



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ**

İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı

DEĞİŞKEN AKUSTİK TASARIM

Sevgi Aslantaş

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2020



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ

İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı

DEĞİŞKEN AKUSTİK TASARIM

Sevgi Aslantaş

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2020

DEĞİŞKEN AKUSTİK TASARIM

Danışman: Prof. Dr. Pelin YILDIZ

Yazar: Sevgi Aslantaş

ÖZ

Evren sürekli bir değişim içerisinde olup özellikle teknolojik gelişmelerin etkisiyle bu değişim son yıllarda daha da hızlanmaktadır. Evrenin hızlı değişimi akustik mekânlardan istenilen tasarım çıktıları da etkilemekte ve tasarlanan birçok akustik mekân artık birden fazla işleve ev sahipliği yapmaktadır. Bu işlevlerin her biri birbirinden farklı akustik koşullara sahiptir ve tasarımın bu farklı koşullara göre oluşturulması mekânın akustik açıdan başarısını belirlemektedir. Günümüzde çok işlevli akustik mekân tasarımlarında bu değişkenlerin göz önüne alınmaması, farklı işlevlere ev sahipliği yapan akustik mekânlarda işitsel konfor sorunlarına yol açmaktadır.

Bu tez çalışması, aynı hacim içerisinde yer alan farklı işlevlerin değişken akustik koşullarına dinamik çözümler sunan “değişken akustik tasarımı” konu edinmektedir. Çalışma da değişken akustik tasarım çerçevesinde bağlı olduğu akustik tasarım parametresi de göz önüne alınarak birden fazla fonksiyon için tasarlanan akustik mekânlarda işleve göre değişen akustik koşulların ve bu koşulları sağlamak amacıyla geliştirilen değişken akustik tasarım yaklaşımlarının ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında öncelikle “değişken kavramı” bağlamında mekânda değişebilen yapı elemanları belirlenmiş ve bu elemanlar yardımıyla oluşturulabilecek değişken akustik tasarım yaklaşımları literatür taraması yapılarak ortaya konulmuştur. Daha sonra teknik destekle oluşturulabilen değişken elektro akustik sistemler açıklanmış ve sistem örnekleri araştırılmıştır. Tüm bu araştırmalarda değişken akustik tasarımın amacına, sınırlarına ve bağlı olduğu tasarım parametresine bağlı kalınmış ve farklılıklar gösteren değişken akustik tasarım yaklaşımları ve her bir yaklaşımın sunduğu olanaklar açıklanmıştır. Sonrasında farklı değişken akustik tasarım yaklaşımlarını uygulamış örnek projeler üzerinden mekân analizi yöntemi kullanılarak incelemeler yapılmıştır. Böylece bu değişkenlerin erken tasarım evresinde göz önüne alınmasını ve sürece dâhil edilerek akustik tasarımın başarısının arttırılması hedeflenmektedir.

Çalışma sonucunda, farklı işlevlere hizmet etmek amacıyla tasarlanan mekânların erken tasarım evrelerinde değişken akustik tasarım ve yaklaşımlarının belirlenmesinin ve uygulanmasının, bu mekânlarda gerçekleşecek olan işlevlerin her birinin akustik başarısı açısından belirleyici olduğu ortaya ıkmıştır.

Anahtar Sözcükler

Değişken akustik tasarım, değişken kavramı, değişken akustik tasarım yaklaşımları, değişken elektro akustik sistemler, değişken fiziksel elemanlar.

DEĞİŞKEN AKUSTİK TASARIM

Supervisor: Prof. Dr. Pelin YILDIZ

Author: Sevgi Aslantaş

ABSTRACT

The universe is constantly changing, and this change has been accelerating in recent years, especially with the effect of technological developments. The rapid change of the universe also affects the desired design outputs from acoustic spaces, and many acoustic spaces designed now host multiple functions. Each of these functions has different acoustic conditions, and the creation of the design according to these different conditions determines the acoustic success of the space. The fact that these variables are not taken into account in multifunctional acoustic space designs today causes auditory comfort problems in acoustic spaces that host different functions.

This thesis study focuses on "changeable acoustic design" which offers dynamic solutions to changeable acoustic conditions of different functions in the same volume. In the study, it is aimed to reveal the acoustic conditions varying according to the function and the changeable acoustic design approaches developed in order to meet these conditions in acoustic spaces designed for more than one function, by considering the acoustic design parameter that it depends on within the framework of changeable acoustic design.

Within the scope of the study, firstly, the building elements that can change in the context of "changeable concept" have been determined and the changeable acoustic design approaches that can be created with the help of these elements have been introduced by literature review. Then, changeable electro acoustic systems that can be created with technical support are explained and system examples are investigated. In all these studies, the purpose, limits and design parameters of the changeable acoustic design are adhered to, and the changeable acoustic design approaches and the possibilities offered by each approach are explained. Afterwards, examinations were carried out using the space analysis method over sample projects that applied different changeable acoustic design approaches. Thus, it is aimed to consider these variables in

the early design phase and to increase the success of acoustic design by including them in the process.

As a result of the study, it has been revealed that the determination and implementation of the changeable acoustic designs and approaches of the spaces designed to serve different functions are determinant in terms of the acoustic performance of each of the functions that will take place in these spaces.

Keywords

Changeable acoustic design, changeable properties, changeable acoustic design approach, changeable electro acoustic systems, changeable physical elements.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin ve tez çalışmam boyunca benden yardımlarını ve hoşgörüsünü esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Pelin Yıldız'a,

Tez çalışmamda benimle bilgilerini ve çizim dosyalarını paylaşan Mimar Emre Ulaş'a,

Sevgi sabır ve inançla beni destekleyen ve her zaman yanımda olan eşim Uğur Aslantaş'a

Ve en önemlisi; beni bugünlere getiren ve bana güvenerek en büyük fedakârlığı gösteren annem Feride Atıcı ve babam Kadir Atıcı'ya,

Sonsuz teşekkürlerimle...

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	v
TABLolar DİZİNİ	ix
GÖRSEL DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1: İÇ MEKÂNDa DEĞİŞKEN AKUSTİK TASARIM KAVRAMI	3
1.1. Akustik Tasarım.....	3
1.1.1. Akustik Kusurlar	4
1.1.2. Öznel ve Nesnel Akustik Tasarım Parametreleri	5
1.2. İç Mekânda Akustik Tasarım ve İç Mekân Tasarımında Planlama	7
1.2.1. Salon Formu.....	7
1.2.2. Plan Tipi	9
1.2.3. Bölgesel Formların Seçimi	10
1.2.4. Sahne Tasarımı.....	15
1.2.5. İç Mekân Yüzey Malzemelerinin Seçimi	18
1.3. Akustik Mekânlarda İşleve Yönelik İç Mekân Düzenlemeleri	22
1.4. İç Mekânda Değişken Akustik Tasarım	26
1.4.1. Değişken Kavramı	26
1.4.2. Değişken Akustik Tasarım Kavramı.....	29
1.4.3. Değişken Akustik Tasarımı Etkileyen Parametreler	30
1.5. Bölüm sonucu	34
BÖLÜM 2: İÇ MEKÂNDa DEĞİŞTİRİLEBİLİR AKUSTİK TASARIM YAKLAŞIMI	35
2.1. Sesin Hareketine Göre Geliştirilen Fiziksel Değişken Akustik Tasarım Elemanları	35

2.1.1.	Değişken İç Mekân Hacmi.....	37
2.1.2.	Değişken Dinleyici Sayısı	53
2.1.3.	Yüzeylerde Değişken akustik özellikler	59
2.2.	Teknik Destekle Oluşturulabilen Değişken Akustik Tasarım Yaklaşımları.....	71
2.2.1.	Elektro-akustik Sistem bileşenleri ve işlevleri	71
2.2.2.	Elektro-akustik Sistem Çeşitleri	73
2.2.3.	Değişken Elektro-akustik Sistemler	75
2.3.	Bölüm Sonucu	79
BÖLÜM 3: DEĞİŞEBİLİR AKUSTİK TASARIM ÖRNEKLERİ		81
3.1.	AHMED ADNAN SAYGUN SANAT MERKEZİ BÜYÜK SALONU	82
3.1.1.	İç Mekân Tasarımında Planlama.....	82
3.1.2.	Değişken tasarım yaklaşımları	86
3.1.3.	Değerlendirme	93
3.2.	Bela Bartok Ulusal Konser Salonu	96
3.2.1.	İç Mekân Tasarımında Planlama.....	97
3.2.2.	Değişken tasarım yaklaşımları	100
3.2.3.	Değerlendirme	106
3.3.	Miskolc Sanat Sarayı Konser Salonu	108
3.3.1.	İç Mekân Tasarımında Planlama.....	108
3.3.2.	Değişken akustik tasarım yaklaşımları.....	108
3.3.3.	Değerlendirme	111
3.4.	Bölüm sonucu	113
SONUÇ		117
KAYNAKLAR.....		121
ETİK BEYANI		
YÜKSEK LİSANS TEZİ ORJİNALLİK RAPORU		

MASTER'S THESIS ORIGINALITY REPORT

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYAN

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Akustik mekânlarda gerçekleştirilen işlevler

Tablo 2. Konser salonu, opera ve tiyatro salonunun değişen akustik gereksinimleri

Tablo 3. İşlev kombinasyonlarının gerektirdiği akustik tasarımlar

Tablo 2. Farklı işlevlere ait salonlar için kişi başına düşen hacim oranları

Tablo 5. Konuşma/ Tiyatro, Müzik, opera ve müzikal için çınlama süresi değerleri

Tablo 6. İç mekân bileşen ve öğelerinde değişkenlik

Tablo 7. Akustik mekânlarda değişken iç mekân bileşen ve öğeleri

Tablo 8. Seçilen salonların yapı yılı, uygulanan değişken benzer ve farklı tasarım yaklaşımları

Tablo 9. Senfoni müzik, opera ve konferans için önerilen çınlama süresi değerleri

Tablo 10. AASSM Büyük Salonu Senfonik konser, Opera(oyunsuz) ve Konferans kullanımı için çınlama süresi değerleri, hareketli orkestra çukuru, akustik perde sistemleri ve ses güçlendirme sistemlerinin kullanımı

Tablo 11. Senfoni müzik, opera ve konferans için çınlama süresi değerleri

Tablo 12. Bela Bartok Ulusal Konser salonu, işlevler için hareketli orkestra çukuru ve akustik perde sistemleri, yankı odası ve ses güçlendirme sistemlerinin kullanımı

Tablo 13. Palace des Arts'taki CARMEN® sisteminin akustik konfigürasyonları.

Tablo 14. İncelenen mekânlarda değişken tasarım yaklaşımlarının kullanımı

Tablo 15. Değişken akustik tasarım, işlevlerin farklılık gösteren çınlama süresi değerleri, uygulanan değişken akustik tasarım yaklaşımları ve kullanım önerileri

GÖRSEL DİZİNİ

Görsel 1. Akustik kusurlar

Görsel 2. Hacim akustiği parametreleri ve işlev ilişkisi

Görsel 3. Yansıma Prensibi

Görsel 4. Kavisli bir yüzeyden yansıma

Görsel 5. Köşeden sesin yansıması

Görsel 6. Tekrarlayan yankı oluşturabilecek yüzeyler

Görsel 7. Tekrarlayan yankının engellendiği yüzey şekli

Görsel 8. Plan şemaları (a) Dikdörtgen tipi plan (b) Yelpaze tipi plan (c) At nalı tipi plan (d) merkezi veya gelişigüzel plan tipi

Görsel 9. Düz tavandan yararlı yansımalar

Görsel 10. Parçalanmış tavan tasarımı

Görsel 11. Kademeli olarak tasarlanmış düz tavan tasarımı

Görsel 12. a) İçbükey tavan tasarımı b) Dışbükey formların kombinasyonları

Görsel 13. Düz tavan paneli tasarım çalışması

Görsel 14. Balkon uygulamalarından kesitler

Görsel 15. Eğimli zemin ve Şaşırtmalı oturma düzeni

Görsel 16. Dört farklı oda şekli için ortalama sahne-dinleyici mesafesi ve zemin alanının net verimliliği

Görsel 17. Fan plan tipinin akustik iyileştirilmesi

Görsel 18. Sahne tipleri ve Dinleyici - Sahne İlişkisi Plan Çizimleri

Görsel 19. Sahnede kullanılan farklı orkestra liftleri

Görsel 20. Orkestra kabuğu uygulaması

Görsel 21. Schuster PAC'de üçlü lift üzerindeki sahne kesiti (F)Tavana asılı sahne önü yansıtıcıları

Görsel 22. Emici ve Yansıtıcı Yüzeylerin Prensipleri

Görsel 23. Frekansın bağlı olarak gözenekli ve panel ve rezonatör emicilerin yutuculuk katsayıları

Görsel 24. Yansıtıcı eleman boyutlandırılması

Görsel 25. Dokulu bir yüzeyde sesin saçılma prensibi

Görsel 26. Duvarda saçıcı yüzeylere örnek

Görsel 27. Bir hacmin müzik ve konuşma işlevleri için tasarlanması

Görsel 28. Farklı yapı bileşenlerinde değişkenlik kavramının irdelenmesi

Görsel 29. (T30) Çınlama süresi grafiği

Görsel 30. Hacim ve işleve göre optimum çınlama süresi grafiği

Görsel 31. Akustik mekânlardaki hareketli tavan uygulamaları

Görsel 32. Milton Keynes Tiyatrosu kesiti. Salon boyunca hareketli tavanın üç yüksekliği ve mekân kullanımı

Görsel 33. Sala-Sao-Paulo konser salonu'nun hareketli tavan sistemi

Görsel 34. Lingotto Konser ve Kongre Merkezi hareketli tavan sistemi

Görsel 35. Bruce mason tiyatrosu kesiti senfoni ve tiyatro modu kullanımı

Görsel 36. Concertgebouw, Bruges kesiti konser ve opera modu kullanımı

Görsel 37. İsveç umes'daki Idun Çok Amaçlı Salonu. Değişebilen hacim ve sahne yerleşimi

Görsel 38. Globe-news Center'ın orkestra kabuğu planı

Görsel 39. Globe-news Center'ın orkestra kabuğu kesiti

Görsel 40. Globe-news Center'ın İç mekân fotoğrafı

Görsel 41. Kraliçe Elizabeth Salonu'nun kesiti, Londra

Görsel 42. A: Birleştirilmiş hacim planı, B: Birleştirilmiş Hacim perspektif

Görsel 43. Birleştirilmiş hacim çift eğimli çürüme eğrisi Görsel 42-A Birleştirilmiş hacim planına göre

Görsel 44. McDermott Salonu plan ve kesitleri , Dallas, Teksas, ABD

Görsel 45. Birmingham Senfoni Salonunu plan ve kesiti

Görsel 46. Alice tully Hall, New York, Tekerlekli asansörler

Görsel 47. Oturma elemanı depolama, 1. Yükseltilmiş sahne kullanımı,2. Hareketli oturma alanı depolaması, 3. Oturma elemansız mekân kullanımı

Görsel 48. A: Tekerlekli oturma sistemi, B: Raylı oturma sistemi, C: Döşeme altına depolanabilen oturma sistemi, D: Geri çekilebilir oturma sistemi

Görsel 49. Tekerlekli oturma sistemi konfigürasyonu

Görsel 50. Alfredo Kraus Salonu

Görsel 51. Dell Salonu Ses için şeffaf balkon

Görsel 52. Cerritos Sahne Sanatları Merkezi

Görsel 53. yansıtıcı alanların önüne çekilebilen yutucu örtüler

Görsel 54. Alice Tully Salonu, New York, Akustik afiş kullanımı

Görsel 55. Globe-news Center, Tavan arasında sert akustik panel sistemi plan ve ön görünüş

Görsel 56. Globe-news Center, Tavan arasında sert akustik panel sistemi kesiti

Görsel 57. (A) Tek menteşeli paneller. (B) Çift menteşeli paneller

Görsel 58. Menteşeli paneller

Görsel 59. Panjurlu panellerle değişken yüzey özellikleri (A) panjurlu paneller açık (B) panjurlu paneller kapalı (C) panjurlar (açık-kapalı) değişken.

Görsel 60. Abffusor plan görünüşler

Görsel 61. Emişi değiştirmek için menteşeli delikli paneller (A) ve frekansa göre yutuculuk değerleri (B)

Görsel 62. Değişken akustik elemanlar

Görsel 63. Silindirik ve eşkenar üçgen dönebilen elamanlar

Görsel 64. Tüp kapalı farklı yüzey kullanımı

Görsel 65. Kopenhag'daki Kraliyet Kütüphanesi, Danimarka. Değişken emilimi gösteren taranmış alanlarla yankılanma zaman eğrileri, plan, kesit ve duvar yükseklikleri

Görsel 66. Bilkent Konser Salonu iç mekanı ve ahşap panoları

Görsel 67. Elektro Akustik Tasarım Elemanları temel bileşenleri

Görsel 68. elektronik geri besleme

Görsel 69. Merkezi hoparlör sistemi

Görsel 70. Dağıtılmış hoparlör grubu

Görsel 71. Merkezi ve dağıtılmış hoparlör grubu sisteminin birlikte kullanımı

Görsel 72. CARMEN Blok Şeması

Görsel 73. Doğal akustik ve CARMEN sisteminin kullanıldığı akustik alan

Görsel 74. Şanghay Sanat Merkezi,1.200 kişilik ana tiyatro

Görsel 75. AASSM Büyük Salonunun +13.30 kot planı

Görsel 76. AASSM Büyük Büyük Salonunun kesiti

Görsel 77. AASSM Büyük Salon iç mekân fotoğrafları

Görsel 78. AASSM Büyük Salonunun enine ve boyuna kesiti hoparlör kümesi ve iç mekân görüntüsü

Görsel 79. AASSM Büyük Salonu değişken sahne tasarımı planı A: sahne asansörü ve koltuk arabası, B: koltuk arabası

Görsel 80. AASSM Büyük Salonu değişken sahne tasarımı kesiti. A: sahne asansörü ve koltuk arabası, B: koltuk arabası

Görsel 81. A) AASSM Büyük Salonu saçıcı ahşap elemanlar, B) saçıcı balkon yüzeyleri

Görsel 82. Yüzeylerde cam lifi takviyeli döküm alçı kullanımı

Görsel 83. AASSM Büyük Salon koltukları

Görsel 84. AASSM Büyük Salon Senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımı için yüzey malzemeleri yerleşimi, Büyük Salonun +13.30 kotu planı ve enine kesiti

Görsel 85. AASSM Büyük Salon +9.30 kotu planı, sahne arkası döner panel planı ve arka duvar çekilebilir perde sistemi

Görsel 86. AASSM Büyük Salon +13.30 kotu planı, çekilebilir ve çift katlı rulo perde sistemleri

Görsel 87. AASSM Büyük Salon konferans salonu kullanımı için yüzey malzeme yerleşimi kesit

Görsel 88. AASSM Büyük Salon perde ve afiş sistemlerinin yüzey yerleşimi

Görsel 89. AASSM Büyük Salonu senfoni müzik için frekansa göre çınlamasüresi

Görsel 90. AASSM Büyük Salonu konferans için frekansa göre çınlamasüresi

Görsel 91. AASSM Büyük Salonda T30 Çınlama Süresinin 500 Hz'te Dağılımı

Görsel 92. Budapeşte Sanat Sarayı'nın konumuna ilişkin hava fotoğrafı

Görsel 93. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu üstten ve yandan iç mekân görünüşü

Görsel 94. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu şaşırtmalı oturma düzeni

Görsel 95. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu yapı ve konser salonu yalıtımı

Görsel 96. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu Sahne üstü reflektörü ve hareketli hoparlör kümesi

Görsel 97. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nun yan duvarlarındaki yankı odaları

Görsel 98. Bela Bartok Ulusal Konser renkli sıva kaplı betonarme kapılı yankı odaları

Görsel 99. Bela Bartok Ulusal Konser salonu değişken sahne tasarımı. A: koro vagon asansörü, B ve C: Mobil oturma elemanlarıyla asansör azaltma ve asansör uzatma asansörleri, D: Piyano asansörü

Görsel 100. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu hareketli orkestra asansörü

Görsel 101. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu mobil oturma elemanlarının depolanması

Görsel 102. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu Sahne kullanımı

Görsel 103. Bela Bartok Ulusal Konser salonu yüzey malzemeleri, 1) betonarme üzeri renkli sıva yankı odası kapısı, 2) saçıcı özellikte ahşap balkon önü kaplaması, 3) yansıtıcı duvar kaplaması, 4) hareketli döndürülebilir paneller, 5) ahşap kaplama zemin ve koltuklar, 6) konser salonu organı

Görsel 104. Bela Bartok Ulusal Konser salonu, uzun çınlama süresi kullanımları için yüzey malzemeleri yerleşimi

Görsel 105. Bela Bartok Ulusal Konser salonu, uzun çınlama süresi kullanımları için yüzey malzemeleri yerleşimi

Görsel 106. Bela Bartok Ulusal Konser salonu perde sistemleri kullanımı

Görsel 107. Sanal duvar prensibi

Görsel 108. Sanat Sarayı planı. 11 ile 24 arasındaki hücrelerin konumu ve 25, 26 nolu sahnenin mikroskopları

Görsel 109. Sanat Sarayı kesiti. 1 ile 6 ve n ° 17 ile 19 arasındaki hücrelerinin konumu

Görsel 110. Sahne üstü ve yan duvarları aktif hücre yerleşimi

Görsel 111. Konfigürasyonların ölçülen çınlama süresi aralığı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AASSM: Ahmet Adnan Saygun Sanat Merkezi

GİRİŞ

Akustik insanın içinde yaşadığı çevreyle işitsel olarak iletişim kurmasını sağlar. Mimari de işitsel iletişimin sorunsuz gerçekleşmesi amacıyla akustik tasarım gerçekleştirilir. Günden güne gelişen teknoloji ve değişen ekonomik koşullar akustik mekânların kullanım amaçlarını da etkilemekte ve birden fazla fonksiyonda kullanılacak salon tasarımları artık kaçınılmaz olmaktadır.

Akustik bir salonun tasarımının da belirleyici olan işlevdir. Salonlarda gerçekleştirilen işlevler müzik, konuşma/tiyatro, opera ve müzikalden oluşmaktadır. Her işlevin mimari tasarım parametresi ve akustik gereksinimleri birbirinden farklılık göstermektedir. Birbirinden farklı özellikte ve farklı gereksinimleri olan mekânların akustik tasarım süreci düşünüldüğünden çok daha zor bir süreçtir. Bu nedenle birden fazla işlev aynı hacim içerisinde çözümlenecekse, işlev seçiminin doğru yapılması akustik başarıda önemlidir; seçilecek işlevlerin akustik gereksinimlerinin birbirine benzerlik göstermesi akustik tasarım süreci kolaylaştırmakta, farklı akustik koşullarda işlevlerin seçimi değişken akustik tasarım kavramını ve gerekliliğini ortaya çıkartmaktadır. Çok amaçlı salonlarda birbirleri ile bağdaşabilecek işlevler seçilip mekân tasarımı yapılabilmektedir. Bu nedenle tez kapsamında birbirine zıt akustik koşullara sahip işlevleri aynı hacim içerisinde barındıran değişken akustiğe sahip salonlar incelenmiştir.

Değişken akustik tasarım birbirinden farklı işlevlerin değişen akustik gereksinimlerinin aynı hacim içerisinde sağlanması amacıyla geliştirilen tasarım sürecidir ve disiplinler arası bir çalışma alanıdır. Bu nedenle ilgili bütün disiplinlerin tasarım sürecine erken tasarım evrelerinde dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu araştırmayı oluşturan verilerin ortaya konulması için farklı disiplinlere ait pek çok kaynak taraması yapılmıştır.

Üç bölümden oluşan çalışmanın, birinci bölümünde öncelikle akustik tasarım ve farklı işlevler için değişen akustik koşullar ortaya konulmuş; daha sonra “değişken kavramı” ve bu çerçevede “değişken akustik tasarım kavramı” açıklanmıştır. Bu bilgiler ışığında da değişken akustik tasarıma nesnel bir ölçüt sağlayan çınlama süresi parametresi bağlı olduğu bileşenler ve farklı işlevlere göre değişen değerleriyle birlikte açıklanmıştır.

İkinci bölümünde, iç mekânda değişken akustik tasarım oluşturmak için iki farklı tasarım yaklaşımından bahsedilmiştir. Mekânın akustik koşullara göre değişebiliyor olması, sesin hareketine göre geliştirilen fiziksel değişken akustik tasarım yaklaşımları başlığı altında; Mekânın sabit tutulup istenen işlevlerin çınlama süresi değerlerinin sağlanması için elektronik olarak yankılanma değişikliğinin sağlanması, teknik destekle oluşturulabilen değişken elektro akustik tasarım yaklaşımları başlığı altında incelenmiştir. Birinci yaklaşımda, öncelikle iç mekândaki değişken ve değişmez yapı elemanları belirlenmiştir. Sonrasında ise değişken akustik tasarım parametresi dikkate alınarak iç mekân hacminde, yüzey yutuculuğunda ve dinleyici sayısında hangi değişken iç mekân elemanları kullanılarak ne oranda değişken akustik tasarım oluşturulabilir sorusuna literatürden örnek uygulamalar ışığında cevap aranmıştır. İkinci yaklaşımda ise, mekânda bir değişiklik yapılmadan elektronik ortamda çınlama süresinin nasıl değiştirilebileceği piyasada bu amaçla üretilen sistemler ışığında açıklanmıştır. Her bir tasarım yaklaşımı değişken akustik için olanaklar sunmakta ve bu yaklaşımların kullanımında da belirleyici olan işlev ve işlevin akustik koşullarıdır.

Üçüncü bölümde ise, Değişken akustik tasarım ve değişken akustik tasarım yaklaşımları göz önüne alınarak belirlenen üç örnek üzerinden inceleme yapılmıştır.

Tüm bu aşamaların ardından elde edilen veriler ışığında ortaya konulan bulguların ve sonuçların genel değerlendirmesi yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

BÖLÜM 1: İÇ MEKÂNDAN DEĞİŞKEN AKUSTİK TASARIM KAVRAMI

1.1. Akustik Tasarım

Mimaride mekân akustiği, mekân içinde yürütülen fonksiyona uygun işitsel konfor koşullarını sağlamak amacıyla yapılan bir tasarım sürecidir. Mimari akustik yapı akustiği ve hacim akustiğinden oluşmaktadır. Yapı akustiği, yapı ve yapının çevresinde oluşan gürültülerin belirlenip, uygun konfor koşullarının sağlanması için denetlenmesi işidir ve yapı elemanlarında yeterli ses yalıtımının teminiyle ilgilidir. Hacim akustiği ise, iç Mekânların işlevlerine uygun olarak, ses kaynağından çıkan sesin hacim içerisindeki dinleyicilere eşit enerjiyle homojen olarak iletilmesi amacıyla mekânın düzenlenmesi ve seçilen malzemelerin ve elemanların bu amaca uygun bir biçimde konumlandırılması ve kullanılmasıyla ilgilidir. Başarılı bir akustik salon tasarımı için öncelikle erken tasarım evrelerinde belirlenen işlev için yapı akustiğinin ve hacim akustiğinin başarılı bir şekilde çözümlenmesi gerekmektedir.

Salonların uygun akustik koşullarını mekânın işlevi belirlemektedir. Salonlarda gerçekleştirilen işlevleri tez kapsamında genel olarak Tablo 1'deki gibi sınıflandırılmıştır.

AKUSTİK SALONLARDA GERÇEKLEŞTİRİLEN İŞLEVLER		
Konuşma/ Tiyatro	Derslikler & Konferans Salonları	
	Tiyatro Salonları	
	Konuşma Yapılan Salonlar	
Müzik	Kilise Orkestrası ve Koro/ Org müziği	
	Senfoni müziği	Klasik Dönem
		Romantik Dönem
	Resital & Oda Müziği	
Opera		
Müzikal		

Tablo 1. Akustik mekânlarda gerçekleştirilen işlevler (Yüksel, 2011, s.192)

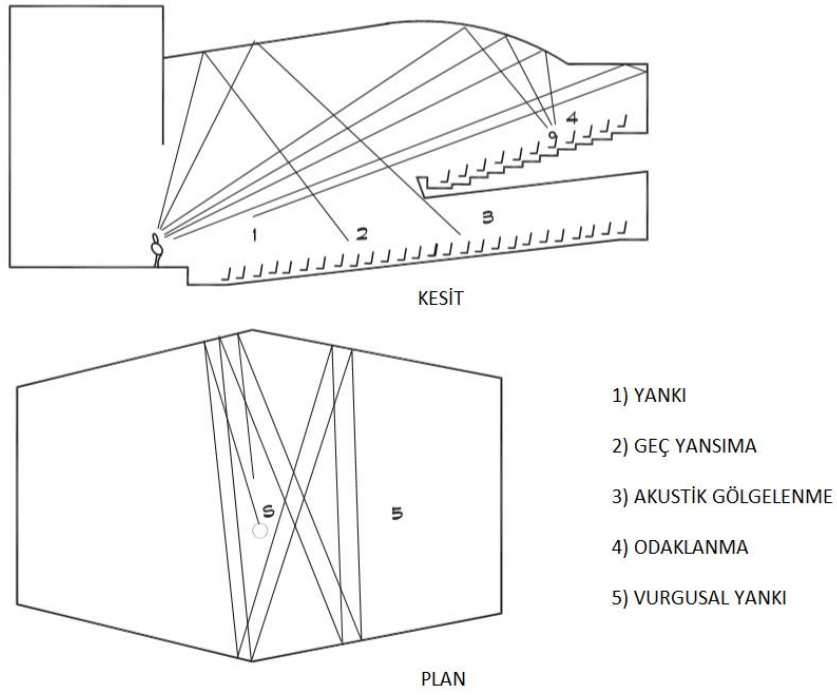
Akustik salonların işlevine göre akustik tasarım parametreleri belirlenmeli ve belirlenen ölçütlere göre akustik kusurlardan arınmışlık sağlanarak tasarım oluşturulmalıdır.

1.1.1. Akustik Kusurlar

Akustik tasarımda hacmin büyüklüğü ve işlevi ne olursa olsun, akustik başarının sağlanabilmesi için öncelikli koşul akustik kusurlardan arınmışlıktır. Bu nedenle mekân akustiği çalışmalarının da öncelikli olarak irdelenmesi gerekir (Long, 2014, s.646).

- **Yankılanma (echo)**, Direkt ses duyulduktan sonra yansıması ikinci veya üçüncü kez fark edilir şekilde duyulabilir olduğunda yankılanma kusuru meydana gelir. Yankılanmanın çınlamadan farkı yansıyan sesin kulağa ulaşma süresinin çok uzun olmasıdır. Yankılanma meydana geldiğinde konuşmalar üst üste binerek anlaşılmasına başlar ve müzikte ritimlerin takibi zorlaşır. Genellikle 50 ms'den daha geç gelen yansımalar yankılanma olarak algılanır (Ermann, 2015,s.111). Bu nedenle, yankı, belirgin bir şekilde algılanabilir olan orijinal sesin bir tekrarıdır; oysa yankılanma, müzik için sıklıkla yararlı olan birden fazla yansıma yoluyla sesin uzatılmasıdır
- **Vurgusal yankılar**, paralel düzlemler; içbükey veya köşeli çift yüzeyler arasındaki çoklu yansımalar nedeniyle yerel olarak devam eden yüksek frekanslı seslerdir
- **Odaklanma**, içbükey yüzeyler nedeniyle bir odanın yerleştirilmiş bölgelerinde ses enerjisinin birikmesidir.
- **Akustik gölgeleme**, kaynaktan gelen sesin veya yararlı yansımaların yüzeylerin engel oluşturmasıyla altlarında kalan alanlara iletilmemesidir.
- **Renklendirme**, belirli frekansların veya frekans bantlarının diğerlerine vurgulanmasıdır. Oda modu oluşturma veya sadece belirli frekans aralıklarında emen emici malzemelerden kaynaklanabilir.
- **Kaynak yerinin algılanmasında hata** ise dolaysız sesin, kaynağın görsel olarak konumlandığı alan haricindeki bölgelerden gelen yansımalarla beslenmesi sonucu dinleyici tarafından kaynağın konumlandığı yönden değil, yansıyan sesin yönünden daha baskın duymasından kaynaklanır.

Bu kusurlardan bazıları Görsel 1 'de yer alan plan ve kesitte görselleştirilmiştir.



Görsel 1. Akustik kusurlar (Long, 2014, s.648)

Akustik kusurlardan arınmışlığın sağlanabilmesi için, iç mekân hacim biçimlenişine, yüzey malzeme seçimine ve biçimlenişine doğru karar verilmesi gerekir. Farklı işlevlerin uygun hacim biçimlenişi ve yüzey malzemeleri kombinasyonu değişebilmektedir.

1.1.2. Öznel ve Nesnel Akustik Tasarım Parametreleri

Akustik mekânlar dinlemeye yönelik mekânlardır. Akustik mekânlarda yer alan işlevler müzik, konuşma/teyatro, opera ve müzikalden oluşmaktadır. Müzik ve konuşma sesi birbirinden farklı özelliktedir. "Konuşma ve bireysel ses olayları hecedir ve tipik bir konuşma hızı saniyede beş hecedir. Müzik çok daha esnektir."(Barron,1993,s.12) Dans, vücut devinimleriyle müzik eşliğinde yapılan hareketlerden oluşmaktadır. Müzik, konuşma ve dans birbirinden farklı özellikler göstermekte, dolayısıyla akustik mekânların farklı işlevler için akustik gereksinimleri de değişmektedir. Müzik ve konuşma işlevli mekânların öznel ve nesnel hacim akustiği parametreleri ve bunların birbirinden farklı olduğu görsel 2' de gösterilmiştir.

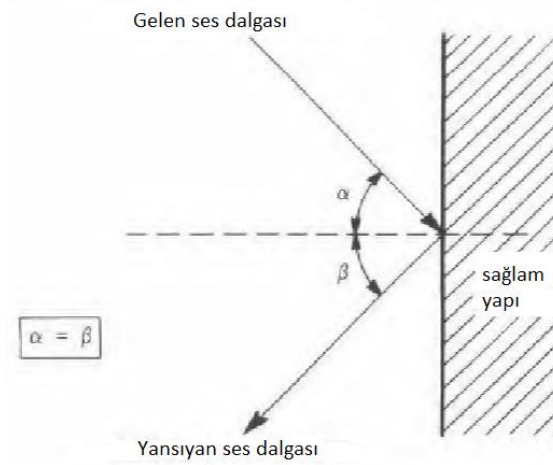
Öznel Parametre		Nesnel Parametre	Standart	İşlev
Yansışım		$T_{60}, T_{30}, T_{20}, EDT$	ISO 3382	Müzik, Konuşma
Netlik		C_{80}	ISO 3382	Müzik
		C_{50}	ISO 3382	Konuşma
Açıklık /Ayrırdedilebilirlik		D_{50}	ISO 3382	
Tını (Timbre)	Sıcaklık	BR	-	Müzik
	Parlaklık	TR	-	
Doku		Impuls Yanıtı	ISO 3382	Müzik
Konuşmanın Anlaşılabilirliği		STI - Konuşma İletim Katsayısı RASTI ALcons	IEC 60268-16	Konuşma
		AI	ASTM E1130-05	
Erken ve Geç Yansımalar Arasındaki Denge / Netlik ve Yansışım Arasındaki Denge		T_s - Merkez Zamanı / Ağırlık Merkezi Zamanı	ISO 3382	Müzik
Gürlük/Seslilik		SPL_t - Toplam Ses Basınç Düzeyi	-	Müzik, Konuşma
		G - Güç	ISO 3382	
Dinamik Enginlik		NR/NC	-	Müzik, Konuşma
Hacimlilik Hacim Etkisi Sarmalanmışlık	İşitsel (Algılanan) Kaynak Genişliği (ASW)	LEF - Yanal Enerji Oranı / LF80 - Erken Yanal Enerji Oranı	ISO 3382	Müzik
	Dinleyicinin-Sesle-Kuşatılması (LEV)	LG	ISO 3382	
		IACC	ISO 3382	
Akustik Samimilik (Intimacy)		ITDG–Initial-Time-Delay Gap	-	
Birliktelik (Ease of ensemble)		STeary	ISO 3382	Müzik
Destek (Support)		STlate	ISO 3382	
Denge		-	-	
Harmanlanma		-	-	

Görsel 2. Hacim akustiği parametreleri ve işlev ilişkisi. (Engin,2014,s.51)

Parametrelerin tanımları tez kapsamına dâhil edilmemiştir. Literatürde akustik tasarımlar üzerine yazılmış birçok kaynaktan bulunabilmektedir.

1.2. İç Mekânda Akustik Tasarım ve İç Mekân Tasarımında Planlama

Akustik bir iç mekân tasarımı yapılırken öncelikle işleve uygun hacim büyüklüğü belirlenir. Belirlenen hacmin ölçüsünde işleve optimum verim sağlayacak biçim ve geometri oluşturulur. Daha sonra kaynaktan çıkan sesin bu biçim ve geometri içinde tüm dinleyici alanına homojen bir şekilde yayılmasını sağlayabilmek için ışın analizleri yapılır. Işın analizlerinde kaynaktan çıkan sesin, iç mekân duvar ve tavan yüzeylerine çarpıp yansıdıktan sonra dinleyici alanına doğru nasıl hareket edeceği belirlenir. Bu ses hareketlerinin yardımıyla, ses enerjisinin dinleyiciye eşit ve kontrollü bir şekilde iletilebileceği tasarımların oluşturulması amaçlanmaktadır. Işın analizinde, yüzeye gelen ses dalgalarının geliş açısı, yansıyan ses dalgasının yansıma açısına eşittir Yansıma prensibi Görsel 3’de görselleştirilmiştir.



Görsel 3. Yansıma Prensibi

Yansıma örgüsü oluşturulurken, akustik kusurlar engellenecek şekilde oluşturulmaya dikkat edilir. Akustik kusurlardan arınmışlık sağlandıktan sonra, hacmin işlevinin akustik gereksinimlerine göre yüzey malzemeleri belirlenir.

1.2.1. Salon Formu

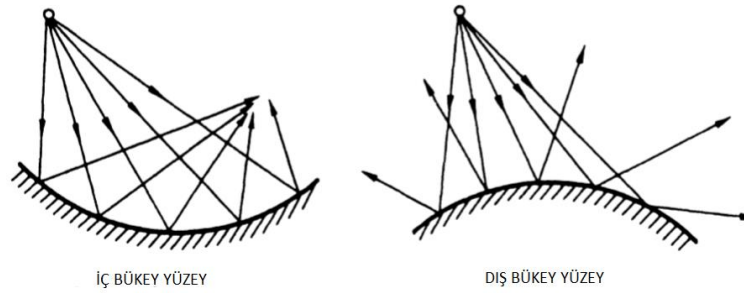
İyi bir iç mekân hacim akustiği oluşturmak amacıyla, erken tasarım evresinde salon formu belirlenirken etkili olan temel prensipler aşağıda sıralanmaktadır:

- *Dikdörtgen bir hacim için boyut oranı*

Küçük dikdörtgen bir hacimde, doğal frekanslar bozulmamalı ve düzgün biçimde ortama eşit olarak yayılmalıdır. Altın oran veya yaklaşık olarak 2:3:5 oranı yüzyıllardır kullanılmaktadır.

- *Çevreleyen duvarların şekli ve sesin yansımaları*

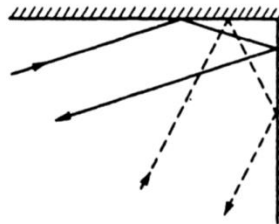
Ses, dalga boyuna kıyasla boyutsal olarak daha büyük bir duvar yüzeyinden çarptığında yansır. Duvar yüzeyleri içbükey olursa, yansıyan sesler bir noktada toplanır; dışbükey olursa yansıyan sesler yayılırlar (Görsel 4). Bu nedenle içbükey yüzey kullanımı risk taşır.



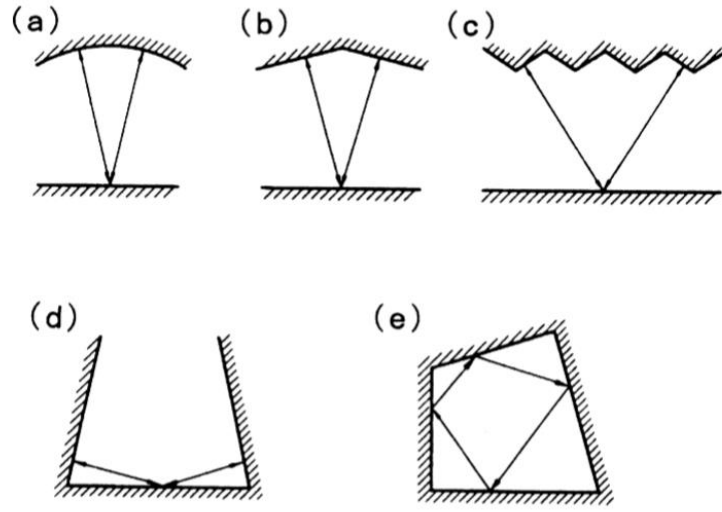
Görsel 4. Kavisli bir yüzeyden yansımaları (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 225)

- *Yankı ve tekrarlayan yankının önlenmesi*

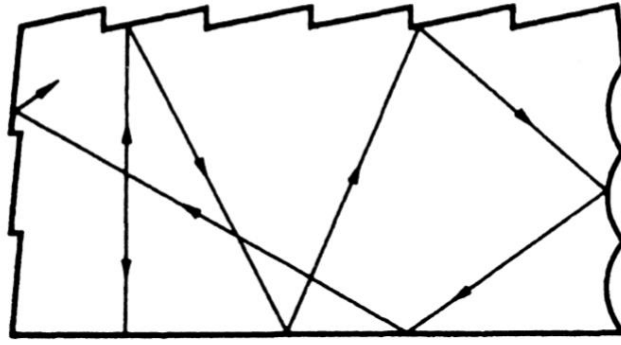
Mekânlarda iki düzlemin ortogonal olarak kesiştiği bir köşede, ses dalgaları, diğerine göre daha az etkilendir ve böylece yankılar Görsel 5’de gösterildiği gibi ortaya çıkabilir. İki paralel düzlem arasında meydana gelen çok sayıda yansımaları, tekrarlayan yankılara sebep olabilir (Görsel 6). Yankıları tamamen önlemek için, yüzey şekilleri gelen sesleri dağıtacak veya emecek şekilde oluşturulmalıdır. Görsel 7’de yüzeyleri tercih edilen bir şekil göstermektedir. Seste duyulabilir bir titreşim meydana gelmemesi için 1000 ve 2000 Hz frekans bantlarındaki saçıcılık büyük önem arz etmektedir (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 224-225).



Görsel 5. Köşeden sesin yansımaları (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 224)



Görsel 6. Tekrarlayan yankı oluşturabilecek yüzeyler(Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 225)



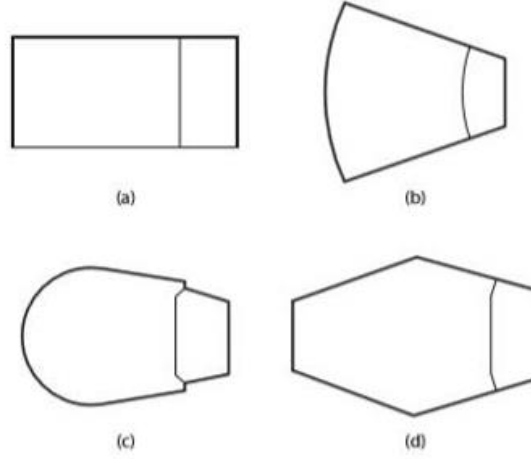
Görsel 7. Tekrarlayan yankının engellendiği yüzey şekli. (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 225)

Başarılı bir iç mekân akustiği, hacmin form ve elemanlarıyla doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla, mekânın geometrik formu, en/boy oranları ve yüksekliği tasarımın erken evrelerinde belirlenmelidir. Genel olarak salon formu ve boyutları belirlenirken, hacim genişliğinde yanal yansımalar göz önünde bulundurulmalı, hacim derinliğinde ise kaynak-son dinleyici arasındaki uzaklık dikkate alınmalıdır. Kaynak son dinleyici mesafesi, özellikle görsel etkilerin anlaşılabilirliğinin önemli olduğu işlevlerde büyük önem taşımaktadır.

1.2.2. Plan Tipi

Günümüze kadar birçok plan tipi deneyimlenmiştir; dikdörtgen plan tipi, yelpaze plan tipi, at nalı plan tipi, gelişigüzel plan tipi (Görsel 8). Dikdörtgen plan tipi, paralel duvarlarından

dolayı yanal yansımalara uygun iken, diğer plan tipleri dairesel formlarıyla yanal yansımaları azaltmaktadır.

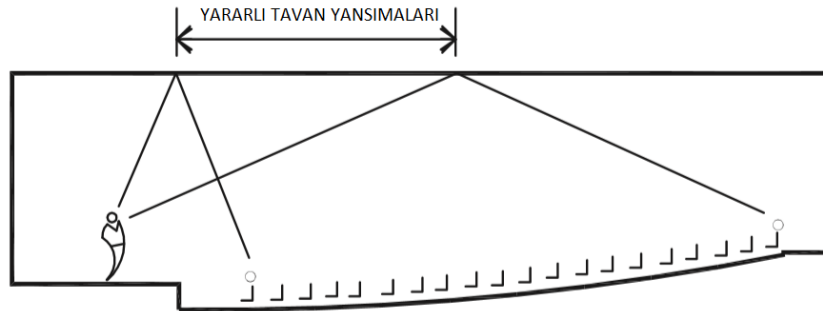


Görsel 8. Plan şemaları (a) Dikdörtgen tipi plan (b) Yelpaze tipi plan (c) At nalı tipi plan (d) merkezi veya gelişigüzel plan tipi (Long, 2014,s.639)

1.2.3. Bölgesel Formların Seçimi

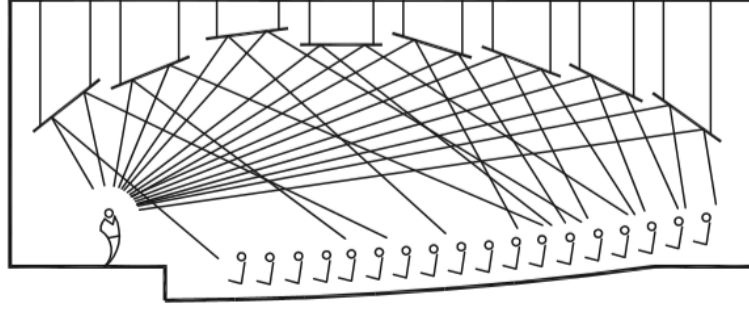
Tavan

Tavan formu, yüzeylerine çarpan sesin eşit enerji ve açıyla yönlendirilerek sesin dinleyiciye homojen dağıtılmasını sağlamak amacıyla şekillendirilir. Salonlarda tavan tasarımı farklı şekillerde geliştirilebilir. Düz tavan tasarımı, tavan yüzeyinden tüm dinleyiciye yararlı yansımaların sağlanabildiği koşullarda kullanılabilir(Görsel 8).

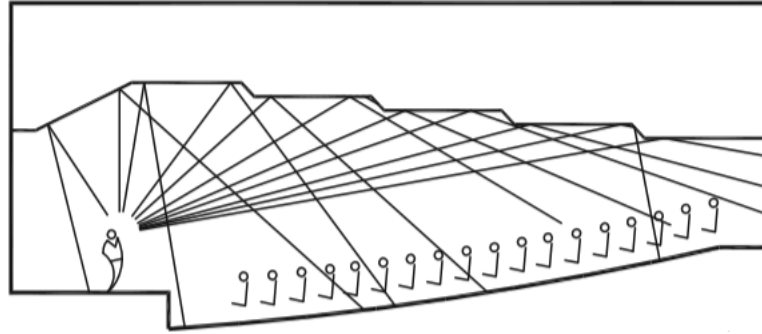


Görsel 9. Düz tavandan yararlı yansımalar(long, 2014, s.643)

Tasarımı geliştirmek için, tavan Görsel 10'daki gibi parçalara ayrılabilir veya oturma yükseltilebilir ve tavan Görsel 11' deki gibi basamaklanabilir. (long, 2014, s.643).

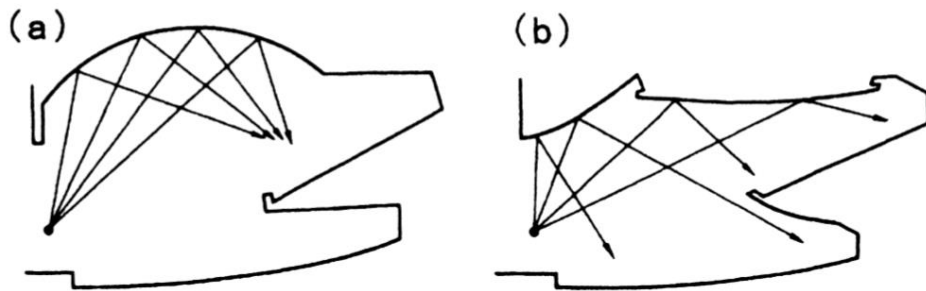


Görsel 10. parçalanmış tavan tasarımı (long, 2014, s.643).



