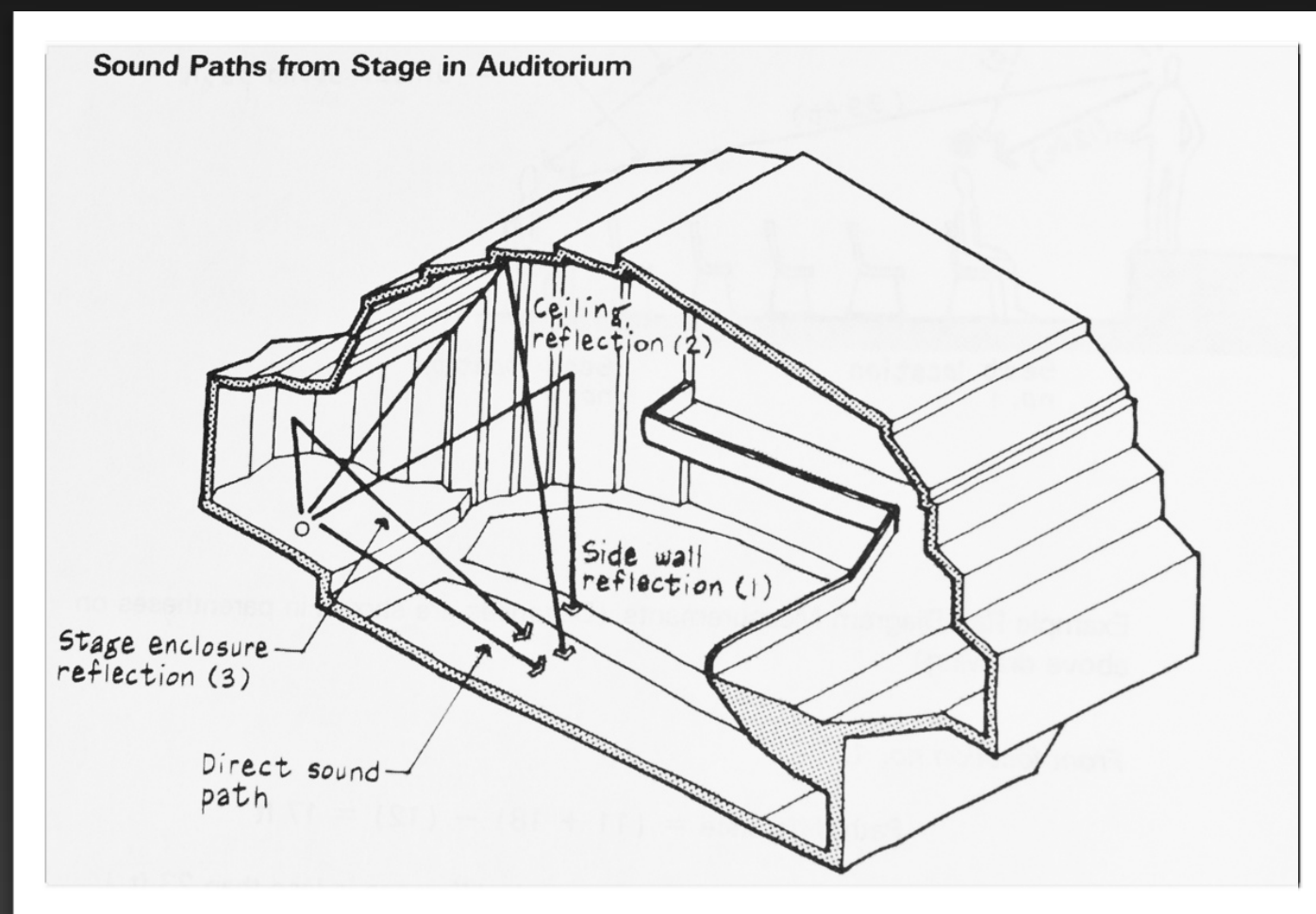
Tutte le sale di grandi dimensioni con una certa capienza sono soggette a severe norme di sicurezza e di prevenzione incendi imposte dalla legge, che lasciano poco spazio all'utilizzo di materiali di tipo tradizionale ed impongono percorsi di fuga obbligati.



## **soluzioni alternative**

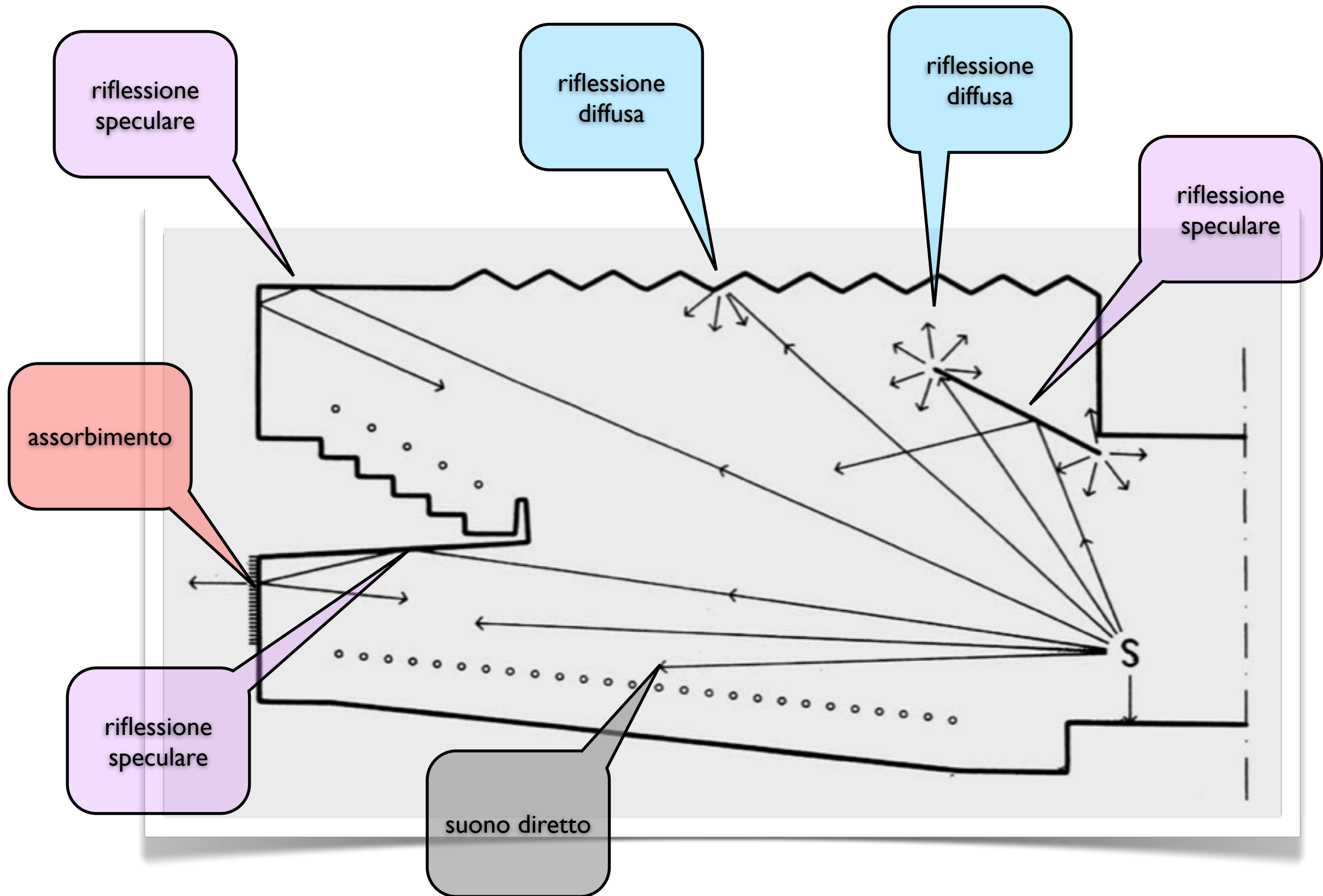
(è pressochè impossibile la mera copia di sale storiche prestigiose)

# 3. Linee guida al progetto acustico della sala





# Sorgente e campo sonoro



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

# Campo diretto

Il livello sonoro che è possibile accettare nelle posizioni più lontane deve essere sufficientemente elevato da superare il rumore di fondo eventualmente esistente.

**1. Ridurre al minimo il rumore di fondo**  
(impianti, sorgenti sonore interne e esterne, qualità infissi etc)

**2. “Amplificare” il suono diretto**  
(la sala può essere progettata per questo scopo oppure si può ricorrere a soluzioni elettroacustiche)

# Calcolo della massima distanza “utile”

$$L_p \cong L_w - 20 \log \frac{r}{r_0} - 11 + 10 \log Q$$

$$Q = 1$$

$$L_w = 75 \text{ dB}$$

$$r = 10 \text{ m} \longrightarrow L_p = 44 \text{ dB}$$

$$r = 20 \text{ m} \longrightarrow L_p = 38 \text{ dB}$$

$$r = 30 \text{ m} \longrightarrow L_p = 34 \text{ dB}$$

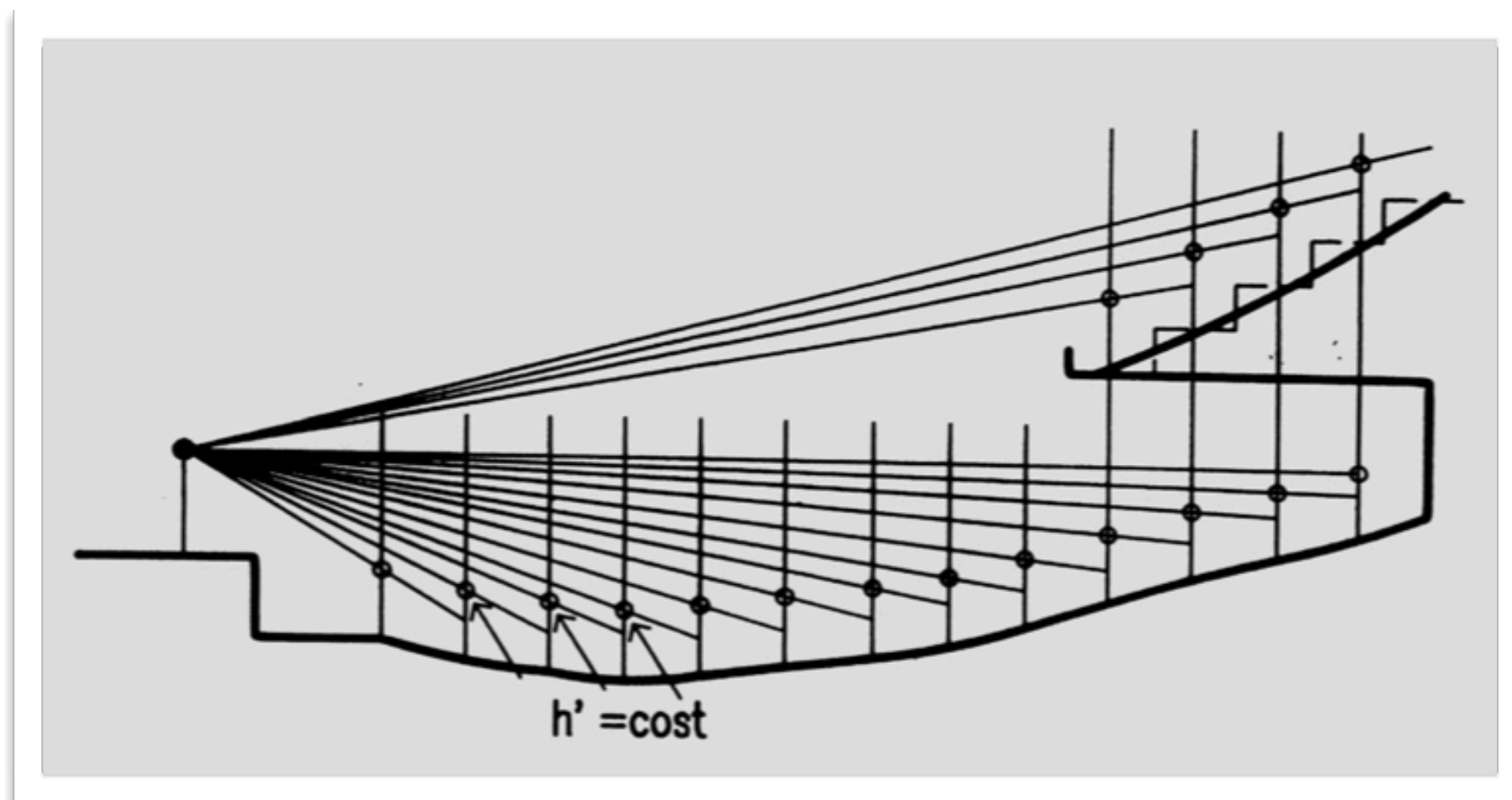
alla distanza di 25-30 m  
il livello sonoro è già  
confrontabile con  
quello del rumore di  
fondo

$$\text{Teatro di Prosa} \longrightarrow r_{\max} = 25 \div 30 \text{ m}$$

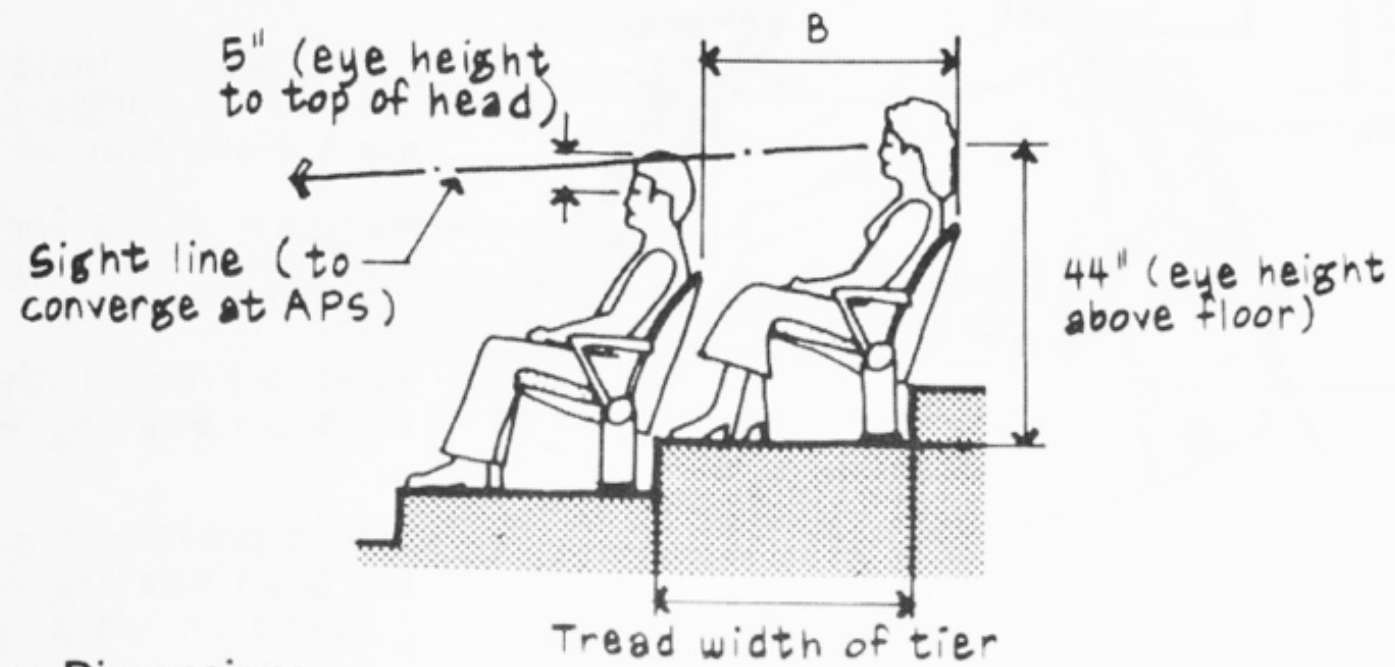
$$\text{Auditorium} \longrightarrow r_{\max} = 40 \div 45 \text{ m}$$

# Calcolo della inclinazione della platea

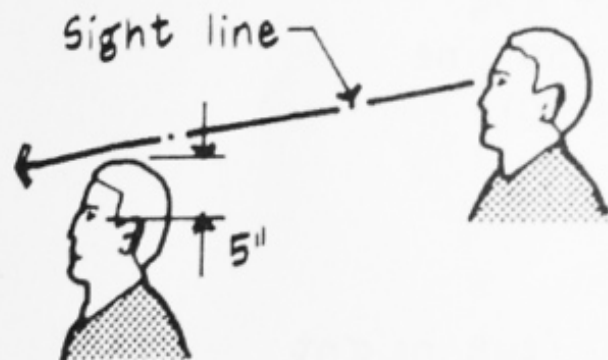
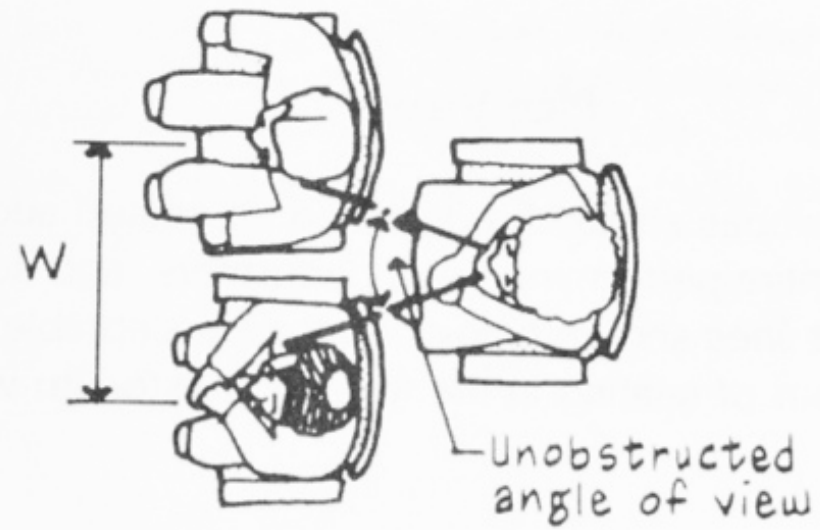
Si costruisce geometricamente tenendo conto delle linee di visibilità: una buona visibilità generalmente garantisce un buon ascolto.



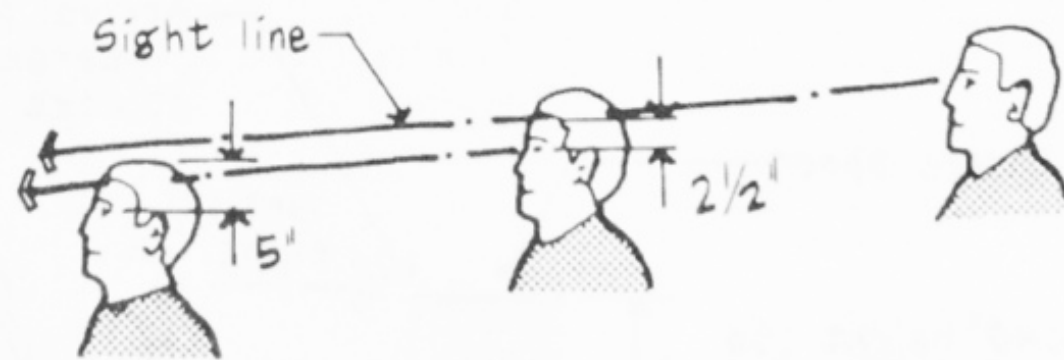




Average Seating Dimensions



Every-Row Vision



Every-Other-Row Vision

# Balconate

Le balconate vengono utilizzate nelle grandi sale per ridurre la distanza tra i posti più lontani e la sorgente e per aumentare la capacità della sala.

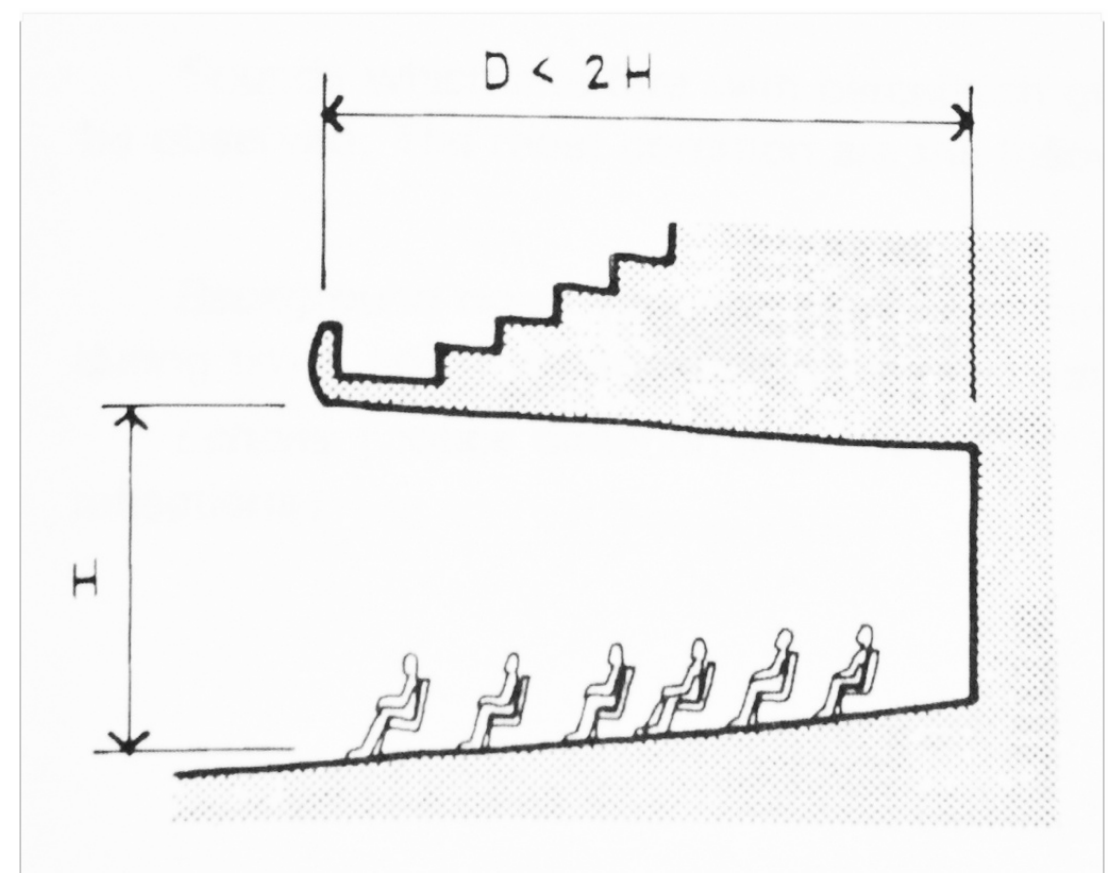
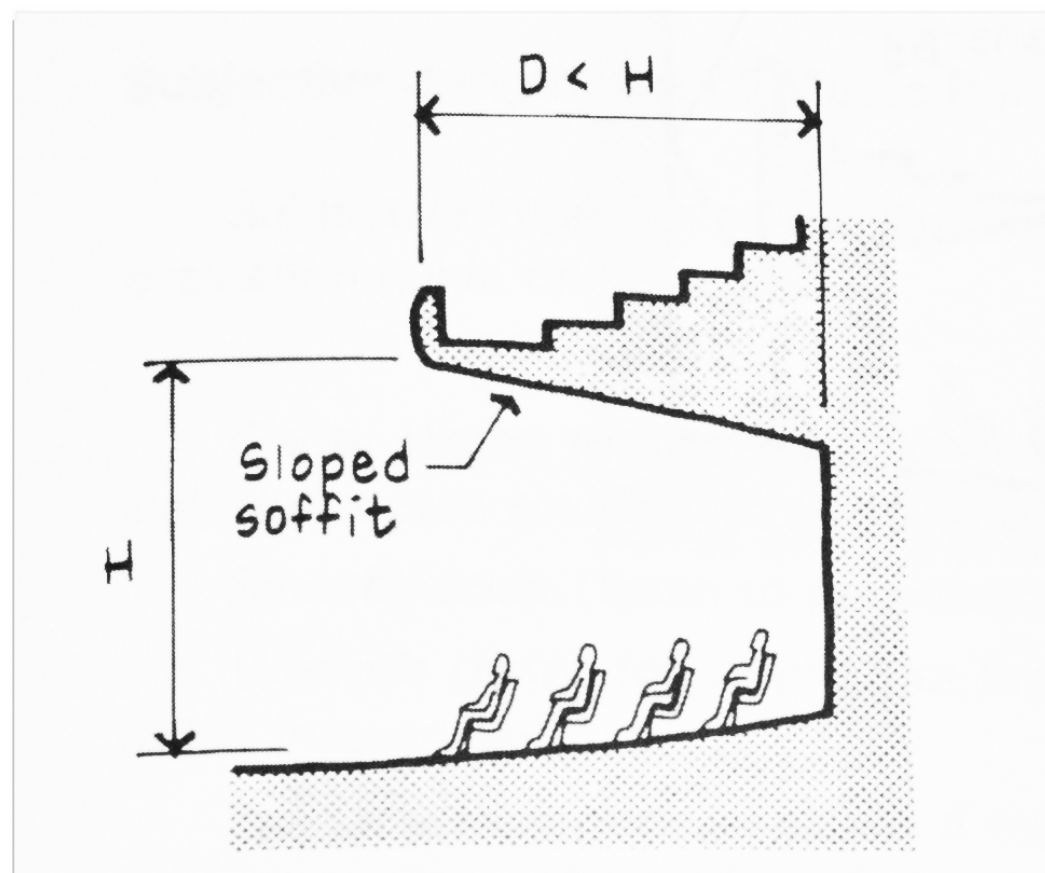
Se non correttamente dimensionate, possono essere causa di difetti acustici come echi o zone d'ombra.

Inoltre le sale con balconate devono avere un'altezza maggiore.

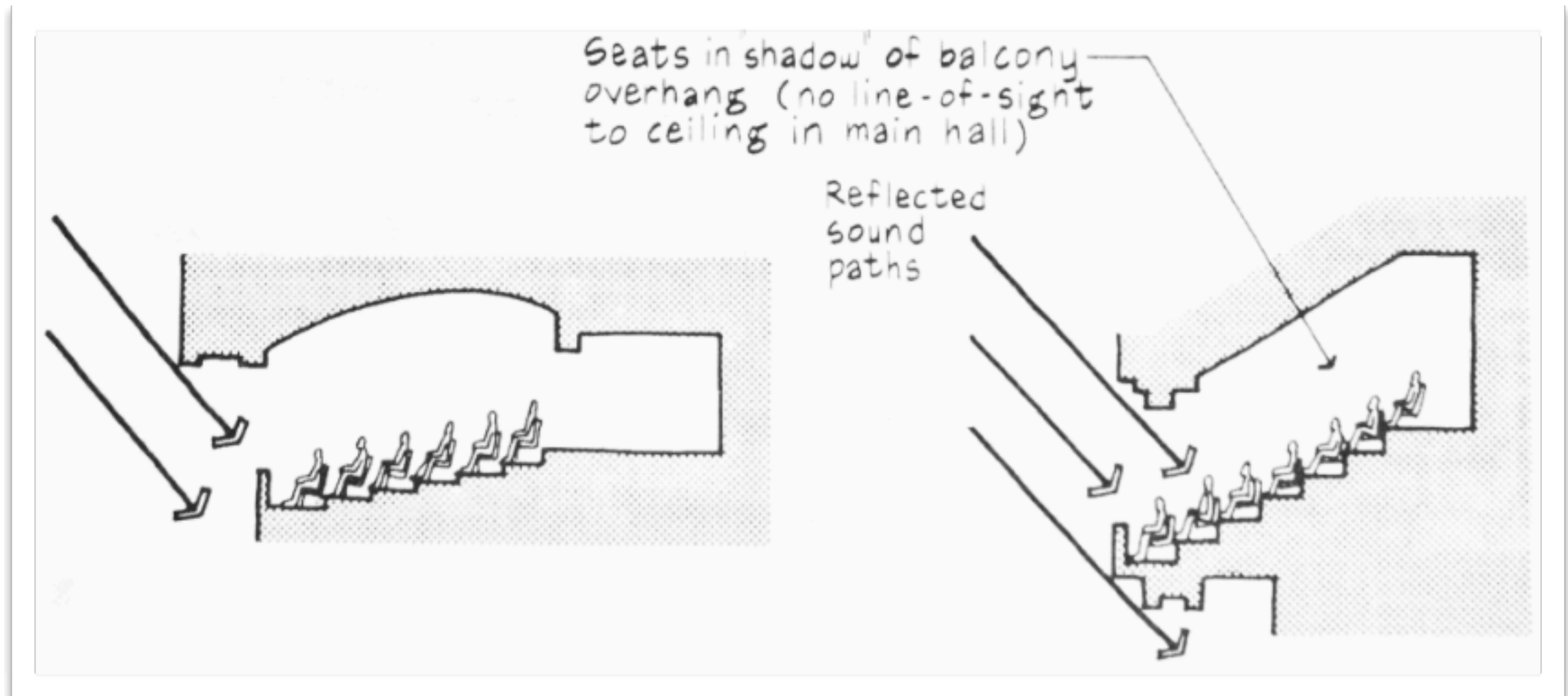
# Specifiche per le balconate

Concert Halls  
&  
Teatri d'Opera

Cinema



# Balconate “sbagliate”



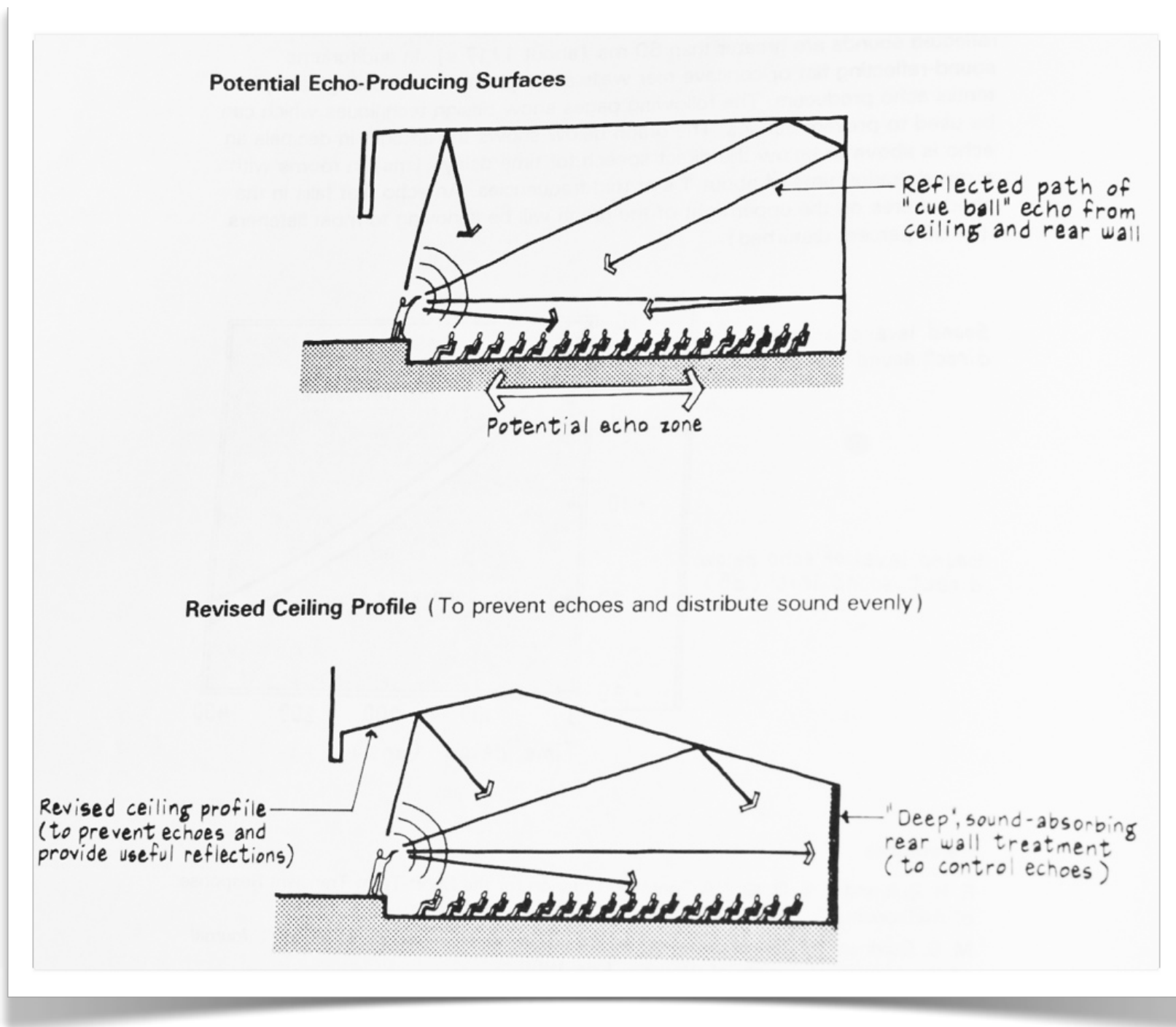
situazioni in cui non avviene la prima riflessione dal soffitto: il suono è molto debole!



