

**ÇOK AMAÇLI SALONLARIN
AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRMESİ:
F. Ü. ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ ÖRNEĞİ**

**Sefa TOKTAŞ
091125104**

**Yüksek Lisans Tezi
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. U.Teoman AKSOY
AĞUSTOS-2011**

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK AMAÇLI SALONLARIN AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRMESİ:
F. Ü. ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sefa TOKTAŞ
091125104**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Ağustos 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Eylül 2011**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. U. Teoman AKSOY (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. C. Emin EKİNCİ (F.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Gülşad USLU (F.Ü)**

AĞUSTOS-2011

ÖNSÖZ

Bu çalışmada bana her türlü konuda yardımcı olan bilgilerini esirgmeden benimle paylaşan danışman hocam Doç. Dr. U. Teoman AKSOY 'a ve Yapı Eğitimi Bölüm Başkanı Doç. Dr. Ömer KELEŞOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Sefa TOKTAŞ

ELAZIĞ - 2011

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	X
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XI

1. GİRİŞ.....	1
2. SES VE SESİN ÖZELLİKLERİ	3
2.1. Ses ve Sesin Yayılma Hızı	3
2.2. Frekans, Perde, Dalgaboyu.....	3
2.3. Ses Basıncı ve Ses Şiddeti.....	5
2.4. Akustik Güç Seviyesi	7
2.5. Maskeleye Etkisi	7
3. KAPALI MEKANLARDA SESİN YAYILMASI SİRASINDA OLUŞAN OLAYLAR	9
3.1.Sesin Yansıtılması.....	9
3.2. Sesin Yutulması.....	10
3.2.1. Ses Yutucu Malzemeler	11
3.2.2. Ses Yutucu Malzemelerin Kullanılması.....	11
3.2.3. Ses Yutucu Malzemeler Sesi Yutma Oranları ve Çarpanları	12
3.2.4. Ses Yutucu Malzemeler Kullanılarak, Sesin Bir Hacimden Başka Bir Hacime Geçmesinin Önlenmesi	13
3.3. Sesin Yayılımı	13
3.4. Sesin Kırılması	13
3.5. Reverberasyon	14
3.6. Akustik Kusurlar	15

4. AKUSTİK PERFORMANS İLE İLGİLİ TEORİK VE DENEYSEL YÖNTEMLER.	17
4.1. Teorik Yöntemler	17
4.1.1. İstatiksel Yöntemlerle Reverberasyon Süresinin Hesaplanması	17
4.1.1.1. Sabine Yöntemi	17
4.1.1.2. Eyring Yöntemi	19
4.1.1.3. Stephens & Bate Yöntemi	20
4.1.2. Geometrik Yöntem	20
4.2. Deneysel Yöntemler	20
4.2.1. Reverberasyon Süresinin Ölçülmesi	20
4.2.2. Ses Basınç Düzeyinin Ölçülmesi	22
5. TEORİK YÖNTEMLERLE F.Ü. ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİNİN AKUSTİK PERFORMANS UYGULAMALARI	24
5.1. Hacim Özellikleri	24
5.2. Toplam Oturma Alanı	27
5.3. İzleyici Sayısı ve Yüzeyler	28
5.4. Hacim Akustiği Alanında Yapılmakta Olan Analizler	28
5.4.1. Geometrik Yöntem Analizi	31
5.4.1.1. Hacim İçinde Yer Alan Elemanların Boyutlarının Sesin Dalgaboyu İle Kıyaslanması Sonucu Yansıtıcılık Analizi Yapılması	31
5.4.1.2. Hacim İçinde Yer Alan Elemanların Yüzeylerinin Ses Kaynağından Aldıkları Işınları Yansıttıkları Doğrultuların Analizi	42
5.4.1.3. Hacim İçindeki Koltukların, Etkin Yansıtıcı Panolardan Aldıkları Yansımalarla Göre Değerlendirilmesi	51
5.4.2. İstatiksel Yöntem Analizi	58
5.4.2.1. Sabine Yöntemine Göre Reverberasyon Sürelerinin Hesaplanması	74
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR	94
ÖZGEÇMİŞ	97

ÖZET

Bu yüksek lisans tezinde, F.Ü. Atatürk Kültür Merkezi Salonu, işitsel konforu sağlamak amacıyla hacim akustiği esaslarına göre incelenmiştir. Çok amaçlı salonların, projelendirmesinde mimari akustik ihtiyaçları göz önüne almak bu tezde ulaşılmak istenen hedeflerdir. Araştırmada, F.Ü. Atatürk Kültür Merkezi Salonu ses basınç düzeyi, ses yayılımı, reverberasyon süresi gibi hacim akustiği parametrelerine göre incelenmiş ve teorik yöntemlerle (geometrik ve istatistiksel teori kapsamında olmak üzere) değerlendirilmiştir. Çalışma, mimari plan, kesit ve detay çizimleriyle desteklenmiştir. Değerlendirme de, tablo ve şekiller oluşturulup karşılaştırılmış ve öneriler sunulmuştur. Ayrıca, salondaki akustik kusurlara karşı alınabilecek önlemler ve uygulanabilecek tasarım alternatifleri de önerilmiştir. Böylece çok amaçlı salonların projelendirmesinde mimari ve akustik tasarımın birlikte ele alınması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ses-Gürültü, Akustik Performans, Hacim Akustiği, Reverberasyon Süresi, Mimari Akustik.

SUMMARY

Evaluation in Terms of Acoustic of the Multi-Purpose Halls : Example of the F. Ü. Atatürk Cultural Center

This master's thesis, F.Ü. Ataturk Cultural Center Hall, in order to provide visual comfort, according to the acoustics volume principles were examined. Objectives of this thesis is the design of a multi-purpose hall is to take into account the architectural acoustic requirements. In this study, F.Ü. Atatürk Cultural Center Hall examined such as sound pressure level, sound propagation, reverberation time according to volume acoustic parameters and by theoretical methods (including the scope of the geometrical and statistical theory) have been evaluated. The study was supported with architectural plans, sections and detail drawings. In Assessment, tables and figures are created and compared and recommendations have been presented. Also, measures can be taken against defects in the hall acoustics and the proposed design alternatives can be applied. Therefore, the architectural and acoustic design for project planning for a multi-purpose hall should be considered together.

Key Words: Sound-Noise, Acoustic Performance, Volum Acoustic, Reverberation Time, Architectural Acoustics.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Titreşen bir diyapozun zamana göre oluşturduğu frekans ve dalgaboyu	4
Şekil 2.2. Titreşen bir ses kaynağının oluşturduğu basınç değişikliği(saf ton).....	5
Şekil 2.3. Ses basınç düzeyi ile ses basıncı kuvveti arasındaki ilişki	5
Şekil 3.1. Sesin tipleri ve yayılmaları	10
Şekil 5.1. F.Ü. Atatürk Kültür Merkezi'nin ayrıntılı plan şeması	29
Şekil 5.2. F.Ü. Atatürk Kültür Merkezi' nin ayrıntılı kesit şeması	30
Şekil 5.3. 1 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	31
Şekil 5.4. 2 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	32
Şekil 5.5. 3 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	32
Şekil 5.6. 4 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	33
Şekil 5.7. 5 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	33
Şekil 5.8. 6 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	34
Şekil 5.9. 7 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	34
Şekil 5.10. 8 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	35
Şekil 5.11. 9 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	35
Şekil 5.12. 10 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	36
Şekil 5.13. 11 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	36
Şekil 5.14. 12 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	37

Şekil 5.15. 13 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	37
Şekil 5.16. 14 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	38
Şekil 5.17. 15 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	38
Şekil 5.18. 16 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	39
Şekil 5.19. 17 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	39
Şekil 5.20. 18 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	40
Şekil 5.21. 19 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	40
Şekil 5.22. 20 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyları ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi	41
Şekil 5.23. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavanın yansıtıcılık analizi (A-A kesiti)	42
Şekil 5.24. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavanın yansıtıcılık analizi (B-B kesiti)	43
Şekil 5.25. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavanın yansıtıcılık analizi (C-C kesiti)	43
Şekil 5.26. Sahne kapısının yansıtıcılık analizi	44
Şekil 5.27. 1 no'lu yan duvar yansıtıcılık analizi	44
Şekil 5.28. Servis kapısının yansıtıcılık analizi	45
Şekil 5.29. 2 no'lu yan duvar yansıtıcılık analizi	45
Şekil 5.30. 3 no'lu arka duvar yansıtıcılık analizi	46
Şekil 5.31. A izleyici giriş kapısı yansıtıcılık analizi	46
Şekil 5.32. 4 no'lu arka duvar yansıtıcılık analizi	47
Şekil 5.33. B izleyici giriş kapısı yansıtıcılık analizi	47
Şekil 5.34. Kumanda odası yansıtıcılık analizi	48
Şekil 5.35. C izleyici giriş kapısı yansıtıcılık analizi	48
Şekil 5.36. 5 no'lu arka duvar yansıtıcılık analizi	49
Şekil 5.37. D izleyici giriş kapısı yansıtıcılık analizi	49
Şekil 5.38. 6 no'lu arka duvar yansıtıcılık analizi	50
Şekil 5.39. 7 no'lu yan duvar yansıtıcılık analizi	50

Şekil 5.40. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavandan yansıyan ses ışınlarının koltuklara göre durumu (A-A kesiti)	52
Şekil 5.41. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavandan yansıyan ses ışınlarının koltuklara göre durumu (B-B kesiti)	54
Şekil 5.42. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavandan yansıyan ses ışınlarının koltuklara göre durumu (C-C kesiti)	56
Şekil 5.43. Asma tavanın sayısal ve fiziksel özellikleri	59
Şekil 5.44. Yan duvarların sayısal ve fiziksel özellikleri	60
Şekil 5.45. Yan duvarların sayısal ve fiziksel özellikleri	61
Şekil 5.46. Arka duvarın sayısal ve fiziksel özellikleri	62
Şekil 5.47. Geçiş alanı döşemesinin sayısal ve fiziksel özellikleri	63
Şekil 5.48. Oturma alanı döşemesinin sayısal ve fiziksel özellikleri	64
Şekil 5.49. Kontrol odası duvarının sayısal ve fiziksel özellikleri	65
Şekil 5.50. Kontrol odası altı tavanı sayısal ve fiziksel özellikleri	66
Şekil 5.51. Kontrol odası camları sayısal ve fiziksel özellikleri	67
Şekil 5.52. Servis kapılarının sayısal ve fiziksel özellikleri	68
Şekil 5.53. İzleyici giriş kapılarının sayısal ve fiziksel özellikleri	69
Şekil 5.54. Oturma elemanlarının sayısal ve fiziksel özellikleri	70
Şekil 5.55. Sahne döşemesinin sayısal ve fiziksel özellikleri	71
Şekil 5.56. Sahne parapetinin sayısal ve fiziksel özellikleri	72
Şekil 5.57. Perdenin sayısal ve fiziksel özellikleri	73
Şekil 5.58. I. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği	75
Şekil 5.59. II. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği	76
Şekil 5.60. III. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği	77
Şekil 5.61. IV. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği	78
Şekil 5.62. V. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği	79
Şekil 5.63. VI. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği	80
Şekil 5.64. VII. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği	81
Şekil 5.65. VIII. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği	82
Şekil 6.1. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre plan şeması.....	86
Şekil 6.2. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi. ..	86

Şekil 6.3. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi. ..	87
Şekil 6.4. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi. ..	87
Şekil 6.5. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi. ..	88
Şekil 6.6. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi. ..	88
Şekil 6.7. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre kumanda odası yansıtıcılık analizi.	89
Şekil 6.8. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi. ..	89
Şekil 6.9. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi. ..	90
Şekil 6.10. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi. ..	90
Şekil 6.11. Ahşap bazlı petek yüzeyli ses dağıtıcı yapı malzemesi – poliüretan esaslı ses dağıtıcı yapı malzemesi	91
Şekil 6.12. Akustik piramit ses yutucu malzemeler	91

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Çeşitli kaynakların ses şiddeti düzeyinin desibel cinsinden değerleri	6
Tablo 3.1. Ses yutucu malzemelerin frekanslara göre yutma çarpanları	12
Tablo 5.1. Farklı tipteki salonlar için kişi başına düşen optimum hacim	25
Tablo 5.2. A-A Kesit analiz sonuçları	53
Tablo 5.3. B-B Kesit analiz sonuçları	55
Tablo 5.4. C-C Kesit analiz sonuçları	57
Tablo 5.5. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı (I. Alternatif).....	75
Tablo 5.6. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı (II. Alternatif)	76
Tablo 5.7. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı (III. Alternatif)	77
Tablo 5.8. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı (IV. Alternatif)	78
Tablo 5.9. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı (V. Alternatif)	79
Tablo 5.10. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı (VI. Alternatif)	80
Tablo 5.11. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı (VII. Alternatif).....	81
Tablo 5.12. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı (VIII. Alternatif)	82

SEMBOLLER LİSTESİ

c	: Sesin hızı (m/sn)
$1_m / c$	: Hacimdeki ortalama serbest yol (m)
d	: Uzaklık (m)
f	: Sesin frekansı (Hz)
I	: Ses şiddeti (watt/cm ²)
L_p	: Ses şiddeti seviyesi (dB)
P	: Akustik ses basıncı (N/m ²)
P₀	: Referans ses basıncı (N/m ²)
P_a	: Yüzeylerin yutuculuk yüzdesi
r	: Konuşma amacı için katsayı
S	: Oda yüzey alanı (m ²)
S_A	: İzleyici oturma alanı (m ²)
S_C	: Koro alan (m ²)
S_O	: Orkestra çukuru açık alanı (m ²)
S_P	: Perde önü açıklığı (m ²)
S_T	: Toplam alan (m ²)
SBS	: Bir sesin basınç seviyesi
T	: Reverberasyon süresi (sn)
t₁	: Zaman (sn)
V	: Hacim (m ³)
W	: Ses basıncı (watt)
α	: Ses yutma katsayısı (m/sn)
λ	: Dalga boyu (m)

1.GİRİŞ

Kapalı alan performansını, iç ortamda kullanıcı konforunun düzeyine bağlı değerlendirmek söz konusu olduğunda, iç ortam sıcaklığı, hava kalitesi, aydınlık düzeyi ile gürültü ve ses denetimi, performansın ana belirleyicileri olarak görülebilir [1]. Ses, dalgalar halinde yayılan bir enerji olup kulak tarafından algılanabilen hava, su ya da benzeri bir ortamdaki parçacıkların titreşimini ve bu titreşimlerin komşu parçacıklara iletmesiyle oluşur. Ortamdaki parçacıkların titreşimi ile oluşan dalgalar, havada basınç değişiklikleri oluşturur. Bu basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilir ve beyin tarafından “ses” olarak algılanır [2].

Akustik, sesin oluşumu, denetimi, iletimi, karşılaması ve bunların etkilerini inceleyen bilim dalı olarak tanımlanabilir. Kapalı ortamda kullanıcı gereksinimini karşılayacak ses düzeyi, frekans dağılımı ve reverberasyon süresinin belirlenmesi ile mekân akustik performansının tanımlanması mümkündür. Emici malzeme ve hava boşluğuyla oluşturulan ses yutucu inşaat panelleri mimari akustik ve gürültü kontrol problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [3]. Bolt’un 1947 yılındaki çalışmasından sonra çok sayıda araştırma yapılmıştır [4]. Örneğin Ingard ve Bolt ince gözenekli malzeme ve hava boşluğuyla oluşan delikli panellerin akustik performansını ve ses yutma katsayılarını incelemiştir [5]. Callaway ve Ramer deneysel yöntemler ile malzeme yoğunluğunu arttırmanın önemini göstermiştir [6]. Ingard sesin boşlukta yayılmasıyla oluşan kusurların akustik dirence etkisini incelemiştir [7]. Davern [8] deneysel yöntemler ile ses yutma katsayısı ve altı faktör arasındaki ilişkiyi incelemiş, Zong ve Liu [9] ise 1997’de ses yutucu malzeme ile alimünyum delikli panellerin ses yutma özelliklerini araştırmıştır. Çok geniş kapsamı olan akustik konusu, gürültü denetimi ve hacim akustiği olarak iki temel bölümde incelenir. Gürültü denetimi, insan kulağının konfor koşulları dâhilinde istenen ses ve gürültü düzeylerinin belirlenmesi ve bunun doğrultusunda gerekli kontrolün yapılması ve önlemlerin alınmasıdır. Hacim akustiği ise ses dağılımının ön planda olduğu konser salonları, oditoryumlar v.b. mekanlardaki optimum akustik düzenlemeyi içerir [10]. Akustik, tasarım parametrelerinin en önemli değişkenlerinden biridir ve istenmeyen ses olaylarının engellenmesi için sorunların tasarımıyla birlikte çözülmesi gerektiği unutulmamalıdır [11].

Bu tezde, Fırat Üniversitesi Atatürk Kültür Merkezi’nin ses ve akustik performansı değerlendirilmiştir. 1967 yılında yapılmış bu binanın akustik performansının

değerlendirilmesi ile akustik kusurları belirlenerek, çözüm önerilerinin sunulması amaçlanmıştır. Bu incelemeler Geometrik ve İstatiksel Teori olmak üzere iki ana başlık altında yapılmıştır. Amacı ne olursa olsun, bir salonun akustik açıdan kendisinden bekleneni yerine getirmesinde birçok faktör etkilidir. Bunların farklı başlıklar altında sınıflandırılması mümkündür. Bu nedenle öncelikle ses ve akustik ile ilgili tanım ve açıklamalar yapılacaktır. Daha sonra akustik açıdan performans değerlendirmelerinde kullanılan yöntemler örnek şekil ve tablolar yardımıyla anlatılacaktır.

2. SES VE SESİN ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde ses, sesin özellikleri ile ilgili tanımlar ve sesin kapalı mekânlardaki yayılımı ele alınmıştır.

2.1. Ses ve Sesin Yayılma Hızı

Elastiki bir ortamda insan kulağının algılayabildiği küçük basınç dalgalanmalarının oluşturduğu duyuma ses denir. Ortamın denge basıncı civarında oluşan bu basınç dalgalanmalarının ses olarak algılanabilmesi için belirli özelliklere sahip olması gerekir. Sesin oluşumu için bir ses kaynağına, basınç dalgalanmalarının yapılabileceği elastiki bir ortama ve bir alıcının varlığına ihtiyaç vardır. Ses, genel bir terimdir. Belli bir frekanstan ve onun uyumlularından (harmonilerinden) oluşan ve bir nota ile belirlenebilen sesler de (müzik sesleri gibi), uyumsuz pek çok frekanstan oluşan gürültüler de bu tanıma girer [12].

Sesin havada yayılma hızı, havanın sıcaklığı ve nem oranı ile ufak değişiklikler gösterir. Sesin, 20 °C oda sıcaklığında, hızı 344 m/sn'dir [13]. Sesin yayılma hızı;

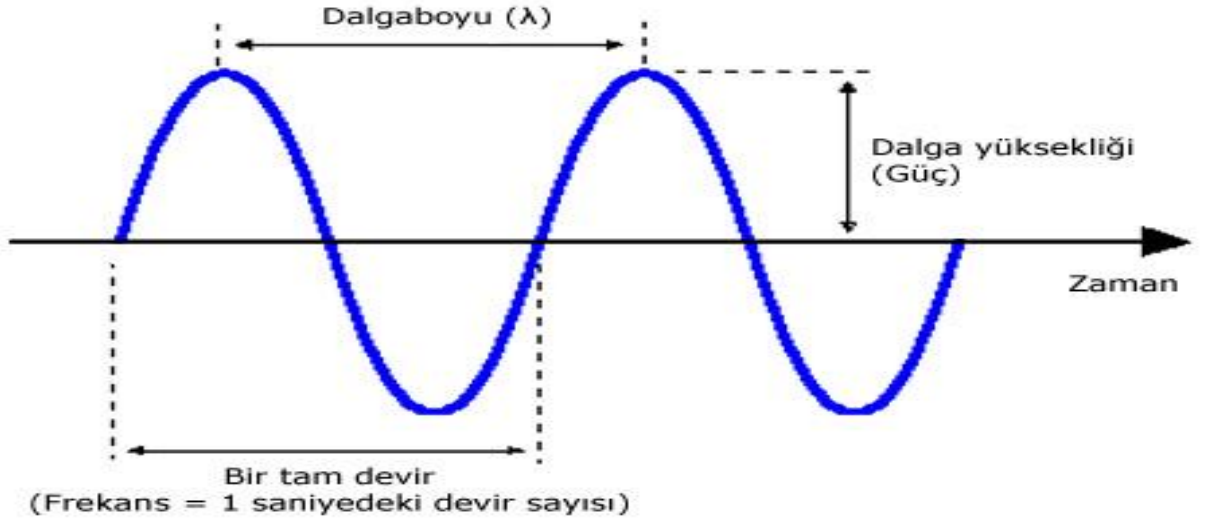
Suda	1450 m/s
Betonda	4000 m/s
Çelikte	5000 m/s'dir.

Sesin yayılma hızının, ses basınç düzeyinin ve bu düzeyin uzaklıkla azalışının, ses geçiş kaybı ile ilgisi yoktur.

2.2. Frekans, Perde, Dalgaboyu

Ses dalgasının birim zamanda uğradıkları değişim ya da devir sayısı olan frekansın birimi Hertz'dir. Ses titreşimlerinin frekansı 16 Hz'ten 18.000 Hz'e kadar değişir. Titreşen bir diyapozun zamana göre oluşturduğu frekans ve dalga boyu Şekil 2.1.'de gösterilmiştir [14]. Ses dalgalarının frekansı dalga periyodunun tersine eşittir. Frekansı yüksek olan sesler tiz, düşük olan sesler ise pes olarak nitelendirilir.

Çok kalın seslerin frekansı	16- 100 Hz
Kalın seslerin frekansı	100- 400 Hz
Orta seslerin frekansı	400- 1600 Hz
Çok ince seslerin frekansı	6400-18000 Hz olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.1. Titreşen bir diyapozun (ses kaynağının) zamana göre oluşturduğu frekans ve dalga boyu

Perde, düşük frekanstan yüksek frekansa uzanan bir ölçek üzerinde seslerin sıralanmasına yardım eden işitsel duyudur ve frekansla birlikte artar ya da azalır. Perde, frekansın fiziksel özelliğine psikolojik bir tepkidir. Eğer noktanın frekansı ikiye katlanırsa, perde tam olarak bir oktav artar, ancak perde aynı zamanda notanın şiddetine bağlıdır [15].

Perdesi olan bir ses duyusu ton adını alır ve eğer tek bir frekanstan oluşuyorsa buna saf ton ya da basit ton denir. Titreşen bir ses kaynağının oluşturduğu basınç değişikliği (saf ton) Şekil 2.2.'de gösterilmiştir [16].

Titreşen bir nesnenin aynı noktadan aynı yönde peşi peşine iki geçişi ile tamamlanan olaya ya da bu olayın süresine periyod denir. Diğer bir ifadeyle ses dalgasının kendini yinelemesi için geçen süredir.

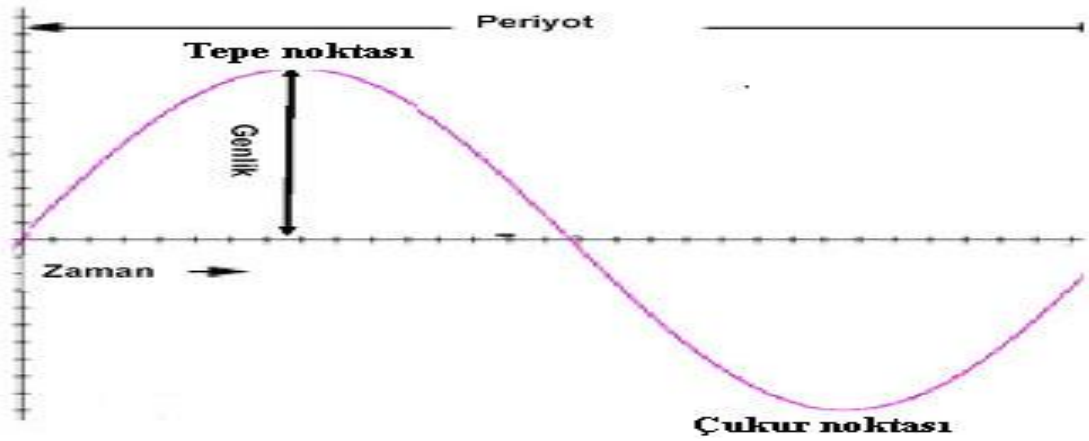
Dalga boyu ise, yayılan bir titreşim olayının, devir süresi içinde geçtiği yolun boyudur. Dalga boyu, devir süresi, titreşimin yayılma hızı ile çarpılarak ya da bu hız frekansa bölünerek bulunur. En ince seslerin dalga boyu yaklaşık 2 cm, en kalın seslerin dalga boyu yaklaşık 20 m'dir [14]. Dalga boyu aşağıdaki formül ile hesaplanır [10].

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

λ : dalga boyu, m

c: sesin hızı, m/sn

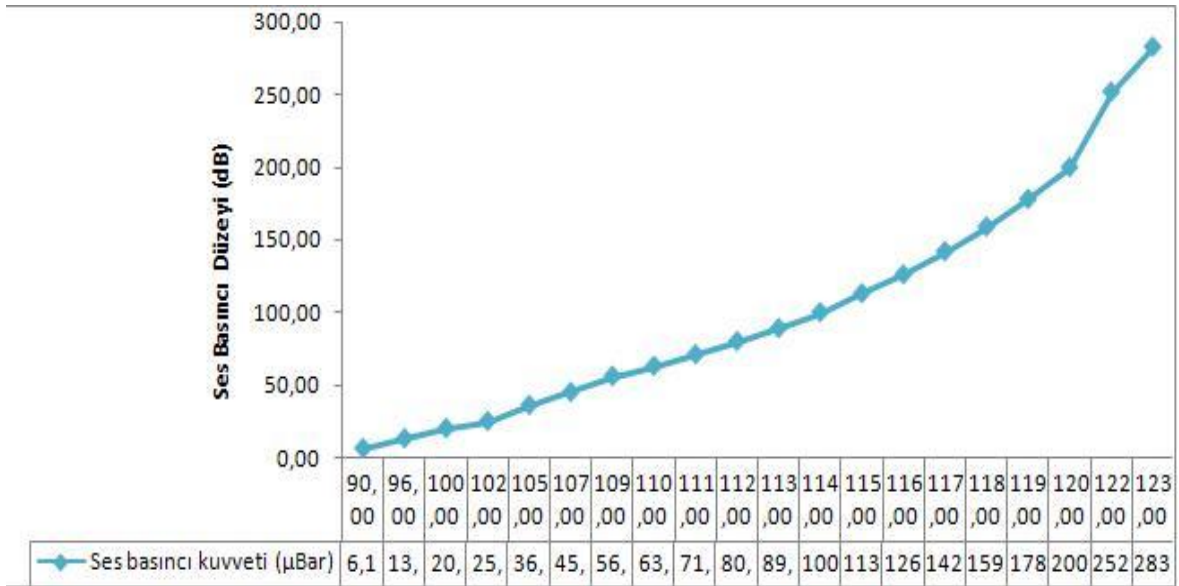
f: sesin frekansı, Hz



Şekil 2.2. Titreşen bir ses kaynağının oluşturduğu basınç değişikliği (saf ton)

2.3. Ses Basıncı ve Ses Şiddeti

Bir ses dalgasına bağlı olarak hava partiküllerinin titreşimi yoluyla atmosferik basınçtaki dalgalanmaya ses basıncı denir. Her ses dalgası bir P basınç değeriyle nitelendirilmektedir. Birimi pascal (Pa) ya da mikro Bar (μBar)’dır. Ses basınç düzeyi ile şiddeti arasındaki ilişki Şekil 2.3.’de verilmiştir. Fiziksel akustikte ses basıncını ölçmek için kullanılan skala çok geniş bir diziye yayılır ancak kulağın her şiddetteki ses basınç farklılıklarına eşit derecede cevap vermediği gerçeğine dayanarak ses basınçları bir skala üzerinde (desibel, dB) ölçülür. Ayrıca ses basıncı ile ses şiddeti arasında karesel bir bağ vardır. Ses basıncı iki kat artarsa, ses şiddeti dört kat artar [16].



Şekil 2. 3. Ses basınç düzeyi ile ses basıncı kuvveti arasındaki ilişki

Ses şiddeti, ses dalgasının ses yayılma doğrusuna dik bir düzlem içindeki 1cm^2 yüzeye 1 sn’de verdiği ses enerjisidir veya ses gücüdür. Birimi Watt’ dır. Bir dalganın ses kaynağına uzaklığı iki kat arttığında, küresel alan dört katı artar. Ses şiddeti uzaklığın karesiyle orantılı olarak azalır. Çeşitli ses şiddeti düzeyleri desibel cinsinden Tablo 2.1.’de gösterilmiştir [17].

Ses şiddeti = ses basıncı / toplam küresel alan

$$I = W / 4\pi d^2 \quad (2.2)$$

I: ses şiddeti, watt/cm^2

W: ses basıncı, watt

d: uzaklık, cm

Tablo 2. 1. Çeşitli kaynakların ses şiddeti düzeyinin desibel cinsinden değerleri

Kaynak (mesafeye bağlı olarak)	dB
Hiroşima ve Nagazaki’ye atılan atom bombaları	248
İnsanın ses dalgasından ölümü (şok)	202-198
Büyük bir jet motorunun içindeki ses	164
Silah sesi	133
İnsan saçının titreşimi hissetmeye başlaması	128
Davula vurma anı	125
Ortalama bir müzik setinin max sesi	100
Gürültülü ofis	80
Kalabalık cadde, büro, lokanta vb. yerlerde	80-60
Arka plan gürültüsü altında normal konuşma	60
Sessiz konuşma	30
Fısıldama çok sessiz	20
İnsanın nefes alması	10
3m ötede bir sivrisinek	0
20 mil ötede koşan bir insan	-30

2.4. Akustik Güç Seviyesi

Ses kaynağının yaydığı ses gücüne akustik güç denir. Birimi Watt’dır. Normal basınç ve sıcaklıkta akustik güç seviyesi, ses basınç seviyesinden yaklaşık 0,5 dB daha küçüktür [14].

Ses seviyesi birimi desibel (dB)'dir. Ses yayılması sırasında değişen atmosferik basınç denge basıncına göre farklıdır. Ses basınç düzeyi 0,0002 Newton/m² lik standart referans ses basınç seviyesine oranlanarak bulunur [14]. dBA ise belli durumlar için kulağın duyarlılığı ile dengelenmiş bir ölçme biçiminin kullanıldığını gösteren simgedir [18].

Verilmiş bir ses şiddetinin kendisinden 10 kat az diğer bir ses şiddetine oranının 10 tabanına göre logaritmasına eşit ses şiddetine Bel, bunun onda birine ise Desibel denir. İnsan kulağının en çok duyarlı olduğu orta ve yüksek frekansların vurgulandığı ses değerlendirme birimine ise dBA denir.

Ses şiddeti seviyesi tarzında tarif edilir ve

$$L_p = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} \text{ 'dir. Burada; } \quad (2.3)$$

L_p = ses şiddeti seviyesi (dB)

P = ses basıncı (N/m²)

P_0 = referans ses basıncı (TS 187'e göre 2×10^{-4} N/m²) dir.

İnsanlar üzerinde olumsuz etki yapan ve hoş gitmeyen seslere gürültü denir [19]. Başka bir ifadeyle gürültü, istenmeyen ve dinleyene bir anlam ifade etmeyen seslerdir. Bir gürültü kaynağı belli bir uzaklıkta örneğin 50 dB düzeyinde bir algılamaya neden oluyorsa, aynı koşullarda ve aynı güçte;

2 gürültü kaynağı 53 dB

4 gürültü kaynağı 56 dB

8 gürültü kaynağı 59 dB düzeyinde bir algılamaya neden olur. dB cinsinden toplama ve çıkarmalarda özel formüller kullanılır.

En sessiz bölgede bile yaklaşık 20 dB düzeyinde bir gürültü vardır. Normal konuşmada 40 - 50 dB, kalabalık cadde, büro, lokanta gibi yerlerde yaklaşık 60 - 80 dB gürültü oluşur. 90 - 100 dB çok yüksek, 110 - 120 dB kulakları acıtacak derecede yüksek düzeyleri gösterir. 130 - 140 dB'de kulak zarı yırtılabilir [14].

2.5. Maskeleye Etkisi

Maskeleye, bir ses ya da gürültünün bir başka ses ya da gürültüyü bastırması, yani algılanamaz duruma getirmesidir. Maskeleye ile maskelenenin özellikleri bu olayda büyük rol oynar [19].

Hafif bir ses, sessizce bir hacimde anlaşılabilir olsa da, bir uçak motoru yanında yüksek bir sesin duyulması güçtür. Sesin, daha güçlü bir ses kaynağı tarafından çıkarılan ses tarafından boğulması ya da maskelenmesinin nedeni; işitsel sinirlerin, tüm etkileri aynı anda beyine iletmesidir. Maskeleye etkisi, akustik tasarımın istenmeyen doğrultuda olduğu salonlarda, istenmeyen gürültülerin, istenen seslerin duyulmasını güçleştiren hatta olanaksız kılan etkiye verilen addır [20].

Düşük frekanslı sesler, genel olarak yüksek frekanslı sesler üzerinde, maskeleye etkisi yapar. Bu nedenle, sadece dışarıdan gelebilecek gürültüler değil, aşırı miktardaki düşük frekanslı sesler, tüm işitme frekansı dizisindeki istenen sesleri maskeleyebileceğinden dolayı, konuşma ya da müzik içinde ciddi karışıklıklara yol açabilir. Bunu önlenmesinde atılacak en gerçekçi adım, salonun akustik açıdan tasarımına önem verilmesidir. Ancak belli bir sürekliliği olup, fazla yüksek olmayan gürültüler bir süre sonra kabul edilebilir bir arka plan gürültüsü olarak algılanır ve hatta olası rahatsız edici başka gürültülerin, psikolojik olarak daha az duyulmasını sağlayabilir [17].

3. KAPALI MEKÂNLARDA SESİN YAYILMASI SIRASINDA OLUŞAN OLAYLAR

Farklı amaçlara yönelik hacimlerin tasarlanmasında, mimar, kapalı hacimler ile ilgili akustik problemleri dikkate alırken, bunların, açık havadaki sesin davranışlarına oranla daha karmaşık yapıda olduğunun bilincinde olmalıdır. Bir hacimde ses dalgaları yüzeylere çarptığında; direkt ses ışını, yansıma, yutulma, saçılma, kırılma, geçirilme, strüktür içinde kaybolma, strüktür tarafından iletilme gibi farklı şekillerde davranır [21].

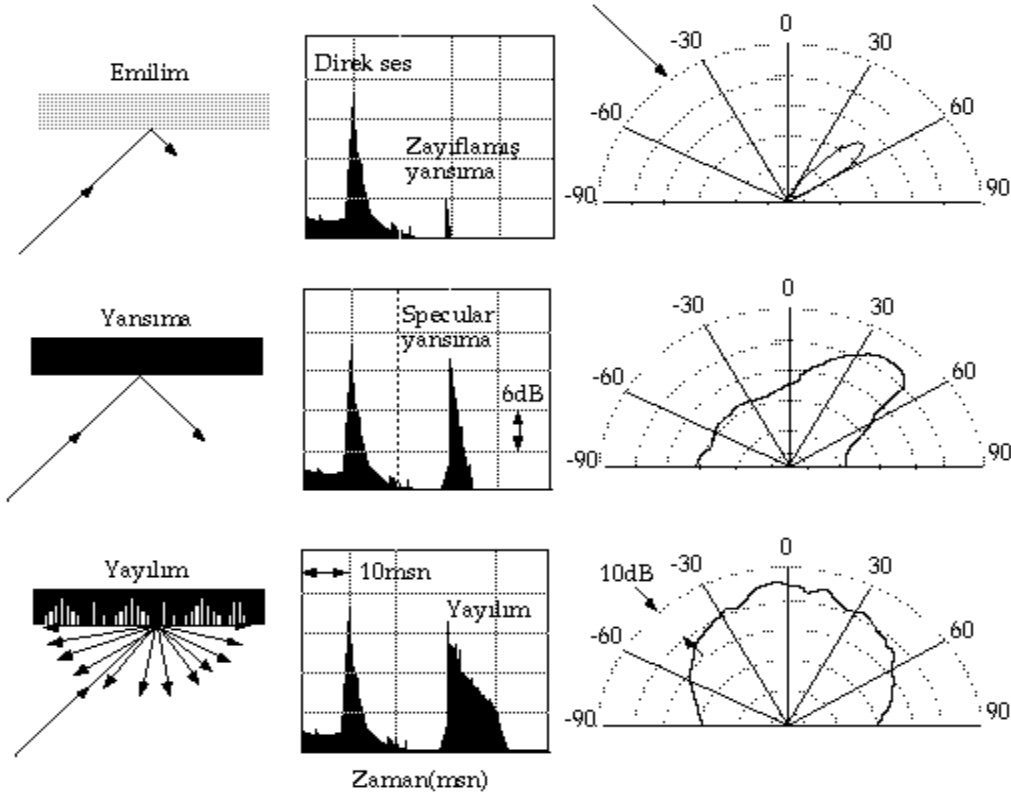
3.1. Sesin Yansıtılması

Ses kaynağından çıkan ses dalgalarının bir yüzeye çarpıp geldiği ortama geri dönmesine sesin yansıması denir. Seste ışık gibi yansıma özelliğine sahiptir. Sesin yansıması için kullanılan yüzeyin ışıktaki olduğu gibi düzgün ve pürüzsüz olması gerekir. Sesin yansıması olayında da, ışığın yansıması olayında olduğu gibi yansıma kanunları geçerlidir [22]. Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi; yansıtıcı yüzeye gelen ses dalgası, yüzeyin normali ile eşit açı yapacak şekilde yansır. Yansıma olayında daima gelme açısı yansıma açısına eşittir.

Yansıma olayında ses kaynağından çıkan ses dalgalarının çarptığı yüzeyin düzgün veya pürüzlü olması, yüzeyden yansıyan ses dalgasının miktarını değiştirmez. Yüzey düzgün ve pürüzsüz ise yansıma düzgün olacağı için ses dalgaları aynı doğrultuya gönderilir ve o doğrultuda ses şiddeti artar ve ses daha net duyulur. Yüzey pürüzlü ise yansıma dağınık olacağı için ses dalgaları farklı doğrultulara gönderilir ve (bir doğrultudaki örneğin kulak doğrultusundaki) ses şiddeti azalır. Yansıtıcı yüzey olarak düzgün ve pürüzsüz yüzey kullanıldığında sesin daha net duyulmasının nedeni, sesin o yüzeyde düzgün yansımaya uğramasıdır [23].

