



Fotografia acustica delle sale da concerto

Angelo Farina

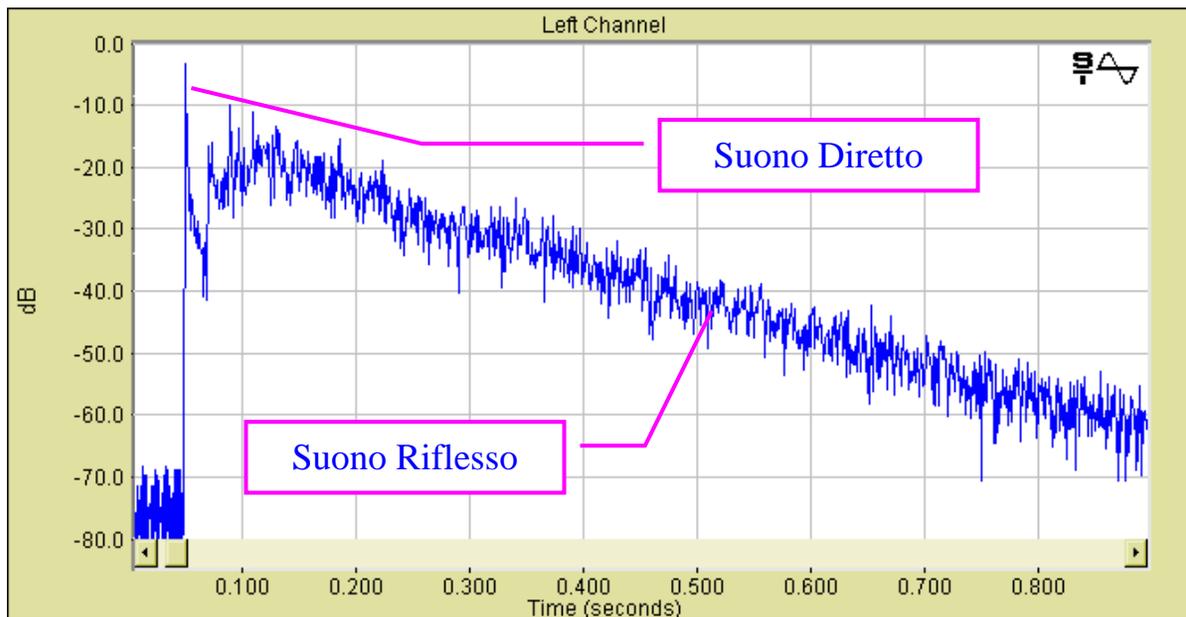
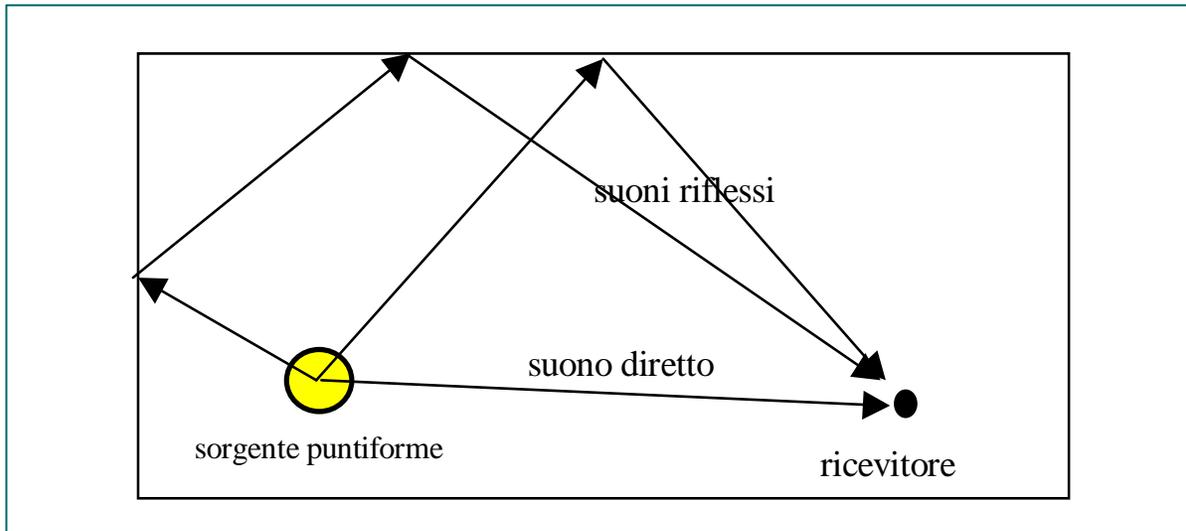
Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di
Parma, Via delle Scienze 181/A - Parma, 43100 ITALIA –

[HTTP://pcfarina.eng.unipr.it](http://pcfarina.eng.unipr.it) - mail:

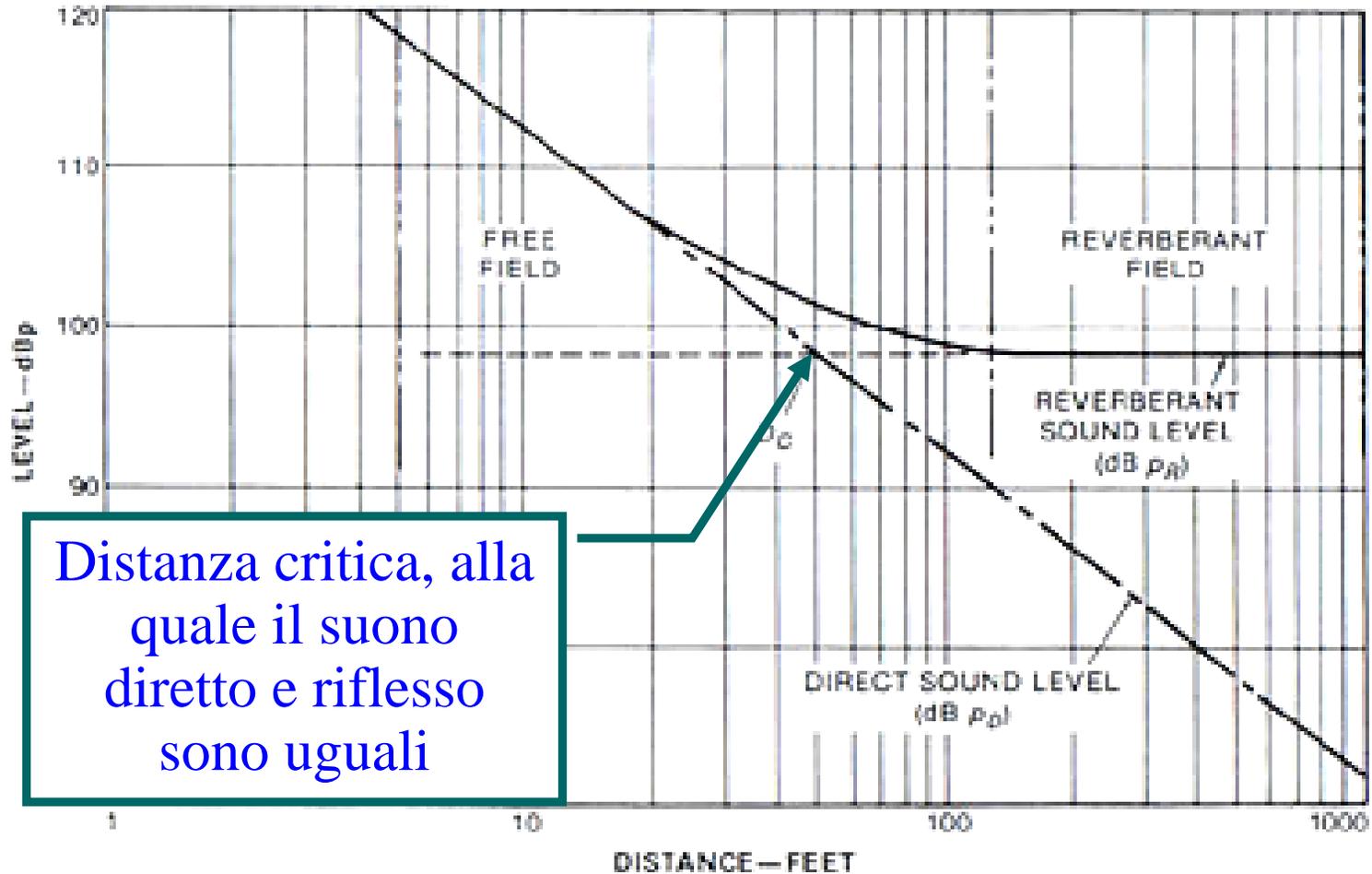
farina@unipr.it

Fondazione Toscanini (Parma) – Concerto “Acustica”

Meccanismi di propagazione del suono nelle sale



Livello sonoro in funzione della distanza dalla sorgente



Distanza critica, alla quale il suono diretto e riflesso sono uguali

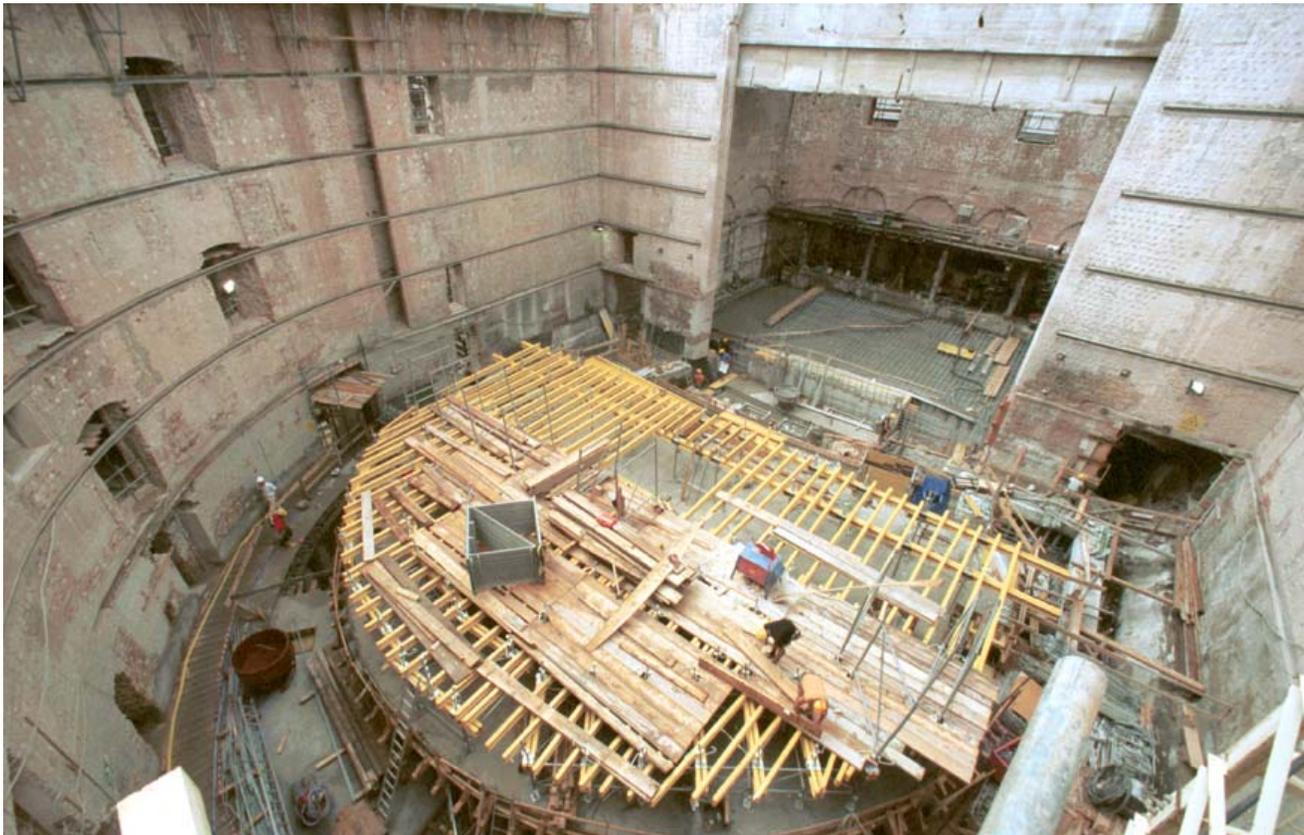
Il Gran Teatro La Fenice



- Il primo teatro La Fenice fu ultimato nel 1792, su progetto di Gian Antonio Selva, dopo che Venezia aveva perduto causa incendio il preesistente Teatro San Benedetto
- Nel dicembre 1836 il teatro andò completamente distrutto in un furioso incendio, ma fu ricostruito, in meno di un anno (!), su progetto di Giambattista e Tommaso Meduna, e con decori di Tranquillo Orsi
- Il teatro fu chiuso per ristrutturazione al termine della stagione 1995, ed avrebbe dovuto riaprire il 1 Febbraio 1996. Un incendio doloso, causato da due elettricisti, lo distrusse quasi completamente il 29 gennaio 1996

La Fenice - ricostruzione

- Il teatro è stato ricostruito quasi in toto. Ecco cosa restava della cavea all'inizio della ricostruzione:

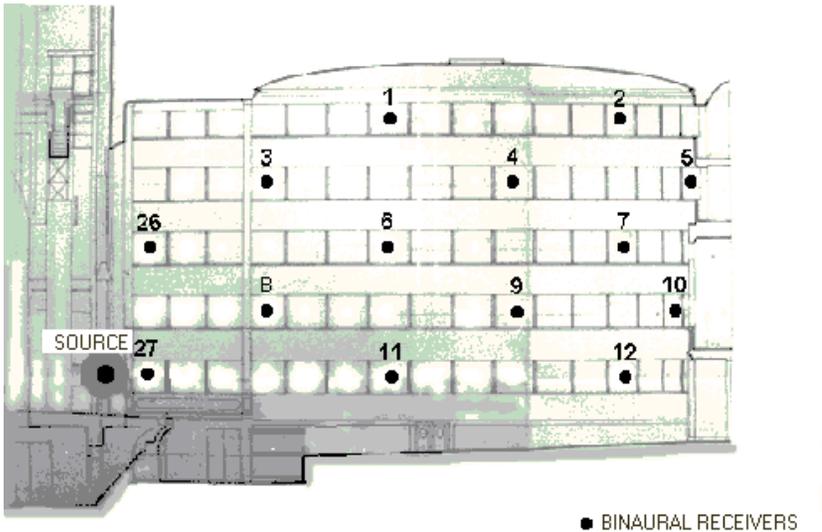
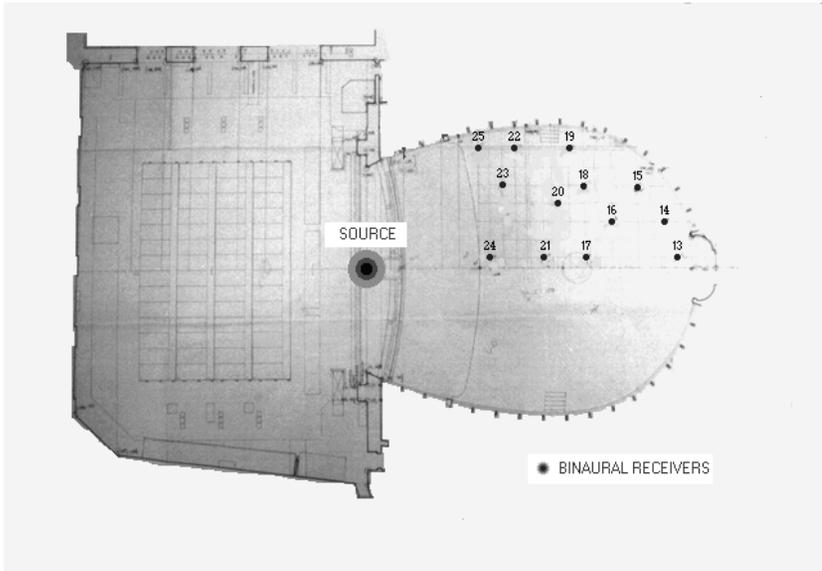


Misure acustiche (1)



- Le misure vennero effettuate in ottobre-novembre 1995 dall'ing. Tronchin, con tecnica impulsiva (colpo di pistola) e registrazione binaurale digitale delle risposte all'impulso

Misure acustiche (2)



- Venne impiegata una posizione della sorgente posta sul palcoscenico, al centro, sotto il sipario tagliafuoco
- La risposta all'impulso venne misurata in 27 posizioni, poste in platea e sui palchi, nella metà destra della sala (sfruttando la simmetria della stessa onde ridurre il numero di rilievi)
- Nel corso delle misure la sala era assolutamente intatta, mentre il palcoscenico era in condizioni poco realistiche (assenza di quinte e di arredo scenico).

Misure acustiche (3)

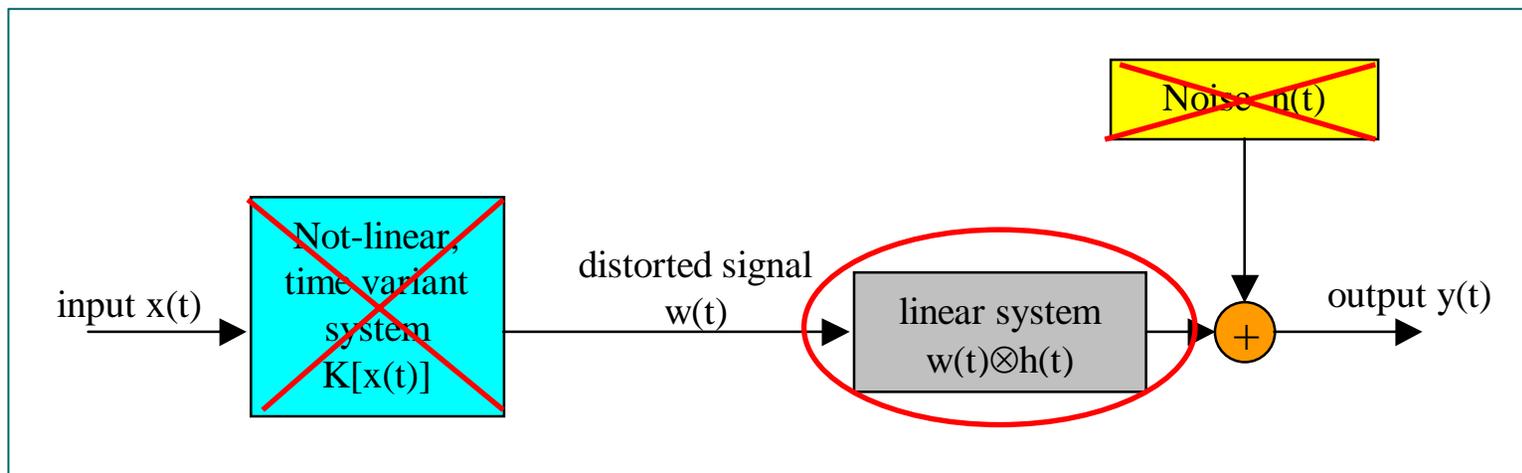


- In ogni punto, si è registrata una risposta all'impulso binaurale (stereofonica)
- Essa è contenuta in un file WAV stereo (o due mono)
- Nel corso delle misure la sala era assolutamente intatta, mentre il palcoscenico era in condizioni poco realistiche (assenza di quinte e di arredo scenico).



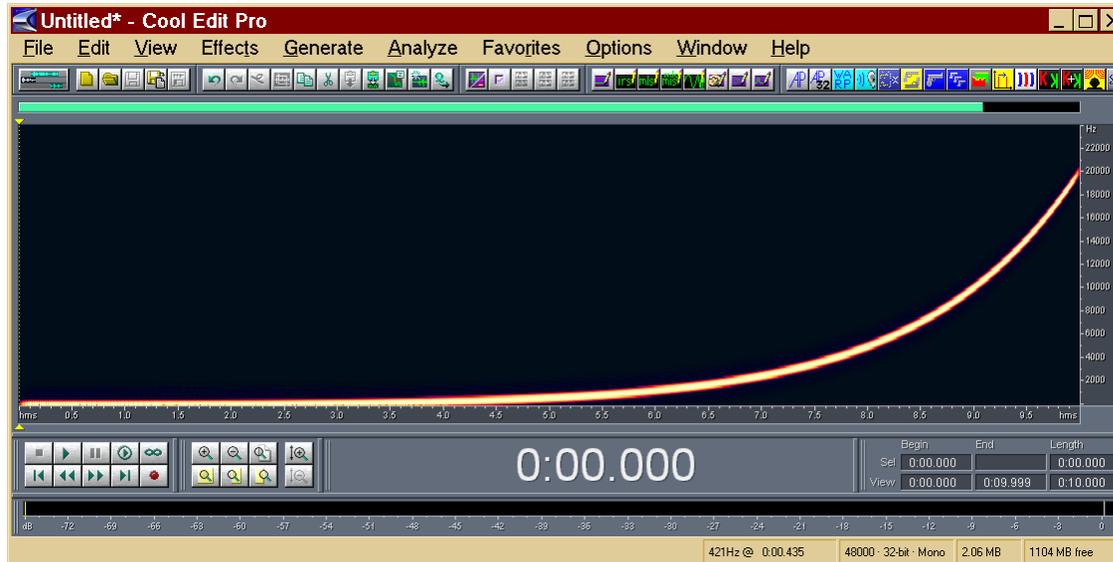
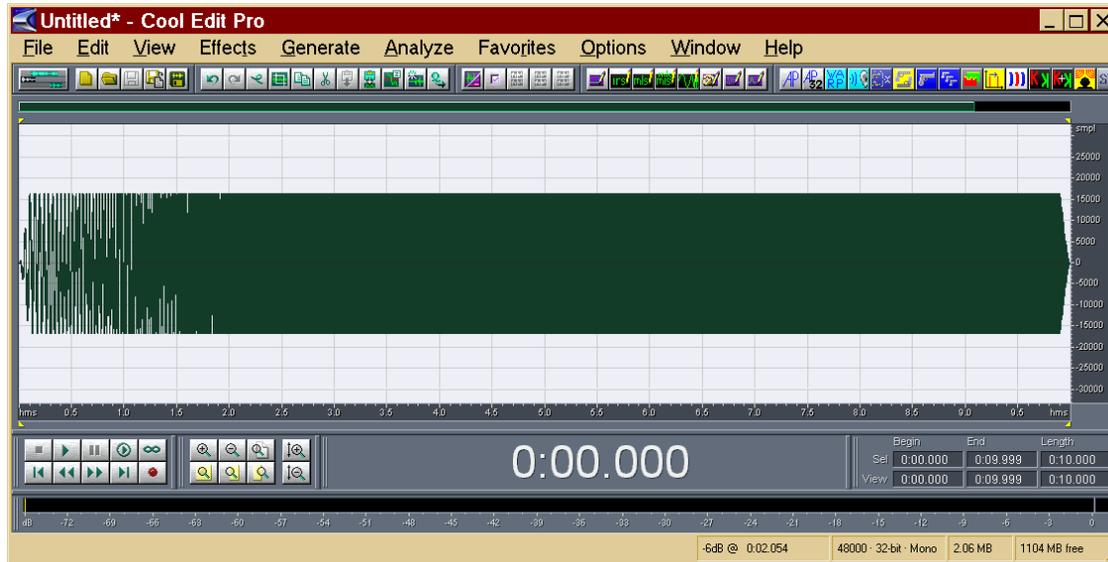
Punto n. 12

Schema del processo di misura

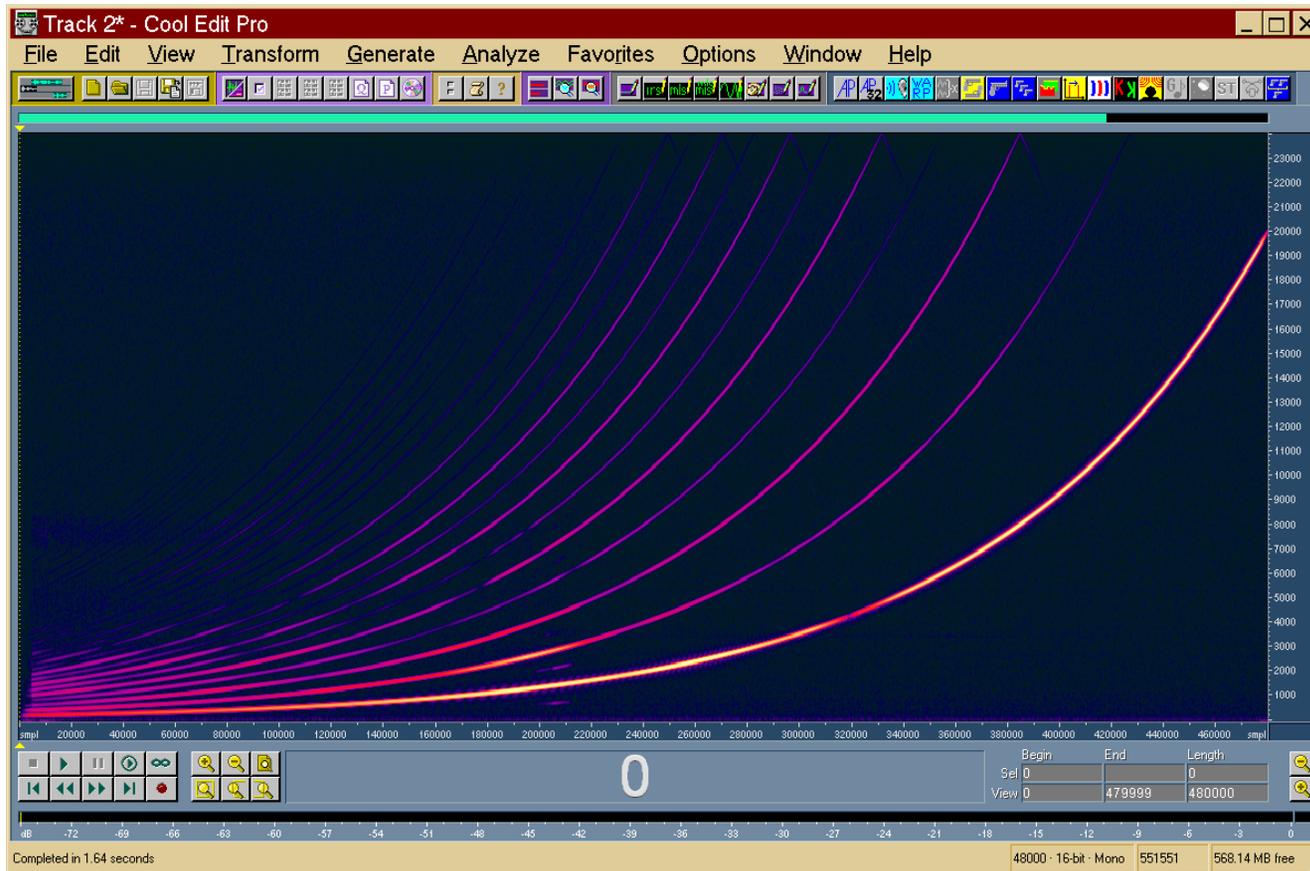


- Si desidera misurare la risposta impulsiva lineare $h(t)$. Essa puo' essere ricavata dalla conoscenza del segnale di test $x(t)$ e del segnale misurato $y(t)$. L'influenza della parte non lineare K e del rumore $n(t)$ deve essere minimizzata.