# Prime riflessioni

**Negative:** giungono dopo 35 ms e possono creare echi (capita spesso per le pareti di fondo)

**Positive:** giungono all'ascoltatore dopo poco tempo rispetto al suono diretto (ITDG = 0÷35 ms)



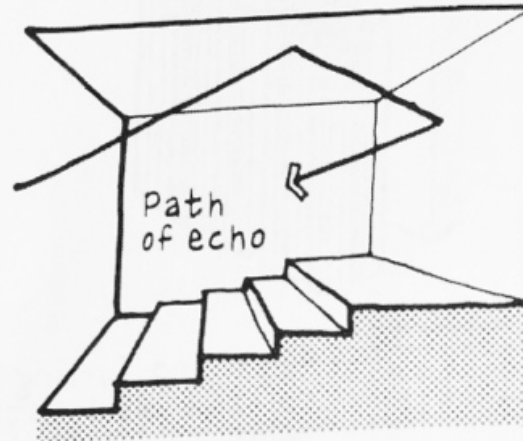
# Parete di fondo

1. correzione  
assorbente

2. correzione  
diffondente

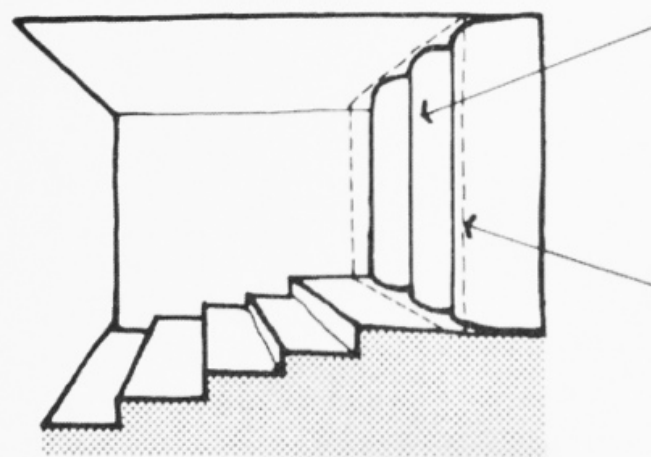
3. correzione  
riflettente

**Echo-Producing Rear Wall**  
(Echo at ceiling-wall reentrant angle)



**Surface Modulations or "Rumples"**  
(Use cylinders with different radii for optimum diffusion)

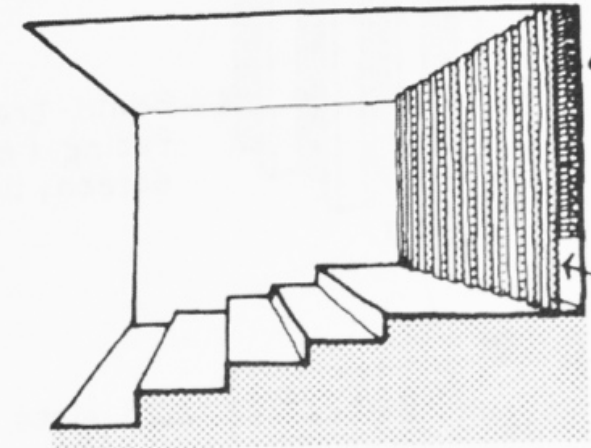
Large-scale irregularities or modulations at cylinder diameter  $> \frac{1}{2} \lambda$  (to provide diffusion)



Optional sound-transparent facing (to provide visual barrier)

**Sound-Absorbing Treatment**  
(Extend deep treatment from seated head level)

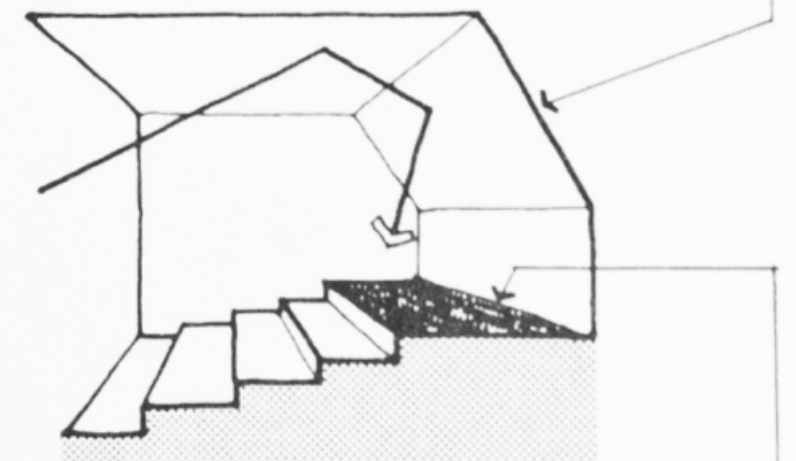
"Deep" sound-absorbing treatment such as glass-fiber blanket (or board) supported by furring



Protective sound-transparent facing (called "transodent")

**Splayed Wall**  
(To produce useful short-delayed reflections)

Splayed surface (to direct sound downward)



Carpet (with pad underneath)

# Soffitto

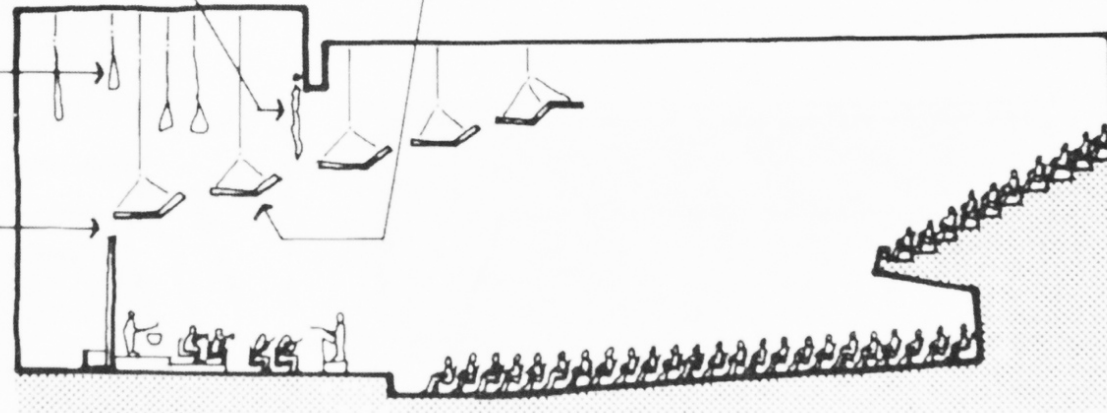
**Coupled Stagehouse** (With open articulating shell to allow flow of low-frequency sound energy)

Translucent scrim curtain  
(to allow sound energy to  
flow into main auditorium)

"Articulating" orchestra shell panels  
(with adjustable orientation and height  
to control mix of reflected sound)

Stage hangings (remove  
or tie back)

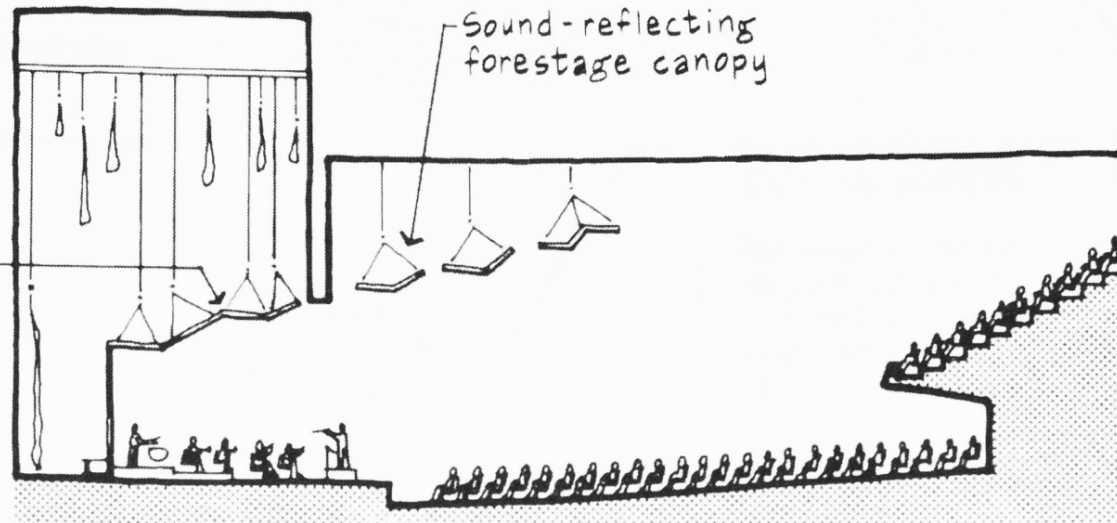
Slot (to absorb energy  
from brass and tympani  
instruments)



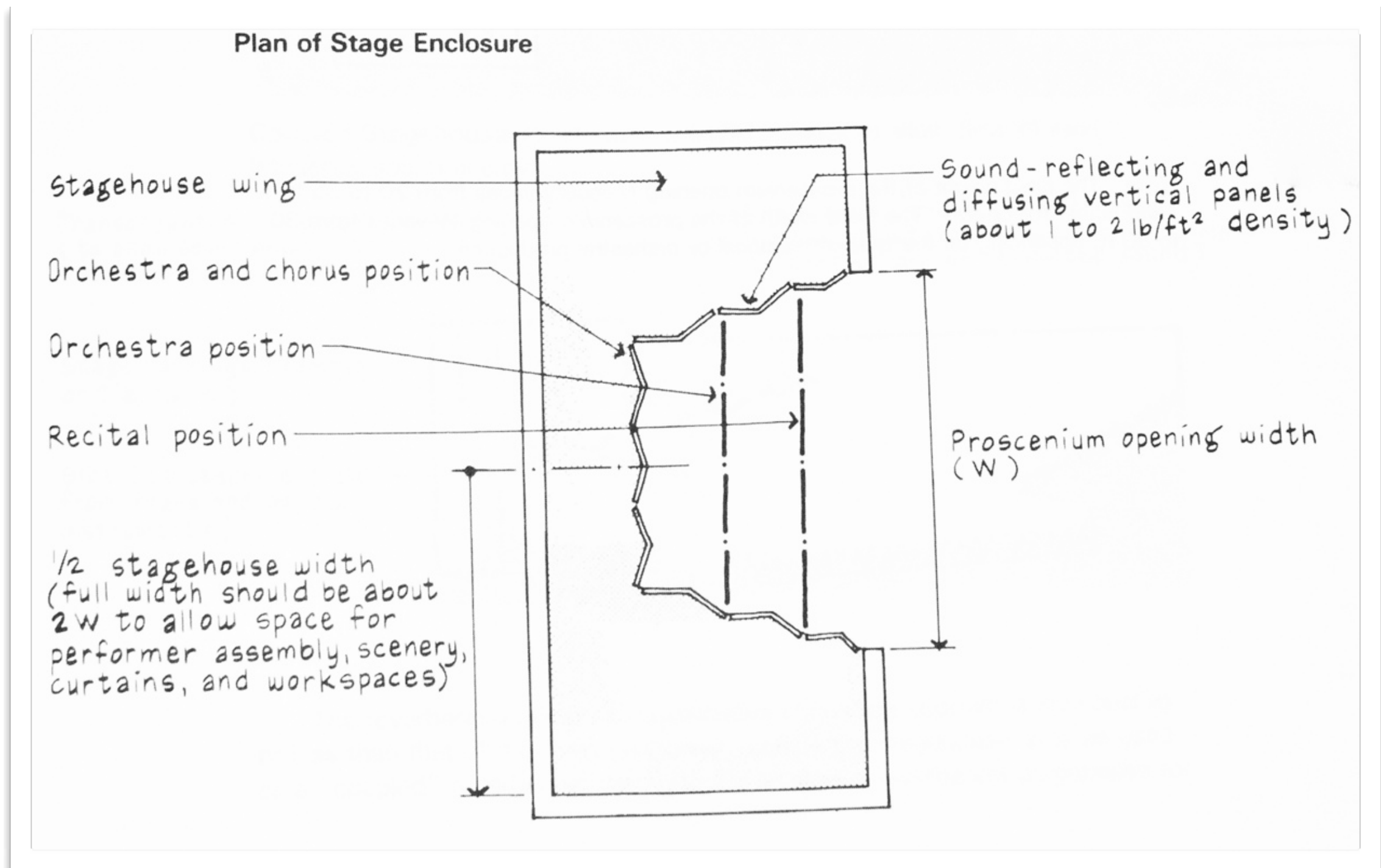
**Forestage Canopy** (To extend contained shell)

"Contained" orchestra shell

Sound-reflecting  
forestage canopy

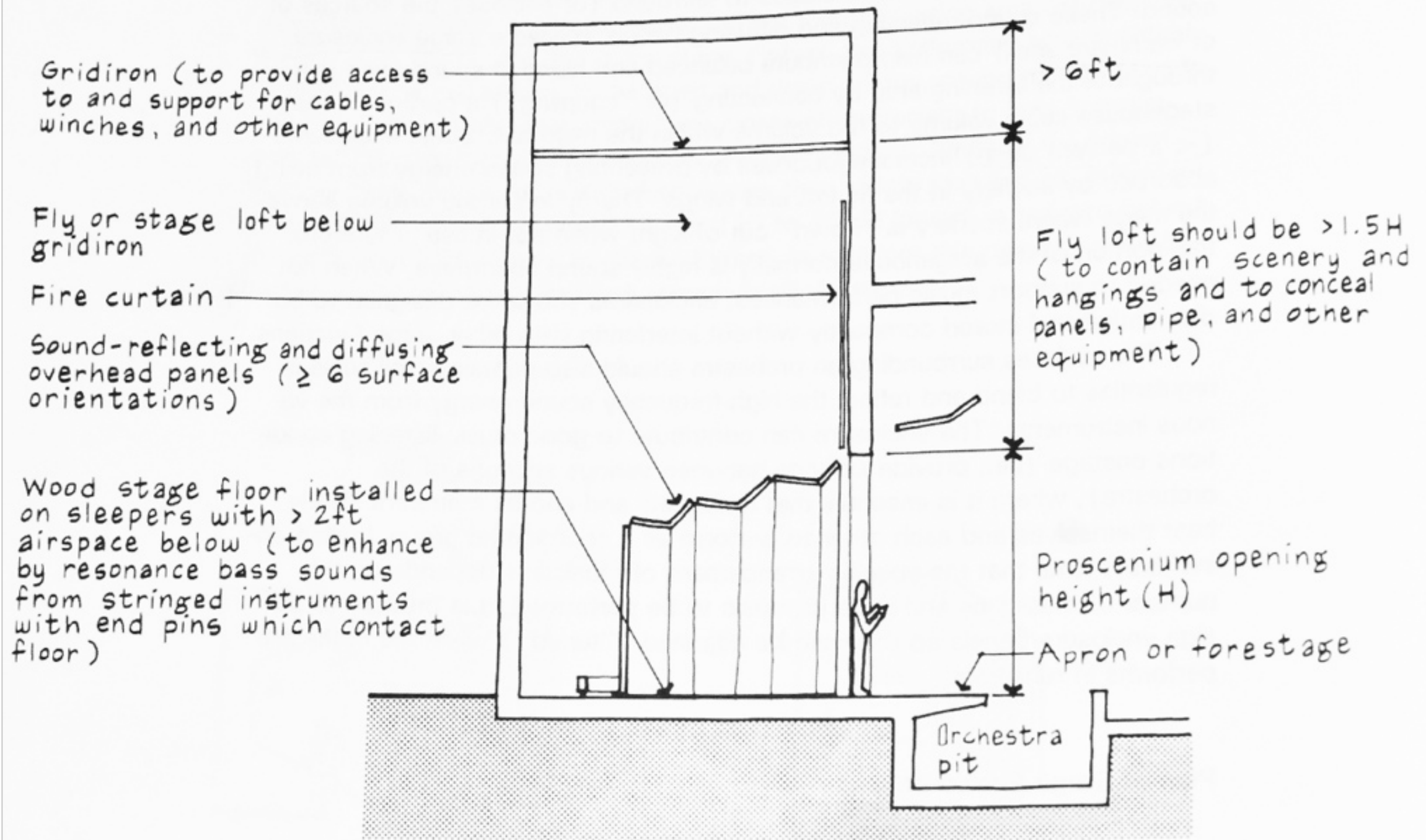


# “Camera acustica” (Orchestra Shell)



chiuse al 2% max: aumentano la Loudness!

## Stagehouse Section



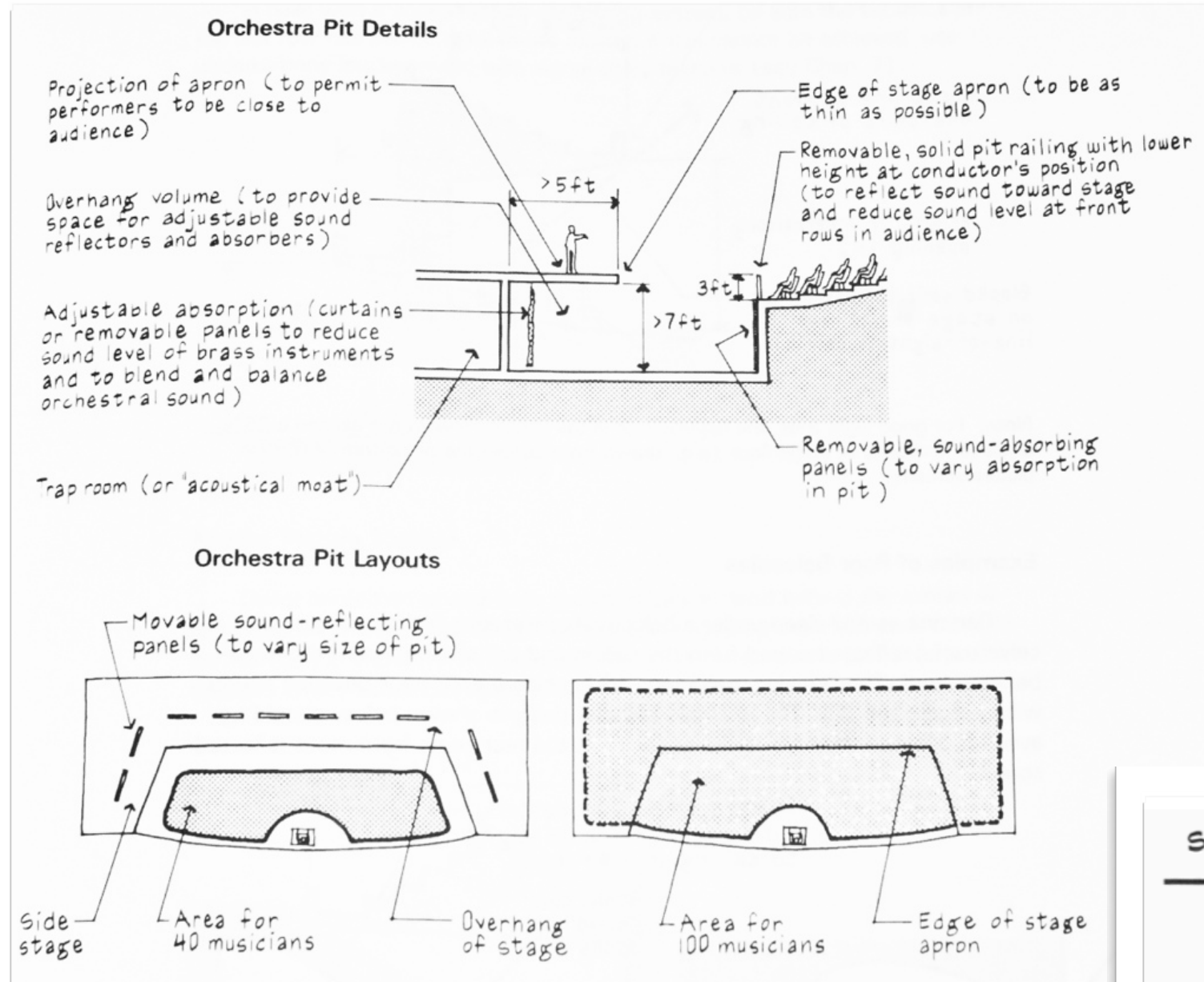
**Note:** The fixed height of the proscenium opening  $H$  usually varies from 20 to 35 ft (and higher for opera). The fixed width of the proscenium opening  $W$  varies from 30 to 80 ft, depending on the type of theatrical or orchestral production.



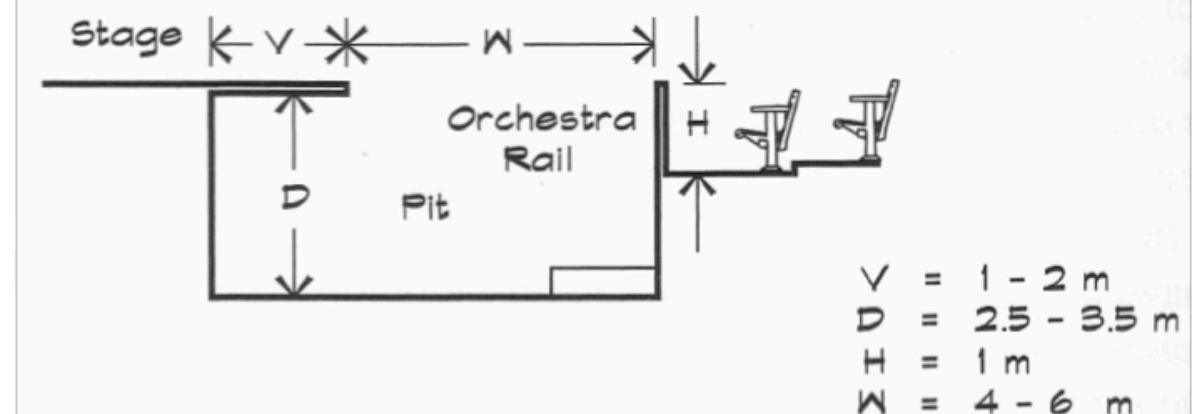
# “Buca d’orchestra”

(Golfo Mistico - Orchestra Pit)

fondo tipicamente  
fonoassorbente (variabile)  
parte frontale e laterali  
diffondente per  
aumentare spazialità e  
rinforzo per i cantanti sul  
palco (che devono sentire  
i musicisti)

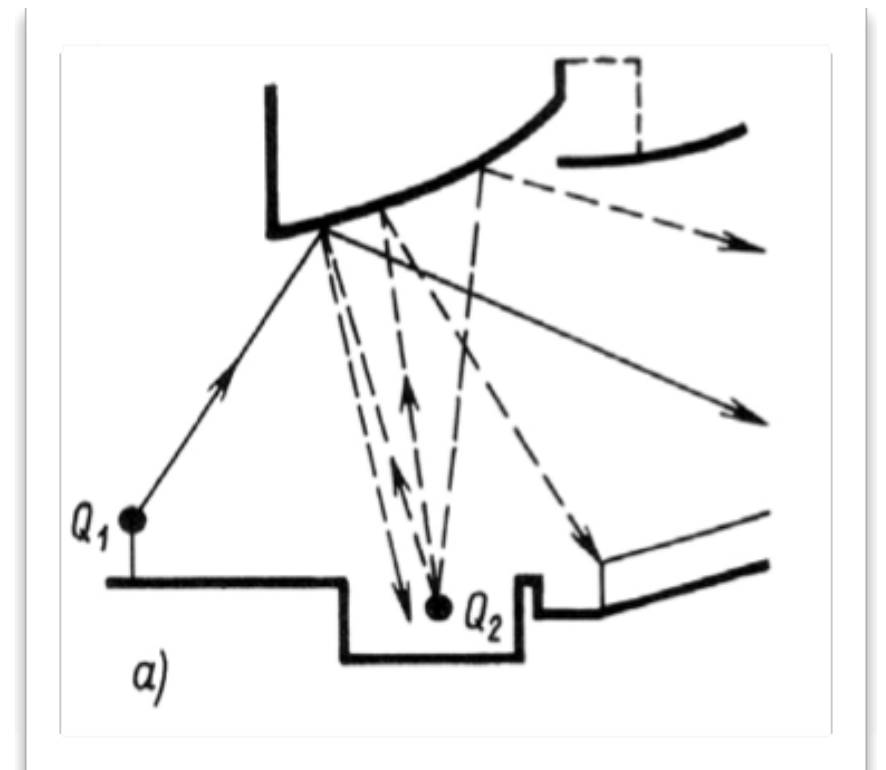


Lo spazio per musicista è di  
circa 1.2 - 1.5 m

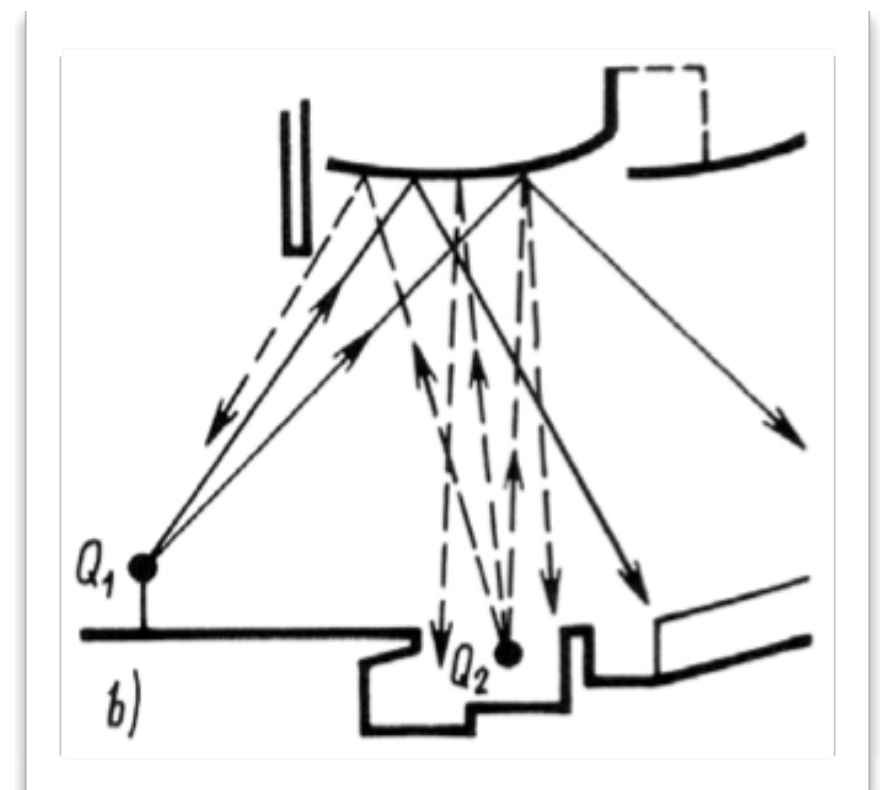


# Boccascena - Proscenio

Soluzione in cui tutto il suono va verso il pubblico: in questo caso i cantanti non sentono i musicisti e viceversa