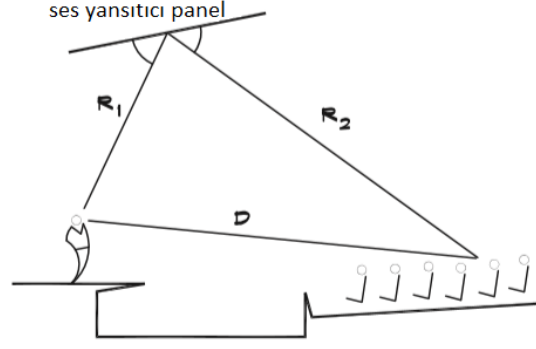
Görsel 11. Kademeli olarak tasarlanmış düz tavan tasarımı(long, 2014, s.644).

Tavan tasarımında düz form ve kademeli veya parçalanmış düz formların yanı sıra, içbükey veya dışbükey tavan formu da kullanılabilir. Ancak, içbükey tavan formu akustik kusurlardan odaklanmaya sebep olmaktadır. Bu sorun dışbükey şekillerin kombinasyonu ile oluşturulan tavan tasarımlarıyla çözümlenebilir (Görsel 12) .



Görsel 12. a) içbükey tavan tasarımı b) dışbükey formların kombinasyonları (Maekawa, Rindel, ve Lord,2011, s. 226)

Tavan panellerinin tasarımı açısından bir diğer önemli konu ise, kaynaktan gelen dolaysız ses ile tavandan gelen yansıyan ses arasındaki zaman farkıdır. Paneller dinleyiciye kısa gecikmeli ses yansımaları sağlamalıdır.



Görsel 13. Düz tavan paneli tasarım çalışması (Long, 2014, s. 642).

Zaman gecikmesi aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanabilir (Long,2014,642):

$$T = (R_1 + R_2 - D) / 0,34$$

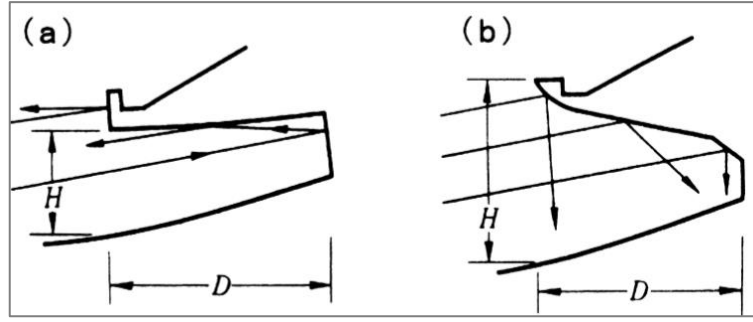
T = Zaman Gecikmesi (ms)

$R_1 + R_2$ = Yansıma Mesafesi (m)

D = Kaynak Dinleyici Uzaklığı (m)

Balkon

Akustik mekânların dikey boyutundan faydalanmak ve dinleyici sayısını arttırmak için balkon kullanımı oldukça yaygın bir çözümdür. Balkon tasarımlarında, balkonun altındaki akustik alan genellikle olumsuz etkilenir. Çünkü doğrudan ses dinleyiciye yayılan uzun mesafe nedeniyle zayıflar; duvarlardan ve tavanlardan etkili bir şekilde yansıtılmaması nedeniyle ses basınç seviyeleri düşer. Bu sorunu iyileştirmek için, Görsel 14 'deki balkonun derinliği D mümkün olduğunca kısa ve maksimum H yüksekliğinin iki katından daha az olmalıdır (mümkünse, açılış yüksekliğine H eşittir). Ayrıca, herhangi bir koltukta oturan bir kişinin ana tavanı olabildiğince görebileceği şekilde, balkonun altındaki oturma yerinin tasarlanması gerekmektedir. Balkon önü, planda veya kesitte herhangi bir yankı veya odaklanma meydana gelmeyecek şekilde tasarlanmalı, balkonun şekli ve malzemesi etkili bir yansıtıcı yüzey olmalıdır (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 227).



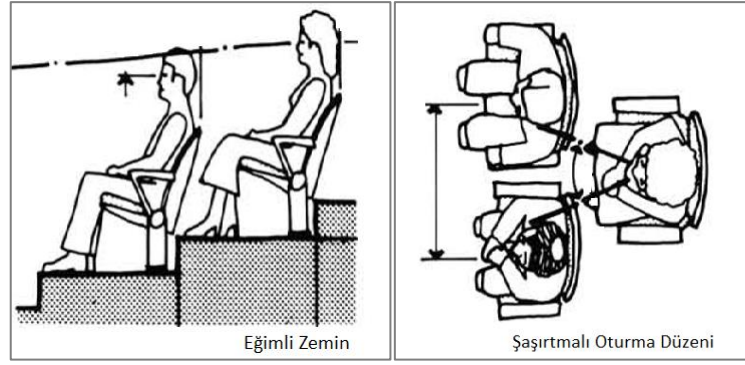
Görsel 14. Balkon uygulamalarından kesitler (a) kötü; (b) iyi (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 227).

Balkonun altındaki oturma alanlarında oturan en arkadaki kişinin sahneyi görme açısına dikey görüş açısı denmektedir. Dikey görüş açısı görsel iletişimin önemli olduğu alanlarda önem kazanmaktadır.

Zemin

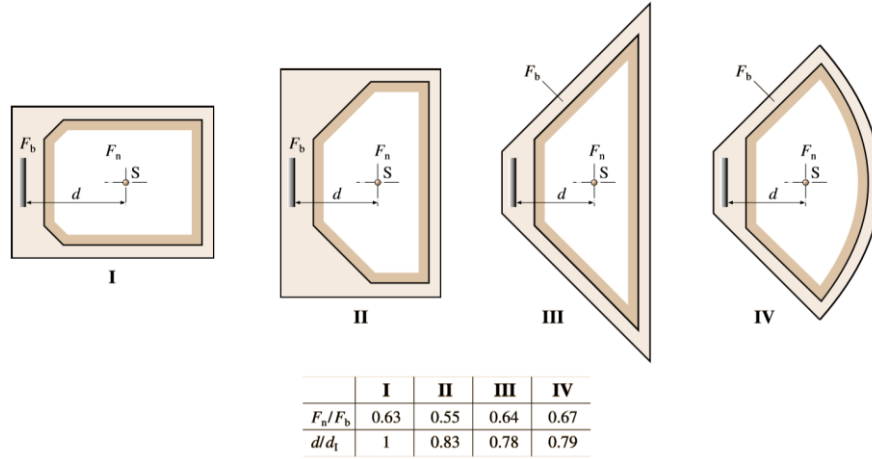
İyi bir görüş alanı, iyi bir dinleme koşulunu oluşturmaktadır. Bu nedenle özellikle büyük hacimlerde oturma alanlarının zemini, yeterli görüş alanını sağlamak için eğimli tasarlanmaktadır. Koltuklu oturma düzeninde oturma sıraları arasındaki boşluklar, 100 ile 200 Hz arasındaki düşük frekans aralığında rezonansa neden olmaktadır. Bu durumun oluşmaması için sesin ön koltuklardan kesintiye uğratılmadan arka tarafa iletilmesi büyük önem taşımaktadır. İyi görüş açısı için, zemin eğiminin genellikle en az 12- 15° dolaylarında olması tercih edilmektedir (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 228).

Mevcut oturma alanının etkin kullanımı ve dinleyicilerin sanatçılara ortalama yakınlığı, dinleyicilerin akustik koşulları için çok önemli parametrelerdir. Bu nedenle sahne ve dinleyicilerin ilişkisinin doğru kurgulanması önemlidir. Görsel 15' te bir kişinin oturma alanını öndeki iki kişinin arasına bakacak şekilde oluşturulan şaşırtmalı oturma düzeni gösterilmektedir. Şaşırtmalı oturma düzeni, oturma alanının etkin kullanımını sağlamaktadır.



Görsel 15. Eğimli zemin ve Şaşırtmalı oturma düzeni (Egan, 2007, s.85).

Dinleyicilerin sahneye ortalama uzaklığı ise odanın plan şekline göre değişmektedir. Görsel 16'da bu uzaklıkların farkı görülmektedir. Alan kullanımı açısından en verimli hacmin IV numaralı fan tipi plan tipinin olduğu görülmektedir.

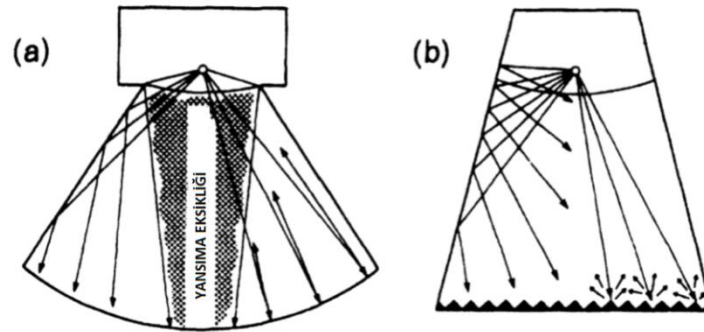


Görsel 16. Dört farklı oda şekli için ortalama sahne-dinleyici mesafesi ve zemin alanının net verimliliği. F_n dinleyici tarafından işgal edilen net alan, F_b toplam zemin alanı, d ortalama kaynak-dinleyici mesafesi; Durum I için $d_1 = d$ (Rossing, 2014, s.341)

Arka ve Yan Duvarlar

Arka ve yan duvar uygulamalarında yeterli yanal yansımaların duvarlardan alınması ve arka duvarlarından oluşabilecek yankının önlenmesi önemlidir. Hacim içerisinde değerlendirdiğimizde, paralel duvarlar vurgusal yankı oluşturabilmektedir. Bu nedenle yan duvarların birbirine paralel tasarlanması erken dönem tasarım evresinde etkili bir çözüm oluşturmaktadır. Eğer paralel duvar uygulaması yapılacaksa da duvar yüzeylerinde bu kusurları önleyici malzemeler seçilmelidir.

Fan bölmeli bir yan duvar planı mimarlar tarafından genellikle tercih edilmektedirler. Ancak fan tipinin açısının ışın analizleri yapılarak belirlenmesi önemlidir. Görsel 17 (a) 'da geniş açılı bir fan tipi yan duvar planında gösterildiği gibi yanal yansımalar yetersiz kalabilmekte ve arka duvardan yankılara neden olabilecek uzun yansımalar üretebilmektedir. Görsel 17 (b)' de görüldüğü gibi daha dar açılı bir plan uygulaması ve arka duvara uygulanacak emici veya saçıcı yüzey malzemeleriyle bu durum çözümlenebilmektedir. Genel olarak, planda düzensiz veya asimetrik bir alanın tasarlanması kolay değildir, ancak ses difüzyonu ve akustik kalite açısından istenen bir durumdur (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 229).

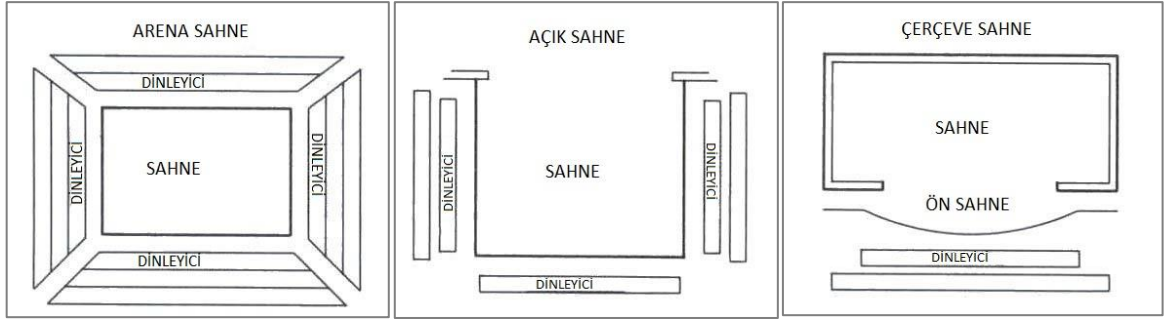


Görsel 17. Fan plan tipinin akustik iyileştirilmesi (a)kötü; (b)iyi (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 229).

1.2.4. Sahne Tasarımı

Sahne, akustik mekânlarda performansın gerçekleştiği dolayısıyla sesin mekâna yayıldığı yer olduğundan akustik açıdan kritik bir alandır. Başarılı bir sahne tasarımı yaratmak düşünüldüğünden daha karmaşıktır; iyi bir sahne tasarımına etki eden birçok faktör vardır. Ses enerjisi, sahne hacmi ve salon hacmi arasında serbestçe akmalıdır (Holden,2016, s. 95). Sahne tasarımında sesin dinleyicilere yönlendirilmesi ile beraber sahnedeki sanatçılara da sesin yönlendirilmesi ve birbirlerini duymalarının sağlanması gerekir. Sahne mekânı tasarımdaki temel amaç dinleyen-dinlenen arasındaki ilişkinin doğru kurgulanmasının sağlanmasıdır. Günümüze kadar birçok sahne biçimleri denenmiştir. Dinlemeye yönelik akustik mekânlarda en çok kullanılan sahne tipleri;

- Arena tipi
- Açık sahne tipi
- Çerçeve sahnedir.

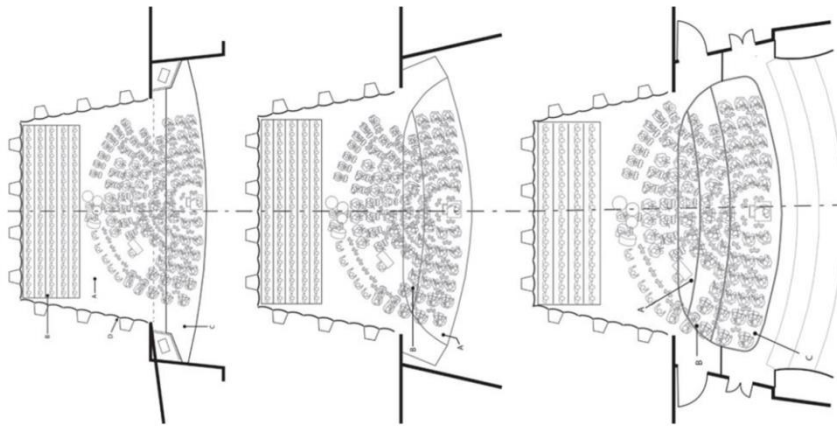


Görsel 18. Sahne tipleri ve Dinleyici - Sahne İlişkisi Plan Çizimleri (<https://bit.ly/3jua5DI>)

Sahne tasarımlarında her sahne biçiminin avantaj ve dezavantajı bulunmaktadır. Sahneler bu avantajlara uyum sağlayacak elemanlarla oluşturulur. Sahne biçimlerinin arasındaki geçişi sağlayan sahne elemanları; orkestra çukuru, orkestra kabuğu ve bunlara yardımcı sahne önü yansıtıcı sistemleridir. Akustik mekânlarda bu sistemler kullanılarak genellikle, çerçeve sahne ve açık sahne biçimi arasında geçiş sağlanmaktadır.

Orkestra Çukuru

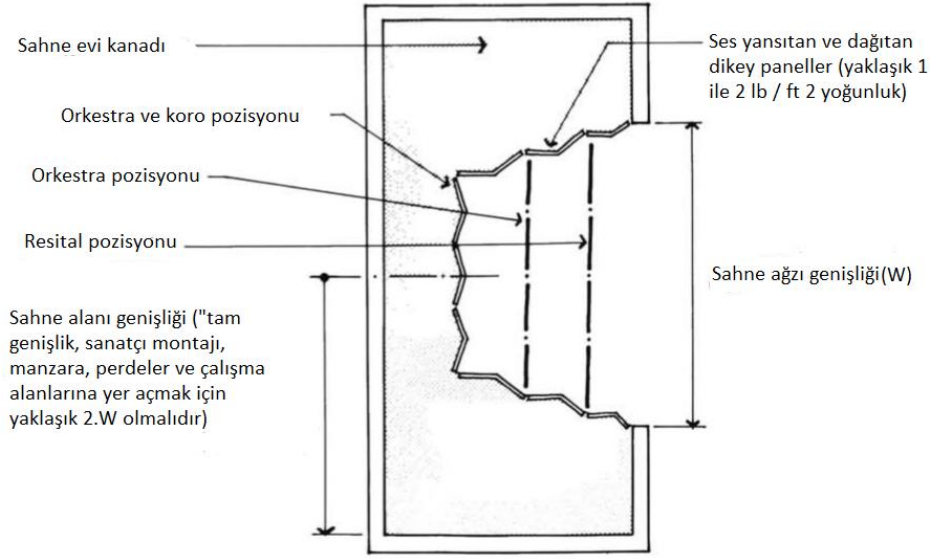
Birden fazla işleve hizmet eden akustik mekânlar için, orkestradaki müzisyenler bir sahne-önü kemeri ile salondan ayrılmamalı ve dinleyiciler ile aynı hacmi paylaşmalıdırlar. Bunu sağlamak için genellikle asansörlü orkestra çukuru bölümü yukarı kaldırılarak müzisyenler sahne önüne kadar getirilir (Görsel 19). Fakat akustik olarak avantajlı olmasının yanında orkestra çukuru kullanımı, görüş hattı sorunları, sahne-önü tavanında karmaşıklık, tavadaki ışıklandırma düzenine müdahale gibi sorunlar da doğurmaktadır (Holden, 2016,s.97)



Görsel 19. Sahnede kullanılan farklı orkestra liftleri (solda)tekli; (ortada)ikili; (sağda)üçlü (Holden, 2016,s.97)

Orkestra Kabuğu

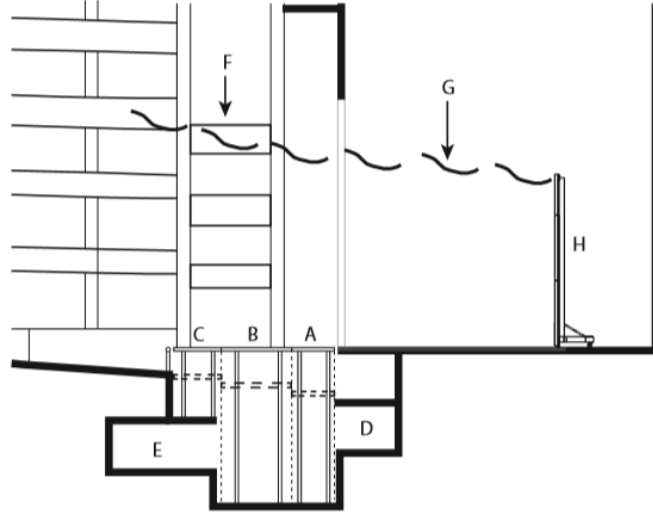
Orkestra kabuğu tasarımında sahnede üretilen sesin, sahne içinde azalmasının önlenmesi ve sesin dinleyici alanına yönlendirilmesi amaçlanmaktadır. Kabuk tasarımı ile dinleyicinin zengin ve harmanlanmış sesi dinlerken, aynı zamanda tek tek enstrüman detaylarını da duyabilmesi amaçlanır.(Holden,2016,s. 96). Görsel 20’de çerçeve planda orkestra kabuğu uygulaması gösterilmektedir.



Görsel 20. Orkestra kabuğu uygulaması (Egan, 2007, s. 139).

Sahne-Önü Yansıtıcıları

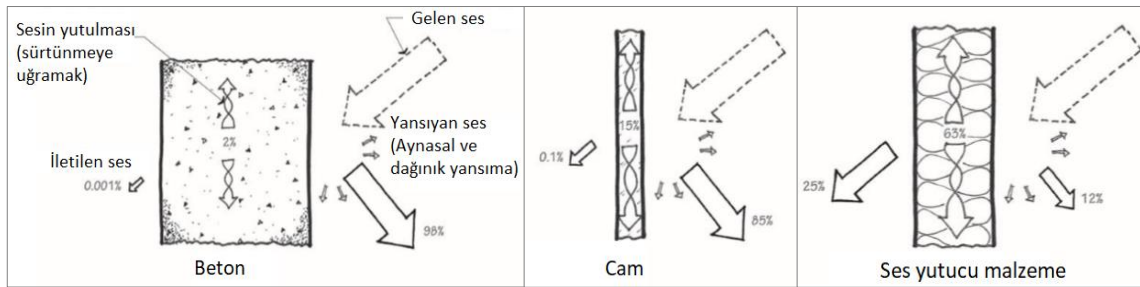
Sahnenin önünde asılı duran ses yansıtan paneller, ses enerjisini sahneden dinleyiciye yansıtır ve ilk gecikmesi zaman aralığını azaltır. Ağaçlandırma kanopileri olarak adlandırılan bu paneller orkestra kabuğunu dinleyici bölümüne doğru uzatır (Görsel 21). Bu uzatma, samimiyet için gereken doğrudan sesi artırabilir ve orkestra çukurundan çukura doğru ses enerjisini de yansıtabilir. Paneller arasındaki açıklıklar, ses enerjisinin üst hacme akmasına izin verir, böylece aşağıdaki dinleyici alanında düşük frekanslı yankılanmaya katkıda bulunabilir (Ermann, 2015, s. 141) . Sahne önü yansıtıcı panelleri sahnede işleme, harmanlama ve yöneltmeye yardımcı olmak için sahne asansörlerinin yaklaşık 10,6–12,2 m üzerine yerleştirilmelidir (holden,2016,s.101).



Görsel 21. Schuster PAC'de üçlü lift üzerindeki sahne kesiti (F)Tavana asılı sahne önü yansıtıcıları (Holden, 2016, s. 102)

1.2.5. İç Mekân Yüzey Malzemelerinin Seçimi

Akustik bir mekânın tasarım aşamasına uygun olan hacim biçimlenişi ve dinleyici alanı yerleşimi yapıldıktan sonra, iç mekân yüzey malzemelerinin seçimi yapılabilir. Ses iç mekânda kendisini çevreleyen yüzeylere çarpar; bir kısmı geldiği yöne geri döner, bir kısmı diğer tarafa geçer, bir kısmı da yutulur. Sesin yüzeylerde ne oranda ne yöne hareket edeceği, iç mekândaki yüzeylerin ses yutuculuk oranları belirlemektedir. Sesin yutulması, ses yüzeye çarptığında, ses enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesidir. Ses yutuculuğu, ses yutuculuk katsayısı ile ölçülür (Demirkale, 2007, s.127). Her malzeme sesi biraz yutar, biraz iletir, biraz yansıtır(Görsel 22). Sesin ne oranda yutulacağını yutuculuk katsayısı belirler. Malzeme yüksek yutuculuk katsayısına sahip ise yutucu malzeme özelliğine sahipken, düşük yutuculuk katsayısına sahip ise yansıtıcı malzeme özelliğine sahiptir.



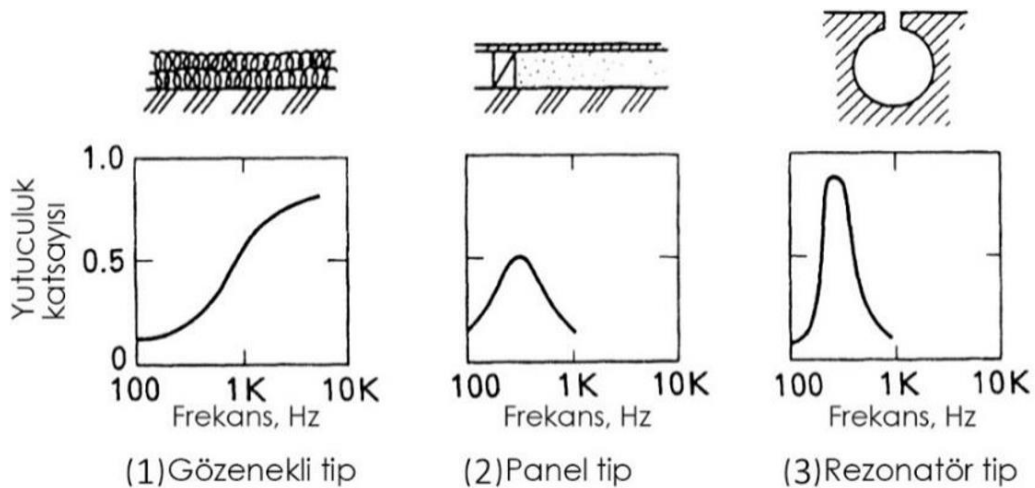
Görsel 22. Emici ve Yansıtıcı Yüzeylerin Prensipleri (Ermann, 2015,s. 26).

Malzeme seçimi çalışmalarında öncelikle, bir hacim içerisindeki akustik malzemelerin yüzey alanları belirlenir. Daha sonrasında, sesin mekân içerisindeki hareketine göre, akustik kusurların oluşmasının önlenmesine dikkat edilerek, yüzeylerin akustik niteliği (yansıtıcılık, yutuculuk veya dağıtıcılık) ve konumları belirlenir. Akustik malzemelerin yüzey alanları ve yüzeylerdeki konumları akustik başarının sağlanmasında oldukça önemlidir. Malzemelerin akustik özellikleri frekanslara göre değişmektedir. Tasarımcı akustik malzemeleri ve bunların bağlı olduğu bileşenleri göz önünde bulundurarak iç yüzey malzeme kombinasyonu oluşturmalıdır.

Yutucu Malzemeler

Yutucu malzemeler, boşlukların duvarlarına sürtünürken hava titreşimlerinin ısıya dönüştürüldüğü gözenekli veya lifli malzemelerdir. Bir malzemenin verimliliği, teorik olarak 0 (yansıtıcı) ile 1 (emici) arasında değişen emme katsayısı ile karakterizedir (Asselineau, 2015, s.48). Emme katsayısı ne kadar yüksek olursa, ses o kadar fazla emilir.

Yutucu malzemeler yutum prensiplerine göre; gözenekli (porous), panel ve hacim yutucular olmak üzere üç ana kategoride incelenmektedir. Görsel 23’ te gözenekli, panel ve hacim yutucuların 100 ve 10K frekans aralığında yutuculuk katsayıları gösterilmekte ve bu malzemelerin etkili yutuculuk sağladığı frekans değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmektedir.



Görsel 23. Frekansın bağlı olarak gözenekli ve panel ve rezonatör emicilerin yutuculuk katsayıları

(Asselineau, 2015, s.78)

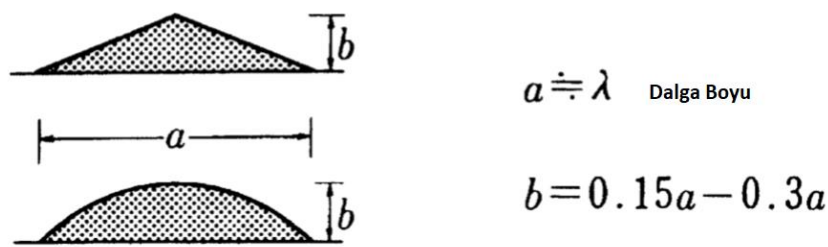
Gerçekte, tüm materyaller farklı frekanslarda değişen emme katsayılarına sahiptir. Dolayısıyla bir tavan döşemesi 1.000 Hz'de 0.80 emme katsayısına ve 125 Hz'de 0.32 emme katsayısına sahip olabilir. Orta frekanslarda (konuşma frekansları) emici olan birçok gözenekli malzeme, düşük frekanslarda daha çok ses yansıtıcıdır.(Ermann, 2015, s.27).

Mekânın akustik işlevi ve işlevin hangi frekans aralığında gerçekleştiği yüzeylerde hangi yutucu malzemelerin kullanılacağını belirlemektedir. Tasarımcının geniş frekans aralığında tasarım oluşturması gerekirse farklı çözümler sunabilmelidir. Gözenekli emicilerin Düşük frekans aralığı, malzemenin kalınlığı artırılarak uzatılabilir. (Barron, 2010, s.23).

Yansıtıcı Malzemeler

Yansıtıcı malzemeler, sesin ulaşamayacağı ya da geç ulaşacağı noktalara sesin taşınması için yüzeylerde kullanılır. Yüzeylerde yansıma, yansıtıcının boyutu ile sesin dalga boyu arasındaki ilişkiye bağlıdır. Yüksek frekanslarda paneller en iyi yansımayı sağlarken, frekans düştükçe yansıtıkları ses enerjisi azalır. Ayrıca yansıtıcının ses kaynağı ile arasındaki mesafenin de yansıtmadaki verimi etkilediği kanıtlanmıştır(Barron, 2010, s.21).

Bir malzemenin yansıtıcı olabilmesi için malzeme ağır olmalıdır. Panel yüzeyi düz veya dışbükey olarak, yansıtılması istenen sesin dalga boyu gözetilerek tasarlanmalıdır (Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 229).

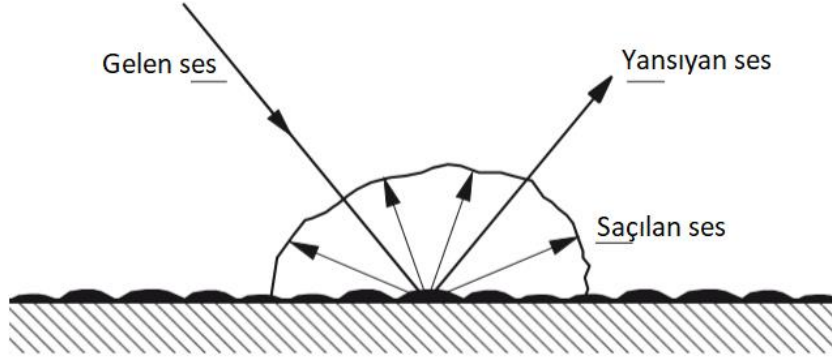


Görsel 24. Yansıtıcı eleman boyutlandırılması (a)boyu; (b)derinliği(Maekawa, Rindel, ve Lord, 2011, s. 229).

Görsel 24' deki hesaplamalara göre, yansıtıcı panelin derinliği, yansıtılması istenen sesin dalga boyunun %15'i ile %30'u arasında olmalıdır. Panelin eni ve boyu ise, yansıtılması istenen sesin dalga boyunun uzunluğu kadar olmalıdır.

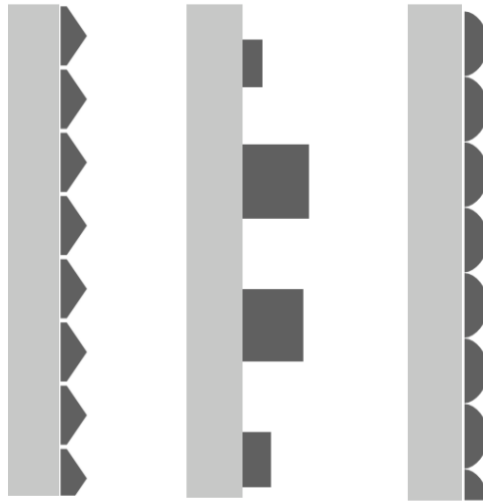
Saçıcı Malzemeler

Ses saçıcı malzemeler yansıtıcı yüzeylerin doğrusal yansıttığı seslerin akustik kusur oluşturabileceği yüzeylerde sesin daha az enerjiyle dağınık bir biçimde yansıtılması amacıyla kullanılır. Saçılma yapan yüzeylerde gelen ışın geliş doğrultusundan bağımsız olarak değişik doğrultulara yansır. Görsel 25’de dokulu bir yüzeyden sesin saçılma prensibi gösterilmiştir.



Görsel 25. Dokulu bir yüzeyde sesin saçılma prensibi (Barron, 2010,s. 24)

Dokulu bir yüzey sesin biraz saçılmasını sağlayabilir. Yüzeylerde kullanılan dokuların derinliği gelen sesin ne oranda yansıtılıp ne oranda saçılacağını belirlemektedir. Derinlik azaldıkça saçılma azalır. Saçılmayı arttırmak için yüzeylerde girinti çıkıntılar oluşturulabilir veya farklı geometrik formlar yüzeylerde derinlikler oluşturacak şekilde bir arada kullanılabilir(Görsel 26) .



Görsel 26. Duvarda saçıcı yüzeylere örnek (Asselineau, 2015, s. 103)

1.3. Akustik Mekânlarda İşleve Yönelik İç Mekân Düzenlemeleri

Akustik bir mekânda hacim boyutlandırma, biçimlendirme, dinleyicilerinin yerleşimi, sahne kullanımı ve iç mekân yüzey malzemelerinin seçimi kısacası iç mekân planlamasının belirleyicisi işlevdir. Bir mekân tasarlanırken öncelikle mekânın işlevinin akustik gereksinimlerinin göz önüne alınması ve işlevine göre uygun tasarımın oluşturulması gerekmektedir.

Tablo 2’de müzik işlevli konser salonu, konuşma işlevli drama/tiyatro salonu ve müzik eşliğinde dans gösterilerinin yapıldığı opera salonunun mekân gereksinimlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Konser salonları, opera salonları ve tiyatro salonlarının akustik tasarımını ayıran bazı özellikler			
	Konser Salonu	Opera	Drama/Tiyatro
Reverberasyon süresi	1.8-2.2	1.3- 1.8	0.7-1.0
Saçılma	Biraz	Evet, sahne etrafında	Gerekli değil
Erken yansıma sağlayacak yüzeyler	Evet	Evet, özellikle şarkıcı için	Evet, özellikle yukarıdan
Yandan erken yansıma tercihi	Evet	Bazen orkestra sesi için tercih edilebiliyor	Tercih edilmez
Balkon tasarımı, dikey görüş açısı	$\theta > 40^\circ$	$\theta > 30^\circ$	$\theta > 25^\circ$
Dinleyicinin sahneden azami mesafesi	40 m	30 m	20 m

Tablo 2. Konser salonu, opera ve tiyatro salonunun değişen akustik gereksinimleri (Barron, 2010, s. 452)

İç mekân planlamasına göre işlevlerin gereksinimlerini tasarım evresinden başlayarak değerlendirirsek, hacim boyutlandırılmasında hacmin genişliğine karar verirken yanıl yansımalara, uzunluğuna karar verirken de kaynak ve son dinleyici arasındaki mesafeye bakılır. Tablo 1’de 3 farklı işlev için dinleyicinin sahneden azami mesafesi sırasıyla 40 m, 30 m ve 20 m olduğu gözükmekte dolayısıyla kaynak ve dinleyici arası mesafenin konuşma işlevli mekânlarda kısayken, müzik işlevli mekânlarda daha uzun olduğu görülmektedir. Hacmin uzunluğu için yanıl yansıma dikkate alındığından yandan erken yansıma tercihine baktığımızda ise konser için gerekli görüldüğü, opera için orkestra kullanımı durumunda istenebileceğini ancak Drama/tiyatro kullanımında tercih edilmediği ortaya çıkmaktadır.

Bu nedenle akustik mekânın hacminin formu işleve göre değişmekte olup tasarımcının işleve göre en uygun salon formu belirlenmesi gerekmektedir.

Mekânın plan tipi belirlenirken, toplamda dinleyici sayısı dikkate alınarak en uygun seçimin yapılması gerekmektedir. Dört farklı plan tipi bulunmaktadır; dikdörtgen plan tipi, yelpaze plan tipi, at nalı plan tipi, gelişigüzel plan tipi. Her plan tipinin konuşma ve müzik sesinin özelliğine göre olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Yelpaze plan tipi, daha fazla dinleyiciyi sahneye eşit uzaklıkta konumlandırabildiği için konuşma işlevli mekânlarda, dikdörtgen plan tipi çok fazla yanal yansımaları sağlayabilme açısından müzik işlevli mekânlarda, at nalı plan tipi ise daha fazla dinleyiciyi sahneye eşit uzaklıkta konumlandırmanın yanı sıra dinleyicileri salonda düşey olarak da dağıtarak, yutuculuğu arttırıp, müzik ve konuşma işlevlerinin birleşiminden oluşan opera işlevli mekânlarda uygun akustik koşulları oluşturabilmektedir(Türk, 2011, s.24,25).

Üç işlevin bölgesel yüzey form tercihlerine bakıldığında saçılma oluşturacak yüzeylerin opera salonunda, biraz da konser salonunda ihtiyaç duyulabilirken, tiyatro için gerekli görülmemiştir. Balkon kullanımı dinleyici sayısını arttırmak için tercih edilmekte olup her üç işlev içinde kullanılabilir. Ancak Tablo 1'e baktığımızda dikey görüş açısı drama/tiyatro için $\theta > 25^\circ$, opera için $\theta > 30^\circ$, konser salonu için $\theta > 40^\circ$ olup dikey görüş açısının mekânın kullanım işlevine göre değiştiği görülmektedir. Üç işlev için en önemli farklılık reverberasyon süresi değerlerinden kaynaklanmaktadır. Konuşma işlevli hacimlere göre müzik işlevli hacimlerin çınlama süresi daha uzundur.

Akustik mekânlarda işleve göre değişen bir diğer tasarım noktası ise yüzey malzeme seçimidir. Yüzey malzemeleri seçilirken arka duvarlar, ses kaynağının tam karşısında olması nedeniyle, yankı ve gecikmiş yansıma oluşturmaktadır. Yan duvarlar ise yanal yansıma oluşturmak suretiyle akustik yakınlığı sağlayarak, yararlı yansımalar oluşturup sesin arka tarafa daha güçlü iletilmesini sağlar. Yankı oluşabilecek alanlarda sesin yankılanmasının önlenmesi amacıyla yutucu veya saçıcı yüzeylerin kullanımı oldukça yaygındır. Yan duvarlarda ise, yararlı yanal yansımaların olduğu alanlar daha çok yansıtıcı malzemelerle desteklenmektedir. Akustik mekânların farklı işlevli kullanımının yan ve arka yüzey panel tasarımları, birbirlerinden farklılık göstermektedir.

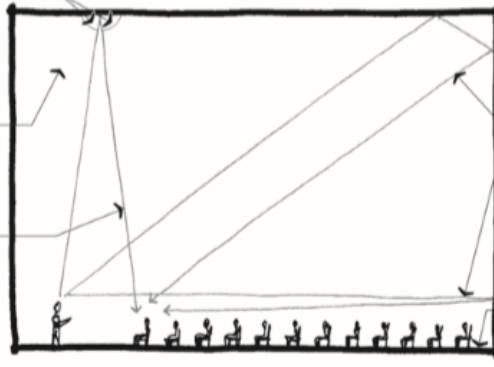
Ermann 2015'de yaptığı çalışmada (Görsel 27); ses için şekillendirilmemiş bir hacmin akustik problemlerini ve mekânın müzik ve konuşma amaçlı kullanımı için hacmin nasıl biçimlendiğini göstermektedir;

- Hem konuşma hem müzik için, düz oturma alanı net görüş açısı sağlamamaktadır. Her ikisinde de eğimli oturma alanı tercih edilmekte olup, konuşma işlevli hacimlerde bu eğim daha diktir.
- Arka duvarlar akustik mekânlarda yankı oluşturmaktadır. Konuşmada arka duvar boyutu en aza indirilerek yutucu malzemeyle önlem alınmaya çalışılırken, müzik işlevli hacimde saçıcı malzeme kullanılarak önlem alınmaya çalışılmıştır.
- Sahne önü yansıtıcısı her iki işlevde de kullanılmaktadır. Konuşmada, sesi dinleyiciye yönlendirip geç yansımayı engellerken, müzikte ek olarak sesi, müzisyenlere de ileterek birbirlerini net duyabilmeleri sağlanmıştır.
- Konuşmada anlaşılabilirliği arttırmak için açılı yüzeylere sahip oda geometrisi oluşturulurken, müzik için daha geniş ve açısız düz bir hacim oluşturulmuştur.

Sesin geliş açısı yansıma açısına eşittir.

Geniş ses yansıtıcı hacim konuşma için çok yankılayıcı olabilir.

Yüksek tavanlı yankı doğrudan sestem sonra faydalı olmak için güçlü ve çok geç gelir.
(> 50 ms konuşma veya > 80 ms müzik için)



Ses yansıtan büyük arka duvar, güçlü, geç yansıma için verimli (eko)

Düz zemin net görüş açısı sağlayamıyor.

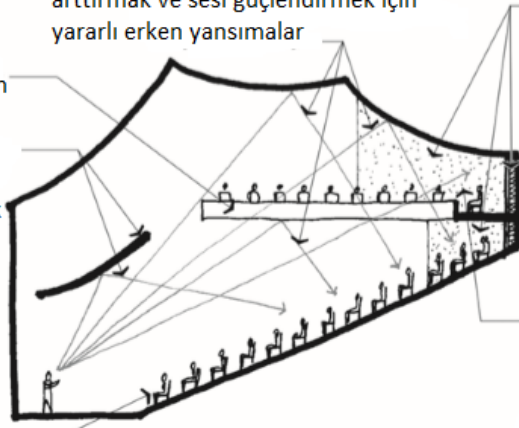
Ses için Şekillendirilmemiş Hacim

Odanın arka tarafındaki anlaşılabilirliği arttırmak ve sesi güçlendirmek için yararlı erken yansımalar

Dinleyicileri seyirciye yaklaştırmak için balkon

Erken gelen birinci dereceden yansımaları dinleyiciye yönlendirmek için asılı gölgelik

Net görüş açısı sağlamak ve doğrudan sese erişebilmek için dik eğimli oturma alanı



Ses emici malzeme:
- yankılanma süresini optimize etmek için toplam alan
- arka duvara ve yan duvarların üst / arka kısmına yerleştirilir.

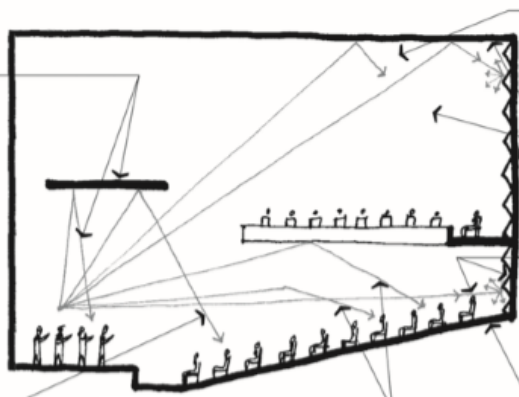
Sık sık sorun yaratan arka duvarın yüksekliği en aza indirilir.

Geometrisi nedeniyle, arka duvarlardan yansıyan sesler faydalı olmadığından bu alanlarda yankı oluşmaması için ses emiliminin sağlanması daha faydalıdır.

Konuşma işlevli Hacim

müzisyenlerin birbirlerini daha net duymasını sağlamak için erken yansımaları müzisyenlere de yansıtan ses yansıtıcı gölgelik

Gölgelik ayrıca erken yansımaları ön sıralara yönlendirerek yüksek tavanlı yankıyı azaltır



Müzik için yeterli yankı oluşturan büyük ses yansıtıcı hacim

Düşük frekanslı sesi yansıtan ağır yapı malzemeleri

Yankıyı en aza indirmek için ses dağıtan arka duvar

Oturma alanı görüş hattı için eğimlendirilir ama dik değil. Çünkü dik eğimli seyirci alanları doğrudan sesi çok emiyor.

Balkon altı ve yan duvar yansımaları, mekansal izlenim için önemli olan yanıl yansımalar sağlar

Müzik işlevli Hacim

Görsel 27. Bir hacmin müzik ve konuşma işlevleri için tasarlanması (Ermann, 2015, s. 75)

İç mekân düzenlemeleri açısından işleve göre temel farklardan biri de sahne kullanımından kaynaklanmaktadır. Sahnede ihtiyaç duyulan alan ve farklı işlevlerin gerektirdiği sahne biçimlenişleri, işleve göre farklılık göstermektedir:

- Müzikal sahne Bela kullanımında orkestra çukuru ve sahnenin üstü açıktır.
- Konser kullanımında orkestra çukuru kapalıdır, sahnenin yanlarının ve üstünün seslerin dinleyici alanına yönlendirilmesi açısından kapalı olması gereklidir
- Tiyatro kullanımında orkestra çukuru kapalıdır ancak dekor gereksinimi olduğundan sahne üstü ve yanları açıktır.
- Konuşma-sinema kullanımında ise sahnenin yalnızca ön bölümü kullanılmaktadır ve orkestra çukuru kapalıdır (Yüksel ve Erdoğan, 2007, s.144.)

Akustik mekânlarda her işlev birçok farklı tasarım kararından oluşmakta ve bu tasarım kararlarının mekânda sağlanabiliyor olması gerekmektedir. Bu gereklilik, bu duruma çözüm oluşturabilecek tasarım yaklaşımlarının araştırılmasını ve uygulanmasını ihtiyaç haline getirmiştir.

1.4. İç Mekânda Değişken Akustik Tasarım

Mimaride iç mekân dinleyiciye ve onun sürekli yenilenen gereksinimlerine göre ortaya çıkmaktadır. Dinleyiciyle ilgili değişkenler dinamik bir kurgu oluştururken, akustik mekânların statik bir kurguda tasarlanması, mimaride iki bileşen arasında çelişki yaratmaktadır. Çağdaş akustik mekânların bu çelişkiyi ortadan kaldırabilmesi için daha dinamik mekânsal çözümler ortaya koyması gerekmektedir. Bu çözümler, değişken kavramını ön plana çıkarmaktadır.

1.4.1. Değişken Kavramı

Değişken kavramını akustik mekânlarda nasıl ele alındığını incelemeye önce, bu kelimenin, kelime anlamını ve kavramla ilişkilenen farklı alt tanım ve açıklamalarını irdelemek gerekmektedir.

Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğünde değişken kavramı;

Değişmek: Başka bir biçim veya duruma girmek olarak tanımlanmaktadır.

Değişebilme: Değişebilmek işi.

Cambridge Dictionary sözlüğünde bu kelimelerin İngilizce karşılıkları şu şekilde verilmektedir: Değişken-changeable, değişmek-change.

Değişkenlik kavramını tanımlarken, esneklik kavramına oldukça sık rastlanmaktadır.

(Yürekli,1983, s. 8) çalışmasında ek olarak Tapanın değişkenlik ve esneklik kavramlarını tanımını belirtmiştir.

Tapan'a göre esneklik,

“Yapı sistemini değiştirmeden aynı tasar ünitesinin farklı dinleyici ihtiyaçlarına cevap verme yeteneği ve aynı hacimlerden birden fazla, - fonksiyon için- faydalanma imkânıdır”

Tapan’a göre Değişkenlik,

“değişen ihtiyaç ve eylemleri karşılamak için yapı sisteminin değişmesi gerektiren “ davranış olarak tarif etmekte olup, bina ile sınırlı iç değişkenlik ve bina dışına taşan dış değişkenlik olarak iki türe ayırmıştır”.

(Yürekli,1983, s. 8) çalışmasında ek olarak değişkenlik ve esneklik kavramları arasındaki farkı ortaya koymaktadır.

“Esneklik bir çözümün, değişen ihtiyaçları, kendisinde hiçbir değişiklik yapılmadan karşılayabilmesi niteliğine verilen isimdir... Değişkenlik bir çözümün, değişen ihtiyaçları, karşılayabilmesi için değişebilme özelliğine verilen isimdir...(Somer, Umur, tarihsiz)”.

Değişen ihtiyaçlar mekândan beklenen işlevlerin değişmesini paralelinde getirmektedir. Bunun sonucunda, çok işlevsellik kavramı ortaya çıkmaktadır. Çok işlevsellik, bir mekâna birden fazla işlevin entegre edilmesidir. Mekân iki farklı şekilde işlevsel yapılabilmektedir. Bunlardan ilki, “Herman Hertzberger tarafından ortaya atılmış olan “polyvalance”dır. “Polyvalance”; fiziksel bir değişim olmadan esnekliği sağlamak, mekânın zaman içinde değişen ihtiyaçlara göre değişerek adapte olabilmesinden çok; tek işlev ile eşleştirilmemesidir. Kısaca, bir mekânı birden çok eylemin gerçekleşebileceği şekilde

tasarlamak ve sınırları muğlaklaştırmaktır. ” (Kepekcioglu,2007,s.44). Diğer yöntem ise; mekânın değişen işlevlere değişerek cevap vermesidir. Birinci yöntem sabit bir yapı gerektirirken, ikinci yöntem dinamik bir yapı gerektirmektedir. Birinci yöntem esneklik kavramıyla ikinci yöntem ise değişkenlik kavramıyla kesişmektedir. Görüldüğü üzere, değişken kavramı mekâna farklı mekânsal alternatifler sunabilen, dinleyicinin gereksinimlerine dayalı çözümler getiren, gerektiği durumlarda değişebilen bir sistemi tanımlamakta dolayısıyla yapı sisteminde değişkenliği öngörmektedir.

“Değişken kavramını yapı sistemleri üzerinde irdeleyebilmek için, öncelikle yapı sistemlerinin bütünüyle ele alınıp, hangi noktalarda değişken olabileceğini irdelemek gerekmektedir” (Hasgül,2018, s.72).

