

**ODİTORYUMLARDA AKUSTİK PERFORMANSIN  
İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK TASARIM PARAMETRELERİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ VE BİR ÖRNEKLEM**

**Rıza TÜRKMEN**

**DOKTORA TEZİ  
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2013  
ANKARA**

Rıza TÜRKMEN tarafından hazırlanan “ODİTORYUMLARDA AKUSTİK PERFORMANSIN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK TASARIM PARAMETRELERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE BİR ÖRNEKLEM” adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Füsun DEMİREL

.....

Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı, G.Ü.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mimarlık Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY

.....

Mimarlık Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Füsun DEMİREL

.....

Mimarlık Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Metin ARSLAN

.....

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Nizami AKTÜRK

.....

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. Müfit GÜLGEÇ

.....

Mekatronik Anabilim Dalı, Ç.Ü.

Tez Savunma Tarihi: 20/02/2013

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Rıza TÜRKMEN

**ODİTORYUMLARDA AKUSTİK PERFORMANSIN  
İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK TASARIM PARAMETRELERİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ VE BİR ÖRNEKLEM**

**(Doktora Tezi)**

**Rıza TÜRKMEN**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Şubat 2013**

**ÖZET**

**Dünya'nın doğal kaynak varlıklarının hızla tükenmesi ve yaşanmakta olan küresel ekonomik krizler nedeniyle, son yirmi yılda, Dünya literatürüne hacim akustiği alanında katkı sağlayan araştırmacıların hedefinin, farklı işlevlere yönelik akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması amacı ile tasarım parametrelerinin geliştirilmesine yönelik olduğu ve oditoryumların, çok maksatlı olarak tasarlandığı tespit edilmiştir.**

**Son yirmi yılda inşa edilmiş olan, çok maksatlı oditoryumlar incelendiğinde; birleşen hacimler sistemi, perde sistemi, hareketli orkestra çukuru sistemi ve sahnenin hareketli ses yansıtıcı yüzey sistemi gibi pasif sistemlerin, farklı işlevler için ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasında, etkili olacağı öngörülmüş ve bu bağlamda tasarım parametreleri geliştirilmiştir.**

**Bu araştırma kapsamında öncelikle; konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevler için ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasına yönelik, uluslararası standartlarda ve literatürde önerilen, akustik performans kriterleri tanımlanmıştır.**

Araştırmanın ikinci evresinde ise; farklı işlevlere yönelik akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması amacı ile geliştirilmiş olan pasif sistemler kullanılarak, bu araştırmaya özgü, çok maksatlı oditoryum tasarımı yapılmış ve ODEON simülasyon programı kullanılarak, bilgisayar modelleme yöntemi ile hacim akustiğine yönelik analizler yapılmıştır.

Pasif sistemlere yönelik tasarım parametrelerinin geliştirilmesi hedeflenen bu araştırma sonucunda ulaşılan bulgular incelendiğinde; konser işlevinde, birleşen hacimler sistemi ile sahne arasında, opera işlevinde ise, birleşen hacimler sistemi ile orkestra çukuru arasında, direkt olarak sağlanan ses enerjisi transferinin, ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasında etkili olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, çok maksatlı oditoryum tasarımına ışık tutan performans kriterleri ve geliştirilen tasarım parametreleri aracılığı ile özgün bir oditoryum tasarlanarak, test edilmiş ve ortaya konan hipotezin geçerliliği kanıtlanmıştır.

**Bilim Kodu** : 804.1.040  
**Anahtar Kelimeler** : Akustik, Hacim Akustiği, Oditoryumlar, Pasif Sistemler  
**Sayfa Adedi** : 132  
**Tez Yöneticisi** : Prof. Dr. Füsün DEMİREL

**THE DEVELOPMENT OF IMPROVED DESIGN PARAMETERS  
ON THE ENHANCEMENT OF ACOUSTIC PERFORMANCE  
IN AUDITORIUMS AND A CASE STUDY  
(Ph.D. Thesis)**

**Rıza TÜRKMEN**

**GAZİ UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
February 2013**

**ABSTRACT**

**It is determined that, in the last twenty years, due to rapid depletion of Earth's resources and the ongoing economic crisis, the aim of researchers who have been contributing to the world literature on room acoustics was based on improving the design parameters in order to provide the required acoustic conditions for different functions in a single room, and auditoriums have been designed to be multi-purpose accordingly.**

**Examining the multi-purpose auditoriums built in the last twenty years, passive systems like the coupled volumes system, the acoustical curtains, the movable orchestra pit and the movable orchestra shell have been predicted to be effective in providing the required room acoustic conditions needed for variant functions and design parameters were developed in this context.**

**Within the scope of this research; the performance criteria which are needed for providing the required room acoustic conditions for different functions such as conference, concert, opera and theater were defined first, as suggested by the related international standards and literature.**

In the second phase of the study, a multi-purpose auditorium is designed to provide the required room acoustic conditions for distinct functions in the same room using passive systems that are currently being developed and using the simulation software ODEON, analyses for room acoustics were made by computer modelling techniques.

Examining the findings of this research, that are aimed for improving the design parameters of these passive systems; with the coupled volumes system among the stage for concert function, and with the coupled volumes system among the orchestra pit for opera function, directly provided sound energy transfer is found to be effective in providing the required room acoustic conditions.

In the results section, in conjunction with the performance criteria shedding light on multi-purpose auditorium design and the improved design parameters, a unique multi-purpose auditorium design is developed, tested and the validity of the hypothesis is proven.

**Science Code** : 804.1.040  
**Keywords** : Acoustics, Room Acoustics, Auditoriums, Passive Systems  
**Number of Pages** : 132  
**Supervisor** : Prof. Dr. Füsün DEMİREL

## TEŞEKKÜR

Yaşam boyu, desteği ile her zaman yanımda olan, araştırma ve çalışmalarımızın, bilimsel altyapısının oluşturulmasından, araştırmanın ulaşacağı son noktaya kadarki süreci, çalışma yöntemi, bilgi birikimi ve tecrübeleri ile koordine eden, değerli hocam, Prof. Dr. Füsün DEMİREL'e, tecrübeleri ile araştırma sürecine destek olan ve ışık tutan değerli hocalarım, Prof. Dr. Müfit GÜLGEÇ, Prof. Dr. Nizami AKTÜRK, Prof. Dr. Metin ARSLAN ve Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY'a, doktora sürecinde bana destek olan değerli hocalarım, Prof. Dr. M.Emin TUNA ve Mimarlık Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Sare SAHİL'e, Mimarlık Anabilim Dalı'ndaki tüm değerli hocalarımıza, bu süreçte vefat eden jüri üyemiz ve değerli hocam Doç. Dr. Cengiz YENER'e, 48/2010-02 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında araştırma sürecini destekleyen GAZİ ÜNİVERSİTESİ'ne, yüksek lisans ve doktora eğitimimiz süresince bizlere destek olan, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'ndeki değerli hocalarımıza ve büyüklerimize, ülkemizde akustik alanına yönelik bilgi birikiminin gelişmesine önemli düzeyde katkı sağlayan TÜRK AKUSTİK DERNEĞİ'ne, akustik alanına yönelik bilgilerini bizlerle paylaşan ve TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde görev yapmakta olan Sayın Baki KARABÖCE, Sayın Eyüp BİLGİÇ ve Sayın Cafer KIRBAŞ'a, akustik alanına yönelik bilgi birikimlerini ve uluslararası yayınlarını tüm Dünya ile paylaşan değerli hocalarımız ve büyüklerimiz L.L. BERANEK, A.C. GADE, M. MEHTA, J. JOHNSON, J. ROCAFORT, J.H. RINDEL, C.L. CHRISTENSEN, T.J. COX, H. KUTTRUFF, M. LONG, M.D. EGAN, M. BARRON'a ve isimlerini saymadığım tüm değerli araştırmacılara, akustik alanına yönelik bilgi birikimlerini, yayınları ile tüm Dünya ile paylaşan Nagata Acoustics Inc., Artec Consultants Inc., Brüel & Kjør A/S, Proplan Ltd. Şti., Peutz B.V., Wenger Corporation, Marshall Day Acoustics gibi firmalara, bilgi birikimlerini bizlerle paylaşan Sayın Hakan DİLMEN, Sayın Alper AKGÜL ve Sayın Onur AKAYDIN'a, bu süreçte bana destek olan değerli arkadaşlarıma, özel sektördeki iş hayatım boyunca bana destek olan ORSEL Anonim Şirketi'ne ve yaşam boyu her zaman yanımda olan ve beni destekleyen değerli büyüklerime sonsuz saygılarımı sunmayı ve teşekkürü, gelecek kuşağa ise sevgilerimi sunmayı borç bilirim.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. ODİTORYUMLARDA AKUSTİK PERFORMANS KRİTERLERİ.....	5
2.1. Mimari Tasarım Parametrelerine Yönelik Akustik Performans Kriterleri..	6
2.1.1. Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri.....	7
2.1.2. Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri.....	30
2.1.3. Akustik problemlere yönelik performans kriterleri.....	47
2.1.4. Değişken işlevlerde akustik konfor sağlayan pasif sistemlere yönelik performans kriterleri.....	54
2.2. Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Performans Kriterleri.....	68
3. AKUSTİK PERFORMANS KRİTERLERİ BAĞLAMINDA ÇOK MAKSATLI ODİTORYUM TASARIMI VE DOĞRULANMASI.....	77
3.1. Performans Kriterleri Doğrultusunda Bir Oditoryum Tasarımı Yapılması.....	78
3.2. Geliştirilen Tasarımın Bilgisayar Modelleme Yöntemi ile Sınanması.....	93
3.3. Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi ve Tartışma.....	94

	<b>Sayfa</b>
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	...101
KAYNAKLAR.....	...104
EKLER.....	...112
EK-1 Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi.....	...113
EK-2 Odeon 10.02 Simülasyon Programı ile Yapılan Analizlerin Sonuçları.....	...126
ÖZGEÇMİŞ.....	...132

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri.....	8
Çizelge 2.2. Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri.....	31
Çizelge 2.3. Akustik problemlere yönelik performans kriterleri.....	48
Çizelge 2.4. Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri.....	55
Çizelge 2.5. Hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri.....	69
Çizelge 3.1. Oditoryumda kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları.....	91
Çizelge 3.2. Konser işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi.....	96
Çizelge 3.3. Opera işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi.....	97
Çizelge 3.4. Tiyatro işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi.....	98
Çizelge 3.5. Konferans işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi.....	99
Çizelge 3.6. Hacim akustiğine yönelik analiz sonuçları ve değerlendirmesi.....	100

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Konser işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun planı.....	80
Şekil 3.2. Konser işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun kesiti.....	81
Şekil 3.3. Opera işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun planı.....	83
Şekil 3.4. Opera işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun kesiti.....	84
Şekil 3.5. Tiyatro işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun planı.....	86
Şekil 3.6. Tiyatro işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun kesiti.....	87
Şekil 3.7. Konferans işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun planı.....	89
Şekil 3.8. Konferans işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun kesiti.....	90

**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 3.1. Konser işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi.....	79
Resim 3.2. Opera işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi.....	82
Resim 3.3. Tiyatro işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi.....	85
Resim 3.4. Konferans işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi.....	88

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>cm</b>	Santimetre
<b>dB</b>	Desibel (ses seviyesi birimi)
<b>Hz</b>	Hertz (frekans birimi)
<b>kHz</b>	Kilohertz (frekans birimi, 1 kHz = 1000 Hz)
<b>m</b>	Metre
<b>ms</b>	Milisaniye (1 sn = 1000 ms)
<b>mid</b>	Orta frekansların ortalaması (500 Hz ve 1000 Hz)
<b>sn</b>	Saniye (1 sn = 1000 ms)
<b><math>\alpha</math></b>	Ses yutma katsayısı
<b><math>\lambda</math></b>	Sesin dalga boyu
<b><math>d\psi</math></b>	Diffüzyon katsayısı (Diffusion coefficient)
<b>s</b>	Saçılma katsayısı (Scattering coefficient)
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>AI</b>	Artikülasyon İndeksi (Articulation Index)
<b>ASW</b>	Algılanan Kaynak Genişliği (Apparent Source Width)
<b>BR</b>	Bas Oranı (Bass Ratio)
<b>BQI</b>	Kulaklar Arası Algılanan Sesin Nitelik İndeksi (Binaural Quality Index)
<b>C<sub>50</sub></b>	Sesin Berraklığı veya Netliği / <i>konuşma için</i> (Clarity)
<b>C<sub>80</sub></b>	Sesin Berraklığı veya Netliği / <i>müzik için</i> (Clarity)
<b>D<sub>50</sub></b>	Konuşmanın Belirginliği (Definition)
<b>EDT</b>	Erken Sönümlenme Süresi (Early Decay Time)

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>G</b>	Sesin Yüksekliği (Relative Strength, Sound Strength)
<b>IACC</b>	Kulaklar Arası Algılanan Sesin Benzerliği (Inter-aural Cross Correlation)
<b>IACF</b>	Kulaklar Arası Algılanan Sesin Fonksiyonu (Inter-aural Cross Correlation Function)
<b>ITDG</b>	İlk Yansımanın Gecikme Süresi (Initial Time-Delay Gap)
<b>LEV</b>	Müzik Tarafından Çepeçevre Kuşatılma Duygusu (Listener Envelopment)
<b>LF</b>	Yan Yansıma Oranı (Lateral Energy Fraction)
<b>LF<sub>80</sub></b>	Erken Yan Yansıma Oranı (Early Lateral Energy Fraction)
<b>LG<sub>80</sub>, L<sub>J</sub>, GLL</b>	Geç Yanal Ses Seviyesi (Late Lateral Sound Level)
<b>NC</b>	Gürültü Düzeyi Kriteri (Noise Criteria)
<b>RECC</b>	Yansıyan Sesin Artış Eğrileri (Reflected Energy Cumulative Curves)
<b>RASTI</b>	Konuşmanın İletim İndeksi (Rapid Speech Transmission Index)
<b>SDI</b>	Yüzeyin Ses Dağıtım İndeksi (Surface Diffusivity Index)
<b>SI</b>	Konuşmanın Anlaşılabilirliği (Speech Intelligibility)
<b>SII</b>	Konuşmanın Anlaşılabilirlik İndeksi (Speech Intelligibility Index)
<b>SPL</b>	Ses Basınç Seviyesi (Sound Pressure Level)
<b>STI</b>	Konuşmanın İletim İndeksi (Speech Transmission Index)
<b>ST<sub>Early</sub> (ST1)</b>	Erken Destek (Early Support)
<b>ST<sub>Late</sub> (ST2)</b>	Geç Destek (Late Support)
<b>T<sub>20</sub>, T<sub>30</sub>, T<sub>60</sub></b>	Reverberasyon Süresi (Reverberation Time)
<b>T<sub>30,mid</sub></b>	Reverberasyon Süresi (30 dB'lik sönümlenme ile hesaplanan, 500 Hz ve 1000 Hz'deki reverberasyon sürelerinin ortalaması)
<b>TR</b>	Tiz Oranı (Treble Ratio)
<b>T<sub>s</sub></b>	Zamansal Ağırlık Merkezi (Centre time)

## 1. GİRİŞ

Günümüzde, teknolojik gelişmelere bağlı olarak binalarda; aydınlatma, akustik, iklimlendirme, enerji etkinliği ve yangın güvenliği gibi birçok alanda, kullanıcıların ihtiyaç duyduğu, konfor düzeyi giderek yükselmektedir.

Akustik bilim dalının tarihsel gelişim süreci incelendiğinde, Dünya literatürüne hacim akustiği alanında katkı sağlayan araştırmacıların hedefinin; mimari tasarım parametrelerinin, hacimlerin akustik performansına etkisinin tespit edilmesine yönelik olduğu görülmektedir.

Akustik konforun önem kazandığı, çok maksatlı oditoryumların veya dinleyici salonlarının, mimari tasarım sürecinde alınan tasarım kararları ile hedeflenen;

- konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevler için uygun olan veya ihtiyaç duyulan *akustik koşulların sağlanması*,
- yapı bileşenlerinde ihtiyaç duyulan *gürültü kontrolünün* ve hacim içerisindeki işlev için uygun olan *arkaplan gürültü düzeyinin sağlanması*,
- hacim içerisinde oluşabilecek, *önemli akustik problemlerin önlenmesi* ve
- hacim içerisinde, *dağınık ses alanı koşullarının (diffuse field) sağlanmasıdır*.

Akustik konforun önem kazandığı hacimlerin, mimari tasarım sürecinde alınan tasarım kararları, hacimlerin akustik performansını doğrudan etkilemektedir.

Dünya’da ve ülkemizde inşa edilmiş olan oditoryumlar veya dinleyici salonları incelendiğinde, hacim içerisinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların, farklı işlevlere (*konferans, konser, opera, tiyatro*) bağlı olarak değişim göstermekte olduğu, örneğin;

- konferans işlevi için tasarlanan bir salonda, konser işlevi için ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanamadığı,
- senfonik müziğe yönelik tasarlanan bir konser salonunda ise, rak müzik veya pop müzik gibi, diğer müzik tarzları için ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanamadığı görülmektedir.



Dünya'nın doğal kaynak varlıklarının hızla tükenmesi ve yaşanmakta olan küresel ekonomik krizler gözönüne alındığında; konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevler için, ayrı ayrı salonların inşa edilmesinin de, ekonomik bir yaklaşım olmadığı görülmektedir.

Yaklaşık son yirmi yılda ise, Dünya literatürüne, hacim akustiği alanında katkı sağlayan araştırmacıların hedefinin; farklı işlevlere yönelik akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması amacı ile, *tasarım parametrelerinin geliştirmesine* yönelik olduğu ve *oditoryumların, çok maksatlı (multi-purpose auditoriums) olarak tasarlandığı* tespit edilmiştir. Bu hedefle günümüzde, aynı hacim içerisinde, farklı işlevlere yönelik akustik koşulların sağlanması amacı ile, *pasif sistemler* olarak adlandırılan hareketli sistemler geliştirilmekte ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak, bu sistemler gelişimlerini sürdürmektedir.

Bütün bu nedenlerden dolayı, bu tez kapsamında öncelikle; konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevler için uygun olan veya ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasına yönelik, uluslararası standartlarda ve literatürde önerilen *performans kriterleri* tanımlanmıştır.

Akustik konforun önem kazandığı binaların, yapım süreci tamamlandığında, gerçek kullanım koşullarında, hacim içerisinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanabilmesi; mimari tasarım sürecinde alınan, tasarım kararlarına bağlıdır. *Performans kriterleri* ile hedeflenen ise; mimari tasarım sürecinde, doğru tasarım kararlarının alınabilmesini sağlamaktır.

Araştırmanın ikinci evresinde ise; konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere yönelik akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması amacı ile geliştirilmekte olan *pasif sistemler* kullanılarak, bu araştırmaya özgü, çok maksatlı oditoryum (*multi-purpose auditorium*) tasarımı yapılmıştır.

Bilgisayar modelleme yöntemi kullanılarak yürütülen bu araştırma ile hedeflenen; pasif sistemlere yönelik tasarım parametrelerinin geliştirilmesidir.

Dikdörtgenel plan şemasına (*rectangular or shoebox style*) sahip olan, çok maksatlı oditoryumun (*multi-purpose auditorium*) tasarımı için; binanın yapım maliyetleri, salonun kullanım ve işletme aşamasındaki işletme kolaylığı da dikkate alınarak, birbiri ile entegre veya uyum içerisinde tasarlandığında, hedeflenen akustik koşulların sağlanmasında etkili olacak, dört farklı *pasif sistem* seçilmiştir.

Seçilen *pasif sistemlerin birbiri ile entegrasyonu ve sistemlerin geliştirilmesi*, bu araştırmaya özgü tasarlanan, çok maksatlı oditoryum (*multi-purpose auditorium*) kullanılarak yapılmıştır.

Konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere yönelik akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması amacı ile geliştirilmekte olan *pasif sistemlerin*, birbiri ile entegre olarak tasarlandığı, çok maksatlı oditoryumda;

- birleşen hacimler sisteminin (*coupled volumes system*), opera ve konser işlevinde,
- sahne çevresinde tasarlanan, sahnenin hareketli ses yansıtıcı yüzey sisteminin (*movable orchestra shell*), konser işlevinde,
- hareketli orkestra çukuru sisteminin (*movable orchestra pit*), opera ve müzikal tiyatro işlevinde ve
- perde sisteminin (*acoustical curtains*) ise, konferans işlevinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların, sağlanmasında etkili olacağı öngörülmüştür.

Konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevler için, ihtiyaç duyulan akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanmasına yönelik olarak kullanılan;

- salonun toplam hava hacminin değişimine ve kontrol edilmesine yönelik sistemler (*volume variation*),
- salondaki ses yutucu yüzeylerin değişimine ve kontrol edilmesine yönelik sistemler (*absorption variation*) ve
- sahnenin akustik koşullarının değişimine ve kontrol edilmesine yönelik sistemler (*variation in stage acoustic conditions*), değişken akustik koşulların sağlanmasına yönelik, önemli düzeyde potansiyele sahip olup, teknolojik gelişmelere bağlı olarak, gelişimlerini sürdürmektedir.

Araştırmanın son evresinde ise, tasarlanan çok maksatlı oditoryum (*multi-purpose auditorium*) kullanılarak;

- araştırmanın ilk evresinde tanımlanan *performans kriterleri*, simülasyon yöntemi ile test edilmiş ve
- değişken akustik konfor sağlamaya yönelik olarak, birbiri ile entegre veya uyum içerisinde tasarlanmış olan, *pasif sistemlere yönelik tasarım parametreleri geliştirilerek*, konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevler için ihtiyaç duyulan akustik koşullar, aynı hacim içerisinde sağlanmıştır.

Bu araştırmanın; akustik konforun önem kazandığı çok maksatlı oditoryumlarda (*multi-purpose auditoriums*), akustik performansın iyileştirilmesine yönelik, tasarım parametrelerinin geliştirilmesi konusunda, Dünya literatürüne katkı sağlaması beklenmektedir.

## 2. ODİTORYUMLARDA AKUSTİK PERFORMANS KRİTERLERİ

Akustik konforun önem kazandığı binaların, yapım süreci tamamlandığında, gerçek kullanım koşullarında, hacim içerisinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanabilmesi; *mimari tasarım sürecinde alınan tasarım kararlarına bağlıdır*. Konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere yönelik olarak kullanılan oditoryumlarda, ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasına yönelik, uluslararası standartlarda ve literatürde önerilen *performans kriterleri* ile hedeflenen ise; mimari tasarım sürecinde, doğru tasarım kararlarının alınabilmesini sağlamaktır.

Akustik konforun önem kazandığı, çok maksatlı oditoryumların veya dinleyici salonlarının, mimari tasarım sürecinde alınan tasarım kararları ile hedeflenen;

- konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevler için uygun olan veya ihtiyaç duyulan *akustik koşulların sağlanması*,
- yapı bileşenlerinde ihtiyaç duyulan *gürültü kontrolünün* ve hacim içerisindeki işlev için uygun olan *arkaplan gürültü düzeyinin* sağlanması,
- hacim içerisinde oluşabilecek, *önemli akustik problemlerin önlenmesi* ve
- hacim içerisinde, *dağınık ses alanı koşullarının (diffuse field)* sağlanmasıdır.

Konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere yönelik olarak kullanılan oditoryumlarda, ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasına yönelik, uluslararası standartlarda ve literatürde önerilen *performans kriterleri*;

- tasarım parametrelerine yönelik performans kriterleri ve
- hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri olmak üzere iki grupta incelenmekte olup, Çizelge 2.1, Çizelge 2.2, Çizelge 2.3, Çizelge 2.4 ve Çizelge 2.5'te özetlenmektedir.

Tasarım parametrelerine yönelik performans kriterleri, hacimlerin mimari tasarım sürecinde alınması önerilen tasarım kararlarını kapsamakta olup, hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri ise, hacim içerisindeki işlev için sağlanması önerilen, objektif akustik parametrelere yönelik değerleri kapsamaktadır.

## 2.1. Mimari Tasarım Parametrelerine Yönelik Akustik Performans Kriterleri

Akustik bilim dalının tarihsel gelişim süreci incelendiğinde, Dünya literatürüne hacim akustiği alanında katkı sağlayan araştırmacıların hedefinin; mimari tasarım parametrelerinin, hacimlerin akustik performansına etkisinin tespit edilmesine yönelik olduğu görülmektedir.

Günümüzde, mimari tasarım parametrelerinin, hacimlerin akustik performansına etkisi, büyük ölçüde tespit edilebilmekte olup, teknolojik gelişmelere bağlı olarak, hacim akustiğine yönelik tasarım parametreleri gelişimini sürdürmektedir.

Bu araştırma kapsamında, konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere hizmet veren oditoryumlarda, tasarım parametrelerine yönelik performans kriterleri;

- salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri,
- sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri,
- hacim içerisinde oluşan, akustik problemlere yönelik performans kriterleri ve
- değişken işlevlerde akustik konfor sağlayan, pasif sistemlere yönelik performans kriterleri olmak üzere, dört grupta incelenmekte olup, Çizelge 2.1, Çizelge 2.2, Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4'te özetlenmektedir.

Oditoryumlarda, mimari tasarım parametrelerine yönelik performans kriterleri;

- hacim akustiğine yönelik, uluslararası araştırmaların incelenmesi,
- hacim akustiğine yönelik, ülkemizde yürürlükte olan Türk Standartları'nın (*TS*) ve uluslararası standartların (*EN, ISO, DIN, ANSI vb.*) incelenmesi ve
- Dünya'da ve ülkemizde inşa edilmiş olan, konferans, konser, opera ve tiyatro salonlarının incelenmesi sonucunda hazırlanmıştır.

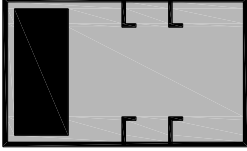

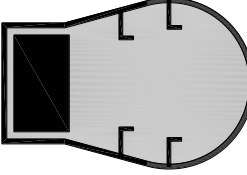

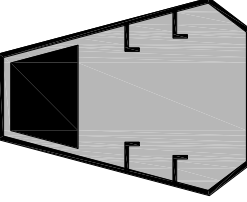

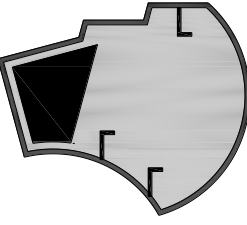

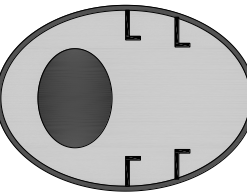

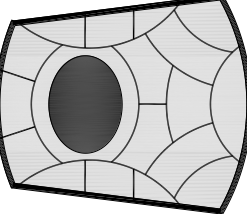

Akustik konforun önem kazandığı oditoryumlarda, hacim içerisinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanabilmesi; mimari tasarım sürecinde alınan tasarım kararlarına bağlıdır. *Performans kriterleri ile hedeflenen ise*; mimari tasarım sürecinde, doğru tasarım kararlarının alınabilmesini sağlamaktır.

### 2.1.1. Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

Akustik konforun önem kazandığı, konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlemlere hizmet veren oditoryumlarda, hacim içerisinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasına yönelik, uluslararası standartlarda ve literatürde önerilen, salon tasarımına yönelik performans kriterleri;

- oditoryumların formuna yönelik literatürde önerilen plan şemalarını,
- oditoryumların formu ve boyutsal oranlarına yönelik performans kriterlerini,
- izleyicilerin oturma alanına yönelik performans kriterlerini,
- farklı işlemlere yönelik izleyici başına öngörülen hava hacmi bilgilerini,
- hacim içerisinde, dağınık ses alanı koşullarının (*diffuse sound field*) sağlanmasına yönelik performans kriterlerini,
- duvar ve asma tavan yüzeylerinin tasarımına yönelik performans kriterlerini ve
- izleyici balkonlarının tasarımına yönelik performans kriterlerini kapsamakta olup, bu bilgiler Çizelge 2.1’de özetlenmektedir.

Çizelge 2.1. Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-1 Salonların Formuna Yönelik Literatürde Önerilen Plan Şemaları			
A-1	- Plan Şemasının Adı	Plan Şeması	Salonun Fotoğrafi
1.	- Dikdörtgensel plan şeması (Rectangular style) (Shoebox style)		
	- Aarhus Konser Salonu - Danimarka / 2007 [1]		
2.	- At nalı plan şeması (Horseshoe style)		
	- Yokosuka Opera Salonu - Japonya / 1994 [2]		
3.	- Yelpeze plan şeması (Fan shaped style)		
	- Alice Tully Konser Salonu - New York / 2009 [3]		
4.	- Amorf (Düzensiz) plan şeması (Irregular style)		
	- Beethoven Konser Salonu - Stuttgart / 2007 [4]		
5.	- Arena plan şeması - Yarı-arena plan şeması (Arena / semiarena style) (Directed reflection sequence)		
	- Christchurch Town Konser Salonu - Yeni Zelanda / 1972 [5]		
6.	- Terashlı oturma düzenine sahip plan şeması (Vineyard steps seating arrangement)		
	- Sapporo Konser Salonu - Japonya / 1997 [6]		

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

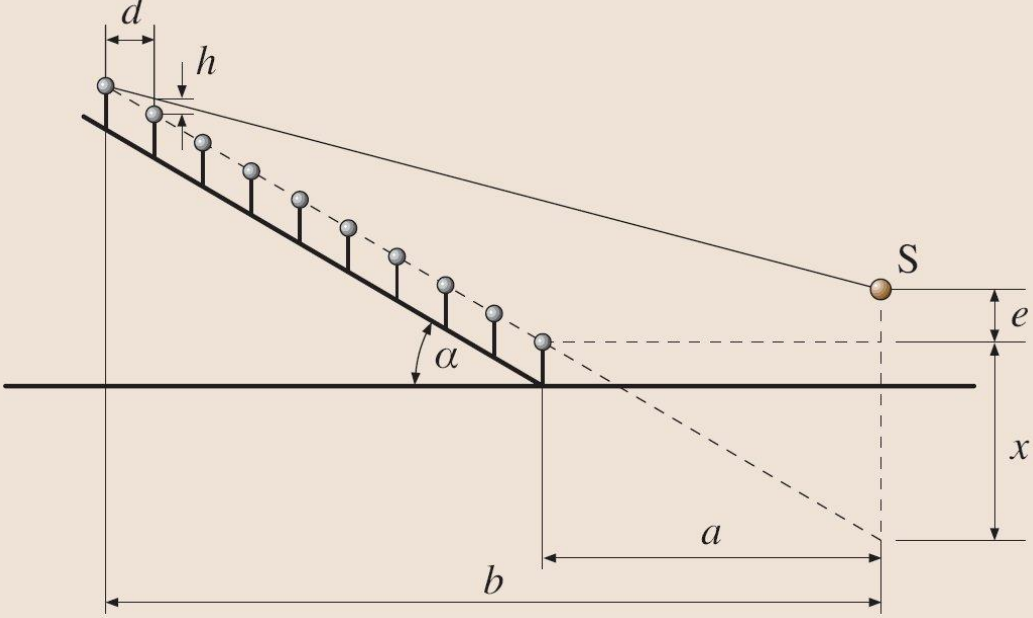
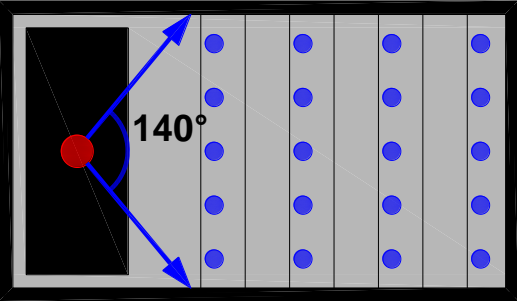
A-2	Salonların Formu ve Boyutsal Oranlarına Yönelik Akustik Performans Kriterleri
	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dikdörtgenel plan şemasına sahip olan hacimlerin (shoebox or rectangular halls), akustik performansının; diğer plan şemalarına sahip olan hacimlerden (non-shoebox) daha yüksek olduğu belirtilmektedir [7, 8].</li> <li>2. Dar ve uzun dikdörtgenel hacimlerin, akustik performansı; geniş ve kısa hacimlere göre daha yüksektir [8].</li> <li>3. Dinleyicilere doğru, yüksek düzeyde yanal ses yansımalarının sağlanabilmesi için, salonların genişliğinin; 20 metre'ye yakın yapılması önerilmektedir [7].</li> <li>4. Salonların boyutsal oranlarına yönelik önerilen değerler, aşağıda özetlenmektedir; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uzunluk / genişlik oranı (<math>L/W</math> ratio (length-to-width ratio)) : <math>L/W</math> oranı <math>&lt; 2,0</math> [9]</li> <li>• Yükseklik / genişlik oranı (<math>H/W</math> ratio (height-to-width ratio)) : <math>H/W</math> oranı <math>&gt; 0,7</math> [9]</li> </ul> </li> </ol>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı : Boston Senfoni Salonu (Shoebox hall) [10, 11]</li> <li>• Binanın yeri / yapım yılı : Boston / 1900 yılı</li> <li>• Salonun işlevi ve İzleyici kapasitesi : Konser Salonu / 2625 izleyici</li> <li>• Akustik tasarım danışmanı : Wallace Clement Sabine</li> <li>• Reverberasyon süresi - <math>T_{60}</math> (izleyicili) : 1,9 sn (midfrequencies in the occupied hall)</li> <li>• Uzunluk / genişlik oranı : 40,5 m / 22,9 m = ~ 1,77 (<math>L/W</math> oranı <math>&lt; 2,0</math>)</li> <li>• Yükseklik / genişlik oranı : 18,6 m / 22,9 m = ~ 0,81 (<math>H/W</math> oranı <math>&gt; 0,7</math>)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı : Aarhus Konser Salonu (Shoebox hall) [1, 12]</li> <li>• Binanın yeri / yapım yılı : Danimarka / 2007 yılı</li> <li>• Salonun işlevi ve İzleyici kapasitesi : Konser Salonu / 1200 izleyici</li> <li>• Akustik tasarım danışmanı : COWI A/S (Danimarka) &amp; Artec (USA)</li> <li>• Reverberasyon süresi - <math>T_{30}</math> (izleyicili) : 2,2 sn (midfrequencies in the occupied hall)</li> <li>• Uzunluk / genişlik oranı : 44,0 m / 21,9 m = ~ 2,00 (<math>L/W</math> oranı <math>\leq 2,0</math>)</li> <li>• Yükseklik / genişlik oranı : 18,7 m / 21,9 m = ~ 0,85 (<math>H/W</math> oranı <math>&gt; 0,7</math>)</li> </ul>	



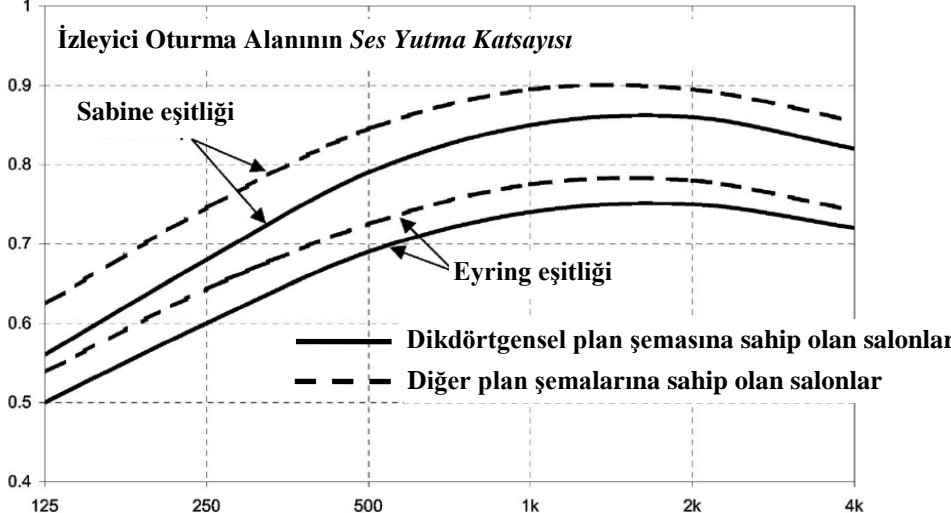
Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-3	İzleyicilerin Oturma Alanına Yönelik Performans Kriterleri
	
<p style="text-align: center;"><i>Science Academy Konferans Salonu, Prag / Çek Cumhuriyeti [13]</i></p>	
<p>1. Oditoryumlarda, sahne ve izleyici arasındaki maksimum uzaklığın; aşağıdaki kriterlere göre tespit edilmesi önerilmektedir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• İzleyicilerin, “yüz ifadelerini” (facial expression) algılayabilmesi için; <math>L &lt; \sim 12</math> m [14]</li> <li>• İzleyicilerin, “el, kol ve baş hareketlerini” (gestures) algılayabilmesi için; <math>L &lt; \sim 20</math> m [14]</li> <li>• İzleyicilerin, “vücut hareketlerini” (body movements) algılayabilmesi için; <math>L &lt; \sim 30</math> m [14]</li> <li>• Konser salonlarında, sahne ve izleyici arasındaki maksimum uzaklık; <math>L \leq \sim 40</math> m [15]</li> </ul>	
<p>Not : Oditoryumlarda, akustik ve görsel konforun sağlanabilmesi için, sahne ve izleyici arasındaki maksimum uzaklığın; <u>25 m</u>'yi geçmemesi önerilmektedir [16].</p>	
<p>2. Doğal konuşma düzeyi (natural speech) ile, <u>tiyatro işlevine</u> yönelik akustik koşulların sağlanabilmesi, aşağıda özetlenmekte olan tasarım parametrelerine bağlıdır [16].</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salonun izleyici kapasitesinin; <u>850-900</u> izleyiciden daha düşük olması,</li> <li>• İzleyicilerin oturma alanında, ses yutma miktarının (amount of audience absorption), sınırlandırılması için;       <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ izleyicilerin oturma sıralarının toplam ölçüsünün (koltuk + geçiş koridorunun), <u>90-95 cm</u> yapılması ve</li> <li>➢ oturma gruplarının, <u>53-55 cm</u> genişliğinde (koltukların dar olarak) seçilmesi,</li> </ul> </li> <li>• Tiyatro salonlarında, akustik açıdan etkili hava hacminin (effective acoustical room volume); <u>4000-5000 m<sup>3</sup></u>,ten daha düşük yapılması önerilmektedir. (Akustik açıdan etkili hava hacmi; tiyatro işlevinde, sahnenin ve softanın hava hacmi hariç hesaplanmaktadır.)</li> </ul>	

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-4	İzleyicilerin Oturma Alanına Yönelik Performans Kriterleri
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İzleyicilerin oturma alanının eğiminin; görüş çizgileri arasında, 12-15 cm temiz yükseklik olacak şekilde düzenlenmesi önerilmektedir. Bu durumda; <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ön sıradaki izleyiciler nedeniyle, direkt ses enerjisi kayıplarının minimum olması,</li> <li>➢ akustik koşulların iyileştirilmesi sonucunda, konuşmanın anlaşılabilirliğinin yükselmesi ve</li> <li>➢ izleyicilerin görsel koşullarının iyileştirilmesi sonucunda, sahnenin, izleyiciler tarafından daha iyi görülebilmesi, sağlanmış olacaktır [17].</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İzleyicilerin, ses yutma miktarı (absorption of an audience), izleyicilerin oturma alanı ile doğru orantılıdır [10]. <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ İzleyicilerin oturma alanı, eğimli yüzey (sloped area) olarak yapıldığında; düz veya eğimsiz yüzeylere (no rake) göre, daha büyük bir alana sahip olmaktadır.</li> <li>➢ Bu nedenle, hesaplamalarda; eğimli yüzey alanının (sloped area) kullanılması önerilmektedir.</li> </ul> </li> </ul>
	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konuşmanın anlaşılabilirliği, yüksek frekanslarda, yön ile ilişkili olduğu için, izleyicilerin oturma alanının; plan düzleminde, ses kaynağının konumuna göre, 140°'lik açı içerisinde olacak şekilde düzenlenmesi önerilmektedir [18].</li> </ul>

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-5	İzleyicilerin Oturma Alanına Yönelik Performans Kriterleri																																																								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>İzleyicili (<i>occupied</i>) ve izleyicisiz (<i>unoccupied</i>) koşullardaki, reverberasyon süresi farkının; minimum olması ve 0,2 saniyeyi geçmemesi önerilmektedir. Bu durumun sağlanması; izleyici oturma alanında kullanılan koltukların, <i>ses yutma katsayısına</i> bağlıdır [12, 19].</li> </ul>																																																								
	 <p>The graph plots the sound absorption coefficient (y-axis, 0.4 to 1.0) against room volume (x-axis, 125 to 4k m³). Two sets of curves are shown: solid lines for rectangular floor plans and dashed lines for other floor plans. The upper set of curves is labeled 'Sabine eşitliği' and the lower set is labeled 'Eyring eşitliği'. The legend indicates that solid lines represent 'Dikdörtgenel plan şemasına sahip olan salonlar' and dashed lines represent 'Diğer plan şemalarına sahip olan salonlar'.</p>																																																								
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dikdörtgenel plan şemasına sahip olmayan salonlarda, izleyici oturma alanının ses yutma katsayısının daha büyük olması nedeniyle; dikdörtgenel plan şemasına sahip olan salonlar ile karşılaştırıldığında, aynı reverberasyon süresinin sağlanması için, yaklaşık %6 daha fazla toplam hava hacmine ihtiyaç duyulmaktadır [20].</li> </ul>																																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="6">İzleyici Oturma Alanının Ses Yutma Katsayısı (Sabine eşitliği)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1000</th> <th>2000</th> <th>4000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Dikdörtgenel Salonlar</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Ağır yoğunluklu koltuklar</td> <td>0.63</td> <td>0.75</td> <td>0.85</td> <td>0.91</td> <td>0.91</td> <td>0.88</td> </tr> <tr> <td>- Orta yoğunluklu koltuklar</td> <td>0.55</td> <td>0.67</td> <td>0.79</td> <td>0.84</td> <td>0.85</td> <td>0.83</td> </tr> <tr> <td><b>Diğer Salonlar</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>- Ağır yoğunluklu koltuklar</td> <td>0.73</td> <td>0.82</td> <td>0.90</td> <td>0.95</td> <td>0.95</td> <td>0.92</td> </tr> <tr> <td>- Orta yoğunluklu koltuklar</td> <td>0.63</td> <td>0.75</td> <td>0.84</td> <td>0.90</td> <td>0.90</td> <td>0.88</td> </tr> </tbody> </table>		İzleyici Oturma Alanının Ses Yutma Katsayısı (Sabine eşitliği)							125	250	500	1000	2000	4000	<b>Dikdörtgenel Salonlar</b>							- Ağır yoğunluklu koltuklar	0.63	0.75	0.85	0.91	0.91	0.88	- Orta yoğunluklu koltuklar	0.55	0.67	0.79	0.84	0.85	0.83	<b>Diğer Salonlar</b>							- Ağır yoğunluklu koltuklar	0.73	0.82	0.90	0.95	0.95	0.92	- Orta yoğunluklu koltuklar	0.63	0.75	0.84	0.90	0.90	0.88
	İzleyici Oturma Alanının Ses Yutma Katsayısı (Sabine eşitliği)																																																								
	125	250	500	1000	2000	4000																																																			
<b>Dikdörtgenel Salonlar</b>																																																									
- Ağır yoğunluklu koltuklar	0.63	0.75	0.85	0.91	0.91	0.88																																																			
- Orta yoğunluklu koltuklar	0.55	0.67	0.79	0.84	0.85	0.83																																																			
<b>Diğer Salonlar</b>																																																									
- Ağır yoğunluklu koltuklar	0.73	0.82	0.90	0.95	0.95	0.92																																																			
- Orta yoğunluklu koltuklar	0.63	0.75	0.84	0.90	0.90	0.88																																																			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ağır yoğunluklu koltukların kullanıldığı bir salonda, izleyici oturma alanının ses yutma katsayılarının, daha büyük olması nedeniyle; orta yoğunluklu koltukların kullanıldığı bir salon ile karşılaştırıldığında, aynı reverberasyon süresinin sağlanması için, yaklaşık %10 daha fazla toplam hava hacmine ihtiyaç duyulmaktadır [20].</li> <li>Bütün bu nedenlerden dolayı, izleyici oturma alanının ses yutma katsayıları ile, salonlarda ihtiyaç duyulan toplam hava hacmi arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır [20].</li> </ul>																																																								

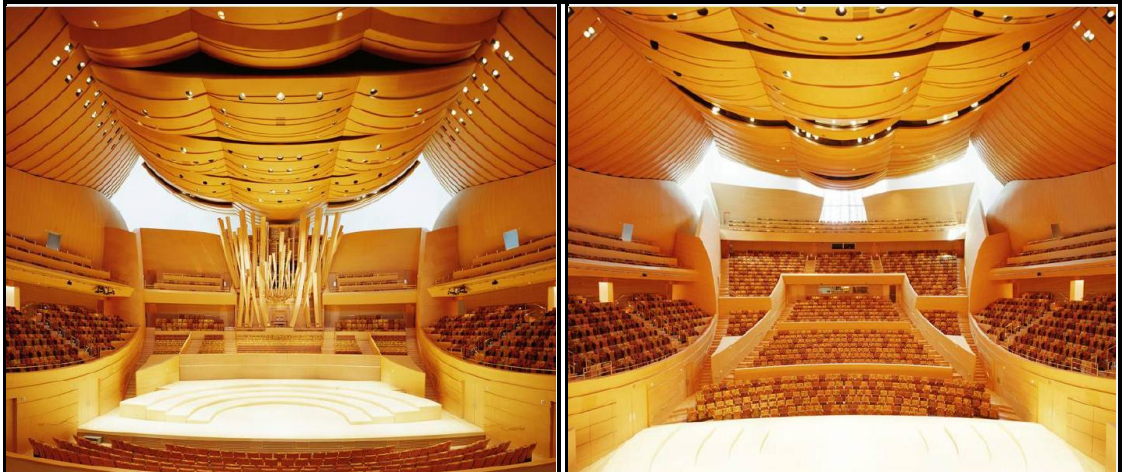
Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

Farklı İşlevlere Yönelik İzleyici Başına Önerilen Hava Hacimleri [19]	
A-6	- Salonun toplam hava hacmi ( <i>Hall volumes</i> ) : V (m <sup>3</sup> )
	- Salonun izleyici kapasitesi ( <i>Number of seats</i> ) : N
	- İzleyici başına öngörülen hava hacmi ( <i>Volume per seat</i> ) : V / N (m <sup>3</sup> )