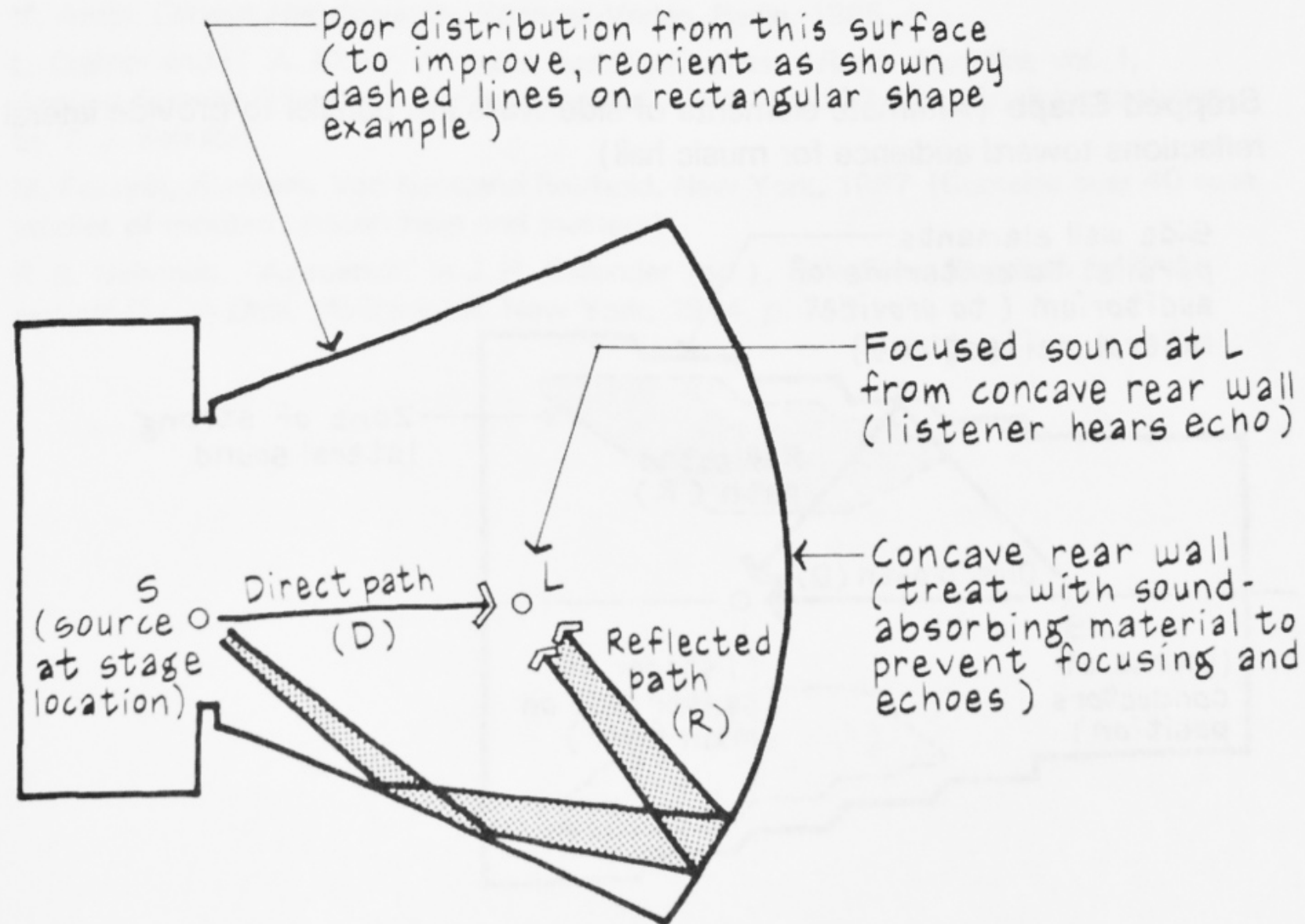
In questo caso una frazione di energia sonora dei cantanti va nella buca e viceversa: cantanti e musicisti possono suonare insieme



# Pareti laterali

(forme tipiche)

Fan Shape (For lecture room)



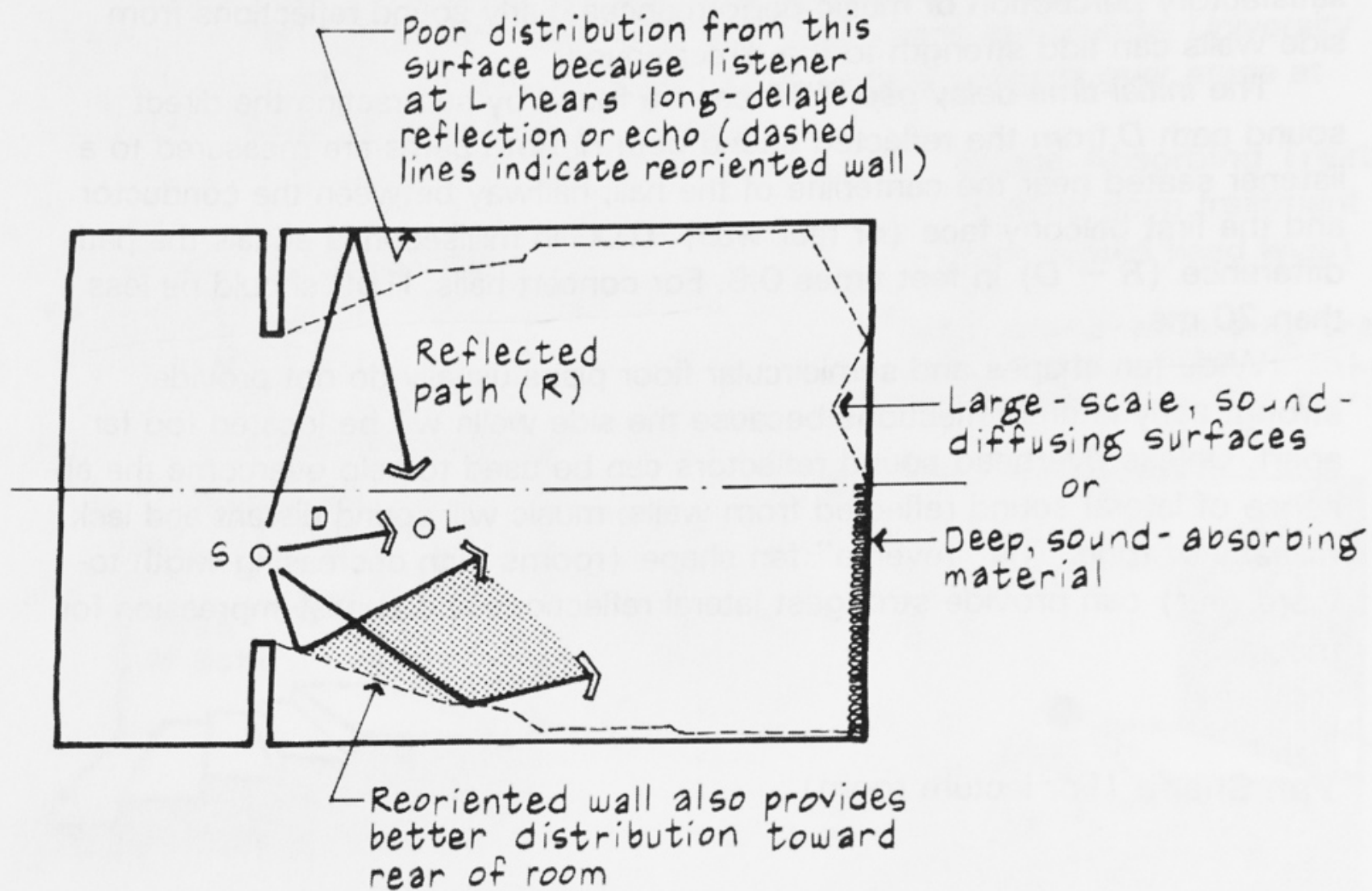
“a ventaglio”  
sala conferenze

# Pareti laterali

(forme tipiche)

rettangolare  
sala conferenze

Rectangular Shape (Dashed lines indicate preferred orientations for a lecture room)



# Pareti laterali

(forme tipiche)

**Stepped Shape** (Alternate elements of side walls are parallel to provide lateral reflections toward audience for music hall)

Side wall elements parallel to centerline of auditorium (to provide lateral reflections)

Zone of strong lateral sound

Reflected path (R)

Direct path (D)

S  
(source at conductor's position)

L  
(listener at center seat on main floor)

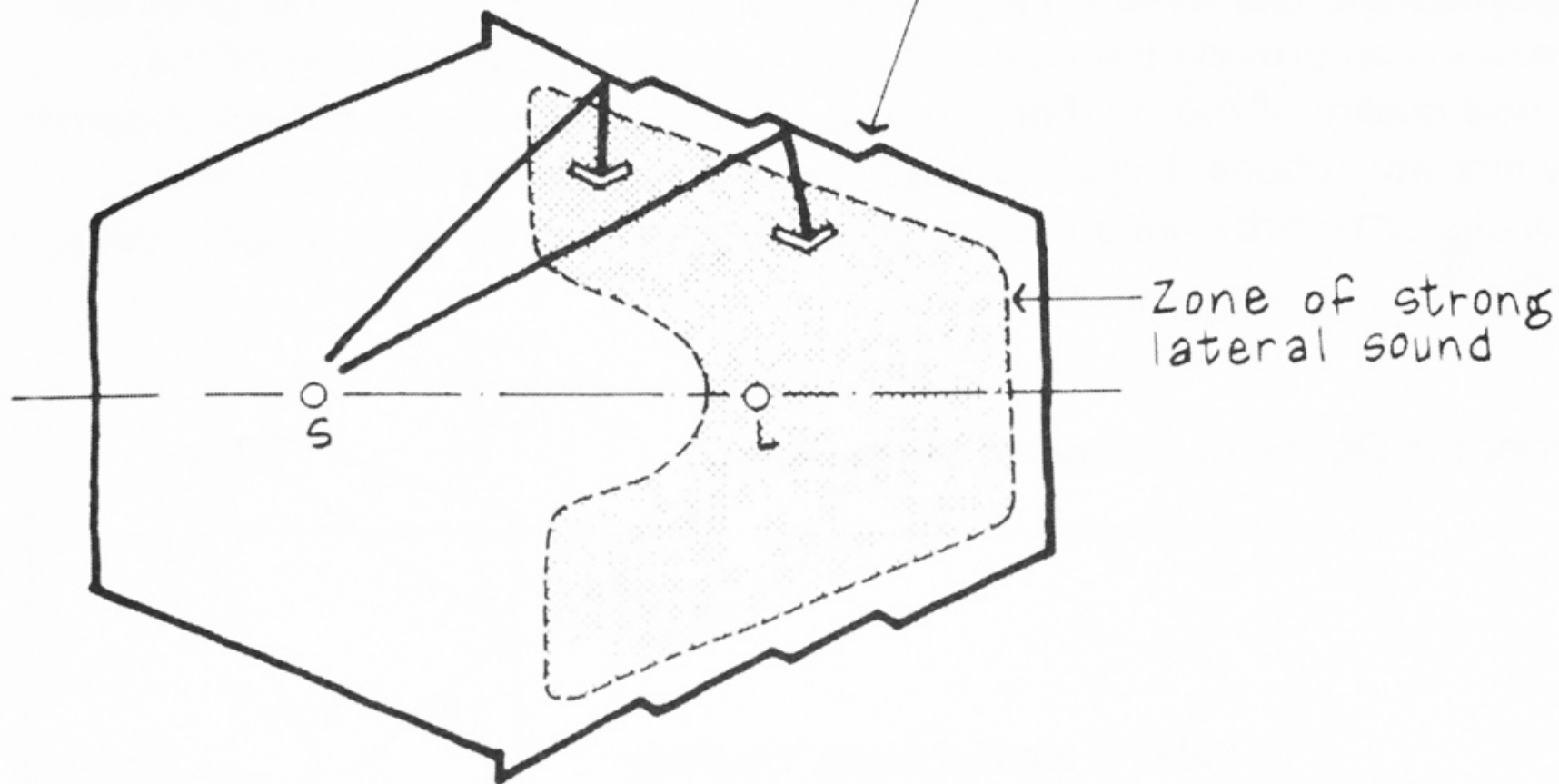
“a scalini”  
sala concerti  
musica

# Pareti laterali

(forme tipiche)

**Reverse Fan Shape** (Side walls at rear reflect sound toward audience for definition of music)

Converging side wall  
(to provide greater length of wall contributing lateral reflections)



“a ventaglio rovesciato”

sala concerti  
musica

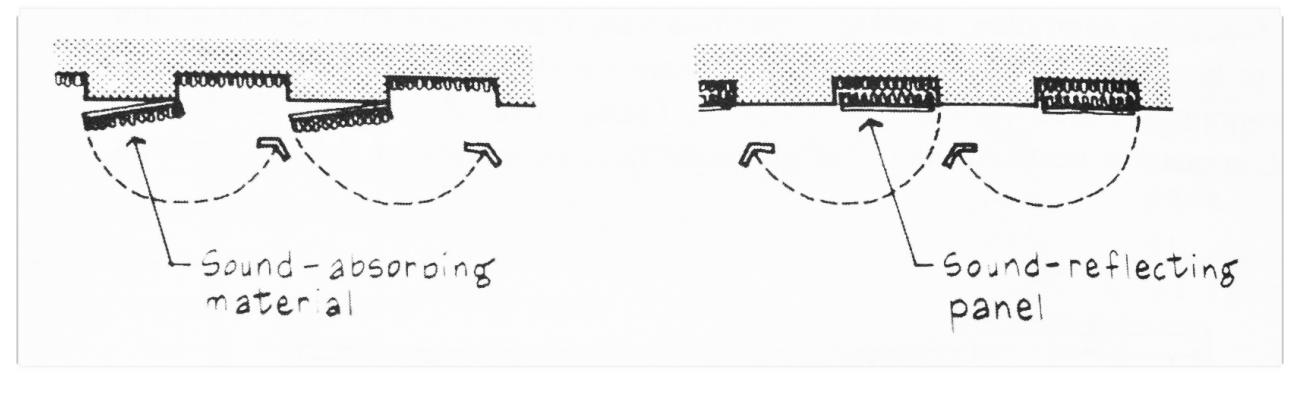
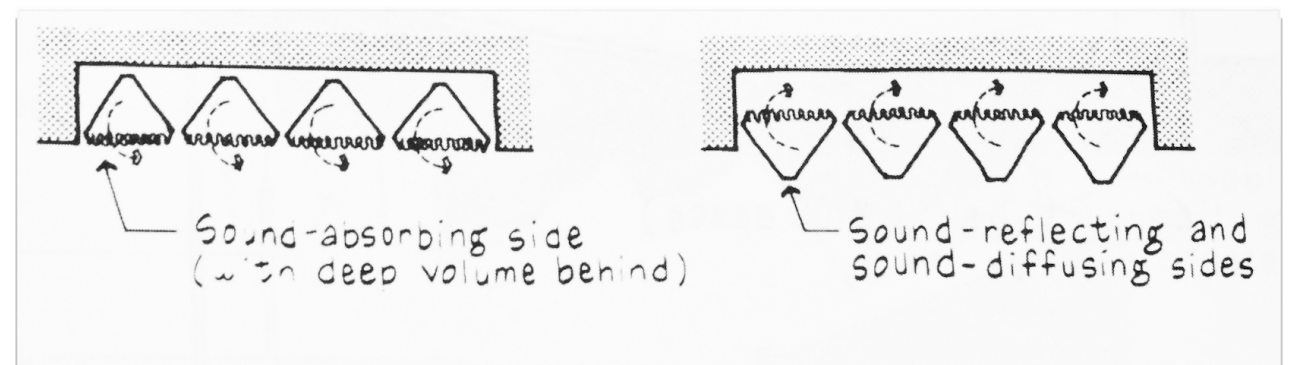
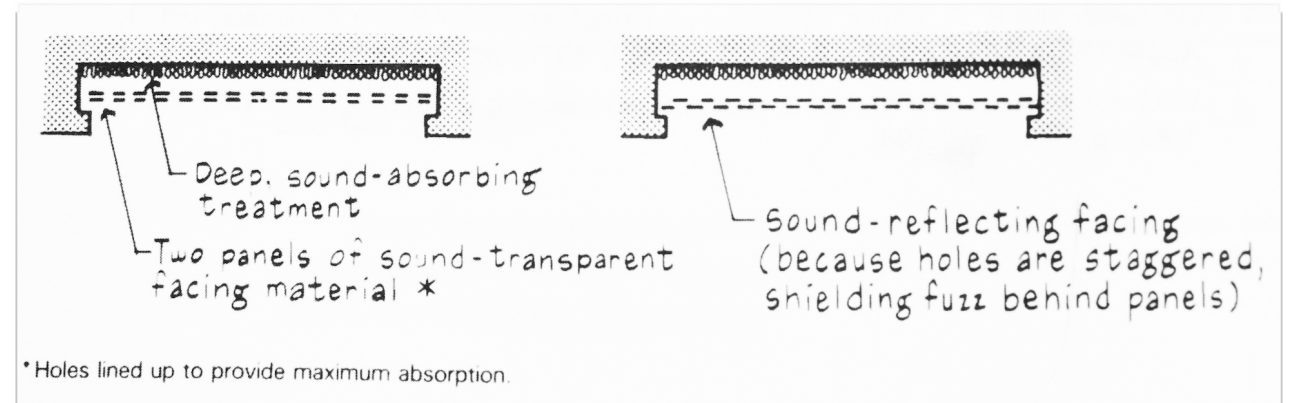
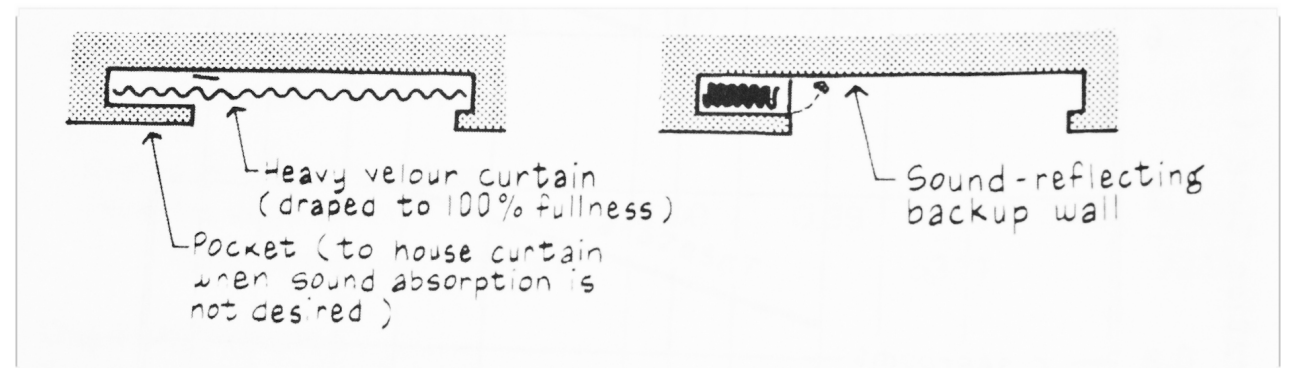


# Acustica Variabile

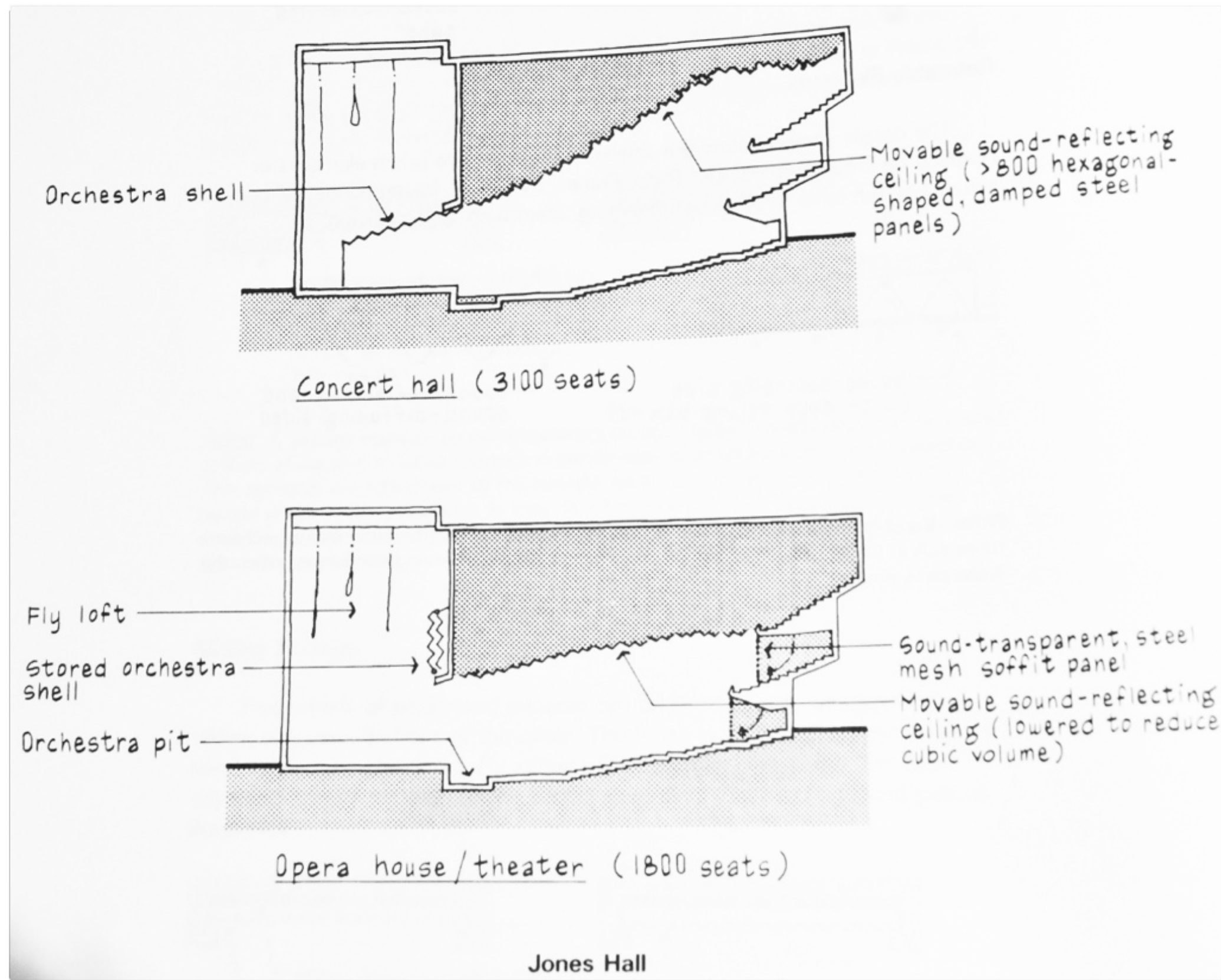
La richiesta più comune è quella di fare sale polifunzionali.

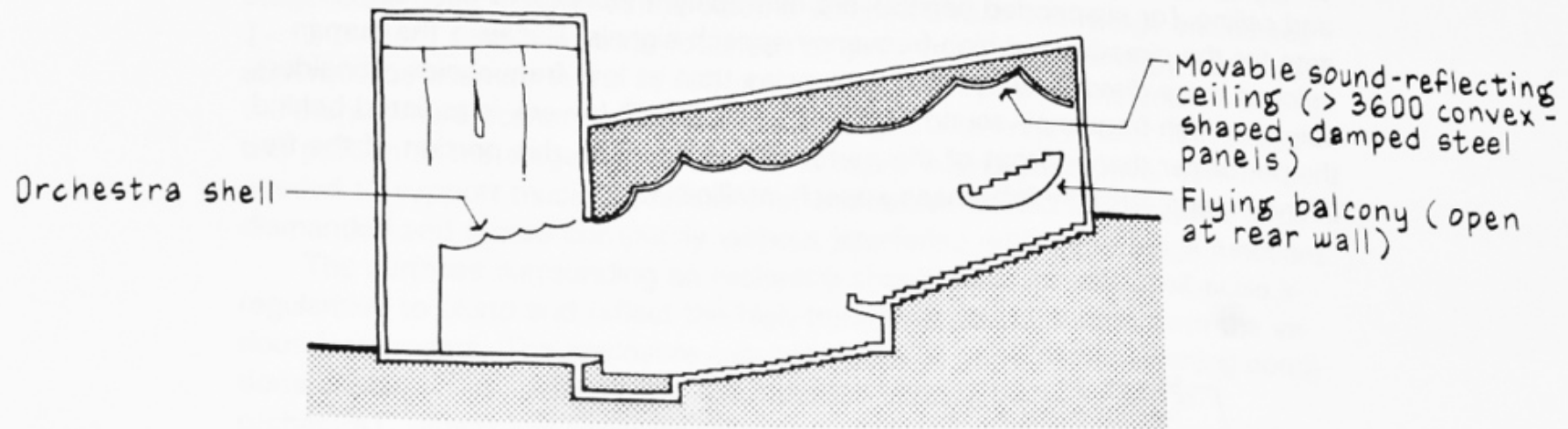
**si cambia la riverberazione**

**I. tendaggi e pannelli mobili/rotanti**

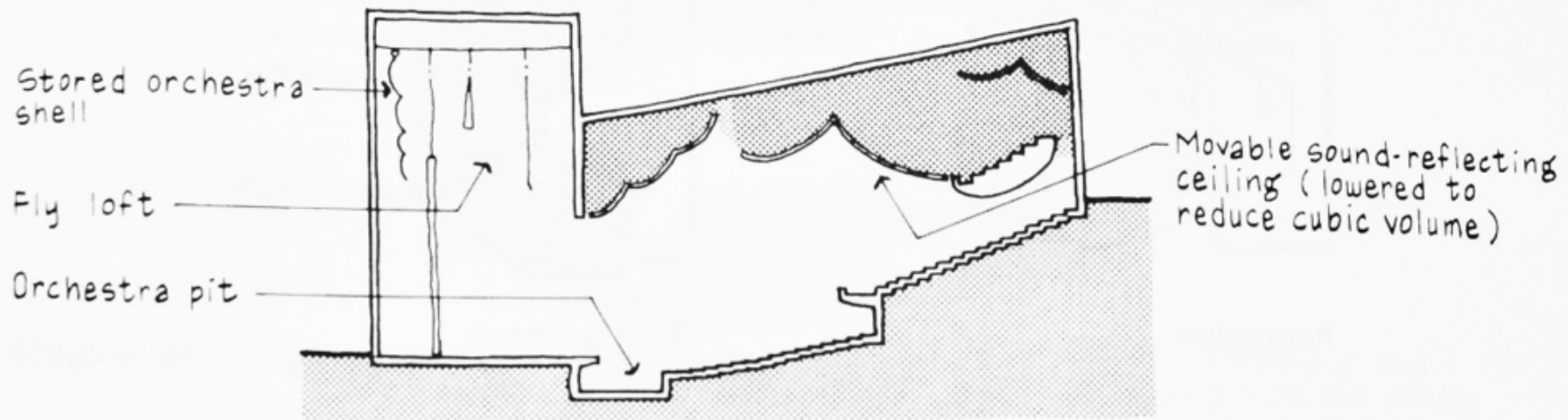


# 2. pareti/soffitti mobili

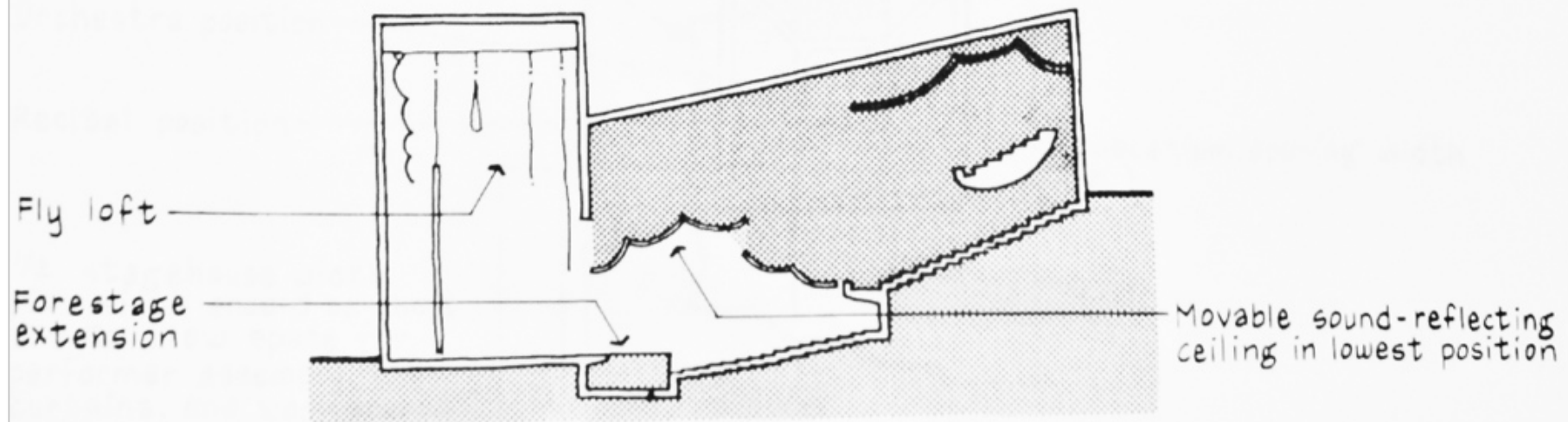




Concert hall (3000 seats)



Opera house (2300 seats)



Drama theater (900 seats)

Thomas Hall

# 3. volumi accoppiati

- la sala comunica con camere laterali di riverberazione
- si ottiene variabilità con l'apertura di porte
- il risultato è una riverberazione più lunga ma non cambia la prima parte del decadimento
- delicate da gestire: se le aperture sono piccole possono funzionare anche al contrario assorbendo il suono (risonatori di Helmholtz)



# 4. sistemi elettroacustici

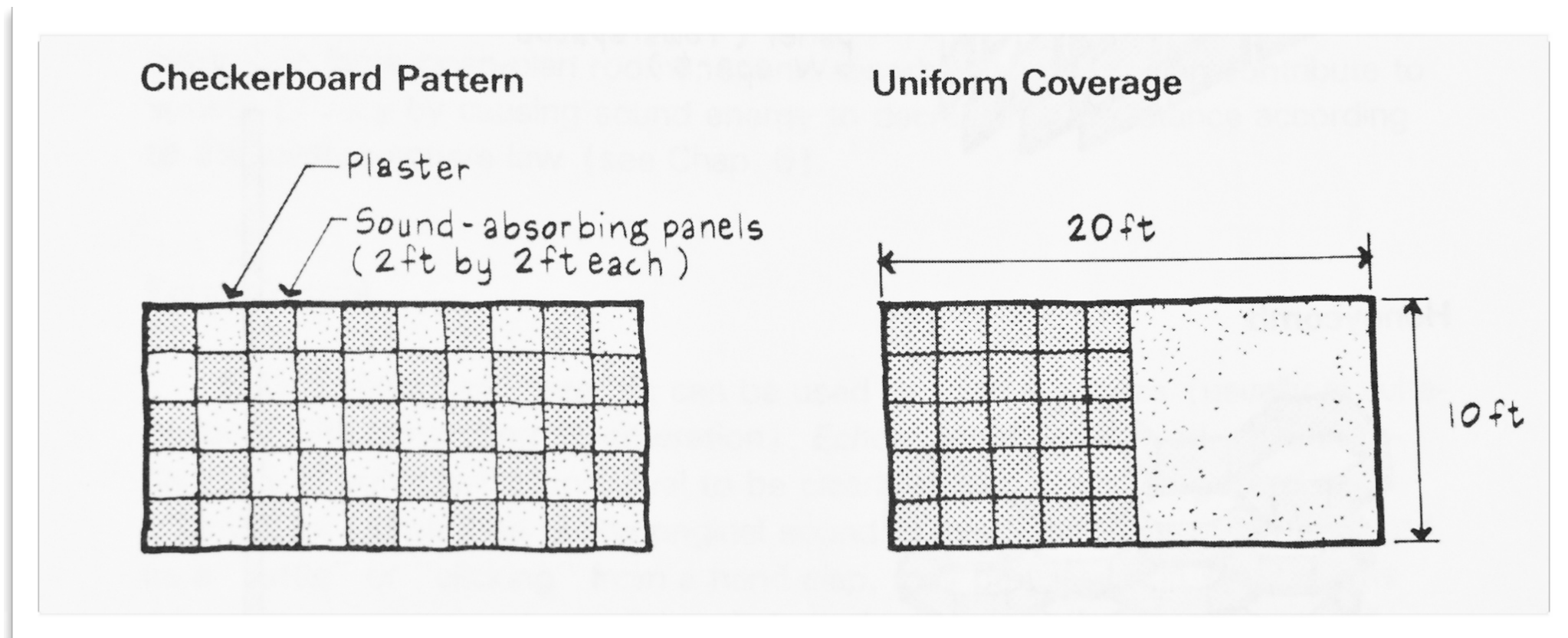
Si può modificare la riverberazione di un ambiente con sistemi elettroacustici:

1. ripresa del suono con microfoni direttivi in prossimità del boccascena
2. si generano riflessioni tardive (o anche prime) per arricchire la risposta all'impulso
3. si impiegano linee di ritardo tarate su tempi utili per la buona acustica

Questa soluzione sta diventando sempre più diffusa, utile e forse anche inevitabile per le sale di dimensioni maggiori (>3000 posti)



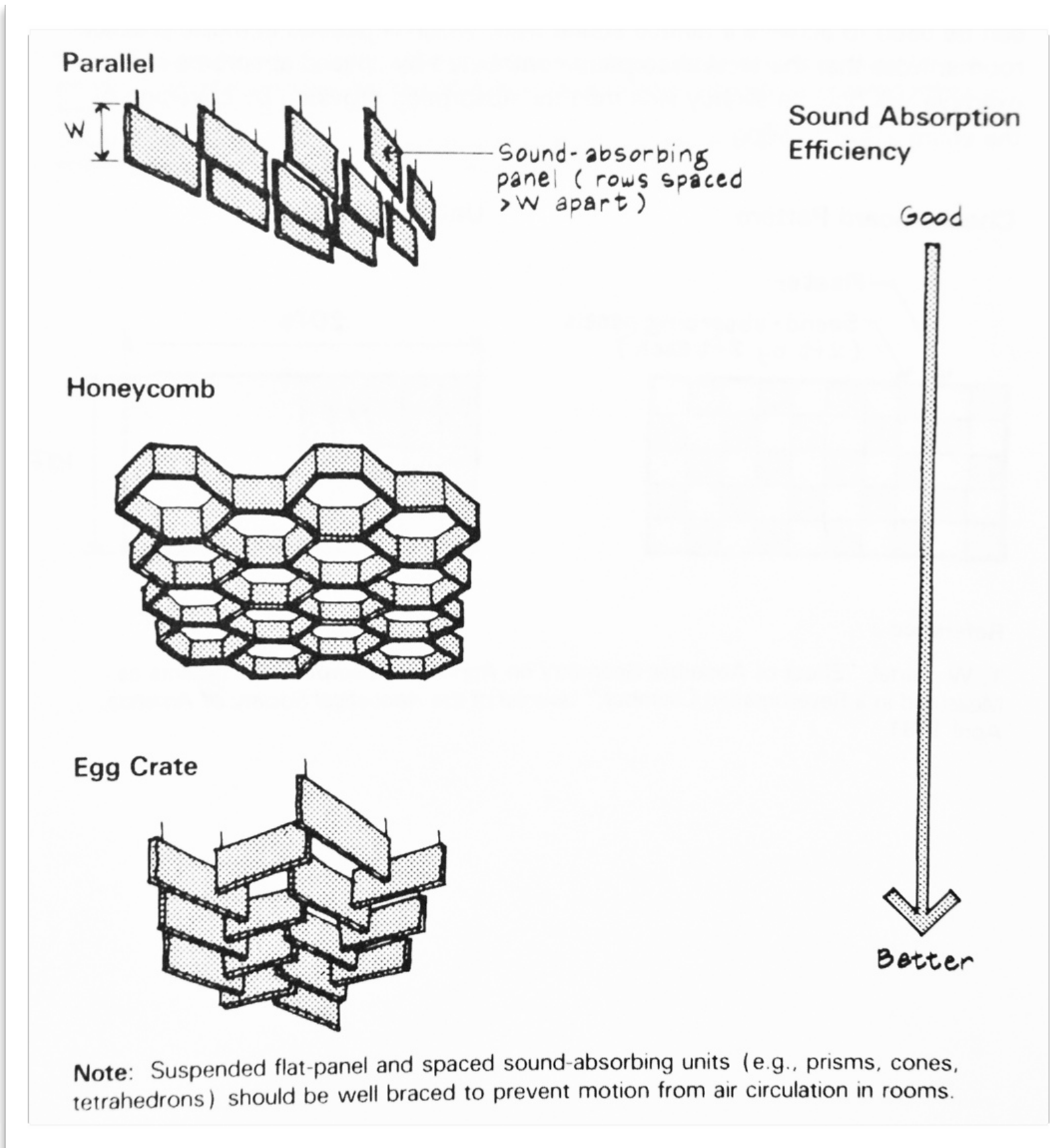
# “Area Effect”



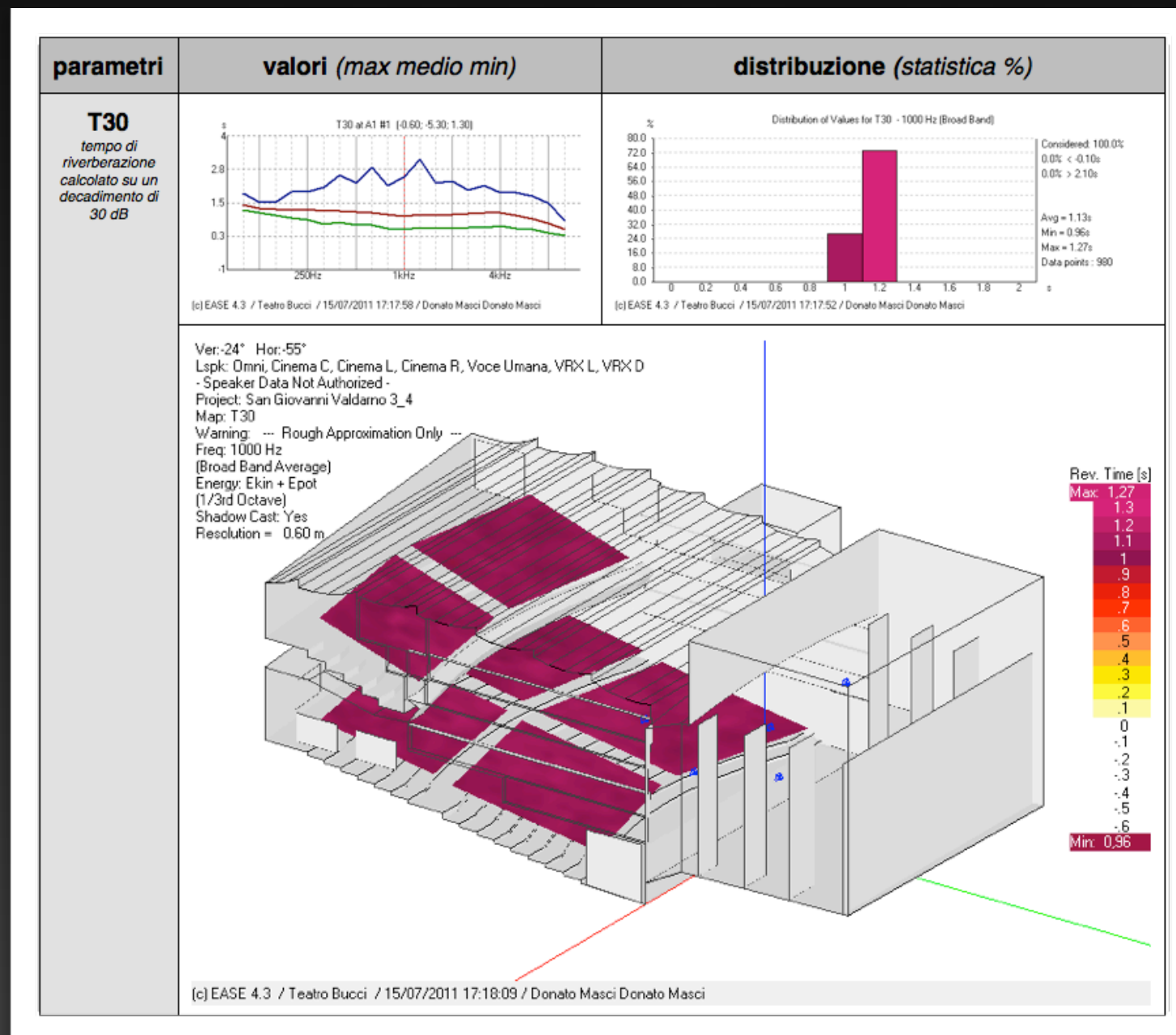
L'efficienza di un materiale fonoassorbente può variare in base alla distribuzione e posizionamento in una stanza. Per esempio 25 pannelli assorbenti assorbiranno più energia sonora se posizionati a scacchiera piuttosto che in modo uniforme. Questa variazione è dovuta alla diffrazione dell'energia sonora attorno ai perimetri dei pannelli spazati tra loro e all'assorbimento aggiuntivo dei loro bordi.



L'“Area Effect” influisce anche in 3 dimensioni: un caso pratico è l'installazione dei baffles a soffitto. Alcuni pattern sono meglio di altri.



# 4. Modelli di simulazioni



# Cosa sono?

Esistono metodi per simulare la propagazione acustica sotto forma di “raggi” (ray tracing) e elementi finiti (FEM):

Metodo	Campo acustico	Geometria	Range di Frequenze	Ambienti	Risultati
FEM	Esatto discretizzato	approssimata	basse	piccoli	Analisi modale
RAY TRACING	Approssimato (acustica geometrica)	esatta (CAD)	medio-alte	grandi	Ecogrammi Parametri Acustici

# Come funzionano?

1. Il suono è irradiato da una sorgente sottoforma di raggi (utilizzando le caratteristiche di direttività della sorgente, che sia una voce o uno strumento o una cassa)

2. ogni raggio ha una certa energia, subisce urti con le superfici che delimitano l'ambiente; a ogni riflessione si tiene conto dell'assorbimento della superficie stessa

*(è molto importante attribuire ai materiali le corrette caratteristiche di assorbimento e diffusione)*

3. quando l'energia residua di un raggio si ritiene trascurabile, si abbandona tale raggio: si possono registrare le energie dei raggi, il loro percorso ed i tempi di propagazione.

4. Si può simulare la risposta all'impulso e quindi i parametri acustici in ogni punto della sala.

# In pratica come li usiamo?

caso di una nuova costruzione

1. si parte da un'idea di base della forma della sala, in accordo con il resto della progettazione
2. ci si fa un'idea dei parametri acustici che si devono ottenere alla fine sulla base dei dati presenti in letteratura e delle esigenze del committente
3. si cominciano a simulare i parametri con simulazioni leggere e veloci utilizzando la forma e i materiali individuati
- 4a. si cerca di capire se con modifiche minime si riescono ad ottenere risultati ottimali oppure se vanno fatte modifiche sostanziali (a questo punto si discute con il resto della progettazione e si riparte con una nuova idea, cercando di capire e modificare i problemi che hanno causato l'eliminazione del modello)
- 4b. se il modello risponde bene si passa alle correzioni "fini" e le simulazioni più accurate (*dopo aver simulato con precisione i coefficienti di assorbimento e diffusione delle superfici*)

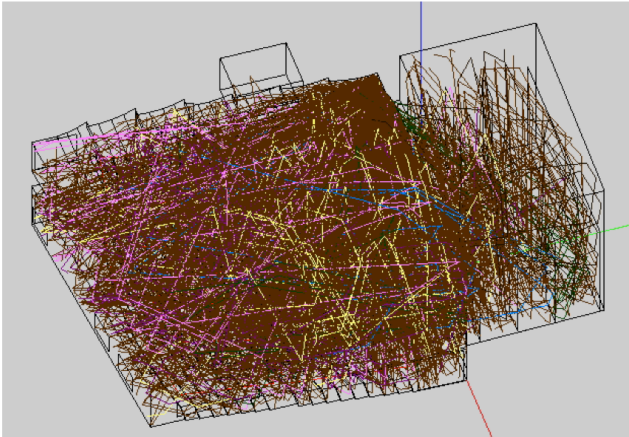
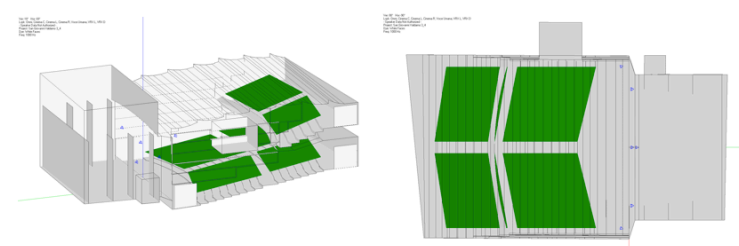
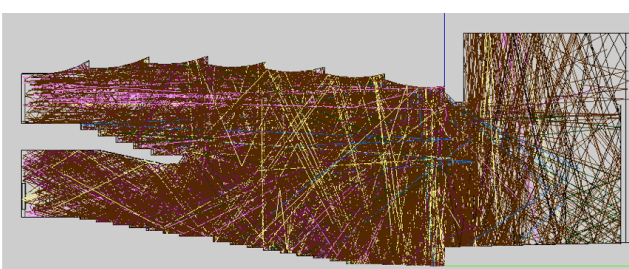
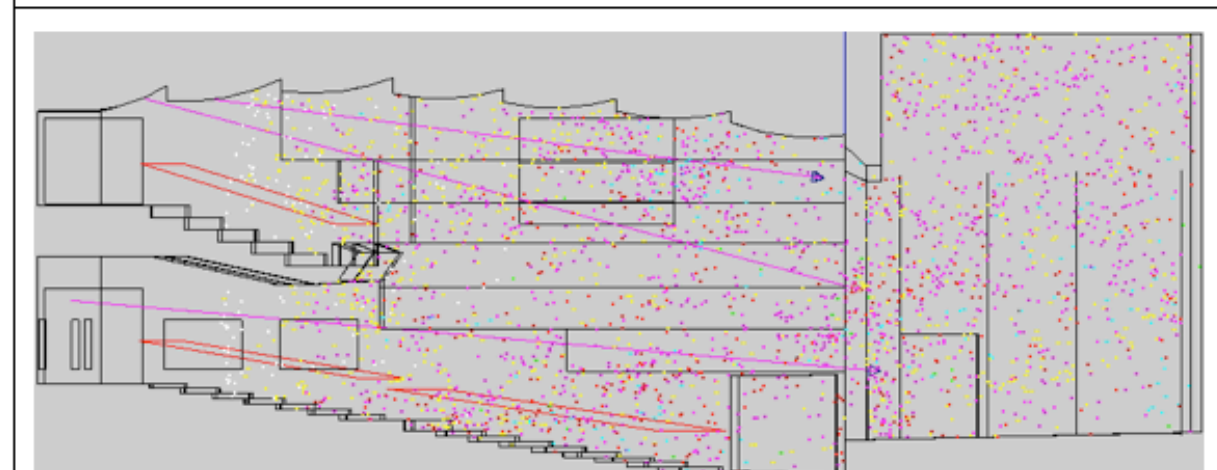
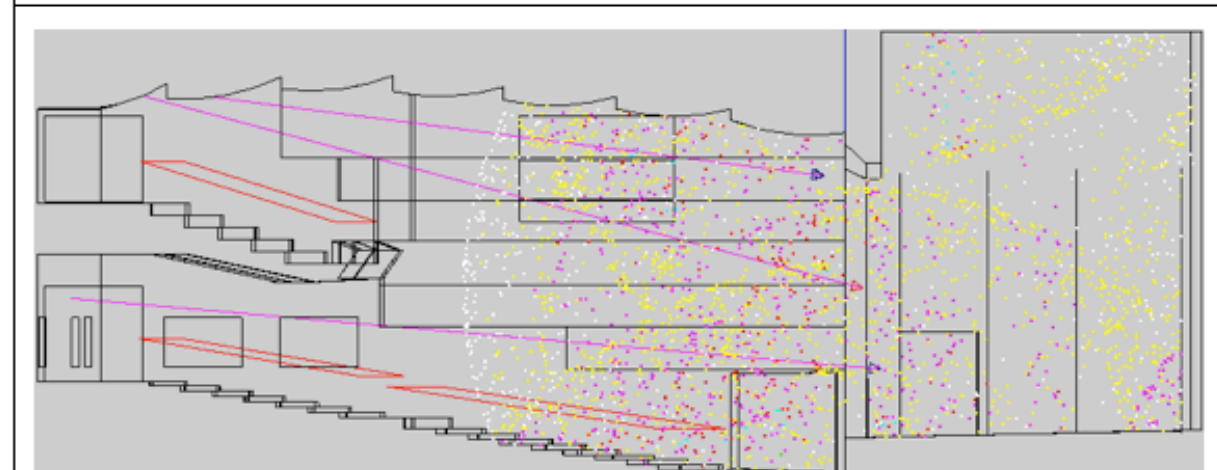
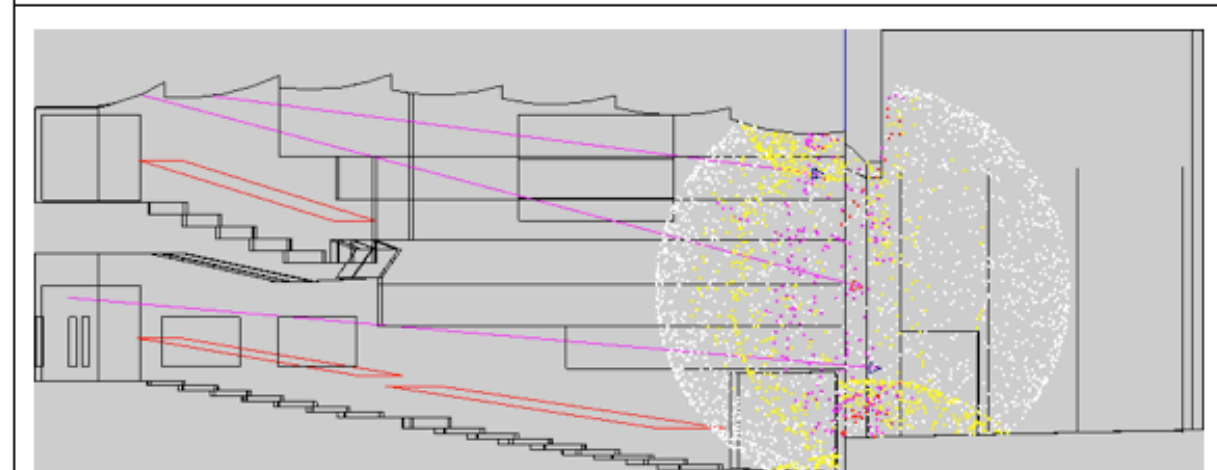
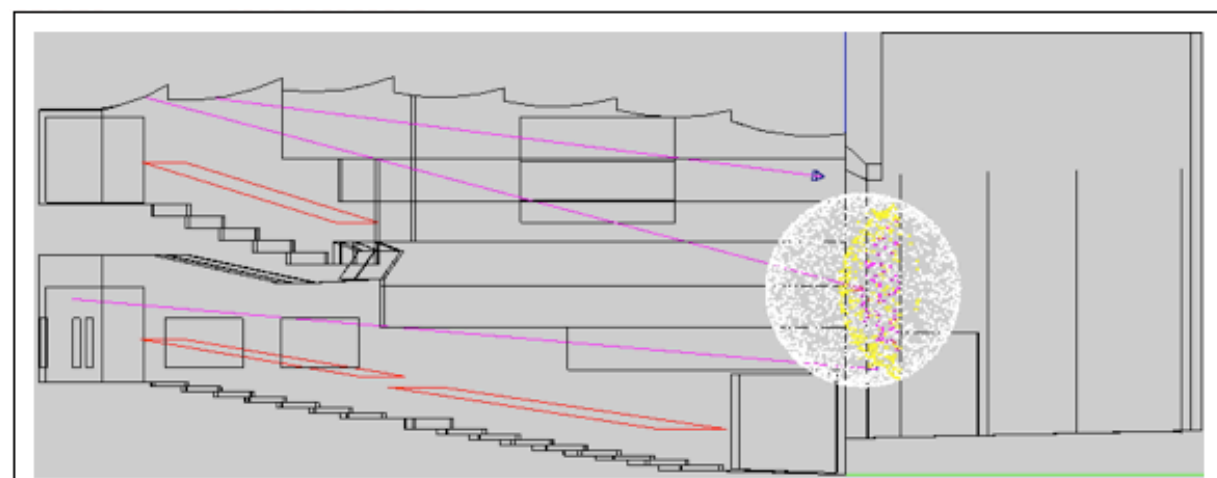
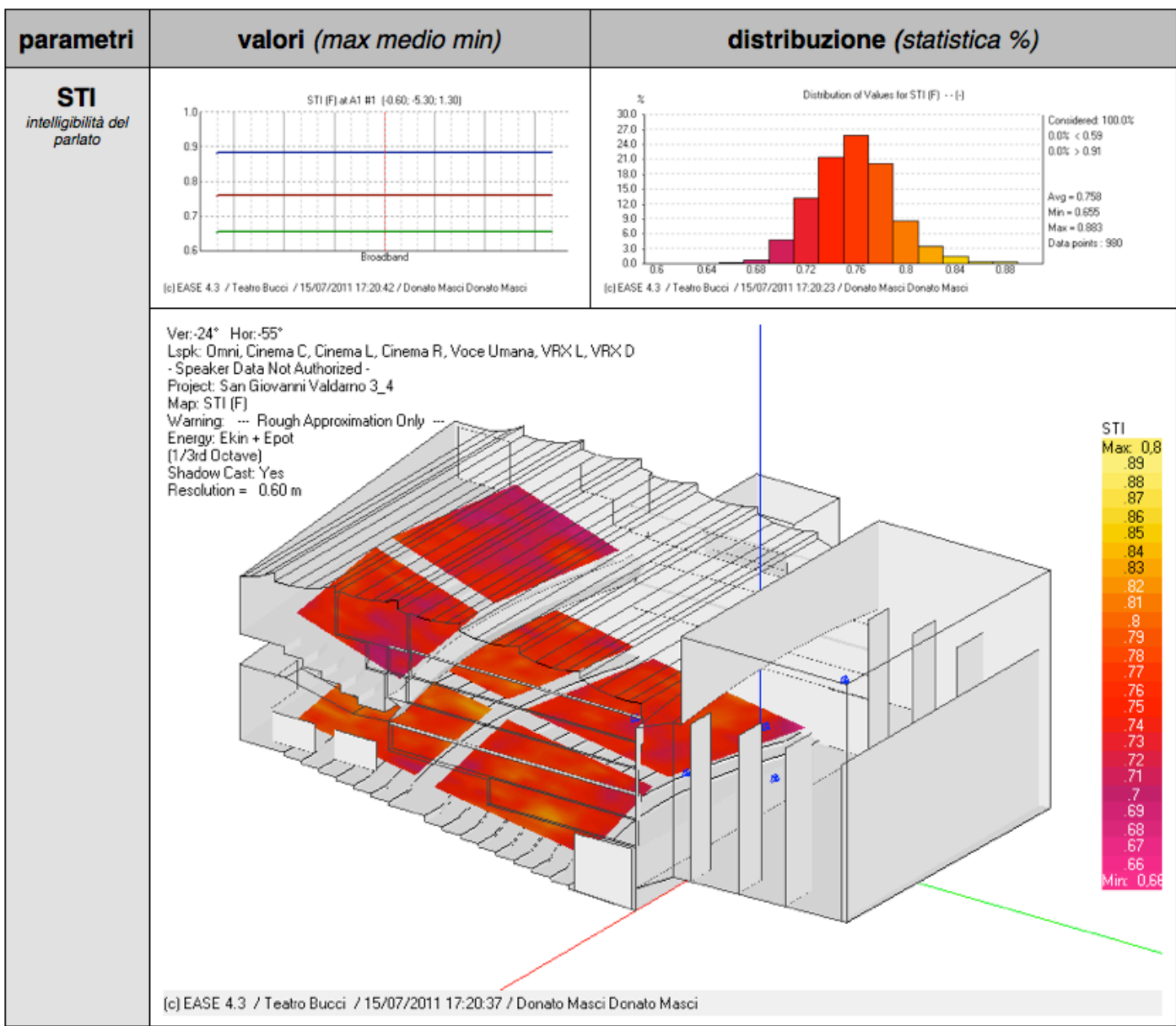


# In pratica come li usiamo?

caso di un restauro/rifacimento

1. si parte facendo una campagna di misure acustiche della sala
2. si costruisce il modello al CAD acustico e si “tara” sulle misure, in modo da valutare attentamente i coefficienti di assorbimento dei materiali esistenti
3. si cerca di capire quali sono i problemi e le eventuali correzioni, discutendone con il resto della progettazione
4. si eseguono le simulazioni più accurate al CAD acustico e si passa alle correzioni “fini” (*dopo aver simulato con precisione i coefficienti di assorbimento e diffusione delle superfici nuove*)



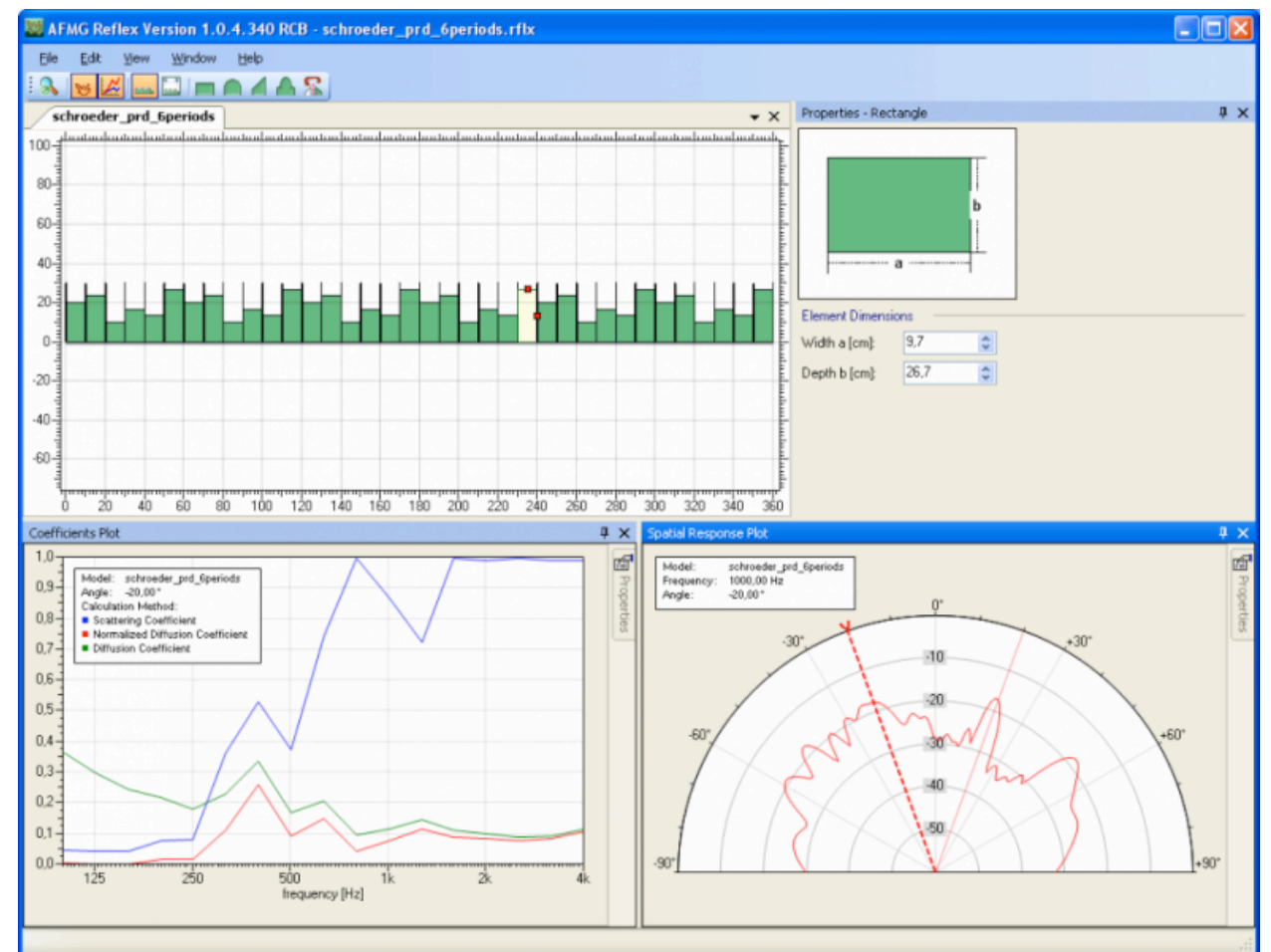
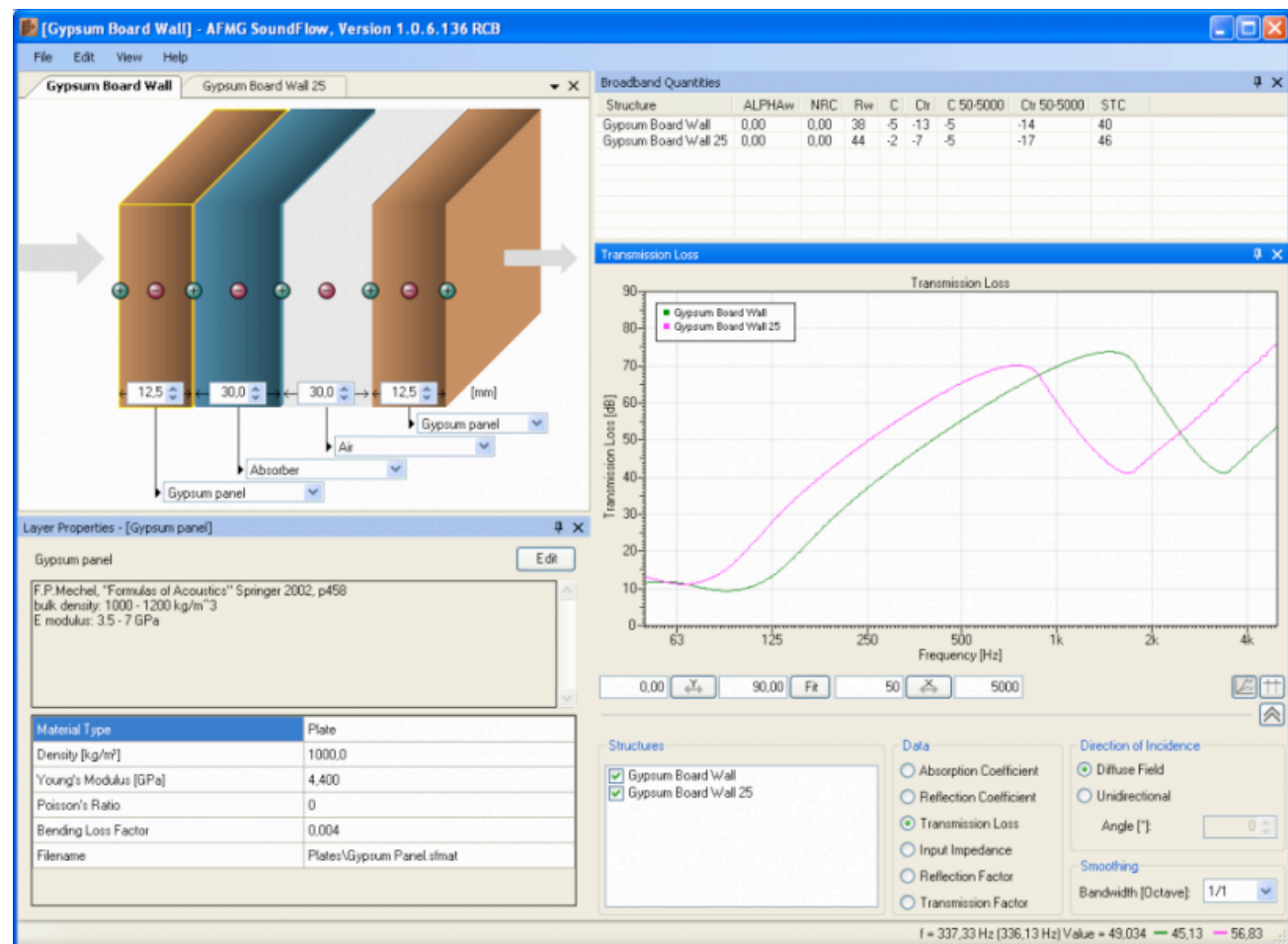


domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.**  
 Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

# Simulare i coefficienti di assorbimento e diffusione



## AFMG Soundflow

simula i coefficienti di assorbimento, riflessione e trasmissione per strutture composte da più strati (ad esempio materiali forati, a strisce, strati più o meno grandi o distaccati dalla parete)

## AFMG Reflex

simula lo scattering acustico contro una superficie 2D e crea il diagramma polare e i coefficienti di diffusione da inserire in EASE



# Nuova Norma Uni I I 367: Classificazione acustica delle unità immobiliari

- La norma definisce, in riferimento ad alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici, i criteri per la loro misurazione e valutazione.
- Su tale base la norma stabilisce inoltre una classificazione acustica (in riferimento ad ognuno dei requisiti), per l'intera unità immobiliare (salvo alcune tipologie).
- È infine proposta una valutazione sintetica (con un unico indice descrittore) dell'insieme dei requisiti per unità immobiliare.
- I criteri stabiliti nella norma sono applicabili a tutte le unità immobiliari con destinazione d'uso diversa da quella agricola, artigianale e industriale.
- Fornisce un'indicazione per la valutazione delle **caratteristiche acustiche interne** degli ambienti.