Kendal değişkenlik kavramını yapı bileşenlerinde Görsel 28’deki gibi irdelemiştir.



Görsel 28. Farklı yapı bileşenlerinde değişkenlik kavramının irdelenmesi (Kendall, 2006, s.13).

Yukarıdaki şekilde de gördüğümüz gibi, değişken tasarım değişebilir ve ayarlanabilir yapı bileşenleri yardımıyla yapılabilmektedir. Çok amaçlı salonlar birden fazla işlevi yerine getirmek üzere tasarlanmış mekânlardır. Değişken ve esnek kavramı arasındaki fark göz önüne alınırsa, çok amaçlı salonlar farklı işlevlere cevap verilebilmesi için, değişen işlevlere değişerek uyum sağlayabilecek şekilde tasarlanırken; mekânsal bir değişim olmadan farklı işlevler için “esnek” de tasarlanabilmektedir. Bu nedenle tez kapsamında

çok amaçlı salonlar başlığı altında inceleme yapılmayıp, değişken salonlar olarak inceleme yapılmıştır.

1.4.2. Değişken Akustik Tasarım Kavramı

Akustik tasarımlar artık birden fazla işlevi bir araya getirmek üzere tasarlanmaktadır. Akustik gereksinimler işlevle doğrudan ilişkilidir. Birden fazla işlev ihtiyacını karşılamak amacıyla tasarlanan akustik hacimlerde; birbirlerinden çok farklı akustik koşulların, aynı hacim içerisinde sağlanması gerekmektedir. Akustik mekânların iç mekân düzenlemelerinin, öznel ve nesnel akustik tasarım parametrelerinin işleve göre şekillendiği "akustik " başlığı altında ortaya konulmuştur. Akustik mekânlarda bu işlevlerin işitsel gereksinimlerini mekânda hiçbir değişiklik yapmadan sağlamak mümkün olamamakta, mekânın veya akustik koşulların bu gereksinimlere göre değişebiliyor olması gerekmektedir. Bu değişkenlikler, değişken akustik tasarımı ön plana çıkartmaktadır

Değişken akustik tasarım, mekânın farklı işlevlere göre değişen akustik koşullarının değişebilen yapı elemanları yardımıyla veya akustiğin ortaya çıkmasını sağlayan sese ait Değişken özelliklerin kullanılarak tasarımın oluşturulmasıdır. Farklı akustik koşullara sahip birden fazla işlevin kombinasyonu değişken akustik tasarımı ön plana çıkartmaktadır. Çok işlevli mekânlarda hangi işlevlerin bir araya getirilebileceğini;

- Performansın türü
- Hacmin büyüklüğü
- Hacimdeki dinleyici sayısı belirler (Yüksel,2011, s.243).

Konuşma veya müzik işlevli performanslar bir arada seçildiğinde minimum mekânsal değişikliklerle çözüm üretilebilmektedir. Ancak konuşma ve müzik gibi, ses olayları birbirinden farklı olan işlevleri aynı mekânda sağlayabilmek oldukça zordur. İşlevlerin seçiminde farklılıklarını net bir şekilde görebilmek için, işlevlerin iç mekân düzenlemeleri ve akustik parametreleri göz önüne alınmalı ve seçim yapılmalıdır. Birbirlerine benzerlik gösteren işlevlerin kombinasyonu doğal veya elektro akustik tasarımla çözümlenebilmektedir. Eğer birbirine zıt olan işlevlerin kombinasyonu yapılacaksa, tasarımın en başından değişken mekân bileşenlerinden uygun bileşenler seçilmeli ve

değişken mekânsal çözümler oluşturulmalıdır. Aşağıdaki Tablo 3'te değişken akustikle çözümlenmesi gereken işlev seçimleri gösterilmiştir.

İşlev Seçimi		Akustik Tasarım
Konuşma/Tiyatro		Doğal Akustik Tasarım
Müzik	Batı müziği, oda müziği vb.	Doğal Akustik Tasarım
	Pop, rock müzik	Elektro Akustik Tasarım
Opera/Bale		Doğal Akustik Tasarım
Modern Dans/Müzikal		Doğal veya Elektro Akustik Tasarım
Konuşma/Tiyatro+ oda müziği		Değişken Akustik Tasarım
Batı müziği+ opera+bale		Değişken Akustik Tasarım
Batı müziği + pop/rock vb		Değişken Akustik Tasarım
Modern dans+müzikal		Değişken Akustik Tasarım
Tümünün bir arada olması		Değişken Akustik Tasarım

Tablo 3. İşlev kombinasyonlarının gerektirdiği akustik tasarımlar(Yüksel, 2011, s.232)

Birbirine zıt akustik koşullardaki işlevlerin aynı mekân içerisinde çözümlenmesi gerektiğinde değişken akustik tasarım kaçınılmaz olmaktadır.

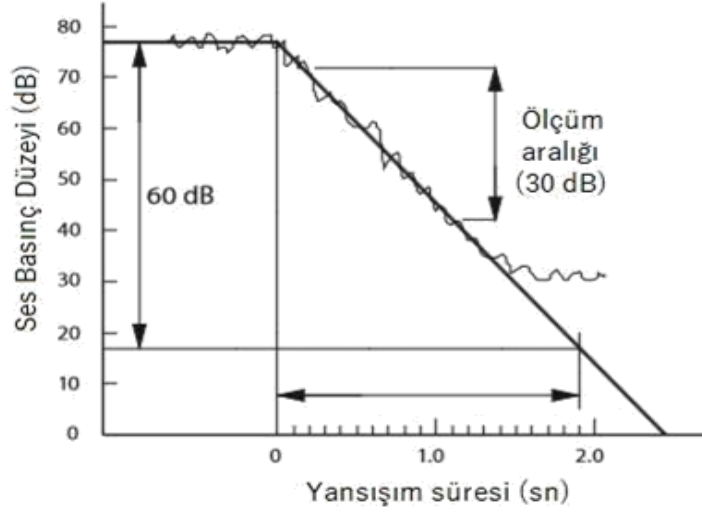
Değişken akustik tasarım yapılırken öncelikle tasarımda ana işlev belirlenmeli ve mekânın bu işlev için uygun akustik koşulları oluşturulmalıdır. Sonra belirlenen diğer işlevler için, yapının değişken mekân bileşenleri belirlenmeli ve bu bileşenlerin yardımıyla değişen işlevlerin işitsel koşullarına uyum sağlayabileceği akustik koşullar oluşturulmalıdır.

1.4.3. Değişken Akustik Tasarımı Etkileyen Parametreler

Değişken bir akustik tasarım oluşturulurken, mekânın ana fonksiyonu için yapı akustiği ve hacim akustiği parametrelerini sağlıyor olmasına dikkat edilmelidir. Değişken akustik tasarım parametresi, hacim ana işlev için uygun akustik koşulları sağladıktan sonra, diğer işlevler için uygun akustik koşulların oluşup oluşmadığını anlamaya yönelik nesnel veriler sunar. Değişken akustik tasarımda, çınlama süresi önemli bir akustik parametredir. Değişken akustiğin anlamlı olması için, reverberasyon (çınlama) süresinin değişken olması gerekmektedir(Barron,2010.s.385).

Çınlama Süresi

Walter.C. Sabine tarafından 1895-1900 yıllarında ortaya konan çınlama süresi, bir hacimdeki sesin, kaynak kapatıldıktan sonra 60 dB düşmesi için geçen süre olarak tanımlanır (Everest,2001,s.135) . Çınlama süresine ilişkin grafik Görsel 29 'da görülmektedir.



Görsel 29. (T30) Çınlama süresi grafiği

Sabine yaptığı çalışmalarda sonucunda çınlama süresinin (T30) oda hacmine (V) ve toplam akustik soğurmaya (A) bağlı olduğu belirtip aşağıdaki gibi formülize etmiştir (Barron,2010,s.30):

$$T30= 0.16V/ A$$

Çınlama süresini doğru hesaplamak için toplam yutuculuk ve hacim hesabının yapılması gerekmektedir. Bu nedenle bu iki bileşenin bağlı olduğu bileşenler göz önüne alınarak hesaplamaların nasıl yapılacağını belirtilecektir.

Toplam Yutuculuk Hesabı

Toplam yutuculuk; yüzeylerin toplam yutuculuğu (Ay), havanın toplam yutuculuğu(Ah), ve birimlerin toplam yutuculuğunun(Ab), toplamı olarak tanımlanmıştır.

$$A = Ay + Ab + Ah$$

Yüzeylerin toplam yutuculuğu için Sabine'in önerdiği eşitlik şu şekildedir:

$$A_y = \sum \alpha_n \times S_n$$

Formüle göre her bir S_n yüzeyi için bir yutma çarpanı (α_n) atanmalıdır (Barron,1993,s.30).

Akustik bir iç mekânının yüzeyleri duvarlar, tavan ve döşemeden oluşmaktadır. Bu nedenle döşeme de yüzeylerin toplam yutuculuğuna etki etmektedir. Akustik iç mekânlar da döşeme sahne alanı ve dinleyici alanından oluşmaktadır. Bunu göz önüne alırsak, dinleyicilerin yutuculuğunu da göz önünde bulundurmalıyız. Bir Salondaki ana emici yüzey dinleyicidir. Sabine denklemine göre, kitlenin emilimi kişi başına düşen emilim göz önüne alınarak koltuk sayısına göre hesaplanmaktadır (Barron,2010,s.31). Öyleyse, dinleyici sayısı dolayısıyla koltuk sayısı da toplam yutuculuğa etki edebilmektedir

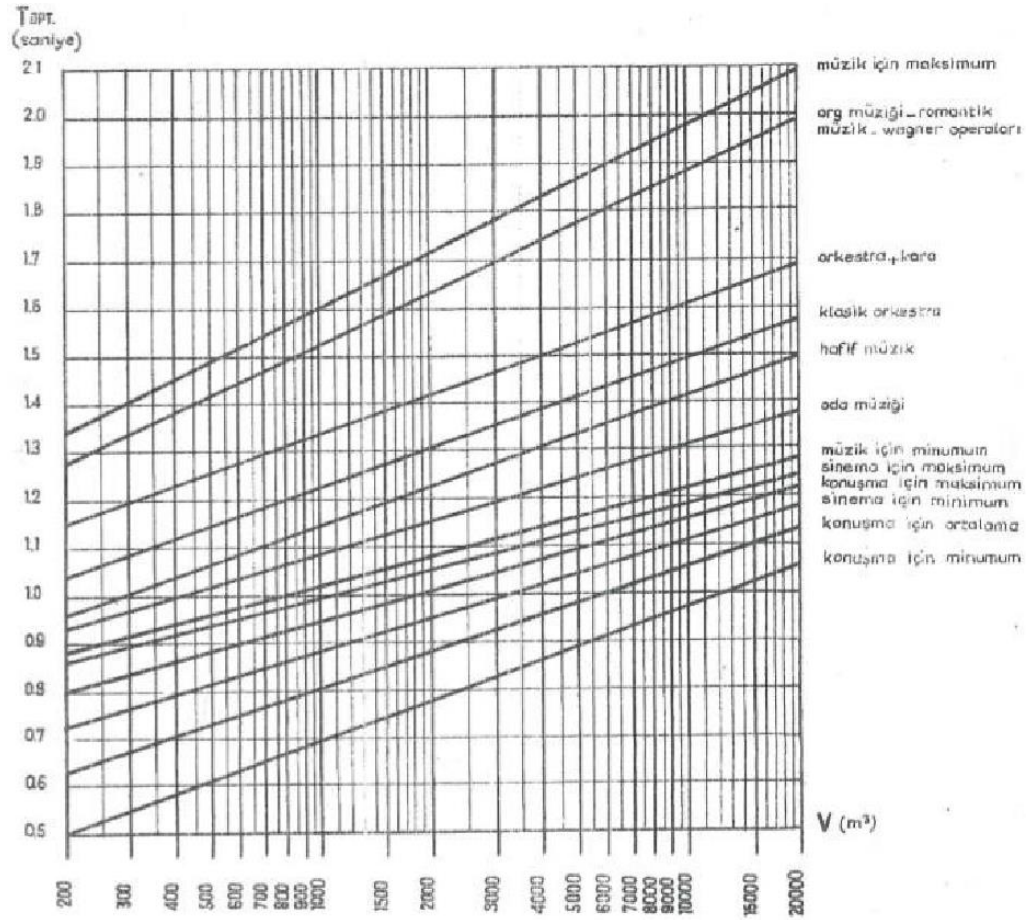
Hacim Hesabı

Hacim hesabında iki önemli nokta; hacmin işlevi ve hacmin dinleyici sayısıdır. Hacmin miktarı ve hacmin toplam yutuculuğu çınlama süresine etki ettiğinden, tasarım aşamasında oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalar, salon hacmi/dinleyici sayısı arasındaki ilişkinin, işlevlere göre farklılık gösterdiğini ortaya çıkartmıştır. Tablo 4 'de farklı işlevlere ait salonlarda kişi başına düşen hacim görülmektedir.

Hacim işlevi	Kişi başına düşen hacim (m3)
Konuşma	2,5-4
Tiyatro	4-6
Opera	6-8
Çok amaçlı	6-8
Konser	8-10

Tablo 4. Farklı işlevlere ait salonlar için kişi başına düşen hacim oranları (Yüksel, 2011, s.194)

Hacim tasarısında kişi sayısının etkisi yukarıdaki tabloda görülmektedir. Bu durumda, dinleyici sayısı hacmin boyutlarını ve yutuculuğunu etkilemektedir. Her işlevin özelliğine göre optimum çınlama süresi değişmektedir.



Görsel 30. Hacim ve işleve göre optimum çınlama süresi grafiği (Yüksel,2011, s.211).

Farklı hacimler için tavsiye edilen optimum çınlama sürelerine ait örnekler Tablo 5'te görülebilmektedir.

İşlev		Hardy	Barron	Long
Konuşma/ Tiyatro	Derslikler & Konferans Salonları	0.9 – 1.1	-	0.4 – 0.8
	Tiyatro Salonları	0.9 – 1.4	0.7 – 1.0	0.8 – 1.2
	Konuşma Yapılan Salonlar	-	-	1.0 – 1.6
Müzik	Kilise Orkestrası ve Koro/ Org müziği	2.0 – 2.4	-	1.7 – 2.2
	Senfoni müziği	Klasik Dönem	1.7 – 2.1	1.8-2.2
		Romantik Dönem		
	Resital & Oda Müziği	1.4 – 1.7	1.4-1.8	-
Opera		1.5 – 1.8	1.3-1.8	1.2 – 1.6
Müzikal		1.2 – 1.4	-	-

Tablo 5. Konuşma/ Tiyatro, Müzik, opera ve müzikal için çınlama süresi değerleri (Hardy, 2006; Barron,2010; Long,2014).

Sabinenin denklemini göz önüne alarak, Konuşma için kısa çınlama süresi istenirken, müzik için çınlama süresinin uzun olması istenmiştir. Farklı boyutlarda ve farklı yutuculukta malzemeler kullanarak, farklı çınlama süresine sahip mekânlar tasarlanabilmektedir.

1.5. Bölüm sonucu

Sesin iç mekândaki hareketine göre oluşan akustik iç mekânların gereksinimleri fonksiyona göre oluşmaktadır. Fonksiyonların işitsel konfor koşulları birbirlerinden hem iç mekân düzenlemeleri açısından hem etki eden tasarım parametreleri açısından oldukça farklıdır. Mekânların bu farklılıklara değişerek cevap verme arayışı değişken akustik tasarım kavramını ön plana çıkartmaktadır. Değişken kavramı değişen koşullara yapısal değişimlerle cevap vermeyi ön görmektedir. Değişken akustik tasarım yaklaşımları tüm bu ihtiyaçlar doğrultusunda gelişmekte ve değişebilen yapı elemanlarıyla değişken akustik için mekânsal çözümler sunmaktadır. Değişken akustik tasarım çınlama süresi parametresine bağlıdır. Çınlama süresi, mekânın hacmine ve mekânda kullanılan malzemelerin yüzey alanları ve yutuculuk miktarına göre değişmektedir. Mekânların kullanım amaçlarına göre çınlama süreleri birbirinden farklılık göstermektedir. Değişken akustik tasarım yaklaşımları, farklılık gösteren çınlama süresini, hacim değişikliği ve yüzeylerde Değişken akustik malzemeler kullanarak veya elektronik olarak çınlama süresine etki ederek mekânda sağlamayı amaçlamaktadır.

BÖLÜM 2: İÇ MEKÂNDAN DEĞİŞTİRİLEBİLİR AKUSTİK TASARIM YAKLAŞIMI

İç mekânda değişken akustik tasarım yaklaşımlarında iki durum söz konusudur. Birinci yaklaşımda, mekân değişen akustik koşullara değişken yapı elemanları yardımıyla değişerek uygun hale getirilir ve bu sesin hareketine göre geliştirilen fiziksel değişken akustik tasarım yaklaşımlarını oluşturur. İkinci yaklaşımda ise, mekân değişmez ancak değişken akustik tasarımın bağlı olduğu çınlama süresi parametresi elektronik ortamda işlevler için uygun değere getirilir. Bu da teknik destekle oluşturulabilen değişken akustik tasarım yaklaşımları oluşturur. Değişken akustik tasarımda ihtiyaç olunması durumunda bu iki yaklaşımın kombinasyonu da mekân tasarımı yapılabilir.

2.1. Sesin Hareketine Göre Geliştirilen Fiziksel Değişken Akustik Tasarım Elemanları

Fiziksel değişken tasarım elemanları, iç mekân bileşen ve öğelerinden oluşmaktadır. Değişken akustik tasarım elemanları denildiğinde, bu elemanların hareket edebilir olma gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Bu bileşenlerin hareket yeteneği kazanabilmesi için, yapıda taşıyıcı özelliği olmaması ve ilişkili olduğu yapı elemanı sayısının minimum tutulması gerekir. Yani değişken elemanların yapı elemanlarıyla ilişkisi azaldıkça, hareket edebilme özelliği dolayısıyla da değişkenlik özelliği artar.

Mekânlarda fiziksel değişken akustik tasarım yaklaşımlarını açıklayabilmek için, öncelikle iç mekân elemanlarının tanımlanması ve sonra bu elemanlardan hangilerinin değişken özellikte olabileceğinin belirlenmesi gerekmektedir.

İç mekân bileşenleri yapısal mekân oluşturulurken ortaya çıkan elemanlardır. Mekân öğeleri ise yapısal mekânın oluşumundan sonra mekânda yerlerini almaktadırlar. Dinleyicinin gereksinim ve istekleri doğrultusunda çeşitlilik gösteren hareketli elemanlardır. Kısaca, kompozisyonları mekân bileşenlerine bağlıdır. Mekân bileşenleri olarak, duvar döşeme, tavan, kolon, kiriş, çatı merdiven, kapı, pencere; mekân öğeleri olarak ise donatılar (koltuk, masa, sandalye,...vb), eşya ve aksesuarlar sayılabilmektedir(Özdemir, 1994,s.13).

Görsel 28 göz önüne alındığında, yapıda taşıyıcı olan kolon, kiriş ve taşıyıcı duvarların sabit elemanlar olduğunu görmekteyiz. Bu nedenle, değişken iç mekân bileşen ve öğeleri bölücü duvarlar, tavan, döşeme, donatılar ve aksesuarlardan oluşmaktadır (Tablo 6)

İÇ MEKÂN BİLEŞENLERİ		İÇ MEKÂN ÖĞELERİ
Değişmez-Yapı Kabuğu	Değişebilir	Değişebilir
<ul style="list-style-type: none"> • Taşıyıcı Duvar • Merdiven • Pencere • Kapı • Kolon • Kiriş 	<ul style="list-style-type: none"> • Bölücü Duvar • Tavan • döşeme 	<ul style="list-style-type: none"> • Aksesuarlar(Halı,perde, Aydınlatma, afişler) • Donatılar(mobilyalar)

Tablo 6. İç mekân bileşen ve öğelerinde değişkenlik

İç mekânda değişken mekân bileşenleri ve öğeleri göz önünde bulundurularak akustik mekânlardaki değişebilen mekân öğeleri ve bileşenleri tez kapsamında performans (sahne) bölümü ve dinleyici bölümü olarak ikiye ayrılarak belirlenmiştir. (Tablo 7).

AKUSTİK MEKÂNLAR	
PERFORMANS(SAHNE) BÖLÜMÜ	DİNLEYİCİ BÖLÜMÜ
Değişken Mekân Bileşenleri	Değişken Mekân Bileşenleri
sahne kulesi sahne arka ve yan duvarlar Sahne önü duvarı	tavan sistemleri arka ve yan duvarlar
Değişken mekân öğeleri	Değişken mekân öğeleri
orkestra çukuru orkestra kabuğu sahne önü perde sistemleri sahne üstü yansıtıcı paneller	akustik afişleri merdivenler Oturma birimleri

Tablo 7. Akustik mekânlarda değişken iç mekân bileşen ve öğeleri

Değişken akustik parametresi olan çınılama süresinde değişkenlik sağlanabiliyor olması için, hacimde ve mekânın toplam yutuculuğunda değişken değerler oluşturulabilmelidir. Barron'a göre de değişken akustik tasarım 3 bileşene bağlıdır;

- Değişken hacim,
- Değişken dinleyici sayısı
- Yüzeylerde değişken akustik emilim (Barron, 2010, s.394).

Dinleyici sayısı hem hacim tasarımına hem de yutuculuğa etki ettiği için değişken akustik tasarımda faydalanılabilir. Özetle, fiziksel olarak değişken özellikte bir akustik mekân tasarlamak için, Tablo 5 'deki çizelgede gösterilen, akustik mekânlardaki değişken iç mekân bileşen ve öğelerinin yardımıyla, iç mekân hacminde, yüzey malzemelerindeki akustik emilimde ve dinleyici alanında değişkenlik sağlanabilmelidir.

2.1.1. Değişken İç Mekân Hacmi

İç mekân bileşenleri ve öğeleriyle hacmin değişkenliğini sağlayabilmesi için hareket edebiliyor olması şartı aranmaktadır. Tablo 5' e bakıldığında, akustik mekânlardaki değişken elemanlar görülmektedir. Bu elemanlardan bölücü duvar özelliği taşıyanlar (orkestra kabuğu, sahne önü perde sistemleri, sahne ağız portalı vb.) akustik mekânlarda yatay hareketliliğini sağlarken, tavanlar ve döşemeler ise akustik mekânlarda dikey hareketliliği sağlamaktadır.

Değişken akustik hacim elde etmek için temelde iki yöntem vardır: Hareketli tavan uygulamaları ve hareketli panel / bölücü elemanların uygulamaları (Barron,2010, s.386).

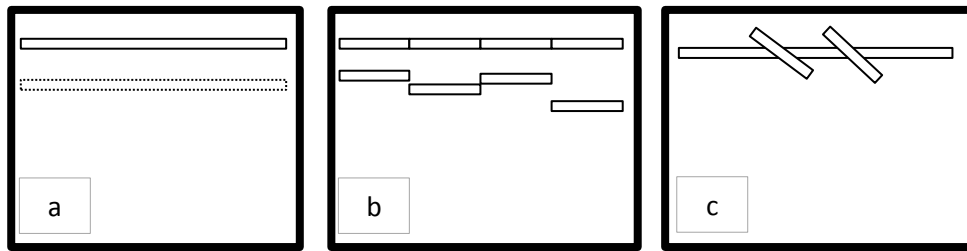
Haraketli Tavan Uygulamaları

Akustik mekânlarda tavan, performans alanı(sahne) tavanı ve dinleyici alanı tavanından oluşmaktadır. Sahne tavanı literatürde sahne kulesi olarak tanımlanmaktadır. Tez kapsamında hareketli tavan uygulamaları incelendiğinde, performans alanı(sahne) tavan sistemleri ve dinleyici alanı tavan sistemleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle bu yöntem performans(sahne) alanı uygulamaları ve dinleyici alanı uygulamaları olarak ayrı ayrı ele alınmıştır.

Dinleyici Alanı Hareketli Tavan Örtüsü Uygulamaları

Değişken akustik tasarımda gereksinim duyulan değişken akustik ortamın yaratılması için yatay hareketli yüzeylerle oluşturulan hareketli tavanlar daha etkin yöntemlerdir (Barron, 2010, s.386). Hareketli tavan sistemiyle etkili bir değişim sağlayabilmek için, mekânın toplam hacminin bu hareketlilik için uygun olarak tasarlanması gerekmektedir. Tavan yüksekliği gerekli olan toplam oda hacmine göre belirlenir. Genel bir oranla, tavan yüksekliği gerekli olan toplam oda hacmine göre belirlenir. Genel bir oranla, tavan yüksekliği oda genişliğinin 1/3'ü veya 2/3'ü kadardır. 1/3 oranı büyük hacimler için, 2/3 oranı küçük hacimler için kullanılır. Çok yüksek bir tavan, çok büyük bir oda hacmi demektir ve bu da istenmeyen geç yansımalar da yaratabilir (Everest, 2009, s. 389). Bu nedenle, en baştan değişken iç mekân hacmi tasarlanırken, tavan hareketiyle değişen hacmin, dönüştüğü her yeni hacimde, oda hacmiyle ilişkisinin kontrol edilmesi gerekir. Bu durum tasarımcıyı tavan hareketinin sınırlarını belirlemeye yönlendirecektir. Tavan hareketinin ne şekilde gerçekleşeceği diğer önemli hususu oluşturmaktadır.

Günümüze kadar literatürde değişken akustik tasarımda uygulanan hareketli tavan sistemlerinde tavan, hareketli pek çok parça panelden oluşmakta veya tek bir eleman olarak hareket ettirilmektedir. Literatürdeki uygulamalar da göz önüne alınarak dinleyici alanı tavanlarının ne şekillerde hareket edebileceği Görsel 31 'deki gibi gruplandırılmıştır:



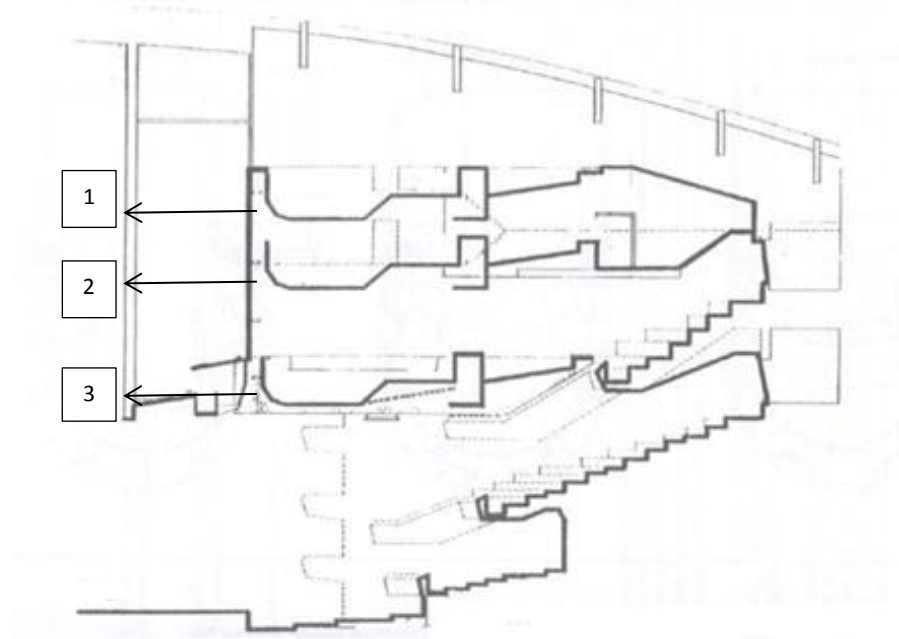
Görsel 31. Akustik mekânlardaki hareketli tavan uygulamaları. a) Bütünsel hareketli tavan, b) Parçalı hareketli tavan, c) Açılabilir-kapanabilir tavan

1. a) Tavanın tek bir eleman olarak tasarlanması ve tavanın tek bir eleman olarak yatayda hareketinin sağlanması
2. b) Tavanın birden fazla bağımsız veya birbiriyle kısmen bağımlı panellerle üretilmesi ve hareketin bu çerçevede sağlanması.

3. c) Tavanı oluşturan elemanların bir kısmının kısmen açılıp kapanması ve bu şekilde üst boşluğun akustik hacme katılması

Bir Bütün Olarak Tasarlanan Hareketli Tavan Uygulaması

İngiltere'deki Milton Keynes tiyatrosunda (Mimarlar Blonski Heard Architects, akustik danışmanları Arup Akustik) 1999 yılında tek bir bütün olarak tasarlanan hareketli bir tavan uygulamasıyla değişken akustik hacim oluşturulmuştur. Tiyatronun tavanı 10 m'lik mesafe boyunca hareket etmektedir (Orlowski, s.2-3). Salonun formu, iki balkonlu ve tam boy bir uçucu kulesi gibidir (Görsel 32).



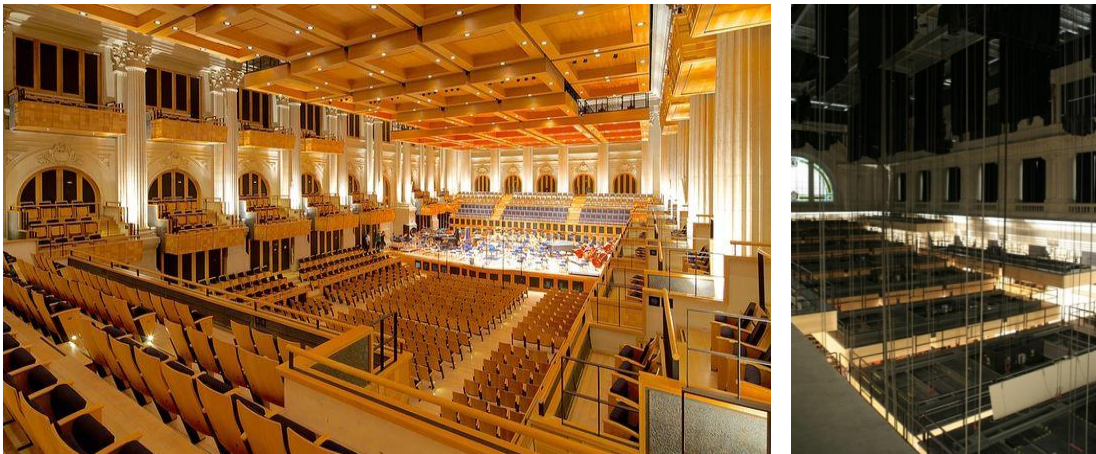
Görsel 32. Milton Keynes Tiyatrosu kesiti. Salon boyunca hareketli tavanın üç yüksekliği ve mekan kullanımı (Orlowski, s.5) (<https://bit.ly/2E4pIRz>)

Tavan 1 numaralı yükseklikteki pozisyondayken, 1250 kişilik oturma alanıyla, orkestra müziği için uygun akustik koşullara sahip bir mekân oluşmaktadır. Tavan 2 numaralı yükseklikteki pozisyondayken, 1250 kişilik oturma alanıyla, drama mekânına uygun akustik koşullar sağlanmaktadır. Tavan 3 numaralı yüksekliğe çekilerek yine drama için uygun akustik koşullarda üst balkonu kaparak 850 kişilik oturma alanı oluşturulmaktadır. Salonda hacim değişikliği yapılırken, dinleyici sayısında da değişiklik yapılmıştır. Tek bir bütün olarak tasarlanan hareketli tavan uygulamalarında tavan üstü boşluğu mekâna

katılmazken, bağımlı/bağımsız panellerden veya açılır kapanır tavan uygulamalarında tavan boşluğu akustik mekâna katılarak değerlendirilebilir.

Bağımlı/Bağımsız Panellerden Oluşan Tavan Uygulaması

1999 yılında Brezilya’da, bir tren garının dikdörtgen planlı orta avlusunun sonradan konser salonu olarak düşünülüp tasarlanmasıyla oluşturulan, Sala Sao Paulo konser salonu, tasarımındaki birbirinden bağımsız 12.2 ile 23.7 m aralığında hareket edebilen 15 tavan paneliyle, değişken iç mekân hacimli akustik bir mekândır. Bu hareket iç mekân hacminde 12.000 m³ ile 28.000 m³ arasında bir hacim değişikliği sağlarken, çınlama süresi de buna paralel olarak 1.9 ile 3.0 arasında değişebilmektedir. Salon 1509 kapasitelidir. Ayrıca hareketli panellerin montajı gevşek bırakılarak, üst boşluğun akustik mekâna katılması sağlanmıştır. Üst boşluğa akustik malzemeler yerleştirilerek 1.5 saniyelik çınlama süresi elde edilebilmektedir (Barron, 2010, s.386).



Görsel 33. Sala-Sao-Paulo konser salonu’nun hareketli tavan sistemi (<https://bit.ly/30DaCtT>)

Diğer bir örnek ise, 1994 (Arup Richard Cowell, Muller BBM) yılında yapılan Lingotto Konser ve Kongre Merkezi binasıdır. Bu dikdörtgen salon, Fiat fabrikasında mevcut bir avlunun sonradan akustik mekân olarak tasarlanmak istenmesi sonucu ortaya çıkmıştır. 6 adet hareketli panelden oluşan ayarlanabilir tavan, salon, konferanslar için kullanıldığında alçaltılabilir(Görsel 34). Tavan panelinin yükseklik değişimi 5,6 m'dir (Harris, 2010, s. 2).

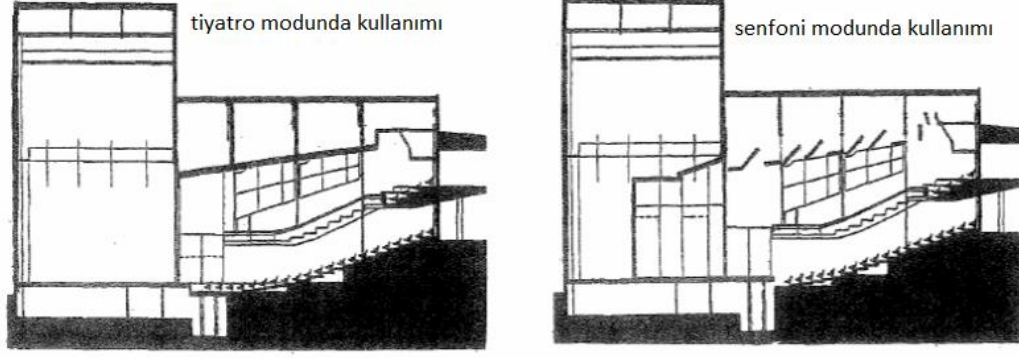


Görsel 34. Lingotto Konser ve Kongre Merkezi hareketli tavan sistemi (Harris, 2010, s. 2).

(<https://bit.ly/2WO01LP>)

Açılır Kapanır Tavan Uygulaması

Bruce mason tiyatrosu, değişken iç mekân hacmi elde edilmek amacıyla, açılabilir-kapanabilir tavan sistemi kullanılarak, Marshall Marshall Akustik ile Avery Jasmx Mimarlık tarafından, Yeni Zelanda'nın Auckland kentinde 1996 yılında açıldı. Tavan boşluğunu akustik değişkenlik için Salona bağlayan panellerle tasarlanan Bruce Mason tiyatrosunda tavan, alt kenarlarından menteşeli, açılabilir panellerden oluşmaktadır. (görsel xx). Paneller kapalıyken mekân konuşmaya uygun yansımalar sağlar ve mekân tiyatro salonu olarak kullanılabilir. Tavandaki panellerin sadece %31'i açıldığında mekân müzikal faaliyetler için uygun hale gelebilmekte ve senfoni salonu olarak kullanılabilir. Bu tasarımda panellerin hangi açıda açılması gerektiğini anlamak için 1/25 ölçekli bir model çalışmasında testler yapılmıştır. Senfoni modunda panellerin yönelimini optimum çinlama süresini sağlayacak şekilde ayarlayabilmek için yapılan modelleme çalışmasında, yankılanma süresini en üst düzeye çıkarmak için panellerin optimum açısının, tipik bir kaynak konumundan ses yollarına paralel olarak 30-40 ° dikey olduğu bulunmuştur. Başka bir deyişle, optimum tavan boşluğuna maksimum ses enerjisinin alınmasına karşılık gelir (Valentine ve Day, 2003).

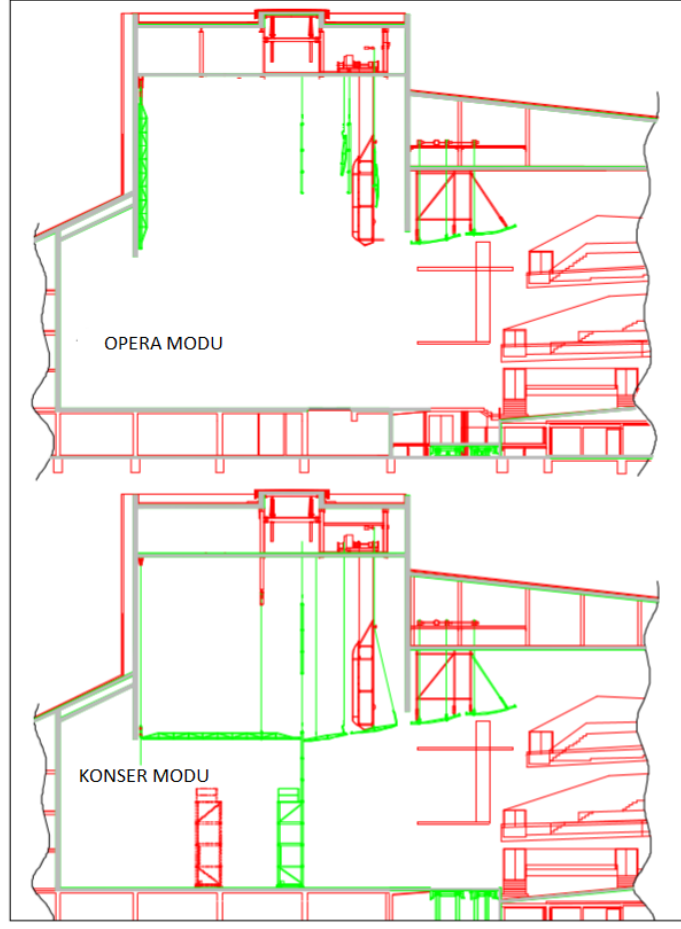


Görsel 35. Bruce mason tiyatrosu kesiti senfoni ve tiyatro modu kullanımı (Valentine ve Day, 2003)

(<https://bit.ly/3eSSnWH>)

Performans (Sahne) Bölümü Hareketli Tavan Örtüsü Uygulamaları

Bruges konser salonunda, mekâna dâhil edilebilecek bir sahne üstü tavan sistemi tasarlandı. (görsel 36) Sahne arkasındaki tavan sistemi, elektrikli vinçlerle hareket edebilmekte ve kulenin üst arka duvarında dikey olarak toplanabilmektedir. Tavan bu şekilde toplandığında, opera salonu kullanımı için uygun çınlama süresi sağlanabilmektedir. Tavan sistemi kapalıyken, mekân konser salonu olarak kullanılmaktadır. Mekân konser salonu olarak kullanılırken, sanatçının ve dinleyicilerin aynı odayı paylaşması akustik bir gereksinimdir. Bunun için bu tasarımda, 14 metre yüksekliğinde ve 18 metre genişliğinde çok büyük bir sahne önü açılabilir yapısal sistem gerektirmektedir. Opera için değişken yükseklikte bir köprü örtüsüyle kullanılan, 12 ile 16 metre genişliğinde ayarlanabilir portal açıklığı vardır. (Orlowski,s.2-3)



Görsel 36. Concertgebouw, Bruges kesiti konser ve opera modu kullanımı (Orlowski, s.5)

(<https://bit.ly/2E4pIRz>)

Sahne kulesinde farklı akustik özellikte malzeme kullanılarak, hacmin toplam yutuculuğunda da değişiklik elde edilebilmektedir.

Hareketli Bölücü /Panel Uygulamaları

Hacimlerin dikeyde bölünmesi için kullanılan bölücü paneller, değişken akustik tasarımda hareket ettirilerek değişken iç mekân hacmi oluşturabilmektedir.

Akustik mekânlarda kullanılan hareketli bölücü panellerin çerçeveleri alüminyum, çelik ve ahşaptan oluşabilir ve panellerin içi genellikle ses izolasyon malzemeleriyle doldurulur. Panel yüzey malzemeleri, panelin kullanım amacına göre ses yansıtıcı veya yutucu özellikte olabilmekte ve böylece sesi absorbe etmek için kullanılabileceği gibi yansıtıcı için de kullanılabilmektedir.

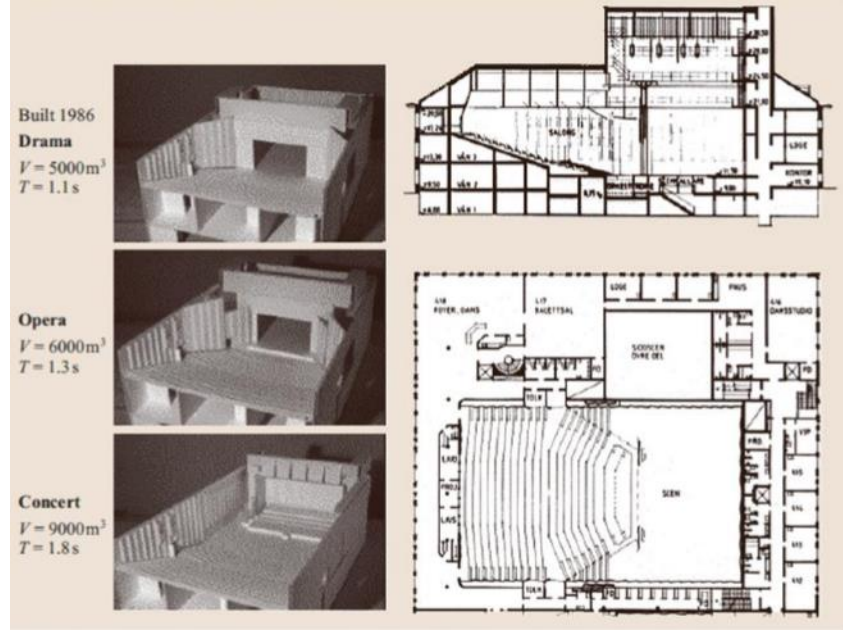
“Kısmı kullanımına göre, mevcut mekân ve bölünecek tasarım alanı, değişik birleşme ve ray konfigürasyonu metotları ile oluşturulur. Raylı sistemler düz ya da eğrisel şekilde veya dik açılı şekilde ve anahtarlı olabilir. Hareketli bölücüler genellikle üstten rayla desteklenir fakat bazı modelleri yerden destekli de olabilir”(Mutlu, 1998,s.479.)

Literatüre baktığımızda akustik mekânlarda hareketli bölücü elemanların sahne bölümünde yapılabildiği görülmektedir. Sahne bölümündeki sahne önü duvarı ve orkestra kabuğu hareketli olarak tasarlanabilir ve iç mekân hacminde değişkenlik sağlayabilir. Bu panellerin hareketi sırasında döşeme alanı ve buna bağlı olarak da dinleyici sayısı da değişken olabilmektedir.

Hareketli Sahne Önü Duvarı (proscenium) Uygulamaları

Sahne açıklığının etrafında yer alan, sahnenin bu çerçeveye sınırlandırıldığı sahne önü duvarına proscenium da denmektedir. Sahne önü duvarının hareketli olması iç mekân hacmini azaltıp arttırarak çınlama süresi değişikliği sağlarken, aynı zamanda değişen işlevlerin farklılaşan sahne kullanımlarına imkân sağlamaktadır.

İsveç Umea’da bulunan Idun çok amaçlı salonu değişken hacme sahip bir salondur (Görsel 37). Bu salonda Salon hacmi, perde önü duvarının üç şekil arasında yer değiştirilmesiyle ayarlanabilir. Perde önü duvarı, konser formatında arka duvara sabitlenirse, genel hacim açık sahnede büyük senfonik orkestra konserleri için uygun hale gelir. Bu durumda, sahne kulesi tavan seviyesinde yatay panellerle kapatılabilir. Ancak, perde önü opera ayarlamasına göre kaydırıldığında, Salon küçülüp, bir perde önü sahnesi alanı yaratılmış olur; bu arada tavan panelleri yukarıdaki dekor kulesine ulaşmak amacıyla hareket ettirilir. Üçüncü pozisyonda, tiyatro, Salon hacmi, samimi bir tiyatro gösterisi yaratmak amacıyla daha da azaltılır. Değişken unsurlar, hareket edebilir yansıtıcılar ve değişken emicilik perdelerinin yanı sıra salonun şeklini tiyatro için geliştirmek amacıyla hareketli yan duvar bölümü de içerir. (Rossing,2014,s.360)



Görsel 37. İsveç umes'daki Idun Çok Amaçlı Salonu. Değişebilen hacim ve sahne yerleşimi. Özet bilgi(solda), maketten fotoğraflar, uzan kesit ve plan(sağda) (Rossing,2014,s.360)

Hareketli Orkestra Kabuğu Uygulamaları

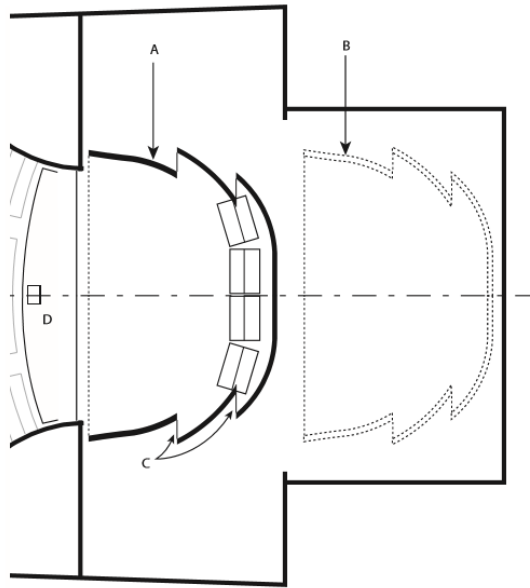
Dinleyicilere homojen ses yayılımını sağlamanın yanı sıra sanatçıların da birbirlerini homojen ve net bir şekilde duymalarını sağlayan orkestra kabuğu, sahne hacmini bölerek iç mekân hacmini azaltabilir. Özellikle müzik işlevli mekânlarda sesin net ve homojen bir şekilde müzisyenler tarafında da duyulması oldukça önemlidir. Bu gerekçeyle orkestra kabuğu, tavanında sesi müzisyenlere ve dinleyiciye iletmek için sahne önü yansıtıcı panellerle birlikte düşünülerek tasarlanır. Bruce mason tiyatrosunda (Görsel 35), tiyatro işlevinden senfoni müzik işlevine geçerken, orkestra kabuğu kullanılmıştır. Böylece hem iç mekân hacmi azaltılmış hem de senfoni müziğin netliğini arttırmıştır.

Orkestra kabuğu birçok farklı modülerlikte form ve biçimde tasarlanıp, üretilebilmektedir. Kabuğu tasarlarken kabuğun formunun ve sahneye yerleşiminin akustik kusur oluşturmamasına dikkat edilmelidir. Paralel yerleştirilirse akustik anormalliklere ve rezonanslara; açı çok sert olursa sahneden çok fazla ses yansımalarına, sahnede ve sahneler arası işitme fonksiyonlarının azalmasına neden olur (Holden,2016, s. 97). Bu nedenle orkestra kabuğunun alanının ve hacminin uygun tasarlanması ve salon hacmi ve geometrisi ile ilişkisinin doğru kurgulanması oldukça önemlidir. Bir orkestra kabuğu için gereken brüt alan genellikle sahnede beklenen toplam en büyük topluluktan hesaplanır.

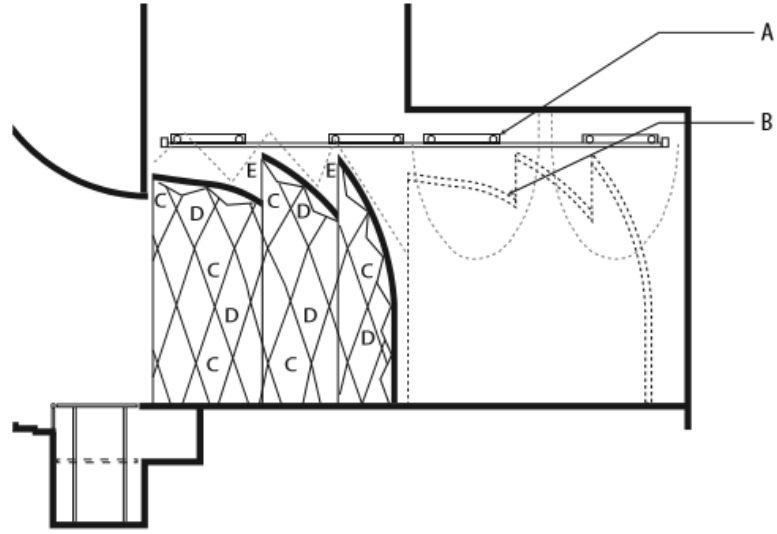
Genel bir tahmin elde etmek için, müzisyen başına 25 ft 2 (2,3 m²) olarak hesaplanabilir(Holden,2016,s. 97).