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Konuşma İşlevleri ; Konferans ve Tiyatro (Drama)</b> (<i>Spoken presentations</i>) V / N</li> </ul>	: 3 ~ 6 m <sup>3</sup> / izleyici
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Müzik ve Konuşma İşlevleri ;</b> (<i>Music and spoken presentations</i>) V / N</li> </ul>	: 5 ~ 8 m <sup>3</sup> / izleyici
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Müzik İşlevleri ; Konserler (farklı müzik tarzlarına yönelik)</b> (<i>Music presentations</i>) V / N (<i>Classical music; from large symphony to recital</i>)</li> </ul>	: 7 ~ 12 m <sup>3</sup> / izleyici



• Edificio YPF. Konferans Salonu, Arjantin [21]	• Hava hacmi : ~ 5 m <sup>3</sup> / izleyici
---	--

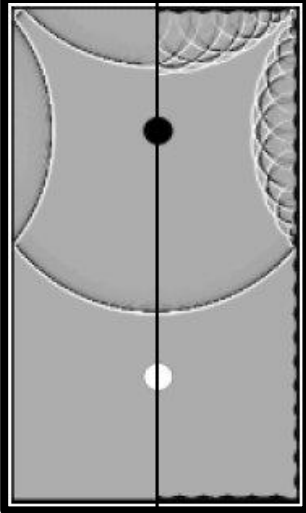
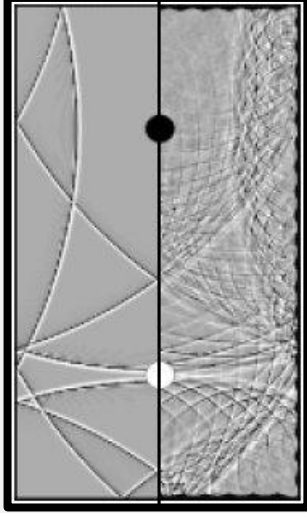
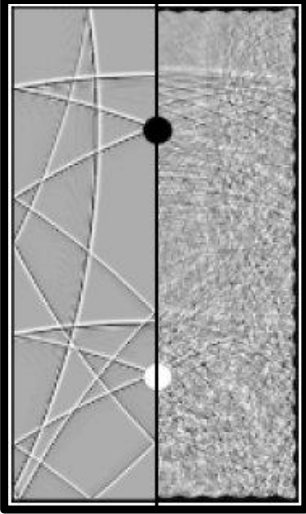
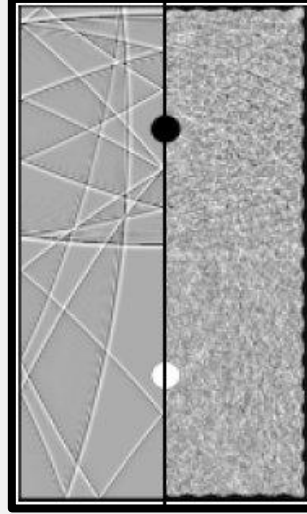


• Walt Disney Konser Salonu, Amerika, 2003 [22]	• Hava hacmi : ~ 12 m <sup>3</sup> / izleyici
---	---

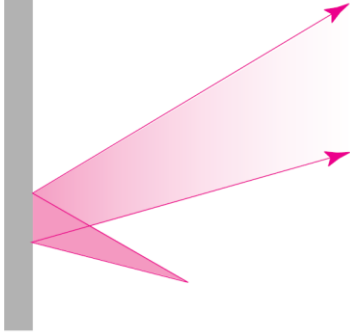
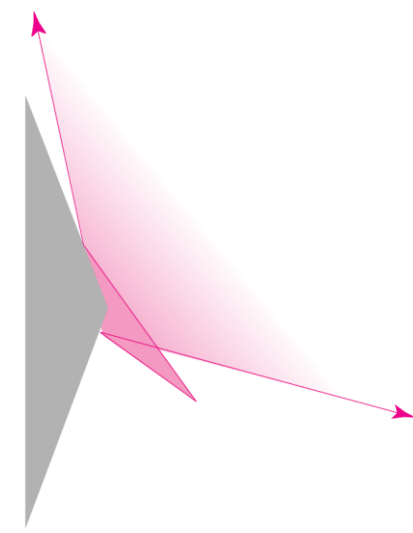
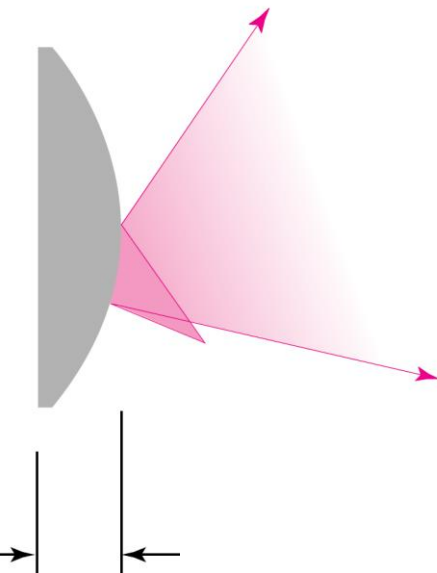
Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-7	<b>Dağınık Ses Alanı Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Performans Kriterleri (<i>Diffuse Field</i>)</b>
	
<p style="text-align: center;"><i>Filharmonie Hradec Králové Konser Salonu, Çek Cumhuriyeti, 2006 [23]</i></p>	
<p><b>1. Dağınık Ses Alanı Koşullarının Sağlanması (<i>Diffuse Sound Field</i>)</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ses basınç seviyesinin, hacim içerisinde her yerde aynı seviyede olduğu ve ses enerjisinin, tüm yönlerde aynı düzeyde aktığı ses alanı (<i>a sound field in which the sound pressure level is the same everywhere and the flow of energy is equally probable in all directions</i>) [24].</li> </ul>	
<p><b>2. Sesin İzleyici Oturma Alanında Aynı Nitelikte Olması (<i>Uniformity of Sound in Audience Areas</i>)</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Oditoryumlarda, izleyici oturma alanındaki tüm dinleyicilere ulaşan; müziğin ve sesin tonal niteliğinin aynı olması önerilmektedir (<i>The same music, tonal quality, etc., should reach every listener</i>) [11].</li> </ul>	
<p><b>3. Kulaklar Arası Algılanan Sesin Nitelik İndeksi Parametresinin Değeri (<i>Binaural Quality Index, BQI</i>)</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kulaklar arası algılanan sesin nitelik indeksi (<i>Binaural Quality Index, BQI</i>) parametresi; direkt sesin, dinleyiciye ulaşmasından sonraki 80 ms içerisinde, müziğe ait seslerin, iki kulak arasındaki <u>farklılığının</u> ölçülmesi için kullanılmaktadır. Bu farklılık sadece, dinleyicinin başına yan yönlerden (<i>lateral directions</i>) ulaşan ses dalgaları ile oluşmaktadır [11].</li> <li>Kulaklar arası algılanan sesin nitelik indeksi (<i>Binaural Quality Index, BQI</i>) parametresinin değeri <u>yüksek</u> olduğunda, dinleyiciler; salonun akustik performansını, <u>yüksek</u>, sesin kalitesini de, <u>çok iyi</u> olarak değerlendirmektedir. <i>BQI parametresinin en yüksek değeri; 1,00'dir</i> [23].</li> <li>Kulaklar arası algılanan sesin nitelik indeksi (<i>Binaural Quality Index, BQI</i>) parametresinin değerinin <u>yüksek</u> olması; hacim içerisinde, ses dalgalarının dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlayan, periyodik ses dağıtıcı yüzeylerin (<i>diffuse scattering elements</i>) kullanılması ile sağlanabilmektedir [23].</li> </ul>	

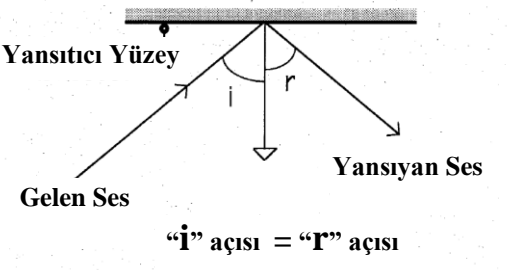
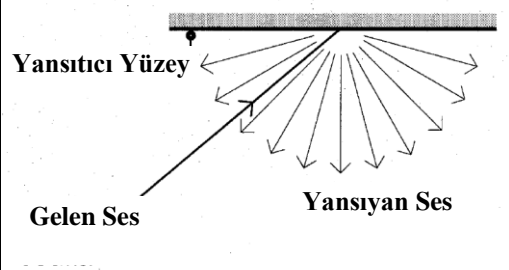
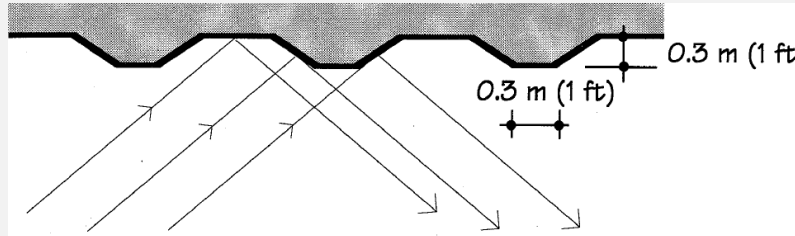
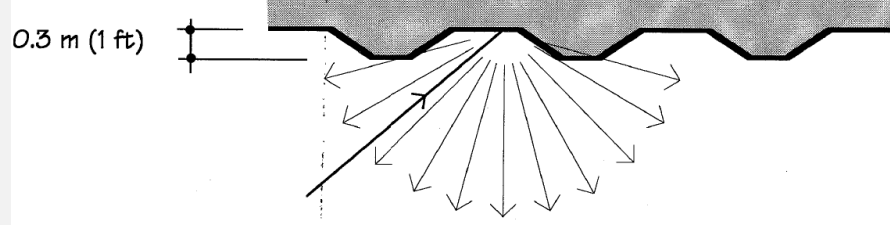
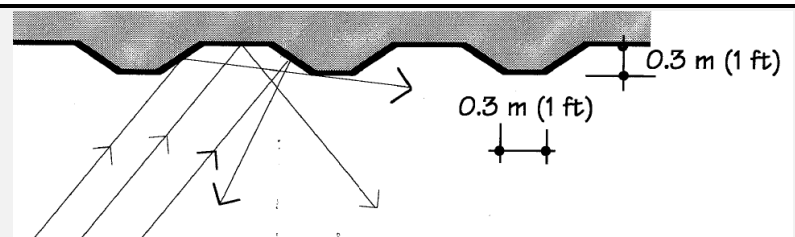
Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-8	Dağınık Ses Alanı Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Performans Kriterleri ( <i>Diffuse Field</i> )	
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ses Dalgalarının Yayılması</i> : 35 ms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ses Dalgalarının Yayılması</i> : 90 ms</li> </ul>	
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ses Dalgalarının Yayılması</i> : 145 ms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ses Dalgalarının Yayılması</i> : 200 ms</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dikdörtgenel plan şemasına sahip olan hacimlerde, ses dalgalarının yayılması; [25] <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ses dağıtıcı yüzey olmayan hacimlerde, ses dalgalarının yayılması (<i>without diffusing treatment</i>) (<i>solda</i>)</li> <li>➤ Ses dalgalarının, dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlayan yüzeylerin olduğu hacimlerde, ses dalgalarının yayılması (<i>with diffusing treatment</i>) (<i>sağda</i>)</li> </ul> </li> </ul>		

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

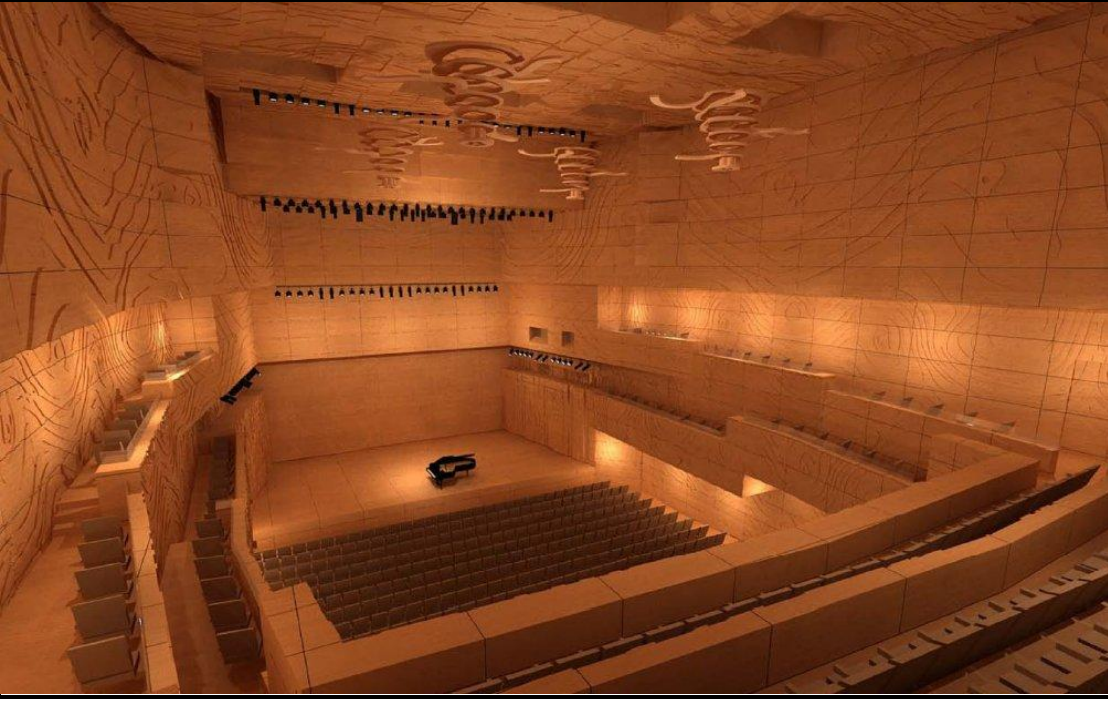
A-9	Dağınık Ses Alanı Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Performans Kriterleri ( <i>Diffuse Field</i> )
	<p>Hacim içerisindeki, düz ses yansıtıcı yüzeyler (plane surfaces); düzgün yansımaya (specular reflection) sağlamaktadır [26].</p>
	<p>Hacim içerisindeki, açılı ses yansıtıcı yüzeyler (simple angled panels); dağınık yansımaya (diffuse reflection) sağlamaktadır [26].</p>
	<p>Hacim içerisindeki, dışbükey ses yansıtıcı yüzeyler (curved panels); dağınık yansımaya (diffuse reflection) sağlamaktadır [26].</p> <p>50 mm'den 500 mm'ye doğru büyüyen yüzey derinliği; düşük frekanslı ses dalgalarının (lower frequencies), dağılarak veya saçılarak yansımalarını (diffusion) sağlamaktadır [26].</p>

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri



A-10	Dağınık Ses Alanı Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Performans Kriterleri ( <i>Diffuse Field</i> )
 <p>Yansıtıcı Yüzey</p> <p>Gelen Ses</p> <p>Yansıyan Ses</p> <p>“i” açısı = “r” açısı</p>	 <p>Yansıtıcı Yüzey</p> <p>Gelen Ses</p> <p>Yansıyan Ses</p>
<p><b>Düğüün Yansıma [27]</b> (Specular Sound Reflection)</p>	<p><b>Dağınk Yansıma [27]</b> (Diffuse Sound Reflection)</p>
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Düğüün Yansıma (Specular Sound Reflection):</b> Frekansı 100 Hz olan Sesin Yansıması <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ses yansıtıcı yüzeye gelen sesin dalgaboyunun (~3,4 m), yüzey düzensizliklerinin ölçüsünden (derinlik ve genişlik), <b>çok daha büyük olması</b> durumunda [27]</li> </ul> </li> </ul>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dağınk Yansıma (Diffuse Sound Reflection):</b> Frekansı 1000 Hz olan Sesin Yansıması <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ses yansıtıcı yüzeye gelen sesin dalgaboyunun (~0,3 m), yüzey düzensizliklerinin ölçüsüne (derinlik ve genişlik), <b>yakın veya eşit olması</b> durumunda [27]</li> </ul> </li> </ul>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Düğüün Yansıma (Specular Sound Reflection):</b> Frekansı 10 000 Hz olan Sesin Yansıması <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ses yansıtıcı yüzeye gelen sesin dalgaboyunun (~30 mm), yüzey düzensizliklerinin ölçüsünden (derinlik ve genişlik), <b>çok daha küçük olması</b> durumunda [27]</li> </ul> </li> </ul>	



Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-11	Dağınık Ses Alanı Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Performans Kriterleri ( <i>Diffuse Field</i> )
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: Elisabeth Murdoch Konser Salonu (<i>Shoebbox hall</i>) [28]</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Binanın yeri / yapım yılı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: Avustralya / 2008 yılı</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salonun işlevi ve İzleyici kapasitesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: Konser Salonu (recitals) / 1000 izleyici</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akustik tasarım danışmanı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: Arup Acoustics</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reverberasyon süresi - <math>T_{60}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 1,6 - 1,8 sn</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uzunluk / genişlik oranı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 37,0 m / 20,0 m = ~ 1,85 (L/W oranı &lt; 2,0)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yükseklik / genişlik oranı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 17,0 m / 20,0 m = ~ 0,85 (H/W oranı &gt; 0,7)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Düşük ve orta frekanslarda</b> (low and mid frequencies), ses dalgalarının dağılarak veya saçılarak yansımaları (diffusion) sağlamak amacıyla, duvar ve asmatavan yüzeylerine; <b>modüler</b> ve <b>kademeli</b> ahşap kaplama yapılmıştır [28].</li> <li>• <b>Yüksek frekanslarda</b> (high frequencies), ses dalgalarının dağılarak veya saçılarak yansımaları (diffusion) sağlamak amacıyla, ahşap kaplamaların yüzeyi; <b>fugalı</b> veya <b>yivli</b> (grooved) olarak imal edilmiştir [28].</li> <li>• <b>Tüm frekanslarda</b>, hedeflenen reverberansın (reverberance or degree of perception of reverberation) sağlanması amacıyla, salonun, duvar ve asmatavan yüzeyleri; ağırlıklı olarak, <b>sert ve yansıtıcı</b> (hard and reflective) yüzeyler ile tasarlanmıştır [28].</li> <li>• <b>Düşük frekanslarda</b>, <b>ses yutma düzeyinin</b>, kontrol edilebilmesi amacıyla (control low frequency absorption), salonun duvar ve asmatavan yüzeylerinde, yeterli düzeyde kütle ağırlığına sahip olan, 75 mm kalınlığında ahşap kaplama kullanılmıştır [28].</li> </ul>	

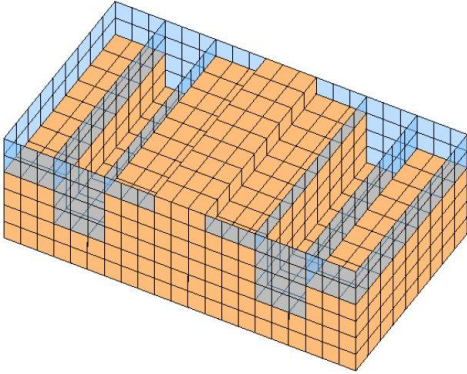
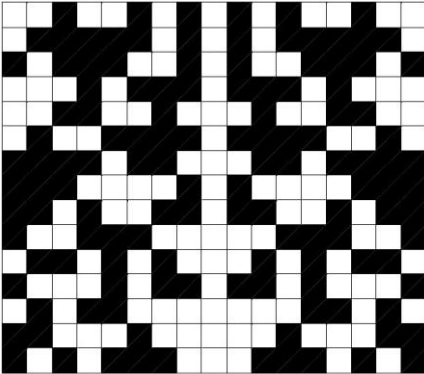
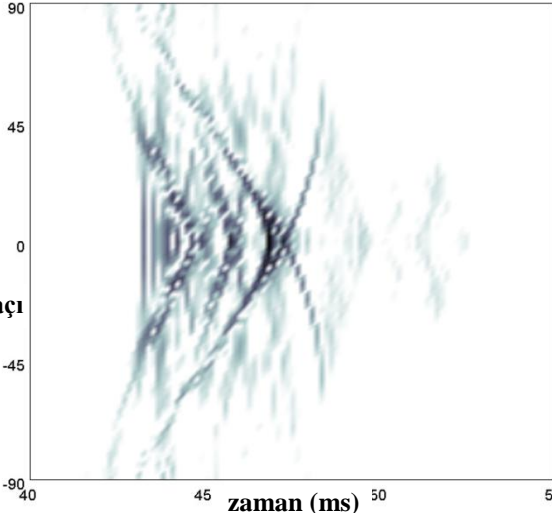
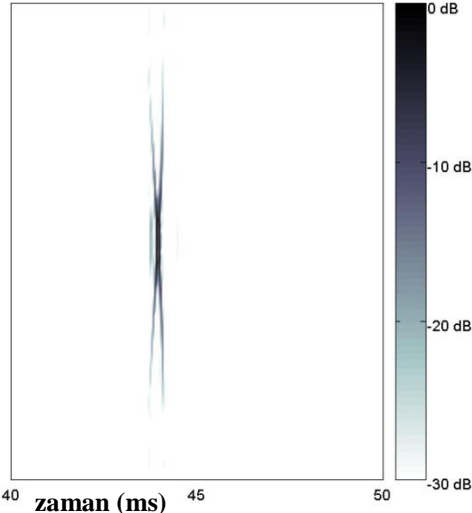
Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-12	<b>Dağınık Ses Alanı Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Performans Kriterleri (<i>Diffuse Field</i>)</b>
	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dikdörtgensel plan şemasına sahip olan, Miral Konser Salonu'nda (<i>Ceramic Palace hall, Seoul, Güney Kore</i>) yan duvar yüzeylerinde, ses dalgalarının dağılarak veya saçılarak yansımaları (<i>diffusion</i>) sağlayan, seramik periyodik ses dağıtıcı yüzeyler [29]</li> </ul>	




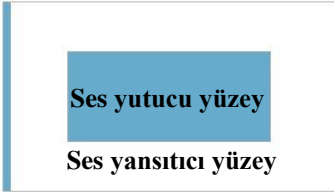
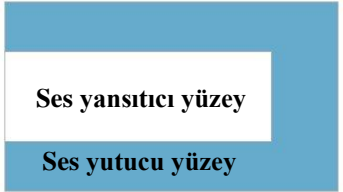
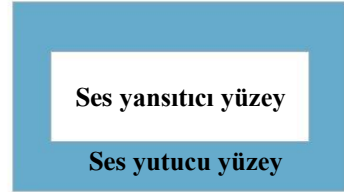
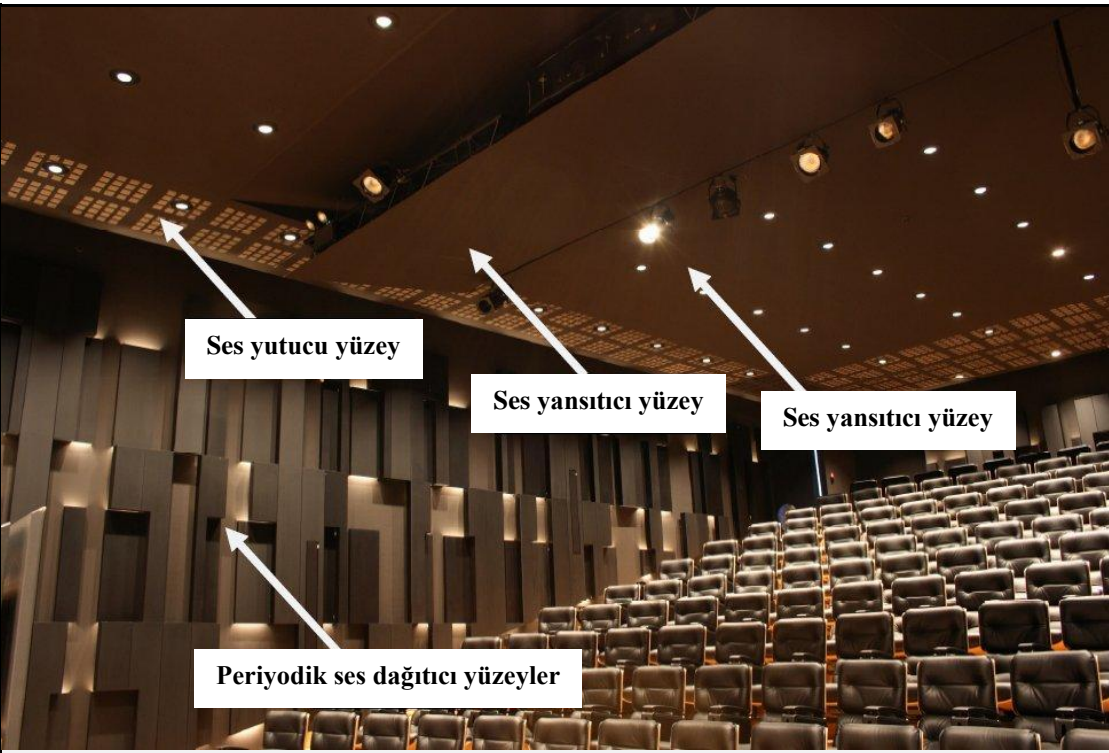
Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-13	<b>Dağınık Ses Alanı Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Performans Kriterleri (<i>Diffuse Field</i>)</b>
<p>M. Toyoda, T. Furukawa, D. Takahashi [30] tarafından yapılmış olan bu araştırmanın sonucunda ulaşılan bulgular incelendiğinde;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hacim içerisinde oluşan, yankı (eko) gibi akustik problemlerin ortadan kaldırılması amacı ile 2 farklı yöntemin kullanıldığı, <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 1. yöntemde; duvar ve tavanlarda, ses enerjisinin yutulması için, ses yutucu yüzeylerin kullanıldığı,</li> <li>➤ 2. yöntemde ise; ses dalgalarının dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlayan, düz olmayan pürüzlü yüzeylere sahip, periyodik ses dağıtıcı yüzeylerin kullanıldığı (uneven surfaces which provide wave diffusion),</li> </ul> </li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• periyodik ses dağıtıcı yüzeylerden yansıyan seslerin, düzenli aralıklarla oluşturduğu keskin tepe noktalarının; ses alanının bozulmasına (coloration) neden olabileceği,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• hacim içerisinde, ses enerjisi kaybı olmadan, yankı (eko) gibi akustik problemlerin ortadan kaldırılmasının önemli olduğu,</li> <li>• periyodik ses dağıtıcı yüzeylerin, duvar ve tavanlarda kullanılması hedeflendiğinde, ses alanının bozulmasının (coloration) önlenmesi ve güvenli tarafta kalması için, ses dağıtıcı yüzeylerin; periyotunun ve yönünün değiştirilmesi gerektiği belirtilmektedir [30].</li> </ul>	

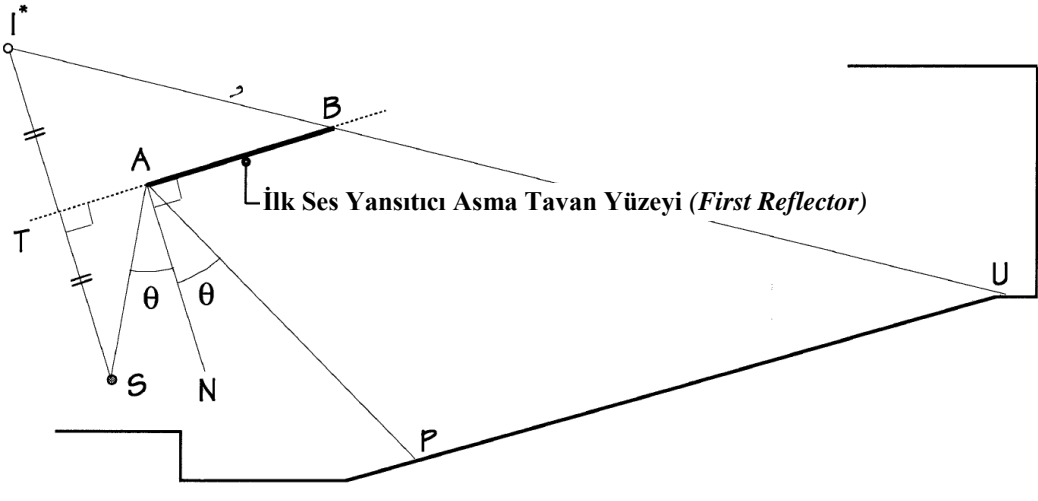
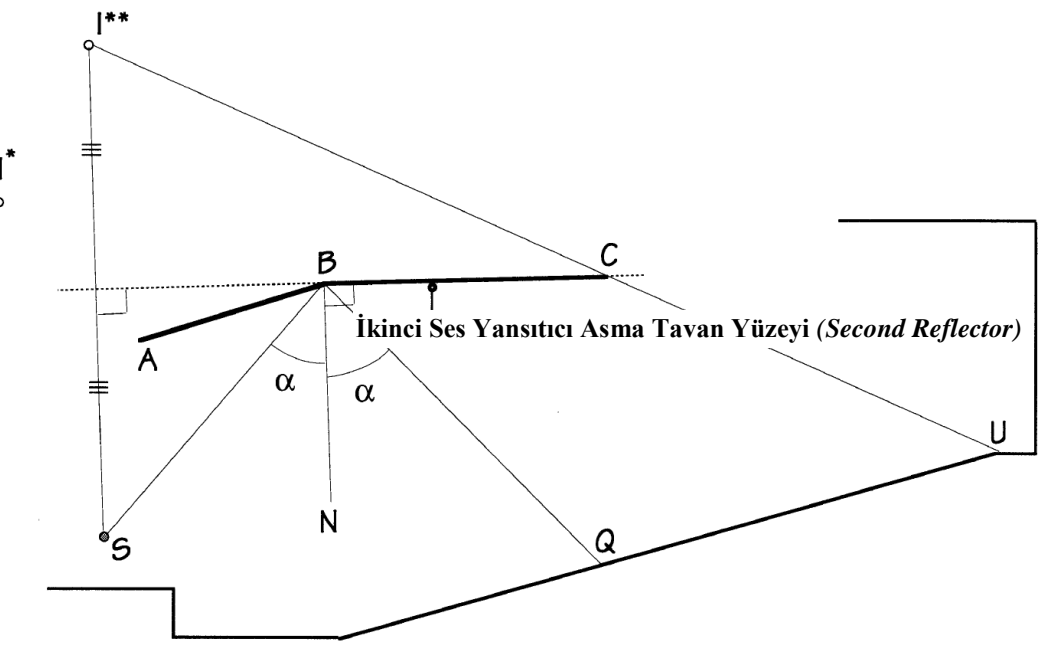
Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-14	<b>Dağınık Ses Alanı Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Performans Kriterleri (<i>Diffuse Field</i>)</b>
<p>J. A. Hargreaves, T. J. Cox [31] tarafından yapılmış olan bu araştırmanın sonucunda ulaşılan bulgular incelendiğinde;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• periyodik ses dağıtıcı yüzeylerin (acoustic diffusers); <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ konuşmanın anlaşılabilirlik düzeyinin geliştirilmesi ve</li> <li>➤ müzik seslerinin iyileştirilmesi amacı ile kullanıldığı,</li> </ul> </li> </ul>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• QRD : Periyodik ses dağıtıcı yüzey tipi (<i>solda</i>) (Quadratic Residue Diffuser or Schroeder Diffusers)</li> <li>• BAD : Periyodik ses dağıtıcı yüzey tipi (Binary Amplitude Diffuser) (<i>sağda</i>) [31]</li> </ul>	
	
<p>QRD ve BAD periyodik ses dağıtıcı yüzeyleri ile oluşan geçici saçılma (transient scattering)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• QRD tipindeki periyodik ses dağıtıcı yüzeylerin, kullanılması sonucunda oluşan saçılmanın (scattering), BAD tipindeki periyodik ses dağıtıcı yüzeylerle karşılaştırıldığında; ses dalgalarının dağalarak veya saçılarak yansması sonucunda, çok daha fazla geçici saçılma (temporally diffuse) oluşmasını sağladığı belirtilmektedir [31].</li> </ul>	

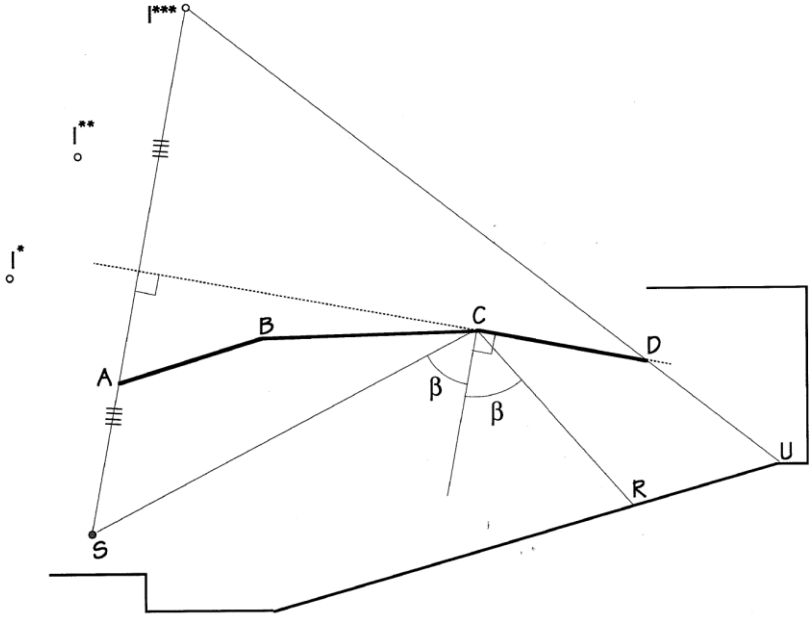
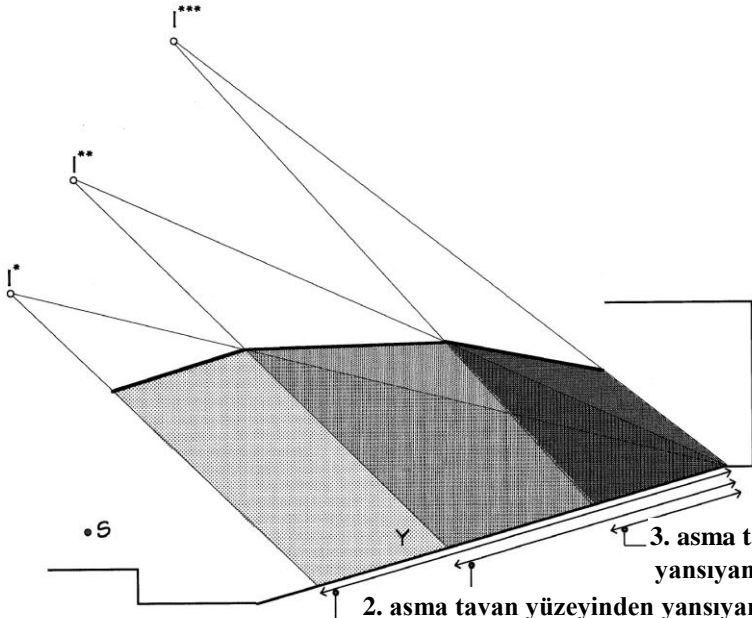
Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-15	Oditoryumların Duvar ve Asma Tavan Yüzeylerinin Tasarımına Yönelik Performans Kriterleri	
		
A (-)	B (+)	C (+)
		
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uygun olmayan ses yutucu yüzey yerleşimi</li> <li>• Direkt sesi destekleyen, ses yansımalarını sağlayan yüzeyler etkisiz [19, 32]</li> </ul>	
B ve C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uygun olan ses yutucu yüzey yerleşimi</li> <li>• Direkt sesi destekleyen, ses yansımalarını sağlayan yüzeyler etkili [19, 32]</li> </ul>	
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı</li> </ul>	: Headquarters of Kaupping Bank Oditoryumu [33]	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salonun İşlevi</li> </ul>	: Konferans salonu (konuşma işlevi)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• İzleyici Kapasitesi</li> </ul>	: 178 izleyici	

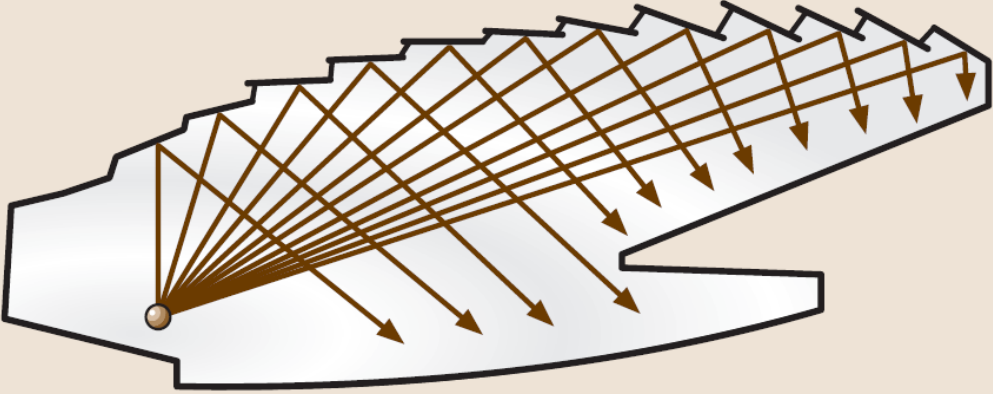
Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-16	Oditoryumların Duvar ve Asma Tavan Yüzeylerinin Tasarımına Yönelik Performans Kriterleri
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ön sahnenin üstündeki, ilk ses yansıtıcı asma tavan yüzeyinden (<i>first reflector</i>) yansıyan ses enerjisinin; izleyici oturma alanının tamamına ulaşması önerilmektedir [27].</li> </ul>
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İkinci ses yansıtıcı asma tavan yüzeyinden (<i>second reflector</i>) yansıyan ses enerjisinin; salonun orta ve arkasındaki izleyici oturma alanına ulaşması önerilmektedir [27].</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asma tavanda tasarlanan ses yansıtıcı yüzeylerden, yansıyan ses enerjisinin; büyük bir bölümünün, salonun arkasındaki izleyici oturma alanına ulaşması önerilmektedir [27].</li> </ul>

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

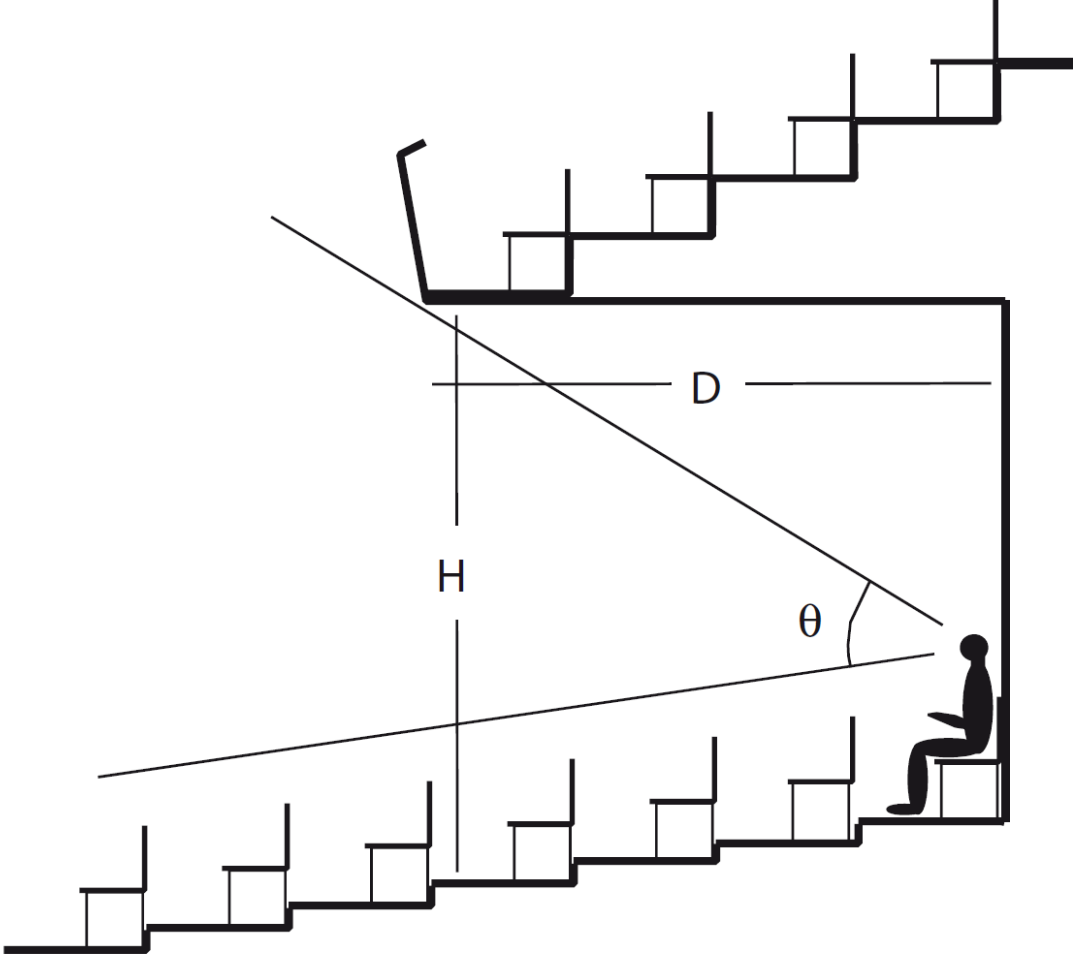
A-17	Oditoryumların Duvar ve Asma Tavan Yüzeylerinin Tasarımına Yönelik Performans Kriterleri
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Üçüncü ses yansıtıcı asma tavan yüzeyinden (<i>third reflector</i>) yansıyan ses enerjisinin; salonun arkasındaki izleyici oturma alanına ulaşması önerilmektedir [27].</li> </ul>
	 <p>1. asma tavan yüzeyinden yansıyan ses enerjisi</p> <p>2. asma tavan yüzeyinden yansıyan ses enerjisi</p> <p>3. asma tavan yüzeyinden yansıyan ses enerjisi</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasarlanan, 3 ayrı ses yansıtıcı asma tavan yüzeyinden, yansıyan ses enerjisinin; salonun izleyici oturma alanında ulaştığı bölümler [27].</li> </ul>

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

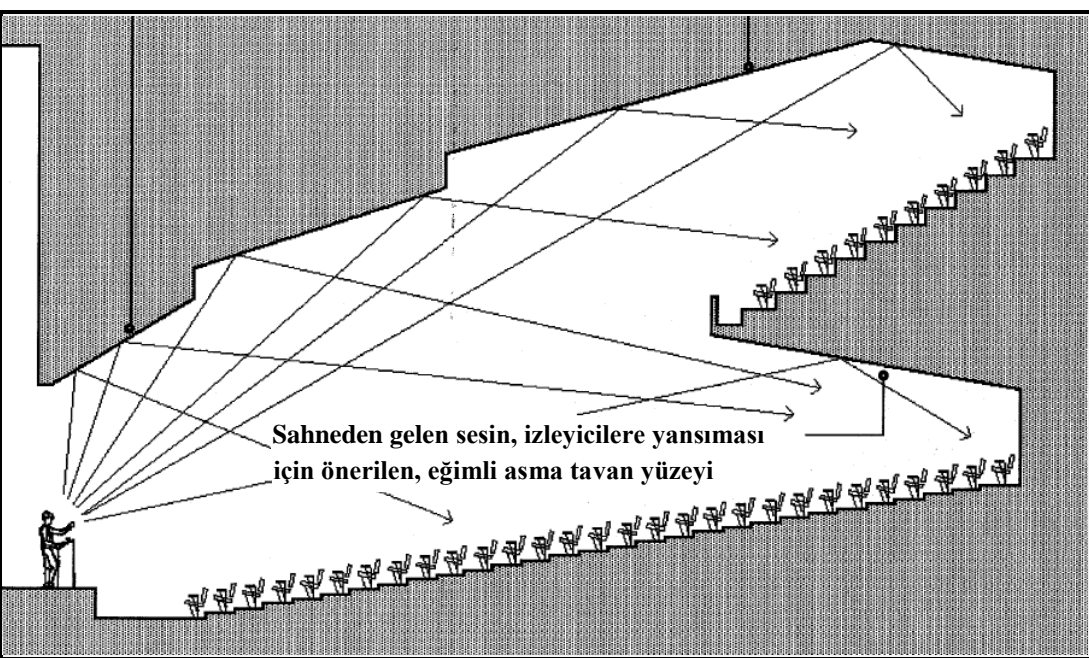
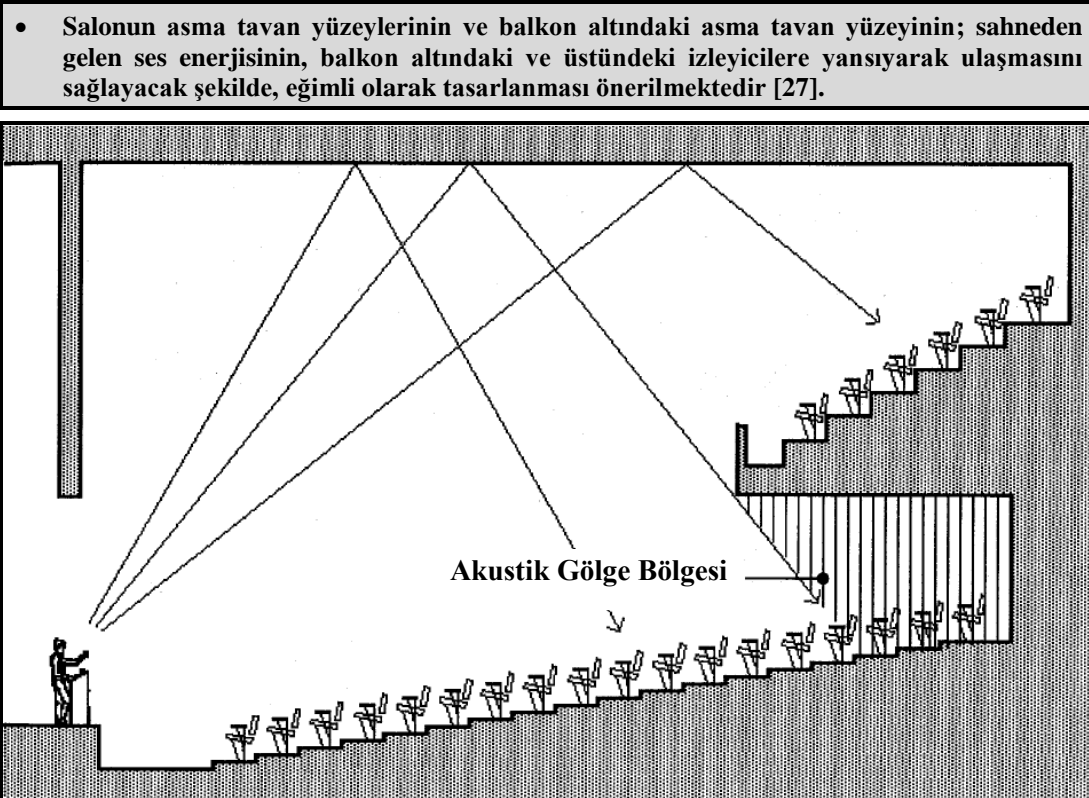
A-18	Oditoryumların Duvar ve Asma Tavan Yüzeylerinin Tasarımına Yönelik Performans Kriterleri
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oditoryumlarda, asma tavan yüzeyleri; erken ses yansımalarının, izleyici oturma alanına dağılımını sağlayan (<i>distribution of early reflection energy</i>), hacim içerisindeki en etkili yüzeylerdir [17].</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mimari nedenlerle, salonun toplam hava hacminin ve salonun asma tavanının, ihtiyaç duyulandan daha yüksek yapılması durumunda; salon içerisindeki işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan, reverberasyon süresinin ayarlanması için, ağırlıklı olarak, ses yutucu yüzeylerin kullanılması (<i>sound-absorbing material</i>) gerekmektedir [17]. <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Salon içerisinde, ağırlıklı olarak, ses yutucu yüzeylerin kullanılması; hacim içerisindeki, ses basınç seviyesinin (<i>overall sound level</i>) azalmasına neden olmaktadır. Bu durumda, elektro-akustik sistemlerin kullanılması zorunlu hale gelmektedir [17].</li> </ul> </li> </ul>	



Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-19	Oditoryumlarda İzleyici Balkonlarının Tasarımına Yönelik Performans Kriterleri
	
$D/H$	: İzleyici balkonlarının derinlik ve yükseklik oranı ( <i>ratio of depth to height</i> ) [34, 35]
$\theta$	: İzleyicilerin düşey görüş açısı ( <i>vertical angle of view</i> ) [34, 36]
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konser işlevine yönelik salonlarda, izleyici balkonlarının derinlik ve yükseklik oranının; 1'i geçmemesi önerilmektedir (<math>D/H \leq 1</math>, Beranek) [34, 35].</li> <li>• İzleyicilerin düşey görüş açısına (<math>\theta</math>, <i>vertical angle of view</i>) yönelik önerilen minimum açı ise; <math>40^\circ</math> olarak belirtilmektedir (min. <math>40^\circ</math>, Barron) [34, 36].</li> <li>• İzleyicilerin düşey görüş açısı (<math>\theta</math>) yaklaşımı; balkon altındaki izleyici oturma alanının eğimini de dikkate almaktadır [34, 36].</li> </ul>	

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-20	Oditoryumlarda İzleyici Balkonlarının Tasarımına Yönelik Performans Kriterleri
 <p>Sahnedeki ses, izleyicilere yansıması için önerilen, eğimli asma tavan yüzeyi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Salonun asma tavan yüzeylerinin ve balkon altındaki asma tavan yüzeyinin; sahneden gelen ses enerjisinin, balkon altındaki ve üstündeki izleyicilere yansıyarak ulaşmasını sağlayacak şekilde, eğimli olarak tasarlanması önerilmektedir [27].</li> </ul>
 <p>Akustik Gölge Bölgesi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Salonun asma tavan yüzeylerinin ve balkon altındaki asma tavan yüzeyinin; düz olarak tasarlanması durumunda; yansıyan ses enerjisi, balkon altındaki izleyicilere ulaşamamakta ve akustik gölge bölgesi oluşmaktadır [27].</li> </ul>

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

A-21	Oditoryumlarda İzleyici Balkonlarının Tasarımına Yönelik Performans Kriterleri
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İzleyici balkonlarının parapetleri; salonun ön sıralarındaki izleyicilerin, yankı veya eko olarak algılayabileceği, geciken ses yansımalarına neden olabilmektedir [27].</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İzleyici balkonlarının parapetleri, içbükey olarak tasarlandığında; odaklanma gibi önemli akustik problemlere neden olabilmektedir [27].</li> </ul>

Çizelge 2.1. (Devam) Salon tasarımına yönelik akustik performans kriterleri


A-22	Oditoryumlarda İzleyici Balkonlarının Tasarımına Yönelik Performans Kriterleri
<p>(a) Ses Yutucu Yüzey Uygulaması</p> <p>(b) Sahnedan Gelen Direkt Ses</p> <p>(c) Sahnedan Gelen Direkt Ses</p> <p>(d) Perfore Delikli Balkon Parapeti</p>	
(a)	Balkon parapetlerinin, sahneye bakan tarafına, ses yutucu yüzey uygulaması yapılması [27]
(b)	Sahnedan gelen direkt sesin, dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlayan, dışbükey yüzey uygulaması yapılması [27]
(c)	Sahnedan gelen direkt sesin, dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlayan, eğimli yüzey uygulaması yapılması [27]
(d)	Sahnedan gelen direkt sesin, geçişine izin veren, perfore delikli parapet uygulaması yapılması [27]
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salon içerisinde, yankı (eko) ve odaklanma gibi önemli akustik problemlerin yaşanmaması için, izleyici balkonlarının parapetlerinde; <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ses yutucu yüzey uygulaması yapılması,</li> <li>➤ sahneden gelen direkt sesin, dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlayan yüzeylerin kullanılması ve</li> <li>➤ sahneden gelen direkt sesin, geçişine izin veren, perfore delikli parapet uygulaması gibi tedbirlerin alınması önerilmektedir [27].</li> </ul> </li> </ul>	

### **2.1.2. Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri**

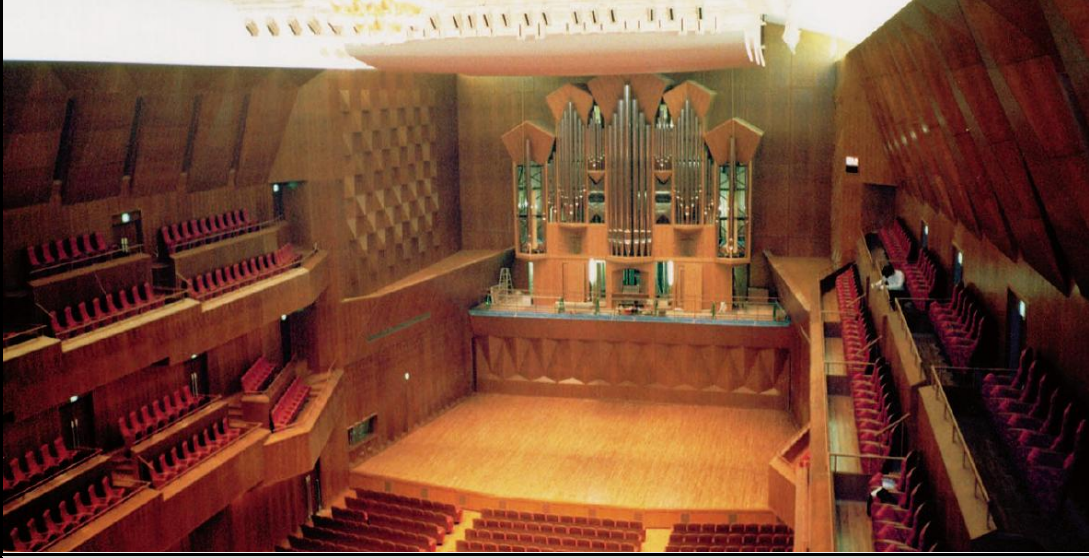

Akustik konforun önem kazandığı, konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere hizmet veren oditoryumlarda, hacim içerisinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasına yönelik, uluslararası standartlarda ve literatürde önerilen, sahne tasarımına yönelik performans kriterleri;

- konser işlevine yönelik sahne tasarım parametrelerini,
- tiyatro işlevine yönelik sahne tasarım parametrelerini,
- opera işlevine yönelik sahne tasarım parametrelerini ve
- konferans işlevine yönelik sahne tasarım parametrelerini kapsamakta olup, Çizelge 2.2'de özetlenmektedir.

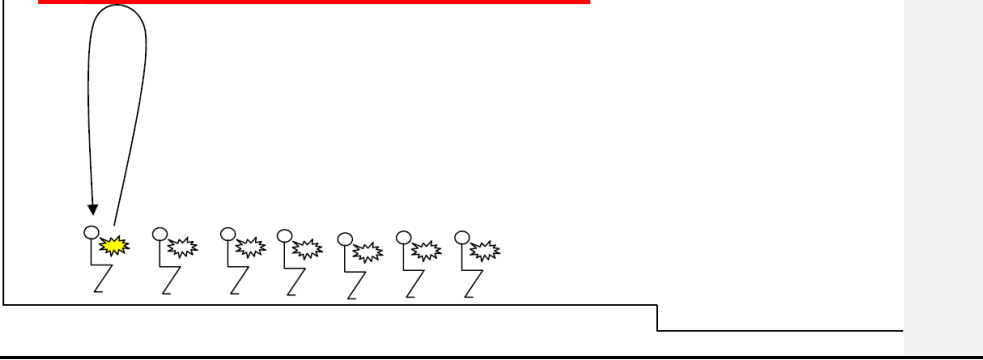
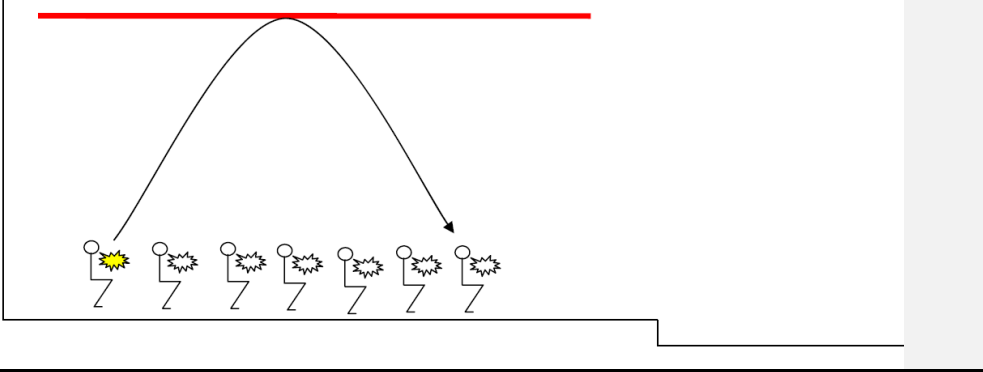
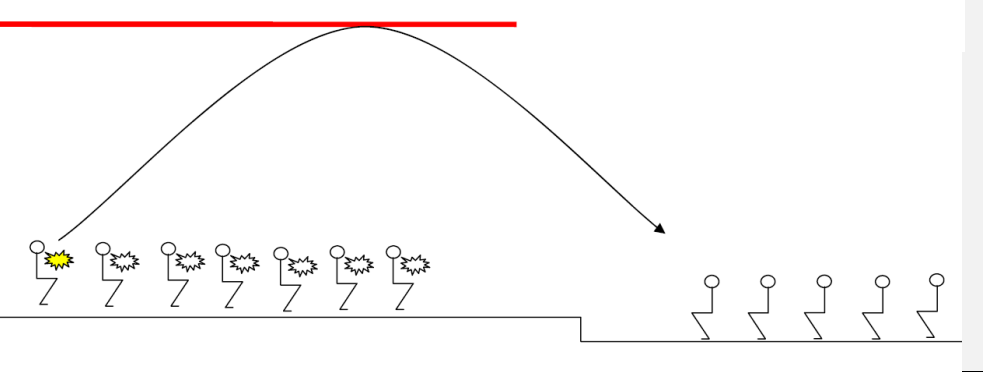
Çizelge 2.2. Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-1	<p><b>Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;</b></p> <p><i>Konser işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i></p>
	
<p><b>Tsuda Konser Salonu, Tokyo, Japonya, 1988 [37]</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konser işlevinde, sahne çevresindeki tüm yüzeylerin, orkestranın ürettiği sesleri; izleyici oturma alanına, homojen bir şekilde yansımaları sağlayacak şekilde, ses yansıtıcı olarak tasarlanması önerilmektedir [38].</li> <li>• Orkestranın ihtiyaç duyduğu akustik koşulların sağlanabilmesi için; sahne yüksekliğinin ve genişliğinin çok fazla yapılmaması önerilmektedir [38]. <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Sahnenin asma tavan yüksekliğinin veya orkestra üzerindeki ses yansıtıcı akustik kanopinin yüksekliğinin; 7 m ~ 10 m aralığında tasarlanması önerilmektedir [34].</li> <li>➢ Konser işlevine yönelik olarak kullanılacak olan sahnenin; ön tarafının en fazla 19 m genişlikte tasarlanması önerilmektedir [38].</li> </ul> </li> <li>• Sahnenin yan duvarlarının, en az 5 derece eğimli olarak tasarlanması; birbirine paralel ses yansıtıcı yüzeyler nedeniyle oluşan tekrarlanan eko (<i>flutter echoes</i>) veya durağan dalga (<i>standing waves</i>) gibi önemli akustik problemlerin oluşmasını engellemektedir [38].</li> <li>• Konser işlevinde, sahne çevresindeki ses yansıtıcı yüzeylerin; masif ve kütleli ağır olması (<i>massive shell for music performance</i>) önerilmektedir [34].</li> </ul>	

Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

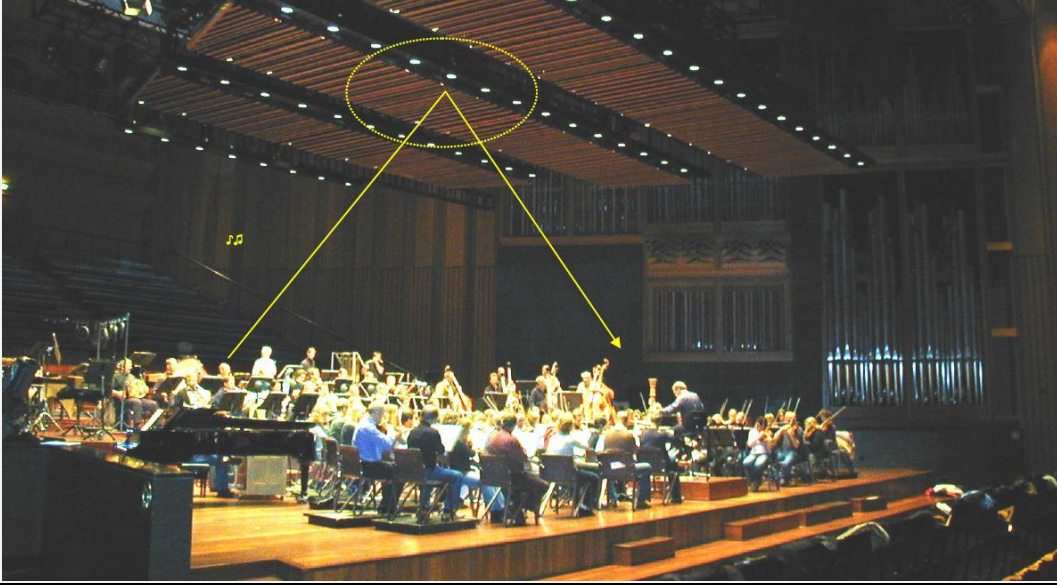
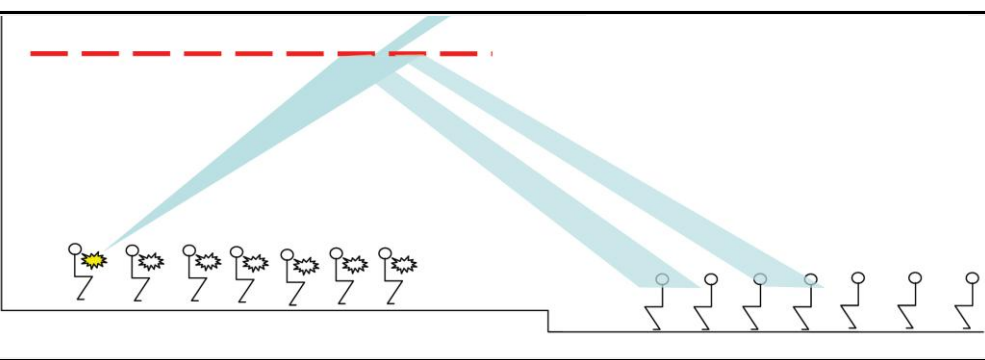
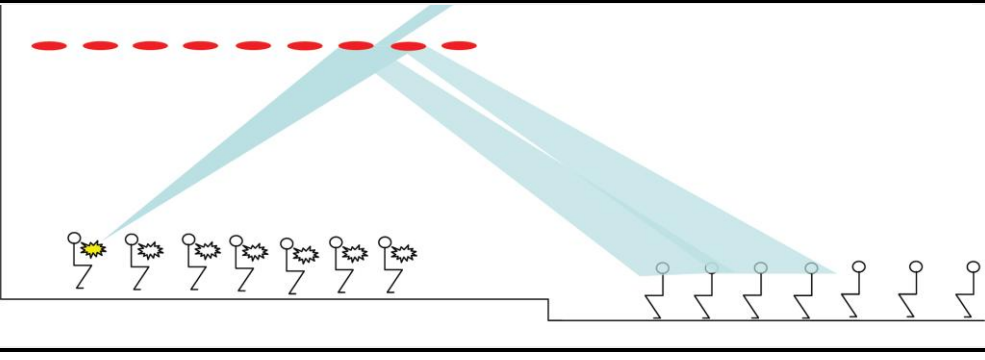
B-2	<b>Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;</b>
	<i>Konser işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	
Ishikawa Konser Salonu, Japonya, 2001 [39]	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sahne duvarlarında tasarlanan, üçgenel piramit formundaki ses yansıtıcı yüzeyler; sahnedeki ses enerjisinin, dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlamaktadır [39].</li> <li>• Müzisyenlerin, sahne çevresindeki yüzeylerden biraz uzaklaşabilmesi için; orkestranın çevresinde, yaklaşık 1,5 metre genişliğinde açık koridor tasarlanması önerilmektedir [38].</li> </ul>	
	
Elisabeth Murdoch Konser Salonu, Avustralya, 2008 [28]	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sahne çevresindeki ses yansıtıcı duvar yüzeyleri, gelişigüzel bir şekilde ve birkaç santimetre derinliğinde, fugalı veya yivli olarak tasarlandığında; yüksek frekanslı seslerin, dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlamaktadır [28].</li> <li>• Sahne çevresindeki ses yansıtıcı yüzeylerin, masif ve kütlelerinin ağır olarak tasarlanması; ses yansıtıcı yüzeylerin titreşmesi (<i>plate resonance</i>) sonucu, düşük frekanslı bas seslerin yutulmaması açısından (<i>bass or low frequency absorption</i>) önem taşımaktadır [28, 38].</li> </ul>	

Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

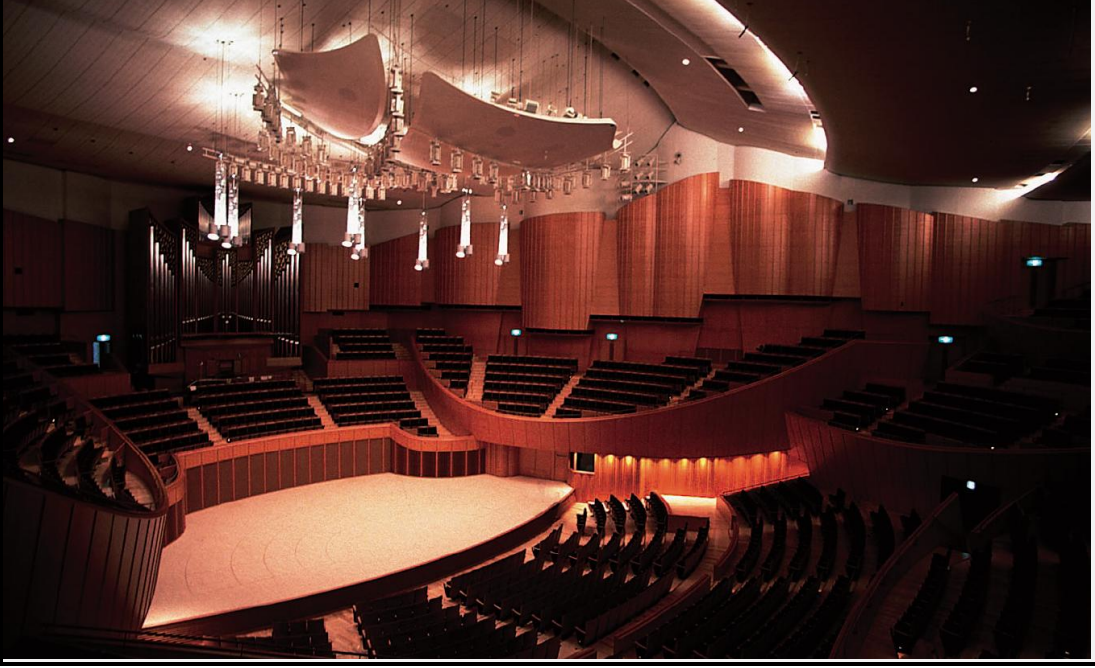

B-3	Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;
<i>Konser işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>	
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sahnenin asma tavan yüzeyleri veya orkestra üzerindeki ses yansıtıcı akustik kanopi; müzisyenlerin, kendi ürettikleri sesleri duyabilmelerini (<i>Support – hearing oneself</i>) sağlamaktadır [40].</li> </ul>
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sahnenin asma tavan yüzeyleri veya orkestra üzerindeki ses yansıtıcı akustik kanopi; orkestradaki diğer müzisyenlerin, ürettikleri sesleri duyabilmelerini (<i>Mutual hearing</i>) sağlamaktadır [40].</li> </ul>
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sahnenin asma tavan yüzeyleri veya orkestra üzerindeki ses yansıtıcı akustik kanopi; orkestranın ürettiği ses enerjisinin, 50 ms'den daha kısa bir sürede, izleyici oturma alanına ulaşmasını (<i>Early sound</i>) sağlamakta ve yankı gibi önemli akustik problemlerin oluşmasını (<i>Preventing echo from high ceiling</i>) önlemektedir [40].</li> </ul>




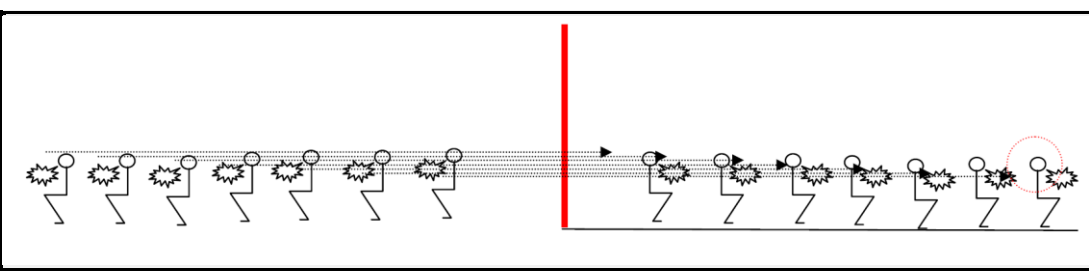
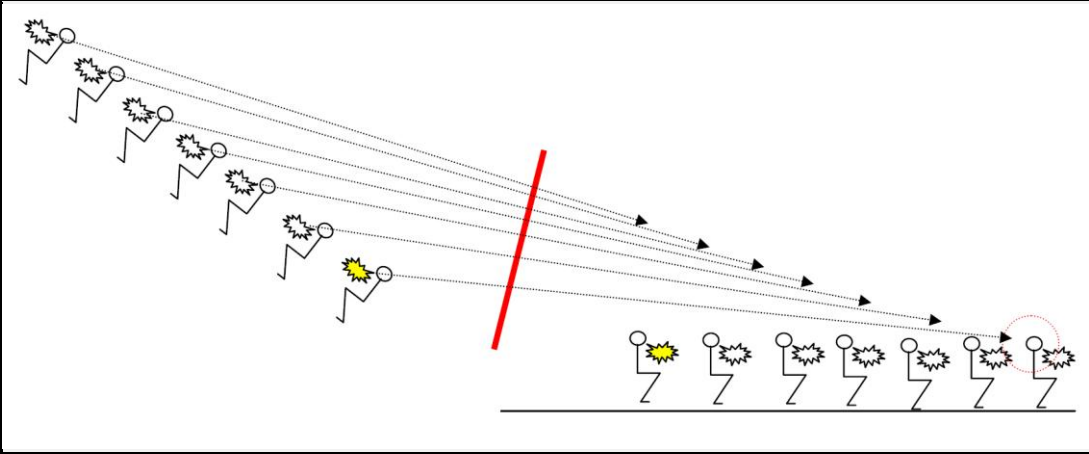
Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-4	<b>Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;</b>
	<i>Konser işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	
Oslo Konser Salonu, Norveç [40]	
	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orkestra üzerindeki ses yansıtıcı akustik kanopi; orkestranın ürettiği ses enerjisinin, hem diğer müzisyenlere, hem de izleyici oturma alanına iletilmesini sağlamaktadır [40].</li> <li>• Akustik kanopi, dışbükey olarak tasarlandığında; ses dalgalarının dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlamakta ve düz yüzeylere göre, daha homojen ses alanı oluşmasını sağlamaktadır [40].</li> </ul>	



Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-5	Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;
	<i>Konser işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	
	
<p>Sapporo Konser Salonu, Japonya, 1997 [6]</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sahnede, orkestra üzerinde yeralan ses yansıtıcı akustik kanopiler; orkestranın ürettiği ses enerjisinin, 50 ms'den daha kısa gecikme süresi ile (&lt;50 ms delayed) izleyicilere ulaşmasını sağlamaktadır [40].</li> </ul>	


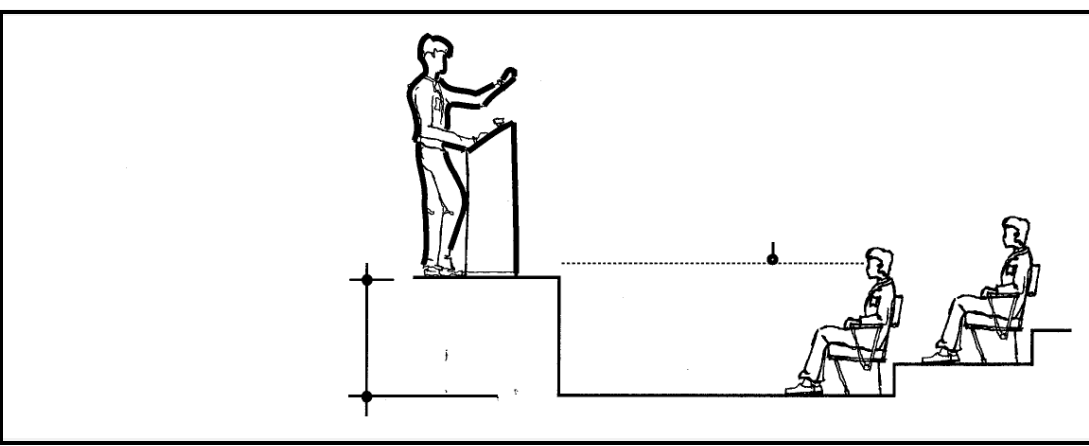
Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-6	Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;
<i>Konser işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>	
	
Sapporo Konser Salonu, Japonya, 1997 [6]	
	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sahne çevresindeki, düşey ses yansıtıcı yüzeyler; orkestradaki müzisyenlerin ürettiği ses enerjisinin, diğer müzisyenlere ulaşmasına engel olmaktadır (<i>obstructed sound path</i>) [40].</li> <li>• Sahne çevresindeki ses yansıtıcı yüzeyler, orkestraya doğru eğimli olarak tasarlandığında; orkestradaki müzisyenlerin ürettiği ses enerjisinin, eğimli yüzeylerden yansyarak, diğer müzisyenlere iletilmesi sağlanabilmektedir [40].</li> </ul>	


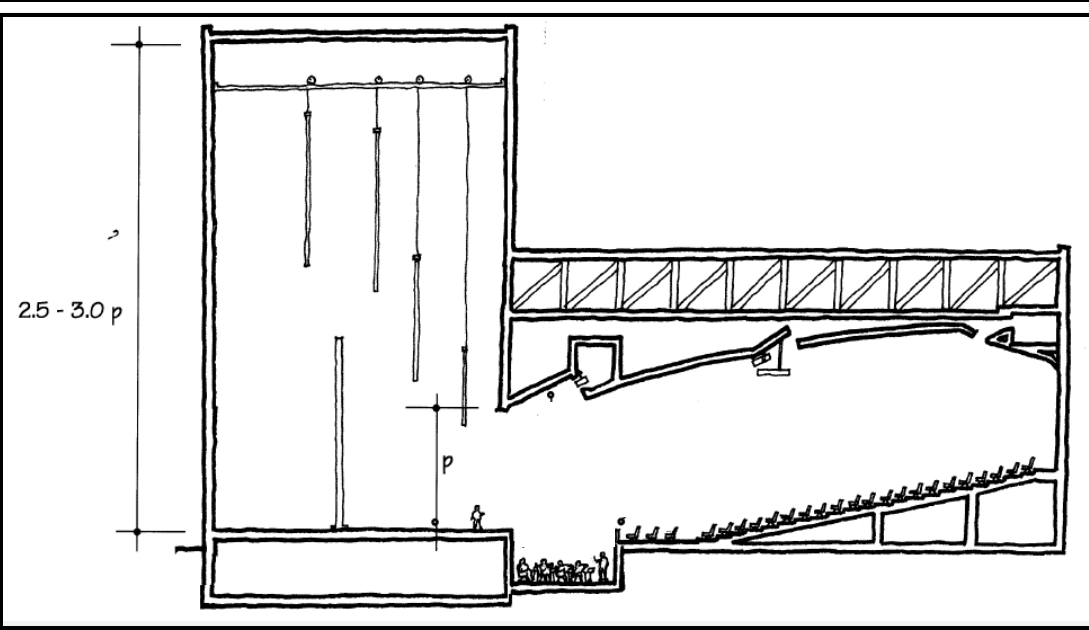
Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-7	<p><b>Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;</b></p> <p><i>Konser işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i></p>
	
<p>Sapporo Konser Salonu, Japonya, 1997 [6]</p>	
	
<p>Centro Cultural Miguel Delibes Konser Salonu, İspanya [41]</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senfonik müziğe yönelik bir orkestrada, müzisyenler arasında iyi bir dengenin sağlanması önem taşımaktadır. Müzisyenler arasında, iyi bir dengenin oluşması; yükseltilmiş orkestra platformları kullanılarak, orkestradaki müzisyenlerin yerleşiminin uygunluğu ile sağlanabilmektedir [42].</li> <li>• Odeon hacim akustiği simülasyon programının olanakları ile geliştirilen, çok kaynaklı sesli teknik (<i>multi-source auralisation technique</i>); senfonik müziğe yönelik bir orkestrada yeralan, her bir enstrümanın, orkestradan ayrı olarak tek başına yapılan yankısız kayıtlarının kullanılması ile, orkestranın modellenenliğini sağlamaktadır [43].</li> <li>• Çok kaynaklı sesli teknik (<i>multi-source auralisation technique</i>);       <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ enstrümanların yerleşimi ve enstrümanlar arasındaki dengenin sağlanmasına,</li> <li>➤ orkestrada yeralan enstrümanlar için, sahnede, en uygun yerleşimin belirlenmesi amacı ile farklı orkestra alternatiflerinin karşılaştırılmasına,</li> <li>➤ enstrümanların, özellikle sahne yakınındaki yüzeylerle ve salon arasındaki etkileşiminin tespit edilmesine ve</li> <li>➤ orkestranın önünde oturmayan dinleyicilerin, konumunun değerlendirilmesine yönelik olarak geliştirilmiştir [43].</li> </ul> </li> </ul>	

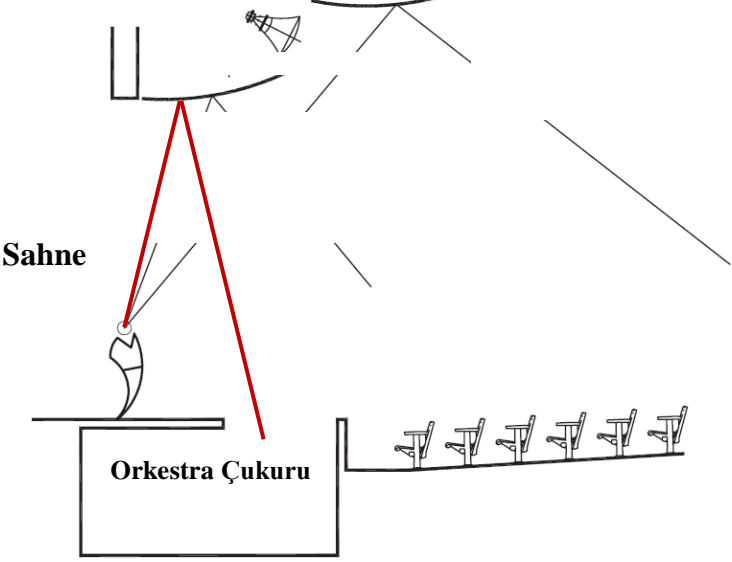
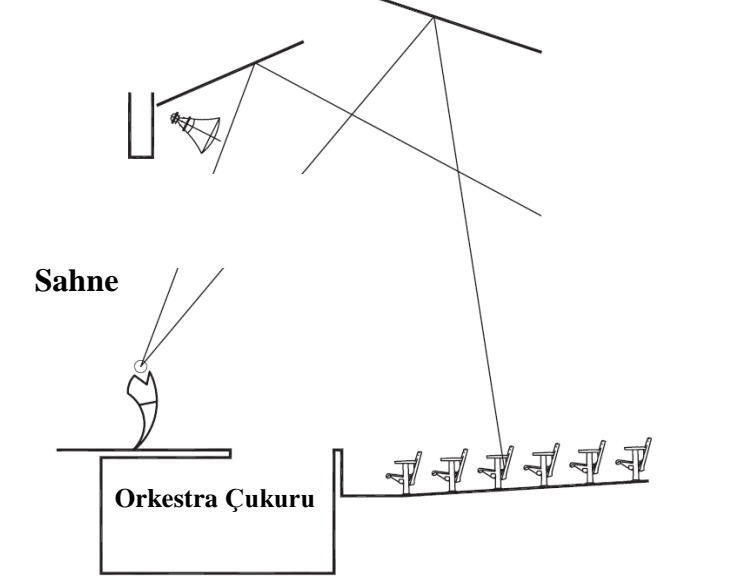
Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-8	<b>Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;</b>
	<i>Tiyatro işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	
Queensland Performing Arts Centre, Lyric Tiyatro Salonu, Avustralya [44]	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiyatro işlevinde, ön sahnenin genişliğinin; 14 metre'yi geçmemesi önerilmektedir [16].</li> <li>• Sahne yüksekliği için önerilen maksimum yükseklik; 1,05 metre'dir [27].</li> <li>• Salonların müzikal gösteriler veya tiyatro işlevi için kullanılması durumunda, sahne döşemesi için; altında hava boşluğu yeralan ahşap kaplama önerilmektedir (hava boşluğu; 2 cm ~ 20 cm veya daha fazla) [27].</li> <li>• Sahne döşemesinde, altında hava boşluğu yeralan ahşap kaplama kullanılması;       <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ düşük frekanslı seslerin güçlendirilmesini sağlamakta ve</li> <li>➤ dansçıların konforlu ve güvenli bir şekilde dans edebilmeleri açısından ihtiyaç duyulmaktadır [27].</li> </ul> </li> <li>• Salonların sadece konferans işlevi için kullanılması durumunda ise; beton döşeme yüzeyi kabul edilebilmektedir [27].</li> </ul>	

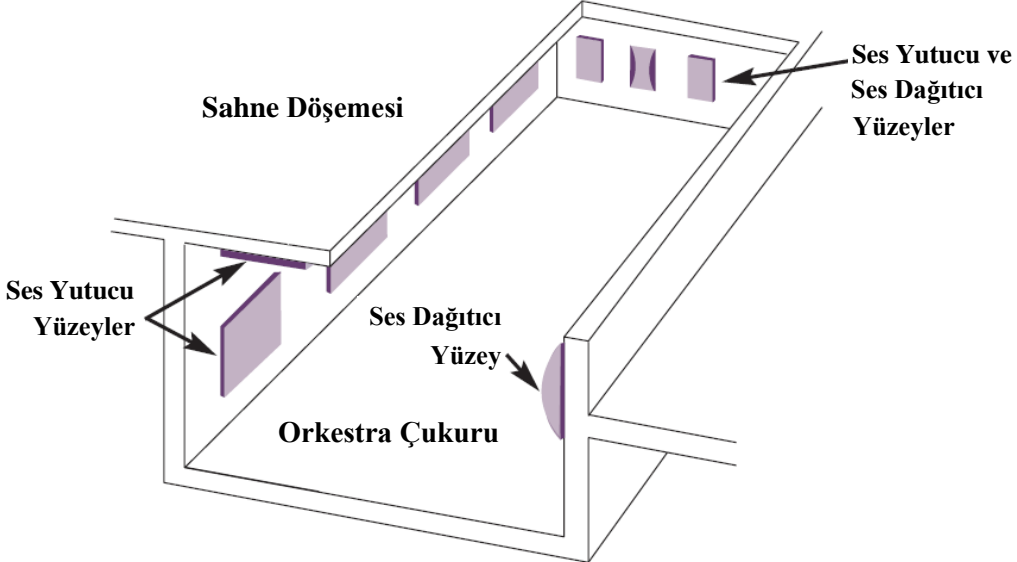
Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-9	Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;
	<i>Tiyatro işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	
Queensland Performing Arts Centre, Lyric Tiyatro Salonu, Avustralya [44]	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ön sahnenin, yan duvarlarında ve asma tavanında yer alan ilk ses yansıtıcı yüzeylerin; oyunculara ait direkt sesi destekleyen ses yansımalarını sağlayacak şekilde tasarlanması önerilmektedir [16].</li> <li>• Sofitanın; ön sahne yüksekliğinin 2,5 veya 3 katı kadar yapılması önerilmektedir [27, 45].</li> <li>• Sahnedeki ses yansıtıcı dekorlar ve sofitanın hava hacmi nedeniyle, salonun reverberasyon süresinin yükselmemesi için, sahne ve sofitanın; ses yutucu yüzeyler ile kaplanarak, doğal akustığın ölü hale getirilmesi önerilmektedir [34, 45].</li> </ul>	

Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

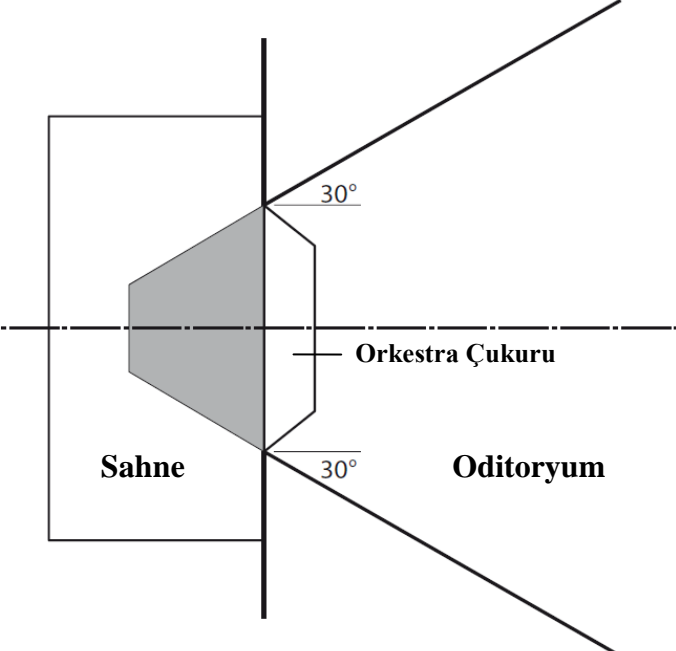
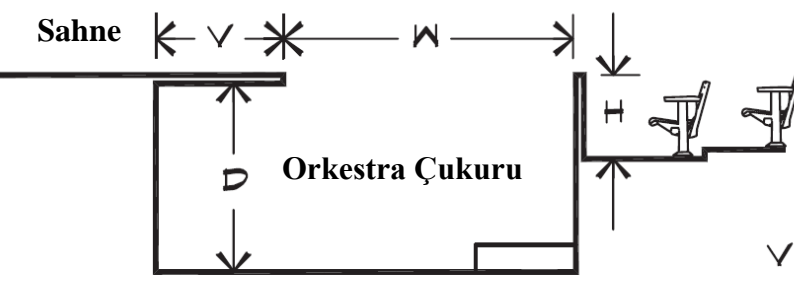
B-10	Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;
	<i>Opera işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ön sahne üstündeki, ilk ses yansıtıcı asma tavan yüzeyinin, <u>dış bükev formda tasarlanması ve izleyicilere doğru yükseltilmesi</u> durumunda; sahnedeki solist ve orkestra çukurundaki müzisyenlerin ürettikleri ses enerjisi, asma tavan yüzeyinden yansıyarak birbirlerine ulaşmakta ve solistler ile müzisyenler arasında destek sağlanmaktadır [45].</li> </ul>
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ön sahne üstündeki, ilk ses yansıtıcı asma tavan yüzeyinin, <u>düz formda tasarlanması ve izleyicilere doğru çok fazla yükseltilmesi</u> durumunda; sahnedeki solist ve orkestra çukurundaki müzisyenlerin ürettikleri ses enerjisi, asma tavan yüzeyinden yansıyarak izleyicilere ulaşmakta ve solistler ile müzisyenler arasında destek sağlanmamaktadır [45].</li> </ul>

Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

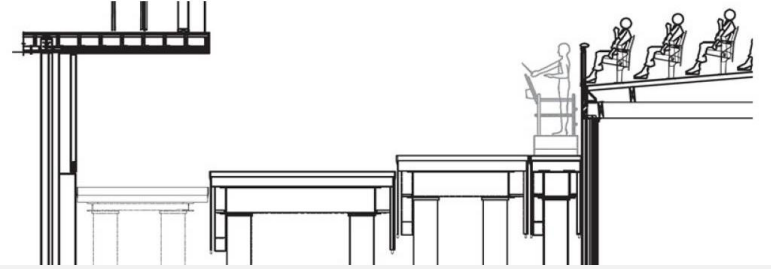
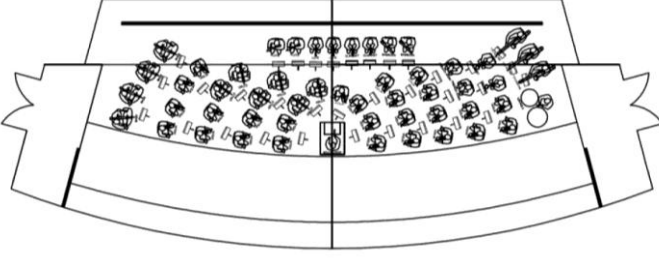
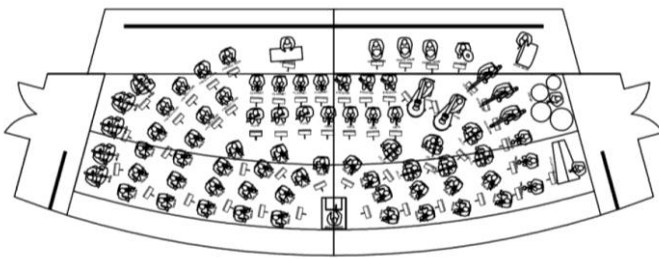
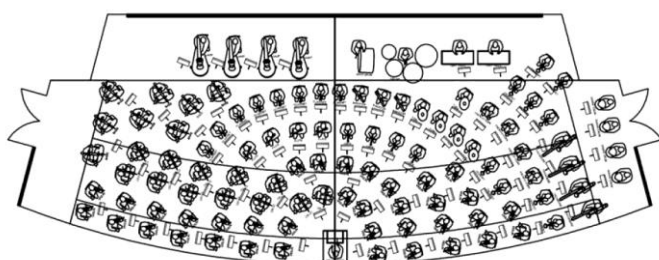
B-11	Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;
	<i>Opera işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orkestra çukurunu çevreleyen, duvar ve tavan yüzeylerinin, akustik özellikleri için öneriler aşağıda özetlenmektedir [46].       <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Orkestra çukurunun, yan ve arka duvarlarında : Ses yutucu yüzeyler</li> <li>➤ Sahnenin konsol döşemesinin altında : Ses yutucu yüzeyler</li> <li>➤ Orkestra çukurunun, yan ve sahneye bakan duvarlarında : Ses dağıtıcı yüzeyler</li> </ul> </li> <li>• Orkestra çukuru içerisinde, bir yüzeyi ses yutucu, diğer yüzeyi ise ses yansıtıcı olan, hareketli duvar panellerinin kullanılması önerilmektedir [46].       <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hareketli duvar panellerinin, ses yutucu olan yüzeylerinin; ses seviyesi yüksek olan enstrümanların, ses seviyesinin kontrol edilebilmesi amacı ile kullanılması önerilmektedir [46].</li> </ul> </li> <li>• Orkestra çukurunun, sahneye bakan duvarının; eğimli veya dışbükey ses yansıtıcı yüzey olarak tasarlanması önerilmektedir [46].       <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Eğimli veya dışbükey ses yansıtıcı yüzeyler; orkestra çukurundaki müzisyenlerin ürettiği ses enerjisinin bir bölümünün sahneye doğru yansıtılması açısından önem taşımaktadır [46].</li> </ul> </li> <li>• Orkestra çukuru içerisinde, her müzisyen için; yaklaşık 1,67 m<sup>2</sup> (&gt;18 square feet) döşeme alanının sağlanması önerilmektedir [46].</li> </ul>



Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-12	Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;
	<i>Opera işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opera işlevine yönelik olarak kullanılan bir salonda, akustik konfor ve görsel konforun, aynı anda sağlanabilmesi için, sahne ve izleyiciler arasındaki maksimum uzaklığın; izleyicilerin görüş açısında dikkate alınarak, 30 metre'yi geçmemesi önerilmektedir [34].</li> </ul>
	 <p style="text-align: right;"> <math>V = 1 - 2 \text{ m}</math>  <math>D = 2,5 - 3,5 \text{ m}</math>  <math>H = 1 \text{ m}</math>  <math>W = 4 - 6 \text{ m}</math> </p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orkestra çukurunun boyutlarına yönelik önerilen değerler aşağıda özetlenmektedir [45]. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sahnenin konsol döşemesinin genişliği (V) : 1 ~ 2 metre</li> <li>➤ Orkestra çukurunun yüksekliği (D) : 2,5 ~ 3,5 metre</li> <li>➤ Orkestra çukurunun parapet yüksekliği (H) : 1 metre</li> <li>➤ Orkestra çukurunun sahne kotundaki genişliği (W) : 4 ~ 6 metre</li> </ul> </li> </ul>


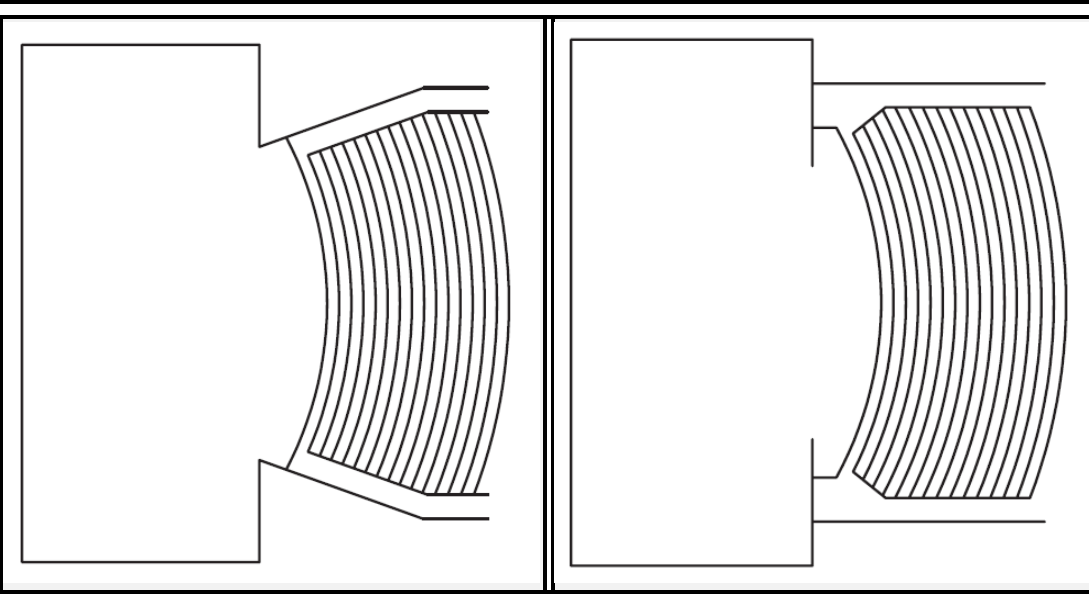
Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-13	<p><b>Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;</b></p> <p><i>Opera işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i></p>
 <p style="text-align: center;"><b>Orkestra Çukuru İçin Önerilen Kesit [47]</b></p>	
 <p style="text-align: center;"><b>52 Müzisyenin Oluşturduğu Orkestra (Örneğin; Mozart) [47]</b></p>	
 <p style="text-align: center;"><b>80 Müzisyenin Oluşturduğu Orkestra (Normal Büyüklükteki Orkestra) [47]</b></p>	
 <p style="text-align: center;"><b>107 Müzisyenin Oluşturduğu Orkestra (Örneğin; Wagner, Strauss) [47]</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kademeli platformlara sahip olan orkestra çukuru tasarımı; müzisyenlerin sayısına bağlı olarak, farklı büyüklüklerdeki orkestralara yönelik, yerleşim olanağı sağlamaktadır [47].</b></li> </ul>	

Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-14	<p><b>Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;</b></p>
	<p><i>Konferans işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i></p>
	
<p>Edificio YPF. Konferans Salonu, Arjantin [48]</p>	
	
<p>Edificio YPF. Konferans Salonu, Arjantin [48]</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konuşma işlevine yönelik (for speech) olarak kullanılan salonlarda, izleyicilerin; <u>sahneye yani konuşmacıya, yakın olması</u> önerilmektedir [45].</li> <li>• Yelpaze plan şemasına sahip olan salonlar, dikdörtgensel plan şemasına sahip olan salonlar ile karşılaştırıldığında; <u>daha fazla sayıda izleyicinin, sahneye yakın oturmasına</u> olanak sağlamaktadır [45].</li> <li>• Konferans işlevine yönelik tasarlanan salonlar için; salonun yan duvar yüzeylerinin, maksimum 140° açığa sahip olduğu, yelpaze plan şemasının tercih edilmesi önerilmektedir [45].</li> </ul>	

Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri

B-15	Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;
	<i>Konferans işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	
Les Espaces De Congres De La Rochelle Konferans Salonu, Fransa [49]	
	
Ön sahneye yakın olan, salonun yan duvar yüzeyleri için <u>önerilen</u> ve <u>önerilmeyen</u> durum [45]	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Farklı işlevlere yönelik tasarlanan, dikdörtgensel plan şemasına sahip olan oditoryumlarda; ön sahneye yakın olan, salonun yan duvar yüzeylerinin, açılı yapılması önerilmektedir [45]. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Farklı işlevlere yönelik tasarlanan salonlarda, salonun yan duvar yüzeylerinin açısı için; <math>40^{\circ} \sim 80^{\circ}</math> aralığı önerilmektedir. Konser işlevi için, bu açılardan daha küçük değerlerin, daha iyi akustik koşullar sağladığı belirtilmektedir [45].</li> <li>➤ Ön sahneye yakın olan, salonun yan duvar yüzeylerinin, paralel yapılması, tekrarlanan eko gibi önemli akustik problemlere neden olabilmektedir [45].</li> </ul> </li> </ul>	

Çizelge 2.2. (Devam) Sahne tasarımına yönelik akustik performans kriterleri


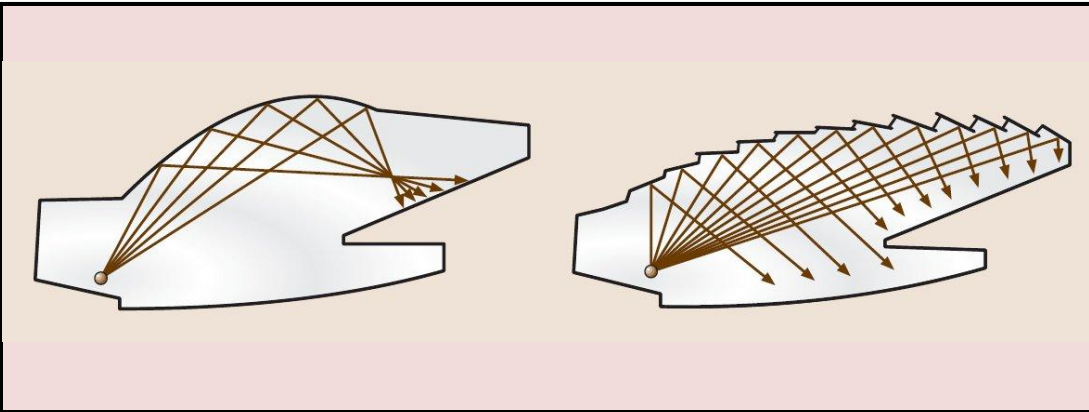
B-16	Sahne Tasarımına Yönelik Akustik Performans Kriterleri;
	<i>Konferans işlevine yönelik sahne tasarım parametreleri</i>
	
Science Academy Konferans Salonu, Prag / Çek Cumhuriyeti [13]	
	
Science Academy Konferans Salonu, Prag / Çek Cumhuriyeti [13]	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konferans işlevine yönelik olarak tasarlanan salonlarda, sahnenin veya konuşma kürsüsünün arkasındaki duvar yüzeyinin, ses kaynağından (<i>konuşmacılar veya hoparlörlerden</i>) <u>8,5 metre uzakta olması</u>; sahnenin arka duvar yüzeyinden yansarak geri dönen, ses yansımaları nedeniyle, <u>yankı veya eko gibi önemli akustik problemlere neden olabilmektedir</u> [18]. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sahnenin veya konuşma kürsüsünün arkasındaki duvar yüzeyi nedeniyle, yankı veya eko gibi önemli akustik problemlerin oluşmaması için, sahnenin arka duvar yüzeyinin; <u>ses yutucu veya ses dağıtıcı yüzey olarak tasarlanması</u> (<i>absorptive or should provide diffusion</i>) önerilmektedir [18].</li> </ul> </li> </ul>	

### 2.1.3. Akustik problemlere yönelik performans kriterleri

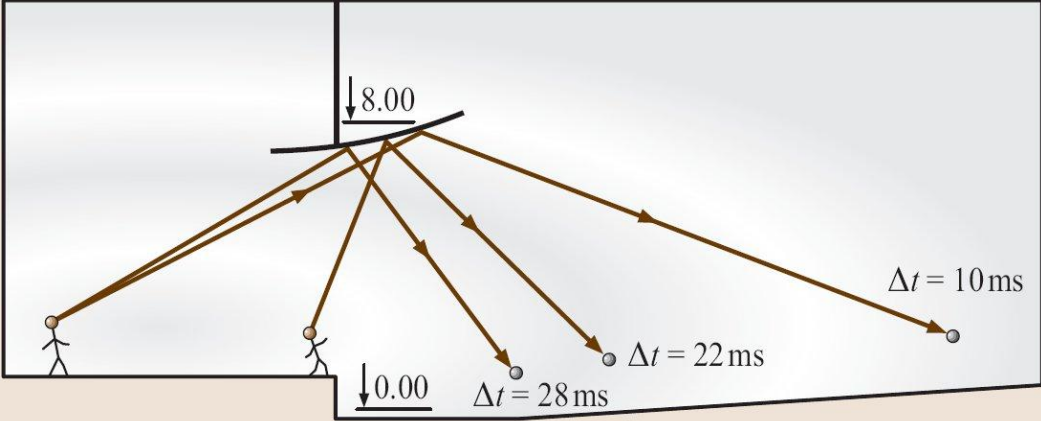
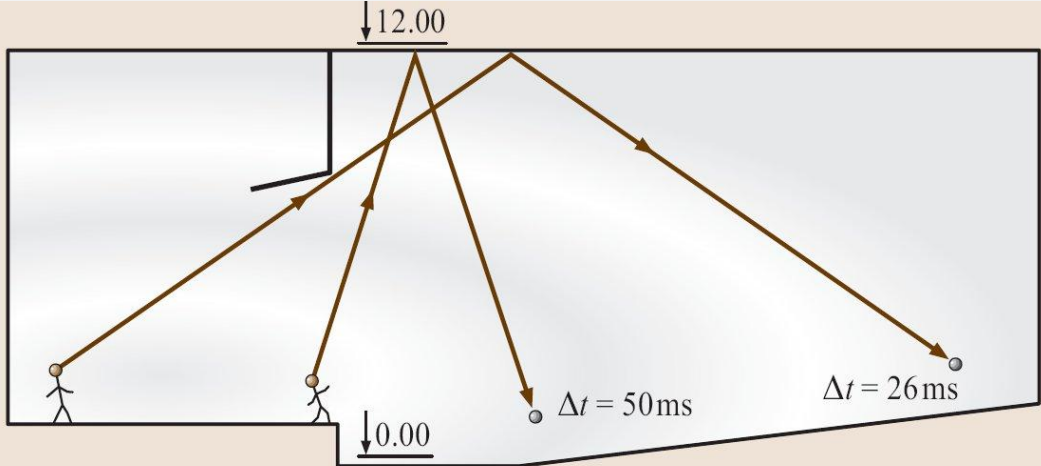
Hacim içerisinde oluşan akustik problemler (*room acoustic defects or acoustic problems*) ve akustik problemlerin önlenmesine yönelik performans kriterleri;

- uzun reverberasyon süresi (*too much reverberation*),
- odaklanma etkisi (*focussing effect*),
- yankı veya eko (*echo*),
- tekrarlanan eko (*flutter echo*),
- ses alanının bozulması (*coloration due to periodic reflections*) ve
- birleşen hacimler sisteminde sesin gecikmesi (*delayed sound from coupled volumes*) gibi önemli akustik problemlerin, hacim içerisinde neden olduğu olumsuz etkileri ve bu olumsuz etkilerin önlenmesine yönelik, uluslararası standartlarda ve literatürde önerilen bilgileri kapsamakta olup, Çizelge 2.3'te özetlenmektedir.

Çizelge 2.3. Akustik problemlere yönelik performans kriterleri

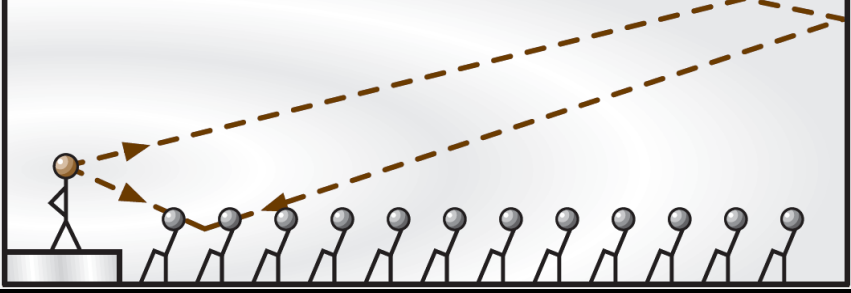
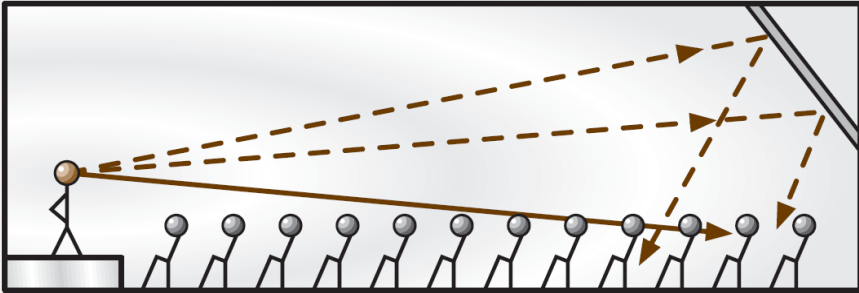
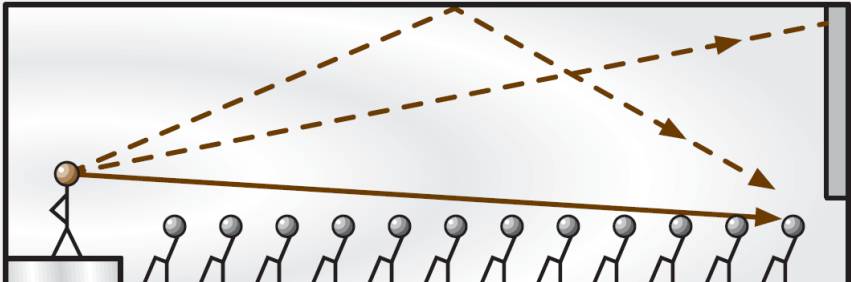
C-1	<b>Hacim İçerisinde Oluşan Akustik Problemler ve Akustik Problemlerin Önlenmesine Yönelik Performans Kriterleri</b> <i>(Room acoustic defects or acoustic problems)</i>
<b>1. Uzun Reverberasyon Süresi (<i>Too much reverberation</i>) (*)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reverberasyon süresinin; hacim içerisindeki, işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan, reverberasyon süresine göre, <u>çok daha uzun olması</u> önemli bir akustik problemdir [50].</li> <li>• Örneğin; reverberasyon süresinin, konferans salonlarında ihtiyaç duyulan, reverberasyon süresine göre, çok daha uzun olması (<i>excessive reverberation</i>), konuşmanın anlaşılabilirliğini (<i>speech intelligibility</i>) olumsuz yönde etkilemektedir [51].</li> </ul>	
<b>2. Odaklanma Etkisi (<i>Focussing effect</i>)</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salonun, duvar veya asma tavan yüzeyleri, içbükey (<i>concave</i>) ve yansıtıcı yüzey özelliğine sahip olduğunda; yansıyan ses enerjisi, yay formundaki yüzeyin merkezinde toplanmakta ve odaklanmaya neden olmaktadır [18, 51].</li> </ul>
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salonun asmatavan yüzeylerinin, yansıyan ses enerjisinin, hacim içerisinde homojen olarak dağılmasını sağlayacak şekilde tasarlanması; odaklanma gibi önemli akustik problemlerin oluşmasını önlemektedir [17].</li> </ul>	

Çizelge 2.3. (Devam) Akustik problemlere yönelik performans kriterleri

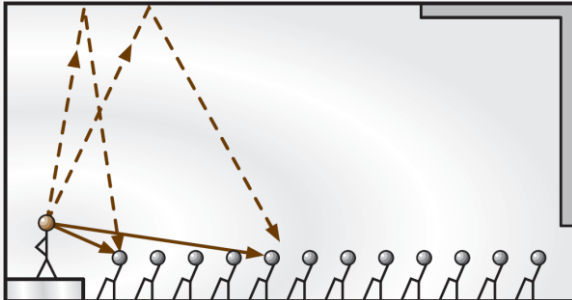
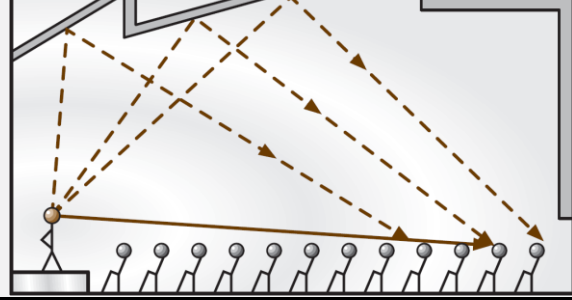
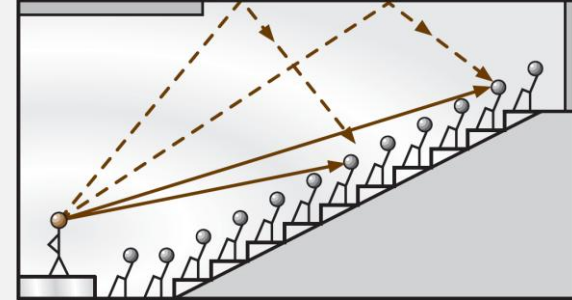
C-2	Hacim İçerisinde Oluşan Akustik Problemler ve Akustik Problemlerin Önlenmesine Yönelik Performans Kriterleri ( <i>Room acoustic defects or acoustic problems</i> )
3. Yankı veya Eko ( <i>Echo</i> ) (*)	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dinleyiciye, direkt sestten sonra ulaşan ilk yansımanın gecikme süresinin (ITDG); 60 ms'den daha uzun ve yansıyan seslerin yeterince şiddetli olması durumunda, yansıyan sesler, yankı veya eko olarak algılanmaktadır. 60 ms'lik gecikme süresi; ilk yansıma ile direkt ses arasındaki yaklaşık 20,7 m'lik ses yolu farkına karşılık gelmektedir [14, 17].</li> <li>• Ön sahnenin, asma tavanında tasarlanan, dışbükey ses yansıtıcı yüzeyler; geciken ses yansımalarının oluşmasını engellemektedir [17].</li> <li>• Salonun, duvarlarında ve asma tavanında tasarlanan, yay formundaki dışbükey yansıtıcı yüzeyler (<i>convex surfaces</i>), dağınmık ses alanı koşullarının sağlanmasında etkilidir [17].</li> </ul>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salonlarda, izleyici oturma alanının merkezinde, ilk yansımanın gecikme süresinin (ITDG); 25 ms'den daha kısa olması önerilmektedir [11, 17].</li> </ul>	



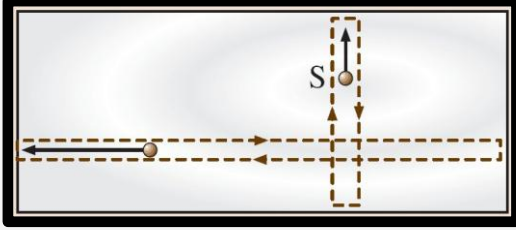
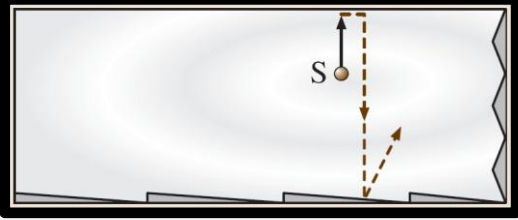
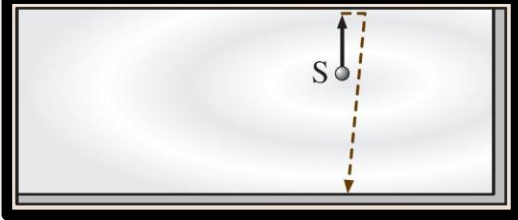
Çizelge 2.3. (Devam) Akustik problemlere yönelik performans kriterleri

C-3	<b>Hacim İçerisinde Oluşan Akustik Problemler ve Akustik Problemlerin Önlenmesine Yönelik Performans Kriterleri</b> ( <i>Room acoustic defects or acoustic problems</i> )
<b>3. Yankı veya Eko (Echo) (*)</b>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basık veya alçak tavanlı hacimlerde (<i>low-ceiling room</i>); arka duvar ve asmatavanın arka duvara yakın olan yüzeyleri (<i>rear wall/ceiling combination</i>); önemli bir akustik problem olan, yankı veya ekoya neden olmaktadır [17].</li> <li>• Bu akustik problemin giderilebilmesi için önerilen, tasarım parametreleri aşağıda özetlenmektedir [17].</li> </ul>	
	
<p>➤ <b>Alternatif-1:</b> Arka duvar ve asmatavanın birleştiği köşede eğimli bir yansıtıcı yüzey (<i>slanted reflector covering</i>) tasarlanarak, yansıyan sesin, salonun arka tarafındaki izleyicilere yönlendirilmesi [17].</p>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Alternatif-2:</b> Arka duvar ve asmatavanın arka duvara yakın olan yüzeyleri nedeniyle oluşan, geciken ses yansımalarının ortadan kaldırılması için, arka duvar yüzeyinde veya hem arka duvarda, hem de asmatavanda, ses yutucu yüzey kullanılması [17].</li> </ul>	

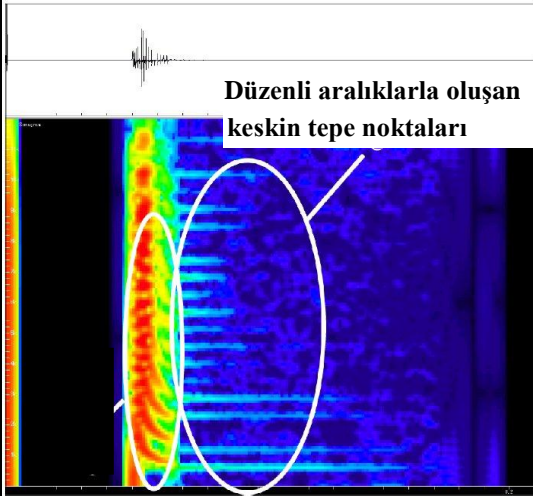

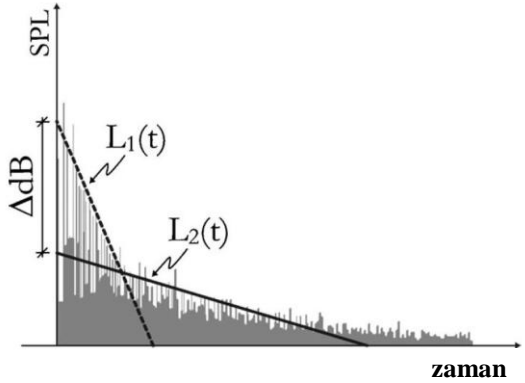
Çizelge 2.3. (Devam) Akustik problemlere yönelik performans kriterleri

C-4	Hacim İçerisinde Oluşan Akustik Problemler ve Akustik Problemlerin Önlenmesine Yönelik Performans Kriterleri (Room acoustic defects or acoustic problems)
3. Yankı veya Eko (Echo) (*)	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek tavanlı hacimlerde (<i>high-ceiling room</i>), sahnenin üzerinde ve salonun ön tarafında yer alan asmatavan yüzeyleri; önemli bir akustik problem olan, yankı veya ekoya neden olabilmektedir [17].</li> <li>• Bu akustik problemin giderilebilmesi için önerilen, tasarım parametreleri aşağıda özetlenmektedir [17].</li> </ul>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Alternatif-1:</b> Sahnenin üzerinde ve salonun ön tarafında yer alan asmatavan yüzeylerinin, eğimli yansıtıcı yüzey (<i>slanted reflectors</i>) olarak tasarlanması ve yansıyan sesin, salonun arka tarafındaki izleyicilere doğru (<i>remote seat rows</i>) yönlendirilmesi [17].</li> </ul>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Alternatif-2:</b> Geciken ses yansımalarının ortadan kaldırılması için, sahnenin üzerinde ve salonun ön tarafında yer alan asmatavanda, ses yutucu yüzey (<i>sound absorbing</i>) kullanılması ve izleyici oturma alanının eğimli yapılarak, ses yansıtıcı asmatavan yüzeyi (<i>reflecting ceiling</i>) ile salonun arka tarafındaki izleyiciler (<i>rear seats</i>) arasındaki mesafenin azaltılması [17].</li> </ul>	

Çizelge 2.3. (Devam) Akustik problemlere yönelik performans kriterleri

C-5	Hacim İçerisinde Oluşan Akustik Problemler ve Akustik Problemlerin Önlenmesine Yönelik Performans Kriterleri ( <i>Room acoustic defects or acoustic problems</i> )
4. Tekrarlanan Eko ( <i>Flutter echo</i> ) (*)	
 <p style="text-align: right;">[17]</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salonun yan duvarlarının, paralel (veya hemen hemen paralel) olması ve yan duvarların ses yansıtıcı yüzey özelliğine sahip olması durumunda, yansıyan sesler; “tekrarlanan eko”ya neden olabilmektedir [18].</li> </ul>	
 <p style="text-align: right;">[17]</p>	 <p style="text-align: right;">[17]</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dikdörtgensel plan şemasına sahip olan hacimlerde, tekrarlanan eko (<i>flutter echo</i>) gibi akustik problemlerin oluşmaması için; paralel yan duvar yüzeylerinde, aşağıda özetlenmekte olan tedbirlerin alınması önerilmektedir [17, 19]. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Yan duvar yüzeylerinin, en az 5° eğimli olarak tasarlanması, (<i>inclined surfaces</i>)</li> <li>➤ yan ve arka duvar yüzeylerinin, ses dalgalarının dağılarak veya saçılarak yansımaları sağlayacak şekilde tasarlanması (<i>diffuse scattering</i>),</li> <li>➤ yan ve arka duvar yüzeylerinde, ses yutucu yüzey uygulamalarının geliştirilmesi önerilmektedir (<i>improve sound absorption</i>) [17, 19].</li> </ul> </li> </ul>	

Çizelge 2.3. (Devam) Akustik problemlere yönelik performans kriterleri

C-6	<b>Hacim İçerisinde Oluşan Akustik Problemler ve Akustik Problemlerin Önlenmesine Yönelik Performans Kriterleri</b> ( <i>Room acoustic defects or acoustic problems</i> )
<b>5. Ses Alanının Bozulması (Coloration due to periodic reflections) (*)</b>	
	<p>Periyodik ses dağıtıcı yüzeylerden yansıyan seslerin, düzenli aralıklarla oluşturduğu keskin tepe noktaları; <u>ses alanının bozulmasına (coloration)</u> neden olmaktadır.</p> <p>Periyodik ses dağıtıcı yüzeylerin, duvar ve tavanlarda kullanılması hedeflendiğinde, ses alanının bozulmaması ve güvenli tarafta kalınması için, ses dağıtıcı yüzeylerin; <u>periyotunun ve yönünün değiştirilmesi</u> önerilmektedir [30].</p>
<b>6. Birleşen Hacimler Sisteminde Sesin Gecikmesi (*)</b> ( <i>Delayed sound from coupled volumes</i> )	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• René and Henry Segerstrom Konser Salonu, Amerika, 2006 (<i>solda</i>) [52]</li> <li>• Çift sönümlenme etkisi (<i>double slope decay, or double slope effect, DSE</i>) (<i>sağda</i>) [53]</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oditoryumlarda, birleşen hacimler sisteminin kullanılması durumunda, birleşen hacimlerden gelen seslerin, hedeflenen süreden çok daha fazla gecikmesi; dinleyicilerin, orkestranın ürettiği sesler ile salon içerisindeki reverberans arasındaki bağlantıyı kaybetmelerine neden olabilmektedir (<i>disconnected from the running reverberance</i>) [54].</li> </ul>	
NOT: (*)	Hacim akustiği simülasyon programları ile birlikte geliştirilmekte olan, “dinleme tekniği” ( <i>auralization technique</i> ) kullanılarak, objektif akustik parametreler ile açık bir biçimde algılanamayan, (*) işaretli akustik problemler, projelerin tasarım sürecinde tespit edilebilmektedir [50].

#### **2.1.4. Değişken işlevlerde akustik konfor sağlayan pasif sistemlere yönelik performans kriterleri**

Konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere yönelik akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması amacı ile geliştirilmekte olan *pasif sistemler* ve bu sistemlere yönelik performans kriterleri;

- salonun toplam hava hacminin değişimine ve kontrol edilmesine yönelik sistemler (*volume variation*),
- salondaki ses yutucu yüzeylerin değişimine ve kontrol edilmesine yönelik sistemler (*absorption variation*) ve
- sahnenin akustik koşullarının değişimine ve kontrol edilmesine yönelik sistemlerin (*variation in stage acoustic conditions*), hacim içerisindeki akustik koşulların değişimine yönelik etkilerini ve bu sistemlerin akustik tasarım hedeflerine yönelik bilgileri, kapsamakta olup, Çizelge 2.4'te özetlenmektedir.

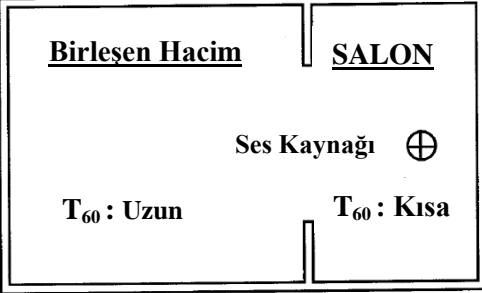
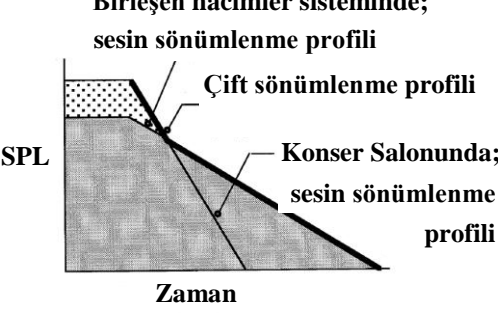
Çizelge 2.4. Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

<b>D-1</b>	<p><b>Çok Maksatlı Oditoryumlarda Değişken Akustik Konfor Koşullarının Sağlanmasına Yönelik Geliştirilen Pasif Sistemler</b> (<i>Multi-purpose Auditoriums &amp; Variable Architectural Measures</i>)</p>
<p><b>1. Salonun Toplam Hava Hacminin Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> (<i>Volume Variation : Control the cubic volume</i>)</p>	
<p><b>1.1. Birleşen Hacimler Sistemi</b> (<i>Coupled Volumes System, Coupled Spaces or Reverberation Chambers</i>)</p>	
<p><b>1.2. Hareketli Asma Tavan Sistemi</b> (<i>Movable Ceilings : Variable ceiling height</i>)</p>	
<p><b>2. Salondaki Ses Yutucu Yüzeylerin Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> (<i>Absorption Variation : Add or remove absorption</i>)</p>	
<p><b>2.1. Perde Sistemi</b> (<i>Movable Curtains, Curtain/Banner Coverage or Acoustical Curtains</i>)</p>	
<p><b>2.1.A. Duvar Yüzeylerini Kaplayan Perde Sistemi</b> (<i>Wall curtains, Sound absorbing drapes; hung close to a wall</i>)</p>	
<p><b>2.1.B. Asmatavan Tipi Perde Sistemi</b> (<i>Freely suspended banner or Acoustic banners</i>)</p>	
<p><b>2.2. Hareketli Duvar Sistemi</b> (<i>Variable Wall Elements : Variable absorption panels</i>)</p>	
<p><b>3. Sahnenin Akustik Koşullarının Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> (<i>Variation in Stage Acoustic Conditions</i>)</p>	
<p><b>3.1. Sahnenin Hareketli Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi</b> (<i>Movable Acoustic Shell or Movable Orchestra Shell</i>)</p>	
<p><b>3.2. Opera İşlevine Yönelik Hareketli Orkestra Çukuru Sistemi</b> (<i>Movable Orchestra Pit for Opera</i>)</p>	
<p><b>3.3. Hareketli Akustik Kanopi</b> (<i>Movable Acoustical Canopies or Orchestral Reflectors</i>)</p>	

Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri


D-2 (a)	<b>1. Salonun Toplam Hava Hacminin Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> <i>(Volume Variation : Control the cubic volume)</i>
<b>1.1. Birleşen Hacimler Sistemi</b> <i>(Coupled Volumes System, Coupled Spaces or Reverberation Chambers)</i>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı : Renée &amp; Henry Segerstrom Konser Salonu</li> <li>• Yeri / Yapım Yılı / İzleyici Kapasitesi : Amerika / 2006 yılı / 2000 izleyici</li> <li>• Salonun Plan Şeması : Dikdörtgensel plan şeması (<i>Shoebox style</i>)</li> <li>• Salonun İşlevi : Konser salonu (farklı müzik tarzları) [52]</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Birleşen Hacimler Sisteminin Akustik Tasarım Hedefleri;</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Birleşen hacimler sistemi ile, salonun, toplam hava hacminin değiştirilerek; salon içerisindeki işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan, reverberasyon süresinin ayarlanması hedeflenmektedir [55].</li> <li>• İzleyici başına öngörülen hava hacmi ile reverberasyon süresi ve sesin berraklığı veya netliği (<i>clarity</i>) arasındaki bağıntıya göre; <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ izleyici başına öngörülen hava hacminin artırılması sonucunda, reverberasyon süresinin artması,</li> <li>➤ sesin berraklığı veya netliğinin (<i>clarity</i>) azalması beklenmektedir [56].</li> </ul> </li> <li>• Birleşen hacimler sistemi (<i>coupled volumes system</i>) kullanılarak, salonun, toplam hava hacminin artırılması sonucunda; <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ reverberasyon süresinde artış sağlanmakta, ancak,</li> <li>➤ sesin berraklığı veya netliğinde (<i>clarity</i>) önemli düzeyde bir azalma olmadığı belirtilmektedir [55].</li> </ul> </li> </ul>	

Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

D-2 (b)	1. Salonun Toplam Hava Hacminin Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler (Volume Variation : Control the cubic volume)
1.1. Birleşen Hacimler Sistemi (Coupled Volumes System, Coupled Spaces or Reverberation Chambers)	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Birleşen Hacim ve Salonun Planı [27]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Çift Sönümlenme Etkisi [27]</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Birleşen Hacimler Sisteminin Akustik Tasarım Hedefleri;</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Birleşen hacimler sistemini oluşturan ve konser salonuna eklenen, hacimler; ağırlıklı olarak ses yansıtıcı yüzeylere sahip olup, konser salonuna göre daha <i>reverberant</i>, yani <i>yansıyan ses enerjisinin daha fazla olduğu</i>, hacimlerdir (<i>highly reverberant space</i>) [27].</li> <li>Bu durumda, birleşen hacimler sisteminin sahip olduğu reverberasyon süresi, konser salonunun sahip olduğu reverberasyon süresinden daha uzun olmakta ve sistem; <i>ses enerjisinin yüksek olduğu bölgeden (energy-surplus room)</i>, <i>düşük olduğu bölgeye (energy-deficient room)</i>, <i>ses enerjisinin transfer edilmesi prensibi ile çalışmaktadır</i> [27].</li> <li>Birleşen hacimler sisteminin, konser salonuna eklenmesi ile; <i>çift sönümlenme etkisi</i> yani iki ayrı sönümlenme profili (<i>two-slope profile</i>) oluşmaktadır [27]. <ul style="list-style-type: none"> <li>Sesin hızlı sönümlenmesi (<i>steep decay</i>), <i>algılanan sesin berraklığı veya netliğini (sensation of clarity or definition)</i> sağlamakta,</li> <li>sesin yavaş sönümlenmesi (<i>slow decay</i>) ise, <i>algılanan müzik seslerinin canlılığını (sensation of liveness)</i> ve <i>sesin dolgunluğu (fullness of tone)</i> sağlamaktadır.</li> </ul> </li> <li>Birleşen hacimler sisteminin kullanılması durumunda; birbiri ile ters orantılı olan ve çelişen bu parametreler, aynı anda sağlanabilmektedir [27].</li> <li>Birleşen hacimler sistemi ve salon arasındaki, <i>açıklıkların veya kapakların boyutlarının, büyük olarak tasarlanması</i> durumunda; ses kaynağı kapatıldıktan sonra, iki hacim arasındaki ses basınç seviyesi (<i>sound pressure level</i>) birbirine yakın, yani <u>ses basınç seviyelerinin farkı düşük</u> olmaktadır [27].</li> <li>Bu durum ile ters orantılı olarak, <i>açıklıkların veya kapakların boyutlarının küçültülmesi</i> sonucunda ise; iki hacim arasındaki ses basınç seviyesi (<i>sound pressure level</i>) farkı artmakta, yani <u>ses basınç seviyelerinin farkı daha yüksek</u> olmaktadır [27].</li> </ul>	





Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

<b>D-2 (c)</b>	<b>1. Salonun Toplam Hava Hacminin Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> ( <i>Volume Variation : Control the cubic volume</i> )
<b>1.1. Birleşen Hacimler Sistemi</b> ( <i>Coupled Volumes System, Coupled Spaces or Reverberation Chambers</i> )	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı : Birmingham Konser Salonu [34]</li> <li>• Yeri / Yapım Yılı : Britanya / 1991 yılı</li> <li>• İzleyici Kapasitesi : 1990 izleyici + 221 koro</li> <li>• Salonun Toplam Hava Hacmi : 25 000 m<sup>3</sup></li> <li>• Birleşen Hacimlerin Hava Hacmi : 10 300 m<sup>3</sup></li> <li>• Salonun İşlevi : Konser salonu (farklı müzik tarzları)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Birmingham Konser Salonu'nda, birleşen hacimler sisteminin hava hacmi; salonun toplam hava hacminin, yaklaşık %40'ı kadar tasarlanmıştır [34].</li> <li>• Orkestranın ürettiği ses enerjisinin, birleşen hacimler sistemine giriş ve çıkışının kontrol edilebilmesi için; 20 adet otomatik kapı (motorized doors) kullanılmaktadır [34]. <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Birleşen hacimler sistemine ait otomatik kapılar; 150 mm kalınlığında beton ile inşa edilmiş olup (concrete doors), kapıların toplam alanı 195 m<sup>2</sup>'dir [34].</li> </ul> </li> </ul>	

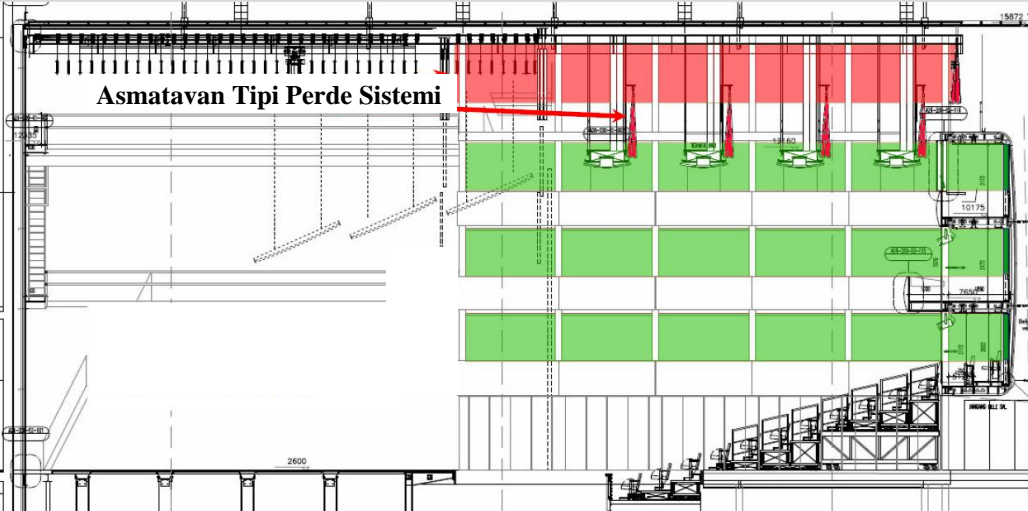
Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

<b>D-3</b>	<p><b>1. Salonun Toplam Hava Hacminin Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> (<i>Volume Variation : Control the cubic volume</i>)</p>
<p><b>1.2. Hareketli Asma Tavan Sistemi</b> (<i>Movable Ceilings : Variable ceiling height</i>)</p>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı : Sogakudo Konser Salonu [57]</li> <li>• Yeri / Yapım Yılı / İzleyici Kapasitesi : Japonya / 1998 yılı / 1140 izleyici</li> <li>• Salonun Plan Şeması : Dikdörtgensel plan şeması (<i>Shoobox style</i>)</li> <li>• Salonun İşlevi : Konser salonu (farklı müzik tarzları)</li> <li>• İzleyici Başına Öngörülen Hava Hacmi : ~ 8,42 m<sup>3</sup> (<i>h=10 m</i>) : ~ 13,60 m<sup>3</sup> (<i>h=15 m</i>)</li> <li>• Reverberasyon Süresi - T<sub>60</sub> (izleyicili) : 1,7 sn - 2,4 sn</li> </ul>	
<p><b>Hareketli Asma Tavan Sisteminin Akustik Tasarım Hedefleri;</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hareketli asma tavan sistemi ile, salonun, toplam hava hacminin değiştirilerek; salon içerisindeki işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan, reverberasyon süresinin ayarlanması hedeflenmektedir [57].</li> <li>• İzleyici başına öngörülen hava hacmi ile reverberasyon süresi ve sesin berraklığı veya netliği (<i>clarity</i>) arasındaki bağıntıya göre; <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ izleyici başına öngörülen hava hacminin artırılması sonucunda, reverberasyon süresinin artması,</li> <li>➤ sesin berraklığı veya netliğinin (<i>clarity</i>) azalması beklenmektedir [56].</li> </ul> </li> </ul>	

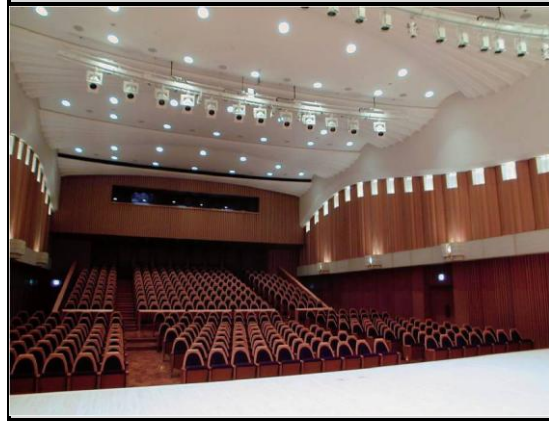

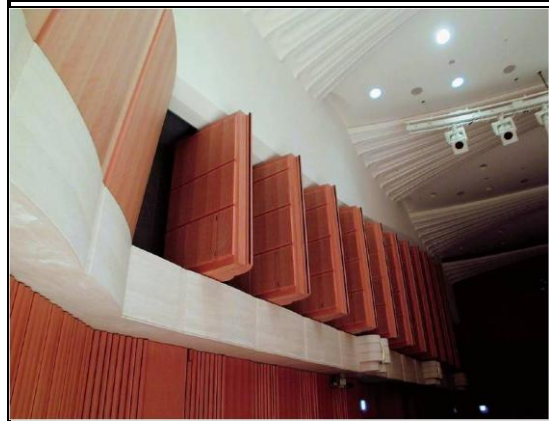
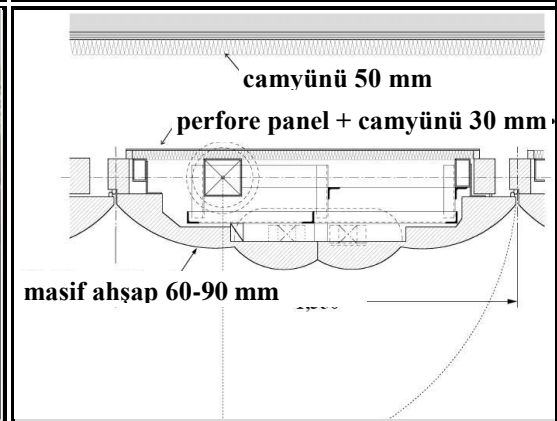
Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

<b>D-4</b>	<b>2. Salondaki Ses Yutucu Yüzeylerin Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> ( <i>Absorption Variation : Add or remove absorption</i> )	
<b>2.1. Perde Sistemi</b> ( <i>Movable Curtains, Curtain/Banner Coverage or Acoustical Curtains</i> )		
<b>2.1.A. Duvar Yüzeylerini Kaplayan Perde Sistemi</b> ( <i>Wall curtains, Sound absorbing drapes : hung close to a wall</i> )		
		
Konferans konfigürasyonu [58]		Sinema konfigürasyonu [58]
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı : Kursaal Oditoryumu [58, 59]</li> <li>• Yeri / Yapım Yılı / İzleyici Kapasitesi : İspanya / 1999 yılı / 1839 izleyici</li> <li>• Salonun Plan Şeması : Dikdörtgensel plan şeması (<i>Shoebox style</i>)</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salonun İşlevi : Konferans işlevi : 1,3 sn</li> <li>• Reverberasyon Süresi - <math>T_{60}</math> (izleyicili) : Sinema işlevi : 1,3 sn</li> <li>• : Konser işlevi (<i>reinforced music</i>) : 1,3 sn</li> <li>• : Opera işlevi : 1,55 sn</li> <li>• : Konser işlevi (<i>symphonic music</i>) : 1,86 sn</li> </ul>		
<b>Perde Sisteminin Akustik Tasarım Hedefleri;</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perde sistemi (<i>acoustical curtains</i>) ile, salondaki, ses yansıtıcı ve ses yutucu yüzeylerin oranının değiştirilerek; salon içerisindeki işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan, reverberasyon süresinin ayarlanması hedeflenmektedir [59, 60].</li> <li>• Asmatavan tipi perde sistemi (<i>freely suspended banner</i>) ve duvar yüzeylerini kaplayan perde sistemi (<i>wall curtains</i>) karşılaştırıldığında; <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ asmatavan tipi perde sisteminin, daha etkili, ses yutucu yüzey olduğu (<i>more effective absorber</i>) belirtilmektedir [60].</li> </ul> </li> </ul>		

Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

D-5	<p><b>2. Salondaki Ses Yutucu Yüzeylerin Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b>  <i>(Absorption Variation : Add or remove absorption)</i></p>
<p><b>2.1. Perde Sistemi</b>  <i>(Movable Curtains, Curtain/Banner Coverage or Acoustical Curtains)</i></p>	
<p><b>2.1.B. Asmatavan Tipi Perde Sistemi</b>  <i>(Freely suspended banner or Acoustic banners)</i></p>	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı : Scene II Oditoryumu [60]</li> <li>• Yeri / Yapım Yılı / İzleyici Kapasitesi : Oslo, Norveç / 2004 yılı / 440 izleyici</li> <li>• Salonun Plan Şeması : Dikdörtgenel plan şeması (<i>Shoebox style</i>)</li> <li>• Salonun İşlevi : Opera ve Konser (farklı müzik tarzları)</li> <li>• Reverberasyon Süresi - <math>T_{60}</math> (izleyicili) : 1,5 sn - 0,8 sn</li> </ul>	
<p>• <b>Asmatavan Tipi Perde Sisteminin Akustik Tasarım Hedefleri;</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perde sistemi (<i>acoustical curtains</i>) ile, salondaki, ses yansıtıcı ve ses yutucu yüzeylerin oranının değiştirilerek; salon içerisindeki işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan, reverberasyon süresinin ayarlanması hedeflenmektedir [59, 60].</li> <li>• Asmatavan tipi perde sistemi (<i>freely suspended banner</i>) ve duvar yüzeylerini kaplayan perde sistemi (<i>wall curtains</i>) karşılaştırıldığında; <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ asmatavan tipi perde sisteminin, daha etkili, ses yutucu yüzey olduğu (<i>more effective absorber</i>) belirtilmektedir [60].</li> </ul> </li> </ul>	

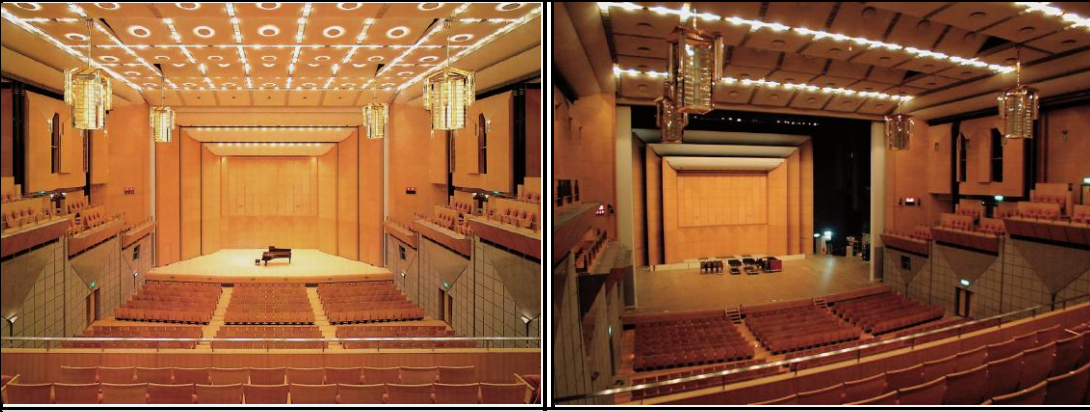
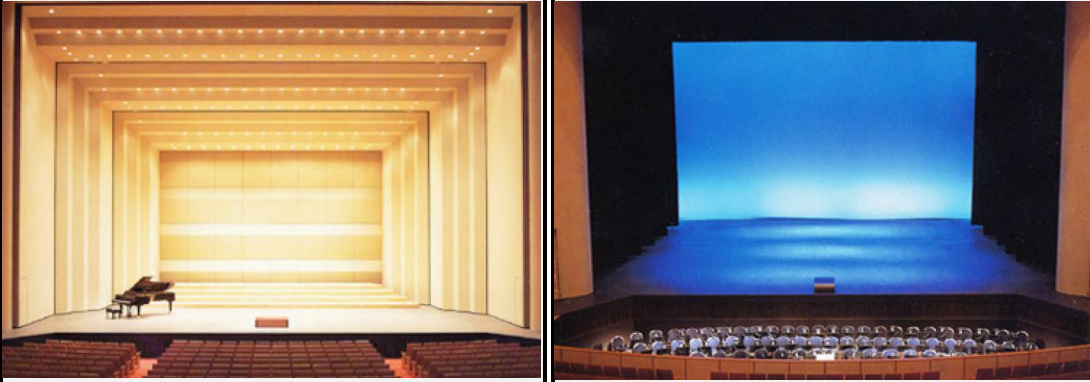

Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

D-6	<b>2. Salondaki Ses Yutucu Yüzeylerin Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> <i>(Absorption Variation : Add or remove absorption)</i>
<b>2.2. Hareketli Duvar Sistemi</b> <i>(Variable Wall Elements : Variable absorption panels)</i>	
	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı : Toppan Oditoryumu [61]</li> <li>• Yeri / Yapım Yılı / İzleyici Kapasitesi : Japonya / 2000 yılı / 408 izleyici</li> <li>• Salonun Plan Şeması : Dikdörtgensel plan şeması (<i>Shoebox style</i>)</li> <li>• Salonun İşlevi : Konferans işlevi (<i>lectures</i>) : Konser işlevi (<i>chamber music and recital</i>)</li> <li>• Reverberasyon Süresi - <math>T_{60}</math> (izleyicili) : 1,1 sn - 1,4 sn</li> </ul>	
<b>Hareketli Duvar Sisteminin Akustik Tasarım Hedefleri;</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hareketli duvar sistemi (<i>Variable absorption panels</i>) ile, salondaki, ses yansıtıcı ve ses yutucu yüzeylerin oranının değiştirilerek; salon içerisindeki işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan, reverberasyon süresinin ayarlanması hedeflenmektedir [61].</li> </ul>	



Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

D-7 (a)	3. Sahnenin Akustik Koşullarının Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler ( <i>Variation in Stage Acoustic Conditions</i> )
3.1. Sahnenin Hareketli Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi ( <i>Movable Acoustic Shell or Movable Orchestra Shell</i> )	
Konferans konfigürasyonu [58]	Konser konfigürasyonu [58]
<ul style="list-style-type: none"> <li>Projenin Adı</li> </ul>	: Kursaal Oditoryumu [58, 59]
<ul style="list-style-type: none"> <li>Yeri / Yapım Yılı / İzleyici Kapasitesi</li> </ul>	: İspanya / 1999 yılı / 1839 izleyici
<ul style="list-style-type: none"> <li>Salonun Plan Şeması</li> </ul>	: Dikdörtgensel plan şeması ( <i>Shoebox style</i> )
<ul style="list-style-type: none"> <li>Salonun İşlevi</li> </ul>	: Konferans işlevi : 1,3 sn
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reverberasyon Süresi - <math>T_{60}</math> (izleyicili)</li> </ul>	: Sinema işlevi : 1,3 sn
<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>	: Konser işlevi ( <i>reinforced music</i> ) : 1,3 sn
<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>	: Opera işlevi : 1,55 sn
<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>	: Konser işlevi ( <i>symphonic music</i> ) : 1,86 sn
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sahnenin Hareketli Ses Yansıtıcı Yüzey Sisteminin Akustik Tasarım Hedefleri;</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sahne çevresinde tasarlanan, hareketli duvar ve asma tavan sistemi ile; <ul style="list-style-type: none"> <li>konser işlevinde, sahneyi çevreleyen ses yansıtıcı yüzeylerin kullanılması,</li> <li>konferans ve opera işlevlerinde, sahneyi çevreleyen ses yansıtıcı yüzeylerin kaldırılması sonucunda,</li> </ul> salon içerisindeki işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanması hedeflenmektedir [58, 59].</li> </ul>	

Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri


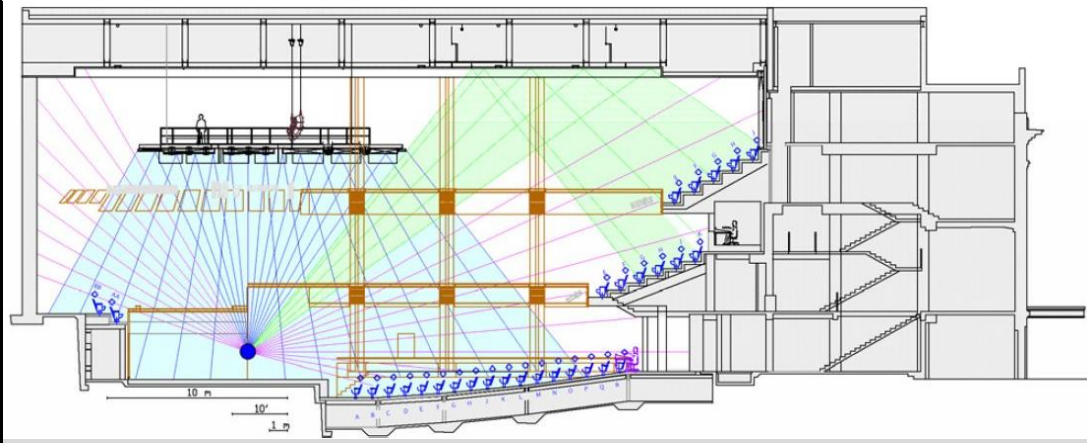
<p><b>D-7</b> <b>(b)</b></p>	<p><b>3. Sahnenin Akustik Koşullarının Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> <i>(Variation in Stage Acoustic Conditions)</i></p>
<p><b>3.1. Sahnenin Hareketli Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi</b> <i>(Movable Acoustic Shell or Movable Orchestra Shell)</i></p>	
	
<p><b>Katsushika Symphony Hills, Tokyo, Japonya, 1992 [62]</b></p>	
	
<p><b>Yokosuka Arts Theater, Japonya, 1994 [2]</b></p>	
	
<p><b>Ordway Hall, Saint Paul, Amerika [45]</b></p>	

Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

<b>D-8</b>	<b>3. Sahnenin Akustik Koşullarının Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> ( <i>Variation in Stage Acoustic Conditions</i> )	
<b>3.2. Opera İşlevine Yönelik Hareketli Orkestra Çukuru Sistemi</b> ( <i>Movable Orchestra Pit for Opera</i> )		
		
Opera konfigürasyonu [58]		Konser konfigürasyonu [58]
• Projenin Adı		: Kursaal Oditoryumu [58, 59]
• Yeri / Yapım Yılı / İzleyici Kapasitesi		: İspanya / 1999 yılı / 1839 izleyici
• Salonun Plan Şeması		: Dikdörtgensel plan şeması ( <i>Shoebos style</i> )
• Salonun İşlevi		: Konferans işlevi : 1,3 sn
		: Sinema işlevi : 1,3 sn
• Reverberasyon Süresi - $T_{60}$ (izleyicili)		: Konser işlevi ( <i>reinforced music</i> ) : 1,3 sn
		: Opera işlevi : 1,55 sn
		: Konser işlevi ( <i>symphonic music</i> ) : 1,86 sn
• <b>Opera İşlevine Yönelik Hareketli Orkestra Çukuru Sisteminin Akustik Tasarım Hedefleri;</b>		
• <b>Opera işlevine yönelik hareketli orkestra çukuru sistemi ile; <u>opera işlevinde</u>, sahnenin önünde yer alan platformun, orkestra çukurunun alt kotuna indirilmesi ve orkestra için ihtiyaç duyulan alanın sağlanması hedeflenmektedir [58, 59].</b>		
• <b><u>Konferans ve konser işlevlerinde</u> ise, sahnenin önünde yer alan platform yükseltilerek, izleyici oturma alanı ile aynı seviyeye getirilmekte ve orkestra çukuru tamamen kapatılmaktadır [58, 59].</b>		



Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

D-9 (a)	3. Sahnenin Akustik Koşullarının Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler ( <i>Variation in Stage Acoustic Conditions</i> )
3.3. Hareketli Akustik Kanopi ( <i>Movable Acoustical Canopies or Orchestral Reflectors</i> )	
	
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projenin Adı</li> <li>• Yeri / Yapım Yılı / İzleyici Kapasitesi</li> <li>• Salonun İşlevi</li> <li>• Reverberasyon Süresi - <math>T_{60}</math> (izleyicili)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: Raoul Jobin Konser Salonu [63]</li> <li>: Kanada / 2007 yılı / 979 izleyici</li> <li>: Konser salonu (farklı müzik tarzları)</li> <li>: 1,3 sn - 2,2 sn</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hareketli Akustik Kanopinin Akustik Tasarım Hedefleri;</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raoul Jobin Konser Salonu'nda tasarlanmış olan hareketli akustik kanopi; <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ sahnenin üzerinde farklı yüksekliklerde, değişken ses yansımaları sağlamakta,</li> <li>➤ salonun, yüksek olan toplam hava hacminin (<math>12 \text{ m}^3/\text{izleyici}</math>) etkisinin azaltılmasını sağlamakta ve</li> <li>➤ perde sistemi ile birlikte farklı kombinasyonlarda kullanılarak, salon içerisindeki işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan, reverberasyon süresinin ayarlanmasını sağlamaktadır [63].</li> </ul> </li> </ul>	

Çizelge 2.4. (Devam) Pasif sistemlere yönelik akustik performans kriterleri

<b>D-9 (b)</b>	<b>3. Sahnenin Akustik Koşullarının Değişimine ve Kontrol Edilmesine Yönelik Sistemler</b> ( <i>Variation in Stage Acoustic Conditions</i> )
--------------------	---

### 3.3. Hareketli Akustik Kanopi (*Movable Acoustical Canopies or Orchestral Reflectors*)



- |   |   |
|---|---|
| • Projenin Adı                            | : McDermott Konser Salonu [64, 65]      |
| • Yeri / Yapım Yılı / İzleyici Kapasitesi | : Dallas / 1989 yılı / 2062 izleyici    |
| • Salonun İşlevi                          | : Konser salonu (farklı müzik tarzları) |
| • Akustik Tasarım Danışmanı               | : Russell Johnson, Artec (USA)          |

- McDermott Konser Salonu'nda tasarlanmış olan, yüksekliği ve eğimi ayarlanabilen, hareketli akustik kanopi; sesin berraklığı veya netliğinin (sound clarity) yükseltilmesi amacı ile kullanılmaktadır [64, 65].
- Hareketli akustik kanopi; 12,7 cm (5 inches) kalınlığında lamine ahşap (laminated wood) ile imal edilerek, çelik alt konstrüksiyon üzerine monte edilmiştir [64, 65].
- Akustik kanopinin sahne kotuna göre yüksekliği; orkestranın büyüklüğüne, orkestranın yerleşimine ve farklı müzik tarzlarına göre ayarlanabilmektedir [65].

## 2.2. Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Performans Kriterleri

Akustik konforun önem kazandığı, konferans, konser, opera ve tiyatro salonlarına yönelik, hacim akustiği parametrelerini kapsayan performans kriterleri;

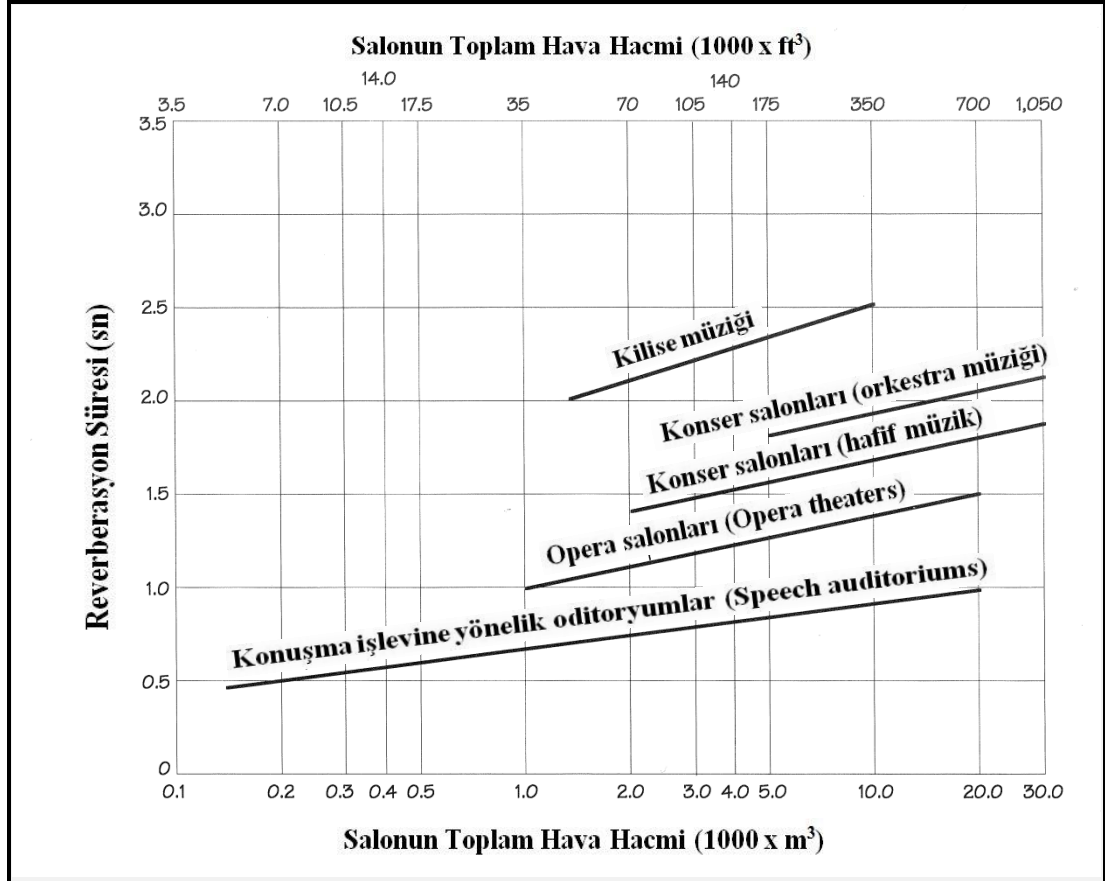
- hacim içerisinde sağlanması gereken arkaplan gürültü düzeyine yönelik (*background noise level*) üst limit değerlerini,
- reverberasyon süresi (*reverberation time*) parametresi için, salon içerisindeki işleve ve salonun toplam hava hacmine göre, uluslararası standartlarda ve literatürde önerilen değerleri,
- reverberasyon süresinin, konuşma ve müzik işlevlerine yönelik, frekanslara bağlı olarak (*düşük, orta ve yüksek frekanslar için*) önerilen tolerans aralığını,
- objektif akustik parametreler (*objective room acoustic parameters*) ve sesin subjektif (öznel) niteliği (*subjective listener aspect*) arasındaki, ilişki ve bağıntılara yönelik bilgileri kapsamakta olup, Çizelge 2.5'te özetlenmektedir.

Çizelge 2.5. Hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri

E-1 Hacim İçerisinde Sağlanması Gereken Arkaplan Gürültü Düzeyine Yönelik Performans Kriterleri ( <i>Background noise level</i> )			
- <i>Yönetmelik ve Standartlar :</i>	Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği - 2010 / Türkiye [66] (Kullanım alanlarında herhangi bir faaliyet olmadığı durumdaki değerler)		Amerikan Ulusal Standartları (ANSI S12.2) [67, 68]
	- <i>Kültürel Tesis Alanları</i>	Leq (dBA) (kapalı pencere)	Leq (dBA) (açık pencere)
- <i>Tiyatro Salonları (Large drama theatres, for very good speech articulation)</i>	30 dBA ~ NC 20	40 dBA NC 30	maks. 31 dBA NCB 15-20
- <i>Sinema Salonları (for very good speech articulation)</i>	30 dBA ~ NC 20	40 dBA NC 30	maks. 31 dBA NCB 15-20
- <i>Konser Salonları (Concert halls, opera houses, recital halls)</i>	25 dBA ~ NC 15	35 dBA ~ NC 25	maks. 27 dBA NCB 10-15
- <i>Konferans Salonları (Large auditoriums, for very good speech articulation)</i>	30 dBA ~ NC 20	40 dBA NC 30	maks. 31 dBA NCB 15-20
• NC Gürültü Düzeyi Kriteri [69, 70]		• NCB Gürültü Düzeyi Kriteri [67, 68]	

Çizelge 2.5. (Devam) Hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri

E-2	<b>Reverberasyon Süresi (<i>Reverberation Time, T<sub>60</sub></i>) İçin; <u>Salon İçerisindeki İşleve ve Salonun Toplam Hava Hacmine Göre,</u> Literatürde ve Standartlarda Önerilen Değerler</b>
-----	--



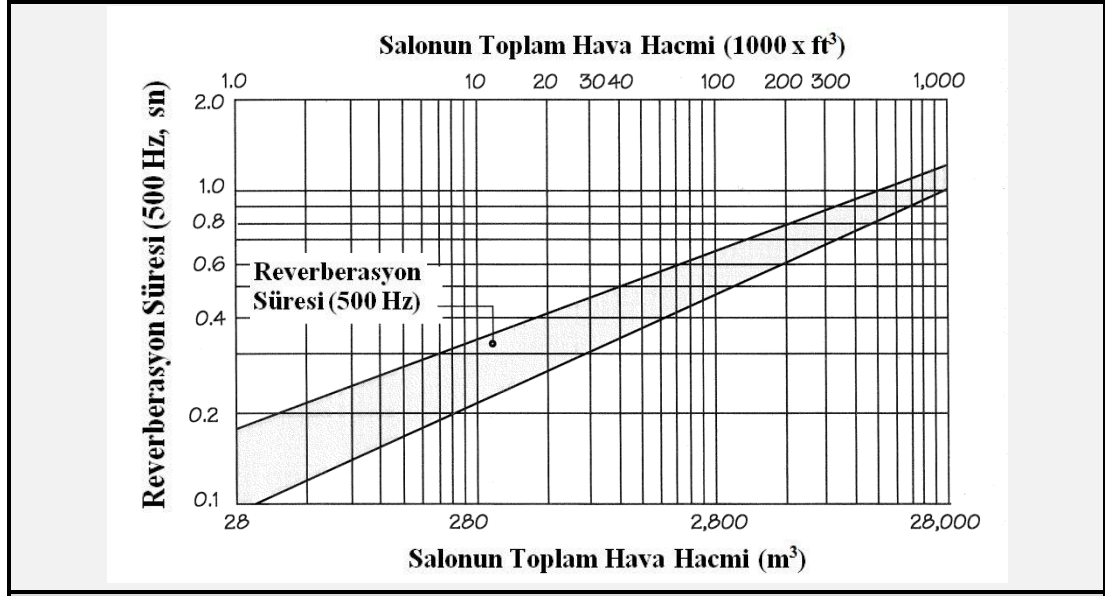
- Reverberasyon Süresi (*Reverberation Time, T<sub>60</sub>*) Grafiği (500 Hz) [27]

- Reverberasyon süresinin; salon içerisindeki işleve ve salonun toplam hava hacmine göre belirlenmesi önerilmektedir [19, 27].
- Reverberasyon süresi grafiğinde, tespit edilen değerler için;  $\pm\%20$  tolerans aralığı önerilmektedir [19, 27].
- Elektro-akustik sistemlerin kullanılması durumunda, konuşmanın iletim indeksinin (*Speech Transmission Index, STI*) daha yüksek olması için; reverberasyon süresinin, tolerans aralığından daha kısa olması önerilmektedir [51].

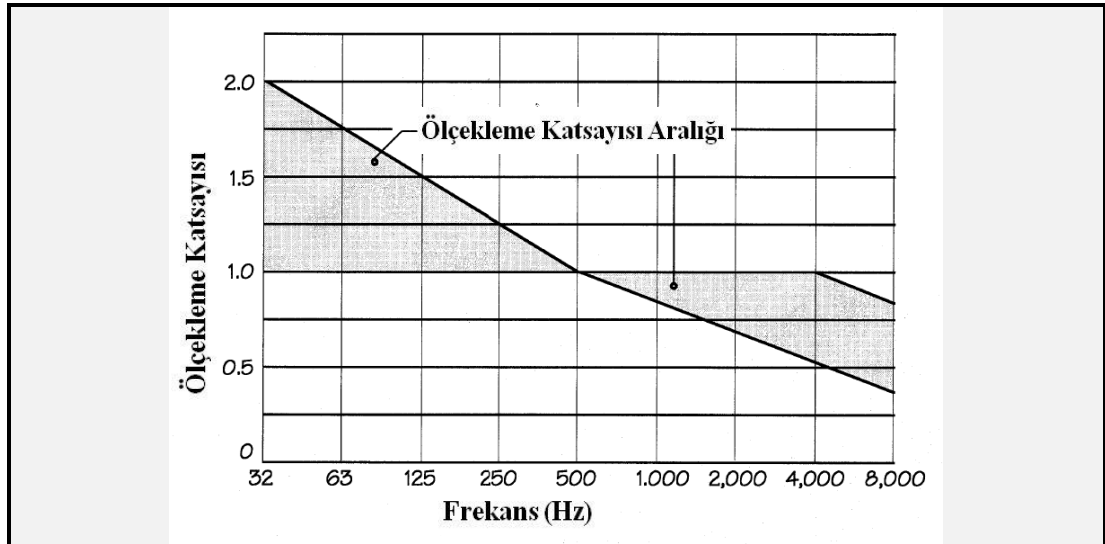
- Günümüzde kullanılan, elektro-akustik sistemlerin (aktif akustik sistemler); hacim içerisindeki, reverberasyon süresinin artmasına neden olduğu belirtilmektedir [71].
- Elektro-akustik sistemlerin kullanılması durumunda, salon içerisindeki işlev için uygun olan veya ihtiyaç duyulan, en kısa reverberasyon süresine göre; salonun toplam hava hacminin (*cubic volume*) ve salon içerisindeki ses yutucu yüzey miktarının (*amount of absorption*) belirlenmesi önerilmektedir [71].

Çizelge 2.5. (Devam) Hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri

E-3	<b>Reverberasyon Süresi (<i>Reverberation Time, T<sub>60</sub></i>) İçin; <u>Salon İçerisindeki İşleve ve Salonun Toplam Hava Hacmine Göre, Literatürde ve Standartlarda Önerilen Değerler</u></b>
-----	--

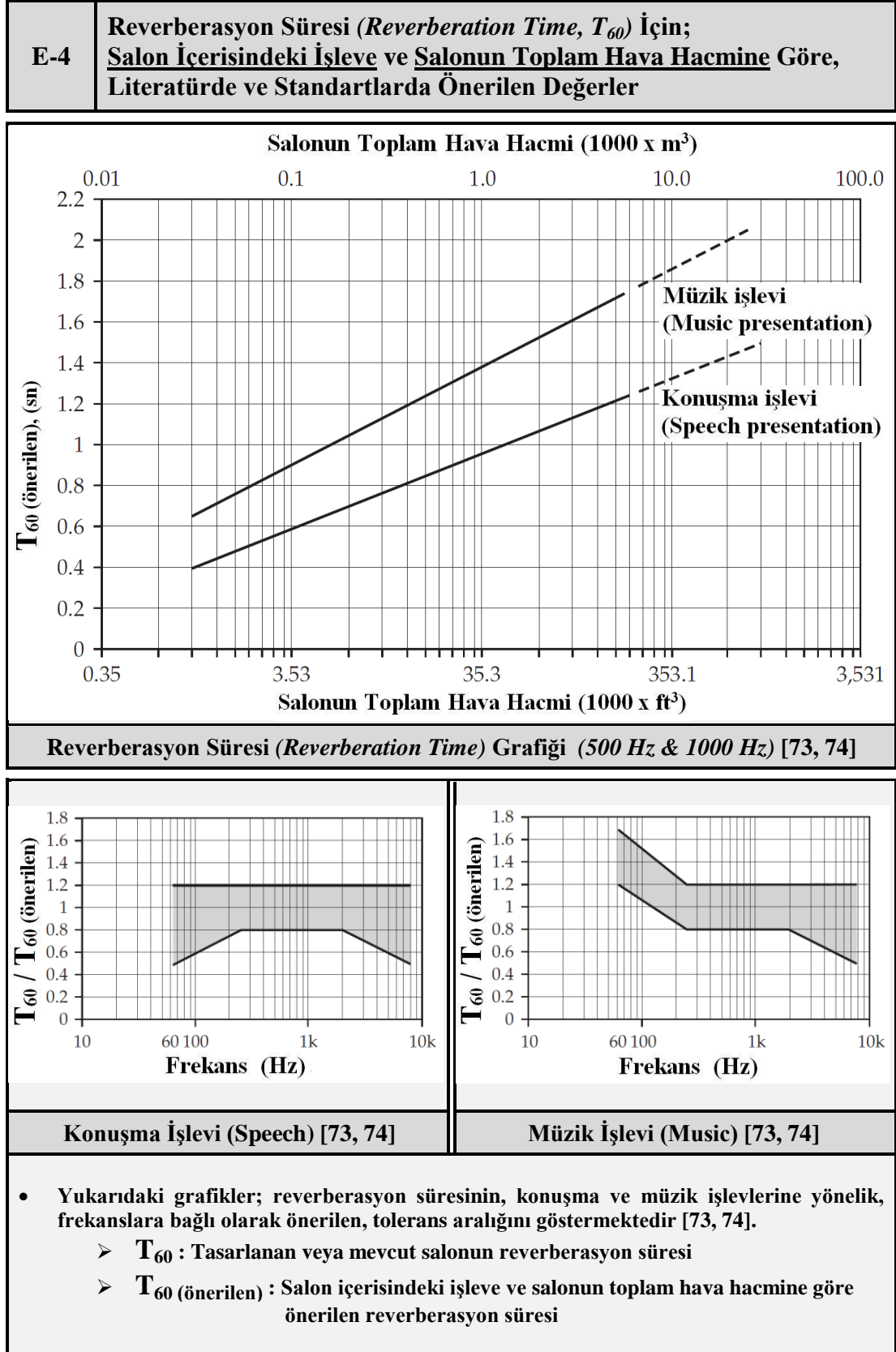


- Sinema İşlevine Yönelik Reverberasyon Süresi ( $T_{60}$ ) Grafiği (500 Hz) [27, 72]

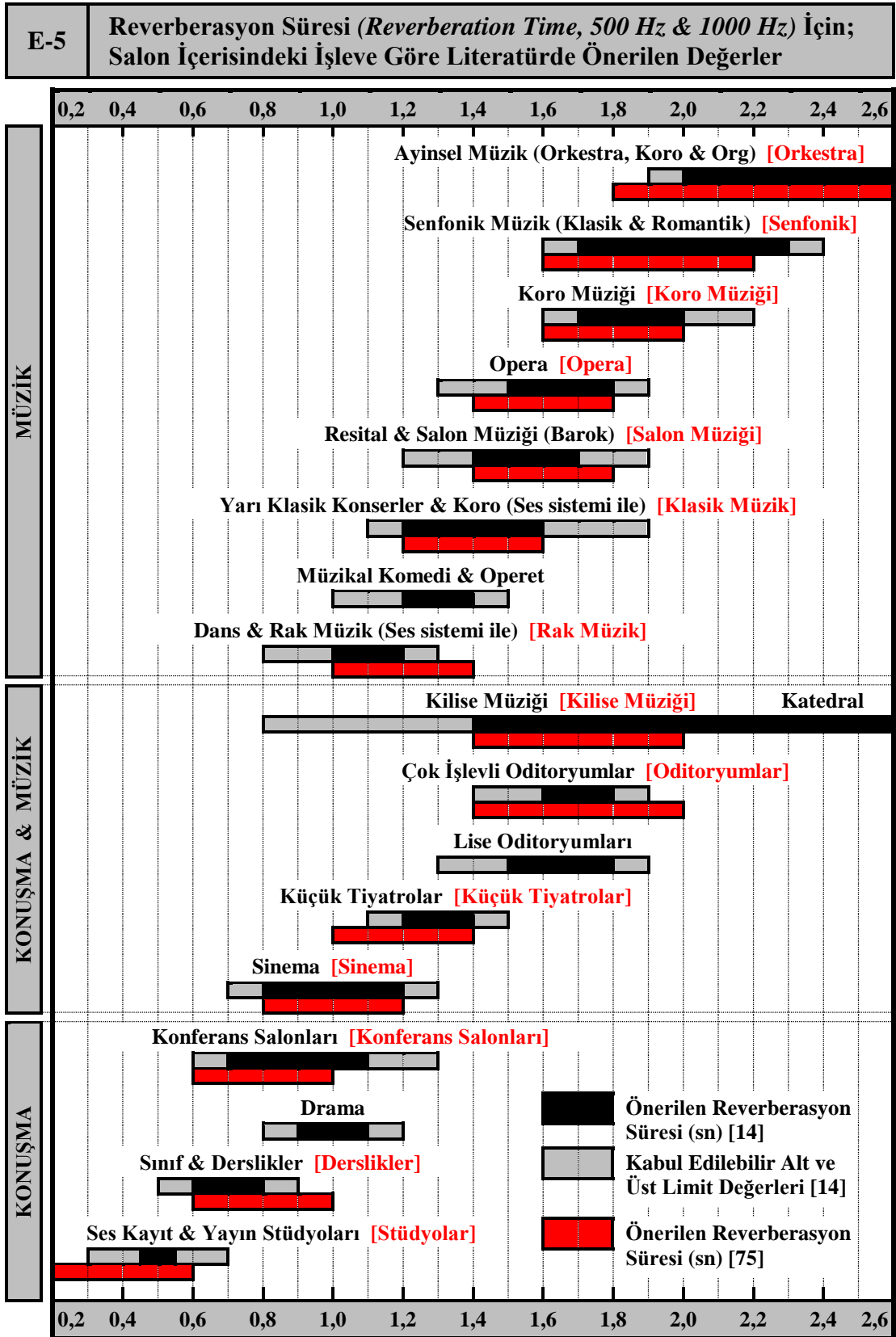


- Sinema İşlevinde, Düşük ve Yüksek Frekanslardaki Reverberasyon Süresine Yönelik, Tolerans Aralığı İçin Ölçekleme Katsayısı Grafiği [27, 72]
- Sinema işlevinde, reverberasyon süresinin; düşük frekanslarda kademeli olarak artması, yüksek frekanslarda ise, kademeli olarak azalması önerilmektedir [27, 72].
- Düşük ve yüksek frekanslardaki, reverberasyon süresi için önerilen, tolerans aralığına yönelik, alt ve üst limit değerleri; 500 Hz'deki reverberasyon süresinin, bu grafikteki ölçekleme katsayısı ile çarpılması sonucunda elde edilmektedir [27, 72].

Çizelge 2.5. (Devam) Hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri



Çizelge 2.5. (Devam) Hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri





Çizelge 2.5. (Devam) Hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri

E-6 Reverberasyon Süresi ( <i>Reverberation Time, T<sub>60</sub></i> ) İçin; Salon İçerisindeki İşleve ve Salonun <u>Toplam Hava Hacmine</u> Göre, Literatürde ve Standartlarda Önerilen Değerler				
• Salonun İşlevi [76] ( <i>Types of Performances</i> )	Salonun Toplam Hava Hacmi ( <i>Room Volume</i> )			
	1 000 m <sup>3</sup>	5 000 m <sup>3</sup>	10 000 m <sup>3</sup>	20 000 m <sup>3</sup>
• Org ve Koro Müziği ( <i>Organ, Choral</i> )	----	----	----	2,1 - 4,2sn
• Romantik Klasik Müzik ( <i>Romantic Classical</i> ) [77]	----	----	----	1,8 - 2,2sn
• Opera İşlevi ( <i>Opera</i> ) [77]	----	----	1,3 - 1,8sn	----
• Salon Müziği ( <i>Chamber Music</i> ) [77]	----	1,4 - 1,7sn	----	----
• Rak ve Pop Müzik ( <i>Amplified Music</i> ) [77]	0,65sn	1,05sn	1,2sn 6500m <sup>3</sup> için	----
• Konferans (Konuşma işlevi) ( <i>Spoken Word</i> ) [78]	0,7sn	0,8sn	0,85sn	1,1sn
• Sinema İşlevi ( <i>Cinema</i> ) [79]	0,35 - 0,55sn	0,45 - 0,7sn	0,7 - 1,0sn	0,9 - 1,3sn
• Farklı İşlevlere Yönelik Önerilen Reverberasyon Süresi (Reverberation Time) Grafiği (500 Hz) [80]				

Çizelge 2.5. (Devam) Hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri

E-7		Hacim Akustiği Parametreleri ( <i>Room Acoustical Parameters</i> )		
- Sesin Subjektif (Öznel) Niteliği ( <i>Subjective Listener Aspect</i> )		- Objektif Akustik Parametreler ( <i>Objective Room Acoustic Parameters</i> )		Kaynak
-----	Reverberans ( <i>Reverberance</i> )	$T_{60}$ (sn)	Reverberasyon Süresi ( <i>Reverberation Time</i> )	[81, 82]  ( <i>Siebein ve Gold, 1997</i> )
-----	Reverberans ( <i>Perceived Reverberance</i> )	EDT (sn)	Erken Sönümlenme Süresi ( <i>Early Decay Time</i> )	[83]  ( <i>TS EN ISO 3382-1</i> )
-----	Algılanan Sesin Yüksekliği ( <i>Subjective level of sound</i> ) ( <i>Loudness</i> )	G (dB)	Sesin Yüksekliği ( <i>Relative Strength, Sound Strength</i> )	[83]  ( <i>TS EN ISO 3382-1</i> )
-----	Algılanan Sesin Berraklığı veya Netliği ( <i>Perceived clarity of sound</i> )	$C_{80}$ (dB)	Sesin Berraklığı veya Netliği ( <i>Clarity</i> )	[83]  ( <i>TS EN ISO 3382-1</i> )
		$D_{50}$	Konuşmanın Belirginliği ( <i>Definition</i> )	
		$T_S$ (ms)	Zamansal Ağırlık Merkezi ( <i>Centre Time</i> )	
ASW	Algılanan Kaynak Genişliği ( <i>Apparent Source Width</i> )	$J_{LF}$ $J_{LFC}$ $LF_{80}$	Erken Yan Yansıma Oranı ( <i>Early Lateral Energy Fraction</i> )	[83]  ( <i>TS EN ISO 3382-1</i> )
LEV	Müzik Tarafından Çepeçevre Kuşatılma Duygusu ( <i>Listener Envelopment</i> )	$L_J$ $LG_{80}$ (dB)	Geciken Yanal Ses Seviyesi ( <i>Late Lateral Sound Level</i> )	[83]  ( <i>TS EN ISO 3382-1</i> )
-----	Orkestra veya müzisyenlerin akustik koşulları ( <i>Ensemble conditions</i> )	$ST_{Early}$ $ST1$ (dB)	Erken Destek ( <i>Early Support</i> )	[83]  ( <i>TS EN ISO 3382-1</i> )
-----	Reverberans ( <i>Perceived Reverberance</i> )	$ST_{Late}$ $ST2$ (dB)	Geç Destek ( <i>Late Support</i> )	[83]  ( <i>TS EN ISO 3382-1</i> )

Çizelge 2.5. (Devam) Hacim akustiği parametrelerine yönelik performans kriterleri

E-8		Hacim Akustiği Parametreleri ( <i>Room Acoustical Parameters</i> )		
- Sesin Subjektif (Öznel) Niteliği ( <i>Subjective Listener Aspect</i> )		- Objektif Akustik Parametreler ( <i>Objective Room Acoustic Parameters</i> )		Kaynak
-----	Algılanan Sesin Dokusu ve Sesin Dağılımı ( <i>Texture and Diffusion</i> )	IACC	Kulaklar Arası Algılanan Sesin Benzerliği ( <i>Inter-aural Cross Correlation</i> )	[81, 82] ( <i>Siebein ve Gold, 1997</i> )
		BQI	Kulaklar Arası Algılanan Sesin Nitelik İndeksi ( <i>Binaural Quality Index</i> )	
		SDI	Yüzeyin Ses Dağıtma İndeksi ( <i>Surface Diffusivity Index</i> )	
-----	Mekansal Algılama ( <i>Spaciousness</i> )	IACC	Kulaklar Arası Algılanan Sesin Benzerliği ( $< 0,50$ ) ( <i>Inter-aural Cross Correlation</i> )	[81, 82] ( <i>Siebein ve Gold, 1997</i> )
		BQI	Kulaklar Arası Algılanan Sesin Nitelik İndeksi ( <i>Binaural Quality Index</i> )	
-----	Sesin Yakınlığı ( <i>Intimacy</i> )	ITDG (ms)	İlk Yansımanın Gecikme Süresi ( $ITDG < 20$ ms) ( <i>Initial Time-Delay Gap</i> )	[81, 82] ( <i>Siebein ve Gold, 1997</i> )
-----	Sesin Sıcaklığı ( <i>Warmth</i> )	BR	Bas Oranı ( <i>Bass Ratio</i> ) BR = 1,10 ~ 1,25 ( $T_{mid} \geq 1,8$ sn ise) BR = $(T_{125}+T_{250})/(T_{500}+T_{1000})$	[27, 84] ( <i>Mehta ve Ark., 1999</i> )
			Bas Oranı ( <i>Bass Ratio</i> ) BR = 1,10 ~ 1,45 ( $T_{mid} < 1,8$ sn ise) BR = $(T_{125}+T_{250})/(T_{500}+T_{1000})$	( <i>Beranek, 1996</i> )
-----	Sesin Parlaklığı ( <i>Brilliance</i> )	TR	Tiz Oranı ( <i>Treble Ratio</i> ) TR = $T_{2000}+T_{4000} / T_{500}+T_{1000}$ TR > 1,0	[17, 81, 82]
		EDT	Erken Sönümlenme Süresi ( <i>Early Decay Time</i> ) - EDT <sub>2000</sub> / EDT <sub>mid</sub> ≥ 0,9 - EDT <sub>4000</sub> / EDT <sub>mid</sub> ≥ 0,8 EDT <sub>mid</sub> = $(EDT_{500}+EDT_{1000})/2$	[27, 84] ( <i>Mehta ve Ark., 1999</i> ) ( <i>Beranek, 1996</i> )

### 3. AKUSTİK PERFORMANS KRİTERLERİ BAĞLAMINDA ÇOK MAKSATLI ODİTORYUM TASARIMI VE DOĞRULANMASI

Günümüzde, Dünya literatürüne, hacim akustiği alanında katkı sağlayan araştırmacıların hedefinin; *mimari tasarım parametrelerinin, hacimlerin akustik performansına etkisinin tespit edilmesine* yönelik olduğu görülmektedir. Mimari tasarım parametrelerinin, hacimlerin akustik performansına etkisi, günümüzde, büyük ölçüde tespit edilebilmekte olup, teknolojik gelişmelere ve artan akustik konfor gereksinimlerine bağlı olarak, *hacim akustiğine yönelik tasarım parametreleri* gelişimini sürdürmektedir.

Araştırmanın ilk evresini oluşturan, konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevler için ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanabilmesi amacı ile önerilen, mimari tasarım parametrelerine yönelik performans kriterleri;

- hacim akustiğine yönelik, uluslararası araştırmaların incelenmesi,
- hacim akustiğine yönelik, ülkemizde yürürlükte olan Türk Standartları'nın (*TS*) ve uluslararası standartların (*EN, ISO, DIN, ANSI vb.*) incelenmesi ve
- Dünya'da ve ülkemizde inşa edilmiş olan, konferans, konser, opera ve tiyatro salonlarının incelenmesi sonucunda hazırlanmış olup, günümüze kadar ulaşılmış olan, hacim akustiğine yönelik bilgi birikimini ele almaktadır.

Araştırmanın ikinci evresini oluşturan, bu bölümde ise; farklı işlevlere yönelik akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması amacı ile geliştirilmekte olan pasif sistemler kullanılarak, bu araştırmaya özgü, çok maksatlı oditoryum tasarımı yapılmıştır. Bilgisayar modelleme yöntemi kullanılarak yürütülen bu araştırma ile hedeflenen; pasif sistemlere yönelik tasarım parametrelerinin geliştirilmesidir.

Akustik konforun önem kazandığı, çok maksatlı oditoryumlarda (*multi-purpose auditorium*), hacim içerisinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanabilmesi; mimari tasarım sürecinde alınan tasarım kararlarına bağlıdır. Geliştirilen tasarım parametrelerinin; mimari tasarım sürecinde, doğru tasarım kararlarının alınabilmesini sağlaması ve çok maksatlı oditoryum tasarımına ışık tutması hedeflenmektedir.

### 3.1. Performans Kriterleri Doğrultusunda Bir Oditoryum Tasarımı Yapılması

Araştırmanın ikinci evresini oluşturan bu bölümde ise; çok maksatlı oditoryumların (*multi-purpose auditoriums*) tasarımına ışık tutan performans kriterleri ve geliştirilen tasarım parametreleri aracılığı ile, özgün bir çok maksatlı oditoryum tasarlanmıştır.

Tasarlanan çok maksatlı oditoryuma yönelik akustik veriler aşağıda özetlenmektedir;

- Oditoryum içerisindeki işlevler : Konferans, konser, opera ve tiyatro
- Oditoryumun izleyici kapasitesi (N) : ~ 470 izleyici
- Konser işlevinde salonun hacmi (V) : ~ 4250 m<sup>3</sup>, V/N : ~ 9,0 m<sup>3</sup>/ izleyici
  - Birleşen hacimler sistemi : ~ 1500 m<sup>3</sup> (salon hacminin ~ % 35'i)
- Konferans işlevinde salonun hacmi (V) : ~ 3700 m<sup>3</sup>, V/N : ~ 7,8 m<sup>3</sup>/ izleyici
- Tiyatro işlevinde salonun hacmi (V) : ~ 3700 m<sup>3</sup>, V/N : ~ 7,8 m<sup>3</sup>/ izleyici
  - Sofitanın hava hacmi : ~ 4000 m<sup>3</sup>
- Opera işlevinde salonun hacmi (V) : ~ 3700 m<sup>3</sup>, V/N : ~ 7,8 m<sup>3</sup>/ izleyici
  - Birleşen hacimler sistemi : ~ 1500 m<sup>3</sup> (salon hacminin ~ % 35'i)
  - Sofitanın hava hacmi : ~ 4000 m<sup>3</sup>
  - Orkestra çukurunun hava hacmi : ~ 300 m<sup>3</sup>
- Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliğinin (2010) önerdiği, Arkaplan gürültü düzeyi [66] : 25 dBA (~ NC 15)

Konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere yönelik akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması amacı ile geliştirilmekte olan *pasif sistemlerin*, birbiri ile entegre olarak tasarlandığı, çok maksatlı oditoryumda;

- birleşen hacimler sisteminin (*coupled volumes system*), opera ve konser işlevinde,
- sahne çevresinde tasarlanan, sahnenin hareketli ses yansıtıcı yüzey sisteminin (*movable orchestra shell*), konser işlevinde,
- hareketli orkestra çukuru sisteminin (*movable orchestra pit*), opera ve müzikal tiyatro işlevinde ve
- perde sisteminin (*acoustical curtains*) ise, konferans işlevinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların, sağlanmasında etkili olacağı öngörülmüştür.