# Classificazione Acustica degli edifici

Come per la classificazione energetica, viene introdotto un criterio per la classificazione acustica degli edifici, che tiene di conto dei parametri già descritti nel D.P.C.M. 5/12/97 sui “Requisiti acustici passivi degli edifici”.

# Indicazioni per la valutazione delle caratteristiche acustiche interne degli ambienti

All'interno di ambienti dove il comfort acustico, e in specifico l'intelligibilità del parlato, rivestono un'importanza fondamentale (aule scolastiche, ambienti espositivi, sale da conferenza, mense, etc) e/o dove il controllo dell'assorbimento acustico risulta essere critico (palestre, piscine, ambienti per lo sport in genere), la valutazione acustica richiede la determinazione di alcuni specifici parametri.

# Parametri di intelligibilità: C50 e STI

Le caratteristiche interne di un ambiente, soprattutto quando sia essenziale garantire una buona intelligibilità del parlato, possono essere ben descritte attraverso i parametri C50 (*chiarezza*) e STI (*Speech Transmission Index*).

	C50 dB	STI
Ambienti adibiti al parlato	$\geq 0$	$\geq 0,6$
Ambienti adibiti ad attività sportive	$\geq -2$	$\geq 0,5$



# Tempo di Riverberazione

Nella pratica corrente è molto diffuso, per quanto generalmente meno affidabile, l'utilizzo del tempo di riverberazione  $T$  per valutare le caratteristiche acustiche interne di un ambiente.

I valori ottimali del tempo di riverberazione medio fra 500 Hz e 1000 Hz sono ricavabili dalle espressioni seguenti:

$$T_{\text{ott}} = 0,32 \log(V) + 0,03 \quad [\text{s}] \quad (\text{ambiente non occupato adibito al parlato})$$

$$T_{\text{ott}} = 1,27 \log(V) - 2,49 \quad [\text{s}] \quad (\text{ambiente non occupato adibito ad attività sportive})$$

dove  $V$  è il volume dell'ambiente [ $\text{m}^3$ ]

\* si suggerisce che i risultati ottenuti dalle misurazioni di tempo di riverberazione  $T$  ad ambiente non occupato, rispettino il seguente criterio, in tutte le bande di ottava comprese fra 250 Hz e 4000 Hz:  $T \leq 1,2 T_{\text{ott}}$

\* per quanto riguarda la determinazione del tempo di riverberazione consenta di valutare un ambiente dedicato al parlato, tuttavia per una completa caratterizzazione acustica di un ambiente avente tale utilizzo è consigliabile la rilevazione di altri parametri acustici (come il C50 e lo STI). A maggior ragione il tempo di riverberazione non è adeguato per valutare ambienti utilizzati per l'ascolto della musica (teatri, cinema, etc).

# Espressione grafica del Tempo di Riverberazione Ottimale

C.1 Valori ottimali del tempo di riverberazione medio tra 500 Hz e 1 000 Hz,  $T_{ott}$ , in ambienti adibiti al parlato e ad attività sportiva

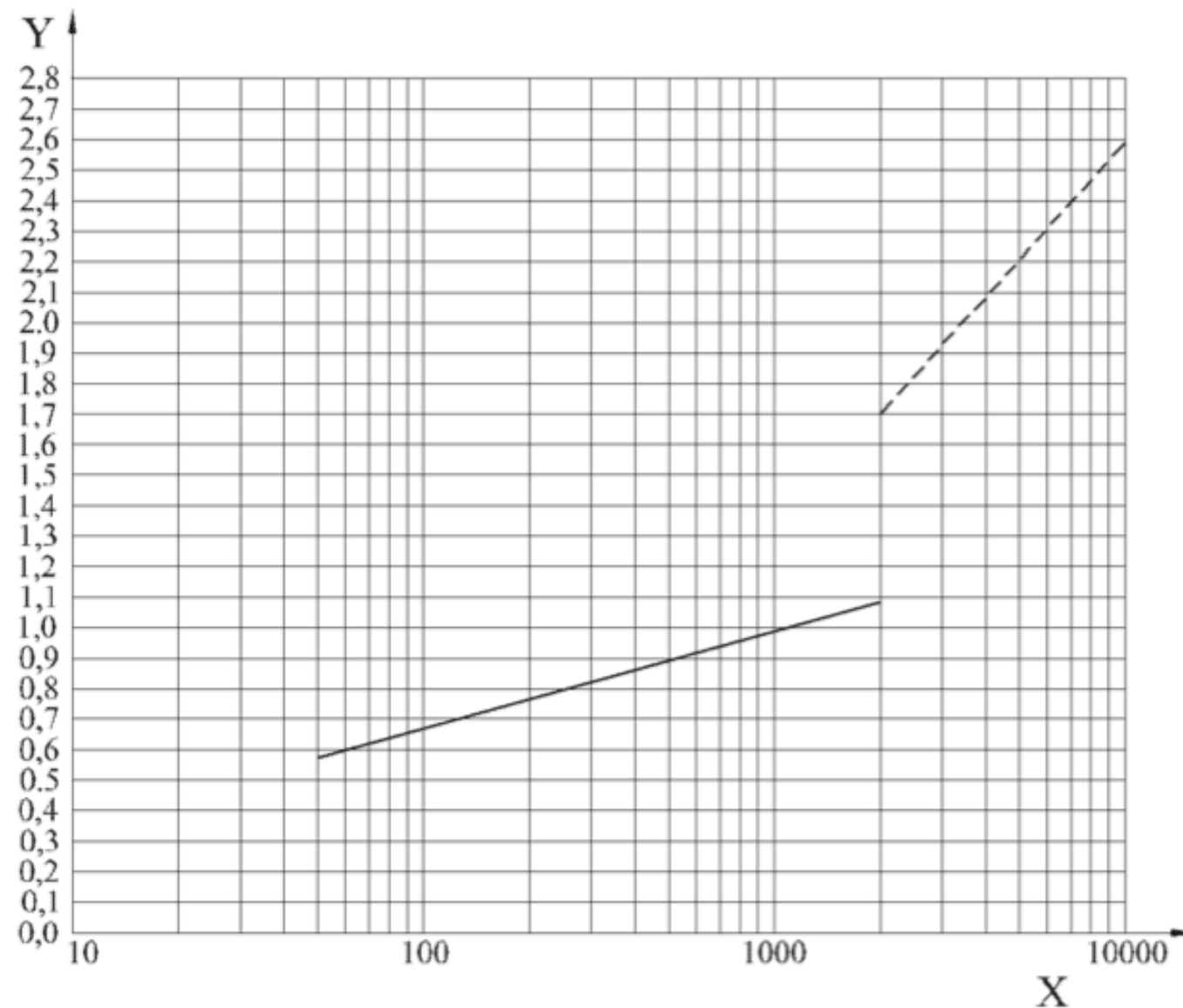
Legenda

—— Parlato (ambiente non occupato)

----- Sport (ambiente non occupato)

X Volume  $V$ ,  $m^3$

Y Tempo di riverberazione ottimale,  $T_{ott}$ , s



# 5. Casi Studio



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



# CASO STUDIO: Parrocchia Ospedaliera San Gerardo @ Monza



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

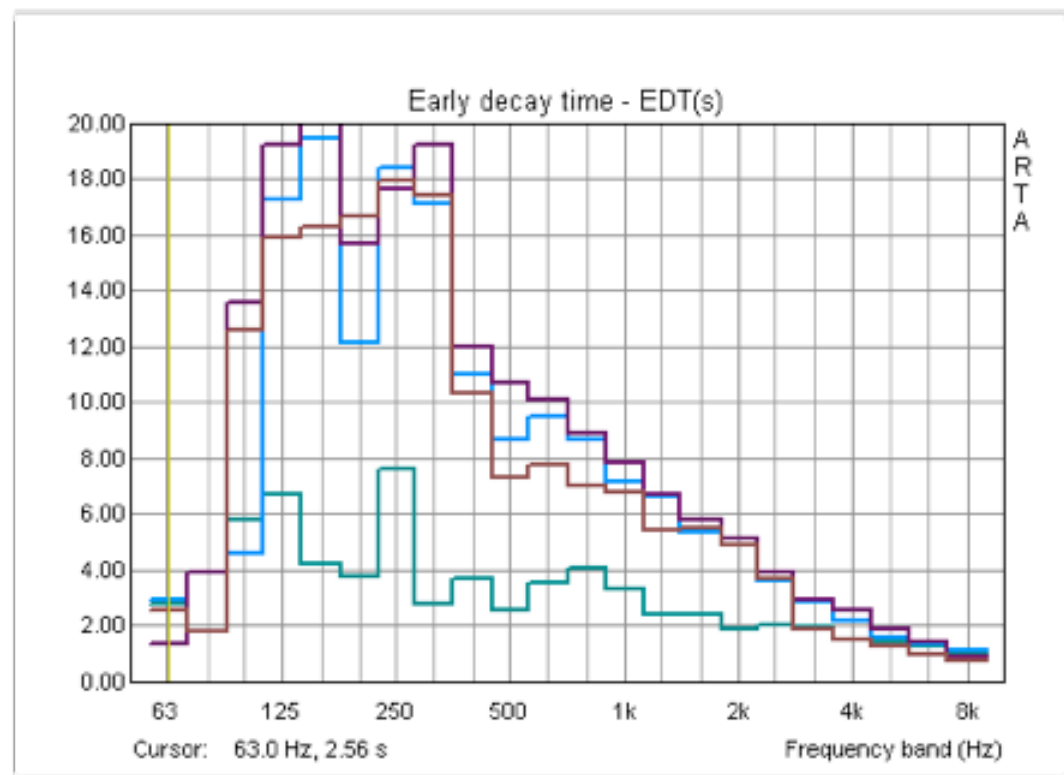
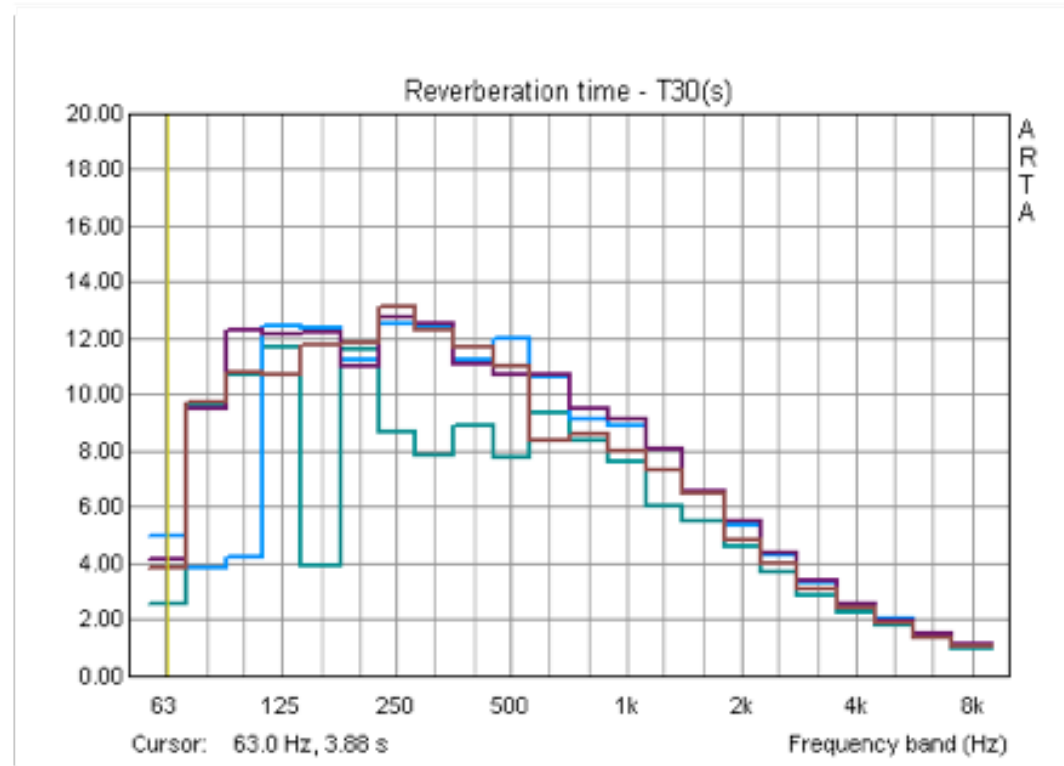
*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

# Il problema acustico

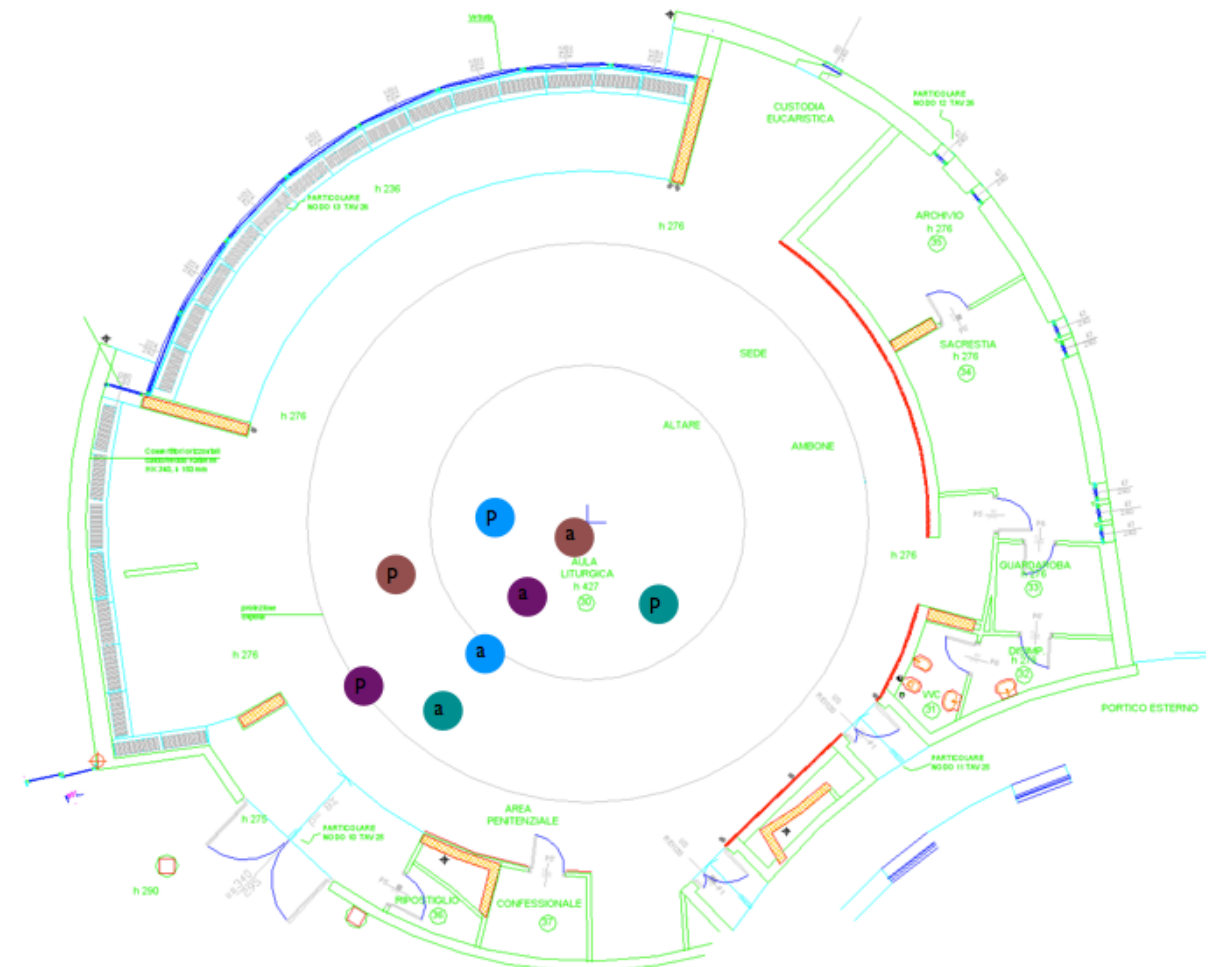
Nel momento in cui siamo stati chiamati era stata realizzata soltanto la struttura di cemento armato: la chiesa presentava dei problemi acustici evidenti perché l'effetto focalizzazione della cupola era realmente fastidioso al punto di non riuscire a capire quello che diceva una persona posta a più di un metro e mezzo di distanza.

Abbiamo effettuato le prime rilevazioni acustiche e abbiamo misurato valori di tempo di riverberazione T30 di circa 12 s e EDT con punte di 20 s: estremamente lunghi, soprattutto alle frequenze basse e medio-basse. Questo rappresentava un fatto notevole, considerando anche che al momento delle prime misure il locale non era chiuso interamente, dato che mancavano porte e vetrate (per un totale di almeno 1/3 dell'intera superficie laterale).

# I risultati delle misure ante-operam



COLORE	PUNTO DI MISURA	
	ANTE OPERAM	POST OPERAM
1	1 m dal bordo cupola verso centro	davanti altare dx
2	2,5 m dal bordo cupola verso centro	davanti altare sx
3	5 m dal bordo cupola verso centro	fine cupola
4	7,5 m dal bordo cupola verso centro	appena sotto cupola



Abbiamo verificato inoltre un fatto piuttosto interessante, ossia che il picco di riverberazione si spostava leggermente in frequenza tra le varie misure che abbiamo effettuato a distanze differenti dal centro della cupola (quello misurato sul bordo è più in basso di quello misurato al centro).

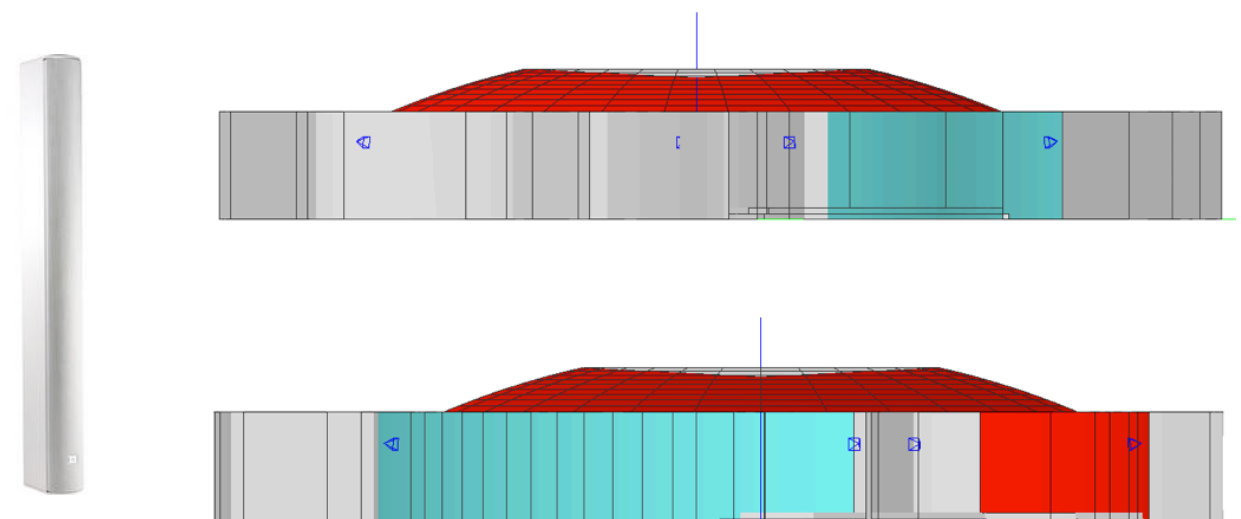
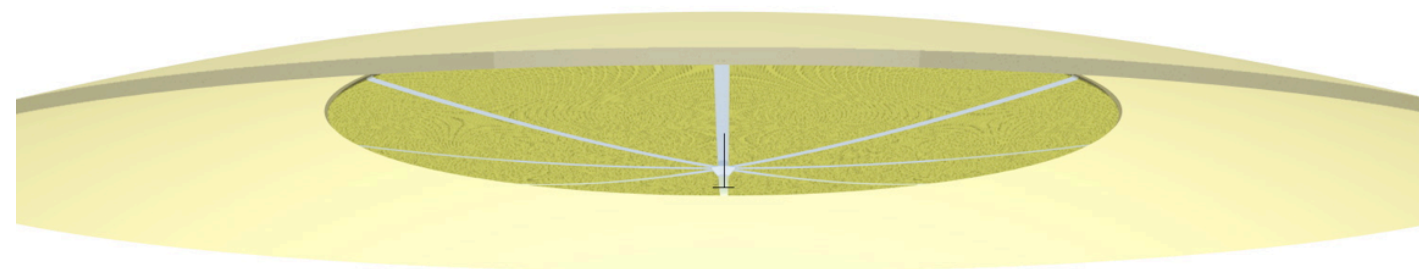
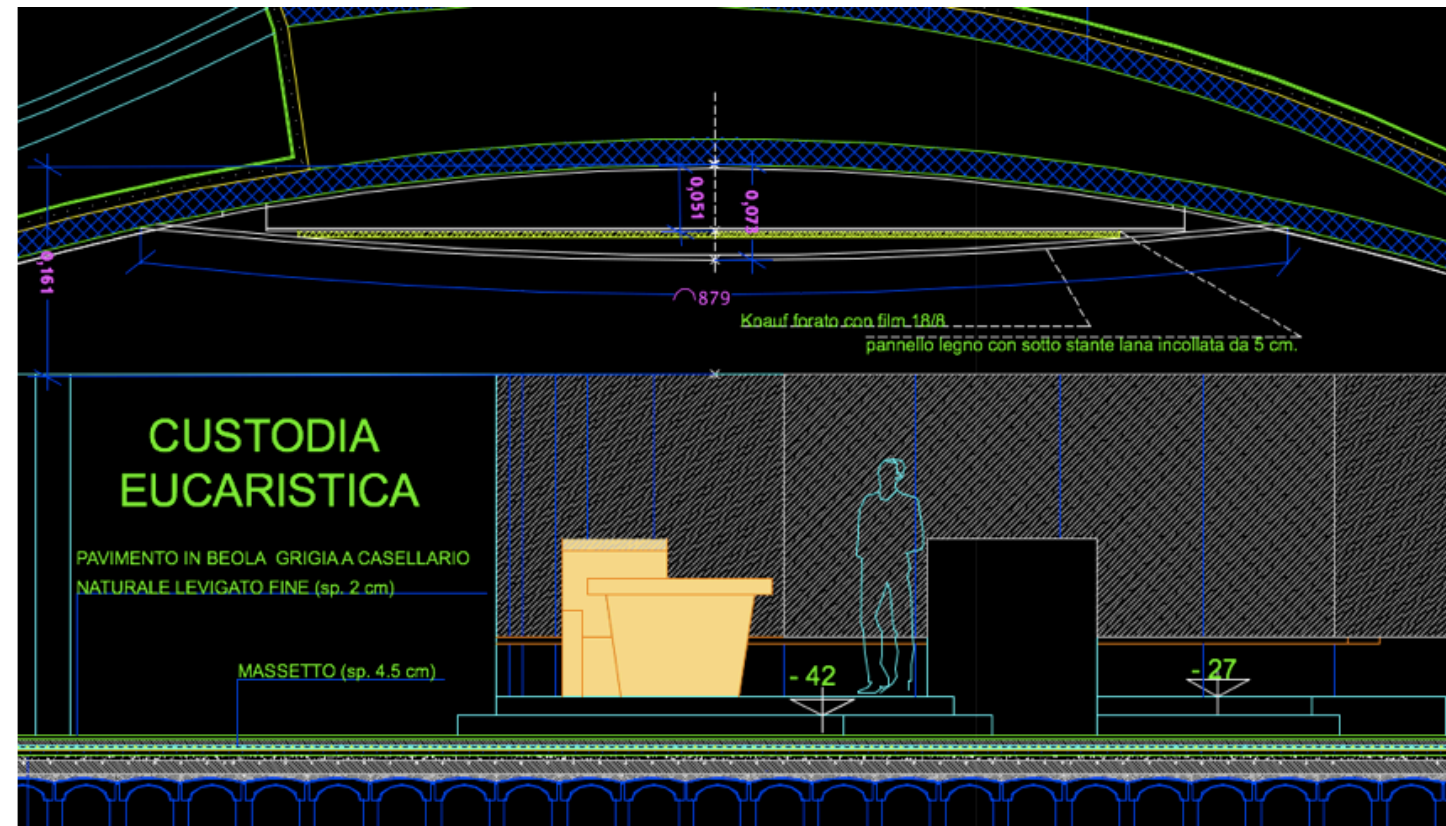