Orkestra kabuğunun biçimin formunun kullanım açılarının ayarlanabiliyor olması kullanımına birçok kolaylık getirmektedir. Hareketli tasarlandığında mekânın işlevine göre düzenlenebilmekte veya kullanılmayıp depolanabilmektedir. Raylı sistemlerde bu paneller mekânın belirlenen alanlarında depolanabilmektedir.

Globe-News Center'da dinleyici bölümü yüzeylerinde kullanılan form ve malzemeyle aynı özellikte üretilerek mekânda bütünlük oluşturan üstten raylı sistemli orkestra kabuğu tasarlanmıştır(Görsel 38, 39,40). Kabuğun duvar ve tavanı salonu sarmakta ve yüzeyleri sahnede yansıyan seslerin hem sahnedekiler hem de dinleyiciler tarafından duyulmasını sağlamaktadır. Tavanın arkasındaki açıklıklar yüksek enerjili enstrümanların havalandırılmasına, hava sirkülasyonu ve aydınlatma pozisyonlarının sağlanmasına izin verir. Bununla birlikte bu özel kabuk ayarlamaya izin vermez. Birleştirilmiş duvar / tavan parçası komple bir montaj olarak bir depolama garaj sahnesinde hareket eder. Vinç ray sistemi, kabuk duvarlarını ve tavanları sahne tabanından askıya alır ve birkaç dakika içinde sahneye taşır. Kabuk varken oluşan iç mekân hacmi, konser salonu olarak kullanılırken, kabuk depolandığında, tiyatro salonu olarak kullanılmaktadır (Holden,2016,s. 107).



Görsel 38. Globe-news Center'ın orkestra kabuğu planı (A) raylara asılı ahşap kabuk; (B) depolama alanındaki kabuk;(C) havalandırma ve ışıklandırmaya izin veren açıklıklar (D) tekli lift: (Holden 2016, s. 109)



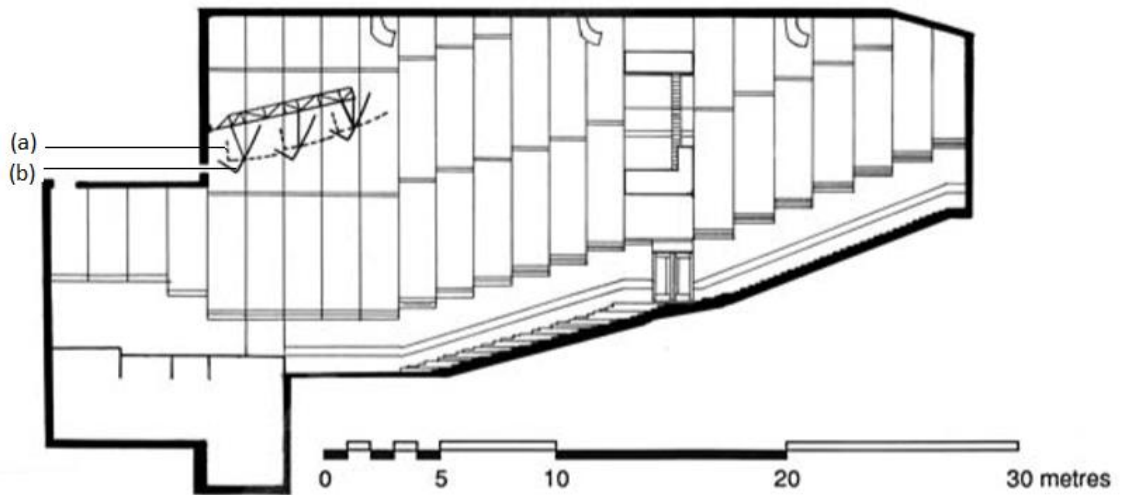
Görsel 39. Globe-news Center'in orkestra kabuğu kesiti (A) Kabuğu desteklemek ve depoya taşımak için kullanılan vinç rayları (B). (C) Büyük ölçekli difüze kaburgalar (D) arasında şekilli ahşap yayıcı elemanlar. (E) kabuk havalandırma sesindeki açıklıklar, hava hareketine ve aydınlatmaya izin verir (Holden, 2016, s. 110).



Görsel 40. Globe-news Center'in iç mekan fotoğrafı (Holden, 2016, s. 108).

Globe-news Center’da orkestra kabuğu salonla bir bütün olarak tasarlanarak sahne önü yansıtıcı panelini de içinde barındırmaktadır. Sahne önü yansıtıcıları orkestra kabuğundan bağımsız da tasarlanabilir ve orkestra kabuğunun kullanılmadığı durumlarda, sahne hacmine uygun geometri ve alanda üretilerek sahnedeki sesin dinleyiciye ve müzisyenlere iletilmesini sağlamaktadır. Sahne önü yansıtıcıların mekânsal gereksinimleri işleve göre farklılaşabilmektedir. Kullanımı her fonksiyon için uygun olmayabilmektedir. Bu nedenle sahne önü yansıtıcıların tasarımında da bu durum göz önüne alınmalı ve tasarım oluşturulmalıdır.

Kraliçe Elizabeth Salonunda (Görsel 41) 1967’de o zamanki Büyük Londra Konseyi tarafından tamamlanan tasarımda sahne üstü yansıtıcısı, yansıtan ve yansıtmayan bir pozisyon arasında hareket edebilir özellikte tasarlanmıştır(Barron, 2010, s.242).

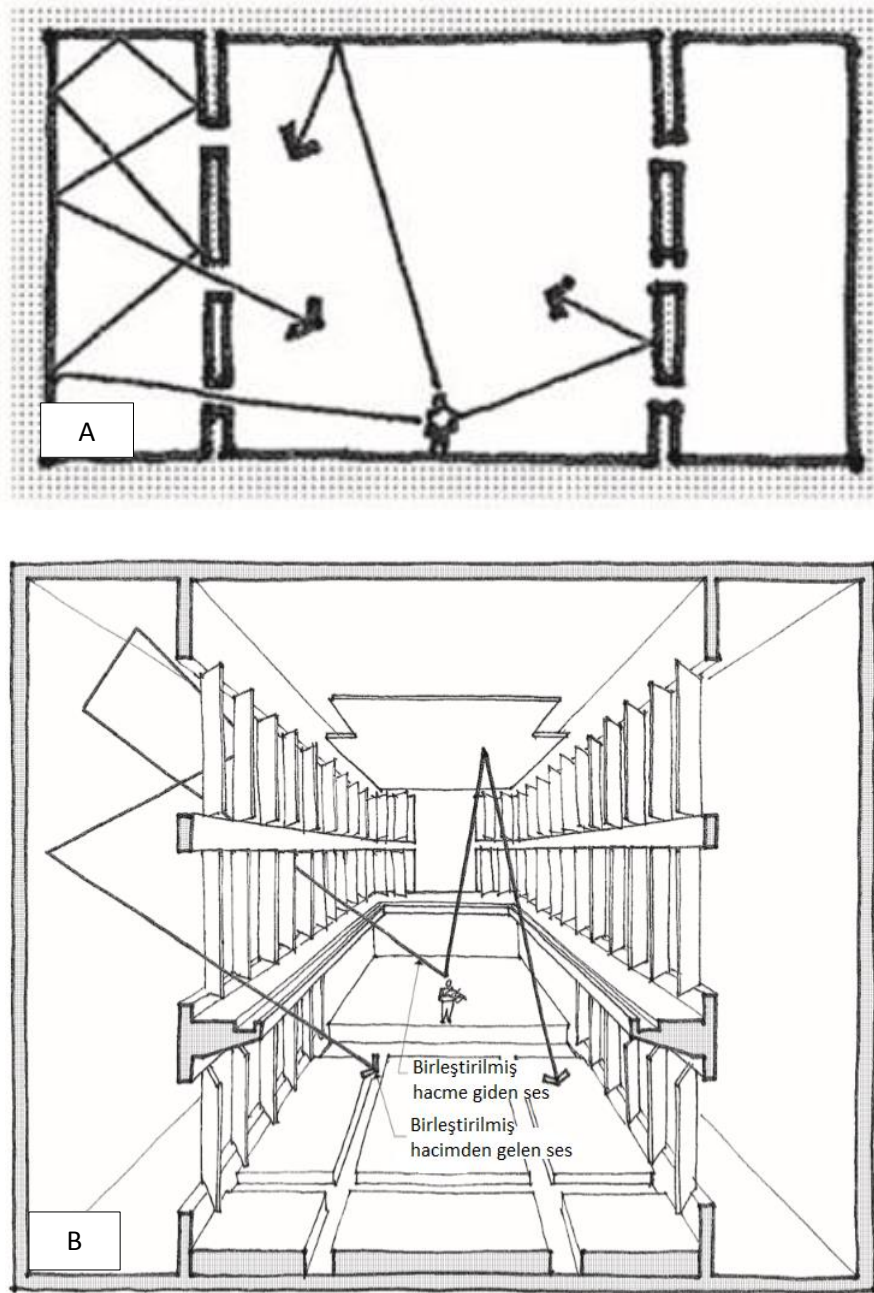


Görsel 41. Kraliçe Elizabeth Salonu'nun kesiti, Londra. (a) ses yansıtan pozisyon, (b) ses yansıtmayan pozisyon (Barron, 2010, s.243).

Hareketli orkestra kabukları mekânların değişen işlevlerine göre mekânda kullanılan ya da kullanılmayan elemanlardır. Bu nedenle orkestra kabuğu mekâna yerleştirilirken, sahnede oluşacak yeni hacim içerisindeki sesin hareketinin göz önüne alınıp, sahne üstü yansıtıcıların bu yeni ses yansıma örgüsüne göre değişken olması mekâna avantaj sağlayabilir

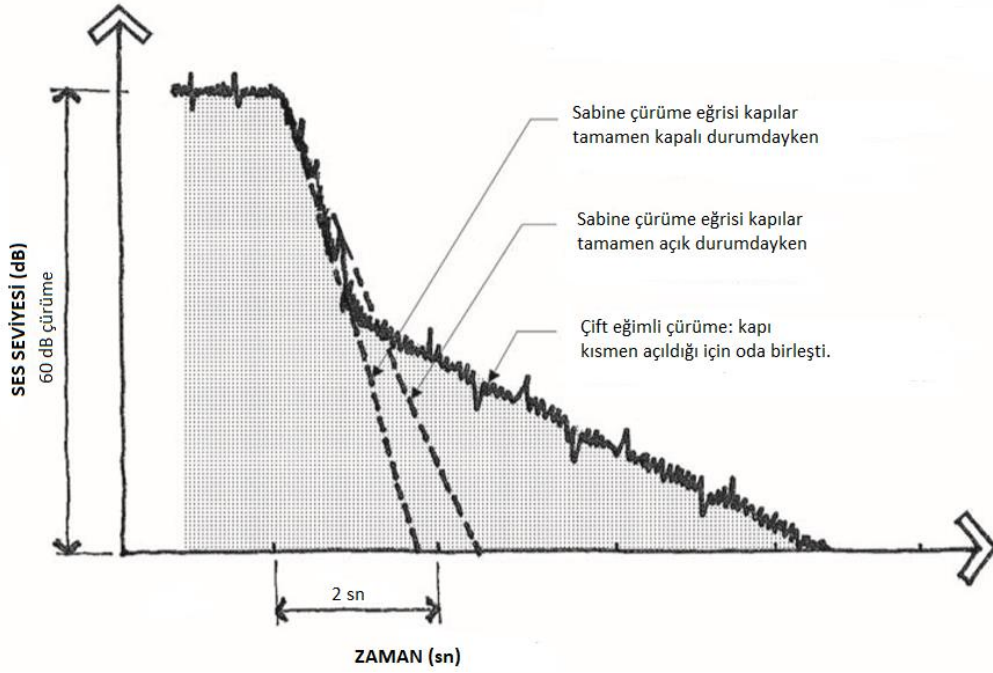
İç Mekân Hacmine Yankı Odası Ekleme

Bir salondaki yankılanma süresini artırmanın bir başka yöntemi, ana boşluğa bitişik olarak bulunan ve kapılardan veya hareketli duvar bölümlerinden erişilen birleştirilmiş odalar kullanarak oda hacmini yükseltmektir. Ortaya çıkan oda davranışı, tavanı kaldırarak ana salondaki hacmin arttırılmasıyla elde edilen oda davranışından biraz farklıdır. (Görsel 42) Birleştirilmiş hacimler, birincil salondan enerjinin bir kısmını çıkarır ve daha sonraki bir zamanda ve daha düşük bir seviyede salona geri döndürürler (Long, 2014, s. 814).



Görsel 42. A: Birleştirilmiş hacim planı, B: Birleştirilmiş Hacim perspektif (Ermann, 2015, s.70,71)

Senfoniler gibi sadeleştirilmemiş müzik performansları için dinleyiciler, hem yankılanma (durduktan sonra bir sesin kalıcılığı) hem de netlik (her nota bir sonraki sesin keskin bir şekilde duyulabilmesi için yeterince hızlı bozulur) avantajları olan hacimlere ihtiyaç duyarlar. Ancak ikisi karşıt nitelikte ve tipik olarak ters ilişkilidirler. Dolayısıyla çift eğimli çürüme eğrisi oluşur (Görsel 43). Bu, birleştirilmiş hacim ve çift eğimli çürüme mekâna, netlikle eşzamanlı yankı vadeder. (Ermann, 2015, s.70,71)



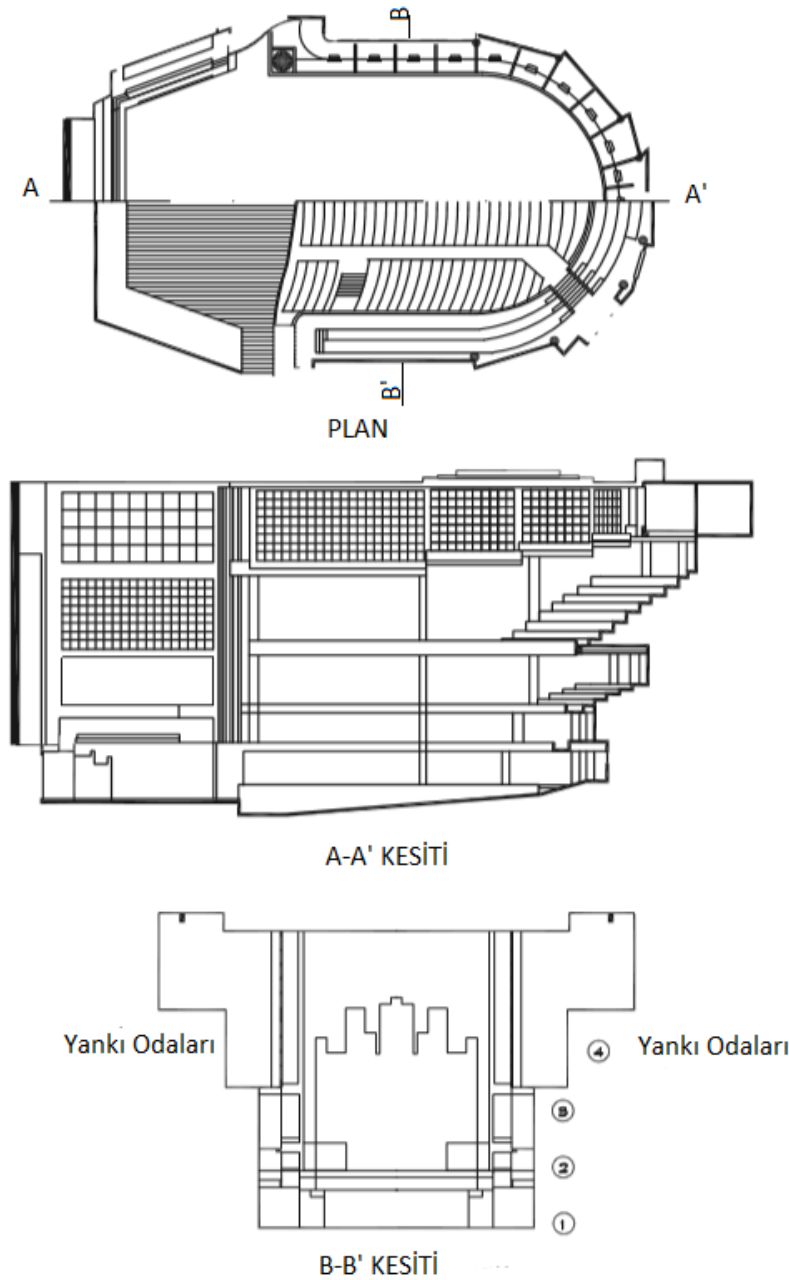
Görsel 43. Birleştirilmiş hacim çift eğimli çürüme eğrisi Görsel 42-ABirleştirilmiş hacim planına göre (Ermann, 2015, s.71)

Görsel 43'e baktığımızda görürüz ki; kapıların tamamen açık veya kapalı olma durumu iç mekân hacmini değiştirerek çınlama süresinde değişiklik sağlayabilmektedir. Kapıların kısmen açılmasıyla, salon hacmi ve odacık hacmi birleştirilmiş alanlar olarak işlev görmektedir. Böylece salonun çınlama süresi düşüşü çift eğimli olur.

Yankı odalarının doğru çalışması için, yeterli bağlantı alanına ve yeterince yankılanan odalara sahip olmak yine çok önemlidir. Basit bir ifadeyle, odalara girmek için akustik enerjinin yeterli olması ve daha sonra yavaş yavaş Salona geri dönmesi gerekir (Barron,2010, s.389). Bu nedenle yankı odaların yerleşiminde sesin yansıma örgüsü oluşturulmalıdır. Birleştirilmiş odalar Salonun üst kısımlarına yerleştirildiğinde, ses odaya

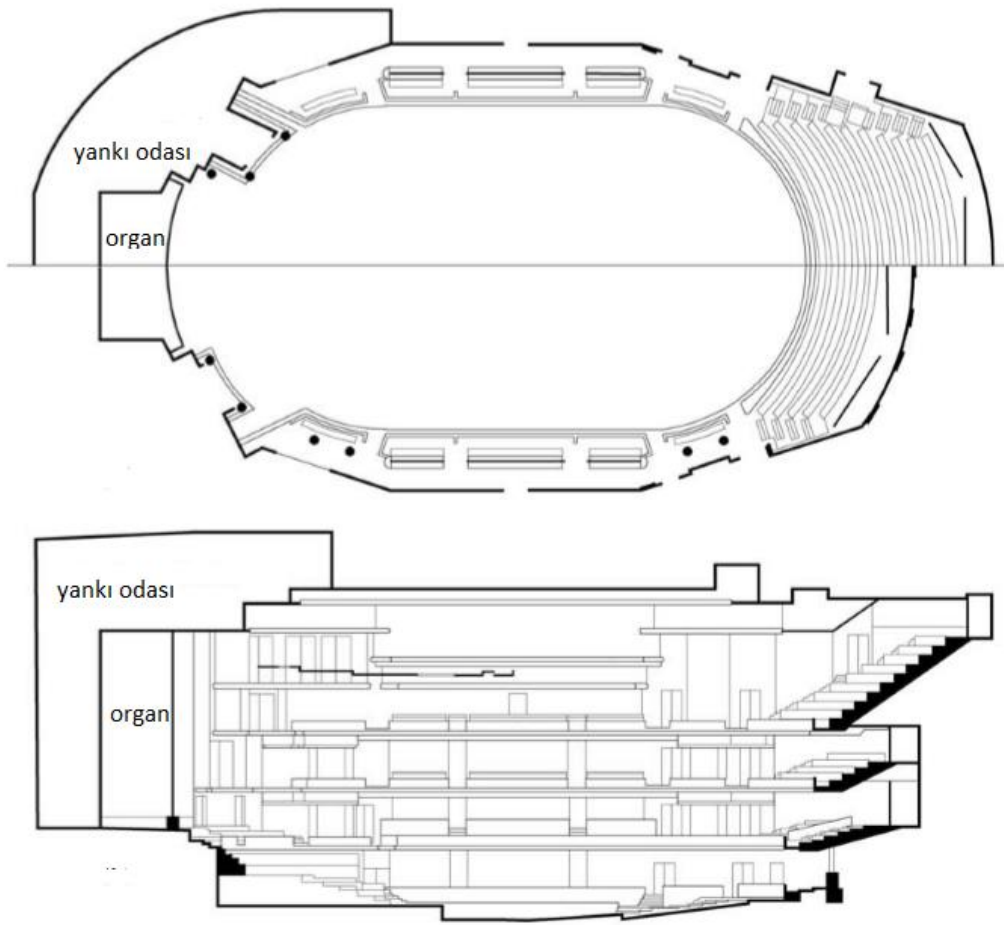
girmeden önce salondan geçmeli ve böylece sesin birleştirilmiş odaya girmeden önce dinleyiciler tarafından kullanılması sağlanabilir (Long, 2014, s. 820).

Dallas'taki Artec Danışmanlık tarafından tasarlanan görsel 44 'te gösterilen McDermott Salonu buna iyi bir örnektir. Ana salondaki ses, Salonun üst taraflarında görünür olmayan farekulakları gibi tutturulmuş yankılanma odaları ile arttırılır. Yankılanma odaları 74 4 inch (10 cm) kalınlığında mekânize beton kapılarla mekâna açılarak, oda hacmini 254.000 ft³ (7200 m³) veya % 30 arttırabilir. (Long, 2014, s. 771)



Görsel 44. McDermott Salonu plan ve kesitleri, Dallas, Teksas, ABD (Long, 2014, s. 770)

Diğer bir örnek ise, İngiltere’de bulunun Artec Danışmanlık tarafından yapılan Birmingham Senfoni Salonu’nun yankı odası tasarımıdır (Görsel 45). Oda, salonun sahne ucunu organın taban seviyesinden salon tavanından 4 m yüksekliğe kadar sarar. 25.000 m³’lük Salon hacmiyle karşılaştırıldığında yüzde 300’lük bir artış sunan 10.300 m³’lük bir hacme sahiptir. Toplam 195 m² alana sahip yirmi motorlu kapı odayı Salona bağlar; kapılar 150 mm kalınlığında betondan yapılmıştır. Odanın arkasındaki mantık, odaya giren sesin içinde yankılanması ve Salona geri dönmesidir. Motorlu kapıların konumunu ayarlayarak yankılanma geliştirme derecesi Değişken (Barron, 2010,s.205).



Görsel 45. Birmingham Senfoni Salonunu plan ve kesiti (Barron, 2010, s.204)

Birçok örnekte de görüleceği gibi yankı odaları, iç mekân hacmine eklenerek mekân hacmini değiştirmektedir. Yankılanma odalarının etkinliği birçok akustik danışman tarafından sorgulanmaktadır ve değişken akustik yaratmadaki rolü sadece farklı türlerdeki müzik alanlarıyla sınırlıdır (Barron, 2010, s.389).

2.1.2. Değişken Dinleyici Sayısı

Akustik Salonlarda, dinleyicilerin giysileri etkili bir gözenekli yutuculuğa sahip olduğundan, dinleyiciler hareket eden ana emici yüzeylerdir (Barron, 2010,s.22). Salonlardaki dinleyici sayısındaki herhangi bir değişiklik salonun yutuculuğuna etki etmektedir. Ayrıca, işleve uygun hacim hesabı, gerçekleştirilecek işlev için gerekli görülen dinleyici başına düşen hacim göz önüne alınarak yapılmaktadır. Dolayısıyla dinleyici sayısına yönelik yapılacak değişiklikler salonun hem hacmine hem de yutuculuğuna etki ederek, farklı kullanımlar için gerekli olan çınlama süresi değişikliği sağlayabilir. Dinleyicilerin toplam sayısı demek, aslında mekân bileşenlerini göz önüne alırsak, döşemedeki toplam oturma alanı(koltuk sayısı) demektir. Oturma alanlarında değişiklik denildiğinde oturma elemanlarının nasıl arttırılıp nasıl azaltılacağı sorusu ortaya çıkmaktadır. Bu durum oturma elemanlarının depolama alanı ihtiyacını ortaya çıkartır. Oturma elemanları ya mekânın duvarlarına ya da döşemenin altına depolanabilir.

Döşeme altı depolamalarında orkestra çukuru iyi bir depolama alanı yaratmaktadır. Orkestra çukuru, orkestra kullanımı olan işlevlerde, orkestranın sahne önünde görüşü engellememesini, dinleyicinin konsantrasyonunu bozmamasını, aynı zamanda orkestrasız kullanımlarda gerektiğinde sahne önünün büyütülmesini ve sahne zemini olarak kullanılmasını sağlayan hareketli sahne asansörlerinden oluşan sistemdir. Hareketli sahne asansörleri mekânın dinleyici sayısı veya sahne alanı ihtiyacına göre, istenildiğinde salon zemin hizasına indirilip salona dâhil edilebilirken, istenildiği takdirde sahne hizasına yükseltilip sahne alanına katılabilecek veya bir ara istasyonda durup sahneyi kademeli olarak oluşturulabilecektir. Böylece, mekânın değişen işlevlerine uygun sahne oluşumlarını mümkün hale getirmektedir.

Orkestra çukurunun doğru tasarlanması hem sahne kullanımı hem de depolama alanı ihtiyacı için önemlidir. Orkestra çukurunun genişliği, yapının izin verdiği kadar geniş tutulabilir. Geniş orkestra çukuru, kapasiteyi en üst düzeye çıkartıp, alt sahne derinliğinin azaltılmasını sağlayabilir. Çukur kapasitesine bağlı olarak, sahne altındaki bölge en az 1,5 m (5 ft) en fazla 4,3 m (14 ft) derinlikte olmalıdır. En yaygın derinlik 1.8-2.4 m'dir. Çukur asansörleri genellikle iki sıra için 8–9 ft (2,4–2,7 m) , üç sıra için 12–14 ft (3,7–4,3 m) gibi

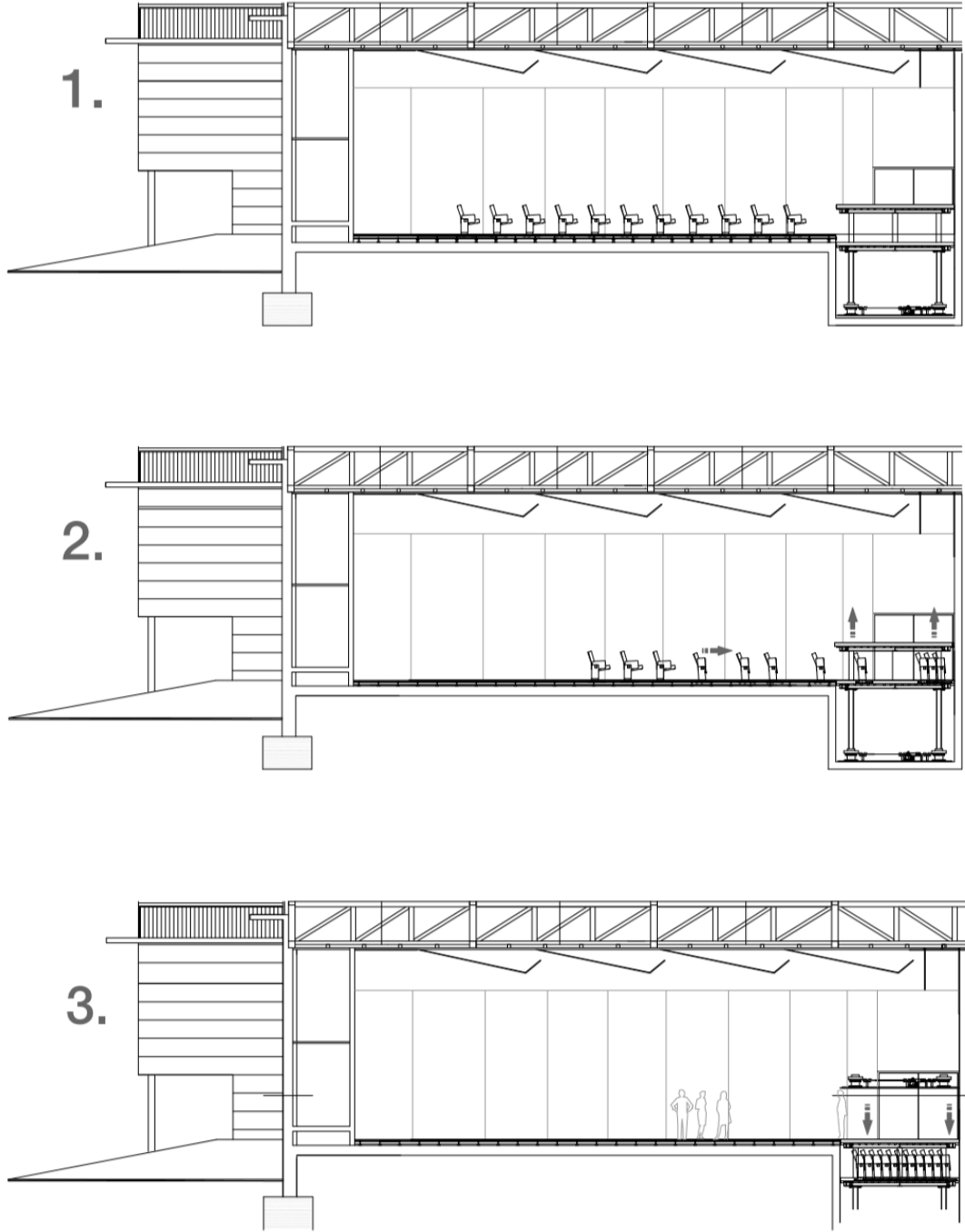
dinleyici oturma elemanlarının derinliklerine benzer bir oranda artış gösterir(Holden, 2016, s. 85-86).

Hareketli sahne asansörleri mekanik veya manuel olabilmektedir. Birden fazla işlev için tasarlanmış mekânlarda manuel sistemi kullanmak çok maliyetli bir hatadır (Görsel 46). Mekanik asansör işçilik maliyetlerinden tasarruf sağlar ve akustiği geliştirir. Manuel asansörler ağır, hantaldır ve teknisyenlerin hareket etmesi için tehlikelidir (Holden, 2016, s.92).



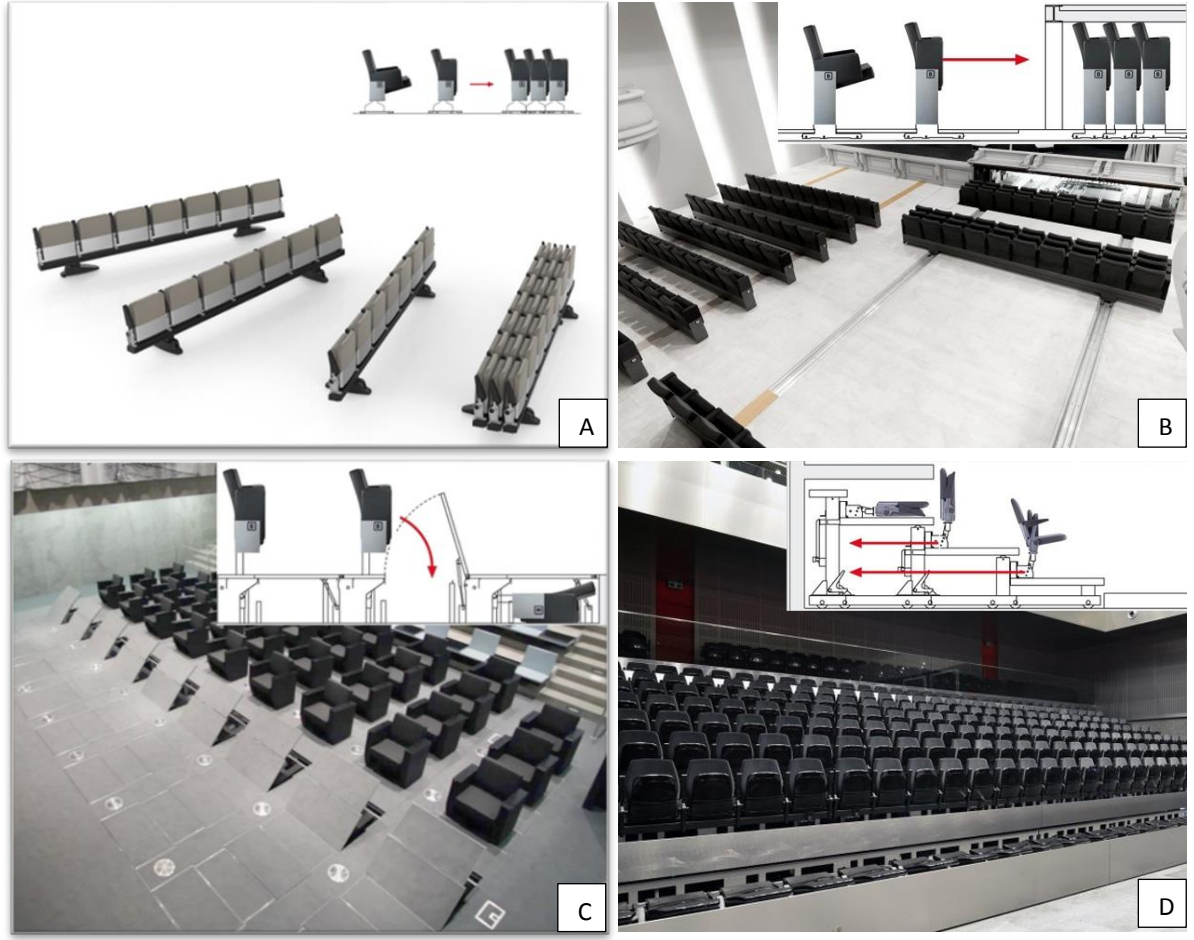
Görsel 46. Alice tully Hall, New York, Tekerlekli asansörler (Holden, 2016, s.93).

Orkestra çukurunun iç hacmi, mekânın akustik şartlarını iyileştirmek ve daha işlevsel kullanımları sağlamak için birçok farklı şekilde tasarlanabilmektedir. Bu kullanımlardan bir tanesi de hareketli oturma alanların depolanmasıdır. Orkestra çukuruna oturma alanı depolanması görsel 47' de gösterilmiştir.



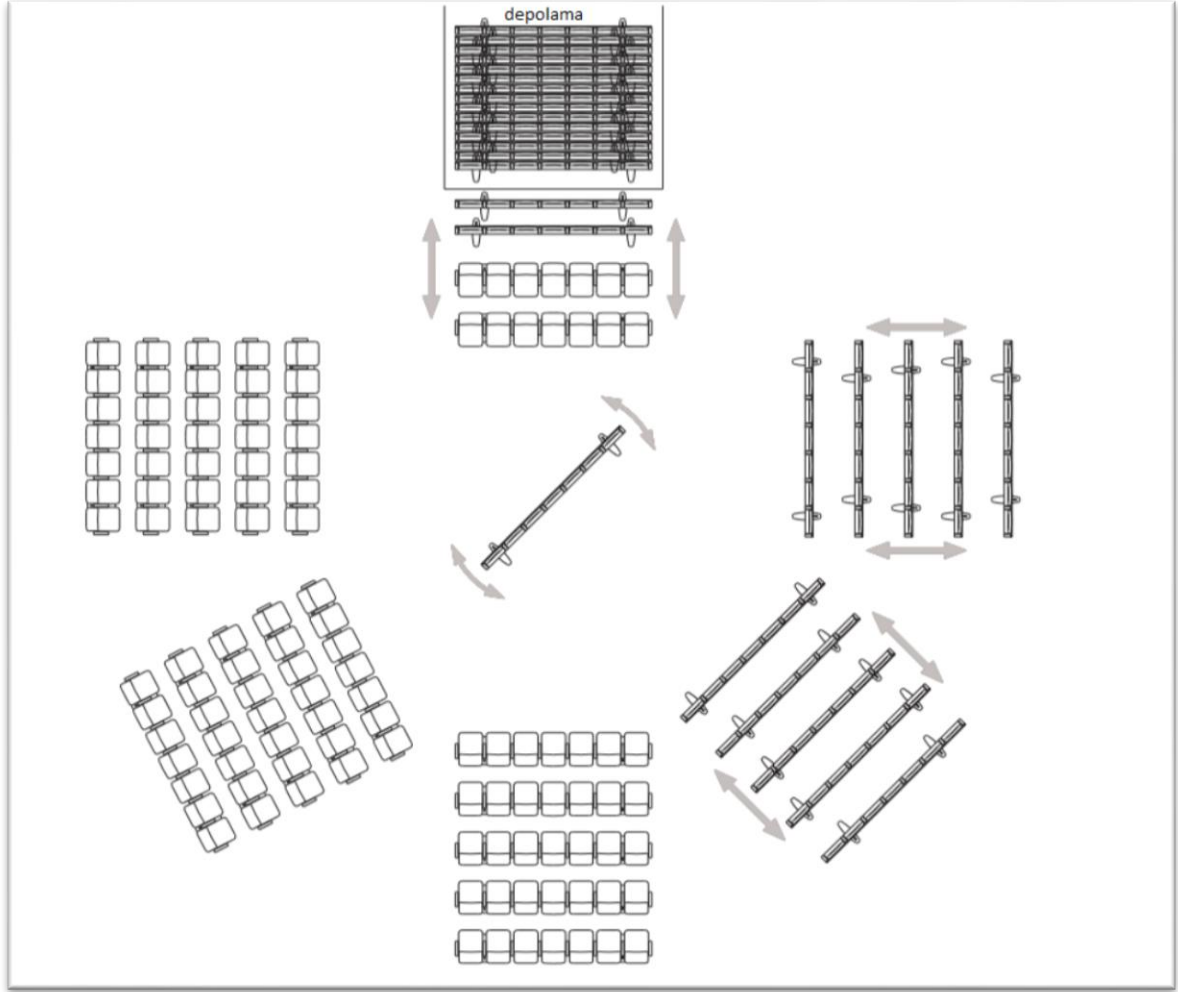
Görsel 47. Oturma elemanı depolama, 1. Yükseltilmiş sahne kullanımı,2. Hareketli oturma alanı depolaması, 3. Oturma elemansız mekân kullanımı (<https://bit.ly/3eTEyHr>)

Oturma elemanları orkestra çukuruna manuel olarak veya mekânîk sistemler kullanılarak hareket ettirilebilir. Koltuklar çeşitli konfigürasyonlarla depolanabilir. (Görsel 48).



Görsel 48. A: Tekerlekli oturma sistemi, B: Raylı oturma sistemi, C: Döşeme altına depolanabilen oturma sistemi, D: Geri çekilebilir oturma sistemi (<https://bit.ly/3itggaP>).

Koltukların depolama alanına hareketi birçok farklı konfigürasyonda gerçekleştirilmekte olup, her sistemin farklı avantajları bulunabilmektedir. Görsel 48 –B'de koltuklar, döşeme zemiyle aynı seviyesindeki kademeli sahne altına veya orkestra çukuruna raylar üzerinde hareket ederek depolanabilir. Bu sistemde zeminde raylar görünür olmaktadır. Bu durum hem akustik hem de estetik açıdan zemin detaylandırılmasında göz önüne alınmalıdır. Görsel xx-A de, tekerlekli oturma elemanları manuel olarak rahatlıkla toplanıp, depolama alanına hareket ettirebilir. Tekerlekli koltuk sistemleri 360 derece döndürülebilir olduğundan mekânda depolama alanına açılı olarak yerleştirilebilir(Görsel 49).



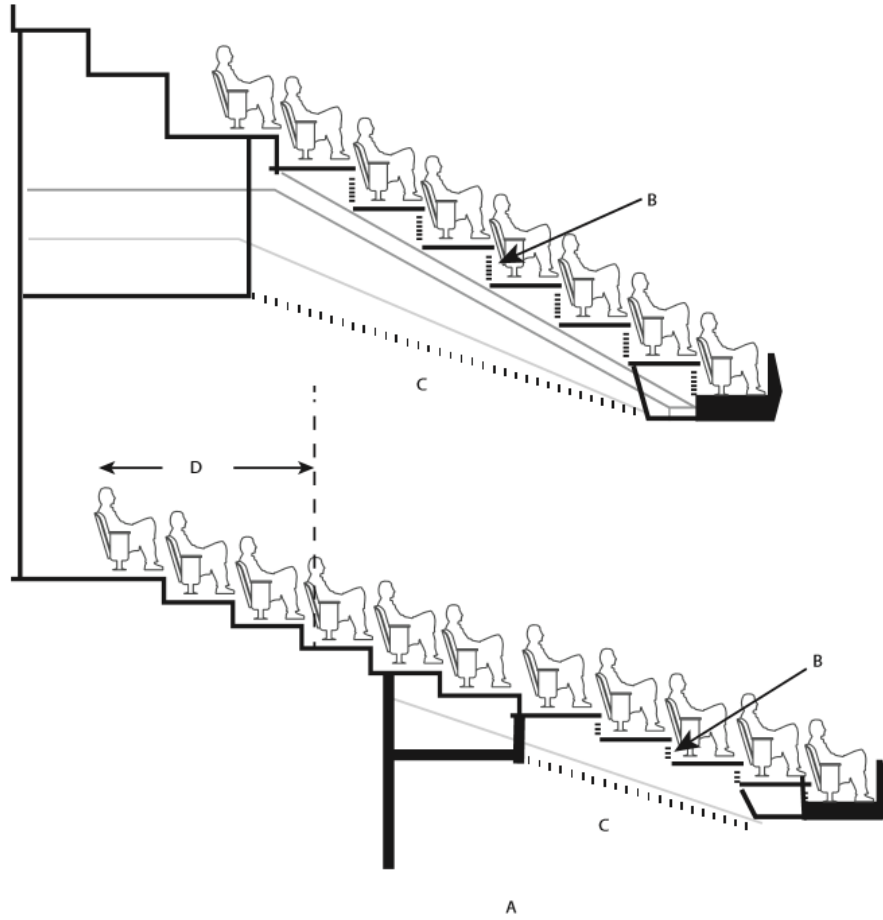
Görsel 49. Tekerlekli oturma sistemi konfigürasyonu (<https://bit.ly/3fSSIPV>).

Görsel 48 -C de Koltuklar, üzerinde bulunduğu zemine direkt depolanabilmesini sağlayan otomatik mobil oturma sistemi gösterilmektedir. Koltukların saklanması için zeminin altında gerekli alan koltuk boyutları göz önüne alınarak belirlenebilmektedir. Farklı koltuk tiplerine uyarlanabilir (görsel xx).



Görsel 50. Alfredo Kraus Salonu (<https://bit.ly/2Wlc8K3>)

Görsel 48 –D, Teleskopik koltuk sistemleri, koltukları arka duvarlara depolandığı otomatik sistemlerdir. Güvenlik için kilit sistemleri kullanılır. Teleskopik sistemler büyük akustik mekânlarda balkonlarda da uygulanarak koltuk sayısı artırılabilir. Ancak balkonların yanlış boyutlandırılmasından dolayı akustik gölgelenme oluşabileceği göz önüne alınmalı ve çözüm üretilmelidir. Dell Salonunda oluşabilecek akustik kusurlara göz önüne alınarak değişken balkon tasarımı yapılmıştır (Görsel 51).

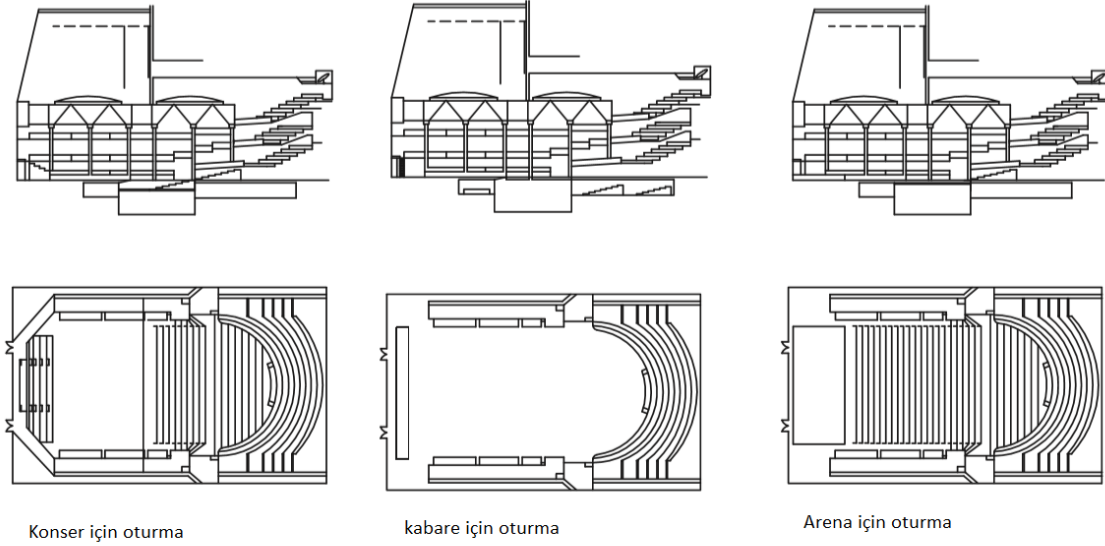


Görsel 51. Dell Salonu Ses için şeffaf balkon. (A) Orkestra düzeyindeki oturma balkonu, şeffaf balkon ile 6 ile 7 sıra arasında artabilir; (D) Oturma sıraları 11 sıraya çıkabilir. (B) ızgaraları dikey yükselticide açın. (C) Tavan ızgaraları, sesin aşağıdaki koltuklara geçmesine izin verir. (Holden,2016 s. 126).

Dell Salonunda oturma alanlarının dikey bölümlerinde ve balkon altında, sesin alttaki dinleyicilere geçmesi için ızgara sistemi tasarlanmıştır. Böylece hem dinleyici sayısı değişikliği yapabilme imkânı doğmuş hem de akustik kusur oluşumu engellenmiştir.

Değişken Dinleyici Sayısı Uygulaması

Kaliforniya'daki Cerritos Gösteri Sanatları Merkezi'nde kullanılan bir başka ilginç tasarım konsepti, hareket edebilen mobil oturma kulelerinin kullanılmasıdır. Cerritos Center'daki oturma düzenlemeleri ve sahne kullanımları Görsel 52'de gösterilmiştir (Long, 2014, s.817).



Görsel 52. Cerritos Sahne Sanatları Merkezi (long, 2014, s.818).

2.1.3. Yüzeylerde Değişken akustik özellikler

Yüzeylerde Değişken Akustik Sistemler aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır.

- Perde Sistemleri
- Afiş Sistemleri
- Hareketli Paneller
 - Mentşeli paneller
 - Panjurlu paneller
 - Abffusor
 - Değişken rezonans sistemleri
 - Döner elemanlar
 - Portatif üniteler

Ayarlanabilir sistemlerinin salon hacmi içindeki yeri, bir salonun akustik başarısına yön vermektedir. Tasarımı oluşturan duvar ve tavanların özellikleri en baştan göz önüne alınmalı ve tasarımda değişken akustik yüzey için yeterli alanlar tasarım sürecinde oluşturulmalıdır. Örtüler oturma planlarını etkileyebileceğinden; örtü, afiş ve panel hareketi için tüm seviyelerde salonun iç kısmına 46 inç (18 inç) ayrılmalıdır. Kanalların, çatı yapılarının ve çatı drenajlarının konumunun sistemleri engellemediğinden emin olunmalıdır. (Holden, 2016, s. 170).

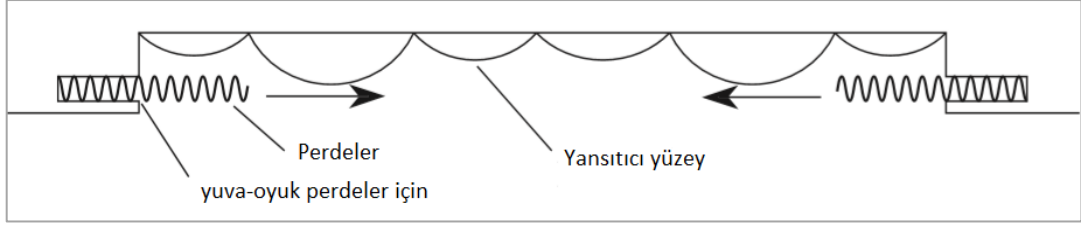
Perde Sistemleri

Perdeler akustik ortamlarda yutucu olarak kullanılan malzemelerin başında gelmekte ve doku özelliklerine ek olarak katlanma aralarının genişlik ve derinliklerinin de etkisiyle daha fazla sesi yutabilmektedirler (BBC Engineering, 1990 s. 104). Kumaşlar, gelen ses enerjisinin %30'undan azını yutan yüzeylerin önüne boşluk bırakılarak kombine edildiklerinde yüzeyin tek başına yuttuğu sestən çok daha fazla ses yutar. Yutuculuktaki bu artış, yüzeyin yansıtmasına, aradaki hava boşluğuna ve sesin frekansına bağlıdır (BBC Engineering, 1990 s. 103). Ağır dokumalar özellikle bir duvardan aralıklı ve astarlı yerleştirildiğinde 250 Hz'den yukarı frekanslara doğru önemli bir emilim sağlayabilir (BBC Engineering, 1990 s. 104).