Beyin ve kulak, ilk gelen sestən 50 milisaniyeden az sürede gelen tüm yansımaları “erken yansıma” olarak kabul eder. Yansımış sesin direkt sestən 20 milisaniye farkla kulağa ulaştığı konumlar ise ideal yansıma olarak kabul edilir. Ancak konser salonları için bu değer 40 milisaniye kadar çıkabilmektedir. Yansımış sesin direkt sestən geliş süresi farkı 60 milisaniyeyi bulursa belirgin bir eko oluşur. Bu, her iki sesin arasında yaklaşık 21.5 metrelik yol farkının olduğunu gösterir. Hacim içerisinde, özellikle kaynağa yakın yüzeylerin yansıtıcı olarak tasarlanması alıcı noktaların yeterli erken yansıma alması açısından önemlidir. Sahneyi çevreleyen kabuk ve sahne evi içerisindeki asılı yansıtıcılar

sesin izleyicilere ulaşmasına yardım eder. Bu amaç için hem ucuz mobil üniteler hem de pahalı ve sabit konstrüksiyon kullanılır [10].



Şekil 3. 1. Sesin tipleri ve yayımları

3.2. Sesin Yutulması

Özellikle yumuşak ve gözenekli maddeler ve hatta insanlar, çevrelerini saran ve kendilerine çarpan seslerin önemli bir kısmının yutulmasına neden olurlar. Sesin, bir malzeme içinde geçerken ya da bir yüzeye çarptığında ses enerjisini başka bir forma girmesi, sesin yutuculuğu olarak tanımlanır. Burada dönüşülen ısı enerjisinin miktarı çok azdır ve ilerleyen ses dalgasının hızı, yutuculuk tarafından etkilenmez.

Yaklaşık tüm yapı malzemeleri, sesi belli ölçüde yutar ancak hacimlerin başarılı akustik kontrolü, yüksek derecede ses yutuculuğa sahip malzemelerin uygulanmasını gerektirir. Hacim içinde, belli başlı üç elemanın yutuculuk üzerindeki etkisinden söz edilebilir:

- 1-Duvar, tavan, döşemenin yüzey uygulamaları
- 2-Hacim bileşenleri (izleyici, perdeler, kumaş kaplı koltuklar ve halı)
- 3-Hacim içindeki havanın ses yutuculuğu [24].

Bir malzemenin ses yutuculukta, belli bir frekans içinde, ne derece yeterli olduğu, ses yutuculuk katsayısı ile değerlendirilir. Bir yüzeyin ses yutuculuk katsayısı o yüzeye

gelen ses enerjisinin yutulan ya da yansıtılmayan oranıdır ve “ α ” ile gösterilir. Bu değer 0-1 arasında değişebilir [10].

3.2.1. Ses Yutucu Malzemeler

Ses yutucu malzeme ve elemanların farklı ses yutma katsayı değeri, boyutu, üretiminde kullanılan ham madde türleri, dış görünüş dizaynı v.b göstergeleri bunların sınıflandırılmasını ortaya çıkarmıştır [17].

Günümüzde ses yutucu malzeme ve konstrüksiyonlar gözenekli, rezonatör ve değişik geometrik kütleli elemanlar şeklinde gruplanmaktadır. Gözenekli elemanlar; gözenekli ve lifli olan perlit, çeşitli taş ve cam yünü, sünger, plastik köpük, gözenekli alçı gibi malzemelerden yapılarak gürültü kontrolünde ve çok tabakalı ara duvar, ekran ve döşeme konstrüksiyonlarında ses geçiş kaybını artıran ara tabaka şeklinde kullanılmaktadır.

Panel boşluklu ve delikli plak şeklinde olan rezonatör ses yutucular kısa rezonans frekans sınırlarında alçak ve orta frekans bölgelerinde, bazı durumlarda ise yüksek frekanslarda ses yutma özelliğine sahiptirler.

Kütleli şekilli ses yutucu elemanlar geometrik kütle şeklinde tavandan asılı küre, piramit, konik v.b formlardan oluşmaktadır. Bunların yüzeyleri sert ve hafif yarık olan malzemelerle kaplanarak arkasına cam yünü yerleştirilmektedir. Boyutlarını ve asılma yüksekliklerini ayarlayarak ses yutma katsayısı değerlerinde değişiklikler meydana getirilebilmektedir [12].

3.2.2. Ses Yutucu Malzemelerin Kullanılması

Bir iç mekânda (oda, salon) gürültü kaynağının oluşturduğu gürültü düzeyi, aynı gürültü kaynağının açık havada oluşturduğu gürültü düzeyinden daha yüksektir. Bunun nedeni, ses enerjisinin söz konusu mekânın iç yüzeylerinden peşi peşine yansımalarla, yani yansıma ile üst üste binerek çoğalmasıdır. İç yüzeylerde ses yutucu gereçler kullanılarak, işte bu çoğalma azaltılabilir. Yoksa çoğu kez sanıldığı gibi, kimi varlıkların havadaki nemi yutarak azaltılmasına benzer bir biçimde, kaynaktan çıkan gürültü, belli bir varlığa çekilip yutularak azaltılamaz. Oldukça yaygın olan bu yanlış kanı, büyük çapta boşuna harcamalara neden olmaktadır.

3.2.3. Ses Yutucu Malzemelerin Sesi Yutma Oranları ve Çarpanları

Ses yutucu malzemelerin sesi yutma oranları sesin frekansına göre büyük ayrımlar gösterir. Halı, perde, cam yünü ve benzeri gözenekli gereçler ince sesleri (yüksek frekansları), pencere camları, asma tavanlar, lambriler ve benzeri titreşebilen levha niteliğindeki gereçler kalın sesleri (alçak frekansları) büyük oranda yutarlar. Bu malzemelerin frekanslara göre yutma çarpanları Tablo 3.1.'de verilmiştir. Kalın sesleri % 5 oranında yutan bir gereç ise ince sesleri % 60-70 oranında yutabildiği gibi, kalın sesleri % 20-30 oranında yutabilen bir gereç, ince sesleri % 10'dan fazla yutamayabilir. Kalın sesler ince seslere göre daha güç yutulur. Genelde yutma çarpanları (yutma oranları), kalın sesler için % 1 ~ % 50, ince sesler için % 1 ~ % 80 arasında değişir [12].

Tablo 3. 1. Ses yutucu malzemelerin frekanslara göre yutma çarpanları

Malzeme	α (m / sn) 500 Hz için
Açık pencere	1.00
Kapalı pencere	0.03
Düz sıva	0.02
Pürüzlü sıva	0.03
Beton	0.03
Mermer, fayans	0.01
Tuğla (sıvasız)	0.05
Ahşap kapı	0.06
Masif ahşap	0.06
Lata üzerine kontrplak veya elyaflı plak	0.15
Taş yünü döşeme	0.08
Lastik döşeme	0.08
Ahşap döşeme	0.06
Linolyum döşeme	0.03
Halı döşeme	0.15
Boş maroken koltuk	0.20
Boş ahşap sandalye	0.05
İnce perde	0.20
Kalın perde	0.40
İnsan	0.40
Akustik plaklar	0.20-0.80

3.2.4. Ses Yutucu Malzemeler Kullanılarak, Sesin Bir Hacimden Başka Bir Hacime Geçmesinin Önlenmesi

Bu konu hakkında yanıltıcı olan, sesin yutulması, geçmesi ve yansımaları olaylarının oluş biçimleri ve bunlarla ilgili sayısal anlatımlar arasındaki ayrımlardır.

Bir gerecin yutma çarpanı (bir malzemenin ses yutma oranı), bu gerecin yüzeyinden yansımayan, yani geri dönmeyen ses enerjisi oranıdır. Bu enerji, o gereç içinde ısıya dönüşebildiği gibi, bir bölümü, ses titreşimleri biçiminde gerecin arkasına geçip yayılmasını sürdürebilir.

Bir gerecin içinde ısıya dönüşerek yok olan ses enerjisi oranı çok büyük olsa bile, ses yutma çarpanlarının (kalın ve ince seslerin ortalaması olarak) %75'in üzerine çıkmadığı görülür. Ses enerjisinin %75'inin yutulması, %25'inin yine ses biçiminde kalması, yani böyle bir yutulma ile ses enerjisinin 4 kat azalması, dörtte bire inmesi demektir. Bu ise ses düzeyinde ancak 6 dB bir düşüş demektir. Oysa sesin geçmesinin önlenmesi istenen bölmelerde, döşeme ve tavanlarda en az 40 dB, 45 dB ya da 50 dB bir azalma istenir. Ses, ya da gürültü düzeyinin 40 dB düşmesi için ise, ses enerjisinin $\frac{1}{4}$ 'e değil $\frac{1}{10000}$ 'e inmesi, yani ortalama yutma çarpanının %75 değil %99,99 olması gerekir. Böyle bir yutuculuk, böyle bir gereç düşünülemez [12].

3.3. Sesin Yayılımı

Eğer bir oditoryumun her yerinde ses basıncı eşit ise, ses dalgalarının tüm yönlere hareket ettiği ve ses alanının homojen olduğu yani hacimde sesin yayılmasının hakim olduğu söylenebilir [21].

Sesin hacim içinde yayılması, pek çok yolla sağlanabilir; bunların en çok kullanılanları:

- Yüzeylerde, girinti ve çıkıntı ya da malzeme farklılıkları gibi düzensizlikler ve ses saçıcı elemanların bolca kullanılması,
- Ses yansıtıcı ve yutucu yüzeylerin ardışık düzenlenmeleri,
- Ses yutucu malzemelerin geliş güzel, düzensiz dağılımıdır [14].

3.4. Sesin Kırılması

Kırılma, ses dalgalarının, köşeler, kolonlar, duvarlar, kirişler gibi engellerde bükülerek uzaklaşması ya da saçılmasıdır. Küçük, üniform, düzgün hacime sahip yansıtıcı yüzeyler istenmeyen kırılma etkileri yaratabilir. Bu durumun en sık görüldüğü yerler; küçük, düzgün hacimli sert oturma yerleridir [25].

Kırılma, yüksek frekanstan çok düşük frekanslarda söz konusudur. Bu ise, Geometrik Akustik kurallarının, kapalı hacimlerde sesin davranışı konusunda çok doğru bir tahmin için yeterli olmadığını kanıtlar, çünkü yüzeylerin boyutları sesin dalga boyuna kıyasla çok daha küçük olmaktadır. Geometrik Akustik, 250 Hz ve altındaki frekanslardan çok, yüksek frekanslara bağlı problemlere yaklaşımında başarılı olmaktadır.

Deneyimler göstermiştir ki; derin galeriler, altındaki izleyici alanına akustik bir gölge oluştururlar ki; bu da balkon parapetinde kırılmayan yüksek frekanslı seslerde fark edilebilir bir kayba yol açar ve bu gibi yerlerde zayıf işitme koşulları ile kendisini gösterir. Bu nedenle, kırılma, böyle bir akustik problemi, işitme frekans dizisinin alt kısımları için azaltır [17].

3.5. Reverberasyon

Reverberasyon, tanımlanıp ölçülen ilk oda akustiği kavramıdır. Sesin orijinal bir yoğunluktan 1 000 000 kez küçük bir işitimsizliğe inmek için geçirmesi gerekli süreye reverberasyon denir. Günümüzdeki tanımı ise kısaca; ses basınç düzeyinde 60 dB’lik bir azalım için geçmesi gerekli süredir [26].

Bu tanımlar, kapalı bir alandaki ses enerjisinin anlık enerji yoğunluğu ile orantılı olarak azalması kabulüne dayandırılmıştır. Pratikte bu yaklaşık olarak doğrudur. Kapalı bir ses alanı içerisinde enerji kaybının çoğu, yüzeyler tarafından yutulma sonucu oluşur. Enerji değişimi, sürekliliği olmayan ve düzensiz bir işlem olup, genel doğasında istatikseldir ve değişen, genlikli düzensiz değişimlerle ifade edilir.

Kaynaktan direkt gelen sesi artırmak için yeterli miktarda reverberasyon gerekmektedir, ancak sınırların üzerindeki reverberasyon başta berraklığın bozulması olmak üzere pek çok kusura neden olur. İyi yayılmış bir ses, reverberasyon üzerinde olumlu etki yaratarak yaygın bir canlılık kazandırır. Bunun tersi bir durumun yaratabileceği rahatsızlık, uzun yansıtıcı bir koridor gibi zayıf yayılımlı bir hacim örneğinde görülebilir. Yaygın bir çevrede ses üniform bir oranda azalır [17].

Reverberasyonun bir başka tanımı ise; “ardışık yansımalar yoluyla ses enerjisinin sürdürülmesi” dir. Ardışık yansımaların her birinde ses enerjisinin bir kısmı yutulur ve bu ses basınç düzeyi işitilmezliğe ulaşana dek sürer. Bu süreç reverberasyon süresidir ve bunda, hacim, yüzeyler, insanlar ve döşemenin yutuculuğu etkilidir [27]. Bir mekânda, arzu edilen nitelikteki reverberasyon süresi $1 < T < 2$ sn olmalıdır [28].

3.6. Akustik Kusurlar

Akustik kusurlar, genelde konuşmanın anlaşılabilirliği açısından uygun koşulların sağlanması gereken diğer kriterlere bağlı olarak ortaya çıkmakla birlikte, başka nedenlerden de kaynaklanabilirler. Bir hacimde karşılaşılabilecek maskeleme, distorsiyon, yankı, vurgusal (çırpıntılı) yankı, odaklanma ve düzgün yayınmamışlık olarak sayabileceğimiz akustik kusurlar arasından, maskeleme, distorsiyon ve yankı, derslikler içinde en sık rastlanabilecek olanlardır [29].

Distorsiyon; hacimde oluşan seslerin tayfsal yapısında değişime ve ses kalitesinde de bozulmaya yol açan distorsiyon olayı, hacimde belli frekanslarda yutuculuk farklılıkları olması nedeni ile frekansa göre yansıma süresi değerinin değişmesi sonucunda oluşur ve özellikle konuşmanın anlaşılabilirliğinde olumsuzluklar yaratır.

Yankı; dolaysız ses ile ilk yansıyan sesler arasındaki düzey ve süre farkı belli sınırları aşmamalıdır. Gecikme zamanı 1/15 sn aştığında başka bir deyişle, ses kaynağından doğrudan gelen sesle, yansıyarak gelen sesin geçtiği yollar arasındaki uzaklık farkı, 34 m'den fazla olduğunda, dinleyici bunu ayrı bir ses gibi duyar ve yankı gerçekleşir. 22-34 m arasında ise sesin süresine göre yankı ya da ses uzaması olur. Yankı sesin niteliğini bozmakta, konuşmacı ve dileyiciler için olumsuz bir akustik etki yaratmaktadır. Ayrıca oldukça rahatsızlık doğuran ve ses kaynağının yerine göre, hacmin ve iç yüzeylerinin biçimlenişinde, ayrıca geçiş seçiminde gereken önlemlerin alınmasıyla kaçınılması gereken akustik bir kusurdur [29].

Vurgusal yankı; birbirine paralel ve yutma çarpanı az olan iki yüzeyde, yansıyan seslerin bir aynı bir zıt fazlı olmasından ötürü ses düzeyinde dalgalanmalar ortaya çıkması durumudur. Vurgusal yankıyı önlemek için; yüzeylerin paralellliğini bozmak, yüzeylerden birini yutuculuğu yüksek bir malzemeye kaplamak, duvarları dış bükey yüzeylerle kaplamak gibi önlemler alınabilir [30].

Odaklanma; iç bükey yüzeyler ses ışınlarının bir noktada ya da çok küçük bir alana toplanmalarına yol açarlar. Bu noktada ses enerjisi yoğunlaşarak, ses yenginliği artar ve ses kaynağının düzeyine yaklaşır. Bu noktadaki ses olayına “odaklanma” denir. Olayın etkisi neredeyse noktasal olduğu için çoğunlukla geniş kitleler değil küçük gruplar tarafından fark edilir [31]. Odaklanma ikincil bir kaynağın doğmasına yol açarak ses kaynağının yerinde belirsizlik yaratır. Ses enerjisinin hacim içinde düzgün dağılmasını engelleyerek, salonun akustiğini bozar ve sesin sönmesinde düzensizliklere neden olur [32].

DüĖgün yayınmamışlık; hacmin değişik bölgelerinde ses düzeyi açısından önemli ayrımlar söz konusu ise, ses düğgün yayınmamış demektir. Uzun bir balkon çıkıntısının altı, hacim çok geniş ise ön kısmın kenarları ve uzun bir hacimde arka sıralar, genelde sesin zayıf olduğu bölgelerdir. Bu nedenle, tasarım sırasında hacmin işitsel konfor koşulları incelenirken, sesin hacim genelinde, olabildiğince düğgün dağılımını sağlayacak önlemler de belirlenmelidir. Bu açıdan sesi olabildiğince dinleyici oturma alanına yöneltecek yansıtıcı yüzeylerden yararlanılarak, ses kaynağının bulunduğu alanın ses tuzağı gibi akustik kusurlara yol açmayacak şekilde tasarlanması benzeri konular önem kazanır [23].

Ölü noktalar; içbükey biçimli hacimlerde meydana gelen ses odaklanmaları ve yoğunlaşmaları sonucu, yansımaların erişemediğı noktalar oluşur. Oldukça dengesiz olan ses alanında, ses düzeyi açısından inişler, çıkışlar ve ölü noktalar oluşur. Bu noktalarda sesin duyulabilmesi çok zordur [33].

4.AKUSTİK PERFORMANS İLE İLGİLİ TEORİK VE DENEYSEL YÖNTEMLER

Bu bölüm altında, bir hacmin akustik özelliklerinin belirlenmesine yönelik teorik ve deneysel yöntemler, bu yöntemlerde kullanılacak hesaplamalar ile ilgili bilgiler verilmiştir.

4.1. Teorik Yöntemler

Bu bölümde reverberasyon süresinin teorik olarak hesaplanmasında kullanılan iki farklı yaklaşım anlatılmış ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca konu ele alınmadan önce ilgili kavramlar anlatılmıştır.

Bir hacmin ses alanı, çok sayıda farklı yönlere giden dalgalardan oluşur. Bu dalgaların hareketleri, sınıflandırılmaları ve sayısal olarak ifadeleri konusunda, bugüne kadar pek çok araştırmalar ve kabuller yapılmıştır. Böylece, belli sınırlar içinde olsa da, farklı amaçlar doğrultusundaki işitsel konfor koşullarının belirlenmesi ve mevcut ya da tasarım aşamasında ki yapılarda akustik açıdan değerlendirme yapılabilmesi, bazı yöntemler kullanılarak mümkündür.

4.1.1. İstatiksel Yöntemlerle Reverberasyon Süresinin Hesaplanması

Hacim akustiği ile ilgilenen araştırmacılar reverberasyon süresini hesaplamak için kullanılan formülleri yeterli görmemişlerdir [34]. Ancak 1900'li yıllardan sonra hacim akustiği alanında yaygın olarak kullanılan formüller geliştirilmiştir. Bunlardan özellikle Sabine, Eyring ve Stephens & Bate formülasyonları, istatiksel yöntemlerle reverberasyon süresi hesaplamalarında kullanılan üç farklı yöntem olarak ön plana çıkmıştır.

4.1.1.1. Sabine Yöntemi

Ses şiddeti artışı denklemi: $P - P_a$ (4. 1)

P: ses enerjisi,

P_a : yüzeylerin yutuculuk yüzdesi.

Reverberasyon süresini hesaplamak için en geleneksel olan yöntem Sabine Yöntemidir. 1900 yılında Wallace Sabine tarafından geliştirilmiştir [35].

Sesin havada yol alırken enerjisinin bir kısmını yitirmesi burada göz ardı edilmiştir. Enerjinin yutulma yüzdesi, bir yüzeyden yansıma sırasında yutulursa o yüzeyin ses yutuculuk katsayısı α 'dır. Eğer α , hacmin yüzeylerinin ses yutuculuk katsayısı ortalaması

ise, dalga elemanı her yansımada bir miktar enerjisini yitirir ve bu da $1_m / c$ aralıklarında gerçekleşir.

$1_m / c$: hacimdeki ortalama serbest yol.

Sesin belli bir uzaklığı kat etme süresi : $t_1 = d / c$ (4. 2)

t_1 : zaman

d : uzaklık

c : ses hızı

t_1 : Dinleyici kulağına, yorumcudan gelen sesin ulaşmasından sonra, duvarlar, tavan ya da balkon önlerinden gelen ilk yansımanın ulaşması arasında geçen süredir. Salonun farklı konumlarında değişen bu değere İlk Zaman Gecikme Farkı adı verilir ve çoğunlukla milisaniye birimi ile değerlendirilir. t_1 için iki değer verilir:

- 1- Parterde merkez çizgisinin herhangi bir yanındaki koltuk (varsa en öne çıkan balkon önü ile sahne arasının ortasındaki),
- 2- Balkonda, balkon önü ile arkasındaki uzaklığı ortalayan koltuk.

Bu durumda $t_1 = 45-22$ milisaniye olarak alınır ve parterin ortasındaki koltuk için ilk zaman gecikme farkı 45 milisaniye, balkon ortasındaki koltuk için 22 milisaniye demektir. Eğer salonda balkon bulunmuyorsa t_1 için tek değer verilir [36].

Sesin yaygın olarak bulunduğu büyük bir hacimde, ışınlar yansıtıcı yüzeyler arasında sonsuz sayıda yol izler. Yansımalar arasındaki ortalama uzaklık, Ortalama Serbest Yol olarak adlandırılır.

Ortalama Serbest Yol [17]:

$$d = \frac{4V}{S} \quad (4. 3)$$

d : ortalama serbest yol, m

V : hacim, m^3

S : oda yüzey alanı, m^2

Bir ortalama serbest yol kat edecek süre:

$$t = \frac{4V}{S.c} \quad (4. 4)$$

Buna göre reverberasyon süresi;

$$T = 13.8 \frac{4V}{c.S.\alpha} \quad (4. 5)$$

$c = 344$ m/sn koyulduğunda sonuç olarak;

$$T = 0.162 \frac{V}{S \cdot \alpha} \text{ olarak bulunur.} \quad (4.6)$$

T: Reverberasyon Süresi (saniye); bir hacimdeki reverberasyon süresi değeri, farklı frekanslar ve düzenlemelere (örneğin izleyici ayısında değişikliklere) göre farklılık gösterir. Her durum ve derece netleştirilmelidir.

Bir ses kaynağının sabit güçle harekete geçirilmesiyle şiddette istatistiksel artma, kapatıldığında ise azalama formu görülür.

Sabine formülü, azalmanın periyodu süresince gerçek istatistiksel koşulların sağlanabildiği hacimler için güvenilir bir yöntemdir ve şu durumda gerçekleşir; birime kıyasla α 'nın küçük olduğu, yani; dalga sınırlarının yok olmadan önce çok sayıda yansımaya maruz kaldığı (yutuculuk az, yansıma sayısı fazla) anlamına gelir.

Tamamen mükemmel ses yutuculuğuna sahip olan yüzeylerden oluşan bir hacimde ($\alpha = 1$), denklem, reverberasyon süresini; $55.2 V / c S$ olarak gösterir [12].

Sabine formülü uygulanırken; farklı tip yüzeylerin alanlarını, yutuculuk katsayıları ile çarparak elde edilenlerin her birini toplanır. Bu toplama yansıma sırasındaki havanın yutuculuğu eklenir. Bu, “4mV” ile ifade edilir (V: salon hacmi, m: bir düzlem dalgasının birim uzaklıktaki kaybettiği enerji oranı). Sabine formülü, tüm yüzeylerin ortalama yutuculuğunun 0.2’den az olduğu durumlarda pratik ve doğru sonuç verir [17].

4.1.1.2. Eyring Yöntemi

1930 yılında Carl Eyring bu yöntemi Sabine Yöntemi’nde değişiklik yaparak bir alternatif olarak önerdi. Bu değişiklik; ses yutma katsayısının 0.5 m/sn daha yüksek tutulması şeklinde ortaya atılmıştır [35].

Sesin yaygın bir durumda bulunduğu bir hacimde, farklı alanların yutuculukları arasındaki fark önemsizmeyecek kadar küçük ise ortalama yansımadan söz edilebilir [26]. Bir yüzeye enerji çarptığında yutulan enerji α ise, yansıyan enerji; $1-\alpha$ ’dır [1]:

$$T = 0.161 \frac{V}{-S \ln(1-\alpha)} \quad (4.7)$$

α = ses yutma katsayısı

α = ortalama ses yutma katsayısı, m/sn

S = toplam yüzey alanı, m²

V = hacim, m³

Sabine ve Eyring arasındaki temel fark; Sabine' in, hacimde sesin azalmasının sürekli olduğunu, Eyring'in ise sesin, yansımalarla aralıklarla azaldığını belirtmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle Eyring'in formülü genellikle ortalama yutuculuğun yüksek olduğu hacimlerde kullanılırken, Sabine'in formülü, titreşim kontrolünün az yapıldığı, ortalama yutuculuk katsayısının 0.25 sınır değerine sahip hacimlerde daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu yaklaşım farkından doğan, iki formül sonuçları arasındaki fark yaklaşık %2'dir ve bu miktarın, reverberasyon süresine etkisi çok önemli değildir hatta α ' nın küçük değerleri için bu iki formülün eşit olduğundan söz edilebilir [17].

4.1.1.3. Stephens & Bate Yöntemi

Kullanımı nispeten çok pratik olan ve grafik kullanmayı gerektirmeyen bu yöntemin, pratikliğine rağmen doğruluk yüzdesi yüksek olup, benzer sonuçlar verir. Bu yöntemdeki temel formül:

$$T = r (0.0012 \sqrt[3]{V} + 0.1070) \quad (4.8)$$

T: reverberasyon süresi, milisaniye

V: salon hacmi, m³

r : (katsayı) konuşma amacı için 4, konser alanı için 5, koro için 6 olarak alınır.

Düşük frekanslar için % 40 ' lık artışlar önerilir [17].

4.1.2. Geometrik Yöntem

Geometrik Yöntem kolay anlaşılabilirliği açısından 5. Bölüm'de uygulama çalışmasıyla birlikte verilen Geometrik Yöntem Analizi başlığı altında ki şekil ve tablolar ile açıklanmıştır.

4.2. DeneySEL Yöntemler

Hacim akustiği konusunda deneysel alanda yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında mevcut hacim içerisinde çeşitli ses ölçüm aletleri kullanılarak ölçüm yapılması gelir.

4.2.1. Reverberasyon Süresinin Ölçülmesi

İlgili Standartlar [TS - 3052, ISO - 3382, BS - 5363, DIN - 52216], oditoryumlarda, doluluk durumuna bağlı olarak belirlenen sesin reverberasyon süresinin ölçülmesi yöntemi ile ölçme sonuçlarının değerlendirilmesi ve gösteriliş şekliyle ilgilidir.

Ölçme, salonun doluluk durumuna bağlı olarak; boş durum, stüdyo durum, dolu durum olmak üzere üç yöntem ile gerçekleştirilir.

1-Boş Durum: Oditoryumun, icracılar ve izleyiciler için hazır olduğu, ancak kimsenin bulunmadığı durumdur. Ses kaynağı olarak, yönselliği olmayan bir hoparlörden bir oktavdan (ses aralığından) küçük ya da 1/3 oktavdan büyük band genişliği olan filtrelerle sınırlandırılmış gürültü kullanılmalıdır. İlgili frekans bandındaki sürekli çevre gürültüsü düzeyinin en az 40 dB üstünde ses basınç düzeyi oluşturulmalıdır.

Reverberasyon süresi en az üç değişik mikrofon konumunda ve her konumda en az iki kez ölçülerek yapılmalıdır. Büyük ya da kompleks salonlarda daha fazla sayıda ölçüm gereklidir. Mikrofon, salonda herhangi uygun bir konumda bulunabilir, ancak hiçbir zaman ses kaynağına çok yakın ve direkt ses alanı içinde olmamalıdır. Büyük salonlarda, mikrofon ses kaynağından 10-15 metre uzaklıkta olmalıdır. En az 125 – 4000 Hz frekans bölgesinde, 1/3 oktav aralıklarla ölçüm yapılmalıdır. Ses kaynağı 1/3 oktav band gürültü kaydedici 1 oktav band filtrelili ya da tersi olması durumunda da buna uyulmalıdır.

Değerlendirme aşamasında, ses azalım kaydı en az 30 dB bölgesinde olmalıdır. Kararlı durumundaki ses alanı halindeki bu bölge, başlangıçtaki düzeyin 5 dB altından 35 dB altına dek uzanan bu aralıkta, azalım eğrisi olabildiğince doğruya yakın olmalıdır. Bu eğrinin eğimi reverberasyon süresini belirler.

2-3- Stüdyo ve Dolu Durum: Sırasıyla; oditoryumlarda sadece icracıların bulunup izleyicilerin olmadığı durum ve icracılarla beraber izleyicilerin de bulunduğu durumlardır. Ses kaynağı olarak, boş durumdaki gibi; yönselliği olmayan bir hoparlörden bir oktavdan küçük ya da 1/3 oktavdan büyük band genişliği olan, ancak bu kez filtre edilmemiş sesler kullanılabilir.

Ölçüm için yapılması gerekli durumlar; mikrofonlar, oditoryumun kullanılış durumuna göre, parterde ve balkonda olmak üzere en az iki konumda olmalıdır. Mikrofon, izleyicilerin başlarından en az bir metre yukarıda ve büyük salonlarda, ses kaynağından ya da platformun kenarından 10-15 metre uzaklıkta olmalıdır. Kararlı ses kaynağı kullanılıyorsa, her konumda en az iki kayıt yapılmalıdır. Ses kaynağı olarak piston gibi impuls'lu aletler kullanılırsa kayıt sayısı her konum için 4'e yükselir. Ses kaynağı olarak salonda canlı müzik kullanılması durumunda yapılacak kayıt sayısı en az 6 olmalıdır. Ölçümlerin yapılacağı frekans bölgesi ve değerlendirme aşamaları boş durumdaki gibidir. Sonuçların değerlendirilmesi ise çizelge, eğriler ve deney raporu ile yapılır.

Reverberasyon Ölçümleri; Reverberasyon ölçümlerinde temel prensip, bir mikrofondan alınmış sinyalin, bu sinyalin logaritması ile orantılı olarak düzeltilmiş voltaja çevrilmesidir. Direkt voltaj böylece zaman skalasına karşı belli bir tavır içinde gösterilir ve eğrinin eğimi, bir sesin azalmasının ölçülüp. Reverberasyon süresi şekline çevrilmesi sırasında oluşturulur. Hacimdeki hoparlör çoğunlukla 1/3 oktav genişliğindeki, gelişigüzel bir gürültü bandı ile beslenir. Hacimdeki bu ses, mikrofon tarafından alınır.

Reverberasyon ölçülebilir alt sınırı; ya göstergeyi sağlayan doğrultmaç devrelerin zaman sabiti ya da band geçiş filtrelerinin azalım süresi tarafından belirlenir. Chart Recorder çalıştırılır ve sesin kaynağı, hacim içindeki sesin azalmasını kaydetmek için hemen kesilir. Eğim kayıt hızına ve kayıt aletinin duyarlılığına uyacak şekilde tasarlanmış, reverberasyon süresi skalası ile doğrudan doğruya ayarlı bir protraktör yardımıyla okunur.

Geniş band bir gürültünün azalımı, manyetik teybe kaydedilip band geçiş filitreleri boyunca ardı ardına logaritmik Chart kaydedicisine tekrar çalınır. Reverberasyon ölçümlerinde birçok yöntem kullanılmaktadır, bunlardan en kolay ve doğru sonuç veren ölçüm otomatik ölçümdür [17].

Otomatik ölçümler; çok ölçüm yapılacağı zaman, örneğin bir konser salonunda otomatik olarak çalışan bir ölçüm ekipmanı en rasyonel çözümdür. Otomatik olarak çalışan bir ölçüm ekipmanı ile gerçekleştirilir ve böylece doğru sonuca daha kolay ulaşılır. Reverberasyon ölçümleri için B&K Sine-Random Jeneratör Tip 1024 çok uygun bir ses kaynağıdır. Alıcı bölümde; B&K Kondansör mikrofon, Audio Frekans Spektrometre Tip 2112 kullanımı oldukça uygundur. Ses azalımını kaydedebilmek için kaynağın belli aralıklarla susturulması gerekir.

4.2.2. Ses Basınç Düzeyinin Ölçülmesi

$$\text{Bir sesin basınç seviyesi } SBS = \frac{20 \log_{10} .P}{P_0} \quad (4.9)$$

P_0 : referans ses basıncı

P: akustik ses basıncı

Ses basınç düzeyi matematiksel hesaplar kullanılmadan direkt ölçülmek istenirse aşağıdaki ekipman ile birlikte ölçülebilir. Ses düzeyi, ses basınç seviyesinin “A” ağırlıklı değeri olup, dB (A) şeklinde kullanılır.

Gerekli ekipman:

- Sound Level Meter (lineer ya da “C” ve “A” ağırlıklı)

- Kalibratör
- Sabitleştirici ayak

Yöntem:

1. Sound Level Meter, Tripod (sabitleştirici ayak) üzerine yerleştirilir ve “battery check” pozisyonuna getirir.
2. Eğer piller dolu ise, düğme ‘ lin ‘ya da ‘ c ’ yanıt durumuna getirilirler.
3. Zayıflatıcı, ayarlayıcı düzeyinin en yakın 10 aşağısına ayarlanır ve ayarlayıcılar mikrofon üzerine dikkatlice yerleştirilerek açılır.
4. Sound Level Meter ayarlayıcı düzeyini okumalı, eğer gerekirse hassas ayar vadası bunun için kullanılır ve ayarlayıcı çıkarılır.
5. Sound Level Meter, sabit bir gürültüyü ölçmesi düşünülen yere tripod’da getirilir. Zayıflatıcı, Sound Level Meter üzerinde, ‘ 0 ’ dan ‘ 10 ’ a kadar okumayı sağlamak için yerleştirilmiştir.
6. Ses basınç düzeyinin, zayıflatıcı ayarı ile Sound Level Meter okumasına eşit olduğu bilinmelidir. Zayıflatıcı ayarı göstergede görülür ve dijital ölçülerle ses basınç düzeyi doğrudan okunur ve not edilir.

5. TEORİK YÖNTEMLERLE F.Ü. ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİNİN AKUSTİK PERFORMANS UYGULAMALARI

Fırat Üniversitesi A.K.M.'nin değerlendirilmesine geçmeden önce kısaca tarihçesini ele alacak olursak; 1967 yılında yapımına başlanmış ve 1969 yılında açılmıştır. 793 kişilik kapasitesi bulunmakta olup şekil itibariyle yelpaze şeklindedir. Elazığ Fırat Üniversitesi A.K.M. 'ye ait değerlendirmeler bu bölümde şekil, tablo ve ölçümler ile ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Ancak daha önce kapalı alana (salon vb.) ait verilerin incelenmesi için hacim, oturma alanı, izleyici sayısı, yüzeylerin genel özellikleri ve nasıl hesaplanması gerektiğinin bilinmesi için açıklamalar yapılmıştır. Daha sonra Geometrik Teori Kapsamında salon ele alınarak; Salon içinde yer alan elemanların boyutlarının sesin dalgaboyu ile kıyaslanması sonucu yansıtıcılık analizi yapılması, salonunda yer alan elemanların yüzeylerinin ses kaynağından aldıkları ışınları yansıttıkları doğrultuların analizi, salonunda ki koltukların etkin yansıtıcı panolardan aldıkları yansımalarla göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Daha sonra İstatiksel Teori Kapsamında salon içindeki elemanların yerleri ve elemanları oluşturan malzemeler fotoğraf ve detay şemaları ile belirtilerek Sabine Yöntemine göre salonun reverberasyon süresi bulunmuştur. Bulunan reverberasyon süresi ile normalde olması gereken reverberasyon süresi karşılaştırılarak grafik haline getirilmiştir. Tez kapsamında ele alınan Atatürk Kültür Merkezi'nin ayrıntılı plan şeması ve salonun ayrıntılı kesit şeması ileride verilmiştir.

5.1. Hacim Özellikleri

Hacim; reverberasyon süresinde doğrudan etkili olan bu faktör, içinde yayılacak sesin şiddeti ile orantılı düşünülmelidir. Akustik enerjinin çok düşük düzeyleri, enerjinin korunması için mümkün olduğunca küçük hacimli bir salon tasarlamayı gerektirir. Kaynaktan yayılan sesin, tüm hacmi doldurup, kolay işitilebilirlik için yeterli enerji yoğunluğu ile uzak noktalara dek ulaşması gereklidir. İdeal olarak tüm uygun yüzeylerin, yansıyan sesleri yayıcı alanlar olarak kullanması durumunda; izleyicilerin ses yutuculuğunu da göz önünde bulundurarak, dizayn reverberasyon süresini seçtiğimizde optimum hacmi hesaplayabiliriz. Optimum hacim; izleyiciler tarafından sağlanan hiçbir ekstra yutuculuk gerektirmeyen hacimdir. Çok küçük hacimli bir salonda çalınan müzik ne denli tatminsizlik yaratırsa, oturma kapasitesine oranla çok büyük hacimli salonlar da o

denli rahatsız edicidir. Farklı tipteki salonlar için optimum hacim, kişi başına düşen m^3 ile ifade edilerek Tablo 5.1.'de gösterilmiştir [17].

Tablo 5.1. Farklı tipteki salonlar için kişi başına düşen optimum hacim

	Minimum (Kişi / m^3)	Optimum (Kişi / m^3)	Maksimum (Kişi / m^3)
Konser Salonları	6.5	7.1	9.9
İtalyan-tip Opera Binaları	4.0	4.2 - 5.1	5.7
Kiliseler	5.7	7.1 - 9.9	11.9
Sinemalar	-	3.1	4.2
Konuşma Amaçlı Hacimler	-	2.8	4.2
F.Ü. AKM Salonu	5.38		

Hacimlerin Biçimlendirilmesi; biçimlendirilme, hem mimari, hem de akustik kriterler doğrultusunda ele alınmalıdır. Sesin hacim içerisine dağılımı ve bunun doğru yapılmadığı yerlerde eko gibi kusurların oluşmasında doğrudan etkili olan bu faktör, hem salonun genel anlamda plan düzleminde ve kesitteki biçimini hem de salon içerisindeki yüzeylerin biçimlendirilmesini kapsar. Ancak 1000 kişi kapasitenin altında büyüklüğe sahip hacimlerde salon şeklinin önemi azalır. Bunun yanında hacim boyutları arasında yaklaşık bir orandan söz edilebilir ki bu; $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$ 'tür. Salon şeklinin belli genellemeler altında sınıflandırılmasına gidilecek olursa Yelpaze, Dikdörtgen ve At Nalı Planlı salonlar denilebilir, bu sınıflandırmaya girmeyenleri de “diğer biçimler” olarak adlandırabiliriz.

- Yelpaze Planlı Salonlar: Bu tip salonlar boyut büyüdükçe tercih edilir ve getirdiği en büyük avantaj, izleyicinin ses kaynağına daha yakın olmasıdır. Salonun arkası içbükey olmamalı, yan duvarlardan yansılardan doğan sorunlar ise; geniş saçıcı ya da yutucu yüzeyler kullanılarak engellenmelidir.
- Dikdörtgen Planlı Salonlar: Bu tip salonların getireceği en büyük avantaj konstrüksiyon kolaylığı olacaktır. Salonun arkasında istenen ses yüksekliği, ses kaynağı üzerinde yansıtıcılar kullanıldıkça sağlanır. Ancak saf geometrik biçimlerin sorun yaratma eğiliminde olduğu bilindiğinden, özellikle küresel, elipsoid, silindirik biçimlerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır [37].
- At Nalı Planlı Salonlar: Bu şekil orkestral müzikten çok opera binaları için daha uygundur.

- Diğer Salonlar: Bu genellemelerin dışında kalan salonlarda geleneksel planlar daha popülerdir, böylelikle, deneyimlerden yararlanarak bilinmeyen güçlüklerden uzak durulur. Sırasıyla, yükseklik, genişlik, uzunluk sayısal değerleri arasındaki bağlantıyı ifade eden 2:3:5 oranı Geleneksel Oran olarak adlandırılır ve geleneksel plan şemalarına sahip olanlarda sıkça kullanılır.

Tasarım aşamasındaki bir salonda, biçimlendirme sırasında, plan ve kesit şemalarında geometrik akustik yöntemlerinden yararlanarak sesin dağılımı incelenmelidir. Her tasarım için farklı ideal biçimlerin varlığından söz edilirse de, bu konudaki akustik gereksinimleri belirlediği bazı ortak noktalar bulunmaktadır:

- Plan ve kesit şemaları yaklaşık olarak bir yumurta görünümünde olmalıdır,
- Derinliği az, genişliği fazla hacimlerden, çok geniş yelpaze biçimlerinden kaçınılmalı, sahneye yakın yüzeyler sert ve yansıtıcı, izleyiciye yakın kısımlar ve arka duvarlar ses yutucu özelliklerde olmalı,
- Yan duvarlar ve tavan düzlemleri sert ve yansıtıcı olmalı,
- Yansıtıcı yüzeyler paralel olmalı,
- Derin düşük tavanlı hacimlerden kaçınılması gerekir [25].

Hacim Hesapları; En önemli büyüklüklerden biri olan hacmin hesaplanmasında, opera düzeninde; orkestra çukuru hacmi salon hacmine eklenirken, sahne hacmi, hesaplamalara katılmamaktadır. Konser düzeninde ise, ana salona ek olarak sahne üzerinde yer alan orkestra kabuğu içindeki hacimde kapsamaktadır. Her iki düzende de parter ve balkonların izleyici giriş nişlerinin hacimleri salon hacmine dahil edilirken masif balkon strüktürü ve yan duvarlardaki panoların arkalarında kalan boşluklar hacme dahil edilmemektedir [17].

Opera düzeni için:

$$V = [V_{\text{salon}} - V_{\text{balkon strüktürü}} + V_{\text{pano boşlukları}}] + V_{\text{orkestra çukuru}} \quad (5.1a)$$

Konser düzeninde, sahneye yerleştirilen ve orkestra kabuğu olarak adlandırılan hareketli panolar grubu, orkestranın boyutuna bağlı olarak iki farklı şekilde düzenlenir. Bu iki farklı boyuttaki düzenlemeler kısacası; konser büyük düzeni ve konser küçük düzeni olarak adlandırılabilir.

Konser büyük düzeni için:

$$V = [V_{\text{salon}} - V_{\text{balkon strüktürü}} + V_{\text{pano boşlukları}}] + V_{\text{orkestra kabuğu}} \quad (5.1b)$$

Konser küçük düzeni için:

$$V = [V_{\text{salon}} - V_{\text{balkon strüktürü}} + V_{\text{pano boşlukları}}] + V_{\text{orkestra kabuğu}} \quad (5.1c)$$

Bu formüller eşliğinde Fırat Üniversitesi A.K.M. sahne hacmi = $V = 737.18 \text{ m}^3$, toplam salon hacmi = $V = 4273.44 \text{ m}^3$ ve kişi başına 5.38 m^3 hacim düşmektedir. Ayrıca salonun boyutları arasında yaklaşık 7:25:28 m bir oran vardır. Literatürdeki 2:3:5 oranına göre salonun boyutları arasında bir oransızlık bulunmaktadır.

5.2. Toplam Oturma Alanı

Oturma alanına yönelik tasarım özellikleri; güvenlik düzenlemeleriyle sınırları belirlenmiş koltuk boşlukları ve tasarımları üzerinde mimarın kontrolü şarttır. Her izleyicinin konforu ve sirkülasyonu açısından olduğu kadar, akustik koşulların üzerinde de etkisi olan oturma alanı düzenlemelerinde, konforun maksimum düzeyde sağlanması amacıyla koltuklar arasında bırakılacak boşlukların fazla tutulması, hem kapasiteyi düşürerek ekonomik olmayan bir çözüm olur, hem de sıraların sahneden uzaklığı artacağından işitme üzerinde olumsuz etkiye neden olur. Oturma alanlarının sıraların şaşırtmalı düzenlenmesi, özellikle ideal eğimin sağlanamadığı durumlarda, hem görsel hem de işitsel konforun sağlanmasında yararlıdır. Böylece, izleyicinin iki sıra önündeki kişini başı üzerinden sahneyi görmesine dayalı görüş çizgilerin hesaplamak mümkündür [17].

Toplam Oturma Alanı Hesapları;

Operalarda; eni 1 metreye kadar olan ara geçişlerle beraber izleyici oturma alanına, orkestra çukurunun açık kısmının alanı ve sahne önü açıklığı alanının eklenmesi ile elde edilir. Perde önü açıklığı (S_p) asbest ya da çelik perdenin yukarı çekildi kabul edilerek hesaplanmalıdır.

$$S_{T(\text{opera})} = S_A + S_O + S_p \quad (5.2a)$$

S_A : İzleyici oturma alanı, m^2

S_O : Orkestra çukuru açık alanı, m^2

S_p : Perde önü açıklığı, m^2

Konser salonlarında ise; izleyici alanı S_A ' ya ek olarak orkestranın sahnede kapladığı alan ve bu alan çevresinde 1 metreye kadar geçiş alanı ile varsa koro alanını kapsar.

$$S_{T(\text{konser})} = S_A + S_O + S_C \quad (5.2b)$$

S_A : İzleyici oturma alanı, m^2

S_O : Orkestra alanı, m^2

S_C : Koro alan, m^2

S_O hesabı yapılırken orkestranın ya da orkestra çukurunun açık kısmının alanı da (Orkestranın kapladığı alan + bu alan çevresinde 1 metreye kadar olan şerit alan+sahne önü açıklığı) dahil edilir. Ayrıca pek çok salonda koro alanı, izleyici ya da orkestra alanının içinde yer alır S_C hesaplanırken buna dikkat edilmelidir.

Tüm bu ayrıntıları dikkate alınırsa;

Fırat Üniversitesi A.K.M. sahne alanı = $S = 89.92 m^2$, toplam salon alanı = $S = 700.75 m^2$ bulunmaktadır.

5.3. İzleyici Sayısı ve Yüzeyler

Toplam kapasitenin parter ve balkonlardaki kişi sayısı ile birlikte sayısal tespiti ile izleyici sayısı elde edilir. Fırat Üniversitesi A.K.M içinde balkon ve parterler olmadığına 793 koltuk bulunmaktadır ve salon 793 kişiliktir. Ayrıca salonda bulunan elemanların, yüzeylerinin boyutları ve fiziksel özellikleri bakımından hacim akustiğine etkisi büyüktür. Bu etki, boyutları, şekilleri ve ses yutuculuk özellikleri açısından üç yönlüdür. Boyutlar, yansımanın ön koşulu olan, sesin dalga boyundan büyük olma özelliğine göre değerlendirilir. Kullanılan malzemenin fiziksel özelliklerine ve uygulanış şekline bağlı olan ses yutuculuk özelliği ise; hacim genelinde reverberasyon süresine, sesin yaygınlığına ve bunlara bağlı sübjektif özelliklere etki edeceği bilinerek değerlendirilir. Sesin yaygınlığına etki eden bir başka faktör olan yüzey şekillerinin de, detaylı biçimde incelenmesi gereklidir [17].

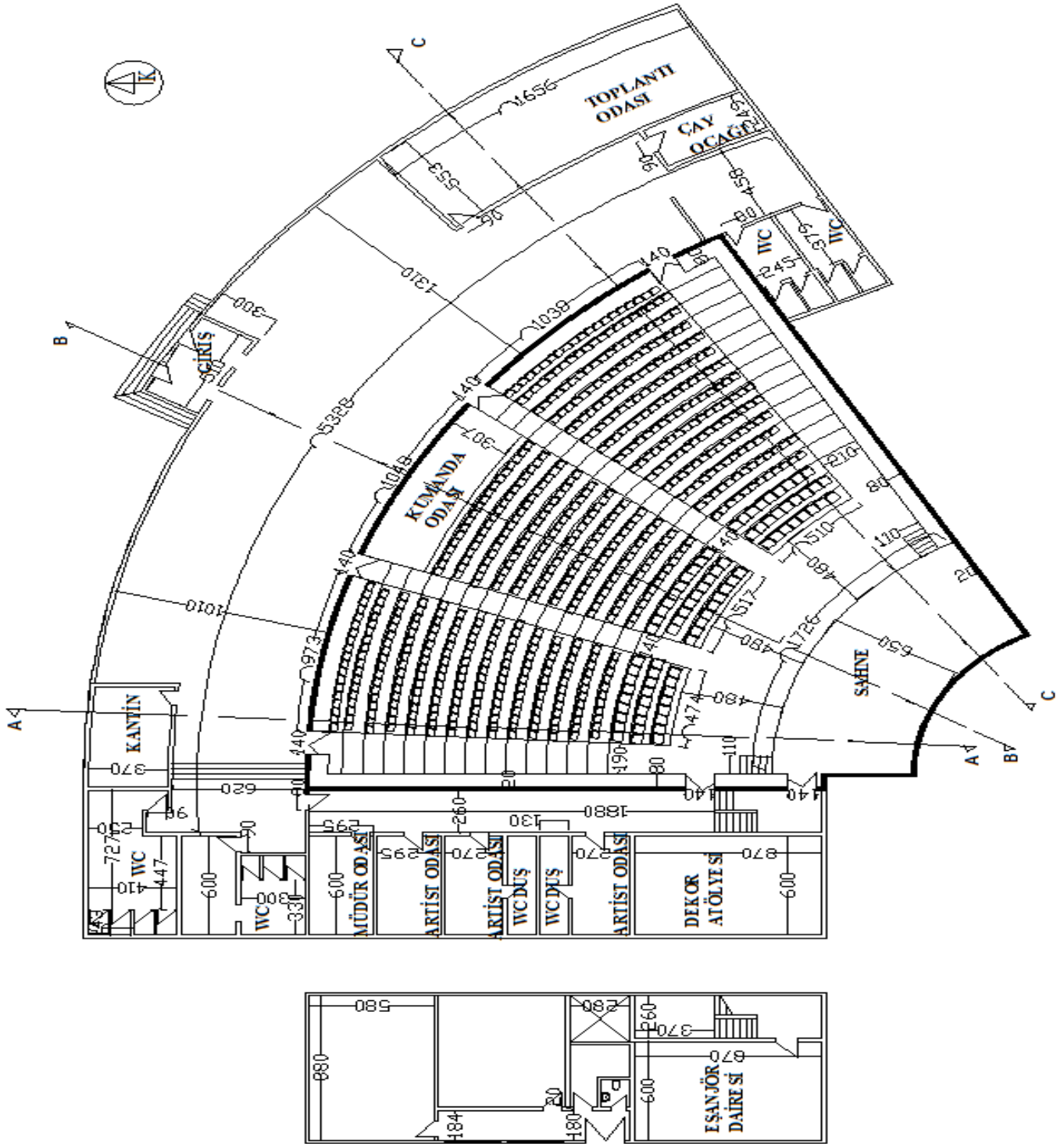
5.4. Hacim Akustiği Alanında Yapılmakta Olan Analizler

Hacim akustiği analizleri iki başlık altında toplamak mümkündür:

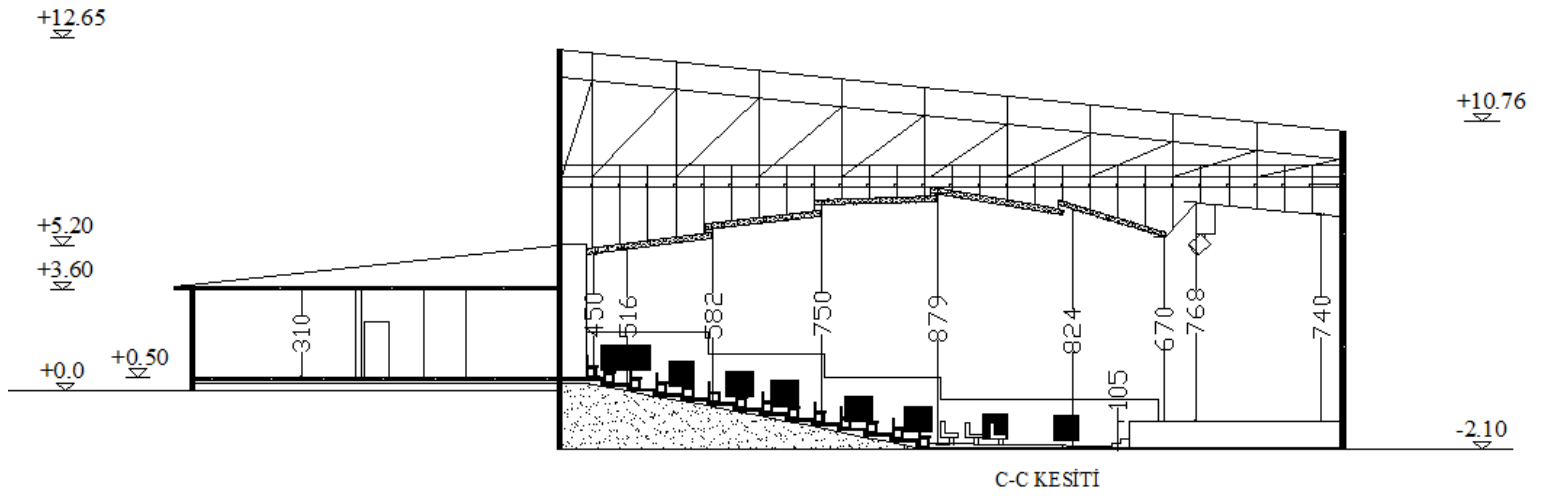
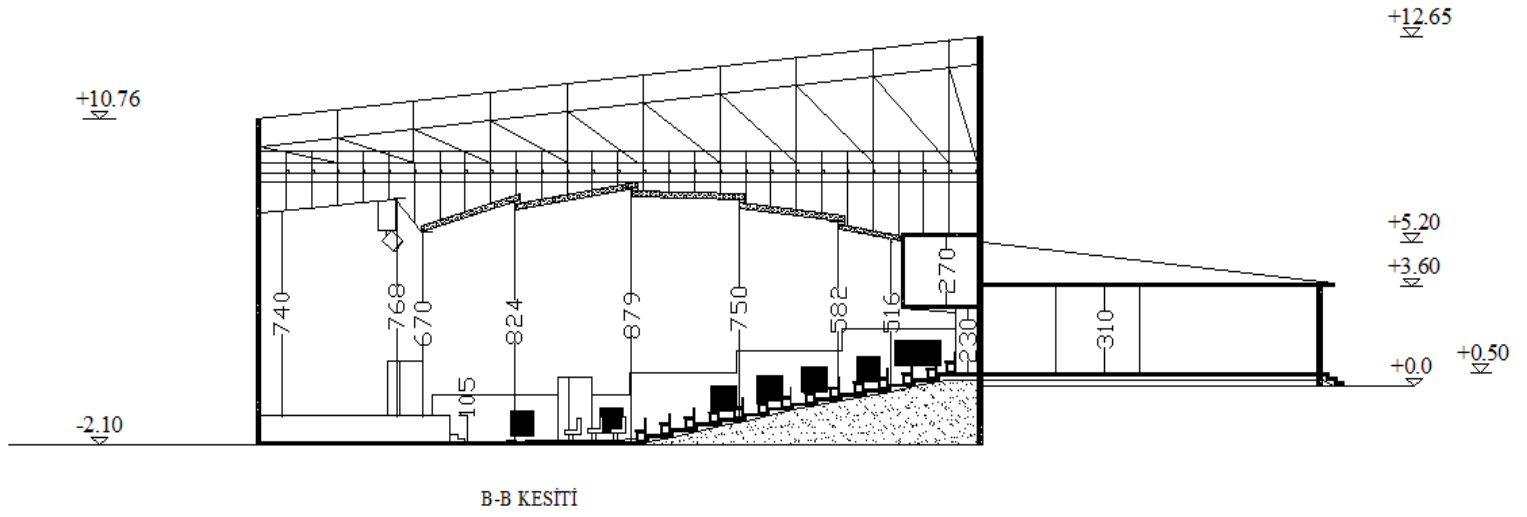
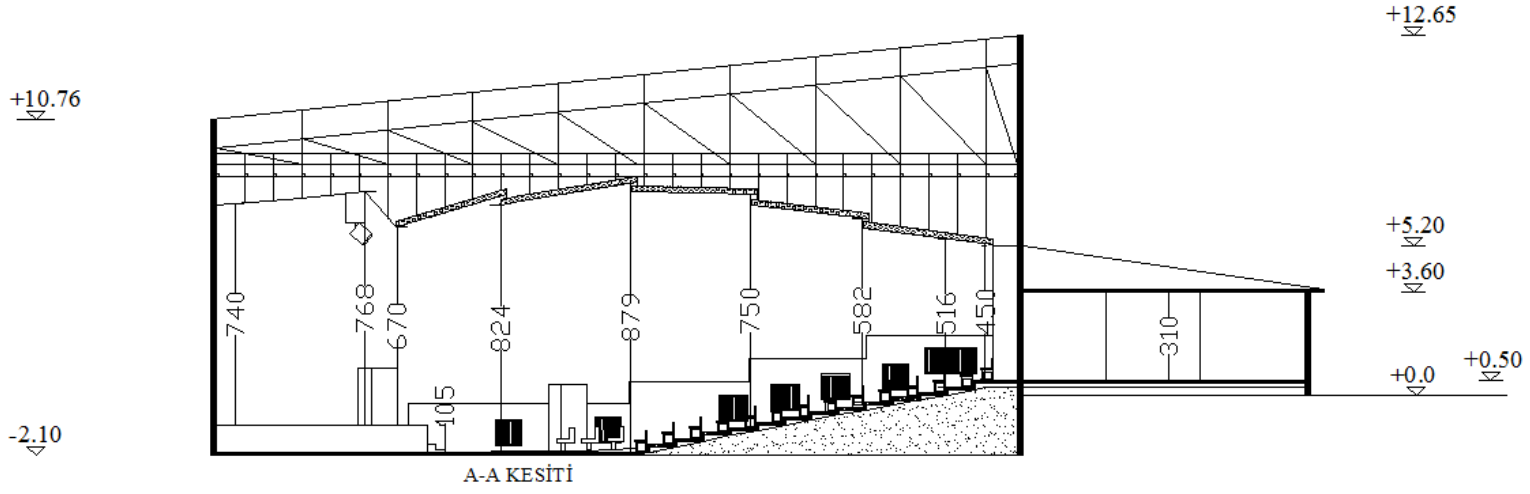
- 1- Geometrik Teori kapsamına giren analizler
- 2- İstatiksel Teori kapsamına giren analizler

Farklı problemler karşısında başarı dereceleri değişebilen bu analiz yöntemlerini yaygın olarak kullanıldığı alanlar vardır. İstatiksel teori kapsamına giren analizlerde, bir takım bağlantılar ve tablolar yardımıyla hacmin özellikle reverberasyon bakımından özellikleri belirlenebilir. Geometrik teori kapsamına giren analizler, sesin kapalı bir hacimdeki davranışlarını, geometrik optikteki ışık ışınlarınıninkine benzer düz çizgiler ile açıklamaktadır ki bu da; sesin, kaynaktan hacim içine nasıl dağıldığını şemalar üzerinde gösterilebilmesine olanak verir [17].

Tez kapsamında incelenen Fırat Üniversitesi Atatürk Kültür Merkezi'ne ait değerlendirmeler bundan sonraki bölümde şekil, tablo ve ölçümler ile ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Geometrik analiz kapsamındaki incelemelerde, gerekli parametreler, açıklamaları ve salonun analizi birlikte verilmiştir. Atatürk Kültür Merkezi'nin ayrıntılı plan şeması ve salonun ayrıntılı kesit şeması Şekil 5.1. ve Şekil 5.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. F.Ü. Atatürk Kültür Merkezi'nin ayrıntılı plan şeması



Şekil 5.2. F.Ü. Atatürk Kültür Merkezi' nin ayrıntılı kesit şeması

5.4.1. Geometrik Yöntem Analizi

Geometrik Yöntem kapsamında ilk olarak salonu oluşturan elemanların, her türlü yansıtıcılık ve eko analizleri yapılacak ardından reverberasyon süresinin hesaplanma aşamasına geçilecektir.

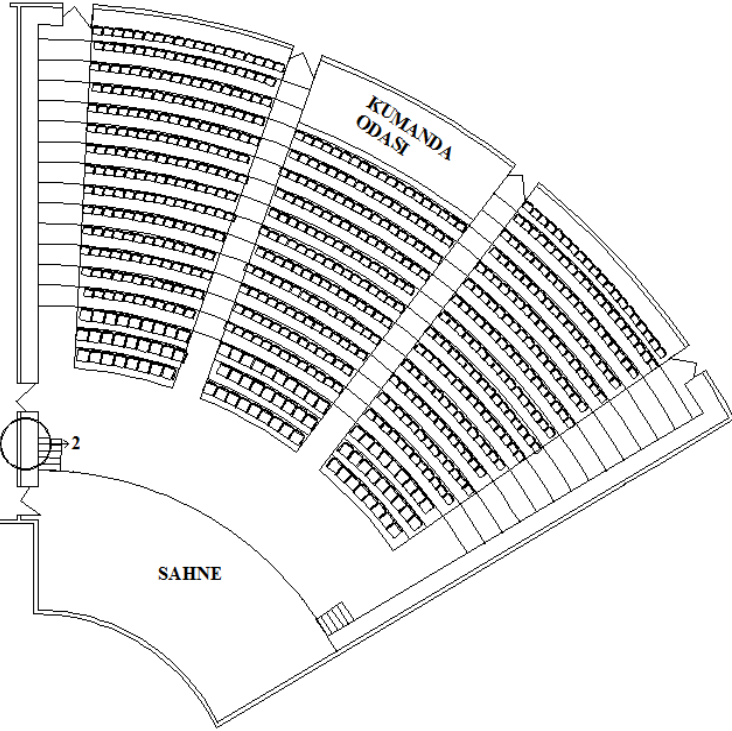
5.4.1.1. Hacim İçinde Yer Alan Elemanların Boyutlarının Sesin Dalgaboyu İle Kıyaslanması Sonucu Yansıtıcılık Analizi Yapılması

Sesin bir yüzeye çarptıktan sonra, ışının, yüzey normali ile yaptığı açıyla yüzeyden uzaklaşması, ya da yansması için ön koşul olan; eleman boyutu ile sesin dalga boyu arasındaki ilişki şu şekildedir: Eleman boyutuna ait kısa kenarın, ses frekansının dalga boyundan büyük olması gerekir [17].

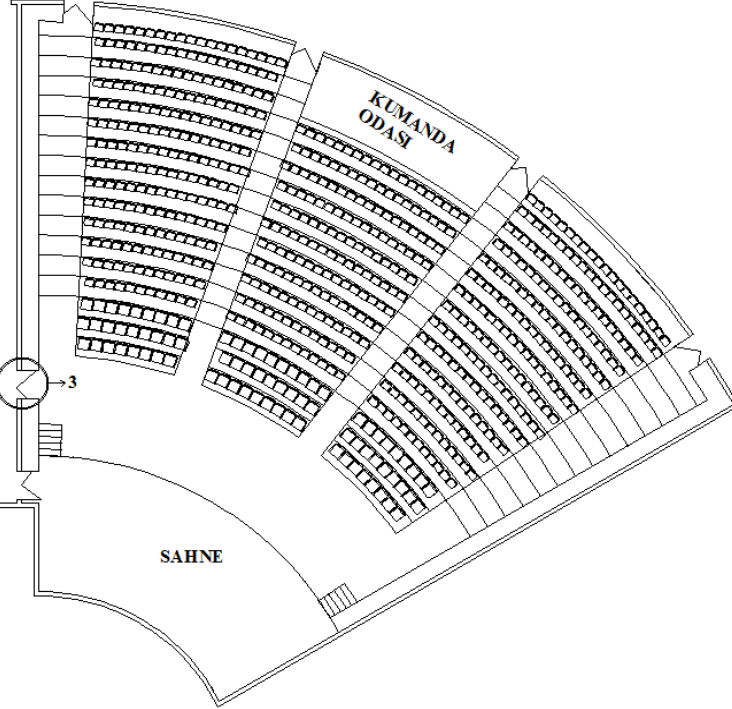
Bu kapsamda, F.Ü. Atatürk Kültür Merkezi için yapılan değerlendirmede, ilgili şeklin solunda planın şematik gösterimi, sağındaki tablonun üst kısmında, salon içindeki yeri gösterilen elemanın numarası altında boyutları verilmiştir. Tablonun sonunda yer alan, frekansa ait dalga boyu, elemanın kısa boyutu ile kıyaslanır ve sonuç önce “<” ya da “>” işaretleri ile ortadaki sütunda, sonra yansıma “var” ya da “yok” şeklinde son iki sütunda yazılmıştır (Şekil 5. 3- 22).

Eleman No		-1-		
Boyutlar:		1.35 x 2.00		
f	$\lambda = c/f$		Yansıma	
63	5.46	>		Yok
125	2.75	>		Yok
250	1.38	>		Yok
500	0.69	<	Var	
1000	0.34	<	Var	
2000	0.17	<	Var	
4000	0.09	<	Var	

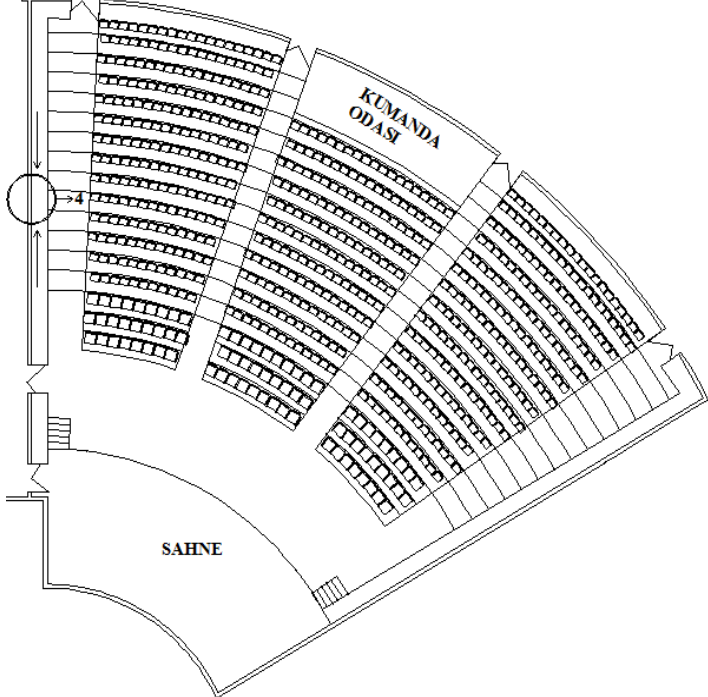
Şekil 5.3. 1 no’ lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No	-2-			
	Boyutlar:	4.45 x 8.17			
	f	$\lambda = c/f$	Yansırma		
	63	5.46	>		Yok
	125	2.75	<	Var	
	250	1.38	<	Var	
	500	0.69	<	Var	
	1000	0.34	<	Var	
	2000	0.17	<	Var	
	4000	0.09	<	Var	

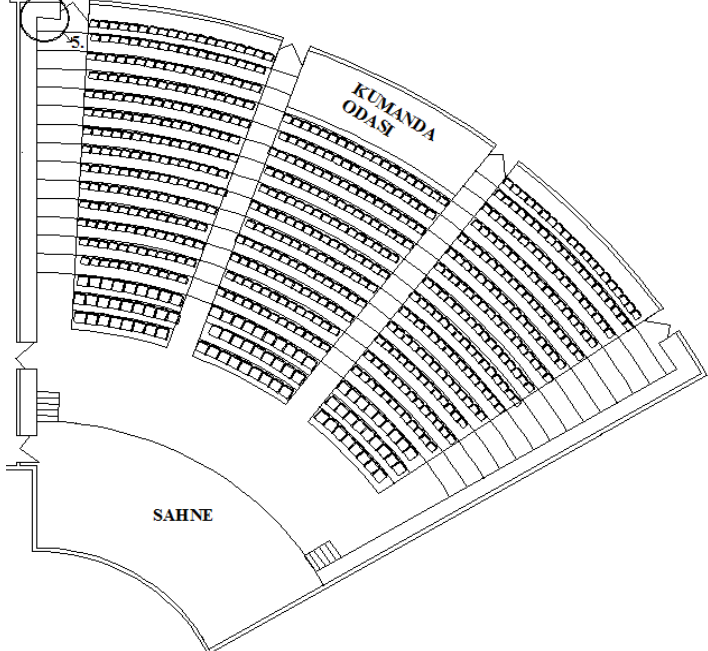
Şekil 5.4. 2 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No	-3-			
	Boyutlar:	1.35 x 2.00			
	f	$\lambda = c/f$	Yansırma		
	63	5.46	>		Yok
	125	2.75	>		Yok
	250	1.38	>		Yok
	500	0.69	<	Var	
	1000	0.34	<	Var	
	2000	0.17	<	Var	
	4000	0.09	<	Var	

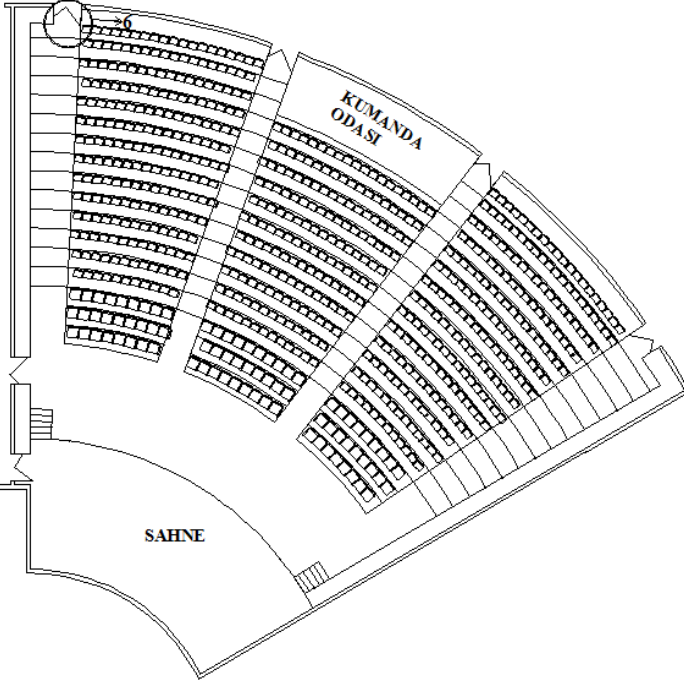
Şekil 5.5. 3 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

		Eleman No	-4-	
		Boyutlar:	16.60 x 7.04	
		f	$\lambda = c/f$	Yansıma
		63	5.46	< Var
		125	2.75	< Var
		250	1.38	< Var
		500	0.69	< Var
		1000	0.34	< Var
		2000	0.17	< Var
		4000	0.09	< Var

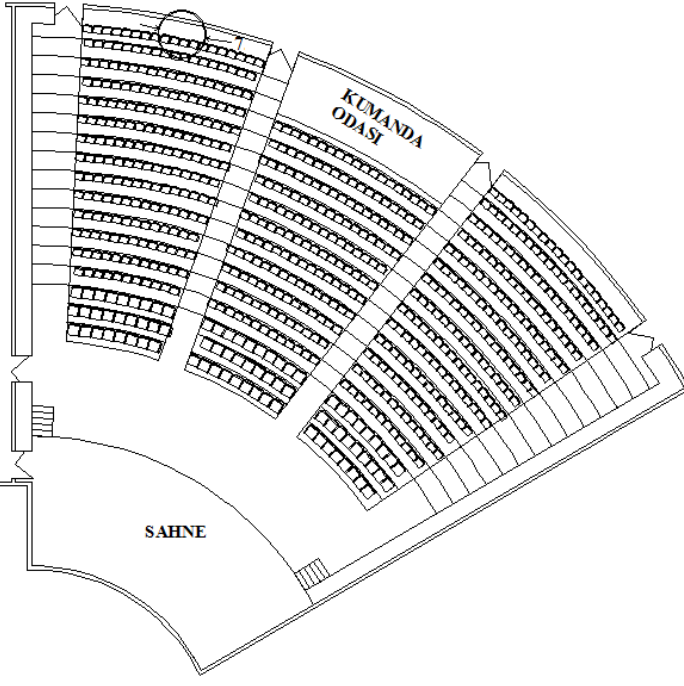
Şekil 5.6. 4 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalgaboyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

		Eleman No	-5-	
		Boyutlar:	1.16 x 4.40	
		f	$\lambda = c/f$	Yansıma
		63	5.46	> Yok
		125	2.75	> Yok
		250	1.38	> Yok
		500	0.69	< Var
		1000	0.34	< Var
		2000	0.17	< Var
		4000	0.09	< Var

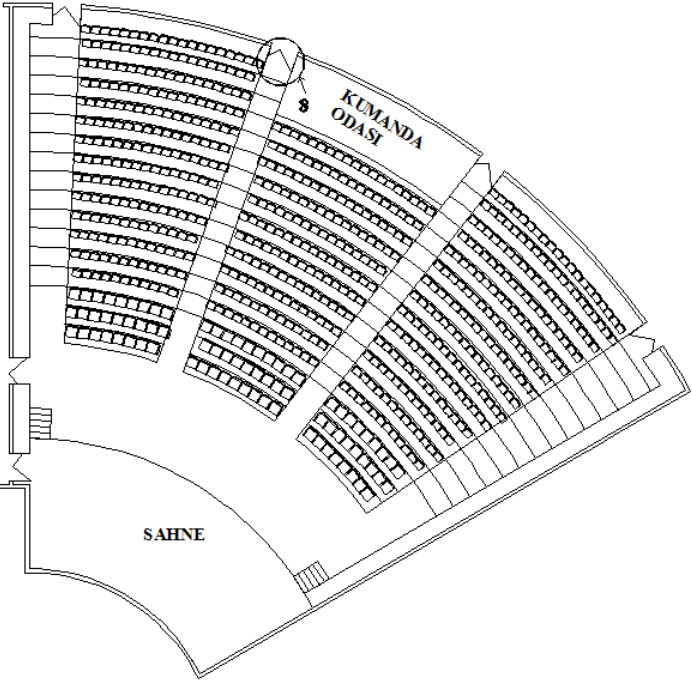
Şekil 5.7. 5 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No		-6-	
	Boyutlar:		1.35 x 2.00	
	f	$\lambda = c/f$	Yansıma	
	63	5.46	>	Yok
	125	2.75	>	Yok
	250	1.38	>	Yok
	500	0.69	<	Var
	1000	0.34	<	Var
	2000	0.17	<	Var
	4000	0.09	<	Var

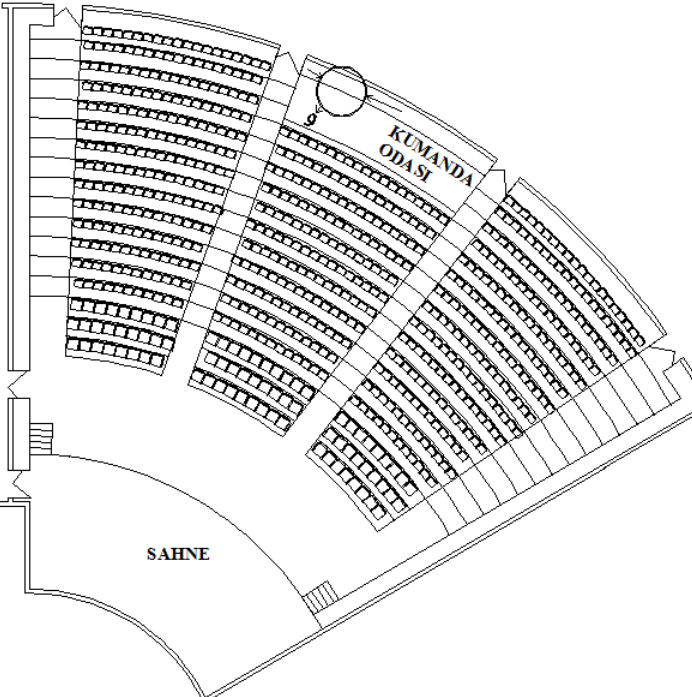
Şekil 5.8. 6 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No		-7-	
	Boyutlar:		9.68 x 4.50	
	f	$\lambda = c/f$	Yansıma	
	63	5.46	>	Yok
	125	2.75	<	Var
	250	1.38	<	Var
	500	0.69	<	Var
	1000	0.34	<	Var
	2000	0.17	<	Var
	4000	0.09	<	Var

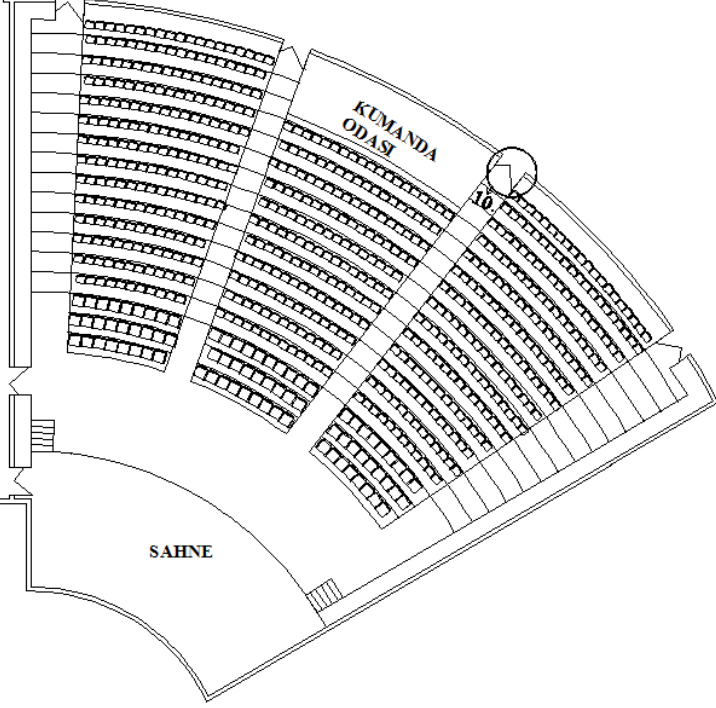
Şekil 5.9. 7 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No		-8-	
	Boyutlar:		1.35 x 2.00	
	f	$\lambda = c/f$	Yansıma	
	63	5.46	>	Yok
	125	2.75	>	Yok
	250	1.38	>	Yok
	500	0.69	<	Var
	1000	0.34	<	Var
	2000	0.17	<	Var
	4000	0.09	<	Var

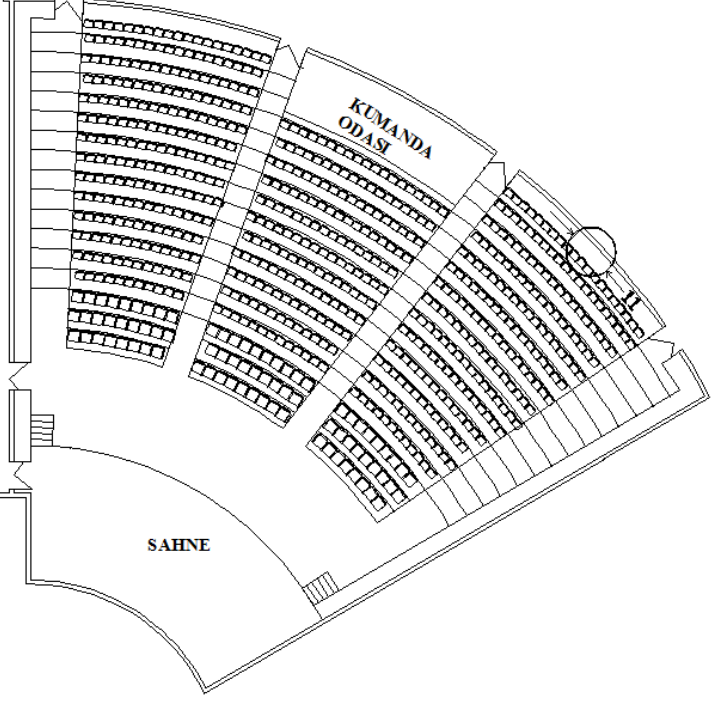
Şekil 5.10. 8 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No		-9-	
	Boyutlar:		10.40 x 2.30	
	f	$\lambda = c/f$	Yansıma	
	63	5.46	>	Yok
	125	2.75	>	Yok
	250	1.38	<	Var
	500	0.69	<	Var
	1000	0.34	<	Var
	2000	0.17	<	Var
	4000	0.09	<	Var

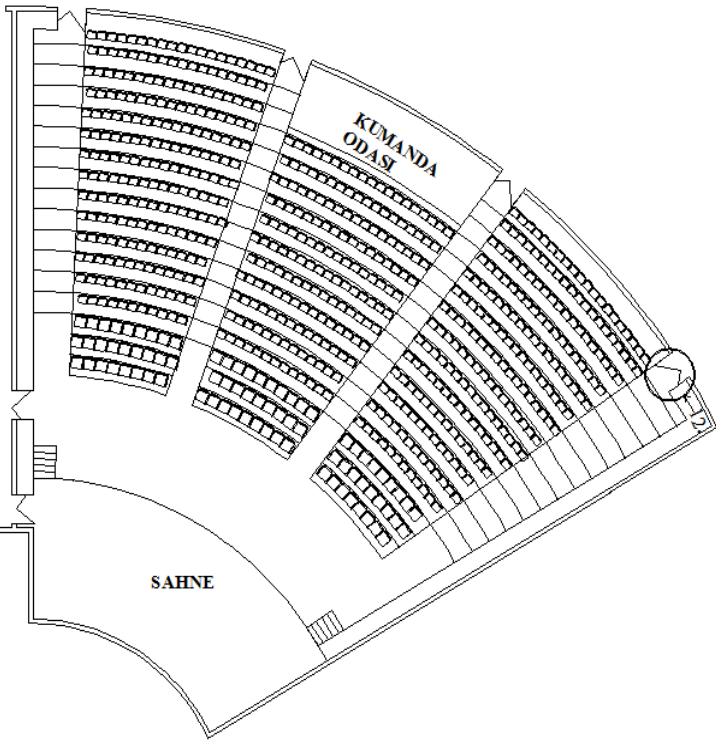
Şekil 5.11. 9 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No	-10-			
	Boyutlar:	1.35 x 2.00			
	f	$\lambda = c/f$		Yansımaya	
	63	5.46	>		Yok
	125	2.75	>		Yok
	250	1.38	>		Yok
	500	0.69	<	Var	
	1000	0.34	<	Var	
	2000	0.17	<	Var	
	4000	0.09	<	Var	

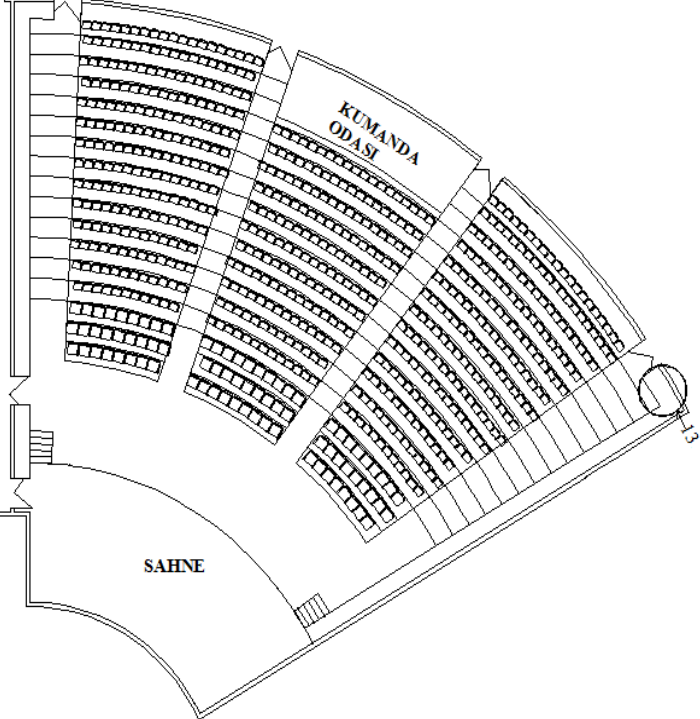
Şekil 5.12. 10 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No	-11-			
	Boyutlar:	10.30 x 4.50			
	f	$\lambda = c/f$		Yansımaya	
	63	5.46	>		Yok
	125	2.75	<	Var	
	250	1.38	<	Var	
	500	0.69	<	Var	
	1000	0.34	<	Var	
	2000	0.17	<	Var	
	4000	0.09	<	Var	

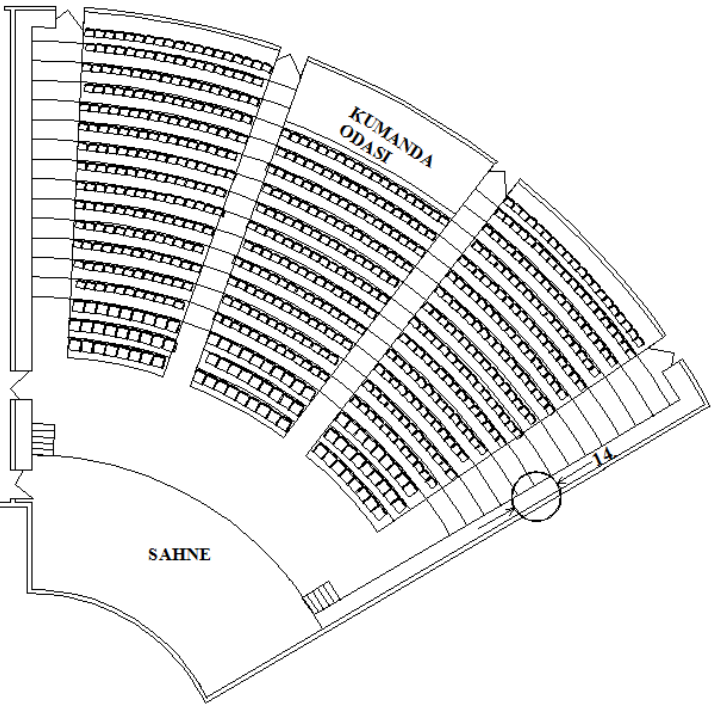
Şekil 5.13. 11 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No		-12-	
	Boyutlar:		1.35 x 2.00	
	f	$\lambda = c/f$	Yansıma	
	63	5.46	>	Yok
	125	2.75	>	Yok
	250	1.38	>	Yok
	500	0.69	<	Var
	1000	0.34	<	Var
	2000	0.17	<	Var
	4000	0.09	<	Var

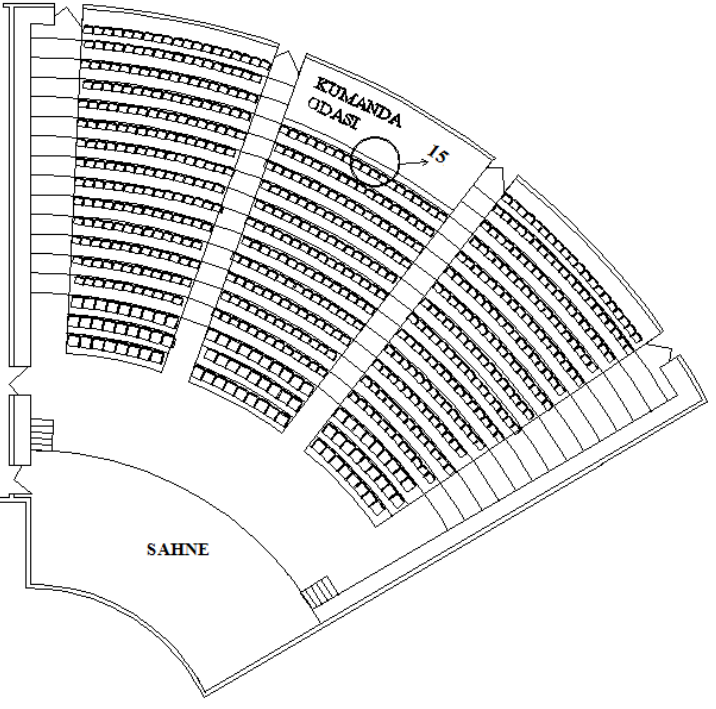
Şekil 5.14. 12 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No		-13-	
	Boyutlar:		1.60 x 4.50	
	f	$\lambda = c/f$	Yansıma	
	63	5.46	>	Yok
	125	2.75	>	Yok
	250	1.38	<	Var
	500	0.69	<	Var
	1000	0.34	<	Var
	2000	0.17	<	Var
	4000	0.09	<	Var

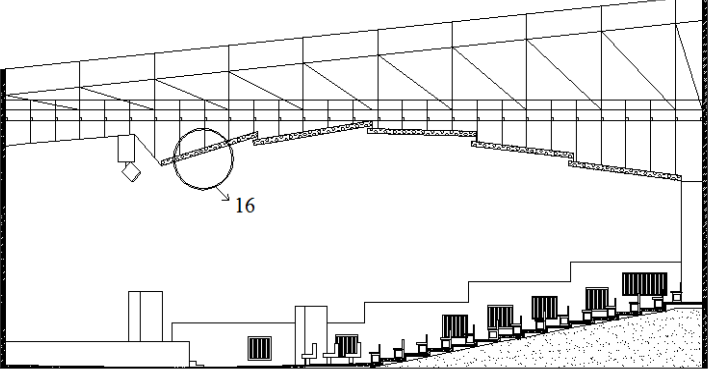
Şekil 5.15. 13 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

		Eleman No	-14-	
		Boyutlar:	20.50 x 7.06	
f	$\lambda = c/f$		Yansıma	
63	5.46	<	Var	
125	2.75	<	Var	
250	1.38	<	Var	
500	0.69	<	Var	
1000	0.34	<	Var	
2000	0.17	<	Var	
4000	0.09	<	Var	

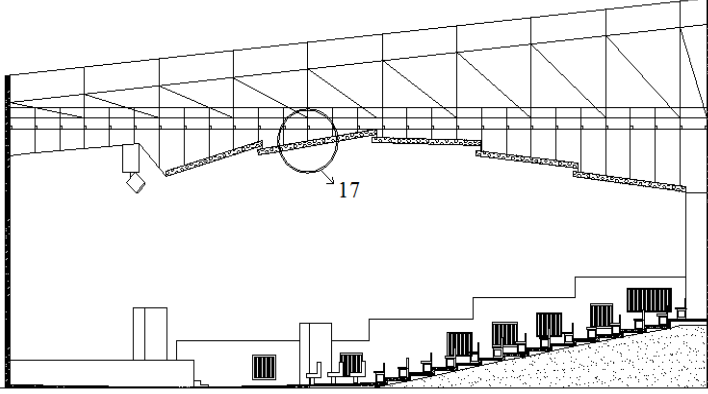
Şekil 5.16. 14 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

		Eleman No	-15-	
		Boyutlar:	9.46 x 2.70	
f	$\lambda = c/f$		Yansıma	
63	5.46	>		Yok
125	2.75	>		Yok
250	1.38	<	Var	
500	0.69	<	Var	
1000	0.34	<	Var	
2000	0.17	<	Var	
4000	0.09	<	Var	

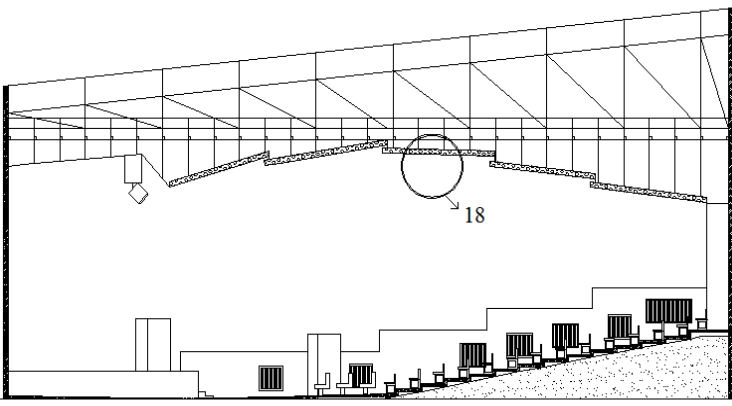
Şekil 5.17. 15 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

		Eleman No	-16-	
		Boyutlar:	4.10 x 17.35	
		f	$\lambda = c/f$	Yansım
		63	5.46	> Yok
		125	2.75	< Var
		250	1.38	< Var
		500	0.69	< Var
		1000	0.34	< Var
		2000	0.17	< Var
		4000	0.09	< Var

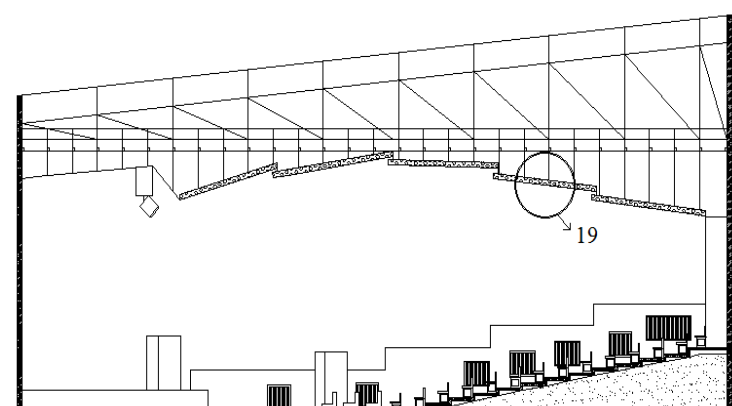
Şekil 5.18. 16 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

		Eleman No	-17-	
		Boyutlar:	4.55 x 20.65	
		f	$\lambda = c/f$	Yansım
		63	5.46	> Yok
		125	2.75	< Var
		250	1.38	< Var
		500	0.69	< Var
		1000	0.34	< Var
		2000	0.17	< Var
		4000	0.09	< Var

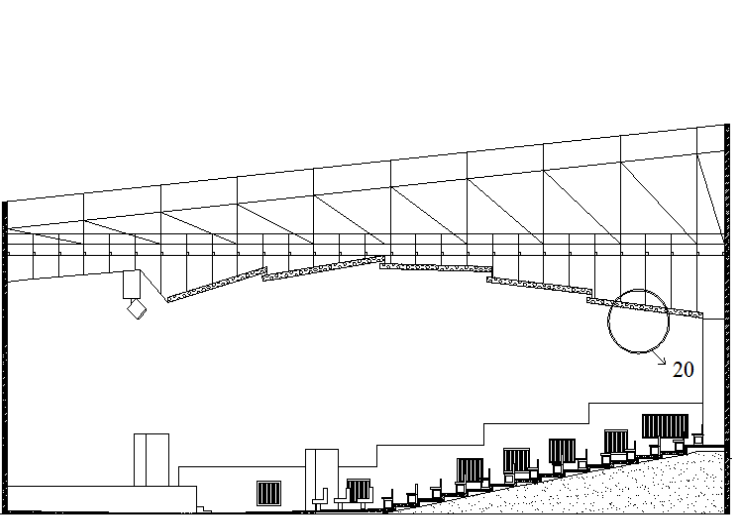
Şekil 5.19. 17 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No		-18-	
	Boyutlar:		4.00 x 24.50	
	f	$\lambda = c/f$	Yansıma	
	63	5.46	>	Yok
	125	2.75	<	Var
	250	1.38	<	Var
	500	0.69	<	Var
	1000	0.34	<	Var
	2000	0.17	<	Var
	4000	0.09	<	Var

Şekil 5.20. 18 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No		-19-	
	Boyutlar:		3.97 x 30.60	
	f	$\lambda = c/f$	Yansıma	
	63	5.46	>	Yok
	125	2.75	<	Var
	250	1.38	<	Var
	500	0.69	<	Var
	1000	0.34	<	Var
	2000	0.17	<	Var
	4000	0.09	<	Var

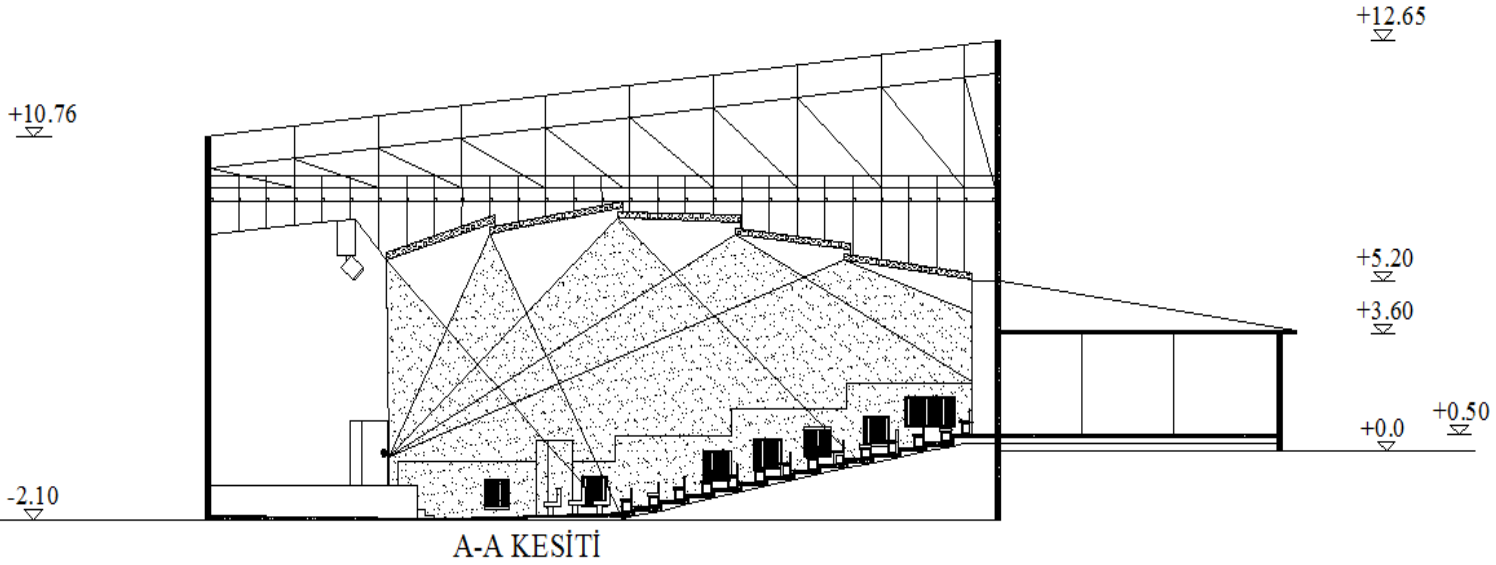
Şekil 5.21. 19 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi

	Eleman No		-20-	
	Boyutlar:		4.58 x35.28	
	f	$\lambda = c/f$	Yansıma	
	63	5.46	>	Yok
	125	2.75	<	Var
	250	1.38	<	Var
	500	0.69	<	Var
	1000	0.34	<	Var
	2000	0.17	<	Var
	4000	0.09	<	Var
Şekil 5.22. 20 no' lu eleman boyutlarının, sesin dalga boyu ile kıyaslanması sonucunda, hangi frekanslarda yansıtıcı olduklarının belirlenmesi				

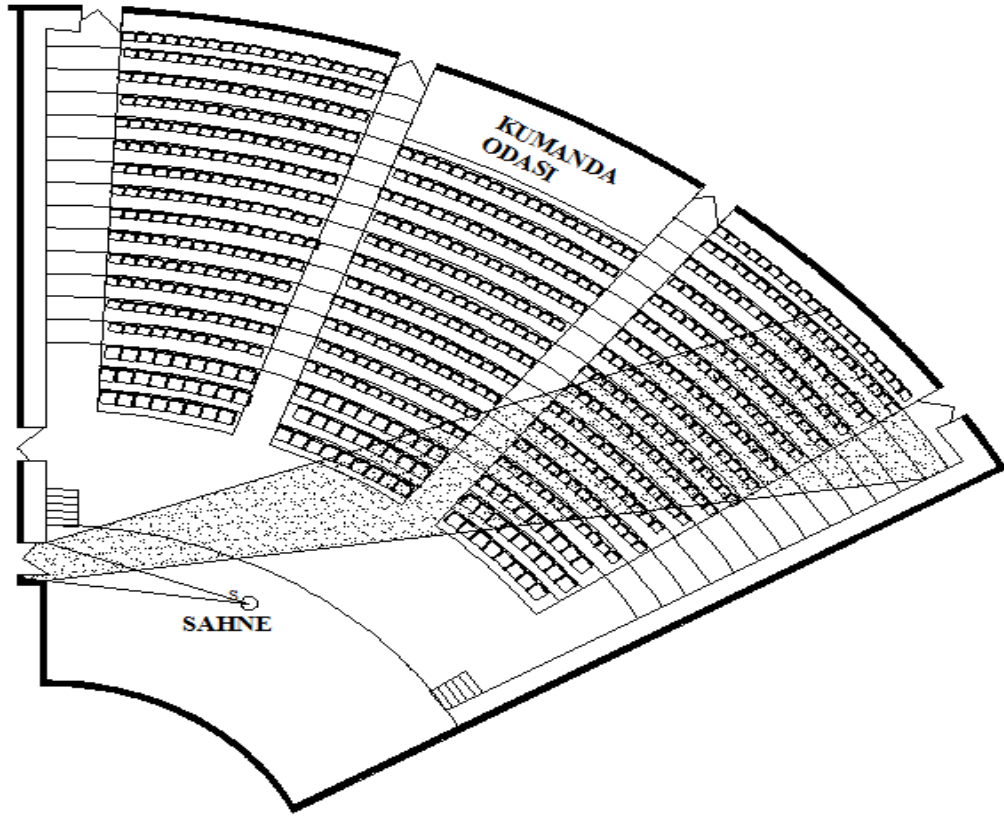
Şekiller incelendiğinde; 1-3-5-6-8-10-12 no'lu salon elemanlarında 63 Hz, 125 Hz ve 250 Hz' de yansıma yoktur. 4-14 no'lu elemanlar olan yan duvarlar tüm frekanslarda yansıma işlemini gerçekleştirmiş ve bu konuda beklenen performansı göstermiştir. Ayrıca 7-11-2 no'lu elemanlar; 63 Hz'de, 9-13-15 no'lu elemanlar 63 Hz ve 125 Hz'de yansıma göstermemişlerdir. Şekil 5.18,19,20,21,22 deki kesitler incelendiğinde ise 16-17-18-19-20 no'lu asma tavan elemanlarının sadece 63 Hz'de yansıma yapmadığı görülmektedir. 5-13 no'lu elemanlarda yansımanın bazı frekanslarda olmaması o bölgede seyirci olmadığından dolayı önemsizdir. Fakat diğer elemanların yansıma konusundaki eksiklikleri mimari akustik kusurdur. Bu bölümde yansımanın olup olmadığı; salon yüzeylerinin boyutları ile merkez frekanslardaki dalga boylarının karşılaştırılması ile yapılmıştır.

5.4.1.2. Hacim İçinde Yer Alan Elemanların Yüzeylerinin Ses Kaynağından Aldıkları Işınları Yansıttıkları Doğrultuların Analizi

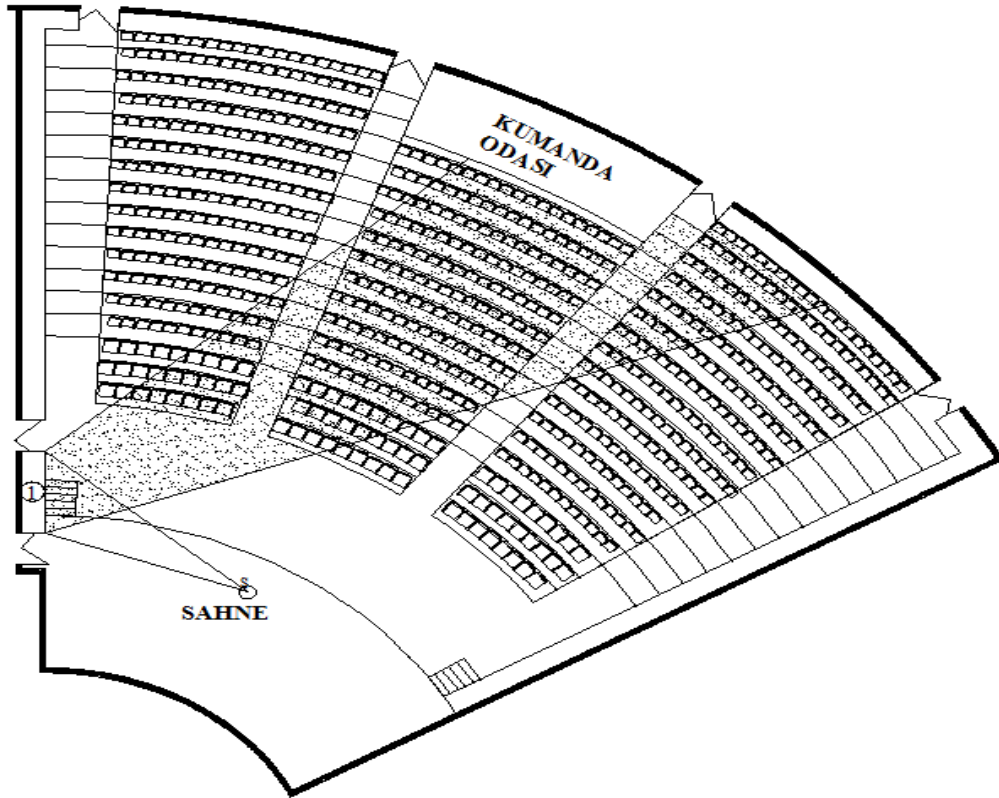
Bu bölümde ses kaynağından gönderilen şematik ses ışınlarının elemanların yüzeylerine çarptıktan sonra yansıma şekilleri ele alınmıştır. Bu şekillerde ses kaynağının bulunduğu yer sahne içine doğru 1.5 metre içeride ve sahne açıklığının orta noktasında alınmıştır. Bu nokta, konser düzeninde orkestradaki seslerin karıştığı ya da konuşmacının durduğu yer olarak kabul edilebilir. Bu bölümde; hacim içinde yer alan elemanların yansıtıcılık analizleri Şekil 5. 23-39 'da verilmiştir. Şekil 5.23, 24 ve 25, Şekil 5.1.'de verilen plan üzerinde gösterilen kesitlerdir.



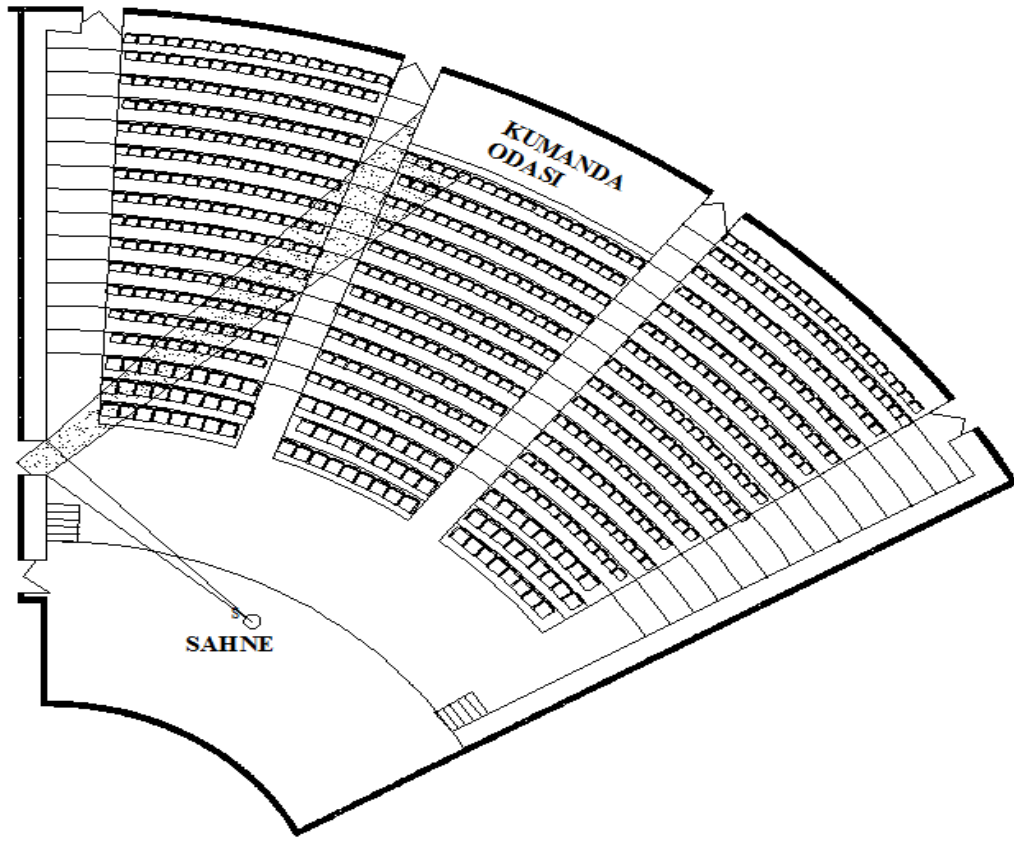
Şekil 5.23. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavanın yansıtıcılık analizi (A-A kesiti)



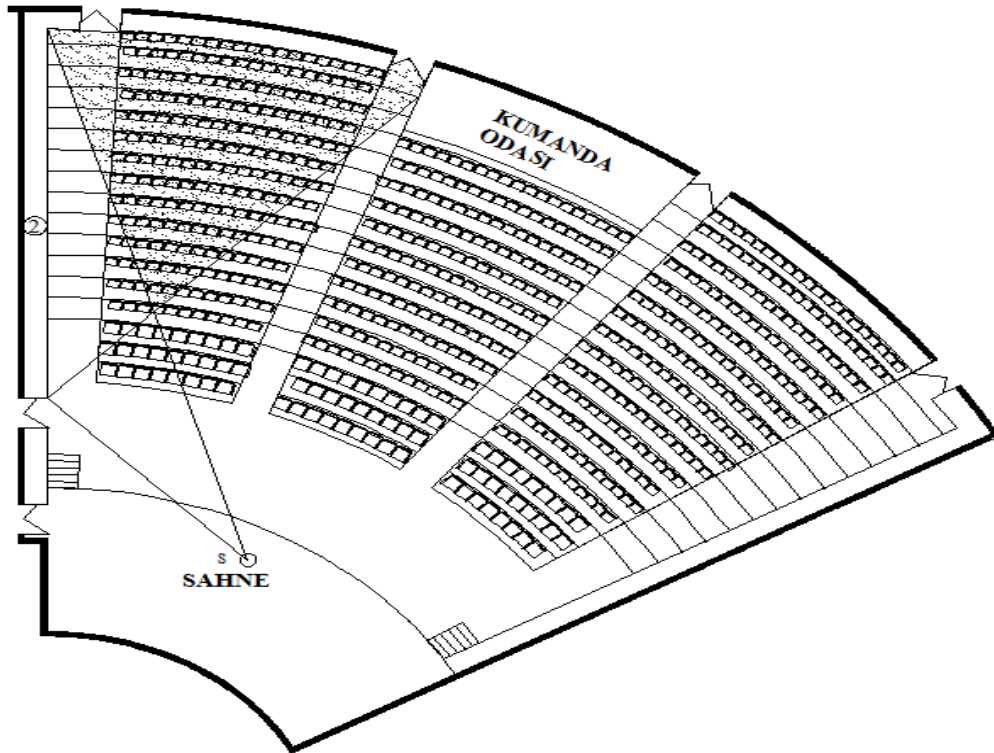
Şekil 5.26. Sahne kapısının yansıtıcılık analizi



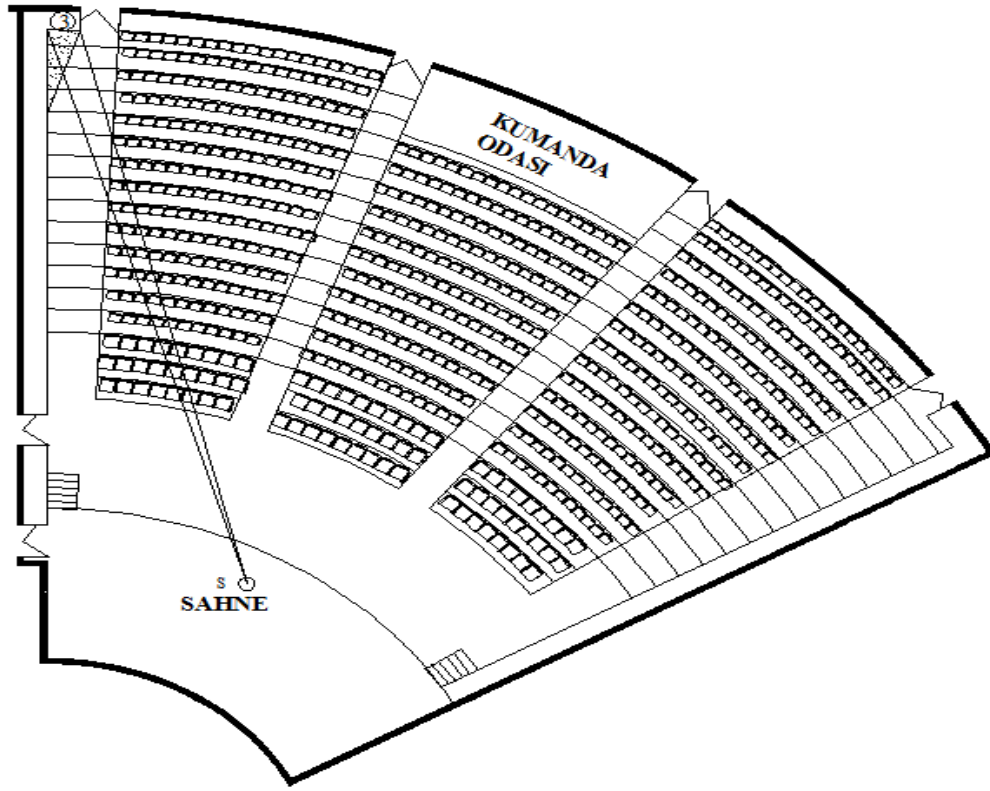
Şekil 5.27. 1 no' lu yan duvar yansıtıcılık analizi



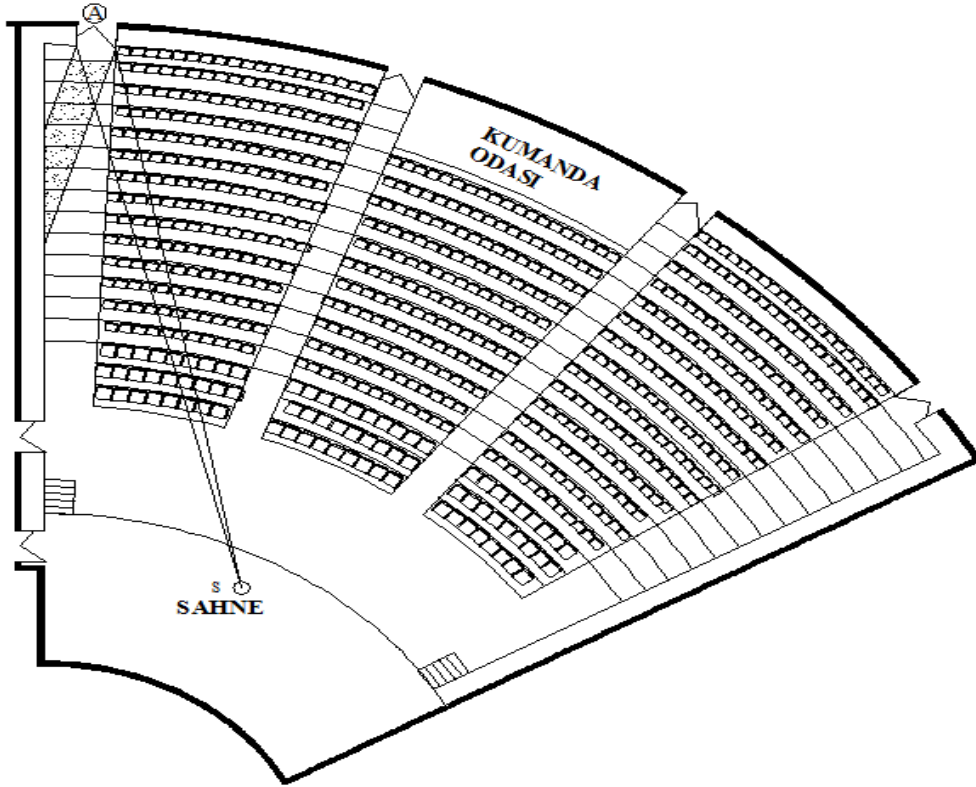
Şekil 5.28. Servis kapısının yansıtıcılık analizi



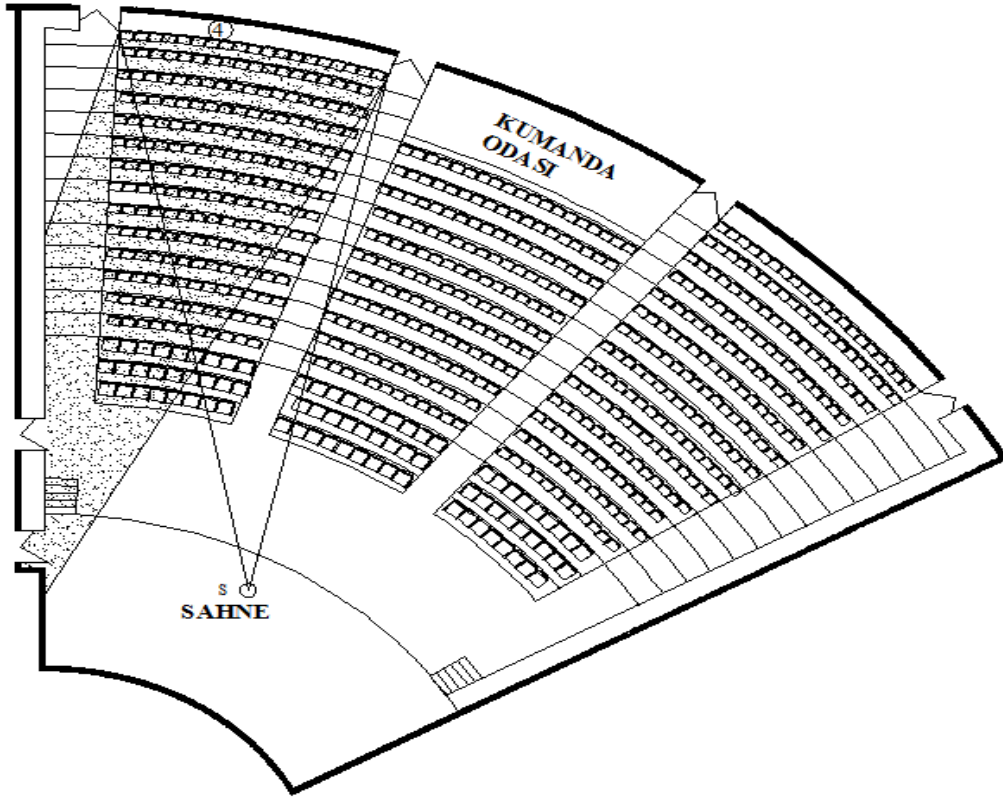
Şekil 5.29. 2 no' lu yan duvar yansıtıcılık analizi



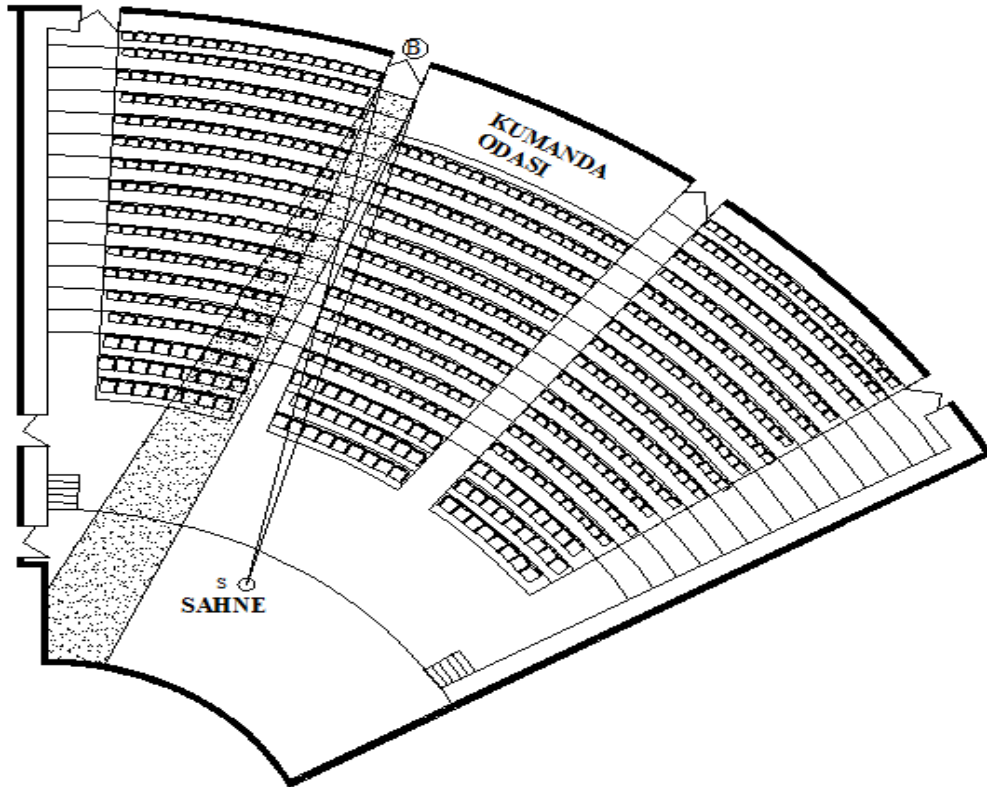
Şekil 5.30. 3 no' lu arka duvar yansıtıcılık analizi



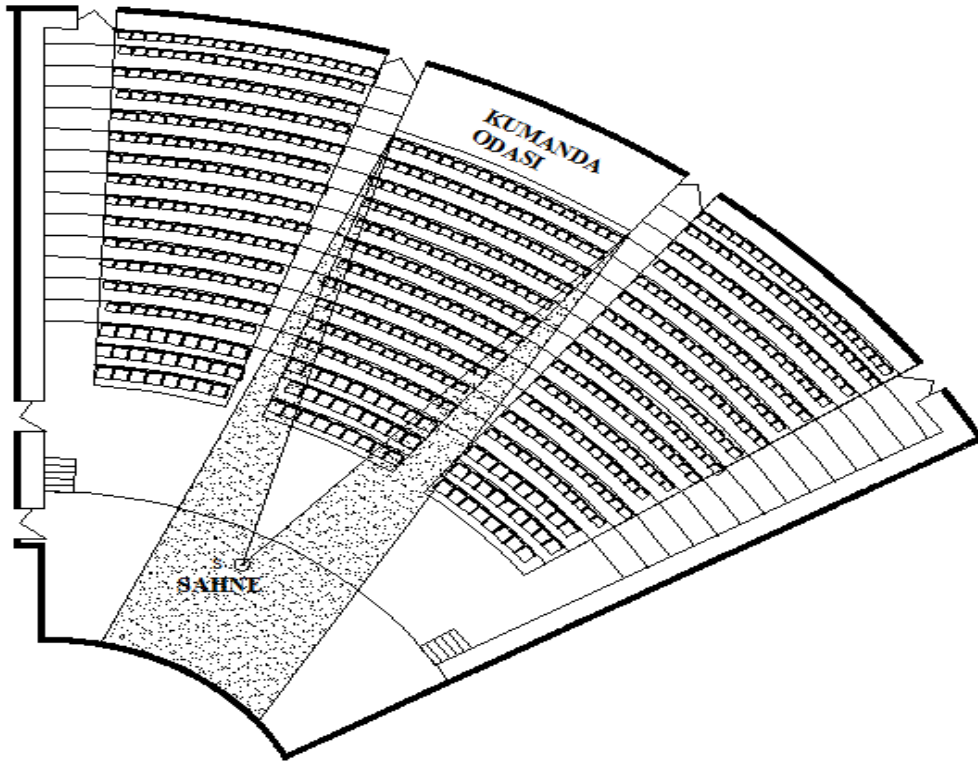
Şekil 5.31. A izleyici giriş kapısı yansıtıcılık analizi



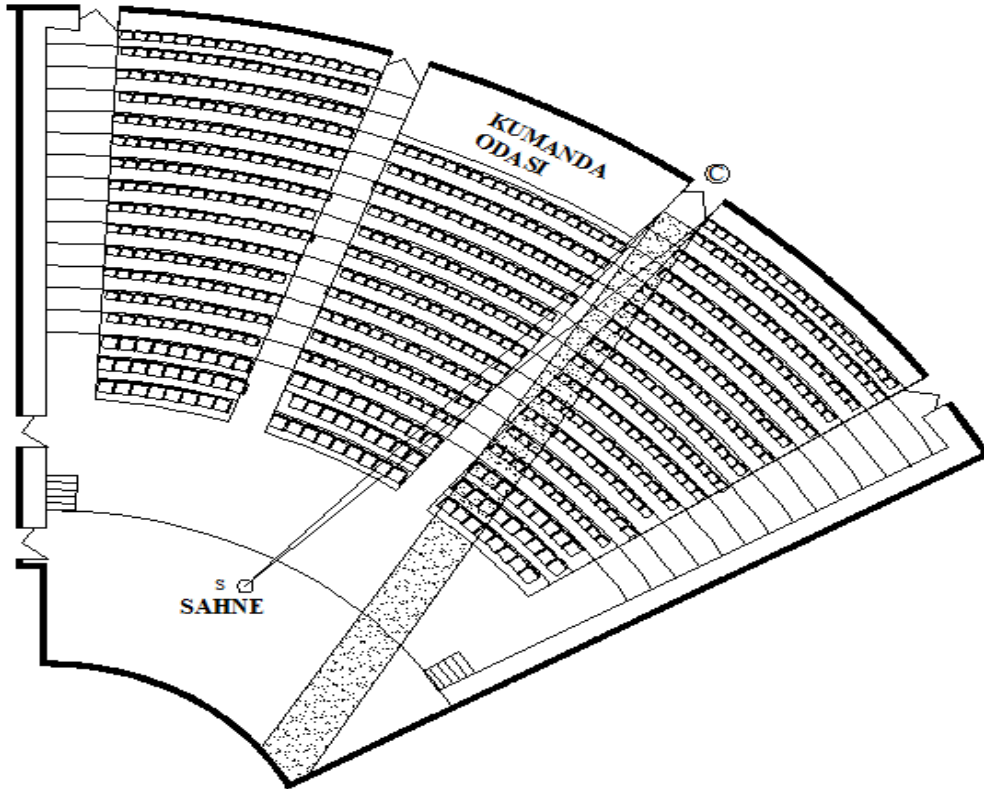
Şekil 5.32. 4 no' lu arka duvar yansıtıcılık analizi



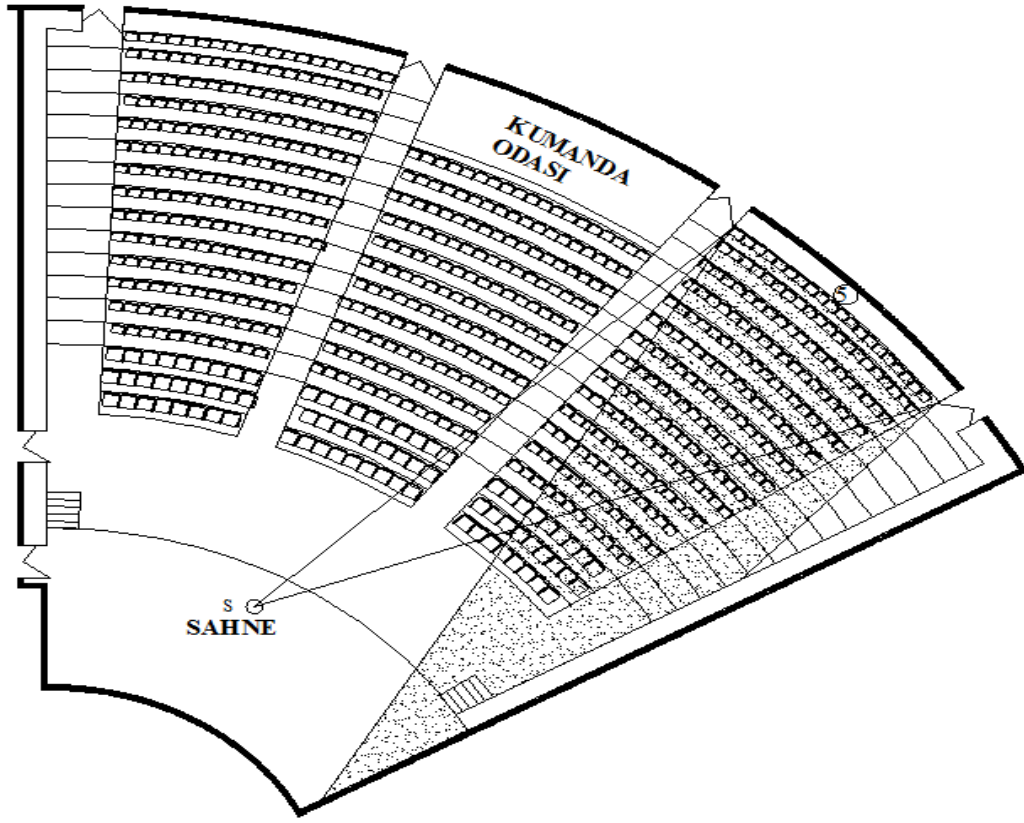
Şekil 5.33. B izleyici giriş kapısı yansıtıcılık analizi



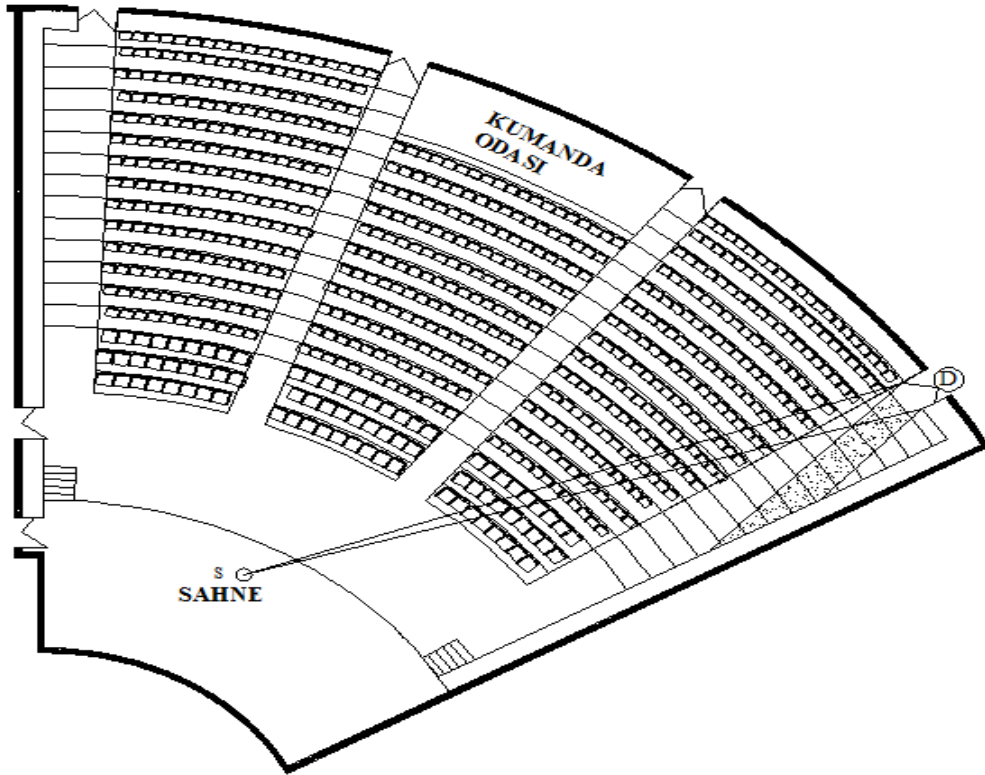
Şekil 5.34. Kumanda odasının yansıtıcılık analizi



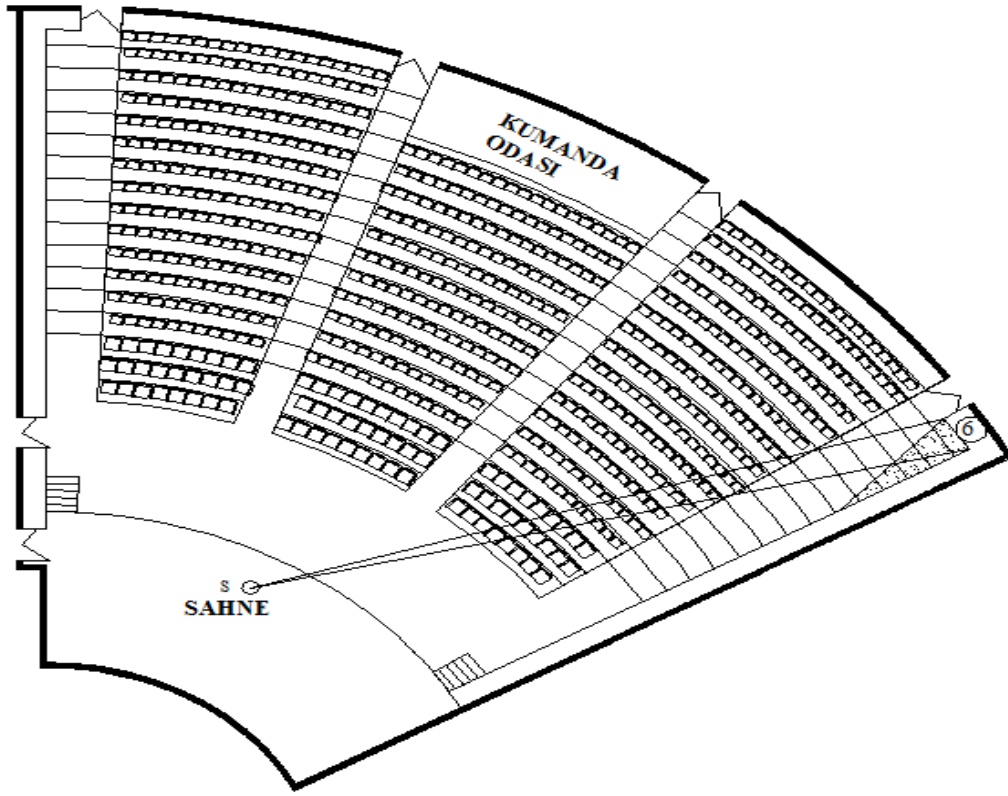
Şekil 5.35. C izleyici giriş kapısı yansıtıcılık analizi



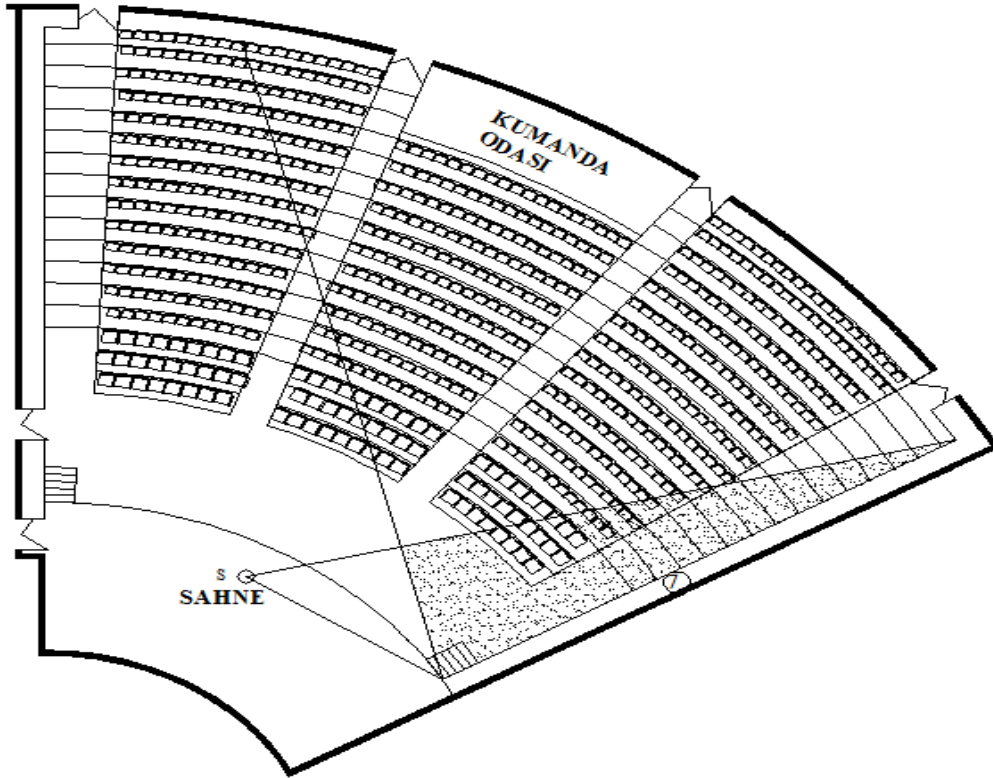
Şekil 5.36. 5 no' lu arka duvar yansıtıcılık analizi



Şekil 5.37. D izleyici giriş kapısı yansıtıcılık analizi



Şekil 5.38. 6 no' lu arka duvar yansıtıcılık analizi



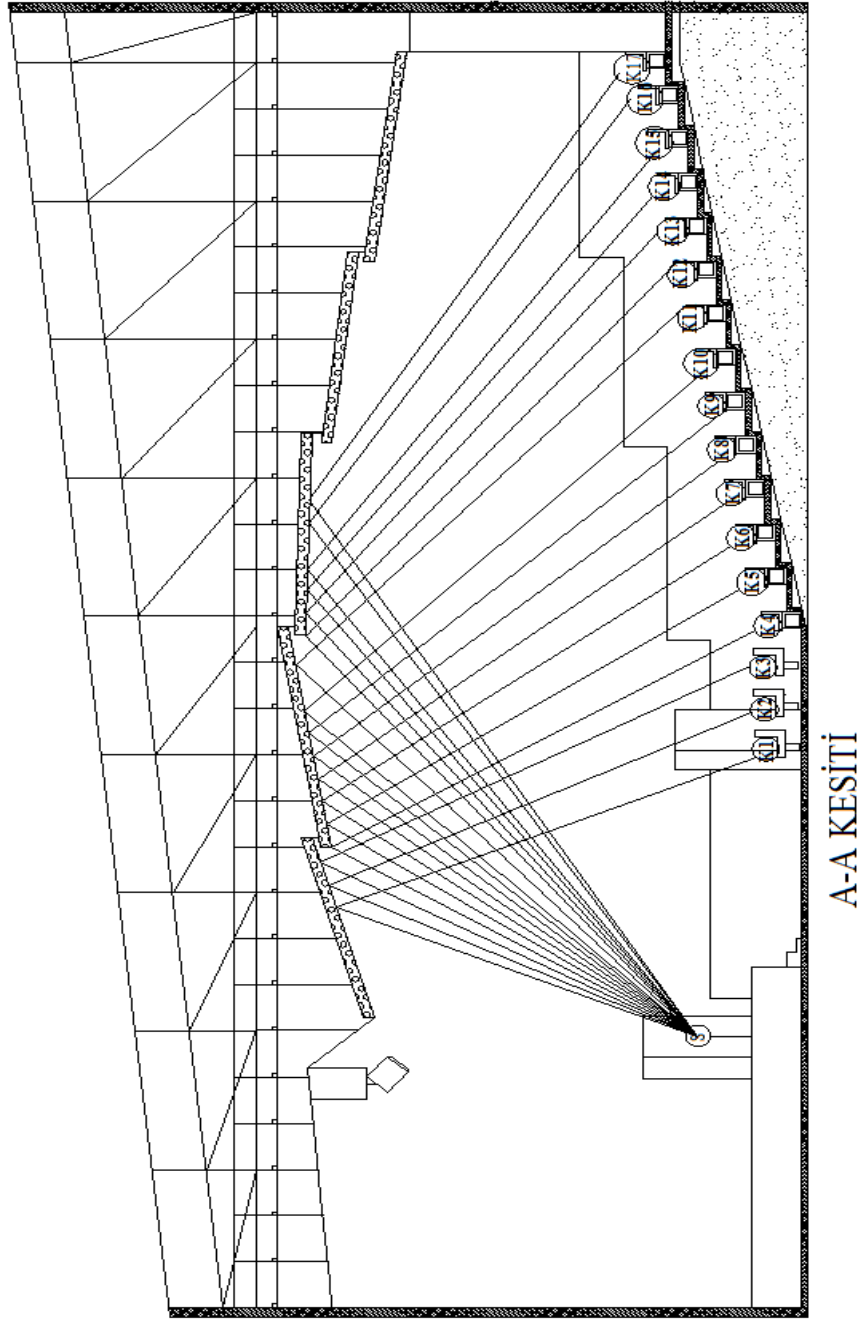
Şekil 5.39. 7 no' lu yan duvar yansıtıcılık analizi

Şekil 5.26-39'a göre; salon giriş kapıları, kontrol odası ön yüzeyi ve salon arka duvarlarında ki yansımanın, sahneye ulaşması, mimari akustik kusur olarak tespit edilmiştir. Diğer bölümlerde herhangi bir yansıma kusuruyla karşılaşılmamıştır.

5.4.1.3.Hacim İçindeki Koltukların, Etkin Yansıtıcı Panolardan Aldıkları Yansımalarla Göre Değerlendirilmesi

Bu bölümde A-A, B-B ve C-C kesitleri kullanılarak salonda yansıtıcı pano görevi yapan asma tavana gelen ses ışınlarının, salonun belli aralıklarla seçilmiş koltuklarına gönderdiği yansımaların, direkt ses ile olan zaman gecikme farkı değerlendirilmesi yapılarak sonuçlar şekil (Şekil 5.40-42) ve tablolarla (Tablo 5.2-4) verilmiştir.

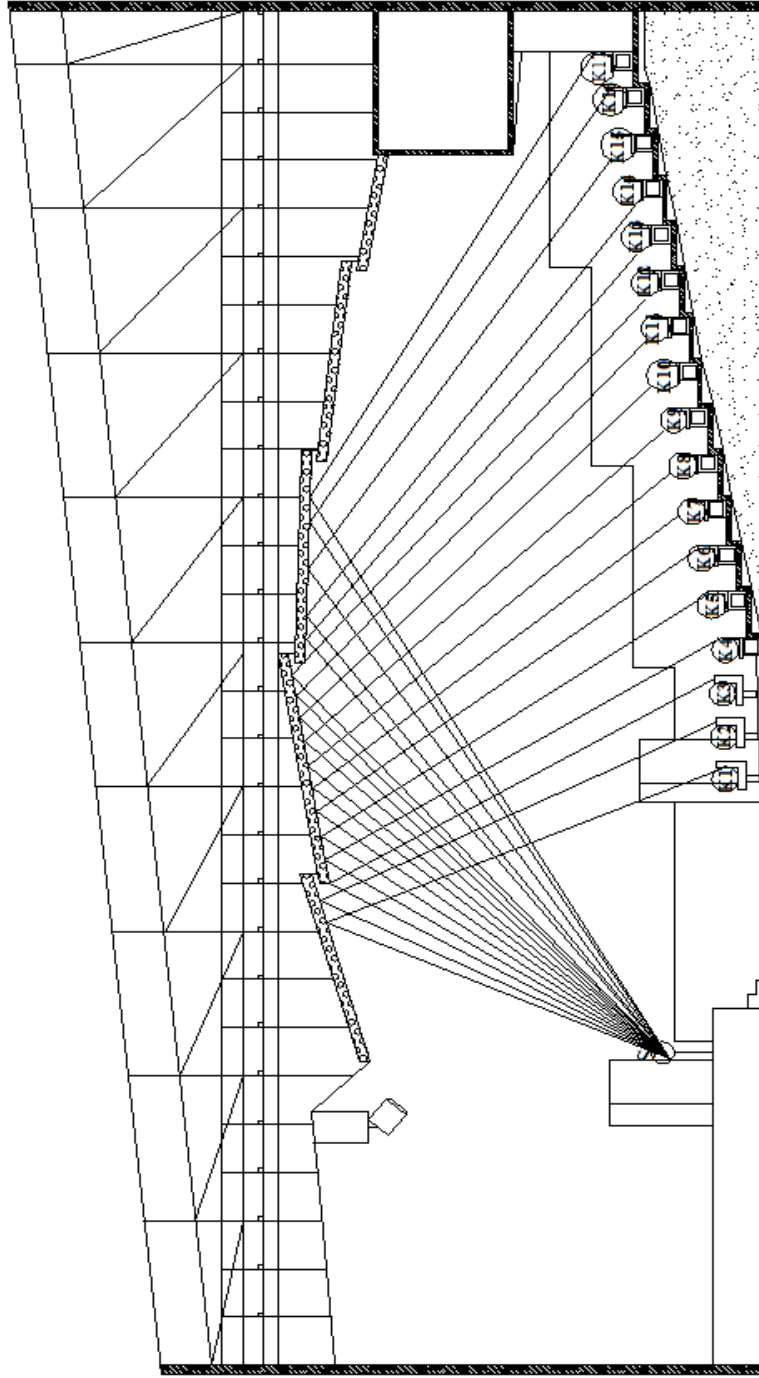
Bu değerlendirmelerde, ses kaynağından çıkan sesin koltuğa ulaşması için aşması gerekli yol ile aynı kaynaktan aynı anda çıkan sesin, asma tavana çarpıp koltuğa yansıtılması için aşması gerekli yol farkının, sesin havadaki hızı olan 344 m/sn'ye bölünmesi ile elde edilen ve milisaniye birimi ile ifade edilebilen zaman gecikme değerleri karşılaştırılmış ve sonuç olarak verilen şartlarda koltukta eko oluşup oluşmadığı tablolar yardımıyla gösterilmiştir [17].



Şekil 5.40. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavandan yansıyan ses ışınlarının koltuklara göre durumu (A-A Kesiti)

Tablo 5.2. A-A kesit analiz sonuçları

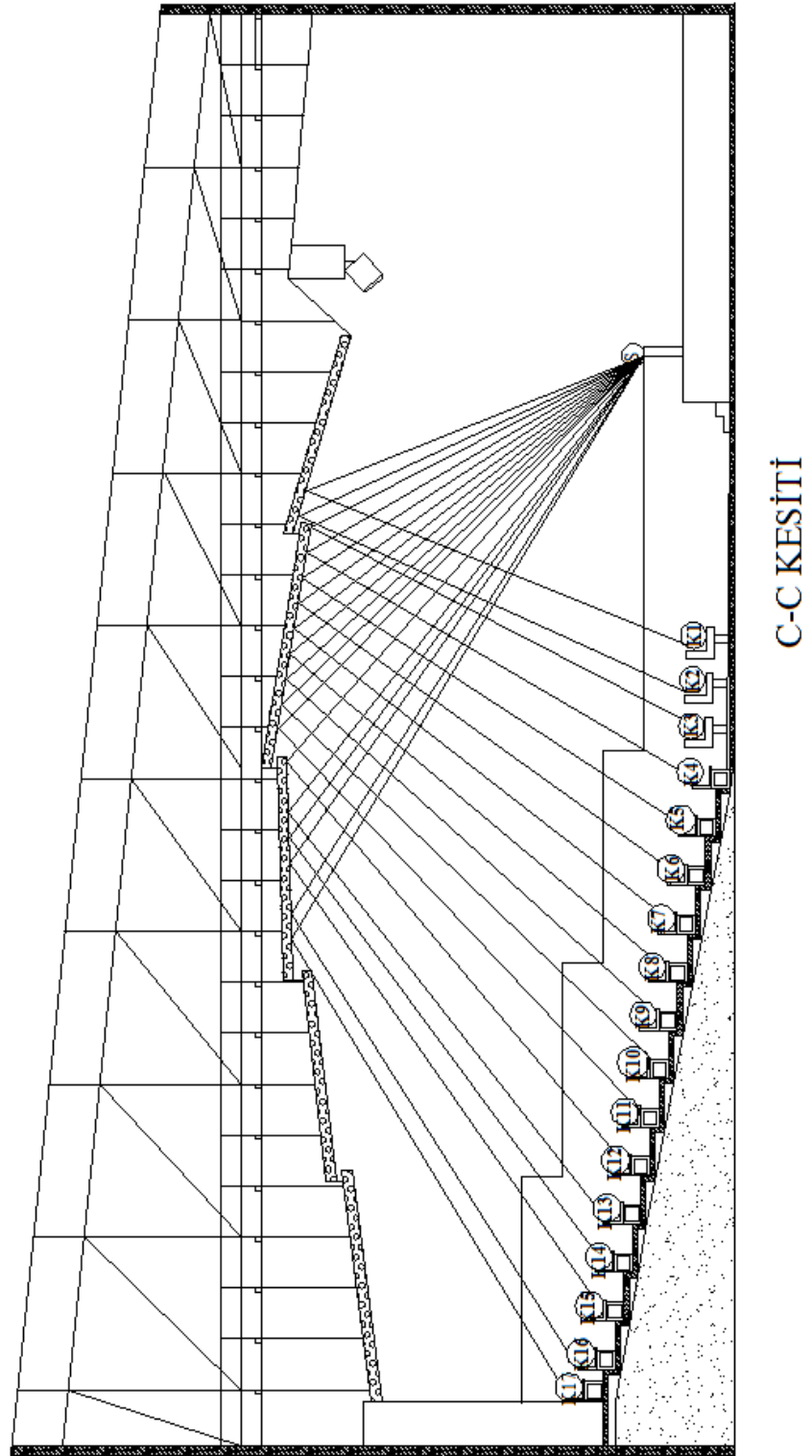
Kesit							
A-A							
Koltuk	d direkt	d yans.1	d. yans.2	dy=dy.1+dy.2	d.y.-d.d.	Milisaniye	sonuç
K1	6.17	7.22	8.42	15.64	9.47	0.0275	Eko yok
K2	7.07	7.58	8.67	16.25	9.18	0.0266	Eko yok
K3	7.85	7.93	9.00	16.93	9.08	0.0263	Eko yok
K4	8.85	7.92	9.04	16.96	8.11	0.0235	Eko yok
K5	9.84	8.26	9.16	17.42	7.58	0.0220	Eko yok
K6	10.80	8.61	9.35	17.96	7.16	0.0208	Eko yok
K7	11.90	8.97	9.59	18.56	6.66	0.0193	Eko yok
K8	12.70	9.35	9.83	19.18	6.48	0.0188	Eko yok
K9	13.75	9.74	10.11	19.85	6.10	0.0177	Eko yok
K10	14.60	10.14	10.29	20.43	5.83	0.0169	Eko yok
K11	15.57	10.96	10.35	21.31	5.74	0.0166	Eko yok
K12	16.60	11.31	10.36	21.67	5.07	0.0147	Eko yok
K13	17.40	11.69	10.49	22.18	4.78	0.0138	Eko yok
K14	18.41	11.70	10.70	22.40	3.99	0.0115	Eko yok
K15	19.30	12.44	11.02	23.46	4.16	0.0120	Eko yok
K16	20.40	13.25	10.92	24.17	3.77	0.0109	Eko yok
K17	20.90	13.67	10.87	24.54	3.64	0.0105	Eko yok



Şekil 5.41. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavandan yansıyan ses ışınlarının koltuklara göre durumu
(B-B Kesiti)

Tablo 5.3. B-B kesit analiz sonuçları

Kesit							
B-B							
Koltuk	d direkt	d yans.1	d. yans.2	dy=dy.1+dy.2	d.y.-d.d.	Milisaniye	sonuç
K1	5.60	7.26	8.25	15.51	9.91	0.0288	Eko yok
K2	6.48	7.58	8.37	15.95	9.47	0.0275	Eko yok
K3	7.36	7.49	8.64	16.13	8.77	0.0254	Eko yok
K4	8.37	7.50	8.90	16.40	8.03	0.0233	Eko yok
K5	9.27	8.13	8.93	17.06	7.79	0.0226	Eko yok
K6	10.27	8.57	9.08	17.65	7.38	0.0214	Eko yok
K7	11.22	8.98	9.10	18.08	6.86	0.0199	Eko yok
K8	12.20	9.21	9.27	18.48	6.28	0.0182	Eko yok
K9	13.00	9.74	9.48	19.22	6.22	0.0180	Eko yok
K10	14.10	10.04	9.65	19.69	5.59	0.0162	Eko yok
K11	15.03	10.28	9.98	20.26	5.23	0.0152	Eko yok
K12	15.97	10.65	10.00	20.65	4.68	0.0136	Eko yok
K13	16.93	11.04	10.24	21.28	4.35	0.0126	Eko yok
K14	17.83	11.42	10.47	21.89	4.06	0.0118	Eko yok
K15	18.80	12.00	10.33	22.33	3.53	0.0102	Eko yok
K16	19.75	12.99	10.21	23.2	3.45	0.0100	Eko yok
K17	20.35	13.41	10.30	23.71	3.36	0.0097	Eko yok



Şekil 5.42. Yansıtıcı pano görevi yapan asma tavandan yansıyan ses ışınlarının koltuklara göre durumu (C-C Kesiti)

Tablo 5.4. C-C kesit analiz sonuçları

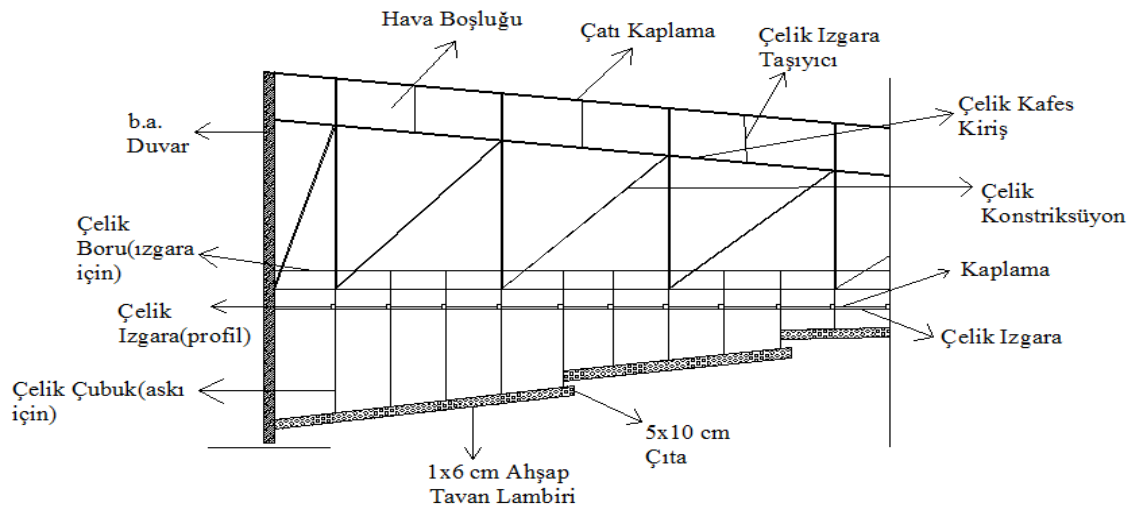
Kesit							
C-C							
Koltuk	d direkt	d yans.1	d. yans.2	dy=dy.1+dy.2	d.y.-d.d.	Milisaniye	sonuç
K1	5.65	7.22	8.11	15.33	9.68	0.0282	Eko yok
K2	6.52	7.54	8.59	16.13	9.61	0.0280	Eko yok
K3	7.23	7.43	8.43	15.86	8.63	0.0251	Eko yok
K4	8.20	7.73	8.66	16.39	8.19	0.0238	Eko yok
K5	9.07	8.07	8.77	16.84	7.77	0.0226	Eko yok
K6	10.03	8.41	8.96	17.37	7.34	0.0213	Eko yok
K7	10.97	8.77	9.20	17.97	7	0.0203	Eko yok
K8	11.88	9.14	9.43	18.57	6.69	0.0194	Eko yok
K9	12.84	9.53	9.70	19.23	6.39	0.0185	Eko yok
K10	13.72	9.92	9.88	19.8	6.08	0.0176	Eko yok
K11	14.74	10.33	10.26	20.59	5.85	0.0170	Eko yok
K12	15.70	10.65	10.20	20.85	5.15	0.0150	Eko yok
K13	16.80	11.42	9.98	21.4	4.6	0.0133	Eko yok
K14	17.72	11.81	10.12	21.93	4.21	0.0122	Eko yok
K15	18.53	12.20	10.49	22.69	4.16	0.0120	Eko yok
K16	19.69	13.02	10.38	23.4	3.71	0.0107	Eko yok
K17	20.28	13.43	10.33	23.76	3.48	0.0101	Eko yok

5.4.2. İstatiksel Yöntem Analizi

Aşağıdaki şekillerde Fırat Üniversitesi Atatürk Kültür Merkezi istatistiksel teori kapsamı ile değerlendirilirken elemanların salon içindeki yerleri ve elemanları oluşturan malzemeler fotoğraf ve detay şemaları ile belirtilmeye çalışılmıştır (Şekil 5.43-57).

Şekiller içindeki tabloların sol alt kısmında yer alan ve elemanı oluşturan malzemelerin ses yutuculuk katsayılarını veren çizelgelerde görülen değerler, salondaki malzeme ve uygulanış şekline en yakın olanları seçilerek konulmuştur. Sabine yöntemine göre reverberasyon süresi hesaplamalarında kullanılan A değeri ($A=S \times \alpha$) bulunmuştur. Reverberasyon süresi ile A değeri arasında ters orantı olduğundan, bu değer büyük olması istenir. Ancak, salon içinde büyük yüzey alanına sahip olan koltuklar, asma tavan ve yan duvarların duralit ile kaplı bölümleri için ikişer alternatif kullanılarak küçük ve büyük değerleri ile hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 5.43,44,54). Malzemelerin her biri 125-250-500-1000-2000-4000 Hz frekanslarda, geniş literatür araştırması sonucu bulunan kaynaklara göre sahip oldukları 0.02 m/sn ile 0.90 m/sn arasındaki ses yutma katsayılarıyla değerlendirilmiştir.

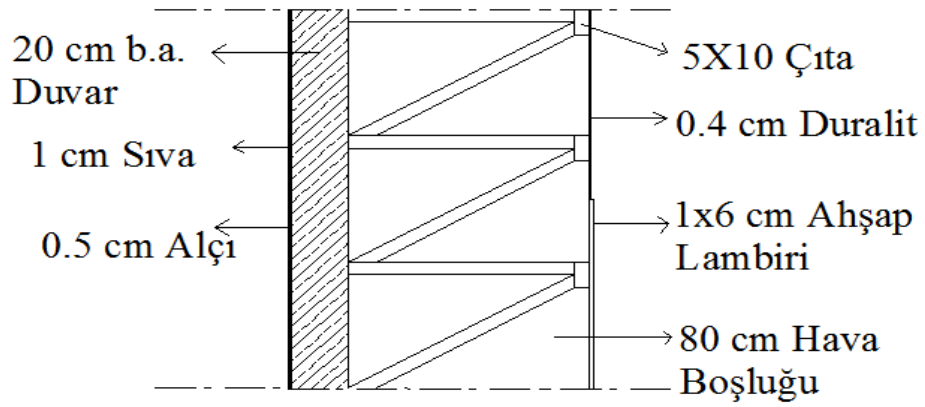
ASMA TAVAN



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
504.09	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_{\text{lambiri}}(\text{yük.})$	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
A	100.8	80.7	70.5	60.5	55.4	50.4
ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
504.09	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_{\text{lambiri}}(\text{düş.})$	0.15	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
A	75.6	100.8	50.4	50.4	50.4	50.4

Şekil 5.43. Asma tavanın sayısal ve fiziksel özellikleri

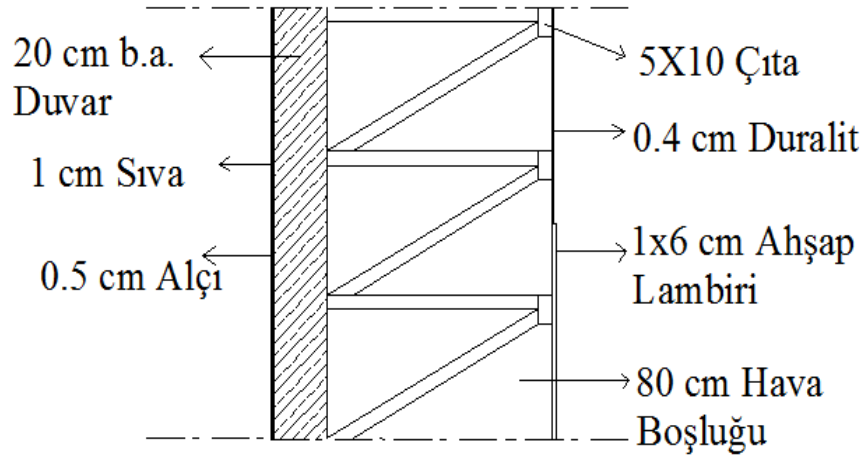
YAN DUVARLAR



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
223.38	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_{\text{Duralit}}(\text{düş.})$	0.12	0.45	0.80	0.90	0.78	0.58
A	26.8	100.5	178.7	201	174.2	129.5
ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
223.38	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_{\text{Duralit}}(\text{yük.})$	0.59	0.51	0.53	0.73	0.88	0.74
A	131.7	113.9	118.3	163	196.5	165.3

Şekil 5.44. Yan duvarların sayısal ve fiziksel özellikleri

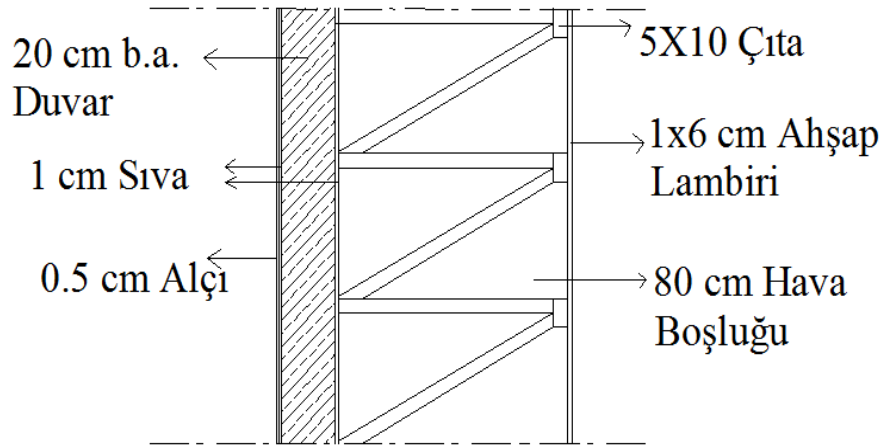
YAN DUVARLAR



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
60.26	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_{A.Lambiri}$	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
A	12.05	9.6	8.4	7.2	6.6	6.02

Şekil 5.45. Yan duvarların sayısal ve fiziksel özellikleri

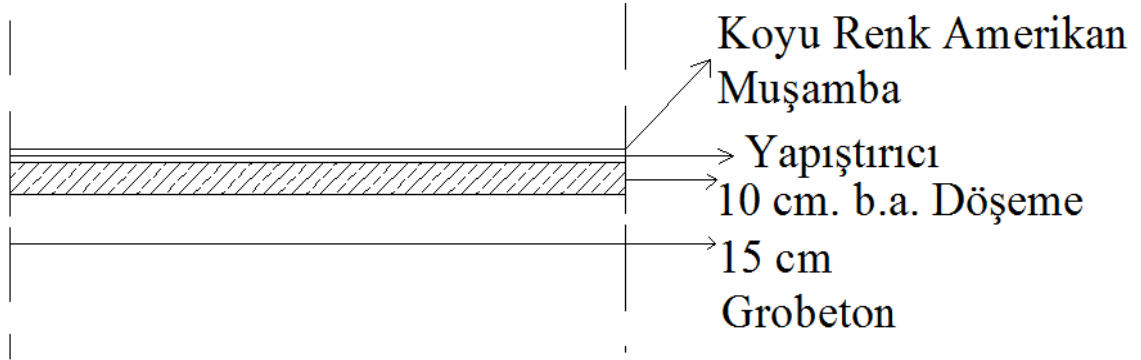
SALON ARKA DUVARI



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
133.55	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
A	26.7	21.3	18.7	16	14.7	13.3

Şekil 5.46. Arka duvarın sayısal ve fiziksel özellikleri

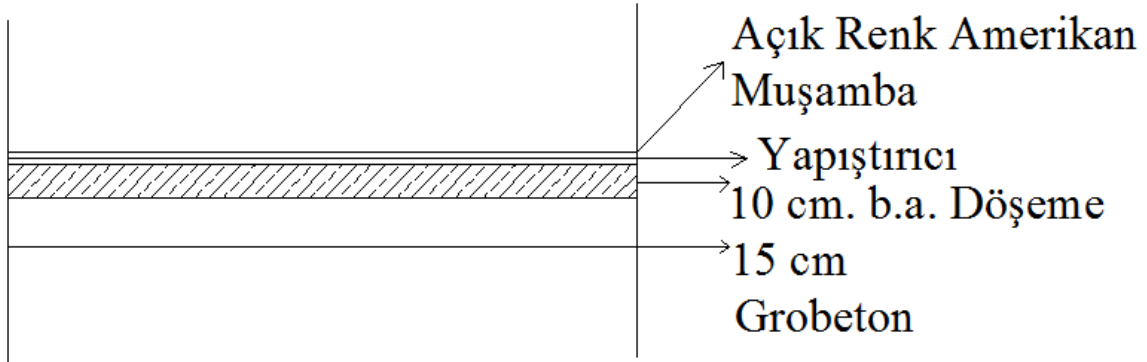
GEÇİŞ ALAN DÖŞEMESİ



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
6.07	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
A	0.12	0.12	0.18	0.18	0.24	0.24

Şekil 5.47. Geçiş alanı döşemesinin sayısal ve fiziksel Özellikleri

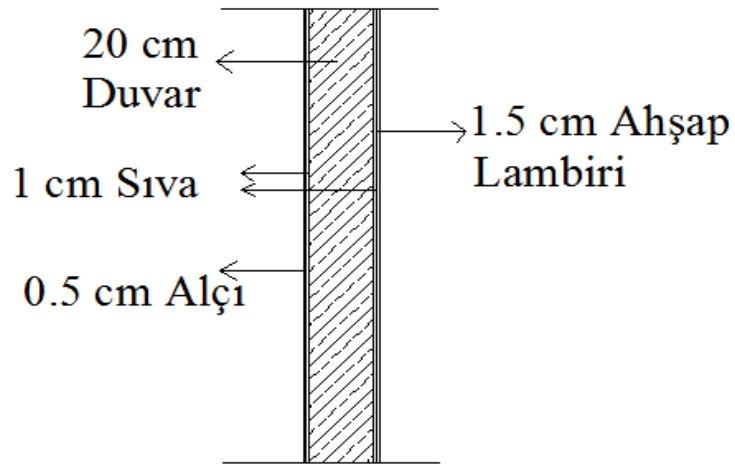
OTURMA ALANI DÖŞEMESİ



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
447.83	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
A	8.9	8.9	13.4	13.4	17.9	17.9

Şekil 5.48. Oturma alanı döşemesinin sayısal ve fiziksel özellikleri

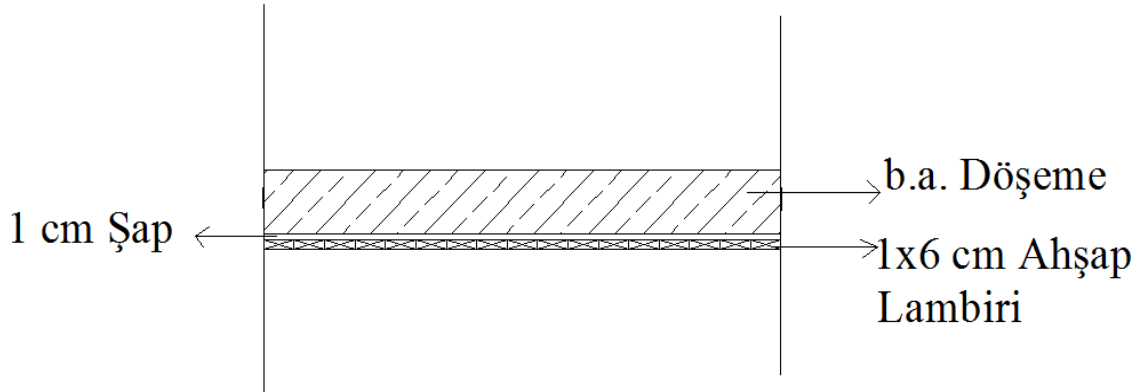
KONTROL ODASI DUVARI



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
23.85	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
A	4.7	3.8	3.3	2.8	2.6	2.3

Şekil 5.49. Kontrol odası duvarının sayısal ve fiziksel özellikleri

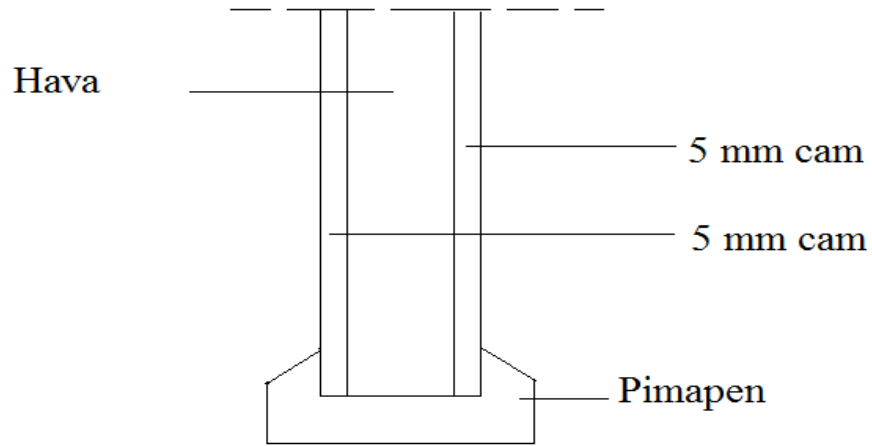
KONTROL ODASI ALTI TAVANI



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
22.25	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
A	4.5	3.6	3.1	2.6	2.4	2.2

Şekil 5.50. Kontrol odası altı tavanı sayısal ve fiziksel özellikleri

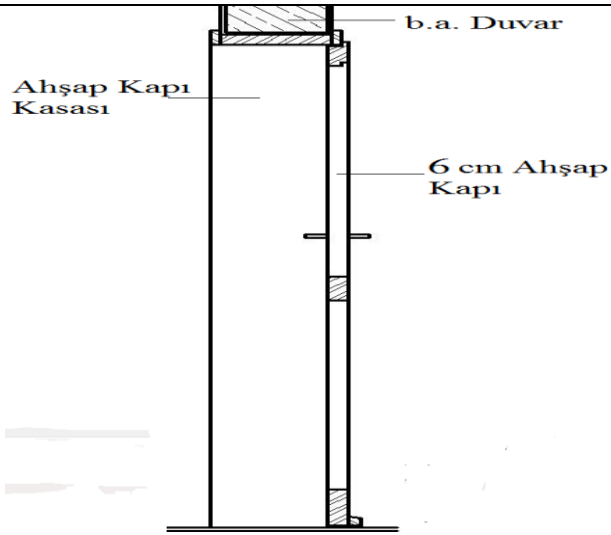
KONTROL ODASI CAMLARI



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
4.2	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
A	0.75	0.25	0.16	0.12	0.08	0.08

Şekil 5.51. Kontrol odası pencereleri sayısal ve fiziksel özellikleri

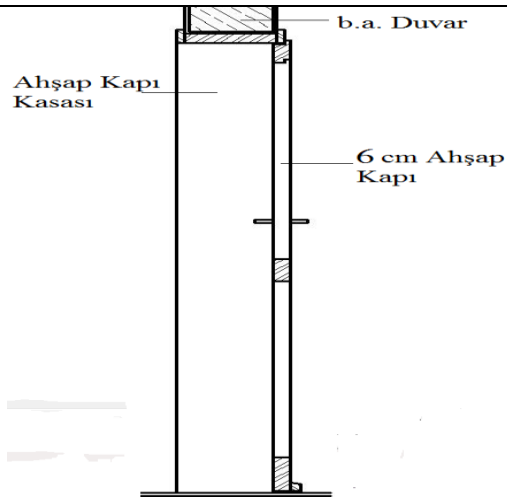
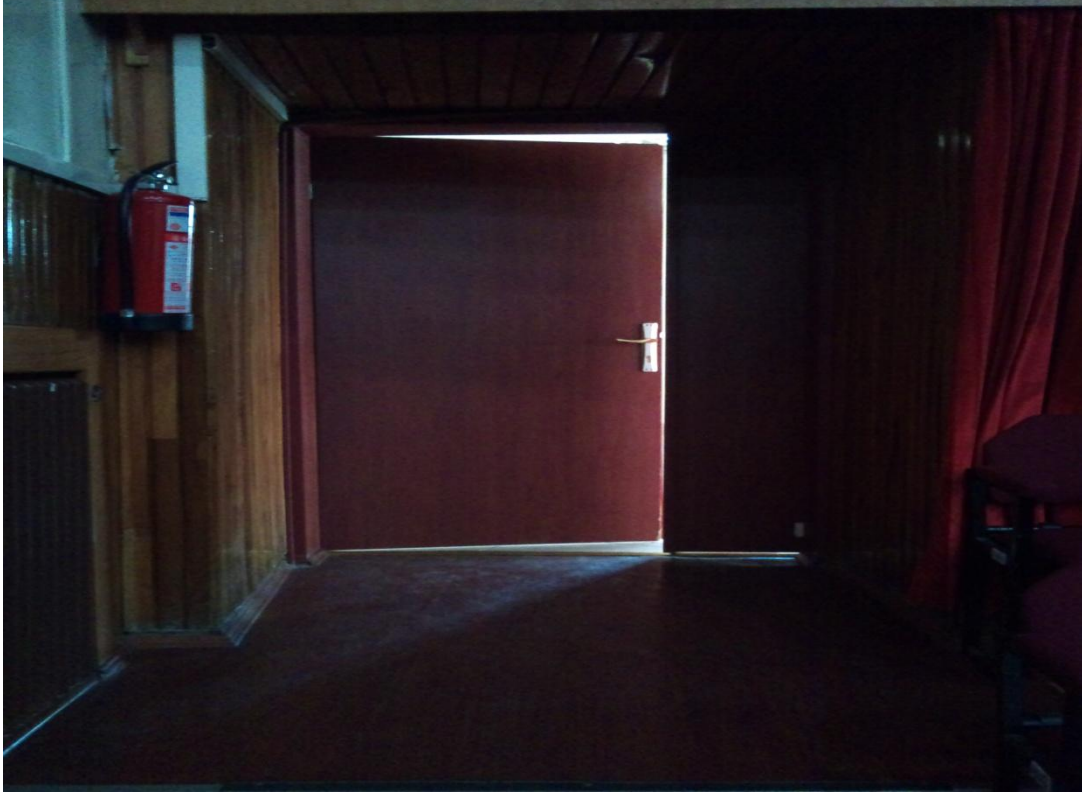
SERVİS KAPILARI



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
5.6	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.3	0.2	0.1	0.07	0.06	0.07
A	1.68	1.12	0.56	0.39	0.34	0.39

Şekil 5.52. Servis kapılarının sayısal ve fiziksel özellikleri

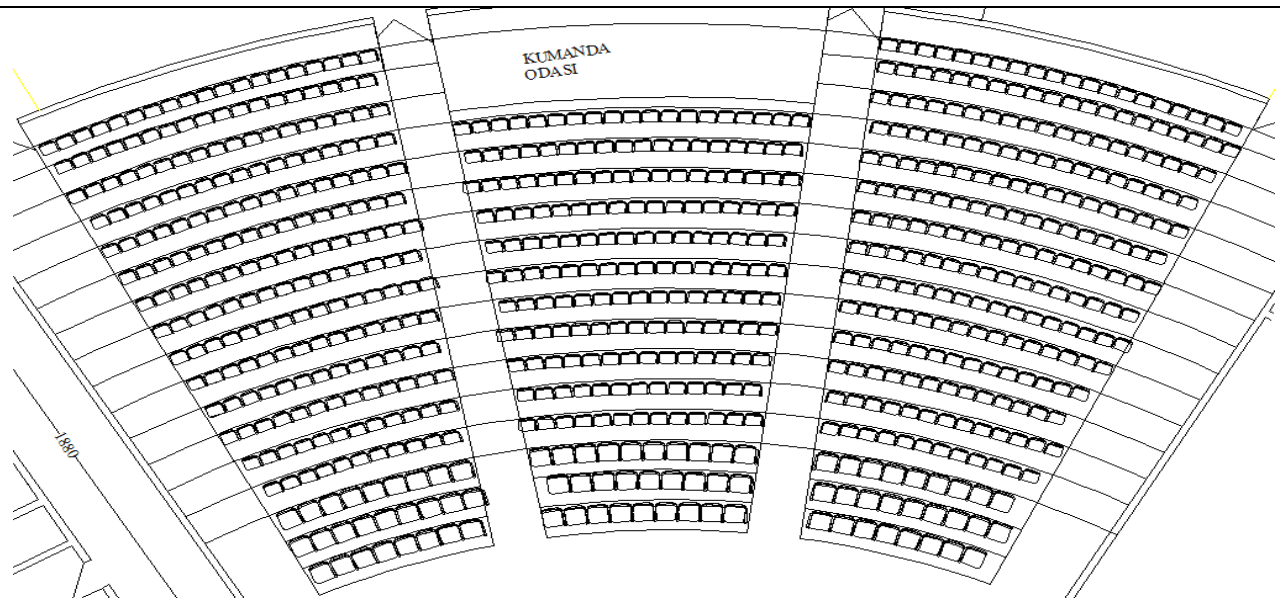
İZLEYİCİ GİRİŞ KAPILARI



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
10.8	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.3	0.2	0.1	0.07	0.06	0.07
A	3.24	2.16	1.08	0.75	0.65	0.75

Şekil 5.53. İzleyici giriş kapılarının sayısal ve fiziksel özellikleri

OTURMA ELEMANLARI

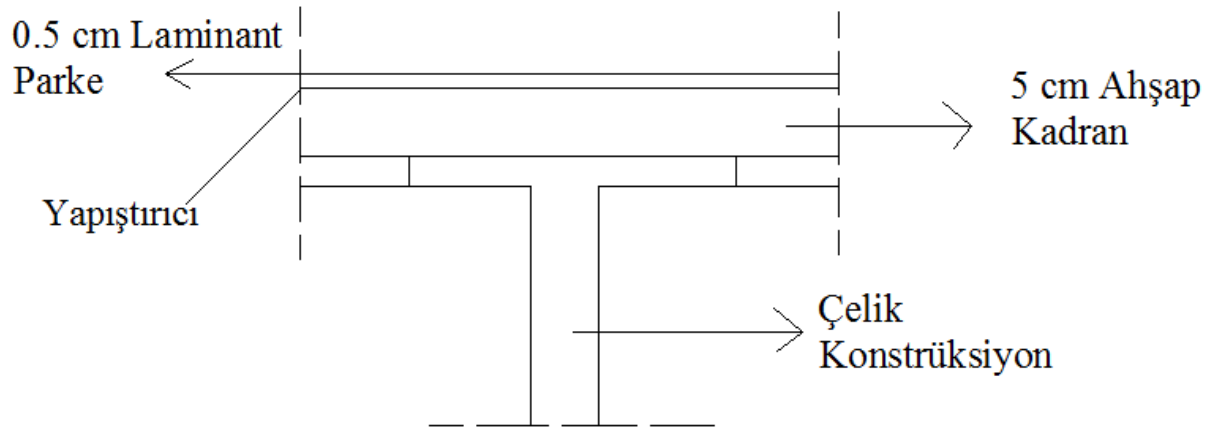


ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
185.38	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_{düşük}$	0.24	0.26	0.27	0.31	0.37	0.38
A	44.5	48.2	50	57.4	68.6	70.4

ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
185.38	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_{yüksek}$	0.19	0.37	0.56	0.67	0.61	0.59
A	35.2	68.6	103.8	124.2	113	109.3

Şekil 5.54. Oturma elemanlarının sayısal ve fiziksel özellikleri

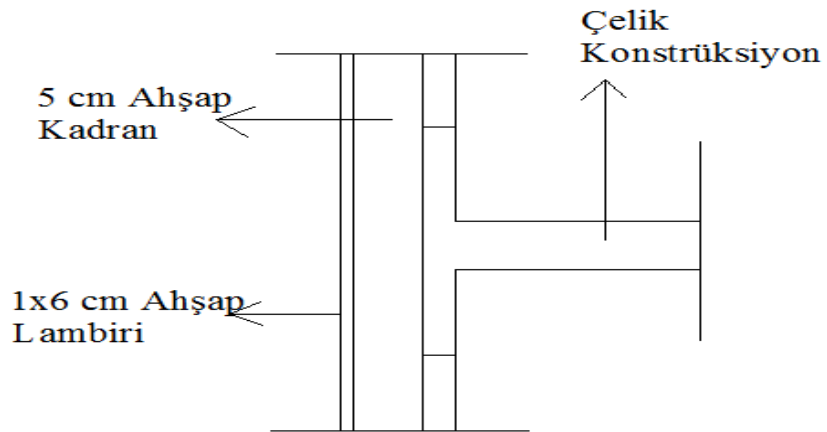
SAHNE DÖŞEMESİ



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
89.84	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
A	3.6	3.6	6.2	5.4	5.4	6.2

Şekil 5.55. Sahne döşemesinin sayısal ve fiziksel özellikleri

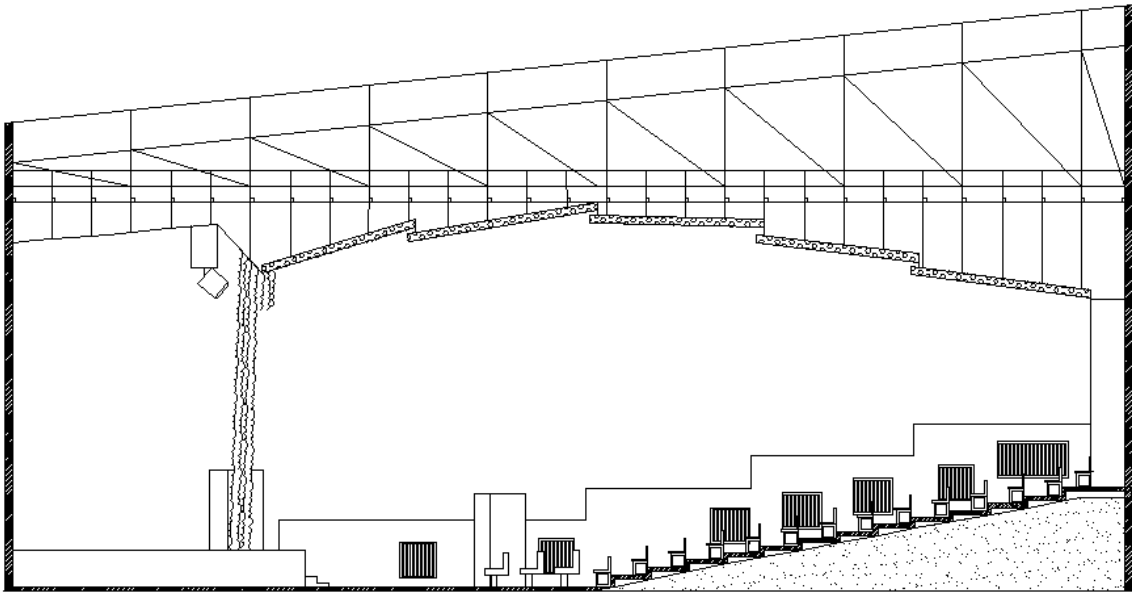
SAHNE PARAPETİ



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
18.06	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.20	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10
A	3.6	2.9	2.5	2.2	1.9	1.8

Şekil 5.56. Sahne parapetinin sayısal ve fiziksel özellikleri

PERDE



ALAN m^2	FREKANS (Hz.)					
46.17	125	250	500	1000	2000	4000
α	0.10	0.30	0.50	0.65	0.80	0.90
A	4.6	13.9	23	30	36.9	41.5

Şekil 5.57. Perdenin sayısal ve fiziksel özellikleri

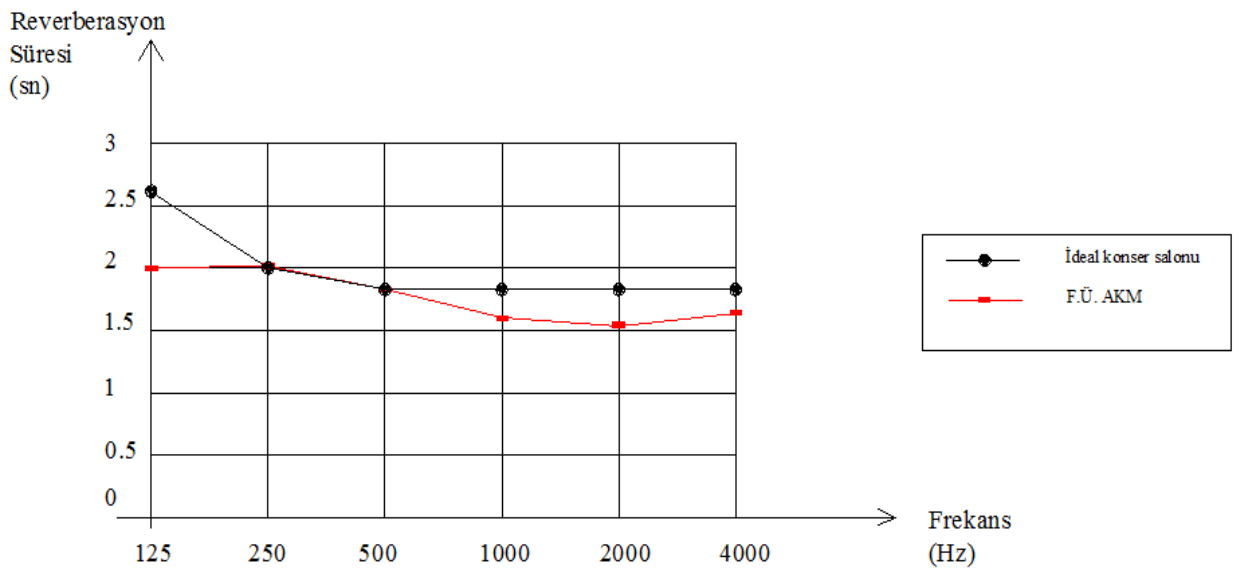
5.4.2.1. Sabine Yöntemine Göre Reverberasyon Sürelerinin Hesaplanması

Tablo 5.5-12 'de opera salonu reverberasyon süresi, sekiz alternatif ile hesaplanmıştır. Salon içinde büyük alan kaplayan oturma alanı, asma tavan ve yan duvarları oluşturan elemanların ses yutma katsayısı yüksek ve düşük olmak üzere her biri iki kere hesaplanmıştır. Sonuçlar her defasında ikisi sabit tutulup biri değiştirilerek birbirleriyle kıyaslamalar yapılmıştır ve sekiz alternatife göre frekans-reverberasyon süresi grafikleri Şekil 5. 58-65'de verilmiştir.

Tablo 5.5. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı

I.Alternatif: ($\alpha_{\text{Oturma Elemanı}} = \text{yüksek}$, $\alpha_{\text{Asma Tavan}} = \text{yüksek}$, $\alpha_{\text{yan duvar(duralit)}} = \text{yüksek}$)

ELEMAN	ALAN	125		250		500		1000		2000		4000	
		*	A	*	A	*	A	*	A	*	A	*	A
Yan Duvar (duralit)	223.38	0.59	131.7	0.51	113.9	0.53	118.3	0.73	163	0.88	196.5	0.74	165.3
Yan Duvar (lambiri)	60.26	0.20	12.05	0.16	9.6	0.14	8.4	0.12	7.2	0.11	6.6	0.10	6
Asma Tavan	504.09	0.20	100.8	0.16	80.7	0.14	70.5	0.12	60.5	0.11	55.4	0.10	50.4
Salon Arka Duvarı	133.5	0.20	26.7	0.16	21.3	0.14	18.7	0.12	16	0.11	14.7	0.10	13.3
G. Alan Döş.	6.07	0.02	0.12	0.02	0.12	0.03	0.18	0.03	0.18	0.04	0.24	0.04	0.24
O. Alan Döş.	447.83	0.02	8.9	0.02	8.9	0.03	13.4	0.03	13.4	0.04	17.9	0.04	17.9
Kont. Odası Duvarı	23.85	0.20	4.7	0.16	3.8	0.14	3.3	0.12	2.8	0.11	2.6	0.10	2.3
Kont. Odası Alt Tavanı	22.25	0.20	4.5	0.16	3.6	0.14	3.1	0.12	2.6	0.11	2.4	0.10	2.2
Kont. Odası Camları	4.2	0.18	0.75	0.06	0.25	0.04	0.16	0.03	0.12	0.02	0.08	0.02	0.08
Servis Kapıları	5.6	0.3	1.68	0.2	1.12	0.1	0.56	0.07	0.39	0.06	0.34	0.07	0.39
İz. Giriş Kapı.	10.8	0.3	3.24	0.2	2.16	0.1	1.08	0.07	0.75	0.06	0.65	0.07	0.75
O. Elemanları	185.38	0.19	35.2	0.37	68.6	0.56	103.8	0.67	124.2	0.61	113	0.59	109.3
Sahne Döş.	89.84	0.04	3.6	0.04	3.6	0.05	4.5	0.06	5.4	0.06	5.4	0.07	6.2
Sahne Parapeti	18.06	0.20	3.6	0.16	2.9	0.14	2.5	0.12	2.2	0.11	1.9	0.10	1.8
Perde	46.17	0.10	4.6	0.30	13.9	0.50	23	0.65	30	0.80	36.9	0.90	41.5
	1781.3		342.14		334.45		371.48		428.7		454.6		417.6
Salon Hacmi	4273.44												
T			2.02		2.06		1.86		1.61		1.52		1.65

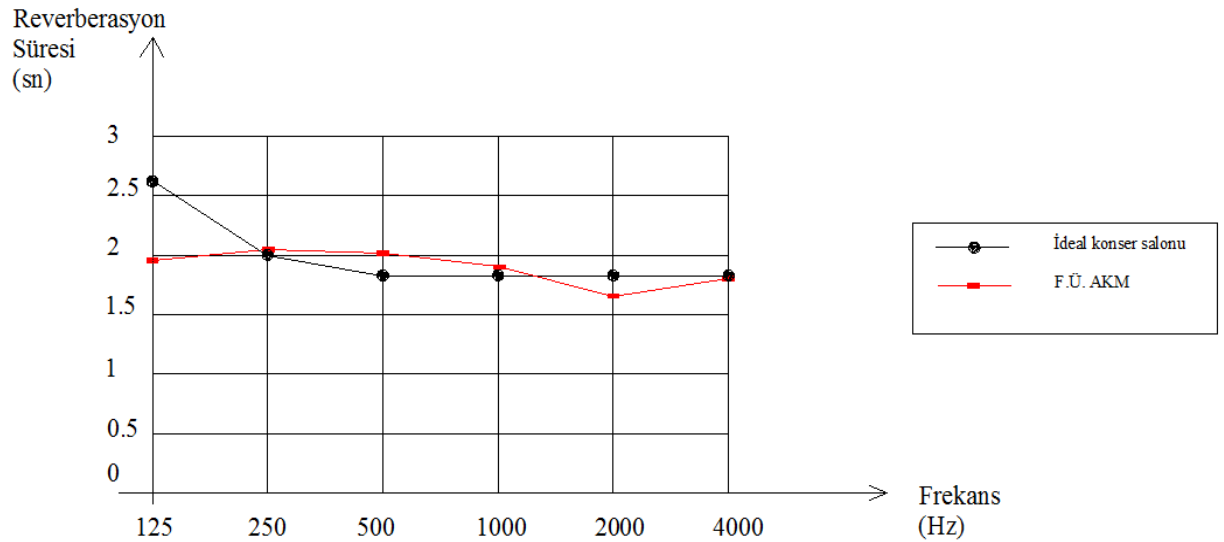


Şekil 5.58. I. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği

Tablo 5.6. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı

II.Alternatif: ($\alpha_{\text{Oturma Elemanı}}$ = düşük , $\alpha_{\text{Asma Tavan}}$ = yüksek , $\alpha_{\text{yan duvar(duralit)}}$ = yüksek)

ELEMAN	ALAN	125	250	500	1000	2000	4000
		*	A	*	A	*	A
Yan Duvar (duralit)	223.38	0.59	131.7	0.51	113.9	0.73	163
Yan Duvar (lambiri)	60.26	0.20	12.05	0.16	9.6	0.12	7.2
Asma Tavan	504.09	0.20	100.8	0.16	80.7	0.12	60.5
Salon Arka Duvarı	133.5	0.20	26.7	0.16	21.3	0.12	16
G. Alan Döş.	6.07	0.02	0.12	0.02	0.12	0.03	0.18
O. Alan Döş.	447.83	0.02	8.9	0.02	8.9	0.03	13.4
Kont. Odası Duvarı	23.85	0.20	4.7	0.16	3.8	0.12	2.8
Kont. Odası Alt Tavanı	22.25	0.20	4.5	0.16	3.6	0.12	2.6
Kont. Odası Camları	4.2	0.18	0.75	0.06	0.25	0.03	0.12
Servis Kapıları	5.6	0.3	1.68	0.2	1.12	0.1	0.56
İz. Giriş Kapı.	10.8	0.3	3.24	0.2	2.16	0.1	1.08
O. Elemanları	185.38	0.24	44.5	0.26	48.2	0.27	50
Sahne Döş.	89.84	0.04	3.6	0.04	3.6	0.05	4.5
Sahne Parapeti	18.06	0.20	3.6	0.16	2.9	0.14	2.5
Perde	46.17	0.10	4.6	0.30	13.9	0.50	23
	1781.3		351.44		314.05		317.68
Salon Hacmi	4273.44						
T			1.96		2.20		2.17
						1.91	
							1.68
							1.82

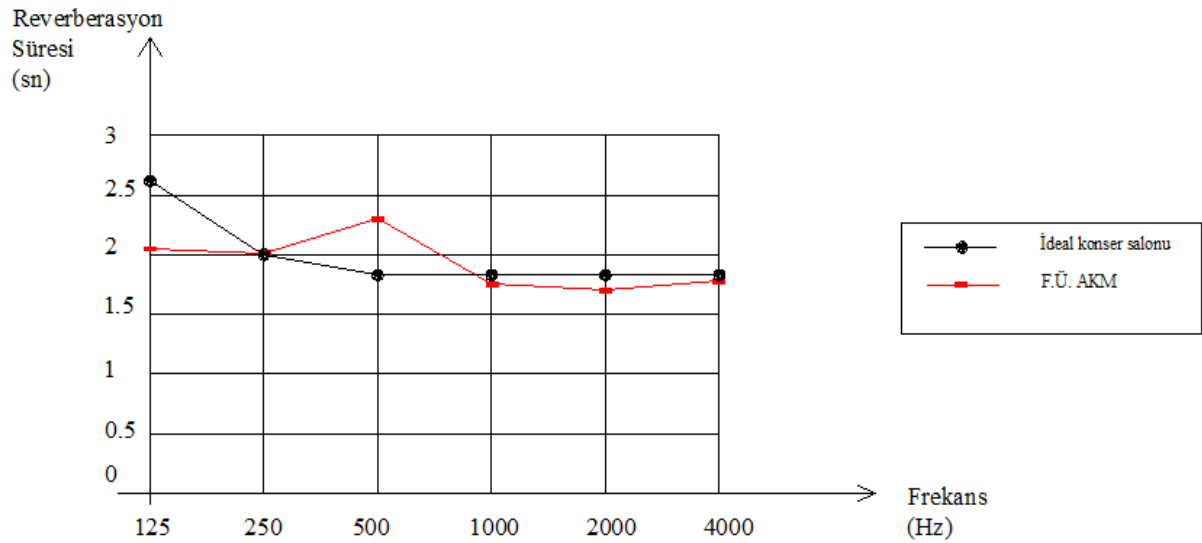


Şekil 5.59. II. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği

Tablo 5.7. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı

III.Alternatif: ($\alpha_{\text{Oturma Elemanı}}$ = düşük , $\alpha_{\text{Asma Tavan}}$ = düşük , $\alpha_{\text{yan duvar(duralit)}}$ = yüksek)

ELEMAN	ALAN	125		250		500		1000		2000		4000	
		*	A	*	A	*	A	*	A	*	A	*	A
Yan Duvar (duralit)	223.38	0.59	131.7	0.51	113.9	0.53	118.3	0.73	163	0.88	196.5	0.74	165.3
Yan Duvar (lambiri)	60.26	0.20	12.05	0.16	9.6	0.14	8.4	0.12	7.2	0.11	6.6	0.10	6
Asma Tavan	504.09	0.15	75.6	0.20	100.8	0.10	50.4	0.10	50.4	0.10	50.4	0.10	50.4
Salon Arka Duvarı	133.5	0.20	26.7	0.16	21.3	0.14	18.7	0.12	16	0.11	14.7	0.10	13.3
G. Alan Döş.	6.07	0.02	0.12	0.02	0.12	0.03	0.18	0.03	0.18	0.04	0.24	0.04	0.24
O. Alan Döş.	447.83	0.02	8.9	0.02	8.9	0.03	13.4	0.03	13.4	0.04	17.9	0.04	17.9
Kont. Odası Duvarı	23.85	0.20	4.7	0.16	3.8	0.14	3.3	0.12	2.8	0.11	2.6	0.10	2.3
Kont. Odası Alt Tavanı	22.25	0.20	4.5	0.16	3.6	0.14	3.1	0.12	2.6	0.11	2.4	0.10	2.2
Kont. Odası Camları	4.2	0.18	0.75	0.06	0.25	0.04	0.16	0.03	0.12	0.02	0.08	0.02	0.08
Servis Kapıları	5.6	0.3	1.68	0.2	1.12	0.1	0.56	0.07	0.39	0.06	0.34	0.07	0.39
İz. Giriş Kapı.	10.8	0.3	3.24	0.2	2.16	0.1	1.08	0.07	0.75	0.06	0.65	0.07	0.75
O. Elemanları	185.38	0.24	44.5	0.26	48.2	0.27	50	0.31	57.4	0.37	68.6	0.38	70.4
Sahne Döşemesi	89.84	0.04	3.6	0.04	3.6	0.05	4.5	0.06	5.4	0.06	5.4	0.07	6.2
Sahne Parapeti	18.06	0.20	3.6	0.16	2.9	0.14	2.5	0.12	2.2	0.11	1.9	0.10	1.8
Perde	46.17	0.10	4.6	0.30	13.9	0.50	23	0.65	30	0.80	36.9	0.90	41.5
	1781.3		326.24		334.15		297.6		351.8		405.2		378.8
Salon Hacmi	4273.44												
T			2.12		2.07		2.32		1.96		1.70		1.82

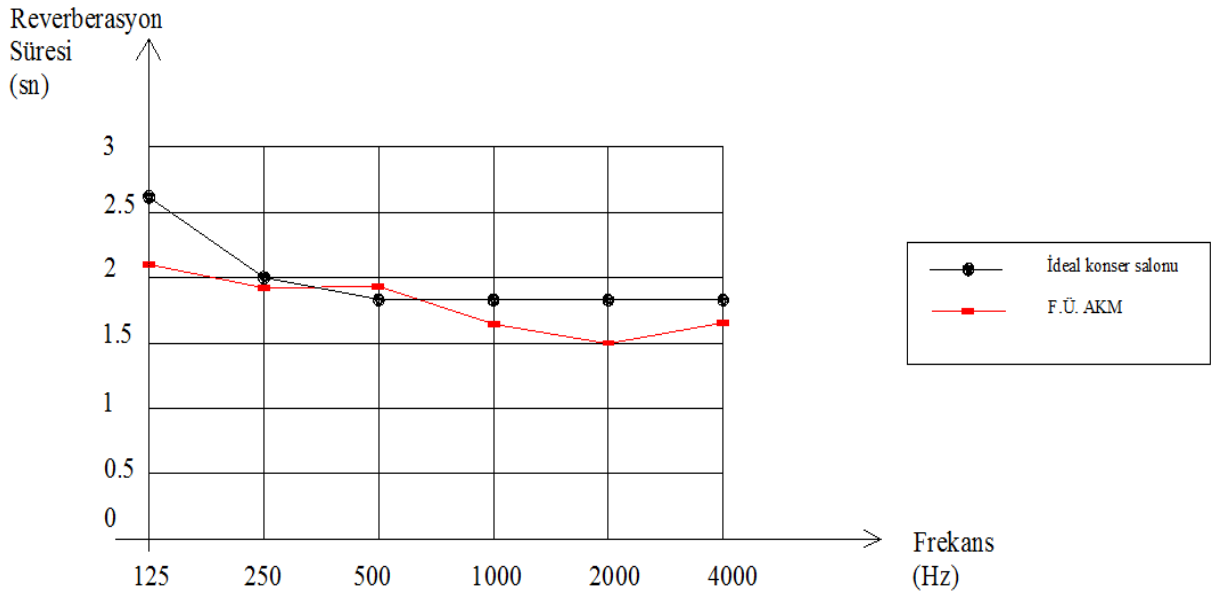


Şekil 5.60. III. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği

Tablo 5.8. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı

IV.Alternatif: ($\alpha_{\text{Oturma Elemanı}}$ = yüksek , $\alpha_{\text{Asma Tavan}}$ = düşük , $\alpha_{\text{yan duvar(duralit)}}$ = yüksek)

ELEMAN	ALAN	125		250		500		1000		2000		4000	
		*	A	*	A	*	A	*	A	*	A	*	A
Yan Duvar (duralit)	223.38	0.59	131.7	0.51	113.9	0.53	118.3	0.73	163	0.88	196.5	0.74	165.3
Yan Duvar (lambiri)	60.26	0.20	12.05	0.16	9.6	0.14	8.4	0.12	7.2	0.11	6.6	0.10	6
Asma Tavan	504.09	0.15	75.6	0.20	100.8	0.10	50.4	0.10	50.4	0.10	50.4	0.10	50.4
Salon Arka Duvarı	133.5	0.20	26.7	0.16	21.3	0.14	18.7	0.12	16	0.11	14.7	0.10	13.3
G. Alan Döş.	6.07	0.02	0.12	0.02	0.12	0.03	0.18	0.03	0.18	0.04	0.24	0.04	0.24
O. Alan Döş.	447.83	0.02	8.9	0.02	8.9	0.03	13.4	0.03	13.4	0.04	17.9	0.04	17.9
Kont. Odası Duvarı	23.85	0.20	4.7	0.16	3.8	0.14	3.3	0.12	2.8	0.11	2.6	0.10	2.3
Kont. Odası Alt Tavanı	22.25	0.20	4.5	0.16	3.6	0.14	3.1	0.12	2.6	0.11	2.4	0.10	2.2
Kont. Odası Camları	4.2	0.18	0.75	0.06	0.25	0.04	0.16	0.03	0.12	0.02	0.08	0.02	0.08
Servis Kapıları	5.6	0.3	1.68	0.2	1.12	0.1	0.56	0.07	0.39	0.06	0.34	0.07	0.39
İz. Giriş Kapı.	10.8	0.3	3.24	0.2	2.16	0.1	1.08	0.07	0.75	0.06	0.65	0.07	0.75
O. Elemanları	185.38	0.19	35.2	0.37	68.6	0.56	103.8	0.67	124.2	0.61	113	0.59	109.3
Sahne Döş.	89.84	0.04	3.6	0.04	3.6	0.05	4.5	0.06	5.4	0.06	5.4	0.07	6.2
Sahne Parapeti	18.06	0.20	3.6	0.16	2.9	0.14	2.5	0.12	2.2	0.11	1.9	0.10	1.8
Perde	46.17	0.10	4.6	0.30	13.9	0.50	23	0.65	30	0.80	36.9	0.90	41.5
	1781.3		316.94		354.55		351.38		418.6		449.6		417.7
Salon Hacmi	4273.44												
T			2.18		1.95		1.97		1.65		1.53		1.65

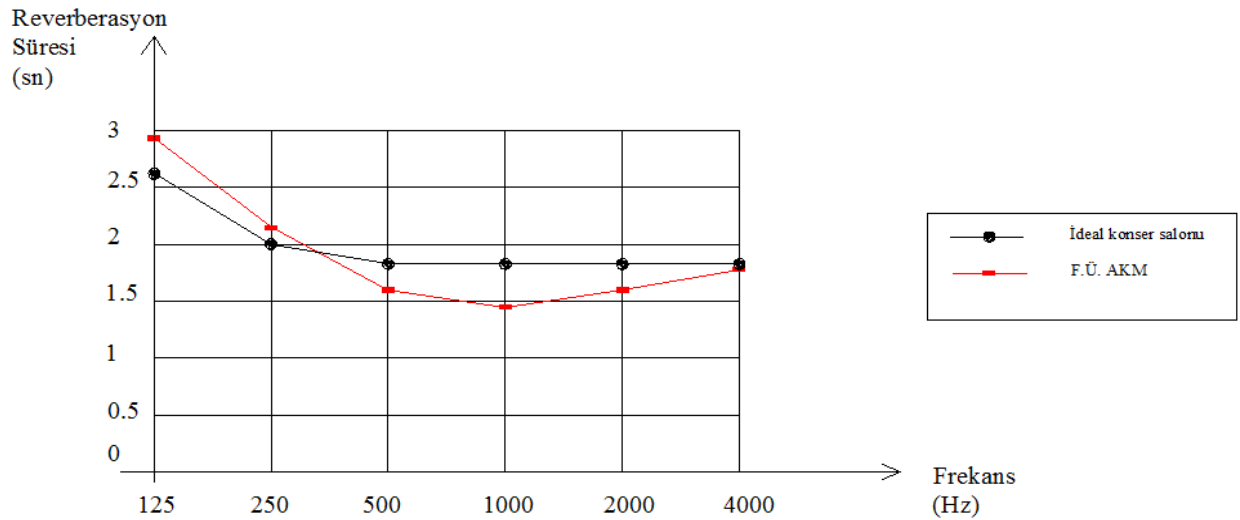


Şekil 5.61. IV. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği

Tablo 5.9. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı

V. Alternatif: ($\alpha_{\text{Oturma Elemanı}}$ = yüksek , $\alpha_{\text{Asma Tavan}}$ = yüksek , $\alpha_{\text{yan duvar(duralit)}}$ = düşük)

ELEMAN	ALAN	125	250	500	1000	2000	4000
		*	A	*	A	*	A
Yan Duvar (duralit)	223.38	0.12	26.8	0.45	100.5	0.80	178.7
Yan Duvar (lambiri)	60.26	0.20	12.05	0.16	9.6	0.14	8.4
Asma Tavan	504.09	0.20	100.8	0.16	80.7	0.14	70.5
Salon Arka Duvarı	133.5	0.20	26.7	0.16	21.3	0.14	18.7
G. Alan Döş.	6.07	0.02	0.12	0.02	0.12	0.03	0.18
O. Alan Döş.	447.83	0.02	8.9	0.02	8.9	0.03	13.4
Kont. Odası Duvarı	23.85	0.20	4.7	0.16	3.8	0.14	3.3
Kont. Odası Alt Tavanı	22.25	0.20	4.5	0.16	3.6	0.14	3.1
Kont. Odası Camları	4.2	0.18	0.75	0.06	0.25	0.04	0.16
Servis Kapıları	5.6	0.3	1.68	0.2	1.12	0.1	0.56
İz. Giriş Kapı.	10.8	0.3	3.24	0.2	2.16	0.1	1.08
O. Elemanları	185.38	0.19	35.2	0.37	68.6	0.56	103.8
Sahne Döş.	89.84	0.04	3.6	0.04	3.6	0.05	4.5
Sahne Parapeti	18.06	0.20	3.6	0.16	2.9	0.14	2.5
Perde	46.17	0.10	4.6	0.30	13.9	0.50	23
	1781.3		237.24		321.05		431.88
Salon Hacmi	4273.44						
T			2.91		2.15		1.60
						1.48	
						1.60	
							1.80

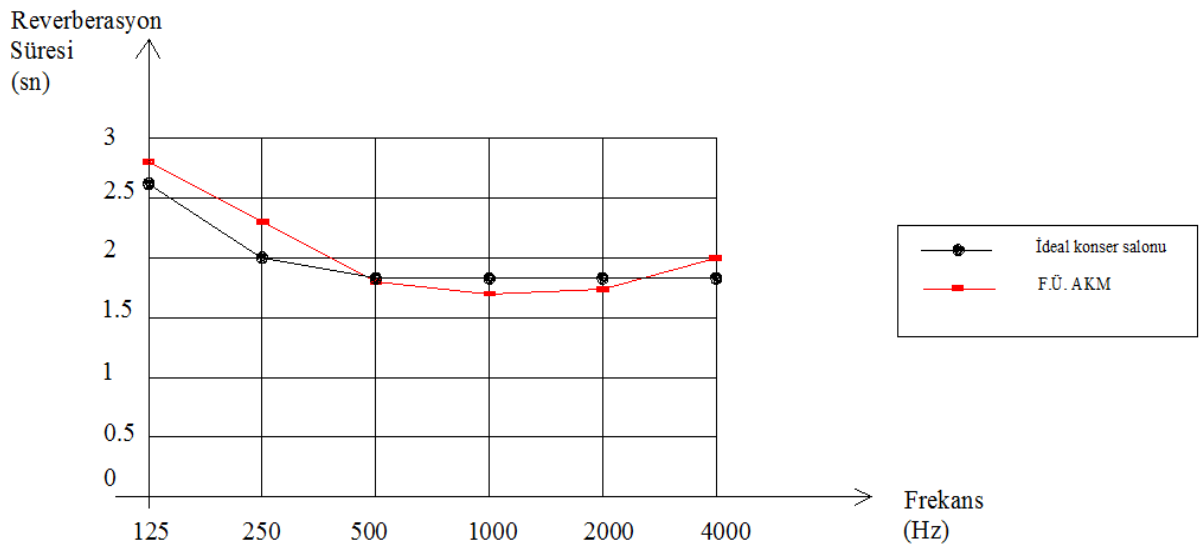


Şekil 5.62. V. Alternatifte göre reverberasyon süresi – frekans grafiği

Tablo 5.10. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı

VI. Alternatif: ($\alpha_{\text{Oturma Elemanı}}$ = düşük , $\alpha_{\text{Asma Tavan}}$ = yüksek , $\alpha_{\text{yan duvar(duralit)}}$ = düşük)

ELEMAN	ALAN	125		250		500		1000		2000		4000	
		*	A	*	A	*	A	*	A	*	A	*	A
Yan Duvar (duralit)	223.38	0.12	2	0.45	100.5	0.80	178.7	0.90	201	0.78	174.2	0.58	129.5
Yan Duvar (lambiri)	60.26	0.20	12.05	0.16	9.6	0.14	8.4	0.12	7.2	0.11	6.6	0.10	6
Asma Tavan	504.09	0.20	100.8	0.16	80.7	0.14	70.5	0.12	60.5	0.11	55.4	0.10	50.4
Salon Arka Duvarı	133.5	0.20	26.7	0.16	21.3	0.14	18.7	0.12	16	0.11	14.7	0.10	13.3
G. Alan Döş.	6.07	0.02	0.12	0.02	0.12	0.03	0.18	0.03	0.18	0.04	0.24	0.04	0.24
O. Alan Döş.	447.83	0.02	8.9	0.02	8.9	0.03	13.4	0.03	13.4	0.04	17.9	0.04	17.9
Kont. Odası Duvarı	23.85	0.20	4.7	0.16	3.8	0.14	3.3	0.12	2.8	0.11	2.6	0.10	2.3
Kont. Odası Alt Tavanı	22.25	0.20	4.5	0.16	3.6	0.14	3.1	0.12	2.6	0.11	2.4	0.10	2.2
Kont. Odası Camları	4.2	0.18	0.75	0.06	0.25	0.04	0.16	0.03	0.12	0.02	0.08	0.02	0.08
Servis Kapıları	5.6	0.3	1.68	0.2	1.12	0.1	0.56	0.07	0.39	0.06	0.34	0.07	0.39
İz. Giriş Kapı.	10.8	0.3	3.24	0.2	2.16	0.1	1.08	0.07	0.75	0.06	0.65	0.07	0.75
O. Elemanları	185.38	0.24	44.5	0.26	48.2	0.27	50	0.31	57.4	0.37	68.6	0.38	70.4
Sahne Döş.	89.84	0.04	3.6	0.04	3.6	0.05	4.5	0.06	5.4	0.06	5.4	0.07	6.2
Sahne Parapeti	18.06	0.20	3.6	0.16	2.9	0.14	2.5	0.12	2.2	0.11	1.9	0.10	1.8
Perde	46.17	0.10	4.6	0.30	13.9	0.50	23	0.65	30	0.80	36.9	0.90	41.5
	1781.3		246.54		300.65		378.58		399.9		387.9		343
Salon Hacmi	4273.44												
T			2.80		2.30		1.82		1.73		1.78		2.01

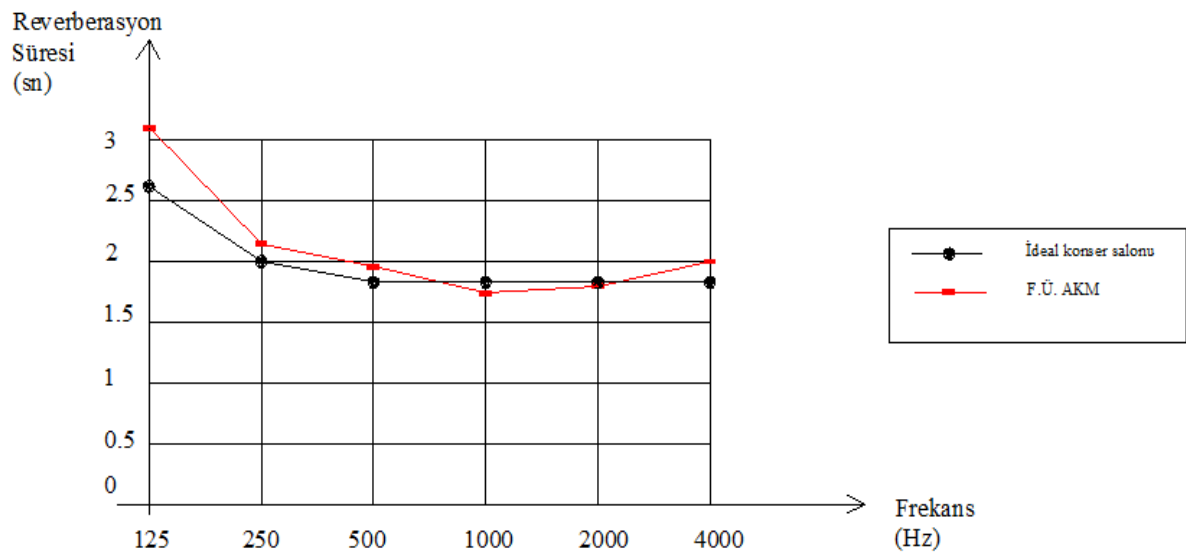


Şekil 5.63. VI. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği

Tablo 5.11. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı

VII. Alternatif: ($\alpha_{\text{Oturma Elemanı}}$ = düşük , $\alpha_{\text{Asma Tavan}}$ = düşük , $\alpha_{\text{yan duvar(duralit)}}$ = düşük)

ELEMAN	ALAN	125		250		500		1000		2000		4000	
		*	A	*	A	*	A	*	A	*	A	*	A
Yan Duvar (duralit)	223.38	0.12	26.8	0.45	100.5	0.80	178.7	0.90	201	0.78	174.2	0.58	129.5
Yan Duvar (lambiri)	60.26	0.20	12.05	0.16	9.6	0.14	8.4	0.12	7.2	0.11	6.6	0.10	6
Asma Tavan	504.09	0.15	75.6	0.20	100.8	0.10	50.4	0.10	50.4	0.10	50.4	0.10	50.4
Salon Arka Duvarı	133.5	0.20	26.7	0.16	21.3	0.14	18.7	0.12	16	0.11	14.7	0.10	13.3
G. Alan Döş.	6.07	0.02	0.12	0.02	0.12	0.03	0.18	0.03	0.18	0.04	0.24	0.04	0.24
O. Alan Döş.	447.83	0.02	8.9	0.02	8.9	0.03	13.4	0.03	13.4	0.04	17.9	0.04	17.9
Kont. Odası Duvarı	23.85	0.20	4.7	0.16	3.8	0.14	3.3	0.12	2.8	0.11	2.6	0.10	2.3
Kont. Odası Alt Tavanı	22.25	0.20	4.5	0.16	3.6	0.14	3.1	0.12	2.6	0.11	2.4	0.10	2.2
Kont. Odası Camları	4.2	0.18	0.75	0.06	0.25	0.04	0.16	0.03	0.12	0.02	0.08	0.02	0.08
Servis Kapıları	5.6	0.3	1.68	0.2	1.12	0.1	0.56	0.07	0.39	0.06	0.34	0.07	0.39
İz. Giriş Kapı.	10.8	0.3	3.24	0.2	2.16	0.1	1.08	0.07	0.75	0.06	0.65	0.07	0.75
O. Elemanları	185.38	0.24	44.5	0.26	48.2	0.27	50	0.31	57.4	0.37	68.6	0.38	70.4
Sahne Döş.	89.84	0.04	3.6	0.04	3.6	0.05	4.5	0.06	5.4	0.06	5.4	0.07	6.2
Sahne Parapeti	18.06	0.20	3.6	0.16	2.9	0.14	2.5	0.12	2.2	0.11	1.9	0.10	1.8
Perde	46.17	0.10	4.6	0.30	13.9	0.50	23	0.65	30	0.80	36.9	0.90	41.5
	1781.3		221.34		320.75		358.48		389.8		382.9		343
Salon Hacmi	4273.44												
T			3.12		2.15		1.93		1.77		1.80		2.0

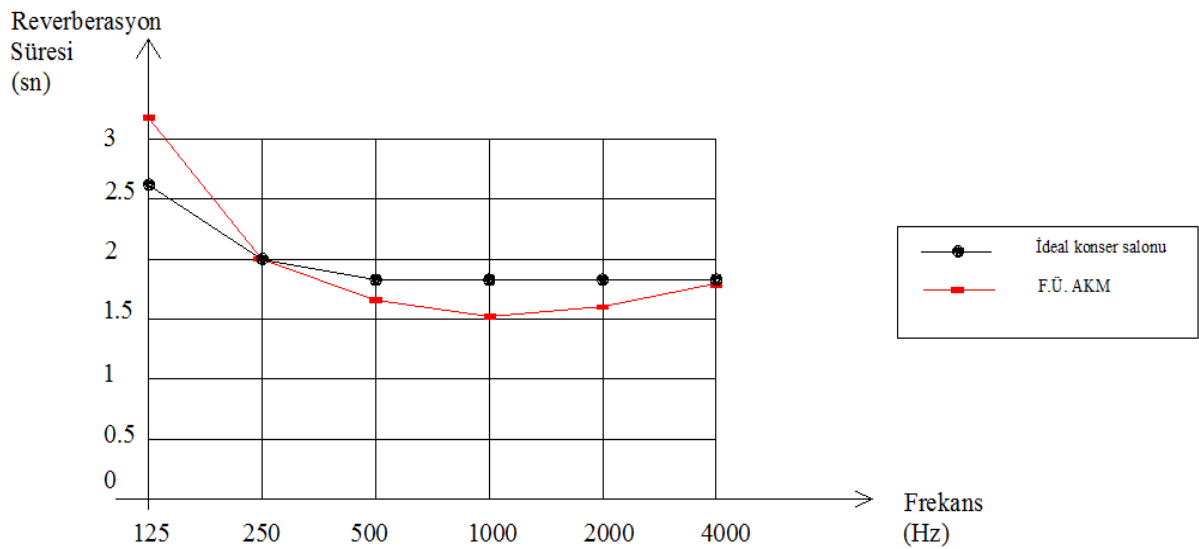


Şekil 5.64. VII. Alternatife göre reverberasyon süresi – frekans grafiği

Tablo 5.12. Konser düzeninde sabine yöntemine göre reverberasyon süresinin hesabı

VIII. Alternatif: ($\alpha_{\text{Oturma Elemanı}}$ = yüksek , $\alpha_{\text{Asma Tavan}}$ = düşük , $\alpha_{\text{yan duvar(duralit)}}$ = düşük)

ELEMAN	ALAN	125		250		500		1000		2000		4000	
		*	A	*	A	*	A	*	A	*	A	*	A
Yan Duvar (duralit)	223.38	0.12	26.8	0.45	100.5	0.80	178.7	0.90	201	0.78	174.2	0.58	129.5
Yan Duvar (lambiri)	60.26	0.20	12.05	0.16	9.6	0.14	8.4	0.12	7.2	0.11	6.6	0.10	6
Asma Tavan	504.09	0.15	75.6	0.20	100.8	0.10	50.4	0.10	50.4	0.10	50.4	0.10	50.4
Salon Arka Duvarı	133.5	0.20	26.7	0.16	21.3	0.14	18.7	0.12	16	0.11	14.7	0.10	13.3
G. Alan Döş.i	6.07	0.02	0.12	0.02	0.12	0.03	0.18	0.03	0.18	0.04	0.24	0.04	0.24
O. Alan Döş.	447.83	0.02	8.9	0.02	8.9	0.03	13.4	0.03	13.4	0.04	17.9	0.04	17.9
Kont. Odası Duvarı	23.85	0.20	4.7	0.16	3.8	0.14	3.3	0.12	2.8	0.11	2.6	0.10	2.3
Kont. Odası Alt Tavanı	22.25	0.20	4.5	0.16	3.6	0.14	3.1	0.12	2.6	0.11	2.4	0.10	2.2
Kont. Odası Camları	4.2	0.18	0.75	0.06	0.25	0.04	0.16	0.03	0.12	0.02	0.08	0.02	0.08
Servis Kapıları	5.6	0.3	1.68	0.2	1.12	0.1	0.56	0.07	0.39	0.06	0.34	0.07	0.39
İz. Giriş Kapı.	10.8	0.3	3.24	0.2	2.16	0.1	1.08	0.07	0.75	0.06	0.65	0.07	0.75
O. Elemanları	185.38	0.19	35.2	0.37	68.6	0.56	103.8	0.67	124.2	0.61	113	0.59	109.3
Sahne Döşemesi	89.84	0.04	3.6	0.04	3.6	0.05	4.5	0.06	5.4	0.06	5.4	0.07	6.2
Sahne Parapeti	18.06	0.20	3.6	0.16	2.9	0.14	2.5	0.12	2.2	0.11	1.9	0.10	1.8
Perde	46.17	0.10	4.6	0.30	13.9	0.50	23	0.65	30	0.80	36.9	0.90	41.5
	1781.3		212.04		341.16		411.78		456.6		427.3		381.9
Salon Hacmi	4273.44												
T			3.26		2.02		1.68		1.51		1.62		1.80



Şekil 5.65. VIII. Alternatifte göre reverberasyon süresi – frekans grafiği

Tablo sonlarında Sabine formülü kullanılarak reverberasyon süreleri (T) bulunmuştur. Bulunan reverberasyon süreleri, ideal reverberasyon süreleri ile karşılaştırılarak grafikler halinde verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde şekilleri sırasıyla açıklayacak olursak; Şekil 5.58’de 250-500 Hz’de ideal reverberasyon süresi ile kesiştiği, Şekil 5.59’da 250-500-1000 Hz’de ideal reverberasyon süresinin üstüne çıktığı, Şekil 5.60’da ise 250 Hz’de kesiştiği ve 500 Hz’de ideal reverberasyon süresinin üstüne çıktığı görülmektedir. Daha sonra ki şekillere baktığımızda ise durum daha da kötüleşerek reverberasyon sürelerinin; Şekil 5.61’de 500 Hz, Şekil 5.62’de 125-250 Hz, Şekil 5.63’de 125-250-4000 Hz, Şekil 5.64’de 125-250-500-4000 Hz ve Şekil 5.65’de 125-250 Hz’ de ideal reverberasyon süresinin üstüne çıktığı görülmektedir. Bu durum başta berraklık açısından olmak üzere pek çok kusura neden olmaktadır. Sorun hakkında bilgi ve öneriler 6. bölümde verilmiştir.

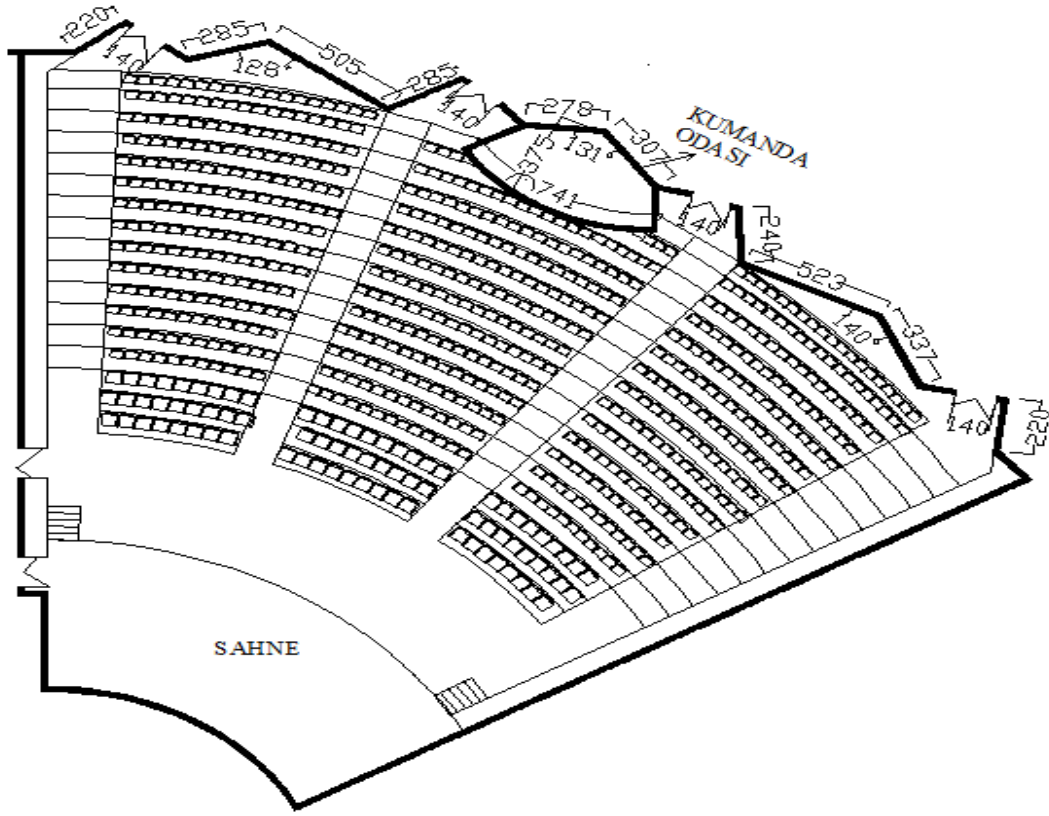
6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında, akustik açıdan performans değerlendirmesi için ele alınan konular beş ana başlık altında toplanmıştır. Sırasıyla Ses ve Sesin Özellikleri, Kapalı Mekânlarda Sesin Yayılması Sırasında Oluşan Olaylar, Akustik Performansla İlgili Teorik ve Deneysel Yöntemler tanımlar yapılarak açıklanmıştır. Son olarak da Teorik Yöntemler kullanılarak F.Ü. AKM salonunun akustik performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

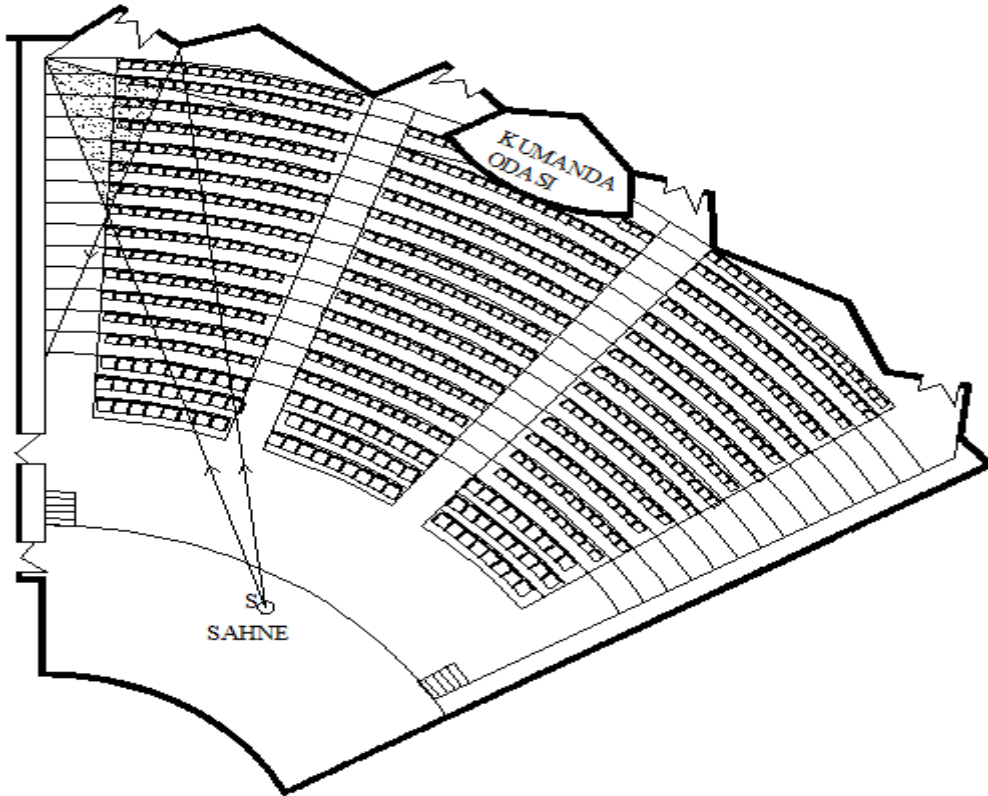
F.Ü. Atatürk Kültür Merkezinin öncelikli yapılış amacı konferans salonu olmasına rağmen, günümüzde küçük çaplı konser ve törenlerde yapılmaktadır. Şekil itibariyle yelpaze şeklinde olup 1967 yılında yapılmıştır ve kapasitesi 793 kişidir. Salon hacmi 4273.44 m^3 , alanı 700.75 m^2 'dir. Geçmiş süre içerisinde birçok kez bakım ve onarımdan geçirilmiştir. Salonu ses ve akustik açıdan değerlendirmek için yaptığımız çalışmaları sırasıyla ele alacak olursak;

- Öncelikle Geometrik Teori Kapsamında ki analiz sonucu; salondaki yüzeylerin boyutları ile merkez frekanslardaki dalga boyları kıyaslanarak yansıtıcılık analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçları tek tek ele alınarak, yüzey boyutlarının kısa kenarları ile ilgili frekansların dalga boylarının yansıtıcılıkları; yansıma “var” ya da “yok” şeklinde her frekans için değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler Şekil 5. 3- 22’de gösterilmiştir. Konser salonu, kayıt stüdyoları ve müzik odaları gibi hacimlerde yeterli ses yayılımı gerekli bir akustik özelliktir. Çünkü bu durumlarda müziğin doğal özellikleri vurgulanırken istenmeyen akustik etkilerden kaçınılır [17]. Sesin hacim içinde yayılması girinti ve çıkıntı ya da malzeme farklılıkları gibi düzensizliklerle ve saçıcı elemanların kullanılması ile sağlanabildiği daha önceki bölümlerde anlatılmıştı. F.Ü. AKM salonunda yan duvarlarda yansımanın daha çok olduğu görülmektedir. Bu yansımalarda yan duvar elemanlarda delikli duralit ve ahşap lambiri olmak üzere iki ayrı malzeme kullanılmasının ayrıca duvar boyutlarının önemli etkisi bulunmaktadır.
- Daha sonra Geometrik Teori Kapsamında AKM salonunda yer alan elemanların yüzeylerinin ses kaynağından aldıkları ışınları yansıttıkları doğrultu analizleri Şekil 5.23-39’de gösterilmiştir. Şekil 5.23-24-25’deki kesitlerde yansıtıcı pano görevi

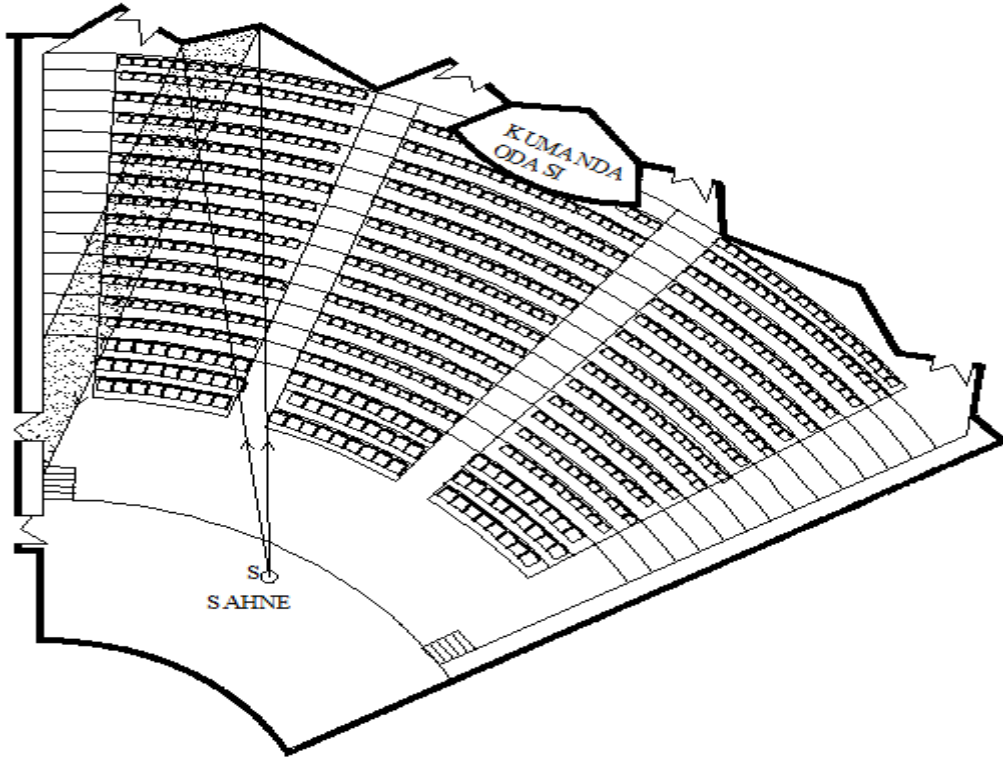
yapan ve bunun için açlandırılmış asma tavanın, ses ışınlarının salonun her yanına ulaşmasında başarılı olduğu görülmektedir. Ayrıca asma tavanın açısı ve boyutu itibarıyla kendine çarpan ses ışınlarını saçılarak salona dağılmasında yeterli işlevi üstlendiği de açıkça anlaşılmaktadır. Ancak Şekil 5.32,33,34,35,36'da görüldüğü üzere izleyici giriş kapıları, çıkma şeklinde salonda yer alan kontrol odası ve geniş arka duvarlar, ses ışınlarının sahneye geri yansımaya ve eko oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum, kapılar ve kontrol odasının, salonun planlama ve yapılış aşamasında yanlış konumlandırıldığından kaynaklanmaktadır. Benzer binalar incelendiğinde kapıların neden olduğu bu kusuru engellemek için izleyici giriş kapılarının salona yan taraftan ya da bulunduğu noktada girintili-çıkıntılı olacak şekilde konumlandırıldığı görülmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda AKM salonunun arka geniş duvarı, kapıları ve kontrol odası için çözüm olabilecek şekilde planı yeniden düzenlenmiş ve yansıtıcılık analizleri Şekil 6.2-10'de gösterilmiştir. Bu şekilde yansıyarak sahneye geri dönen seslerin yönü değiştirilmiş, kapı kısımlarında ise sesin yutulması sağlanmıştır. Bu çözüm önerisine ek olarak; sesin büyük kısmının arka geniş duvardan yansımaya önlemek için, arka duvar ve kontrol odası duvarının üst yarısının öne doğru eğilerek yansıyan ses enerjisini izleyicilere yöneltmek ve alt kısmını yüksek ses yutucu malzemeler ile kaplayarak eko oluşumunu engellemek de mümkündür. Ayrıca bir salonun akustik açıdan iyileştirilmesinde o salonun hangi amaçla kullanılacağı büyük önem taşımaktadır [1]. Örneğin müzik amaçlı kullanım için daha uzun bir reverberasyon süresi gerekirken ve yansıtıcı yüzeyler eklemesi ile daha iyi sonuç verdiği bilinmektedir, bu yüzden; AKM salon arka duvar ve kontrol odası duvarına gelen ses ışınlarının yönünü değiştirmek ve dağıtmak için ahşap bazlı petek yüzeyli ses dağıtıcı yapı malzemesi, poliüretan esaslı ses dağıtıcı yapı malzemesi (Şekil 6.11.) vb. kullanılabilir. Ancak konferans ve ders amaçlı kullanımda ise yerde ve arka duvar yüzeyinde soğurucu malzeme kullanımının daha iyi sonuç verdiği göz önüne alındığında AKM arka duvarında akustik piramit ses yutucu malzeme çeşitleri (Şekil 6.12.) vb. kullanılabilir. Kullanım açısından müzik ve konuşma eşdeğer ise değişebilir (hareketli) yüzey tasarımına gidilmeli ve gereksinime göre yeterli miktarda ve yerlerde yansıtıcı ve soğurucu yüzey malzemeleri kullanılmalıdır [1].



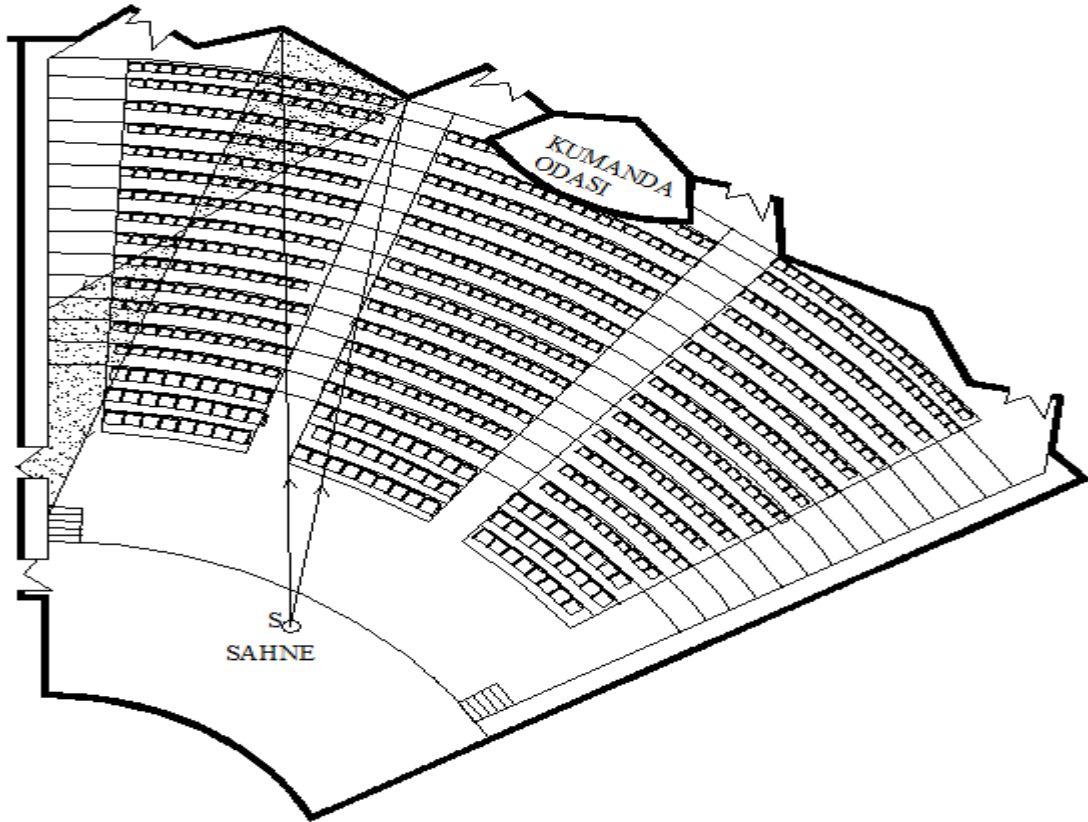
Şekil 6.1. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre plan şeması



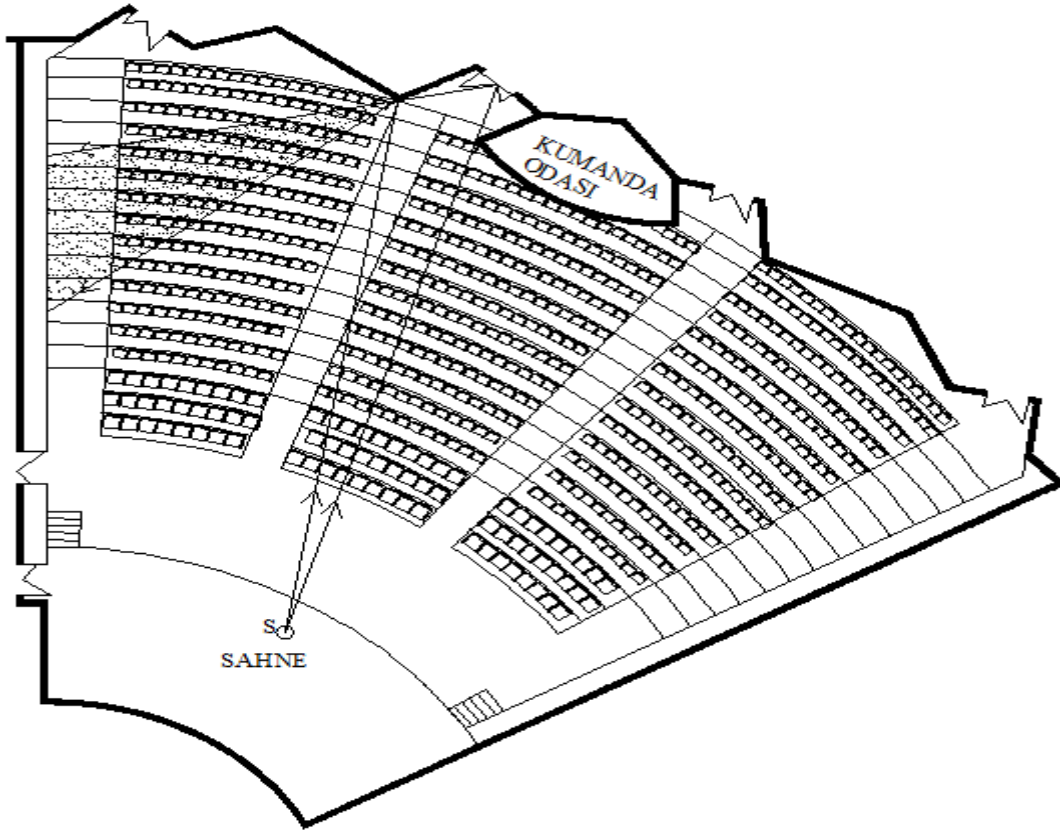
Şekil 6.2. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi



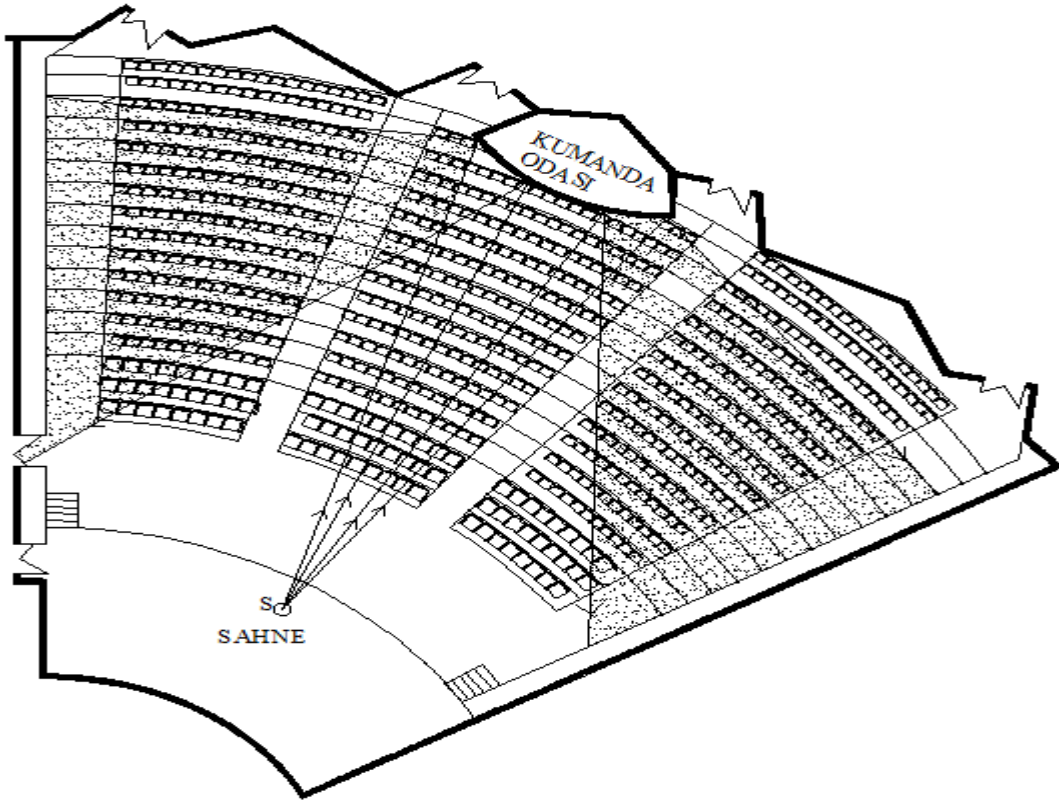
Şekil 6.3. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi



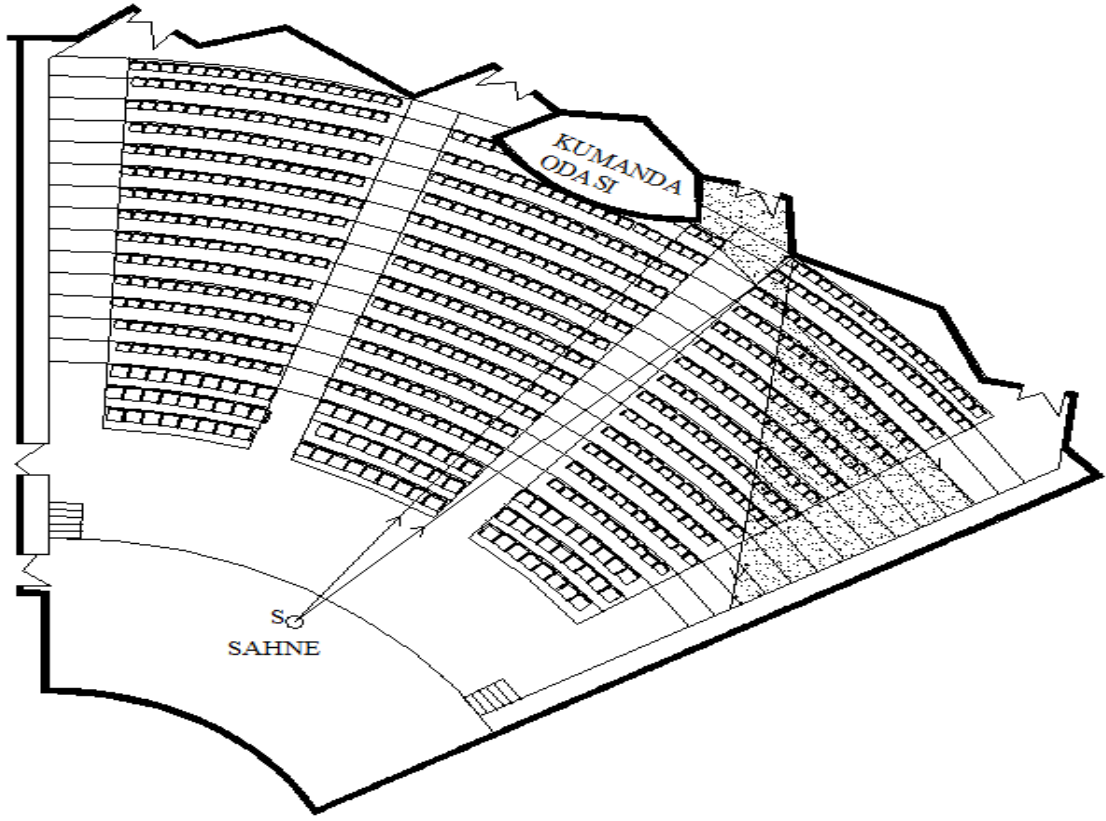
Şekil 6.4. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi



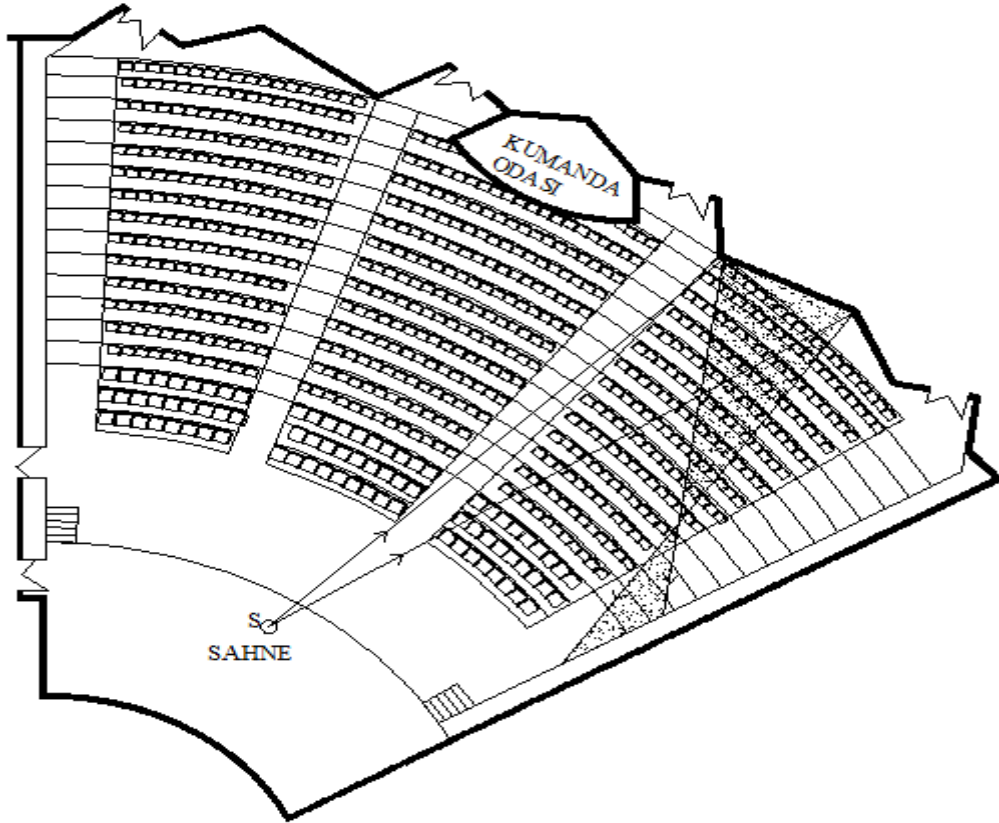
Şekil 6.5. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi



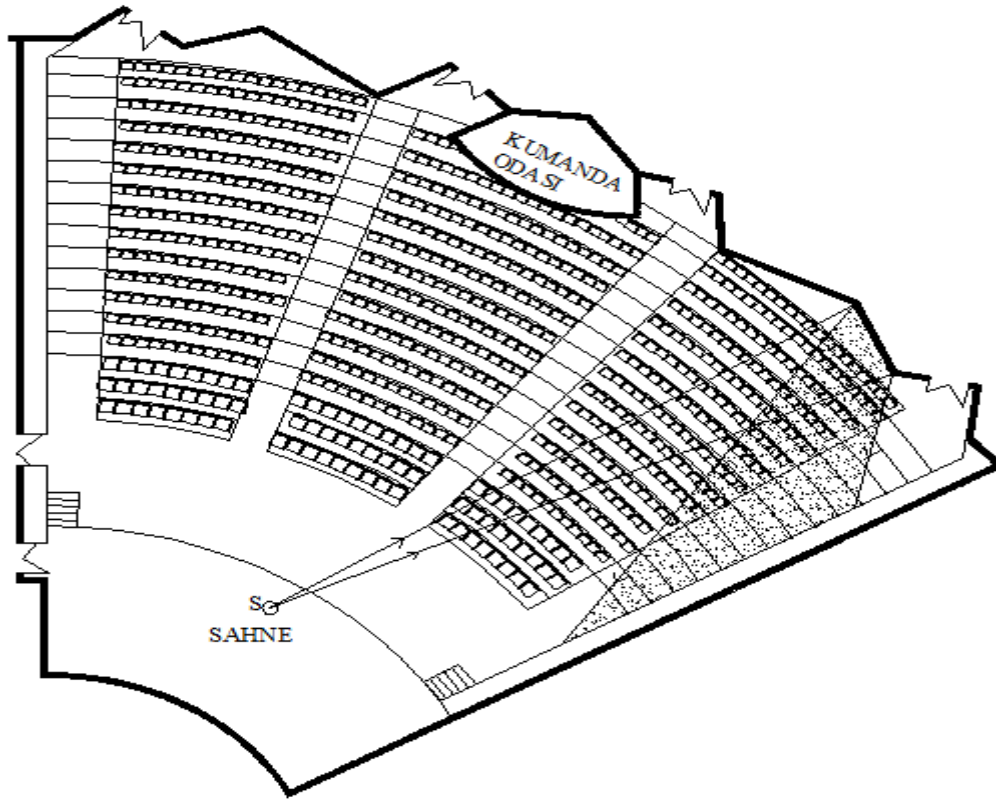
Şekil 6.6. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre kumanda odası yansıtıcılık analizi



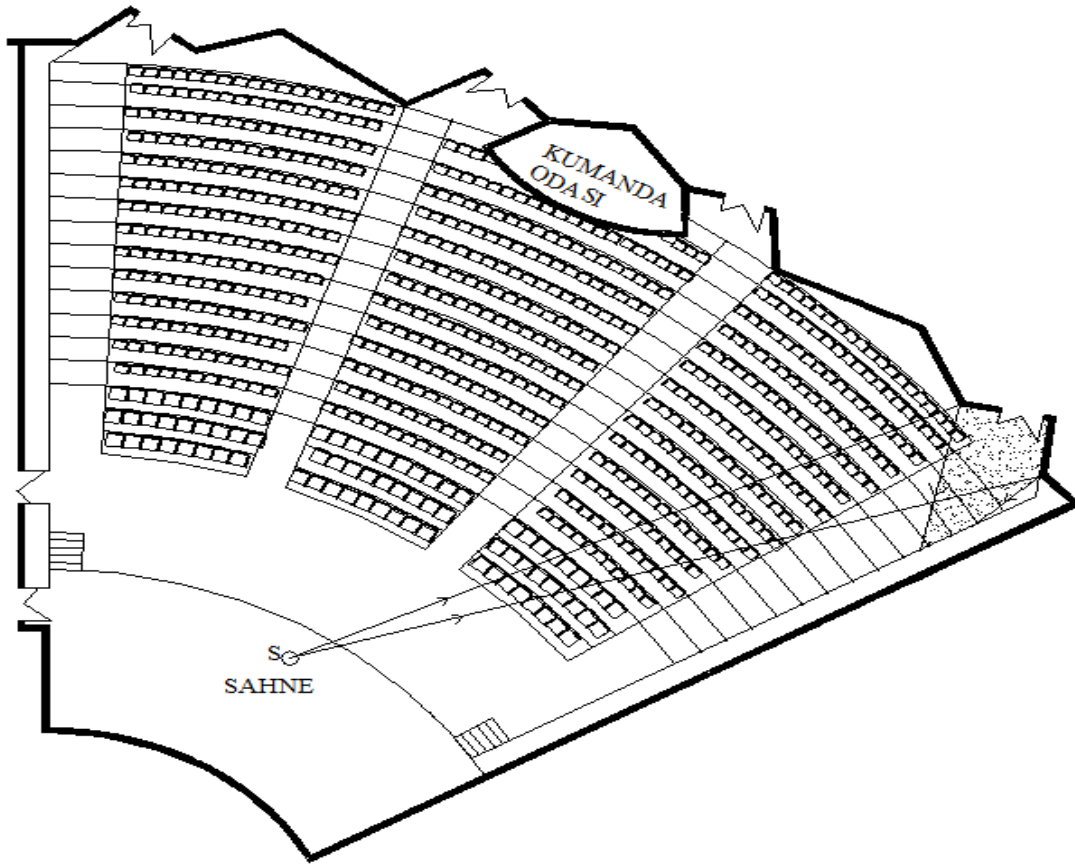
Şekil 6.7. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi



Şekil 6.8. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi



Şekil 6.9. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi



Şekil 6.10. F.Ü. AKM salonu plan üzerinde yapılan değişikliklere göre yansıtıcılık analizi



Şekil 6.11. Ahşap bazlı petek yüzeyli ses dağıtıcı yapı malzemesi- poliüretan esaslı ses dağıtıcı yapı malzemesi



Şekil 6.12. Akustik piramit ses yutucu malzemeler

- Geometrik Teori Kapsamında son olarak ele aldığımız A.K.M Salonunda ki koltukların, etkin yansıtıcı panolardan aldıkları yansımalara göre değerlendirilmesi Şekil 5.32-34 gösterilmiş olup gerekli sayısal veriler ve eko oluşup oluşmadığı Tablo 5.2-4’de verilmiştir. Tablo ve şekiller incelendiğinde de açıkça görüleceği gibi salonda yer alan ve rastgele seçilmiş olan koltuklarda eko oluşumu görülmemektedir. Bu durumda asma tavanın boyut, açı ve geniş ses yayıcı bir şekilde tasarlanmış olmasının büyük etkisi bulunmaktadır.

- İstatiksel Teori Kapsamında öncelikle, salonu oluşturan elemanlar, elemanların salon içindeki yerleri, elemanı oluşturan malzemeler ve bu elemanları şekil ve kesitleri ile birlikte salonda kapladıkları alan ve kullanılan malzemelerin ses yutma katsayıları verilmiştir. Bunlar Şekil 5.43-57’de gösterilmiştir. Salonda büyük yer kaplamasından dolayı önemli olan asma tavan, oturma elemanları ve yan duvar delikli duralit kaplamaları ses yutma katsayısı düşük ve yüksek olmak üzere değerlendirilmiştir. Bu katsayıların farklı olma nedeni malzemelerin ses yutuculuk katsayılarının laboratuvar ortamlarının değişken koşullarında farklı sonuç vermesinden kaynaklanmaktadır. Bu veriler reverberasyon süresinin hesaplanması için en uygun olan Sabine Yönteminde kullanılmıştır. Ses yutma katsayılarından dolayı sekiz alternatif sunularak reverberasyon süreleri bulunup Tablo 5. 5-12’de verilmiştir. Şekil 5. 49-52’de ise normal şartlarda reverberasyon süresi ile Fırat Üniversitesi A.K.M. salonuna ait reverberasyon süresi karşılaştırılıp grafik halinde gösterilmiştir. Arzu edilen reverberasyon süresi $1 < T < 2$ sn olduğundan dolayı [29]; grafikler incelendiğinde A.K.M. salonuna ait verilerin çoğunlukla olması gereken reverberasyon süresi aralığında kalmadığı görülmektedir ki bu akustik açıdan rahatsız edici bir durumdur. Sadece bazı frekanslarda reverberasyon süresi istenilen düzeyde olmaktadır. Reverberasyon süresinin ideal sürenin üstüne çıkması, başta berraklığın bozulması olmak üzere pek çok soruna neden olur. Bu durumu iyileştirebilmek için, reverberasyon süresi hesabında kullandığımız Sabine Yöntemine göre sadece malzemelerin ses yutuculuk katsayıları değişkendir ve malzemelerin ses yutma katsayısının büyük seçilmesiyle bu sorun giderilebilir. Özellikle de salonda büyük alana sahip olan elemanların kaplamalarının ses yutma katsayısı büyük olan malzemeler ile değiştirilmesi reverberasyon süresinin ideal düzeye gelmesini sağlayacaktır.

Bütün bu yaptığımız çalışmalar ile F.Ü. AKM salonunun ses ve akustik incelemesi yapılarak bir hacmin ses ve akustik açıdan değerlendirilmesi için yapılması gereken teorik yöntem ve uygulamalar ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Genel olarak bakıldığında Salonda bazı akustik kusurların olduğu ortaya çıkmıştır. Oluşan kusurların genel nedeni sahip olduğu yelpaze şekline dolayı sesin büyük kısmının arka duvarlara yönlendirilmesidir. Ayrıca geniş arka duvarlar ile birlikte izleyici giriş kapıları ve kumanda odası da sesin yansyarak sahneye geri dönmesine ve eko oluşmasına neden olmaktadır.

Kusurların giderilmesi için bu salon elemanları yüzeylerinin çeşitli ses yansıtıcı malzemeler ya da elemanlar ile kaplanması bir çözüm önerisi olabilir, ancak bu ses yansıtıcı elemanları kullanılırken elemanların boyutları, yansıtacağı sesin dalga boyundan büyük olmalı ve ses kaynağına olan uzaklığı dikkate alınmalıdır. Ayrıca çözüm önerisi olarak arka duvar, izleyici giriş kapıları ve kumanda odasının açılabilir çıkıntılar ile hareketlendirilerek konumlandırılması örneği plan üzerinde çizilerek gösterilmiştir. Kumanda odası sesin daha iyi yansması için dışbükey şekilde düzenlenmiş ve böylece sesin saçılarak salonun büyük kısmına sesin yansması sağlanmıştır. Salon asma tavanının ise gerek kullanılan malzeme gerekse açısı ve boyutları bakımından oldukça iyi bir performans gösterdiği görülmüştür. Bunun yanında salonda reverberasyon süresi ile ilgili sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunlar için; örneğin oturma elemanları ve salon döşemesi gibi salonda büyük yer kaplayan elemanların ses yutma katsayısı büyük olan malzemeler ile kaplanmalarıyla durum iyileştirilmesi yapılabilir. Uygulandığı takdirde açıkladığımız çözüm önerileri salonda oluşan kusurların giderilmesini büyük ölçüde gerçekleştirecektir. Böylece salon kullanımı istenilen konforu sağlayacak ve daha uzun yıllar hizmet vermeye devam edecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Kurtay,C. , Eryıldız, D. , I. ve Harputlugil, G. , U. , 2008, Mimar Kemaleddin Salonu Akustik Performans Değerlendirmesi ve Performans İyileştirme Önerileri, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 23(3), 557-568.
- [2] Moore, J.E. , 1978, Design For Good Acoustics and Noise Control, the MacMillan Press Ltd. London.
- [3] Lin, M. , D. , Tsai, K. , T. , and Su, B. , S. , 2009, Applied Acoustics, Estimating the Sound Absorption Coefficients of Perforated Wooden Panels by Using Artificial Neural Networks, Elsevier Ltd. , 70, 31-40.
- [4] Bolt, R. , H. , 1947, On the Design of Perforated Facings for Acoustic Materials, J Acoust Soc Am , 19, 917–921.
- [5] Ingard, K. , U. and Bolt R. , H. , 1951, Absorption Characteristics of Acoustic Material With Perforated Facings, J Acoust Soc Am, 23, 533–540.
- [6] Callaway, D. , B. and Ramer, L. , G. , 1952, The Use of Perforated Facings in Designing Low Frequency Resonant Absorbers. J Acoust Soc Am, 24, 309–312.
- [7] Ingard, K. , U. , 1954, Perforated Facing and Sound Absorption, J Acoust Soc Am, 26, 151–154.
- [8] Davern, W. , A. , 1977, Perforated Facings Backed with Porous Materials as Sound Absorbers-an Experimental Study, Appl Acoust, 10, 85–112.
- [9] Zhong, X. , Z. and Liu, J. , K. , 1997, Absorption Properties of Perforate Decorative Aluminum Ceiling Strips, Tech Acoust, 16, 69–75.
- [10] Ekinci, C. , E. , 2005, Bordo Kitap, Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı, Nobel Basımevi, Ankara.
- [11] Gürel, N. , 2007, İlköğretim Okullarının Akustik Açidan İncelenmesi: İstanbul’ da Bir İlköğretim Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [12] Sirel, O. , 2000, Ses Yalıtımı Konusunda Birkaç Açıklama, Yalıtım Dergisi, Sayı:26, İstanbul.
- [13] Efron, A. , 1967, Sound, Rider Pub. Inc. , New York.
- [14] Doelle, L., L. , 1972, Environmental Acoustics, Mc Hill Book Company.
- [15] Karabiber, Z. ,1991, Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [16] Smith, B. , J. , 1970, Environmental Physics Acoustics, American Elsevier Publishing Company.
- [17] Budak, A. , 1994, Atatürk Kültür Merkezi Büyük Salon'un Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [18] Sirel, Ş. , 1988, Gürültü, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü (YFU) Kitapçık NO:1.
- [19] Sirel, Ş. , 2000, Yapı Akustiğinde 30 Terim 30 Tanım, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü (YFU) Kitapçık NO:9.
- [20] Yüğrük, N. ,1994, Konuşma Amaçlı Hacimlerde İşitsel Duyarlılık Ayırımlarının Anlaşılabilirlik Üzerindeki Olumsuz Etkilerini Ortadan Kaldıracak Hacim Akustiği Koşullarının Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [21] Wiley, J. , 1950, V. O. K. C. M. H. Acoustical Deseigning in Architecture.
- [22] Özçevik, A. , 2005, Mimari Tasarım Stüdyolarında İşitsel Konfor Gereksinimleri, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [23] Akın, Ş., ve Şerefhanoglu, S., M. , 1999, Hacim Akustiğinde İlk Yansımaların Önemi ve Mimari Tasarıma Etkisi, Yapı Fiziği Çevre Denetimi kongresi, YTÜ, İstanbul.
- [24] Egan, D. , 1972, Concepts of Architectural Acoustics, Mc Graw Hill Book Company.
- [25] Booklet, B. , 1988, Measurements in Building Acoustic, New York.
- [26] Yerges, L. F. , 1969, Sound Voice and Vibration Control, Van Nostrand Reinhold Environmental Eng. Series.

- [27] Gılford, C. , 1972, Acoustic for T. V. and Radio Studios, IEE Mongraph Series, England.
- [28] Kınzey, B. and Sharp, H. , M. , 1963, Environmental Technologies in Architecture, Prentice Hall.
- [29] Eriç, M. , 2002, Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık ve Dağıtım, İstanbul.
- [30] Yüğrük, N. ve Aknesil, A.E. , 1993, Dersliklerde konuşmanın anlaşılabilirliği koşulları ve tip dersliklerin değerlendirilmesi, 21. Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 253-260, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [31] Baytin, T. , 1961, Dairesel Formların Mimari Akustik Etüdü, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [32] Yıldırım, E. , 2003, Yeni Cami' nin Akustik Açısından Performans Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [33] Akdağ Yüğrük, N. , 1996, Hacim Akustiğinde Temel Kavram ve İlkeler, Yapılarda Akustik Sorunlar ve Çözüm Önerileri , Seminer Bildirileri, İstanbul.
- [34] Neubauer, R. and Kostek, B. , 2001, Prediction of the Reverberation Time in Rectangular Rooms with Non-Uniformly Distributed Sound Absorption, Archiv Acoust, 26, 183–201.
- [35] Passero, C. , R. , M. , Zannin, P. , H. , T. , 2010, Applied Acoustics, Statistical Comparasion of Reverberation Times Measured by the Integrated Impluse Response and Interrupted Noise Methods, Computationally Simulated with ODEON Software, and Calculated by Sabine, Eyring and Arau-Puchades' formulas, Elsevier Ltd. , 71, 1204-1210.
- [36] Bilal, F. , 2007, Okullarda Akustik Düzenleme ve Gürültü. İzolasyon Dünyası, 66, 64-67.
- [37] Bayazıt, N. , T. , 1999, Dikdörtgen Kesitli Konser Salonlarının Akustik Değerlendirilmesi İçin Bir Tasarım Yöntemi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Sefa TOKTAŞ, 1986 yılında Elazığ’da doğdu. İlkokulu Elazığ Dumlupınar İlköğretim Okulunda, ortaokulu Elazığ Mehmet Akif Ersoy Okulunda bitirdi. 2005 yılında Elazığ Fırat Üniversitesi T.E.F. Yapı Eğitimi Bölümüne başladı ve 2009 yılında mezun oldu. Mezun olduğu yıl Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı Yapı Tasarımı Eğitimi Bilim Dalında yüksek lisansa başladı.