# la correzione

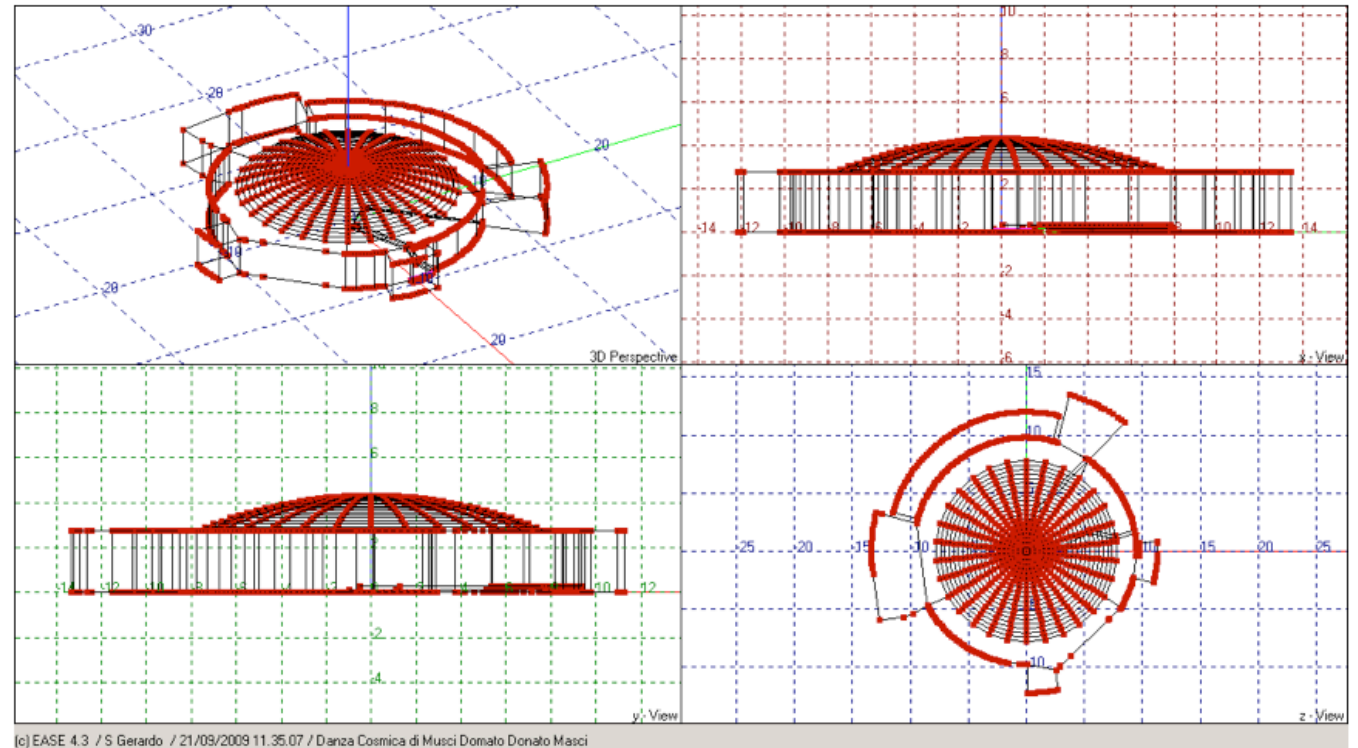
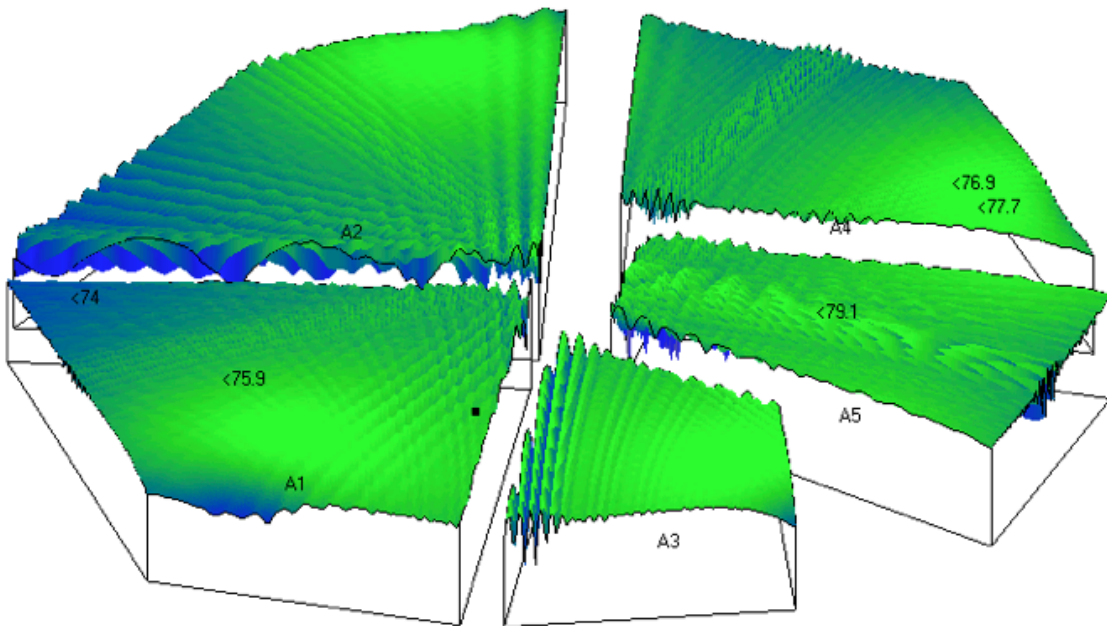
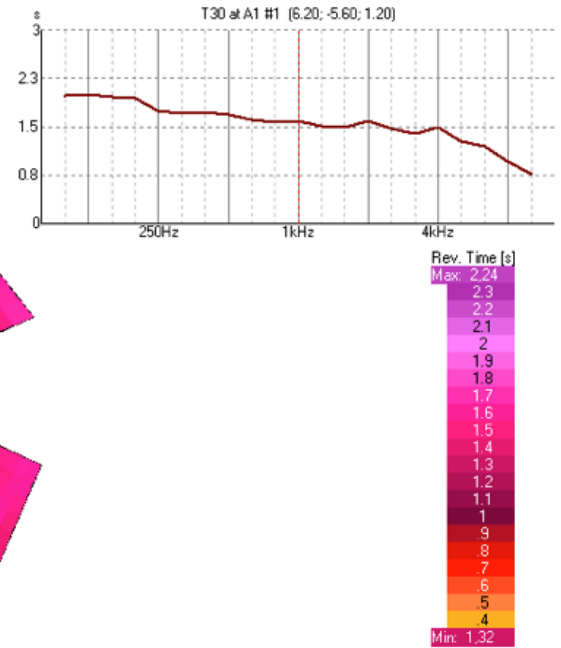
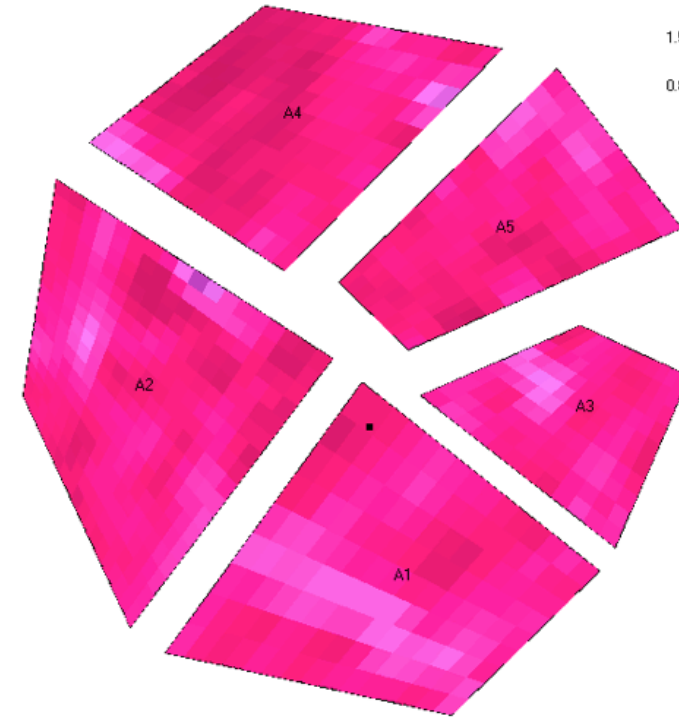
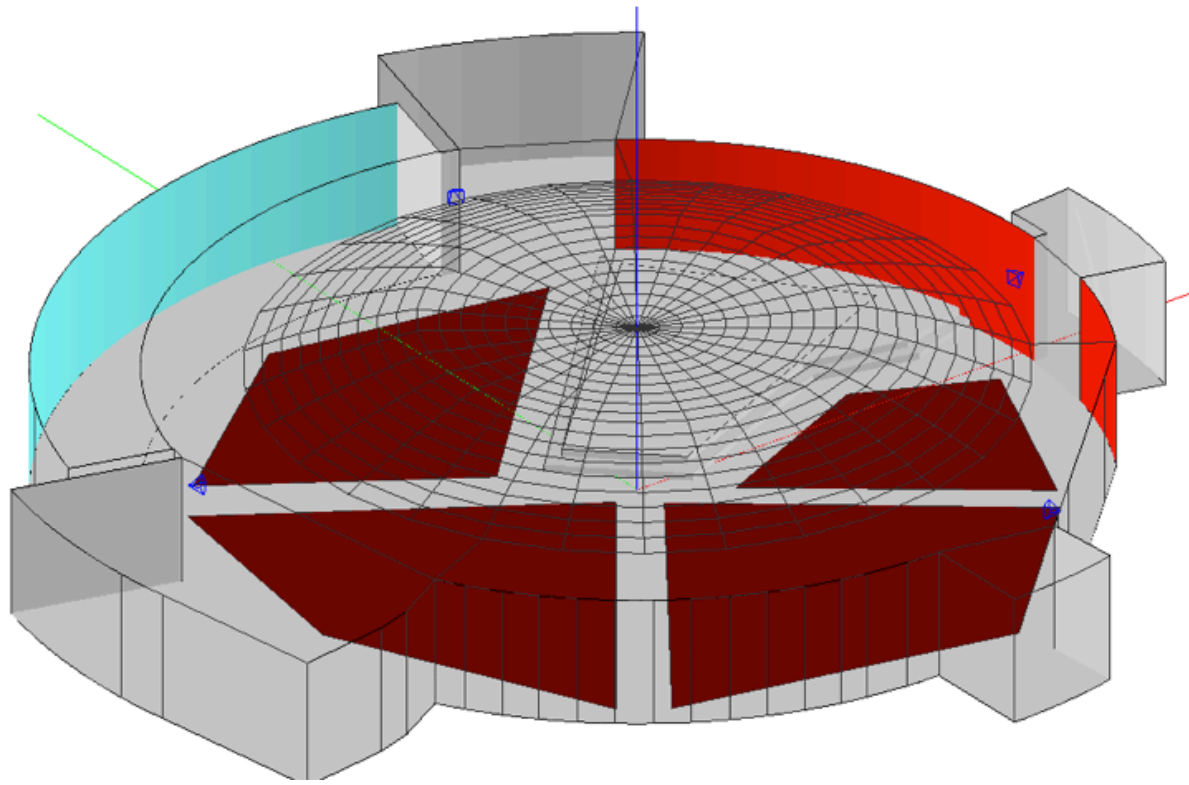
1. creazione di un controsoffitto a forma di cupola rovesciata dentro la cupola (**controcupola**): il sistema funziona da trappola per le basse frequenze ed essendo una superficie convessa e non concava, diffonde il campo acustico con un angolo molto superiore a prima. L'interno della controcupola è riempito con materiale fonoassorbente (lana di vetro) e la superficie della controcupola è in legno forato con percentuale di foratura del 15%;

2. rivestimento del resto delle pareti con intonaco fonoassorbente;

3. scelta dell'impianto di diffusione acustica: JBL CBT100LA line array. Abbiamo effettuato questa scelta per la loro efficienza nel riprodurre il parlato, per lo stretto angolo di diffusione verticale (che è utile per non far lavorare la cupola in maniera negativa per il campo acustico) e per la facilità di inclinazione e montaggio. Abbiamo predisposto 4 di queste casse cercando il modo migliore per creare un campo acustico omogeneo in tutta la chiesa.



# Studio al CAD acustico (EASE)



[c] EASE 4.3 / S Gerardo / 21/09/2009 11.35.07 / Danza Cosmica di Musci Donato Donato Masci

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
 Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





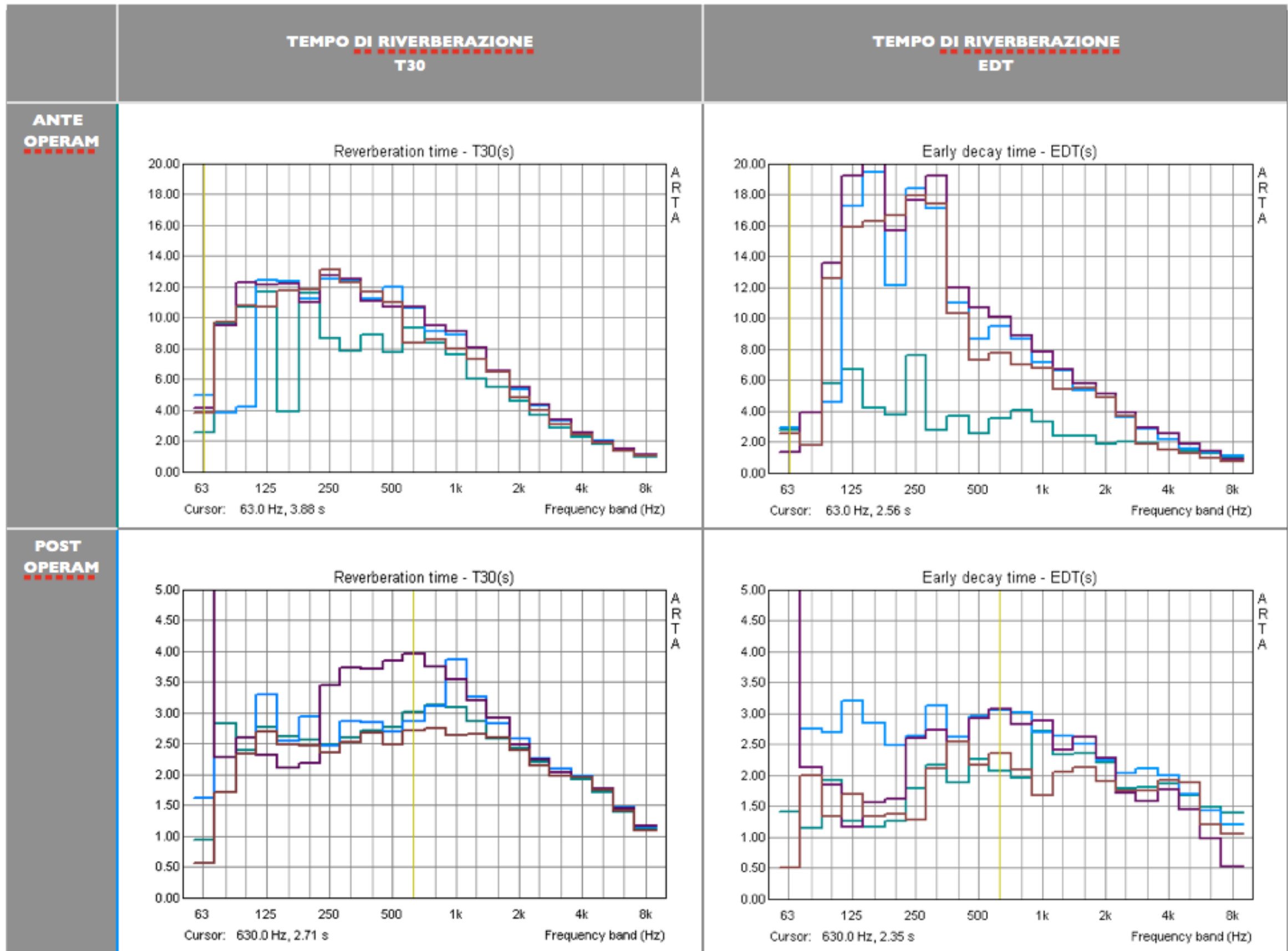
domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



# Risultati finali



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.**  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



# Parrocchia Ospedaliera S. Gerardo @ Monza

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# Parrocchia Ospedaliera S. Gerardo @ Monza

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# Parrocchia Ospedaliera S. Gerardo @ Monza

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# Parrocchia Ospedaliera S. Gerardo @ Monza

domenica 21 ottobre 12

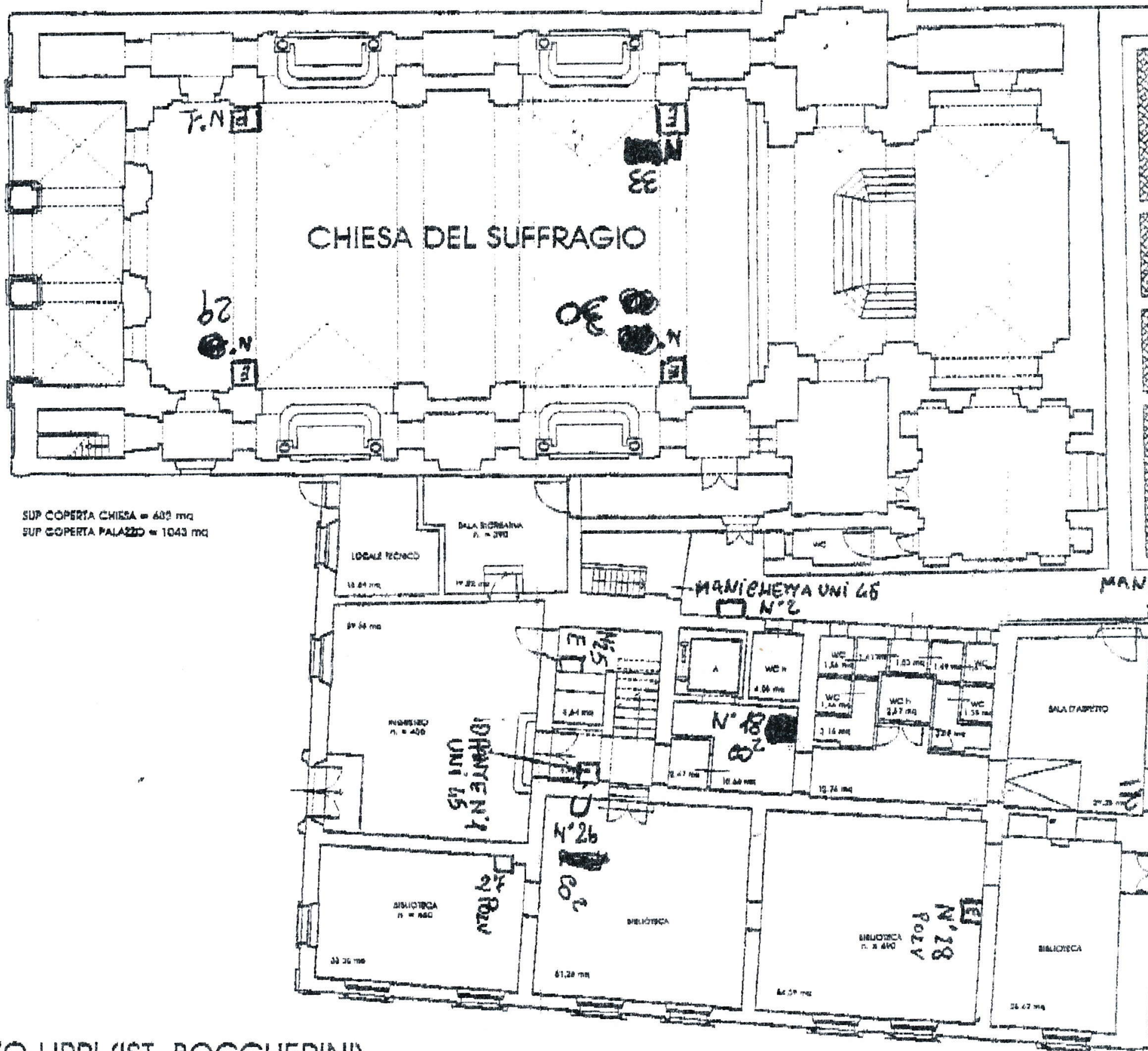
**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

# CASO STUDIO: Auditorium Istituto Boccherini di Lucca

ITDG molto alto (35 ÷ 45 ms)  
Correzione della prima riflessione  
ITDG finale < 27 ms





SUP COPERTA CHIESA = 600 mq  
 SUP COPERTA PALAZZO = 1043 mq

AZZO LIPPI (IST. BOCCHERINI)

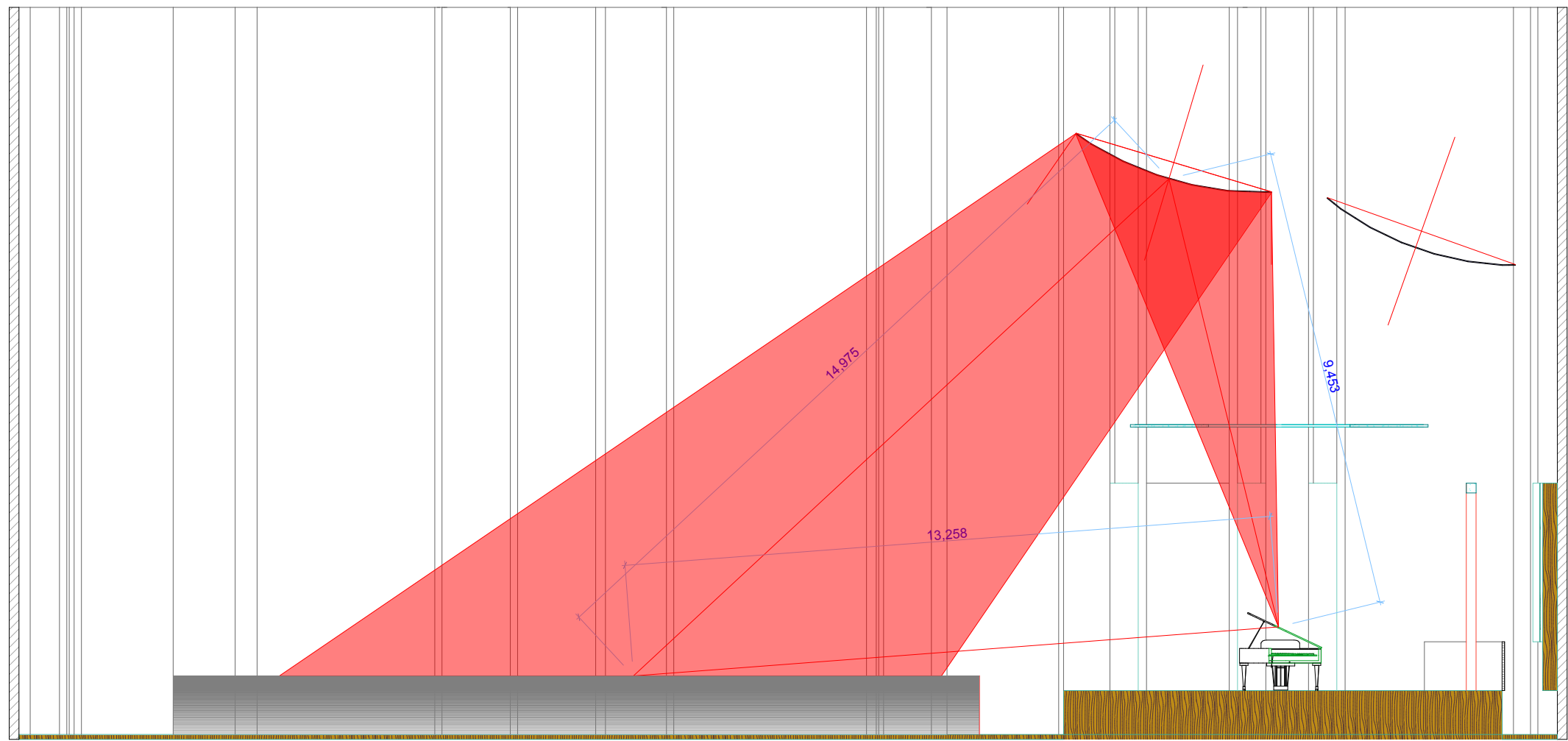
PIANTA PIANO TERRA

SCALA 1:200

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.**  
 Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

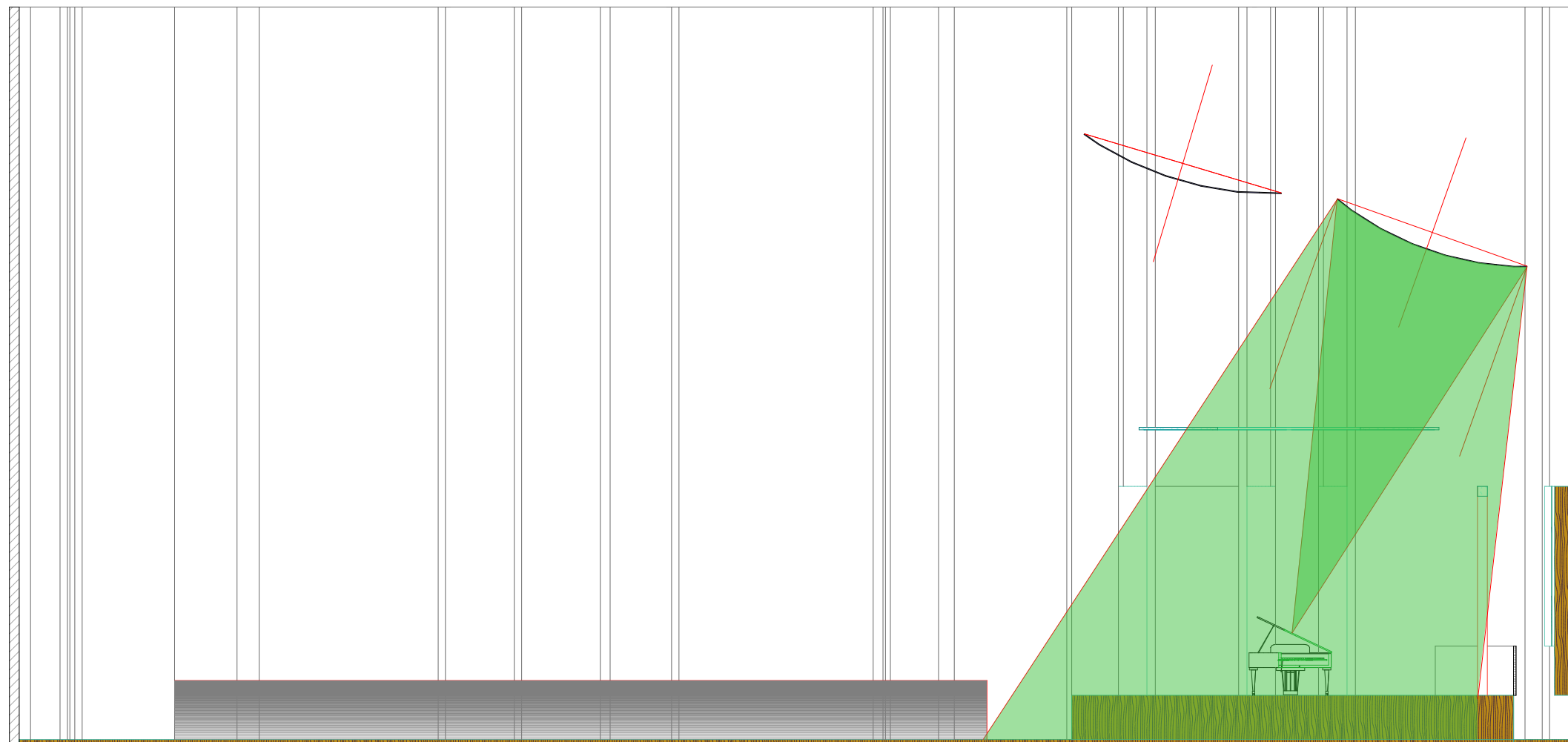


domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

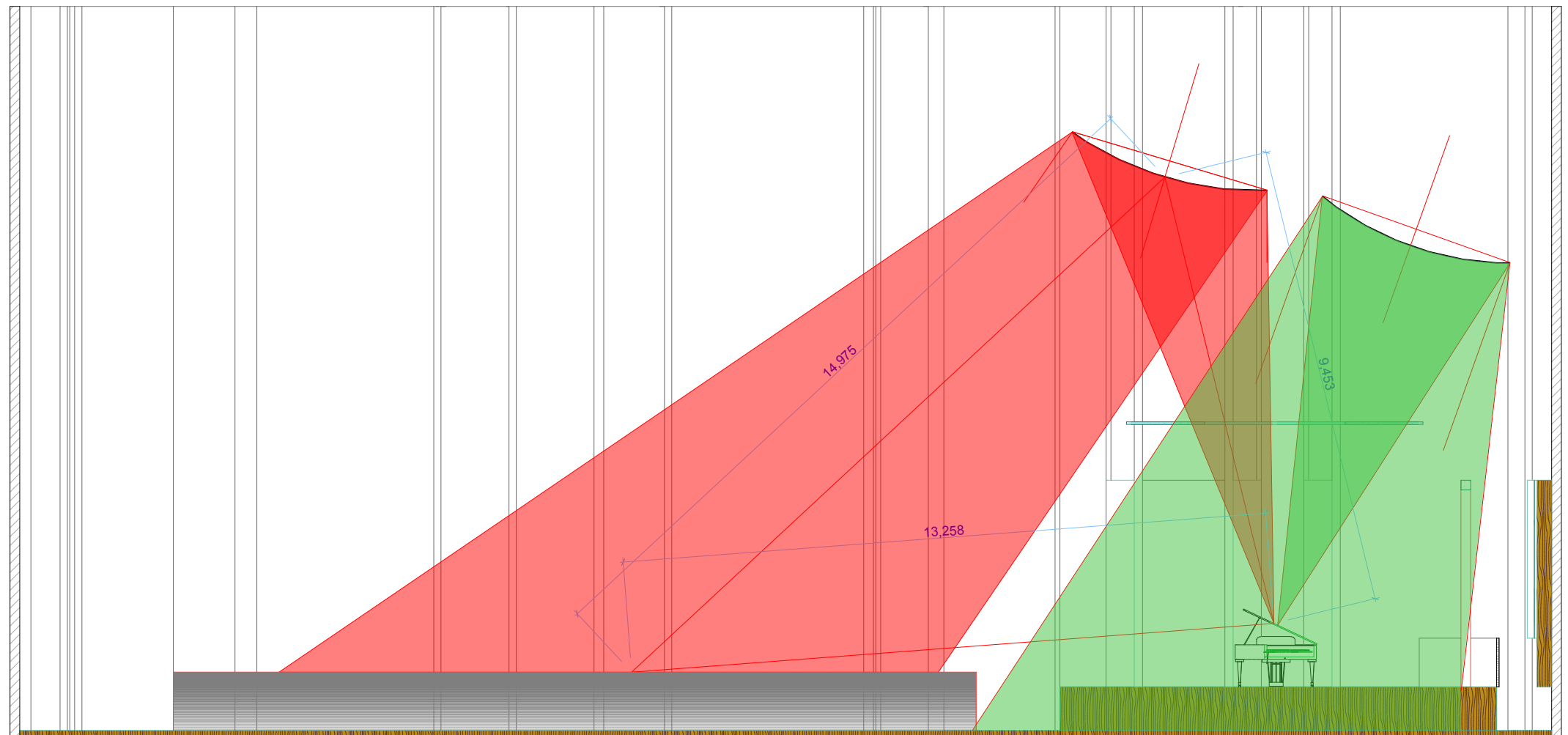




domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

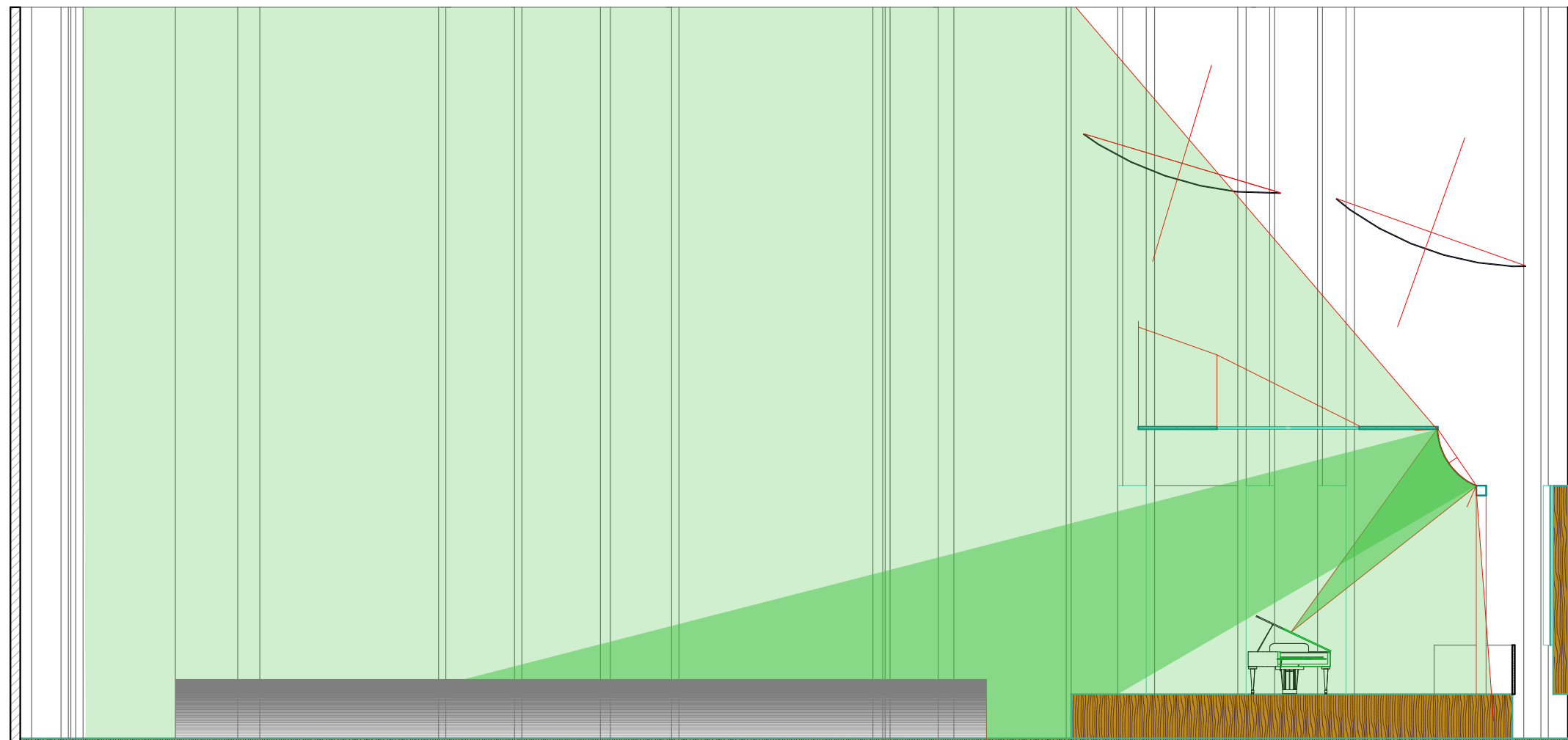
*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