Yutucu sistemlerden olan perde sistemleri oldukça basit bir sisteme sahiptir. Yüzeyin yutuculuğunu değiştirmek için, düz ya da eğimli bir ray sistemine takılmış kumaş esaslı malzemelerden oluşan perdelerin duvara belli bir mesafede yerleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Düz ray sistemleri, eğri sistemlerden çok daha ucuzdur. Perde sistemleri manuel veya motorlu sistemlerden oluşmaktadır. Motorlu sistemler örtünün yatayda hareket ettirilmesini sağlayan yeterli güçteki cihazların yardımıyla oluşturulur (Holden, 2016,s. 173). Motorlu sistemler, motor cihazlarından dolayı daha pahalı olmasının rağmen, büyük akustik mekânlarda kullanım kolaylığı ve ayarlanabilir olma açısından daha fazla tercih edilmektedir (Holden, 2016,s. 174).

Perdeler akustik yüzeylerde, yutuculuğu arttırabileceği gibi, yuva alanlarına depolanarak yutuculuğu azaltabilirler. Duvar yüzeylerine belli mesafelerle yerleştirilen perdeler görsel 53 'te gösterilmiştir. Perdeler açıkken ki durumda, yutucu özellik kazanan duvar, perde

yuvaya çekildiğinde perdenin arkasındaki yüzeyin özelliğine göre yansıtıcı olmuştur. Böylece, yutuculuğu değişmiş bir yüzey oluşturulmuştur.



Görsel 53. yansıtıcı alanların önüne çekilebilen yutucu örtüler (Everest and Pohlmann, 2009, s. 278).

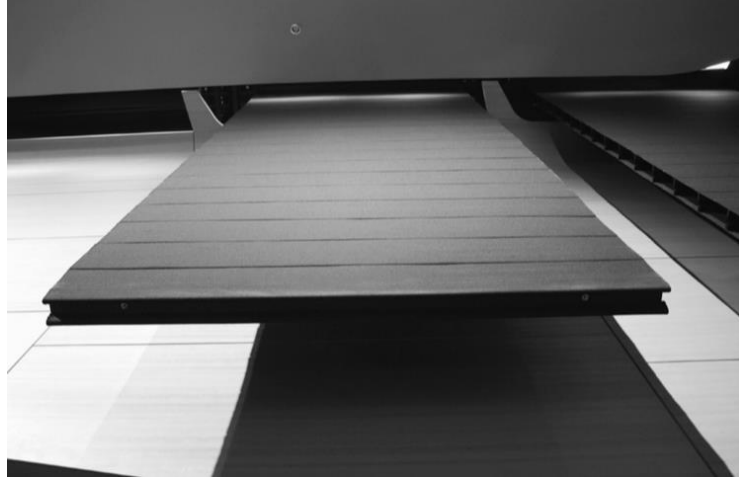
Afiş sistemleri

Modern salonlarda değişken emilim için en yaygın teknik akustik afişler kullanmaktır. Afişler genellikle serbest asılıdır ve Salondan yuvalar aracılığıyla geri çekilebilir veya gerekmediğinde iyi kapatılmış kutulara katlanabilir. Maksimum emilim için afişin hem ağırlığı hem de gözenekliliği optimize edilmelidir(Barron,2010,s.389).

Afişlerin takibi yatay ya da dikey olabilmektedir. Dikey takipli afişler yatay olanlardan daha maliyetlidir, çünkü daha karmaşık bir donanım ve motor sistemi gereklidir. Maliyet daha yüksektir. Bununla birlikte, bu tip afişler orta ila düşük frekanslarda daha verimlidir, böylece daha az malzeme ile daha fazla emilim elde edilebilir. (Holden, 2016,s. 175).

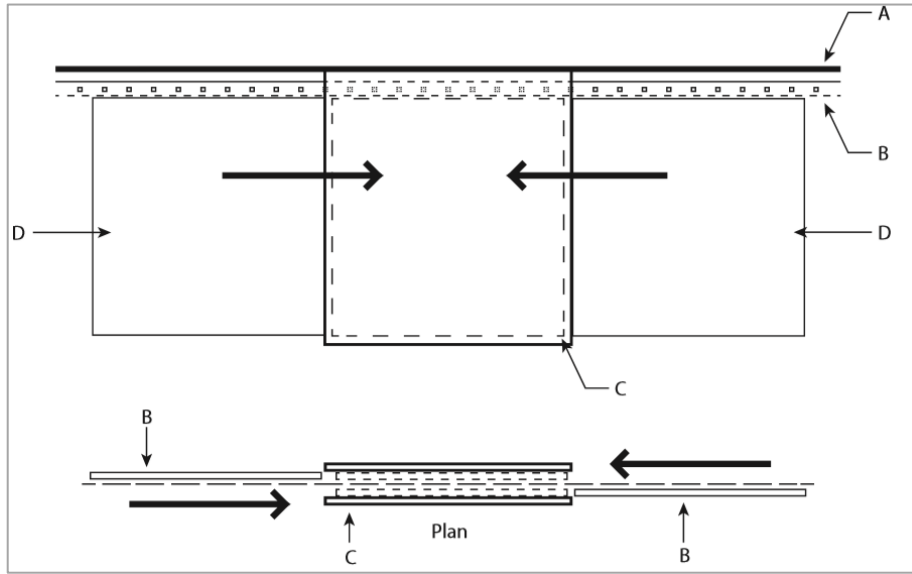
Açılır afişler dikey çözümler için başka bir seçenek sunar. Örtülerden daha pahalıdır ve 101–152 mm aralıklı çift katmanlı kumaştan oluşurlar. Üretici, mümkün olduğunca az hacim alacak şekilde iç içe çift silindirler kullanır. Rulo afişler kompakt bir şekilde saklanır ve afiş kutusu salonda pozlandığında en etkilidir. (Holden, 2016,s. 175).

Afiş kumaşlar arasında yün serge, kadife ve aşağı açılır güneş gölge kumaşları bulunur. Alice Tully Salonunda yüksek hızlı çift katmanlı yün serge afişler kullanılmıştır. Bu afişler çınlama süresini kontrol etmek için tavan açıklıklarından aşağıya indirilebilir.

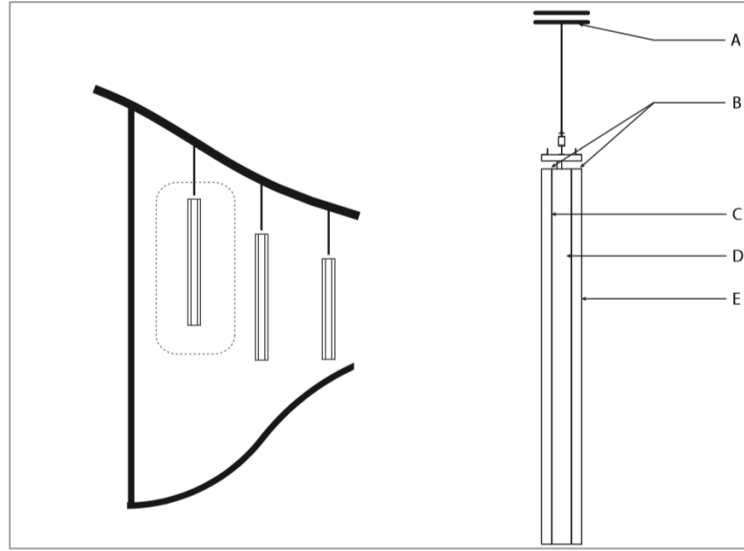


Görsel 54. Alice Tully Salonu, New York, Akustik afiş kullanımı (Holden, 2016,s. 180).

Kullanılan akustik kumaş ve afiş sistemine göre farklı cep detayı oluşturulabilir. Görsel 55, 56'da yatayda belirli bir cep sisteminden yukarıya hareket ettirilip tavana depolanan sert akustik paneller görülmektedir. Afiş sistemlerine baktığımızda, perde sistemleriyle benzerlik göstermektedir.



Görsel 55. Globe-news Center, Tavan arasında sert akustik panel sistemi plan ve ön görünüş (A) Çatı yapısı. (B) ray yapısı. (C) Salonun ortasına asılan cep sistemi. (D) Çerçevesiz akustik paneller. (Holden, 2016,s. 181).

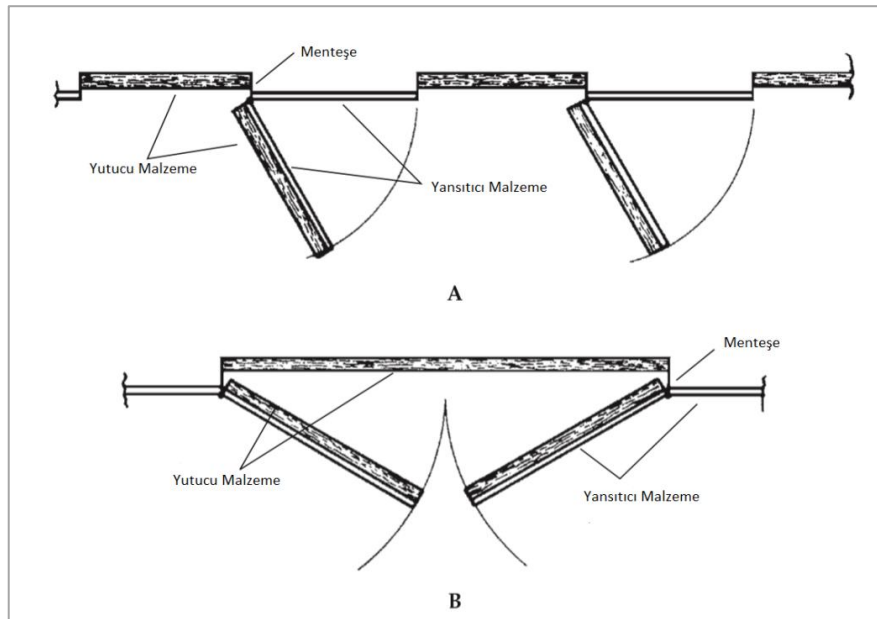


Görsel 56. Globe-news Center, Tavan arasında sert akustik panel sistemi kesiti (A) Çatı yapısı. (B) ray yapısı. (C) Salonun ortasına asılan cep sistemi. (D) Çerçevesiz akustik paneller. (Holden, 2016,s. 180).

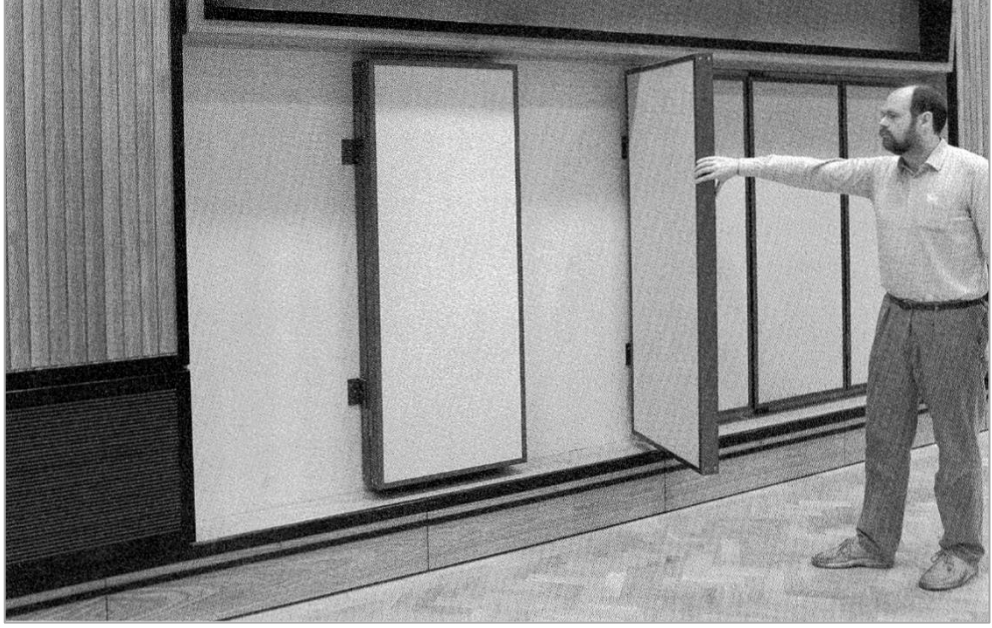
Hareketli paneller

Menteşeli paneller

Akustiği ayarlamak için en ucuz ve en etkili yöntemlerden biri, A ve B'nin menteşeli panel düzenlemesidir. Kapatıldığında, tüm yüzeyler yansıtıcıdır (alçı, alçıpan veya kontrplak). Açıldığında, açıkta kalan yüzeyler emicidir (cam elyaf veya halı) (Everest ve Pohlmann 2009, s. 280).



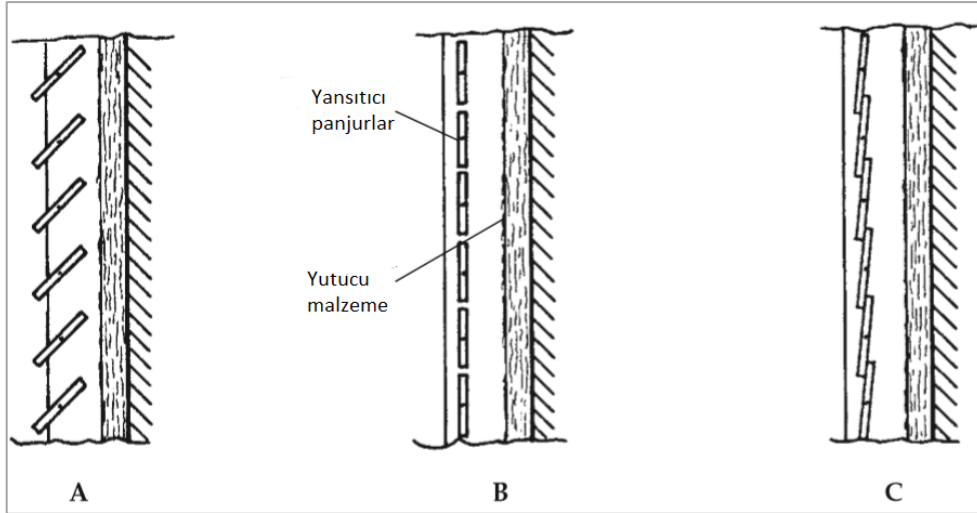
Görsel 57. (A) Tek menteşeli paneller. (B) Çift menteşeli paneller (Everest ve Pohlmann, 2009, s. 280).



Görsel 58. Menteşeli paneller (BBC Engineering, 1990, s. 99).

Panjurlu paneller

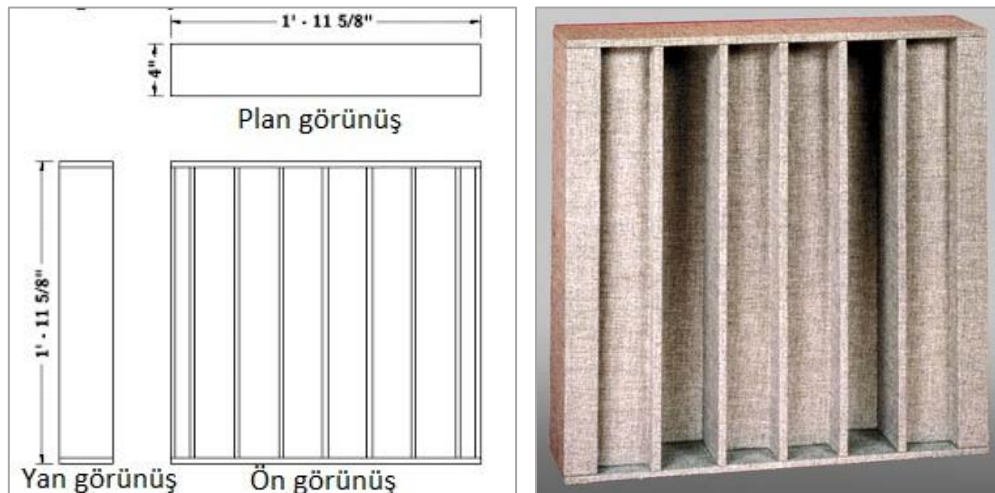
Çoklu panjurlu paneller, çerçevelerdeki tek bir kolun hareketiyle ayarlanabilir. (Görsel 59-A). Panjurların arkasında düşük yoğunluklu bir cam elyaf levha veya keçe bulunur. Panellerin genişliği, bir dizi yarı oluşturup oluşturmadığını (Görsel 59-B) veya birbirine sıkıca sızdırmazlığını (Görsel 59-C) belirler. Panjurlu panel uygulamaları tasarımcıya oldukça esneklik sağlayabilir. Görsel 59' a göre değerlendirme yaparsak, arkadaki malzemenin kalınlığı, yoğunluğu, duvara sabit veya farklı ebat ve miktarlarda aralıklı yerleşimi farklı kombine edilebilir. Panjurlu paneller yansıtıcı malzemedan (cam, sunta) veya daha emici malzemedan (yumuşak ahşap) olabilir ve katı, delikli veya yarı rezonatörün çalışması için düzenlenmiş olabilir. Özetle, neredeyse her emilim frekansı özelliği ile ayarlanabilirlik özelliği panjurlu panel ile eşleştirilebilir. (Everest ve Pohlmann 2009, s. 280) . Görsel 59-A'da içindeki emici malzemeyi ortaya çıkarmak için panjurlu paneller açılabilir, Görsel 59-B'de Yansıtıcı bir yüzey sunmak için paneller kapalıdır, Görsel 59-C'de Kısa panjurlar (açık) içindeki emici malzemeyi ortaya çıkarmak için bir çita rezonatöründen (kapalı) değişken.



Görsel 59. Panjurlu panellerle değişken yüzey özellikleri (A) panjurlu paneller açık (B) panjurlu paneller kapalı (C) Kısa panjurlar (açık) (kapalı) değişken. (Everest ve Pohlmann, 2009, s. 281).

Abffusor

Abffusor, ayarlanabilir bir panel örneğidir. Panel, ince bölücülerle ayrılmış eşit genişlikte bir dizi kuyu kullanılarak emme fazı ızgara prensibi üzerinde çalışır. Kuyuların derinliği, emilmeyen sesi dağıtmak için kuadratik bir sayı dizisi ile belirlenir. Paneller yaklaşık 2 × 4 veya 2 × 2 ft ölçülerindedir. Tavan ızgarası donanımına veya bağımsız elemanlar olarak monte edilebilirler (Everest ve Pohlmann, 2009, s. 281). Abffusor paneller duvara arasında boşluk bırakılarak monte edilebilir.

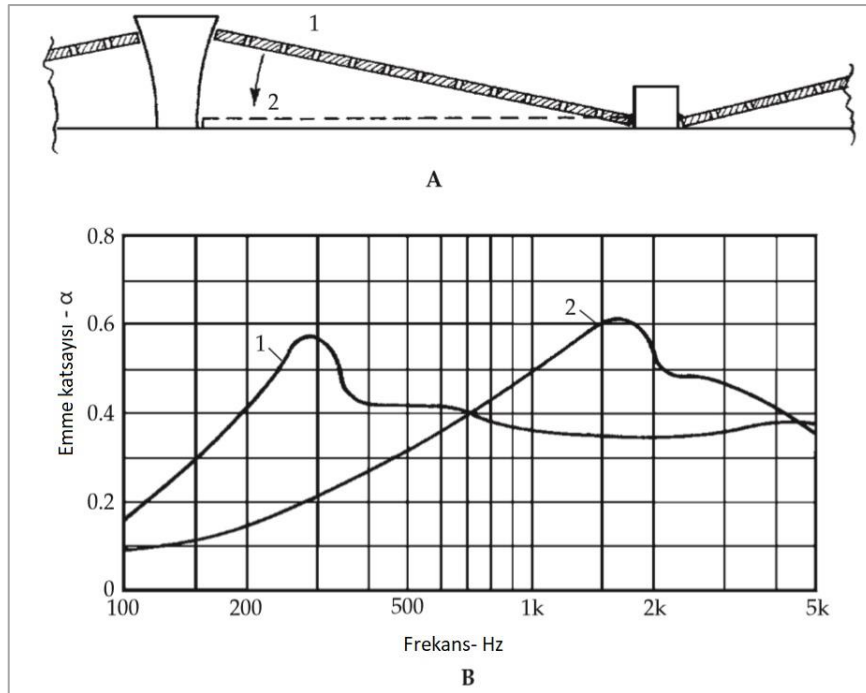


Görsel 60. Abffusor plan görünüşler (<https://bit.ly/2OMocpp>)

Değişken rezonans araçları

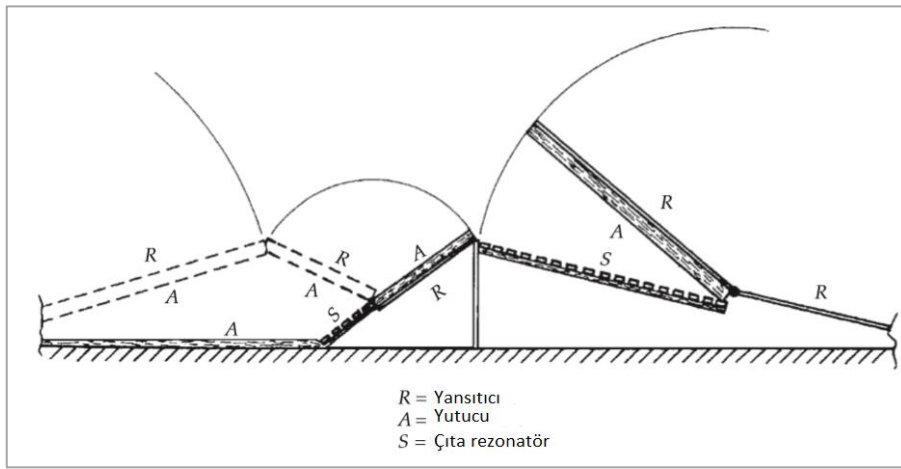
Akustik rezonans, bir akustik sistemin diğer frekanslara nazaran kendi doğal titreşim frekanslarının biriyle (kendi rezonans frekansıyla) eşleşen bir frekansta daha fazla enerji absorbe etme eğilimidir (<https://bit.ly/32Gc41v>).

Rezonant yapılar, ses emici elemanlar olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Menteşeli delikli panelleri kullanan bir örnek Görsel 61-A'da gösterilmektedir. Panel konumunun değiştirilmesi, rezonant emme tepe noktasını Görsel 61-B'de gösterildiği gibi kaydırır. Bu örnekteki yaklaşık boyutlar; panel genişliği 2 ft, panel kalınlığı 3/8 inç, delik çapı 3/8 inç, delik aralığı 13/8 inç'tir. Emicinin en önemli elemanı, delikli panelin iç veya dış yüzeyini kaplayan uygun akış direncine sahip gözenekli bir bezdir. Panel açık konumdayken, deliklerdeki havanın kütlesi ve arkasındaki boşluktaki havanın uyumu veya "yayılmı" rezonans sistemi olarak işlev görür. Kumaş titreşen hava moleküllerine bir direnç sağlar, böylece enerjiyi emer. Bu örnekteki panel kapatıldığında, boşluk neredeyse kaybolur ve rezonant tepe noktası yaklaşık 300'den 1.700 Hz'ye kayar. Açık durumda emilim, tepe noktasından daha yüksek frekanslar için 5 kHz'e kadar daha yüksek kalır (Everest ve Pohlmann, 2009, s. 283).



Görsel 61. Emişi değiştirmek için menteşeli delikli paneller (A) ve frekansa göre yutuculuk değerleri (B) (Everest ve Pohlmann, 2009, s. 283).

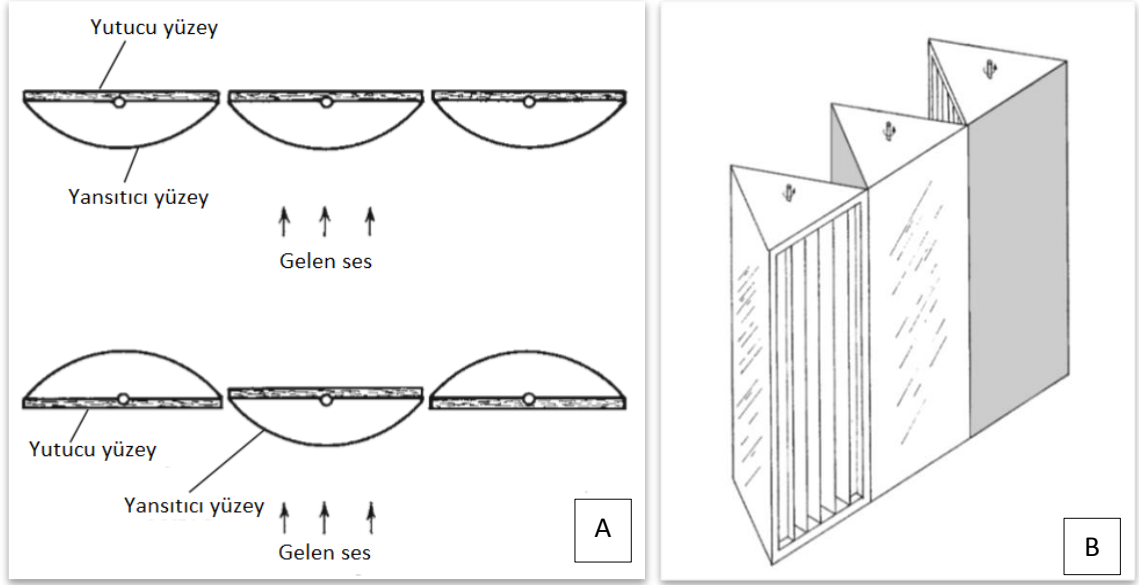
Rezonans değışikliği yaratmak için akustik özellikleri farklı olan yüzeylerle farklı kombinasyonlar oluşturulabilir. Görsel 62’de Sahnenin her iki yan duvarında, tüm paneller dikey eksenlere menteşeli olarak yerden tavana uzanan tipik bir elemanın enine kesitinde değışken akustik yüzeylerden oluşan değışken akustik elemanlar gösterilmektedir. 12 ft uzunluğundaki üst ve alt menteşeli panellerin bir tarafı (3/8 inç alçı levhada 2 kat) yansıtıcı, diğer tarafı ise (4 inç cam elyaf levha) yutucudur. Açık olduklarında, emici yanlarını sunarlar ve eğik panellerin arkasındaki alanı kullanan yarık rezonatörleri (arkada cam elyaf levha ile 3/8 inç / 3/4 inç aralıklı 1 × 3 çitalar) ortaya çıkarırlar (Everest ve Pohlmann, 2009, s. 283).



Görsel 62. Değişken akustik elemanlar (Everest ve Pohlmann, 2009,s. 283).

Döner Elemanlar

Döner elemanlar bir odanın yankılanma özelliklerini değıştirebilir. Dönebilen elemanlarda temel mantık, farklı akustik özellikte yüzeylere sahip geometrik bir elemanın kendi ekseninde veya öngörülen ekseninde dönerek, mekânın akustik emilimini değıştirmesidir. Bu elemanlarda dikkat edilmesi gereken husus, dönme işlemi için gerekli olan alanın yaratılması ve dönme işlemi sonunda kenar noktalarının sızdırmazlık için uygun detaylandırılmasıdır. Farklı geometrilerde döner elemanlar yapılabilmektedir(Görsel 63,A-B). Döner elemanların yüzeyleri, yutucu, yansıtıcı, saçıcı özelliklerinden en az ikisini barındırmalıdır.



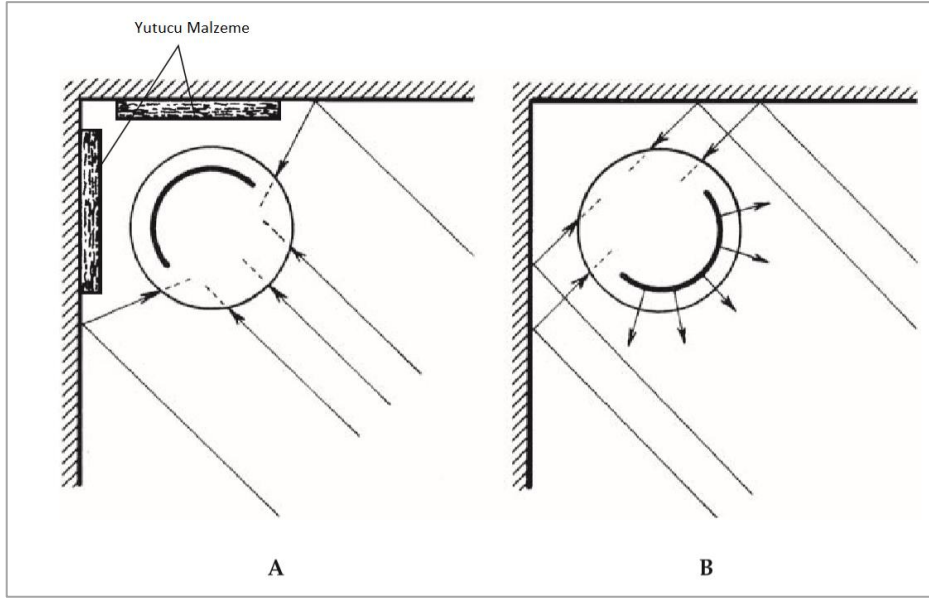
Görsel 63. Silindirik ve eşkenar üçgen dönebilen elamanlar (Everest ve Pohlmann, 2009, s. 284-285)

Görsel 63-A yansıtıcı ve yutucu yüzeylere sahip silindir ve düzlemden oluşan bir kombinasyonunu sunarken, Görsel 63-B hem saçıcı hem yutucu hem de yansıtıcı yüzeylere sahip eşkenar üçgenden oluşan bir döner elaman kombinasyonunu sunmaktadır. Bu elemanlarla istenilen alanda kullanım sağlanabilirse, istenilen akustik emilim sağlanabilmektedir.

Portatif Üniteler

Portatif üniteler, katlanarak veya sökülerek başka yere taşınabilen akustik elemanlardır. Tüp kapalı portatif ünitelere örnek verilebilir. Tüp Kapanı, piyasada bulunan, modüler, düşük frekanslı bir emicidir. Akustik mekânlarda birçok yüzeyde veya köşelerde farklı sayılarda kullanılabilir.

Görsel 64'te tüplerin iki pozisyonunu göstermektedir. Reflektör odaya bakarsa (Görsel 64-B), dinleyici daha parlak bir ses alırken tüp düşük frekans enerjisini tamamen emer. Orta / yüksek frekanslı ses silindirik şekliyle yayılır. Daha az parlak ses tercih edilirse, yansıtıcı taraf duvara bakacak şekilde yerleştirilir. Bu, kesişen duvar yüzeyleri ve silindirik yansıtıcı panelin oluşturduğu boşluktan kaynaklanan timbral değişiklikler meydana getirebilir. Görsel 64-A'da gösterildiği gibi emici panelleri duvar yüzeylerine yerleştirerek, bu timbral değişiklik kontrol edilebilir(Everest ve Pohlmann, 2009, s. 286).

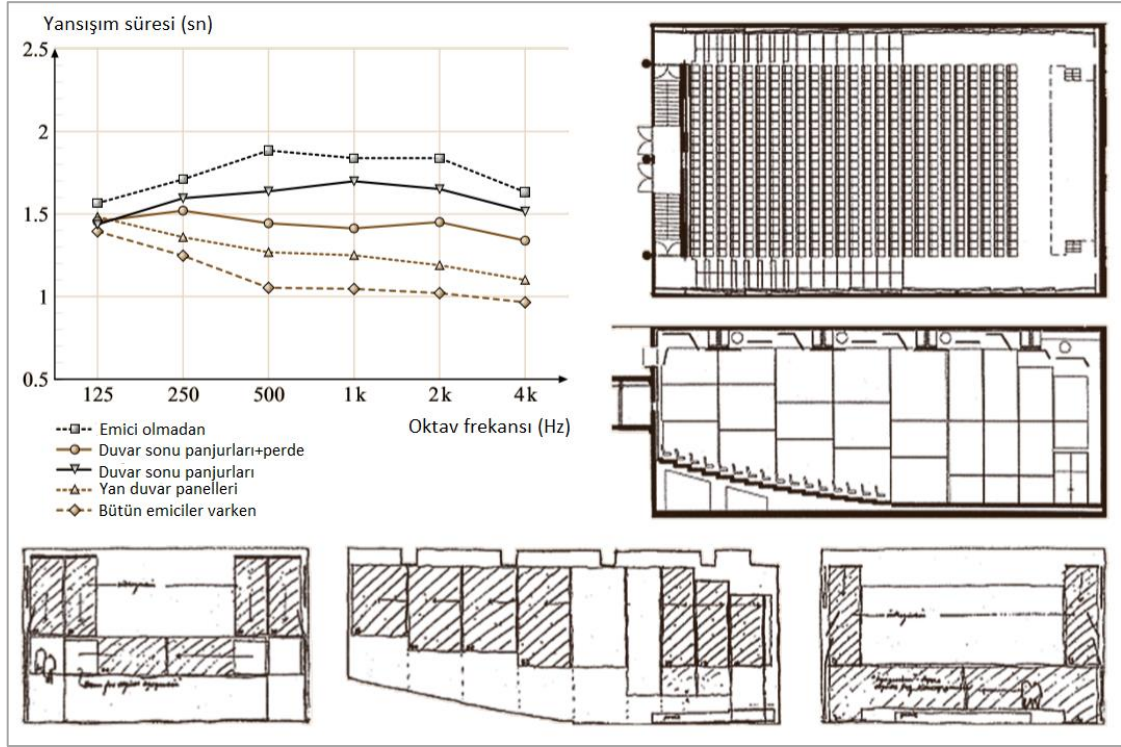


Görsel 64. Tüp kapanı farklı yüzey kullanımı (Everest ve Pohlmann, 2009, s. 287).

Yüzeylerde Değişken Akustik Emilim Uygulamaları

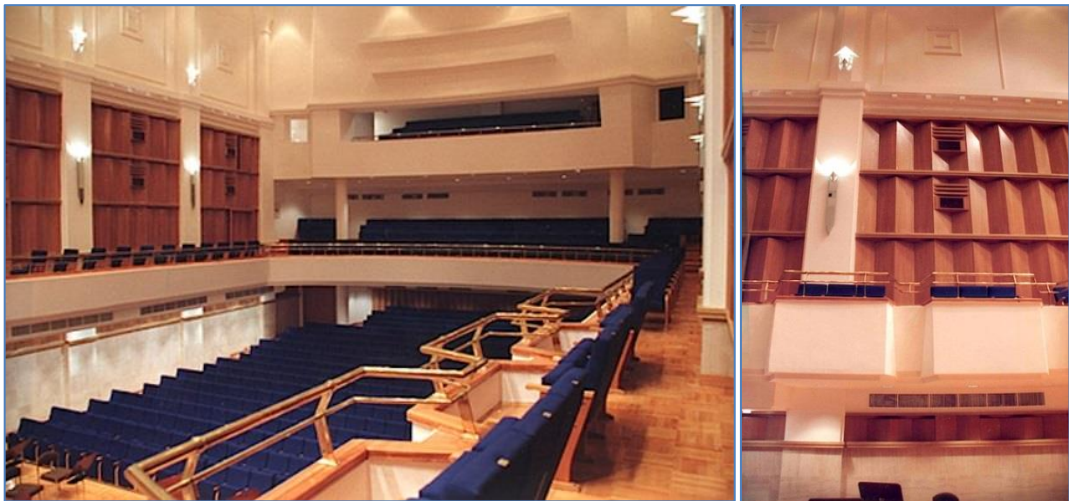
Yüzeylerde değişkenlik yaratacak sistemlere baktığımızda her biri, akustik emilimi arttırıp, azaltabilmektedir. Ancak bu sistemlerin her birinin tek başına kullanılması uygulamalarda çok tercih edilmemiş, daha çok birlikte kullanılmışlardır.

Kopenhag'daki Kraliyet Kütüphanesi'nde bulunan Dronningesalen Salonu'nda, yüzeylerde değişken emilim sağlayarak, değişken akustik mekân tasarlanmıştır (şekil xx). Bu salonda duvarlarda farklı kombinasyonlara da cevap verebilecek hareketli paneller, katlanabilir perdeler ve sarılabilir storlar kullanılarak hem oda müziği konserlerine hem de güçlendirilmiş konuşmalı konferanslara uygun akustik koşullar oluşturulmuştur. Bu akustik malzemelerin kombinasyonlarıyla salonda (boş salonda) 1.1'den başlayarak 1.8'in üzerine çıkabilecek çınlama süresi elde edilebilmektedir (Rossing, 2014,s.359).



Görsel 65. Kopenhag'daki Kraliyet Kütüphanesi, Danimarka. Değişken emilimi gösteren taranmış alanlarla yankılanma zaman eğrileri, plan, kesit ve duvar yükseklikleri (Rossing, 2014,s.359).

Bir diğer örnek uygulama ise Ankara, Türkiye’de bulunan 1994 yılında inşaatı tamamlanan 800 kişi kapasiteli Bilkent Konser Salonudur. Salonunun akustik danışmanlığını Finli mimar Matti Heikkinen yapmıştır. Bilkent Konser Salonu üç kattan oluşmaktadır. İç mekân yüzeylerinde değişken yüzey yutuculuğu sağlayan akustik panolar kullanılmıştır.



Görsel 66. Bilkent Konser Salonu iç mekânı ve ahşap panoları (<https://bit.ly/2ZRZN8h>)

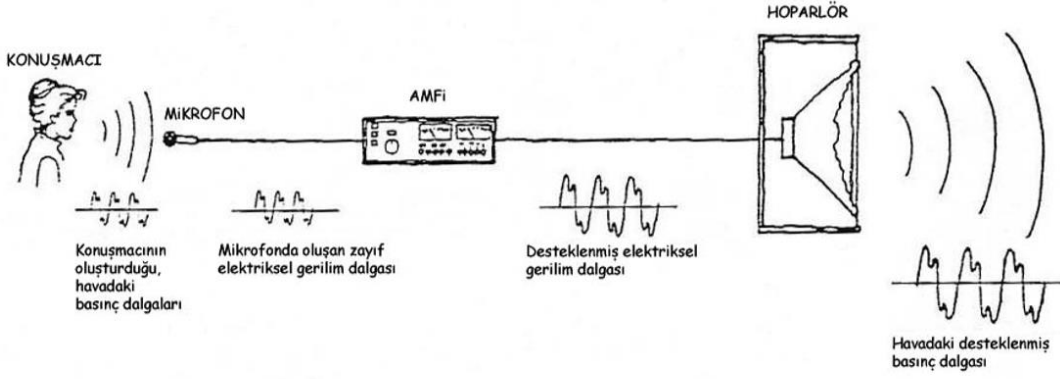
Salonda duvardaki ahşap panolarla oda müziğinden karo eserlerine kadar ince ayar yapılabilmiş ve 1.8 ile 2.0 arası çınlama süresi değeri elde edilmiştir (<https://bit.ly/2ZRZN8h>).

2.2. Teknik Destekle Oluşturulabilen Değişken Akustik Tasarım Yaklaşımları

2.2.1. Elektro-akustik Sistem bileşenleri ve işlevleri

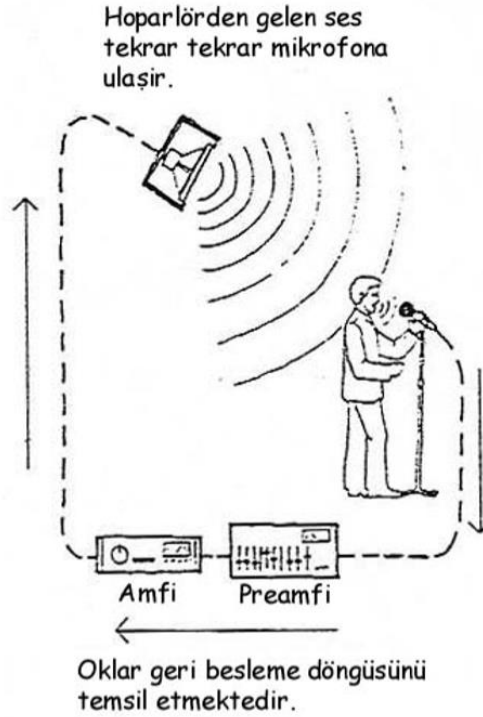
Elektro-akustik sistemler sesin elektronik ortamda kaydedilmesi, üretilmesi, çoğaltılması, güçlendirilmesi gibi birçok sistem içerir. Bu bölümde, akustik mekânlarda elektro-sesi planlamak ve mekânlarda çınlama süresi değişkenliği sağlamak açısından en önemli ekipman olan ses güçlendirme sistemi ele alınacaktır.

Elektronik ses güçlendirme sisteminin amacı, tüm dinleyicilere, güçlendirilmemiş sesin yeterli olamayacağı yerlerde iyi işitme koşulları sağlamaktır (Egan,2007, s.356). Bunu yaparken, yeterli olmayan sesin arttırılmasına, akustik gölge oluşan veya sesin geç iletiildiği alanlara sesin uygun zamanda ve uygun yükseklikte ulaşmasının sağlanmasına ihtiyaç vardır. Elektro akustik sistemler bu sorunlara üç temel bileşeni kullanarak cevap oluşturmaktadır; mikrofon, hoparlör ve elektronik kontrolleri sağlayan ekipmanlar. Bu bileşenlerden mikrofonun görevi, konuşmacının oluşturduğu ses enerjisini elektrik enerjisine çevirmek; hoparlörün görevi, dinleyiciye sesi duyurmak için kendisine gelen elektrik enerjisini ses enerjisine çevirmek; elektronik kontrolleri sağlayan ekipmanların görevi ise, mikrofonun ürettiği elektrik enerjisi hoparlörü desteklemeyip zayıf kaldığında, mikrofondan gelen elektrik enerjisini arttırıp hoparlöre ileterek sistemin tasarıma uygun çalışmasını sağlamaktır. Amfiler elektronik kontrolleri sağlayan ekipmanlardan biridir. Mikrofondan gelen elektrik enerjisini yükselterek, hoparlörleri besler ve hoparlörlerde, gönderilen elektrik enerjisi ses enerjisine dönüştürülür (Görsel 67).



Görsel 67. Elektro Akustik Tasarım Elemanları temel bileşenleri (Özyıldırım,2010, s.100).

Ses güçlendirme sistemlerinde en büyük sorun, elektronik geri besleme sorunudur (Görsel 68). Bu, bir hoparlörden yayılan ses mikrofon tarafından alındığında meydana gelen geri beslemeden kaynaklanan bir salınım sesi nedeniyle duyma yeteneğini tamamen değiştiren akustik bir fenomendir. Nasıl kontrol edilir ve salınım olmadan gerekli ses seviyesine kadar nasıl yükseltilir sorunsalı sadece elektro-akustik tasarım için değil, aynı zamanda hacim akustiği tasarımı için de en önemli problemdir (Maekawa, Z. Rindel, J. H. ve Lord, 2011, s. 249). Bu nedenle akustik mekânı tasarlayan mimarın elektro akustik sistemler hakkında temel bilgiye sahip olması ve bu işin uzmanlarıyla iş birliği içinde çalışması gerekmektedir.



Görsel 68. Elektronik geri besleme(Özyıldırım, 2010, s.103).

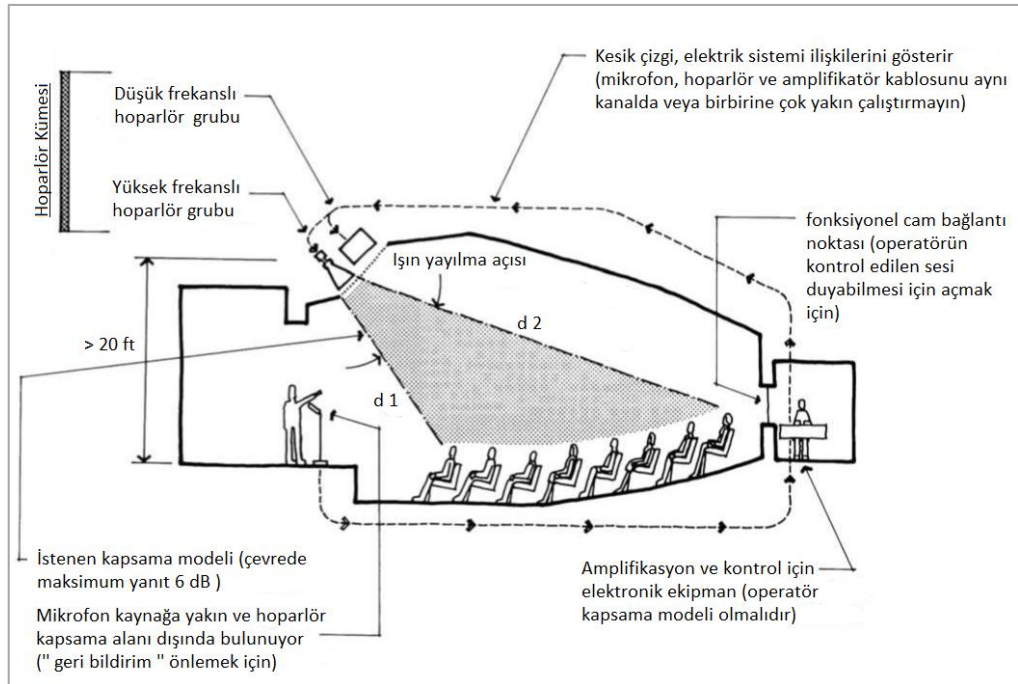
2.2.2. Elektro-akustik Sistem Çeşitleri

Mikrofonların ve hoparlörlerin yerleştirilmesi, seçilmesi ve servisi elektro akustik sisteminin başarısı için kritik öneme sahiptir (Holden, 2016, s.189). Bu noktada dikkatle üzerinde durulması gereken hususlar; hacim içerisinde kullanılan sistemlerin, tüm dinleyiciye yeterli ses yayılımı sağlaması ve dinleyicide ses, orijinal ses kaynağından geliyor algısı oluşturarak, dinleyicinin doğal yön duygusunun korunmasıdır.

Uygulamalarda birçok farklı alternatifleri olsa da, ses sistemi tasarımcıları tarafından çokça kullanılan sistemler; merkezi sistem, dağıtılmış sistem ve merkezi ve dağıtılmış sistemin birleşiminden oluşan karma sistemlerdir.

Merkezi Sistem

Merkezi hoparlör sistemi genellikle hoparlörü veya hoparlör kümesini, gerçek ses kaynağının 20 ila 40 ft üzerinde ve biraz önünde bulur. Küme, ses geçirmeyen bir ızgara bezinin arkasında görünebilir veya gizlenebilir. Dinleyici güçlendirilmiş sesi canlı kaynak konumunun yönünden duyacağından bu sistem maksimum gerçekçilik sağlayabilir. Bunun nedeni, insan kulağının sesleri yatay düzlemde (kulakların bulunduğu yerde) dikey düzlemde daha iyi ayırt etmesidir (Egan,2007, s.360).



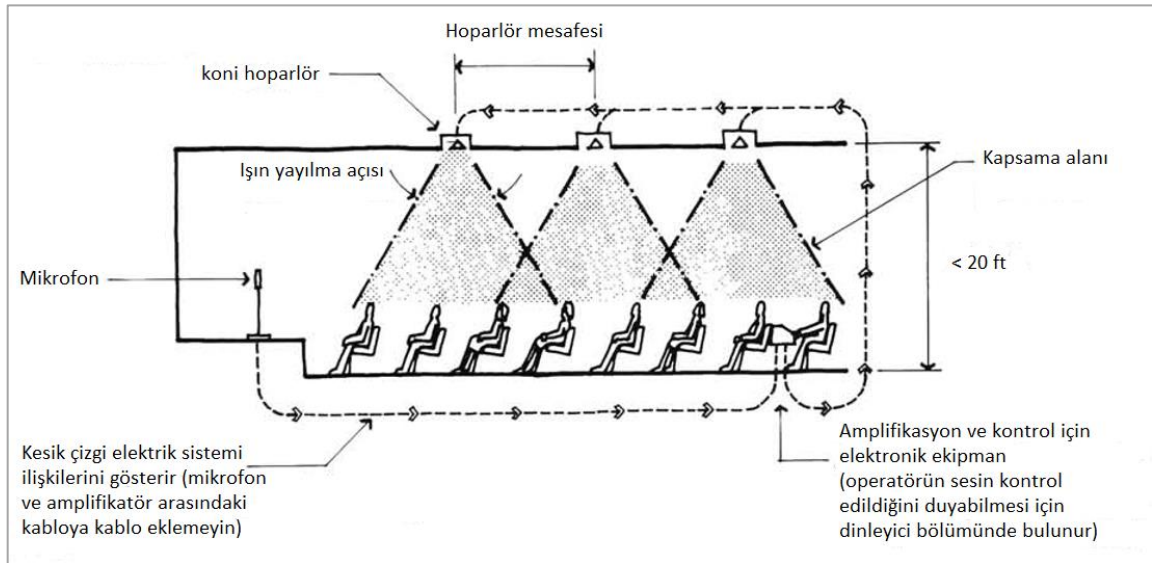
Görsel 69. Merkezi hoparlör sistemi (Egan, 2007, s.360).