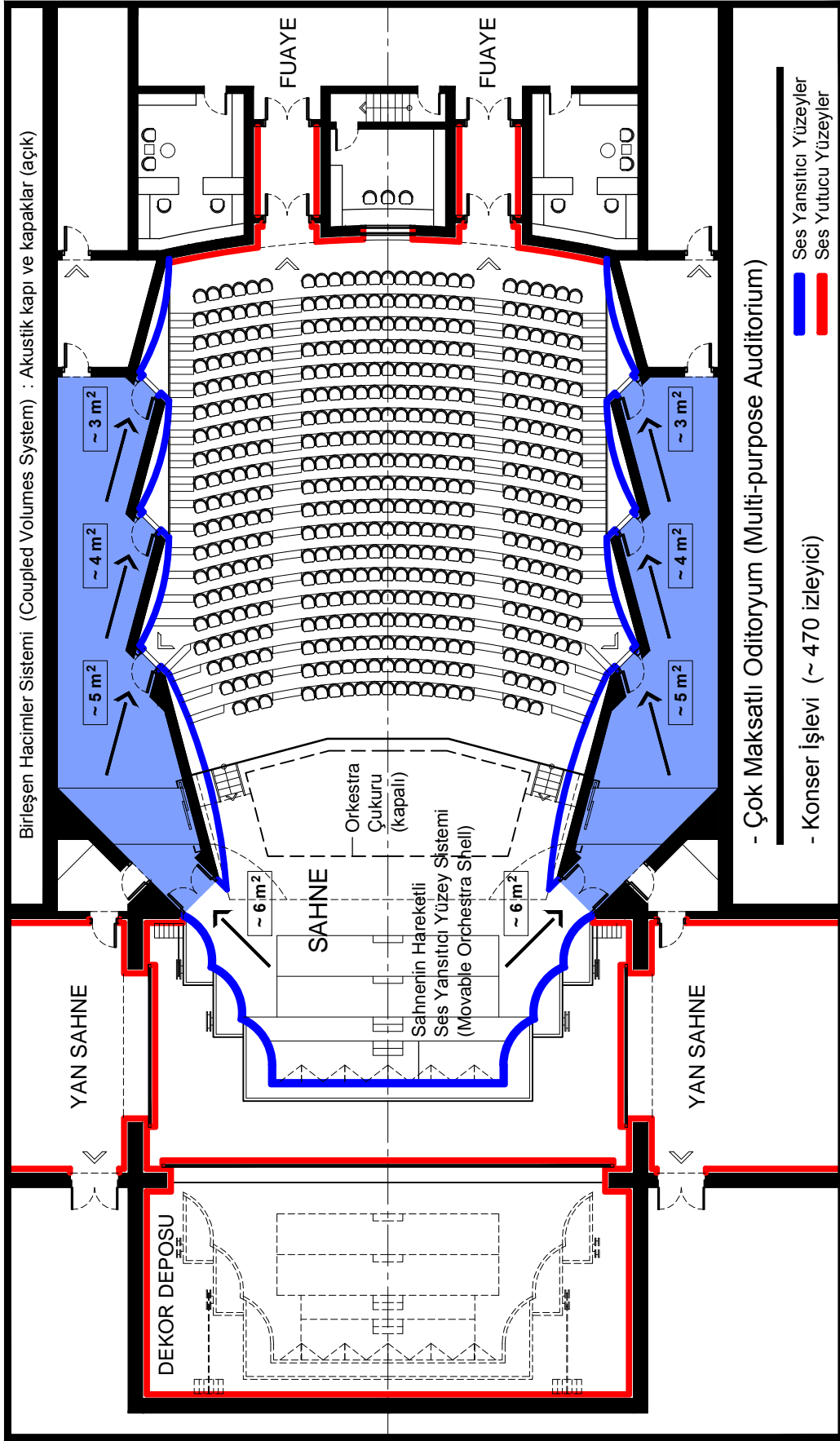
Resim 3.1. Konser işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi

Bu tez kapsamında tasarlanan çok maksatlı oditoryumda (*multi-purpose auditorium*), konser işlevine yönelik ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanması amacı ile;

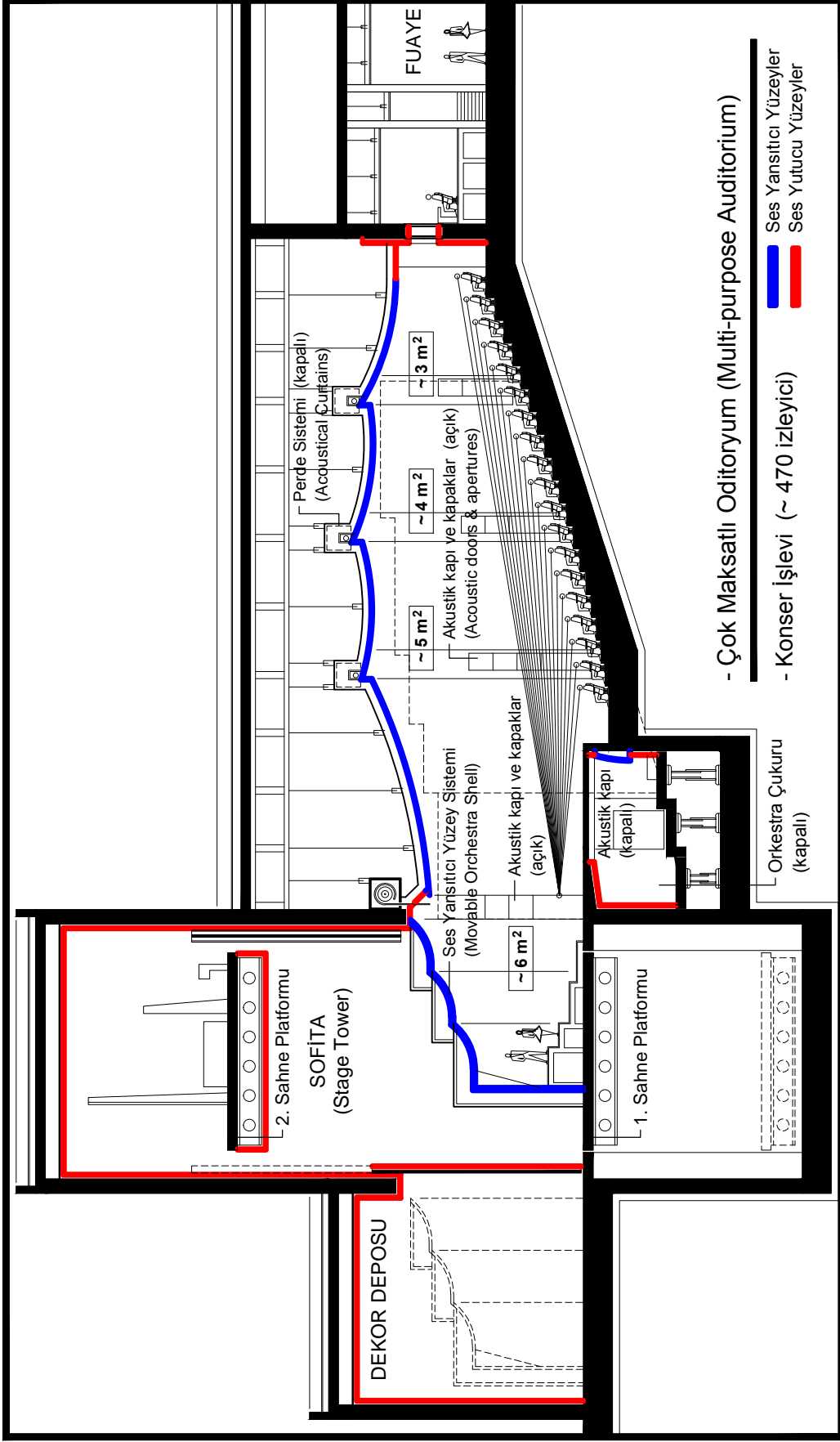
- birleşen hacimler sistemi (*coupled volumes system*) ve sahnenin hareketli ses yansıtıcı yüzey sistemi (*movable orchestra shell*), entegre olarak tasarlanarak, birleşen hacimler sistemi ile sahne arasında ses enerjisi transferi sağlanmış ve
- ses enerjisinin hacim içerisinde her yerde aynı seviyede olduğu, dağınık ses alanı koşullarının (*diffuse field*) sağlanmasına yönelik olarak, salonun yan duvarlarında ve asma tavanında, yüzey düzensizlikleri (*face irregularities*) oluşturularak, dışbükey ses yansıtıcı yüzeyler tasarlanmıştır.

Tasarlanan çok maksatlı oditoryumda;

- kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları, Çizelge 3.1’de,
- konser işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi, Çizelge 3.2’de ve
- konser işlevine yönelik, hacim akustiği analizleri sonucunda ulaşılan bulgular ise, Çizelge 3.6’da özetlenmektedir.



Şekil 3.1. Konser işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun planı



Şekil 3.2. Konser işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun kesiti





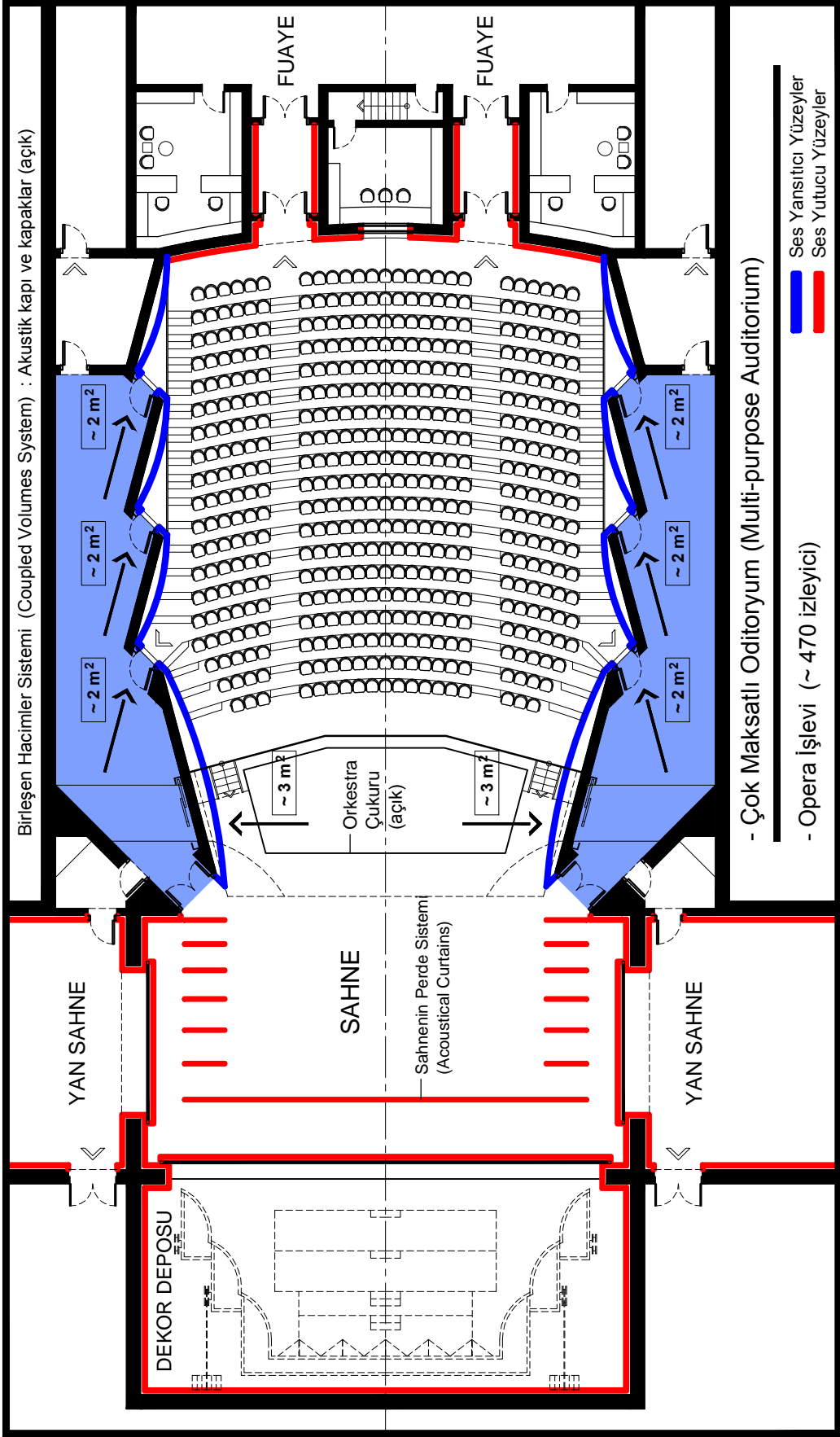
Resim 3.2. Opera işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi

Bu tez kapsamında tasarlanan çok maksatlı oditoryumda (*multi-purpose auditorium*), opera işlevine yönelik ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanması amacı ile;

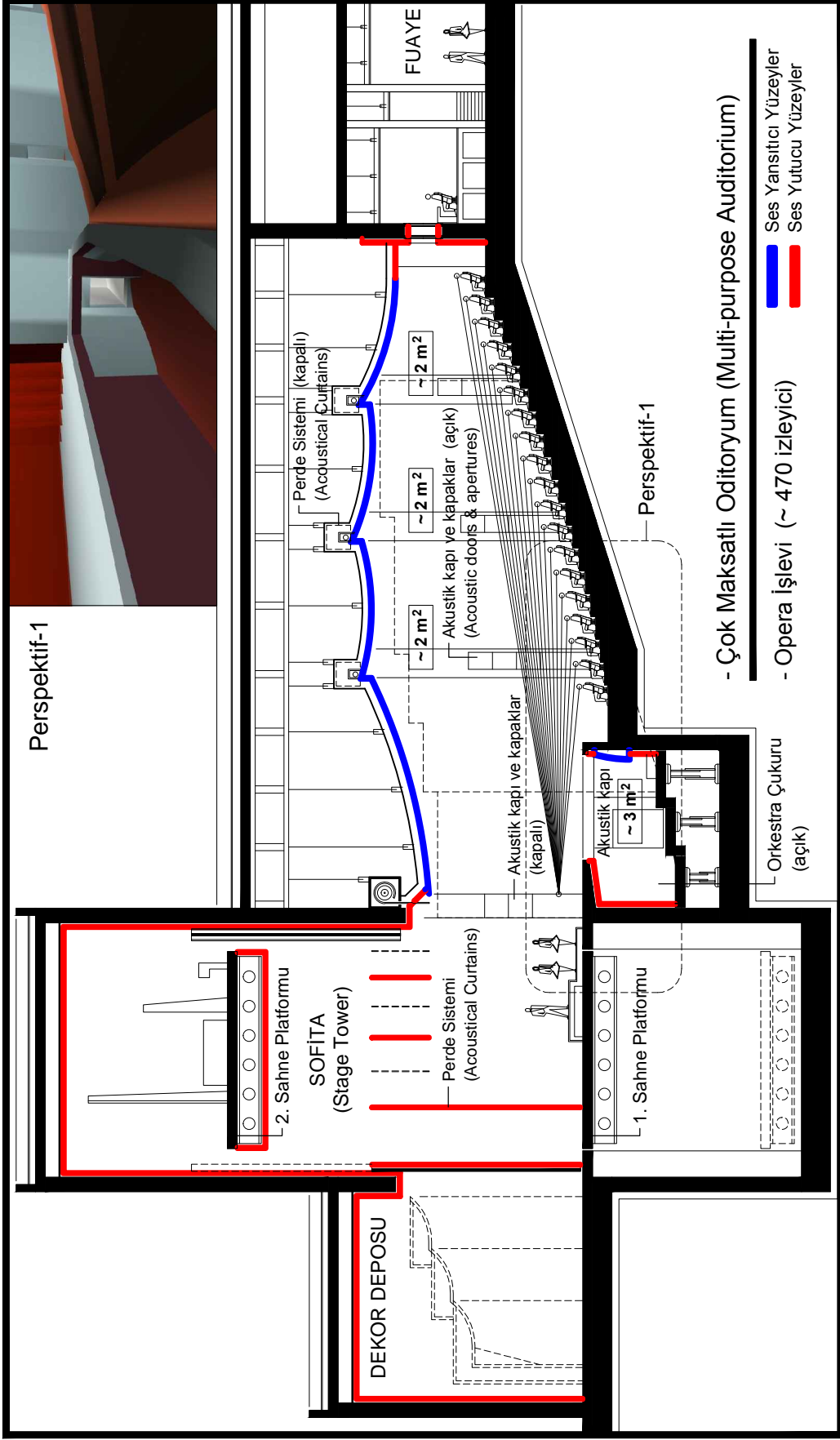
- birleşen hacimler sistemi (*coupled volumes system*) ve orkestra çukuru (*orchestra pit*) entegre olarak tasarlanarak, birleşen hacimler sistemi ile orkestra çukuru arasında ses enerjisi transferi sağlanmış ve
- hacim içerisinde, erken ses yansımalarının oluşması ve akustik parlama (*acoustical glare*) gibi önemli akustik problemlerin önlenmesi için, ön sahnenin yan duvarlarında ve asma tavanında, dış bükey formda, masif ahşap malzeme ile ses yansıtıcı yüzeyler (*proscenium reflectors*) tasarlanmıştır.

Tasarlanan çok maksatlı oditoryumda;

- kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları, Çizelge 3.1’de,
- opera işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi, Çizelge 3.3’te ve
- opera işlevine yönelik, hacim akustiği analizleri sonucunda ulaşılan bulgular ise, Çizelge 3.6’da özetlenmektedir.



Şekil 3.3. Opera işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun planı



Şekil 3.4. Opera işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun kesiti



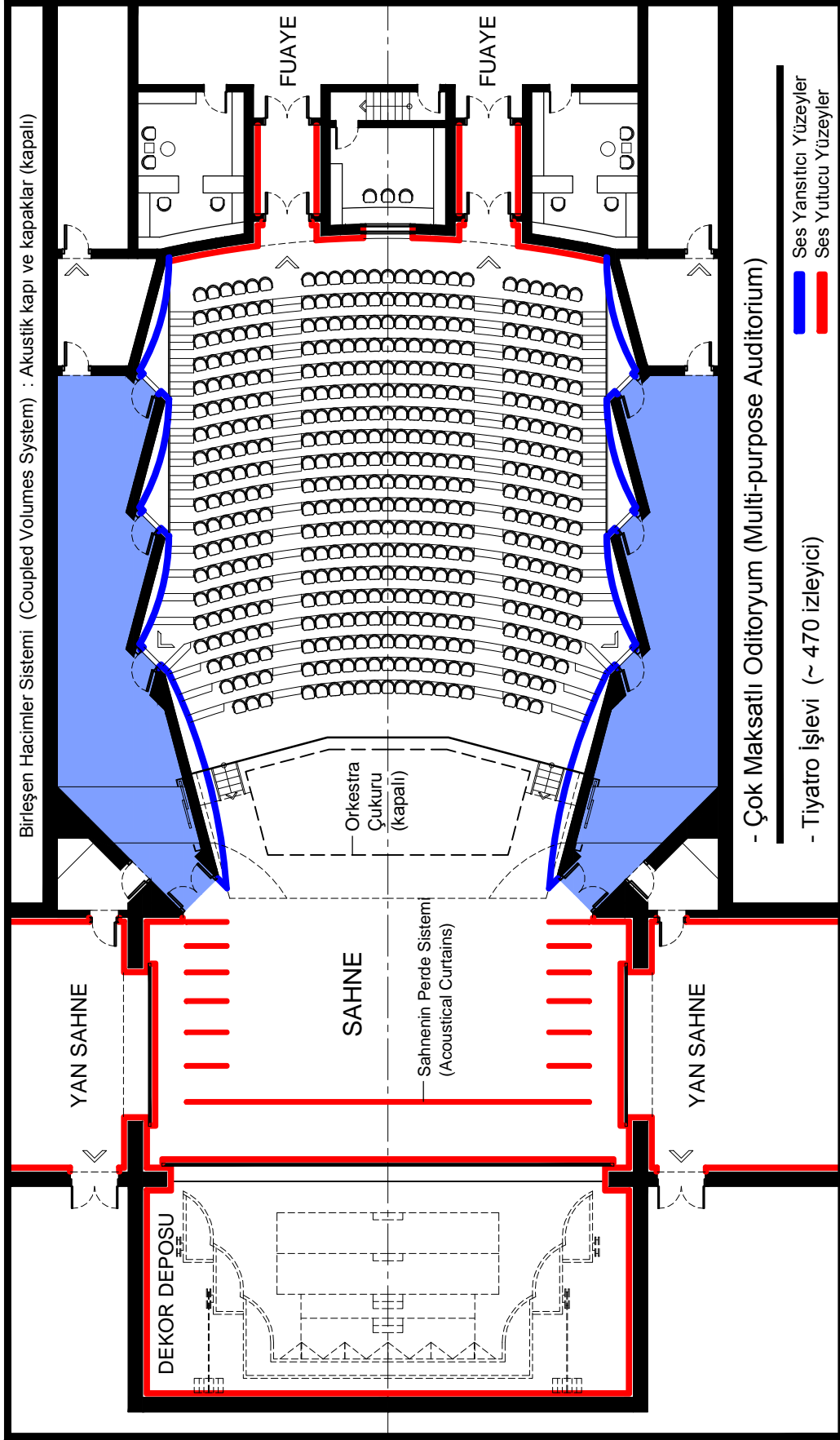
Resim 3.3. Tiyatro işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi

Bu tez kapsamında tasarlanan çok maksatlı oditoryumda (*multi-purpose auditorium*), tiyatro işlevine yönelik ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanması amacı ile;

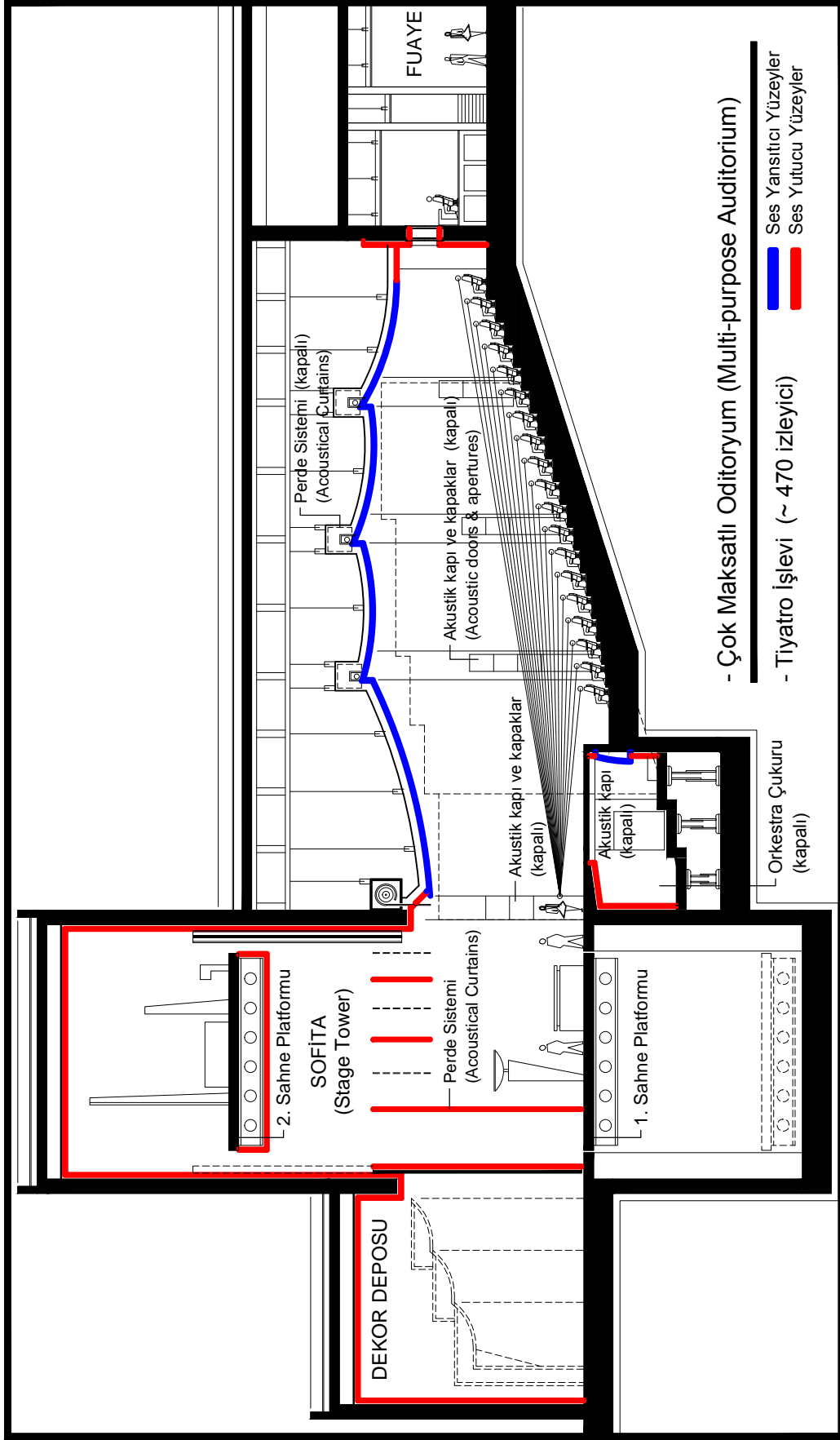
- sahneye ilave edilen ses yansıtıcı dekorlar ve sofitanın hava hacmi nedeniyle, salonun reverberasyon süresinin yükselmemesi için, sahne ve sofita, ses yutucu yüzeyler ile kaplanarak, doğal akustiğin ölü hale getirilmesi sağlanmış ve
- hacim içerisinde, erken ses yansımalarının oluşması ve akustik parlama (*acoustical glare*) gibi önemli akustik problemlerin önlenmesi için, ön sahnenin yan duvarlarında ve asma tavanında, dış bükey formda, masif ahşap malzeme ile ses yansıtıcı yüzeyler (*proscenium reflectors*) tasarlanmıştır.

Tasarlanan çok maksatlı oditoryumda;

- kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları, Çizelge 3.1’de,
- tiyatro işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi, Çizelge 3.4’te ve
- tiyatro işlevine yönelik, hacim akustiği analizleri sonucunda ulaşılan bulgular ise, Çizelge 3.6’da özetlenmektedir.



Şekil 3.5. Tiyatro işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun planı



Şekil 3.6. Tiyatro işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun kesiti



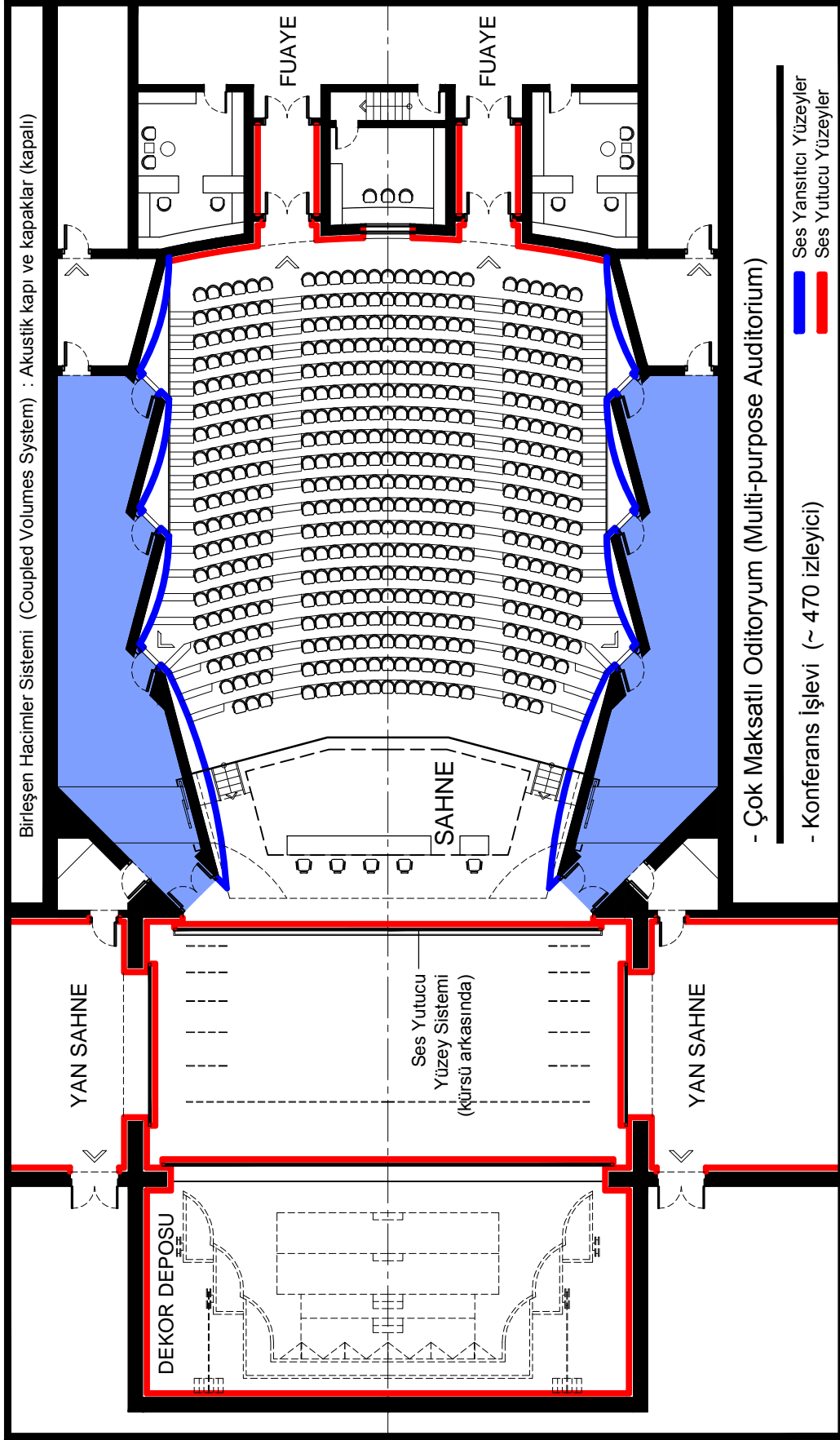
Resim 3.4. Konferans işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi

Bu tez kapsamında tasarlanan çok maksatlı oditoryumda (*multi-purpose auditorium*), konferans işlevine yönelik ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanması amacı ile;

- opera, tiyatro ve konser işlevleri ile karşılaştırıldığında, daha kısa reverberasyon süresine ihtiyaç duyulması nedeniyle, asma tavan tipi perde sistemi tasarlanmış,
- sofitanın hava hacmi nedeniyle, reverberasyon süresinin yükselmemesi için, konuşmacı kürsüsü arkasında, hareketli ses yutucu yüzey sistemi tasarlanmış ve
- salonun içbükey forma sahip olan arka duvarı nedeni ile, odaklanma etkisi (*focussing effect*) gibi önemli akustik problemlerin yaşanmaması için, salonun arka duvarı, ses yutucu yüzeyler ile kaplanmıştır.

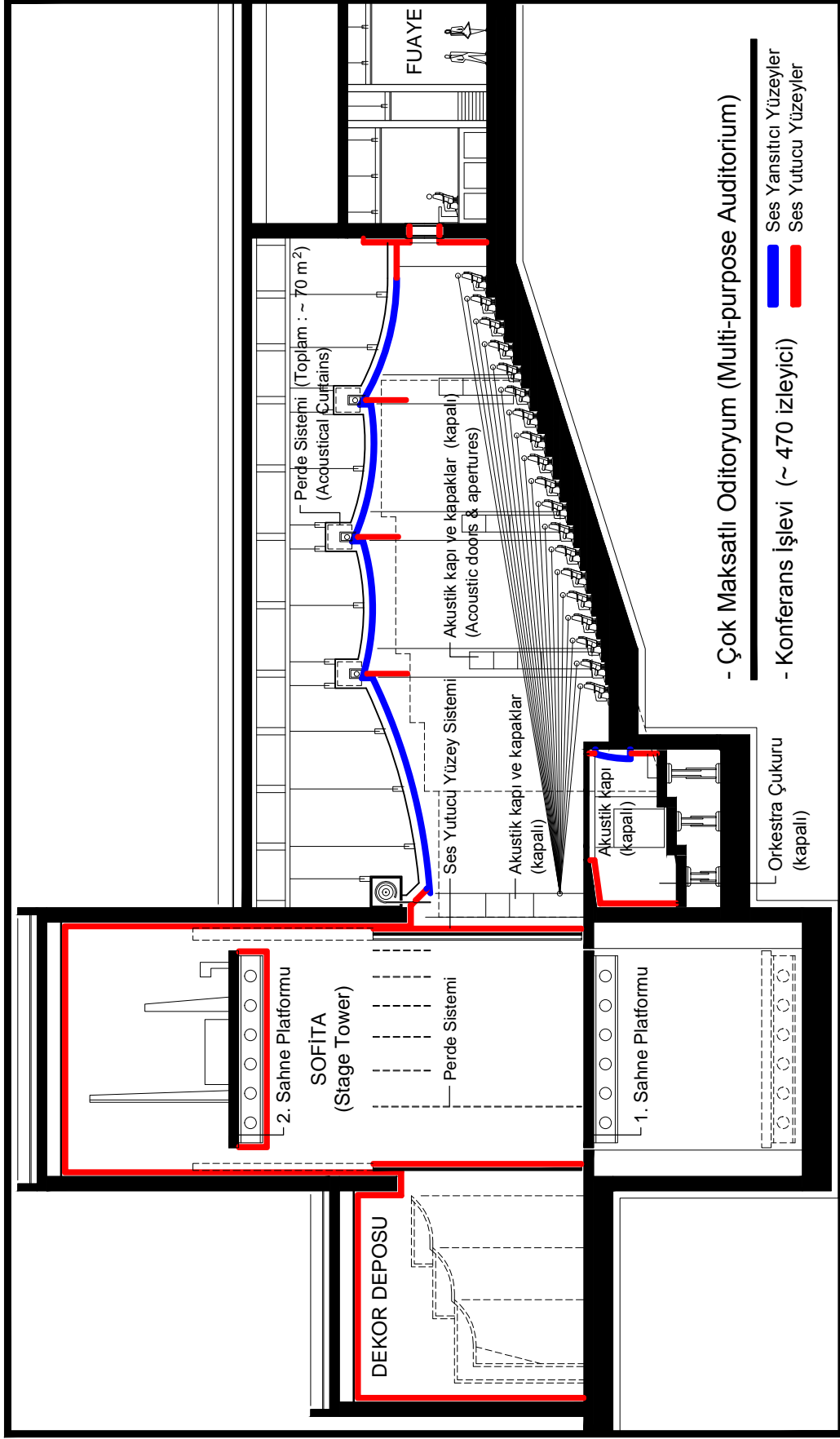
Tasarlanan çok maksatlı oditoryumda;

- kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları, Çizelge 3.1’de,
- konferans işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi, Çizelge 3.5’te ve
- konferans işlevine yönelik, hacim akustiği analizleri sonucunda ulaşılan bulgular ise, Çizelge 3.6’da özetlenmektedir.



Şekil 3.7. Konferans işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun planı





Şekil 3.8. Konferans işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun kesiti

Çizelge 3.1. Oditoryumda kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları

Çok Maksatlı Oditoryumda Kullanılan Malzemelerin Akustik Özellikleri								
NO	Ses Yutma Katsayıları ( <i>Sound Absorption Coefficients</i> )							
7006 [85]	SALON : Halı kaplama (Keçe Tabanlı)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,08000	0,08000	0,27000	0,39000	0,34000	0,48000	0,63000	0,63000
11008 [85]	SALON : Orta yoğunluklu, kolçaklı koltuk (izleyicili)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,62000	0,62000	0,72000	0,80000	0,83000	0,84000	0,85000	0,85000
3066 [85]	SALON : 8 mm MDF/Ahşap kaplama asma tavan							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,28000	0,28000	0,22000	0,17000	0,09000	0,10000	0,11000	0,11000
14501 [86]	SALON : 8 mm MDF/Ahşap kaplama asma tavan (Delikli) + Akustik keçe 0,2 mm + Taşyünü 50 mm, 50 kg/m <sup>3</sup> (MAP-8, Ses yutucu)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	---	0,41000	0,58000	0,69000	0,63000	0,54000	0,38000	---
3020 [85]	SALON : 16 mm - 22 mm MDF/Ahşap kaplama (yivli) + Taşyünü 50 mm							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,25000	0,25000	0,15000	0,10000	0,09000	0,08000	0,07000	0,07000
14502 [87]	SALON : 18 mm MDF/Ahşap kaplama (yivli-delikli) + Akustik keçe 0,2 mm + Taşyünü 50 mm (150 kg/m <sup>3</sup> ) (MAP-18, Ses yutucu)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	---	0,53000	0,68000	0,84000	0,87000	0,82000	0,74000	---
10005 [85]	SALON : Cam yüzeyler							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,18000	0,18000	0,06000	0,04000	0,03000	0,02000	0,02000	0,02000
3004 [85]	SAHNE : Ahşap döşeme kaplaması + ahşap konstrüksiyon							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,15000	0,15000	0,11000	0,10000	0,07000	0,06000	0,07000	0,07000
15201 [88]	SAHNE ve SOFİTA : Camyünü 100 mm, 50 kg/m <sup>3</sup> (Bir yüzeyi siyah camtülü kaplı 0,6 mm, 75 g/m <sup>2</sup> ) + Kumaş kaplama (Akustik açıdan geçirgen)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	---	0,75000	1,18000	1,09000	1,00000	1,00000	1,02000	---

Çizelge 3.1. (Devam) Oditoryumda kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları

<b>Çok Maksatlı Oditoryumda Kullanılan Malzemelerin Akustik Özellikleri</b>								
<i>NO</i>	<i>Ses Yutma Katsayıları (Sound Absorption Coefficients)</i>							
102 [85]	<b>Birleşen Hacimler Sistemi (Coupled Volumes System) :</b> Boyalı veya perdahlı, pürüzsüz beton yüzey							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,01000	0,01000	0,01000	0,01000	0,02000	0,02000	0,02000	0,02000
1003 [85]	<b>Boyalı Tuğla Duvar</b>							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,01000	0,01000	0,01000	0,02000	0,02000	0,02000	0,03000	0,03000
4044 [85]	<b>Metal konstrüksiyon üzerine, 2 kat alçıpano kaplama (2x13 mm) + 50 mm Taşyünü</b>							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,15000	0,15000	0,10000	0,06000	0,04000	0,04000	0,05000	0,05000
10007 [85]	<b>Masif Ahşap Kapı</b>							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	0,14000	0,14000	0,10000	0,06000	0,08000	0,10000	0,10000	0,10000
15501 [89]	<b>Sahnenin Hareketli Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi (Movable Orchestra Shell) :</b> Masif ahşap panel							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	---	0,10000	0,07000	0,05000	0,04000	0,04000	0,04000	---
15602 [90]	<b>SAHNE / Perde Sistemi : Kadife perde (2 kat) 720 g/m<sup>2</sup> (Velvet Curtains)</b>							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	---	0,17000	0,52000	0,88000	0,99000	1,04000	1,06000	---
15603 [90]	<b>SALON / Perde Sistemi (Alternatif-1) :</b> Kadife perde (3 kat) 1090 g/m <sup>2</sup> (Velvet Curtains)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	---	0,21000	0,61000	0,95000	1,07000	1,12000	1,09000	---
15611 [90]	<b>SALON / Perde Sistemi (Alternatif-2) :</b> Saten perde (2 kat) 550 g/m <sup>2</sup> (Satin Curtains)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	---	0,17000	0,45000	0,76000	0,89000	0,91000	0,88000	---
15612 [90]	<b>SALON / Perde Sistemi (Alternatif-3) :</b> Saten perde (3 kat) 750 g/m <sup>2</sup> (Satin Curtains)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	---	0,23000	0,53000	0,87000	1,02000	1,04000	0,94000	---

### 3.2. Geliştirilen Tasarımın Bilgisayar Modelleme Yöntemi ile Sınanması

Oditoryumların tasarım sürecine ışık tutan performans kriterleri ve geliştirilen tasarım parametreleri aracılığı ile, bu araştırmaya özgü olarak tasarlanan çok maksatlı oditoryumun (*multi-purpose auditorium*), konferans, konser, opera ve tiyatro işlevlerini kapsayan, hacim akustiğine yönelik analizleri; *ODEON (Version, 10.02 Combined)* hacim akustiği simülasyon programı kullanılarak [85], bilgisayar modelleme yöntemi ile yapılmıştır.

ODEON hacim akustiği simülasyon programı, ISO (*International Organization for Standardization*) tarafından hazırlanan; ISO 3382-1, ISO 11690-1, ISO 11690-2, ISO/TR 11690-3 ve ISO 14257 gibi uluslararası standartlarda yer alan hesaplama yöntemlerini kullanmaktadır [85]. Bu nedenle, ODEON hacim akustiği simülasyon programı kullanılarak yapılan analizlerin; ISO gibi uluslararası standartlarda tanımlanmakta olan ve hacimlerin gerçek kullanım koşullarında yapılması önerilen, ölçüm metodolojisine eşdeğer olduğu kabul edilebilmektedir.

Tasarlanan çok maksatlı oditoryumun, hacim akustiğine yönelik analizlerinde kullanılan veriler ve analizlerin evreleri aşağıda özetlenmektedir [85].

- Tasarlanan oditoryumun, öncelikle 3 boyutlu olarak modellenmesi ve ODEON hacim akustiği simülasyon programına aktarılması
- Modeldeki tüm yüzeylere; %20 ses yutma katsayısı atanarak yapılması önerilen, modelin sızdırmazlık testinin yapılması
- Sızdırmazlık testinin ardından, modeldeki yüzeylere; hacim içerisindeki işlev için uygun olan ve Çizelge 3.1’de özetlenen ses yutma katsayılarının atanması
- Ses kaynağı ve mikrofon (dinleyici) yerleşiminin; salonu temsil edecek şekilde ve TS EN ISO 3382-1’de belirtilmekte olan kriterlere uygun olarak yapılması
- Hacim içerisindeki işlev için uygun olan ve uluslararası standartlarda veya yönetmeliklerde önerilen, arkaplan gürültü düzeyinin belirlenmesi
- Analizlerin hassasiyet düzeyinin (*level of calculation accuracy*) belirlenerek, hacim akustiği parametrelerinin hesaplanması (*survey, engineering or precision*)

### 3.3. Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi ve Tartışma

Konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere hizmet veren, çok maksatlı oditoryumlarda (*multi-purpose auditoriums*), birbiri ile çelişen ve birbirinden çok farklı akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması gerekmekte olup; ihtiyaç duyulan akustik koşulların karşılaştırması, Çizelge 3.6'da özetlenmektedir. Bu farklılığın sağlanmasına yönelik olarak, üç ayrı yaklaşımdan söz edilebilmektedir.

- Salonun toplam hava hacminin değişimine ve kontrol edilmesine yönelik sistemler (*volume variation*)
- Salondaki ses yutucu yüzeylerin değişimine ve kontrol edilmesine yönelik sistemler (*absorption variation*)
- Sahnenin akustik koşullarının değişimine ve kontrol edilmesine yönelik sistemler (*variation in stage acoustic conditions*)

Pasif sistemlerin birbiri ile entegre olarak tasarlandığı, çok maksatlı oditoryumda, bu sistemlerin, hacim içerisindeki akustik koşullara etkisine bakıldığında;

- *konser işlevine yönelik*, birleşen hacimler sisteminin (*coupled volumes system*) kullanılması sonucunda, salona eklenen hava hacmi ve bu hacmi çevreleyen ses yansıtıcı yüzeylerin etkisi ile reverberasyon süresinde artış gözlenmekte,
- *yine konser işlevine yönelik*, sahnenin hareketli ses yansıtıcı yüzey sisteminin (*movable orchestra shell*) kullanılması sonucunda, orkestra çevresine eklenen ses yansıtıcı yüzeylerin etkisi ile reverberasyon süresinde artış gözlenmekte,
- *konferans işlevine yönelik*, ses yutucu perde sisteminin (*acoustical curtains*) etkisi ve bunun yanısıra, konuşmacı kürsüsü arkasında tasarlanan, ses yutucu yüzeyin kullanılması ile sofitanın hava hacminin devre dışı bırakılması sonucunda, reverberasyon süresinde azalma sağlamakta,
- *opera ve tiyatro işlevlerinde ise*, sadece salona eklenen sofitanın hava hacmi değil, aynı zamanda, bu işlevlerde kullanılan ses yansıtıcı yüzeylere sahip olan dekorlar nedeniyle, reverberasyon süresinde artış yaşanmaması, sahne ve sofitanın ses yutucu yüzeyler ile kaplanarak, doğal akustik koşulların ölü olduğu bir hacime (*dead spaces*) dönüştürülmesi ile sağlanmaktadır.

*Konferans ve tiyatro işlevlerine yönelik yapılan analizler sonucunda, izleyici başına öngörülen hava hacminin (volume per seat), DIN 18041'de [19] önerilen değerlerin (3~6 m<sup>3</sup>/izleyici) üzerinde olmasına karşılık (~7,8 m<sup>3</sup>/izleyici); ön sahnenin, yan duvarlarında ve asma tavanında yer alan ilk ses yansıtıcı yüzeylerin (proscenium reflector), konuşmacı veya oyunculara ait direkt sesi destekleyen ses yansımalarını sağlayacak şekilde tasarlanması ve diğer ses yansıtıcı duvar ve asma tavan yüzeylerin literatürde önerilen performans kriterlerine uygun olarak tasarlanması, hacim içerisinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasında etkili olmuştur.*


Konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere hizmet veren, çok maksatlı oditoryumlarda (*multi-purpose auditoriums*);

- birleşen hacimler sistemi (*coupled volumes system*),
- perde sistemi (*acoustical curtains*),
- hareketli orkestra çukuru sistemi (*movable orchestra pit*) ve
- sahnenin hareketli ses yansıtıcı yüzey sistemi (*movable orchestra shell*) gibi pasif sistemlerin, farklı işlevler için ihtiyaç duyulan akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanmasında, etkili ve yeterli olacağı saptanmış olup, teknolojik gelişmelere ve artan akustik konfor gereksinimlerine bağlı olarak, bu sistemler gelişimlerini sürdürmektedir.


Bu tez kapsamında tasarlanan çok maksatlı oditoryumda (*multi-purpose auditorium*);

- konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere yönelik kullanılan, pasif sistemlerin çalışma prensibi, Çizelge 3.2, Çizelge 3.3, Çizelge 3.4, Çizelge 3.5'te,
- hacim akustiği analizleri sonucunda ulaşılan bulgular ise, Çizelge 3.6'da özetlenmektedir.

Çizelge 3.2. Konser işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi


Ç-3.2	Tasarlanan Çok Maksatlı Oditoryumun ( <i>Multi-purpose Auditorium</i> ) Perspektifi ve Pasif Sistemlerin Çalışma Prensibi			
				
<i>Konser işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi</i>				
- İŞLEVLER	Birleşen Hacimler Sistemi ( <i>Coupled Volumes System</i> )	Sahnenin Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi ( <i>Orchestra Shell</i> )	Hareketli Orkestra Çukuru ( <i>Movable Orchestra Pit</i> )	Akustik Perde Sistemi ( <i>Acoustical Curtains</i> )
- Konser İşlevi	Akustik Kapılar Açık ( <i>Toplam: ~36 m<sup>2</sup></i> )	Sahnede ( <i>Orkestranın çevresinde</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra ve koro; sahnede</i> )	Kapalı
- Opera İşlevi	Akustik Kapılar Açık ( <i>Toplam: ~18 m<sup>2</sup></i> )	İptal ( <i>Sahne arkasında depolanmakta</i> )	Açık ( <i>Orkestra; çukur içerisinde</i> )	Sahnenin Perde Sistemi Açık
- Tiyatro İşlevi	Akustik Kapılar Kapalı	İptal ( <i>Sahne arkasında depolanmakta</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra yok</i> )	Sahnenin Perde Sistemi Açık
- Konferans İşlevi	Akustik Kapılar Kapalı	Ses Yutucu Yüzey Sistemi ( <i>Kürsü arkasında</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra yok</i> )	Salonun Perde Sistemi Açık ( <i>Toplam: ~70 m<sup>2</sup></i> )

Çizelge 3.3. Opera işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi

Ç-3.3	Tasarlanan Çok Maksatlı Oditoryumun ( <i>Multi-purpose Auditorium</i> ) Perspektifi ve Pasif Sistemlerin Çalışma Prensibi			
				
<i>Opera işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi</i>				
- İŞLEVLER	Birleşen Hacimler Sistemi ( <i>Coupled Volumes System</i> )	Sahnenin Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi ( <i>Orchestra Shell</i> )	Hareketli Orkestra Çukuru ( <i>Movable Orchestra Pit</i> )	Akustik Perde Sistemi ( <i>Acoustical Curtains</i> )
- Konser İşlevi	Akustik Kapılar Açık ( <i>Toplam: ~36 m<sup>2</sup></i> )	Sahnede ( <i>Orkestranın çevresinde</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra ve koro; sahnede</i> )	Kapalı
- Opera İşlevi	Akustik Kapılar Açık ( <i>Toplam: ~18 m<sup>2</sup></i> )	İptal ( <i>Sahne arkasında depolanmakta</i> )	Açık ( <i>Orkestra; çukur içerisinde</i> )	Sahnenin Perde Sistemi Açık
- Tiyatro İşlevi	Akustik Kapılar Kapalı	İptal ( <i>Sahne arkasında depolanmakta</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra yok</i> )	Sahnenin Perde Sistemi Açık
- Konferans İşlevi	Akustik Kapılar Kapalı	Ses Yutucu Yüzey Sistemi ( <i>Kürsü arkasında</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra yok</i> )	Salonun Perde Sistemi Açık ( <i>Toplam: ~70 m<sup>2</sup></i> )



Çizelge 3.4. Tiyatro işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi

Ç-3.4	Tasarlanan Çok Maksatlı Oditoryumun ( <i>Multi-purpose Auditorium</i> ) Perspektifi ve Pasif Sistemlerin Çalışma Prensibi			
				
<i>Tiyatro işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi</i>				
- İŞLEVLER	Birleşen Hacimler Sistemi ( <i>Coupled Volumes System</i> )	Sahnenin Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi ( <i>Orchestra Shell</i> )	Hareketli Orkestra Çukuru ( <i>Movable Orchestra Pit</i> )	Akustik Perde Sistemi ( <i>Acoustical Curtains</i> )
- Konser İşlevi	Akustik Kapılar Açık ( <i>Toplam: ~36 m<sup>2</sup></i> )	Sahnede ( <i>Orkestranın çevresinde</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra ve koro; sahnede</i> )	Kapalı
- Opera İşlevi	Akustik Kapılar Açık ( <i>Toplam: ~18 m<sup>2</sup></i> )	İptal ( <i>Sahne arkasında depolanmakta</i> )	Açık ( <i>Orkestra; çukur içerisinde</i> )	Sahnenin Perde Sistemi Açık
- Tiyatro İşlevi	Akustik Kapılar Kapalı	İptal ( <i>Sahne arkasında depolanmakta</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra yok</i> )	Sahnenin Perde Sistemi Açık
- Konferans İşlevi	Akustik Kapılar Kapalı	Ses Yutucu Yüzey Sistemi ( <i>Kürsü arkasında</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra yok</i> )	Salonun Perde Sistemi Açık ( <i>Toplam: ~70 m<sup>2</sup></i> )

Çizelge 3.5. Konferans işlevine yönelik pasif sistemlerin çalışma prensibi

<b>Ç-3.5</b>	<b>Tasarlanan Çok Maksatlı Oditoryumun (<i>Multi-purpose Auditorium</i>) Perspektifi ve Pasif Sistemlerin Çalışma Prensibi</b>
--------------	--



Konferans işlevine yönelik tasarlanan oditoryumun perspektifi

<b>- İŞLEVLER</b>	<b>Birleşen Hacimler Sistemi (<i>Coupled Volumes System</i>)</b>	<b>Sahnenin Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi (<i>Orchestra Shell</i>)</b>	<b>Hareketli Orkestra Çukuru (<i>Movable Orchestra Pit</i>)</b>	<b>Akustik Perde Sistemi (<i>Acoustical Curtains</i>)</b>
<b>- Konser İşlevi</b>	<b>Akustik Kapılar Açık (<i>Toplam: ~36 m<sup>2</sup></i>)</b>	<b>Sahnede (<i>Orkestranın çevresinde</i>)</b>	<b>Kapalı (<i>Orkestra ve koro; sahnede</i>)</b>	<b>Kapalı</b>
<b>- Opera İşlevi</b>	<b>Akustik Kapılar Açık (<i>Toplam: ~18 m<sup>2</sup></i>)</b>	<b>İptal (<i>Sahne arkasında depolanmakta</i>)</b>	<b>Açık (<i>Orkestra; çukur içerisinde</i>)</b>	<b>Sahnenin Perde Sistemi Açık</b>
<b>- Tiyatro İşlevi</b>	<b>Akustik Kapılar Kapalı</b>	<b>İptal (<i>Sahne arkasında depolanmakta</i>)</b>	<b>Kapalı (<i>Orkestra yok</i>)</b>	<b>Sahnenin Perde Sistemi Açık</b>
<b>- Konferans İşlevi</b>	<b>Akustik Kapılar Kapalı</b>	<b>Ses Yutucu Yüzey Sistemi (<i>Kürsü arkasında</i>)</b>	<b>Kapalı (<i>Orkestra yok</i>)</b>	<b>Salonun Perde Sistemi Açık (<i>Toplam: ~70 m<sup>2</sup></i>)</b>

Çizelge 3.6. Hacim akustiğine yönelik analiz sonuçları ve değerlendirmesi

Konser İşlevi	Opera İşlevi	Tiyatro İşlevi	Konferans İşlevi
Önerilen Değerler ve Analiz Sonucu	Önerilen Değerler ve Analiz Sonucu	Önerilen Değerler ve Analiz Sonucu	Önerilen Değerler ve Analiz Sonucu
<b>- Reverberasyon Süresi, T<sub>mid</sub> (Reverberation Time)</b>			
<b>- Frekansların Ortalaması : 500 Hz-1000 Hz - Hissedilen Fark (JND) : % 5</b>			
1,60 ≤ T <sub>mid</sub> ≤ 1,80 sn (Beranek) [11]	1,30 ≤ T <sub>mid</sub> ≤ 1,80 sn (Barron) [77]	0,66 ≤ T <sub>mid</sub> ≤ 0,98 sn (Mehta ve ark.) [27]	0,66 ≤ T <sub>mid</sub> ≤ 0,98 sn (Mehta ve ark.) [27]
1,63 sn (UYGUN)	1,45 sn (UYGUN)	0,82 sn (UYGUN)	0,72 sn (UYGUN)
<b>- Erken Sönümlenme Süresi, EDT (Early Decay Time)</b>			
<b>- Frekansların Ortalaması : 500 Hz-1000 Hz - Hissedilen Fark (JND) : % 5</b>			
EDT <sub>mid</sub> = 1,1 x T <sub>mid</sub> (Beranek) [84]	EDT / T <sub>mid</sub> ≥ %85 (Bassuet) [47]	EDT < T <sub>mid</sub> (Sylvio ve ark.) [91]	EDT < T <sub>mid</sub> (Sylvio ve ark.) [91]
EDT < T <sub>mid</sub> (for CVS) (Mehta ve ark.) [27]	EDT < T <sub>mid</sub> (for CVS) (Mehta ve ark.) [27]		
0,80 sn (UYGUN)	0,70 sn (UYGUN)	0,69 sn (UYGUN)	0,70 sn (UYGUN)
<b>- A-Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi, SPL(A) (A-weighted Sound Pressure Level)</b>			
<b>Ses Basınç Seviyesinde Minimum Değişim</b>	<b>Ses Basınç Seviyesinde Minimum Değişim</b>	<b>Ses Basınç Seviyesinde Minimum Değişim</b>	<b>Ses Basınç Seviyesinde Minimum Değişim</b>
SPL farkı < 10 dB [92] (Tachibana ve ark.)	SPL farkı < 10 dB [92] (Tachibana ve ark.)	SPL farkı < 10 dB [92] (Tachibana ve ark.)	SPL farkı < 10 dB [92] (Tachibana ve ark.)
5,5 dB (UYGUN)	3,7 dB (UYGUN)	5,3 dB (UYGUN)	6,6 dB (UYGUN)
<b>- Sesin Berraklığı veya Netliği, C<sub>80</sub> (Clarity)</b>			
<b>- Frekansların Ortalaması : 500 Hz-1000 Hz - Hissedilen Fark (JND) : 1 dB</b>			
-5 dB; +5 dB (TS EN ISO 3382-1) [83]	C <sub>80</sub> > +4 dB (Luykx ve ark.) [16]	C <sub>80</sub> > +4 dB (Luykx ve ark.) [16]	----
4,7 dB (UYGUN)	5,7 dB (UYGUN)	6,1 dB (UYGUN)	----
<b>- Erken Yan Yansıma Oranı, LF<sub>80</sub> (Early Lateral Energy Fraction)</b>			
<b>- Frekansların Ortalaması : 125 Hz-1000 Hz - Hissedilen Fark (JND) : 0,05</b>			
0,05; 0,35 (TS EN ISO 3382-1) [83]	0,05; 0,35 (TS EN ISO 3382-1) [83]	----	----
0,23 (UYGUN)	0,20 (UYGUN)	----	----
<b>- Konuşmanın Belirginliği, D<sub>50</sub> (Definition)</b>			
<b>- Frekansların Ortalaması : 500 Hz-1000 Hz - Hissedilen Fark (JND) : 0,05</b>			
----	D <sub>50</sub> > 0,50 (Thiele) [93]	D <sub>50</sub> > 0,50 (Thiele) [93]	D <sub>50</sub> > 0,50 (Thiele) [93]
----	0,61 (UYGUN)	0,65 (UYGUN)	0,66 (UYGUN)
<b>- Konuşmanın İletim İndeksi, STI (Speech Transmission Index)</b>			
----	0,75 < Çok iyi < 1,00	0,75 < Çok iyi < 1,00	0,75 < Çok iyi < 1,00
----	0,60 < İyi < 0,75	0,60 < İyi < 0,75	0,60 < İyi < 0,75
----	0,45 < Orta < 0,60	0,45 < Orta < 0,60	0,45 < Orta < 0,60
----	(TS EN 60268-16) [94]	(TS EN 60268-16) [94]	(TS EN 60268-16) [94]
----	0,67 (UYGUN)	0,68 (UYGUN)	0,67 (UYGUN)

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, teknolojik gelişmelere, ekonomik nedenlere ve giderek artan akustik konfor gereksinimlerine bağlı olarak, hacim akustiğine yönelik tasarım parametreleri gelişimini sürdürmekte ve oditoryumlar (dinleyici salonları), çok maksatlı olarak (*multi-purpose auditoriums*) tasarlanmaktadır.

Konferans, konser, opera ve tiyatro gibi farklı işlevlere hizmet veren, çok maksatlı oditoryumlarda; birbiri ile çelişen ve birbirinden çok farklı akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması gerekmektedir. Örneğin;

- konferans işlevi için, ağırlıklı olarak ses yutucu yüzeylerin kullanıldığı ve kısa reverberasyon süresine sahip olan, yani doğal akustik koşulların ölü olduğu bir hacime (*dead spaces*) ihtiyaç duyulmakta iken,
- konser işlevi için, ağırlıklı olarak ses yansıtıcı yüzeylerin kullanıldığı ve uzun reverberasyon süresine sahip olan, yani doğal akustik koşulların canlı olduğu bir hacime (*live spaces*) ihtiyaç duyulmaktadır.

Akustik konforun önem kazandığı, çok maksatlı oditoryumlarda, hacim içerisinde ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanabilmesi; *mimari tasarım sürecinde alınan tasarım kararlarına ve geliştirilen tasarım parametrelerine* bağlıdır.

Mimari tasarım parametrelerinin, hacimlerin akustik performansına etkisi, günümüzde, büyük ölçüde tespit edilebilmekte olup, teknolojik gelişmelere ve artan akustik konfor gereksinimlerine bağlı olarak, *hacim akustiğine yönelik tasarım parametreleri* gelişimini sürdürmektedir.

ODEON (*Version; 10.02 Combined*) hacim akustiği simülasyon programı kullanılarak, bilgisayar modelleme yöntemi ile yürütülen, bu tez kapsamında geliştirilmiş olan, *pasif sistemlere yönelik tasarım parametrelerinin*; gelecekte, çok maksatlı oditoryumların, mimari tasarım sürecinde, doğru tasarım kararlarının alınabilmesini sağlaması ve tasarım sürecine ışık tutması hedeflenmektedir.

Bu tez kapsamında tasarlanan, çok maksatlı oditoryum (*multi-purpose auditorium*) kullanılarak yapılan, opera ve konser işlevlerine yönelik, hacim akustiği analizleri sonucunda ulaşılan bulgular incelendiğinde;

- *konser işlevinde*, sahnenin hareketli ses yansıtıcı yüzey sisteminin (*movable orchestra shell*) ve birleşen hacimler sisteminin (*coupled volumes system*) entegre olarak tasarlanarak, birleşen hacimler sistemi ile sahne arasında, direkt olarak sağlanan ses enerjisi transferinin ve
- *opera işlevinde ise*, birleşen hacimler sistemi (*coupled volumes system*) ile orkestra çukuru arasında, direkt olarak sağlanan ses enerjisi transferinin, hacim içerisindeki işlev için uygun olan, ses enerjisinin çift sönümlenme etkisinin (*double slope sound energy decay or double slope effect*) elde edilmesinde ve ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasında, etkili olduğu test edilmiş ve ortaya konan hipotezin geçerliliği kanıtlanmıştır.

Hacim akustiği analizleri sonucunda ulaşılan diğer bulgulara ve literatürde yer alan uluslararası araştırma ve çalışmalarda (*Mehta ve ark. 1999, Bradley ve Wang 2005, Johnson ve Essert 1991, Pyper ve ark. 2008*) geliştirilen tasarım parametrelerinin, hacim akustiği parametreleri üzerindeki etkisine bakıldığında [27, 53-55];

- birleşen hacimler sisteminin (*coupled volumes system*) oditoryum çevresindeki konumunun ve buna bağlı olarak, birleşen hacimler sisteminden salona yayılan ses enerjisinin dağılımının (*localization of sound emanating from chambers*),
- birleşen hacimler sisteminin toplam hava hacminin (*total chamber volume*),
- birleşen hacimler sistemi ile salon arasında, ses enerjisi transferini sağlayan veya kontrol eden, açıklıkların veya akustik kapı ve kapakların boyutlarının (*coupling area or aperture size*) ve oditoryum çevresindeki dağılımının,
- birleşen hacimler sisteminin, iç yüzeylerinde kullanılan malzemelerin, ses yutma katsayılarının (*sound absorption coefficients*),

birleşen hacimler sistemi ile salon arasındaki, ses enerjisi transferi üzerinde etkili olduğu ve reverberasyon süresinde (*reverberation time*) artışın sağlanmasına karşılık, sesin berraklığı veya netliği (*clarity, C<sub>80</sub>*) parametresinde önemli düzeyde bir azalma olmadığı doğrulanmıştır.

Hacim akustiğine ve çok maksatlı oditoryumlara yönelik uluslararası araştırmaların incelenmesi, ÷lkemizde yürürlükte olan Türk Standartları'nın ve uluslararası standartların (*EN, ISO, DIN, ANSI vb.*) incelenmesi ve günümüze kadar inşa edilmiş olan, konferans, konser, opera ve tiyatro salonlarının incelenmesi sonucunda;

- literatürde önerilmekte olan, objektif ve subjektif akustik parametrelerin, önemli bir bölümünün henüz uluslararası standartlarda yeralmadığı,
- uluslararası standartlarda önerilen hacim akustiğı parametrelerinin, konferans, konser (*farklı müzik tarzlarına yönelik konser işlevi*), opera ve tiyatro gibi farklı işlevlerin tamamına yönelik ihtiyaç duyulan akustik koşulları kapsamadığı,
- dağınmık ses alanı koşullarının (*diffuse sound field*) sağlanmasında önem taşıyan, periyodik ses dağıtıcı yüzeylerin (*diffusers*), farklı işlevlere yönelik uygulama yöntemlerini kapsayan bilgi birikiminin, uluslararası standartlarda yeralmadığı ve
- hacim içerisinde oluşabilecek önemli akustik problemlerin tamamının, literatürde önerilmekte olan hacim akustiğı parametreleri ile tespit edilemediğı ve bu nedenle, yeni hacim akustiğı parametrelerinin geliştirilmesi gerektiğı,

saptanmış olup, eksikliği hissedilen bu noktaların, gelecekte inşa edilecek olan oditoryumların, tasarım parametrelerini ve hacim akustiğı alanındaki uluslararası standartları etkileyerek değıştirebileceğı öngörülmekte ve gelecekteki araştırmaların bu konular üzerinde yoğunlaştırılması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Fog, C. L., Ballinger, R. M., “A new symphonic hall, Musikhuset Aarhus, Denmark”, *Acoustics 08 Paris*, Paris, 363-368 (2008).
2. Nagata Acoustics Inc., “Acoustical Design of Yokosuka Arts Theater”, *Nagata Acoustics Report, Yokosuka City*, 1-2 (1994).
3. Fisher Dachs Associates Theatre Planning & Design, “Lincoln Center for the Performing Arts Alice Tully Hall”, *FDA Report, New York*, 1-5 (2009).
4. Kultur und Kongresszentrum Liederhalle, “Beethoven Hall”, *Kultur und Kongresszentrum Liederhalle Report, Stuttgart*, 1-4 (2007).
5. Vbase Ltd., “Christchurch Town Hall for Performing Arts”, *Vbase Ltd. Report, New Zealand*, 1-3 (2007).
6. Nagata Acoustics Inc., “The Sapporo Concert Hall”, *Nagata Acoustics Report, Japan*, 1-2 (1997).
7. Orłowski, R., “Shoebbox Concert Halls For The 21<sup>st</sup> Century”, *19<sup>th</sup> International Congress on Acoustics*, Madrid, 1-5 (2007).
8. Fricke, F., Nannariello, J., Cabrera, D., “A Statistical Approach to Concert Hall Acoustical Design”, *Proceedings of Acoustics 2006*, New Zealand, 399-404 (2006).
9. PhpBB Group, “Measurement Testing / Room Acoustics (part 4)”, *PhpBB Group Report, UK*, 1-10 (2010).
10. Beranek, L. L., “Concert Hall Acoustics-2008”, *J. Audio Eng. Soc.*, 56 (7/8): 532-544 (2008).
11. Beranek, L., “Concert Halls and Opera Houses Music Acoustics and Architecture, 2<sup>nd</sup> ed.”, *Springer Verlag Inc.*, New York, 21-24, 25-27, 31-35, 133-136, 161-164, 237-243, 297-300, 319-323, 325-329, 433-436, 499-500, 506-508, 512-519, 524-536, 578-617 (2004).
12. Gade, A. C., “Trends in preference, programming and design of concert halls for symphonic music”, *Acoustics 08 Paris*, Paris, 345-350 (2008).
13. FIGUERAS International Seating, “Conference Halls, Science Academy, Prague, Czech Republic”, *FIGUERAS Report, Spain*, 1-2 (2010).
14. Egan, M. D., “Architectural Acoustics, 1<sup>st</sup> edition”, *J. Ross Publishing Inc.*, Fort Lauderdale, 64-66, 87-89, 96-98 (2007).
15. Barron, M., “When is a concert hall too quiet?”, *19<sup>th</sup> International Congress on Acoustics*, Madrid, 1-6 (2007).

16. Luykx, M., Vercammen, M., Metkemeijer, R., “Acoustic Design of Theatres for Natural Speech and/or Variable Acoustics”, *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 30 (3): 141-151 (2008).
17. Gade, A. C., “Acoustics in Halls for Speech and Music”, Springer Handbook of Acoustics, Rossing, T. D., *Springer Science + Business Media*, New York, 301-350 (2007).
18. Marshall Day Acoustics Pty Ltd, “Acoustic Design - Rooms For Speech”, *Marshall Day Acoustics Report, Wellington*, 1-6 (2003).
19. Deutsches Institut für Normung, “Acoustical quality in small to medium sized rooms”, *DIN, 18041:2004-05, Deutschland*, 1-12 (2004).
20. Beranek, L. L., “Analysis of Sabine and Eyring equations and their application to concert hall audience and chair absorption”, *J. Acoust. Soc. Am.*, 120 (3): 1399-1410 (2006).
21. FIGUERAS International Seating, “Conference Halls, Edificio YPF., Buenos Aires, Argentina”, *FIGUERAS Report, Spain*, 1-3 (2010).
22. Nagata Acoustics Inc., “Walt Disney Concert Hall”, *Nagata Acoustics Report, Los Angeles*, 1-2 (2003).
23. Vondrasek, M., “The Design and Implementation of Room Acoustics - The Hall Filharmonie Hradec Kralove, FHK”, *MARC Prague & SONING Praha Inc. Acoustic Services Centre Report, Czech Republic*, 1-10 (2010).
24. Brüel & Kjær, “Library / Dictionary”, *B&K Report, Denmark*, 1-24 (2012).
25. Tachibana, H., “Visualization / Auralization of Sound Fields for Room Acoustics”, *The Eighth Western Pacific Acoustics Conference*, Australia, 1-10 (2003).
26. Building Bulletin 93, “Acoustic Design of Schools / A Design Guide, BB93”, *Department for Education and Skills*, London, 66-67 (2003).
27. Mehta, M., Johnson, J., Rocafort, J., “Architectural Acoustics Principles and Design”, *Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River*, USA, 48-50, 217-221, 232-235, 248-251, 259-281, 289-293, 296-300, 433-442 (1999).
28. Orłowski, R., “The Acoustic Design of the Elisabeth Murdoch Hall, Melbourne, Australia”, *Acoustics 08 Paris*, Paris, 339-344 (2008).
29. Rindel, J. H., “Odeon and the Scattering Coefficient”, *Odeon Workshop Report, Finland*, 40-41 (2004).



30. Toyoda, M., Furukawa, T., Takahashi, D., "Echo suppression effect and coloration of periodic-type diffusers", *Acoustics 08 Paris*, Paris, 309-314 (2008).
31. Hargreaves, J. A., Cox, T. J., "A Stable Time Domain BEM For Diffuser Scattering", *19th International Congress on Acoustics*, Madrid, 1-6 (2007).
32. Pinta Acoustic GMBH, "The Pinta Acoustics Primer", *Pinta Acoustic GMBH Report, Germany*, 7-8 (2010).
33. Juliusson, H. K., "Auditorium Acoustics: A Case Study", *Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting 2008*, Reykjavik, Iceland, 1-14 (2008).
34. Barron, M., "Auditorium Acoustics and Architectural Design, 2<sup>nd</sup> ed.", *Spon Press*, London & New York, 54-74, 203-210, 333-384 (2010).
35. Beranek, L. L., "Music, Acoustics and Architecture", *John Wiley*, New York, 105-112 (1962).
36. Barron, M., "Balcony Overhangs in Concert Auditoria", *Journal of the Acoustical Society of America*, America, 2580-2589 (1995).
37. Nagata Acoustics Inc., "Tsuda Hall", *Nagata Acoustics Report, Tokyo*, 1-2 (1988).
38. Kahle Acoustics and Altia, "Acoustic Brief Section on Concert Hall only", *Kahle Acoustics and Altia Report, Paris*, 1-36 (2006).
39. Nagata Acoustics Inc., "Ishikawa Ongakudo Concert Hall", *Nagata Acoustics Report, Japan*, 1-2 (2001).
40. Skalevik, M., Brekke Strand Akustikk, "Orchestra Canopy Arrays", *Akutek Report, Norway*, 1-32 (2006).
41. FIGUERAS International Seating, "Concert Halls, Valladolid, Centro Cultural Miguel Delibes", *FIGUERAS Report, Spain*, 1-2 (2010).
42. Braak, E., Hak, C., Martin, H., Luxemburg, L., "Influence of stage risers on stage acoustics", *Forum Acusticum 2005*, Budapest, 2421-2426 (2005).
43. Rindel, J. H., Christensen, C. L., "Auralisation of Concert Halls Using Multi-Source Representation of a Symphony Orchestra", *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 30 (3): 333-338 (2008).
44. FIGUERAS International Seating, "Queensland Performing Arts Centre, Lyric Theatre", *FIGUERAS Report, Spain*, 1-3 (2012).

45. Long, M., "Architectural Acoustics", *Elsevier Academic Press*, Amsterdam, 666, 698, 699, 712, 724 (2006).
46. Wenger Corporation, "Planning Guide for Performance Spaces", *Wenger Corporation Report, U.S.A.*, 5-11 (2008).
47. Bassuet, A., "The Acoustical Design of the New National Opera House of Greece", *Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010*, Australia, 1-7 (2010).
48. FIGUERAS International Seating, "Conference Rooms, Edificio YPF., Buenos Aires, Argentina", *FIGUERAS Report, Spain*, 1-3 (2010).
49. FIGUERAS International Seating, "Les Espaces de Congres de la Rochelle, France", *FIGUERAS Report, Spain*, 1-2 (2010).
50. Rindel, J. H., "Evaluation of room acoustic qualities and defects by use of auralization", *148<sup>th</sup> Meeting of the Acoustical Society of America*, San Diego, 1-16 (2004).
51. Eggenschwiler, K., "Lecture Halls-Room Acoustics and Sound Reinforcement", *Forum Acusticum 2005*, Budapest, 1-6 (2005).
52. Orange County Performing Arts Center, "Renée and Henry Segerstrom Concert Hall at Segerstrom Center for the Arts", *OCPAC Report, California*, 1-6 (2006).
53. Bradley, D. T., Wang, L. M., "The effects of simple coupled volume geometry on the objective and subjective results from nonexponential decay", *J. Acoust. Soc. Am.*, 118 (3): 1480-1490 (2005).
54. Johnson, R., Essert, R., "Broadening the Range of Variable Reverberance", *122<sup>nd</sup> meeting of the Acoustical Society of America*, Texas, 1-10 (1991).
55. Pyper, T., Doria, D. J., Brooks, T. L., "Objective methods to quantify energy decay in coupled volume rooms and the practical application of coupled volumes in today's concert halls", *BNAM 2008 Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting*, Reykjavik, 1-22 (2008).
56. Kwon, Y., Siebein, G. W., "Chronological analysis of architectural and acoustical indices in music performance halls", *J. Acoust. Soc. Am.*, 121 (5): 2691-2699 (2007).
57. Nagata Acoustics Inc., "Sogakudo Concert Hall", *Nagata Acoustics Report, Tokyo*, 1-2 (1998).
58. Centro Kursaal - Kursaal Elkargunea S. A., "Auditorium", *Centro Kursaal - Kursaal Elkargunea S. A. Report, San Sebastián*, 1-12 (2010).

59. Puchades, H. A., “The Acoustic Design of The Kursaal Center”, *Estudi Acustic H. Arau*, Spain, 1-6 (2010).
60. Buen, A., Strand, L., “Room Acoustics in The Scene II in The New Oslo Opera and The Ridehuset - Two Variable Acoustics Coupled Space Venues”, *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 30 (3): 240-260 (2008).
61. Nagata Acoustics Inc., “Toppan Hall”, *Nagata Acoustics Report, Tokyo*, 1-2 (2000).
62. Nagata Acoustics Inc., “Katsushika Symphony Hills”, *Nagata Acoustics Report, Tokyo*, 1-2 (1992).
63. Migneron, J. P., Migneron, J. G., Hardy, J. F., “Objective and subjective analysis of acoustical response in newly renovated Palais Moncalm, Quebec City, Canada”, *Acoustics 08 Paris*, Paris, 1031-1036 (2008).
64. Morton H. Meyerson Symphony Center, “Eugene McDermott Concert Hall”, *Morton H. Meyerson Symphony Center Report, Dallas*, 1-4 (2010).
65. Morton H. Meyerson Symphony Center, “2006-2007 Season Morton H. Meyerson Symphony Center Technical Packet”, *Morton H. Meyerson Symphony Center Report, Dallas*, 1-16 (2007).
66. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”, *Çevre ve Orman Bakanlığı Raporu, Ankara*, 1-30 (2010).
67. American National Standards Institute, “Criteria for Evaluating Room Noise”, *ANSI, S12.2-1995, USA*, 1-12 (1995).
68. Solutia Inc. SAFLEX, “Acoustical Guide”, *Solutia Inc. SAFLEX Report, USA*, 41-42 (2010).
69. Tocci, G. C., “Room Noise Criteria—The State of the Art in the Year 2000”, *Cavanaugh Tocci Associates Inc. Report, USA*, 106-119 (2000).
70. Schultz, T. J., “Noise-criterion curves for use with the USASI preferred frequencies”, *Journal of the Acoustical Society of America*, 43: 637-638 (1968).
71. Schwenke, R. W., Duty, J. R., “Electroacoustic Architecture: Is it Green?”, *NOISE-CON 2010*, Maryland, 1-6 (2010).
72. Dolby Laboratories Inc., “Technical Guidelines for Dolby Stereo Theatres”, *Dolby Laboratories Inc. Report, U.S. & England*, 1-12 (1993).

73. Ahnert, W., Tennhardt, H. P., “Acoustics for Auditoriums and Concert Halls”, Handbook for Sound Engineers, 4<sup>th</sup> ed., Ballou, G. M., *Elsevier Focal Press*, Amsterdam, 145-200 (2008).
74. Everest, F. A., Pohlmann, K. C., “Master Handbook of Acoustics, 5<sup>th</sup> ed.”, *McGraw-Hill Companies Inc.*, United States, 377-394 (2009).
75. Acoustical Solutions Inc., “Optimum Reverberation Times”, *Acoustical Solutions Inc. Report, Richmond*, 1-2 (2009).
76. Ellison, S., Schwenke, R., “The Case for Widely Variable Acoustics”, *Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics ISRA 2010*, Australia, 1-4 (2010).
77. Barron, M., “Auditorium Acoustics and Architectural Design”, *Taylor and Francis*, Abington, 19, 28-29, 345-350 (1993).
78. Adelman-Larsen, N. W., Thompson, E. R., Gade, A. C., “Suitable reverberation times for halls for rock and pop music”, *J. Acoust. Soc. Am.*, 127 (1): 247-255 (2010).
79. Dolby Laboratories Inc., “Technical Guidelines for Dolby Stereo Theatres”, *Dolby Laboratories Inc. Report, U.S. & England*, 67 (1994).
80. Brüel & Kjær, “Dictionary; Reverberation Time, Diffuse Sound Field”, *Brüel & Kjær Report, Denmark*, 1-24 (2012).
81. Siebein, G. W., Gold, M. A., “The Concert Hall of the 21st Century: Historic Precedent and Virtual Reality. Architecture: Material and Imagined”, *Proceedings of the 85<sup>th</sup> ACSA Annual Meeting*, Washington, 52-61 (1997).
82. Siebein, G. W., Kinzey, B. Y., “Recent Innovations in Acoustical Design and Research”, *Architectural Acoustics Principles and Practice*, 2<sup>nd</sup> ed., Cavanaugh, W. J., Tocci G. C., Wilkes, J. A., *John Wiley & Sons Inc.*, New Jersey, 230-231 (2010).
83. Türk Standardları Enstitüsü, “Akustik, Odaların Akustik Parametrelerinin Ölçülmesi, Bölüm 1: Performans Boşlukları”, *TSE, TS EN ISO 3382-1, Türkiye*, 1-26 (2010).
84. Beranek, L. L., “Concert and Opera Halls: How They Sound”, *The Acoustical Society of America & The American Institute of Physics*, New York, 427-430 (1996).
85. Odeon A/S, “Odeon Room Acoustics Program, Version 10.02 Combined Edition: User Manual & Global Material Library”, *Odeon A/S Report, Denmark*, 1-143 (2010).

86. Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü, “Akustik Panel: MAP-8”, ***Tübitak UME Deney Raporu, Kocaeli***, 1-8 (2010).
87. Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü, “Akustik Panel: MAP-18”, ***Tübitak UME Deney Raporu, Kocaeli***, 1-8 (2010).
88. Certain Teed Corporation, “Noise Control in Buildings”, ***Certain Teed Corporation Report, America***, 1-33 (2003).
89. Screen Solutions Ltd, “Reverb Sound Absorbing Solutions”, ***Screen Solutions Ltd Report, UK***, 1-26 (2013).
90. Acoustic Curtains Ltd, “Certified Performance Curtains Product Data Sheet 05”, ***Acoustic Curtains Ltd Report, UK***, 1-2 (2012).
91. Bistafa, S. R., Granado, M. V., “A survey of the acoustic quality for speech in auditoriums”, ***Technical Acoustics***, 15: 1-16 (2005).
92. Tachibana, H., Yamasaki, Y., Morimoto, M., “Acoustic survey of auditoriums in Europe and Japan”, ***J. Acoust. Soc. Jpn.***, 10 (2): 1-13 (1989).
93. Thiele, R., “Die Richtungsverteilung und Zeitfolge der Schallrückwürfe in Räumen - Directional distribution and time sequence of sound reflections in rooms”, ***Acustica***, 1: 31-32 (1956).
94. Türk Standardları Enstitüsü, “Ses sistem cihazları - Bölüm 16: Konuşma iletim indeksi ile konuşma anlaşılabilirliğinin tarafsız sınıflandırılması”, ***TSE, TS EN 60268-16, Türkiye***, 1-71 (2012).
95. Sato, S., Kim, Y. H., Lee, H. M., Jeon, J. Y., “Objective Evaluations of Sound Scattering by Using Scale Models and Computer Simulation”, ***19<sup>th</sup> International Congress on Acoustics***, Madrid, 1-6 (2007).
96. Türk Standardları Enstitüsü, “Akustik, Oda Akustik Parametrelerinin Ölçülmesi, Bölüm 3: Açık Planlı Ofisler”, ***TSE, TS EN ISO 3382-3, Türkiye***, 1-15 (2012).
97. American National Standards Institute, “Methods for Calculation of the Articulation Index”, ***ANSI, S3.5-1969, USA***, 1-12 (1969).
98. Beranek, L. L., “Revised Criteria for Noise in Buildings”, ***Noise Control***, 3: 19-27 (1957).
99. Toyota, Y., Oguchi, K., Nagata, M., “A study of the characteristics of early reflections in concert halls”, ***J. Acoust. Soc. Am.***, 84: 130 (1988).
100. Hidaka, T., Beranek, L. L., Nishihara, N., “A comparison between shoebox and non-shoebox halls based on objective measurements in actual halls”, ***Acoustics 08 Paris***, Paris, 327-332 (2008).

101. Queiroz, M., Iazzetta, F., Kon, F., Gomes, M. H. A., Figueiredo, F. L., Masiero, B., Ueda, L. K., Dias, L., Torres, M. H. C., Thomaz, L. F., “AcMus: an open, integrated platform for room acoustics research”, *Journal of the Brazilian Computer Society*, 14 (3): 87-103 (2008).

**EKLER**

## EK-1. Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

- |                               |         |                 |         |
|-------------------------------|---------|-----------------|---------|
| • Akustik Canlılık (Liveness) |         |                 |         |
| • <i>Simge</i>                | : ----- | • <i>Birimi</i> | : ----- |

Uzun reverberasyon süresine sahip olan salonlar, “canlı”; kısa reverberasyon süresine sahip olan salonlar ise, “ölü” veya “kuru” olarak nitelendirilmektedir. (*a “live” hall has a long reverberation time; a hall with a short reverberation time is called “dead” or “dry”*) [11].

Akustik canlılık (Liveness); subjektif (öznel) bir hacim akustiği parametresi olup, genel olarak, 350 ve 1400 Hz frekansları arasındaki reverberasyon sürelerini kapsamaktadır. İnsan kulağı, 350 ve 1400 Hz arasındaki frekanslarda daha duyarlı ve hassastır (*person’s hearing is more sensitive in that region*) [11].

- |                           |         |                 |         |
|---------------------------|---------|-----------------|---------|
| • Akustik Denge (Balance) |         |                 |         |
| • <i>Simge</i>            | : ----- | • <i>Birimi</i> | : ----- |

Akustik denge (balance); orkestradaki müzisyenlerin birbirleri arasında ve orkestradaki müzisyenler ile solistler ve vokalistler arasında, ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasına bağlıdır (*Good “balance” entails both the balance between sections of the orchestra and balance between the orchestra and a vocal or instrumental soloist*) [11].

Bir opera salonunda, orkestradaki müzisyenler ile solistler arasındaki akustik dengenin sağlanması, sahne tasarımına bağlıdır. (*In an opera house, balance between singers and orchestra is achieved by the stage design*) [11].

Sahne çevresinde yer alan ve erken ses yansımalarını sağlayan ses yansıtıcı yüzeylerin ve orkestra pitinin tasarımı;

- solistlere, akustik dengenin sağlanması konusunda,
- orkestra şefine ise, orkestrayı kontrol edebilmesine yönelik olarak, ihtiyaç duyulan akustik koşulların sağlanmasına yardımcı olmaktadır (*the early reflective surfaces provided near the stage to assist the singers voices, the pit design, and, again, the conductor’s control of the orchestra*) [11].

- |                                      |         |                 |         |
|--------------------------------------|---------|-----------------|---------|
| • Akustik Parlama (Acoustical Glare) |         |                 |         |
| • <i>Simge</i>                       | : ----- | • <i>Birimi</i> | : ----- |

Hacim içerisinde, erken ses yansımalarının oluşması için tasarlanan, salonun yan duvar yüzeylerinin veya akustik kanopi yüzeylerinin, düz ve pürüzsüz yapılması durumunda; hacim içerisinde oluşan erken ses yansımaları, dinleyiciler tarafından, optik parlamaya benzer bir şekilde, sert ve şiddetli ses yansımaları olarak algılanabilmektedir [11].



EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

**Akustik parlama (acoustical glare);** hacim içerisindeki ses yansıtıcı yüzeylerin, dışbükey yay formunda tasarlanması veya yüzey düzensizlikleri oluşturulması ile önlenmektedir (*“acoustical glare” can be prevented either by adding fine-scale irregularities to those surfaces or by curving them*) [11].

Salonun yan duvarlar yüzeylerini de kapsayan, ses yansıtıcı yüzeylerin, yeterli düzeyde ses dalgasının dağılarak veya saçılarak yansımaları, sağlayamaması durumunda; salon içerisinde oluşan “akustik parlama”, dinleyiciler tarafından, önemli bir akustik problem olarak algılanmaktadır (*When the side walls and reflectors do not have sufficient diffusion, “acoustic glare” is perceived by listeners as a negative quality of the hall*) [11, 95].

- Akustik Yakınlık (Acoustical Intimacy) & Sesin Varlığı (Presence)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Küçük bir hacim içerisindeki, görsel yakınlık; hacim içerisindeki duvar yüzeylerinin ve diğer objelerin, göreceli olarak yakında algılanmasıdır. Akustik yakınlık veya sesin yakınlığı ise; sesin yakındaki yüzeylerden kaynaklanıyor gibi algılanmasıdır (*a hall can have “acoustical intimacy” if sounds seem to originate from nearby surfaces*). Akustik yakınlığın sağlandığı, salonlarda “sesin varlığı” (*presence*) kavramından söz edilmektedir [11].

İlk yansımanın gecikme süresi (ITDG); kısa olduğunda, akustik yakınlık veya sesin yakınlığı (*acoustical intimacy*), salon içerisinde sağlanmış olur. Akustik koşulların çok iyi seviyede olduğu salonlarda, ilk yansımanın gecikme süresinin, izleyici oturma alanının merkezinde (*in the center of the main floor*), 25 ms’ye eşit veya daha kısa olması (ITDG  $\leq$  25 ms) önerilmektedir [11].

- Algılanan Kaynak Genişliği (Apparent Source Width)
- *Simge* : ASW • *Birimi* : -----

İlk 100 ms süresince oluşan, erken ses yansımaları nedeniyle, salon içerisindeki dinleyicilerin, ses kaynağını olduğundan daha geniş algılaması durumu [10].

Algılanan kaynak genişliği; dinleyicilere yandan ulaşan, erken ses enerjisinin oranına bağlı olup, IACC veya LF parametreleri ile ölçülmektedir [10].

- Algılanan Sesin Yüksekliği (Loudness)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Salon içerisinde, dinleyiciler tarafından algılanan sesin yüksekliğidir (*subjective perception of the volume or force of a sound*) [11].

## EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

- |  |             |                 |      |
|--|-------------|-----------------|------|
| • Arkaplan Gürültü Düzeyi (Background Noise Level) |             |                 |      |
| • <i>Simge</i>                                     | : $L_{p,B}$ | • <i>Birimi</i> | : dB |

Kapalı bir hacimde (*workstation*); çalışma saatleri içerisinde ve çalışanların hacimde yeralmadığı koşullarda (*during working hours with people absent*), oktav bantlarda ölçülen ses basınç seviyesidir (*sound pressure level in octave bands*) [96].

Arkaplan gürültü düzeyi (background noise level,  $L_{p,B}$ ); hacim içerisindeki çalışanların neden olmadığı (*not caused by people*), aşağıda özetlenen gürültü kaynakları ile oluşmaktadır [96].

- Kara yolu, demir yolu ve hava yolu trafiği gibi çevresel gürültü kaynakları (*environmental traffic noise*)
- Hacime hizmet veren, ısıtma, soğutma, havalandırma (*HVAC*) gibi mekanik tesisatına ait aktif sistemler (*heating, ventilation and air conditioning devices*)
- Ofis ekipmanlarından (*office equipment*) yayılan gürültüler ve
- Maskeleyen sistemlerinden (*sound-masking system*) yayılan gürültüler

$L_{p,A,B}$  ise; A-Ağırlıklı ortalama arkaplan gürültü düzeyini ifade etmektedir (*average A-weighted background noise level*) [96].

- |   |      |                 |         |
|---|------|-----------------|---------|
| • Artikülasyon İndeksi (Articulation Index) |      |                 |         |
| • <i>Simge</i>                              | : AI | • <i>Birimi</i> | : ----- |

Artikülasyon indeksi; sinyal/gürültü oranına (signal to noise ratios) dayalı olarak, konuşmanın anlaşılabilirliğinin, ölçülmesine yönelik, geliştirilmiş olan akustik parametredir [97].

- |                          |      |                 |         |
|--------------------------|------|-----------------|---------|
| • Bas Oranı (Bass Ratio) |      |                 |         |
| • <i>Simge</i>           | : BR | • <i>Birimi</i> | : ----- |

İzleyicili koşullarda, düşük frekanslardaki (*low-frequencies, 125 Hz & 250 Hz*) reverberasyon sürelerinin toplamının, orta frekanslardaki (*mid-frequencies, 500 Hz & 1000 Hz*) reverberasyon sürelerinin toplamına oranı [11].

- |  |         |                 |         |
|--|---------|-----------------|---------|
| • Birliktelik veya Orkestranın Birlikteliği (Ensemble) |         |                 |         |
| • <i>Simge</i>   | : ----- | • <i>Birimi</i> | : ----- |

Birliktelik (Ensemble); orkestra üyeleri veya müzisyenler arasındaki uyumun ve birlikteliğin sağlanması ile ilgilidir (*“Ensemble” refers to the ability of the performers to play in unison*) [11].

EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

**Orkestrada, notaların eş zamanlı olarak çalınması sağlanarak, orkestranın ürettiği seslerin, tek bir ses olarak algılanması hedeflenmektedir (*release their notes simultaneously so that the many voices sound as one*) [11].**

**Orkestranın birlikteliği; müzisyenlerin, diğer orkestra üyelerini duyabilmeleri için ihtiyaç duyulan koşulların sağlanmasına bağlıdır (*Orchestral ensemble depends on the ability of the musicians to hear their fellow performers*) [11].**

**Sahne çevresinde ve orkestranın üzerinde tasarlanan, ses yansıtıcı yüzeylerin; müzisyenlerin ürettiği sesleri, diğer orkestra üyelerine, yani sahnenin bir bölümünden diğer bölümlerine taşınmasını sağlaması hedeflenmektedir (*The sound-reflecting surfaces near and above the performers should carry the sound from the players on one part of the stage to those on other parts*) [11].**

- |   |         |                 |         |
|---|---------|-----------------|---------|
| • Dağınık Ses Alanı Koşulları (Diffuse Sound Field) |         |                 |         |
| • <i>Simge</i>                                      | : ----- | • <i>Birimi</i> | : ----- |

**Ses basınç seviyesinin, hacim içerisinde her yerde aynı seviyede olduğu ve ses enerjisinin, tüm yönlerde aynı düzeyde aktığı ses alanı (*a sound field in which the sound pressure level is the same everywhere and the flow of energy is equally probable in all directions*) [80].**

**Dağınık ses alanı koşulları (Diffuse sound field); ağırlıklı olarak ses yansıtıcı yüzeylere sahip olan büyük hacimlerde (*in a large room with highly reflective surfaces*) elde edilebilmektedir [27].**

**Dağınık ses alanı koşullarının sağlandığı hacimlerde; yansıyan ses enerjisi, hacim içerisinde hemen hemen her noktada, aynı seviyede (*the reflected sound is almost equal at all points in the room*) olmaktadır [27].**

- |                             |         |                 |         |
|-----------------------------|---------|-----------------|---------|
| • Direkt Ses (Direct Sound) |         |                 |         |
| • <i>Simge</i>              | : ----- | • <i>Birimi</i> | : ----- |

**Sahnedeki enstrümandan veya ses kaynağından, dinleyiciye, direkt olarak (doğrudan) ulaşan ve dinleyici tarafından duyulan ilk ses [11].**

- |                                |                                |                 |      |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|------|
| • Erken Destek (Early Support) |                                |                 |      |
| • <i>Simge</i>                 | : $ST_{\text{Early}}$ , $ST_1$ | • <i>Birimi</i> | : dB |

**Konser salonlarında ve diğer performanslara yönelik salonlarda; sahnedeki akustik koşulların, müzisyenlerin birbirlerini kolaylıkla duyabilmesi için (*musicians to hear each other*) uygun olması gerekmektedir [83].**

## EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

**Erken destek (Early support,  $ST_{\text{Early}}$ ) parametresi; orkestra topluluğu ile ilgili olup, orkestra üyelerinin birbirlerini kolaylıkla duyabilmesi için (*ease of hearing other members of an orchestra*) geliştirilmiştir [83].**

**Erken destek (Early support,  $ST_{\text{Early}}$ ) parametresi; ilk 0,1 saniye içerisinde yansıyan ses enerjisinin (*reflected energy within the first 0,1 s*), döşeme yüzeyinden yansıyan ses enerjisini de kapsayan direkt ses enerjisine (*direct sound, including the floor reflection*) oranıdır. Her iki ses enerjisi de, çok yönlü ses kaynağının akustik merkezinden 1,0 metre uzaklıkta ölçülmektedir [83].**

- Erken Ses (Enerjisi) [Early Sound (Energy)]
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

**Erken ses; ilk 80 ms içerisinde (*in the first 80 milliseconds*), dinleyiciye ulaşan, direkt ses ve tüm ses yansımalarının (yansıyan ses enerjisinin) toplamını (*direct sound plus all the reflections*) kapsamaktadır [11].**

- Erken Sönümlenme Süresi (Early Decay Time)
- *Simge* : EDT • *Birimi* : sn

**Kapalı bir hacim içerisinde, ses kaynağı kapatıldıktan sonra, ses basınç seviyesinin, 10 dB azalması veya sönümlenmesi için geçen sürenin, 6 ile çarpılması sonucunda elde edilmekte olup, ses basınç seviyesindeki sönümlenmenin ilk evresini ifade etmektedir [11].**

- Erken Yan Yansıma Oranı (Early Lateral Energy Fraction)
- *Simge* :  $LF_{80}, LF_{E4}, J_{LFm}$  • *Birimi* : -----

**Hacim içerisinde, dinleyiciye ulaşan erken yan yansımaların enerjisinin (*early lateral reflections*), toplam ses enerjisine (*total energy*) oranıdır [11].  $LF_{E4}$  ve  $J_{LFm}$  ise; 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz ve 1000 Hz'deki, LF değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir [11, 83]. Yan yansıma oranları (*lateral energy fractions*), algılanan ses kaynağı genişliği parametresi ile ilişkilidir [83].**

- Geç Destek (Late Support)
- *Simge* :  $ST_{\text{Late}}, ST2$  • *Birimi* : dB

**Geç destek (Late support,  $ST_{\text{Late}}$ ) parametresi; algılanan reverberans (*perceived reverberance*) ile ilgili olup, salon içerisinde oluşan akustik koşulların, müzisyenler tarafından duyulması veya algılanmasına yönelik olarak geliştirilmiştir (*response of the hall as heard by the musician*) [83].**

## EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

**Geç destek (Late support,  $ST_{Late}$ ) parametresi; ilk 0,1 saniye'den sonra yansıyan ses enerjisinin (*reflected energy after the first 0,1 s*), döşeme yüzeyinden yansıyan ses enerjisini de kapsayan direkt ses enerjisine (*direct sound, including the floor reflection*) oranıdır. Her iki ses enerjisi de, çok yönlü ses kaynağının akustik merkezinden 1,0 metre uzaklıkta ölçülmektedir [83].**

- Geç Yanal Ses Seviyesi (Late Lateral Sound Level)
- *Simge* :  $LG_{80}$ ,  $L_J$ , GLL • *Birimi* : dB

Bir oditoryum içerisinde, ilk 80 ms'den sonra, ağırlıklı olarak yanal yönlerden dinleyiciye ulaşan ses enerjisinin (*predominantly to sound energy arriving from lateral directions*), serbest alanda, ses kaynağından 10 metre uzaklıkta, ölçülen ses enerjisine oranı (*microphone at a distance of 10 m in a free field*) [83].

Geç yanal ses seviyesi parametresi, bir oditoryum içerisinde; müzik tarafından çepeçevre kuşatılma duygusu (*perceived listener envelopment*) veya mekansal algılama (*spaciousness in the auditorium*) gibi subjektif akustik parametreler ile ilişkilidir [83].

- İlk Yansımanın Gecikme Süresi (Initial Time-Delay Gap)
- *Simge* : ITDG • *Birimi* : ms

Dinleyiciye, direkt sestten sonra ulaşan, ilk yansımanın gecikme süresidir [10].

Ses Yolu Farkı	ITDG	- Dinleme Koşulları [14]
< 7,0 metre	ITDG < 20 ms	- konuşma ve müzik işlevleri için çok uygun
7,0 m ~ 10,4 m	20 ms ~ 30 ms	- konuşma ve müzik işlevleri için uygun
10,4 m ~ 15,2 m	30 ms ~ 45 ms	- marjinal ( <i>marginal &amp; blurred</i> )
15,2 m ~ 20,7 m	45 ms ~ 60 ms	- yetersiz ( <i>unsatisfactory</i> )
> 20,7 m	ITDG > 60 ms	- uygun değil ( <i>yeterince şiddetli ise, yankı olarak algılanır</i> )

- Konuşmanın Anlaşılabilirliği (Speech Intelligibility)
- *Simge* : SI • *Birimi* : -----

Konuşmanın, anlaşılma veya algılanma oranının değerlendirilmesi (*rating of the proportion of speech that is understood*) [94].

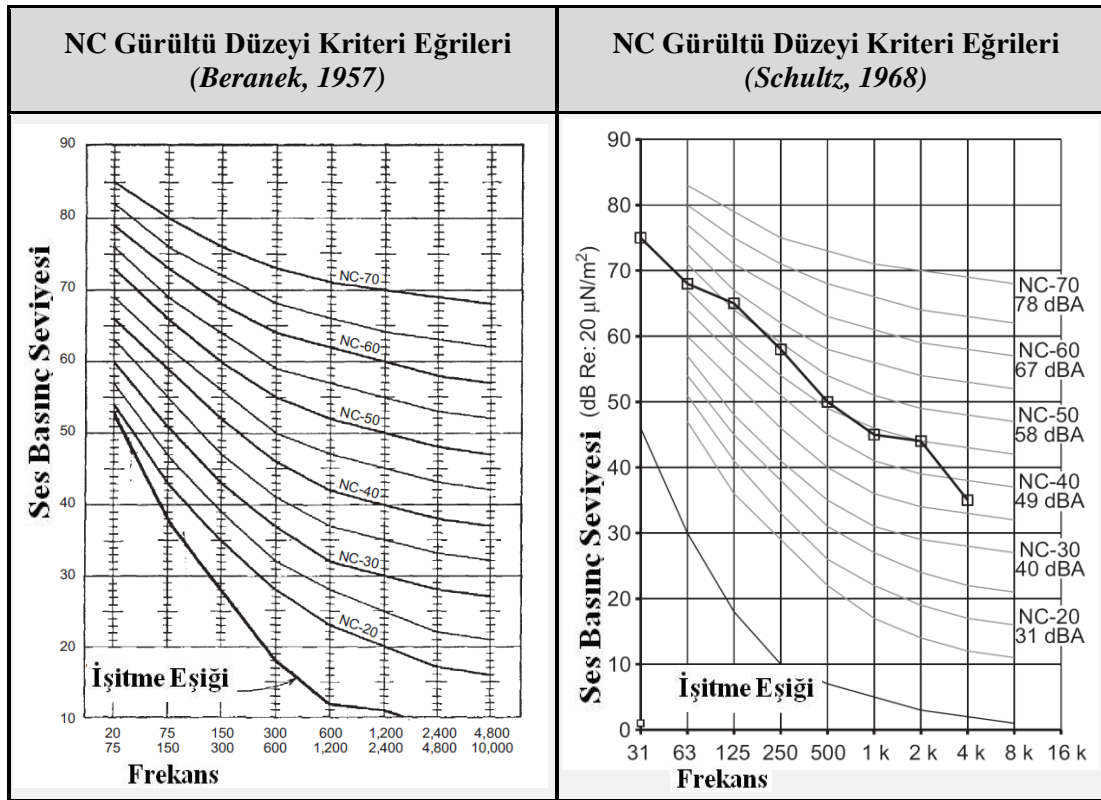
## EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

- **Gürültü Düzeyi Kriteri (Noise Criteria)**
- *Simge* : NC • *Birimi* : -----

Gürültü düzeyi kriteri eğrileri (NC curves); ilk olarak Beranek tarafından tanımlanmış ve geliştirilmiştir (*first described by Beranek, 1957*) [69, 98].

Gürültü düzeyi kriteri eğrileri (NC curves); bina içerisindeki hacimlerde, arkaplan gürültü düzeyinin değerlendirilmesi için kullanılmaya devam etmektedir (*for evaluating background sound in buildings*) [69].

Gürültü düzeyi kriteri eğrileri (NC curves); başlangıçta, eski oktav bantlarda tanımlanmıştır (*originally defined in the old octave bands*). Aşağıdaki grafikte görülmekte olan gürültü düzeyi kriteri eğrileri (NC curves) ise; ilk tanımlanan eğrilerin, tercih edilen oktav bantlardaki interpolasyonu olarak (*interpolation of the original curves into the preferred octave bands*), Schultz tarafından 1968 yılında yayınlanmıştır [69, 70].



Beranek [98] ve Schultz [70] tarafından yayınlanmış olan gürültü düzeyi kriteri eğrileri (NC curves), yukarıdaki grafiklerde özetlenmektedir [69].

## EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

- Konuşmanın Anlaşılabilirlik İndeksi (Speech Intelligibility Index)
- *Simge* : SII • *Birimi* : -----

Artikülasyon indeksine (Articulation Index, AI) dayalı olarak, konuşmanın anlaşılabilirliğinin ölçülmesine yönelik (*prediction of speech intelligibility*), geliştirilmiş olan objektif akustik parametredir [94].

- Konuşmanın Belirginliği (Definition)
- *Simge* : D<sub>50</sub> • *Birimi* : -----

Konuşmanın anlaşılabilirliğine (*intelligibility quality of speech performances*) yönelik olarak geliştirilen hacim akustiği parametresidir. Konuşmanın anlaşılabilirliğinin yüksek olması için, konuşmanın belirginliği (Definition, D<sub>50</sub>) parametresinin değerinin; tüm frekanslarda, 0,50'nin üzerinde olması önerilmektedir [93].

- Konuşmanın İletim İndeksi (Speech Transmission Index)
- *Simge* : STI • *Birimi* : -----

Konuşmanın iletim indeksi (STI); konuşmanın iletim kanalı ile (*by a speech transmission channel*), konuşmanın iletim niteliğine (*transmission quality of speech*) dayalı olarak, konuşmanın anlaşılabilirliğinin, ölçülmesine yönelik geliştirilmiş olan akustik parametredir [94].

Konuşmanın iletim kanalı (*speech transmission channel*) tanımı ile; konuşmacı ve dinleyici arasındaki, akustik veya elektro-akustik sinyal yolu (*acoustic or electro-acoustic signal path between a talker and a listener*) ifade edilmektedir. Konuşmanın iletim indeksi (STI) değerleri ve anlaşılabilirlik aralığı aşağıda özetlenmektedir [94].

- 0,30 - 0,45 : Anlaşılabilirlik, kötü-yetersiz düzeyde (*bad-poor*)
- 0,45 - 0,60 : Anlaşılabilirlik, yetersiz-orta düzeyde (*poor-fair*)
- 0,60 - 0,75 : Anlaşılabilirlik, orta-iyi düzeyde (*fair-good*)
- 0,75 - 1,00 : Anlaşılabilirlik, iyi-mükemmel düzeyde (*good-excellent*)

- Kulaklar Arası Algılanan Sesin Benzerliği (Inter-aural Cross Correlation)
- *Simge* : IACC • *Birimi* : -----

Kulaklar arası algılanan sesin benzerliği (Inter-aural or binaural Cross Correlation, IACC) parametresi; sesin, iki kulak arasındaki benzerliğinin ölçülmesi için kullanılmaktadır. Sesin, sadece ön taraftan gelmesi durumunda; iki kulağımızda da aynı düzeyde algılanmakta ve bu nedenle, IACC parametresinin değeri 1,0 olmaktadır [10].

## EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

- Kulaklar Arası Algılanan Sesin Fonksiyonu (Inter-aural Cross Correlation Function)
- *Simge* : IACF • *Birimi* : -----

Kulaklar arası algılanan sesin fonksiyonu (IACF) parametresi; kulaklar arası algılanan sesin benzerliği (IACC) parametresinin hesaplanabilmesi için geliştirilmiştir [83].

- Kulaklar Arası Algılanan Sesin Nitelik İndeksi (Binaural Quality Index)
- *Simge* : BQI • *Birimi* : -----

Direkt sesin, dinleyiciye ulaşmasından sonraki 80 ms içerisinde, müziğe ait seslerin, iki kulak arasındaki farklılığının ölçülmesi için kullanılmaktadır. Bu farklılık sadece, dinleyicinin başına yan yönlerden (*lateral directions*) ulaşan ses dalgaları ile oluşmaktadır [11].

- Mekansal Algılama (Spaciousness)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Örneğin, bir çello (veya viyolonsel), göreceli olarak dar ve ayakkabı kutusu formundaki (*shoebbox-shaped*) bir konser salonunda çalındığında, hacim içerisinde yayılan ses enerjisi; ses kaynağının, dinleyiciler tarafından, gerçek genişliğinden daha geniş olarak algılanmasına neden olmaktadır (*the sound appears to the listener to emanate from a space substantially wider than the actual width of the cello*). Mekansal algılama (spaciousness) olarak tanımlanmakta olan bu olgu; ağırlıklı olarak, hacim içerisindeki yan duvar yüzeylerinin ve yan balkon yüzeylerinin neden olduğu, yan yansımalarla kaynaklanmaktadır (*spaciousness, comes primarily from lateral reflections in the hall, such as reflections from sidewalls and side-balcony fronts*) [11].

- Müzik Tarafından Çepeçevre Kuşatılma Duygusu (Listener Envelopment)
- *Simge* : LEV • *Birimi* : -----

Dinleyiciye ulaşan, reverberant ses enerjisinin, dinleyiciyi tüm yönlerden çepeçevre kuşatması [11].

- Reverberans (Reverberance)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Öznel veya subjektif bir akustik parametre olan reverberans; salon içerisindeki, dinleyiciler tarafından, hissedilen veya algılanan reverberasyon düzeyini ifade etmektedir (*Reverberance; subjective sensation of reverberation*) [27].



## EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

- Reverberant Ses (Enerjisi) = Geç Ses (Enerjisi)  
[Reverberant Sound (Energy)] = (Late Sound Energy)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Reverberant ses enerjisi; 80 milisaniye'den sonra, dinleyiciye ulaşan, tüm ses yansımalarını (yansıyan ses enerjisini) kapsamaktadır [11].

- Reverberasyon Süresi (Reverberation Time)
- *Simge* :  $T_{20}, T_{30}, T_{60}$  • *Birimi* : sn

Kapalı bir hacim içerisinde, ses kaynağı kapatıldıktan sonra, ses basınç seviyesinin, 60 dB azalması veya sönümlenmesi için geçen süredir (*decrease by 60 dB after the source emission has stopped*).  $T_{30, \text{mid}}$  ifadesi ise; 30 dB'lik sönümlenme ile hesaplanan (*decay values of 5 dB to 35 dB below the initial level*), 500 Hz ve 1000 Hz'deki reverberasyon sürelerinin ortalamasıdır (*averaging T30 in the 500 Hz and 1000 Hz octave bands*) [83].

- Sesin Berraklığı veya Netliği (Clarity)
- *Simge* :  $C_{80}$  • *Birimi* : dB

İlk 80 ms'lik süre içerisinde, dinleyiciye ulaşan erken ses enerjisinin, 80 ms'lik süreden sonra dinleyiciye ulaşan toplam ses enerjisine oranı [11].

- Sesin dağılarak veya saçılarak yansımaları (Diffusion)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Bir yüzeye gelen ses dalgalarının, dağılarak veya saçılarak yansımaları olup, hacim içerisinde, ses enerjisi ile çepeçevre kuşatılma duygusunu (*envelopment*) sağlamaktadır. Bir konser salonunda;

- duvar ve asma tavan yüzeylerindeki süslemeler (*rich ornamentation*) ve yüzey düzensizlikleri (*applied surface irregularities*),
- hacim içerisindeki heykeller (*statues*) ve
- duvar ve asma tavan yüzeylerindeki kademeler (*moldings, edges and returns*) ses dalgalarının, dağılarak veya saçılarak yansımalarını sağlamaktadır [27].

- Sesin Dokusu (Texture)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Sesin dokusu; algılanan müziğin, dinleyiciler üzerindeki subjektif (öznel) etkisi ile ilgili olup, dinleyicilere ulaşan erken ses yansımalarının sıklığına (*sequence of early sound reflections arrives at their ears*) dayanmaktadır [11].

EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

Sesin dokusunun, niteliğinin yüksek olması için; dinleyicilere ulaşan erken ses yansımalarının, sayısının fazla olması gerekmektedir. Ayrıca, dinleyicilere ulaşan erken ses yansımalarının; homojen olması gerekmektedir olup, hiç birinin baskın veya dominant olmaması önerilmektedir (*High-quality texture requires a large number of early reflections, uniformly but not precisely spaced apart, allowing no one to dominate*) [11].

- Sesin Dolgunluğu (Reverberation and Fullness of Tone)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Hacim içerisinde, ses yansımaları sonucu oluşan reverberant ses enerjisi; orkestradaki müzisyenlerin, çaldığı notalar arasındaki zaman dilimini veya boşluğu doldurmakta ve “sesin dolgunluğunu” sağlamaktadır (*The reverberant sound fills the spaces between new notes as they are played, it provides the “fullness of tone”*) [11].

- Sesin İzleyici Oturma Alanında Aynı Nitelikte Olması (Uniformity of Sound in Audience Areas)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Oditoryumlarda, izleyici oturma alanındaki tüm dinleyicilere ulaşan; müziğin ve sesin tonal niteliğinin aynı olması önerilmektedir (*The same music, tonal quality, etc., should reach every listener*) [11].

- Sesin Parlaklığı (Brilliance)
- *Simge* : ----- • *Birimi* : -----

Canlı, berrak, net ve çınlayan bir ses, sesin harmoniği yönünden zengin olup; “parlak ses” olarak nitelendirilmektedir (*A bright, clear, ringing sound, rich in harmonics, is described as “brilliant”*) [11].

Parlak bir ses; ağırlıklı olarak, yavaş yavaş sönümlenen, tiz veya yüksek frekanslara sahiptir (*A brilliant sound has prominent treble frequencies that decay slowly*) [11].

Konser salonlarında, ses dalgaları yayılırken, yüksek frekanslı sesler; belirli bir mesafede, hava içerisinde yutulmakta ve doğal bir biçimde sönümlenmektedir. Salon içerisinde, halı kaplama ve perde yüzeyler gibi ses yutucu malzemelerin ağırlıklı olarak kullanılması durumunda; “sesin parlaklığı” yönünden önemli düzeyde bir eksiklik oluşmaktadır (*A serious lack of brilliance, however, arises primarily from the presence of carpets, draperies, or any significant amount of sound-absorbing materials*) [11].

## EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

- |                            |        |                 |        |
|----------------------------|--------|-----------------|--------|
| • Sesin Sıcaklığı (Warmth) |        |                 |        |
| • <i>Simge</i>             | : ---- | • <i>Birimi</i> | : ---- |

Konser salonlarında, müziğin veya “sesin sıcaklığı”; genel olarak, orkestradaki tüm enstrümanların çalındığı koşullarda, bas seslerin, dinleyiciler tarafından, açık bir biçimde duyulabilmesi veya ayırt edilebilmesi ile doğrudan ilişkilidir (*In general, “warmth” of music in a concert hall is directly related to whether the bass sounds are clearly audible when the full orchestra is playing*) [11].

- |   |     |                 |      |
|---|-----|-----------------|------|
| • Sesin Yüksekliği<br>(Relative Strength, Sound Strength, Strength Factor, Relative Loudness-L) |     |                 |      |
| • <i>Simge</i>  | : G | • <i>Birimi</i> | : dB |

Sesin yüksekliği (strength factor, G) parametresi; çok yönlü ses kaynağı (omnidirectional source) kullanılarak, salon içerisinde ölçülen ses basınç seviyesi ile, yankısız oda (anechoic chamber) içerisinde, aynı ses kaynağından 10 metre uzaklıkta ölçülen ses basınç seviyesi arasındaki farktır [11].

- |   |        |                 |        |
|---|--------|-----------------|--------|
| • Seslerin Üretim Hızı veya Birbirini İzleyen İki Nota Arasındaki Süre<br>(Speed of Successive Tones) |        |                 |        |
| • <i>Simge</i>  | : ---- | • <i>Birimi</i> | : ---- |

Seslerin üretim hızı veya birbirini izleyen iki nota arasındaki süre ile reverberasyon süresi, birbirini etkileyen faktörlerdir (*The speed at which successive tones follow one another interacts with reverberation time*) [11].

Reverberasyon süresinin, ihtiyaç duyulan süreden uzun olması durumunda, müzisyenler tarafından çalınan ikinci nota veya üretilen ikinci ses; reverberant ses enerjisinin altında veya reverberant ses enerjisinin gölgesinde kalarak, dinleyiciler tarafından duyulamayabilir (*If the reverberation time is long, the second tone falls beneath the reverberant sound and becomes inaudible*) [11].

- |                            |      |                 |        |
|----------------------------|------|-----------------|--------|
| • Tiz Oranı (Treble Ratio) |      |                 |        |
| • <i>Simge</i>             | : TR | • <i>Birimi</i> | : ---- |

Yüksek frekanslardaki (*high-frequencies, 2000 Hz & 4000 Hz*) reverberasyon sürelerinin toplamının, orta frekanslardaki (*mid-frequencies, 500 Hz & 1000 Hz*) reverberasyon sürelerinin toplamına oranı [17].

## EK-1. (Devam) Hacim Akustiği Parametrelerine Yönelik Terminoloji Listesi

- Yansıyan Sesin Artış Eğrileri (Reflected Energy Cumulative Curves)
- *Simge* : RECC • *Birimi* : dB

Yansıyan ses enerjisinin artış eğrileri (*reflected energy cumulative curves*); erken sesin yüksekliğindeki artışın (*rise in strength of the early sound*) tespit edilmesi için kullanılmaktadır [10, 99, 100].

- Yüzeyin Ses Dağıtma İndeksi (Surface Diffusivity Index)
- *Simge* : SDI • *Birimi* : -----

Yüzeyin ses dağıtma indeksi; bir hacim içerisindeki ses dağıtıcı yüzey alanının, tavan ve yan duvar yüzeylerini kapsayan toplam alana bölünmesi ile elde edilmektedir (*obtained by dividing the total diffusing area points by the actual total area of the ceiling and sidewalls*) [11].

- Zamansal Ağırlık Merkezi (Centre Time)
- *Simge* :  $T_S$  • *Birimi* : ms

Zamansal ağırlık merkezi (Centre time,  $T_S$ ) parametresi; dinleyiciler tarafından algılanan sesin berraklığı veya netliğinin (*perceived clarity of sound*) değerlendirilmesi için geliştirilmiştir [83].

Zamansal ağırlık merkezi (Centre time,  $T_S$ ) parametresi; toplam ses enerjisinin, milisaniye birimi ile ölçülen, zamansal ağırlık merkezini ifade etmektedir [101].

$T_S$  parametresinin değerinin küçük olması; toplam ses enerjisinin, erken zaman diliminde daha yoğunlaşmış olduğunu ifade etmektedir (*energy is concentrated at the beginning of the impulse response*). Bu durumda, algılanan sesin berraklığı veya netliği (Clarity) sağlanmış olmaktadır [101].

$T_S$  parametresinin değerinin büyük olması ise; toplam ses enerjisinin, aşırı düzeyde zamana yayılmış olduğunu ifade etmektedir (*energy is distributed over time*). Bu durumda, daha reverberant bir hacim etkisi sağlanmış olmaktadır (*impression of a more reverberant space*) [101].

## EK-2. Odeon 10.02 Simülasyon Programı ile Yapılan Analizlerin Sonuçları

<ul style="list-style-type: none"> <li>Çok Maksath Oditoryum (<i>Multi-purpose Auditorium</i>) <ul style="list-style-type: none"> <li>Konferans İşlevine Yönelik Hacim Akustiği Analiz Sonuçları</li> </ul> </li> </ul>							
Simge	Objektif Akustik Parametreler ( <i>Objective Acoustic Parameters</i> )						
EDT (sn)	Erken Sönümlenme Süresi ( <i>Early Decay Time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	EDT <sub>mid</sub>
	0,82	0,77	0,71	0,68	0,70	0,68	<b>0,70</b>
T <sub>30</sub> (sn)	Reverberasyon Süresi ( <i>Reverberation Time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	T <sub>30, mid</sub>
	0,89	0,84	0,72	0,72	0,73	0,68	<b>0,72</b>
C <sub>80</sub> (dB)	Sesin Berraklığı veya Netliği ( <i>Clarity</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	4,8	5,3	6,4	6,4	6,4	6,8	<b>6,4</b>
D <sub>50</sub>	Konuşmanın Belirginliği ( <i>Definition</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	0,59	0,61	0,66	0,66	0,66	0,67	<b>0,66</b>
T <sub>S</sub> (ms)	Zamansal Ağırlık Merkezi ( <i>Centre time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	59	55	48	48	47	45	<b>48</b>
LF <sub>80</sub>	Erken Yan Yansıma Oranı ( <i>Early Lateral Energy Fraction</i> )						
	125 Hz*	250 Hz*	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	0,220	0,234	0,242	0,245	0,241	0,239	<b>0,235</b>
SPL(A) (dB)	A-Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi ( <i>A-weighted Sound Pressure Level</i> )						
	• Minimum Değer						: 56,2 (dB)
	• Maksimum Değer						: 62,8 (dB)
	• Ortalama Değer						: 59,6 (dB)
STI	Konuşmanın İletim İndeksi ( <i>Speech Transmission Index</i> )						
	• Minimum Değer						: 0,64
	• Maksimum Değer						: 0,70
	• Ortalama Değer						: 0,67

## EK-2. (Devam) Odeon 10.02 Simülasyon Programı ile Yapılan Analizlerin Sonuçları

<ul style="list-style-type: none"> <li>Çok Maksath Oditoryum (<i>Multi-purpose Auditorium</i>) <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiyatro İşlevine Yönelik Hacim Akustiği Analiz Sonuçları</li> </ul> </li> </ul>							
Simge	Objektif Akustik Parametreler ( <i>Objective Acoustic Parameters</i> )						
EDT (sn)	Erken Sönümlenme Süresi ( <i>Early Decay Time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	EDT <sub>mid</sub>
	0,88	0,77	0,67	0,71	0,68	0,66	<b>0,69</b>
T <sub>30</sub> (sn)	Reverberasyon Süresi ( <i>Reverberation Time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	T <sub>30, mid</sub>
	0,91	0,89	0,81	0,82	0,82	0,76	<b>0,82</b>
C <sub>80</sub> (dB)	Sesin Berraklığı veya Netliği ( <i>Clarity</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	4,3	5,0	6,1	6,0	6,1	6,6	<b>6,1</b>
D <sub>50</sub>	Konuşmanın Belirginliği ( <i>Definition</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	0,56	0,60	0,65	0,65	0,66	0,67	<b>0,65</b>
T <sub>S</sub> (ms)	Zamansal Ağırlık Merkezi ( <i>Centre time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	63	59	52	52	51	48	<b>52</b>
LF <sub>80</sub>	Erken Yan Yansıma Oranı ( <i>Early Lateral Energy Fraction</i> )						
	125 Hz*	250 Hz*	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	0,211	0,224	0,232	0,235	0,231	0,232	<b>0,226</b>
SPL(A) (dB)	A-Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi ( <i>A-weighted Sound Pressure Level</i> )						
	• Minimum Değer : 59,2 (dB)						
	• Maksimum Değer : 64,5 (dB)						
	• Ortalama Değer : 62,0 (dB)						
STI	Konuşmanın İletim İndeksi ( <i>Speech Transmission Index</i> )						
	• Minimum Değer : 0,65						
	• Maksimum Değer : 0,70						
	• Ortalama Değer : 0,68						

## EK-2. (Devam) Odeon 10.02 Simülasyon Programı ile Yapılan Analizlerin Sonuçları

<ul style="list-style-type: none"> <li>Çok Maksath Oditoryum (<i>Multi-purpose Auditorium</i>) <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Opera İşlevine Yönelik Hacim Akustiği Analiz Sonuçları</li> </ul> </li> </ul>							
Simge	Objektif Akustik Parametreler ( <i>Objective Acoustic Parameters</i> )						
EDT (sn)	Erken Sönümlenme Süresi ( <i>Early Decay Time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	EDT <sub>mid</sub>
	0,90	0,83	0,72	0,67	0,73	0,66	<b>0,70</b>
T <sub>30</sub> (sn)	Reverberasyon Süresi ( <i>Reverberation Time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	T <sub>30,mid</sub>
	2,01	1,51	1,57	1,33	1,26	1,00	<b>1,45</b>
C <sub>80</sub> (dB)	Sesin Berraklığı veya Netliği ( <i>Clarity</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	3,5	4,2	5,4	5,9	5,6	5,9	<b>5,7</b>
D <sub>50</sub>	Konuşmanın Belirginliği ( <i>Definition</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	0,51	0,54	0,59	0,62	0,61	0,62	<b>0,61</b>
T <sub>S</sub> (ms)	Zamansal Ağırlık Merkezi ( <i>Centre time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	72	66	58	54	55	53	<b>56</b>
LF <sub>80</sub>	Erken Yan Yansıma Oranı ( <i>Early Lateral Energy Fraction</i> )						
	125 Hz*	250 Hz*	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	0,193	0,204	0,207	0,207	0,213	0,217	<b>0,203</b>
SPL(A) (dB)	A-Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi ( <i>A-weighted Sound Pressure Level</i> )						
	• Minimum Değer : 61,7 (dB)						
	• Maksimum Değer : 65,4 (dB)						
	• Ortalama Değer : 63,4 (dB)						
STI	Konuşmanın İletim İndeksi ( <i>Speech Transmission Index</i> )						
	• Minimum Değer : 0,58						
	• Maksimum Değer : 0,70						
	• Ortalama Değer : 0,67						

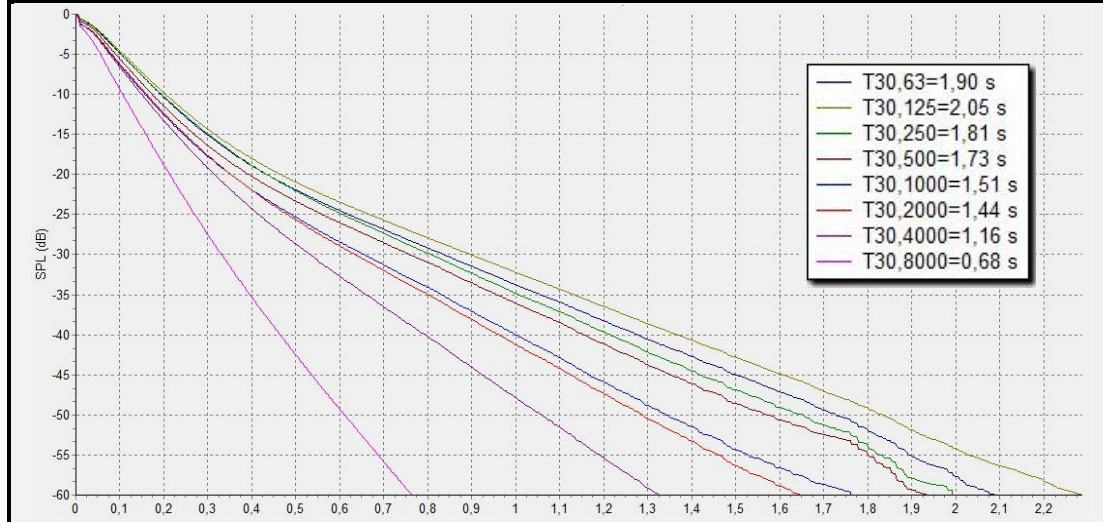
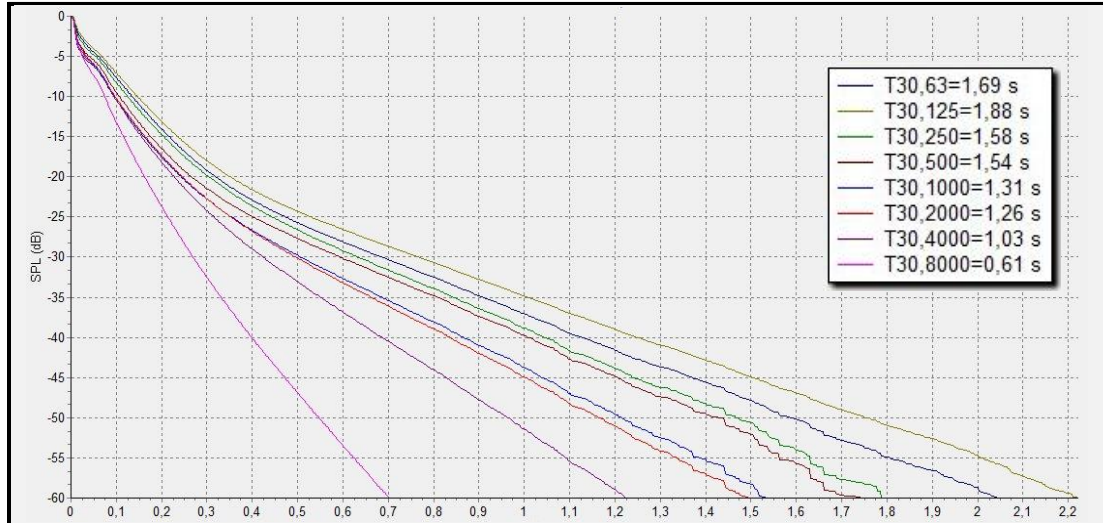
## EK-2. (Devam) Odeon 10.02 Simülasyon Programı ile Yapılan Analizlerin Sonuçları

<ul style="list-style-type: none"> <li>Çok Maksath Oditoryum (<i>Multi-purpose Auditorium</i>) <ul style="list-style-type: none"> <li>Konser İşlevine Yönelik Hacim Akustiği Analiz Sonuçları</li> </ul> </li> </ul>							
Simge	Objektif Akustik Parametreler ( <i>Objective Acoustic Parameters</i> )						
EDT (sn)	Erken Sönümlenme Süresi ( <i>Early Decay Time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	EDT <sub>mid</sub>
	0,96	0,92	0,81	0,78	0,79	0,75	<b>0,80</b>
T <sub>30</sub> (sn)	Reverberasyon Süresi ( <i>Reverberation Time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	T <sub>30,mid</sub>
	2,05	1,79	1,76	1,49	1,39	1,09	<b>1,63</b>
C <sub>80</sub> (dB)	Sesin Berraklığı veya Netliği ( <i>Clarity</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	3,2	3,6	4,4	4,9	4,6	4,9	<b>4,7</b>
D <sub>50</sub>	Konuşmanın Belirginliği ( <i>Definition</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	0,48	0,49	0,52	0,55	0,54	0,55	<b>0,54</b>
T <sub>S</sub> (ms)	Zamansal Ağırlık Merkezi ( <i>Centre time</i> )						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	78	74	67	62	64	60	<b>65</b>
LF <sub>80</sub>	Erken Yan Yansıma Oranı ( <i>Early Lateral Energy Fraction</i> )						
	125 Hz*	250 Hz*	500 Hz*	1000 Hz*	2000 Hz	4000 Hz	Ortalama (*)
	0,215	0,229	0,239	0,241	0,243	0,243	<b>0,231</b>
SPL(A) (dB)	A-Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi ( <i>A-weighted Sound Pressure Level</i> )						
	• Minimum Değer : 70,4 (dB)						
	• Maksimum Değer : 75,9 (dB)						
	• Ortalama Değer : 73,1 (dB)						
STI	Konuşmanın İletim İndeksi ( <i>Speech Transmission Index</i> )						
	• Minimum Değer : 0,59						
	• Maksimum Değer : 0,66						
	• Ortalama Değer : 0,63						



## EK-2. (Devam) Odeon 10.02 Simülasyon Programı ile Yapılan Analizlerin Sonuçları

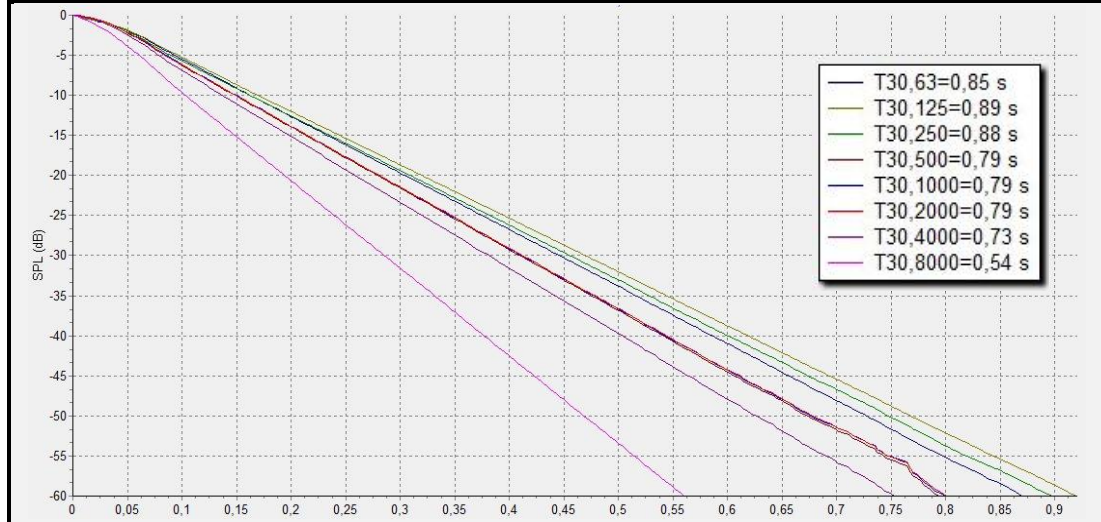
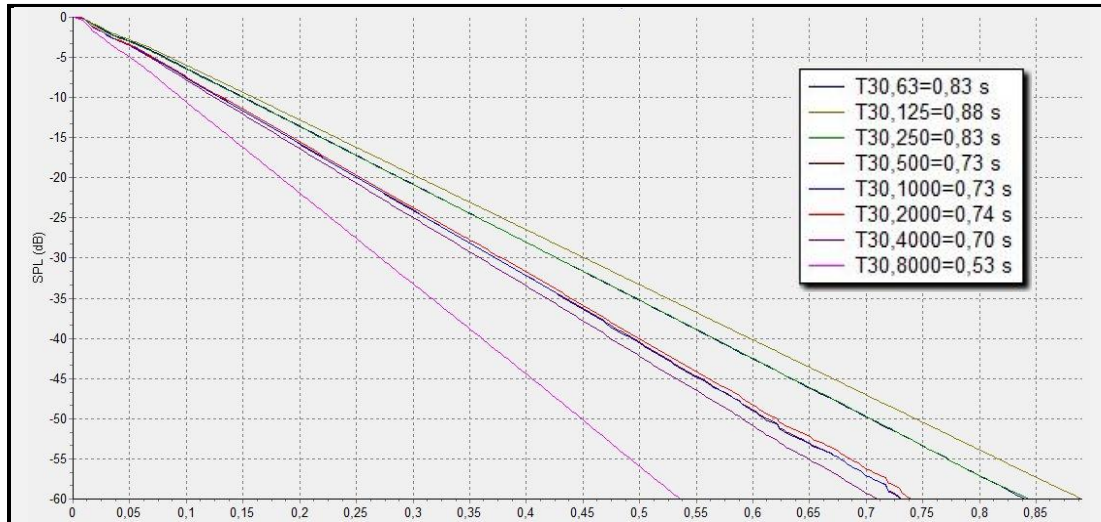
- Çok Maksatlı Oditoryumda; Ses Enerjisinin Sönümlenme Profili ve Pasif Sistemlerin Çalışma Prensibi

Konser İşlevinde Ses Enerjisinin Sönümlenme Profili (*Global Estimate; SPL / Time*)Opera İşlevinde Ses Enerjisinin Sönümlenme Profili (*Global Estimate; SPL / Time*)

- İŞLEVLER	Birleşen Hacimler Sistemi ( <i>Coupled Volumes System</i> )	Sahnenin Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi ( <i>Orchestra Shell</i> )	Hareketli Orkestra Çukuru ( <i>Movable Orchestra Pit</i> )	Akustik Perde Sistemi ( <i>Acoustical Curtains</i> )
- Konser İşlevi	Akustik Kapılar Açık ( <i>Toplam: ~36 m<sup>2</sup></i> )	Sahnede ( <i>Orkestranın çevresinde</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra ve koro; sahnede</i> )	Kapalı
- Opera İşlevi	Akustik Kapılar Açık ( <i>Toplam: ~18 m<sup>2</sup></i> )	İptal ( <i>Sahne arkasında depolanmakta</i> )	Açık ( <i>Orkestra; çukur içerisinde</i> )	Sahnenin Perde Sistemi Açık

## EK-2. (Devam) Odeon 10.02 Simülasyon Programı ile Yapılan Analizlerin Sonuçları

- Çok Maksatlı Oditoryumda; Ses Enerjisinin Sönümlenme Profili ve Pasif Sistemlerin Çalışma Prensibi

Tiyatro İşlevinde Ses Enerjisinin Sönümlenme Profili (*Global Estimate; SPL / Time*)Konferans İşlevinde Ses Enerjisinin Sönümlenme Profili (*Global Estimate; SPL / Time*)

- İŞLEVLER	Birleşen Hacimler Sistemi ( <i>Coupled Volumes System</i> )	Sahnenin Ses Yansıtıcı Yüzey Sistemi ( <i>Orchestra Shell</i> )	Hareketli Orkestra Çukuru ( <i>Movable Orchestra Pit</i> )	Akustik Perde Sistemi ( <i>Acoustical Curtains</i> )
- Tiyatro İşlevi	Akustik Kapılar Kapalı	İptal ( <i>Sahne arkasında depolanmakta</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra yok</i> )	Sahnenin Perde Sistemi Açık
- Konferans İşlevi	Akustik Kapılar Kapalı	Ses Yutucu Yüzey Sistemi ( <i>Kürsü arkasında</i> )	Kapalı ( <i>Orkestra yok</i> )	Salonun Perde Sistemi Açık ( <i>Toplam: ~70 m<sup>2</sup></i> )

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : TÜRKMEN, Rıza  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 26.12.1977 / Yozgat  
 Medeni hali : Bekar  
 Telefon : 0 530 606 55 77  
 e-mail : rizaturkmen1@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık Bölümü	2003
Lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık Bölümü	1999
Lise	Cumhuriyet Lisesi / Ankara	1994

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1998 - 2009	ORSEL Proje, Mimarlık, Mühendislik, Danışmanlık Anonim Şirketi / Ankara	Mimar

1998 yılından, 2009 yılına kadarki süreçte, “ORSEL Proje, Mimarlık, Mühendislik, Danışmanlık Anonim Şirketi”nde, aşağıda isimleri verilen projelerin;

- mimari tasarımı, mimari uygulama projeleri ve detay projelerinin hazırlanması,
- mühendislik disiplinleri ile koordinasyon çalışmaları, (statik, mekanik tesisat, elektrik tesisatı, akustik, yangın güvenliği vb.)
- mesleki kontrollük ve şantiyede uygulama danışmanlığı hizmetlerinde çalışma olanağı elde edilmiştir.

1999 ~ 2001	Erzurum Havaalanı Yeni İç ve Dış Hatlar Terminal Binası ve Yan Tesisleri, Erzurum, Türkiye
2001 ~ 2002	Biala Podlaska Havaalanı İç-Dış Hatlar Terminal Binası ve Otopark Binası, Biala Podlaska, Polonya
2002 ~ 2004	N.B.U. (National Bank of Uzbekistan) Sanat Galerisi, Taşkent, Özbekistan
2004 ~ 2007	Novotel & Ibis Hotel Marmara, İstanbul, Türkiye
2007 ~ 2009	Yakimansky Konut ve Ofis Kompleksi, Moskova, Rusya

**Yabancı Dil** : İngilizce

**Hobiler** : Sinema, tiyatro, opera ve konsere gitmek, kitap okumak