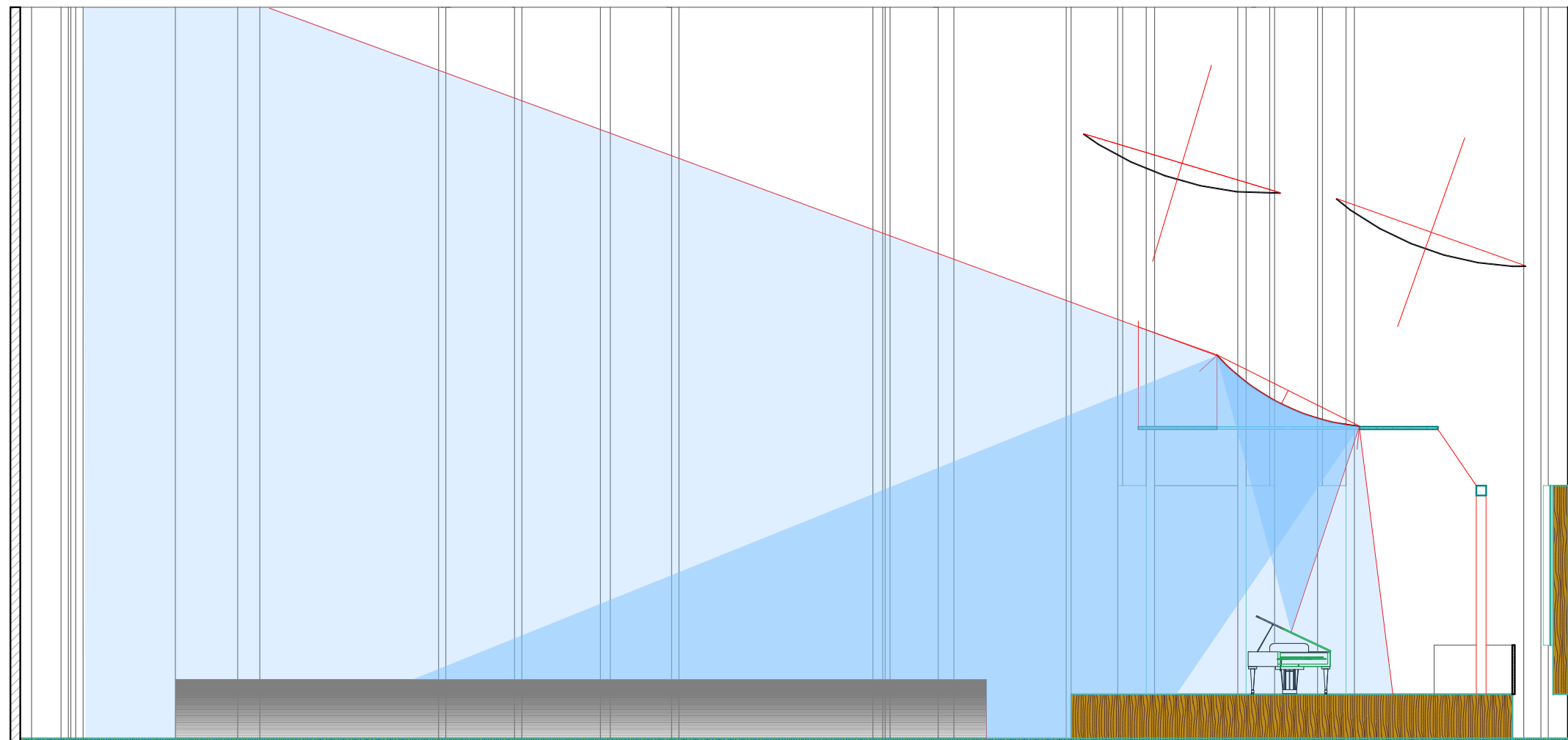
*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

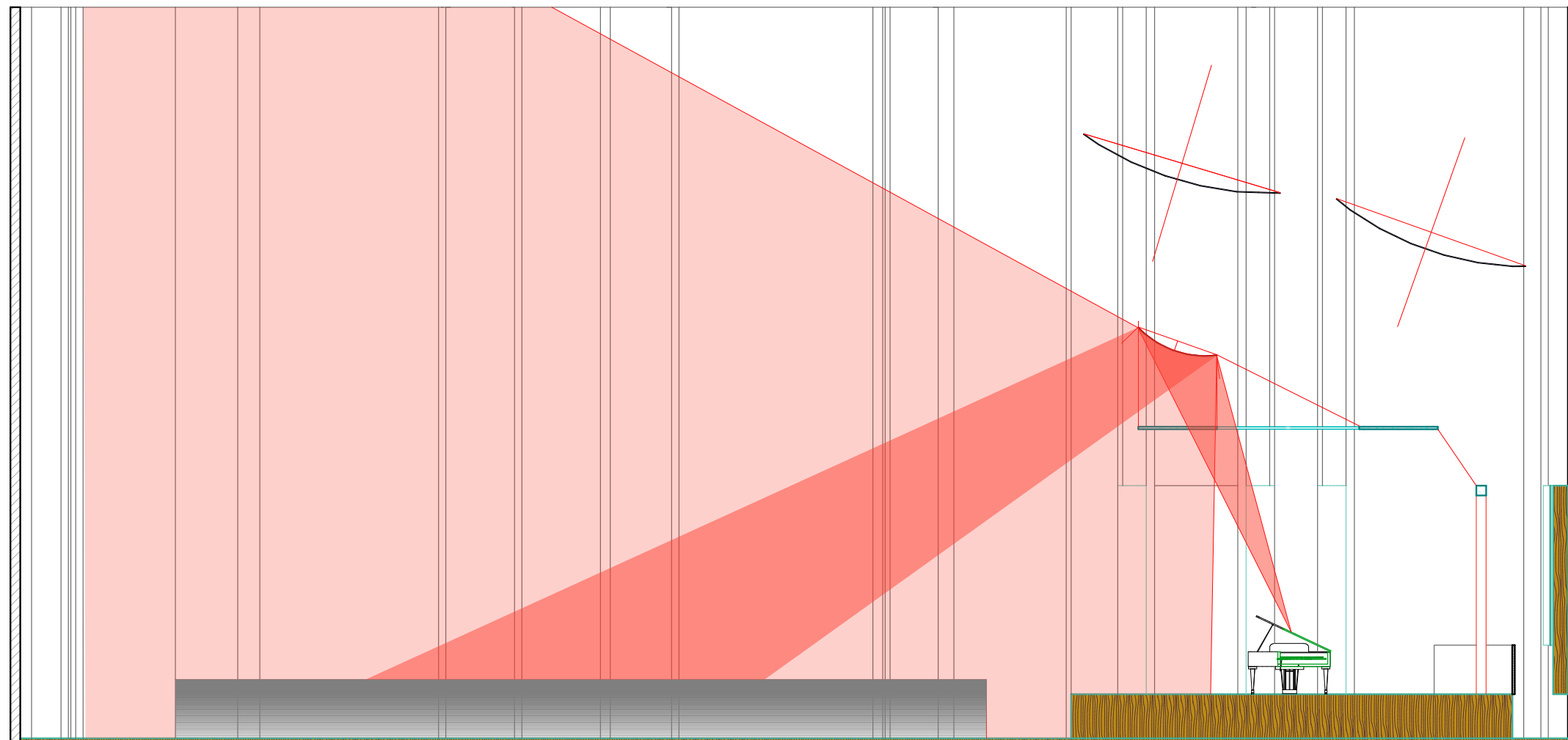
*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

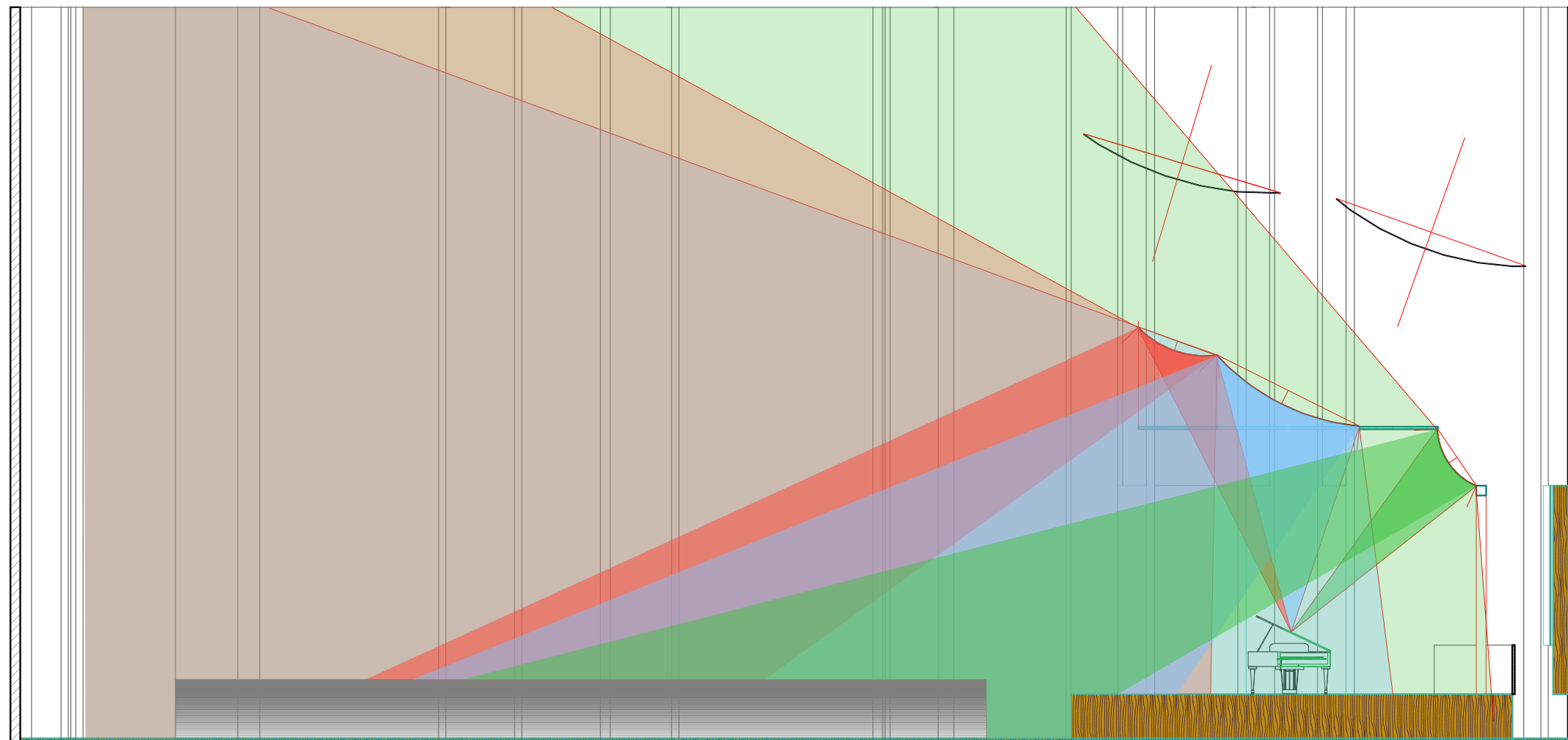
*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

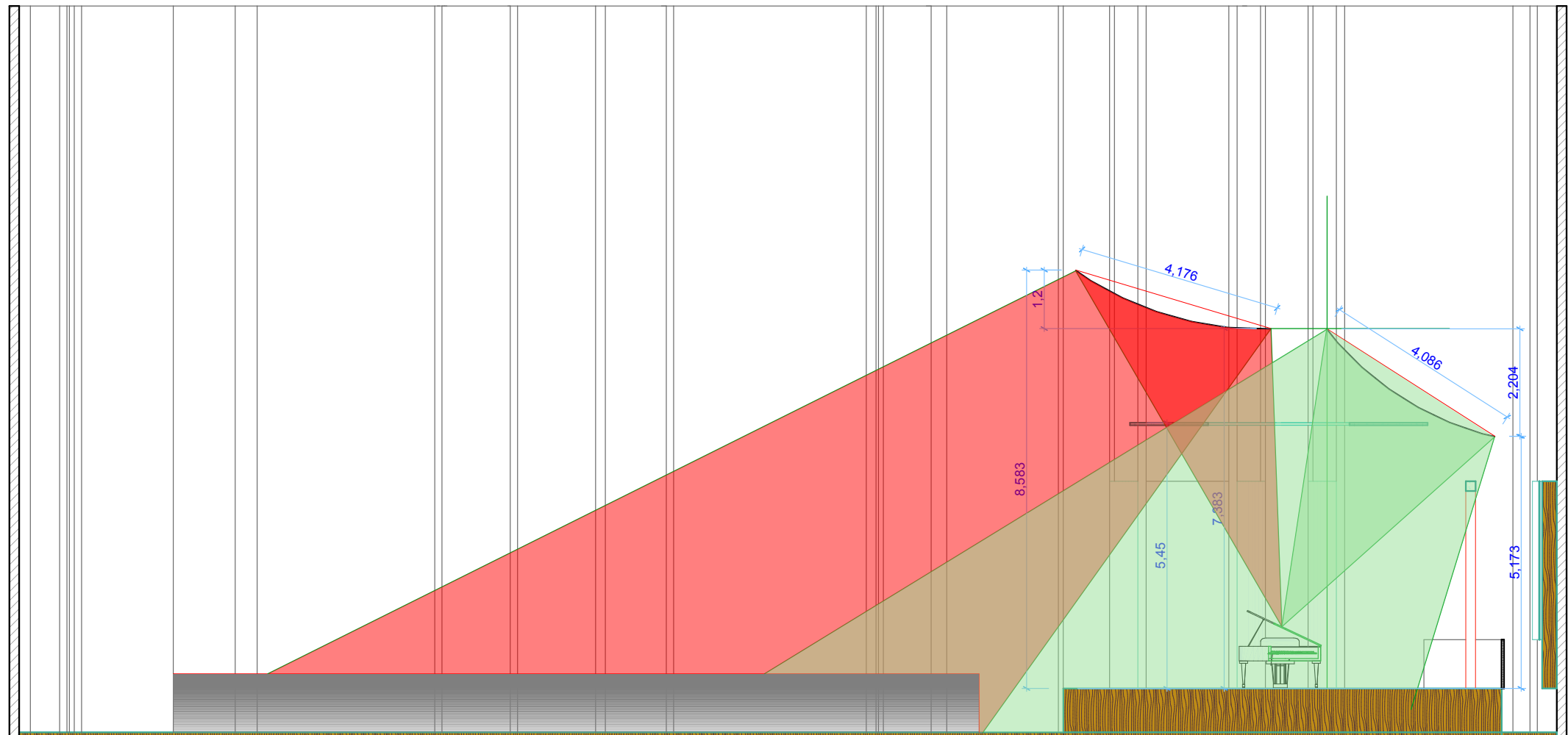


domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

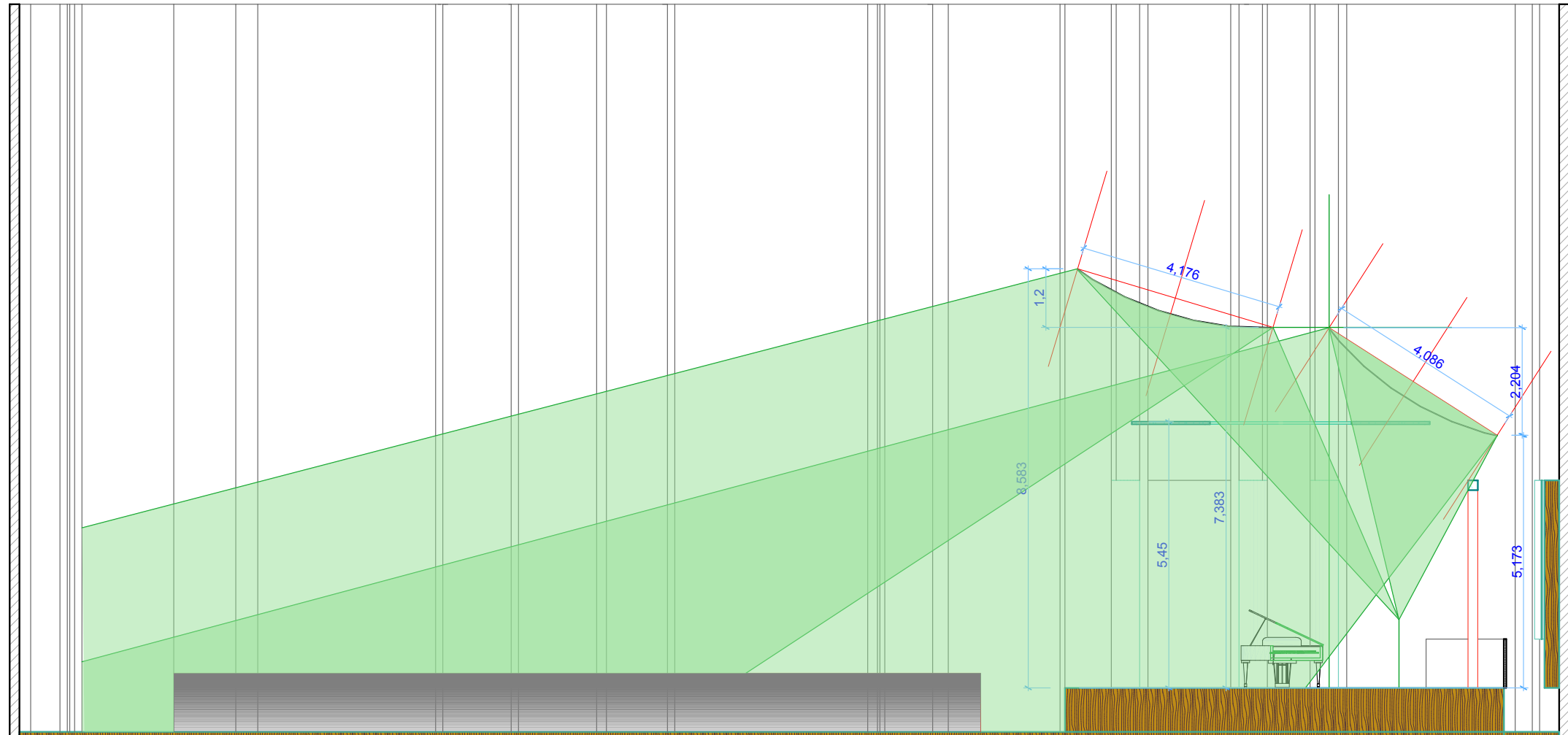




domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
 Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
 Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

	Pannello frontale		Pannello sul retro	
	Cima	Fondo	Cima	Fondo
<b>Percorso [m]</b> vecchia posizione	10,2	14	15,3	13,7
<b>ITDG [ms]</b> vecchia posizione	30	38	45	40
<b>Percorso [m]</b> nuova posizione	6	9,5	9,1	7,7
<b>ITDG [ms]</b> nuova posizione	17,5	27	26	22,5

# CASO STUDIO: Chiesa di Terranuova Bracciolini - Mario Botta



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





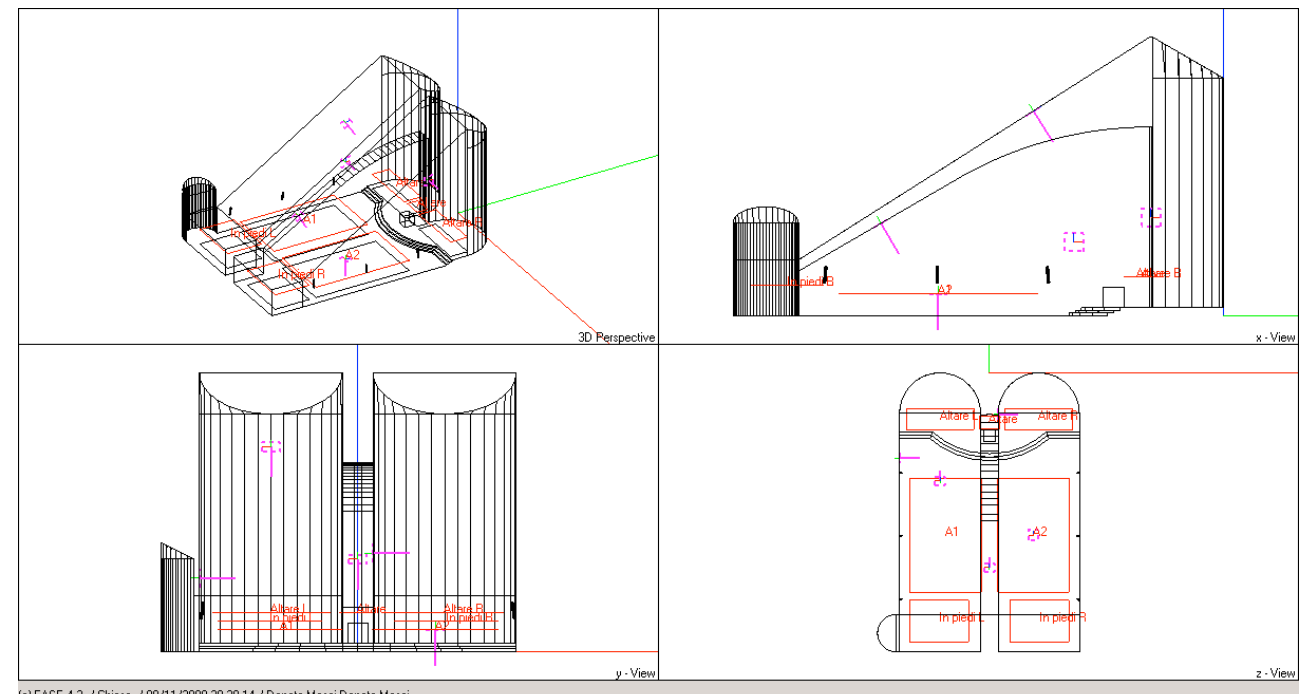
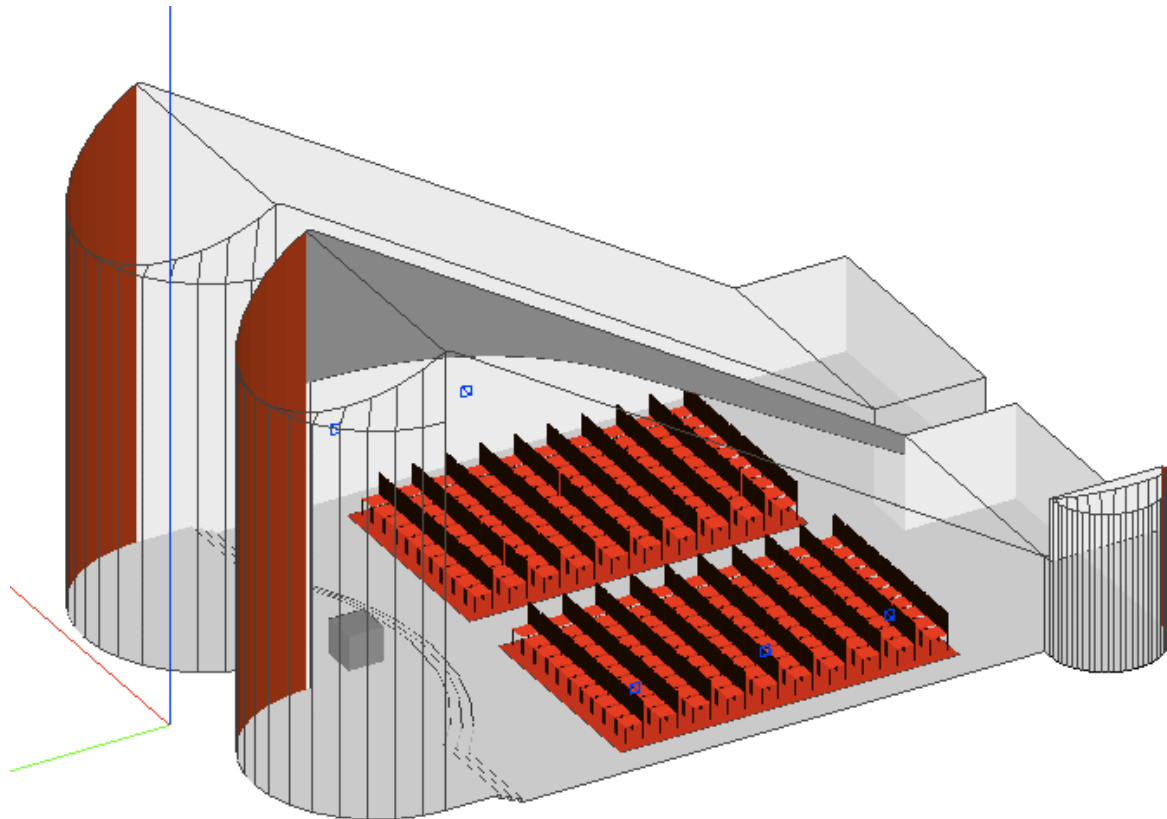
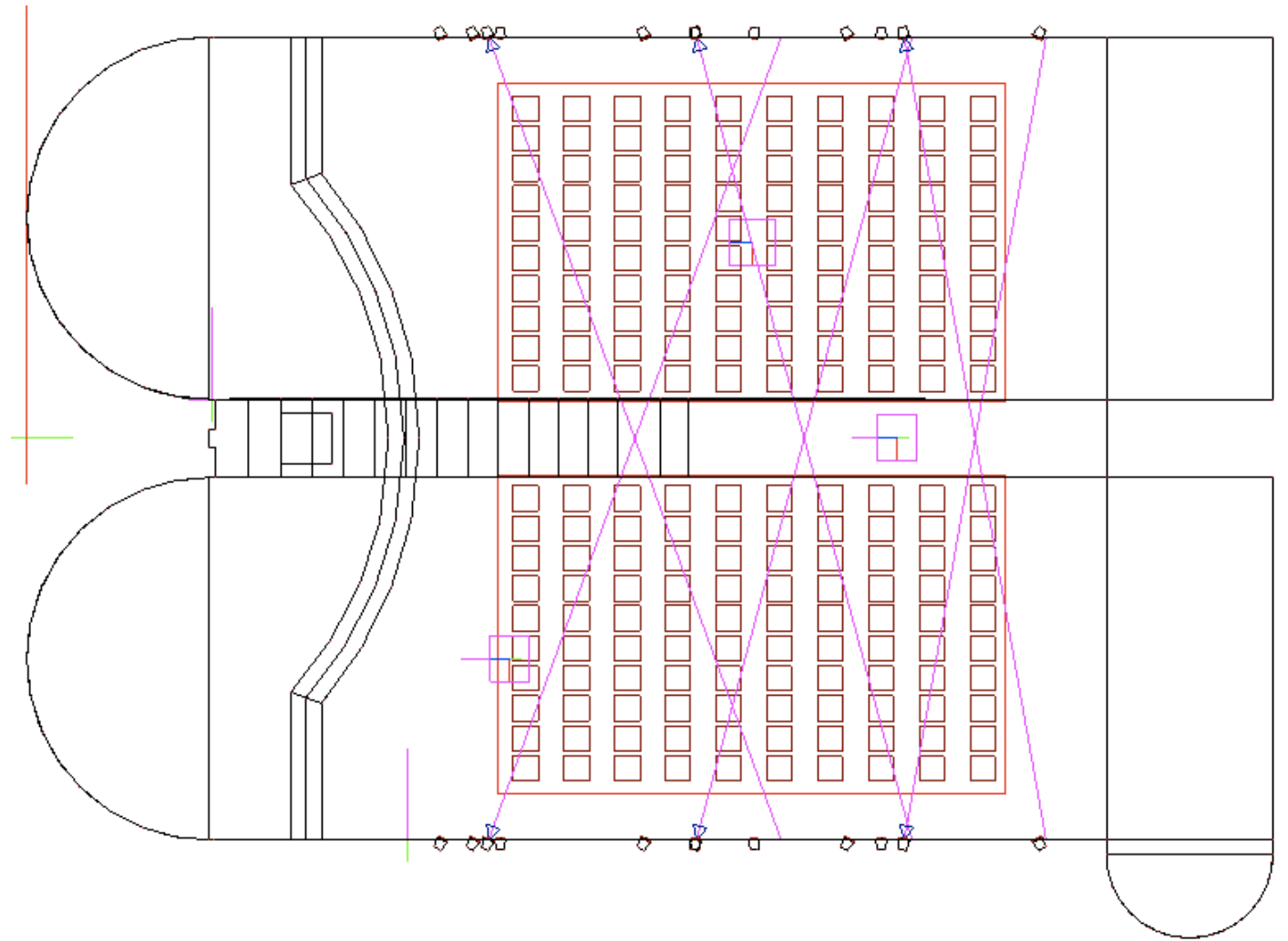
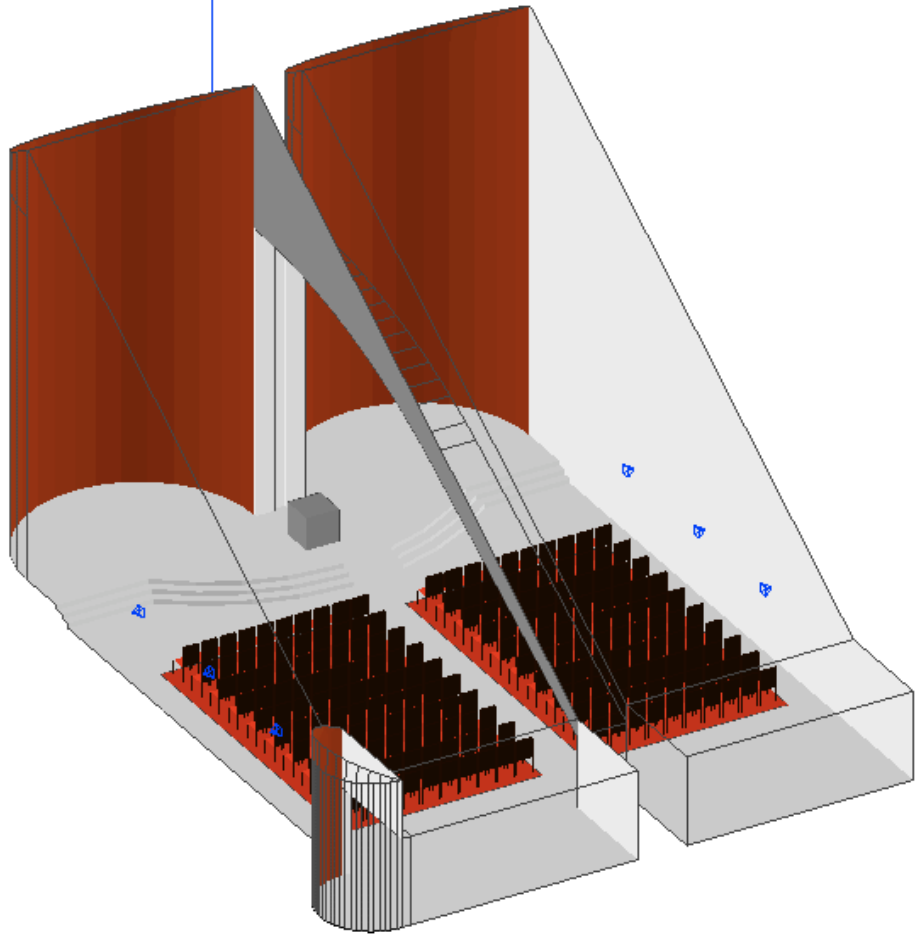
domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