Sistemin avantajları;

- Dinleyicilerin kolay algılayabileceği iyi bir kaynak lokalizasyonu sağlamaktadır.
- Yönelimler kontrol edilerek yankıların önlenmesi oldukça basit bir şekilde sağlanır. Böylece tavanda veya duvarlarda ve dinleyicilerin üzerinde çok fazla doğrudan ses oluşmaz. Aynı zamanda arka duvar üzerinde yutucu ve yayıcı uygulamalarla da kontrol edilebilmektedir
- Güçlendirilmiş direkt ses ile konuşmanın anlaşılabilirliği artırılabilir. Hoparlör yerleşimiyle uygun yönelim sağlanırsa yapay olarak çınılama süresi düşürülebilir.
- Hem mikrofonun hem de hoparlörlerin yönlendiriciliği göz önünde bulundurulur ve konumları buna göre seçilirse uluma olasılığının az çok üstesinden gelinebilir (Maekawa, Z. Rindel, J. H. ve Lord, 2011, s. 253).

Dağıtılmış Hoparlör Sistemi

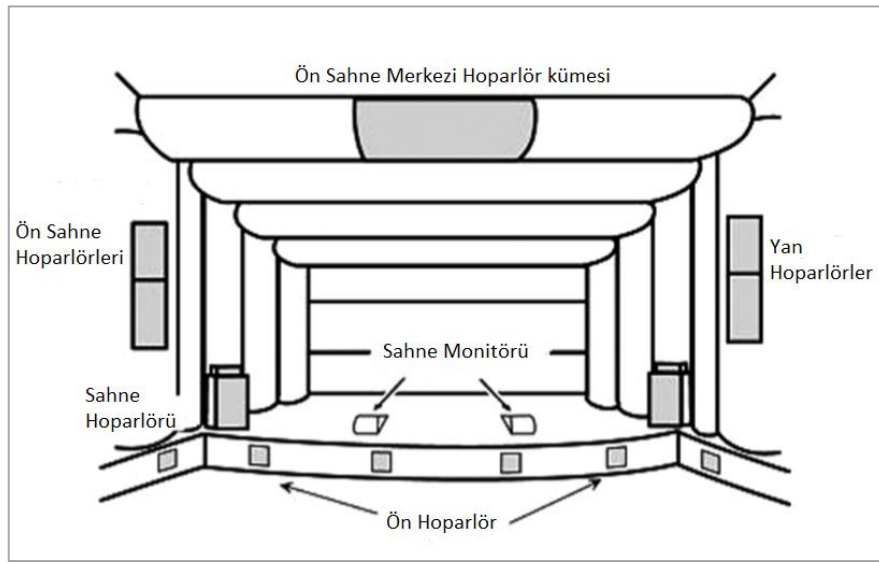
Dağıtılmış hoparlör sistemi, genellikle tavana veya asma tavana yerleştirilmiş bir dizi hoparlörden oluşur. Her hoparlör, küçük bir alana düşük seviyeli güçlendirilmiş ses sağlar(Egan,2007, s.365). Merkezi sistem de yön duygusu sağlanırken, dağıtılmış sistemde sağlanamayabilir. Bu nedenle merkezi hoparlör sisteminin uygun olmadığı mekânlarda tercih edilir. Hoparlör dağınık olarak yerleştirildiğinde aralarındaki mesafe önemlidir. Hoparlörlerin ses ışınlarıyla ses örüntüsü oluşturmuş olmasına ve her dinleyiciye sesin yönlendiriliyor olmasına dikkat edilmelidir.



Görsel 70. Dağıtılmış hoparlör grubu (Egan, 2007, s.365).

Merkezi ve Dağıtılmış Sistemin Birleşimi

Uygulamada, hoparlörün yerleşim tasarımı, hacmin büyüklüğüne, biçimine ve ayrıca kullanım amacına bağlıdır. Genel olarak merkezi sistemin kullanıldığı ve ses kaynağının zayıf olduğu noktalarda dağıtılmış hoparlörlerin kullanıldığı karma sistemler önerilir. Bu durumda, dağıtılmış sistemde oluşabilecek kusurların kontrolünün de yapılması gerekmektedir (Maekawa, Z. Rindel, J. H. ve Lord, 2011, s. 255). Görsel 71 'de, çok amaçlı bir salonda sahne etrafında merkezi ve dağıtılmış sistemin birlikte kullanıldığı hoparlör yerleşimi gösterilmektedir.



Görsel 71. Merkezi ve dağıtılmış hoparlör grubu sisteminin birlikte kullanımı (Maekawa, Z. Rindel, J. H. ve Lord, 2011,s. 255).

2.2.3. Değişken Elektro-akustik Sistemler

Fiziksel olarak ayarlanabilir, Değişken akustik tasarımlara ilişkin tüm sınırlamalardan sonra, bu sistemlerin sağladığı Değişken akustik ortamı bir düğmeye basıldığında elektronik olarak kolaylıkla sağlayan ve hacmin içerisinde görünmez bir değişken akustik ortam yaratan değişken elektro-akustik sistemler oldukça ilgi çekici durmaktadır.

Elektro akustik sistemleri, salonun sınırlı hacmi, yüzeyleri, şekli veya dinleyici yönlendirmesi nedeniyle aksi takdirde sağlanamayacak akustik yansımalar sağlar. Örneğin, daha uzun bir tavanın sağlayabileceği yansımalar ve yankılanma, alt tavan hacmine yerleştirilmiş hoparlörler tarafından simüle edilebilir. Sanatçıdan dinleyiciye olan

doğrudan ses asla tehlikeye atılmaz; eklenen yansımalar normalde oda yüzeylerinden meydana gelir.(Holden, 2016, s.187).

Elektro-akustik bir sistemin başarısı, istenilen değişkenleri dinleyiciye minimum düzeyde algılatmasıyla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle değişken bir elektro akustik sistemin başarısını dinleyicilerin mekân deneyimleri belirler.

Değişken akustik tasarım elde etmek için değişken çınlama süresi elde edilmesi gerekir. Değişken elektro-akustik sisteminin temel amacı ise akustik bir mekânın çınlama süresini arttırmaktır. Birçok firma değişken çınlama süresi elde etmek için farklı yöntemler kullanmaktadır. Elektro akustik mekânlarda, bazı değişken elektro-akustik sistemlerde elektronik geri bildirim kullanılarak sistem oluşturulmaya çalışılırken, bazılarında bastırılarak sistem oluşturulmaya çalışılmaktadır(Barron, 2010, s.395). Değişken elektro akustik sistemler ses geliştirme sistemlerinin geliştirilmesi sonucunda oluşturulmaktadır.

Mevcut değişken elektro akustik sistemler iki gruba ayrılır:

- Hacmin yankılanmasını uyarılar
- Elektronik olarak ek yankılanmayı yaratanlar (Barron, 2010, s.395).

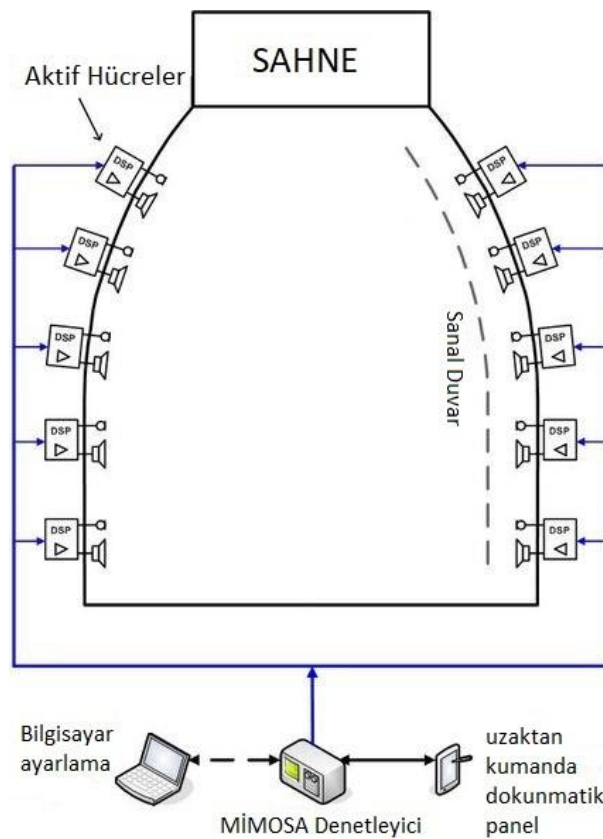
Hacmin Yankılanmasını Uyarılar

Yankılanmayı uyarmak için geliştirilen sistemlerin temel çalışma prensibi, salonun yansıma yapısını yüzeylere yerleştirilen elektronik ekipmanlarla toplam yansımayı arttırarak değiştirmektir. Bunun için geliştirilen sistemler istenilen salon yansıma prensibine göre salon yan ve arka duvarlarına ve tavanına, sahne yan ve arka duvarlarına ve tavanına yerleştirilebilir. Bu sistemdeki ekipmanlar yüzeylere gelen sesin yansıma oranına arttırarak toplam yutuculuğu azaltabilmektedir. Böylece çınlama süresi ihtiyaca göre arttırılabilmektedir. Ek olarak yansıtılan sesin tüm dinleyicilere anlaşılır bir şekilde iletimi ve akustik kusurlardan arınılılığın sağlanabilmesi için yankılanmayı uyaran sistemlerin tasarımında salonun toplam kapasitesi göz önüne alınmalıdır. Geliştirilen birçok sistem salon kapasitesine göre paketler halinde üretilmektedir. Tasarımcı, akustik uzmanlarla iş birliği içerisinde salonun toplam kapasitesine göre bu ekipmanları paket

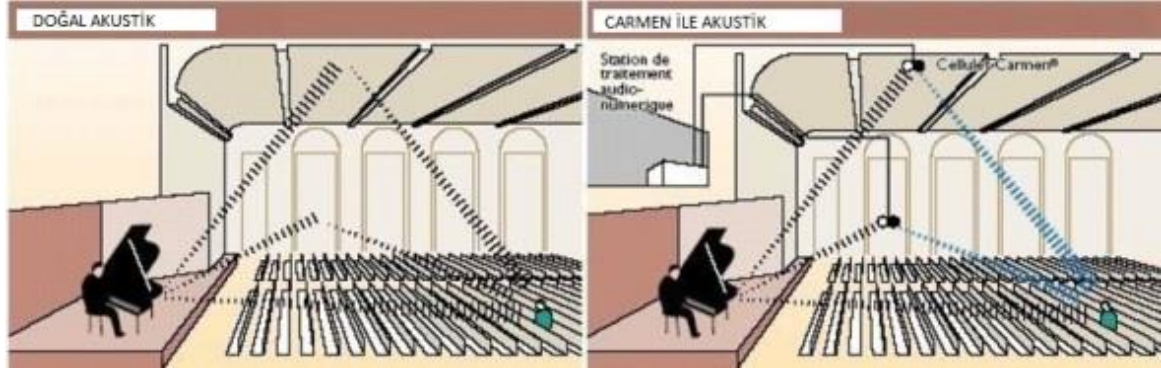
halinde alabilmektedir. Uygulamada ve sistem seçiminde teknik uzmanlarla iş birliği yapılması akustik başarı açısından oldukça belirleyicidir.

CARMEN, Fransa'nın CSTB'nin (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) akustik mühendisleri tarafından geliştirilen "sanal duvar" ilkesine dayanarak hacmin, değişen akustik koşullarına anında uyarlanabilen saf bir elektro-akustik sistemdir (Görsel 72). CARMEN, her biri bir mikrofon, bir elektronik filtre ünitesi, bir güç amplifikatörü ve bir hoparlörden oluşan, bir dizi elektro akustik aktif hücreden (yaklaşık 16 ile 40 arası) oluşur. Salonun duvarlarının ve tavanının etrafına yerleştirilen hücreler sanal duvarlar oluşturur. Tüm hücreler bir bilgisayar veya bir uzaktan kumanda paneli tarafından kontrol edilir(<https://bit.ly/2ZSRER8>).

Yankılanma artışı, hacmin içerisindeki gerçek duvarlarda olduğu gibi, sanal duvarların farklı bölümleri arasındaki karşılıklı yansımalarından oluşur. Aktif hücreler aldıklarından daha fazla enerjiyi yansıtarak, bir odadaki etkin akustik emilim miktarını azaltmaktadırlar. Böylece yankılanma süresini arttırmaktadırlar (<https://bit.ly/2ZSRER8>).



Görsel 72. CARMEN Blok Şeması (<https://bit.ly/2ZSRER8>)



Görsel 73. Doğal akustik ve CARMEN sisteminin kullanıldığı akustik alan (<https://bit.ly/2ZSRER8>)

Elektronik Olarak Ek Yankılanma Yaratanlar

Bu sistemlerin temel amacı, salonda gerçekleştirilen işlevlerin çınlama süresi değerlerini elde etmek için, geliştirilen işlemci tarafından ek yankılanma üretilmektedir. Hacmin yankılanmasını uyaran sistemlerde hacim yüzeylerinden yansıyan sesin oranı arttırılırken, elektronik olarak ek yankılanma oluşturan sistemlerde geliştirilen işlemci tarafından yankılanma oluşturulmaktadır. İki sistemde yankılanma süresini sadece arttırabilmek için kullanılmakta ve yankılanma süresini azaltamamaktadır.

Yankılanma, odalardaki anahtar akustik unsurlardan biri olmakla birlikte, erken yansımalar da önemlidir. Bazı geliştirme sistemleri mevcut salondakileri geliştirebilecek erken yansımalar da üretir. Daha genel anlamda, salonlardaki bir diğer endişe de ses seviyesidir; geliştirme sistemleri her zaman ses seviyesini arttıracaktır. Büyük salonlarda, gözle görülür bir seviye artışı genellikle arzu edilirken, küçük salonlarda elektronik olarak geliştirilmiş müzik çok yüksek olabilir(Barron,2010, s.395).

SIAP sistemi, hem konuşmanın anlaşılabilirliğinin iyileştirilmesi hem de bir salonun akustiğini farklı işlevlere uygun hale getirerek, değişken akustik ortamı oluşturabilir. SIAP sisteminde bir Salonun yankılanma süresini artırmak için işlemci tarafından oluşturulan yankılanma, gerçek bir konser salonu veya opera tiyatrosundaki gibi ses yansımalarından oluşur. Bu nedenle, SIAP yankısı tamamen doğaldır (<https://bit.ly/2WJ3lm0>)

Diğer bir örnek ise, Meyer Sound firmasının "Constellation" sistemidir. Sistem Yankılanma zamanını, erken yansımaları ve bir mekânın ses netliği, sıcaklığı ve rezonansı için hayati önem taşıyan diğer önemli bileşenleri kontrol etmek için dijital bir yaklaşımdır. (<https://bit.ly/2E6BqLz>). Sistem yankılanma süresini sadece arttırabilmektedir. Tez

kapsamında, Meyer Sound firmasının sunduğu verilere göre, “Constellation” sisteminin, Berkley’deki California Üniversitesi kampüsünde performans sanatları salonu “Şanghay Sanat Merkezi,” (Görsel 74) projesindeki uygulaması örnek olarak incelenmiştir.

2019'un sonlarında halka açılan sanat merkezinde kullanılan Constellation, iki seviyede 1.200 kişilik ana tiyatrodaki kurulumdur. Yaklaşık 1.2 saniyelik yankılanma süresine sahip dengeli fiziksel oda akustiği, yaklaşık yedi saniyeye kadar olan sürelerle geliştirilebilir. Ek olarak, yankılanma zarfının ince özellikleri sıcaklık, güç ve parlaklık ayarlanarak Değişken. Devreye alma ve ayarlama sırasında, farklı performans gereksinimleri için 11 ön ayar oluşturulmuş ve gelecekteki ihtiyaçlara açık ek ön ayarlar yapılmıştır. Constellation sistemi, açılışından bu yana senfoni orkestrası, drama ve müzikal tiyatro dâhil olmak üzere çeşitli performans türleri için kullanılmaktadır. (<https://bit.ly/30GDEsC>)



Görsel 74. Şanghay Sanat Merkezi,1.200 kişilik ana tiyatro (<https://bit.ly/30GDEsC>)

2.3. Bölüm Sonucu

Değişken akustik tasarım günümüz akustik mekânlarının kaçınılmaz ihtiyacıdır. Değişken akustik mekân tasarımının yapılabilmesi için öncelikle akustik mekânlarda oluşabilecek akustik kusurların bilinip, temelde mekânın akustik kusurlardan arınmışlığının hem hacim akustiği hem de yapı akustiği açısından sağlanmış olması gerekmektedir.

Değişken akustik için nesnel akustik tasarım parametre çınlama süresidir. Değişken bir akustik ortam için çınlama süresi değişikliği hacim ve yutucu yüzey değişikliği yapılarak sağlanabilir. Çınlama süresi değişikliği sesin hareketine göre geliştirilen fiziksel iç mekân ayarlamalarıyla veya teknik destek sağlanarak geliştirilen değişken elektronik ayarlamalarla sağlanabilir. Fiziksel ayarlamalar mekânların değişken yapı elamanlarıyla yardımıyla yapılabilmektedir. Değişken tavan, duvar, dinleyici sayısı uygulamaları mekânda hacim değişikliği sağlayarak; değişebilen yüzey uygulamaları ise toplam yutuculukta değişkenlik sağlayarak değişken akustik ortam oluşturmaktadır. Elektro akustik sistemler ise elektronik yankı oluşturarak veya mevcut yankı oluşumunu uyararak çınlama süresi değişikliği sağlayıp değişken akustik ortam oluşturmaktadır.

Her iki yöntemin de mekâna kattığı avantajlar bulunmaktadır. Değişken akustik mekân tasarlamak isteyen tasarımcıların, bu iki sistemi de bilip mekân için uygun olan yöntemi seçmesi veya bu iki yöntemi de seçerek bunların uygun kombinasyonunu yapması gerekir. Bu noktada mimarların akustik uzmanlarla iş birliği içerisinde olması, teknik destek alması doğru tasarıma giden yolda önemlidir.

BÖLÜM 3: DEĞİŞEBİLİR AKUSTİK TASARIM ÖRNEKLERİ

Tezin bu bölümünde, tez çalışması kapsamında kuramsal olarak incelenmiş ve açıklanmış bilgiler ışığında örnek hacimler üzerinden değerlendirme yapılması hedeflenmiştir. Değişken akustik tasarım birbirine zıt akustik tasarım parametre değerlerine sahip olan genellikle müzik ve konuşma işlevlerinin kullanıldığı salonlarda uygulanmaktadır. Müzik işlevli salonların tasarımı konuşma işlevli salonların tasarımına göre daha karmaşık olduğu için, değişken salonlar eğer bu iki işlev kombine edilecekse ana işlev olarak müzikli kullanımı belirlemekte ve iç mekân planlamasını yapılmaktadır. Bu nedenle incelenecek mekânlar belirlenirken üç hacminde aynı ana işlev için tasarlanmış olmasına dikkat edilmiş ve ana işlevi senfonik müzik amaçlı konser kullanımı olan ve diğer işlevleri ana işleve göre değişken çınlama süresi değeri gerektiren üç örnek belirlenmiştir. Ayrıca mekânlar seçilirken hacimlerin birbirinden farklı ve ortak işlevleri barındırmasına, bu işlevler için “değişken” özellikte olup, benzer ve farklı değişken tasarım yaklaşımlarını uygulamış olmalarına ve 2005 yılından sonra uygulanmış olmasına dikkat edilmiştir. Böylece işlevlerin ve uygulanan değişken akustik tasarım yaklaşımlarının karşılaştırılması yapılarak benzerlik ve farklılık gösteren noktaların ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu bağlamda farklı işlevler için benzer tasarım yaklaşımlarını uygulamış biri yerel diğeri ulusal örnek olan “ AASSM Büyük Salonu” , “Bela Bartok Ulusal Konser Salonu” ve diğerleriyle ortak işlevleri barındırır da farklı tasarım yaklaşımı uygulamış “Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu” tasarım örneği olarak belirlenmiştir(Tablo 8).

		AASSM Büyük Salonu	Bela Bartok Ulusal Konser Salonu	Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu
Yapım yılı		2009	2005	2006
Ana işlev		Senfonik konser	Senfonik konser	Senfonik konser
Uygulanan değişken Tasarım yaklaşımları	Benzer	Değişken sahne tasarımı, dinleyici sayısı	Değişken sahne tasarımı, dinleyici sayısı	-
		Yüzeylerde değişken akustik yutuculuk	Yüzeylerde değişken akustik yutuculuk	-
	Farklı	-	Değişken iç mekân hacmi	-
		-	-	Hacmin yankılanmasını uyaran elektro akustik sistem

Tablo 8. Seçilen salonların yapılı yılı, uygulanan değişken benzer ve farklı tasarım yaklaşımları

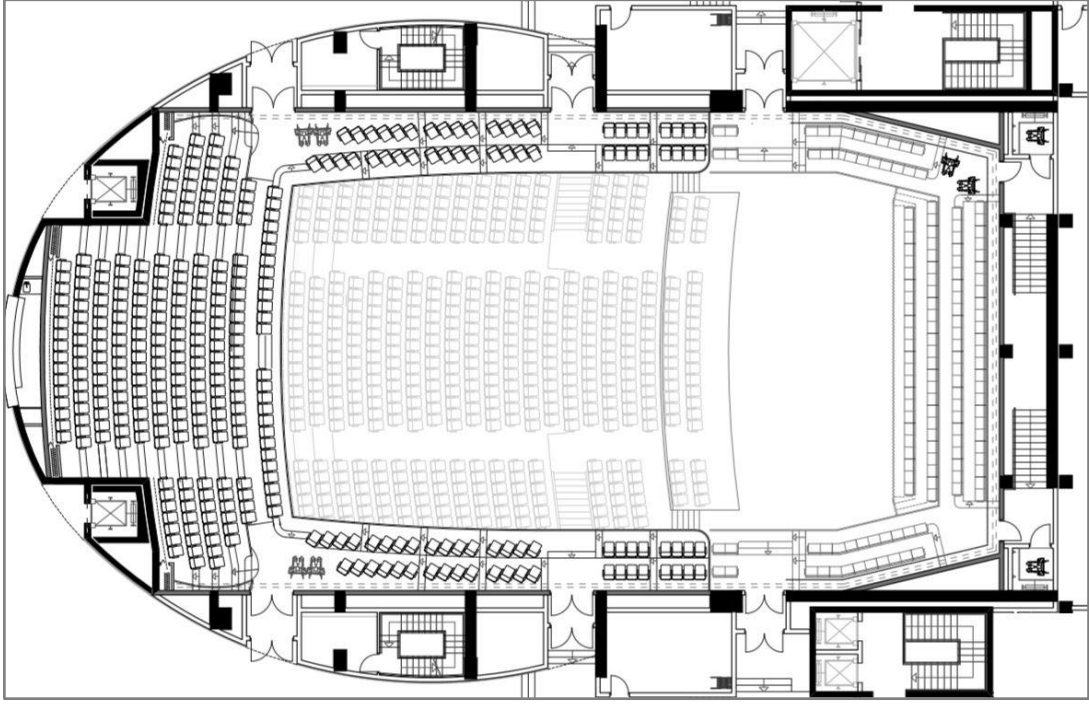
Farklı işlevlere ev sahipliği yapan değişken akustik mekânlarda iç mekân tasarımı; öncelikle ana işleve göre, daha sonra ikincil veya varsa üçüncül ve diğer işlevler için belirli değişken akustik tasarım yaklaşımları planlanarak geliştirilir. Geliştirilen bu çözümlerin istenilen akustik değişikliği sağlayıp sağlamadığı, değişken akustik tasarımın nesnel parametresi olan çınlama süresi değeri üzerinden kontrol edilir. Bu amaçla; İncelenen mekânlarda öncelikle mekânların belirlenen ana işlevine göre iç mekân planlaması incelenecek, sonrasında diğer işlevler için uygulanmış değişken akustik tasarım yaklaşımları ve değişen işlevlerin uygun çınlama süresi değerleri belirlenerek üç mekânın karşılaştırılarak incelenecektir.

3.1. AHMED ADNAN SAYGUN SANAT MERKEZİ BÜYÜK SALONU

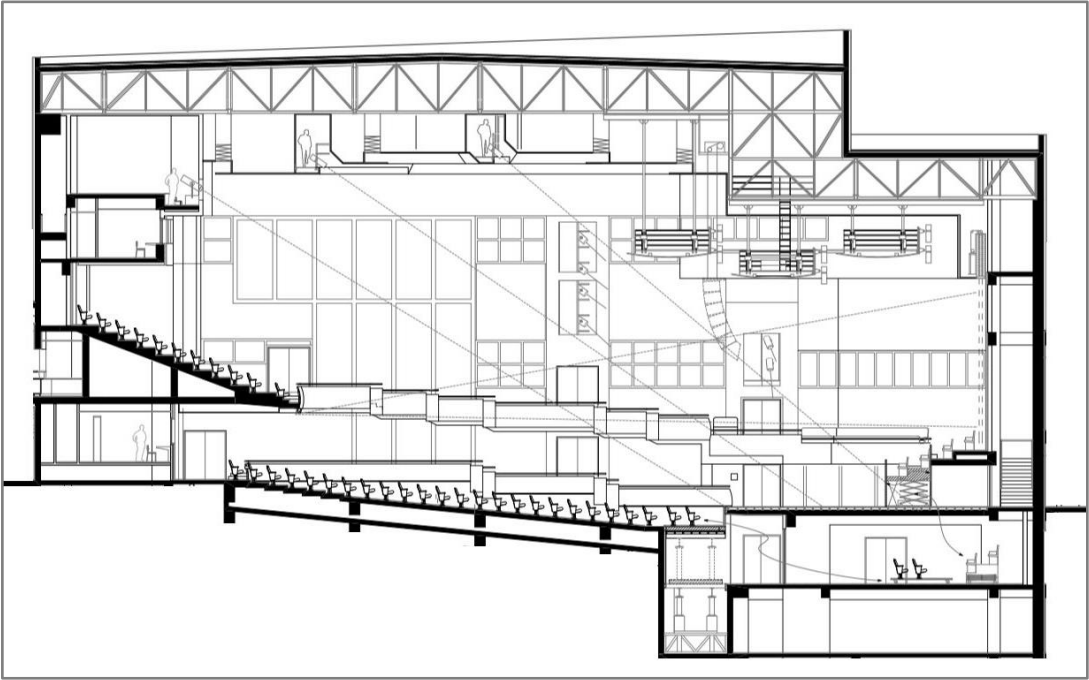
Adını büyük Türk müzik bestecisi Ahmed Adnan Saygun'dan alan sanat merkezinin tasarım aşaması, İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin 2000 yılının ocak ayında proje yarışması ile başlamış ve haziran ayında sonuçlanan yarışmada Tozkoparan Mimarlık Ltd. (Mim. Tevfik Tozkoparan) birinciliğe layık görülmüştür. Projelendirmesi 2001 yılında biten ve 2004 yılında inşasına başlanan proje 2009 yılında hizmete açılmıştır. Yapının akustik projesini Arup Acoustics (İngiltere) üstlenmiştir.

3.1.1. İç Mekân Tasarımında Planlama

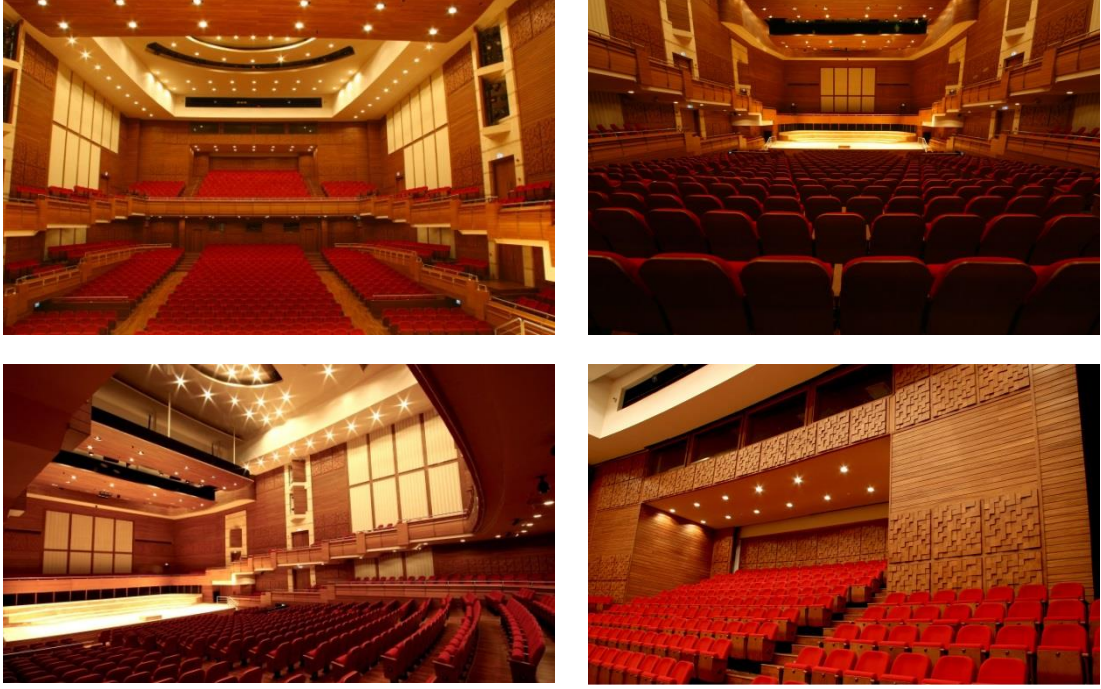
Büyük salon 1126 kişiliktir. Salonun ana işlevi senfonik müzik amaçlı konser salonudur. Ana salonun formu ve boyutlandırılması ayakkabı kutusu (shoebox) şeklinde tasarlanmıştır. Salon balkonlu bir oditoryuma sahiptir Büyük Salonun dinleyici alanında eğimlendirilmiş zemin ve şaşırtmalı oturma düzeni tercih edilmiş böylece iyi bir görüş açısı elde edilmiştir. Salonun mevcut mimari tasarımının plan ve kesiti Görsel 75 ve Görsel 76'de, iç mekân görselleri ise Görsel 77'da sunulmuştur.



Görsel 75. AASSM Büyük Salonunun +13.30 kot planı (Çizim: Tozkoparan Mimarlık)



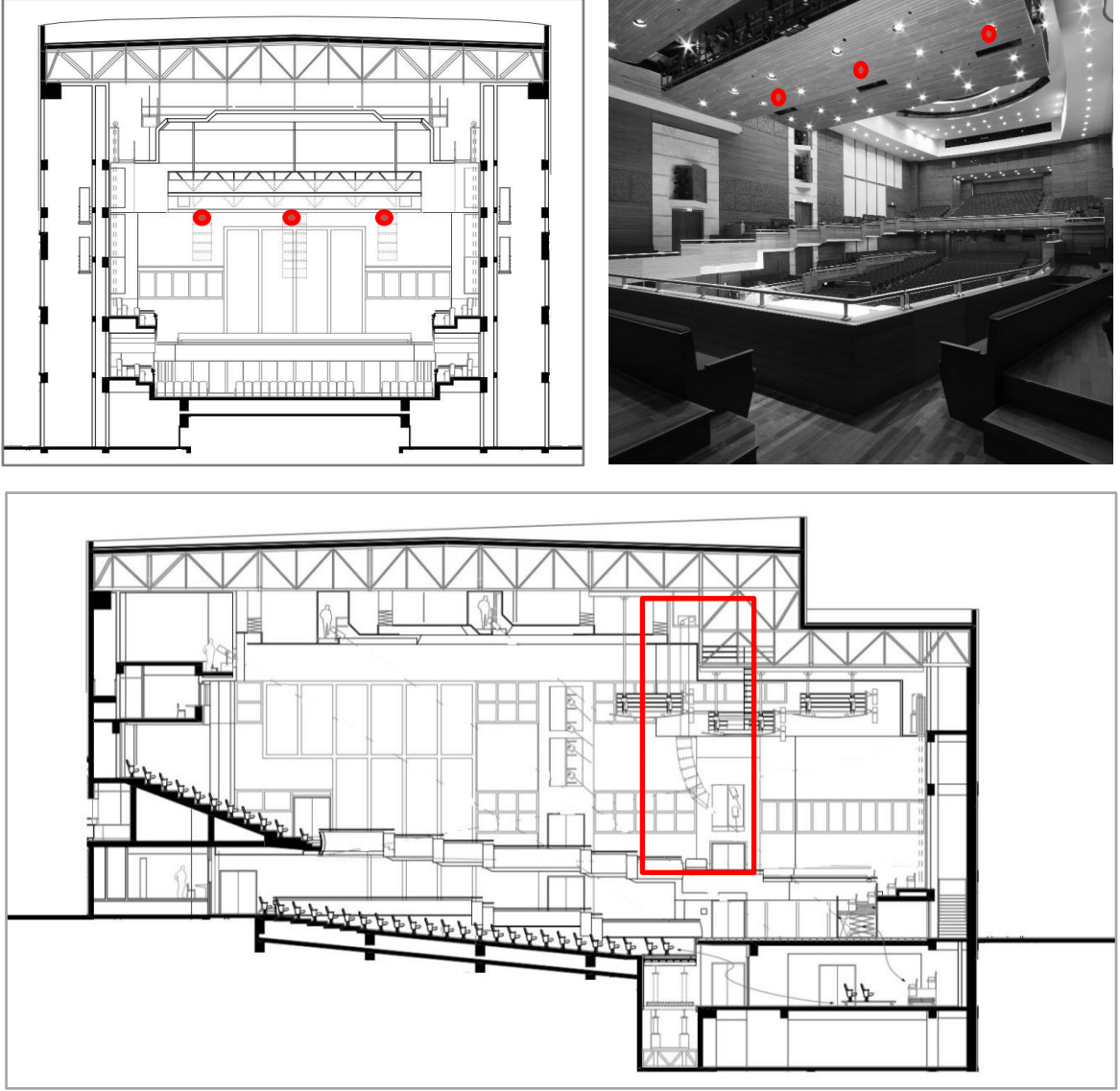
Görsel 76. AASSM Büyük Büyük Salonunun kesiti (Çizim: Tozkoparan Mimarlık)



Görsel 77. AASSM Büyük Salon iç mekân fotoğrafları (fotoğraf: Mehmet Yasa)

AASSM Büyük Salonu'nun erken tasarım evrelerinde binanın ses yalıtımı düşünülmüş; Zemin, havalandırma boşluğu hariç olmak üzere çift betonarme plaklarla, duvarlar ise arada geniş bir hava boşluğu olan çok ağır malzemeli çift duvar ile yapılmıştır. Ayrıca Zemin altında havalandırma boşluğu yapılmış böylece difüzörlerden havanın çok düşük hızla süzülmesi sağlanarak gürültü oluşturmadan havalandırma/iklimlendirme sağlamıştır.

AASSM Büyük Salonu'nun da salondaki performansın gereksinimine göre sesi desteklemek amacıyla ses güçlendirme sistemleri kullanılmış ve bu sistemde merkezi ve dağıtılmış hoparlör grubu birlikte kullanılmıştır. Sahne üzerindeki üç parçadan oluşan reflektör hem sesin yansıtılmasını sağlamakta hem de üç tane hareketli ana merkezi hoparlör kümesini içerisinde gizlemektedir (Görsel 78). Yardımcı hoparlörler balkon altlarında bulunmakta ve sahne kotunda sahne arkası balkonları kotu arasında, balkonların iki taraftaki en uçları hizasındaki gizli konumlarında düşük frekanslı sesleri üreten(SubBass) hoparlörler bulunmaktadır.



Görsel 78. AASSM Büyük Salonunun enine ve boyuna kesiti hoparlör kümesi ve iç mekân görüntüsü
(fotoğraf: Mehmet Yasa) (Çizim: Tozkoparan Mimarlık)

Müzik kullanımına hizmet etmek için tasarlanmış mekânlarda kaynak ve son dinleyici arasındaki mesafe konuşma işlevine göre daha uzun olmakta ve bu mekânlar konuşma işlevlerinde de kullanıldığında sesin en son dinleyiciye ulaştırılmasında sorun oluşmaktadır. Büyük Salonda tercih edilen ses güçlendirme sistemleri konuşma işlevlerinde sesi güçlendirerek sesin en uzaktaki dinleyiciye kadar iletilmesini sağlamaktadır. Ayrıca salon uluslararası etkinliklerde kullanılacak 4 adet tam donanımlı simultane tercüme odasına ve her türlü konser kaydının alınabileceği teknik altyapıya sahiptir.

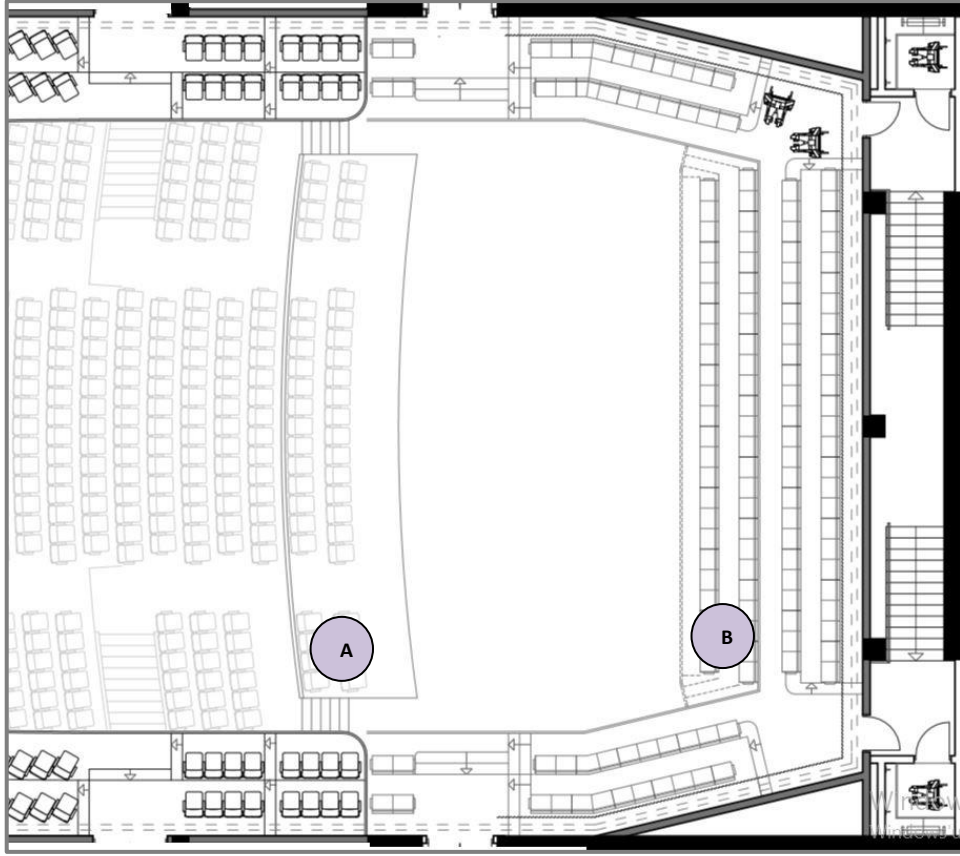
3.1.2. Değişken tasarım yaklaşımları

Mekânın ana işlevi senfoni müzik amaçlı konser salonu kullanımı, ikincil işlevi oyunsuz konser şeklinde opera ve üçüncül işlevi ise konferans salonu kullanımınıdır. Bu üç işlevin uygun çınlama süreleri ve sahne kullanım gereksinimleri birbiriyle farklıdır. AASSM Büyük Salonu'nda değişen gereksinimler için değişken sahne ve dinleyici/dinleyici düzeni oluşturulmuştur. Ayrıca çınlama süresi değişkenliği sağlamak amacıyla da salon duvarlarında yüzeylerde değişken özellikte malzemeler kullanılmıştır.

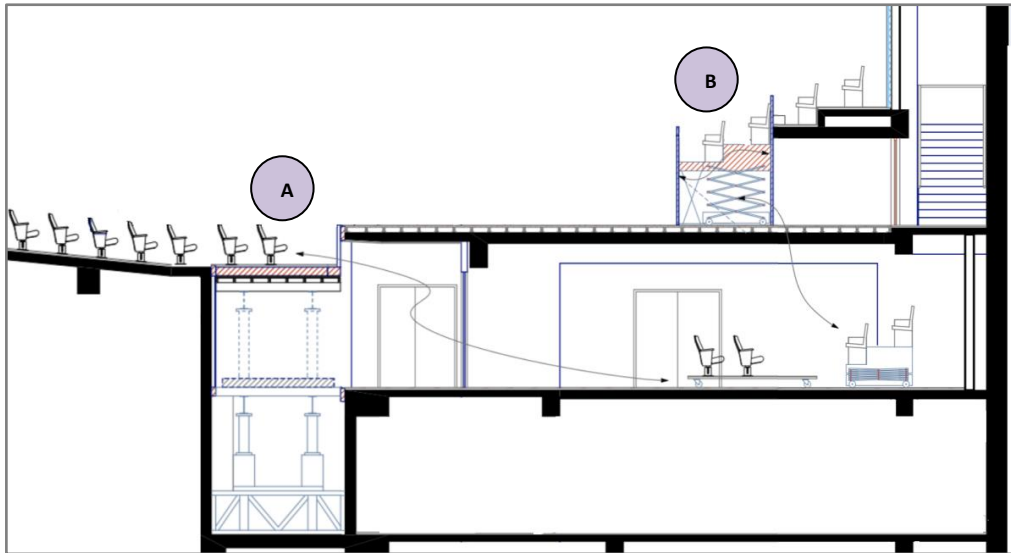
Değişken sahne tasarımı ve dinleyici sayısı

AASSM Büyük Salonu'nun sahne tasarımında değişen sahne ihtiyaçları için sahne asansörü kullanılmıştır (Görsel 79-A). Sahne asansörünün 3 kademedeki fonksiyonu vardır; En üstte durduğunda (sahne kotu) sahneyi büyütme, orta kotta (salon kotu) iki ek oturma sırası (toplamda 43 adet koltuk) ile dinleyici sayısını artırmakta ve en alt kotta sahnede bir performans olduğunda orkestranın çalışabileceği orkestra çukuru işlevini görmektedir. Sahne asansörü ihtiyaca göre biri 43 kişilik diğeri 49 kişilik olan koltuk arabalarının sahne altına depolanması içinde kullanılabilir. Dolayısıyla değişen sahne ihtiyaçlarına çözüm oluşturmak amacıyla kullanılan sahne asansöründen, salona toplamda 92 adet koltuk eklemek içinde faydalanılabilir.

Salonun toplam hacminde bir değişiklik yapmadan dinleyici ve koltuk sayısını arttırmak ya da azaltmak, mekânın hem kişi başına düşen hacmine hem de toplam yutuculuğuna etki etmektedir.



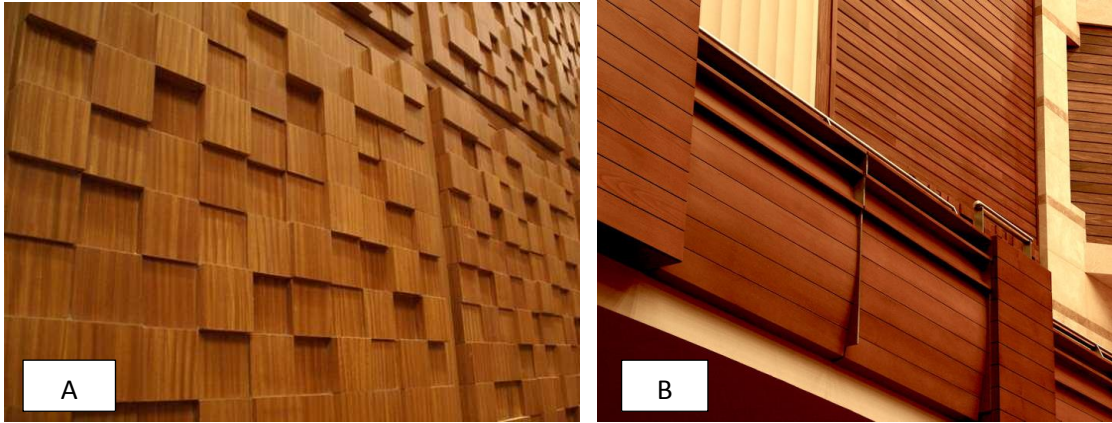
Görsel 79. AASSM Büyük Salonu değişken sahne tasarımı planı A: sahne asansörü ve koltuk arabası, B: koltuk arabası(Çizim: Tozkoparan Mimarlık)



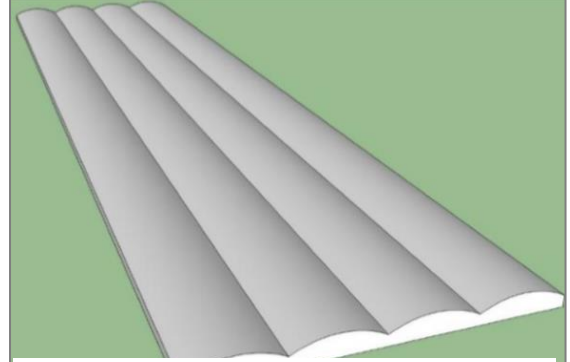
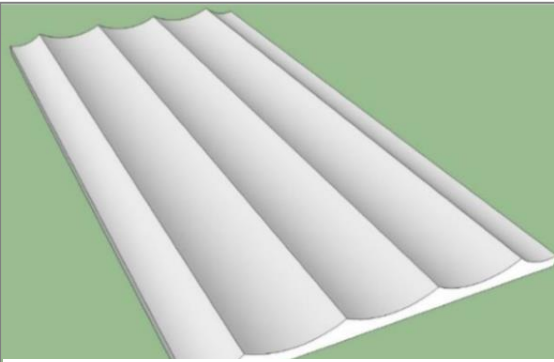
Görsel 80. AASSM Büyük Salonu değişken sahne tasarımı kesiti. A: sahne asansörü ve koltuk arabası, B: koltuk arabası (Çizim: Tozkoparan Mimarlık)

Yüzeylerde Değişken Akustik Yutuculuk

AASSM Büyük salonunun ana işlevi olan senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımı uzun çınlama süresi gerektirmektedir. Uzun çınlama süresi notalar arasındaki boşlukları doldurarak tonun doluluğunu sağlar ve müzik sesinin canlılığını artırır. Büyük salonda Bunun sağlanması için minimum akustik yutuculuk gerekmektedir. Bu nedenle yutuculuk özelliği minimum olan yüzey malzemeleri seçilmiş ve bu malzemeler duvarlara ve döşeme yüzeylerine arada hiç boşluk bırakılmadan doğrudan montajlanmıştır. Konser kullanımlarında yüzeylerde saçıcı ve yansıtıcı malzemelerin kullanımı ve malzemelerin yüzeylere doğru yerleştirilmesi akustik başarı açısından önemlidir. Büyük Salon'un akustik tasarımında bu hususlar dikkate alınarak yüzeylerde tasarım oluşturulmuştur. Senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımındaki yüzey malzemeleri; AASSM Büyük Salonu için tasarlanmış ve imal edilmiş saçıcı ahşap elemanlar (Görsel 81-A), yansıtıcı özellikte içbükey (sesi odaklayarak dinleyiciye ileten) ve dışbükey (sesin saçılmasını sağlayan) cam lifi takviyeli döküm alçı (Görsel 82)., Kapı hizalarında kullanılan dolgulu ve cilalı traverten plakalar (doğal taş) ve yüzeylerde çoğunlukla kullanılan ahşap kaplamalardır. Ayrıca balkon yüzeylerinde kullanılan ahşap kaplamalarla da saçıcı yüzeyler oluşturulmuştur (Görsel 80-B).