Segnale di test Log Sine Sweep



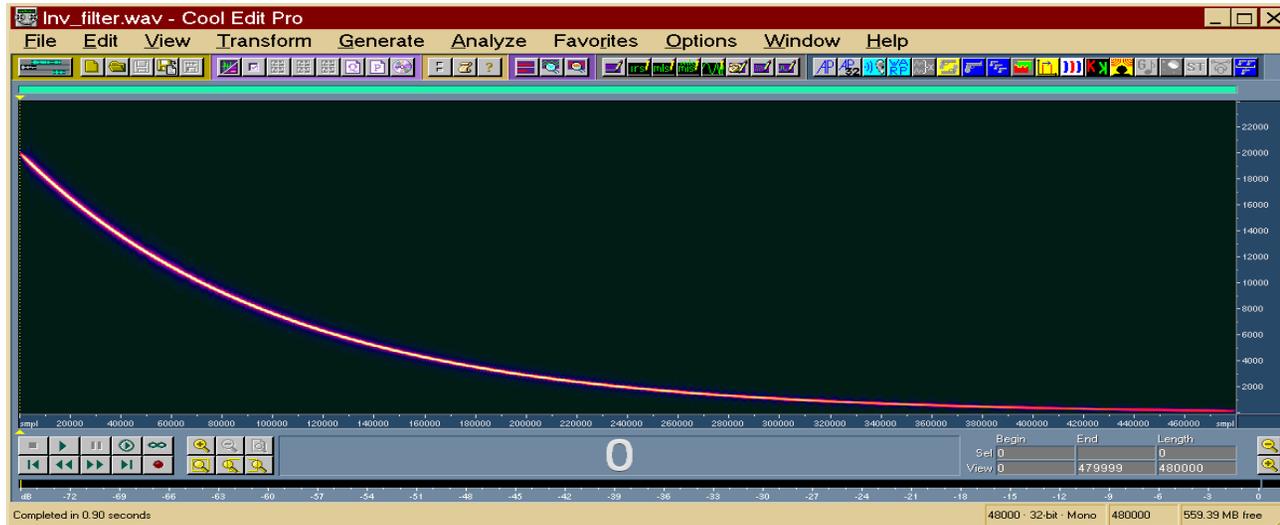
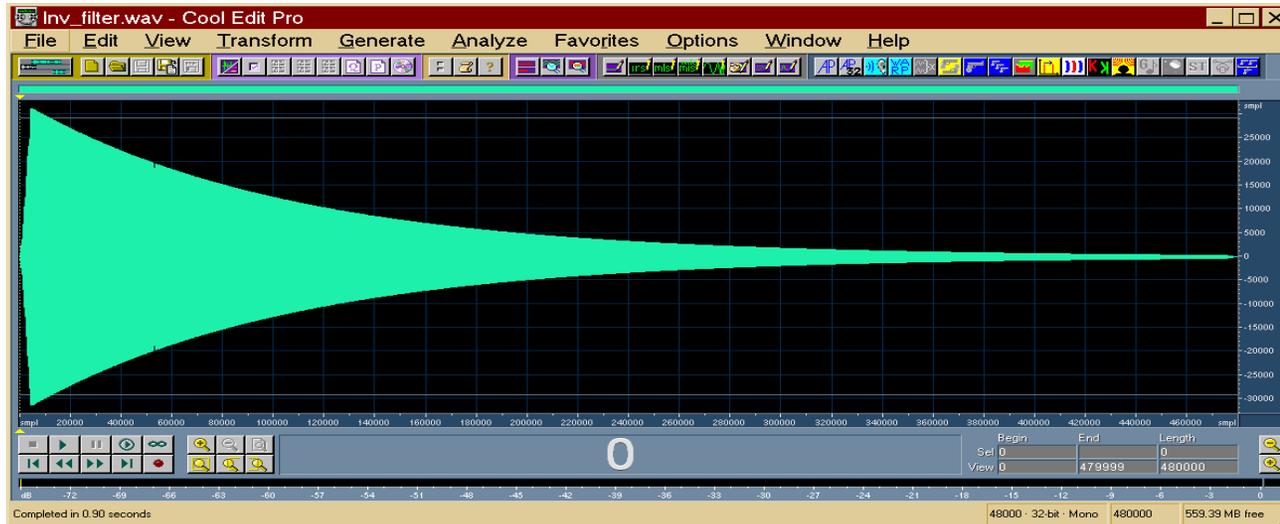
Segnale misurato $y(t)$



- ❖ La presenza di distorsione fa apparire numerose strisciate a frequenze multiple di quella di base

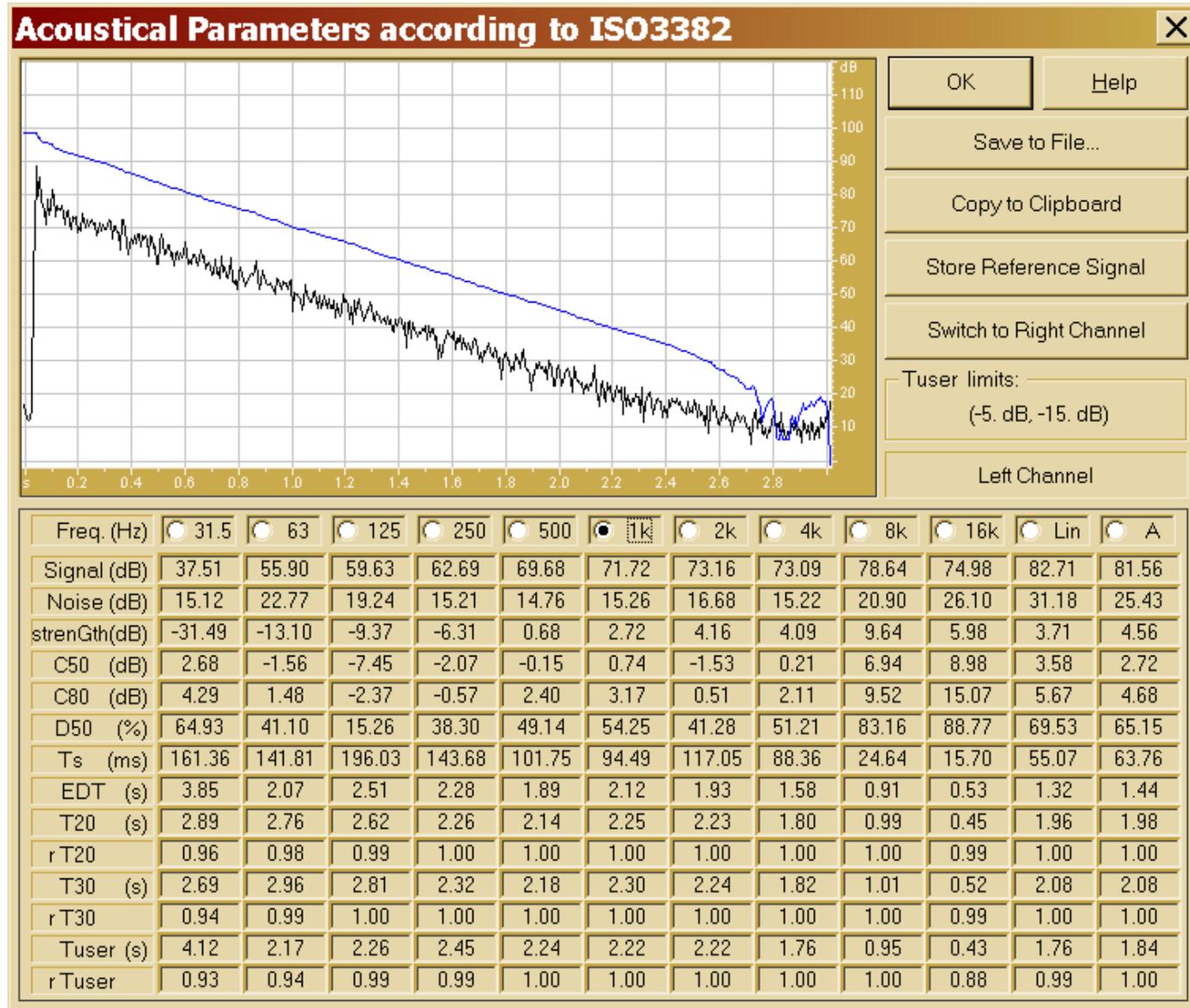
Fondazione Toscanini (Parma) – Concerto “Acustica”

Deconvoluzione della risposta all'impulso



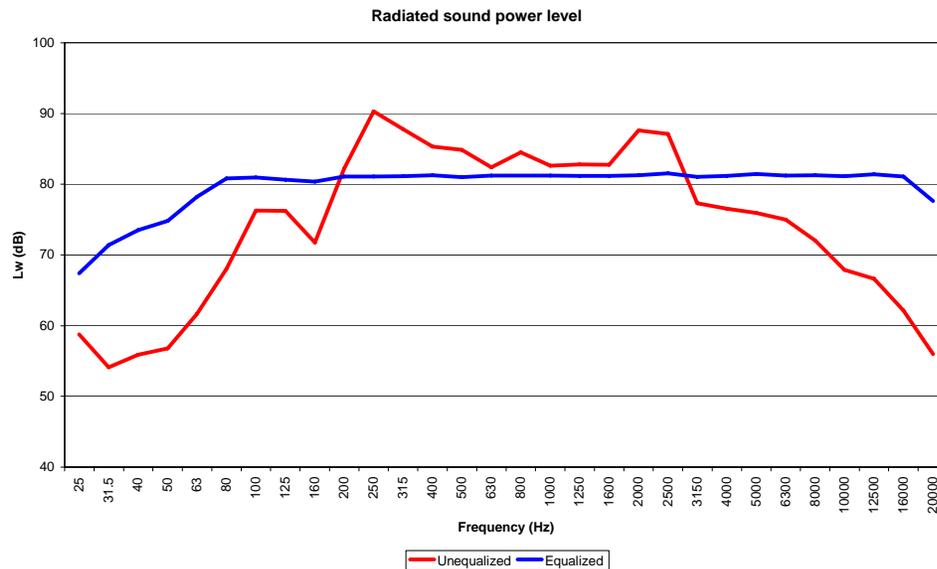
La deconvoluzione viene ottenuta convolvendo il segnale misurato $y(t)$ con un opportuno filtro inverso $z(t)$

Analisi della risposta all'impulso



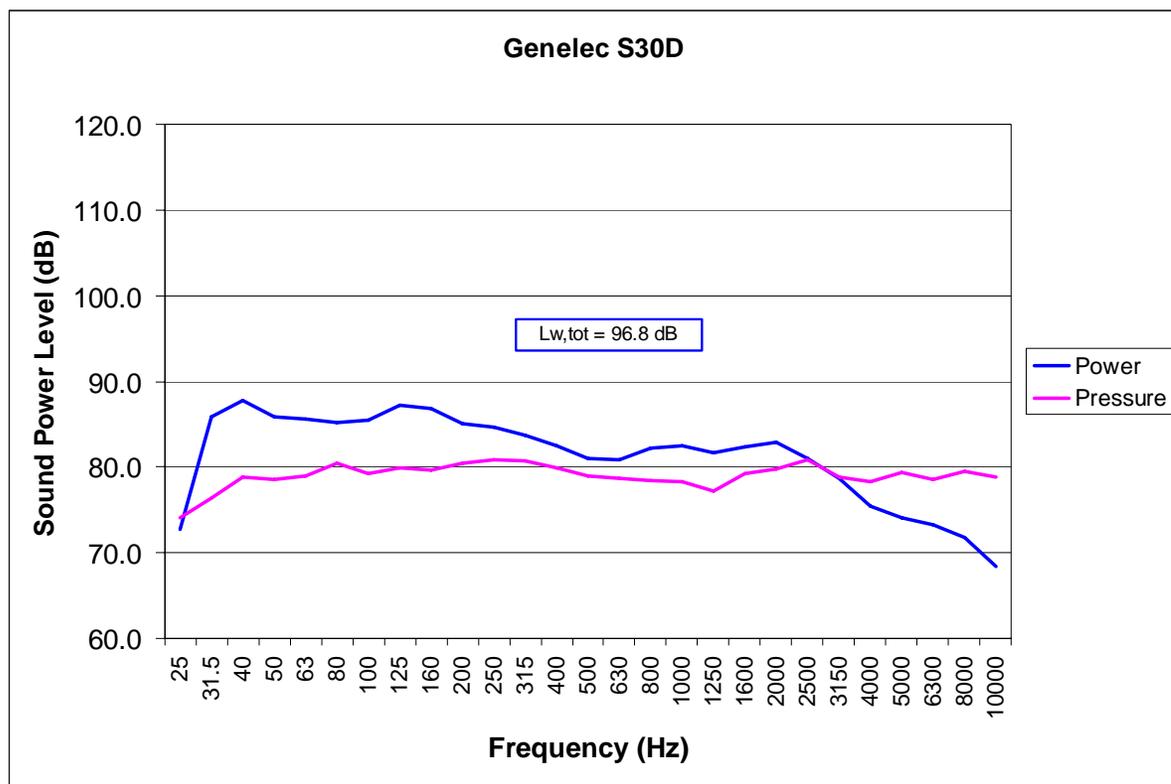
Apparecchiatura (sorgente omnidirezionale)

- La sorgente sonora equalizzata:
 - Il dodecaedro
 - Il subwoofer



Apparecchiatura (sorg. direttiva)