# Studio al CAD acustico (EASE)



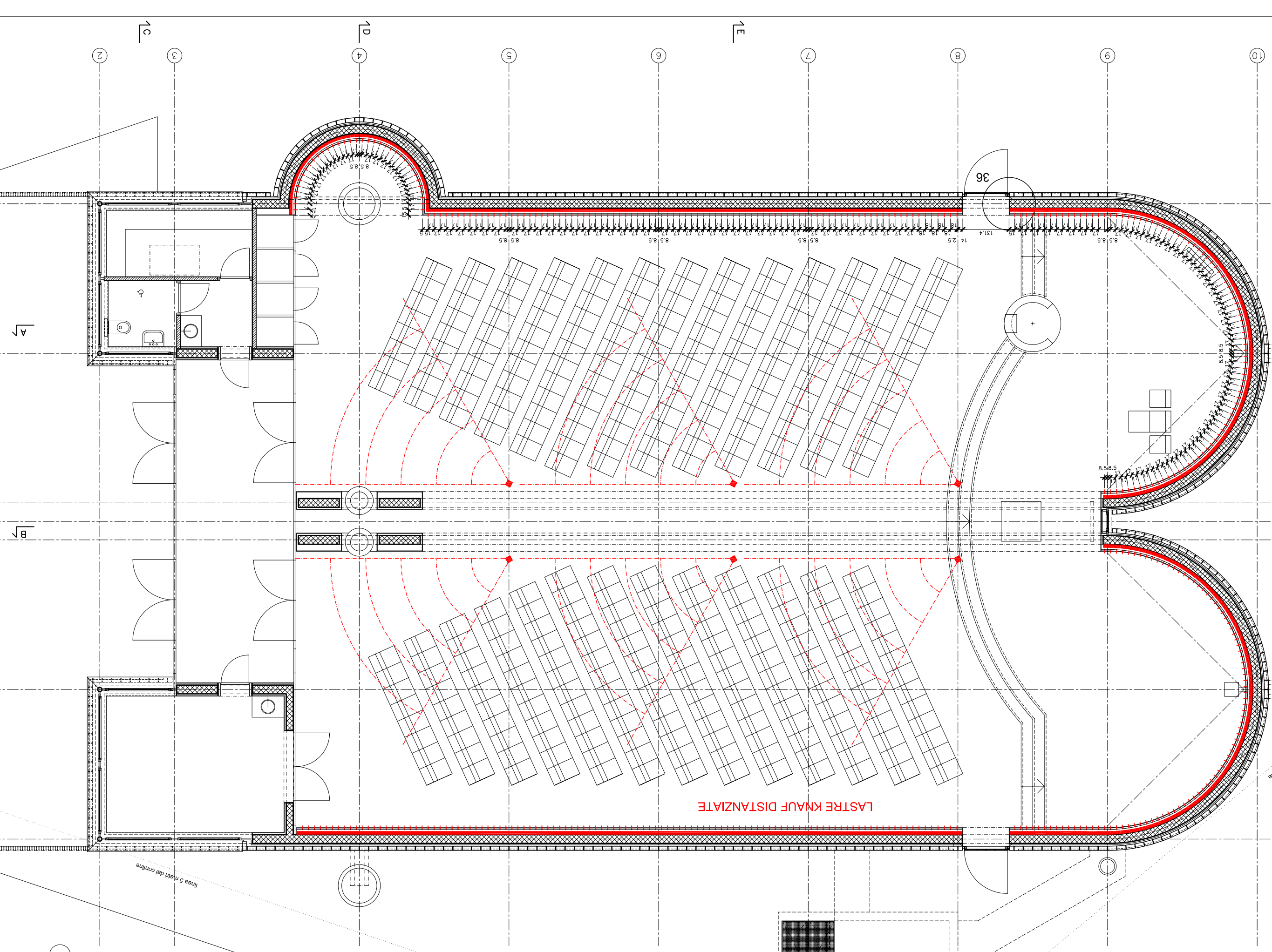
[c] EASE 4.3 / Chiesa / 09/11/2009 20.39.14 / Donato Masci Donato Masci

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

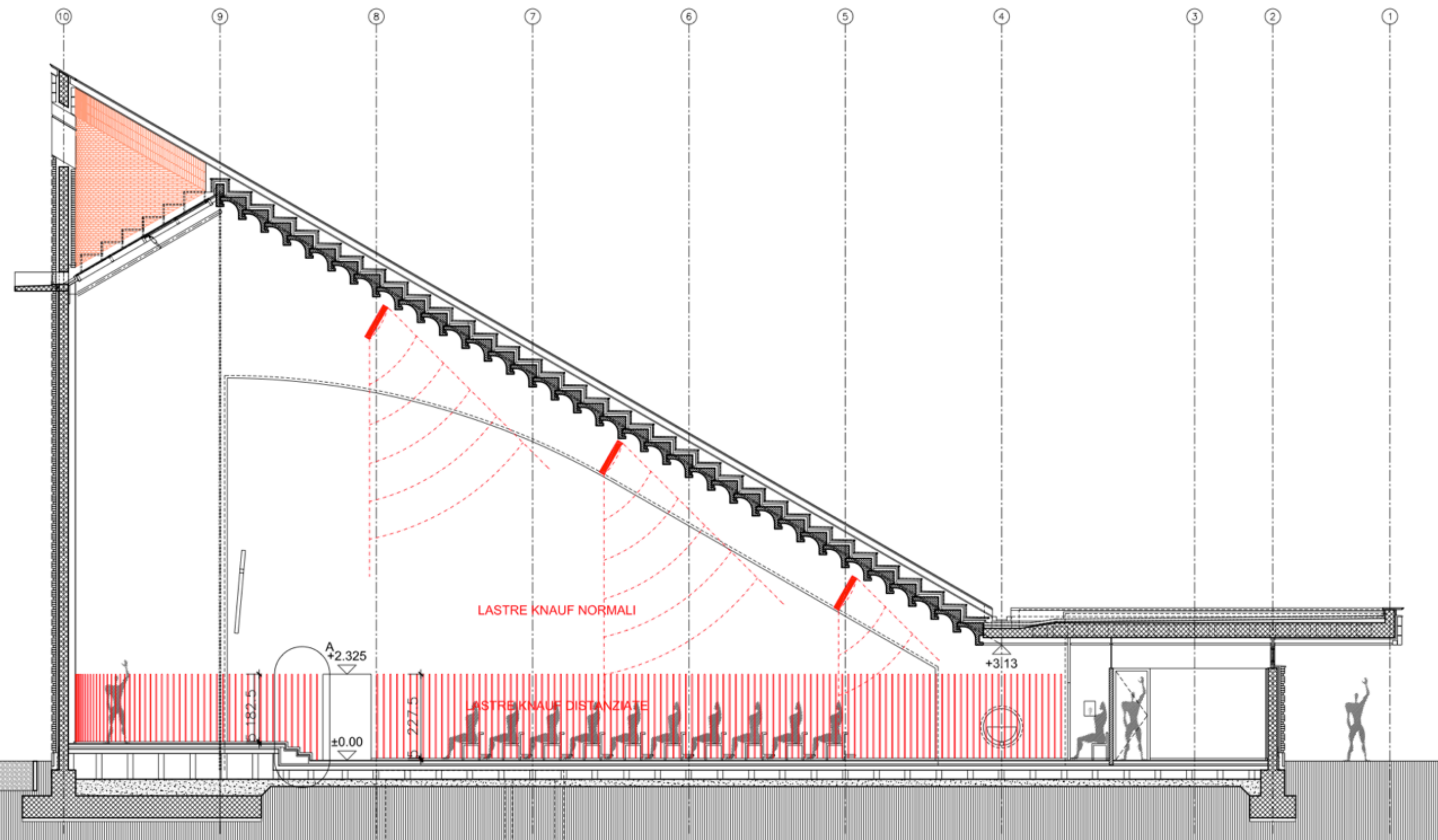


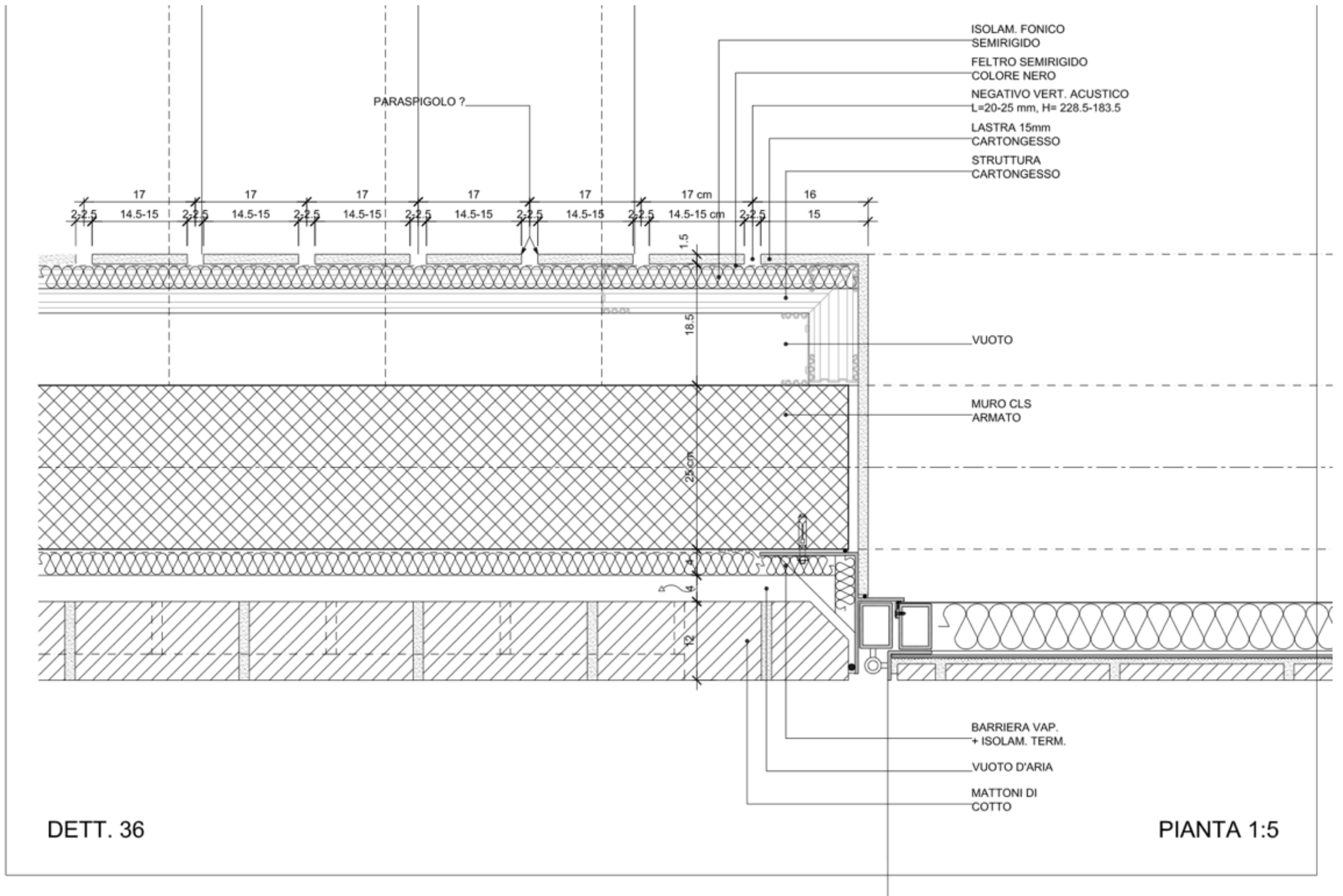


LASTRE KNAUF DISTANZATE

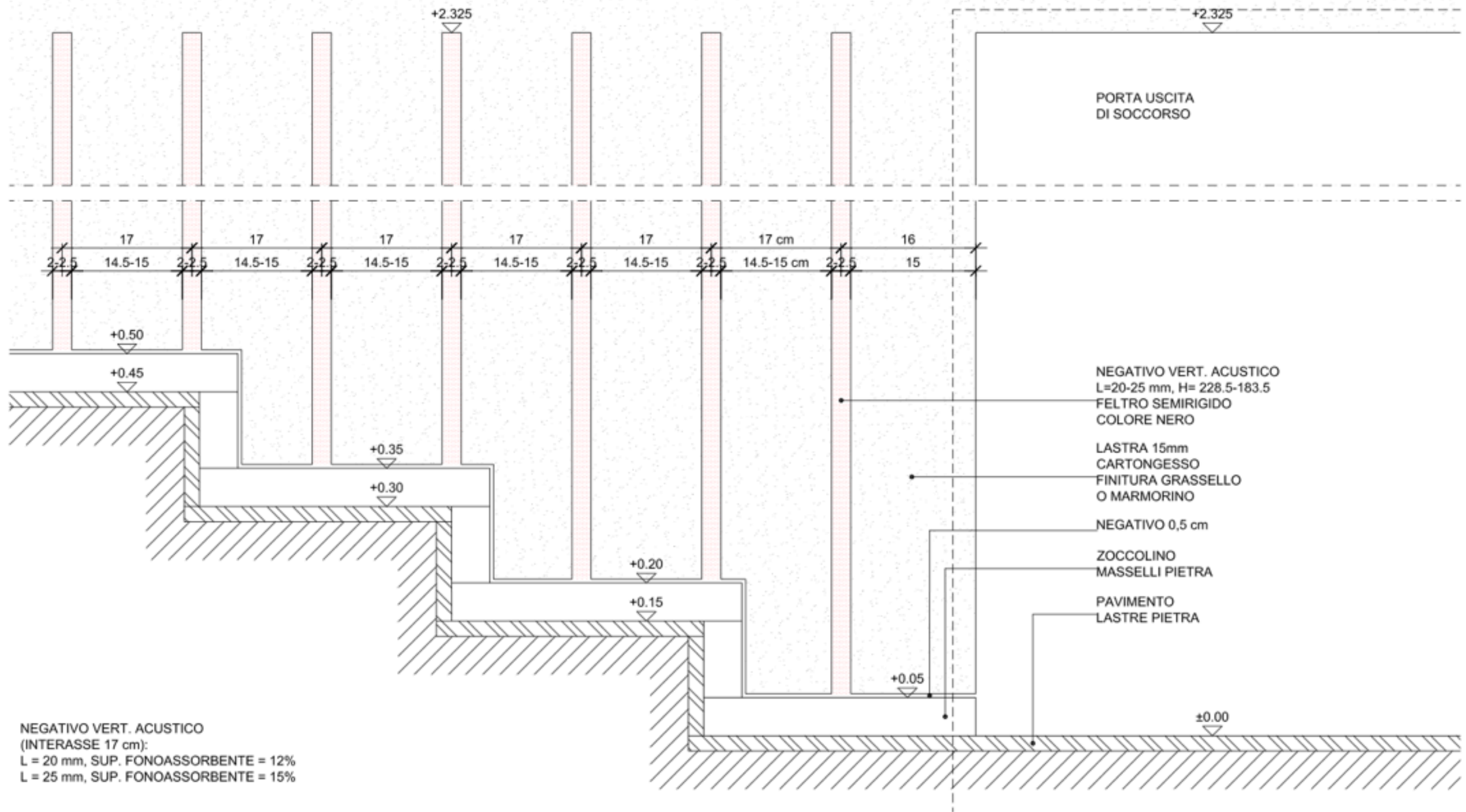
linea 5 metri dal confine

domenica 21 ottobre 12







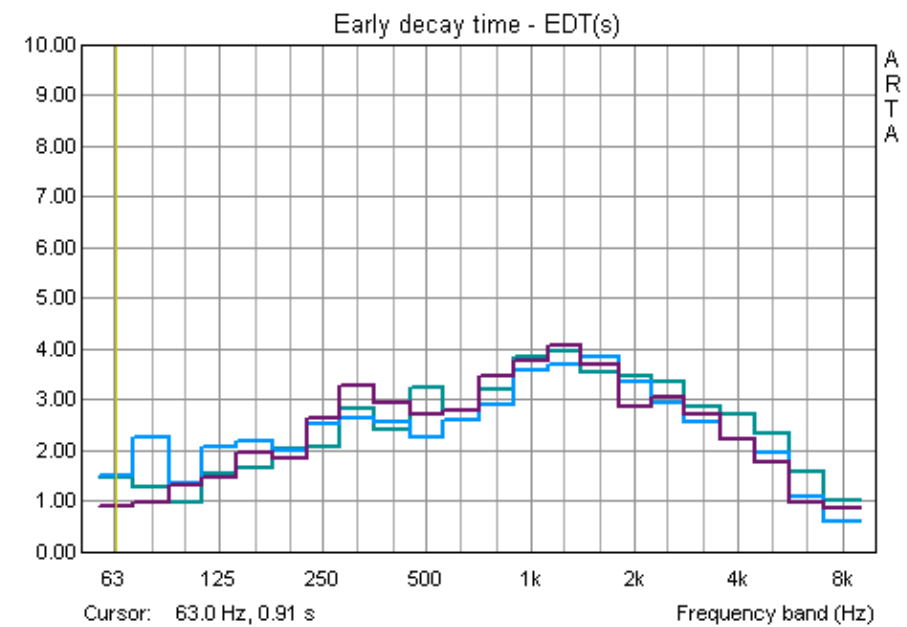
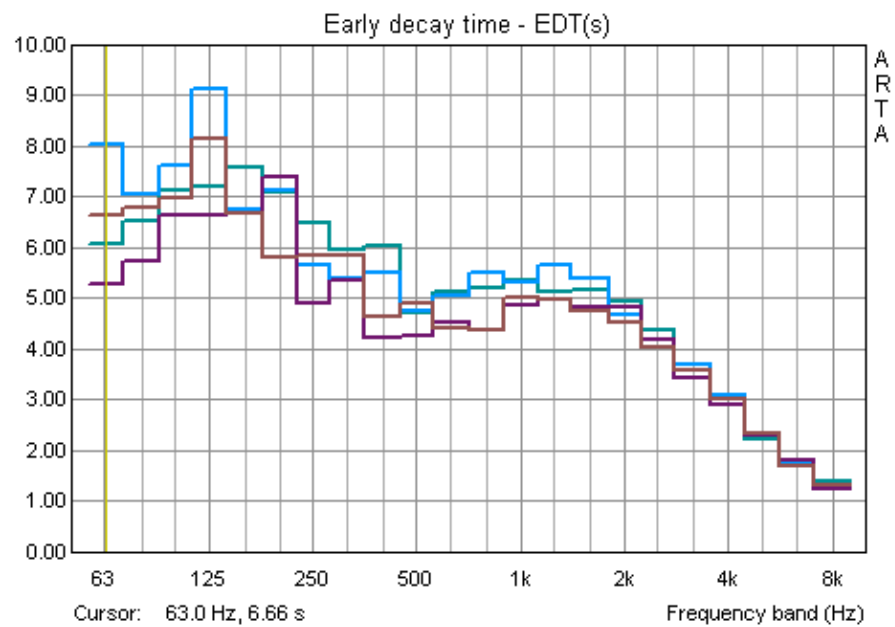
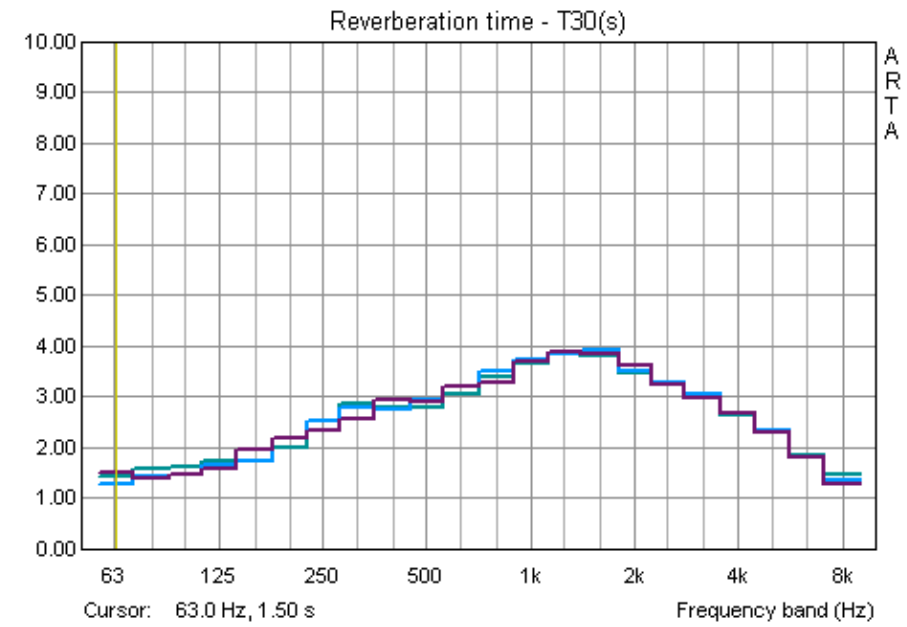
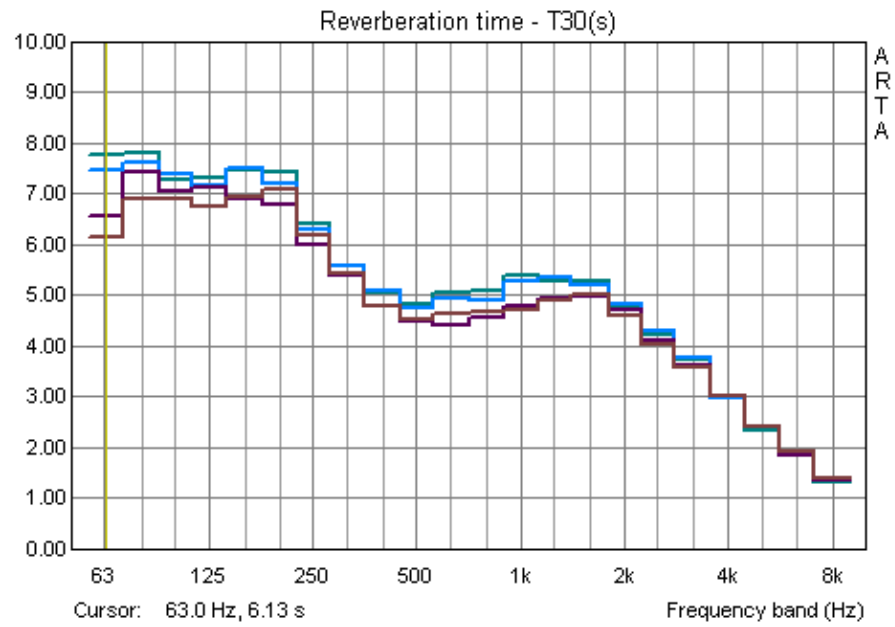


DETT. 36

PROSPETTO 1:5



# Risultati finali



domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)

# Risultati finali

parametro	STI - Intelligibilità del parlato <i>(i diversi istogrammi sullo stesso grafico sono relativi a punti di misura differenti)</i>			
	Misura <i>ante-operam</i> prima del trattamento acustico	<b>Voce Maschile</b>	0,28	0,31
	<b>Voce Femminile</b>	0,30	0,32	0,32
	<b>Rating</b>	BAD	BAD	BAD
Misura <i>post-operam</i> (27 Ottobre 2010) con il dodecaedro, senza pubblico	<b>Voce Maschile</b>	0,41	0,34	0,38
	<b>Voce Femminile</b>	0,41	0,34	0,38
	<b>Rating</b>	POOR	POOR	POOR
Misura <i>post-operam</i> (27 Ottobre 2010) con l'impianto audio della chiesa, senza pubblico	<b>Voce Maschile</b>	0,52	0,54	0,57
	<b>Voce Femminile</b>	0,53	0,55	0,58
	<b>Rating</b>	FAIR	FAIR	FAIR



# Chiesa di Santa Maria Nuova @ Terranuova Br. (AR)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# Chiesa di Santa Maria Nuova @ Terranuova Br. (AR)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.**  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)*





# Chiesa di Santa Maria Nuova @ Terranuova Br. (AR)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# Chiesa di Santa Maria Nuova @ Terranuova Br. (AR)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# International Sound @ Conversano (BA)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# International Sound @ Conversano (BA)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# International Sound @ Conversano (BA)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# Sudestudio @ Guagnano (LE)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)





# Sudestudio @ Guagnano (LE)

domenica 21 ottobre 12

**DONATO MASCI**

*dott. in Fisica, acoustic designer & consultant. Tecnico competente in acustica n°184 Provincia di Firenze. Socio Accomandatario **Studio Sound Service s.a.s.***  
Via Torricella, 22/a - 50023 Impruneta (FI), Italy - +39.055.2373831 - +39.335.8233579 - [donatomasci@gmail.com](mailto:donatomasci@gmail.com) - [www.studiosoundservice.com](http://www.studiosoundservice.com)



# Bibliografia e testi di riferimento

- Donato Masci: “Parametri Fisici dell’Acustica Ambientale” tesi di Laurea in Fisica;
- Norma ISO 3382 - I – “Performance spaces”;
- Acustica delle Sale: dalla progettazione alla verifica (Scuola di Acustica di Ferrara, Università di Ferrara);
- Angelo Farina: “La caratterizzazione acustica delle sale da spettacolo con particolare attenzione alle esigenze di ascolto della musica sinfonica” Tesi di Dottorato di Ricerca in Fisica Tecnica;
- Angelo Farina: “Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept-sine technique”, 110th AES Convention, February 2000;
- David Griesinger: "Beyond MLS - Occupied Hall Measurement With FFT Techniques" - 101st AES Convention, Nov 1996;
- Alton Everest: “The Master Handbook of Acoustics” 4th ed.;
- David Egan: “Architectural Acoustics”;
- Leo Beranek: “Concert Halls and Opera Houses - Music, Acoustics, and Architecture” 2nd ed.;
- L.E. Kinsler: “Fundamentals of Acoustics” 4th ed.;
- Yoichi Ando: “Architectural Acoustics”;
- Yoichi Ando: “Concert halls Acoustics”;
- T.J. Cox, P. D’Antonio: “Acoustic Absorbers and Diffusers - Theory, design and application” 2nd ed.;
- Marshall Long: “Architectural Acoustics”;
- Carmine Ianniello: “L’acustica degli auditorî: arte, scienza o mito? I tempi dei teatri greci e romani”;
- A. Farnetani, N. Prodi, R. Pompoli: “Misure per la caratterizzazione acustica del teatro antico di Segesta” – Memoria n° 2B6 del 34° Congresso della Associazione Italiana di Acustica - Firenze 2007.
- A. Astolfi, R. Pisani, et al.: “La ristrutturazione acustica del Conservatorio G. Verdi di Torino” – Memoria n° 2B7 del 34° Congresso della Associazione Italiana di Acustica - Firenze 2007.
- G. Evola, G. Ciaburro, et al.: “Interventi per la correzione acustica di teatri lirici con l’ausilio di programmi di simulazione geometrica” – Memoria n° 101 del 36° Congresso della Associazione Italiana di Acustica - Torino 2009.