Görsel 81. A) AASSM Büyük Salonu saçıcı ahşap elemanlar (<https://bit.ly/3fSsLum>), B) saçıcı balkon yüzeyleri (fotoğraf: Mehmet Yasa)



A) Yan duvarlarda içbükey yüzeyler

B) Sahne arkası duvarında dışbükey yüzeyler

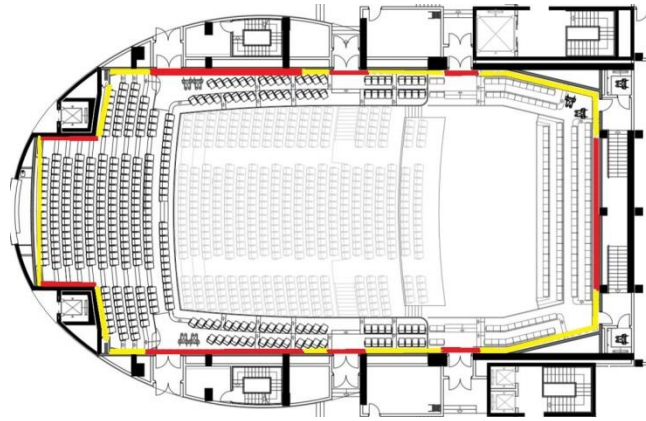
Görsel 82. Yüzeylerde cam lifi takviyeli döküm alçı kullanımı (fotoğraf: Mehmet Yasa); Modelleme (Öztañ, 2016,s.26).

Koltuklar ve dinleyiciler hacim içerisindeki önemli yutucular olduğundan koltukların yutma özelliğinin olabildiğince az olması gerekmektedir. Dinleyici koltuğu olarak oturak ve arkalık kısmı düşük yoğunlukta yanma sınıfına uygun kumaş döşemeli, ahşap kolçaklı, sırt arkası ve oturak yeri alt kısmı ahşap kaplamalı katlanabilir oturak tercih edilmiştir(Görsel 83).



Görsel 83. AASSM Büyük Salon koltukları (fotoğraf: Mehmet Yasa)

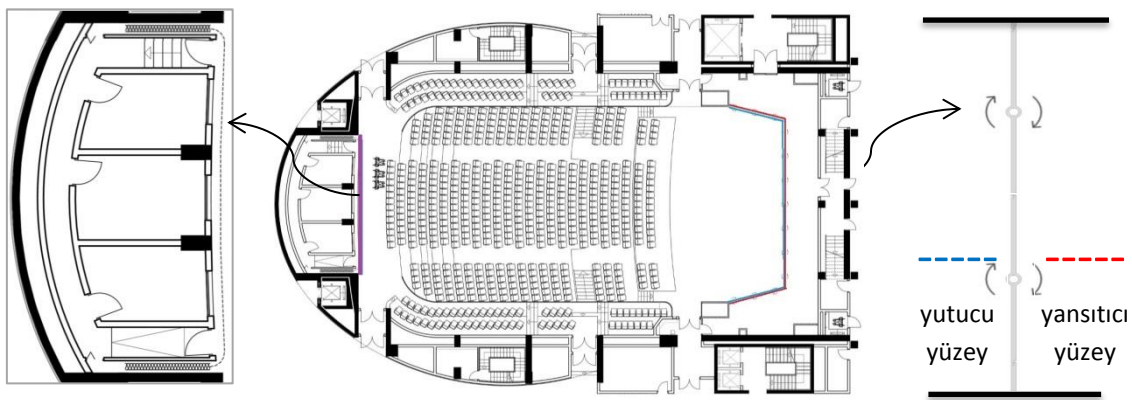
Görsel 84 'te senfonik müzik kullanımı için yüzey malzemelerinin yerleşimi görülmektedir. Yansıtıcı yüzeylerin sahne arka duvarında ve salon yan duvarlarında, saçıcı yüzeylerin ise salon arka ve yan yüzeylerinde kullanıldığı görülmektedir. Yansıtıcı yüzeylerin yanlış kullanımı mekânda akustik kusurlardan vurgusal yankı, gecikmiş yansıma oluşturmaktadır. AASSM Büyük Salonu'n da yansıtıcı cam lifi takviyeli alçıdan içbükey ve dışbükey yüzeyler oluşturulmuş, sahne arka duvarında kullanılan dışbükey yansıtıcılar sesin saçılarak yansımalarını sağlayarak gecikmiş yansıma oluşumunu engellerken, salon yan duvarlarında kullanılan içbükey yansıtıcılar sesi odaklayarak dinleyiciye yönlendirerek vurgusal yankı oluşumunu engellemektedir. Şekil xx 'de kesitte yüzey malzemelerinin yerleşiminde düzensizlikler oluşturulduğu ve böylece salonun saçıcılık özelliğinin artırıldığı görülmektedir. Tüm bu tasarım kararları AASSM Büyük Salonunda senfoni müzik için uygun akustik ortamın oluşmasını sağlamıştır.



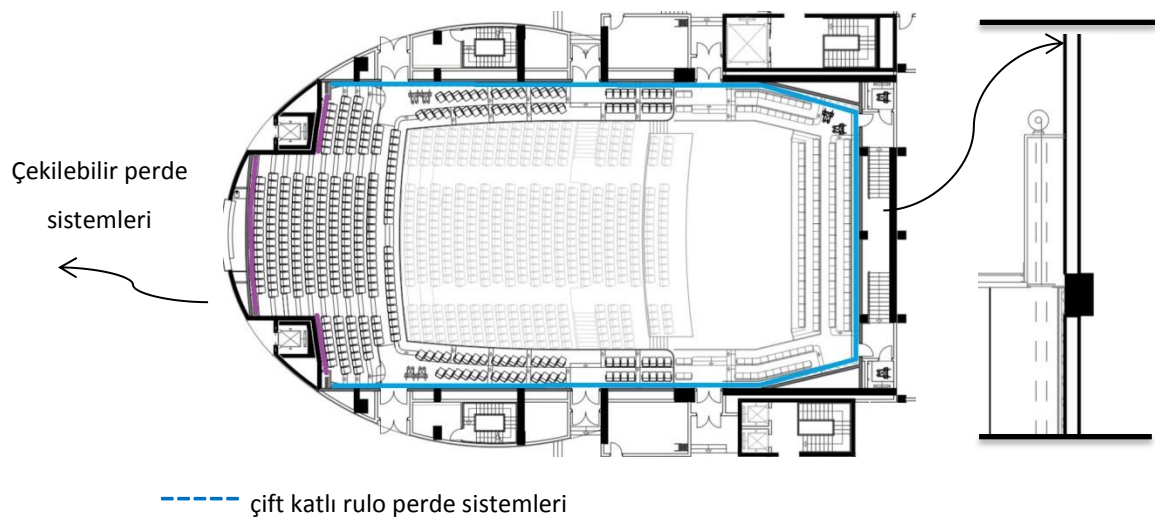
--- Ses yansıtıcı yüzeyler --- Ses Saçıcı yüzeyler

Görsel 84. AASSM Büyük Salon Senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımı için yüzey malzemeleri yerleşimi, Büyük Salonun +13.30 kotu planı ve enine kesiti (Çizim: Tozkoparan Mimarlık)

Senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımının aksine konuşma işlevli konferans salonu kullanımı için kısa çınlama süresi dolayısıyla yüksek akustik yutuculuk gerekmektedir. AASSM Büyük Salonunda bunun sağlanması için, asma tavan içine toplanabilir, stor tipi ve bazı yerlerde de duvar içlerinde toplanan raylı olarak açılabilir ses yutucu özellikte iki katlı perdelerle oluşturulmuş sistemler vardır. Sahne arkasında koro sıraları ile sahne kotu arasında bir yüzeyi yansıtıcı diğer yüzeyi yutucu özellikte manuel olarak döndürülebilir paneller kullanılmıştır. 2 metre boyunda iç yüzeyleri farklı olmakla birlikte her iki yüzeyi de akustik kumaş kaplı panellerden 13 adet kullanılmıştır. Bu paneller aynı zamanda sanatçıların sahne arkasına geçişi için de kullanılabilir (Görsel 85, 86).



Görsel 85. AASSM Büyük Salon +9.30 kotu planı, sahne arkası dönelim panel planı ve arka duvar çekilebilir perde sistemi (Çizim: Tozkoparan Mimarlık)



Görsel 86. AASSM Büyük Salon +13.30 kotu planı, çekilebilir ve çift katlı rulo perde sistemleri (Çizim: Tozkoparan Mimarlık)

Görsel 87’da konferans salonu kullanımı için yüzey malzeme yerleşimi kesitte, Görsel 88’ de ise görsellerde gösterilmekte ve yüzeylerin büyük kısmının yutucu malzemelerle kapatıldığı görülmektedir. Senfonik müzik kullanımında sahne arkası balkon altı duvarındaki döndürülebilir panellerin yansıtıcı yüzeyinin kullanıldığı, konferans salonu kullanımında ise yutucu yüzeyinin kullanıldığı görülmektedir. Malzemelerin yutuculuk özellikleri frekansa göre değişmektedir. Perde sistemleri orta ve düşük frekanslarda etkili yutuculuğa sahip malzemelerdir. Mekânda yutuculuğun artırılması konuşmanın tane tane anlaşılmasını kolaylaştırıp anlaşılabilirliği arttırmıştır.



--- Ses yansıtıcı yüzeyler --- Ses Saçıcı yüzeyler --- Ses Yutucu yüzeyler

Görsel 87. AASSM Büyük Salon konferans salonu kullanımı için yüzey malzeme yerleşimi kesit(Çizim: Tozkoparan Mimarlık)



Görsel 88. AASSM Büyük Salon perde ve afiş sistemlerinin yüzey yerleşimi (<https://bit.ly/3fSsLum>)

3.1.3. Değerlendirme

AASSM Büyük Salonun birincil işlevi senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımı, ikincil işlevi oyunsuz konser şeklinde opera ve üçüncül işlevi ise konferans salonu kullanımındır. Seçilen üç işlev için çınlama süresi aralığı Tablo 9’de verilmiştir.

Hacim fonksiyonu	Çınlama süresi (sn) (500-Hz-1000Hz frekanslarında)
Senfonik müzik	1,7-2,4
Oyunsuz konser şeklinde opera	1,2-2.0
Konferans	0,8-1,0

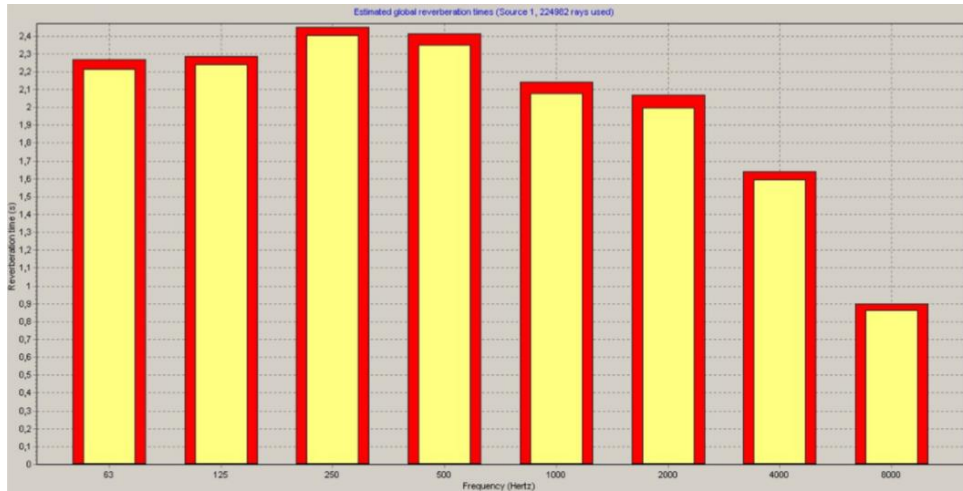
Tablo 9. Senfoni müzik, opera ve konferans için önerilen çınlama süresi değerleri

Seçilen üç işlevin çınlama süresi değerlerine baktığımızda, opera ve senfonik müzik işlevlerinin birbirlerine yakın ve uzun çınlama süresi değerleri gerektirdiği ancak konferans işlevinin kısa süreli çınlama süresi değeri gerektirdiği görülmektedir. Arup Acoustics bu duruma çözüm olarak mekânın toplam hacminin sabit tutup, toplam yutuculuğunun değiştirilmesini, bunun içinde duvarlarda değişken özellikte yutucu malzeme kullanımını öngörmüştür.

AASSM’nin Büyük salonunun akustik özellikleri, ODEON v8.5 yazılımında, mimari projenin AutoCAD.DXF dosyalarının basitleştirilmesiyle 896 yüzeyden oluşan büyük salonun akustik benzetim amaçlı bilgisayar modelinde incelenmiştir. 3 boyutlu yüzey modellemede hiçbir değişiklik yapılmadan benzetim çalışmasında on iki farklı malzeme kullanılmıştır. Çalışmada dinleyici alanı düz bir yüzey olarak ele alınmış ve akustik benzetim sonuçları salonun dinleyicilerle dolu olduğu ve orkestra çukurunun kapalı olduğu koşullara göre değerlendirilmiştir. (Çalışkan,2016,s.3)

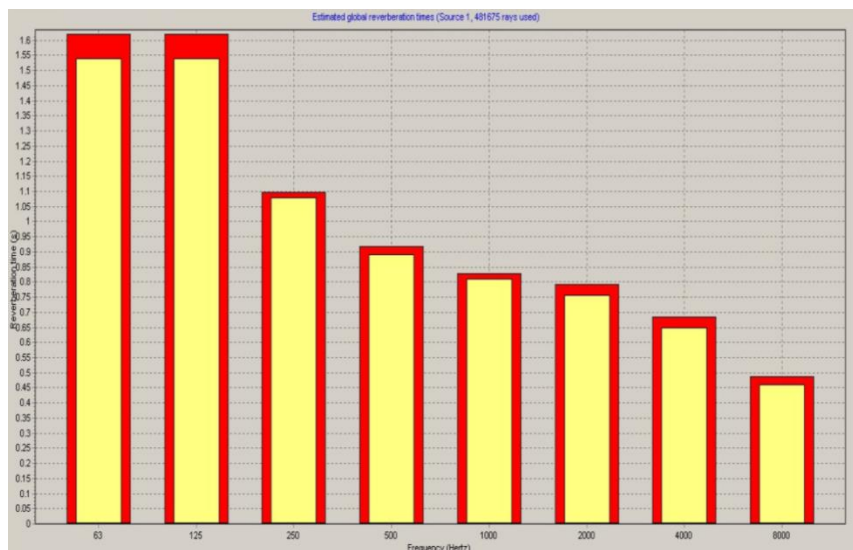
Tablo 8’e bakarsak senfonik müzik için çınlama süresi değeri 1,7 s ve 2,4 s aralığında olması gerekmektedir. Senfonik müzik için oluşturulmuş yüzey malzemelerinin yutuculuk değerleriyle hesaplama yapılmıştır. Orkestra çukuru kapalı ve salonda bütün oturma alanlarında dinleyici varken orta frekanslarda (500 Hz 1000Hz ortalaması) ortalama çınlama süresi 1,99 saniye olarak hesaplanmıştır(Görsel 89). (Çalışkan, 2011,s.3). Çınlama

süresi $1,7 < 1,99 < 2,4$ saniye olduğundan senfoni müzik için ve $1,2 < 1,99 < 2,0$ saniye olduğundan oyunsuz gerçekleştirilen opera konserleri için uygundur.



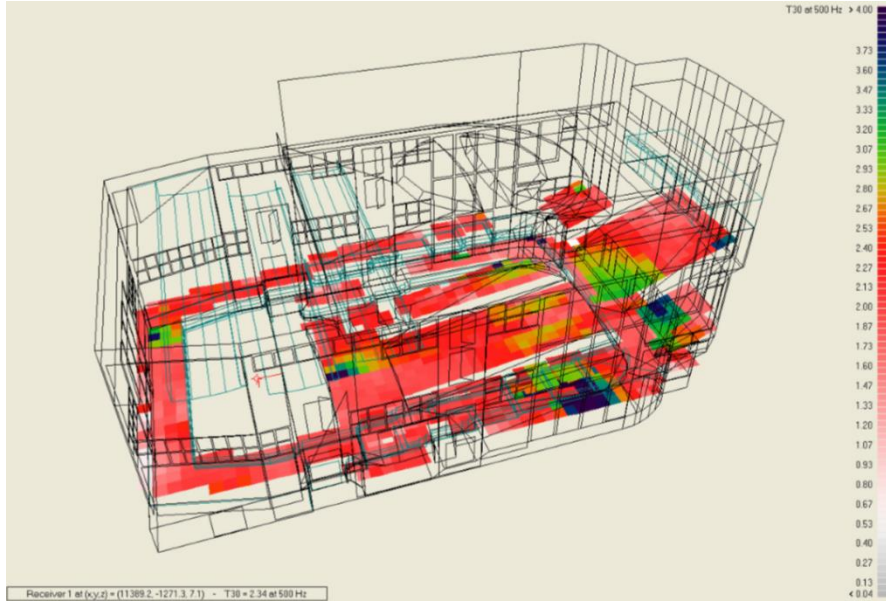
Görsel 89. AASSM Büyük Salonu senfoni müzik için frekansa göre çınlama süresi (Çalışkan, 2011,s.3).

Kısa çınlama süresi değeri sağlamak için kullanılan yutucu çekilebilir, çift katlı rulo perde sistemleri ve dönebiler panel sistemleri mekânın toplam yutuculuğunu arttırmış özellikle orta ve yüksek frekanslar da çınlama süresinin hissedilir bir şekilde kısalmıştır (Görsel 90). Orkestra çukuru kapalı ve salonda bütün oturma alanlarında dinleyici varken orta frekanslarda (500 Hz 1000Hz ortalaması) ortalama çınlama süresi 0,86 saniye olarak hesaplanmıştır (Çalışkan, 2011,s.3). $0,8 < 0,86 < 1,0$ saniye olduğundan çınlama süresi konferans salonu kullanımı için uygundur.



Görsel 90. AASSM Büyük Salonu konferans için frekansa göre çınlama süresi (Çalışkan, 2011,s.3).

Akustik parametrelerin salon içindeki dağılımı, sesin mekânda homojen dağılımının kontrol edilmesini sağlamaktadır. Görsel 91’ da Senfoni müzikli konser kullanımı için çınlama süresinin 500 Hz frekansta salondaki dinleyici konumlarına göre dağılımını gösterilmekte ve sesin mekânda homojen dağılımı görülmektedir.



Görsel 91. AASSM Büyük Salonda T30 Çınlama Süresinin 500 Hz’te Dağılımı (Çalışkan, 2011,s.3).

AASSM Büyük Salonu Senfonik konser, Opera(oyunsuz) ve Konferans kullanımı için çınlama süresi değerleri ve işlevlerin hareketli orkestra çukuru, akustik perde sistemleri ve ses güçlendirme sistemleri kullanımı Tablo 10’de gösterilmiştir.

Mekân kullanımı	Çınlama süresi	Hareketli Orkestra Çukuru	Akustik Perde Sistemi	Ses Güçlendirme Sistemi
Senfonik Konser	1.99 sn	KAPALI	KAPALI	KAPALI
Opera (oyunsuz)	1.99 sn	AÇIK	KAPALI	GEREKTEĞİNDE AÇILABİLİR
Konferans	0.86 sn	KAPALI	AÇIK	AÇIK

Tablo 10. AASSM Büyük Salonu Senfonik konser, Opera(oyunsuz) ve Konferans kullanımı için çınlama süresi değerleri, hareketli orkestra çukuru, akustik perde sistemleri ve ses güçlendirme sistemlerinin kullanımı

Sonuç olarak AASSM Büyük Salonu gerçekleştirilecek işlevlerin sahne gereksinimleri için değişken sahne tasarımı, değişken çınlama süresi değeri için ise yüzeylerde değişken özellikte akustik malzemeler uygulanmıştır. Analiz sonuçları bu uygulamaların mekânda istenilen değişkenleri sağladığını ortaya koymaktadır.

3.2. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu

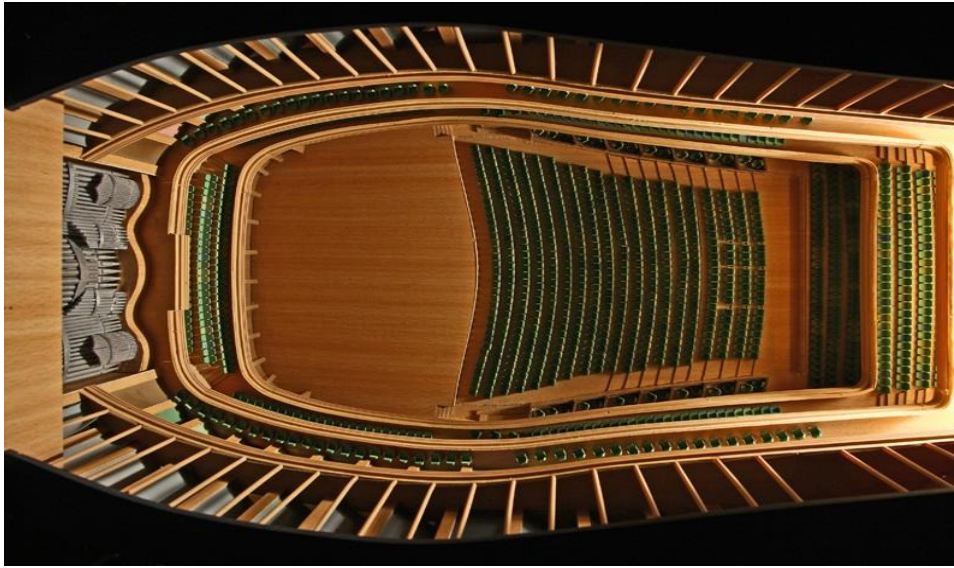
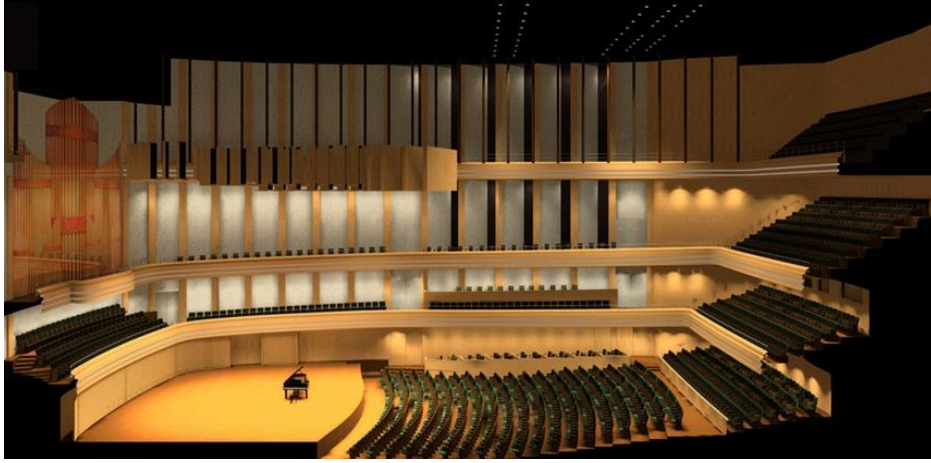
Bela Bartok Ulusal Konser Salonu, ZDA mimarlık tarafından 72 000 m2 alanda tasarlanan ve Mart 2005'te açılan Budapeşte Sanat Sarayı'nın içinde yer almaktadır. Milenyum Merkezi Geliştirme kompleksinin bir parçası olan Sanat Sarayı, Tuna kıyı hattının güney kapanışındadır ve ana cephesi şehre bakmaktadır. Macaristan Ulusal Filarmoni Orkestrası'na ve Budapeşte Festival Orkestrası'nın konserlerine ev sahipliği yapmaktadır (<https://bit.ly/2CFXlsl>). Adını büyük Macar besteci Bela Bartok'tan alan konser salonunun akustik tasarımı Russell Johnson liderliğindeki Artec Consulting Inc. (New York) tarafından yapılmıştır.



Görsel 92. Budapeşte Sanat Sarayı'nın konumuna ilişkin hava fotoğrafı (<https://bit.ly/3jxMYo>)

3.2.1. İç Mekân Tasarımında Planlama

Bela Bartok Ulusal Konser Salonu yaklaşık 1700 kişiliktir. Oda konserleri için 130 ek sahne alanı koltuğu eklenebilir. Öğrenciler için, ikinci ve üçüncü katlarda bulunan yan galerilerde 136 ayakta durma yeri vardır. Konser Salonu'nun boyutları Gotik katedralin boyutlarına rakiptir. Salon 25 metre yüksekliğinde 25 metre genişliğinde ve 52 metre uzunluğunda ayakkabı kutusu (shoebox) formuna sahiptir. (<https://bit.ly/2CCHD1t>). Ulusal Konser Salonu, üç seviyede balkonlu bir oditoryuma sahiptir. Salonun mevcut mimari tasarımının üç boyutlu üstten ve yandan iç mekân görünüşü ise Görsel 93'de gösterilmiştir.



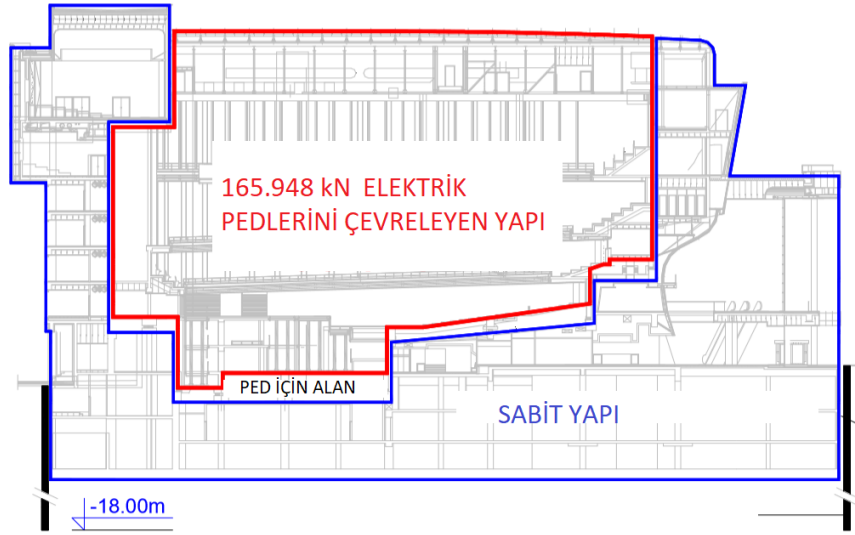
Görsel 93. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu üstten ve yandan iç mekân görünüşü (<https://bit.ly/3jtY8xj>)

Balkonlu olarak biçimlendirilen salonda, dinleyicilere iyi görüş açısı sağlamak amacıyla dinleyici alanı eğimli döşeme üzerinde şaşırtmalı oturma düzeninde oluşturulmuştur (Görsel 94).



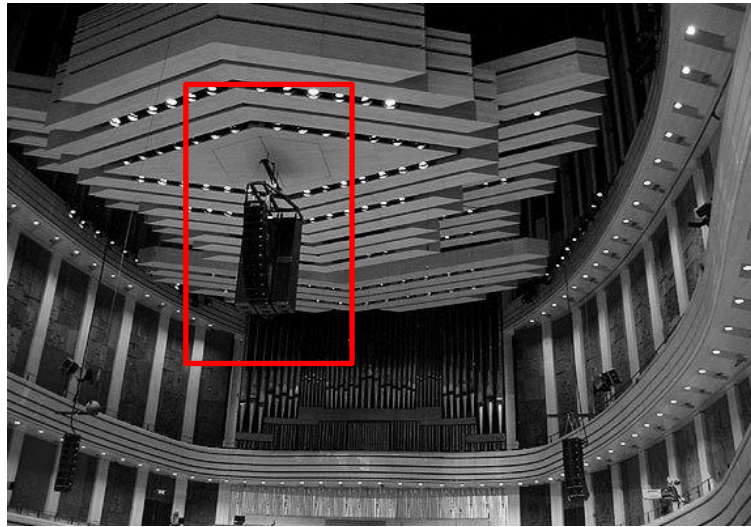
Görsel 94. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu şaşırtmalı oturma düzeni (<https://bit.ly/3jtY8xi>)

Bir yapının iyi bir akustik koşul oluşturması yapı akustiğinin sağlanmış olmasıyla doğrudan ilişkilidir. Bela Bartok Ulusal Konser Salonunda yakındaki otoyol köprüsünden ve demiryolu köprüsünden gelen gürültü ve titreşim, Konser Salonu akustik tasarımcıları için erken tasarım evresinde göz önüne alınmış ve araştırmalar yapılmıştır. Araştırmada konser salonunda özel yapısal izolasyon sistemlerine duyulan ihtiyacı test etmek için iki titreşim test kazısı (15,5 m ve 10,5 m derinlik) kurulup, köprüden gelen titreşimler izlenmiştir. Araştırma sonucunda, hemen hemen tüm bina için özel yapısal izolasyon önlemlerinin gerekli olduğu belirlenmiştir. Bina ve konser salonu yalıtımı için iki izolasyon hattı oluşturulmuştur. Birincisinde yapı bütünüyle çevresinden yalıtılmış, ikincisin de ise konser salonu içerisinde bulunduğu yapıdan yalıtılmıştır. Birinci savunma hattı (mavi çizgi) binanın çevresini dış gürültü ve ses iletiminden korur. İkinci savunma hattı (kırmızı çizgi), konser salonunun ve çevresindeki yapının tamamen ayrılmasını sağlar ve bir " kutuda kutu" oluşturur. Salon çift duvarlı yapı ile çevrelenmiştir. Salon duvarları ile çevredeki yapının duvarları arasında sadece 5 cm gevşek mineral yünü ile dolu 20 cm'lik bir hava sahası bulunmaktadır (Gonda,2006, s.15)



Görsel 95. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu yapı ve konser salonu yalıtımı (Gonda, 2006, s.16)

Salonda ihtiyaç halinde kullanılabilecek ses güçlendirme düşünülmüştür. Bu sistem hafifçe güçlendirilmiş müzik, oda müziği ve resitallerin performanslarının yanı sıra konferanslar gibi güçlendirilmiş konuşma etkinliklerini içerecek şekilde salonun olanaklarını da genişletmektedir. Ses güçlendirme sisteminin hareketli hoparlör grubu, sahnenin üstünde bulunan tavanda dikey olarak hareket ettirilerek ses enerjisinin sahne içindeki ve sahne ile salon arasındaki dağılımının kontrol edilmesini sağlayan reflektöre entegre edilmiştir (Görsel 96) (<https://bit.ly/2CCHD1t>). Salon uluslararası etkinliklerde kullanılabilecek simultane tercüme odalarına ve her türlü konser kaydının alınabileceği teknik altyapıya sahiptir.



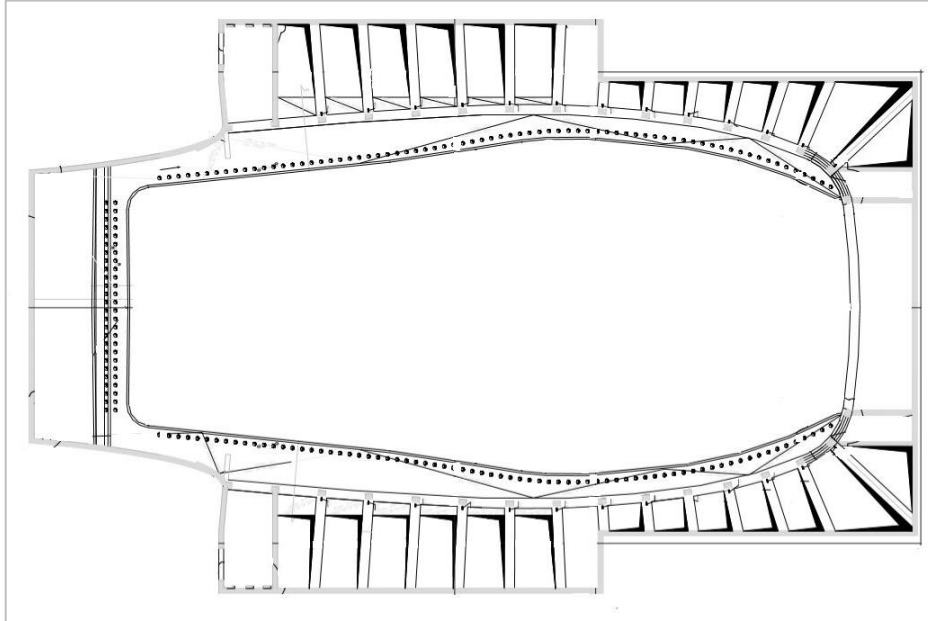
Görsel 96. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu Sahne üstü reflektörü ve hareketli hoparlör kümesi (<https://bit.ly/2WKOHij>).

3.2.2. Değişken tasarım yaklaşımları

Mekânın ana işlevi Senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımı, ikincil işlevi klasik müzik amaçlı konser salonu kullanımı, üçüncül ve diğer müzikli işlevler dünya müziği, opera ve hafif müzikli konser salonu kullanımındadır. Bu işlevlerin uygun çınlama süreleri ve sahne kullanım gereksinimleri birbiriyle farklıdır. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nda değişen gereksinimler için değişken sahne ve dinleyici/dinleyici düzeni oluşturulmuştur. İç mekân hacmini arttırmak için yankı odaları ve salon duvarlarında yüzeylerde değişken özellikte malzemeler kullanılarak değişken çınlama sürelerini sağlamayı amaçlamıştır.

Değişken İç Mekân Hacmi

Bela Bartok Salonu'n da ana değişken akustik elemanı, dinleyici alanına bitişik olarak tasarlanan ve ihtiyaç duyulduğunda hareketli kapılarla (kayar kapı) bu mekâna açılan ve iç mekân hacminin arttırılmasını sağlayan 58 adet yankı odasıdır. Yankı odalarının 10 cm kalınlığındaki kapıları, betonarme üzeri renkli sıva (Heykeltıraş György Jovánovics'in buluşu) ile kaplıdır. Kapıda kullanılan renk tonlarında, erken rönesans sunak resimlerinden esinlenmiştir(<https://bit.ly/2CCHD1t>).



Görsel 97. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nun yan duvarlarındaki yankı odaları.

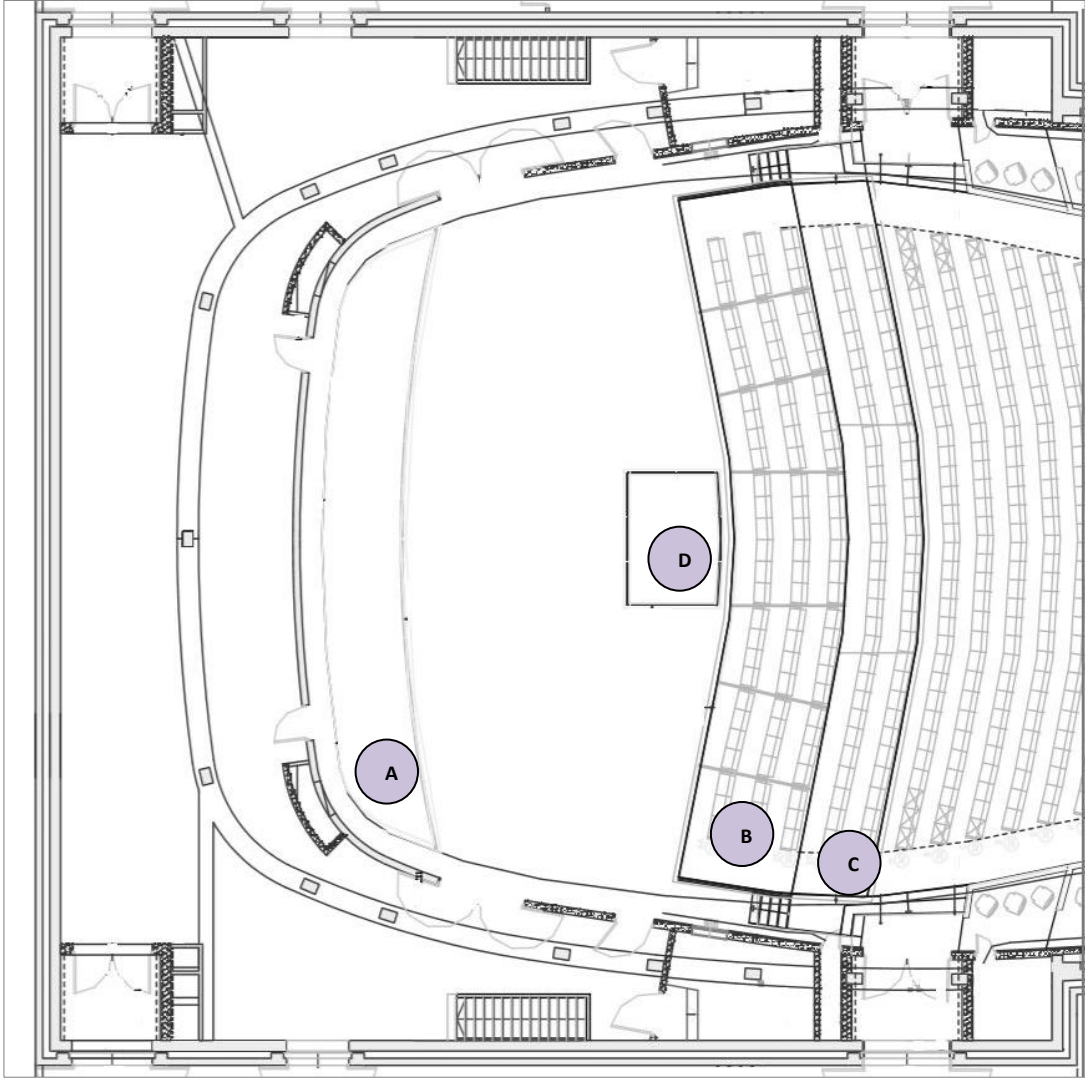


Görsel 98. Bela Bartok Ulusal Konser renkli sıva kapılı betonarme kapılı yankı odaları (<https://bit.ly/3jtY8xi>)

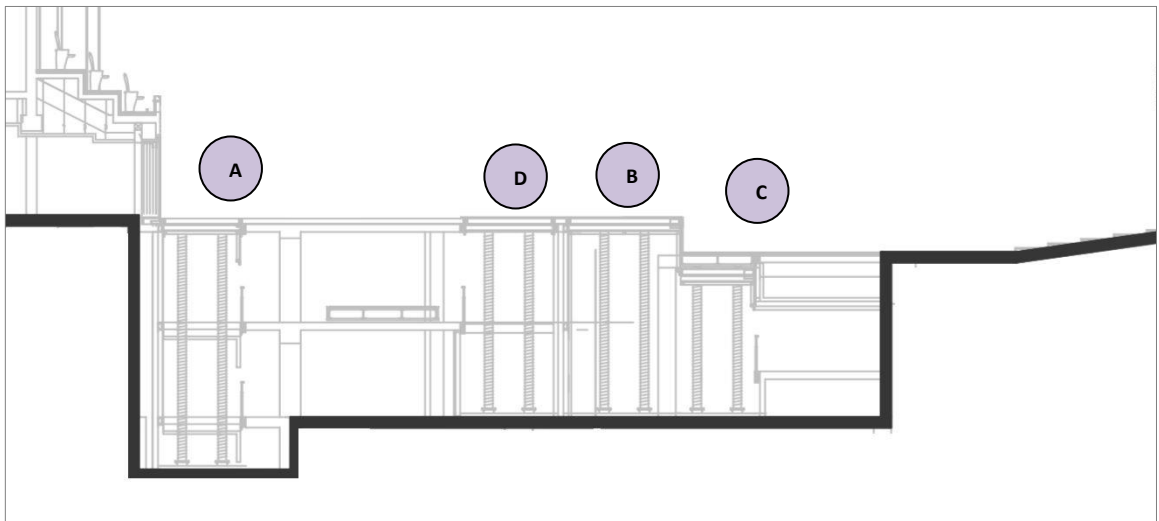
Yankı odalarının akustik hacmi birleştirilmesiyle ses enerjisinin frekans ve zaman aralıklarındaki dağılımı etkilenebilir. Yankı odalarının toplam hacmi yaklaşık 6.000 m³'tür. Yankılanma odalarıyla birlikte salonun hacmi 40.000 m³ olmaktadır. (Gonda, 2006, s.15). Hacimdeki artışı yanı sıra yankı odalarının içinde dikeyde hareket edebilen perdeler kullanılmıştır. Oda kapıları açıldığında hacimle birlikte yutuculukta değiştirilebilmektedir. Yankı odalarının hacmi mekâna katıldığında yankılanma çift eğimli çürüme göstermektedir. Çift eğimli çürüme, hem yankılanma süresi değişikliği sağlarken hem de netlik sağlamaktadır. Müzik performansları için ihtiyaç duyulan uzun yankılanma ve netlik, Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nda yankı odası kullanılarak sağlanmıştır.

Değişken sahne tasarımı ve dinleyici sayısı

Konser salonunun sahne tasarımında farklı boyutlarda müzik gruplarının ihtiyaçlarına göre değişen sahne alanı sağlamak amacıyla sahne asansörleri kullanılmıştır (Görsel 98,99). Sahne tasarımında piano asansörüne ek olarak 2 adet sahne önünde, 1 adet sahne arkasında toplamda 3 adet sahne asansörü kullanılmıştır; Her sahne asansörü için ihtiyaç halinde kullanılacak mobil oturma vagonları tasarlanmıştır, böylece sahne performans gösteren grubun ihtiyaçlarına bağlı olarak daha büyük veya daha küçük yapılabilir. Sahne asansörleri kullanılmadığında sahne alanı yaklaşık 200 m²'dir. Görsel 100- B de ki Mobil oturma elemanları sahne altına depolanır ve sahne asansörü sahne kotuna getirilirse sahne alanı yaklaşık 250 m², görsel 100- B ve C de ki Mobil oturma elemanları sahne altına depolanır ve sahne asansörü sahne kotuna getirilirse sahne alanı yaklaşık 290 m² olmaktadır (<https://bit.ly/39IPRXz>).

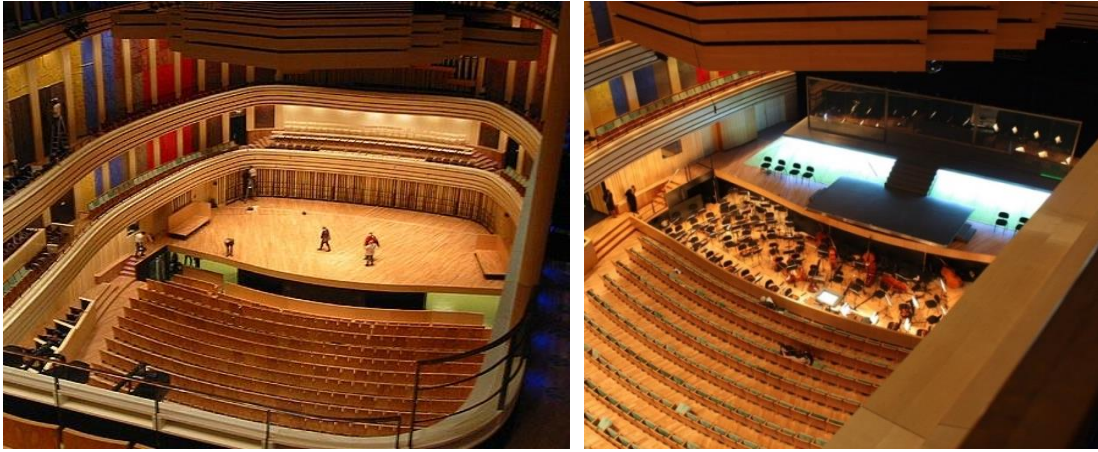


Görsel 99. Bela Bartok Ulusal Konser salonu değişken sahne tasarımı. A: koro vagon asansörü, B ve C: Mobil oturma elemanlarıyla asansör azaltma ve asansör uzatma asansörleri, D: Piyano asansörü (<https://bit.ly/3jtY8xi>)



Görsel 100. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu hareketli orkestra asansörü (<https://bit.ly/3jtY8xi>)

Değişken sahne alanı değişen oturma elemanı sayısını da beraberinde getirmektedir. Konser salonunda kullanılan, sahne asansörleri, gerektiğinde dinleyici sayısının arttırılıp azaltılmasının kolaylaştırır. Görsel 101 (B ve C) 'de asansörlerin hareketiyle, mobil oturma elemanlarının sahne altına depo edilip, orkestra çukuru kullanımının oluşturulması, Görsel 102-A'da ise koro vagon asansörü ile sanatçılara oturma alanı oluşturulması gösterilmiştir.



Görsel 101. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu mobil oturma elemanlarının depolanması. (<https://bit.ly/2WKOHjy>), orkestra çukuru olarak kullanılan asansör(<https://bit.ly/3jtY8xi>)

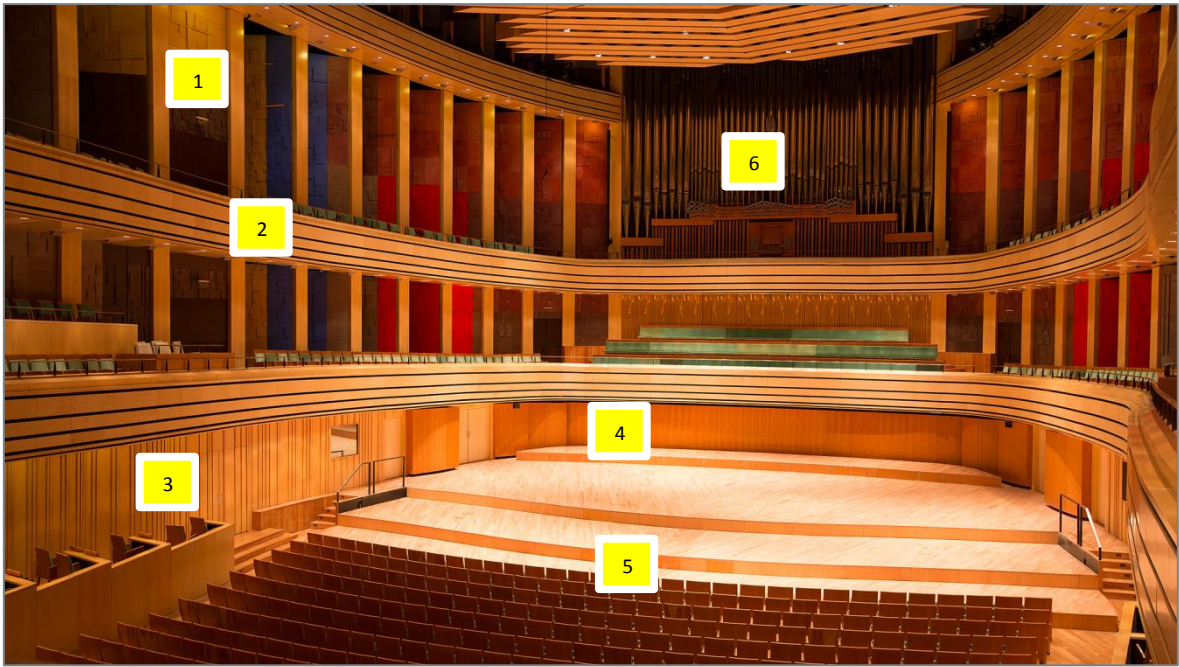


Görsel 102. Bela Bartok Ulusal Konser Salonu Sahne kullanımı (<https://bit.ly/2CFXlsl>)

Yüzeylerde Değişken Akustik Yutuculuk

Bela Bartok Ulusal Konser salonunun ana işlevi senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımınıdır. Müzik icra edilecek mekânlarda yüzeylerin yansıtıcı ve saçıcı özellikte olması müzikte canlılık oluşturmaktadır. Müzikli kullanım dikkate alınarak oluşturulan yüzey

malzemeleri; Salon duvarları yansıtıcı özellikte Kanada akça ağacıyla kaplıdır. Zeminler ve koltuklar Şili kirazından yapılmıştır. Yankı odalarının kapısı mekân yüzeylerinin büyük çoğunluğunu kaplamakta ve betonarme üzeri renkli sıva (heykeltıraş György Jovánovics'in buluşu) kaplıdır. Kapı yüzeylerinde girinti ve çıkıntılar oluşturularak saçıcı özellik kazandırılmıştır. Ayrıca balkon önünde kullanılan ahşap kaplamalar açıldırılarak saçıcı yüzeyler oluşturulmuştur. Sahne arka duvarında hareketli döndürülebilir paneller kullanılmıştır ve bir üst kotunda konser salonuna özel tasarlanmış organ bulunmaktadır.



Görsel 103. Bela Bartok Ulusal Konser salonu yüzey malzemeleri, 1) betonarme üzeri renkli sıva yankı odası kapısı, 2) saçıcı özellikte ahşap balkon önü kaplaması, 3) yansıtıcı duvar kaplaması, 4) hareketli döndürülebilir paneller, 5) ahşap kaplama zemin ve koltuklar, 6) konser salonu organı (<https://bit.ly/2CCHD1t>).

Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nun organı, Avrupa'daki türünün en büyüğüdür. 6.804 boru, 92 sicil ve 5 kılavuzdan oluşan enstrüman Pécs Organ Üretimi ve Alman mühleisen Orgelbau Stuttgart tarafından ortaklaşa üretilmiştir (<https://bit.ly/2CCHD1t>).

Görsel 104'te senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımı için yüzey malzeme yerleşimi görülmektedir. Saçıcı yüzeylerin salonda yoğun kullanımı ve yutuculuğun minimum tutulması uzun çinlama süresi ihtiyacının karşılanmasını sağlamıştır.