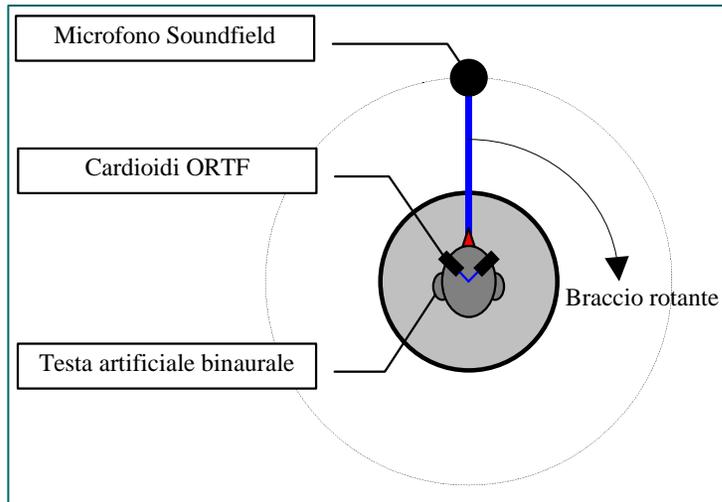
- Genelec S30D reference studio monitor:
 - Three-ways, active multi-amped, AES/EBU
 - Frequency range 37 Hz – 44 kHz (+/- 3 dB)



Metodo di misura

○ I microfoni:

- Testa artificiale binaurale (Neumann KU-100)
- Microfoni a cardioide ORTF (Neumann K-140)
- Microfono pressione-velocità B-Format 4 canali (Soundfield ST-250)



Apparecchiature

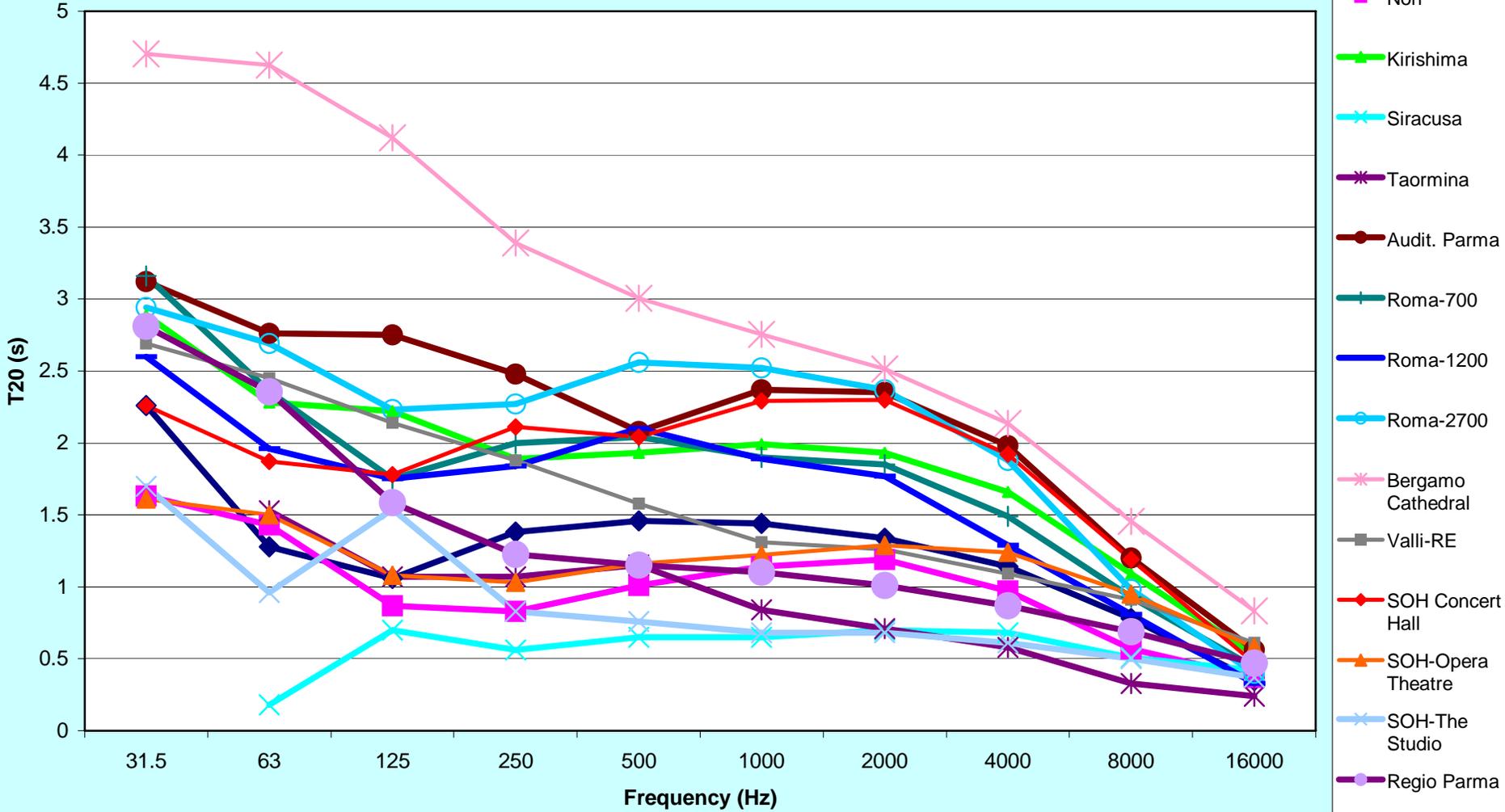
- Il piatto rotante:
 - Outline ET-1



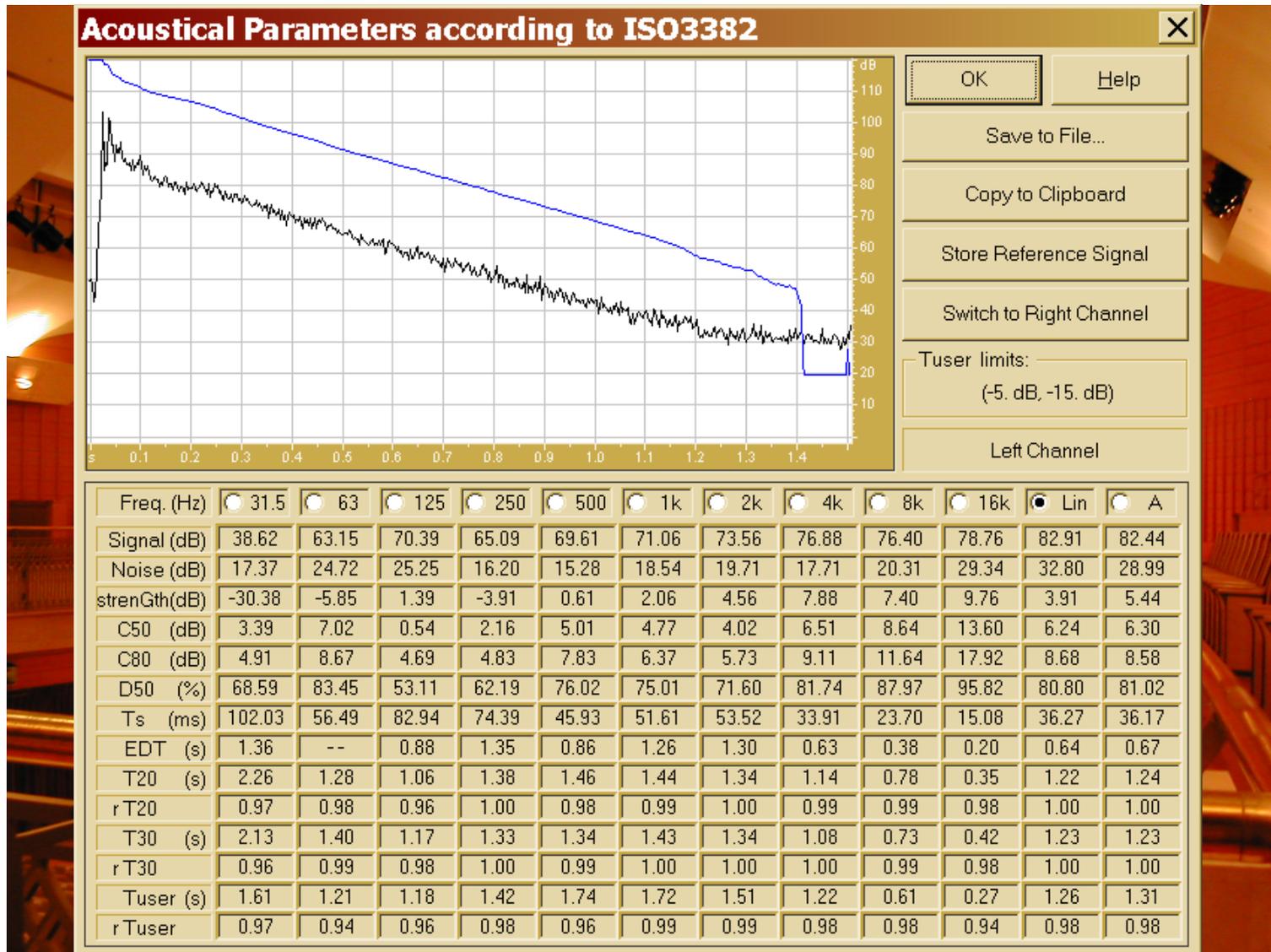
- Il computer e la scheda audio:
 - Signum Data Futureclient P-IV 1.8 GHz
 - Aardvark Pro Q-10 96 kHz – 24 bits

Teatri misurati

Reverberation Time T20

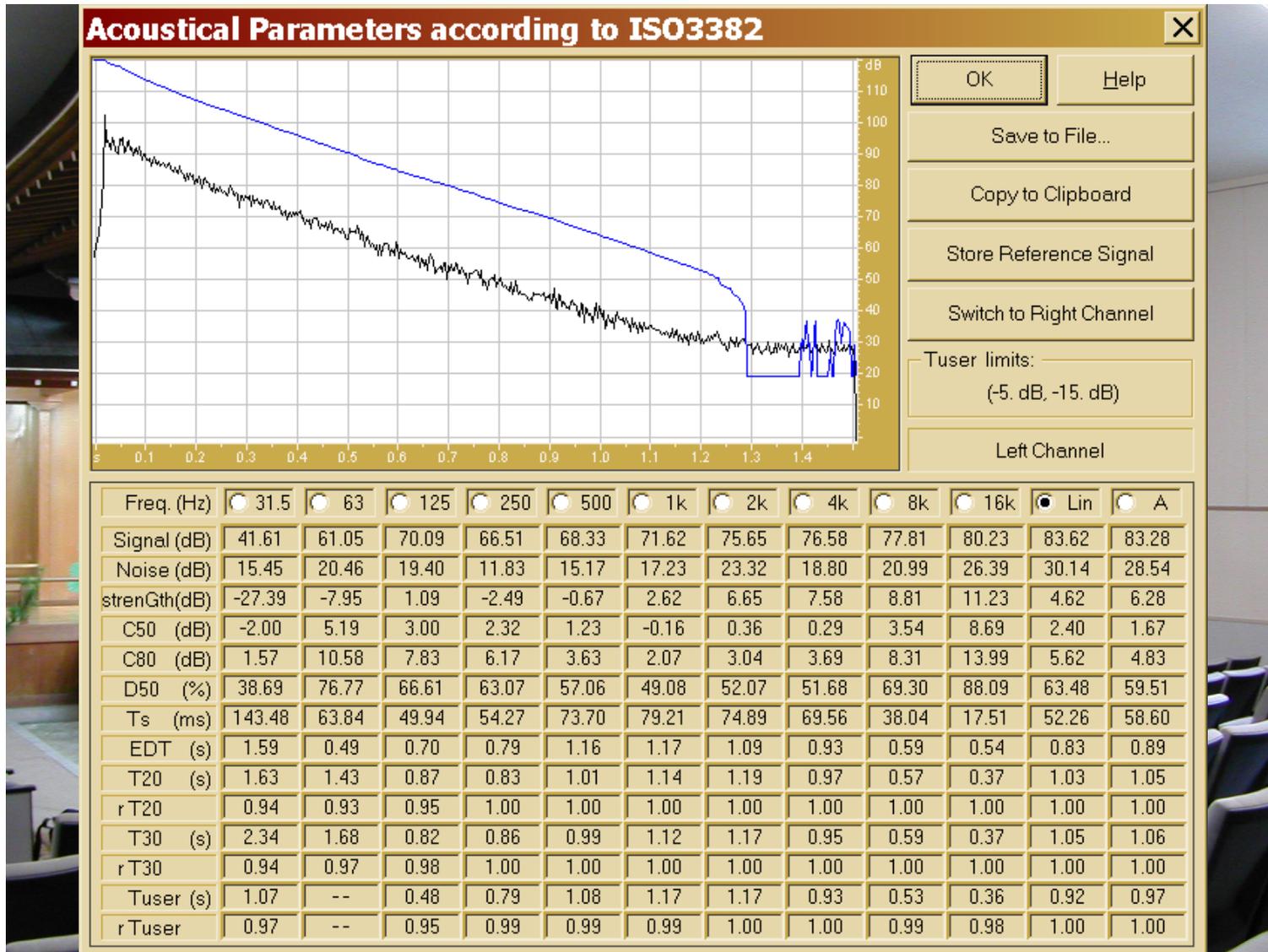


Uhara Hall, Kobe, Japan



$T_{20} = 1.44 \text{ s}$

Noh theater, Kobe, Japan

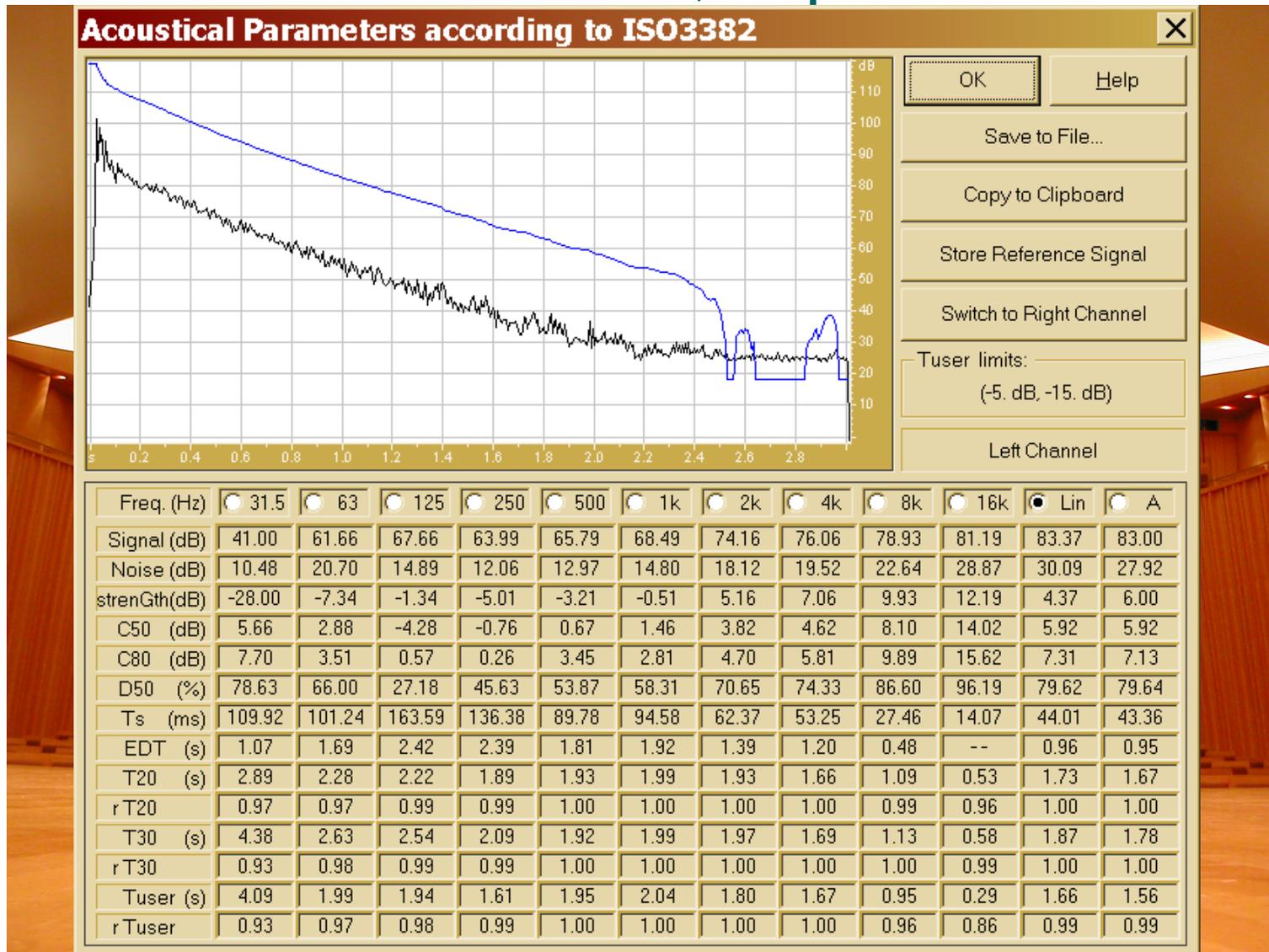


$T_{20} = 1.14 \text{ s}$

Kirishima Concert Hall, Japan

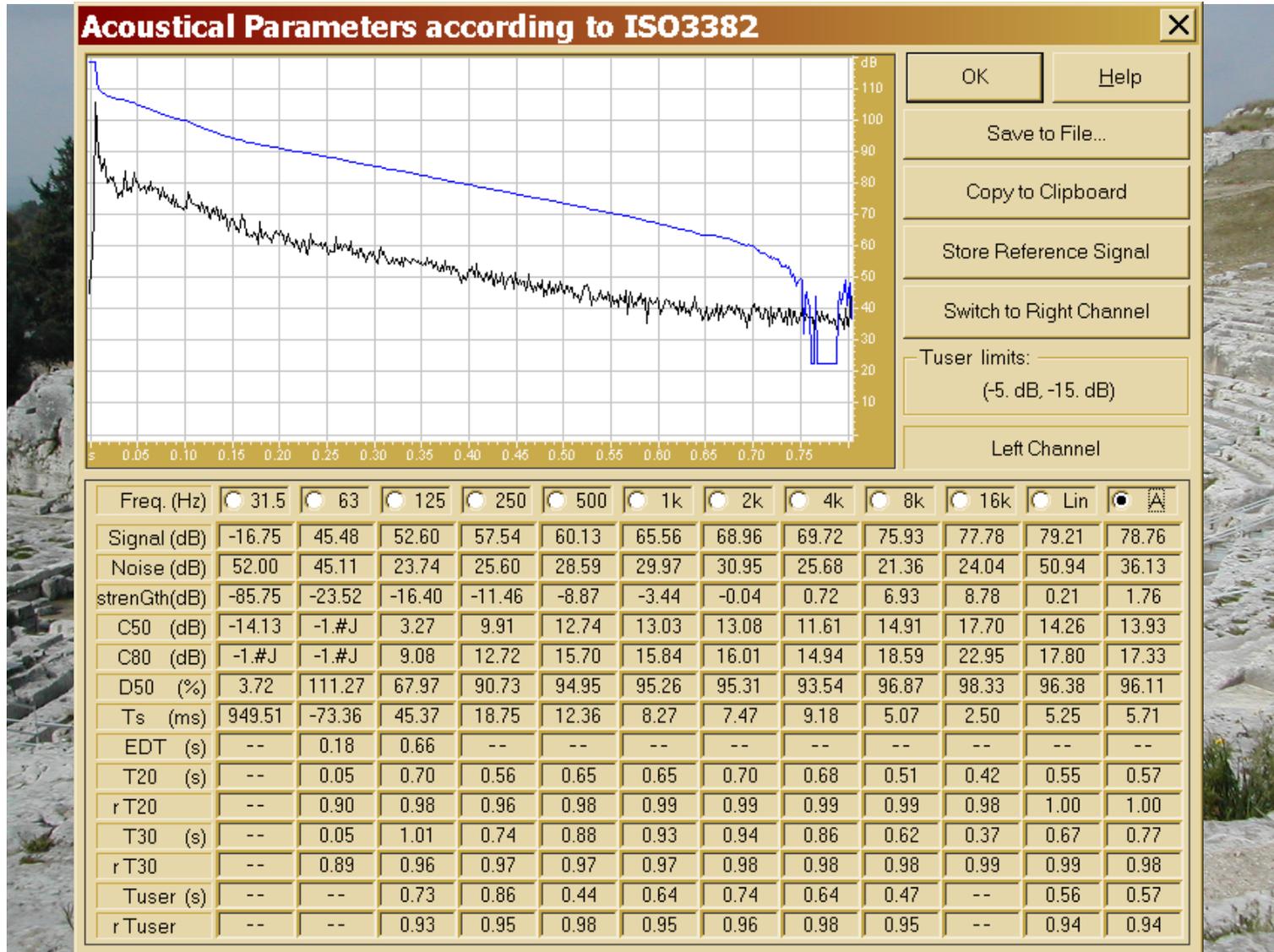


Kirishima Concert Hall, Japan



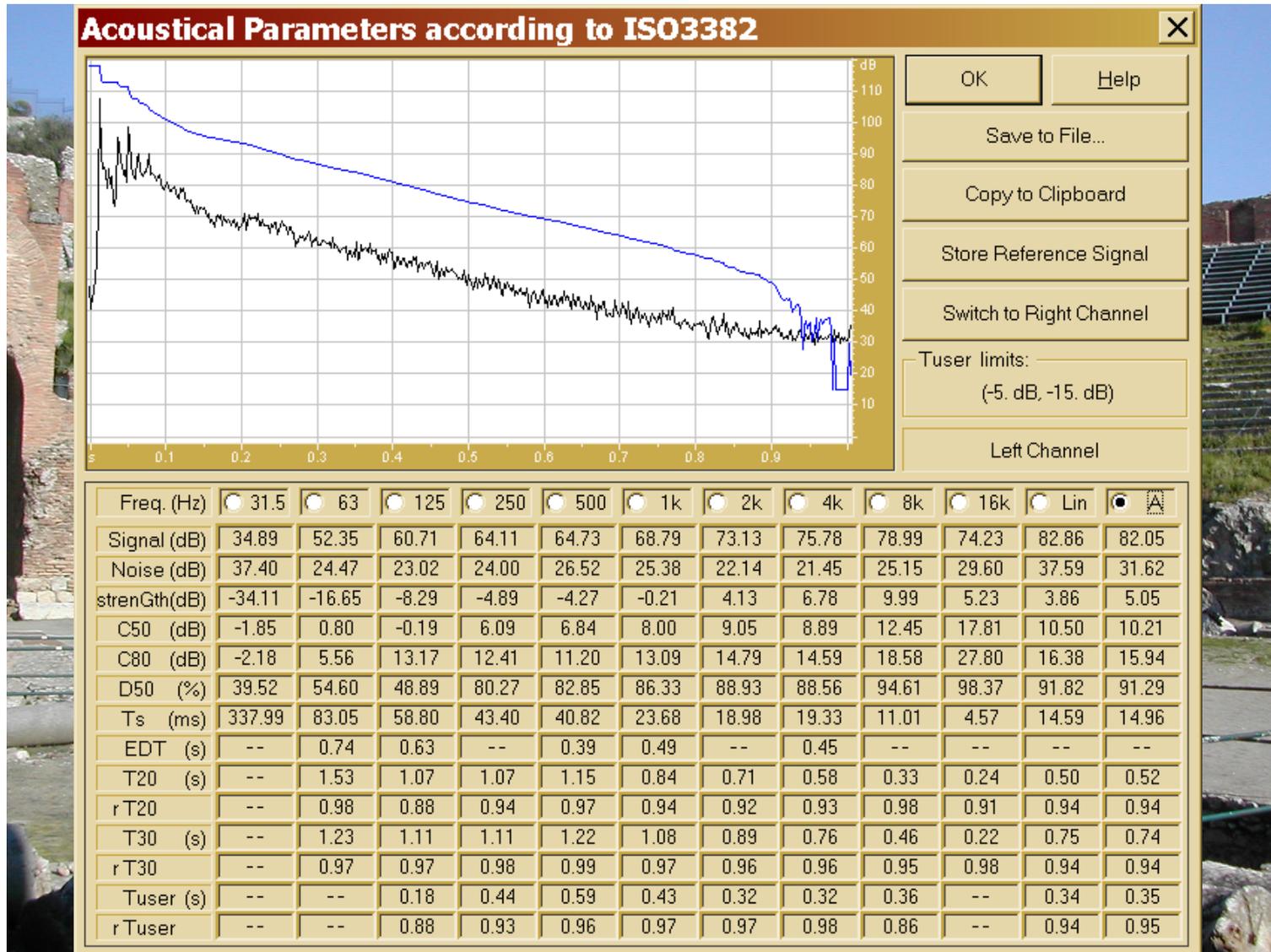
$T_{20} = 1.93 \text{ s}$

Greek Theater in Siracusa



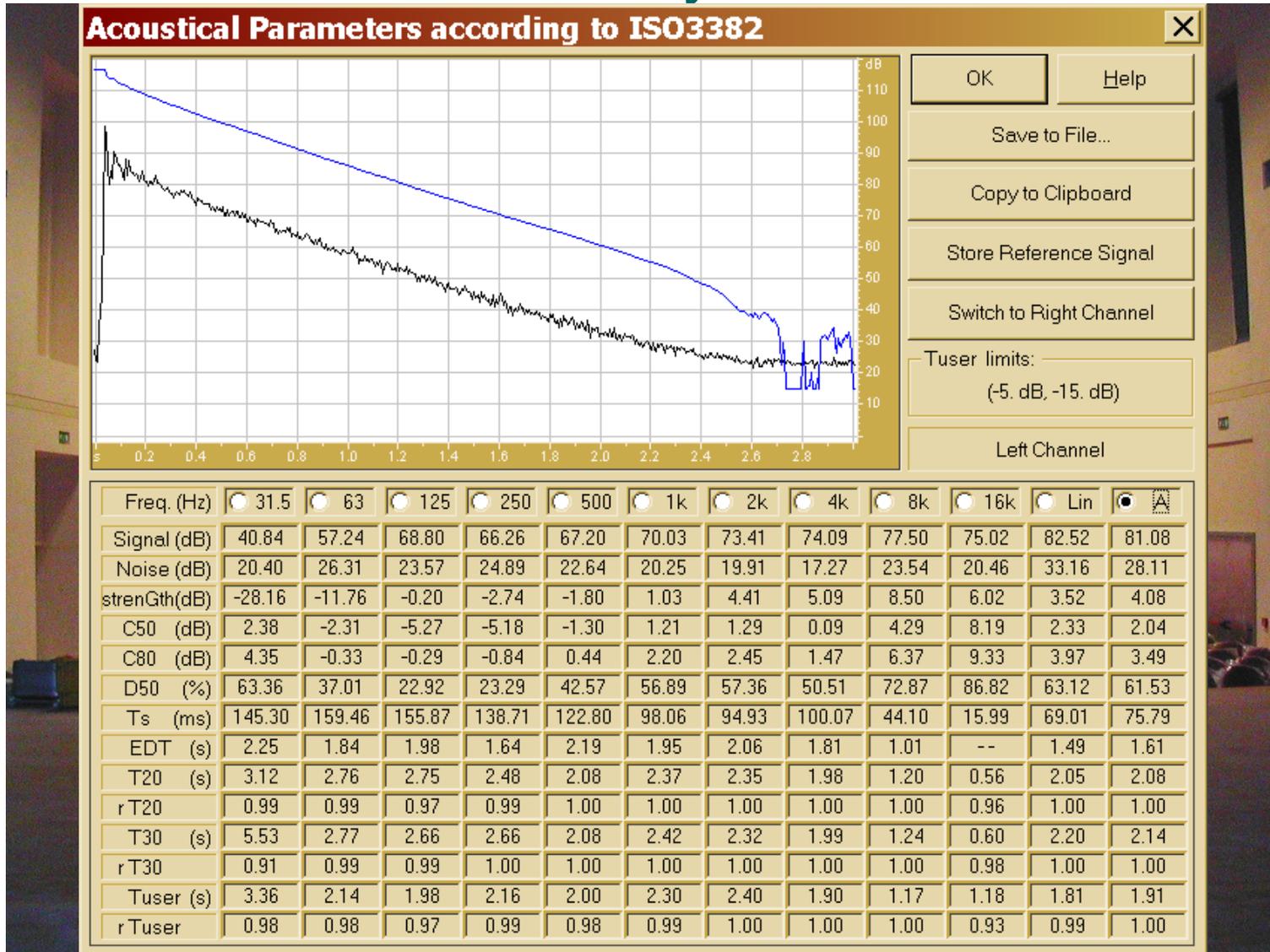
$T_{20} = 0.65 \text{ s}$

Roman Theater in Taormina



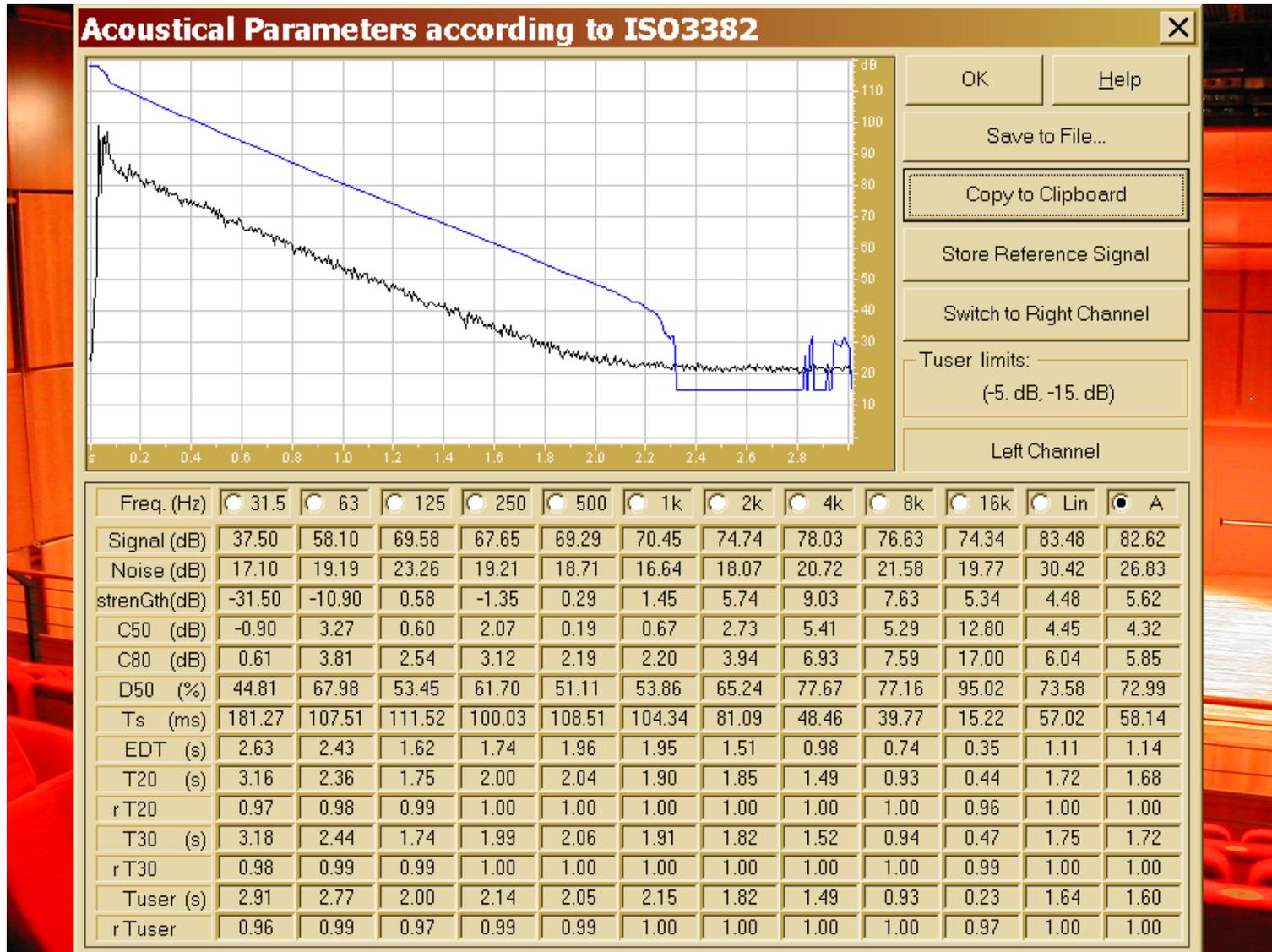
$T_{20} = 1.15 \text{ s}$

Parma Auditorium, Italy



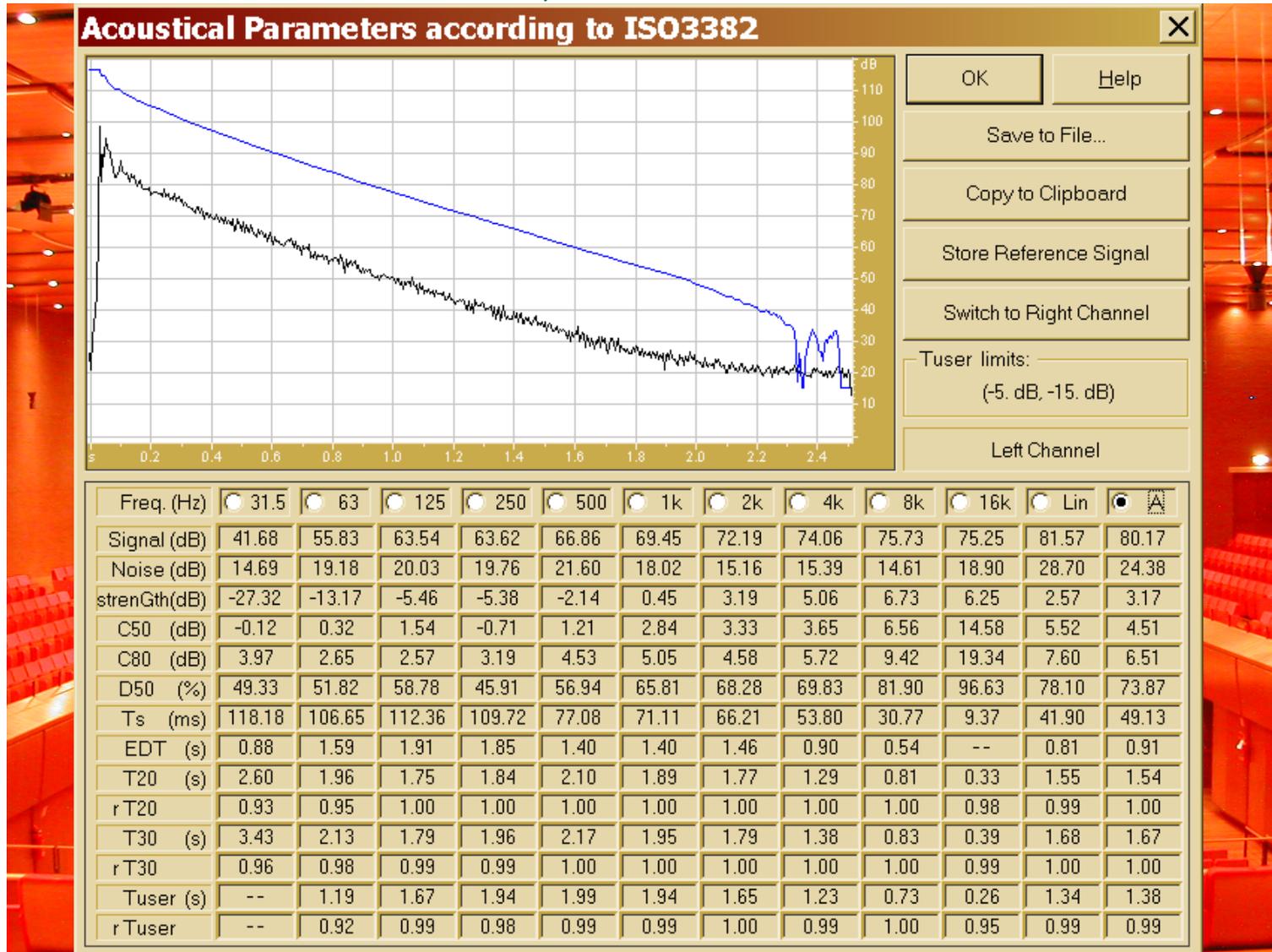
$T_{20} = 2.08 \text{ s}$

Rome Auditorium, 700 seats



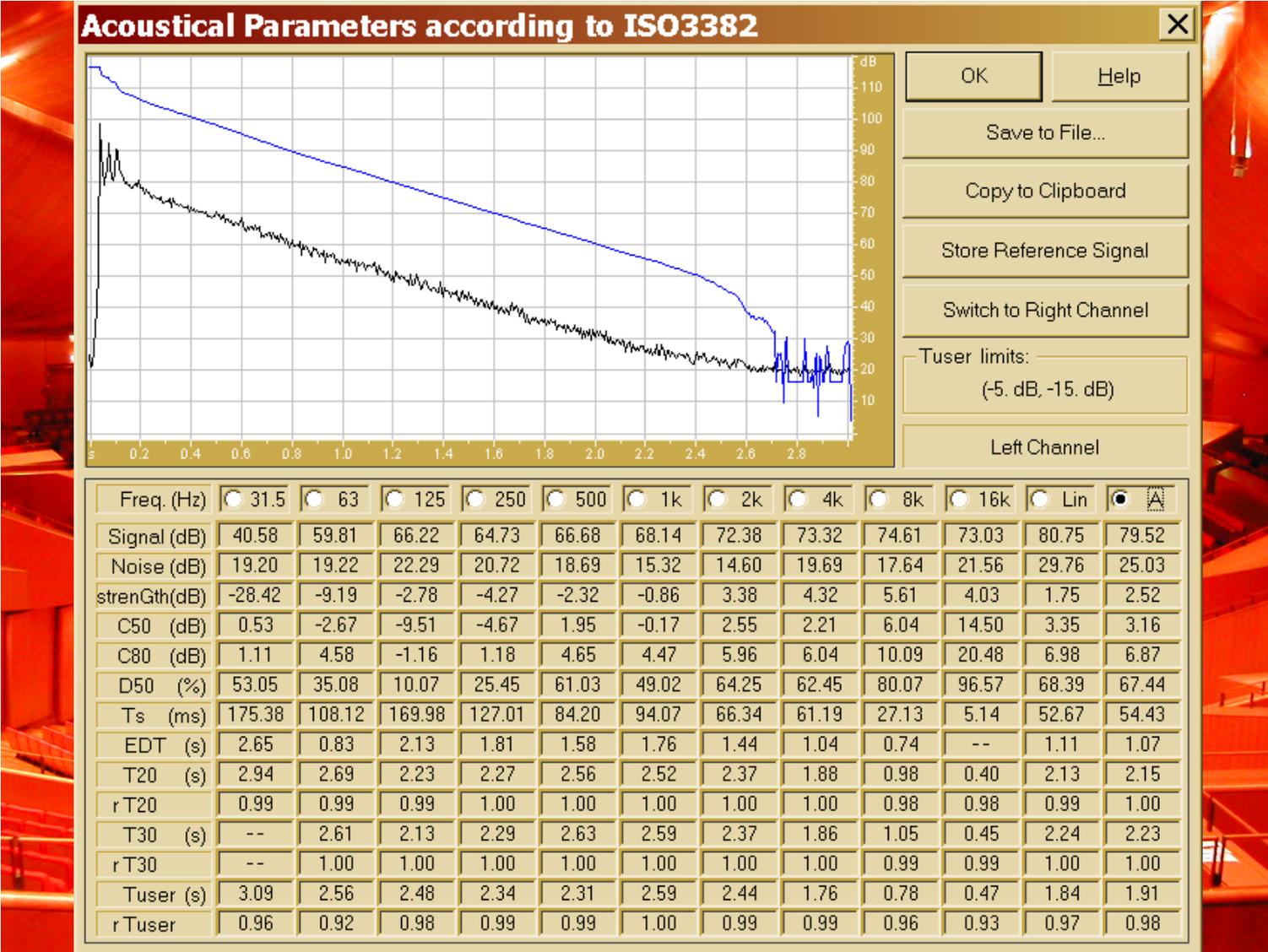
$T_{20} = 2.04 \text{ s}$

Rome Auditorium, 1200 seats



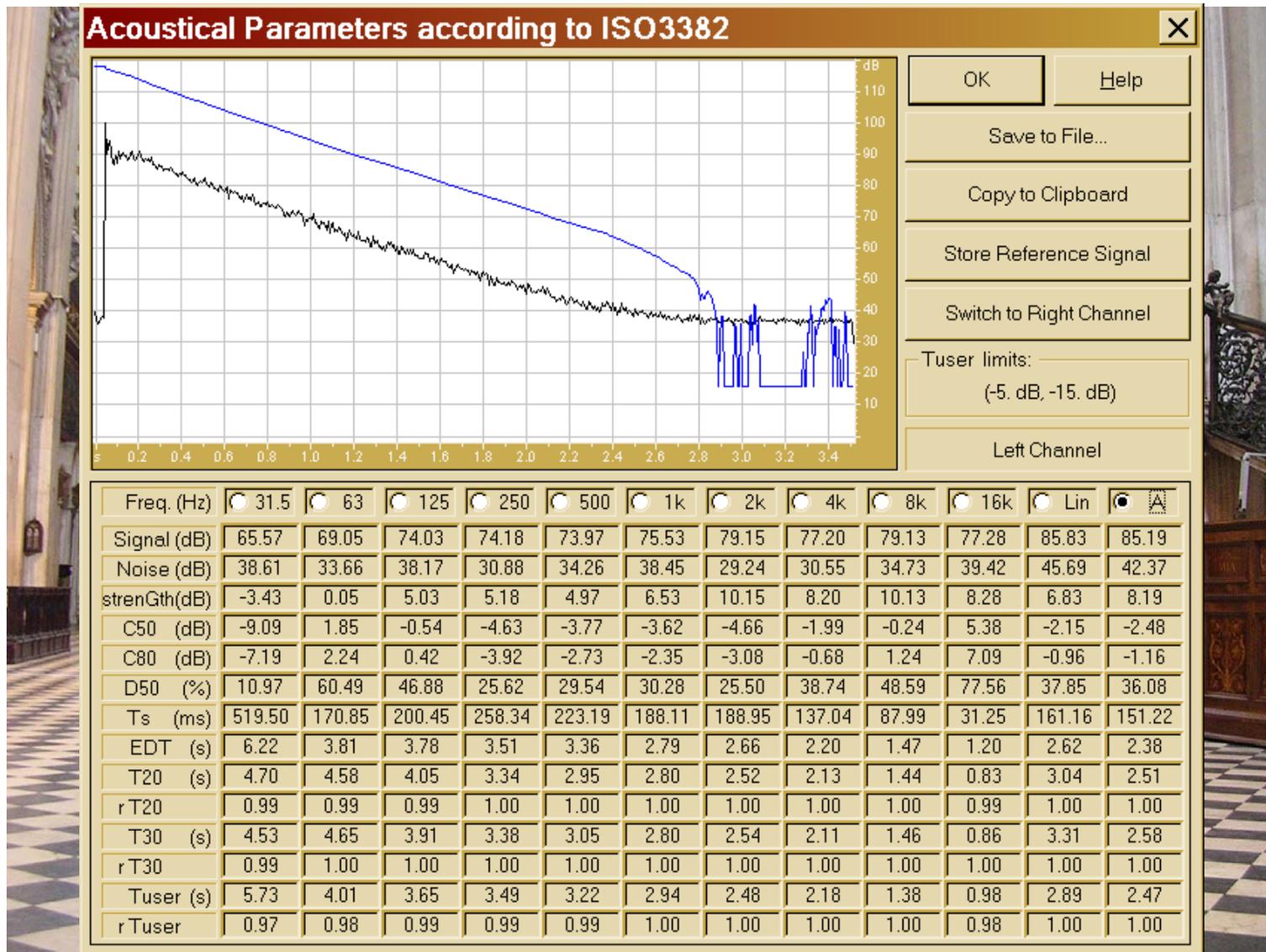
$T_{20} = 2.10 \text{ s}$

Rome Auditorium, 2700 seats



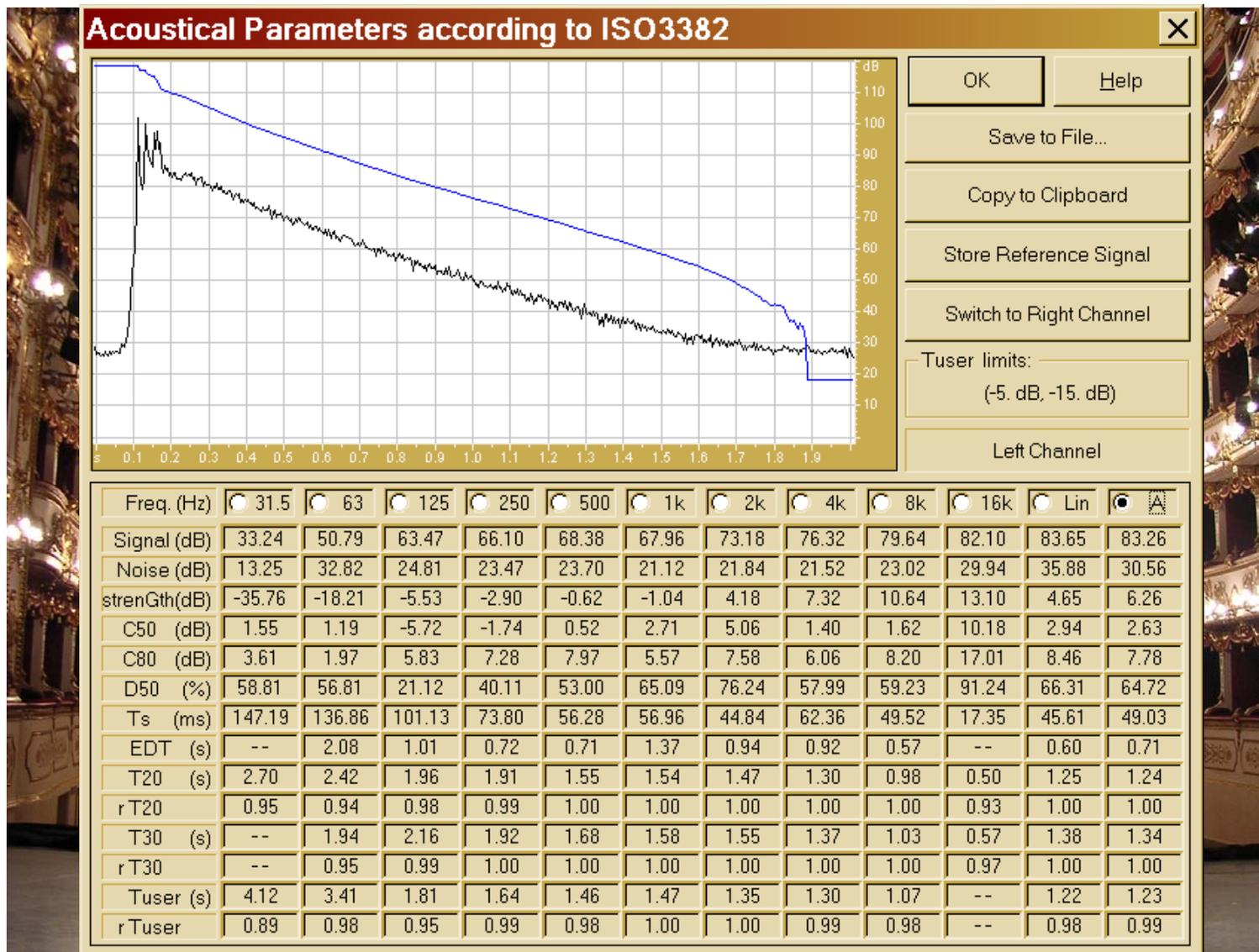
T₂₀ = 2.56 s

Bergamo's Cathedral, Italy



$T_{20} = 2.95 \text{ s}$

Teatro Valli, Reggio Emilia, Italy

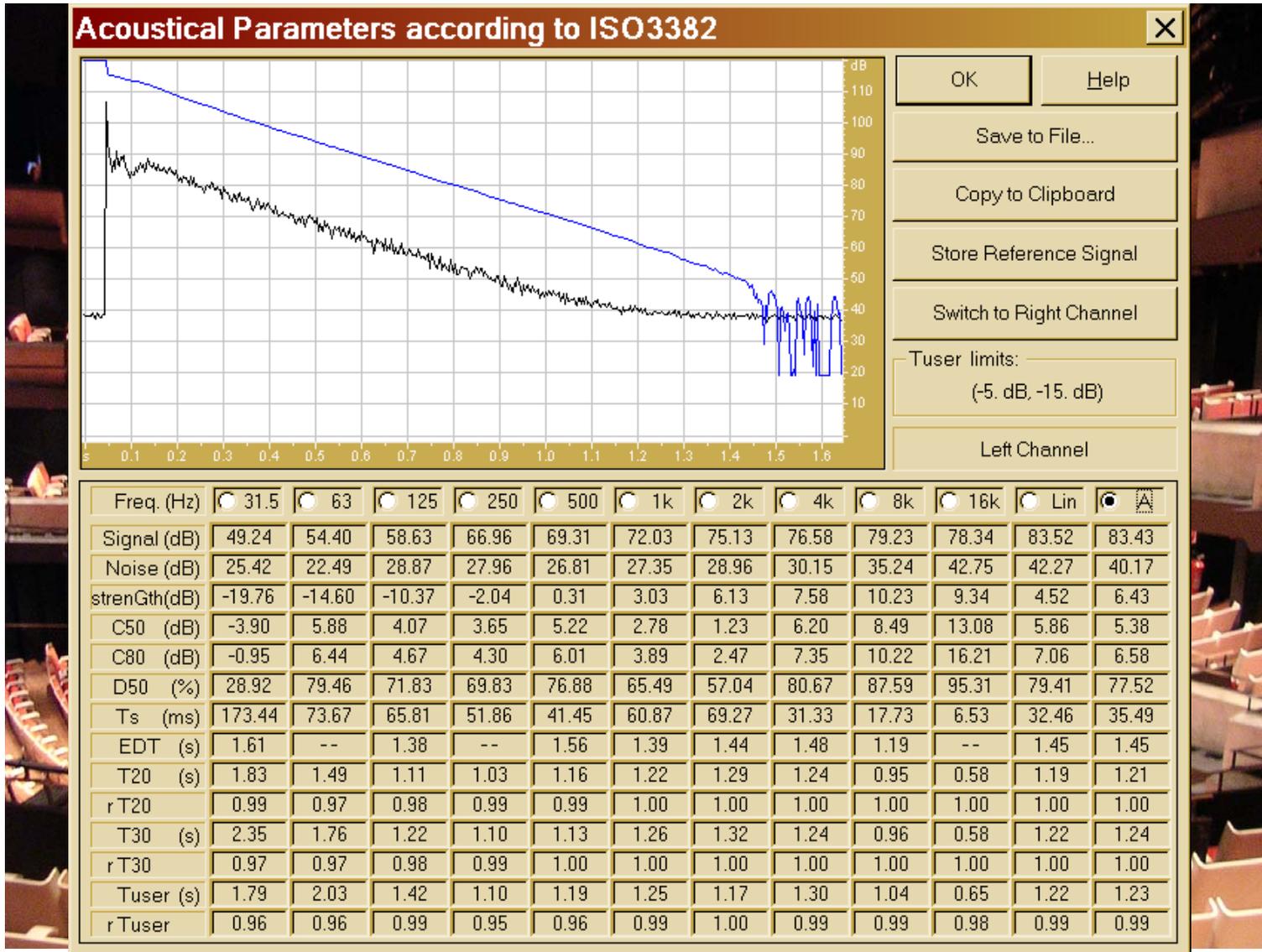


$T_{20} = 1.55 \text{ s}$

Sydney Opera House

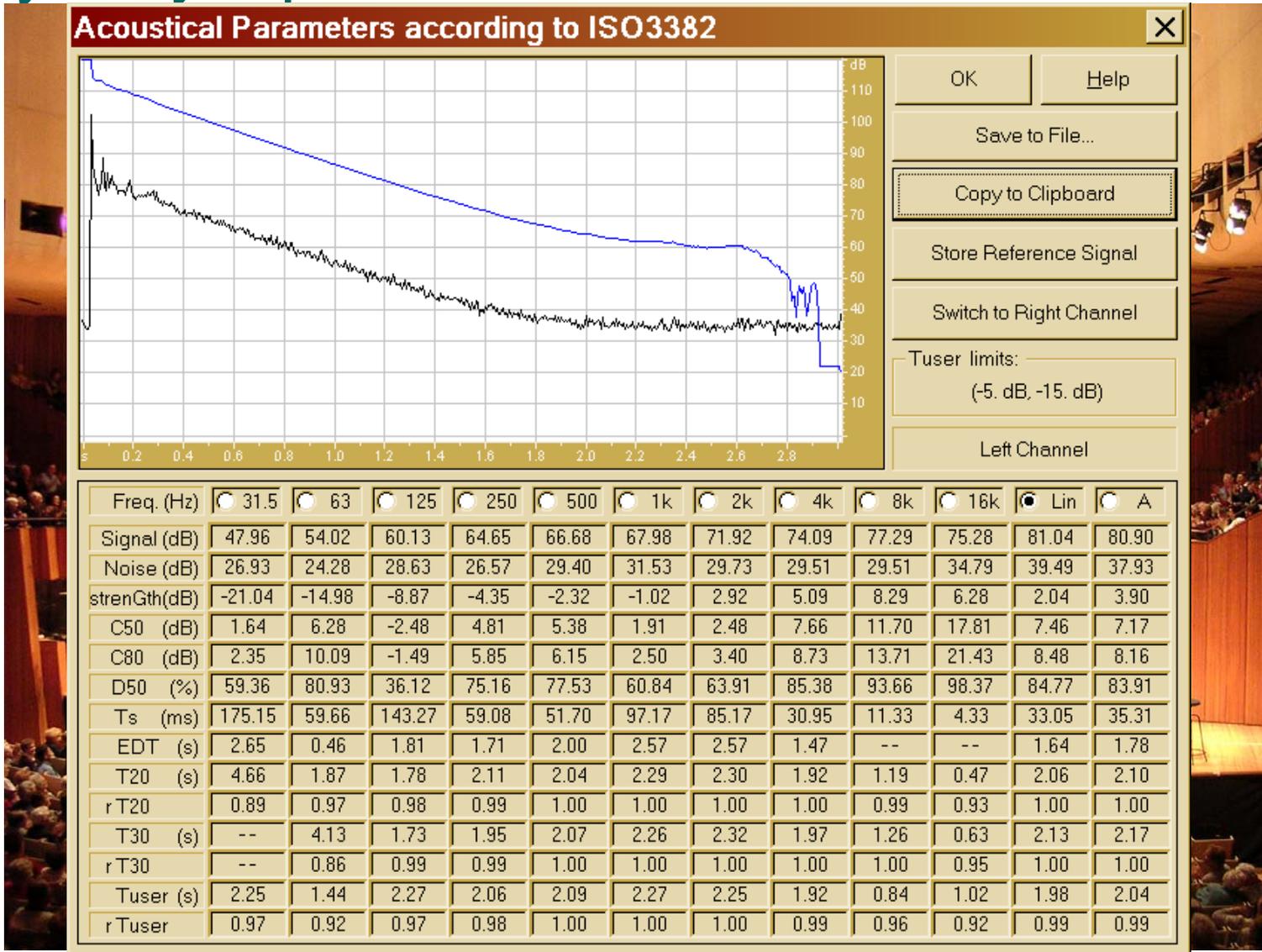


Sydney Opera House – opera theatre



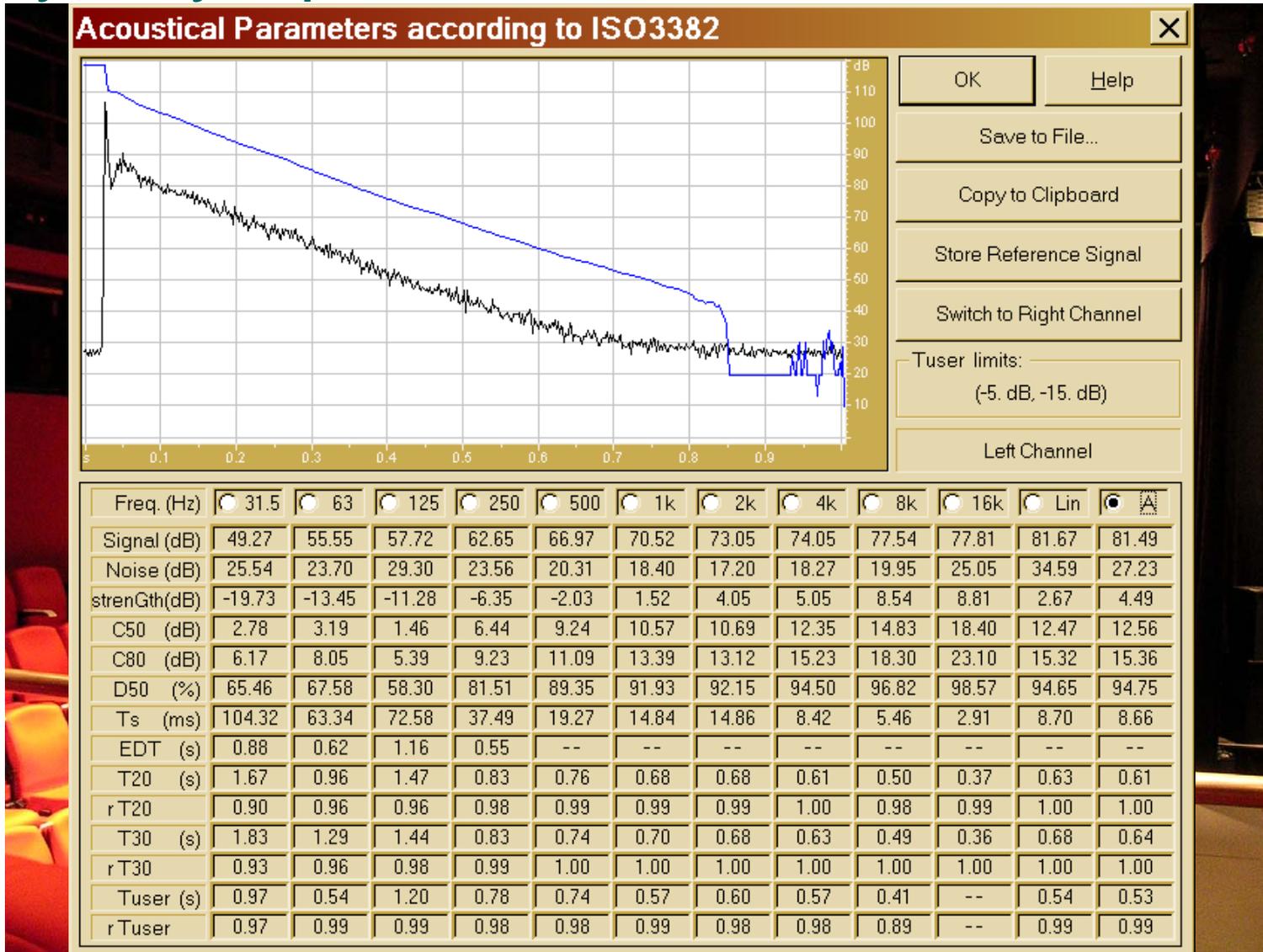
$T_{20} = 1.16 \text{ s}$

Sydney Opera House – concert hall



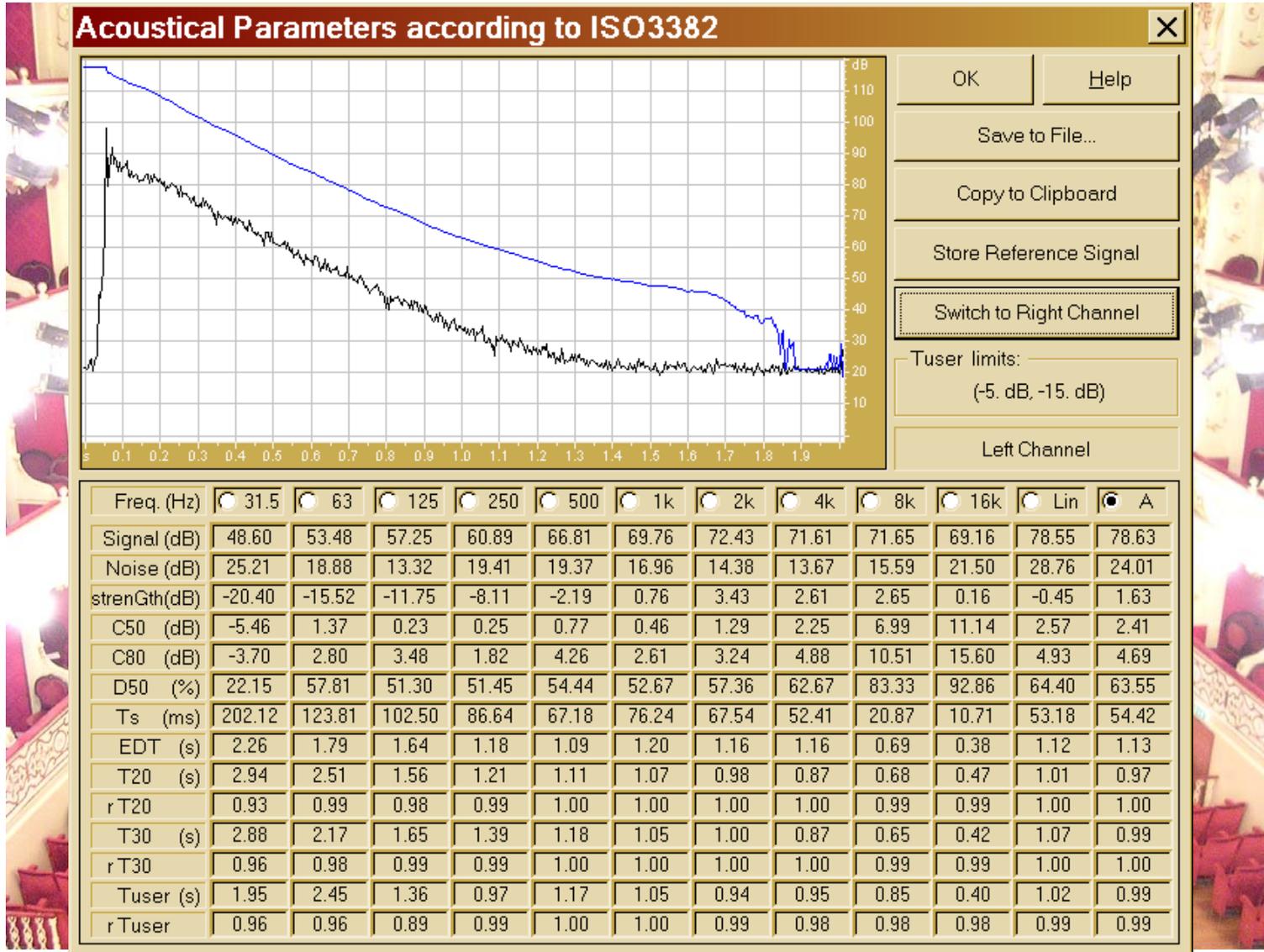
$T_{20} = 2.04 \text{ s}$

Sydney Opera House – the studio



$T_{20} = 0.76 \text{ s}$

Teatro Regio in Parma (Italy)

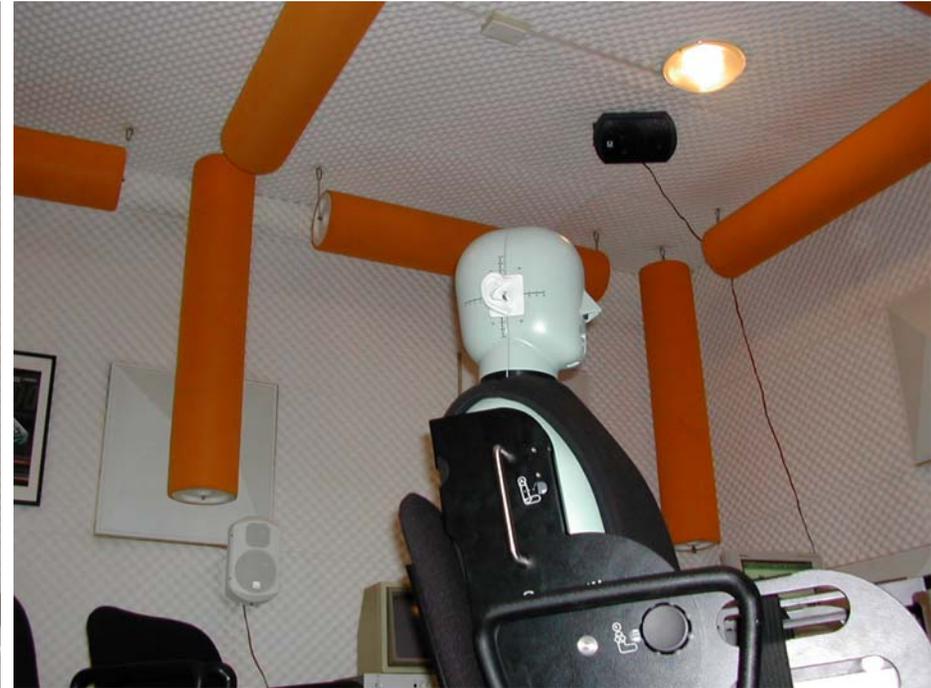


$T_{20} = 1.11 \text{ s}$

Auralizzazione

- In ogni caso, la base del metodo è la convoluzione di segnali “asciutti” (anecoici) con risposte all’impulso preparate nel formato “surround” prescelto (da 2 a 24 canali).
- Tale operazione di convoluzione può oggi essere realizzata in tempo reale anche su un PC molto economico, purchè dotato in uscita di una scheda audio multicanale

Sala di ascolto "surround"



I segnali ottenuti tramite convoluzione vengono riprodotti su un complesso sistema di altoparlanti, in una sala acusticamente molto sorda

Ascolto n. 1 – La Fenice



Overture alle Nozze di Figaro di Mozart

- 🔊 ○ Brano anecoico
- 🔊 ○ Convoluzione con I.R. sperimentale (pt. 12)
- 🔊 ○ Convoluzione con IR simulata

Preludio al primo atto della Traviata di G. Verdi

- 🔊 ● Brano anecoico
- 🔊 ● Convoluzione con I.R. sperimentale (pt. 12)
- 🔊 ● Convoluzione con IR simulata

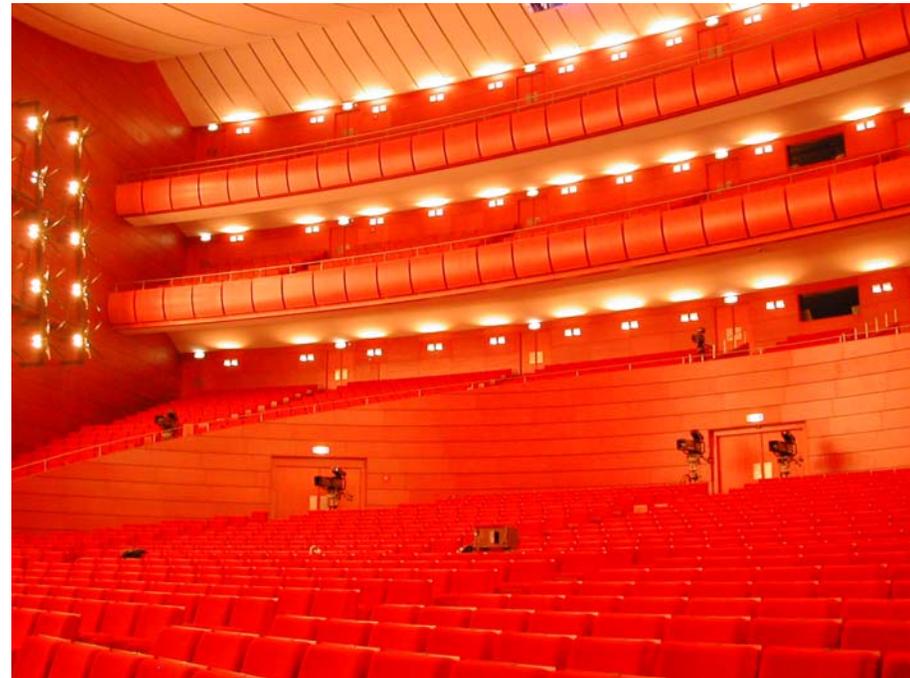
Ascolto n. 2 – Teatro degli Arcimboldi - Mozart



○ Platea, con pannelli



● Platea, senza pannelli



Ascolto n. 3 – Confronto Parigi - Parma



- Cité de la Musique, Parigi



- Auditorium di Parma