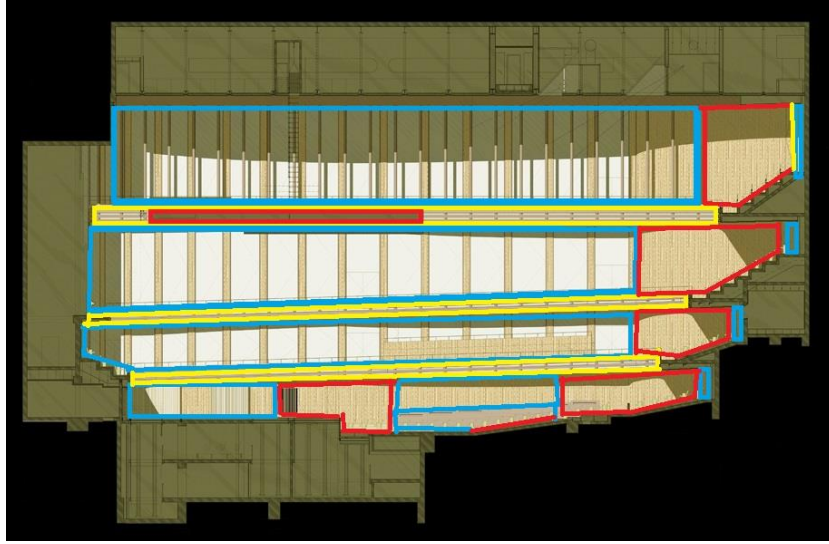


--- Ses yansıtıcı yüzeyler - - - Ses Saçıcı yüzeyler

Görsel 104. Bela Bartok Ulusal Konser salonu, uzun çınlama süresi kullanımları için yüzey malzemeleri yerleşimi

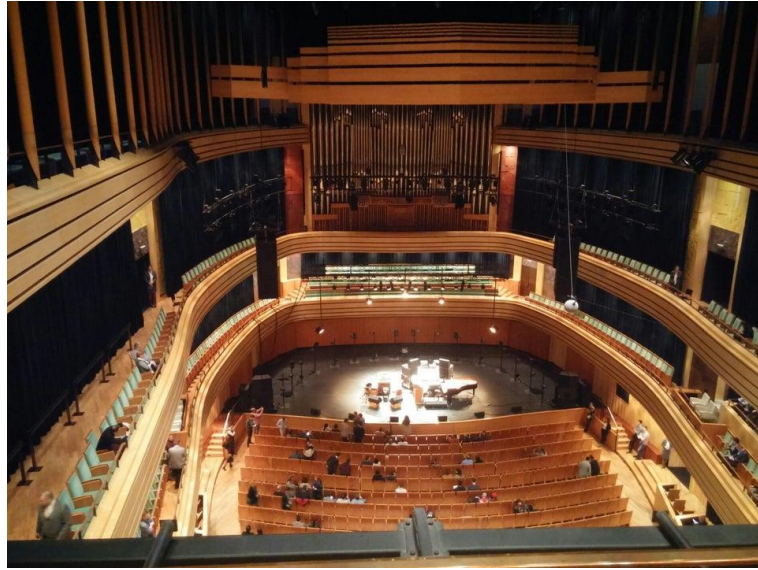
Bela Bartok Ulusal Konser salonunda diğer işlevler için yüzeylerde değişken özellikte malzemeler düşünülmüştür. Salonda yankı odası kapılarının önünde yatay olarak hareket ettirilebilen ve motorlu sistemlerle kontrol edilen hareketli perde sistemleri kullanılmıştır. Yankı odaları iç mekân hacmini arttırarak mekâna uzun çınlama süresi sağlarken, perde sistemleri yutuculuğu arttırarak kısa çınlama süresi sağlamaktadır. Ayrıca kapıların açık halinde yüzey alanı da değiştirdiğinden yutuculuğun değişmesine etki etmektedir.

Görsel 105'te Çınlama süresini değerini kısaltmak için yüzey malzeme yerleşimi gösterilmekte ve yüzeylerin büyük çoğunluğunun yutucu perdelerle kapatıldığı görülmektedir. Perde sistemleri mekân içerisinde yankı odalarının kapılarının yüzeylerini kapatmakta ve saçıcı olan yüzeylerin yutucu olması sağlanmaktadır.



--- Ses yansıtıcı yüzeyler - - - Ses Sağıcı yüzeyler - - - Ses Yutucu yüzeyler

Görsel 105. Bela Bartok Ulusal Konser salonu, kısa çınlama süresi kullanımları için yüzey malzemeleri yerleşimi



Görsel 106. Bela Bartok Ulusal Konser salonu perde sistemleri kullanımı, (<https://bit.ly/3fS5iJL>)

3.2.3. Değerlendirme

Bela Bartok Ulusal Konser Salonu, geniş bir müzik aralığında konser salonu kullanımı için tasarlanmıştır. Mekânın ana işlevi senfonik müzik amaçlı konser salonu kullanımı, ikincil işlevi klasik müzik amaçlı konser salonu kullanımı, üçüncül ve diğer müzikli işlevler dünya

müziği, opera ve hafif müzikli konser salonu kullanımındır. Seçilen işlevlerin çınlama süresi aralığı Tablo 11’da verilmiştir.

Hacim fonksiyonu	Çınlama süresi (sn) (250-2000 Hz) frekanslarında)
Senfonik müzik	1,7-2,4
Klasik müzik	1,1 – 1,9
Dünya müziği	1,2-2,1
Opera	1,2-2,0
Hafif müzikli konser	0,95-1,5

Tablo 11. Senfoni müzik, opera ve konferans için önerilen çınlama süresi değerleri

Bela Bartok Ulusal Konser Salonunda uygulanan değişken akustik tasarım yaklaşımlarıyla Yankılanma süresi, orta frekans aralığında (250-2000 Hz) $T_{30} = 1.4$ ile 2.2 sn arasında kontrol edilebilmektedir (<https://bit.ly/2ZQioYN>). Tablo 11’da istenen değerlere baktığımızda 1.4 ile 2.2 sn arasında çınlama süresi değerinin mekan kullanımı için uygun olduğu görülmektedir.

Mekândaki işlevlerin her biri farklı mekânsal gereksinimlere ihtiyaç duymaktadır (Tablo 12). İşlevlerdeki bu çeşitlilikler uygulanan değişken tasarım yaklaşımlarının da artmasını sağlamış ve çınlama süresi değişkenliği için hem hacimsel bir değişim, hem de toplam yutucu yüzeyler üzerinden değişim sağlanmıştır.

Mekân kullanımı	Hareketli Orkestra Çukuru	Yankı odası	Akustik Perde Sistemi	Ses Güçlendirme Sistemi
Senfonik müzik	KAPALI	AÇIK	KAPALI	KAPALI
Klasik müzik	GEREKTİĞİNDE AÇILABİLİR	AÇIK	KAPALI	KAPALI
Dünya müziği	GEREKTİĞİNDE AÇILABİLİR	GEREKTİĞİNDE AÇILABİLİR	KAPALI	GEREKTİĞİNDE AÇILABİLİR
Opera	AÇIK	KAPALI	GEREKTİĞİNDE AÇILABİLİR	GEREKTİĞİNDE AÇILABİLİR

Hafif müzikli konser	AÇIK	KAPALI	AÇIK	AÇIK
-----------------------------	------	--------	------	------

Tablo 12. Bela Bartok Ulusal Konser salonu, işlevler için hareketli orkestra çukuru ve akustik perde sistemleri, yankı odası ve ses güçlendirme sistemlerinin kullanımı

Değişken tasarım yaklaşımlarının kullanımına baktığımızda yankı odaları müzikli işlevler için uzun çınlama süresi istendiğinde, akustik yutucu perdeler kısa çınlama süresi istendiğinde kullanılabilir. Böylece mekân her işleve uygun hale getirilebilecek tasarım yaklaşımlarıyla oluşturulmuş ve tüm bu yaklaşımlar kullanılarak mekân için gerekli değişken çınlama süresi değerleri oluşturulabilmiştir.

3.3. Miskolc Sanat Sarayı Konser Salonu

3.3.1. İç Mekân Tasarımında Planlama

Miskolc Sanat Sarayı Konser salonu, Macaristan'ın Miskolc şehrinde bulunur. Eskiden şehrin sinema salonu olarak kullanılmakta olan salon sonrasında 2006 yılında 580 kişilik kapasiteli, farklı şov türlerinde (tiyatro, güçlendirilmiş müzik, klasik müzik) kullanılabilen ve esas olarak senfonik orkestralara ev sahipliği yapan konser salonuna dönüştürülmüştür. Salon sonradan konser salonuna dönüştürüldüğü için tasarımın erken evrelerinde farklı işlevleri barındırma durumu göz önüne alınamamış ve mekânsal çözümler öngörülememiştir.

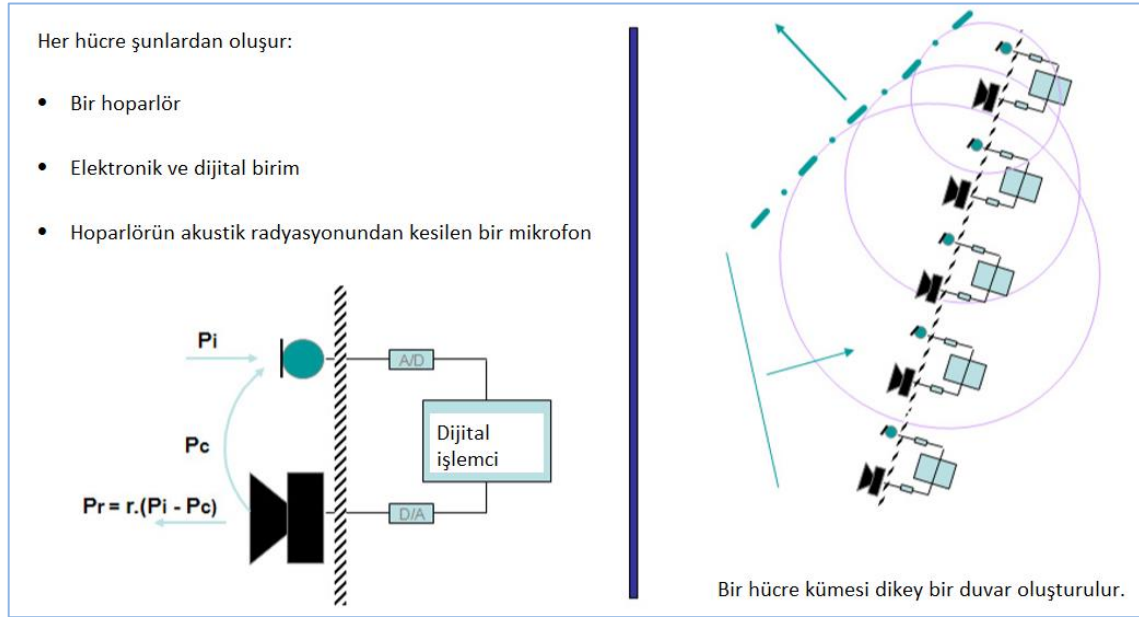
Salon dikdörtgen plana sahip olup kademelendirilmiş şaşırtmalı oturma düzeni tercih edilmiştir. Sahnenin brüt derinliği 9 metredir, Sahnenin genişliği, yaklaşık 15 metredir. Sahne, delinemeyen lamine mantar parke ile kaplıdır (<https://bit.ly/2CGtIga>)

3.3.2. Değişken akustik tasarım yaklaşımları

Hacmin yankılanmasını uyarayan elektro akustik sistem

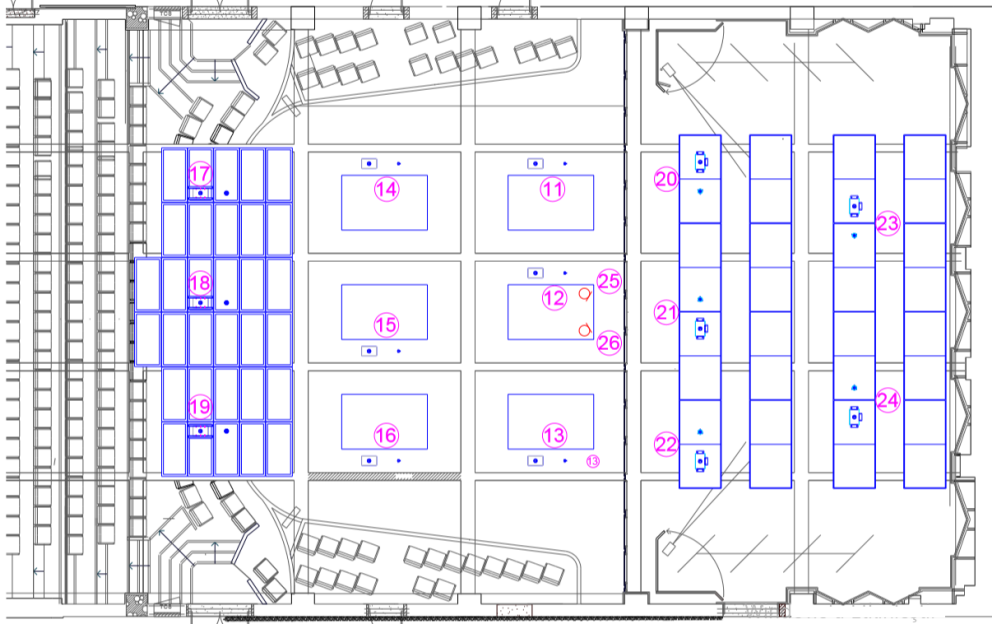
Mekân Konser salonuna dönüştürülürken, farklı işlevlerin değişen çınlama süresi değeri için değişken elektro akustik sistem araştırmasına gidilmiş ve aktif bir yankılanma kontrol sistemi sağlayan CARMEN® yankı kontrol sisteminin kurulmasına karar verilmiştir. 600 ile

2000 koltuklu odalar için tasarlanan CARMEN® sistemi “üretken” tiptedir ve mekanın toplam hacim ve yutuculuğunu değiştirmeden odanın yankılanmasını arttırır. Sistem, Sanal Duvar ilkesine dayanmaktadır. Her Sanal Duvar, Görsel 106'da gösterildiği gibi bir mikrofon, bir hoparlör ve bir sinyal işleme biriminden (DSP) oluşan bağımsız hücrelerden oluşur, mikrofon ve hoparlör genellikle oldukça yakındır (yaklaşık 1 m) (Rougier ve Schmich, 2010, s. 2).

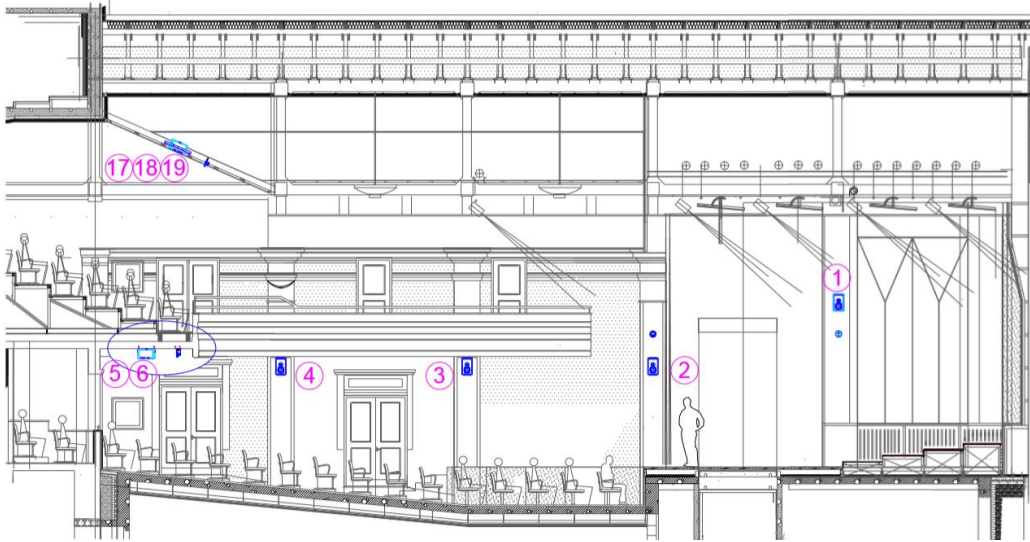


Görsel 107. Sanal duvar prensibi (Rougier ve Schmich, 2010, s. 2).

Sanat Sarayına kurulan sistem, salona mümkün olduğunca entegre edilmiş 24 hücreye sahiptir. Sahnenin tavanına 5 hücre, yan duvarlarına ise aktif elektro akustik orkestra kabuğu oluşturması için 2 hücre yerleştirilmiştir. Hücreler 17, 18 ve 19, balkonun üst kısmındaki yankılanmayı güçlendirmeye yardımcı olurken, 5 ve 6 numaralı hücreler, balkonun odanın ana hacmiyle daha iyi bir şekilde eşleşmesine izin verir. Hücreler, sistem tarafından yenilenen ses alanının düzgün bir şekilde yayılması için oda boyunca eşit olarak dağıtılmıştır(Görsel 108,109).



Görsel 108. Sanat Sarayı planı. 11 ile 24 arasındaki hücrelerin konumu ve 25, 26 nolu sahnenin mikroskopları (Rougier ve Schmich, 2010, s. 3).



Görsel 109. Sanat Sarayı kesiti. 1 ile 6 ve n° 17 ile 19 arasındaki hücrelerinin konumu (Rougier ve Schmich, 2010, s. 3).



Görsel 110. Sahne üstü ve yan duvarları aktif hücre yerleşimi (Rougier ve Schmich, 2010, s. 3).

3.3.3. Değerlendirme

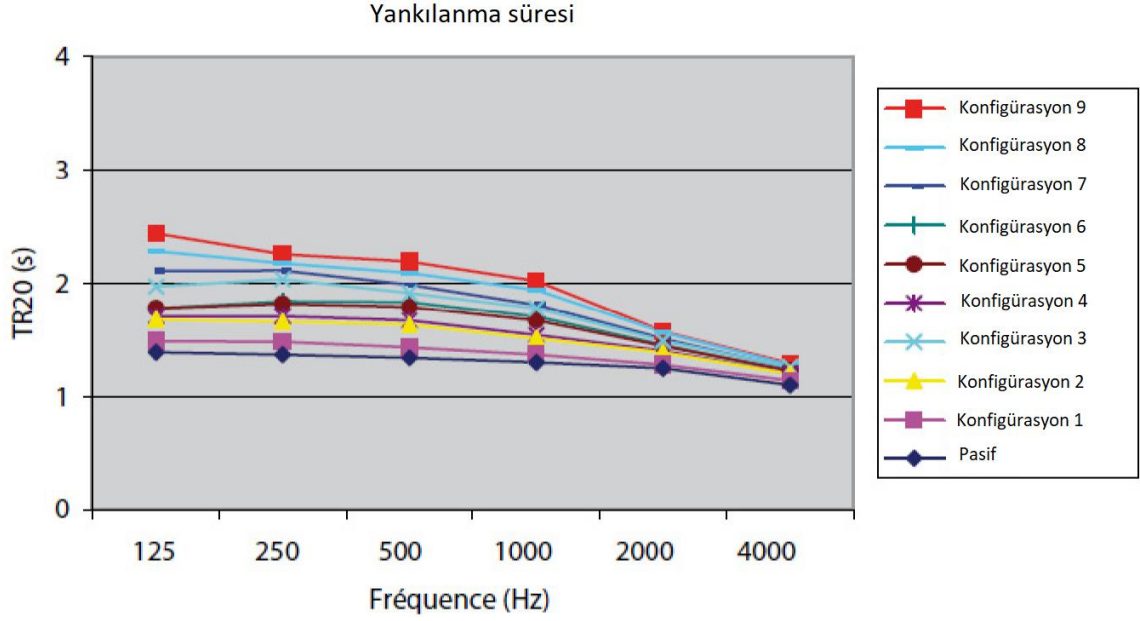
Salondaki farklı işlevlere uygun çınlama süresi sağlamak için dokuz farklı konfigürasyon düşünülmüştür (Tablo 13).

#	Mekan Kullanımı	Yanışım Süresi (sn) (500Hz)	CARMEN® Yankı kontrol sistemi
0	Konferans, Güçlendirilmiş müzik	1,3	KAPALI
1	Tiyatro	1,3	KAPALI Sahnede ses güçlendirme
2	Oda müziği, küçük topluluklar solo resital	1,6	AÇIK Güçlendirilmiş yanal yansımalar, Büyük netlik
3	Opera, şarkı resitali	1,9	AÇIK Sahnede ses güçlendirme
4	Dinleyici olmayan provalar için Konçertosu (orkestra ile solo)	1,7	AÇIK Homojen etki

5	Konçerto + (orkestra ile solist)	1,8	AÇIK
6	Klasik senfoni	1,8	AÇIK Homojen etki, büyük netlik
7	Romantik senfoni	2,0	AÇIK Homojen etki, büyük netlik
8	Koro, koro ile gösteri	2,1	AÇIK Genişletilmiş hacim
9	Oratorio, symph orkestrası. koro ile	2,2,	AÇIK Genişletilmiş hacim

Tablo 13. Palace des Arts'taki CARMEN® sisteminin akustik konfigürasyonları. Yankılanma süreleri 500Hz'deki verilerdir (Rougier ve Schmich, 2010, s. 3).

Analiz çalışmasında, ilk önce bu konfigürasyonlar için, hücreler üzerindeki akustik ölçümler yapılmıştır. Ölçümleri objektif olarak tamamlamak ve ayarları geliştirmek için dinleme testleri sahneye yankısız müzik yayınlayarak gerçekleştirilir. Hücrelerde kullanılan ayarlama parametrelerinin amacı T30 (çınlama süresi) değerinde değişkenlik oluşturmaktır. Daha sonra sistemin mekandaki akustik ölçümleri, her konfigürasyon için sistemin aktif olmadığı ve aktif olduğu duruma göre mekan tamamen boş iken yapılmıştır. Güçlendirilmiş bir hoparlör sahneye 3m uzaklıkta kaynak olarak yerleştirilip, çok yönlü bir mikrofon alıcı olarak kullanılmış ve 12 farklı ölçüm noktasına yerleştirilmiştir (8 katta ve 4 balkonda). Darbe tepkileri MLS ölçüm tekniği kullanılarak kaydedilip daha sonra özel bir analiz programı ile analiz edilmiştir (Rougier ve Schmich, 2010, s. 4).



Görsel 111. Konfigürasyonların ölçülen çınlamasüresi aralığı(Rougier ve Schmich, 2010, s. 3).

Görsel 111' ve tablo 13' e baktığımızda 9 farklı konfigürasyonların ölçülen çınlama süresi aralığı verilmektedir. Miskolc Sanat Sarayı'nda değişken elektro akustik aktif yankı kontrol sisteminin kurulması, akustiğini, tiyatrodan korolarla senfonik müziğe, 1,3'lerden 2,2'lere kadar farklı gösteriler için uyarlamayı mümkün kılmıştır.

3.4. Bölüm sonucu

Değişken akustik tasarım oluşturmak için birden fazla tasarım yaklaşımı bulunmaktadır. Değişken tasarım yaklaşımlarının çeşitliliğini ortaya konulması için AASSM Büyük Salonu, Bela Bartok Ulusal Konser Salonu ve Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu seçilmiştir. Uygulanan değişken akustik tasarım yaklaşımları ve iç mekân planlamaları Tablo 14' de gösterilmiştir.

iç Mekân Tasarımında planlama	Mekan özellikleri	AASSM Büyük Salonu	Bela Bartok Ulusal Konser Salonu	Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu	
	Ana işlev	Senfonik müzik	Senfonik müzik	Senfonik orkestralı müzik	
	Kapasite	1126 kişilik	1700 kişilik	580 kişilik	
	Plan tipi	Ayakkabı kutusu (shoebox)	Ayakkabı kutusu (shoebox)	Dikdörtgen	
	Diğer işlevler	Oyunsuz konser opera, Konferans	Klasik müzik, Opera, Dünya müziği, Hafif müzikli konser	Konferans, oda müziği, opera, tiyatro, güçlendirilmiş müzik, klasik müzik	
	Oturma düzeni	Kademelendirilmiş şaşırtmalı oturma düzeni	Kademelendirilmiş şaşırtmalı oturma düzeni	Kademelendirilmiş şaşırtmalı oturma düzeni	
	Balkon tasarımı	Bir seviyede Balkonlu	Üç seviyede balkonlu	Bir seviyede Balkonlu	
	Ses güçlendirme sistemleri	Merkezi ve dağıtılmış hoparlör grubu birlikte kullanılmıştır.	Merkezi ve dağıtılmış hoparlör grubu birlikte kullanılmıştır.	Merkezi ve dağıtılmış hoparlör grubu birlikte kullanılmıştır.	
Değişken akustik tasarım yaklaşımları	Fiziksel tasarım yaklaşımları	Değişken sahne tasarımı, dinleyici sayısı	3 kademeli bir adet Sahne asansörü kullanılmıştır. Sahne asansörleri yardımıyla değiştirebileceği dinleyici sayısı: 92	3 adet sahne asansörü kullanılmıştır. Her sahne asansörü için ihtiyaç halinde kullanılacak mobil oturma vagonları barındırır. Sahne asansörleri yardımıyla değiştirebileceği dinleyici sayısı:150	Kullanılmamıştır.
		Yüzeylerde değişken akustik yutuculuk	<ul style="list-style-type: none"> • Dikey olarak hareket edebilen iki katlı stor tipi perde sistemleri • Yatay olarak hareket ettirilebilen ve motorlu sistemlerle kontrol edilen hareketli perde sistemleri • Bir yüzeyi yansıtıcı diğer yüzeyi yutucu özellikte manuel olarak döndürülebilir paneller 	<ul style="list-style-type: none"> • Dikey olarak hareket edebilen iki katlı stor tipi perde sistemleri • Yatay olarak hareket ettirilebilen ve motorlu sistemlerle kontrol edilen hareketli perde sistemleri 	Kullanılmamıştır.

	<u>Değişken iç mekân hacmi</u>	Kullanılmamıştır.	58 adet yankı odası kullanılmıştır. Yankı odaları toplam hacmi yaklaşık 6.000 m ³ arttırmaktadır.	Kullanılmamıştır.
	<u>Aktif yankılanma kontrol sistemi</u>	Kullanılmamıştır.	Kullanılmamıştır.	CARMEN® yankı kontrol sistemi kullanılmıştır. Mekanın toplam hacim ve yutuculuğunu değiştirmeden odanın yankılanmasını artırır. Sistem, Sanal Duvar ilkesine dayanmaktadır.
	Çınlamasüresi (sn)	0,86 - 1,99 (çalışkan,2011,s.3)	1,4 - 2,2 (yumpu.com)	1,3- 2,2 (Rougier ve Schmich, 2010, s. 3)

Tablo 14. incelenen mekânlarda değişken tasarım yaklaşımlarının kullanımı

İncelenen üç hacmin iç mekân planlamalarına sırasıyla bakıldığında, üç hacimde aynı ana işlev için kullanıldığı ancak Malviç Sanat Sarayı Konser Salonunun kapasitesinin diğerlerine göre küçük olduğu ve diğerleri balkonlu ayakkabı kutusu (shoebox) formunda tasarlanırken, balkonlu dikdörtgen plan tipine sahip olduğu görülmektedir. Balkonlu ve ayakkabı kutusu formu büyük kapasiteler için uygundur. Ayrıca müzik ve konuşma ve dans işlevlerinden oluşan opera kullanımları içinde uygun akustik ortamın oluşturulmasında kolaylık sağlamaktadır. Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu sonradan konser salonuna dönüştürüldüğünden dikdörtgen plan tipine sahip olsa da, ana işlev için uygun akustik ortamın oluşturulması üretilen çözümlerle sağlanmıştır. Her üç hacimde de Kademelendirilmiş şaşırtmalı oturma düzeni tercih edilmiş ve iyi görüş açısı sağlanmıştır. Ayrıca gerekli durumlarda kullanılacak ses güçlendirme sistemleri her üç mekânda da mevcuttur.

Hacimde kullanımı öngörülen diğer işlevlere baktığımızda; Opera işlevinin her üç hacimde, konferans işlevinin AASSM Büyük Salonu'nda ve Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu'nda, klasik müzik işlevinin ise Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu ve Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nda ortak olduğu, diğer işlevlerin ise birbirinden farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu işlevleri sağlamak için uygulanmış değişken akustik tasarım yaklaşımlarına baktığımızda

AASSM Büyük Salonu'nda ve Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nda fiziksel tasarım yaklaşımları tercih edilirken, Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu'nda değişken elektro akustik tasarım yaklaşımının tercih edildiği görülmektedir. Bu tercihlere çok farklı etkenler neden olmakla beraber, Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu'nda değişken elektro akustik tasarım yaklaşımının seçilmesinde, mekânın sonradan konser salonu olarak tasarlanmasının etkisi yadsınamaz.

Uygulanan değişken tasarım yaklaşımlarında kullanılan yöntemlere baktığımızda, AASSM Büyük Salonu'nda ve Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nda benzer değişken akustik yutuculuk ve değişken sahne tasarımı uygulamaları görülmektedir. Ancak Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nun öngörülen diğer işlevlerin fazla olması değişken akustik tasarım yaklaşımlarının arttırılmasını sağlamış ve iç mekân hacminde etkili bir artış sağlayan yankı odaları kullanılmıştır. Diğer iki hacimle ortak işlevleri barındırır da Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu'nda diğerleriyle tamamen farklı bir tasarım yaklaşımı aktif CARMEN® yankı kontrol sistemi tercih edilmiştir.

Sonuç olarak, her üç hacimde öngörülen işlevlere farklı ve benzer değişken akustik tasarım yaklaşımları uygulayarak, AASSM Büyük Salonu'nda 0,86 ve 1,99 saniye çınlama süresi, Bela Bartok Ulusal Konser Salonu'nda 1,4 - 2,2 saniye aralığında, Malviç Sanat Sarayı Konser Salonu'nda ise 1,3- 2,2 saniye aralığında çınlama süresi değeri elde edilmiştir.

SONUÇ

Akustik mekânların iç mekân planlaması ve akustik tasarım parametreleri işlevlere göre farklılık göstermektedir. Her işlevin uygun olduğu iç mekân planlamasının ve tasarım parametresinin olumlu ve olumsuz yönleri vardır. Akustik danışman ve tasarımcının rolü mimari tasarım ile akustik kalite arasındaki dengeyi sağlamaktır. Akustik mekânlar çok fazla işlevi barındırmakta ve bu işlevlerin kombinasyonunda değişkenler göz önüne alınmazsa, bu denge sağlanamamaktadır. Bu durum salonların değişken akustik tasarım gereksinimini kaçınılmaz yapmaktadır.

Değişken akustik tasarım mekânın değişen mekânsal ve akustik gereksinimlerine değişken yapı elemanları veya değişken elektro akustik sistem tasarımlarıyla cevap oluşturulmasını öngörmektedir. Değişken akustik tasarımın değerlendirilmesi çınlama süresi değerine bakılarak yapılır. Çınlama süresi işlevlere göre değişmektedir. Çınlama süresi mekânın toplam hacminin, mekânın toplam yutuculuğuna bölümünün 0,16 değeriyle çarpımıyla bulunur. Bu nedenle bir mekânda değişken akustik oluşturmak için mekânın hacminin veya toplam yutuculuğunun değişken olması ya da çınlama süresinin elektronik ortamda artırılması gerekmektedir. Bu çerçevede şekillenen ve akustik mekânlarda uygulanan değişken akustik tasarım, işlevlerin farklılık gösteren çınlama süresi değerleri, uygulanan değişken akustik tasarım yaklaşımları ve kullanım önerileri Tablo 15’de gösterilmiştir.

DEĞİŞKEN AKUSTİK TASARIM					
Değişken Akustik Tanımı	Değişken akustik tasarım, mekânın farklı işlevlere göre değişen akustik koşullarının değişebilen yapı elemanları yardımıyla veya akustiğin ortaya çıkmasını sağlayan sese ait Değişken özelliklerin kullanılarak tasarımın oluşturulmasıdır.				
Değişken Akustik Tasarımın Parametresi	Çınlama Süresi	Bir hacimdeki sesin, kaynak kapatıldıktan sonra 60 dB düşmesi için geçen süre olarak tanımlanır		Toplam yutuculuk ve toplam hacme bağlıdır.	
İşlevler ve Değişken Çınlama Süresi Değerleri			Hardy	Barron	Long
Konuşma/ Tiyatro	Derslikler & Konferans Salonları		0.9 – 1.1		0.4 – 0.8
	Tiyatro Salonları		0.9 – 1.4	0.7 – 1.0	0.8 – 1.2
	Konuşma Yapılan Salonlar				1.0 – 1.6
Müzik	Kilise Orkestrası ve Koro/ Org müziği		2.0 – 2.4		1.7 – 2.2
	Senfoni müziği	Klasik Dönem	1.7 – 2.1	1.8-2.2	1.3 – 1.8
Opera			1.5 – 1.8	1.3-1.8	1.2 – 1.6
Müzikal			1.2 – 1.4		

SESİN HARAKETİNE GÖRE GELİŞTİRİLEN FİZİKSEL DEĞİŞKEN AKUSTİK TASARIM ELEMANLARI VE KULLANIM ÖNERİLERİ

Değişken İç Mekân Hacmi	Haraketli Tavan Uygulamaları	Dinleyici Bölümü	Bütün olarak Tasarlanan	Tavan yüksekliği oda genişliğinin 1/3'ü veya 2/3'ü kadardır. (Everest, 2009, s. 389).Bu nedenle tavan hareketiyle değişen hacmin, dönüştüğü her yeni hacimde, oda hacmiyle ilişkisinin kontrol edilmesi gerekir
			Bağımlı/Bağımsız panellerden oluşan	
			Açılır kapanır tavan	
	Sahne Bölümü	Sahne üstü(sahne kulesi) tavan sistemi, elektrikli vinçlerle hareket edebilmekte ve kulenin üst arka duvarında dikey olarak toplanabilmektedir.	Sahne kulesinde farklı akustik özellikte malzeme kullanılarak, hacmin toplam yutuculuğunda da değişkenlik elde edilebilir.	
Hareketli Bölücü/Panel Uygulamaları	Hareketli Sahne Önü Duvarı	Hareketli orkestra kabuğu uygulamaları	İç mekân hacmini azaltıp arttırarak çınlama süresi değişikliği sağlarken, aynı zamanda değişen işlevlerin farklılaşan sahne kullanımlarına imkân sağlamak için kullanılabilir.	
			Orkestra kabuğu, tavanında sesi müzisyenlere ve dinleyiciye iletmek için kullanılır. Özellikle müzikli işlevi hacimlerde kullanılması gerekir. Konuşma ve müzik işlevli kombinasyonunda kaçınılmazdır.	
	Yankı Odası Ekleme	Birleştirilmiş hacimler, birincil salondan enerjinin bir kısmını çıkarır ve daha sonraki bir zamanda ve daha düşük bir seviyede salona geri döndürürler. Bu nedenle çift eğimli çürüme sağlar. Bu mekâna, zıt özellikte olan netlik ve yankıyı eşzamanlı sağlar.		
Değişken Dinleyici Sayısı	Döşeme altı depolamalarında orkestra çukuru iyi bir depolama alanı yaratmaktadır. Orkestra çukuru, hareketli sahne asansörlerinden oluşan sistemdir. Hareketli sahne asansörleri mekânın dinleyici sayısı veya sahne alanı ihtiyacına göre, istenildiğinde salon zemin hizasına indirilip salona dâhil edilebilirken, istenildiği takdirde sahne hizasına yükseltilip sahne alanına katılabilecek veya bir ara istasyonda durup sahneyi kademeli olarak oluşturulabilecektir. Böylece, mekânın değişen işlevlerine uygun sahne oluşumlarını mümkün hale getirmektedir. Koltukların depolama alanına hareketi birçok farklı konfigürasyonda gerçekleştirilmekte; Tekerlekli oturma sistemi, raylı oturma sistemi, döşeme altına depolanabilen oturma sistemi ve geri çekilebilir oturma sistemi.			
Yüzeylerde Değişken Yutuculuk	Perde sistemleri	Perdeler farklı akustik yüzeylerin üzerini kapatarak yutuculuğu arttırabileceği gibi, yuva alanlarına depolanarak yutuculuğu azaltabilirler.		
	Afiş sistemleri	Afişler genellikle serbest asılıdır ve salonlarda yuvalar aracılığıyla geri çekilebilir. Maksimum emilim için afişin hem ağırlığı hem de gözenekliliği optimize edilmelidir. Dikey veya yatay depolanabilir.		
	Hareketli paneller	Menteşeli paneller Panjurlu paneller Abffusor Değişken rezonans sistemleri Döner elemanlar Portatif Üniteler	Paneller en etkili ve en ucuz değişkenlik sağlama yöntemidir. Hareket alanının iyi tasarlanması ve etkili değişim için kullanım miktarının yeterli olması gerekir. Yüzey yutuculuğunu veya yutuculuk frekans aralığını değiştirmek için kullanılırlar.	
Değişken Tasarım Yaklaşımlarının Kombinasyonu	Aynı hacim içerisinde birbirine zıt akustik özelliklere ve parametrelere sahip işlevlerin kombinasyonunda		Bütün tasarım yaklaşımları bir arada kullanılabilir.	
	Birbirinden farklı işlevlerin gerektirdiği iç mekân planlamasında ve farklı sahne biçimleniş ve alanı ihtiyacında		Hareketli Bölücü/Panel Uygulamaları, Değişken Dinleyici Sayısı Uygulamaları	

TEKNİK DESTEKLE GELİŞTİRİLEN DEĞİŞKEN AKUSTİK TASARIM YAKLAŞIMLARI VE KULLANIM ÖNERİLERİ	
Hacmin Yankılanmasını Uyarıcılar	Yankılanmayı uyarıcı için geliştirilen sistemlerin temel çalışma prensibi, salonun yansıma yapısını yüzeylere yerleştirilen elektronik ekipmanlarla toplam yansımayı artırarak değiştirmektir. Geliştirilen birçok sistem salon kapasitesine göre paketler halinde üretilmektedir. Tasarımcı, akustik uzmanlarla iş birliği içerisinde salonun toplam kapasitesine göre bu ekipmanlar paket halinde alabilmektedir.
Elektronik olarak ek yankılanma yaratanlar	Bu sistemlerin temel amacı, salonda gerçekleştirilen işlevlerin çınlama süresi değerlerini elde etmek için, geliştirilen işlemci tarafından ek yankılanma üretilmektedir. Elektronik olarak ek yankılanma oluşturan sistemlerde geliştirilen işlemci tarafından yankılanma oluşturulurken, hacmin yankılanmasını uyarıcı sistemlerde hacim yüzeylerinden yansıyan sesin oranı artırılmaktadır. İki sistemde yankılanma süresini sadece arttırabilmektedir. Sistem paket halinde üretilmektedir ve paket olarak alınabilmektedir.

Tablo 15. Değişken akustik tasarım, işlevlerin farklılık gösteren çınlama süresi değerleri, uygulanan değişken akustik tasarım yaklaşımları ve kullanım önerileri

Başarılı bir değişken akustik tasarım da sırasıyla şu aşamaların uygulanması gerekmektedir;

- Değişken akustik tasarım, projenin erken evrelerine dâhil edilmeli ve disiplinler arası bir çalışma ortamının oluşturulması gerekmektedir.
- Mekânın yapı akustiği açısından uygun koşulları sağlamasına dikkat edilmelidir.
- İşlevlerin kombinasyonu yapılırken işlev seçimleri doğru yapılmalıdır. Değişken akustik tasarım yaklaşımlarıyla çözülebilecek işlevlerin seçimine dikkat edilmelidir.
- Ana işlev için uygun mimari tasarım parametreleri (salon tipi, plan tipi, yüzey biçimlenişi, balkon tasarımı, sahne tasarımı, yüzey malzeme seçimi ve biçimlenişi vb.) göz önüne alınarak mekân biçimlendirilmelidir.
- Mekânın ana işlevine göre hacim akustiği koşulları sağlanmalı ve mekânın akustik kusurlardan arınmışlığına dikkat edilmelidir.
- Mekân ana işlev için uygun akustik koşulları sağladıktan sonra ikincil işlev için değişken tasarım yaklaşımları belirlenmeli ve ikincil işlev için de uygun hacim akustiği ve akustik kusurlardan arınmışlık sağlanmalıdır.
- Varsa üçüncül işlevler içinde bu koşullar devam ettirilmelidir.

Akustik salonlarda hangi tasarım yaklaşımının kullanılacağını işlevlerin kombinasyonu belirlemektedir. Tez Çalışmasında birbirinden aynı an işlev için tasarlanmış farklı ve ortak işlevleri barındıran ve bu işlevler için benzer ve farklı değişken akustik tasarım

yaklaşımlarını uygulamış örnek mekânlar seçilerek değişken tasarım yaklaşımları çınlama süresi değerini bakılarak incelenmiştir. İncelenen örneklerin ana işlev ve öngörülen diğer işlevler için uygun çınlama süresi değerini sağladığı ve değişken özellikte olduğu ortaya konulmuştur. Böylece farklı işlev kombinasyonlarına benzer ve farklı tasarım yaklaşımları uygulanarak çok fazla sayıda değişken akustik kombinasyonu oluşturulabileceği ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak, değişken akustik tasarım uzmanlık gerektiren ve disiplinler arası çalışılması gereken bir alandır. Bu nedenle akustik tasarımın erken tasarım evrelerinde düşünülmesi, disiplinler arası çalışmaların yapılarak oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca değişken akustik tasarımda hacmin yapı akustiğinin sağlanması ve akustik kusurlardan arınmışlığı tasarımın başarısında oldukça önemlidir. Bu çalışma değişken akustik tasarımın tasarım süreçlerini ve yaklaşımlarını ve değerlendirilmesini sunmakta ve tasarımcılara fayda sağlamayı amaçlamaktadır.

KAYNAKLAR

Asselineau, Marc. (2015). Building Acoustics. CRC Press

Barron, Michael. (2010). Auditorium Acoustics and Architectural Design, Second Edition. London and New York: Spon Press.

BBC Engineering. (1990). Guide to acoustic practice, 2nd Edition. London.

Çalışkan, Mehmet. (2011). Ahmet Adnan Saygun Sanat Merkezi'nin Akustik Özellikleri. Mimarlık Dergisi. 37.

Demirkale, Sevtap Yılmaz. (2007) Çevre ve Yapı Akustiği: Mimarlar ve Mühendisler İçin El Kitabı. İstanbul: Birsen Yayın Evi.

Egan, M. David. (2007). Architectural acoustics. USA: J.Ross Publishing.

Erişim: 14.07.2020. <http://www.zda.hu/hu/munka/muveszetek-palotaja-budapest>

Erişim: 14.07.2020. <http://www.cstb.fr/dae/en/nos-produits/carmen.html>

Erişim: 14.07.2020. <https://meyersound.com/product/constellation/>

Erişim: 14.07.2020. <https://meyersound.com/news/nine-trees/>

Erişim: 14.07.2020. <https://www.siap.nl/variable-acoustics/>

Erişim: 19.04.2020. <https://casstudio6.wordpress.com/types/>

Erişim: 08.05.2020. <http://www.zda.hu/hu/munka/muveszetek-palotaja-budapest>

Erişim: 18.05.2020. https://www.figueras.com/en/movable-solutions/1_movable-seating-solutions.html

Erişim: 19.04.2020.
https://arteconsultants.arteconsultants.net/03_projects/performing_arts_venues/palace_of_arts/press/national_philharmonic_hall_press_01.html

Erişim: 04.05.2020. <https://www.theatre-architecture.eu/en/db/?theatreId=184&detail=params&page=3&placeId=72>

Erişim: 04.05.2020. <http://www.kitervezte.hu/epuletek/kultura/nemzeti-hangversenyterem>

Erişim: 04.05.2020. <https://www.mupa.hu/rolunk/az-epuletrol/bartok-bela-nemzeti-hangversenyterem>

Erişim: 04.05.2020. <https://www.yumpu.com/hu/document/read/40143089/bartak-bala-nemzeti-hangversenyterem/5>

Erişim: 12.06.2020. <https://www.arup.com/tr-tr/projects/ahmed-adnan-saygun-arts-centre>

Erişim: 12.06.2020. <https://v3.arkitera.com/p432-ahmed-adnan-saygun-sanat-merkezi.html?year=&aID=2886>

Erişim: 12.06.2020. <http://www.sofito.com.tr/tr/l/2/PROJELER/32/Adnan-Saygun-Sanat-Merkezi.html>

Erişim: 12.06.2020. <https://tr.foursquare.com/v/Bartok-Bela-nemzeti-hangversenyterem/50ba4b21e4b080f3006d55b9/photos>

Ergin, Dirun. (2014). Gelişen Teknoloji Işığında Performans Mekânlarında İşitsel Konfor Gereksinimleri ve Akustik Tasarım Yaklaşımları. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. İstanbul.

Ermann, Michael. (2015). Architectural Acoustics Illustrated. Wiley.

Everest, F. Alton. (2001). Master Handbook of Acoustics, Fourth Edition. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.

Everest, F. A., & Pohlmann, K. C. (2009). Master Handbook of Acoustics, Fifth Edition. USA: McGraw-Hill Companies, Inc.

Gonda, Ferenc. (2006). National Concert Hall in the Palace of Arts, Budapest. Structural Engineering International journal. 1, s. 15,17.

Hardy, Hugh.(2006). Performing Art Facilities, John Wiley&Sons, Inc., New Jersey

Harris, Rob. (2010) Auditorium acoustic design: 30 years, 15 projects. Proceedings of the International Symposium on Room Acoustics, ISRA 2010. Melbourne, Australia.

Hasgöl, Esin. (2018). Konut Tasarımında Bir Kalite Unsuru Olarak Esneklik Temelli Yaklaşımların Değerlendirilmesi.(Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. İstanbul.

Holden, Mark. (2016). Acoustics of Multi-Use Performing Arts Centers. CRC Press.

Kendall, Stephen. (2006). An Introduction to Open Building: Harnessing Industry for a Dynamic and People-Centered Built Environment. INO Symposium. (Sunum). Bern.

Kepekcioglu, M. Batu. (2007). Fonksiyonel Esneklik Üzerine Kavramsal Bir Değerlendirme. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. İstanbul.

Long, Marshall. (2014). Architectural Acoustics, Second Edition. Boston: Elsevier Academic Press.

Maekawa, Z., Lord, P., Rindel, J., & Takahashi, T. (2011). Environmental and architectural acoustics, Second Edition. Spon Press

Mutlu, Özlem. (1998). Büro Binalarında Hazır Bölücü Elemanlarla Mekân Tasarımında Planlama Sorunları. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. İstanbul.

Orlowski, Rafal. (Tarihsiz) Multi-purpose Halls And Variable Acoustics. Erişim: 13.07.2020 http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Sevilla02_rba02010.pdf.

Özdemir, İlkay. (1994). Mimari Mekânın Değerlendirilmesinde Mekân Örgütlenmesi Kavramı, Konutta Yaşama Mekânları. (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. Trabzon.

Öztan, Erdinç. (2016) AASSM Küçük Salonu'nun Hacim Akustiği Açısından Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü. Müzik Bilimleri Anabilim Dalı. İzmir.

Özyıldırım, Mehmet Cevat. (2010). Kapalı Mekânların Akustik Tasarımında Ses Güçlendirme Sistemlerinin Uygulanma Koşulları. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. İstanbul.

Rossing, Thomas D. (2014). Springer Handbook of Acoustics, 2nd Edition. Berlin: Springer.

Rougier, C., & Schmich, I. (2010). Contrôlé actif de l'acoustique du "Palace des Arts", Miskolc, Hongrie. 10ème Congrès Français d'Acoustique. Lyon

Türk, Ezgi. (2011). İstanbul'daki Salonların Akustik Kalitesinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Mimarlık Anabilim Dalı. İstanbul

Valentine, J., & Day, C. (1998) Acoustic design and performance of the Bruce Mason Theatre. Erişim: 14.07.2020.
https://www.marshallday.com/media/1344/7_acoustic_design_and_performance_of_the_bruce_mason_theatre_-c-_marshall_day_acoustics_1998-2003.pdf

Yüksel, Zerhan., & Erdoğan, Sevda. (2007). Haşim İşcan Kültür Merkezi Çok Amaçlı oditoryum ve Küçük oditoryum Gürültü Denetimi Yönünden Değerlendirilmesine İlişkin Rapor. Mimarlıkta Malzeme, 6, s.142, 155.

Yüksel, Zerhan. (2011). Yapı Fiziği II Hacim Akustiği Ders Notları. Erişim: 14.07.2020.
<https://docplayer.biz.tr/69283232-Yapi-fizigi-ii-hacim-akustigi.html>

Yürekli, Ferhan. (1983). Mimari Tasarımda Belirsizlik; Esneklik/Uyabilirlik İhtiyacının Kaynakları ve Çözümü üzerine bir araştırma. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayını.