İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIKHAVA TİYATROLARININ AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: İSTANBUL CEMİL TOPUZLU AÇIKHAVA TİYATROSU ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Kerime YAŞAROĞLU

Anabilim Dalı: MİMARLIK
Programı: ÇEVRE KONTROLÜ VE YAPI TEKNOLOJİSİ

HAZİRAN 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIK HAVA TİYATROLARININ AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: İSTANBUL CEMİL TOPUZLU AÇIK HAVA TİYATROSU ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar Kerime YAŞAROĞLU
(502041707)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21 Temmuz 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Haziran 2006

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Nurgün Tamer BAYAZIT (İ.T.Ü)**

Diğer Jüri Üyeleri **Prof.Dr. Sevtap Yılmaz DEMİRKALE (İ.T.Ü)**

Doç. Dr. Neşe Akdağ YÜĞRÜK (Y.T.Ü)

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Antik Çağ tiyatroları yüzyıllar boyunca mimari ve uygarlıkların gelişmesine ışık tutmuştur. Bilim ve teknolojinin gelişimi tiyatrolardaki akustik kaliteyi arttırmış ve yeni inşa teknikleri sunmuştur. Sanatın ilk olarak eyleme dönüştüğü Antik Çağ tiyatrolarının bugün ayakta kalabilen sadece bir kısmı halen kullanılmaktadır.

Bu tezde, Antik Çağ açıkhava tiyatrolarının mimari ve akustik özellikleri incelenip Modern Çağ açıkhava tiyatrolarının bir örneği olan Cemil Topuzlu Açık Hava Tiyatrosu ile karşılaştırması yapılmıştır. Bilgisayar simülasyonu ve yerinde alan ölçümleri yardımıyla belirlenen akustik parametreler değerlendirilerek, tiyatronun sahip olduğu akustik kalitenin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tez konusunun belirlenmesinde, tüm araştırma ve ölçüm aşamalarında değerli katkılarını esirgemeyen tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Nurgün Tamer Bayazıt'a teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Ayrıca, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun Rölöve çalışması sırasında yardımlarını esirgemeyen ve projenin çizilmesini sağlayan İTÜ Restorasyon Anabilim Dalı öğretim üyelerinden sayın Y. Doç. Kani Kuzucular'a teşekkürlerimi sunmak istiyorum. ODEON Ver. 8.0 akustik simulasyon hesaplamalarımda ve yorumlamalarda bana yardımcı olan Danimarka Teknik Üniversitesi öğretim üyeleri sayın Prof. Dr. Anders Christian Gade, Prof. Dr. Jens Holger Rindel ve Claus Lynge'ye çok teşekkür etmek istiyorum. Açıkhava tiyatrosunun alan ölçümleri sırasında cihazlarını kullanmamıza izin veren Proplan A.Ş.'ye ve Y.Müh. Alper Akgül'e de çok teşekkür ederim.

Haziran, 2006 Kerime YAŞAROĞLU

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR v
TABLO LİSTESİ vı
ŞEKİL LİSTESİ vıı
SEMBOL LİSTESİ xı
ÖZET xıı
SUMMARY xıı

1. GİRİŞ 1
1.1. Tiyatronun Gelişimi ve Kökenleri 2
1.2. Tiyatronun Başlıca Dönemleri ve Uygarlıkları 2

2. ANTİK ÇAĞ AÇIKHAVA TİYATROLARININ MİMARİ VE AKUSTİK OLARAK TARİHSEL GELİŞİMİ 6
2.1. Antik Çağ Tiyatrolarının Mimari Olarak Genel Yapısı 6
2.1.1. Klasik Yunan Tiyatroları 7
2.1.2. Helen Tiyatroları 9
2.1.3. Roma Tiyatroları 11
2.1.4. Tiyatronun Mimari Tasarımından Çıkartılacak Sosyal Göstergeler 13
2.1.5. Tiyatronun Oranlarından Çıkartılacak Sosyal Göstergeler 15
2.2. Antik Çağ Tiyatrolarının Sahne Tipleri ve Biçimleri 18
2.2.1. Kuşatılmamış Tiyatrolar (Nonenveloping) 19
2.2.2. Kısmen Kuşatılmış Tiyatrolar (Partially Enveloping) 20
2.2.3. Tamamen Kuşatılmış Tiyatrolar (Fully Enveloping) 20
2.3 Antik Çağ Tiyatrolarının Yerleşimi 21
2.4. Antik Çağ Tiyatrolarının Yönlenişi 26
2.5. Antik Çağ Tiyatrolarının Yapım Yöntemleri 30
2.5.1. Sade Eğimli Tepe Kent Tiyatroları 33
2.5.2. Sade Düz Kent Tiyatroları 33
2.5.3. Yarı Eğimli tepe Kent Tiyatroları 34
2.6. Tiyatro ve Toplum 34
2.6.1. Tiyatro ve Antik Yunan ve Helen Toplumu 35
2.6.2. Tiyatro ve Antik Roma Toplumu 36
2.6.3. Tiyatro ve Doğu Roma Toplumu 39
2.7. Antik Çağ Tiyatrolarının Oturma Düzenleri 40
2.7.1. Eski Yunan Tiyatrolarında Oturma Düzeni 41
2.7.2. Greco-Helenistik ve Greco-Roma Tiyatrolarında Oturma Düzeni 43
2.7.3. Roma Tiyatroları Oturma Düzeni 54
2.8 Antik Çağ Tiyatrolarının Akustik Özellikleri 63
2.9. Genel Değerlendirme 70
2.10. Antik Çağ Tiyatroları Hakkında Yapılan Çalışmalar 73

3. AÇIKHAVA TİYATROLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN AKUSTİK PARAMETRELER 75
3.1. Öznel Akustik Parametreler 75
3.1.1. Ses Dolgunluğu ve Canlılık (Fulness of Tone and Reverberance) 76

3.1.2. Belirlilik ve Açıklık (Definition and Clarity) 76
3.1.3. Samimilik (Intimacy) 76
3.1.4. Mekansal Algılama (Spaciousness, Spatial Response) 77
3.1.5. Tını ve Ses Rengi (Timbre and Tone Colour) 77
3.1.6. Bas Seslerin Sıcaklığı (Bas Warmth) 77
3.1.7. Ses Yüksekliği (Loudness) 78
3.2. Nesnel Akustik Parametreler 78
3.2.1. Erken Düşme Süresi (Early Decay Time - EDT) 78
3.2.2. Çınlama Süresi (Reverberation Time - T10, T20, T30) 79
3.2.3. Ses Açıklığı - Netliği (Clarity - C80) 80
3.2.4. Konuşmanın Belirginliği (Distinctiness - D50) 80
3.2.5. Zamansal Ağırlık Merkezi (Center Time - TS) 81
3.2.6. Ses Yüksekliği (Strength - G) 82
3.2.7. Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction - LEF) 83
3.3. Öznel Akustik Parametrelerle Nesnel Akustik Parametreler Arasındaki İlişkiler 83
3.4. Nesnel Akustik Parametrelerin Optimum Değerleri ve Kabul Edilebilecek Değişim Aralıkları 91

4. CEMİL TOPUZLU AÇIKHAVA TİYATROSUNUN MİMARİ VE HACİM AKUSTİĞİ PARAMETRELERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ 93
4.1. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun Kısa Tarihçesi 94
4.2. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun Mimari Olarak Değerlendirilmesi 96
4.2.1. Tiyatronun Tasarım Özellikleri 96
4.2.2. Tiyatronun Yapım Özellikleri 99
4.2.3. Tiyatronun Geçirdiği Yenileme Çalışmaları 99
4.2.4. Tiyatronun Antik Tiyatrolar ile Karşılaştırılması 103
4.3. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi 104
4.3.1. Uygulanan Ölçüm Yönteminin Açıklanması 104
4.3.1.1. Ölçüm Koşulları ve Pozisyonları 104
4.3.1.2. Ölçüm Düzeneği 116
4.3.2. Uygulanan Simülasyon Yönteminin Açıklanması 107
4.3.2.1. Simülasyon Yazılımının Dayandığı Kabuller 108
4.3.2.2. Simülasyonda Kullanılan Kabuller 109
4.3.3. Bulgular 111
4.3.3.1. Ölçüm Sonuçları 111
4.3.3.2. Simülasyon Sonuçları 118
4.3.3.3. Ölçüm ve Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması 124
4.3.4. Ölçüm ve Simülasyon Sonuçlarının Antik Tiyatroların Değerleri ile Karşılaştırılması 128
4.3.4.1. Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması 128
4.3.4.2. Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması 134

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA 142

KAYNAKLAR 150

EKLER 153

ÖZGEÇMİŞ 201

KISALTMALAR

EDT	: Erken Düşme Süresi (Early decay time)
T20, T30	: Çınlama Süresi (Reverberation time)
C80	: Netlik (Clarity)
LEF	: Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction)
G	: Ses Yüksekliği (Strength-Loudness)
TS	: Zamansal Ağırlık Merkezi (Center Time)
D50	: Konuşmanın Belirginliği(Distinctness)

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1	Antik Çağ tiyatrolarının çap oranları…….	15
Tablo 2.2	Antik Çağ tiyatrolarının yönlenişi……..	27
Tablo 2.3	Suriye'de bulunan tiyatroların yönlenişi……..	29
Tablo 2.4	Antik Çağ tiyatrolarının biçim ve mimari düzenleri…….	72
Tablo 3.1	Beranek'e göre ilişkili öznel ve nesnel parametreler…….	84
Tablo 3.2	Marshall'a göre ilişkili öznel ve nesnel parametreler…….	85
Tablo 3.3	Dresden, Berlin ve Göttingen guruplarına göre ilişkili öznel ve nesnel parametreler…….	86
Tablo 3.4	Hawkes ve Douglas'a göre ilişkili öznel ve nesnel parametreler…….	86
Tablo 3.5	Yamaguchi'ye göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler…….	87
Tablo 3.6	Ando'ya göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler……..	87
Tablo 3.7	Barron'a göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler…….	88
Tablo 3.8	Gade'ye göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler……..	89
Tablo 3.9	Gade'nin faktör analizi sonucunda önemli olarak belirlediği parametreler…….	89
Tablo 3.10	Çeşitli araştırmalarda ortaya konan öznel-nesnel ve tasarım parametrelerinin birbiriyle ilişkileri…….	90
Tablo 3.11	Nesnel akustik parametrelerin optimum değerleri ve kabul edilebilecek tolerans aralıkları…….	91
Tablo 3.12	Akustik parametreler için tipik değerler……	92
Tablo 4.1	Ölçüm koşulları……	105
Tablo 4.2	Oturma yeri sayısına göre kullanılacak minumum mikrofon sayısı…….	105
Tablo 4.3	Açık alanda kabuledilebilecek maksimum kaynağın yön sapmaları…...	107
Tablo 4.4	Tiyatronun yüzeylerinin akustik özellikleri……..	110
Tablo 4.5	Yüzeylerde kullanılan malzemelerin değişimi ve saçıcılık katsayıları….	110
Tablo C.1	Alıcı kaynak uzaklıkları……..	156
Tablo C.2	1. Kaynak poziyonu için ölçülen EDT değerleri…….	157
Tablo C.3	2. Kaynak poziyonu için ölçülen EDT değerleri…….	158
Tablo C.4	3. Kaynak poziyonu için ölçülen EDT değerleri…….	159
Tablo C.5	1. Kaynak poziyonu için ölçülen T20 değerleri…….	160
Tablo C.6	2. Kaynak poziyonu için ölçülen T20 değerleri……..	161
Tablo C.7	3. Kaynak poziyonu için ölçülen T20 değerleri……..	162
Tablo C.8	1. Kaynak poziyonu için ölçülen T30 değerleri…….	163
Tablo C.9	2. Kaynak poziyonu için ölçülen T30 değerleri……..	164
Tablo C.10	3. Kaynak poziyonu için ölçülen T30ğerleri……	165
Tablo C.11	1. Kaynak poziyonu için ölçülen C80 değerleri…….	166
Tablo C.12	2. Kaynak poziyonu için ölçülen C80 değerleri…….	167
Tablo C.13	3. Kaynak poziyonu için ölçülen C80ğerleri……..	168
Tablo C.14	1. Kaynak poziyonu için ölçülen TS değerleri……	169
Tablo C.15	2. Kaynak poziyonu için ölçülen TS değerleri……	170
Tablo C.16	3. Kaynak poziyonu için ölçülen TS değerleri……	171

Tablo C.17 1. Kaynak poziyonu için ölçülen D50 değerleri…….. 172
Tablo C.18 2. Kaynak poziyonu için ölçülen D50 değerleri…….. 173
Tablo C.19 3. Kaynak poziyonu için ölçülen D50 değerleri…….. 174
Tablo C.20 1. Kaynak poziyonu için ölçülen G değerleri…….. 175
Tablo C.21 2. Kaynak poziyonu için ölçülen G değerleri…….. 176
Tablo C.22 3. Kaynak poziyonu için ölçülen G değerleri…….. 177
Tablo D.1 1. Kaynak poziyonu için simülasyon EDT değerleri …….. 178
Tablo D.2 2. Kaynak poziyonu için simülasyon EDT değerleri …….. 179
Tablo D.3 3. Kaynak poziyonu için simülasyon EDT değerleri …….. 180
Tablo D.4 1. Kaynak poziyonu için simülasyon T30 değerleri …….... 181
Tablo D.5 2. Kaynak poziyonu için simülasyon T30 değerleri …….... 182
Tablo D.6 3. Kaynak poziyonu için simülasyon T30 değerleri …….... 183
Tablo D.7 1. Kaynak poziyonu için simülasyon C80 değerleri …….... 184
Tablo D.8 2. Kaynak poziyonu için simülasyon C80 değerleri …….... 185
Tablo D.9 3. Kaynak poziyonu için simülasyon C80 değerleri …….... 186
Tablo D.10 1. Kaynak poziyonu için simülasyon D50 değerleri …….... 187
Tablo D.11 2. Kaynak poziyonu için simülasyon D50 değerleri …….... 188
Tablo D.12 3. Kaynak poziyonu için simülasyon D50 değerleri …….... 189
Tablo D.13 1. Kaynak poziyonu için simülasyon TS değerleri …….... 190
Tablo D.14 2. Kaynak poziyonu için simülasyon TS değerleri …….... 191
Tablo D.15 3. Kaynak poziyonu için simülasyon TS değerleri …….... 192
Tablo D.16 1. Kaynak poziyonu için simülasyon LF80 değerleri …….. 193
Tablo D.17 2. Kaynak poziyonu için simülasyon LF80 değerleri …….. 194
Tablo D.18 3. Kaynak poziyonu için simülasyon LF80 değerleri …….. 195
Tablo D.19 1. Kaynak poziyonu için simülasyon G değerleri …… 196
Tablo D.20 2. Kaynak poziyonu için simülasyon G değerleri …… 197
Tablo D.21 3. Kaynak poziyonu için simülasyon G değerleri …… 198

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Yunan tiyatrosunun kesit perspektifi …….. 8
Şekil 2.2 : Yunan tiyatrolarında ses yayılımı …….. 8
Şekil 2.3 : Helen tiyatrosu planı …… 10
Şekil 2.4 : Collosseum kesit perspektifi..... 13
Şekil 2.5 : Antik Çağ tiyatrosunu tarihsel gelişimi ……. 19
Şekil 2.6 : Aspendos Antik Tiyatrosu'nun kesit perspektifi …….. 20
Şekil 2.7 : Epidaurus Antik Tiyatrosu…… 20
Şekil 2.8 : Colosseum Arenası..... 21
Şekil 2.9 : Jerash Kuzey Tiyatrosu rekonstrüksiyon çizimi…… 25
Şekil 2.10: Wadi Sabra yarı eğimli kent tiyatrosu 34
Şekil 2.11: Yunan maskeleri..... 35
Şekil 2.12: Gladyatör dövüşleri…… 38
Şekil 2.13: Thorikos Antik Tiyatrosu…….. 42
Şekil 2.14: Argos Antik Tiyatrosu…… 43
Şekil 2.15: Argos Antik Tiyatrosu oturma basamağı detayı…… 43
Şekil 2.16: Epidaurus Tiyatrosu planı……. 45
Şekil 2.17: Epidaurus Tiyatrosu kesiti…… 45
Şekil 2.18: Oturma düzlemine gelen açıları gösteren kesit…… 46
Şekil 2.19: Epidaurus Tiyatrosu oturma basamağı detay…….. 47
Şekil 2.20: Epidaurus Tiyatrosu oturma basamağı derinlik detay……. 47
Şekil 2.21: Epidaurus Tiyatrosunun görünüşü…….. 47
Şekil 2.22: Priene Tiyatrosunun planı…… 48
Şekil 2.23: Priene Tiyatrosu oturma basamağı detayı……. 49
Şekil 2.24: Priene Tiyatrosu oturma basamağı derinlik detay…… 49
Şekil 2.25: Priene Tiyatrosu detay…….. 49
Şekil 2.26: Millet Tiyatrosu……... 50
Şekil 2.27: Side Tiyatrosu görünüş……. 51
Şekil 2.28: Side Tiyatrosu oturma basamağı detayı…… 51
Şekil 2.29: Side Tiyatrosu koridor detay…… 51
Şekil 2.30: Side Tiyatrosu kemer görünüş……. 52
Şekil 2.31: Argos Tiyatrosu oturma basamağı detay……... 53
Şekil 2.32: Argos Tiyatrosu görünüş…….. 53
Şekil 2.33: Lycurgian Tiyatrosu detay…… 54
Şekil 2.34: Lycurgian Tiyatrosu oturma basamağı detay…… 54
Şekil 2.35: Asklepion Tiyatrosu oturma basamağı detay…… 55
Şekil 2.36: Aphrodisias Odeumu görünüş……. 56
Şekil 2.37: Aphrodisias Odeumu oturma basamağı detay…… 56
Şekil 2.38: Aphrodisias Odeumu oturma basamağı derinlik detay…… 56
Şekil 2.39: Agrippa Tiyatrosu planı……. 57
Şekil 2.40: Agrippa Tiyatrosu enine kesiti…… 58
Şekil 2.41: Agrippa Tiyatrosu boyuna kesiti…… 58
Şekil 2.42: Agrippa Tiyatrosu yürüme basamağı detay…… 58
Şekil 4.43: Caesarea Tiyatrosu oturma basamağı detay…… 59
Şekil 2.44: Aspendus Tiyatrosu planı……. 60

Şekil 2.45: Aspendus Tiyatrosu kesiti…… 60
Şekil 2.46: Aspendus Tiyatrosu oturma düzeni……..... 61
Şekil 2.47: Aspendus Tiyatrosu kemerli çıkış yolu…….. 61
Şekil 2.48: Aspendus Tiyatrosu görünüşü……. 61
Şekil 2.49: Aspendus Tiyatrosu iç görünüşü……. 62
Şekil 2.50: Colosseum'un oturma strüktürünün görünüşü…….. 62
Şekil 2.51: Colosseum-İkinci kat sıralı kemerlerinin görünüşü…… 63
Şekil 2.52: Vitrivius'a göre Yunan tiyatrosu plan ve kesiti…….. 67
Şekil 2.53: Vitrivius'a göre Roma tiyatrosu plan ve kesiti…….. 68
Şekil 2.54: Dönemler ve tiyatro inşa tarihleri……. 71
Şekil 3.1 : Düşüş eğrisi üzerinde 'EDT' ve 'T'nin belirlenmesi……. 79
Şekil 3.2 : D50 - Belirginlik İlişkisi…… 81
Şekil 4.1 : Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun konumu…….. 93
Şekil 4.2 : 1946 yılında birincilik alan Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu projesinin planı…… 94
Şekil 4.3 : 1946 yılında birincilik alan Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun en ve boy kesitleri……. 95
Şekil 4.4 : 1946 yılında birincilik alan Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun görünüşü…….. 95
Şekil 4.5 : 1948 yılında inşa edilmiş Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun plan 96
Şekil 4.6 : 1948 yılında inşa edilmiş Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun plan 97
Şekil 4.7 : 1948 yılında inşa edilmiş Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu oturma düzeni …….. 97
Şekil 4.8 : 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu oturma düzeni ve galerisi…….. 98
Şekil 4.9 : 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu sahne yapısı…….. 98
Şekil 4.10: 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu oturma düzeni…… 99
Şekil 4.11: 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu sahne ve orkestra boşluğu……. 100
Şekil 4.12: 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda bir opera gösterisi…… 100
Şekil 4.13: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun 2006 yılındaki oturma düzeni. 101
Şekil 4.14: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun 2006 yılındaki oturma sıralarının merdivenleri…….. 101
Şekil 4.15: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun 2006 yılındaki sahne çatısı… 102
Şekil 4.16: Ölçüm düzeneğini oluşturan ekipmanlar…… 106
Şekil 4.17: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun simülasyon modeli……. 108
Şekil 4.18: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen EDT değerleri…… 112
Şekil 4.19: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen T20 değerleri…… 112
Şekil 4.20: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen T30 değerleri…… 113
Şekil 4.21: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen C80 değerleri…… 114
Şekil 4.22: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen D50 değerleri…… 114
Şekil 4.23: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen TS değerleri……. 115
Şekil 4.24: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen G değerleri…… 116
Şekil 4.25: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu 1.Kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında ölçülen G değerleri……..... 117
Şekil 4.26: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu 2.Kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında ölçülen G değerleri……..... 117
Şekil 4.27: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu 3.Kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında ölçülen G değerleri……. 117
Şekil 4.28: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simulasyon EDT değerleri….. 119
Şekil 4.29: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simulasyon T30 değerleri… .. 119
Şekil 4.30: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simulasyon C80 değerleri…… 120
Şekil 4.31: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simulasyon D50 değerleri…… 121
Şekil 4.32: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simulasyon TS değerleri…….. 121

Şekil 4.33: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simulasyon LEF80 değerler… 122
Şekil 4.34: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simulasyon G değerleri… ….. 123
Şekil 4.35: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu 1.Kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında ölçülen G değerleri……..... 123
Şekil 4.36: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu 2.Kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında ölçülen G değerleri…… 124
Şekil 4.37: Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu 3.Kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında ölçülen G değerleri…… 124
Şekil 4.38: EDT değerleri için ölçüm ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması 125
Şekil 4.39: T30 değerleri için ölçüm ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması. 125
Şekil 4.40: C80 değerleri için ölçüm ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması. 126
Şekil 4.41: D50 değerleri için ölçüm ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması. 127
Şekil 4.42: TS değerleri için ölçüm ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması 127
Şekil 4.43: G değerleri için ölçüm ve simulasyon sonuçlarının karşılaştırılması…. 128
Şekil 4.44: Aspendos Tiyatrosu'nda ölçülen çınlama süresi…….. 129
Şekil 4.45: EDT ölçüm değerlerinin karşılaştırılmas…… 130
Şekil 4.46: T20 ölçüm değerlerinin karşılaştırılması…… 131
Şekil 4.47: T30 ölçüm değerlerinin karşılaştırılması…… 132
Şekil 4.48: C80 ölçüm değerlerinin karşılaştırılması…… 132
Şekil 4.49: D50 ölçüm değerlerinin karşılaştırılması…… 133
Şekil 4.50: TS ölçüm değerlerinin karşılaştırılması…… 133
Şekil 4.51: G ölçüm değerlerinin karşılaştırılması…… 134
Şekil 4.52: Aspendos Tiyatrosu'nun ODEON'da kullanılan modellemesi…… 135
Şekil 4.53: EDT simülasyon değerlerinin karşılaştırılması…….. 136
Şekil 4.54: T30 simülasyon değerlerinin karşılaştırılması…… 137
Şekil 4.55: C80 simülasyon değerlerinin karşılaştırılması…… 138
Şekil 4.56: D50 simülasyon değerlerinin karşılaştırılması…… 138
Şekil 4.57: TS simülasyon değerlerinin karşılaştırılması……. 139
Şekil 4.58: LEF simülasyon değerlerinin karşılaştırılması…… 140
Şekil 4.59: G simülasyon değerlerinin karşılaştırılması…… 141
Şekil 5.1 : 1. Kaynak pozisyonuna göre ses yansımalarının yoğunlukları…….. 144
Şekil 5.2 : 2. Kaynak pozisyonuna göre ses yansımalarının yoğunlukları…….. 144
Şekil 5.3 : 3. Kaynak pozisyonuna göre ses yansımalarının yoğunlukları…….. 145
Şekil A.1 : Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun plan ve kesiti…….. 153
Şekil B.1 : Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçüm yapılan noktalar……. 154

SEMBOL LİSTESİ

dB	**:** Desibel
s	**:** Saniye
ms	**:** Milisaniye
$\mathbf{t}_1$, $\mathbf{t}_2$	**:** Zaman aralığı
E	**:** Enerji
p	**:** Ses basıncı
$\mathbf{p}_o$	**:** Duyulan en küçük ses basıncı
A	**:** Hacmin toplam yutuculuğu

AÇIKHAVA TİYATROLARININ AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: İSTANBUL CEMİL TOPUZLU AÇIKHAVA TİYATROSU ÖRNEĞİ

ÖZET

Antik Çağ tiyatroları mimari ve akustik açıdan dönemlerine göre üstün özellikler gösteren yapıtlardır. Modern Çağ'da inşa edilen açıkhava tiyatrolarında ise geçmişin tasarım teknikleri günümüz yapım teknolojisine uyarlanmıştır. Modern Çağ tiyatrolarından birisi sayılan İstanbul Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu antik çağlardan beri süre gelen açık hava tiyatrolarının arazi vaziyetine, iyi görme ve iyi işitme ihtiyaçlarına göre form kazanarak inşa edilmiş bir örneğidir.

Bu çalışmanın amacı, açıkhava tiyatrolarının akustik özelliklerini, antik dönem tiyatro uygarlıklarının tarihsel gelişimine uygun bir biçimde inceleyerek, yakın dönemde inşa edilmiş olan İstanbul Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu örneğinde elde edilen bulguları bu veriler ile karşılaştırmaktır. Çalışmada; açıkhava tiyatrosunun bilgisayarla simülasyon yöntemi ve alan ölçmeleri yoluyla elde edilen akustik parametre değerleri, birbirleriyle karşılaştırılarak farklı yöntemlerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Modern tiyatroların değerlendirilmesinde kullanılan çeşitli parametreler yardımıyla incelenen Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu hacim akustiği ölçütleri açısından Antik Çağ tiyatroları ile uyumlu bulunmuştur. Çatı strüktürünün yol açtığı bazı sorunlar dışında frekans aralıklarına göre tutarlı değerler sağladığı ve genel olarak iyi akustik koşullara sahip olduğu saptanmıştır.

INVESTIGATIONS ON THE ACOUSTICS OF OPEN-AIR THEATRES: THE EXAMPLE OF ISTANBUL CEMIL TOPUZLU OPEN-AIR THEATRE

SUMMARY

Ancient theatres are masterpieces which display excellent architectural and acoustic qualities among their periods. Ancient tecniques have adapted to modern tecniques to built new modern theatres. İstanbul Cemil Topuzlu Open-Air Theatre is one of the examples which shows the adaptation of old building tecnologies to new tecnologies by the means of landscape, location, good sightseeing and clear auditory.

The aim of this study is to investigate open-air theatre acoustic features which are suitable for the evaluation of the ancient period theatre civilizations. The findings are compared with the results of modern time theatre of Istanbul Cemil Topuzlu Open-Air Theatre. In this thesis, the parametre values of computer simulation method and free field measurement method are compared with each other in order to assess the difference of two different acoustical methods.

Cemil Topuzlu Open-Air Theatre has proven to maintain positive acoustical conditions according to the respects for acoustical quality parametres. Despite the fact that the roof causes some irregularities for some parametres at certain frequencies, most of the values are appropiate for each octave band frequency. Generally it has shown that the theatre has good conditions for acoustics.

1. GİRİŞ

Tiyatro bir öyküyü, sahne olarak ayrılmış bir yerde, oyuncuların söz ve hareketleriyle canlandırma sanatıdır. Tiyatro sözcüğü Yunanca'da "seyirlik yeri" anlamına gelen theatron'dan türetilmiş, dilimize İtalyanca'daki teatro sözcüğünden geçmiştir.

Antik tiyatrolara olan modern ilginin nedenleri etkileyici mimarilerine, akustik kalitelerine ve modern kültürel etkinliklerde halen kullanımlarının devam etmesine bağlıdır. Gerçekte; bu yapılar üzerine yapılan keşifler sadece filologların çalışmalarından ve edebi eleştirilerden doğmamış, arkeologların kazılar sonucu elde ettikleri bulgular ve mimari ve akustik özelliklerinin araştırılması bu yapılarla ilgili keşifleri ortaya çıkarmıştır.

Antik Çağ dönemlerinden beri süre gelen açıkhava tiyatroları uygarlık tarihinde sanatsal ve mimari açıdan büyük önem taşımaktadır. Yunan, Helen ve Roma toplumları yüzyıllar boyunca medeniyetin gelişmesini sağlamışlar ve bu uygarlıklardan kalma birçok açıkhava tiyatrosu eşsiz mimarileriyle dönemlerinde ‘‘çok iyi akustiğe sahip’’ olarak değerlendirmişlerdir. Ne yazık ki; bu tiyatroların çoğu Roma döneminde inşa edilmiş olup, çok sayıdaki Yunan tiyatrosu Roma döneminde yapılan yenileme ve değiştirme çalışmalarıyla, Yunan ve Helenistik özelliklerini kaybetmişlerdir. Yoğun olarak ülkemizin güney ve batı bölgelerinde ayakta kalan antik açıkhava tiyatroları geçmişte olduğu gibi bugünde dinleyiciler tarafından akustiği iyi olarak görülmektelerdir.

Modern Çağ’da inşa edilen açıkhava tiyatrolarında ise geçmişteki tasarım teknikleri günümüz yapım tekniklerine uyarlanarak seyirci ve oyuncu birbirine yakın tasarlanmıştır. Bir örneği İstanbul Harbiye semtinde bulunan modern açıkhava tiyatrolarından birisi olan Cemil Topuzlu Tiyatrosu, antik çağlardan beri süre gelen açıkhava tiyatrolarının arazi vaziyetine, iyi görme ve iyi işitme ihtiyaçlarına göre form kazanarak inşa edilmiş bir örneğidir.

Bu tez; antik çağ tiyatrolarının mimari ve akustik özellikleri inceleyerek günümüz tiyatrolarından Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu ile benzer akustik özelliklerinin karşılaştırmasını yapmaktadır. Akustik simülasyon programı ODEON Ver. 8.0 yardımıyla hesaplanan akustik parametrelerini, tiyatroda yapılan yerinde ölçümlerle birleştirmekte ve bulunan verileri Avrupa Topluluğu 5. Çerçeve INCO-MED

Programındaki ‘‘ERATO’’ (Identification, Evaluation and Revival of the Acoustical Heritage of Ancient Theatres and Odea) kapsamında değerlendirilen Antik Çağ tiyatroları akustik parametreleriyle karşılaştırmaktadır.

1.1. Tiyatronun gelişimi ve kökenleri

Tiyatro diğer sanatlar gibi önce dinsel törenlerden doğmuş,sonra dinden bağımsızlaşarak sanatlaşmıştır. Kökeninde, ilkel insanın doğa olaylarını kendi bedensel hareketleriyle simgesel olarak temsil etme çabaları yatmaktadır. Avrupa'da Üst Paleolitik Çağdan (İ.Ö 40-10 bin yil önce) kalma mağara resimlerinde, ellerine ve yüzlerine hayvan postları geçirmiş insanların ritmik hareketler yaptığı görülmektedir. Bunlar, maske ve kostüm kullanımının, dolayısıyla tiyatronun ilk örneği sayılmaktadır. Maske, kişinin kendi kimliğini aşarak başka kimlikleri ve daha genel varlık biçimlerini temsil etmesinin en etkin yollarından birisidir. İnsanlar, belli zamanlarda yapılan törenlerde bu tanrıları temsil eden maskelere bürünerek kendi yaşamlarını etkileyen doğa olayları üzerinde denetim kurmaya çalışmışlardır. Eski inançların hemen hepsinde görülen "ölme ve yeniden dirilme" teması da, insanlara verdiği kılık değiştirme ve kişileştirme olanaklarıyla, tiyatronun çıkış noktalarından birisidir.

Bazı başka kurumlara göre tiyatronun kaynağı şamanist inançlardır. Şamanist törenlerin özelliği, izleyici veya katılımcılara, tanrısal gücün simgesi yerine kendisini göstermesidir. Bu törenlerde belirli kurallara uygun davranışlarla kendinden geçen şaman, diğer dünya ile bu dünya arasında bir aracı rolü üstlenmektedir.

Tiyatro, bugünde kökenindeki bu iki eğilimin izlerini taşımaktadır. Bir yanda doğa güçlerinin simgesel olarak canlandırılması, yani temsil etme işlevi, diğer yanda doğaüstü güçlerin görünmesine aracılık etme işlevi bulunmaktadır[1].

1.2. Tiyatronun dönemleri ve başlıca uygarlıkları

Tiyatronun dönemleri Antik Çağ ve Modern Çağ olarak ikiye ayrılmaktadır. Antik Çağ tiyatroları, M.Ö. 400’de Yunanistan’da başlamakta ve Roma İmparatorluğu’nun çöküşü olan M.S. 400’lere kadar sürmektedir. Sırasıyla primitiv(ilkel), eski Yunan(Ikria), Klasik Yunan, Greco-Helen, Roma ve Greco-Roma olarak dönemlere ayrılmaktadır.

Modern Çağ tiyatroları M.S. 1600’daki uyanıştan günümüze kadar sürmekte ve Geç Rönesans(1550-1650), Barok, Neo-Barok(1650-1870) ve Modern(1870-1970) olarak

dönemlere ayrılmaktadır. Antik ve Modern Çağlar yaklaşık 1,100 sene kadar bir boşluk süreciyle birbirinden ayrılmaktalardır[2].

Tiyatronun mimari bir strüktür olarak doğuşu görsel ve akustik taleplerden ortaya çıkmıştır. Tiyatro strüktüründe daha sonraları yapılacak olan değişiklikler bu iki talebi geliştirmek amacıyla yapılmıştır. Gerçekte; akustik ve mimari insanların bir araya gelerek bir konuşmayı veya müziği dinlemesi veya bir oyunu izlemesi amacıyla birleştirilmiştir. Bu tür aktiviteler için uygun bir ortam yaratmak için Yunan açıkhava tiyatroları ve forumları geliştirilmiştir ve birçoğu günümüze kadar ayakta kalabilmiştir[3].

Antik Çağ uygarlıkları Yunan, Helen ve Roma uygarlıkları olarak ayrılan tiyatrodaki gelişmeleri yaratan *Yunan* toplumunda; tiyatro dinsel törenden özerkleşip bir sanat türü haline geçmiştir ve dinsel ya da pratik ölçütlerle değil, artık estetik ölçütlerle değerlendirilen bir "oyun" a dönüşmüştür. M.Ö 5 . yüzyılın ilk yarısında, Aiskhylos, koroyu 50 kisiden 12 kişiye indirerek ve ikinci bir oyuncu ekleyerek bugünkü Batı tiyatrosunun da temelini atmıştır. Böylelikle, birden fazla kişi arasında yaşanan bir olayın veya bir ilişkinin sahnede canlandırılması olanağı doğmuştur. Yunan trajedi ve komedileri kendi türlerinin ilk ve en büyük örnekleri olmuştur ve tiyatro sanatının üstün başarılı temelini oluşturmuşlardır.Yunanlılar mimarlık alanında, süslemelerin güzelliği ile ilgili övünmekle birlikte, bir alanı gerektiği gibi değerlendiremedikleri içinde ağır eleştirilere uğramışlardır. Fakat bütün bu eleştiriler, tüm uygarlıkların mimarisinde en ilginç organik yapılar arasında yer alan tiyatro gibi bir buluş konusunda tamamen geçersiz olmaktadır. Yunan mimarisi M.Ö. 7. - 6. yüzyılın başlangıcına kadar hızlı bir gelişim göstermiştir.Bu dönemde mimarlar disiplinler arası çalışmayı,yapıyı oluşturan taşların düzenlenişi ve birleşme noktalarındaki detayları çözmeyi iyi uygular hale gelmiştir[4].

Helen toplumunda; tiyatro sadece teknik açıdan değil, manevi değerler açısından da kusursuz bir eserdir. Bu eser Helenlerin demokrasi etiğini,efsane ve şiirin birlikte yoğrulduğu kültürünü ve dini inancını olağanüstü bir sentez içinde dile getirmektedir. Özellikle oturma yerlerinin tek biçimli olarak sıralandığı düzen, toplum karşısında yurttaşların eşitliğini, toplu ve merkezi biçimiyle de kentin bir sosyal organizma olarak birliğini ifade etmektedir. Böylece bireyin ve kent halkının özgürlüğü maddeleşmiş olmaktadır. Helen kentlerinin hemen hepsi kültür ve sahne gösterilerinin sergilendiği bir tiyatro sahnesine sahiptir. Gösteriler için bina yapımına karar verilen kentte ilk sorun inşaatın yapılacağı yerin seçimidir. Bu konum o kentin morfolojisi ile aralarında yakından bağlantı olan dinsel ve geleneksel etkenler

gözönüne alınarak seçilmektedir. Tiyatro için seçilen yerin, belli bir zaman sonra elverişsiz olduğu anlaşıldığında binanın yıkılarak taş bloklarından yeniden yararlanma yoluna gidilmektedir. Örneğin, Hierapolis'te geç Helenistik Çağ'da inşa edilen ilk bina, üst vadiden gelen alüvyonların da etkisiyle istenen sonucu vermeyince yıkılmış, sökülen büyük blok ve basamakları yeni binanın inşaatında kullanılmıştır[4].

*Roma t*oplumunda; büyük kentlerin tiyatroları M.S. 1. yy. sonundan ve 3. yy.'a kadar olan dönemde, o zamana kadar alışılmamış boyutlara ulaşmıştır. Bu boyutsal artışın nedeni büyük bir refaha ulaşan kentlerin gelişmesi, iş ve ticaret faaliyetlerinin artmasıdır. Bunun sebebi tiyatroların sadece geleneksel gösteriler için değil, aynı zamanda aralarında gladiatör dövüşleri bulunan gösteriler için de kullanılmasıdır. Siyasi önem taşıyan kişiler ve özellikle imparatorluk kültü büyük din görevlilerince teşvik edilen 'munera', manevi açıdan yüksek nitelikteki bir seyirciye değil bütün yurttaş kitlesine hitap etmektedir ve bu yüzden daha büyük bir yer kapasitesi yanında olağanüstü bir mizahsen gerektirmektedir. Yurttaşlar da tiyatroları büyütüp sahne araç - gereçlerini zenginleştirerek oyunları teşvik etmişlerdir[5].

Türkiye'nin de üzerinde bulunduğu Anadolu yarımadası çağlar boyunca medeniyetlerin beşiği olmuştur. Anadolu yarımadasında Yunan ve Roma dönemlerinden kalma elliden fazla açıkhava tiyatrosu bulunmaktadır. Bu tiyatroların çoğu Roma döneminde inşa edilmiş olup, Yunan dönemi tiyatrolarının pek çoğuda Roma döneminde yapılan yenileme ve değiştirme çalışmalarıyla, özgün Helenistik özelliklerini yitirmişlerdir. Anadolu'daki antik tiyatrolar, yoğun olarak Türkiye'nin güney ve batı bölgelerinde yer almaktadır. Birçoğu günümüzde de kullanılmaktadır. Günümüzde inşa edilen açıkhava tiyatrolarında ise geçmişteki tasarım teknikleri modern tiyatro yapımına uyarlanarak seyirci ve oyuncu birbirine yakın tasarlanmaktadır.

Bu tezde; birinci bölümde Antik Çağ tiyatrolarının gelişimi ve kökenlerinden bahsedilerek, bu tiyatroların başlıca dönemleri ve uygarlıkları incelenmiştir.

İkinci bölümde Antik Çağ açıkhava tiyatrolarının mimari ve akustik olarak tarihsel gelişimi incelenmiştir. Antik Çağ tiyatroları uygarlık dönemlerine göre guruplandırılarak sahne tipleri, formları ve oturma düzenlerine göre özellikleri belirtilmiştir. Tiyatroların yerleşim ve yapım yöntemleri incelenerek toplumlar üzerindeki etkileri açıklanmıştır. Tiyatroların akustik özelliklerinden ve daha önce açıkhava tiyatroları üzerine yapılan akustik çalışmalardan bahsedilerek açıkhava tiyatroları hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Üçüncü bölümde açıkhava tiyatrolarının değerlendirilmesinde kullanılan akustik parametrelerin açıklaması yapılmıştır. Öznel ve nesnel olarak iki gurupta incelenen bu parametreler arasındaki ilişkiler belirtilip, bu parametrelerin optimum değerleri ve kabul edilebilecek değişim aralıkları incelenmiştir.

Dördüncü bölümde Modern Çağ açıkhava tiyatrolarının İstanbul'daki örneklerinden birisi olan Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun mimari özellikleri ve tarihçesi incelenmiştir. Tasarım ve yapım teknikleri açısından Antik Çağ tiyatroları ile benzerlikleri ve farklılıkları irdelenmiştir. Tiyatronun hacim akustiği parametreleri, yerinde yapılan ölçümler ve simülasyon yöntemleriyle elde edilmiştir. İki yöntemle elde edilen sonuçlar arasındaki farklar irdelenip, elde edilen bulgular ERATO kapsamında incelenen Aspendos (Antalya) ve Jerash (Ürdün) tiyatrolarının akustik parametre değerleriyle karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölümde elde edilen sonuçlar incelenmiş ve Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun akustik kalitesi ve Antik Çağ tiyatrolarıyla olan karşılaştırılması irdelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı; açıkhava tiyatrolarının akustik özelliklerini, antik dönem uygarlıklarının tarihsel gelişimine uygun bir biçimde inceleyerek elde edilen bulguları, yakın dönemde inşa edilmiş olan İstanbul Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu örneğinde elde edilen bulgular ile karşılaştırmak ve Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun akustik kalitesi hakkında bir sonuç elde edebilmektir.

2. ANTİK ÇAĞ AÇIK HAVA TİYATROLARININ MİMARİ VE AKUSTİK OLARAK TARİHSEL GELİŞİMİ

Yunan, Helen ve Roma tiyatroları coğrafi, iklimsel, politik, ekonomik, sosyal ve kültürel birçok faktörlerden etkilenmiş, tiyatrolar zaman boyunca sürekli ve radikal değişiklikler geçirmiştir. Yunan, Helen ve Roma tiyatrolarından akustik kaliteleri ve etkileyici mimarileriyle günümüze kadar ulaşmış olanlar modern kültürel etkinlikler için kullanılmaktalardır. Antik Çağ tiyatrolarının tarihsel gelişimiyle ilgili bilimsel araştırmalar 19. yy. sonlarında başlamış, ancak tiyatrolar hakettikleri ilgiyi görememişlerdir. Tiyatroların inşa nedeni hakkında birçok varsayım mevcuttur ancak en tarafsız varsayım tiyatronun ilkel dinsel törenlerden ortaya çıkmış olmasıdır. Açıkhava tiyatrolarının mimari ve akustik olarak tarihsel gelişimini incelemek çağlar boyu gelişen uygarlık, mimarlık ve mühendislik bilgilerinin aşamalarını ve evrimini görmek anlamına gelmektedir.

2.1. Antik Çağ Tiyatrolarının Mimari Olarak Genel Yapısı

İlk tiyatro gösterilerine ait kanıtlar Mısır'daki Sakara mağarasında bulunan ilkel duvar resimlerinde bulunmasına rağmen, M.Ö. 6. yy.'da tiyatroların şehir içinde gösteriler için ayrı bir mimari mekan olduğu bilinmektedir. Örnek olarak Aeschylus, Sophocles, Euripides ve Aristophanes Dionysia şehirlerinde festivaller için yapılmış geçici ahşap tiyatrolar olarak gösterilebilmektedir. Bu tiyatrolarda seyirciler ahşap banklarda (theatron) oturmuş, oyuncular orkestra denen sahne alanında gösterilerini sunmuşlar ve kutlamalar bittiği zaman ahşap strüktürler geri sökülmüştür.

Atina'da bulunan ilk tiyatro Dionysus tiyatrosudur. M.Ö. 6. yy.'ın sonlarında (~534) inşa edildiği bilinen bu tiyatro basamaklı yuvarlak bir forma sahiptir. Dionysus tapınağı ve Akropolis'in aşağısındaki eğimli tepeye yerleşmiştir. Ortada bulunan yuvarlak platforma ''orkestra (orchestra)'' adı verilmiştir ve dans etme yeri anlamına gelmektedir. Orkesta ve tapınak arasına oyuncuların kıyafetlerini değiştirmek için kullandıkları ''skene (scaena)'' adı verilen bir çadır kurulmuştur. Tiyatroda daha sonraki dönemlerde ''kavea (cavea)'' adı verilen eğimde taş bloklardan oturma yerleri oluşturulmuştur. Skeneye orkestra ve kaveaya bakan basit bir sahne eklenip tiyatrolar taştan inşa edilmişlerdir[6].

2.1.1. Klasik Yunan Tiyatroları(M.Ö. 800 - 404)

Tiyatro tasarımı ilk olarak keresteyle başlamış daha sonraları taş ile devam edilerek yuvarlak bir platform elde edilmiştir. Orkestra arkasındaki sahne evi, koroların içindeki aktör sayısı önem lazandıkça boyutları arttırılmıştır. Yunan oditoryumlarının gelişimi, iki yüzyıl boyunca sürmüştür ve mantığa dayalı deneysel bir gelişme olarak gösterilebilmektedir. Az miktarda akustik durumlar Antik Yunan tiyatrosu miti olarak gelişmiştir. Bazılarında ise, Yunan akustik anlayışı hala modern bilimi aydınlatmaktadır. Yunan kültürü hakkında bildiğimiz diğer geniş bilgilerin yanı sıra, hiçbir çağdaş açıklama günümüze ulaşmamıştır ve arkeolojik kanıtlarla birçoğu açığa çıkmaktadır [7].

Yunan uygarlığı tiyatro oyunlarının halka sunulması için uygun yer seçimine önem vermiştir. Yunan düşüncesine uygun olarak, bu gösteriler için kapalı değil, açık bir tepe yamacı seçilmiştir. Basamaklar 20^0'lik bir açıyla yerleştirilmişlertir. Burada, orkestra denen ortak bölüme bakan ve seyircinin oturacağı basamaklı yükselen sıralar bir yarım daire oluşturacak (cavea) şekilde yontulmuşlardır. Oturma planı bir dairenin segmentleri şeklindedir ve açısal olarak 180^0'den fazla tutulmuştur [8].

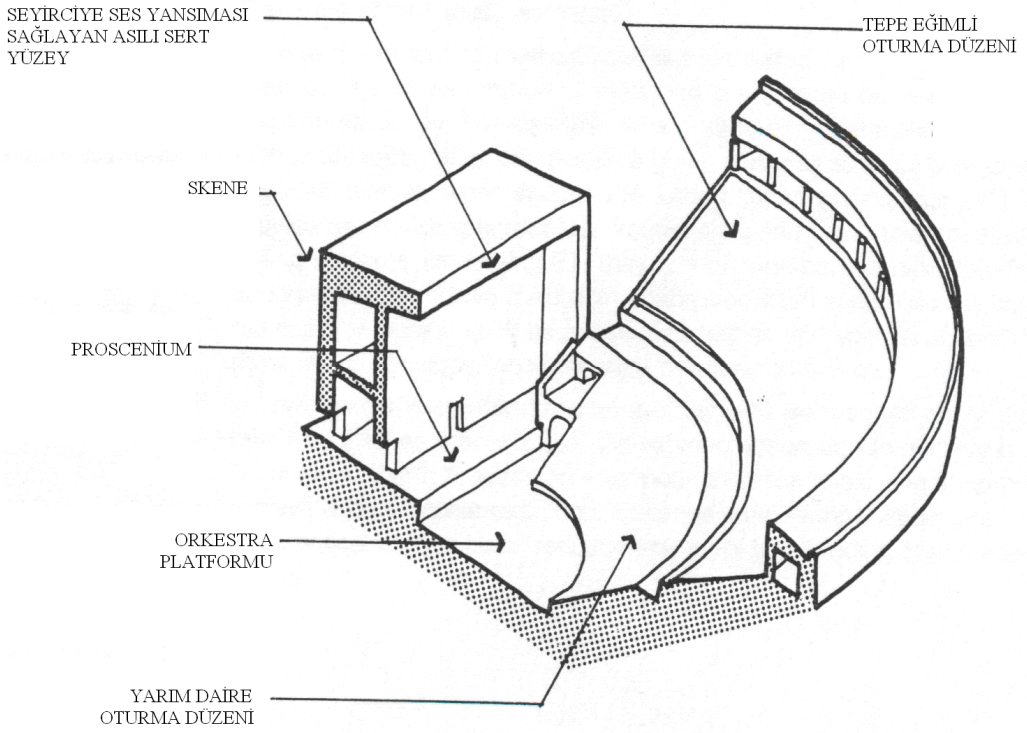
Bu orta kısım orkestra (orchestra) koronun şarkıları ve hareketi için düşünülmüştür. Bu kısım yuvarlak yada yarım daire şeklinde olabilmiştir ancak her iki durumda ve daha sonraki bütün örneklerde görüleceği gibi Yunan tiyatrosunun üçüncü ana bölgesi olan skene (scaena) bölümüne bitişik yapılmıştır.

Skene (scaena) yapısı çadır veya ahşap sundurma olarak 5. yy. ortalarında tiyatroya eklenmiştir. Skene (scaena) sözcüğü rol oynanan alanın yanında bulunan sahne evi demektir [6].

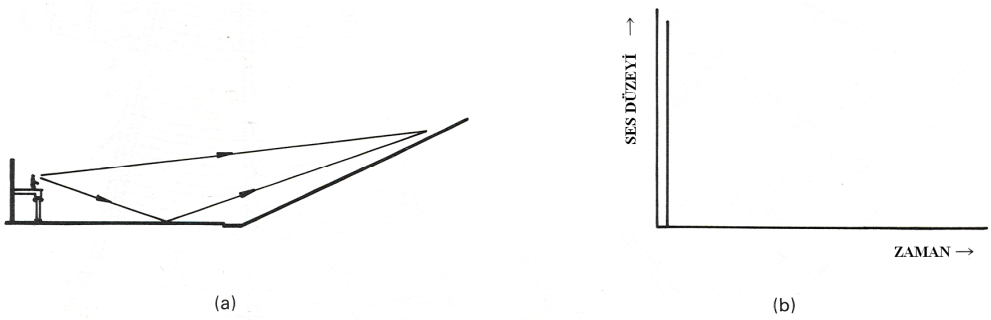
Basit bir yapısı olan skene, tiyatro oyuncularının önünde yer aldığı dekor yerine geçmektedir. Bu şekliyle skene, daha sonraları sütunlarla çevrili dikdörtgen bir alana çevrilmiştir. Tiyatro tamamen işlevsel bir yapı şeklini almıştır. Şekil 2.1'de Yunan tiyatrosu gösterilmektedir.

Yunan tiyatrosunda ses en önemli elemandır. Görsel öğeler en aza indirilmiştir. Yunan ve Helen tiyatrolarında tiyatro açık olarak bir akustik mekandır. Görsel kaygıdan daha fazla akustik kaygıya dikkat edilen Yunan tiyatrolarında, ses ilk olarak yerden yansımıştır. Yunan tiyatrolarının en belirgin karakteristik özelliklerden birisi 20-34^0'lik bir açıyla bulunduğu konuma eğimli yerleşmesidir. Dinleyiciler direk olarak gelecek sesi almışlardır. Bu ses kısa bir süre içinde yatay konumda bulunan orkestra, orkestra yanındaki koro üyeleri ve aktörler tarafından yansıtılmıştır. Sahne

arkasından gelecek yansımalar dinleyicilere uzak olduğu için az miktarda olmuştur. Orkestradan yansıyacak ses yansıma olmayan duruma göre %40'lık bir artış sağlanmaktadır. Şekil 2.2'de Yunan tiyatrolarındaki ses yayılımı gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Yunan Tiyatrosunun Kesit Perspektifi [8]



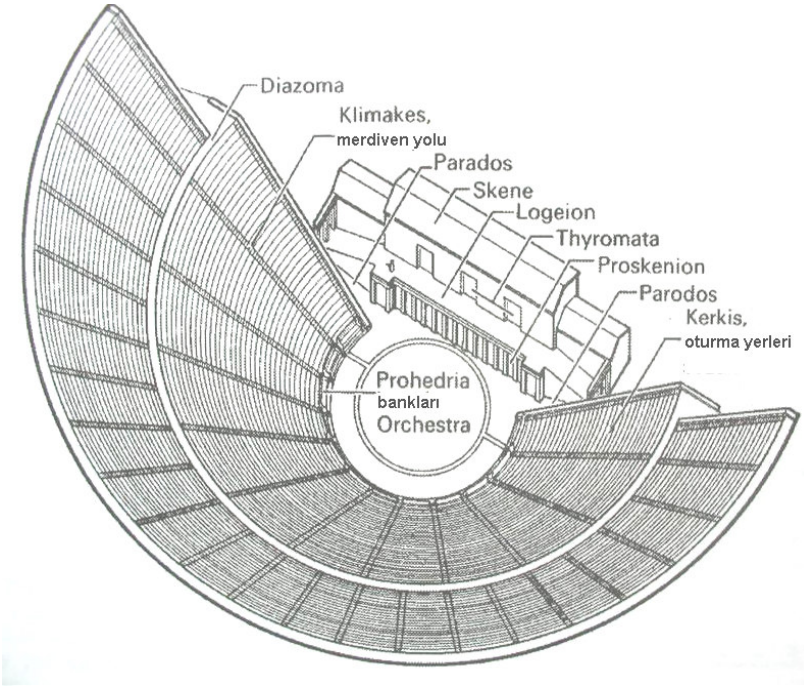
Şekil 2.2. Yunan tiyatrolarında ses yayılımı: (a) ses ışın yolları (b) dinleyiciden gelen sinyal tepkisi [7]

Dinleyiciler üzerindeki ses yayılımının modern bilgileri tam olarak tamamlanmamış olsa bile, yüksek açılı yerleşim planlarından doğacak yansımaların faydalı olduğu bilinmektedir [7].

2.1.2. Helen Tiyatroları(M.Ö. 404-63)

Peloponnesian Savaşından sonra (M.Ö. 431-404) klasik Yunanlılar ekonomik ve politik kriz içine girmişlerdir. İmparator İskender Hindistan sınırlarına kadar imparatorluğun sınırlarını genişletmiş ve Yunan ve Asya uygarlıklarını birleştirmiştir. Bu yeni imparatorluk Yunanlılara bolluk getirmiş ve tüm alana kültürel çeşitlilik sağlamıştır. Buna bağlı olarak Yunan mimarisi de yada en azından mimariden kalan herşey yayılmıştır. Helen Çağı tiyatroları böylelikle Yunan ve Asya uygarlıklarının birleşiminden oluşmuştur [9,10].

Helen tiyatrosunun tarihi oldukça geniş bir konudur. Helen tiyatrosunun özü, genellikle bir daire içine yaklaşması gerekmeyen ve sıkıştırılmış bir toprak parçası içeren ‘‘dans yeri’’ olan orkestradır. Orkestra bir çekirdek olarak kabul edilmiştir. Şekil 2.3’te Helen tiyatrosu plan şeması gösterilmektedir. İnşa planının temel öğesi olan oyunun sergilendiği orkestra, Yunan tiyatroları gibi yarım veya tam daire şeklinde skeneye bitişik yapılmıştır[11]. Seyircilerin tiyatroya girişi genellikle kaveanın üst bölümünden sağlanmıştır. Tiyatro sanatının çıktığı eski dinsel törenler, şarkılar ve danslar burada temsil edilmişlerdir. Tiyatroda izleyiciler için izleme yeri olarak ‘‘theatron’’ adı verilen oturma basamakları yapılmıştır. İlk dönemlerde ahşaptan oturma yerleri oluşturulmuştur. Orkestra mimari olarak theatronun odak noktası olmuştur. Tiyatro sanatı gelişirken gösterileri geliştirenler için, daha ileri başka bir donanımın yapılması da gerekmiştir. Başlangıçta bu öğenin yalınlığı adının ‘‘skene (tente, kulübe, çadır)’’ oluşundan bellidir. Gösterilere bir arka düzlem sağlanmış, gelişerek öne doğru çıkartılan sahne, orkestranın işlevine ve yerine geçmiştir. Skene yalın bir öğe olarak 5. yy.’ın sonuna kadar her zaman yapılmamıştır [4]. Helenler, aslında tiyatrolarının esas yapısını doğanın hazır olarak kendilerine vermesini isterlerdi. Bu tiyatroların temel nitelikteki gereksinimleri orkestra için düz bir yer ve kavea için orkestradan başlayıp yükselen bir yamaçtır. Teraslamayla düz bir orkestra yeri sağlanmıştır.



Şekil 2.3. Helen tiyatrosu plan şeması [12]

Skene iki kat haline getirilmiştir. Proscenium adı verilen oyunun oynandığı alan tiyatroya yeni bir eleman olarak eklenmiştir. Proscenium orkestranın yerini almaya başladığından orkestra eski yuvarlak formunu kaybetmiştir. Orkestranın şekli yarım daireye dönüştürülüp yüksekliği arttırılmıştır [6].

Tiyatronun gelişimini incelediğimizde, Bieber'in şöyle özetlediğini görmekteyiz [11]:

> "*Orkestra Arkaik Çağ'da; theatron, tiyatronun son olgunluğa eriştiği Klasik Çağ'da oluşturulmuştur. Sahneyse, alışılagelmiş biçimini ancak geç Klasik Çağ'da almıştır ve gelişmesi Helenistik Çağ'da olmuştur. Akılda tutulması gerekli en önemli nokta, Klasik Çağ'da yükseltilmiş bir sahnenin bulunmadığıdır.*"

Orkestra ise Helenistik Çağ'da başından sonuna kadar sıkıştırılmış toprak olarak kalmıştır. Kavea Helenistik dönemin sonlarında yamacın ortasına bir çukur kazılarak, uçlarında da birer set yapılarak bir yarım daireyi aşmıştır. Bu setin arkada ve paradoksların, yani her iki yandan orkestraya giden geçitlerin üzerindeki uçlarda sağlam destek duvarlarına gereksinmesi vardır. Kavea'nın eğimi uçlarda hafifçe dışa doğru açılmıştır; yani oturma yerlerinin son bölümlerinin yarıçapları orta bölümdekinden biraz daha geniş tasarlanmıştır. Böyle bir düzen, bu bölümlerde oturanların gösterileri daha iyi izlemelerine yarar sağlamış, tiyatronun dolup

boşalmasını kolaylaştırmıştır. Bir yatay geçit (diazoma) ya da çok az rastlandığı üzere iki yatay geçit, oturma yerlerini alanlara ve doğallıkla üst bölümde daha çok sayıda bulunan ışınsal merdivenlerde kamalara bölmektedir. Görevlilerle rahiplere ayrılmış ön sıradaki daha bezemeli ve daha rahat birkaç oturma yerinin dışında kalan sıralar taş levhadan oluşmaktalardır.

Helenistik dönemde sahne, çeşitli biçimlerde tam bir yapısal gelişme elde etmiştir. 3. yüzyılda ortaya çıkan proscenion, değişmeyen bir özellik olmuştur. Proscenionun platformuna arkada, skene duvarındaki kapı veya kapılardan girilmiştir. Birkaç tiyatroda yanlardaki rampalardan ya da platformun, skenenin uçlarının çevresinde bir dönemeç yaptığı yerde bulunan arkadaki merdivenlerden girilmiştir. Platformun arkasındaki skene duvarında, bazı durumlarda duvar veya bir taş dikit dizisinden daha öteye gidinceye kadar daha çok ve daha geniş açıklıkların bırakılmasıyla bir eğim oluşturulup, bu açıklıklar gösterilerin gerektirdiği panolarla doldurulmuştur [11].

2.1.3. Roma Tiyatroları(M.Ö. 63-M.S. 324)

Roma dönemi boyunca (M.Ö. 63 - M.S. 324) Romalılar tiyatro üzerinde birçok bilgi ve deneyimi bulunduğu halde M.Ö. 55 yılından önce taş tiyatro inşa etmemişlerdir. İnşa ettikleri ilk tiyatro Roma'daki Pompey Tiyatrosu'dur[6]. Roma tiyatrosunun mimari olarak birçok farklı özelliği vardır. Orkestra bu dönemde yarım daire şeklini almıştır. Şehrin önde gelenlerinin çokça kullandığı bir yer olmuştur. Tiyatro ve tapınak ilişkisi azalmıştır. Yunan tiyatrolarında açıklık ve üç elemandan oluşan parçalı bir strüktür varken Roma tiyatrosu, kendi içinde bir bütün oluşturan mahremiyet hissini veren yapı şekli olmuştur [10].

Mimarlık Romalılar için gücün simgesidir. Hükümet yerel binaların inşasını ordu yardımıyla desteklemiştir. Tiyatro inşaatlarında doğal yapım malzemeleri ve tuğlalar kullanılmıştır [9].

Skenenin ön duvarı (frons scaenae) oyuncuların giriş ve çıkış yapabilecekleri bazı açıklıklar içermektedir. Bu kapılar halkın kullandığı yol boyunca uzanan kişisel evlere giriş kapılarını temsil etmişlerdir.

Yunanlıların aksine Romalılar yer seçiminde tepe eğimini kullanmamışlardır. Romalılar tonoz, kemer, taş temel veya taşıyıcı duvar gibi yeni yapı elemanları geliştirmişlerdir. Bu yapı elemanlarıyla tiyatrolarını farklı topoğrafik özelliklere ve manzaraya sahip düz alanlara inşa etmişlerdir.

Bazı tiyatrolar bulundukları dönemin mimari özelliklerini yansıtmamaktalardır. Örnek olarak Koilon Tiyatrosu bir Yunan tiyatrosu olmasına rağmen at nalı şekline benzeyen bir yuvarlak orkestraya sahiptir. Helenistik dönemin Miltos (M.Ö. 300-M.S. 133) ve Assos (M.Ö. 250) tiyatrolarının kavea taşıyıcı duvarlarının bitiş açısı, yarım daireden büyük olarak at nalına benzeyen bir forma sahiptir. Yarım daire şekilli orkestra Roma dönemine ait bir mimari özellik olmasına karşın Paphos gibi yarım daire şeklindeki orkestraya sahip olan bir Helen tiyatrosu kendi içinde bir bütünlük sağlayarak Roma tiyatrolarına doğru gelişme göstermenin bir adımı olmuştur.

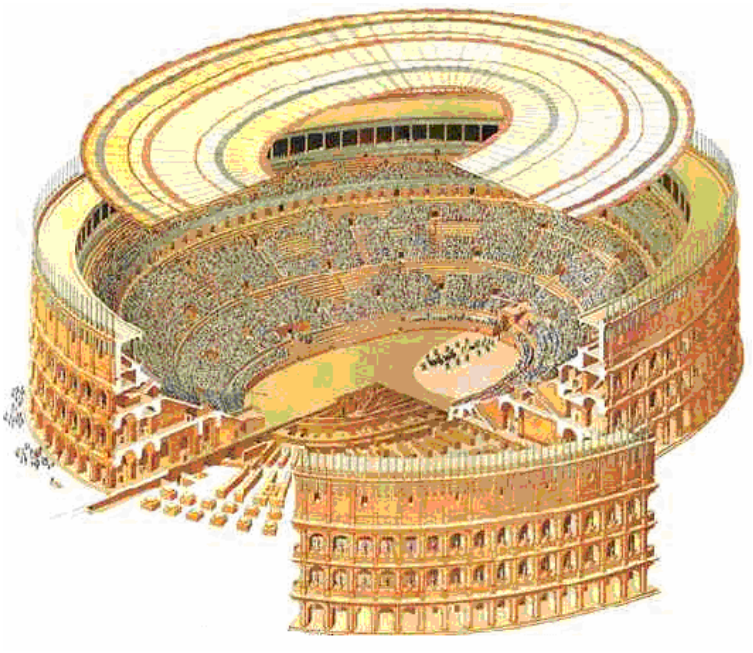
Roma tiyatrolarındaki orkestra Yunan tiyatrolarına göre daha küçüktür çünkü Yunan tiyatrosunda aşağı sahne ve orkestra arasındaki ilişki çok önemlidir. Roma tiyatrosunda hareket aşağı sahneden çekilip sahne üzerine yerleştirilmiştir. Bu tiyatro gelişiminin sonucunda, orkestra önemini kaybetmiştir ve oditoryumun daha yakınına kayarak boyutsal olarak küçülmüştür [6].

Roma tiyatroları bazı belirleyici özellikleriyle Yunan tiyatrolarından farklılık göstermektelerdir. Yunanlılar, tiyatrolarındaki oturma yerlerinin açısal genişliğini 180^0'ye kadar indirgemişlerdir. Gelişen teknolojilerle beton kullanılarak tiyatrolar yerleşim alanlarından bağımsız bir şekilde yapılmışlardır. Romalılar oturma guruplarının üzerinde iyi çıkış ve kaçış sistemleri geliştirmişlerdir. Tiyatro planları yüksek sahne arkası (skene) içerir ve yarım daire şeklindeki oditoryuma strüktürel olarak bağlanmışlardır. Skenenin yüksekliği en son oturma sırasının yüksekliğine eşittir. Proscenium bir perdeye sahiptir ve gösteri başlangıcında indirilip gösteri sonunda yükseltilmiştir. Orkestra yarım daire şeklinde yapıldığından ve daha düşük seviyelerde sahneler düzenlendiğinden, orkestrada oturanlara daha iyi bir görüş açısı yaratılmıştır. Oturma düzeninin açısının daha fazla olması Roma tiyatrolarıyla birlikte orkestranın yansıtıcılığından vazgeçileceğini göstermiştir. Üzerinde rahat dans edilemeyen bezemeli taş zemin Roma tiyatrolarında ortaya çıkmıştır [7].

Roma tiyatrolarında seyirciler çadır bezi kullanılarak güneşten korunmuşlardır. Çadır bezi akustik açıdan yansıtıcı olmasına rağmen hemen hemen hiç yankılanma yapmamaktadır. Bir diğer günümüze ulaşan küçük Roma tiyatrosu olan Pompeii Tiyatrosu'nda, zamanın strüktürel sınırlamaları küçük ölçekli tiyatroların kapatılmalarını engelleyip ve bu nedenle akustik problemlerden kaçınılmasını sağlamıştır. Oditoryumlardaki arka pencerelerin yapılmasının nedeni olarak çınlama süresinin azaltılmak istendiği düşünülmüştür [13].

Amfitiyatrolar Roma döneminde yapılmaya başlanmışlardır. Oyunların sergilendiği arena denen bir meydan, yukarı doğru genişleyen oturma sıralarıyla çevrelenip ve

bunları taşıyan kemer ve tonozlardan oluşan alt yapıyla birlikte yapısal bütünlük sağlanmıştır. M.S. 80'lerde yapılan Collosseum, amfitiyatrolar içinde en ünlüsüdür (Şekil 2.4). Capua, Pompei ve Nimes'deki aynı türden yapılar da önemli örnekler arasında sayılabilmektelerdir. Anadolu'nun Roma dönemi mimarlığı içindeyse amfitiyatrolar fazla benimsenmemişlerdir. Pergamon ve Kyzikoz'ta iki önemli örneğin kalıntıları bulunmaktadır [14].



Şekil 2.4. Collosseum kesit perspektifi[15]

Roma döneminde ahşap çatısı bulunan küçük boyutlarda odea adı verilen tiyatrolar yapılmaya başlanmıştır. Bu yapılar küçük gösteriler için kullanılmışlardır [13].

Roma ve Yunan tiyatroları arasındaki bir diğer önemli fark ise Roma tiyatrolarının skene önündeki konuşmacı sahnesinin (pulpitum) Yunan tiyatrolarına göre daha geniş olmasıdır. Roma tiyatrosu orkestrasında, senatörlere ayrılmış oturma yerleri bulunmaktadır ve pulpitumun yüksekliği 16.5 m'ten fazla olmaktadır. Böylelikle en önde oturanlar da oyuncuyu en iyi şekilde görmektelerdir. Ancak Yunan tiyatrosunda pulpitumun genişliği daha dar yüksekliği de 32-38 m arasında olmaktadır [6].

2.1.4. Tiyatronun Mimari Tasarımından Çıkartılacak Sosyal Göstergeler

Şehrin nüfusu tiyatroların boyutlarına yansımaktadır. Yapılan araştırmalara göre; şehrin nüfusu içinde bulunan tiyatronun kişi sayısının on mislidir. Şehirdeki tiyatronun kişi sayısı ve ölçeği şehrin öneminin göstergesidir. Şehrin nüfusuna göre

inşa edilmiştir. Tiyatroların fonksiyonu, yerleşimi ve boyutları arasında bir birliktelik mevcuttur. Tiyatronun dış çapıyla kapasitesi arasında bir ilişki söz konusudur. Bu şekilde tiyatronun alanı belirlenmiş olmaktadır. Bunun anlamı şehrin kurulmasından önce tiyatronun planının hazırlanmış olmasıdır [6].

Tiyatronun boyutları: Tiyatronun öneminin, tiyatronun boyutlarına bağlı olduğu bilindiğinden nüfusun miktarına göre tiyatrolar planlanmıştır. Tiyatronun fonksiyonu, yerleşimi ve boyutları arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, Roma tiyatroları boyutlarına göre dört ana guruba ayrılmaktadır:

- Ufak tiyatrolar----------çap≤ 30 m
- Küçük tiyatrolar----------çap≤ 45 m
- Orta büyüklükteki tiyatrolar---çap≤ 60 m
- Büyük tiyatrolar----------çap≥ 60 m

a) Ufak tiyatrolar: Bu tip tiyatrolar genellikle dini amaçlarla kullanılan ufak boyutlardaki tiyatrolardır. Örnek olarak, Beth-Shean'da bulunan küçük tiyatrolar, Gerasa Tiyatrosu, Petra Küçük Tiyatrosu ve Wadi Sabra Tiyatrosu gibi Ürdün'de bulunan tiyatrolar sayılabilmektedir.

b) Küçük tiyatrolar: Bu tip tiyatrolar şehir peyzajına uygulanmış kentsel tiyatrolardır. Tapınaklarla bir ilişkileri bulunmamaktalardır. Örnek olarak, Philippopolis Gadara Batı Tiyatroları, Pella Tiyatrosu, Gerasa Kuzey Tiyatrosu ve Philadelphia'da bulunan küçük tiyatrolar gösterilebilir. Philippopolis'de bulunan tiyatro şehir forumuna yakın yerleştirilmiştir. Gadara'da bulunan batı tiyatrosu Akropolis üzerine inşa edilmiştir. Pella Tiyatrosu'nun şehre göre konumlanışı tam olarak anlaşılamıyor olsa bile Akropolis yakınında inşa edildiği varsayılmaktadır. Gerasa'da bulunan Kuzey Tiyatrosu ve Antipatris Tiyatrosu bulundukları kentsel peyzaja çok iyi bir şekilde konumlandırılmışlardır.

Tüm bu bilgilerden; çapı 45 m'den küçük olan tiyatrolar seçildikleri peyzaja oldukça uygun olarak inşa edilmektelerdir sonucu çıkartılabilmektedir.

c) Orta büyüklükteki tiyatrolar: Bu tip tiyatrolara örnek olarak Dor Tiyatrosu, Gerasa Tiyatrosu ve Sepphoris Tiyatrosunu gösterilebilmektedir.

d) Büyük tiyatrolar: Bu tip tiyatrolar Petra'daki büyük tiyatro dışında kentsel tiyatrolardır ve büyük kentlerde bulunmaktalardır. Bu tip tiyatrolara örnek olarak, Gadara Kuzey Tiyatrosu, Bosra Tiyatrosu, Legio Tiyatrosu, Beth-Shean Büyük Tiyatroları, Neapolis Tiyatrosu, Caesarea Tiyatrosu, Philadelphia Büyük Tiyatrosu,

Petra Büyük Tiyatroları'nı gösterilebilmektedir. Gadara Kuzey Tiyatrosu şehrin Akropolisi üzerine inşa edilmiştir. Gadara'ya kolonatlı bir aksla bağlanmaktadır. Legio Tiyatrosu iki tepe arasındaki bir çukura yerleştirilmiştir. Bosra Tiyatrosu şehrin alt kısımlarında bulunan araziye inşa edilmiştir. Petra'daki büyük tiyatro için farklı düşünceler mevcuttur. Bazı araştırmacılar dinsel bir tiyatro olduğunu düşünürken bazıları da kensel bir tiyatro olduğunu belirtmektelerdir [6].

2.1.5. Tiyatronun Oranlarından Çıkartılacak Sosyal Göstergeler

Yapılan araştırmalarda Ürdün'de bulunan Roma tipi tiyatrolarda orkestra çapı (iç çap) ve tiyatro çapı (dış çap) arasındaki oran %25-%29 arasında değişmektedir. Tablo 2.1'de bu oran şu şekilde verilmiştir [6]:

Tablo 2.1. Antik Çağ tiyatrolarının çap oranları

Oran	Tiyatro İsmi	Ülke
%26	Amman Tiyatrosu	Ürdün
%29	Umm-Qais Batı Tiyatrosu	Ürdün
%29	Tabqat Fahil Tiyatrosu	Ürdün
%27	Jerash Kuzey Tiyatrosu	Ürdün
%28	Jerash Güney Tiyatrosu	Ürdün
%28	Petra Tiyatrosu	Ürdün
%29	Pella Tiyatrosu	Ürdün
%24	Efes Tiyatrosu	Türkiye
%24	Pergammon	Türkiye
%25	Aphrodasois	Türkiye
%24	Aspendos	Türkiye
%26	Corinth Tiyatrosu	Yunanistan
%25	Herodus Tiyatrosu	Yunanistan
%27	Pompeii Tiyatrosu	İtalya
%26	Bosra Tiyatrosu	Suriye
%28	Qanawat Tiyatrosu	Suriye
%26	Shabba Tiyatrosu	Suriye
%26	Timjad Tiyatrosu	Cezayir
%30	Orange	Fransa
%30	Vitruvius Model	-

Bu araştırmalara göre Roma tiyatrolarında orkestra ve tiyatro çapı arasındaki oran %25-%30 arasındadır. Bu sonuç, Roma tiyatrosunun yapımından önce tiyatro

kapasitesi ve tiyatronun dış yarıçapı arasındaki ilişki düşünülerek tasarlandığını göstermektedir. Buna göre, tiyatronun çapına inşaattan önce Roma tiyatrolarının çap oranları referans alınarak karar verilmiştir. Romalılar çaplar arasında bir ilişki keşfetmişlerdir. Bu keşif hem istenen kapasiteye göre tiyatronun boyutlarını vermekte hem de tiyatronun oturma kapasitesini limitli bir oran içine koymaktadır. Bu sonuç tiyatroların inşası sırasında gelişme sağlanmasına yardımcı olmuştur.

Tiyatronun kapasitesi: Yapılan araştırmalara göre tiyatronun kapasitesiyle dış yarıçap arasında bir oran mevcuttur. Dinleyicilerin oturması için ayrılan kavea ve orkestranın net alanı tüm cavea ve orkestra alanının yaklaşık %80'nine eşittir. Bu oran genelde tüm Antik Çağ tiyatroları için aynıdır. Böylece tiyatronun dış yarıçapı bilinirse; tüm orkestra ve caveanın alanı hesaplanabilir, bu hesaplama yarım dairenin alanına eşit olacaktır [6]:

Alan= $\left[(Dıısca\ /2)^2 \times \pi / 2\right]$ (2.1)

Net alan= $\left[(Dıışça\ /2)^2 \times \pi / 2\right] \times (80/100)$ (2.1a)

Kapasite= Net alan / (0.37) (2.1b)

Bu net alanı 0.37 m^2 (bir dinleyici için gerekli net alan) ile böldüğümüz zaman tiyatronun kapasitesi hesaplanabilmektedir. Tiyatrodaki oturma yerlerinin yaklaşık derinliği 0.73 cm ve dinleyici genişliği yaklaşık 0.50 cm olduğu varsayılmıştır.

Oturma yerleri: Tiyatrolar mimari yapılarıyla toplumun sosyal düzenini yansıtmaktalardır. Tiyatral gösteriler büyük olaylar olarak görülmektelerdir. Tiyatro inşasının ilk dönemlerinde, Roma tiyatrolarında sosyal sınıflara göre oturma yerleri parapetlerle ayrılmaktaydı. Yunanlılarda ise, Romalılara göre daha demokratik bir düzenle her kabilenin kendine ait ancak aynı galeride bulunan oturma düzenleri vardı.

Sıradan bir vatandaş muhetemelen bir kabile tarafından atanır;şehrin vatandaşı olmayanlar ve kadınlar iki dış kama içine tayin edilirlerdi. Merkez kama devlet üyeleri ve ordudaki eğitimli gençler için ayrılmıştır. Çoğu tiyatroda (Delos- sol alt, ve Atina- sağ alt) yargıç ve papaz gibi mevki sahibi insanlar için, orkestraya en yakın yerde özel olarak tasarlanmış bir sıra koltuk bulunmaktadır. Daha öncede belirtildiği gibi; orkestranın hemen önündeki görüş alanındaki ilk birkaç sıra koltuk, generaller ve sporcular gibi eyalet yetkilileri ve kamu bağışçıları için ayrılmıştır. Yabancı mevki sahipleri de bu ayrıcalıktan yararlanabilmektelerdir. Topluluk belirli şahıslara oy verirken, bazı görevliler bu onuru kiracılara bağışlamaktalardır. Oturma atamalarında koltuk sıraları onur konukları için eklenmiştir.

Prohedria, ayrıcalıklı koltuk yeri için kullanılan bir terimdir. Dionysus Tiyatrosu'ndaki ''prohedria'' mermeri bugün dahi görülmektedir. Merkezde papaza ait gösterişli bir taht bulunur ve etrafında diğer din adamları için koltuklar yerleştirilmiştir. Sıraların önünde, üstün halk figürleri için mermerden lüks koltuklar tesis edilmiştir. Shechem'de bulunan tiyatroda ise onur konukları için ayrılmış olan koltuklar yunus heykelleri ile dekore edilmiştir. Tiyatrolarda ayrıca böyle koltuklar kavea için daimi olmuştur.

Görünüşe göre tiyatronun çeşitli bölümleri devlet üyeleri için ayrılmış durumdadır, ordu için çalışan genç insanlar ve generaller bu kişilere birer örnek teşkil etmektelerdir. Ayrıca bunlara eyaletteki diğer memurlar da dahildir. Aslında özel vatandaşlar sıraların önünde oturabilir fakat ''prohedria'' ya ait imtiyazlar mal sahibine, bu koltuklarda imtiyaza sahip olmayanları kovma hakkı vermektedir, ama yine de bu kişi hakkını kullanırken çok dikkatli olmak zorundadır. Görevlilere kişileri kovma emrini veren kimse ise 'archon' olarak bilinir, fakat bu kişi şiddete başvuramaz. Paphos' ta bulunan tiyatroda iki adet merdiven vardır bunlardan biri merkezde yer alır diğeri ise hemen onun solunda bulunmaktadır. Bu merdivenler birbirlerine göre 30 derecelik açı ile konumlanmıştır. Merkezdeki merdiven daha sonraları 'asil taş' olarak anılan bir taşla engellenmiştir yada aynı durum önemli bir memur koltuğu için de tekrarlanmıştır.

Muhtemelen bu olay Roma devrinde orkestra çok dar olan insan ve hayvan çarpışmaları için kullanıldığında olmuştur. Roma tiyatrosunda seyirciler sahnenin önündeki rahat koltuklarda otururlardı, orkestra yarım daire şeklini alırdı ve bu alan şehirdeki önemli insanların oturma yeri olarak kullanılırdı. Yinede ara sıra aktörler bu alanda performans gösterirlerdi.

Ulaşılabilirlik: Orkestraya sağdan ve soldan olan girişler (seyircilerle yüz yüze olacak şekilde) oyuncuların geldiği yöne göre belirtilmiştir. Sağ giriş oyuncuların bir saray yada şehirden geldiğini gösterirken, sol giriş tarla, liman kenti yada başka bir şehirden geldiklerini göstermektedir.

Yunan tiyatrosunun diğer bir öğesi de ''parados'' olarak bilinir ve iki amaca hizmet etmektedir. İlk olarak, seyircilere yerlerini bulamalarında bir yol sağlar. Daha da önemlisi oyunun sergilenmesi için koronun ve bazı aktörlerin orkestraya girişini sağlamaktadır. Koro hiçbir zaman orkestraya skeneden girmemiştir ve bazı karakterlerin girişi reddedilmiştir çünkü güç eksikliği vardır. Skene tarafından temsil edilen güç yapısı ile ilişkili hak kazanmışlardır. Haberci, ziyaretçi, sürgün edilenler gibi karakterlerin skene ve orkestra arasında rahatça hareket etmektelerdir. Böyle

durumlarda rampalar ve merdivenler onların amaçlarına hizmet eder, ama ilahi haberciler veya ziyaretçilerin durumunda, bir ‘‘mechane’’ onları bedensel olarak havaya kaldırabilmektedir. Ayrıca bir oyun yazarının, klasik tiyatronun farklı bölümlerini nasıl sahneye taşıdığını bilmek yararlı olmaktadır. Orkestra koronun ilgi alanıdır; aktörler genelde orkestra üzerinden parodos ile performans alanına girmedikleri takdirde skenede kalırlardı. Ayrıca skenenin oyundaki güç kaynağını temsil ettiğini unutmamak önemlidir. Bu gibi bilgiler oyundaki temanın temelini oluşturmada bize ışık tutmaktadır. Örneğin: Agamemnon zamanında, skene Mycenae ‘deki saraya benzetilebilmek için süslenmiştir. Kral Agamemnon savaştan sonra evine dönmüştür, ama diğer tüm vatandaşlar gibi doğrudan savaş arabasıyla orkestraya katılmıştır. Bu kendi evinde en yüksek yere sahip olamadığının bir göstergesidir. Kendisi er yada geç skenein kapılarından içeri girmiştir ve onun bir sonraki görünüşü birdenbire dönüp kapılardan dışarı çıkmasıdır. Agamemnon ve Casandra‘nın katledilmesinden sonra Clytemnestra ve Aegisthus skenenin çifte kapısından geçerek bir kez daha Argos halkına onların kral ve kraliçeleri olduklarını göstermek için son kez sahne almışlardı.

Bu sahne üçlü eserin ikinci oyunu olarak Libation Bearers‘ta tersine oynanarak güzel bir noktaya değinilmiştir. Kendi evinde bir misafir gibi başlayan Orestes skenenin kapılarından kraliyet makamına da ağırlanmıştır ve sonra aynı kapılardan ilk oyunda kullandıkları ekkyklema üzerinden Aegisthus ve Clytemnestra’nın cesetlerini çıkarmışlardır [6].

2.2. Tiyatroların Sahne Tipleri ve Biçimleri

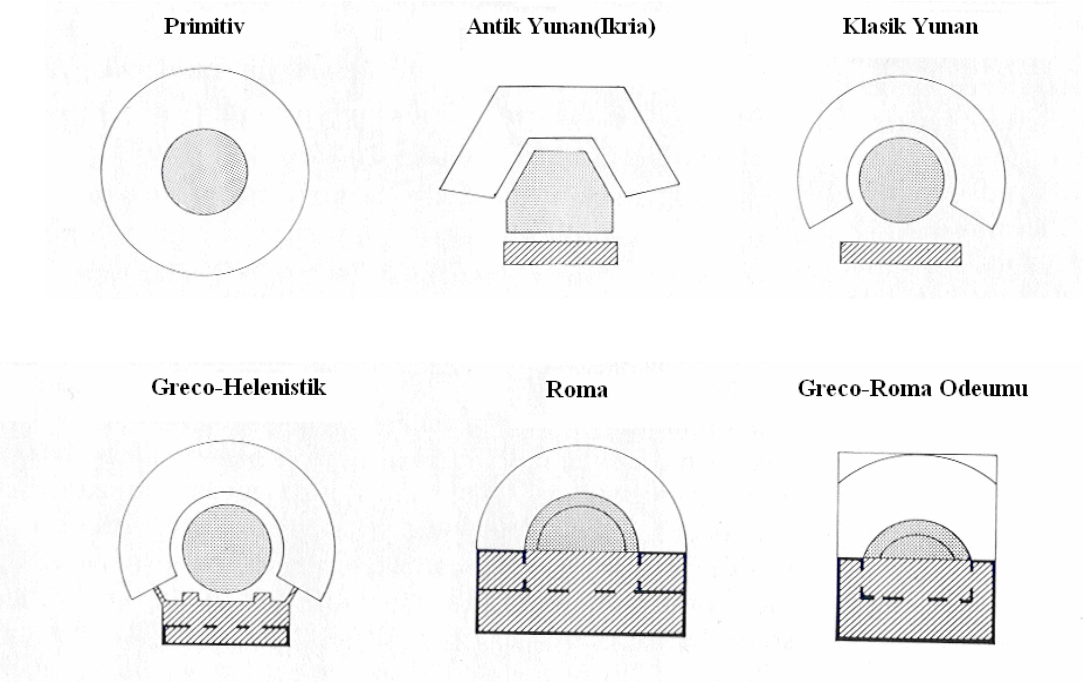
Diğer yapı türleri gibi tiyatro yapılarındaki temel formlar karışık bir yapım sürecine sahiplerdir ve mimarlar yeni modelleri pek geliştirememişlerdir. Günümüzde tasarım ve yapım süreci farklılaşsa bile Antik Çağ dönemlerinde bunlar bir bütün halindeydi ve sadece yapının genel hatları inşa öncesi bilinebiliyordu [13].

Tiyatronun ilkel strüktürü; ortasında sahne bulunan basit bir dairedir. Bu form M.Ö. 6. yy.’ın başlarında Yunan şehirleri içinde daha iyi görsel ve akustik algılama sağlamak için ayrı bir mimari mekan tanımlamaları ile oluşturulmuştur. Ses Yunan tiyatrosunda ana bileşen olmuştur [6].

Tiyatrolarda sahne tipleri zamanla gelişme göstermişlerdir. Primitiv dönemde yuvarlak olan sahne Antik Yunan ve Klasik Yunan dönemlerinde dikdörtgen bir forma dönüşmüştür. Greco-Helenistik dönemde enine ve boyuna genişletilen sahne oturma düzeniyle bir geçit alanı sayesinde birleştirilmiştir. Sahne binası cephesinin

uzatılması sonucunda etrafındaki oda sayısı arttırılmıştır. Roma dönemine gelindiğinde geniş bir dikdörtgen haline gelen sahne yarım daire formundaki orkestra ve oturma düzenleriyle birleştirilmiştir. Greco-Roma döneminde ise sahnenin boyuna olan uzunluğu azaltılarak orkestra ve oturma düzeniyle birlikte şekilsel bir görsel bütünlük oluşturmuştur [2].

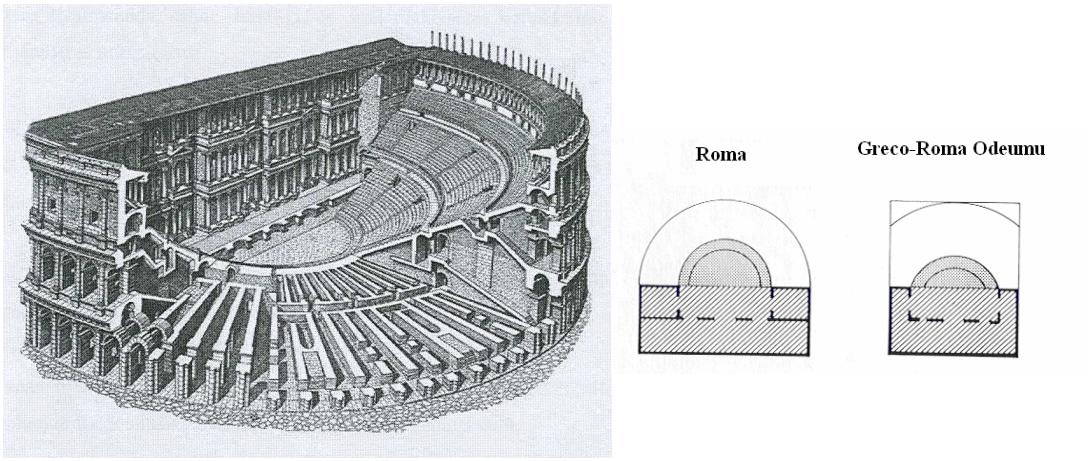
Tiyatrolardaki biçimler dönemlerde olduğu gibi Primitiv(ilkel), Antik Yunan(Ikria), Klasik Yunan, Greco-Helen, Roma ve Greco-Roma form tipleri olarak guruplara ayrılmışlardır. Bu tiplerin ortak özelliği hepsinin açıkhava tiyatroları olmalarıdır. Ayrıca tüm bu tiyatro formları kendi içlerinde kuşatılmamış (nonenveloping), kısmen kuşatılmış (partially enveloping) ve tamamen kuşatılmış (fully enveloping) olarak üç bölüme ayrılmışlardır. Şekil 2.5'te dönemlere ait tiyatro formları gösterilmektedir [2].



Şekil 2.5. Antik Çağ tiyatrosunu tarihsel gelişimi (M.Ö. 400-M.S. 400)

2.2.1. Kuşatılmamış Tiyatrolar (Nonenveloping)

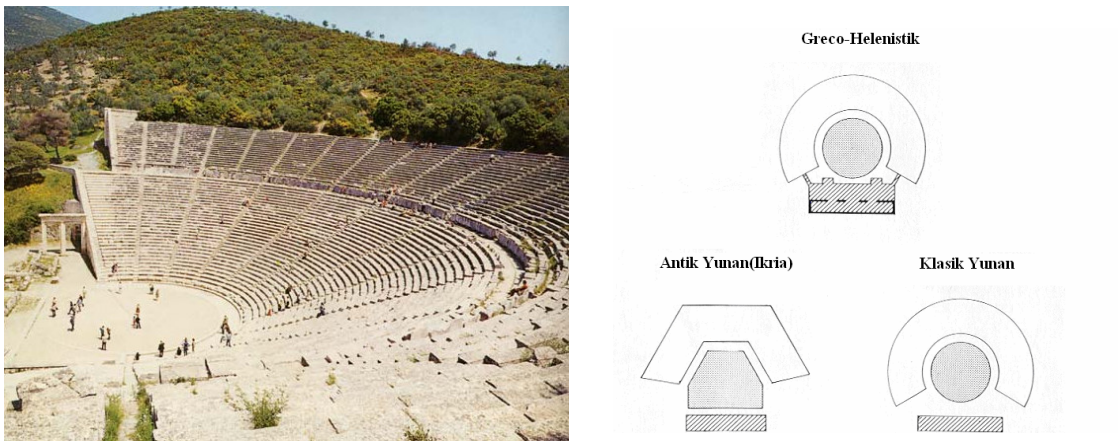
Bu tiyatro tiplerinde sahne ve odacıklar tam olarak oturma düzeni tarafından çevrelenmemişlerdir. Bu gruba giren tiyatro tipleri Roma ve Greco-Roma tarzı tiyatro tipleridir. Bunlara örnek olarak Özel Roma Odeumu(İ.S.50), Halk Roma Odeumu(İ.Ö.12), Aspendos Roma Tiyatrosu(İ.S. 180) gösterilebilir. Şekil 2.6'da kuşatılmamış tiyatro formları gösterilmektedir [2].



Şekil 2.6. Aspendos Antik Tiyatrosu'nun kesit perspektifi [16]

2.2.2. Kısmen Kuşatılmış Tiyatrolar(Partially enveloping)

Bu tiyatro tiplerinde sahne, orkestra ve ilgili odacıkların bir kısmı oturma düzeni tarafından çevrelenmişlerdir. Bu gruba giren tiyatro tipleri Antik Yunan (Ikria), Klasik Yunan ve Greco-Helenistik tiyatrolardır. Kısmen kuşatılmış tiyatroya en iyi örnek olarak Epidaurus (İ.Ö. 340) gösterilebilir. Epidaurus örneğinin plan tipi eski Yunan formudur. Şekil 2.7'de kısmen kuşatılmış tiyatro formları gösterilmektedir [2].

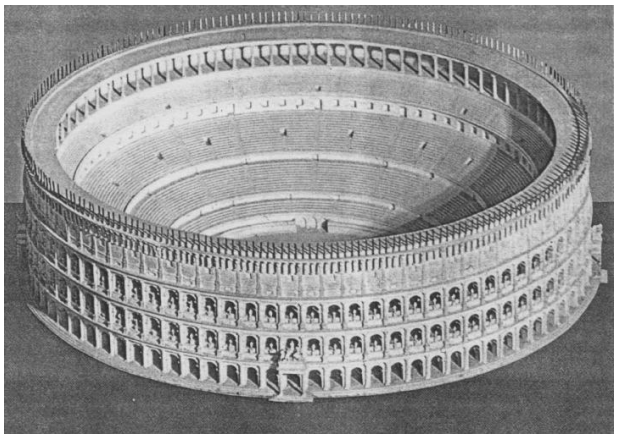


Şekil 2.7. Epidaurus Antik Tiyatrosu [17]

2.2.3. Tamamen Kuşatılmış Tiyatrolar(Fully enveloping)

Bu tiyatro tiplerinde sahne ve orkestra tamamen oturma düzeni tarafından çevrelenmişlerdir. Bu gruba giren tiyatro tipleri Primitiv (ilkel) ve Roma arenalarıdır. Tamamen kuşatılmış tiyatrolara en iyi örnek olarak Colosseum (İ.S. 80) gösterilebilir.

Colesseum örneğinin plan tipi primitiv(ilkel) formudur. Şekil 2.8'de tamamen kuşatılmış tiyatro formu gösterilmektedir [2].



Şekil 2.8. Colosseum Arenası [18]

2.3. Antik Çağ Tiyatrolarının Yerleşimi

Antik Yunan'da manzara, doğa tüm topoğrafik ve çevresel değişimler şehirlerin planlamasını etkilemişlerdir. Yunanlılar yaşadıkları mekanı organize ederken topoğrafya ile uyumlu olmasını istemişlerdir. Yunan mimarisinde yapılar çevresine bir heykel izlenimi uyandıracak plastik etkiye sahip özellik taşımaktalardır. Yunan tapınakları ve Roma evleri bu ilişkinin olduğu büyük örneklerdir [6].

Yunan ve Roma mimarisinde doğa en önemli öğedir. Doğaya olan sevgi Yunan ve Roma sokaklarını etkilemiştir. Doğa ve insan arasındaki uyum organik tasarımların oluşmasını sağlamıştır. Böylelikle, uygarlıkların manzara ve doğaya olan hisleri yapılarının mimari konseptlerini etkilemiştir.

Tiyatroların inşası, mimari planlaması ve teknik bileşenlerinin her türlü gereksinim için yeterli uygunluğa sahip olmaları gerekmiştir. Bir tiyatro yapısının uygulanması sırasında diğer yapılara göre daha fazla mühendislik ve mimari problemlerle karşılaşılmıştır. Her tiyatronun bulunduğu topoğrafyadan kaynaklanan bir problemi mevcuttur. Tiyatronun kent peyzaj tasarımına olan katkısını değerlendirmek için bulunduğu çevre içindeki şehir planlamasını anlamak ve analiz etmek önemlidir. Ayrıca tiyatronun yerleşimi, boyutları ve diğer yapılarla olan ilişkisinin de incelenmesi gerekmektedir.

Yunanlılara göre şehir ortak politik, dini ve sosyal gelenekleri paylaşan yurttaşlar topluluğudur. Yunan şehirlerinin en önemli alanı halkın politik, dini, sosyal ve ekonomik merkez noktası olan Agora'dır. Forum açık mekan konsepti olarak

Agora'dan farklıdır. Agora açık kamusal bir meydan niteliğindedir. Forum çevresi dükkanlar ve iş yerleriyle çevrelenmiş yol sistemine bağlantılı ancak bağımsız bir kapalı alandır [6].

Roma tiyatrosu prototipi Yunan tiyatrosunun genişletilmiş, Helen tiyatrosunun ise birçok evrim geçirmiş halidir. Bu dönemde yeni tiyatro yapılarının sayısında artış olmuştur. Birçok eski yapı geliştirilip anıtsallaştırılarak restore edilmiştir. Ayrıca bu durumda, tiyatrolar şehirlerin yerel merkezlerinin içinde ve ana tapınaklara yakın yerlerde inşa edilmişlerdir. Eğimli tepeleri kullanmışlardır. Şehirlerin yönelme açısı tepelerin doğu ve güney bölümü olduğundan tiyatroların yönelme açısı güney-doğudur [3].

Her Roma şehrinin, düşmanlardan korunmak için sağlam kapılarla korunan duvarları mevcuttur. Yollar ve duvarlar şehir planlamasına uygun bir şekilde düzenlenmişlerdir. Ana yollar şehir merkezinden çıkış kapısına göre yönlenmişlerdir.

M.Ö. 7. yy.'da Yunan şehirleri basit gridler şeklinde tasarlanmaya başlanmışlardır. Yeni gelen kolonilerin şehrin tasarımına uyum sağlamaları için, en iyi şehir formu olarak grid seçilmiştir.

Depremler, savaş yıkımları dışında yol planları Roma dönemine kadar çok seyrek değiştirilmişlerdir. Antik şehirlerde oluşan mimari değişiklikler sadece yeni bir tasarım anlayışı değildir ayrıca yeni gelen yurttaşlar tarafından oluşturulan yeni yerleşim düzeni mantığının enpoze edilmesidir. Helenistik dönemde yolların tasarım konseptinin mimari bir konu olarak ele alınması fonksiyon esaslarını zorlamaktan çok estetik amaçla yapılan bir zihniyetin sonucudur.

Klasik dönem mimarisinde doğa egemendir ancak Helenistik dönemde insan daha baskın bir güç olmuştur. Tapınaklar doğal kökenlerine bağlı kalmayıp, kentsel bir kimlik kazanmışlardır. Tapınakların yerleşimi geliştirilip yenilenmiş kentsel uygarlığı vurgulamaları için düşünülmüştür. Buna örnek olarak Gerasa, Jerusalem, Priene, Pergamum, Ephasus ve Rhodes şehirleri gösterilmektedir [6].

Tüm antik kentler grid yerleşim planına sahip olmamışlardır. Bunun yerine bazı zamanlarda şehir plancıları başka planlama yolları kabul etmişlerdir. Pergamum ve Ephasus örneklerinde toprak parçasının uzantısı takip edilirken düz yerine yuvarlak bir aks seçilmiştir. Pergamum, Miletus, Aspendos gibi yerleşimlerde toplum yapıları guruplandırılmışlardır. Priene örneğinde planlamayla başlanmış ve daha sonra plan araziye kabul ettirilmiştir. Diğer taraftan Pergamum'da arazinin potansiyeli önceden

düşünülerek yapılar mümkün olduğu kadar olağanüstü bir etki yaratmak için bir heykel gibi dikkatlice konumlandırılmışlardır.

Her şehrin bir tiyatroda veya daha sonraki dönemlerde bir amfitiyatroda halk gösterileri yapması gerekmektedir. M.Ö. 6. yy.'dan M.Ö. 4. ve 3. yy'a kadar daha gelişmiş tiyatro yapılarına doğru düzenli bir gelişme olmuştur. Ancak Yunan tiyatrosunun temel formu aynı kalmıştır. Tiyatronun yapılacağı arazinin karakteristiği ilahidir ve arazi seçimini etkileyen dinsel faktörleri sembolize etmektedir.

Erken dönem Yunan tiyatroları şehir merkezinden çok tepelerin yanındadır. Yunan trejedi ve komedileri her zaman açık hava tiyatrolarında sergilenmişlerdir. Yunan tiyatrosunda üç tane kuralın uygulanmış olması gerekmektedir. Bunlar; tepe üzerine inşa edilmiş olması, seyirciler için güzel bir manzaraya sahip olması ve düz bir performans alanına sahip olmasıdır. Yunanca'da ''theaomai'' seyretmek, ''theatai'' seyirciler ve ''theatron'' da seyir alanı anlamına gelmektedir. Ses ve ışık problemini çözmek için tiyatrolar açık alanlarda prosceniumu olmayan açık hava tiyatroları olarak inşa edilmişlerdir [6].

Yunan tiyatrosunda her seyirci orkestra ve sahneyi açık bir şekilde görebilmektedir. Tiyatro varolan bir tepe üzerine yapıldığından, oturma yerleri eğim üzerine bir önceki diğerinin üst hizasına gelecek şekilde yerleşmişlerdir. Yunan tiyatrosunda tasarımın odak noktasını iyi görüş açısı oluştururken iyi akustikte sağlanmıştır. Yunan ve Roma mimarları iyi görüş ve ses bilgisinden yararlanarak formlarını oluşturmuşlardır. Tepe üzerine inşa edildiğinden kazı için para ve efor fazla harcanmamıştır [6].

Ayrıca, daha iyi bir havalandırma sağlamak ve seyircileri direk güneş ışığından korumak için tepenin güneye doğru yönlendirilmemesi için önlem almışlardır. Oturma kotları taşın direk basamak oluşturacak şekilde kesilmesi ile ya da arazi yumuşak yapıdaysa tepe eğiminde kazı yapılarak, oturma sıraları bir çizgi halinde çıkılmıştır [3].

Yunan ve Helen tiyatrolarına bakarsak, büyük bir çoğunluğu tapınak kompleksleriyle yapılmışlardır. Tiyatro ve tapınak arasında güçlü ve direk bir ilişki vardır. Bunlara örnek olarak Atina'daki Dionysos, Epidaurus, Delos, Eretria gibi tiyatrolar verilmektedir. İnanışa göre tanrılar oynanan oyunları izlemektedir.

Romalılar inşa ettikleri tiyatroları Yunan ve Helenler gibi taş tepeler üzerine oturtmamışlardır. Aslında eğimi bazı zamanlar strüktürel elemanlarla birleştirip (kolonlar, taşıyıcı duvarlar, kemerler) tiyatrolarını oluşturmuşlardır. Yapı malzemesi genellikle, alanda bulunan yerel taş malzemesidir. Augustan döneminde inşa edilen

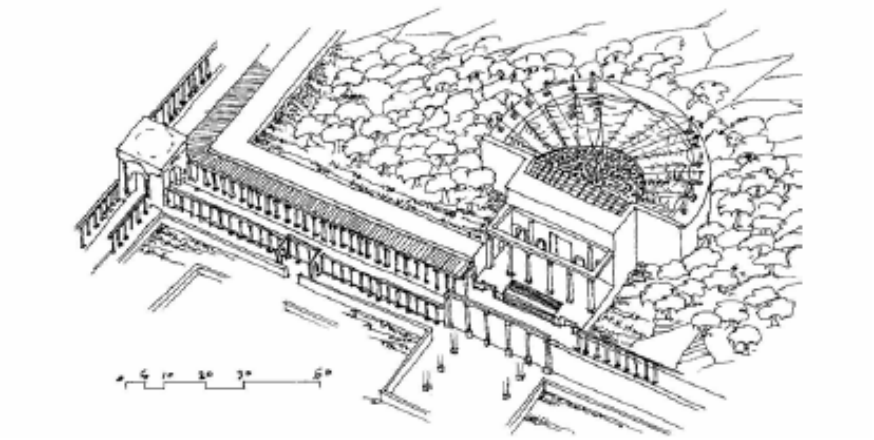
Arelate Roma tiyatrosu (M.S. 27-M.S. 25) şehrin kuzey-doğu duvarı yanında inşa edilmiştir. Tiyatro şehrin orijinal gridal aksına yerleşmiştir. Bu ve Basra gibi çok az sayıda tiyatro, şehrin köşesine yoğun yapısal düzenden uzak bir yere konumlandırılmışlardır.

Romalılar tiyatrolarını şehir içinde düz alanlarda olmak üzere istedikleri her alana inşa edebilmişlerdir. Sonuç olarak tüm strüktür bir bütün içinde olmuştur. Giriş ve çıkışlar mağaralar içinden yapılmıştır. Günümüzde de büyük tiyatrolara ve spor arenalarına bu tür kapalı hacimlerden ulaşılmaktadır. Arena formunda yapı oldukça yüksek inşa edildiğinden seyirciler dışarıyı görememektelerdir. Daha kapalı bir atmosfer yaratıldığında şehrin gürültüsünden uzaklaşılmıştır. Arena üzerine katranlı muşamba veya çadır bezi yerleştirilerek izleyiciler güneşten korunmuşlardır. Bu Yunanlıların tiyatro için yapacakları yeri doğru seçmelerinin nedenini açıklamaktadır çünkü onlar bu gibi yardımcı elemanları kullanamamışlardır. Romalılar tiyatrolarını güneşin zararlı etkilerinden korumak ve daha konforlu bir ortam yaratabilmek için güneye konumlandırmamaya dikkat etmişlerdir [6].

Romalılar mimarilerini yurttaşlarını toplamak ve bütünlük hissi vermek için kullanmışlardır. Örneğin küçük tiyatroları tekrar ele alıp amfitiyatro ve stadyumlara dönüştürmüşlerdir. Colosseum Tiyatrosu ve Circus Stadyumu Roma döneminde araziye en iyi şekilde kabul ettirilerek ulaşılmış en ileri teknolojilerden sayılmaktadır.

Roma şehirleri Helen şehirlerine yakın inşa edilmelerine karşı tiyatro şehrin planlanmasında önemli bir çıkış noktası olarak kabul edilmemiştir.

Jerash'da bulunan kuzey tiyatrosu şehrin ulaşım ağına entegre olan en iyi tiyatrolardan birisi olarak gösterilebilmektedir. Tiyatronun yönlenişi, arkasında bulunan plazanın sahne eviyle olan birleşimi ve plazanın kuzey aksıyla birleşimi arazide yapılan dikkatli planlamanın bir göstergesidir. Birçok tiyatro tepe eğiminde yapılmasına karşı tiyatrolar kentsel bir merkez niteliği taşımaktalardır. Şekil 2.9'da Jerash Kuzey Tiyatrosu'nun rekonstrüksiyon çizimi görülmektedir [6].



Şekil 2.9. Jerash Kuzey Tiyatrosu rekonstrüksiyon çizimi [6]

Suriye'de bulunan Bosra Tiyatrosu şehrin merkezinin dışında yapılmıştır. Şehrin ulaşım ağına dekoratif kemerlerle süslenmiş kolonatlı bir yolla bağlanmıştır. Genel olarak tiyatrolar doğal eğimi kullanabileceği tepelere inşa edilmiştir ve yerleşimleri doğal topoğrafyaya kabul ettirilmeye çalışılmıştır. Örnek olarak, Jerash'ın Güney Tiyatrosu'nda tüm kavea doğal bir yönlendirme üzerine oturtulmuştur. Tiyatroların boyutları, karakteristik biçimleri ve mimari dekorasyonları birleştirilip, kentsel çevre içinde ayakta durmalarını sağlanmıştır. Mimarlar tiyatronun şehrin üzerindeki güçlü etkisinin farkında olmuşlardır [6].

Sonuç olarak, tiyatroların yerleşimi şehir planlamasından etkilenmiştir. Genel olarak tiyatroların konumu kentsel dokuyu oluşturan ana elemanlarla (tapınak,forum vs..) ilişkilidir. Yunan tiyatrosu doğal çevrenin bir parçasıyken Roma tiyatrosu doğaya kabul ettirilmiştir. Yunanlıların tersine Romalılar tiyatrolarını oyun ve dinleme alanını tek bir strüktür altında birleştirerek düz alanlara inşa etmişlerdir. Roma öneminde tiyatro ve tapınak arasındaki ilişki azalmıştır. Tiyatronun yer seçiminde bazı etmenlere dikkat edilmiştir. Bunların en önemlisi şehrin planlanmasında tiyatronun anlamıdır. Tiyatronun şehirde bulunan diğer temel yapı elemanlarıyla olan birleşimi önemlidir. Ürdün'de yapılan bir araştırmaya göre; tiyatrolar ve tapınaklar Helenistik döneme uygun olarak birbirine yakın inşa edilmişlerdir. Örnek olarak Amman'daki tiyatronun önüne bir türbe konumlandırılmıştır.

Tiyatronun şehrin planlamasındaki önemini vurgulayan diğer bir nokta strüktürü oluşturacak taş yüzeyin inşa için uygun dokuda olmasıdır. Bazı zamanlarda bu tepeler tiyatronun üst kısımlarında yeterli mahsen ve odacık oluşturacak yapıda olmamışlardır. Bu nedenle bu odacıkları taş yüzeyin altına inşa etmişlerdir. Bu odacıklar için konstrüktif bir yardımcıya ihtiyaç duyulmamıştır çünkü tepe ekstra bir

destek ve inşa kolaylığı sağlamıştır. İnşa edilen tiyatrolardaki bir diğer özellik tiyatronun yerleşimini bir diğeriyle değiştirebilmeleridir. Ayrıca yönleniş gibi diğer durumlarda göz ardı edilmemelidir [6].

2.4. Antik Çağ Tiyatrolarının Yönlenişi

Tiyatroların büyük bir çoğunluğu seyircileri güneş ışığından korumak için kuzeye yerleştirilmişlerdir. 68 tiyatro üzerine yapılmış bir çalışmaya göre 50 tiyatro Roma döneminde (%74), 18 tiyatro Helenistik dönemde (%26) yapılmıştır. Bu tiyatrolar [6]:

1. 32 tiyatro (%47) genel olarak kuzeye yönlendirilmiştir; bunların 29 tanesi Roma tiyatrosudur.
2. 16 tiyatro (%23) genel olarak doğuya yönlendirilmiştir; bunların 8 tanesi Roma tiyatrosudur.
3. 12 tiyatro (%18) genel olarak güneye yönlendirilmiştir; bunların 8 tanesi Roma tiyatrosudur.
4. 8 tiyatro (%12) genel olarak batıya yönlendirilmiştir; bunların 8 tanesi Roma tiyatrosudur (Tablo 2.2).

Tablo 2.2'de Antik Çağ tiyatrolarının yönlenişi gösterilmektedir [6]:

Tablo 2.2 : Antik Çağ tiyatrolarının yönlenişi [6]

Tiyatro İsmi ve Yerleşimi	Dönemi	Yönlenişi
Orange, Fransa	Roma	Kb
Aventicum, İsviçre	Roma	Kb
Ostia, İtalya	M.Ö. 19-12	Kb
Dionysus Tiyatrosu, Atina	M.Ö 350	Gd
Antipatris	Roma	K
Sebaste	Roma	K
Leptis Tiyatrosu, Magna	Roma	Kd
Pompeii Roma Tiyatrosu, İtalya	Roma	Gd
Dura Europos Artemis-Nanaia temple-Small theatre-salon tipli	Roma	Kb
Jericho Tiyatrosu	Roma	Kd
Sillyon Türkiye	Roma	G
Lyon Odium, Fransa	Roma	D
Augusta Raurica	M.Ö. 43	B
Luca Tiyatrosu	Roma	K
Ostia Tiyatrosu, İtalya	Roma	Kb
Delos Tiyatrosu	Helenistik	D
Cherchel Tiyatrosu, Cezayir	Roma	K
Tivoli Tiyatrosu	Yunan	K
Trimgad Tiyatrosu, Cezayir	Roma	B
Treviri Tiyatrosu	Roma	B
Delphi Tiyatrosu	Yunan	Gd
Sepphoris	Roma	Kd
Chesonesos, Kırım	Yunan	G
Augusta Treverrum, Batı Almanya	1. yy.	D
Delos	Helenistik	B
Perge Tiyatrosu	Helenistik	D
Tivoli Yunan Tiyatrosu	Yunan	K
Priene Tiyatrosu	Erken Helenistik dönem 4. yy. M.Ö.	K
Philippopolis Tiyatrosu, Suriye	3. yy.'ın ilk yarısı	D
Ephesus Büyük Tiyatrosu	1. yy. M.Ö.	
Beit Ras Tiyatrosu, Ürdün	Helenistik	K
Lion Tiyatrosu, Fransa	Roma	D
Palmyra Tiyatrosu	Roma	K
Shahb Tiyatrosu	Roma	G
Verona	M.Ö. 1 yy.'ın sonları	B
Helenistik Vergina Tiyatrosu	Erken Helenistik Dönem	D
Timjad Tiyatrosu, Cezayir	2. yy.	B

Ephesus Tiyatrosu	Helenistik	D
Side Tiyatrosu, Türkiye	Helenistik	K
Aphrodisias Tiyatrosu	Helenistik	D
Patara Tiyatrosu, Türkiye		Kb
Legio Tiyatrosu	Roma	D
Amman Tiyatrosu, Ürdün	2. yy. başları	K
Kuzey Tiyatro,Ürdün	2. yy.	K
Güney Tiyatro, Jerash- Ürdün	M.S. 81-96	K
Kuzey Tiyatro, Jerash-Ürdün	2. yy.	K
Batı Tiyatro, Umm-Qais-Ürdün	2. yy.	B
Petra Tiyatrosu, Ürdün	1. yy.	Kd
Wadi Sabra Tiyatrosu, Petra	Roma	Gb
Pella Tiyatrosu, Ürdün	2. yy. başları	Gb
Festival Tiyatrosu, Jerash Ürdün	2. yy. sonları 3. yy. başları	D
Augstodunum Tiyatrosu, Autun, Fransa	Roma	D
Aspendos, Türkiye	M.S. 161-180	Gd
Hierapolis , Türkiye	M.S. 193-211, M.S. 337-361 (Roma)	G
Pergamun, Türkiye	Attalid Krallığının ilk dönemleri, M.Ö. 3. yy. ortaları	D
Miletus, Türkiye	M.Ö. 300 (Helenistik)	Gb
Aphrodisias, Türkiye	M.Ö. 300 (Erken Helenistik Dönem)	D
Bosra Tiyatrosu, Suriye	Roma	K
Hierapolis Helenistik Tiyatrosu, Türkiye	Helenistik	Gb
Odeon, Amman- Ürdün	M.S. 2 yy.	B
Odeon, Türkiye	Roma	G
Odeon of Herodes Atticus		G
Pompeii Roma Odeon, İtalya	Roma	Gd
Odeon at Sillyon, Türkiye	Roma	G
Konawat Tiyatrosu, Suriye	Roma	B
Potlemois Tiyatrosu	Roma	Gb
Scythopolis (Shechem) Tiyatrosu	Roma	K
Samarie Tiyatrosu	Roma	K
Sahir Tiyatrosu	Roma	K
Shumi Tiyatrosu	Roma	D
Caesarea Tiyatrosu	Roma	B
Scythopolis Tiyatrosu	Roma	K
Dor Tiyatrosu	Roma	K
Hammat Gader	Roma	Kd

Burada gösterilen 67 tiyatronun dışında , Büyük Suriyede de 29 tiyatro bulunmaktadır.

Bu Tiyatroların yönelimleri ise :

1. 20 tanesi Kuzey (%20)

2. 4 tanesi Güney (%14)

3. 3 tanesi Doğu (%11)

4. 2 tanesi Batı (%7)

şeklinde olmaktadır. Tablo 2.3'te Suriye'de bulunan tiyatroların yönlenişi gösterilmektedir [6].

Tablo 2.3 : Suriye'de bulunan tiyatroların yönlenişi [6]

Tiyatro İsmi ve Yerleşimi	**Dönemi**	**Yönlenişi**
Beit Ras Tiyatrosu,Ürdün	Helenistik	K
Amman Tiyatrosu	M.S: 2.yy. başları	K
Umm-Qasis Kuzey Tiyatrosu,Ürdün	M.S. 2. yy.	K
Jerash Güney Tiyatrosu, Ürdün	M.S. 81-96	K
Jerash Kuzey Tiyatrosu,Ürdün	M.S. 2. yy.	K
Umm-Qasis Batı Tiyatrosu,Ürdün	M.S. 2. yy.	B
Petra Tiyatrosu,Ürdün	M.S. 1. yy.	Kd
Wadi Sabra tiyatrosu,Petra	Roma	Gb
Pella Tiyatrosu,Ürdün	M.S. 2. yy. başları	Gd
Festival Tiyatrosu,Jerash,Ürdün	M.S. 2. yy.,3. yy. başları	D
Amman Odeonu,Ürdün	M.S. 2. yy.	B
Dura Europos Aremisi, Nanaia Tapınağı, küçük Tiyatro-salon tipli	Roma	Kb
Jericho Tiyatrosu,Hippodrome ile birlikte	Roma	Kb
Scythopolis (Shechem) Tiyatrosu	Roma	K
Samarie Tiyatrosu	Roma	K
Sahir Tiyatrosu	Roma	K
Shumi Tiyatrosu	Roma	D
Caesarea Tiyatrosu	Roma	B
Scythopolis Tiyatrosu	Roma	K
Sepphoris Tiyatrosu	Roma	Kd
Antipatris Tiyatrosu	Roma	K
Sabeste Tiyatrosu	Roma	K
Legio Tiyatrosu	Roma	D
Shahb Tiyatrosu,Suriye	Roma	G

Bosra Tiyatrosu, Suriye	Roma	K
Konawat Tiyatrosu,Odeonu,Suriye	Roma	B
Dor Tiyatrosu, Suriye	Roma	K
Hammat Gader Tiyatrosu,Suriye	Roma	Kb
Philippopolis Tiyatrosu, Bosra, Suriye	M.S. 1. yy. yarısı, 2. yy.	G

Böylece Roma tiyatrolarının büyük çoğunluğunun kuzeye, Helenistik tiyatroların ise doğu ve güneye bakmaktadır. Bu da bize Helenistik şehirlerin tepelerin doğu ve güney yamaçlarına yerleşme nedenini açıklamaktadır.

Romalılar tiyatrolarını yönlenişini seçmekte Yunanlılardan daha dikkatli olmuşlardır. Güneye yönlenmemeye dikkat edilmesinin nedeni güneşin zararlı etkilerinden korunmaktır. Kötü hava şartlarına sahip alanlardan kaçınılmıştır ve daha sağlıklı alanlara yönlenilmiştir. Ayrıca güneş ışığının seyirciler için önemli bir gereksinim olduğunu belirten düşünceler de olmuştur [6].

Bu nedenden dolayı, Roma tiyatrolarının büyük bir çoğunluğu, dinleyicileri güneşin yükselişinden korumak için kuzeye yönlendirilmişlerdir. Büyük tiyatrolar kuzeye yönlenirken ‘’odea’’ adı verilen üstü kapalı küçük tiyatrolar güneye yerleşmişlerdir. Yapılan araştırmalara göre bu nedenden dolayı Suriye’de bulunan tiyatroların büyük bir çoğunluğu kuzeye yönlendirilmiştir. Yönlendirme için yapılan tüm bilinçli yaklaşımlar seyircileri direk güneş ışığından korumaktadır. Yapılan araştırmalara göre Amman ve Um-Qais’de bulunan tiyatrolarda büyük tiyatrolar kuzeye yönlenirken küçük tiyatrolar güneye yönlendirilmiştir. Küçük tiyatrolarda çatı kapalı olduğu için yönlendirme önemli değildir. Suriye’de bazı küçük tiyatrolar da kuzeye yönlendirilmiştir. Bazı zamanlarda teknolojik iklimlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Tiyatro strüktürlerinin üzerine çadır bezi gerilmiştir. M.S. 78 yılında bir havalandırma sistemi geliştirilmiştir. Pella Tiyatrosu’nda ‘‘proscenium’’ önünden bir dere geçmektedir ve orkestranın merkezinde su toplanıp orkestranın altından yer altı kanallarıyla oturma yerlerine suyun akması sağlanmıştır. Böylece su kendisiyle birlikte soğuk hava dalgasını da beraberinde taşımakta ve ferahlık etkisi yaratmaktadır [6].

2.5. Antik Çağ Tiyatrolarının Yapım Yöntemleri

Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi; Yunan ve Roma tiyatroları arasındaki en önemli farklardan birisi kaveanın inşasıdır. Yunan ve Helen tiyatrolarında kavea her zaman tepe üzerine konumlandırılmış, oturma yerleri sıraları çok düzenli bir şekilde araziye uyum sağlayacak şekilde oluşturulmuşlardır. Aynı zamanda iyi akustiğe sahip ve

dinleyicilerin kolay hareket edebileceği bir ortam yaratılmaya çalışılmıştır. Oturma yerlerinin sayısı arttıkça ‘‘analemmata’’ adı verilen taşıyıcı duvarların oluşturulması gerekmiştir [6].

Modern Çağ’da kazılarak toprak yüzeyine çıkarılmış iki tiyatro örneği önem taşımaktadır. Birincisi güney İtalya’da bulunan Metaponto Tiyatrosu’dur. 1982 yılında mimari özellikleri yayınlanan tiyatronun formu 4. yy.’a aittir. Düz bir zemin üzerine çanak bentler oluşturularak inşa edilmiştir. Roma tiyatrolarında topoğrafik özelliklere bağlı kalınmadan inşa edilen ilk tiyatrolardan en önemlisi olarak kabul edilmektedir.

İkincisi batı Kıbrıs’da M.Ö. 300 yılında yapılan Ptolemies Tiyatrosu’dur. Tiyatro taş bir tepe üzerine oyularak yapılmasına karşın kenarları çanak bentlerden oluşturulduğu için bir kısmı araziden bağımsız yapılmıştır. Ancak diğer bir önemli özelliği ise orkestranın Roma tiyatrosundaki gibi yarım daire şeklinde olmasıdır.

Skene yapısı M.Ö. 5. yy.’ın ortalarında ortaya çıkmıştır. İlk inşa edilen skenenin kontrol girişleri olarak kullanılan en az bir veya daha fazla açıklığı olduğu düşünülmektedir. Bu konsept Yunan tiyatrosunun peyzaja açılmasının ilk adımı oluşturmuştur [6].

Yunan tiyatrosu doğal çevrenin bir parçası olarak düşünülürken, Helenistik tiyatroda ‘‘proscenium’’ iki katlı olarak yapılmaya başlanınca tiyatro ve doğal çevre farklı konseptler olarak görülmeye başlanmışlardır. Tiyatrolar doğal ortamdan bağımsızlaşmaya başlamışlardır. Sahne evinin (skene) gelişmeye başlamasıyla birlikte ‘‘proscenium’’ ile birleştirilip boyanmış dekorlarla süslenmiştir. Skene resimleri M.S. 4. yy.’a kadar mimari görünüşle birleştirilmemiştir. M.S. 4. ve 5. yy.’da skene resimleri doğal peyzajın betimlemesi olarak kullanılmamıştır. Bu resimler sahne evinin önüne yerleştirilen ahşap çerçevelerle korunmuştur [6].

Roma tiyatrosu zamanla potansiyel olarak kendi başına ayakta duran ve daha kompleks bir tasarımı bulunan bir strüktür halini almıştır. Romalı mimar ve mühendislerin tiyatrolar ve amfitiyatrolardaki kemer ve tonoz bilgisi oturma yerlerinin rahat bir şekilde yükseltilmesini sağlamıştır. Daha sonraları; Yunanlılardan farklı olarak Romalılar tiyatrolarını sahne ve oturma yerlerini birleştirerek düz alanlara inşa etmeye başlamışlardır. Daha geniş ve rahat alanlar inşa edilmeye başlanmış ve daha büyük mimari yapıların yapılmaya başlanması sayesinde tiyatroların içlerine daha fazla önem verilmesine yol açmıştır. Sahne yapısı bu sayede gelişmeye başlamıştır. Tiyatro içine yapılan mimari eklemeler sosyal alışkanlıkların da

gelişmesini sağlamıştır. Oturma yerleri birbirine daha bağlı yapılması kavea içindeki iletişimin artmasına ve tiyatroya olan ani giriş ve çıkışlara olanak sağlamıştır. Bu Yunan tiyatrolarında çok zor sağlanan bir durumdur ancak Romalılar ani yağan yağmura karşı oturma yerlerine yakın sığınaklara kaçabiliyorlardı. Çünkü ‘‘odea’’ lar dışında birçok tiyatronun çatısı açıktır ve tavanı bulunmamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı başarılı Roma mimarları tiyatroları (yaklaşık %84’ü, bu miktarında %58’i kuzeye bakıyordur) güneye yönlendirmemişlerdir. Bazı zamanlarda tiyatro ve amfitiyatrolarda kullanılan çadır bezi veya geçici çatılar dinleyicileri yağmur ve güneşten korumuşlardır. Romalılar diğer ilgi alanlarında olduğu gibi ilk safhalarda yaptıkları yapıları aynen kopyalamak yerine sürekli geliştirmişlerdir. Yunanlılardan aldıkları birçok tiyatro örneğini kendi yapı elemanlarıyla genişleterek kendi zihniyetlerine daha uygun modeller üretmişlerdir[3].

Romalılar tiyatro yapımında beton kullanmışlardır. Bu teknik tiyatro yapımında bir devrim niteliğindedir. Bu devrim şehirleri ve kentsel yaşamı da geliştirmiştir. Roma tiyatroları Helenistik örneklerinin gelişmiş modelleridir. Mühendisliğin gelişmesi örneğin ‘’Opus Caementicium’’ kullanımı kendi başına ayakta duran bir kaveanın oluşmasını sağlamıştır. Bu nedenle, daha esnek bir yapı tipi oluşturulmuştur. Bu strüktürel elemanlarla birlikte tiyatrolarını daha düz alanlara ve farklı topoğrafyadaki arazilere kurabilmişlerdir. Böylelikle tiyatro ve arazi arasındaki ilişki azalmıştır. Böylece, Romalılar büyük toplulukları eğlendirmek için tiyatrolarını inşa etmeye başlamışlardır.

Küçük bir tepe çoğu zaman caveanın alt bölümlerini içine almak için yeterlidir. Doğal tepe inşa için verimli değil ise alt bölümüne ek bir alan kazılarak istenen satıh elde edilmiştir. Örnek olarak bu uygulama Caesarea’da bulunan tiyatrolarda yapılmıştır. Bu tiyatrolara arazinin dışarısından girmek için alt ve üst caveaları bölen eğrisel formdaki koridorlar kullanılmaktadır. Bu koridorlardan üst ve alt cavealara ulaşılmaktadır. Roma tiyatrolarının alt cavea inşasında büyük bir bölümünde genellikle doğal eğimden bir şekilde faydalanılmıştır.

Uzamsal planlama ve elde bulunan malzeme ve mimari yaratıcılığı oluşturacak çözümler pratik olduğu kadar orijinal ve verimli olmuştur. Tiyatrolar yerel taş, bazalt ve kireç taşından inşa edilmişlerdir. Mermer dekorasyon amacıyla kullanılmıştır. Beth-Shean ve Caesarea tiyatroları gibi örneklerde orkestra mermerden yapılmıştır. Bazı tiyatrolarda iki farklı taş çeşidi kullanılmıştır. Örnek olarak Beth-Shean Tiyatrosu’nda ana elemanları birleştiren alanlar bazalt, oturma ve sahne evi gibi yerler kireç taşından inşa edilmiştir [6].

Roma tiyatroları genel olarak seçilen arazinin peyzaj şekline göre inşa edilmiştir. Tiyatroların yerleşim ve yönlenişi üç farklı strüktürel tasarımın mevcut olduğunu göstermiştir [6]

2.5.1. Sade Eğimli Tepe Kent Tiyatroları

Bu tiyatrolar genellikle kayalık bir eğime inşa edilmişlerdir. Romalılar farklı topoğrafyalar için inşaat çözümleri yaratmasına karşın, kesin olarak eğimli araziler seçmelerinin iki nedeni mevcuttur; birincisi ekonomik olmasıdır. Eğimli tepeler oturma yerlerinin arkasını dolduracak yerel taş malzemeye sahiptir. İkincisi ise Vitrivius'un tavsiye ettiği şekilde doğal eğime inşanın, inşaat açısı oluşturmadan daha tehlikesiz olduğudur. Bu tür eğime oturan tiyatrolara örnek olarak; Amman Roma Büyük Tiyatrosu, Um-Qais Kuzey Tiyatrosu ve Ürdün Al-Birketein Tiyatrosu gösterilebilir. Sepphoris, Sebaste, Philadelphia, Petra ve Wadi Sabra gibi tiyatrolarda kavea doğal tepe eğiminden oyulmuştur sadece yan kısımları tonozlar üzerine oturtulmuştur. Philadelphia'daki büyük tiyatroda kaveanın sadece orta kısmı taş eğimden oyulmuştur. Tiyatronun yan tarafları inşa edilmiştir. Legio Tiyatrosu doğal bir tepe eğiminin güneyine ve diğer bölümüde tepenin doğusuna yakın yerleştirilmiştir. Tiyatronun kaveası bu iki tepe arasındaki oval çöküntüye yerleştirilmiştir. Oval strüktür şekli hem tiyatro hem de amfitiyatro görevini alan bir strüktüre sahip olmayı sağlamıştır. Bu M.S. 2. ve 3. yy. Roma şehirlerinde alışık olduğumuz bir yaklaşımdır [6].

2.5.2. Sade Düz Kent Tiyatroları

Yunanlılardan farklı olarak, Romalılar tiyatrolarını tepe eğimine yapmakla sınırlı kalmamışlardır. Bu sorunu çözebilmek ve düz alanlara tiyatro inşa edebilmek için kemerler, tonozlar, taşıyıcı duvarlar ve taş temeller bulmuşlardır.

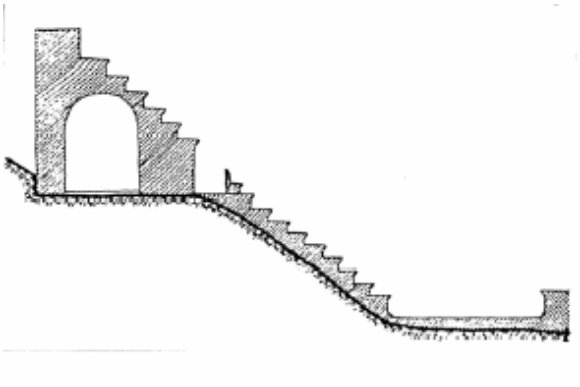
Bu tür tiyatrolara en iyi örnek olarak Amman'da bulunan Odium Tiyatrosu'dur. Burada, şehrin planı tiyatronun inşasında çok önemlidir. Tiyatro forumun doğu kısmında şehrin batısına doğru yönlenmiştir. Tiyatronun arka kısmında destekleyici duvar olarak konstrüktif fonksiyona sahip 1.90m kalınlığında bir duvar bulunmaktadır. Bu tiyatronun üst kısımlarını ayakta tutan tonoz şeklinde odacıklar bulunmaktadır. Bu odacıklar giriş ve çıkış problemini çözmek ve hareket kolaylığını sağlamak için yerleştirilmişlerdir.

Strüktürel açıdan incelenen tiyatrolardan birisi olan Bosra Tiyatrosu, tamamen düz bir zemin üzerine inşa edilmiştir. Tüm oditoryum birbiriyle kesişen yarım daire şeklinde tonozlardan oluşan koridorlar sisteminden inşa edilmiştir. Üç kata kadar

çıkabilen bu alt yapı sayesinde caveanın üç yatay bölümünü oluşturan sanal bir eğrisellik oluşturulmuştur. Bu batı Roma tiyatrolarında uygulanan yaygın bir strüktürel sistemdir [6].

2.5.2. Yarı Eğimli Tepe Kent Tiyatroları

Bu tür tiyatroların konstrüksiyonu iki parçadan oluşmaktadır; alt yarı taş bir eğime, üst yarı düz bir alan üzerine oturtulmuştur. Burada doğal eğim alt kaveayı desteklerken, üst kavea bazalt ve kireç taşı kemerlerle desteklenmiştir. Örnek olarak; Umm-Qais Batı Tiyatrosu, Jerash Kuzey ve Güney Tiyatrosu ve Suriye'de bulunan Shahba Tiyatrosu verilebilir. Bu tür tiyatrolar, tiyatroların üst kısımları tutan ve dolaşımı sağlayan taş odacıklar ve mahzenlerden oluşmuşlardır. Bazı Sepphoris, Pella, ve Gerasa (güney tiyatrosu) gibi tiyatrolar basamaklı eğimler üzerine kurulmuştur, sadece alt değil üst kaveanın da bir bölümü doğal eğime oturtulmuştur. Üst kaveanın yüksek bölümleri daha sonra sanal bir eğime oturtulmuşlardır. Bu odacıklar dışarıdan bir duvarla çevrelenip, dışarıdan seyirci giriş çıkışlarını göstermektelerdir. Ayrıca tiyatronun üst kısımlarını desteklemede kullanılmaktalardır. Genellikle bu duvar içeriden girişlere sahipdir, giriş kotlarının tiyatro dışının giriş kotuyla uygun olmasına dikkat edilmiştir. Bu Um-Qais Tiyatrosu'nda oldukça açık görülmektedir. Şekil 2.10'da Wadi Sabra yarı eğimli kent tiyatrosunun kesit çizimi gösterilmektedir [6].



Şekil 2.10. Wadi Sabra yarı eğimli kent tiyatrosu [6]

2.6. Tiyatro ve toplum

Antik Çağ toplumunda tiyatronun yer seçimi, genelleştirilmiş düzeyden ayrı olan oldukça ilgi çekici ve zor bir konudur. Antropologlar ilk tiyatro türü olan dramanın kökeninin dinsel inanç ve mitlerden oluştuğu hakkında hem fikirlerdir. Yunanlılar için

şehir ortak politik, dini ve sosyal gelenekleri paylaşan yurttaşlar topluluğudur. Antik Yunan tiyatrosu mit, efsane, felsefe, sosyal yorum, şiir, müzik ve dansın karışımıdır.

Tiyatro dinsel bir tören olarak başlamıştır. M.S. 5. yy.'da trajedilere konu olan tanrılar skenenin çatısında bulunan bir kapaktan bir ölümlü gibi sahneye inmişlerdir. 'Machane' karakterlerini havada tutabilmek ve uçurabilmek için vinçler kullanılmıştır. Latin kelime olan 'deusexmachina' bu aygıt için kullanılan isimdir [6].

2.6.1. Tiyatro ve Antik Yunan ve Helen Toplumu

5. yy.'dan itibaren çeşitli dini festivallerde Antik Yunan toplumu trajedi, komedi ve küçük oyunlar sergilemişlerdir. Seyirciler oyunun konusunu bilerek tiyatroya sabahları gelmişlerdir. Öğle saatlerinde koro üyeleri gösteri yapmışlardır. İlk tiyatro gösterileri bereket ve şarap tanrısı 'Dionysus' için yapılmıştır. Tanrının doğuşu ve şarap konulu bu gösterileri aynı zamanda sosyal, dini ve politik açıdan toplanma amacı olarak da görülmüştür.

Kalabalık seyirci kitlesinin gürültülü olması oyuncuların akustik bir megafon etkisi verecek maskeleri takmalarına neden olmuştur. Bu maskeler mutlu veya üzgün insan suratlarıdır. Karakterin özelliğine göre ifade amaçlı olarak da kullanılmışlardır. Ayrıca bu maskelerin çok abartılı olarak ifadelendirilmesi çok uzak yerlerden bile görünebilmelerini sağlamıştır. Oyuncuların çok büyük kostümler giymesi görsel olarak sahneden 90 m uzakta olan bir seyircinin karakteri tanımasını sağlamıştır.

Maskeler genç-yaşlı, bayan-erkek, tanrı veya kahramanları temsil etmektelerdir. Hafif malzelerden yapılmalarına karşın oldukça sıcak tutmaktalardır. Yunan tiyatro eserleri sadece bir edebi parça olarak değil potansiyeli olan bir gösteri bağlamında değerlendirilmektelerdir. Yunan tiyatrosunda öznele işlenen sadece maskeler olmuştur [6]. Şekil 2.112de tipik Yunan maskeleri gösterilmektedir.



Şekil 2.11. Yunan maskeleri [19]

İyi bir ışık, sahne düzeni ve kostüm çeşitlemesi yoktur. Destekler, sahne giriş ve çıkışları modern tiyatrolardaki gibi iyi düşünülmemiştir. Sadece maskeler Yunan tiyatrosunda görsel boyutlarda ana bir rol oynamışlardır.

Tiyatronun çevresi görsel elemanların hakimiyetini yenememiştir. Devamlı artan sayıdaki gösterileri yapmak için bir dizi dekor, kostüm, işaretler, yüz ifadeleri ve üç boyutlu alan içinde aktörün bulunduğu yerin tayinini yapmak gerekmektedir. Bu görsel olarak zengin konsept içinde, ses ikinci planda kalmaktadır. Yunan tiyatrosunda, düzgün sahne ve aydınlatmanın eksikliği ve mesafenin çok fazla oluşu bu tiyatroların sadece akustik açıdan algılanabilir bir çevre olduğunu göstermektedir [6].

Daha sonraki zamanlarda, görsel elemanlar daha egemen olmaya başlamış, buna bağlı olarakda maskenin oynadığı rol değişmiştir. Bu maskeler bazı Roma tiyatrolarında geleneksel bir ifade olarak kullanılmıştır ancak Yunan tiyatrosundaki kadar büyük bir önemi yoktur.

Görsel çevre düzenli ve radikal değişikliklere uğramıştır. Tiyatro yapıları küçülmüş, küçük görsel detayların önemi artmıştır. Akustik alanın homojenliği parçalara ayrılıp, gölge ve ışık oyun ve oturma yerlerini tayin etmiştir. Oyun teknikleri değişmiş, yüz ve el işaretleri yeni bir önem kazanmıştır. Seyircilerin tiyatroda oluşturdukları gürültü sesin neredeyse ilerlemesini engellediği için bir ışıkla işaret edilerek alkış zamanı belli edilmiştir. Sahne düzeni, kostüm, aydınlatma, el ve yüz hareketleri oyunun sunumunda önemli bir eleman olmuşlardır. Bu dönemlerde batı tiyatrosu tek yönlü olmuştur. Akustik bir tiyatro çok yönlü ve devamlı değişmesi gereken bir olgudur ancak bu Yunan döneminde tam anlamıyla sağlanamamıştır. Görsel tiyatro ise ışık ve sesle tiyatro ortamını yazı okuma ortamına çevirmiştir.

Yunan tiyatroları yönetim tarafından organize edilip özel bir olayı dramatize etmektedir. Bazı zamanlarda aynı oyun farklı kolonilere gösterilmiştir. Tiyatro ve tapınak arasındaki ruh bereberliği dramatik oyunun konseptini etkilemiştir. Tiyatro Yunan toplumunda herkesin izlemesi gereken bir okul olarak görülmektedir [6].

2.6.2. Tiyatro ve Antik Roma Toplumu

Romalılar manzaraya olan düşkünlükleri nedeniyle; Yunan tiyatrolarını tekrar ele alarak kendi gösterileri için geliştirmişlerdir. Pantomimden eğlence dövüş gösterilerine kadar her türlü gösteri amaçlı kullanmışlardır. Roma tiyatrosu Yunan tiyatrosunun doğal bir evrimidir. Ancak Roma'nın ilk taş tiyatrosu olan Pompey Tiyatrosu Lesvos Tiyatrosunun kopyasıdır. Roma tiyatrolarının birçoğu taştan

yapılmışlardır. Kaveadaki oturma yerleri taş veya mermerden yapılmışlardır. Öndeki lüks mermer oturma yerleri şehrin önde gelen aileleri için ayrılmıştır[3].

Roma tiyatro görüşü Yunan tiyatrosuna göre farklılık göstermektedir. Roma döneminde daha büyük ve geniş tiyatrolar inşa edilmiştir. Tabiki; daha büyük tiyatroların inşası tiyatro içlerinin mimari özelliklerine daha çok dikkat edilmesine yol açmıştır. Sahne ve iç mimarinin değişimi sosyal alışkanlıkların değişmesine neden olmuştur [20].

Roma topluluk halinden bir imparatorluğa dönüşürken, Roma kültürel düşünceleri tiyatrolarının düşüncelerinde ortaya çıkmaya başlamıştır. Romalılar tiyatroyu bir kültürel düşüncelerin forumu olarak değil, bir yarış alanı olarak düşünmüşlerdir. Romalılar tiyatrolarını büyük ölçekli bir eğlence mekanı haline dönüştürmüşlerdir. Tüm bu çalışmalar mimari, sahne ve görsel elemanlarda geniş teknik yeniliklere yol açarken tiyatro edebiyatı olarak değerli eserler bulunamamıştır.

Roma tiyatrosu boyunca, zengin kesim halk binalarının yapımına destekte bulunmuşlardır. İnşa ettirdikleri yapılar için saygı görüp, politik güç kazanmışlardır. Roma döneminde, gösterilere giriş ücretsizdir ve izleyiciler alkışlarıyla yarışmaların birincisini tayin etmişlerdir. İzleyiciler çoğu zaman tiyatronun konusundan çok ünlü oyunculara daha fazla ilgi göstermişlerdir. Roma aktörleri renkli maskeler takan erkeklerdir. Maskeler karakterleri yansıtmaktalardır. Roma tiyatrosu daha az felsefiktir. Roma tiyatrosunda aktörler bazı tabulara boyun eğmek zorunda kalmışlardır. Her ne kadar izleyiciler tiyatro gösterilerini sevselerde aktörlerin garip insanlar olduğunu düşünmüşlerdir.

Romalılar Yunan dramalarına karşı komediler yazmışlardır. Bununla birlikte, Roma tiyatrosu Yunan tiyatrosuna göre daha az felsefik olduğundan, komedileri trajedilere göre daha çok tercih edilmişlerdir. Dramalardan daha çok akrobasi, pantomim, gladyatör dövüşleri, atletizm, araba yarışları,boks müsabakaları ve hayvan dövüşleri gibi performanslar gösterilmiştir. Şekil 2.12'de roma tiyatrosundaki gladyatör dövüşleri gösterilmektedir. Eğlendirici gösterilerde aktörler Yunanalılardaki konunun aksine daha çok ilgi çekici olmuşlardır [6].



Şekil 2.12. Gladyatör dövüşleri [18]

Romalılar tiyatro yapılarında, bu çok amaçlı gösterileri yapılarının kompoze karakterine yansıtmışlardır. Roma ve Yunan tiyatroları arasındaki kayda değer en önemli farklardan birisi Romalıların uzun ve dar bir sahne kullanmalarıdır. Skene yapısının yüzeyi özenle dekore edilmiştir. Skene duvarı aktörlerin giriş ve çıkışları için boşluklar içermektedir. Yunanlıların yuvarlak orkestrası daha enerjik Roma gösterileri için yükseltilmiş bir sahneyle elips formunu kazanmıştır. Buna ek olarak, yükseltilmiş sahne gösterilerin akustik kalitesi için bir gelişme sağlamıştır. Kavea daha fazla eğime oturtulmuştur ve bunun sonucunda daha iyi görsel ve akustik sonuçlar alınmıştır.

Romalılar aynı zamanda pandomim gibi yeni tiyatro türleri bulmuşlardır. Bu tiyatro tipinde koro şarkı söylerken, aktör dans edip konuşmadan bir hikaye anlatmaya çalışmaktadır.

Roma İmparatorluğu'nda bir çok tiyatro inşa edilmiştir. Roma'da bulunanlar büyük kalabalıkları eğlendiren oldukça büyük tiyatrolardır ancak taşra şehirlerde sıradan oyunlar küçük tiyatrolarda oynanmışlardır [6].

Latin dökümanları, sayısız tiyatro binaları, Yunan ve Roma tiyatrolarının ayakta kalmasını sağlamışlardır. Romanın en parlak dönemi olan 'Pax Romana' ile başlayan 200 senelik bir zaman diliminde üç temel alan bulunmaktadır; birincisi, barış ve iyi yönetimle değişen toplumdur, ikincisi eğlencenin gelişmesi ve sahnenin gelişiminin fazlalaşmasıdır ve üçüncüsü Roma kültürünün tiyatro yapıları, aktivite ve edebiyatıyla tüm imparatorluk sınırlarına yayılmasıdır. Toplumu ele alacak olursak,

M.Ö. 17'lerde günlerce süren kutlama gösterileri yapılmıştır. Bu gösteriler gelişerek trajik, pantomim ve kısa mücadele gösterilerine dönüşmüşlerdir. Tiyatral mücadele gösterilerinin sayısı artmıştır.

Roma tiyatrosu Yunan tiyatrosu kadar itibar görmesede, tiyatronun tarih ve gelişimini etkilemiştir. Roma tiyatrosunun prototipi Helenistiktir, en iyi Roma aktörleri Yunanlıdır. Roma tiyatrosu Helen tiyatrosundan bir çok elemanı ödünç alırken, Roma anlatım mantığına uygun olarak tiyatroyu geliştirmişlerdir. Romalılar oyunlarını yazıp üretmeye başladıkları zaman iki kültür arasındaki fark açığa çıkmaya başlamıştır. Yunanlılar tiyatrolarını dini bir eser gibi sunarken insan ve tanrı arasındaki ilişkiyi yüceltmişlerdir [6].

Romalılar dini düşüncelerini farklı bir şekilde ifade ederek, Romalı kalabalığını eğlendirmek için festivallerindeki tiyatrolarını farklı bir şekilde sunmuşlardır. Komedi gösterilerinde Yunan oyunlarını örnek almışlardır. Sahne gösterileri öncelikle dini festivallerin bir parçası olarak oynanırken, daha sonra zenginlerin güç kazanması için onlar tarafından düzenlenmiştir. Tiyatro Roma yaşamında büyük öneme sahiptir. Tiyatro, yurttaşları mutlu ve meşgul ettiğinden ayaklanmalar olmamıştır. Yunan tiyatrosunda yurttaşlar bir düşünce ve olguyu diğerlerine yaymaya çalışırken Roma tiyatrolarını köleler para ve kariyer kazanmak için yazmışlardır.

Roma aktörleri genellikle kölelerden oluşmaktadır ve toplum içinde daimi bir mevkileri yoktur. Ayrıca aktörler müzisyenlik de yapmışlardır. Kendini çok iyi yetiştirmiş bir köle aktör bağımsızlığına kazanabilmektedir.

Roma'da her festival bir yargıç tarafından organize edilirdi ve bu kişi devletten aldığı ödenekleri kendi parasıyla birleştirirdi. Tiyatro gösterilerinin politik içerik içermemesi için özen gösterilirdi. Tiyatro yönetmenleri yazılı bulunan oyunları kölelere oynatmak üzere yargıç tarafından görevlendirilirdi. Yönetmen ayrıca kendi gösterisinde de oynayabilirdi. Aktör köleler sevilmesine karşın garip bulunurdu. Romalılar trajedilerden çok komedileri sevmişlerdir [6].

2.6.3. Tiyatro ve Doğu Roma İmparatorluğu

Doğu Roma İmparatorluğu'nda inşa edilen tiyatrolar kentsel ve dini tiyatrolar olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktalardır. Kentsel tiyatrolar şehirlerle birlikte inşa edilen şehrin nüfusuna hizmet eden tiyatrolardır. Bu tür tiyatrolara örnek olarak Ürdün'de bulunan Umn-Qais, Bursa, Gerasa, Büyük ve Küçük Philadelphia tiyatroları gösterilebilir.

Dini tiyatrolar şehrin dışındaki tapınaklar içinde inşa edilen tiyatrolardır. Tapınaklara giden kişilere hizmet etmektelerdir. Sahne yapısı olmayan bu tiyatrolara örnek olarak Sabra'da bulunan Nabataean Tiyatrosu ve Hammat Gadara Tiyatrosu verilebilir. Gerasa'da bulunan güney tiyatrosu Zeus Tapınağı yerleşiminde bulunmaktadır. Şehir surlarıyla birlikte yapılmasına karşın Zeus Tapınağına form vermektedir [6].

2.7. Antik çağ tiyatrolarının oturma düzenleri

Tiyatrolarda oturma düzenin gerektirdikleri şöyledir; insan vücudunun daha rahat olması, zihnin daha rahat alıcı olması ve görsel açıdan duyarlılığın daha açık olmasıdır. Konuşmacı ve dinleyici arası uzaklık, vücudun rahat ve duyarlı olması için geniş bir zaman aralığı boyunca geliştirilmiştir. Ayakta olan bir seyirci oturan bir seyirciye göre daha hareketsiz kalmak için eğilmekte ve zihni daha açık olmaktadır. Modern araştırmalara göre oturan bir kişinin ayakta duran birine göre dikkat süresi daha fazladır çünkü fiziksel rahatsızlık ve konfor arttıkça kas ve sinir yorgunluğu azalmakta ve konsantrasyon maksimum düzeye ulaşmaktadır.

Bir oditoryumdaki oturma düzeni kriterleri uzun zamanlar boyunca bir sorun olarak tasarımcıların karşısına çıkmıştır. Halk gösterilerindeki oturma düzeni hiyerarşik ve sosyal pozisyonla birliktedir. Bu oturma düzenindeki sıralama durumu 19. yy. sonlarına kadar bir sorun teşkil etmiştir. Tiyatro yöneticileri ve yapımcılar oturan bir seyircinin ayaktakine göre 2,5 veya 3 kat daha fazla yer tutacağını düşünerek seyircileri yeteri kadar bir araya toplamaya çalışmışlardır. Bu durum halen daha oditoryum tasarımında bir kriterdir ve arka arkaya gelecek olan oturma sıraları ve genişliği en fazla yoğunluğu sağlayacak şekilde mümkün olduğu kadar sıkıştırılmıştır [2].

Boyutlar düşünüldüğü zamanda; karşılaştırmalı olan faktör ise dikey olacak görüş açısı yerinin ayakta duran seyirciye göre daha fazla birleştirici olmasıdır. İlk çağlardan başlayarak geliştirilme aşamasında olan oturma düzenleri,günümüzde artık batı dünyasındaki oditoryumlarda tüm seyirciler için oturma yeri mekanının olması kuşkusuz en önemli faktör niteliğindedir [2].

2.7.1. Eski Yunan Tiyatrolarında Oturma Düzeni

Eski Yunan tiyatroları bir tasarım konsepti olarak görülmeye başlanması çoğunluğun katılımının azalıp yerine eylemsiz izleyicilerin almasıyla başlamıştır. Batı dünyasının başlangıç noktası Yunanistan'dır. Engebeli tepe yerleşimlerinde oturan pragmatik insanlar tepe yerleşimini basite indirgemiş ve oturma düzeni görüş açıları için çözümler üretmişlerdir. Kasabalar önemli şehirlere büyüdükçe ve toplum prestijine sahip oldukça, tiyatroları kentsel çekirdek içine yerleştirmek arzusu başlamıştır. Çünkü yerleşimin nüfusun fazla olduğu yerde yapılması gerekli görülmüştür. Her zaman için uygun bir eğime sahip tepe yeri bulunamamış, bununla birlikte yeryüzü inşası önerilmiş ve oturma problemine sanal çözümler üretilmiştir. Yatay düzlem için kereste imal etmek gerekmiştir. Bilimsel olarak oturma düzeni hakkında fiilen yapılan ilk çalışmalar Atina'da ilk tiyatro yapımıyla (M.Ö.550-500) başlamıştır. Üç kenarlı yapı iskelesi formlu konstrüksiyon orkestra için agorada tamamlanmıştır. Bu konstrüksiyon tam bir stabiliteye sahip olmamıştır ve sonuç itibariyle yıkılmıştır. Hatta seyircilerin yaralanmasına ve festivallerin Akropolis yamacında bulunan taş tiyatroda yapılması kararına neden olmuştur.

Eski Yunan Tiyatroları için iki farklı ve önemli tiyatro vardır. Birincisi, Thorikos'daki tiyatro, ikincisi Argos'daki tiyatrodur [2].

- *Thorikos Tiyatrosu(İ.Ö.525)*

Thorikos Tiyatrosu genel olarak lineer bir oturma düzenine sahiptir ve oturma sıraları düz asimetrik dikdörtgensel bir orkestraya dönüktür. Kenarları kıvrık olarak genişlemiştir ve sağ kenarı diğerine göre daha açık yapılmıştır. Kaveanın dış çizgileri düzgün değildir ve yarım daire yapmamaktadır. Oditoryum planı doğal bir tepe eğimine oturtulmuş gibi sonuçlandırılmıştır. Oturma basamakları taşların doğal boyutları kullanılarak kaba kesimlerle oluşturulmuştur. Çıkış ise muhtemelen orkestranın açık olan sağ tarafından yapılmıştır. Orkestra alanı dairesel değildir ve skene bulunmamaktadır. Ancak tiyatronun yanında küçük bir tapınak ve bir depo odası vardır. Görünüşte oturma düzeninin ortalarında birleşen iki koridor gibi alan

oluşturulmuştur ve çıkış basamakları oturma basamaklarıyla eş sıklık derecesinde yapılmıştır [2]. Şekil 2.13'te Thorikos Tiyatrosu'nun görünüşü gösterilmektedir [2].



Şekil 2.13. Thorikos Antik Tiyatrosu-oditoryum ve orkestranın sağdan görünüşü [2]

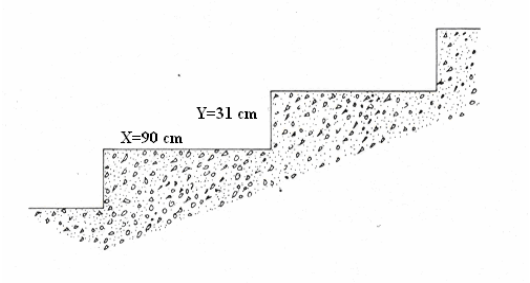
- *Argos Tiyatrosu (İ.Ö. 500)*

Eski Argos'ta bulunan tiyatro yan yana bulunan iki tiyatrodan oluşmuştur. Aralarında yaklaşık 100 metrelik bir açık alan yapılmıştır ve ikinci Argos Tiyatrosu daha geç bir tarihte yapılmıştır. Bu tiyatro diğerlerine göre farklıdır çünkü sahne yakınında bulunan oturma yerlerinin beşte üçü kaybolmuştur. Yukarıda kalan beşte ikisi burada ilgi çekmektedir. Orijinal plan düz çift ringa şeklinde bir plandır ve ortada tek bir çıkış koridoru yapılmıştır. Ancak çıkış basamakları Thorikos'un tersine oturma basamaklarının iki katı sıklıkla yapılmıştır. Bu eksik basamakların onarılıp yeniden yapıldığına dair hiçbir kanıt yoktur. Tiyatronun şu anda görülen hali eski halinin aynısına yakındır [2].

Şekil 2.14'te Argos Antik Tiyatrosu'nun sahneden çekilmiş bir fotoğrafı gösterilmektedir. Tiyatronun üst yarısı orijinal kesimli antik taş Yunan tiyatroları oturma düzenindedir. Alt yarısı sonradan Romalıların tekrar modellemesiyle Roma odeum oturma düzeni şeklinde tamamlanmıştır. Şekil 2.15'te Argos Antik Tiyatrosu'nun basamak detayı gösterilmektedir [2].



Şekil 2.14. Argos Antik Tiyatrosu [2]



Şekil 2.15. Argos Tiyatrosu- X=oturma basamağı derinliği Y=oturma basamağı yüksekliği [2]

2.7.2. Greco-Helenistik ve Greco-Roma Tiyatrosu Oturma Düzeni

Gelişen teknolojilerle beton kullanılarak tiyatrolar yerleşim alanlarından bağımsız bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Tiyatronun inşa planının temel öğesi, tiyatronun başlangıç yıllarında oyunun sergilendiği orkestradır. Daha sonra kaveanın yapılmasına geçilmiştir. Seyircilerin tiyatroya girişi genellikle kaveanın üst bölümünden sağlanmıştır.

Helenler oturma guruplarının üzerinde iyi çıkış ve kaçış sistemleri geliştirmişlerdir. Tiyatro planları yüksek sahne arkası içermektedir ve yarım daire şeklindeki oditoryuma strüktürel olarak bağlanmıştır. Orkestranın kendisi de yarım daire

şeklinde yapılmıştır ve daha düşük seviyelerde sahneler düzenlenerek orkestrada oturanlara daha iyi bir görüş açısı sağlanmıştır [7].

- *Epidaurus Tiyatrosu(İ.Ö. 330)*

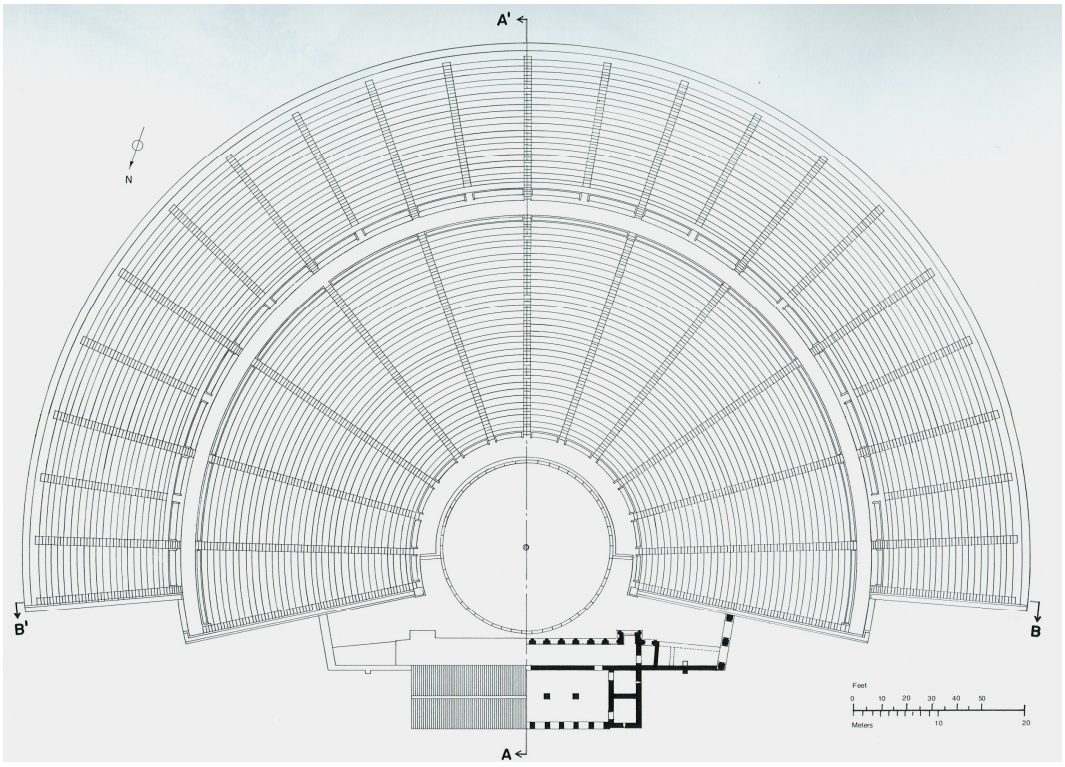
En yalın formda yapılmış ve korunmuş olan Greco-Helenistik tiyatro örneği Epidaurus Tiyatrosu'dur. Epidauros örneği Peneponese'nin kuzeydoğusunda bulunur. Tiyatro tanrısı Dionysos (M.Ö. 330) adına yapılmıştır. Seyirci kapasitesi 6000 kişiliktir. Yapımından 100 sene sonra üst kısımlara ahşap oturma düzenleri eklenerek bu sayı 14000'i bulmuştur. Bilinmeyen nedenlerden dolayı Romalılar diğer tiyatroları zamanla değiştirdikleri halde bu tiyatroda bir değişikliğe gitmemişlerdir. Epidauros gibi sessiz yerlere konumlanmış tiyatrolarda düzenli performanslar sergilenmiştir.

Yarım daire şeklindeki mermer tiyatro bir tepe yerleşimidir. Sahnenin arka planında kalan Peneponese'nin silüeti nefes kesicidir. Bu dönemlerde Yunan mimarisi pekte fazla karmaşık yapılar yapmamıştır. Yaklaşık olarak 17,000 seyirci kapasitesine sahiptir. Oturma düzenlerinin altına yerleştirilen çömlek kaplar ekoyu azaltarak tiyatronun bilinen iyi akustiğini sağlamışlardır [2].

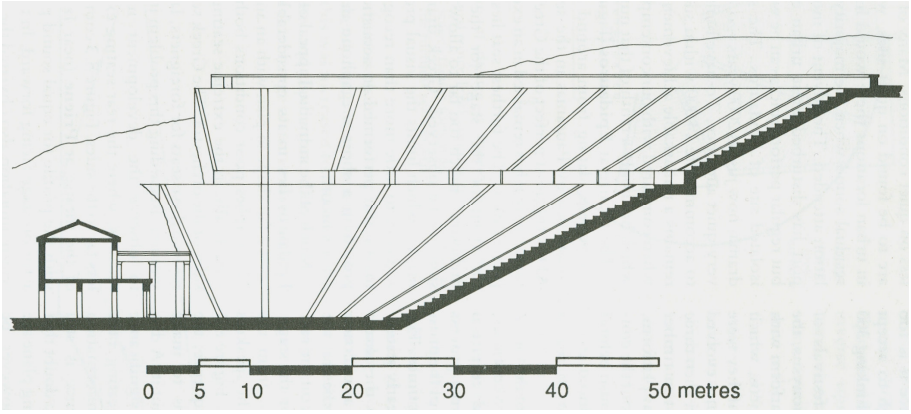
Tiyatrodaki oturma düzeni Argos'dakinin tersine orkestranın tüm derinliğinin üçte ikisini sarmıştır ve oturma banklarının detayında dikkat çekici bir incelik yapılmıştır. Oturma sisteminde ana malzeme yerel kireçtaşıdır ve çakıl dolgu üzerine monte edilmiştir. Seyircilerin ayakları için karşısındaki sıradakileri rahatsız etmeyecek kadar bir boşluk bırakılmıştır. Koridor basamakları oturma basamaklarına göre iki kat açıklıkta yapılmıştır ve koridor bitişinde rahat geçişi sağlayacak bir kaldırımla birleştirilmişlerdir.

M.S. 2. yüzyılda Yunanistan'ın en iyi akustiğe sahip tiyatrosu olarak sayılmıştır ve büyük bir şansla çok iyi korunmuştur. Sahneden en uzak oturma yeri 70 m ötesinde bulunmaktadır ve bu oyuncuların yüz mimiklerinin gözlenmesi için çok uzak bir mesafedir. Oyuncuların taktığı maskeler akustik açıdan bir megafon gibi kullanılmışlardır [2].

Epidauros örneğinin bütünsel seçiciliğini sağlayan simetrik bir yapıda olmasıdır. 210^0'lik açıyla yerleşmiş fan şekilli bir tiyatro planı orkestra yanlarda oturan seyirciler için hem görsel hem de akustik açıdan kötü durumlar içermektedir. Yunanlıların bunu çözmek için uyguladıkları yöntem oturma düzenlerini değiştirmek olmuştur [20]. Şekil 2.16,2.17 ve 2.18'de Epidaurus Tiyatrosu'nun plan ve kesiti gösterilmektedir [7].



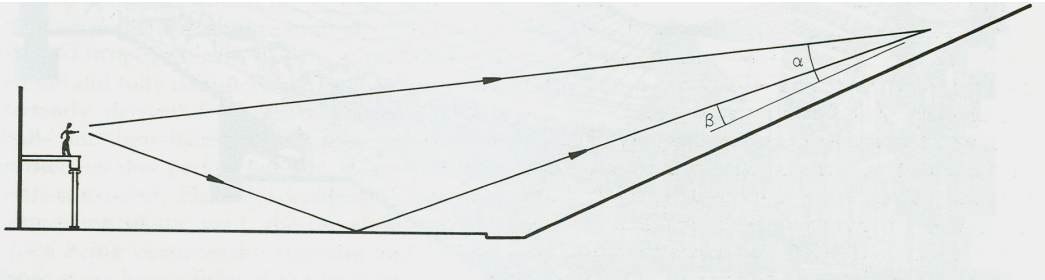
Şekil 2.16. Epidauros Tiyatrosu Planı [7]



Şekil 2.17. Epidauros Tiyatrosu Kesiti [7]

Şekil 2.18'de Epidaurus Tiyatrosu'ndaki ses geliş açıları gösterilmiştir. Cremer'in çalışmalarına göre Epidauros Tiyatrosu'ndaki direk ses iletimi ters kare kanununa uygundur ve havayla sıcaklık etkileri bazı tutarlı yollarla sesi arttırabilmiştir. Yine aynı önemde olan bir diğer özelliği ise; orkestra sahnesinin yansıtıcı olmasıdır.

Ancak Canac (1967) sahneyi yükseltmenin, seyircilerden yansıyan açıyı azaltacağından dolayı yansıyan ses dalgaları için dezavantajlı olacağını belirtmiştir [7]. Kaveanı yüksek eğimli olması yansıma açısını arttıracağından ve en arkadaki izleyiciye sesin iletimini sağlayacağından akustik bir avantaj olarak görülmektedir [20].



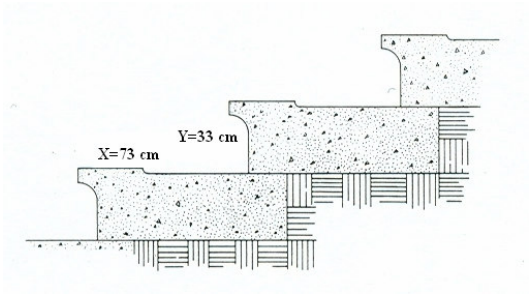
Şekil 2.18. Oturma düzlemine gelen açıları gösteren yunan tiyatrolarının uzun kesiti [7]

Canac'ın çalışmalarına göre ikinci açı her zaman 5^0'den büyük olmalıdır ve orkestranın yansıtıcılığını korumak için Yunan tiyatrolarının karakteristik bir özelliği olan yüzeysel bir sahneye ihtiyaç duyulmuştur. [7]

Epidaurus'u inceleyen bir diğer bilimadamı Shankland (1973), Epidauros'u da içeren bazı klasik tiyatrolardaki kelime telafuzlarını incelemiştir. Epidauros'da orkestranın ortasında bulunan şarkıcı için, simetri aksında ve en arka koltukta %72'lik bir kelime telafuzu olduğunu bulmuştur. Bu ölçümler tiyatro boşken yapıldığı için, taş oturma gurupları yansıtıcı özellik göstermiştir. Seyirciler olduğu zaman verimli bir yansıma sağlanamamıştır. Shankland ayrıca rüzgarlı bir havada Roma tiyatrolarında kelime telafuzunun %80'den %40'a düştüğünü belirtmiştir [7]. Şekil 2.19, 2.20 ve 2.21'de Epidaurus Tiyatrosu'nun görünüş ve detayları gösterilmektedir.



Şekil 2.19. Epidaurus Tiyatrosu-koridordan detay ve oturma basamakları [2]



Şekil 2.20. Epidaurus Tiyatrosu - X=oturma basamağı derinliği Y=oturma basamağı yüksekliği [2]



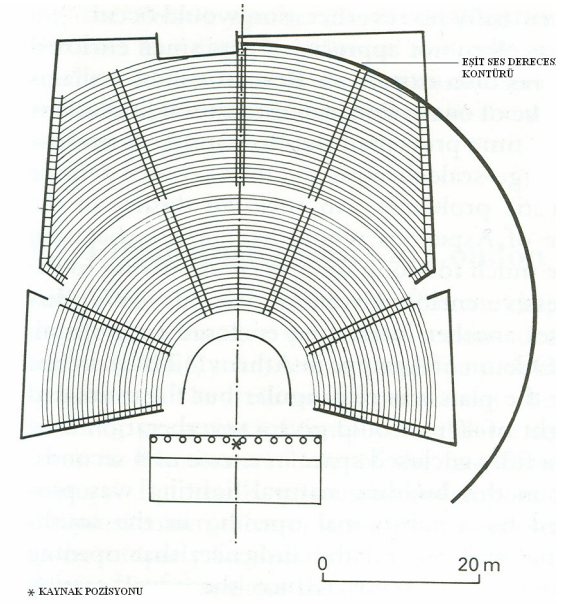
Şekil 2.21. Epidaurus Tiyatrosu görünüşü [21]

- *Priene Tiyatrosu(İ.Ö. 250-225)*

Priene Tiyatrosu İzmir'den 25 mil uzaklıktadır. İ.Ö.2. yy. başlarında Helenler tarafından inşa edilen tiyatro, İ.Ö. 2. yy. ortalarında yine Helenler, İ.S. 2. yy. başlarında Romalılar tarafından genişletilmiştir. Bu tiyatrodaki her bir eleman farklı bir modelde yerleştirilmiştir. Mimarı bilinmemektedir. Bugün tiyatronun bazı yüzey elemanları dışında birçok parçası günümüze ulaşmıştır. Oturma yüzeyleri iki parçadan oluşmuştur. Yatay blok oturma düzlemini oluştururken, dikey bloklar sırtın yerleşme düzlemini oluşturmuşlardır. Bu sistem ağırlığı sayesinde meyilli yüzeye yerleşmiştir ve bloklar bronzdan yapılmış çiviler vasıtasıyla birbirlerine geçirilmiştir. Yüzey bitişleri çok iyi bir işçilikle yapılmıştır. Oturma kapasitesi yaklaşık 5000-6500 kişi arasındadır [2].

Şekil 2.22'de Priene Tiyatrosu gösterilmiştir. Bu tiyatro düzeninde, dinleyicilerin karşısındaki aktör için eşit ses basıncı profili yapılmıştır. Bu tiyatrodaki genişlik sınırlaması önemli esaslara ihtiyaçlar doğurmuştur.

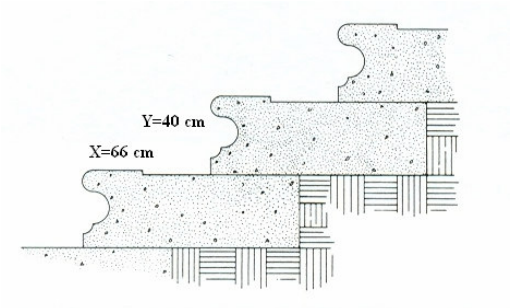
Dramatik stillerdeki değişimlerin sahne arkasının gelişimine neden olduğu belirtilmiştir. Erken dönem tiyatrolarında (Dionysus, Atina gibi) sahne yüksekliği 1-1.2 m olmuştur. Ancak bu rakam Priene ve Epidaurus örneklerinde 3-3.5 m yükseltilmiştir. Bu değişimin akustiğe etkisi, direk ses için olan oturma düzlemindeki gelen α açısının artışıdır [7]. Şekil 2.23, 2.24 ve 2.25'te Priene Tiyatrosu'nun detayları gösterilmektedir.



Şekil 2.22. Priene Tiyatrosu'nun planı [7]



Şekil 2.23. Priene Tiyatrosu- oturma basamakları ve arka planda koridor görünüşü[2]



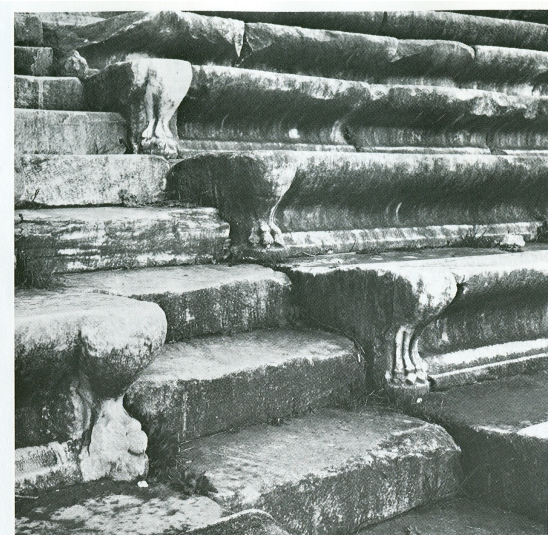
Şekil 2.24. Priene Tiyatrosu - X=oturma basamağı derinliği Y=oturma basamağı yüksekliği[2]



Şekil 2.25. Priene Tiyatrosu - Oturma basamakları önünde pederin oturma koltuğu[2]

- *Milet Tiyatrosu(İ.Ö. 240,İ.S. 275-300)*

Priene Tiyatrosu'nun birkaç mil ötesinde bulunan Milet Tiyatrosu Helenistik stilin başarılı modellemesiyle yapılmıştır. İ.Ö. 240 yılında Helenler tarafından birinci bölümünü yapılmıştır ve İ.S. 3002'e kadar sahne ve kaveaları büyütülerek inşa edilmiştir. Romalılar döneminde 15,000 kişilik bir kapasiteye ulaşmıştır. Bu nedenle Milet Tiyatrosu Helenistik-Roma birleşik yapım stilinin çok başarılı bir örneğidir [2]. Tiyatroda oturma parçaları aynı Epidaurus Tiyatrosu'ndaki gibi heykel bir blok tavrındadır ve sırt yaslama parçası arkasında bulunan yürüme düzenini rahatsız etmeyecek kadar yükseltilmiştir. Yapı malzemesi olarak beyaz mermer seçilmiştir ve kenarlarda düz bitişler sağlanmıştır [10]. Şekil 2.26'da Milet Tiyatrosu detayı gösterilmektedir.



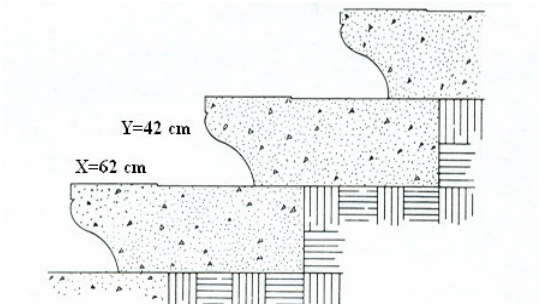
Şekil 2.26. Milet Tiyatrosu-koridor ve oturma basamaklarından detay [2]

- *Side Tiyatrosu(İ.S.127-İ.S. 175-200)*

Antalya'dan 30 mil kadar uzaklıkta, eski Side sınırları içinde Helenistik zamanların ve Roma İmparatorluğu'nun çok zengin bir döneminde (İ.S.120 ve İ.S.175-200) yapılmıştır. Tiyatronun oturma banklarının üst taraflarında taş işçilikli kemerli strüktür oluşturulmuştur. Oturma banklarındaki detaylandırmada Milet Tiyatrosu gibi aslan ayakları kullanılmıştır. Radyal iletişimi sağlayan koridorlar oturma basamaklarının iki katı sıklıkla yapılmıştır ve aynı bloktan yontulmuştur. Bu tiyatro ciddi bir depremin tahribatına maruz kalmıştır. Sahne hemen hemen tamamiyle tahrip olmuştur. Ana malzeme mermer olarak seçilmiştir [2]. Şekil 2.27, 2.28, 2.29 ve 2.30'da Side Tiyatrosu'nun görünüş ve detayları gösterilmektedir.



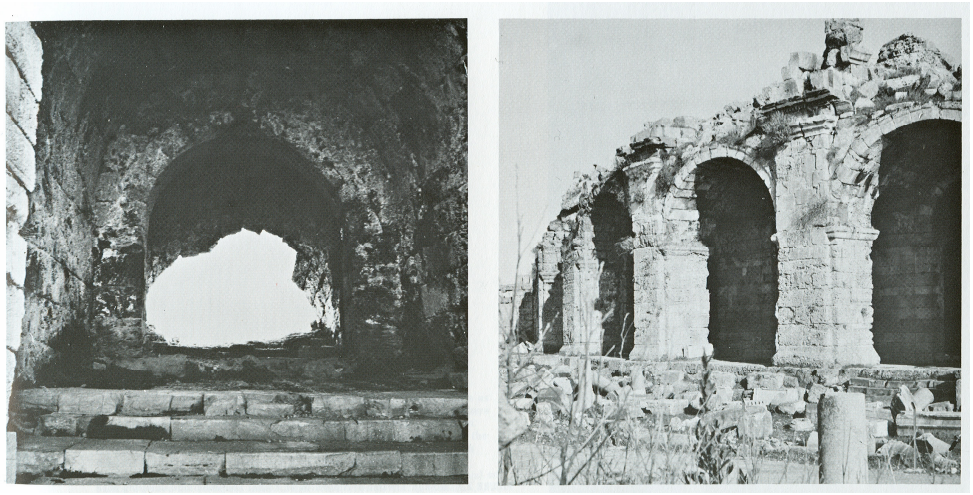
Şekil 2.27. Side tiyatrosu görünüş [21]



Şekil 2.28. Side Tiyatrosu- X=oturma basamağı derinliği Y=oturma basamağı yüksekliği [2]



Şekil 2.29. Side Tiyatrosu - koridor ve oturma basamaklarından detay [2]



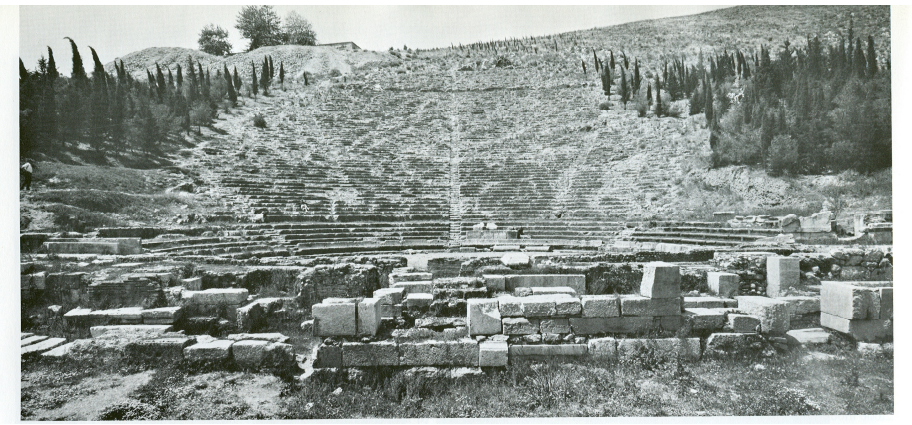
Şekil 2.30. Side Tiyatrosu - kemerlere ulaşan çıkış basamaklarının görünüşü-Antik yoldan kemerlerin görünüşü [2]

- *Argos Tiyatrosu(İ.Ö. 320)*

Argos'da ikinci olarak yapılan Helenistik tiyatro yuvarlak orkestra yanındaki ilk beş oturma sırasının son kısımları hariç genelde dikdörtgen yapılmıştır. Bu oturma sıralarından olan çıkış temelde orkestradır, üç tane çıkış solda bulunan teraslardan sağlanmıştır. Ortadaki kesişim noktasından beş ayrı çıkış bulunur. Her biri oturma sıralarının iki katı kadar sıklıkla yapılmıştır. Merkez koridor tiyatronun uzunluğuna eşittir. Bu tiyatroda oturma guruplarının yeniden yapıldığına dair hiçbir kanıt yoktur. Böylelikle tiyatronun şu andaki durumu orijinal biçimiyle aynıdır. Sahne, iki farklı özellik göstermektedir. Birincisi; yuvarlak orkestra Helenistik dönemin yüksek sahnesine uygun olarak, ikincisi ise Roma dönemine ait alçaltılmış sahneli olarak yapılmış orkestradır. Orkestra zamanla değiştirilmiştir. Sahnenin bu şekilde tekrar modellenmesine rağmen oturma gurupları sabittir. Bu tiyatro canlı taş işçiliğinin iyi bir örneğidir [2]. Şekil 2.31 ve Şekil 2.32'de Argos Tiyatrosu'nun görünüşleri gösterilmektedir.



Şekil 2.31. Argos Tiyatrosu-taş oturma basamaklarından görünüş[2]



Şekil 2.32. Argos Tiyatrosu- sahneden kalan taş oditoryum kalıntıları,önde bulunan taşlar geç Roma döneminden kalma taşlardır[2]

- *Lycurgian Tiyatrosu-Atina(İ.Ö. 326)*

Dionysus'un tekrar modellenmesi yapılan tiyatrosu Greco-Helenistik dönemin dönüşümünü ve Roma döneminin detaylarını göstermektedir. Oturma banklarının ve orkestranın görünüşü, oturma basamaklarının profili ve radyal koridorlar Epidaurus, yontulmuş taşın kıvrımlı profilleri ise Milet ve Side'deki tiyatroların özelliklerini göstermektedir. Suyun drenajını sağlayan rampalı basamaklar içermektedir. Romalılar tarafından zamanla sahne ve oturma düzenlerinde tekrar yenilemeler yapılmıştır[2]. Şekil 2.33 ve 2.34'te Lycurgian Tiyatrosu'nun detayları gösterilmektedir.



Şekil 2.33. Lycurgian Tiyatrosu-Dionysus rahibi için tekli oturma koltuğu [2]



Şekil 2.34. Lycurgian Tiyatrosu-koridor ve oturma basamaklarından detay [2]

Tiyatronun Romalılar tarafından tekrar modellenmesi İ.S. 1. yy.'dadır. Oturma banklarının kavisli köşeleri düzleştirilmiştir ve Roma tarzı düşük seviyede bir sahneyle birleştirilmiştir. [2, s : 13]

2.7.3. Roma Tiyatrosu Oturma Düzeni

Oturma banklarının daha dik ve sahneye daha yakın olması dışında Roma tiyatrolarının mantıksal yapısı Yunan tiyatrolarının mantıksal yapısına benzemektedir. Bazı detaylar farklılık göstermektedir, genellikle yapımda [2]:

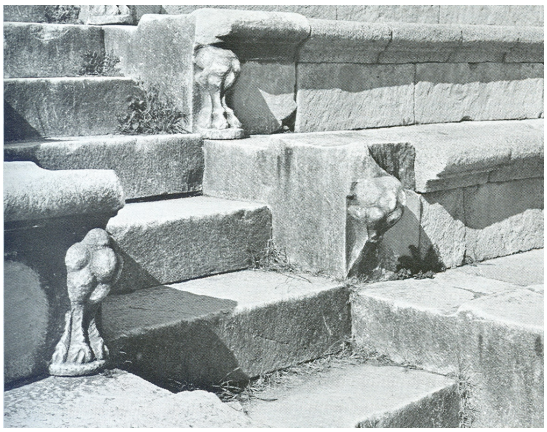
1) Taş işçiliği ile yapılmış bireysel bloklar muhtemelen çevreden temin edilmiş olup daha küçük ve kullanılabilir boyutta olmaktadır.

2) Oturma yüzeyleri yürüme yerlerine göre yükseltilmiştir, bitiş yerlerinin konveksliğine uygun olmak için konkav formlar almışlardır.

3) Sırt yerleri çoğu zaman pişmiş tuğladan üretilmiştir, ayak basamakları betonla doldurulmuş ve yatay yüzeyler mozaik ile kaplanmıştır.

- *Asklepion Tiyatrosu:*

Asklepion'daki Roma Tiyatrosu sağlık merkezi, sosyal ve rehabilitasyon fonksiyonuyla Epidaurus'a benzer özelliktedir. Helenistik bir şehir olan Pergamum'un (o zaman Roma kolonisidir) birkaç mil ötesinde bulunan Roma taş oturma düzeninin iyi bir örneğidir. Greco-Helenistik oturma düzeniyle olan benzerliği açıktır. Ancak oturma yerlerinin kıvrık köşeleri farklılık göstermektedir. Parçalar kolay taşınabilir kütleler halinde üretilmiştir. Koridor ve oturma basamakları 2:1 oranına sahiptir ve dikey olarak 180^0'lik bir açıyla yerleştirilmişlerdir. Yapım malzemesi mermerdir ve arka arkaya oturma boyutları değeri Roma tiyatrolarının ortalamasıyla eşittir [2]. Şekil 2.35'de Asklepion Tiyatrosu'nun detayı gösterilmektedir.



Şekil 2.35. Asklepion Tiyatrosu- koridor ve oturma basamaklarından detay [2]

- *Aphrodisias Odeumu(İ.S. 200)*

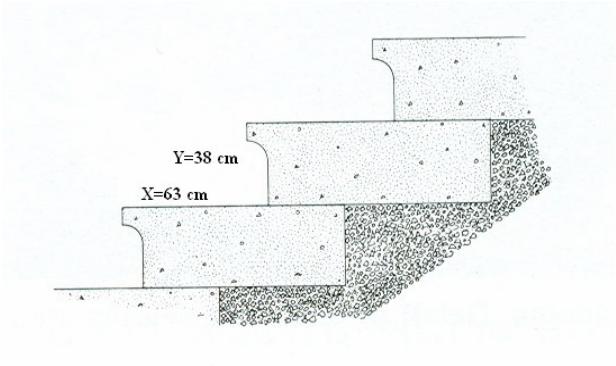
Aphrodisias'daki odeum 1.200 kişilik bir Roma tiyatrosu olmuştur. Oturma sistemi genel görünüş ve tasarım olarak Roma tiyatrolarından çok Helenistik tiyatrolarına benzer ve daha büyük bloklardan oluşmuştur. Oturma ve sırt yüzeyi aynı malzemeden yapılmıştır. Oturma sıraları arasındaki her bir blok tek olarak kesilmiştir. Üst yüzeyler düz olarak bitirilmiştir [2]. Şekil 2.36, 2.37 ve 2.38'de Aphrodisias Odeumu'nun görünüş ve detayları gösterilmektedir.



Şekil 2.36. Aphrodisias Odeumu görünüş [21]



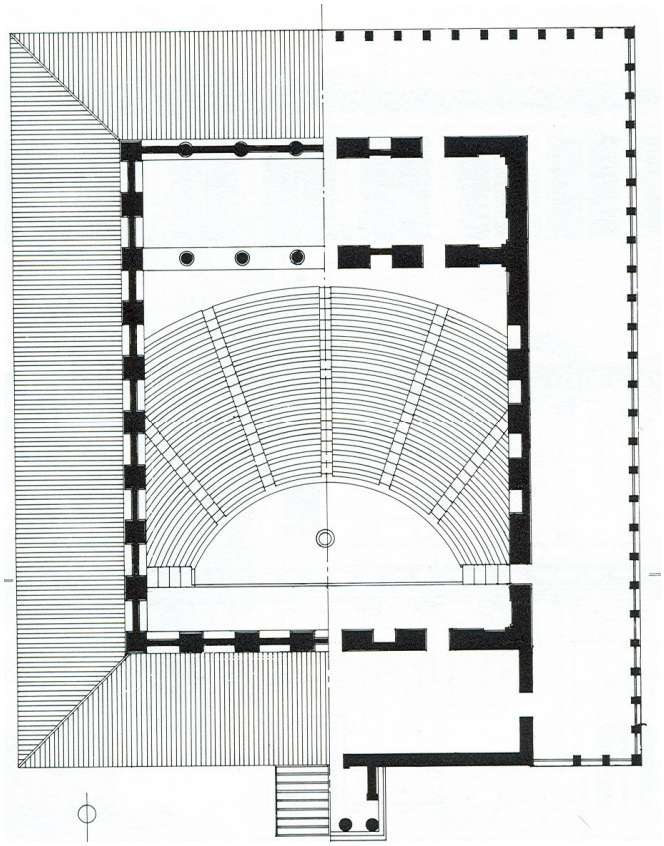
Şekil 2.37. Aphrodisias Tiyatrosu- koridor ve oturma basamaklarından detay [2]



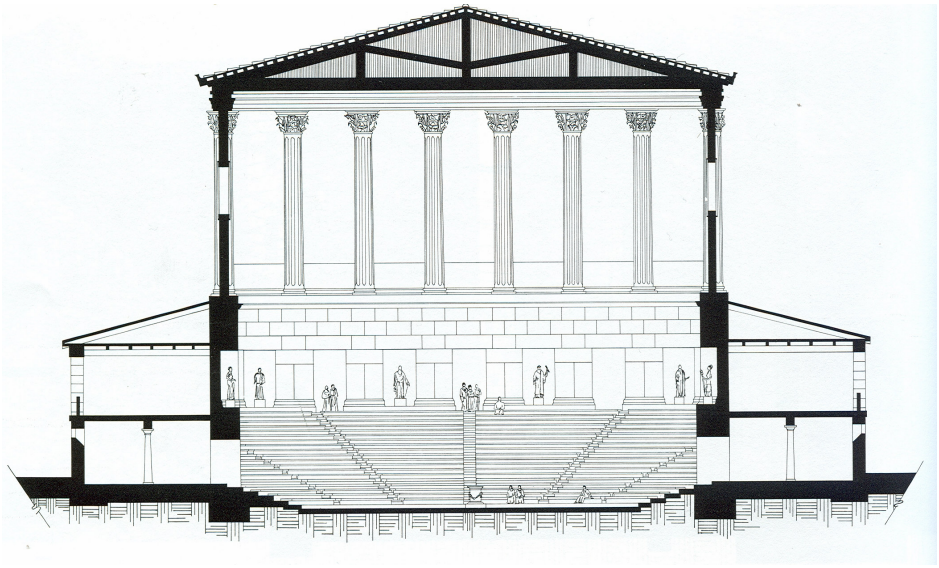
Şekil 2.38. Aphrodisias Tiyatrosu-X=oturma basamağı genişliği Y=oturma basamağı yükseliği [2]

- *Agrippa Odeumu-Atina (İ.Ö. 12)*

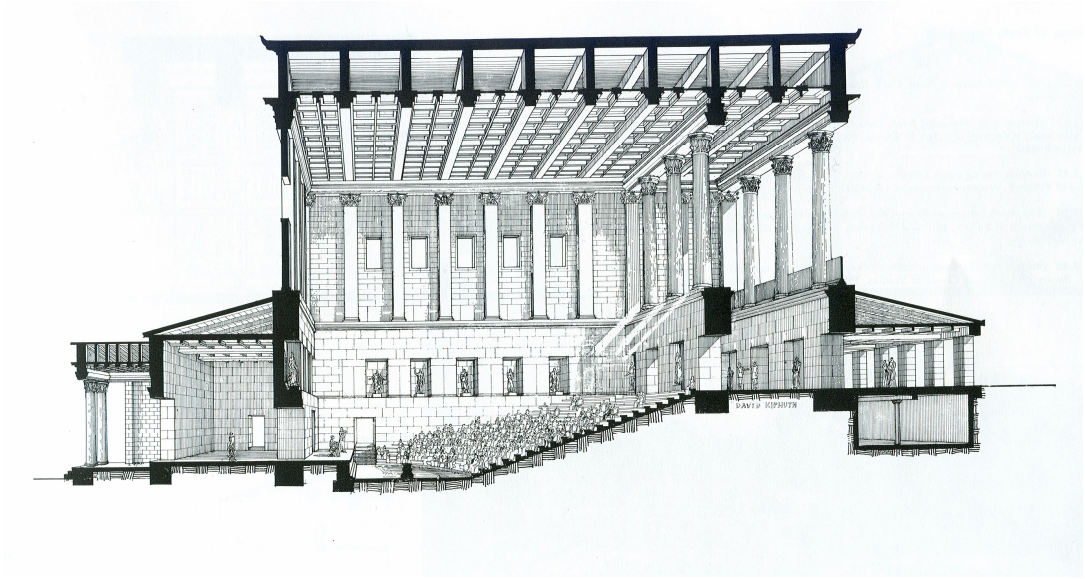
Atina'daki Agrippa Roma Odeumu eski taş işçilikli tiyatroların güzel bir örneğidir. Oturma ve yürüme yüzeyleri belirli şekilde birbirlerinden ayrılmıştır. Yapım malzemesi mermerdir. Çatısı 25 m açıklığa kadar gelebilen ahşap kirişlerden oluşmaktadır. Orkestra Roma tiyatrolarında olduğu gibi büyük bir tiyatro niteliğindedir ve oturma yüzeyleri taşınabilir niteliktedir. İkinci yüzyılın ortalarında çatısı çökmüştür. Çoğunlukla trajedi, komedi ve müzik amaçlı gösteriler için kullanılmıştır. İç mekanı heykel ve mermer taşlarla dekore edilmiştir. Oturma kapasitesi 1200 kişiliktir. Odeumun arkasında kolonlardan oluşan çift sıra duvar bulunmaktadır. Bu duvar, sahneye güneş ışığını düşürmektedir. Ayrıca giriş bölümünde açık alan oluşturacak bir meydan yapılmıştır [2]. Şekil 2.39, 2.40, 2.41 ve 2.42'de Agrippa Odeumu'nun plan, kesit ve detayı gfösterilmektedir.



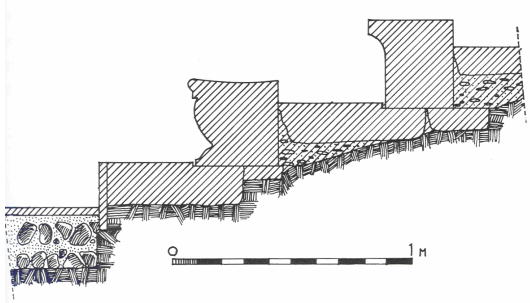
Şekil 2.39. Agrippa Tiyatrosu Planı [2]



Şekil 2.40. Agrippa Tiyatrosu enine kesiti[2]



Şekil 2.41. Agrippa Tiyatrosu boyuna kesiti[2]



Şekil 2.42. Agrippa Tiyatrosu-yürüme basamaklarından detay kesit[2]

- *Caesarea Tiyatrosu(İ.Ö. 27-İ.S. 41-54;İ.S. 200)*

Caesarea'daki Roma tiyatrosu antik bir tiyatronun modern oturma bloklarıyla restore edilmiş halinin bir örneğidir. Tiyatronun tamamlanması oldukça fazla zaman almıştır. Bu tiyatronun kazısı fiili olarak yapılan yıkımı açığa çıkarmıştır ancak alt tabakada bulunan taş işlemeli bitiş günümüze ulaşmıştır. Günümüzde yapılacak festivallere ev sahipliği yapması için tekrar restore edilmiştir. Yerleşimde bulunan orijinal taşlarla tamamlanması yapılmıştır. Kullanılan prekast yüzey panelleri mevcut strüktür üzerine serilmiştir. Bu ekonomik bir çözüm olmakla birlikte yerleşim alanına uygun bir görüntü sağlamıştır. Yapılan modern restorasyon yöntemiyle her bir parça kolayca taşınabilir olmuştur. Aynı dönemde yapılan Aspendus tiyatrosuyla karşılaştırıldığında Helenistik taş işçiliğinin örneği görülmektedir. Bu tiyatroda diğerleri gibi eğimli bir tepede olduğu için drenaj açısından uygun bir şekilde konumlanmıştır [2]. Şekil 2.43'de Caesarea Tiyatrosu'nun detayı gösterilmektedir.



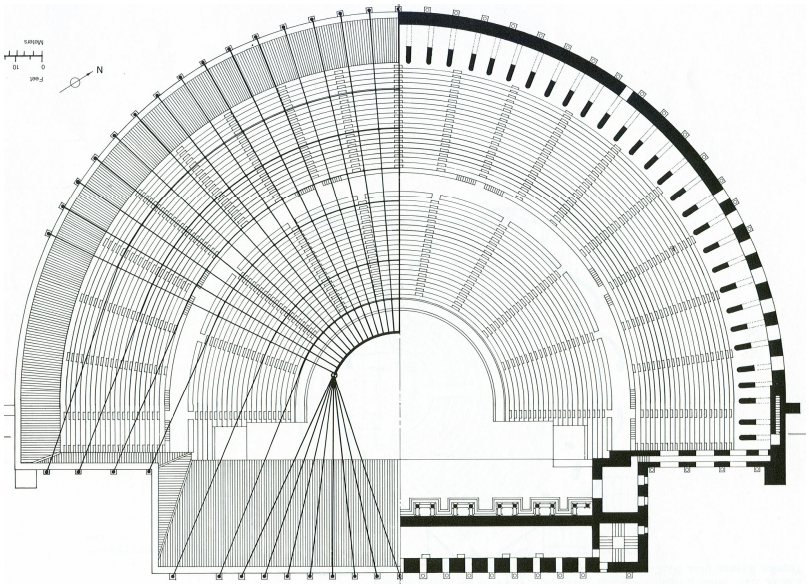
Şekil 2.43. Caesarea Tiyatrosu-restorasyon sonrası koridor ve oturma basamakları [2, s : 17]

- *Aspendus Tiyatrosu(İ.S. 139-168)*

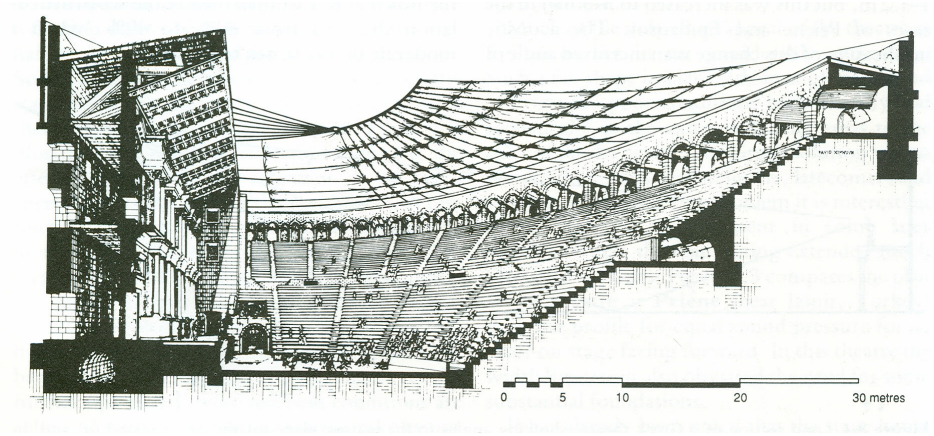
Klasik Roma açıkhava tiyatrosu olan Aspendos kuşatılmamış (nonenveloping) tiyatro tipiyle yapılmıştır. Günümüze kadar korunmuştur. 7000 kişilik bir oturma düzenine sahiptir. Ege kıyısındaki Pmphlylia kentinde blunan tiyatro yerleşimde bulunan taşlardan yapılmıştır. Ancak skene bölümünün yüzeyi %80 'i kaybolmuşta olsa restorasyonlarla ayakta kalan mermerle kaplanmıştır. Cavea bölümü kemerli bitişleri dışında tepe üzerine oyulmuştur. Tek sayıda bulunan ara geçit yolu tiyatroyu ikiye ayırmaktadır. Tiyatronun üstü seyircileri güneş ışınlarından koruyacak çadır beziyle kapatılmıştır. Bunu için 58 tane kolon tuğla duvarların içindeki soketlere

yerleştirilmiştir[7]. Şekil 2.44, 2.45, 2.46, 2.47, 2.48 ve 2.49'da Aspendos Tiyatrosu plan, kesit vr görünüşleri gösterilmektedir.

Oturma yerleri paralel olarak bölünmüştür. 20 sıra aşağıda ve 20 sıra yukarıda olmak üzere bir geçiş yoluyla ayrılmıştır. Radyal merdiven sıralarının 10 tanesi orkestradan geçiş yoluna, 21 tanesi tiyatronun en üst geçiş yoluna ulaşır ve burada 59 tane kemer sırası bulunmaktadır. Sahne önündeki oturma yerleri üst düzeydeki senatör ve rahiplere ayrılmıştır [22].



Şekil 2.44. Aspendus Tiyatrosu-Aspendus Tiyatrosu planı[7]



Şekil 2.45. Aspendos'taki Roma tiyatrosunun uzun kesit perspektifi[7]



Şekil 2.46. Aspendus Tiyatrosu oturma düzeni ve çıkış yolları [2]



Şekil 2.47. Aspendus Tiyatrosu kemerli çıkış yolu [2]



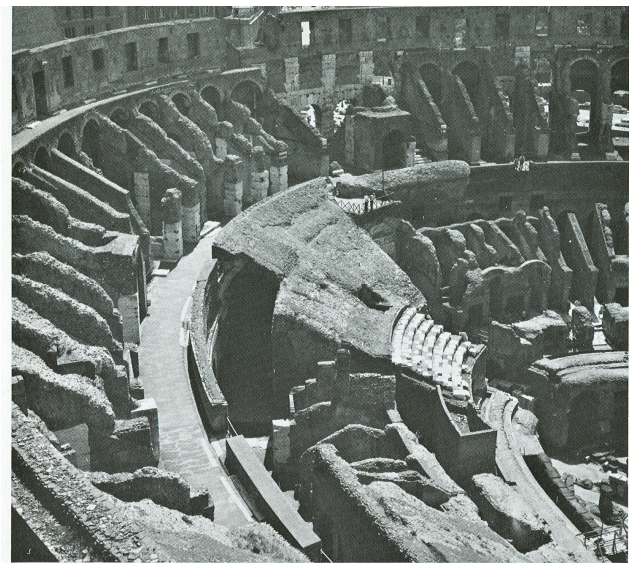
Şekil 2.48. Aspendus Tiyatrosu görünüşü [21]



Şekil 2.49. Aspendus Tiyatrosu iç görünüşü [23]

- *Colosseum (M.S. 80)*

Çok amaçlı Roma arenası olan Colosseum tam kuşatılmış (fully enveloping) tiyatro tipi örneğidir. Eski çağlardaki en büyük arenadır. Görüş çizgileri tüm oturma yerlerinde oldukça iyidir. Akustik bir problem yaşanmamıştır. Bu arena Roma'da yapılan ilk taş amfitiyatrodur. Günümüz stadyumlarında bulunan merdiven kovası sistemleri, belli katların kısa zamanda boşaltılmasına olanak sağlamıştır. Girişler açıktır ve her sosyal guruba ait oturma yerleri sıralanmıştır. Dış cephedeki dört katlı duvarlak 50 metrelik yüksekliğe sahiptir [7]. Şekil 2.50 ve 2.51'de Colosseum Tiyatrosu'nun görünüşleri gösterilmektedir.



Şekil 2.50. Colosseum-Colosseum'un oturma strüktürünün görünüşü [2]



Şekil 2.51 : Colosseum-İkinci kat sıralı kemerlerinin görünüşü-Üçüncü kat merdivenlerinin görünüşü [2]

2.8 Antik Çağ Tiyatrolarının Akustik Özellikleri

Tiyatro tasarımının tarihi M.Ö. 1. yy.'da yaşamış Romalı mimar ve mühendis Marco Pollio Vitrivius ile başlar. Yunan felsefe ve bilimini incelemiş profesyonel meslek hayatı boyunca birçok bilgi edinmiştir. Roma'daki binaların rekonstrüksiyon edilmesi döneminde mimarlık mesleğini yapmıştır. Mimarlık üzerine tezi (De Architectura) antik tiyatro yapıları hakkında bilgi kaynağı olabilecek tek eserdir. De Architectura, İmparator Augustus'a ithaf edilmiştir ve zamanın Yunan teorileri hakkında elde ettiği bilgi ve deneyimleri on kitap içinde toplamıştır. Bu kitabın yazılış tarihi tam olarak bilinmemektedir ancak M.Ö. 27 tarihinde yazıldığı varsayılmaktadır. Vitrivius'un tezinin eşsiz olmasının nedeni profesyonel bir mimar tarafından hazırlanmış olmasıdır. Anadili Latince yazılan eser yüzyıllar boyunca mimar ve mühendisler tarafından kullanılmıştır. Eser Roma döneminde üç yüzyıl boyunca kurulan şehirlerin planlanması ve mimarisine yol göstermiştir. [3]

Tiyatrolar hakkındaki bilgiler eserin içindeki beşinci bölümde anlatılmaktadır. Bu bölümde Vitrivius tiyatroyu inşa etmede kullanılacak olan tekniği anlatırken oluşturulacak akustik kalite hakkında bilgiler vermektedir. Tiyatronun yer seçiminden başlayarak, tepe eğiminin cavea inşaatını daha kolaylaştıracağını belirtmiştir. Eğer böyle eğimli bir tepe yoksa mantıklı ve pratik bir şekilde kullanılacak düz bir alan da işe yaramaktadır. Böylece; düşey görüş çizgileri için kurallar geliştirilecek ve oturma sıralarını koridorlarla (latincede diazoma) ayıracak kurallar geliştirilmiştir. Vitrivius bu diazomaların, akustik ve görüş açıları nedeniyle genişliklerinin yüksek veya düşük olamaması gerektiğini savunmuştur. Oturma

yerlerinin geometrik yüksekliğinin bozulması sahneye olan görüş ve duyma çizgilerinin kaybına neden olacağını belirtmiştir. Gerçekte, düşey kesit boyunca oturmak düz bir çizginin fonksiyonu şeklinde olmalıdır böylelikle, en alttaki oturma sırasından en üstteki oturma sırasına çizilecek olan çizgi ayak basma yerinin dik açısıyla ve ayakta duranla kesişmelidir. Buna ek olarak, alanın sesi donuklaştırdığına dikkat çekmiştir. Ses dalgalarını, bir çakıl taşının suya atıldığında oluşacak eş merkezli dalgalara benzetmiştir. 17. yy.'da Newton'un ses ile ilgili yazdığı kitapta, enerjinin elastik bir ortam içinde transferi konusu altında Vitrivius'un düşüncesini kanıtlamıştır [24].

Vitrivius'un akustiği tanımlayıp açıklaması yaşadığı dönem için oldukça etkileyicidir. Ayrıca ses girişimini ve safhalarını incelemiştir. Çınlamanın kötü etkilerini tanımlamış ve buna 'resonantia' adını vermiştir. Kitabındaki en önemli bölümü ''tiyatrolardaki ses vazoları'' olmuştur. Bu bölümde tiyatro içineki bazı yerlere yerleştirilecek vazoların sesi nasıl kuvvetlendirdiğini açıklamıştır. Matematiksel kural ve oranlara dayanarak müzikal armoni ve tiyatronun oranlarına dikkat edilirse bu vazolar ses enerjisi ile karşılaşınca sesi 4., 5. hatta 6. oktav bant frekanslara kadar güçlendirdiğini açıklamıştır. Bölümde bu vazoların tiyatronun oturma yerlerinin hangi boşluklarına taş blokları zedelemeden yerleştirileceğini göstermiştir. Bu düzenlemeyle ses sahneden bir merkezden yayılarak vazolara çarpıp daha fazla açıklıkla artacak ve oluşturacağı uyumlulukla bir ahenk armonisi yaratacaktır [24].

Vitrivius'un bahsettiği vazolar bazı spekülasyonlara ve yanlış anlaşılmalara yol açmıştır. Bu anlamda vazoların kullanılıp kullanılmadığı tam olarak bilinmemektedir. Her durumda vazolar sadece sesi güçlendirmek yerine absorbe edebilmektelerdir. Bilimsel olarak yaklaşılacak olunursa, bu tür boş bir vazo (içinde hava ve su bulunmayan) Helmholtz rezonatörü (19 yy. Alman bilimadamı Hermann Helmholtz sesin frekans bileşenlerini incelemek için cam vazoları kullanmıştır) olarak tanımlanır. Bu tür bir akustik rezonatör sadece rezonans frekans aralığında düşük frekans bandlarındaki akustik titreşimi yükseltebilmektedir. Ancak bu ses titreşimindeki yükselme sadece vazo içinde olmaktadır ve sesi etrafına yayamamaktadır. Fakat bu tür bir rezonatör ses yutuculuğu için oldukça verimlidir ama rezonans frekans aralığı civarında oldukça dar bir frekans aralığı içinde çalışmaktadır. Günümüzde rezonatörler çok dar bir frekans aralığı için yutucu olarak kullanılmaktadır. En sonunda Vitrivius bu tür vazoları kullanmanın müstesna bir durum olduğunu kabullenmiş ve Roma'da bulunan hiçbir tiyatroda bu uygulamaya gidilmemiştir. Bundan şu sonucu çıkartabiliriz ki; bu vazoların etkisi oldukça düşüktür. Ancak, kuramsal olarak bu vazoların etkisinin tiyatro içindeki ses

dağılımını ve farklı rezonans frekanslarını düzenlemesi müzik için oldukça güzel bir etki yaratmaktadır. Dar bir frekans aralığında istenmeyen yansımaları azaltacaktır. Bundan başka, Vitrivius'un tanımladığı ses vazoları M.S. 1100-1300 yıllarında Danimarka kiliselerinde kullanıldığına dair kanıtlar vardır. Bu vazolarla yapılan rezonant frekansı ölçümleri sonucu vazoların beklenen fiziksel kurallara uyduğu gözlenmiştir. Şunu ifade edebiliriz ki; Antik Yunan ve Roma tiyatrolarının mükemmel akustiği bu oturma yerleri altına yerleştirilen vazolardan dolayı olduğu belirtilemez [3].

Vitrivius 'Mimarlık Üzerine On Kitap' adlı eserinde tiyatroların arazisi,temelleri ve akustiği hakkında kendi anlatımıyla şöyle bilgiler vermektedir [25]:

1. Forum düzenlendikten sonra, oyunları ve ölümsüz tanrıların festivallerini izlemek için kitapta belirtilen kentsel alanların sağlıklılığı ilkesi uyarınca, tiyatro için mümkün olduğu kadar sağlıklı bir arazi seçilmelidir. Çünkü esen rüzgarlar, oyunlar sırasınca eşleri ve çocuklarıyla, büyülenmiş biçimde ve zevkten hareketsiz halde oturan izleyicilerin vücutlarındaki açık gözeneklerden içeri girer. Eğer bu rüzgarlar, bataklıklardan ya da daha başka sağlıksız yörelerden gelirse, sisteme zehirli soluklar sokar. Tiyatronun yerinin özenle seçilmesiyle, bu tür kusurlar önlenecektir. Bazı araziler vardır ki; doğaları nedeniyle sesin dağılmasını etkilerler. Örneğin Yunanca'da 'kakışmalılar'(dissonant), 'circumsonant'lar ve 'seselimliler'(rezonant) adı verilen sessizler vardır. Kakışmalılar(dissonant) çıkan ilk sesin yükselerek yukarıda katı cisimlere çarptıktan sonra geri geldiğinde, aşağı çökerken kendisini izleyen sesi engellediği yerlerdir. 'Circumsonant'larda ses her tarafa yayıldıktan sonra hal takıları duyulmaz ve anlamı belirsiz seslerle kaybolur. Seselimliler(rezonant) katı bir cisimle karşılaştıklarında geri çekildiklerinden yankılanırlar ve hal takılarının çift olarak duyulmalarına neden olurlar. Sessizler(consonant) aşağıdan desteklenirler ve yukarıya çıktıkça kulağa tonu belirgin ve berrak sözcükler halinde ulaşırlar. Sonuç olarak, arazi seçiminde gerekli özen gösterilirse, alınan bu önlemle, sesin etkisi bir tiyatronun amaçlarına son derece uygun olacaktır.

2. Bu alanın güneye bakmaması için de dikkatli olunmalıdır. Güneş tiyatronun kavisli kısmında tüm gücü ile parladığında, burada kısılıp dolaşamayan hava, olduğu yerde kalıp ısınır ve giderek kor sıcaklığına ulaşarak yakar, kurutur ve insan vücudunun bütün sıvılarına zarar verir. Bu nedenlerle, bu gibi yönlerden sağlıksız olan arazilerden kaçınılmalı ve sağlıklı araziler seçilmelidir.

3. Temel duvarlarının yamaç kenarında bulunması daha kolay olacaktır; ancak düzlükte veya bataklık bir yerde döşenmeleri gerekiyorsa, tapınakların temelleri konusunda üçüncü kitapta belirtildiği şekilde sağlamlık sağlanarak alt-yapı inşa edilmelidir. Temel duvarlarının üzerinde yükselen oturma yerleri, alt-yapıdan itibaren taş ve mermer malzemelerden yapılmalıdır.

4. Kavisli yatay geçitlerin(diazomalar) tiyatroların yüksekliğiyle orantılı fakat geçidin kendi genişliğinden daha yüksek olmaması gerektiği düşünülür. Daha yüksek olurlarsa, sesi yansıtarak üst kısımlardan uzaklara götürürler ve böylelikle, sözcüklerin hal takılarının yatay geçitlerin üzerindeki en yüksek yerlerde oturanların kulaklarına kesin bir anlamla ulaşmalarını önlerler. Kısaca, öyle bir düzenleme yapılmalıdır ki; en alt oturma yerinden en yüksek oturma yerine çizilecek bir çizgi, oturma yerlerinin tümünün üst kenarlarına ve açılarına değmelidir. Bu şekilde, ses hiçbir engelle karşılaşmayacaktır.

5. Değişik girişler çok sayıda ve geniş olmalı, üsttekiler alttakilerden bağımsız ve hiç sapmadan binanın her tarafından düz bir çizgi üzerinde inşa edilmelidir; böylelikle insanlar gösterilerden çıkınca, her bölümden ayrı ve engelsiz çıkış olacağından kalabalık oluşmayacaktır. Arazinin sağır olmamasına, sesin anlaşılır biçimde yükselebilmesine özen gösterilmelidir. Bu, yankılanmadan kaynaklana bir engellemenin bulunmadığı bir yer seçilirse gerçekleşebilir.

6. Ses, dokunma ile algılanan, akan bir nefes havadır. Durgun suya bir taş atıldığı zaman oluşan ve dar sınırlarla durdurulmadıkça veya bitimlerine kadar yayılmalarını önleyen bir engel bulunmadıkça merkezden sonsuza değin yayılmayı sürdüren dalgalar gibi bitmeyen sayıda daireler halinde hareket eder. İlk dalgalar, engellerle karşılaştıkları zaman geriye akarak onları izleyen dalgaları kırarlar.

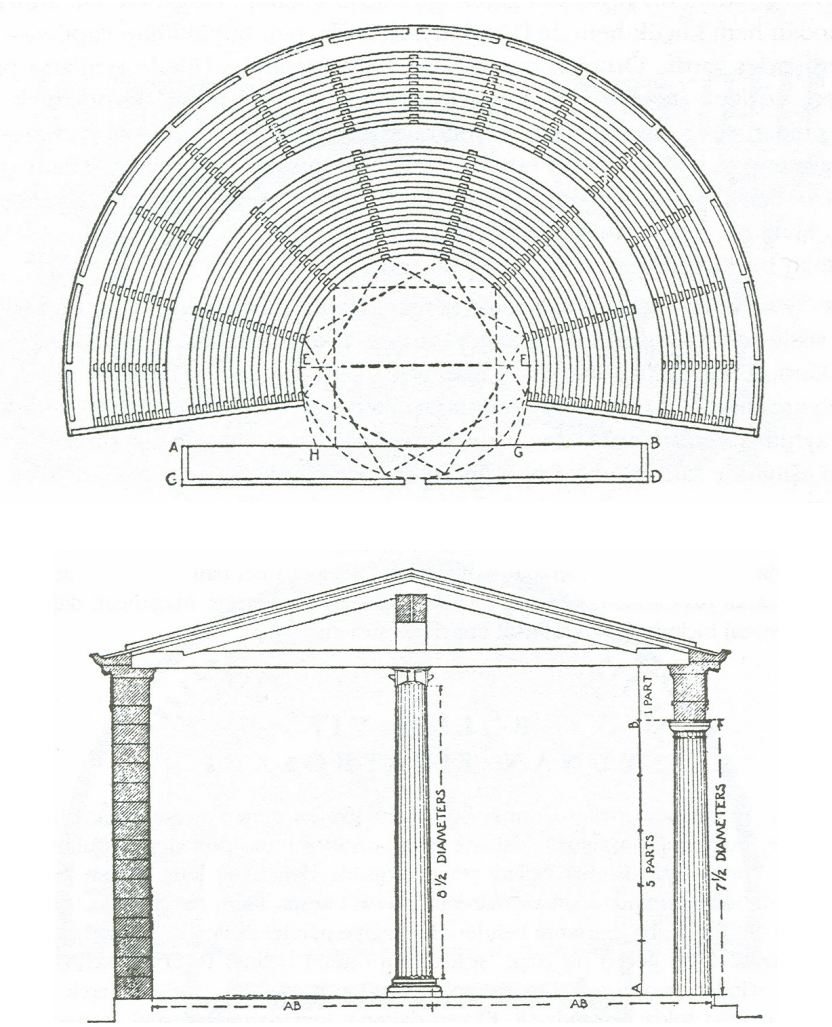
7. Aynı şekilde ses, içiçe daireler halinde hareket eder; ancak su örneğindeki gibi dalgalar düz bir yüzeyde yatay olarak seyrederken, ses yalnızca yatay değil, dikey olarak da düzenli aralıklarla yükselir. Bu nedenle, suda oluşan dalgalar örneği ses için de geçerlidir. İlk dalga onu kesecek bir engel olmadığı zaman, ikinci veya onun ardındaki dalgaları kırmadığı için, tümü de yankılanmadan en alttaki ve en üstteki seyircilerin kulağına ulaşırlar.

8. Sonuç olarak, doğayı izleyen eski dönemlerin mimarları, yükselen ses üzerine araştırmalarında, tiyatrolardaki yükselen oturma yerlerini mükemmelliğe ulaştırdılar. Matematikçilerin ve müzisyenlerin geliştirdiği kanon kuramı aracılığı ile sahnede çıkarılan her sesin daha tatlı ve berrak bir şekilde izleyicilerin kulağına ulaşması için uğraştılar. Çünkü tıpkı müzik aletlerinde, tunç levhalar veya boru

kullanıldığında tellerin tınısını mükemmel bir berraklığa erşmesi gibi, eskiler de tiyatrolarda armonik uygulamalarla sesin gücünü arttırmak için yöntemler geliştirdiler.

Vitrivius 'Mimarlık Üzerine On Kitap' adlı eserinde Yunan tiyatrolarının planları hakkında şöyle bilgiler vermektedir [25]:

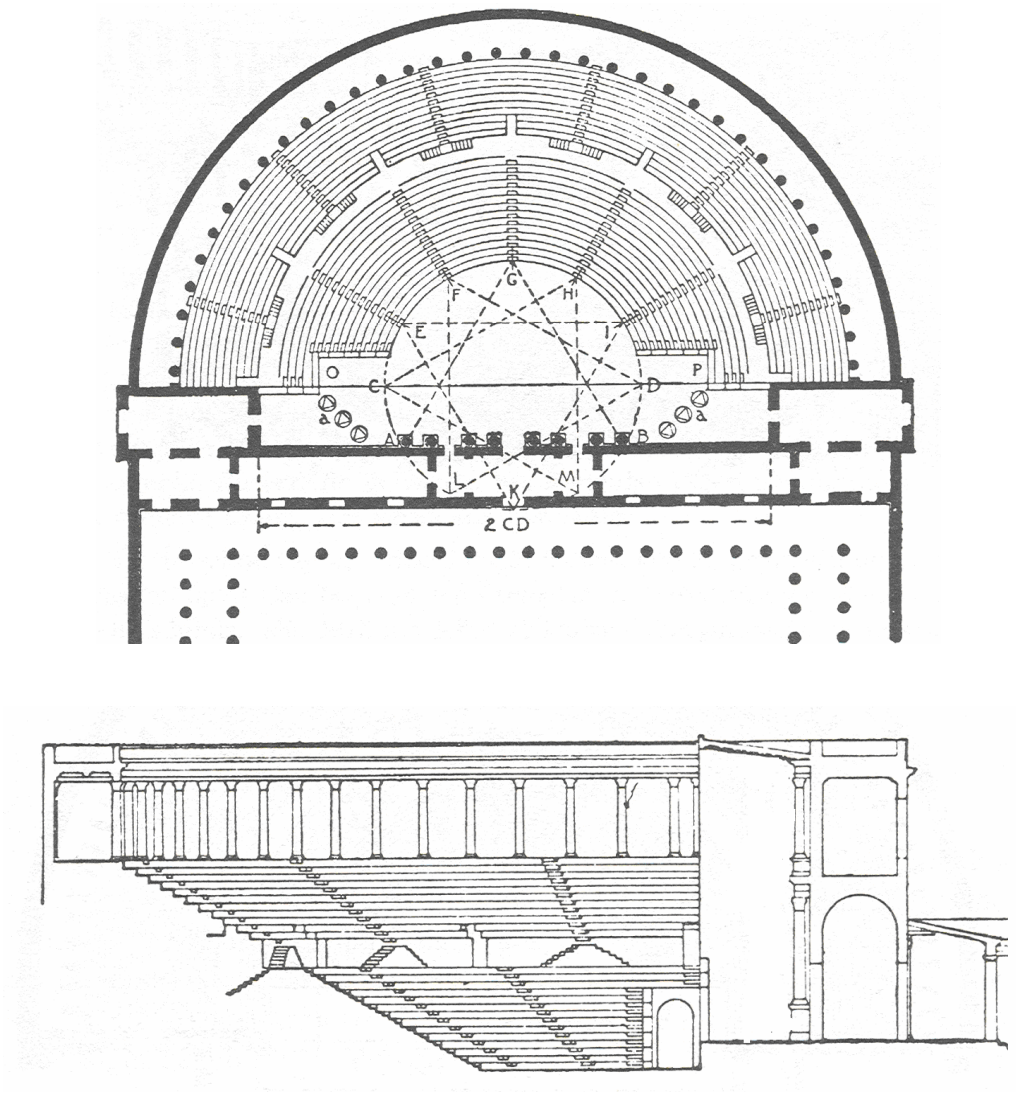
''Scaena''nın kendisi aşağıdaki şemayı izler.(Şekil 2.52) Ortada kraliyet sarayındakiler gibi süslü, çifte kapılar vardır. Sağda ve solda konuk odalarının kapıları bulunur. Geride, Yunanlılar tarafından içlerinde üç süslü yüzü ve üçgensel dönen makine parçaları bulunduğunan sahne dekoru için ayrılmış yerler vardır. Oyun değişeceğinde veya tanrılar ani şimşek gürültüleri eşliğinde sahneye çıkacağı zaman, bunlar döndürülür ve farklı dekorlu bir yüz gösterilir. Bu yerlerin gerisinde, biri forumdan diğeri ise dışarıdan olmak üzere sahneye uzanıp giriş veren kanatlar vardır.



Şekil 2.52. Vitrivius'a göre Yunan Tiyatrosu plan ve kesiti [22]

Vitrivius 'Mimarlık Üzerine On Kitap' adlı eserinde Roma tiyatrolarının planları hakkında şöyle bilgiler vermektedir [25]:

1. Ana merkezi saptadıktan sonra, aşağıda bunun sınırlarını belirleyecek olan çevre çizilir; içerisine de, birbirinden eşit uzaklıkta olan dairenin sınır çizgisine değen dört eşkenar üçgen çizilir. Bu üçgenlerden kenarı skeneye en yakın olanını alarak skenenin önünü, o kenarın dairenin kavisiyle kesiştiği yerdeki çizgi (A-B) ile belirlenir; sonra sahne platformunu orkestra yerinden ayırmak için o noktadan başlayarak merkezden paralel bir çizgi (C-D) çizilir (Şekil 2.53).



Şekil 2.53. Vitrivius'a göre Roma Tiyatrosu plan ve kesiti [22]

2. Platform, Roma tiyatrolarında Yunan tiyatrolarına göre daha derin olmalıdır çünkü oyuncular sahnede oynarken, orkestra, senatörlere ayrılmış olan oturma

yerlerini de kapsar. Bu platform yüksekliği, orkestrada oturanların sahnedeki tüm oyuncuları izleyebilmeleri için, beş ayaktan fazla olmamalıdır. Yukarıdaki oturma bölümleri aşağıdakilerin ortalarına gelecek şekilde düzenlenmeli, basamaklı geçitler, aşağıdakilere göre birer atlayarak yerleştirilmelidir.

3. Aşağıda basamakların yönlerini veren açılar yedi tanedir(C, D, E, F, G, H, I). Diğer beş açı skenenin düzenini belirleyecektir. Böylelikle ortadaki açının karşısına 'kraliyet kapısı' K gelmelidir. Sol ve sağ açılar (L ve M) konuk bölümlerinin kapı konumlarını verirken, en dıştaki iki açı (A ve B), ise kanatlardaki geçitleri gösterecektir. İzleyicilerin oturma yerlerinin basamak yüksekliği bir ayak ve bir avuçtan az, bir ayak ve altı parmaktan fazla olmamalıdır. Derinlikleri de iki buçuk ayaktan fazla iki ayaktan az olmayacak şekilde belirlenmelidir.

4. En üstteki oturma dizilerinin üzerine yapılacak revakların çatısı, sesin çatıya ve en üstteki oturma yerlerine kadar aynı güçte yükselebilmesi için 'scaena'nın tepesi ile aynı hizada olmalıdır. Eğer çatı yüksek değilse, alçaklığı oranında, sesi ilk ulaştığı yerde engelleyecektir.

5. En alttaki basamakların arasındaki orkestra çapının altıda biri alınır, her iki tarafta uçlardaki alt oturma yerlerini girişler (O,P) için gereken yükseklikte çıkarılır. Bu kesmenin yapıldığı noktada,giriş kemerlerinin iç yüzeyleri belirlenir. Tonozların yüksekliği böylelikle yeterli olacaktır.

6. 'Scaena'nın uzunluğu,orkestra çapının iki katı olmalıdır. Podyumun yüksekliği, sahne hizasından başlayarak orkestra çapının onikide biri kadardır. Podyumun üzerinde, başlık ve kaidelerle birlikte sütunlar,aynı çapın dörtte biri yüksekliğinde olmalı,sütunların baş tabanları ile süslemeleri ise yüksekliklerinin beşte biri kadar olmalıdır.

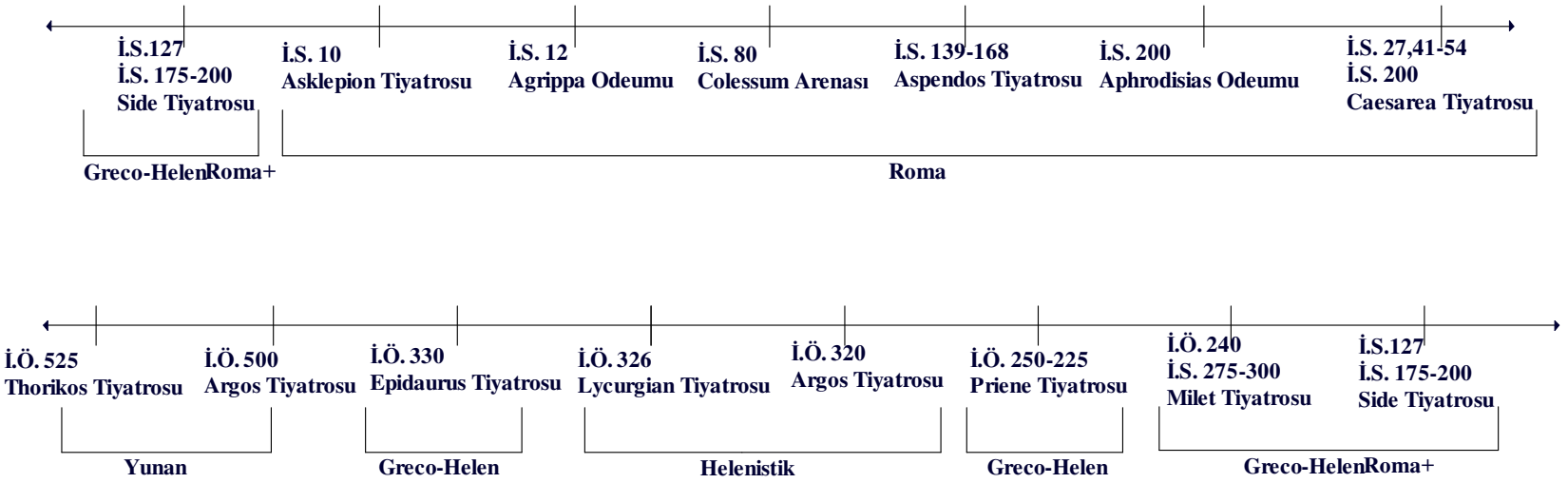
Yukarıdaki parapet,kyma ve koronası ile birlikte, aşağıdakinin yarı yüksekliğindedir. Bu parapetin üzerindeki sütunların yüksekliği aşağıdakilerden dörtte bir oranında alçak olmalı,bunların baştabanlarıyla süslemeleri ise yüksekliklerin beşte biri olmalıdır. 'Scanea' üç katlı olacaksa, en üstteki parapet ortadakilerden dörtte bir oranında alçak olmalıdır; bu sütünların baştabanlarıyla süslemeleri önceki gibi yüksekliklerinin beşte biri olmalıdır. 'Scaena' üç katlı olacaksa,en üstteki parapet ortadakilerden dörtte bir oranında alçak olmalıdır. Bu sütunların baştabanlarıyla süslemeleri önceki gibi yüksekliklerinin beşte biri olmalıdır.

7. Ancak, bu bakışım kurallarının tüm tiyatrolarda her koşulu ve gereksinimi karşılaması olanaksızdır; fakat mimar bakışım ilkesini hangi ölçüde uyarlayacağını

gözden geçirerek arazinin özelliğine veya yapıtın büyüklüğüne göre hangi değişikliğin yapılması gerektiğini düşünmelidir. Doğal olarak, kullanım açısından hem küçük hem de büyük tiyatrolarda aynı büyüklükte yapılması gereken şeyler vardır. Örneğin basamaklar, kavisli yatay geçitlerle bunların parapetleri, geçitler, merdivenler, sahneler, kürsüler ve kullanımı aksatmamak için bakışımdan vazgeçilmesini gerektiren diğerleri gibi. Bundan başka, yapım sırasında mermer, kereste veya herhangi başka bir malzeme yeterince sağlanamazsa, fazla ileri gitmeden akıllıca yapılan az bir eksiltme veya çoğaltma yanlış olmaz. Mimarın, zeka ve ustalıktan yana eksikliği olmayan, uygulamalı deneyimi bulunan bir kişi olması durumunda mümkündür.

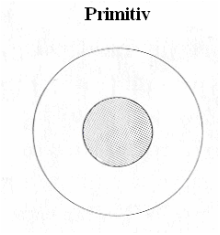
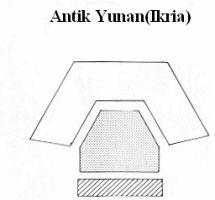
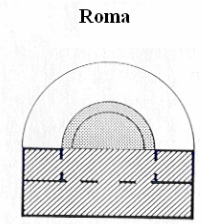
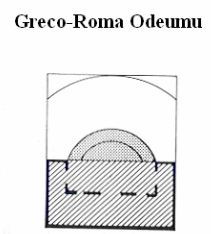
2.9. Genel değerlendirme

Antik çağ tiyatrolarında Yunan,Helen ve Roma uygarlıklarının izleri görülmektedir. Sırasıyla primitiv(ilkel), Antik Yunan(Ikria), Klasik Yunan, Greco-Helen, Roma ve Greco-Roma olarak dönemlere ayrılmaktadır. Bu dönemlerdeki tiyatrolarda sırasıyla akustik ve görsel açıdan bütünlük sağlamak için formlarda gelişmeler sağlanmıştır. Ayrıca tüm bu tiyatro formları kendi içlerinde kuşatılmamış(nonenveloping), kısmen kuşatılmış(partially enveloping) ve tamamen kuşatılmış(fully enveloping) olarak üç bölüme ayrılmaktadır. Dönemler ve tiyatro inşa tarihleri Şekil 2.54'te, biçimler ve sahne düzenleri hakkındaki sıralama Tablo 2.4'te belirtilmiştir. Yunan tiyatrosuyla gelişmeye başlayan tiyatro tasarımı süreci mimarlık ve teknoloji ilerledikçe Roma döneminde mükemmelliğe ulaşmıştır. Şehir merkezlerinde veya yakın yerlerde konumlandırılan tiyatrolar uygarlıkların bütünleşmesini ve görsel sanatların gelişmesini desteklemiştir.



Şekil 2.54. Dönemler ve tiyatro inşa tarihleri

Tablo 2.4. Antik çağ tiyatrolarının biçim ve mimari düzenleri

	YUNAN DÖNEMİ		**HELEN DÖNEMİ**	**ROMA DÖNEMİ**	
BİÇİM	Kuşatılmış (Fully Enveloping) Primitiv 	Kısmen Kuşatılmış (Partially Enveloping) Antik Yunan(Ikria) 	Kısmen Kuşatılmış (Partially Enveloping) Greco-Helenistik 	Kuşatılmamış (Non enveloping) Roma 	Kuşatılmamış (Non enveloping) Greco-Roma Odeumu 
TİYATRO DÜZENİ	Açık Hava	Açık Hava	Açık Hava	Açık Hava	Açık Hava
SAHNE DÜZENİ	Dairesel Sahne Yuvarlak Orkestra	Dikdörtgen Sahne Asimetrik orkestra	Dikdörtgen Sahne Yuvarlak orkestra, yüksek sahne arkası	Dikdörtgen Sahne Yarım daire orkestra, düşük sahne, yüksek sahne arkası	Dikdörtgen Sahne Yarım daire orkestra, düşük sahne, yüksek sahne arkası
OTURMA DÜZENİ	Dairesel Oturma Düzeni 20^0-34^0 eğim	Lineer Oturma Düzeni 20^0-34^0 eğim	Kesik Daire Oturma Düzeni Eğimden bağımsız yerleşim Mevcut kaçış yerleri	Yarım Daire Oturma Düzeni Eğimden bağımsız yerleşim Sahneye yakın dik konkav köşeler	Kesik Daire Oturma Düzeni Eğimden bağımsız yerleşim Mevcut kaçış yerleri

2.10 Antik Çağ Tiyatroları Hakkında Yapılan Çalışmalar

Antik tiyatroların akustiğinin incelenmesi konusunda yapılan en son çalışma ERATO (İdentification, Evaluation and Revival of the Acoustical Heritage of Ancient Theatres) dur. Bu projenin amacı bazı antik tiyatro ve odea örneklerinin üç boyutlu sanal ortamda akustik ve görsel olarak yeniden oluşturulmasıdır. Bu çalışmanın ERATO projesine olan yardımı ise antik tiyatroların akustik ölçümler yardımıyla ses alanının incelenmesidir.

ERATO projesinden önce antik tiyatroların akustiği hakkında bazı önemli çalışmalar yapılmıştır. ERATO projesi kapsamında İtalya'da bulunan 'Universite degli Studi di Ferrera' Üniveristesi'nde Antik Çağ tiyatroları hakkında yapılan literatür taramasında geçmişte bu konuyla ilgilenen mimar akustikçiler saptanmıştı. Bu çalışmalar sırasıyla şöyledir:

a) Canac 'L'acoustique des theares antiques' kitabında bulunan antik tiyatrolar hakkındaki hacim akustiğini incelemiştir. Canac çalışmasında toplam ses düzeyinin duyma açısı ile tiyatronun eğimi arasındaki ilişkinin bir fonksiyonu olduğunu söylemiştir [3].

b) Izenour 'Theatre design' adlı kitabında tiyatro tasarımını anlatmaya antik Yunan tiyatrolarından başlamaktadır [2].

c) Shankland ''Acoustics of Greek thatres'' kitabındaki hipotezi konuşmanın anlaşılabilirliği için yapılan ölçüm sonuçlarına dayanarak kenar basamaklardan gelecek erken saçılmaların önemli bir rol oynamakta olduğunu belirtmiştir.

d) Cremer ve Muller ''Principles and aplications of room acoustics'' adlı kitabında daha önceki çalılşmalarda da belirtilen caveanın eğimini yükseltmenin önemli bir tiyatro tasarım kuralı olduğunu vurgulamışlardır . Sahnenin yüksekliğinin akustik kaliteyi etkileyecek bir etken olduğunu belirtmiştir. [26].

Bazı antik tiyatrolarda akustik parametre ölçümleri yapılmıştır. ''Universite degli Studi di Ferrara'' üniversitesinde yapılan araştırmalara göre ölçüm yapılan tiyatrolar ve sonuçları şöyledir:

a) Papathanasopoulos ''Acoustiche messungen in theatre von Epidaurus'' kitabında Epidaurus tiyatrosunda yapılan akustik ölçümlerin sonuçlarını vermiştir. Ses düzeyi, konuşmanın anlaşılabilirliği ve çınlama zamanı analiz edilmiştir. Antik Çağ

tiyatrolarındaki iyi akustiğin nedeninin görkemli mimarilerine ve dönem mimarlarının başarılarına dayandığını belirtmiştir [3].

b) Irkli ‘‘Acoustical properties of ancient theatres’’ adlı tezinde Aspendos, Perge ve Termessos tiyatrolarında yapılan akustik ölçümlerini simulasyon sonuçlarıyla birlite incelemiştir [3].

c) Gullo ‘‘Caratteristiche in regime impulsivo del theatro antico di Segesta’’ adlı kitabında Sicilya’da bulunan Segesta tiyatrosunda yapılan akustik ölçümleri açıklamıştır [3].

d) Vassilantonopoulos ‘‘A study of ancient Greek and Roman theatre acoustics’’ adlı makalesinde Epidaurus tiyatrosunun akustik özelliklerini analiz ederek Dodoni ve Patras tiyatrolarıyla karşılaştırmıştır [3].

e) Ayrıca Chourmouziadou ‘‘Acostistic simulation of ancient Greek and Chinese performance spaces’’ adlı kitabında Epidauros’un farklı sahne biçimlerinde akustik simulasyonunu yapmıştır [3]

3. AÇIKHAVA TİYATROLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN AKUSTİK PARAMETRELER

Hacim akustiği ile ilgili araştırmalar, Boston Senfoni Salonu'nun yapılması ile birlikte literatürde belirmeye başlamış ve Wallace Clement Sabine'nin ortaya koyduğu ''çınlama süresi'' parametresi, hacim akustiği tasarımı için bir dönüm noktası olarak günümüze kadar gelen en önemli nesnel hacim akustiği parametresi olarak kabul edilmiştir. Akustik bilimindeki, özellikle fizyoakustik konusundaki gelişmeler son 30-40 yıl içerisinde salonların geometrik tasarımlarını etkileyecek hale gelmiştir. Yapılan araştırmalar, günümüzde en az çınlama süresi kadar önemli olan başka parametrelerin de varlığını ortaya koymuştur. Bu parametreleri başlıca üç bölümde incelemek mümkündür [27]:

1- Hacimlerin akustik özelliklerini belirten nesnel akustik parametreler (nesnel değerlendirme kriterleri)

2- Hacim akustiğinin dinleyiciler üzerinde bıraktığı izlenimleri belirten, öznel akustik parametreler (öznel değerlendirme kriterleri)

3- Nesnel ve öznel akustik değerlendirmelerde etkili olan ve önceden belirlenen istekler doğrultusunda değişen tasarım parametreleri (geometrik parametreleri)

Aşağıda öznel ve nesnel akustik parametrelerin kısaca açıklamaları verilmiştir.

3.1. Öznel Akustik Parametreler

Bir hacmin akustik performansının değerlendirilmesi, dinleyicilerin kişisel zevk ve algılamalarına bağlı olarak saptanan öznel kriterlere dayanmaktadır. Bu nedenle hacimlerin akustik tasarımına yönelik olarak yapılan çalışmalar dikkatle incelendiğinde; araştırmacılar tarafından farklı önem dereceleri verilmesine rağmen, aşağıda belirtilen dokuz öznel parametrenin, hacimlerin akustik kalitesini belirleyen en önemli parametreler olarak kabul edildiği belirtilmektedir [27].

3.1.1. Ses Dolgunluğu ve Canlılık (Fulness of Tone and Liveness)

Konser verilen bir hacimde, müzik aletlerinden yayılan ses aniden kesildiğinde yaklaşık 1.5-2.0 s boyunca çınlama süresinin etkisi hissedilmektedir. Müzik ve dinleyici arasındaki birlikteliğin artması için çınlamanın iki özelliği etkili olmaktadır. Birincisi çınlama süresinin ve ilk yansımaların oluşturduğu, ilk düşme süresinin uzunluğu, ikincisi gecikmiş yansımaların ses yüksekliğinin, ilk yansımaların ses yüksekliğine oranıdır. Bir hacmin, kaynaktan yayılan sesleri direkt olarak dinleyiciye ulaştıracak şekilde tasarlanması durumunda kaynaktan yayılan seslerin büyük çoğunluğu direkt sesle aynı anda dinleyiciye ulaşmakta ve müzik dolgunluğu etkisi kaybolmaktadır. Hacmin iç yüzeylerinin şekline ve özel ses yansıtıcı panellerin uygulamasına bağlı olarak ses dolgunluğu yaratılması sağlanabilmektedir. Çınlama süresinin yüksek olduğu bir hacim "canlı" olarak algılanmakta ve belirli bir miktar ses dolgunluğuna sahip olmaktadır. Bir hacmin canlılığı; özellikle 350 Hz ve üzerindeki frekanslardaki çınlama süresinin yüksekliği ile sağlanabilmektedir [27].

3.1.2. Belirlilik ve Açıklık (Definition and Clarity)

Bir hacimdeki belirlilik ve açıklık, bir müzikal performans içerisindeki farklı tonların dinleyici tarafından öznel olarak algılanıp algılanmaması ile ilişkilidir ve müzisyenlerin performansı ile hacmin akustik koşullarına bağlıdır. Yatay ve düşey olmak üzere iki farklı belirlilik bulunmaktadır. Yatay belirlilik; aralıklı olarak çalınan tonlar için uygulanmakta ve nesnel olarak ölçümde T'nin uzunluğu ve ilk yansımaların enerjisinin, gecikmiş yansımaların enerjisine oranı (ses dolgunluğunun tersine) kullanılmaktadır. Düşey belirlilik; simultane olarak çalınan tonlar için uygulanmakta ve müzisyenlerin yeteneğine, hacmin akustik özellikleri ile dinleyicilerin dikkatine bağlı olmaktadır. Açıklık; hacimde icra edilen müziğin içerisindeki detayların, dinleyiciler tarafından algılanması ve fark edilmesi şeklinde tanımlanmaktadır [27]

3.1.3. Samimilik (Intimacy)

Akustik samimilik içinde müzik icra edilen hacmin büyüklüğünün, dinleyiciler tarafından nasıl algılandığını değerlendiren öznel etkidir. Her müzik stili için hacim içi akustik samimiliğin sağlanması gereklidir, bu yüzden, hacmin akustik açıdan uygun boyutları varmışçasına bir algılama sağlaması oldukça önemlidir. Samimi olarak nitelenen bir hacimde dinleyiciler kendini icra edilen performansın bir parçası olarak hissetmektelerdir [27].

3.1.4. Mekansal Algılama (Spaciousness, Spatial Response)

Dinleyici noktasına kuvvetli yanal yansımalar ulaştığında, dinleyiciler öznel olarak kendisini müzikle sarılmış ve icra edilen müziğin bir parçası olarak görmekte ve mekanın genişliğini algılamaktalardır. Bu öznel parametre ilk ve gecikmiş yanal yansımalar ele alındığında aşağıda tanımlanan iki farklı bileşenle, öznel etkiyi değerlendirmektedir [27].

a) Algılanan Kaynak Genişliği (Apparent Source Width)

Bir hacmin içerisinde icra edilen müziği dinleyicilere, kaynağın gözle görülen genişliğinden çok daha geniş olduğu izlenimini verecek şekilde hissettirebiliyorsa, öznel olarak mekansal genişliğe sahip kabul edilmektedir. Algılanan kaynak genişliği, yüzeye gelen dalganın alçak frekans bileşenleri arttıkça artmakta ve yanal yansımaların alçak frekans bileşenleri çıkarıldığında azalmaktadır.

b) Dinleyicinin Hacimce Kuşatılmışlığı (Listener Envelopment)

Mekansal genişliğin ikinci bileşeni olan hacimce kuşatılmışlık, gecikmiş seslerin, yüksekliğine ve geliş yönüne bağlı olarak, dinleyicide uyandırdığı öznel etkidir. Hacimce kuşatılmışlık değeri, gecikmiş yansımaların dinleyici üzerinde, yönden bağımsız olarak tüm yönlerden eşit geliyormuşçasına bir etki bırakması durumunda çok yüksek olarak değerlendirilmektedir.

3.1.5. Tını ve Ses Rengi (Timbre and Tone Colour)

Tını bir müzik aletinin veya bir vokalin sesini diğerlerinden ayırmamıza yarayan ses bileşenidir. Ses rengi, tını bileşimleri tarafından ortaya konulan bir etkidir ve alçak, orta ve yüksek frekansların ses yüksekliği arasındaki denge ile orkestranın kendi içindeki dengeye bağlıdır. Hacmin sahip olduğu akustik koşullar, ses rengi ve tınıyı etkilemektedir. Yutuculuğun fazla olduğu frekanslarda, tüm orkestra dinleyicide öznel olarak yetersiz bir etki bırakmaktadır [27].

3.1.6. Bas Seslerin Sıcaklığı (Bas Warmth)

Müzikte sıcaklık, bas seslerin (alçak frekanslı seslerin) canlılığı yada bas seslerin ortalama frekanslardaki seslere oranla dolgunluğu olarak tanımlanmakta ve bas seslerin dolgunluğu, alçak frekanslar (75-350 Hz) ile orta frekanslardaki (350-1400 Hz) çınlama süresi uzun olduğunda oluşmaktadır [27].

3.1.7. Ses Yüksekliği (Loudness)

Sesin yeterince yüksek olarak algılanması salonun akustik kalitesinin değerlendirilmesi açısından oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Ses yüksekliği, dinleyicilerin hacmin içerisindeki sesi, bir orkestranın sesine göre göreceli olarak nasıl algılandığının bir göstergesidir. Günümüzde en önemli parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir. Hacim içerisinde ilk yansımaların ve gecikmiş yansımaların ses yüksekliğinin öznel değerlendirmelerde farklı etkileri olduğu belirlenmiştir [27].

3.2. Nesnel Akustik Parametreler

Kapalı bir hacimde yer alan bir ses kaynağının açılması ile birlikte, kaynaktan çıkıp pek çok doğrultuya yayılan sonsuz sayıda ışından söz edilebilir. Bu ses ışınları, yeterli bir sürenin sonunda hacmin yüzey yutuculuğu, geometrisi ve büyüklüğü gibi etkenlere bağlı olarak yansıyarak yada yutularak hacmin tümünü doldurur. Kaynağın sabit ve sürekli olduğu bir hacimde, sesin gelişim bölümü denilebilecek bir süreçte, yansıyan ve yutulan enerjiler birbirine eşit olana kadar, ses düzeyinde bir miktar artış gözlenmektedir. Bu artış önceleri çok hızlı gerçekleşirken, daha sonraları yavaş seyreder. Yansıyan ve yutulan seslerin birbirine eşit olması ile denge durumuna ulaşılmış demektir. Bu andan itibaren, kaynakta bir değişim olmadığı sürece, hacimdeki çınlamış ses düzeyinde herhangi bir değişimden söz edilemez.

Bu bölümde hacim akustiğinde kullanılan başlıca nesnel akustik parametreler anlatılacaktır. Ülkemizde akustik terimler konusunda henüz bir dil birliği sağlanamamış olması nedeniyle, anlam karmaşasını ortadan kaldırabilmek amacıyla, temel parametrelerin yanında İngilizce karşılıkları da verilecektir.

3.2.1. Erken Düşme Süresi (Early Decay Time - EDT)

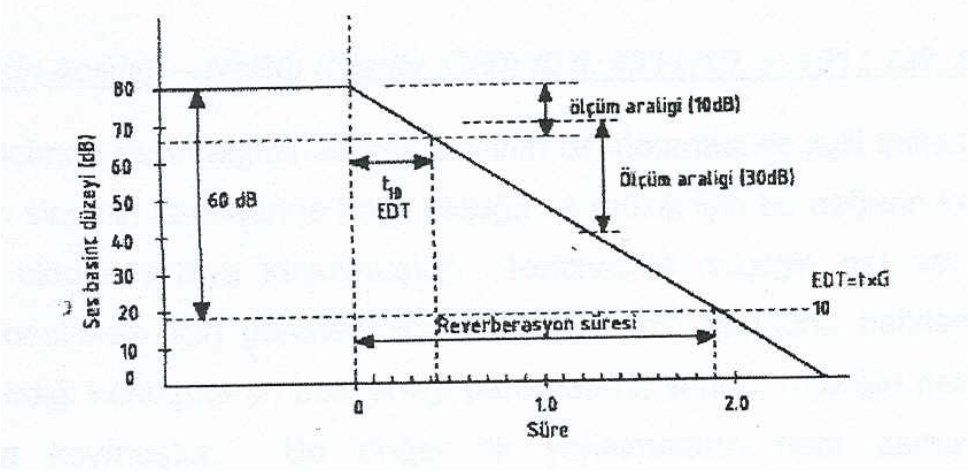
Çınlama süresini oluşturan sesin 60 dB'lik düşüşü sırasında, farklı yüzeylerden, farklı gecikme zamanlarına ve ses basınçlarına sahip çok sayıda yansıma meydana gelmekte ve düşüş işlemi bir bütün olarak ele alındığından, yansımaların yeterince detaylı analizi yapılamamaktadır. Buna karşılık EDT değeri, her bir alıcı noktasından elde edilen ilk yansımaları, dolayısıyla, hacmin geometrisinin etkisini detaylı olarak analiz etmeye olanak vermekte ve bu yüzden çınlama süresinden daha açıklayıcı bilgiler taşımaktadır. Şekil 3.1'de kaynaktan çıkan sesin EDT ve T değerlerinin belirlenmesini göstermektedir. EDT; koltuktan koltuğa değişimi çınlama süresinden daha fazla olduğu için, öznel çınlama (reverberance) değerinin

ölçülmesinde kullanılan nesnel parametredir. Yüksek EDT değeri canlı (reverberant) bir ortamın varlığını ve sesin yeterince açık anlaşılamayacağını belirtmektedir. EDT değeri nesnel olarak daha önemli ve algılanan çınlamaya en yakın parametredir [27].

V.L. Jordan tarafından ortaya konan EDT değeri, sesin ilk 10 dB'lik düşüşü için geçen sürenin altı katına eşittir ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir [27]:

$$EDT = t_{10} .6 \qquad (3.1)$$

t_{10} : $[s]$ *Sesin ilk 10 dB'lik azalması için geçen süre*



Şekil 3.1. Düşüş eğrisi üzerinde "EDT" ve "T" nin belirlenmesi [27]

3.2.2. Çınlama Süresi (Reverberation Time - T10, T20, T30)

Hacim akustiğinde en önemli akustik değerlendirme kriterlerinden biri olan ve W.C. Sabine tarafından 1895-1900 yılları arasında ortaya konan 'çınlama süresi' parametresi sesin başlangıç değerinden 60 dB (başlangıç enerjisinin milyonda biri kadar) azalması için geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Ortalama yutulan enerji miktarının (b) azalma oranına bağlı olarak hesaplanan çınlama süresinin genel bağıntıları aşağıda verilmiştir [27]:

$$D = 10\log e^{(b)} \qquad (3.2)$$

$$T = \frac{60}{D} \qquad (3.2a)$$

$$T = \frac{0.163 \times V}{A} \qquad (3.2b)$$

D : $[dB/s]$ *Ses enerjisinin azalma oranı*

T : $[s]$ *Çınlama süresi*

b : $[-]$ *Ortalama yutulan enerji miktarı*

A : $[sabin]$ *Hacmin toplam yutuculuğu*

Çınlama süresi en önemli akustik parametrelerden birisi olarak kabul edilmesine rağmen akustik açıdan yaygın bir ses alanın sahip hacimlerde, hacmin her noktası için sabit olmaması nedeniyle, değişik alıcı noktalarındaki farklı öznel algılamaların nedenlerini açıklamak için yeterli olamamaktadır [27]. Bu durum yeni parametrelerin ortaya koyulmasını gerektirmiştir. Ölçüm sırasında ses düzeyinin 60 dB azalmasını beklemek, fon gürültüsü vb. etkenler nedeniyle yanlış sonuçlar verebileceğinden çınlama süresi hesabında 10, 20 ve 30 dB' lik düşüşlerden (T10, T20, T30) gereken sürenin ölçümüne gidilmektedir [3].

3.2.3. Ses Açıklığı – Netliği (Clarity-C80)

Bir hacimde sesin algılanabilirlik limitinin belirlenmesi ile ilgili çalışmalarda bu limitin alınan sinyalin karakterine bağlı olduğu ve müzik için bu değerin konuşmadan daha uzun olduğu ortaya koyulmuştur. Reichardts müziğin net ve açık bir şekilde algılanabilmesi için gereken sürenin ilk 80 ms olduğunu belirlemiş ve Thiele'nin geliştirdiği konuşmanın belirginliği parametresinin yerine müziğin netliği parametresini ortaya koymuştur. Bu değer ilk yansımaların hem zamana bağlı olarak incelenmesini sağlamakta hem de spektral dalgalanma üzerinde etkili olmaktadır. Açıklık indeksi (clarity index) olarak da adlandırılan bu parametre aşağıda belirtilen bağıntı ile ifade edilmektedir [27] :

$$C80 = 10 \log \left[\frac{\int_0^{0.08} p^{(t)2} dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \right] \qquad (3.3)$$

C80 : $[dB]$ *Netlik*

C80 değerinin yüksek olması ilk yansımaların enerjinin fazla olduğunu ve öznel olarak sesin net ve açık olarak anlaşıldığını göstermektedir.

3.2.4. Konuşmanın Belirginliği (Distinctiness - D50)

Thiele tarafından geliştirilen belirginlik parametresi ilk 50 ms'lik zaman dilimi içerisinde alıcı noktasına ulaşan ilk yansımaların enerjisinin alıcıya ulaşan toplam

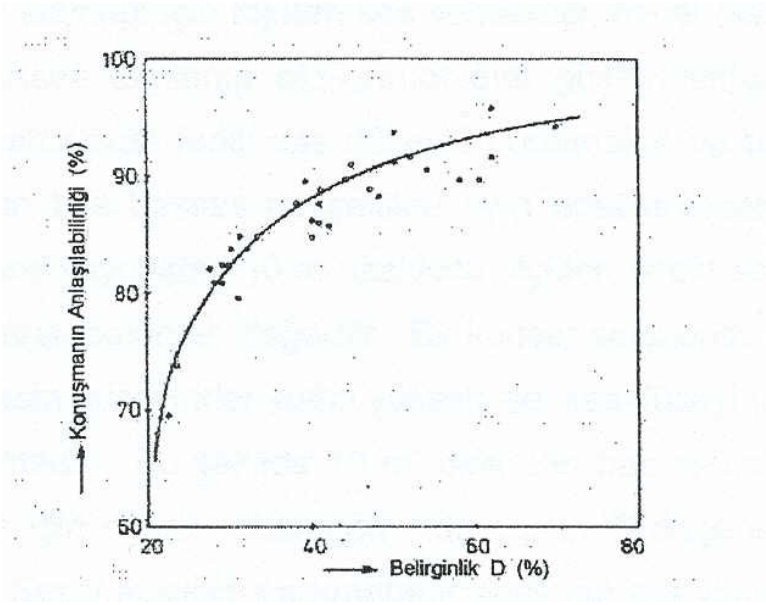
ses enerjisine oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Konuşma için belirginlik limitini belirleyen bu parametre aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir [27]:

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt} \tag{3.4}$$

D_{50} : $[-]$ *Belirginlik*

$p^2(t)$: $[Pa]$ *Ses basıncı*

Şekil 3.2'de D50 ve konuşmanın anlaşılabilirlik yüzdesi arasındaki ilişki gösterilmektedir. D50 değeri ne kadar büyük olursa konuşmanın belirginliği o derece fazla olmaktadır.



Şekil 3.2. D_{50} -Belirginlik ilişkisi [27]

3.2.5. Zamansal Ağırlık Merkezi (Center Time-TS)

Bazı durumlarda hacmin içerisinde oluşan yansımalar, sinyal tepkisi diyagramı (impulse response) üzerinde, kulağın algılaması açısından pek fazla önem taşımayan geçici ve ani kesilmeler meydana getirebilmektedir. Cremer tarafından geliştirilen bu parametre; karesi alınan sinyal tepkisi diyagramının ''zaman aksına'' göre ağırlık merkezini vermekte ve başka bir deyişle; ''enerji ağırlık merkezine''

ulaşmak için geçen süre olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır [27]:

$$TS = \frac{\int_0^{\infty} t^1 p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)dt} \qquad (3.5)$$

TS : $[s]$ *Zamansal Ağırlık merkezi*

Zamansal ağırlık merkezi parametresi, hacim içerisindeki belirli bir noktada elde edilen seslerin erken yada gecikmiş olup olmadığını belirlediğinden, belirlilik (D50) açıklık (C80) ve ilk düşme süresi (EDT) ile çok sıkı bir ilişkiye sahiptir.

3.2.6. Ses Yüksekliği (Strength - G)

Standart bir ses kaynağı için toplam ses yüksekliği, öznel olarak hacim içinde sesin yeteri kadar yüksek algılanıp algılanmadığını göstermektedir. Bilindiği gibi aynı orkestra farklı salonlarda farklı ses düzeyleri üretmekte ve dinleyiciler öznel olarak en küçük farkları bile hassas bir şekilde ayırt edebilmektedir. Ses yüksekliği; yansımasız odada kaynaktan 10 m uzaklıkta ölçülen direk sesin düzeyine (referans düzey) relatif olarak bulunan değerdir. Bir konser salonunda eğer ölçülen değer 10 m' deki direkt sesin düzeyinden daha büyük ise; ses düzeyi yeterince yüksek olarak değerlendirilmektedir. Bu şekilde 10 m'deki ses baz alınarak yapılan ölçümlerde konser salonu için çeşitli noktalarda elde edilen G değerleri 0-10 dB arasında değişmektedir. Ses yüksekliği parametresi algılanan ses yüksekliği üzerinde hacmin etkisinin nasıl olduğunu belirlediğinden, salon içindeki ses dağılımının koltuktan koltuğa değişimini incelemek için de kullanılan bir ölçüdür ve aşağıdaki bağıntı ile belirlenebilir [27]:

$$G = 10 \log \left[\frac{\int_0^{0.08} p^2(t)dt}{\int_0^{\infty} p_A{}^2(t)dt} \right] \qquad (3.6)$$

G : $[dB]$ *Ses Yüksekliği*

$p^2{}_A(t)$: $[Pa]$ *Hacim içerisindeki ses kaynağına eşdeğer bir kaynağın 10 m uzağında ve yansımasız odada ölçülen ses basıncı (referans)*

n : *Kaynak sayısı*

3.2.7. Yanal Enerji Oranı (LEF)

Bu kavram yanal yansımaların önemini vurgulamak amacıyla ortaya çıkmıştır ve genel olarak hacmin yan yüzeylerinden gelen enerjinin toplam ses enerjisine oranı olarak tanımlanabilir. Marshall, konser salonlarının kesit çizimleri üzerinde ilk yansımaların zaman ve enerji dağılımlarını incelemiş ve dar dikdörtgen formlu salonların dinleyiciye daha kuvvetli yanal yansımalar ulaştırdığı için, geniş salonlara göre öznel olarak daha çok tercih edildiğini ortaya koymuştur. Barron ve Marshall bu parametrenin hacmin öznel olarak ne kadar geniş, ferah algılandığının bir belirtisi olduğunu ve mekansal algılamanın (spatial response) bu nesnel kriter ile ölçülebileceğini ve tavan yansımalarının, yanal yansımaları olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuşlardır. [27]

Jordan LEF ölçümü için kaynağa doğru yönlendirilmiş 8 tane mikrofon ile aynı pozisyondaki çok yönlü bir mikrofona ulaşan seslerin enerjileri arasındaki oranın bulunması gerektiğini belirlemiştir. 'Cos $^2\Theta$', gelen sesin yönü ile mikrofonların maksimum hassasiyetinin olduğu dinleyicinin iki kulağı boyunca geçen aks arasındaki açıyı belirten terimdir. Kullanılan değer Cos Θ olması gerektiği halde 8 adet mikrofon kullandığı için $\text{Cos}^2\Theta$ teriminin kullanımını daha uygun bulunmuştur. LEF değeri aşağıdaki bağıntı ile belirlenebilir [27].

$$\text{LEF} = \frac{\int_{0.005}^{0.08} p^2(t)\cos^2\Theta dt}{\int_{0}^{0.08} p^2(t)dt} \qquad (3.7)$$

LEF : [–] *Yanal Enerji Oranı*

Cos Θ : [–] *Gelen sesin yönü ile dinleyicilerin kulak aksı arasındaki açıyı tanımlayan terim*

3.3. Öznel Akustik Parametrelerle Nesnel Akustik Parametreler Arasındaki İlişkiler

Akustik açıdan değerlendirilen hacimlerin akustik kalitesini etkileyen öznel parametreler ile bu parametrelerin nesnel olarak ölçülebilmesi ve karşılıklı ilişkilerin değerlendirilebilmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda hacim akustiğinde dinleyicinin öznel etkilenmesini ifade eden parametreleri nesnel olarak

tanımlamaya yönelik geliştirilen ölçüm parametreleri ve elde edilen veriler şöyle özetlenebilir [27].

- *Beranek'in Araştırmaları*

Beranek, 54 konser salonu üzerinde yaptığı değerlendirmeler sonucunda Tablo 3.1'de belirtilen öznel akustik parametreler ile bu parametrelerin ölçümünde kullanılabilecek nesnel akustik parametreleri, hacim akustiğinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek en önemli değerlendirme kriterleri olarak ortaya koymuştur.

Tablo 3.1. Beranek'e göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler [27]

Öznel akustik parametre	Nesnel akustik parametre
• Canlılık (Reverberance, Liveness)	• T (s) > 500 Hz
• Sesin ılıklığı (Warmth)	• Bas Oranı ($T_{125-250}/T_{500-1000}$), (s)
• Ses dolgunluğu	• T (s) • C80 (dB)
• Direkt ses yüksekliği (Loudness of direct sound)	• Kaynak-alıcı uzaklığı (m)
• Yansımış ses yüksekliği (Loudness of reverberant sound)	• G= ($T_{500-1000}$/V) ×282.200 (dB) V; salonun hacmi, m^3
• Belirlilik (Definition) ve Netlik (Clarity)	• Direkt sesin yüksekliği (dB) • Yansımış sesin yüksekliği (dB)
• Parlaklık (Brillance)	• T (s)>1000 Hz • Kaynak alıcı uzaklığı (m)
• Ses alanının yaygınlığı	• Salonun iç yüzeylerinde saçıcı malzemeler kullanılması
• Dengeleme (Balance) Harmanlama(Blend) Birliktelik (Ensemble)	• Uygun boyutlarda sahne hacmi ve sahne iç yüzeylerinin yeterli saçıcılığa sahip olması

- *Marshall'ın Araştırmaları*

Marshall farklı formlara ait hacimlerde yaptığı araştırmalarda, aynı çınlama süresine sahip hacimlerin dinleyiciler tarafından farklı öznel etkinin hissedildiğini belirtmiştir. Bu nedenle hacimlerin akustik kalitesinin sadece çınlama süresiyle

açıklanamayacağını, erken yansımış seslerin dinleyiciye ulaşma süresinin de burada çok önemli bir rol oynayacağını Tablo 3.2'de gösterildiği şekilde ortaya koymuştur. Marshall' a göre eskiden sadece T değerine bağlı olarak açıklanan öznel parametrelerin ayrıca direk sesten sonra gelen maskelenmemiş seslerin oluşturduğu ilk yanal yansımaların enerjisine bağlı olarak ölçülen yanal enerji oranı olan LEF değerinin tanımladığı mekansal genişlik ve kuşatılmışlık değerinin daha fazla önem taşıdığını vurgulamıştır [27].

Tablo 3.2. Marshall'a göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler [27]

Öznel Akustik Parametre	Nesnel akustik parametre
• Mekanı geniş olarak algılamak (SR) • Sesin varlığı-Presence • Ton zenginliği • Hacimce kuşatılmışlık (Listener envelopment)	• LEF (birimsiz) Not: Duvarlardan gelen ilk yansımanın yolu,tavandan gelenlerden daha kısa olmalıdır.

- *Dresden, Berlin ve Göttnigen Araştırmaları*

Almanya'da üç farklı gurup tarafından yapılan çalışmalarda sesin öznel niteliğiyle nesnel parametreler arasında ilişi kurulmuştur. Dresden gurubuna göre C80 parametresi arasında sıkı bir ilişki mevcuttur. Tablo 3.3'te gösterildiği şekilde Göttingen ve Berlin gurubu, çınlama süresinin (T) ideal değerlere yakın olup olmamasının öznel algılamada büyük rol oynadığını belirtmişlerdir. Eğer çınlama süresi ideal değerlere yakın ise (>1.9 s) ; öznel algılama, ilk 50 ms içinde ulaşan erken yansımaların gecikmiş yansımalara oranından etkilenmekte, çınlama süresi istenen değerlerin altında kalması durumunda ise (<1.9 s) öznel algılamayı etkileyen en belirleyici nesnel parametre olmaktadır [27].

- *Hawkes ve Douglas'ın Araştırmaları*

Hawkes ve Douglas'ın yaptıkları araştırmalar sonucunda öznel algılamanın hacimlerin akustik kalitesini etkilemedeki etkisinin beş bağımsız faktörle ifade edilebileceğini ortaya koymuşlardır. Tablo 3.4'te Hawkes ve Douglas'ın araştırmalarından çıkarttıkları ilişkiler gösterilmektedir.

Çalışmalarının sonucunda, Beranek' in öznel etkilenmelerinden yola çıktıkları halde Beranek' in ortaya koyduğu akustik koşulların değerlendirilmesi esaslarının yetersiz

olduğu kanısına varmışlardır. Hatta Beranek' in seçtiği öznel parametrelerin bazılarının benzer özellikleri ifade ettiğini savunmuşlardır [27].

Tablo 3.3. Dresden, Berlin ve Göttingen guruplarına göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler [27]

Öznel Akustik Parametre	Nesnel Akustik Parametre
Dresden	
• Sesin netliği-açıklık (Clarity)	• C80 (dB)
• Mekanın genişliği ve canlılık (Spatial response-reverberance)	• Hacim etkilenme indeksi (R) (dB) *Bu değer özellikle yanal ve toplam enerji ile ilişkilidir.
Berlin	
• Ses yüksekliği (Loudness)	• G (dB)
• Netlik-Açıklık (Clarity)	• TS,T,EDT (s)
• Tiz sesler ve ton rengi (timbre and tone colour)	• EDT (frekansa bağlı olarak) • $[(1/3).(EDT_{200} - EDT_{250})]$
• Canlılık (Reverberance)	• EDT (s)
Göttingen	
• Ses yüksekliği-Loudness	• G (dB)
• Canlılık (Reverberance)	• D50 (İlk 50 ms'de gelen sesler önemli)

Tablo 3.4. Hawkes ve Douglas' a göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler [27]

Öznel Akustik Parametre	Nesnel Akustik Parametre
• Canlılık (Reverberance)	• Uzun T(s)
• Samimilik (Intimacy)	• Hacmin boyutları ve şekli
• Parlaklık (Brillance)	• $T_{(yüksekfrekans).} / T_{(alçak-ortafrekans)}$
• Belirginlik (Definition)	• Direk sesin yüksekliği • Kaynak alıcı uzaklığı (m)
• Denge ve harmanlama	• Kaynak alıcı uzaklığı (m)

- *Yamaguchi'nin Araştırmaları*

Yamaguchi, hacim akustiğindeki öznel farklılığın ses yüksekliği, canlılık vb. tüm öznel parametrelerin ortak etkisini ifade eden toplam farklı ifade etmektedir. Tablo 3.5'te Yamaguchi'nin araştırmalarından çıkarttığı ilişkiler gösterilmektedir. Araştırmalarından elde ettiği verileri çok boyutlu ölçeklendirme (multidimensional scaling) yöntemi ile analiz ederek, değerlendirmede etkili olan öznel boyutları ve ilişkili nesnel parametreleri belirlemiştir [27]

Tablo 3.5. Yamaguchi' ye göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler [27]

Öznel Değerlendirme Boyutu	Nesnel Akustik Parametre
• Öznel boyut 1	• T (s) • D (-)
• Öznel Boyut 2	• G (dB)
• Öznel Boyut 3	• Herhangi bir nesnel parametre ile ilişki bulunamamıştır.

- *Ando'nun Araştırmaları*

Ando yaptığı çalışmalara göre hacmin akustik performansının değerlendirilebilmesi için ses yüksekliği (G), çınlama süresi (T), yanal enerji oranı (LEF) ve ses açıklığının önemli olduğunu belirtmiştir [27]. Tablo 3.6'da Ando'nun araştırmalarından çıkarttığı ilişkiler gösterilmektedir.

Tablo 3.6. Ando'ya göre lişkili öznel ve nesnel akustik parametreler [27]

Öznel Değerlendirme Boyutu	Nesnel Akustik Parametre
• Genel tercih ölçeği (parametrelerin optimum değerlerine göre saptanmıştır)	• G (dB)
	• LEF
	• C80

- *Barron'un Araştırmaları*

Barron İngiltere'de bulunan 11 salonda canlı konserler sırasında, kulağı eğitimli dinleyiciler kullanarak yaptığı öznel anketlerle elde ettiği sonuçları, salonlarda yaptığı nesnel akustik ölçümlerle karşılaştırmış ve her iki parametre gurubu arasındaki ilişkileri Tablo 3.7'deki gibi ortaya koymuştur. Dinleyicileri öznel

parametreler açısından iki guruba ayırmaktadır. Birinci gurup samimi bir akustik ortam isteyenler ve ikinci gurup canlı bir akustik ortam isteyenler olmuştur. Her iki gurubunda ortak tercihi yanal enerji oranının (LEF) karşılığı olan hacimce kuşatılmışlık olmuştur. Göttingen gurubunun da ortaya koyduğu çınlama süresinin 2.0 sn' den az olduğu durumlarda öznel etkilenmede rahatsızlık olduğudur. Toplam akustik etkilenme, en fazla orta frekans çınlama süresi değerleri ile ilişkili çıkmıştır [27].

Tablo 3.7. Barron' a göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler [27]

Öznel Akustik Parametre	**Nesnel Akustik Parametre**
• Açıklık-Netlik (Clarity)	• Ortalama $T_{(500-2000)}$ (s) • Ortalama $EDT_{(125-2000)}$ (s)
• Canlılık (Reverberance)	• Ortalama $T_{(500-2000)}$ (s) • Ortalama $EDT_{(125-2000)}$ (s)
• Hacimce kuşatılmışlık(Envelopment)	• Ortalama $G_{(125-2000)}$ (dB) • LEF
• Samimilik (Intimacy)	• Ortalama $E_{80(500-2000)}$ (dB) (erken yansımaların düzeyi) • Ortalama $G_{(500-2000)}$ (s) • Kaynak alıcı uzaklığı (m)
• Ses yüksekliği (Loudness)	• Ortalama $G_{(125-2000)}$ (dB) • Kaynak alıcı uzaklığı (m)

- *A.C. Gade'nin Araştırmaları*

Gade Avrupa'da 21 konser salonunda yaptığı araştırmada, nesnel parametrelerle salon geometrisi arasındaki ilişkileri incelemesinin yanında çalışmalarında bu parametrelerin birbiri ile karşılıklı ilişkilerini de ortaya koymayı amaçlamıştır [27]. Çalışmada öncelikle belirli öznel etkilenmelere karşılık gelen, nesnel ölçüm parametrelerini seçmiştir. Tablo 3.8'de Gade'nin araştırmalarından çıkarttığı ilişkiler gösterilmektedir. Daha sonra ölçtüğü nesnel parametre değerlerini faktör analizi yaparak incelemiş ve öznel etkilenmeleri belirleyen nesnel parametrelerin Tablo 3.9'daki gibi üç faktör grubunda toplandığını saptamıştır.

Tablo 3.8. Gade'ye göre ilişkili öznel ve nesnel akustik parametreler [27]

Öznel Akustik Parametre	Nesnel Akustik Parametre
• Canlılık (Reverberance), Açıklık (Clarity)	• T (s) • EDT (s) • TS (ms)
• Açıklık-Netlik (Clarity)	• C80 (dB)
• Ses yüksekliği (Loudness)	• G (dB)
• Mekansal etkilenme (Spatial impression)	• LEF
• Ton rengi (Tonal color-Timbre)	• Bas oranı ($T_{125-250)} / T_{500-1000)}$ (s) • $G_{125-250} / G_{500-1000}$ (dB)

Tablo 3.9. Gade'nin faktör analizi sonucunda önemli olarak belirlediği parametreler [27]

Öznel Akustik Parametre	Nesnel Akustik Parametre
• Canlılık (Reverberance), Açıklık (Clarity)	• TS, EDT, T (s)
• Ses yüksekliği (Strength-Loudness)	• G (dB)
• Mekansal etkilenme (Spatial impression)	• LEF

Günümüze kadar değişik teknik ve yöntemler kullanılarak yapılan araştırmaların sistematik incelemesi sonucunda; birbirinden bağımsız olarak farklı zamanlarda yapılan tüm araştırmaların; dinleyicilerin kendilerini akustik açıdan konforda hissettikleri koşulları tanımlayan öznel parametrelerin ölçülebilen veya hesaplanabilen nesnel parametrelerle belirlenmesi amacı üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda teknolojik ve bilimsel gelişmelere paralel olarak akustik kaliteyi değerlendirmeye yönelik bir çok parametre ortaya koyulmuştur. Bu parametrelerin bir kısmı araştırmacıların tümü tarafından kabul görürken bir kısmı tartışma konusu olmuştur. Parametrelerin çeşitliliği karşısında araştırmacılar öznel tercihlerle akustik koşulları bir bütün olarak tanımlamaya yönelik çalışmalara yönelmişlerdir [27].

Söz konusu araştırmalar sadece tasarım parametreleri açısından incelendiğinde, kaynak-alıcı uzaklığının, nesnel parametreleri belirlemede etkili olan ve araştırmacıların çoğu tarafından üzerinde uzlaşmaya varılan en önemli geometrik parametre olduğu ortaya çıkmaktadır. Tablo 3.10'da araştırmalar sonucu ortaya çıkan öznel-nesnel ve tasarım parametrelerinin birbirleri ile ilişkileri gösterilmektedir.

Tablo 3.10. Çeşitli araştırmalarda ortaya konan öznel-nesnel ve tasarım parametrelerinin birbirleri ile ilişkileri [27]

Araştırmacı	**Öznel parametre**	**Nesnel parametre**	**Tasarım parametresi**
Beranek	• Samimilik (intimacy)	ITDG	Direk ses ile yansımış ışının yol farkı (m)
	• Ses yüksekliği (loudness)	G	Kaynak-alıcı uzaklığı (m)
	• Yaygınlık (diffusion)	-	Yüzey kaplamaların saçıcılığı
	• Dengeleme (blend)	-	Yüzey kaplamaların saçıcılığı
Marshall	• Mekansal algılama (spatial response)	LEF	Genişlik/yükseklik (w/h)
Hawkes ve Douglas	• Samimilik (intimacy)	ITDG	Direk ses ile ilk yansımış ışının yol farkı (m) Genişlik/yükseklik (w/h)
	• Belirginlik (definition)	D50	Kaynak-alıcı uzaklığı (m)
	• Denge ve harmanlama (Balance-blend)	-	Kaynak-alıcı uzaklığı (m)
Barron	• Samimilik (intimacy)	$G_{500-1000}$	Kaynak-alıcı uzaklığı (m)
	• Ses yüksekliği (loudness)	$G_{125-2000}$	Kaynak-alıcı uzaklığı (m)
Gade	• Netlik (clarity)	C80	w, w/h, yan duvarların açısı
	• Ses yüksekliği (loudness)	G	w, w/h
	• Mekansal algılama (spatial response)	LEF	w, yan duvarların açısı
Bradley	• Ses yüksekliği (loudness)	G	Kaynak-alıcı uzaklığı (m)
	• Canlılık (reverberance)	EDT_{ort}	Kaynak-alıcı uzaklığı (m)

3.4. Nesnel Akustik Parametrelerin Optimum Değerleri ve Kabul Edilebilecek Değişim Aralıkları

Hacim akustiği konusunda çalışmalarda araştırmacıların üzerinde önemle durdukları konulardan biri de, akustik konusu ile ilgilenenlerin, mühendis veya mimarların kullanabilecekleri, hacimlerin öznel akustik koşullarını nesnel olarak tanımlayan ölçülebilir parametrelerin optimum değerlerini yada tolerans aralıklarını ortaya koymak olmuştur. Bu aralıklar, öznel analizlerle, nesnel akustik parametreler arasındaki ilişkilere dayanarak saptandığından mevcut bir hacmin değerlendirilmesi sırasında da kullanılabilirler. Kabul edilebilecek optimum nesnel akustik parametre aralıkları Tablo 3.11'de verilmektedir [27].

Tablo 3.11. Nesnel akustik parametrelerinin optimum değerleri ve kabul edilebilecek tolerans aralıkları [27]

Nesnel Akustik Parametre	**Sembol**	**Ortaya Koyan Araştırmacı**	**Başlıca Öznel Etki**	**Optimum Tolerans Sınırları**	**Kaynak**
Erken Düşme Süresi	EDT (s)	V.L. Jordan	Canlılık (reverberance) Açıklık, netlik (clarity)	1.8-2.6 1.5-2.0 1.6 1.8-2.2 1.8-2.1 ∓%10×T	Jordan Cremer Gade Barron Hyde Gimenez
Reverberasyon Süresi	T (s)	W.C. Sabine	Canlılık (reverberance) Açıklık, netlik (clarity) Parlaklık (brilliance)	1.4-2.8 1.6-2.2 1.7-2.0 2.0-2.5 2.0-2.4 〉1.9 1.7 – 2.4	Jordan Cremer Beranek Barron Hyde Hilbert Gimenez
Konuşmanın Belirginliği	D50 (%)	R. Thiele	Anlaşılabilirlik (Intelligibility)	0.34 0.56 0.4-0.6 0.45-0.55	Cremer Bradley Gimenez Hilbert
Netlik, Açıklık	C80 (dB)	W. Reichardth	Açıklık, Netlik (Clarity)	0 (ideal değer) -4 - 0 -2- + 2 -1 -+1	Cremer Beranek Barron Hyde
Zamansal Ağırlık Merkezi	TS (ms)	L. Cremer	Açıklık, netlik (clarity) Canlılık (reverberance)	130〈 140〈	Cremer Cremer
Ses yüksekliği	G (dB)	P. Lehnmann	Ses yüksekliği (loudness) Samimilik (intimacy)	〉0 3-5 0.30-0.35 0-2.5 -3 - 5	Barron Hyde Hilbert Nagata

Tablo 3.11. Nesnel akustik parametrelerinin optimum değerleri ve kabul edilebilecek tolerans aralıkları devamı [27]

Yanal enerji Oranı	LEF (-)	V. L. Jordan H. Marshall M. Barron	Mekansal algılama (Spatial impression) Kuşatılmışlık (envelopment)	0.1-0.35 0.15-0.25 0.35-0.40 0.26 0.2	Barron Hyde Hilbert Jordan Gimenez
İlk Ulaşım Gecikmesi	ITDG (s)	L. L. Beranek	Samimilik (intimacy) Belirlilik (Definition)	〈 25 10-20	Beranek

Bu akustik parametrelerin ölçüm sonuçları için ISO 3382-1'da tipik değer aralıkları verilmiştir. Tablo 3.122teki gibi bu değerler genellikle parametrelerin kapalı hacimler içindeki değerleri olarak kullanılmasına karşın açıkhava tiyatroları içinde uygun görülmektedir. Çalışmada ve ölçüm ve simulasyon sonuçlarının analizi sırasında bu değerler kullanılmıştır. [28]

Tablo 3.12. ISO 3382-1 - Akustik parametreler için tipik değerler [28]

Öznel dinleyici durumu	**Akustik nicelikler**	**Frekans aralığı (Hz)**	**Önemli farklılık (just noticeable difference)**	**Tipik değerler**
Ses düzeyinin öznelliği	Ses yüksekliği, G (dB)	500-1000	1 dB	-2 dB 'den +10 dB'e kadar
Algılanan çınlama	Erken düşme süresi, EDT (s)	500 -1000	%5	1.0 sn'den 3.0 sn'ye kadar
Algılanan ses açıklığı	Sesin açıklığı,C80 (dB) Belirginlik, D50 (-) Zamansal ağırlık merkezi, TS (ms)	500-1000 500-1000 500-1000	1 dB 0.05 10 ms	-5 dB'den +5 dB'e kadar 0.3'den 0.7'ye kadar 60 sn'den 260 sn'ye kadar
Anlaşılır ses genişliği	Yanal enerji oranı, LEF(-)	125-1000	0.05	0.05'den 0.35'e kadar
Dinleyicinin hacimce kuşatılmışlığı	Gecikmiş yanal ses düzeyi, LG (dB)	125-1000	1 db?	-7 dB'den +3 dB'e kadar

4. CEMİL TOPUZLU AÇIKHAVA TİYATROSUNUN MİMARİ VE HACİM AKUSTİĞİ ÖLÇÜTLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Günümüzün açıkhava tiyatroları eski Yunan ve Roma tiyatrolarını örnek alarak modern bir mimari ile tasarlanmaktadır. İstanbul Harbiye semtinde bulunan Cemil Topuzlu Harbiye Açıkhava Tiyatrosu bu tür bir Modern Çağ açıkhava tiyatrosu olarak kabul edilebilir. Tiyatro Şişli ilçesine bağlı Harbiye semtinde,Taşkışla Caddesi üzerinde Lütfi Kırdar Uluslararasi Kongre ve Sergi Sarayı ve Şehir Tiyatroları'nın karşısında yer almaktadır. Şekil 4.1'te Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun konumu gösterilmektedir. Cemil Topuzlu Harbiye Açıkhava Tiyatrosu'nun inşasında seyirci ve oyuncu birbirine yaklaştırılarak tasarlanmıştır, eğimli yüzeylerden birine seyirci, diğerine oyun yeri yerleştirilmiştir [29].

Şehir Tiyatroları'na bağlı olarak çalışmaktadır ve yaz dönemlerinde çeşitli kurumlarca konser ve tiyatro amaçlı kiralanmaktadır. Arazi şartlarının tiyatro inşası için elverişli olması ve kültürel açıdan şehrin en önemli yapılarına yakın olması konumunun önemini arttırmaktadır.

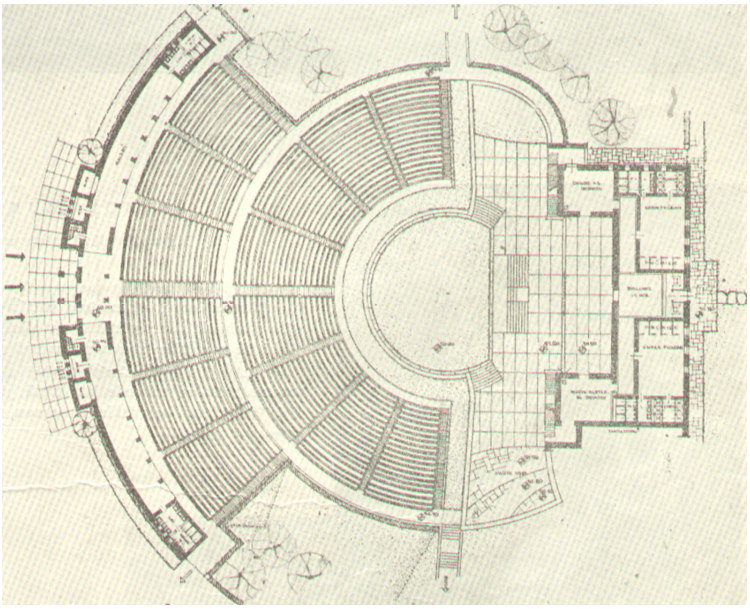


Şekil 4.1. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun konumu

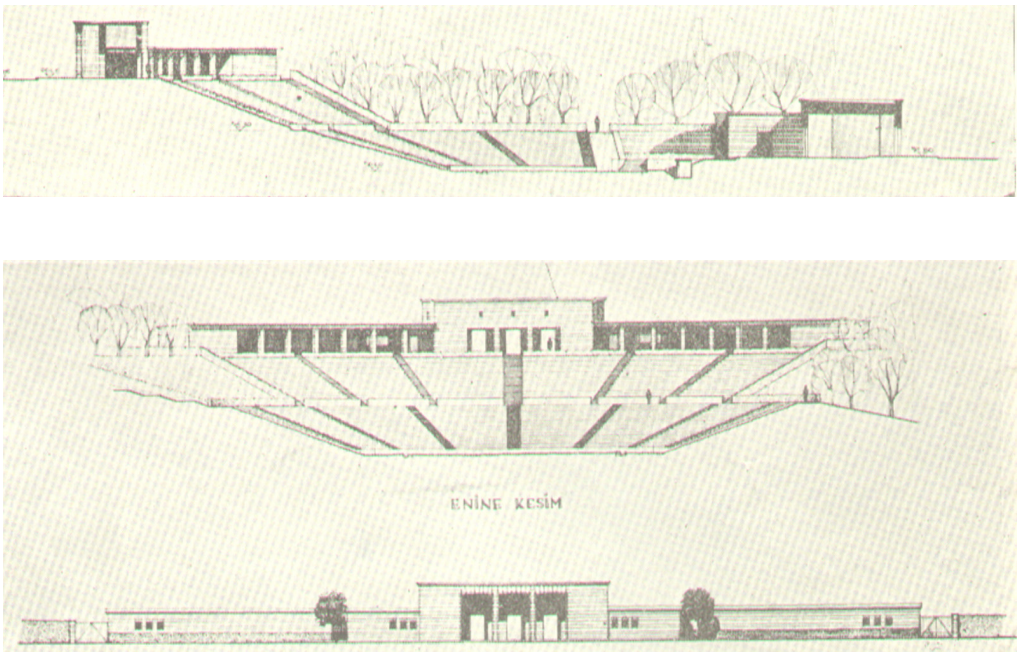
4.1. Cemil Topuzlu Harbiye Açıkhava Tiyatrosu'nun Kısa Tarihçesi

İstanbul Belediyesi'nin açmış olduğu proje yarışmasında Y.Mimar Nahit Uysal ve Y.Mimar Nihat Yücel'in ortak projesi 1946 yılında birincilikle ödüllendirilmiştir. İnşasına Harbiye'deki 2 no' lu park içinde başlanan Açıkhava Tiyatrosu 1948 yılında şehir tiyatrolarının verdiği bir temsille açılmıştır. İnşaat ve tesisat bakımından geçen zamanla eksikleri giderilen tiyatronun şekli proje yarışması sonunda birinci gelen tasarımından biraz farklıdır [30]. Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'te 1946 yılında birincilik alan Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun projesinin plan, kesit ve görünüşü gösterilmektedir.

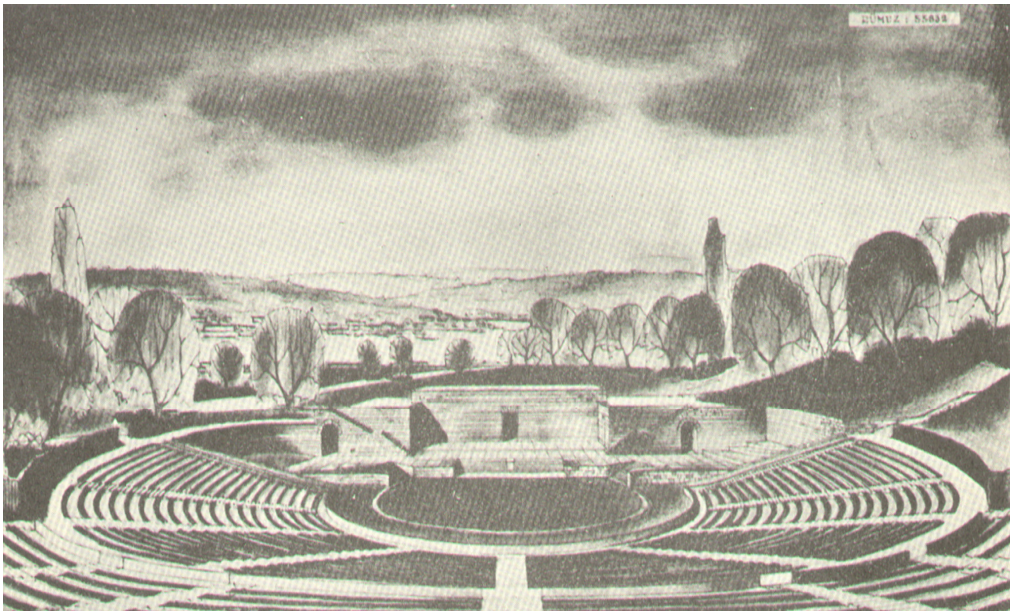
İstanbul Şehir Tiyatrosu ile ilgili en önemli yapılardan birisi Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu olmuştur. Antik Çağ tiyatroların biçimine yakın bir tiyatrodur. Temeli 15 Temmuz 1946'da atılmıştır ve 9 Ağustos 1948'de İstanbul Valisi ve belediye başkanı Lütfi Kırdar'ın bir açılış söylevinden sonra Muhsin Ertuğrul'un sahneye koyduğu ''Kral Oidipus'' ile açılmıştır. İnşa maliyeti bir milyon liraya mal olan bu 4000 kişilik tiyatroda, ilk başlarda İstanbul Şehir Tiyatrosu temsiller vermiştir. Oktay Rıfat'ın ''Oyun İçinde Oyun'' adlı eseri oynanmıştır. Aynı yıllarda Devlet Tiyatrosu da burada temsiller vermiştir. Ancak tiyatro, çevresinin gürültülü oluşu ve seyircilerin oturma bölümünden Boğaziçi'nin görkemli görünüşünün sahnedeki temsili öldürmesi nedeniyle seyirciler ve tiyatrocular beğenilmemiştir. Daha çok tiyatro dışı gösteriler için kullanılması düşünülmüştür [31].



Şekil 4.2. 1946 yılında birincilik alan Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu projesinin planı [32]



Şekil 4.3. 1946 yılında birincilik alan Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu projesinin en ve boy kesitleri [32]



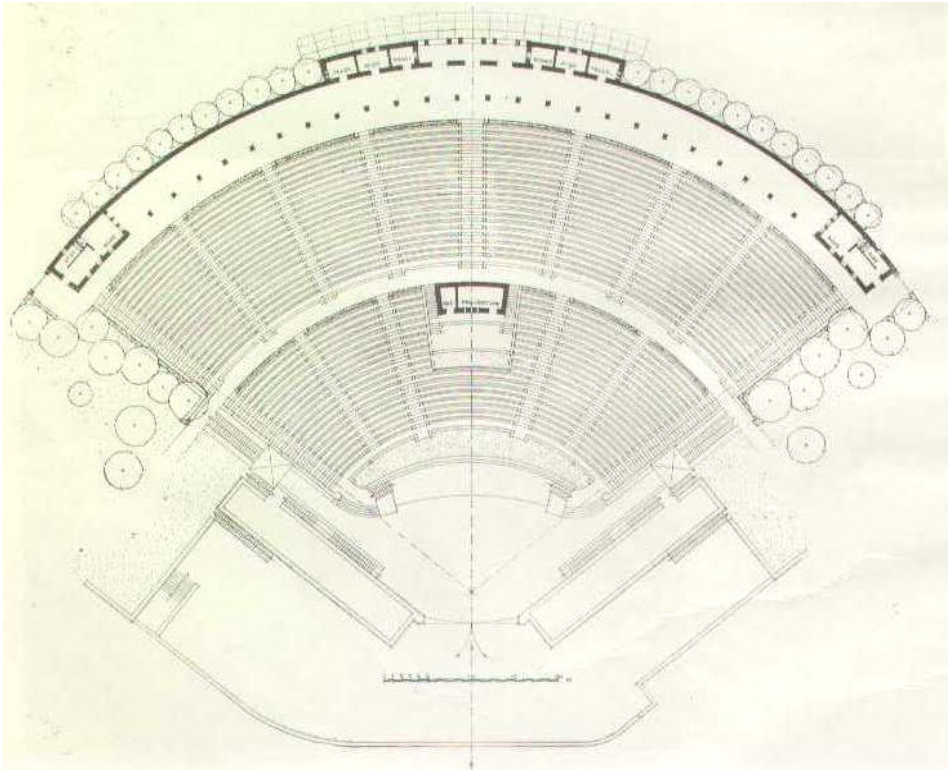
Şekil 4.4. 1946 yılında birincilik alan Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu projesinin görünüşü [32]

4.2. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun Mimari Olarak Değerlendirilmesi

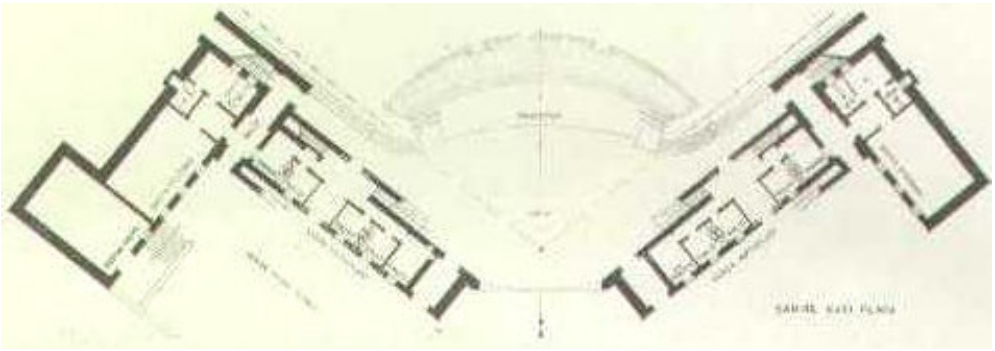
Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu mimari olarak Antik Çağ tiyatrolarının klasik formundan yola çıkılarak tasarlanmıştır. Farklı tasarımlar arasından seçilen örnek proje arazi vaziyeti, iyi görme ve işitme ihtiyaçları dikkate alınarak, tiyatroya inşa sırasında son şekli verilmiştir. Güneşin geliş yönü ve rüzgar yönü dikkate alınmıştır.

4.2.1. Tiyatronun Tasarım Özellikleri

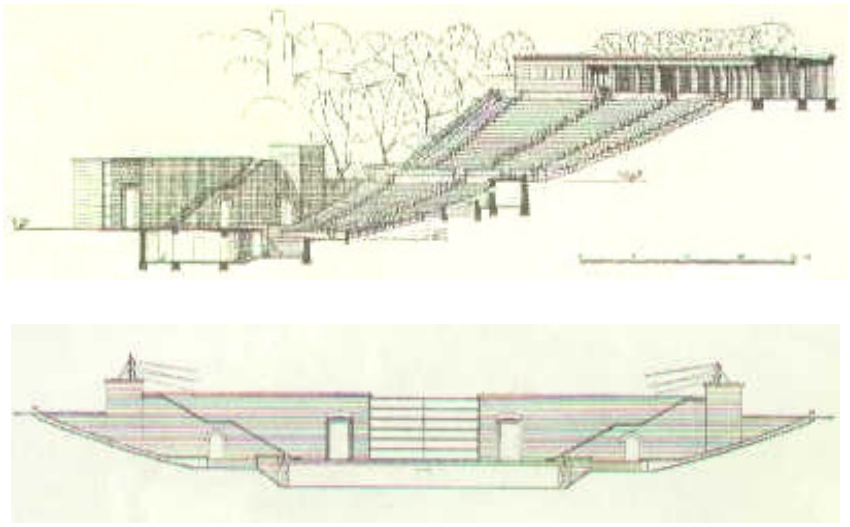
Ankara Devlet Konservatuarı eski rejisörü Carl Ebert tarafından sahne tekniği bakımından gerekli görülerek yaptırılan değişikliklerle, tiyatro bugünkü şeklini almıştır. Klasik Yunan tiyatrosu tasarımına uyularak hazırlanan ilk teklifte sahne önüne dairesel orkestra yerleştirilmiş, bunu yarım daire şeklinde seyirci yerleri çevirmiştir. Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7'de 1948 yılında değişikliklerle inşa edilmiş Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun planları ve kesitleri gösterilmiştir. Sahne, genişlik ve derinlik bakımından uygun olduğu halde, seyircilerin bakış istikametinden geride kalmaktadır. Sahne arkası ise oyuncu ve figüran odaları gibi birimler geride bir fon teşkil edecek şekilde bina içinde düzenlenmiştir [30].



Şekil 4.5. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun 1948 yılında inşa edilmiş planı [30]

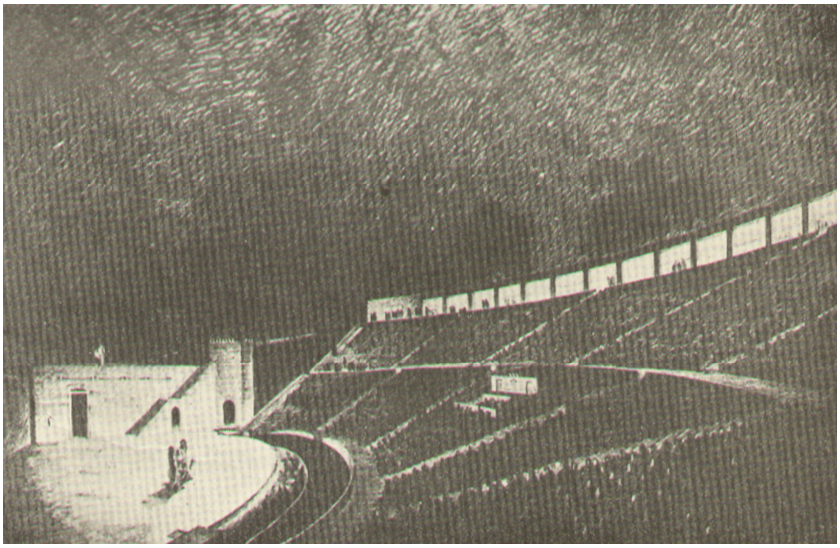


Şekil 4.6. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun 1948 yılında inşa edilmiş planı [30]



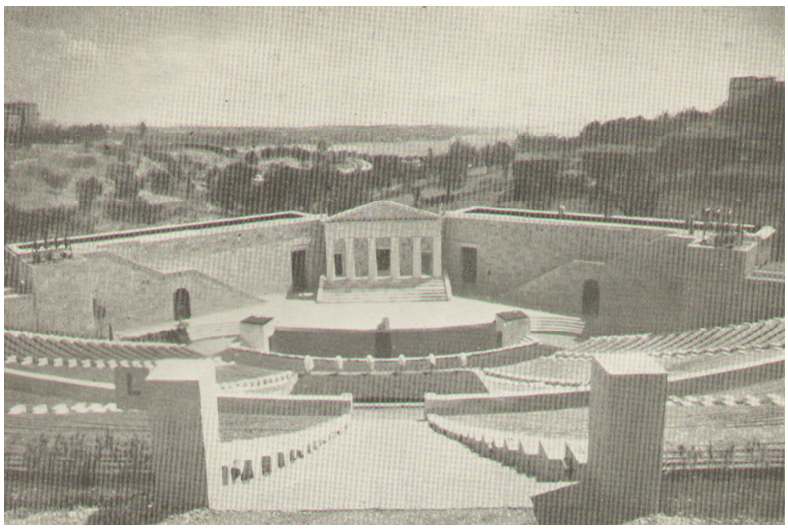
Şekil 4.7. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu 1948 yılında inşa edilmiş kesitleri [30]

Tiyatro 1948 yılında düzeltilerek yenilenen formu ile 4000 kişilik seyirci yerine sahip olmuştur. Seyircilerin oturma düzenini üst tarafta bulunan bir galeri çevrelemiştir. En üst kotta bulunan bu galeri hem gece hem gündüz dışarıdan güzel bir görünüm sağlamıştır hem de tiyatroyu caddeden ayırmıştır. Şekil 4.8'de Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun oturma düzeni ve galerisi gösterilmektedir. Perde aralarında seyircilerin gezinme ihtiyacını da sağlayacağı gibi iki tarafında büfeler, giriş kısmının da yanında gişeler, memur odaları ve telefon odaları vardır ve seyirci yerleri ortasına sinema gösterilmesine imkan veren bir projeksiyon odası yerleştirilmiştir. Bu odanın önünde şeref locası düşünülmüştür [30].



Şekil 4.8. 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu oturma düzeni ve galerisi [30]

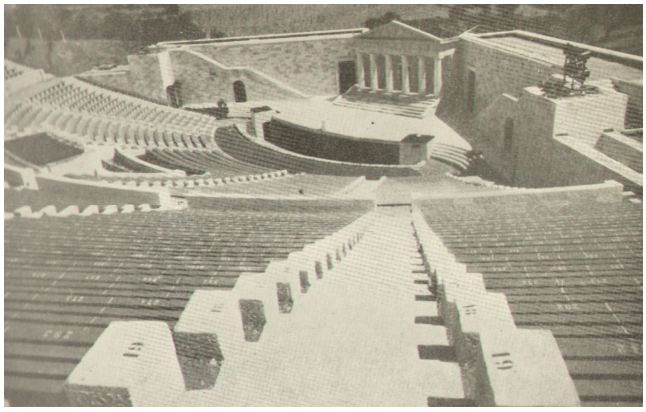
Sahne 200-300 sanatçının rahatça hareket edebilecekleri kadar geniştir. Sahne binalarının muhtelif geçit ve kapıları bir anda sahneyi doldurup boşaltabilme imkanını vermektedir. Şekil 4.9'da Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun sahne yapısı gösterilmektedir. Sahne altında her iki binayı birleştiren bir geçit mevcuttur. Bu kısım aynı zamanda bir dinlenme yeri olabilmesi için geniş tutulmuştur. Sahne binaları iki katlı olup solist sanatçılar, figüranlar, makyaj, terzi, orkestra şefi odaları ile gardolaplar ve elbise dolapları içermiştir [24].



Şekil 4.9. 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu sahne yapısı [30]

4.2.2. Tiyatronun Yapısal Özellikleri

Tiyatronun inşasında, cephe kaplamaları için Küfeki ve Uzunköprü taşı karıştırılmak suretiyle bir renk kombinasyonu elde edilmiştir. Şekil 4.10'da 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'ndaki oturma düzeni gösterilmektedir. Tiyatrodaki döşemeler Uzunköprü taşı olarak seçilmiştir. Oturma yerleri ahşap banklarla kaplanmıştır. Tiyatroda her türlü tiyatro eserleri, opera, bale ve konser verilebilecek oturma düzeni mevcuttur [30].

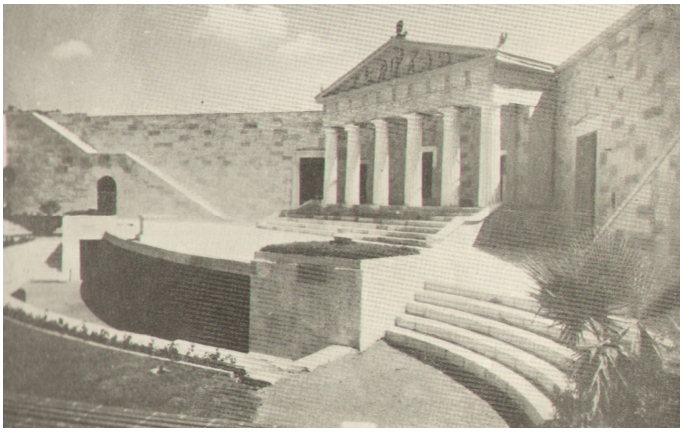


Şekil 4.10. 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu oturma düzeni [30]

4.2.3. Tiyatronun Tarihinde Geçirdiği Yenileme Çalışmaları

Tiyatroda 1946 yılında birinci gelen projeye uygulanan temel değişikler şunlardır:

- Sahne ve seyirci yerleri tamamen ayrılmış, seyirci bakış açıları tamamen sahneye yönlendirilmiştir. Şekil 4.11'te Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun sahne ve orkestra boşluğu gösterilmektedir. Sahne ve seyirci arasında kısmen sahne altında kalmak üzere 80 kişilik bir orkestrayı alacak büyüklükte orkestra boşluğu bırakılmıştır. Bununla seyirci amfisinin arasında bırakılan çimen saha tiyatronun ortasındaki boşluk olarak ayrılıp, gerekirse sahne ile birleştirilebileceği düşünülmüştür [30].
- Sahne gerisinde bir kargaşa olmaması için, sahne binaları iki ayrı blok olarak düzenlenmiş ve aralarında büyük dekor kapıları yerleştirilmiştir. Bunlar açıldığı zaman sahnede büyük bir derinlik kazanılacak, aksi halde kapatılarak dekorla istenilen bina ve kale benzeri şekiller verilebileceği düşünülmüştür [30].



Şekil 4.11. 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu sahne ve orkestra boşluğu [30]

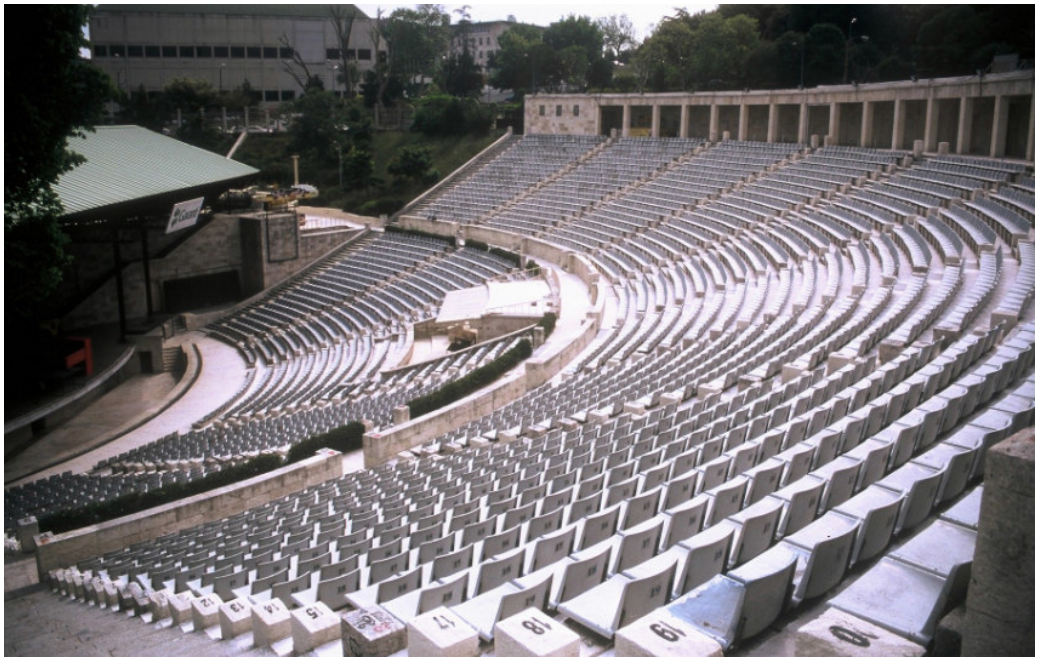
- Solist oyuncular, figüranlar ve diğer yardımcı elemanlar için ayrılan odalar kalabalık temsiller için yeterli sayıda bulunmadığından, bunlara daha fazla sayıda odalar tahsis edilmiştir. Şekil 4.12'de Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda bir opera gösterisi gösterilmektedir. Sahne binalarının iki ayrı blok halinde yapılması bunların kadın, erkek, artist ve figüranlara farklı tahsis edilebilmesini sağlamıştır [30].



Şekil 4.12. 1948 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda bir opera gösterisi [30]

Tiyatro günümüzde eski formunu korumaktadır. Tiyatroda yapılan değişikliklerle daha konforlu bir ortam oluşturulmaya çalışılmıştır. Ana yapı malzemesi olan Küfeki ve Uzunköprü taşından yapılmış oturma sıralarının üzeri plastik koltuklarla kaplanmıştır. Merdiven sıraları granit taş kaplıdır. Oturma sıralarının basış yüzeyleri

aşınmadan korunmak için alçı kaplanmıştır. Şekil 4.13 ve 4.14'te 2006 yılında Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun oturma düzeni gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun 2006 yılındaki oturma düzeni



Şekil 4.14. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun 2006 yılındaki oturma sıralarının merdivenleri

Tiyatroda sütunlarla çevrilmiş arka galeri korunmaktadır. Galeri girişi seyirci girişi olarak kullanılmaktadır. Sahne girişi sahne gerisinde bulunan demir bir kapıdan sağlanmaktadır. Çatı 2005 yılında çelik strüktür üzeri sandviç panel olarak kaplanmıştır. Şekil 4.15'te Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun çatısı gösterilmektedir. Konser günlerinde tüm sahne isteğe göre düzenlenmekte, geçici platformlar yerleştirilmektedir. Seyircilerin yaklaşık %60'ı oturma sıralarının üst bölümünde, %40'ı da oturma sıralarının alt bölümünde oturmaktadır. Alt ve üst oturma bölümleri arasında taş yüzey üzeri alçı kaplı bir ara geçit bulunmaktadır. Tiyatroda sahne önünde orkestra boşluğu bulunmaktadır ancak pek kullanılmamaktadır. Konser esnasında ses düzeni ile ilgili ekipmanlar buraya yerleştirilmektedir.

Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu bulunduğu konum ve büyüklüğü nedeniyle geniş kapasiteli bir tiyatro ve konser aktiviteleri merkezidir. Şehrin en büyük açık hava sahnesi olmasının yanı sıra Modern Çağ açıkhava tiyatrolarına da iyi bir örnektir.



Şekil 4.15. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun sahnesinin 2006 yılındaki çatısı

Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun ilk yapıldığı durumu veya günümüzdeki halini gösteren mimari projelere ne yazık ki hiçbir kaynakta ve İstanbul Belediyesi Şehir Tiyatroları Müdürlüğü'nde ulaşılamamıştır. Bu nedenle çalışmada kullanılmak üzere, İTÜ Mimarlık Fakültesi Restorasyon Anabilim dalı öğretim üyelerinden Y.Doç. Dr. Kani Kuzucular'ın danışmanlığında Mayıs 2005 yılında tiyatronun rölövesi çıkartılarak, mimari projesi hazırlanmıştır. Simülasyon çalışmalarında, bu projeye dayanarak hazırlanan 3 boyutlu bilgisayar modeli kullanılmıştır.

4.2.4. Açıkhava Tiyatrosunun Antik Tiyatrolar ile Karşılaştırılması

Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun antik tiyatrolar ile mimari olarak karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Cemil Topuzlu Açıkhava tiyatrosu plan tipi olarak kaveanın 105^0 'lik yerleşim açısı ile Antik Yunan ve Roma tiyatroları formuna uymamaktadır çünkü Antik Yunan formunda açı 180^0'den fazla tutulmuştur ve Roma tiyatrosundaki açı ise 180^0 dereceye eşittir.
- Sahnenin tam ve yarım daire olmaması, sahne biçimi bakımından da Antik Yunan ve Helen tiyatrolarıyla sahne biçimi benzerliğini ortadan kaldırmaktadır. Oturma düzeni açısından kuşatılmamış (nonenveloping) tiyatrolar gurubunda gösterilebilir (Bkz. Tablo 2.4).
- Tiyatronun yönlenişi kuzey-doğudur. Bu özelliğiyle çoğunluğu kuzeye bakan Roma tiyatrolarıyla benzerlik göstermektedir (Bkz. Tablo 2.2).
- Tiyatro daha önceden var olan bir tepe üzerine oturtularak inşa edildiğinden Antik Yunan tiyatrolarındaki var olan araziye yerleşme özelliğine uymaktadır. Kent içinde doğal bir eğime inşa edildiğinden sade eğimli tepe kent tiyatrosu gurubuna girmektedir (Bkz. Bölüm 2.5.1).
- Tiyatronun ana malzemesi kireç taşıdır ve basamaklarda granit kullanılmıştır. Antik Yunan ve Roma tiyatrolarında da genellikle yerel taş malzeme kullanıldığı için tiyatro bu malzeme tipiyle antik tiyatrolarla benzerlik göstermektedir.
- Tiyatronun çapı 60 m'den büyük olduğundan, boyutsal olarak büyük tiyatrolar gurubuna girmektedir (Bkz. Bölüm 2.14).
- Tiyatronun sahne yarıçapının (iç yarıçap~15.6m) tiyatro çapına (dış yarıçap~62.7 m) oranı yaklaşık %25 olduğundan Roma tipi tiyatrolarıyla benzerlik göstermektedir (Bkz. Bölüm 2.1.5).
- Antik Çağ tiyatrolarının kapasitesiyle dış yarıçap arasındaki oran bağıntısında; dinleyicilerin oturması için ayrılan kavea ve orkestranın net alanı, tüm kavea ve orkestra alanının yaklaşık %80'nine eşittir. Bu oran genelde tüm antik çağ tiyatroları için aynıdır. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu için Bölüm 2.1.5'deki denklem 2.1' i uyguladığımız zaman;

Alan= $\left[(62.7)^2 \times \pi / 2\right]$ = 6172.12 m^2

Net alan= $\left[6172.12/(360/105)\right]$ / 0.80 = 1452 m^2

Kapasite= = 1452 / 0.37 = 3924 kişi

seyirci sayısı 3924 kişi olmaktadır ve bu değer tiyatronun yaklaşık 4000 olan seyirci sayısına yakındır.

Genel olarak özetlendiğinde, tiyatronun mimari olarak oldukça iyi planlandığı ve Antik Çağ tiyatrolarının genel tasarım prensiplerine uygun olduğu söylenebilir. Ek A.1'de tiyatroda bulunan 96 farklı noktanın kot ölçümleri yardımıyla çıkarılan rölöve çalışması sonucunda tiyatronun çizilen planı ve kesiti gösterilmiştir.

4.3. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun Hacim Akustiği Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi

Tiyatronun mimari özellikleri kadar hacim akustiği parametreleri açısından Antik Çağ tiyatroları ile karşılaştırılması da büyük önem taşımaktadır. Tiyatronun akustik kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan nesnel akustik parametre değerleri akustik simülasyon yazılımı ODEON Ver. 8.0 ve yerinde yapılan ölçümlerle elde edilip, bulunan sonuçlar Antik Çağ tiyatrolarından Aspendos (Antalya -Türkiye, 7000 kişilik) ve Jerash (Jerash - Ürdün, 3000 kişilik) tiyatrolarının literatürden elde edilen nesnel parametre değerleri ile karşılaştırılmıştır.

4.3.1. Uygulanan Ölçüm Yönteminin Açıklanması

Bu çalışmada, kullanılan hacim akustiği parametrelerinin ölçümü ISO 3382-1 ''Hacim akustiği parametrelerinin ölçümü - Bölüm1(Gösteri mekanları)'' standardına uygun olarak yapılmıştır. Taslakta, mevcut uluslararası ISO 3382-1997 standardı ISO-IEC kurallarına uygun bir şekilde teknik komite tarafından tekrar elden geçirilip değiştirilmiştir. Standart akustik ölçümlerin teknik detayları hakkında bilgiler içermektedir. Aşağıda çalışmada gerçekleştirilen, ölçümlerde kullanılan düzeneğe ilişkin bilgiler verilmektedir[28].

4.3.1.1.Ölçüm Koşulları ve Pozisyonları

Çınlama süresinin (reverberation time) ölçümü hacmin her türlü doluluk durumunda yapılabilmektedir. Bu çalışmada ölçümler tiyatronun boş olduğu durumda yapılmıştır. Standarda göre ölçüm sırasında hacim içindeki havanın sıcaklık ve bağıl nem oranı ±1 ^{0}C ve ±5 % doğruluk değerlerinde olmalıdır [28]. Tablo 4.1'de

tiyatronun ölçümü sırasındaki koşullar gösterilmiştir. Meteorolojik verilere ilişkin bilgiler Devlet Meteoroloji Enstitüsü'nün internet sitesinden alınmıştır [33].

Tablo 4.1. Ölçüm koşulları

Tarih	4 Mayıs 2006
Kaynak sayısı	3
Alıcı sayısı	23
Ölçüm saatleri	10:00-15:30
Sıcaklık	13 C^0 - 14 C^0
Bağlı nem	34% - 54%

Ölçüm esnasında kullanılacak alıcı noktalarının sayısı hacmin büyüklüğüne bağlı olmakla birlikte, ISO 3382-1 standardında belirtilen oturma yeri sayısına göre kullanılması gereken minumum mikrofon pozisyon sayısı uygun olmalıdır [28]. Tablo 4.2'de oturma sayısına göre kullanılması gereken minumum mikrofon pozisyonu sayısı gösterilmektedir. Buna bağlı olarak Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda yapılan ölçüm sırasında 23 mikrofon noktası kullanılmıştır.

Tablo 4.2. Oturma yeri sayısına göre kullanılması gereken minumum mikrofon pozisyonu sayısı [28]

Oturma yeri sayısı	**Kullanılacak minumum mikrofon pozisyonu sayısı**
500	6
1000	8
2000	10

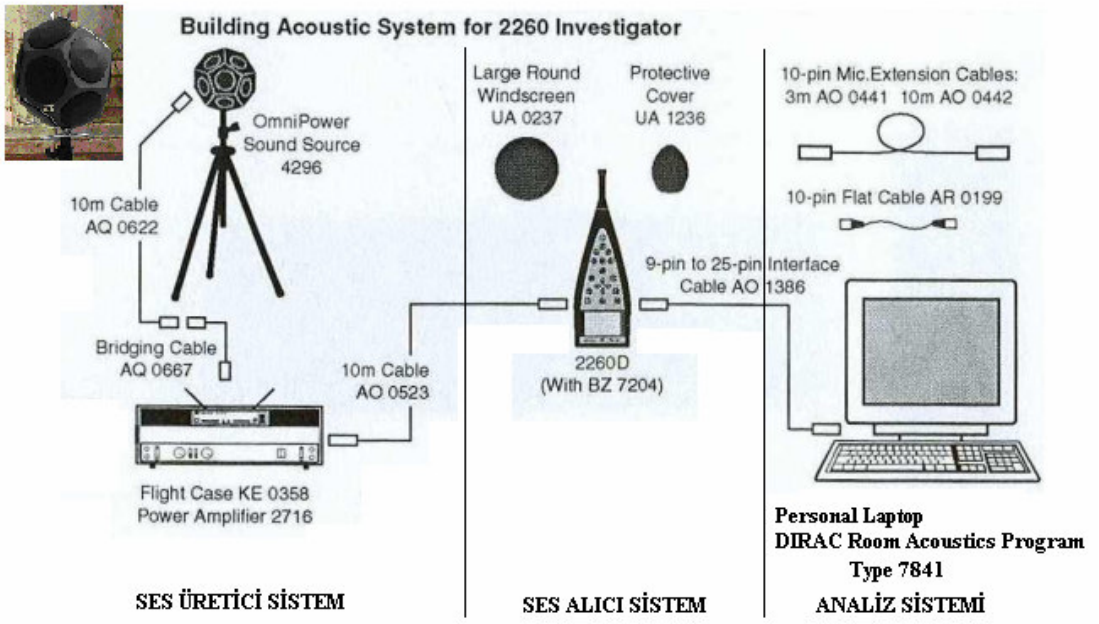
Ölçüm esnasında sahnede üç farklı kaynak noktası ve oturma yerlerinde yirmi-üç farklı dinleyici noktası seçilmiştir. Dinleyici yerleri oturma yerlerinde seçilen iki radyal çizgi boyunca bulunmaktadır. Birinci çizgi tiyatronun oturma düzeninin sol tarafında bulunmakta ve merkez çizgisiyle 37^0'lik açı yapmaktadır. İkinci çizgi oturma düzeninin sağ tarafında bulunmakta ve merkez çizgisiyle 20^0'lik açı yapmaktadır. Bu iki çizgi arasındaki ayrıca oturma yerlerinde dağınık şekilde bulunan sekiz farklı dinleyici pozisyonu ek olarak seçilmiştir. Birinci kaynak pozisyonu tiyatro merkez çizgisinin 5 m solunda sahne duvarından 5.72 m, ikinci kaynak pozisyonu tiyatro merkez çizgisinin 7 m sağında sahne duvarından 5.30 m, üçüncü kaynak pozisyonu tiyatro merkez çizgisinin 1m solunda sahne duvarından

12.14 m uzakta bulunmaktadır. Bu kaynak pozisyonları simülasyonla yapılan hesaplamalarda da aynı yerlerde kullanılmıştır. Ek B.1'de Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçüm yapılan noktalar gösterilmiştir.

Ses kaynakları ISO 3382-1 standardına uygun olarak yerden 1,5 m yükseklikte yerleştirilmiştir. Mikrofonlar dinleyicinin kulak hizasında olması için yerden 1.2 m yükseklikte tutulmuştur. Mikrofonların direk sesten etkileneceği düşünülerek, aralarındaki uzaklıkların en az 2 m olmasına ve mikrofonların pozisyonlarının en yakın yansıtıcı yüzeye ve yere en az 1 m uzaklıkta ve ses kaynağına çok yakın tutulmamasına dikkat edilmiştir çünkü mikrofon ve ses kaynağı arası uzaklık en az 10m alınmıştır. Değerlendirmeler sırasında ölçülen sonuçların her kaynak pozisyonu için ortalamaları alınmıştır [28].

4.3.1.2. Ölçüm Düzeneği

Ölçüm sırasında kullanılan temel araçlar, içerisinde taşınabilir ses kartı bulunan bir diz üstü bilgisayarı, ses kaynağı, tek tip mikrofon ve ses basınç düzeyi ölçerden oluşmaktadır. Ölçüm düzeneğini oluşturan ekipmanlar Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Ölçüm düzeneğini oluşturan ekipmanlar

- *Ses Üretici Sistem:* Ses kaynağı ISO 3382-1'e uygun olarak ses dalgalarını her oktav bant frekansta ve her yönde yayabilecek özellikte olmalıdır. Sesin

çok yönlü yayılmasında kabul edilebilecek sapmalar Tablo 4.3'de verilmiştir [28].

Tablo 4.3. Açık alanda kabul edilebilecek maksimum kaynağın yön sapmaları [28]

Frekans, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
Maksimum sapma,dB	±1	±1	±1	±3	±5	±6

Çalışmada kullanılan ses kaynağı B&K 4296 tipinde on iki yüzünde hoparlör bulunan küresel (omnidirectional) bir kaynaktır. Kaynağın yaratacağı ses basınç düzeyi arka plan gürültüsünden etkilenmeden, istenen minumum aktif alanda azalma eğrileri sağlayacak verimlilikte olmalıdır [28]. Ölçümler sırasında arka plan gürültüsünden minumum 45 dB daha yüksek ses basıncı üretmek gerektiğinden ses kaynağı B&K 2716 tipinde ses gücü yükselticisine (power amplifier) bağlanmıştır.

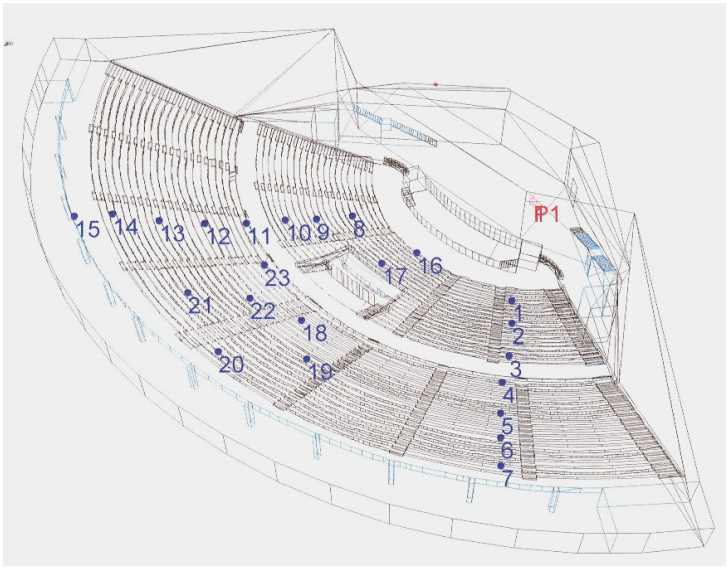
- *Ses Alıcı Sistem:* Oktav bant sinyal tepkileri tüm akustik ölçüm parametreleri ölçmek için gereklidir. Mikrofonlar mümkün olduğu kadar küçük, tercihen maksimum diyafram çapı 13 mm olmalıdır. Açık alan tepkisi ölçümleri için 26 mm çapa kadar mikrofon kullanılabilmektedir [28]. Çalışmada, ses alıcı sistem olarak kullanılan ekipmanlar B&K 2260D ses basınç düzeyi ölçer ve mikrofondur. Ses basıncını bulmak için ses dalgalarını her yönde toplayan (omnidirectional) mikrofon kullanılmıştır. Ölçülecek ses yüksekliği (G) değeri için mikrofon kalibre edilmiştir.
- *Analiz Sistemi :* B&K 2260 D ses alıcı sistemi ile ölçülen veriler, bir diz üstü bilgisayarına yüklenen B&K 7841 tipi ''DIRAC Hacim Akustiği'' yazılımı yardımı ile ISO 3382-1'e uygun olarak analiz edilmiş ve nesnel akustik parametrelerin değerleri ölçülmüştür. Analizler 125-400 Hz aralığındaki oktav bant frekanslar için yapılmıştır [28].

4.3.2. Uygulanan Simülasyon Yönteminin Açıklanması

Çalışmada gerçekleştirilen akustik simülasyon sonuçları ODEON Ver. 8.0 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Bu yazılım frekansa bağlı ses ışınlarının kırılarak yayılması yöntemini uygulamaktadır. Açıkhava tiyatroları bilgisayar modellemesinin çokça uygulandığı bir 'hacim' tipine girmemektedir, ancak kırınım (difraction) ve saçılma

(diffusion) hesaplaması yöntemi, açıkhava tiyatroları için kullanılacak en iyi yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Açıkhava tiyatrolarında ses alanı normal bir üç boyutlu yayılma alanından farklıdır. Çınlayan sesin büyük bir miktarı olmayan bir tavan yüzünden yok olmaktadır. Bu tiyatrolardaki yansıtıcı yüzeylerin çoğu küçük veya düzensiz olduğundan bu tür bir hacimde saçıcılık ve kırınım özelliği bulunan Odeon Ver. 8.0 yazılımı kullanılması uygun bulunmuştur [34]. Simülasyonda kullanılan model, 3D Max Ver. 7 ve Sketch Up Ver. 5 mimari modelleme yazılımları yardımıyla açıkhava tiyatrosunun, rölöve sonucu hazırlanan mimari projesi kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4.17'de simülasyon programında kullanılan model 1. kaynak pozisyonu ve 23 alıcı noktasıyla birlikte görülmektedir.



Şekil 4.17. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun simülasyon modeli

4.3.2.1. Simülasyon Yazılımının Dayandığı Kabuller

ODEON yazılımı akustik parametrelerin hesaplanmasını bileşik bir yöntemle yapmaktadır. Bunlar ışınsal tarama yöntemi ve imajiner - kaynak yöntemidir.

- *Işınsal tarama yöntemi (ray tracing):* ODEON Ver. 8.0 programında, alıcı noktalarında elde edilen ilk ve gecikmiş yansımaların enerjilerini hesaplama işlemi; ışın taraması ile yüzeylerde oluşan sanal kaynakları tespit ederek ve alıcı noktasına ulaşan yansımaları saptayarak yapılabilmektedir. Programın hesaplama yönteminin temelinde, kaynaktan yayılan ses ışınlarının çeşitli doğrultularda yayılarak, hacim geometrisine bağlı olarak oluşan ses alanının

özelliklerini etkileyen erken ve gecikmiş yansımaların oluştuğu yüzeylere ilişkin bilgileri kaydetmesi ve bu bilgileri seçilen alıcı noktasının konumuna bağlı olarak analiz etmesi yatmaktadır. Bu aşamada önceden belirlenmesi gereken dört kabul bulunmakta ve aşağıda bu çalışma için seçilen değerler belirtilmektedir [35].

a) Işın sayısı (number of rays) : Tarama için kullanılacak ışın sayısı, hazırlanan modellerdeki yüzey sayısından en az 16 kat fazla olmalıdır ancak, 300 ışının altında da kalmamalıdır. Çalışmada nokta sinyal parametresi olarak ‘’presicion’’, saçıcılık metodu olarak ‘’lambert’’ kullanılıp, ışın sayısı yazılımda önerildiği gibi 1281145 seçilmiştir.

b) *Bir ışının maksimum yansıma sayısı (max. reflection order)*: Bir yüzeye çarptıktan sonra ışınların yansıma sayısı, programın maksimum değeri olan 2000 seçilmiştir.

c) *Bir ışının maksimum yansıma süresi (max. ray runtime)*: Işınların kaynaktan yayıldıktan sonra tamamen yutulması için geçen süre, en uzun çınlama süresi kadar veya en az 2/3 ‘ ü kadar olmalıdır. Çalışmada bu değer 2500 ms olarak alınmıştır.

d) *Sanal kaynakların yansıma derecesi (reverberant from order)*: Modeller düzgün yüzeylerden ve sade formlardan oluştuğu için ilk yansımaların enerjisinin hesaplanmasında kullanılacak olan sanal kaynakların 2. dereceye kadar hesaplanmasının tüm görünür sanal kaynakları saptamaya yeteceği düşünülerek, 2. derecenin üstündeki yansımaların enerjileri gecikmiş yansımalara katılmıştır.

- *İmaj - kaynak yöntemi (image-source):* Bu yöntemle kaynaklar sanal olarak aynalanmaktadır. Bu sanal kaynaklardan ışınlar gönderilip hesaplamalar yapılmaktadır. İlk yansımaların enerjisini saptamak için bu yöntem kullanılmaktadır [35].

4.3.2.2 Simülasyonda Kullanılan Kabuller

Yazılımda kullanıcının seçmesi gereken, frekanstan bağımsız bir saçıcılık ve yutuculuk katsayısı olmalıdır. Bu katsayılar yüzey köşelerinde olan kırınımla yüzey pürüzlülüğüne bağlı saçıcılığın birleşiminden oluşmaktadır. Tablo 4.4. ve Tablo 4.5’te tiyatronun yüzeylerinin yutuculuk ve saçıcılık katsayıları verilmiştir.

Yüzey boyutlarına, kaynak-alıcı uzaklıklarına ve geliş açısına bağlı, frekanstan bağımsız kırınımlara, yazılım tarafından dikkat edilmektedir. Sadece modellenen

geometride yer almayan yüzey detayları (pürüzlülük) tarafından oluşan saçıcılık kullanıcı tarafından seçilmektedir. Daha detaylı geometrik modellemeye olan eğilimle (ODEON' da daha gelişmiş araçlar kullanarak veya mimarların kullandığı CAD modellerinden alınarak) yeni saçıcılık metodu saçıcılık özelliklerinin kullanıcı tarafından rasgele tahmin edilmesini veya yüzey pürüzlülüğünün saçıcılık değerlerinin ISO 17497-1'den direk alınan ölçüm sonuçları kullanılarak belirlenmesini azaltmıştır [34].

Tablo 4.4. Tiyatronun yüzeylerinin akustik özellikleri

Yutuculuk Katsayısı	**FREKANS (Hz)**					
	125	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**
1	Kireç taşı (limestone) (ara basamak yanları, sahne duvarı, sahne kuleleri, galeri alınlık, projeksiyon odası, dinleyici rıht, sahne önü döşeme, sahne, orkestra boşluğu, galeri kolonlar, sahne merdivenleri, sahanlık, galeri arka duvar)					
α	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	Demir, alüminyum sandviç panel(sahne arka kapı, sahne çatısı, sahne merdiven kapısı, projeksiyon odası kapısı)					
α	0.3	0.25	0.20	0.10	0.10	0.15
3	Plastik koltuklar (dinleyici oturma sıraları)					
α	0.10	0.08	0.04	0.04	0.35	0.03
4	Mermer (sahne kulesi üstü)					
α	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
5	Granit (granite) taşı (ara basamaklar ve sahne merdivenleri alanları)					
α	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07
6	%100 yutucu (hava)					
α	1	1	1	1	1	1

Tablo 4.5. Yüzeylerde kullanılan malzemelerin değişimi ve saçıcılık katsayıları (δ)

Yüzey Adı	**Kullanılan Malzeme**	**Saçıcılık katsayısı** (δ)
Ara basamak yanları, sahne duvarı, sahne kuleleri, galeri alınlık, projeksiyon odası,dinleyici rıht, sahne önü döşeme, sahne, orkestra boşluğu, galeri kolonlar, sahne merdivenleri, sahanlık, galeri arka duvar	1	0.1
Sahne arka kapı, sahne çatısı, sahne merdiven kapısı, projeksiyon odası kapısı	2	0.1

Tablo 4.5. Yüzeylerde kullanılan malzemelerin değişimi ve saçıcılık katsayıları devamı (δ)

Dinleyici oturma sıraları	3	0.1
Sahne kulesi üstü	4	0.1
Ara basamaklar ve sahne merdivenleri alanları	5	0.1
Hava	6	0.1

4.3.3. Bulgular

Bu bölümde Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun ölçüm ve simülasyon sonuçlarından elde edilen bulgular verilmiştir. Ölçüm ve simülasyonda aynı kaynak ve alıcı pozisyonları kullanılmıştır. Hesaplanan nesnel akustik parametre sonuçlarının 3 kaynak ve 23 alıcı noktasına göre frekanslara bağlı ortalamaları alınmıştır.

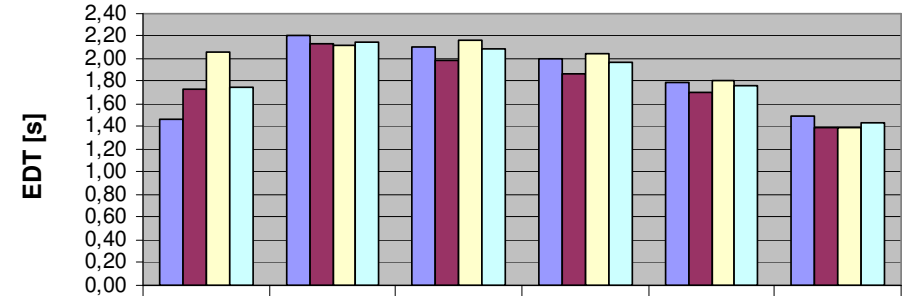
4.3.3.1. Ölçüm Sonuçları

Ses bir kaynaktan yayıldıktan sonra gelişmesi ve sönmesi önceleri daha hızlı sonraları daha yavaş bir şekilde olmaktadır. Açıkhava tiyatrolarında hacmi kapatan bir tavan etkisi bulunmadığından havaya yayılan ses öncelikle yansıtıcı yüzeyler tarafından çeşitli yansımalarla hacim içine dağılmakta, sonrada hacim içindeki yutucu yüzeyler, dinleyiciler ve tiyatroyu saran hava boşluğu tarafından yutulmaktadır.

Aşağıda sunulacak olan grafiklerde, her bir kaynak için sinyal verildikten sonra sesin gelişme ve sönme evresinde ölçülen akustik parametrelerin ortalama değerleri (23 nokta) gösterilmektedir. Kaynak 1, 2 ve 3 olarak belirtilen parametreler, her bir kaynak pozisyonunda 23 noktada ölçülen verilerin ortalamasını ifade etmektedir. ''Ortalama değerler'' olarak belirtilen parametre, 69 alıcı noktasındaki ölçüm sonuçlarının (23 alıcı noktası×3 kaynak pozisyonu) ortalama değerlerini göstermektedir. Alıcı noktalarında ölçülen tüm değerler, EK C'de verilmiştir.

- *Erken Düşme Süresi (Early Decay Time - EDT)*

Şekil 4.18'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında ölçülen EDT değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	1,47	2,21	2,10	2,00	1,80	1,50
Kaynak 2	1,73	2,13	1,99	1,86	1,70	1,39
Kaynak 3	2,06	2,12	2,16	2,04	1,81	1,40
Ortalama	1,75	2,15	2,08	1,97	1,77	1,43

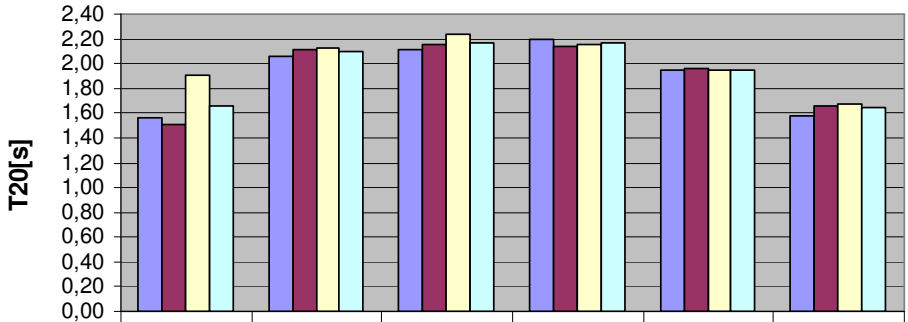
Frekans [Hz]

Şekil 4.18. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen EDT değerleri

Şekil 4.18'e göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda EDT değeri 2.02 s kadardır. Bu frekans aralığında 3. kaynak pozisyonu için EDT değerleri diğer kaynak pozisyonlarına göre yüksek ölçülmüştür. 4000 Hz'de ise EDT değeri diğer frekanslara göre düşük çıkmıştır.

- *Çınlama Süresi (Reverberation Time – T10, T20, T30)*

Şekil 4.19'da, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında ölçülen T20 değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



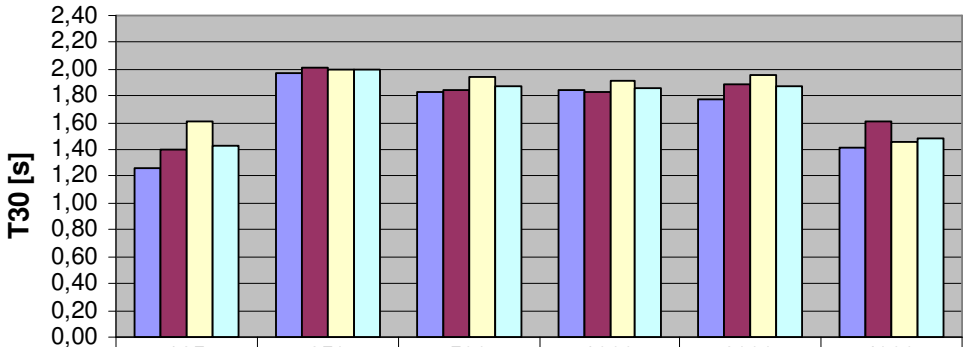
	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	1,57	2,06	2,11	2,20	1,95	1,58
Kaynak 2	1,51	2,11	2,15	2,14	1,96	1,66
Kaynak 3	1,91	2,13	2,23	2,16	1,95	1,68
Ortalama	1,66	2,10	2,16	2,17	1,95	1,64

Frekans [Hz]

Şekil 4.19. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen T20 değerleri

Şekil 4.19'a göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda T20 değeri 2.17 s kadardır. 125, 250, 500 ve 4000 Hz için 3. kaynak pozisyonun T20 değeri diğer kaynak pozisyonlarına göre daha yüksek ölçülmüştür. En düşük T20 değerlerine 1. ve 2. kaynaklar için 125 Hz' de rastlanmaktadır.

Şekil 4.20'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında ölçülen T30 değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir. T20 ve T30 birbirinden bağımsız ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. T30 değeri T20 ile karşılaştırıldığında daha düşük çıkmıştır.



	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	1,26	1,97	1,83	1,84	1,77	1,41
Kaynak 2	1,40	2,01	1,85	1,83	1,88	1,61
Kaynak 3	1,61	2,00	1,94	1,91	1,96	1,45
Ortalama	1,42	1,99	1,87	1,86	1,87	1,49

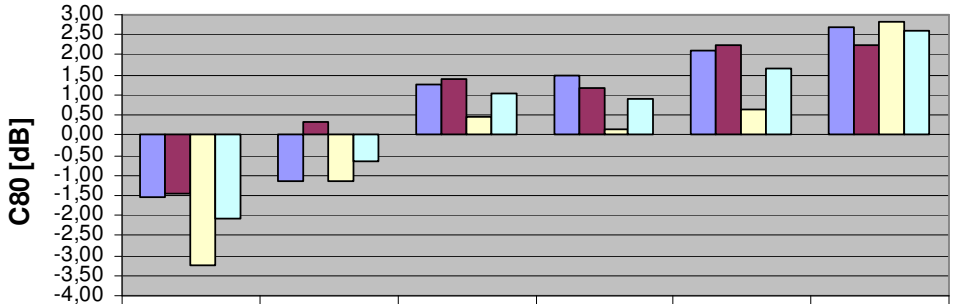
Frekans [Hz]

Şekil 4.20. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen T30 değerleri

Şekil 4.20'ye göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda T30 değeri 1.86 s kadardır. Bu frekans aralığında 3. kaynak pozisyonu için T30 değerleri diğer kaynak pozisyonlarına göre yüksek ölçülmüştür. 125 ve 4000 Hz frekans aralığında ise T30 değerleri diğer frekanslara göre düşük çıkmıştır.

- *Ses Açıklığı – Netliği (Clarity – C80)*

Şekil 4.21'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında ölçülen C80 değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	-1,54	-1,16	1,28	1,48	2,13	2,71
Kaynak 2	-1,44	0,31	1,41	1,15	2,24	2,23
Kaynak 3	-3,22	-1,14	0,46	0,14	0,62	2,81
Ortalama	-2,07	-0,66	1,05	0,92	1,66	2,58

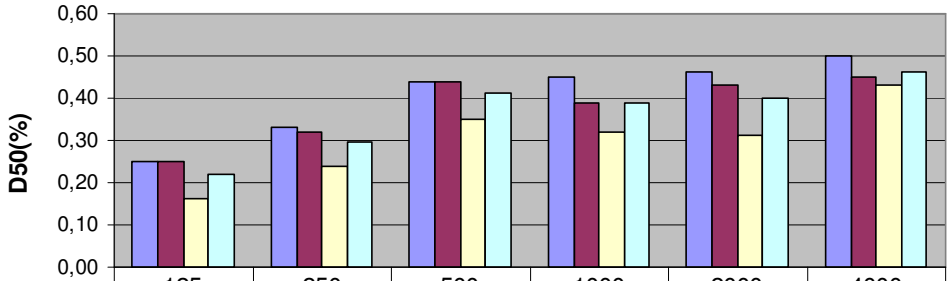
Frekans [s]

Şekil 4.21. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen C80 değerleri

Şekil 4.21'e göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda C80 değeri 0.98 s kadardır. Tüm oktav bant frekans aralığında 3. kaynak pozisyonu için C80 değerleri diğer kaynak pozisyonlarına göre oldukça düşük ölçülmüştür. 1. kaynak pozisyonunda frekans arttıkça sesin netliği artmaktadır. 125 ve 250 Hz frekans aralığında ise C80 değerleri diğer frekanslara göre düşük çıkmıştır.

- *Konuşmanın Belirginliği (Distinctiness - D50)*

Şekil 4.22'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında ölçülen değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	0,25	0,33	0,44	0,45	0,46	0,50
Kaynak 2	0,25	0,32	0,44	0,39	0,43	0,45
Kaynak 3	0,16	0,24	0,35	0,32	0,31	0,43
Ortalama	0,22	0,30	0,41	0,39	0,40	0,46

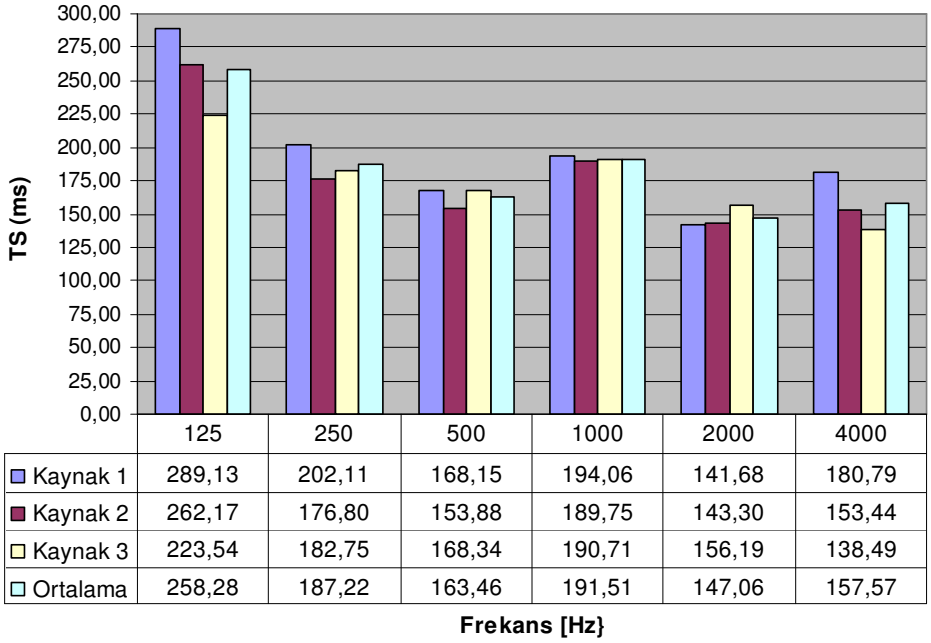
Frekans [Hz]

Şekil 4.22. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen D50 değerleri

Şekil 4.22'ye göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda D50 değeri 0.40 s kadardır. Tüm frekans aralıklarında 3. kaynak pozisyonu için D50 değerleri diğer kaynak pozisyonlarına göre oldukça düşük ölçülmüştür. 1. kaynak pozisyonu frekans aralıklarında genel olarak en yüksek değerlere sahiptir ve frekans büyüklüğüyle birlikte artış göstermektedir. 125 Hz için tüm kaynak pozisyonları için en düşük D50 değerleri ölçülmüştür.

- *Zamansal ağırlık merkezi (Center Time-TS)*

Şekil 4.23'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında ölçülen TS değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



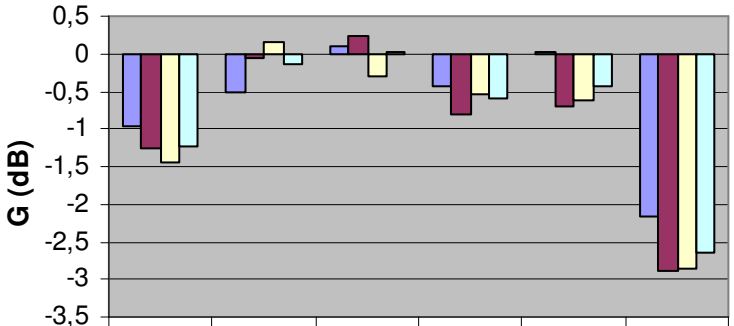
	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	289,13	202,11	168,15	194,06	141,68	180,79
Kaynak 2	262,17	176,80	153,88	189,75	143,30	153,44
Kaynak 3	223,54	182,75	168,34	190,71	156,19	138,49
Ortalama	258,28	187,22	163,46	191,51	147,06	157,57

Şekil 4.23. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen TS değerleri

Şekil 4.23'e göre 500-1000 Hz arasındaki orta frekanslarda TS değeri 177 ms kadardır. 500 ve 2000 Hz'de 3. kaynak pozisyonu için TS değerleri diğer kaynak pozisyonlarına göre yüksek çıkmıştır. 125 Hz için tüm kaynak pozisyonlarında en yüksek TS değerleri ölçülmüştür.

- *Ses yüksekliği (Strength – G)*

Şekil 4.24'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında ölçülen G değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.

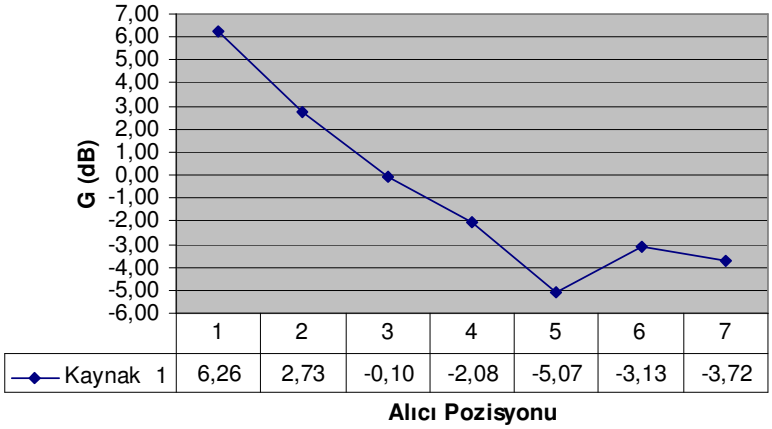


	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	-0,96	-0,51	0,09	-0,43	0,03	-2,16
Kaynak 2	-1,27	-0,06	0,24	-0,81	-0,7	-2,89
Kaynak 3	-1,44	0,16	-0,29	-0,53	-0,62	-2,87
Ortalama	-1,22	-0,14	0,01	-0,59	-0,43	-2,64

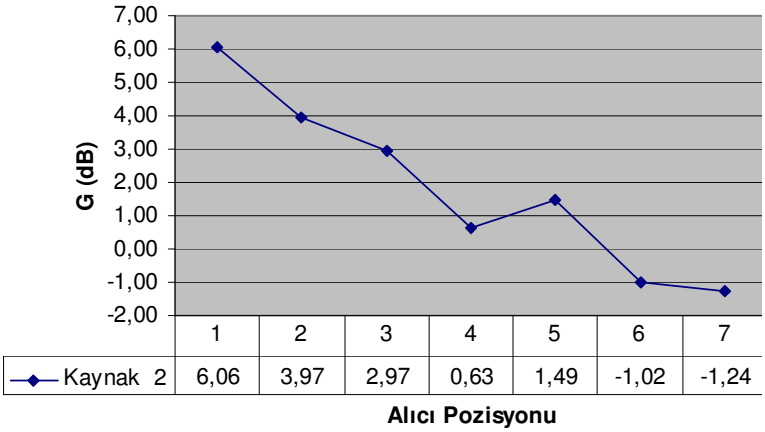
Frekans (Hz)

Şekil 4.24. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda ölçülen G değerleri

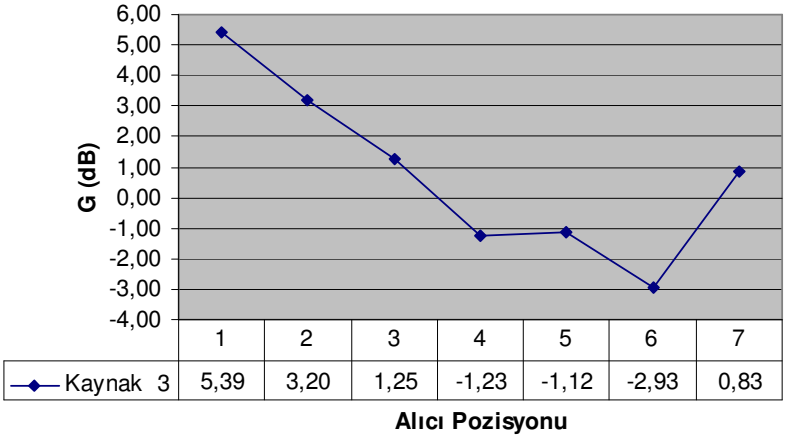
Şekil 4.24'e göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda G değeri -0.58 dB kadardır. 2. kaynak ve 3. kaynak pozisyonları için ölçülen G değerleri genelde diğer pozisyonlara göre düşük çıkmıştır. 125 ve 8000 Hz frekansları için en düşük G değerleri ölçülmüştür. İlk 7 alıcı noktası, tiyatronun planı üzerinde uzaklığa bağlı olarak G değerinin değişimini incelemek amacıyla bir çizgi üzerinde seçilmiştir. Tablo 4.25, 4.26 ve 4.27'de, 500-1000 Hz frekans aralığında uzaklığa bağlı olarak değişen ses yüksekliği (G) değerleri gösterilmiştir. 1. kaynak pozisyonunda uzaklığın artmasıyla birlikte azalan ses yüksekliği 6. alıcı noktasında yaklaşık 1.94 dB'lik bir artış gösterirken, 7. alıcı noktasında tekrar 0.79 dB' lik bir düşüş olmuştur. 2. kaynak ve 3. kaynak pozisyonlarında uzaklığın artmasıyla birlikte ses yüksekliği (G) sürekli olarak azalma gösterirken, 3. kaynak pozisyonu için 7. alıcı noktasında yaklaşık 2 dB' lik artış olmuştur.



Şekil 4.25. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda 1. kaynak için 1 - 7 alıcı pozisyonları arasında ölçülen G değerleri (500-1000 Hz)



Şekil 4.26. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda 2. kaynak için 1 -7 alıcı pozisyonları arasında ölçülen G değerleri (500-1000 Hz)



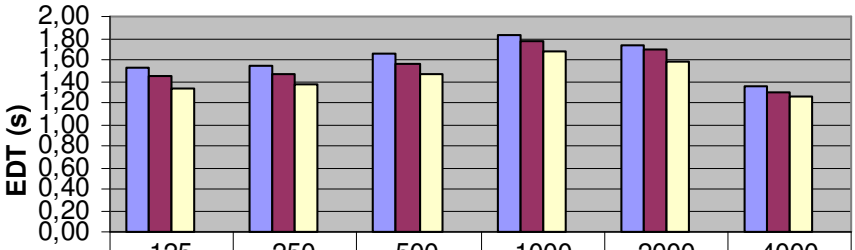
Şekil 4.27. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda 3. kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında ölçülen G değerleri (500-1000 Hz)

4.3.3.2. Simülasyon Sonuçları

Açıkhava tiyatrolarının akustik parametrelerinin hesaplanmasında simülasyon programlarının tahminlerinde bir takım düzensizlikler çıkmaktadır. Hacmin tavanının mevcut olmaması çok çınlayan bir alan oluşturmakta ve erken yansımaların tahmininde zorlanılmaktadır. Bu tür hacimlerde enerji kısa zamanda yok olmakta ve çınlama zamanının maskeleme etkisi çok az hesaplanmaktadır. Ayrıca modellemede yapılacak geometrik detaylandırmalarda da alınacak hesaplama sonuçları için önemlidir. Açıkhava tiyatrolarında simülasyon hesaplamaları esnasında oturma yerleri eğimli olduğundan tiyatro ters çevrilmiş bir koni şeklini almaktadır. Bu form birçok yansımayı açıkhavaya doğru yansıtacak, bu nedenlede enerji geç yansımalar oluşturarak kısa zamanda azalacaktır. Boş oturma yerlerinden gelecek saçılma ve kırılım etkisi üstü kapalı hacimlerdeki simülasyon hesaplamalarında pek önemli değildir. Tavan ve yan duvarlardan gelecek kuvvetli yansımalar saçılma ve kırılımdan gelecek az miktarda enerjiyi maskelemektedir. Ancak açıkhava tiyatrolarında az sayıda güçlü yansımalar mevcuttur ve düz bir düşme eğrisi (decay curve) için sinyal tepkisindeki kuvvetli yansımalar arasındaki boşluklar saçılma enerjisi ile doldurulmalıdır. Dengesiz bir düşme eğrisi ve zayıf yansımalar akustik parametrelerin hesaplanmasını zorlaştırmakta ve bu nedenle sonuçlar güvenilir olmamaktadır. Simülasyon sonuçlarında açıkhava tiyatroları için oturma yerlerinin yansıtıcılık katsayıları hacmin akustiği için çok önemlidir. Detaylı bir oturma yeri ve basamaklar sahne ve oturma yerleri arasında yatay yansımalar sağlayarak ölçülen verilerle benzerlik sağlayacaktır. Açıkhava tiyatrolarında imajinal-kaynak hesaplama yöntemi çok fazla ışın kullanıldığında büyük hatalar vermektedir. Bu yüzden ışınsal tarama yöntemi daha çok kullanılmaktadır. Bunun nedeni imajinal-kaynak metodunda birçok elemanın tamamen yutucu olan tavanın üzerine aynalanmasıdır. Bundan dolayı az sayıda yansımalar ve düşük bağıntı katsayısına sahip düşme eğrileri elde edilecektir. Sert yüzeylerden gelecek saçılma ve kırınım açıkhava tiyatrolarında kapalı hacimlere göre daha fazla önem taşımaktadır [36]. Alıcı noktalarında hesaplanan tüm değerler, EK D'de verilmiştir.

- *Erken Düşme Süresi (Early Decay Time - EDT)*

Şekil 4.28'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon EDT değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	1,53	1,54	1,66	1,83	1,74	1,36
Kaynak 2	1,44	1,47	1,56	1,77	1,69	1,3
Kaynak 3	1,34	1,37	1,47	1,68	1,59	1,25
Ortalama	1,44	1,46	1,56	1,76	1,67	1,30

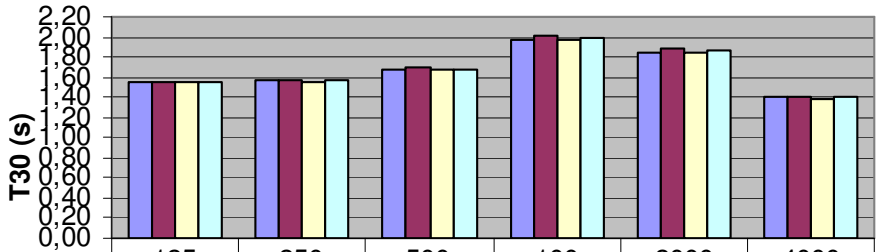
Frekans (Hz)

Şekil 4.28. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simülasyon EDT değerleri

Şekil 4.20'e göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda EDT değeri 1.66 s kadardır. Bu frekans aralığında 3. kaynak pozisyonu için EDT değeri diğer kaynak pozisyonlarına göre düşük ölçülmüştür. 1. kaynak pozisyonu tüm frekans değerleri için diğer pozisyonlara göre yüksek ölçülmüştür.

- *Çınlama Süresi (Reverberation Time – T10, T20, T30)*

Şekil 4.29'da, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon T30 değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



	125	250	500	100	2000	4000
Kaynak 1	1,56	1,57	1,68	1,98	1,85	1,4
Kaynak 2	1,56	1,57	1,7	2,01	1,88	1,41
Kaynak 3	1,55	1,56	1,68	1,97	1,85	1,39
Ortalama	1,56	1,57	1,69	1,99	1,86	1,40

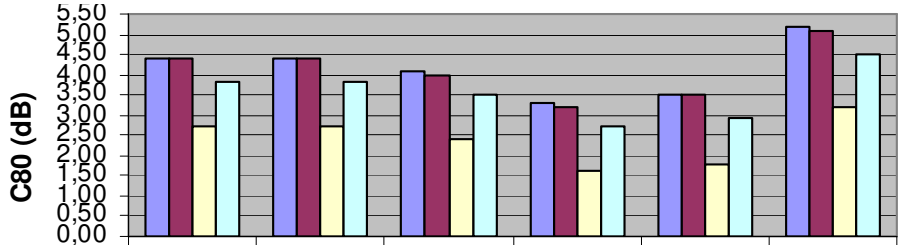
Frekans (Hz)

Şekil 4.29. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simülasyon T30 değerleri

Şekil 4.29'a göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda T30 değeri 1.84 s kadardır. Aynı frekans aralığında 3 farklı kaynak pozisyonu için T30 değerleri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır. 1000 Hz frekansında en yüksek T30 değeri olan 1.99 bulunmuştur.

- *Ses Açıklığı – Netliği (Clarity – C80)*

Şekil 4.30'da, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan C80 değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	4,4	4,4	4,1	3,3	3,5	5,2
Kaynak 2	4,4	4,4	4	3,2	3,5	5,1
Kaynak 3	2,7	2,7	2,4	1,6	1,8	3,2
Ortalama	3,83	3,83	3,50	2,70	2,93	4,50

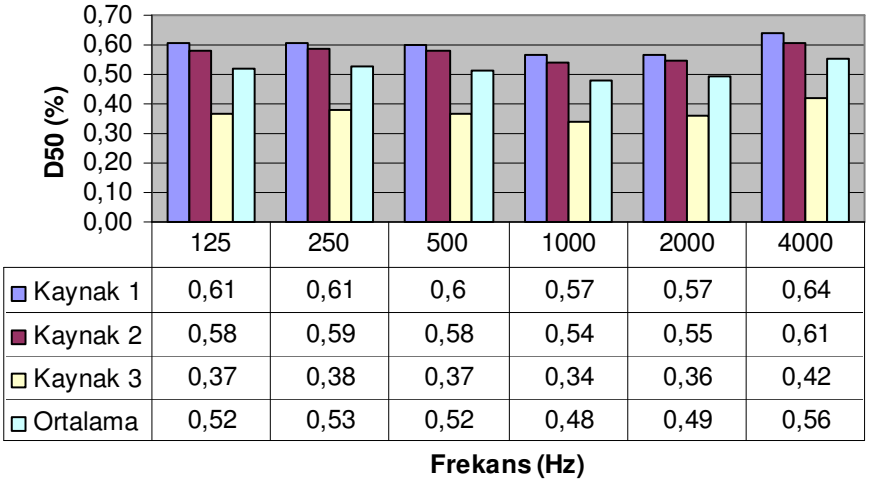
Frekans (Hz)

Şekil 4.30. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simülasyon C80 değerleri

Şekil 4.30'a göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda C80 değeri 3.1 dB kadardır. Tüm oktav bant frekans aralıklarında 3. kaynak pozisyonu için C80 değerleri diğer kaynak pozisyonlarına göre oldukça düşük çıkmıştır. 1. kaynak pozisyonunda hesaplanan değerler her frekans aralığı için diğer pozisyonlara göre yüksek çıkmıştır. 1000 Hz frekansında en düşük C80 değeri olan 2.70 dB bulunmuştur.

- *Konuşmanın Belirginliği (Distinctiness - D50)*

Şekil 4.31'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



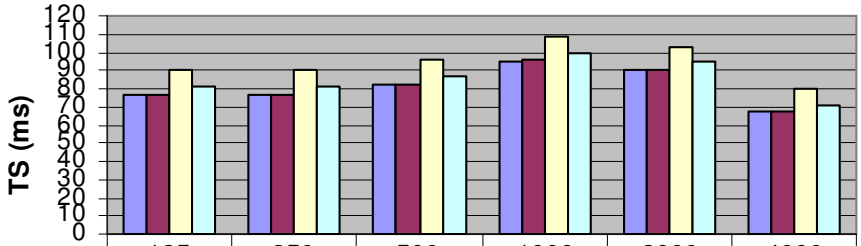
	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	0,61	0,61	0,6	0,57	0,57	0,64
Kaynak 2	0,58	0,59	0,58	0,54	0,55	0,61
Kaynak 3	0,37	0,38	0,37	0,34	0,36	0,42
Ortalama	0,52	0,53	0,52	0,48	0,49	0,56

Şekil 4.31. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simülasyon D50 değerleri

Şekil 4.31'e göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda D50 değeri 0.50 kadardır. Tüm oktav bant frekans aralıklarında 3. kaynak pozisyonu için D50 değerleri diğer kaynak pozisyonlarına göre oldukça düşük çıkmıştır. 1. kaynak pozisyonunda hesaplanan değerler her frekans aralığı için diğer pozisyonlara göre yüksek çıkmıştır. 1000 Hz frekansında en düşük C80 değeri olan 0.48 dB bulunmuştur.

- *Zamansal ağırlık merkezi (Center Time-TS)*

Şekil 4.32'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon TS değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



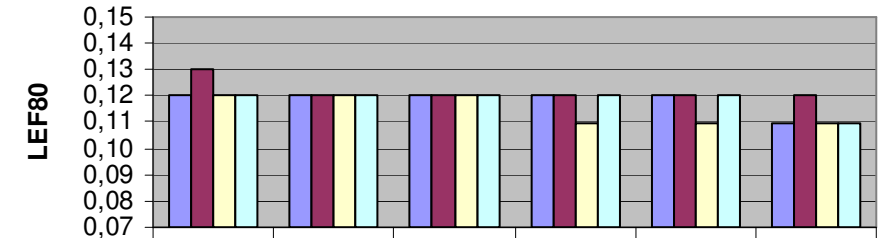
	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	77	77	82	95	90	67
Kaynak 2	77	77	82	96	90	67
Kaynak 3	90	90	96	109	103	80
Ortalama	81,33	81,33	86,67	100,00	94,33	71,33

Şekil 4.32. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simülasyon TS değerleri

Şekil 4.32'ye göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda TS değeri 93 ms kadardır. Tüm oktav bant frekans aralıklarında 3. kaynak pozisyonu için TS değerleri diğer kaynak pozisyonlarına göre oldukça yüksek çıkmıştır. 1. ve 2. kaynak pozisyonları için hesaplanan değerler her frekans aralığı için birbirine çok yakın çıkmıştır. 4000 Hz frekansında en düşük TS değeri olan 71.33 ms bulunmuştur.

- *Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction – LEF)*

Şekil 4.33'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon LEF değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
Kaynak 2	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Kaynak 3	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11
Ortalama	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11

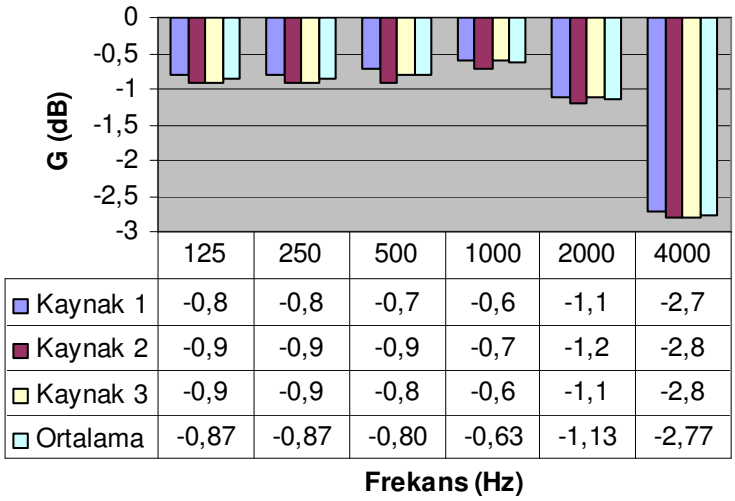
Frekans (Hz)

Şekil 4.33. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simülasyon LEF80 değerleri

Şekil 4.33'e göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda LEF değeri 0.12 kadardır. 1000, 2000, 4000 Hz frekans aralıklarında 3. kaynak pozisyonu için LEF değerleri diğer kaynak pozisyonlarına göre oldukça düşük çıkmıştır. LEF değerleri her oktav bant frekans aralığında tüm kaynak pozisyonları için birbirleriyle uyumlu görünmektedir.

- *Ses yüksekliği (Strength – G)*

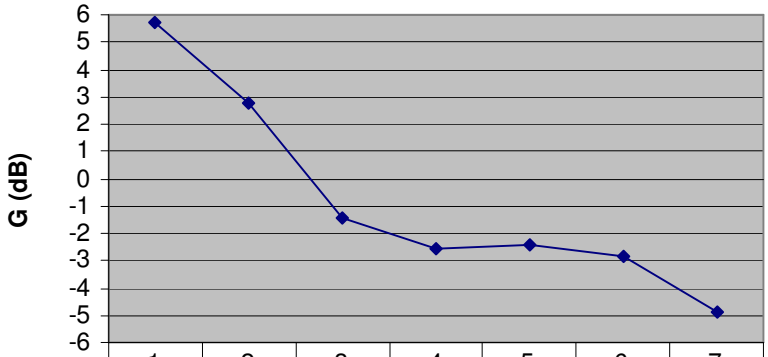
Şekil 4.34'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon G değerlerinin frekanslara göre ortalaması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
Kaynak 1	-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-1,1	-2,7
Kaynak 2	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7	-1,2	-2,8
Kaynak 3	-0,9	-0,9	-0,8	-0,6	-1,1	-2,8
Ortalama	-0,87	-0,87	-0,80	-0,63	-1,13	-2,77

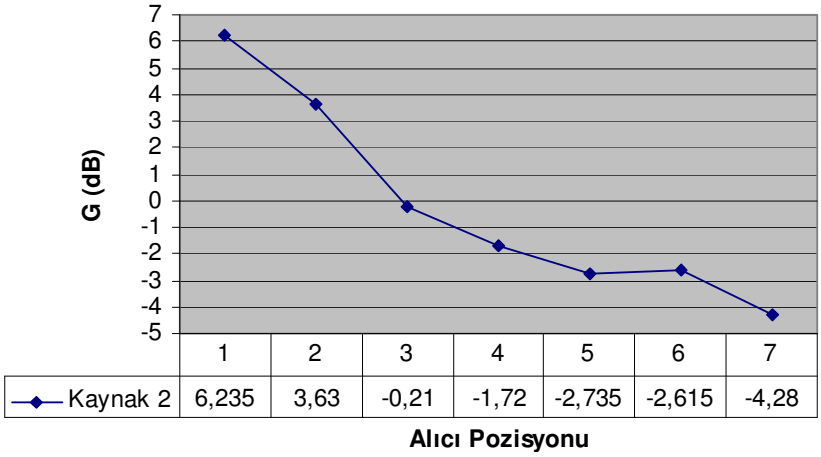
Şekil 4.34. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda simülasyon G değerleri

Şekil 4.34'e göre 500-1000 Hz arası orta frekanslarda G değeri -0.71 dB kadardır. 2. kaynak ve 3. kaynak pozisyonları için ölçülen G değerleri genelde diğer pozisyonlara göre düşük çıkmıştır. 125, 250 ve 4000 frekans aralıklarında en düşük ses yüksekliği (G) değerleri ölçülmüştür. İlk 7 alıcı noktası, uzaklığa bağlı olarak G değerinin değişimini incelemek amacıyla bir çizgi üzerinde seçilmiştir. Şekil 4.35-37'de, 500-1000 Hz orta frekanslarda uzaklığa bağlı olarak değişen G değerleri gösterilmiştir. Uzaklığın artmasıyla birlikte tüm kaynak pozisyonlarında ses yüksekliği değerleri düşüş göstermektedir.

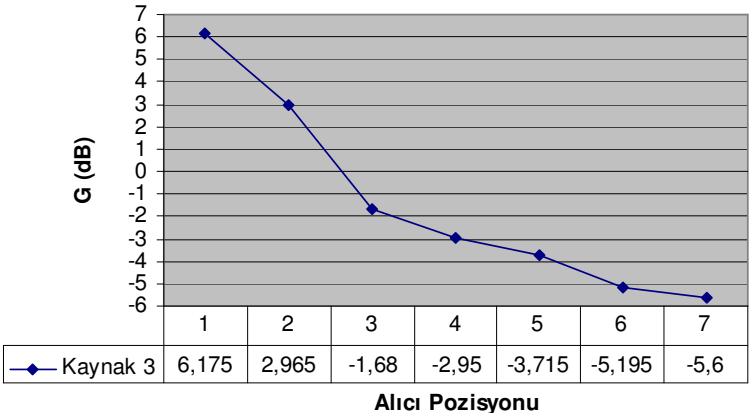


	1	2	3	4	5	6	7
Kaynak 1	5,72	2,75	-1,47	-2,585	-2,42	-2,86	-4,89

Şekil 4.35. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda 1. kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında hesaplanan simülasyon G değerleri (500-1000 Hz)



Şekil 4.36. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda 1. kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında arası hesaplanan simülasyon G değerleri (500-1000 Hz)



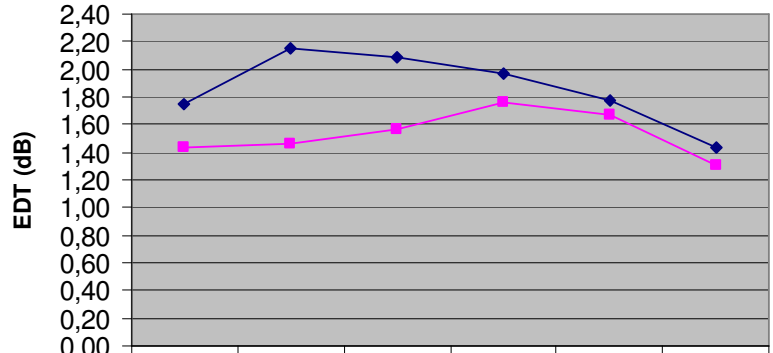
Şekil 4.37. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda 1. kaynak için 1-7 alıcı pozisyonları arasında arası hesaplanan simülasyon G değerleri (500-1000 Hz)

4.3.3.3. Ölçüm ve Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde 3 kaynak pozisyonunda ölçülen ve simülasyon yazılımıyla hesaplanan toplam 69 noktada elde edilen verilerin ortalamaları karşılaştırılmıştır.

- *Erken Düşme Süresi (Early Decay Time - EDT)*

Şekil 4.38'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon ve ölçülen EDT değerlerinin frekanslara göre karşılaştırılması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
EDT-ölçüm	1,75	2,15	2,08	1,97	1,77	1,43
EDT-simulasyon	1,44	1,46	1,56	1,76	1,67	1,30

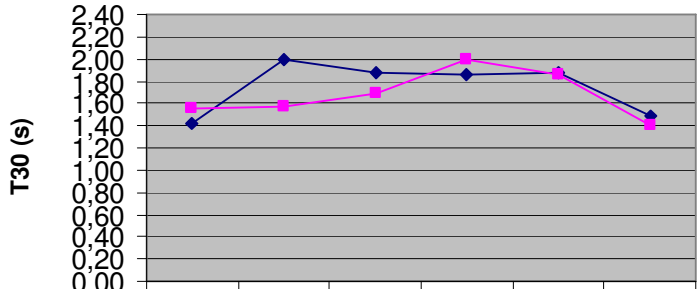
Frekans (Hz)

Tablo 4.38. EDT değeri için ölçüm ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Simülasyon değerleri ölçüm değerlerinin bir miktar altında çıkmakla birlikte bu fark daha çok alçak frekanslarda görülmektedir. Yüksek frekanslarda ölçüm ve simülasyon yöntemleri sonuçları arasında daha uyumlu bir grafik ortaya çıkmaktadır.

- *Çınlama Süresi (Reverberation Time – T10, T20, T30)*

Şekil 4.39'da, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon ve ölçülen T30 değerlerinin frekanslara göre karşılaştırılması görülmektedir.



	125	250	500	100	2000	4000
T30-ölçüm	1,42	1,99	1,87	1,86	1,87	1,49
T30-simulasyon	1,56	1,57	1,69	1,99	1,86	1,40

Frekans (Hz)

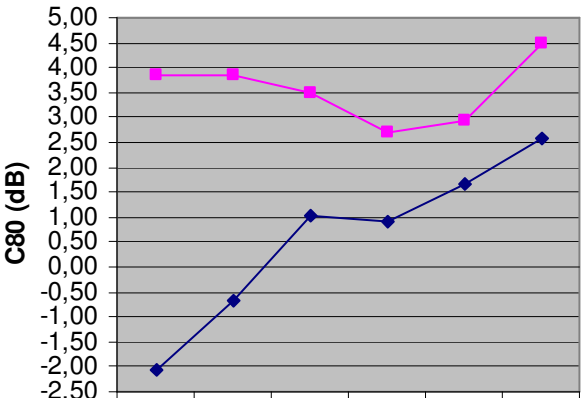
Tablo 4.39. T30 değeri için ölçüm ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Simülasyon değerleri ölçüm değerlerinin 250, 500, 2000 ve 4000 Hz frekans aralığında bir miktar altında çıktığı görülmektedir. Ancak 125 ve 1000 Hz gibi

frekans aralıklarında ölçüm ve simülasyon yöntemleri sonuçları arasında uyumlu bir grafik elde edilmektedir.

- *Ses Açıklığı – Netliği (Clarity – C80)*

Şekil 4.40'da, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon ve ölçülen C80 değerlerinin frekanslara göre karşılaştırılması görülmektedir.

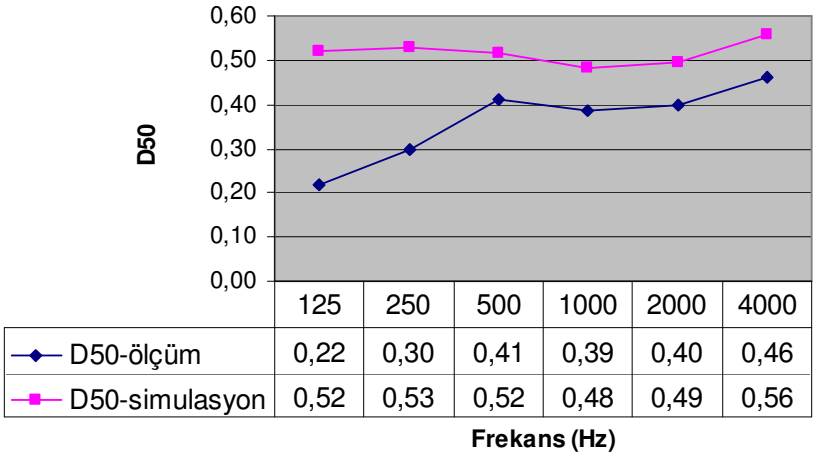


Tablo 4.40. C80 değeri için ölçüm ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Simülasyon değerleri ölçüm değerlerinin üstünde çıkmakla birlikte bu fark daha çok alçak frekanslarda görülmektedir. Orta ve yüksek frekanslarda ölçüm ve simülasyon yöntemleri sonuçları arasında daha uyumlu bir grafik ortaya çıkmaktadır.

- *Konuşmanın Belirginliği (Distinctiness - D50)*

Şekil 4.41'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon ve ölçülen D50 değerlerinin frekanslara göre karşılaştırılması görülmektedir.

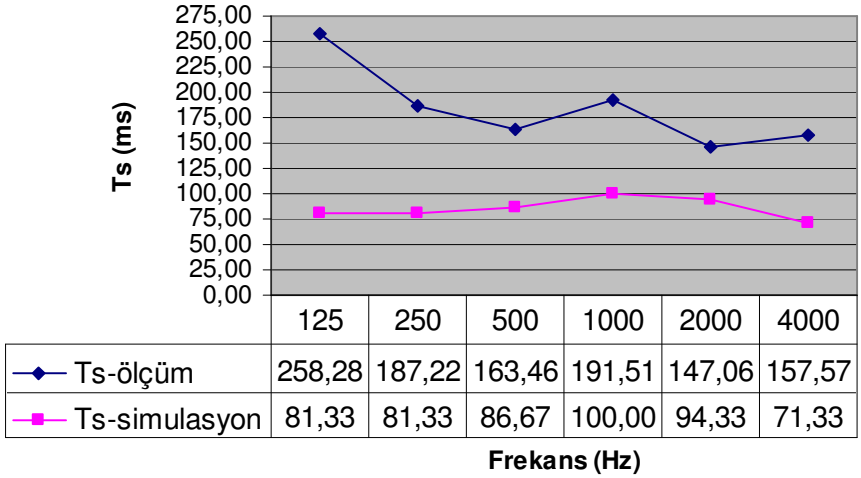


Tablo 4.41. D50 değeri için ölçüm ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Simülasyon değerleri ölçüm değerlerinin üstünde çıkmakla birlikte bu fark daha çok alçak frekanslarda görülmektedir. Orta ve yüksek frekanslarda ölçüm ve simülasyon yöntemleri sonuçları arasında daha uyumlu bir grafik ortaya çıkmaktadır.

- *Zamansal Ağırlık merkezi (Center Time-TS)*

Şekil 4.42'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon ve ölçülen TS değerlerinin frekanslara göre karşılaştırılması görülmektedir.

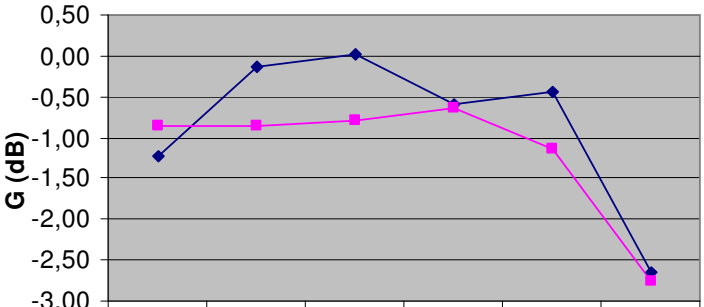


Tablo 4.42. TS değeri için ölçüm ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Simülasyon değerleri ölçüm değerlerinin altında çıkmakla birlikte bu fark daha çok alçak frekanslarda görülmektedir. Orta ve yüksek frekanslarda ölçüm ve simülasyon yöntemleri sonuçları arasında daha uyumlu bir grafik ortaya çıkmaktadır.

- *Ses yüksekliği (Strength – G)*

Şekil 4.43'de, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosunda 3 kaynak ve 23 alıcı noktasında hesaplanan simülasyon ve ölçülen G değerlerinin frekanslara göre karşılaştırılması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
G-ölçüm	-1,22	-0,14	0,01	-0,59	-0,43	-2,64
G-simulason	-0,87	-0,87	-0,80	-0,63	-1,13	-2,77

Frekans (Hz)

Tablo 4.43. G değeri için ölçüm ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Simülasyon değerleri 125 Hz frekansı dışında ölçüm değerlerinin altında çıkmakla birlikte bu fark daha çok 250, 500 ve 2000 Hz frekans aralığında görülmektedir. 4000 Hz frekans aralığında ölçüm ve simülasyon yöntemleri sonuçları arasında daha uyumlu bir grafik ortaya çıkmaktadır.

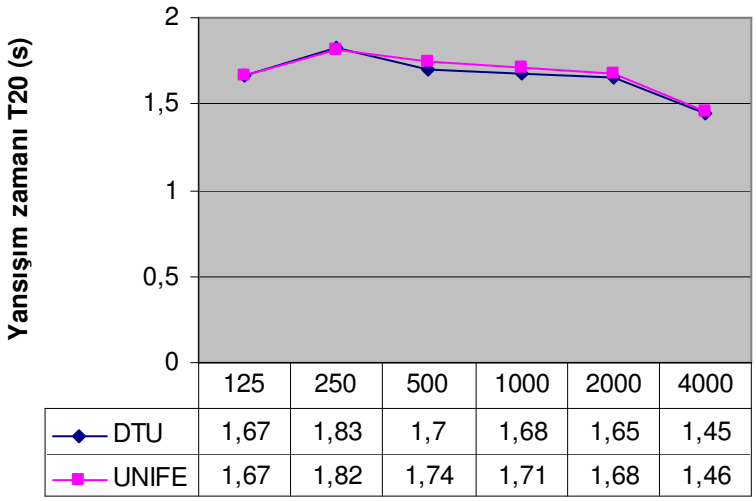
4.3.4. Ölçüm ve Simülasyon Sonuçlarının Antik Tiyatroların Değerleri ile Karşılaştırılması

Bu bölümde Cemil Topuzlu Açıkhava tiyatrosunun ölçüm ve simülasyon değerleri ile ERATO (Identification, Evaluation and Revival of the Acoustical Heritage of Ancient Theatres and Odea) projesi kapsamında ölçülen Aspendos ve Jerash açıkhava tiyatrolarının ölçüm ve simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılmada kullanılan ölçüm ve simülasyon değerleri ERATO ile ilgili kaynaklardan yararlanılarak grafiklere aktarılmıştır. Aspendos Tiyatrosu'nun simülasyon sonuçları ODEON Ver. 8.0 ile Danimarka Teknik Üniversitesi'nde hesaplanmıştır.

4.3.4.1. Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun ölçüm sonuçları ile ERATO (Identification, Evaluation and Revival of the Acoustical Heritage of Ancient Theatres and Odea) projesi kapsamında ölçülen Aspendos ve Jerash açıkhava tiyatrolarının ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır.

Aspendos Tiyatrosu'nda ERATO kapsamında Ekim 2003 tarihinde yapılan ölçümlerde 4 farklı kaynak ve alıcı noktaları seçilmiştir. UNIFE (İtalya) ve DTU (Danimarka) olmak üzere iki farklı gurubun yaptığı ölçümlerde hem B tipi mikrofon hem de iki kulaklı manken kafaları kullanılmıştır. DTU kendi seçtiği alıcı noktalarına göre ölçüm yapmıştır. Ölçüm esnasında Harbiye Açıkhava Tiyatrosu ölçümlerinde de kullanılan ISO 3382 (Akustik parametrelere bağlı olarak mekanların çınlama zamanlarının ölçümü) standardı kullanılmıştır. Çınlama zamanları ölçümlerinde iki gurubun da ölçüm sonuçlarının birbirleriyle tutarlı olduğu anlaşılmıştır. Şekil 4.44'te Aspendos Tiyatrosu'nda ölçülen çınlama süreleri gösterilmektedir. Yapılan ölçüm sonuçlarından, Aspendos Tiyatrosu'nun modern bir opera salonuna yakın çınlama süresine sahip olduğu bulunmuştur [37]. Bu açıkhava tiyatrosu için oldukça ilgi çekici bir özelliktir. Bunun nedeni olarak DTU gurubu; iyi korunmuş sütun sırasının skene ile birleşerek kapalı hacimlerdeki arka duvar olarak davranışı olduğunu önermişlerdir. Ayrıca yatay düzlem boyunca ses yansımalarının olduğunu belirtmişlerdir [37].



	125	250	500	1000	2000	4000
DTU	1,67	1,83	1,7	1,68	1,65	1,45
UNIFE	1,67	1,82	1,74	1,71	1,68	1,46

Şekil 4.44. Aspendos Tiyatrosu'nda ölçülen çınlama süreleri (DTU ve UNIFE grupları) [37]

Aspendos Tiyatrosu ölçümleri sırasında DTU gurubu, iki radyal sıra boyunca seçtiği alıcı noktalarına mikrofonlar yerleştirerek ölçüm yapmıştır. Kaynak noktalarına on iki yüzünde hoparlör bulunan kaynaklar yerleştirilmiştir. Bu araçlar DIRAC yazılımı içeren bir diz üstü bilgisayarına bağlanmış sinyal tepkileri (impulse response) kaydedilip hesaplanmıştır. Daha sonra kalibrasyon ve analiz işlemleri sırasıyla yapılmıştır [37].

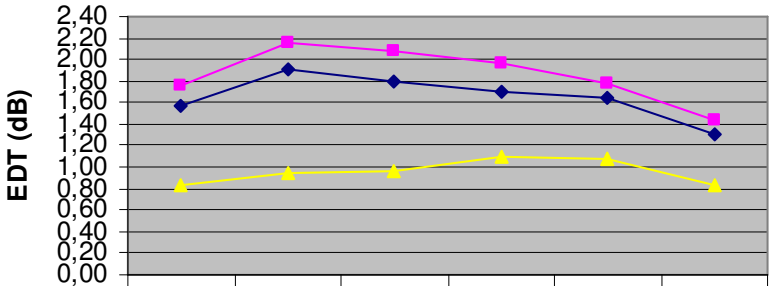
Ölçümlerde Aspendos Tiyatrosu'nun orta frekanslarda 1.7'lik bir T30 değerine sahip olduğu bulunmuştur. Bu değer diğer açık hava tiyatrolarına göre oldukça iyidir. Ses açıklığı olan C80 değeri oldukça yüksektir. EDT değerlerinde farklı alıcı noktalarına göre dalgalanma gözlenmiştir. Ses düzeyi olan SPL birçok alıcı noktasında normalin altında bulunmuştur. Ses alanının bu özel durumunun nedeni olarak sahne duvarının güçlü erken yansımalar yapması veya havanın tamamen yutucu olmasını göstermişlerdir. Bu durumda zayıf ancak uzun bir çınlama dizisi oluşmuştur [37].

Jerash Tiyatrosu'nda ölçümler Mart 2004 tarihinde yapılmıştır. Aspendos Tiyatosu'nda uygulanan ölçüm yöntemi uygulanmıştır. UNIFE (İtalya) ve DTU (Danimarka) olarak farklı iki gurup farklı alıcı ve kaynak noktalarına göre ölçüm yapmıştır. Ölçüm sonuçlarında ortaya çıkan en önemli sonuç çınlama zamanının orta frekanslarda 1.2 sn civarı olmasıdır.

Aspendos Tiyatrosu'nun 1.7 sn'lik çınlama zamanının olmasının bir nedeni olarak çok iyi şekilde korunmuş olması gösterilmiştir. Sahne duvarı ve sütun sırası oldukça iyi durumdadır ancak Jerash Tiyatrosu'nda sütun sırası yoktur ve skenenin büyük bir bölümü eksiktir. Bu nedenle arka duvar gibi bir etki olmadığından çınlama zamanı 1.2 sn bulunmuştur. Bu sonuçlardan Roma tiyatrolarında çınlama zamanı daha fazla olduğunu anlaşılmıştır. Ayrıca büyük hacimlerde daha uzun çınlama zamanı yüksek olduğu belirtilmiştir [38].

- *Erken Düşme Süresi (Early Decay Time - EDT)*

Şekil 4.45'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu EDT ölçüm değerlerinin Aspendos ve Jerash tiyatrosu EDT ölçüm değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir [3,16].



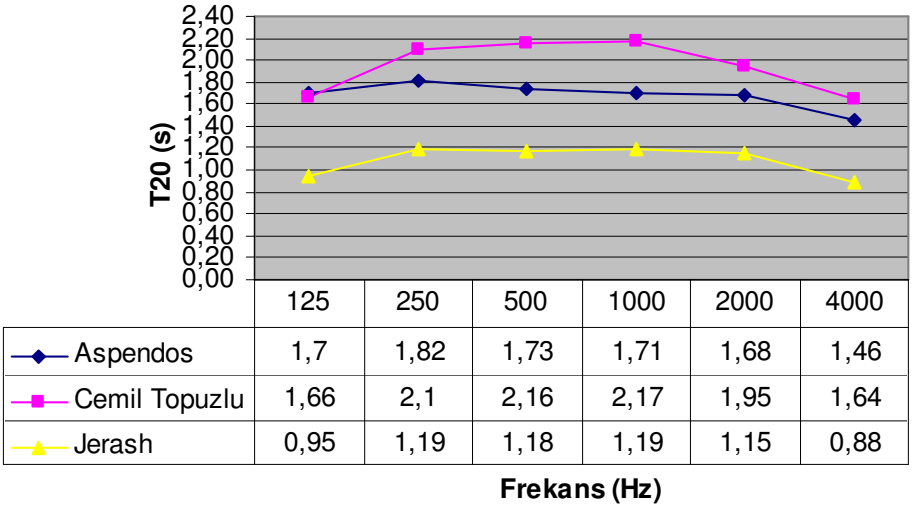
	125	250	500	1000	2000	4000
Aspendos	1,57	1,91	1,8	1,71	1,64	1,3
Cemil Topuzlu	1,75	2,15	2,08	1,97	1,77	1,43
Jerash	0,83	0,95	0,96	1,09	1,08	0,83

Şekil 4.45. EDT ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Cemil Topuzlu Tiyatrosu EDT ölçüm değerlerinde en yüksek değerlere sahip iken Jerash Tiyatrosu'nun en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Farklı EDT ölçüm değerlerine sahip olmalarına rağmen üç tiyatronun da ölçüm değerleri için grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Çınlama Süresi (Reverberation Time – T10, T20, T30)*

Şekil 4.46'da, Cemil Topuzlu Tiyatrosu T20 ölçüm değerlerinin Aspendos ve Jerash Tiyatrosu T20 ölçüm değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.

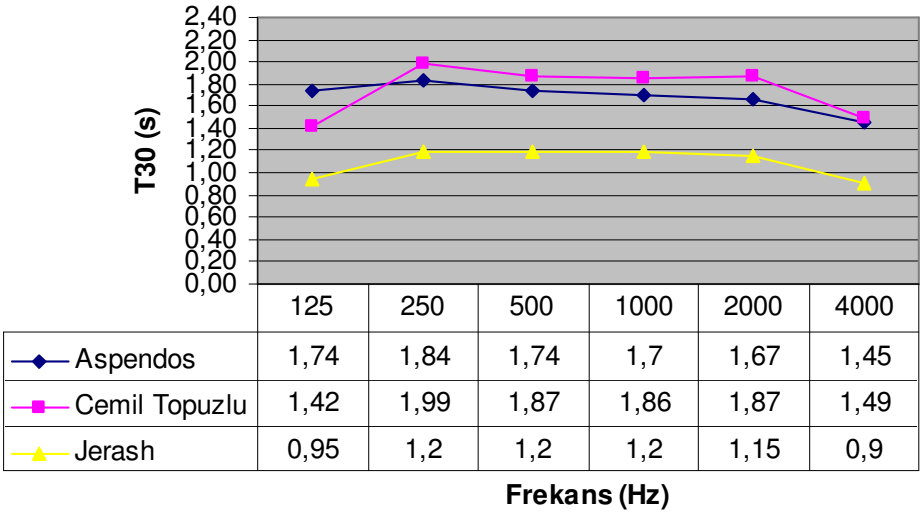


	125	250	500	1000	2000	4000
Aspendos	1,7	1,82	1,73	1,71	1,68	1,46
Cemil Topuzlu	1,66	2,1	2,16	2,17	1,95	1,64
Jerash	0,95	1,19	1,18	1,19	1,15	0,88

Şekil 4.46. T20 ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Cemil Topuzlu Tiyatrosu T20 ölçüm ölçümlerinde en yüksek değerlere sahip iken Jerash Tiyatrosu'nun en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Farklı T20 ölçüm değerlerine sahip olmalarına rağmen üç tiyatronun da ölçüm değerleri için grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

Şekil 4.47'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu T30 ölçüm değerlerinin Aspendos ve Jerash Tiyatrosu T30 ölçüm değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



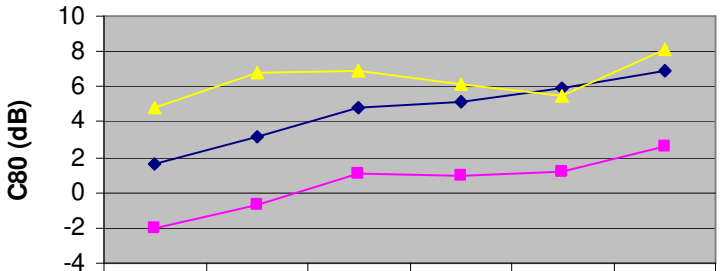
	125	250	500	1000	2000	4000
Aspendos	1,74	1,84	1,74	1,7	1,67	1,45
Cemil Topuzlu	1,42	1,99	1,87	1,86	1,87	1,49
Jerash	0,95	1,2	1,2	1,2	1,15	0,9

Şekil 4.47. T30 ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Cemil Topuzlu Tiyatrosu T30 ölçüm değerlerinde 125 Hz frekans aralığı dışında en yüksek değerlere sahip iken Jerash Tiyatrosu'nun en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Farklı T20 ölçüm değerlerine sahip olmalarına rağmen üç tiyatronun da ölçüm değerleri için grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Ses Açıklığı – Netliği (Clarity – C80)*

Şekil 4.48'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu C80 ölçüm değerlerinin Aspendos ve Jerash Tiyatrosu C80 ölçüm değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



	125	250	500	1000	2000	4000
Aspendos	1,64	3,13	4,79	5,11	5,89	6,89
Cemil Topuzlu	-2,07	-0,66	1,05	0,92	1,16	2,58
Jerash	4,82	6,76	6,94	6,17	5,52	8,18

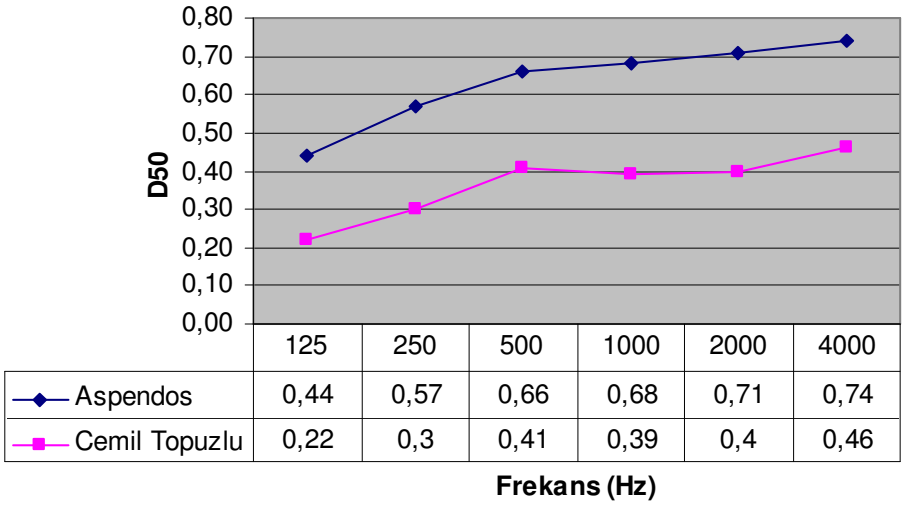
Şekil 4.48. C80 ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Jerash Tiyatrosu C80 ölçüm ölçümlerinde 2000 Hz frekans aralığı dışında en yüksek değerlere sahip iken Cemil Topuzlu Tiyatrosu'nun en düşük değerlere sahip

olduğu görülmektedir. Farklı C80 ölçüm değerlerine sahip olmalarına rağmen üç tiyatronun da grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Konuşmanın Belirginliği (Distinctiness - D50)*

Şekil 4.49'da, Cemil Topuzlu Tiyatrosu D50 ölçüm değerlerinin Aspendos Tiyatrosu D50 ölçüm değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



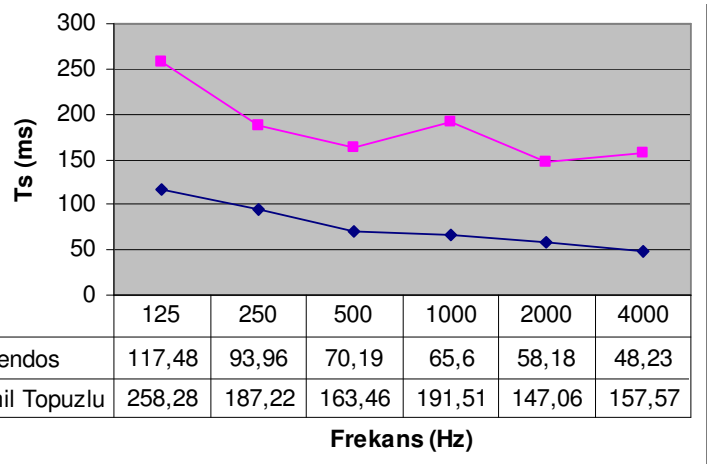
	125	250	500	1000	2000	4000
Aspendos	0,44	0,57	0,66	0,68	0,71	0,74
Cemil Topuzlu	0,22	0,3	0,41	0,39	0,4	0,46

Şekil 4.49. D50 ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Aspendos Tiyatrosu D50 ölçüm değerlerinin Cemil Topuzlu Tiyatrosu'nun değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı D50 ölçüm değerlerine sahip olmalarına rağmen iki tiyatronun da ölçüm değerleri için grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Zamansal ağırlık merkezi (Center Time-TS)*

Şekil 4.50'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu TS ölçüm değerlerinin Aspendos Tiyatrosu TS ölçüm değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



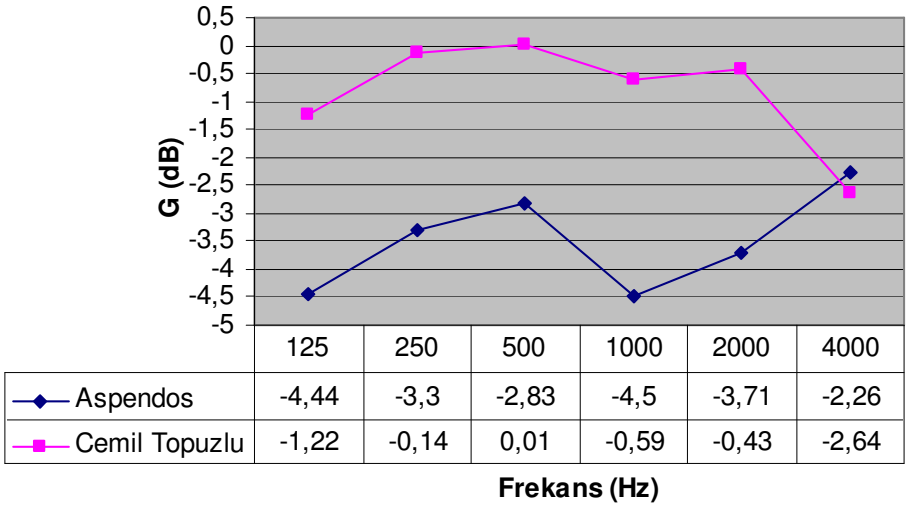
	125	250	500	1000	2000	4000
Aspendos	117,48	93,96	70,19	65,6	58,18	48,23
Cemil Topuzlu	258,28	187,22	163,46	191,51	147,06	157,57

Şekil 4.50. TS ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

Cemil Topuzlu Tiyatrosu TS ölçüm değerlerinin Aspendos Tiyatrosu'nun değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı TS ölçüm değerlerine sahip olmalarına rağmen iki tiyatronun da grafik eğrileri 125 Hz frekans aralığı dışında ölçüm değerleri için birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Ses yüksekliği (Strength – G)*

Şekil 4.51'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu G ölçüm değerlerinin Aspendos Tiyatrosu G ölçüm değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 4.51. G ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

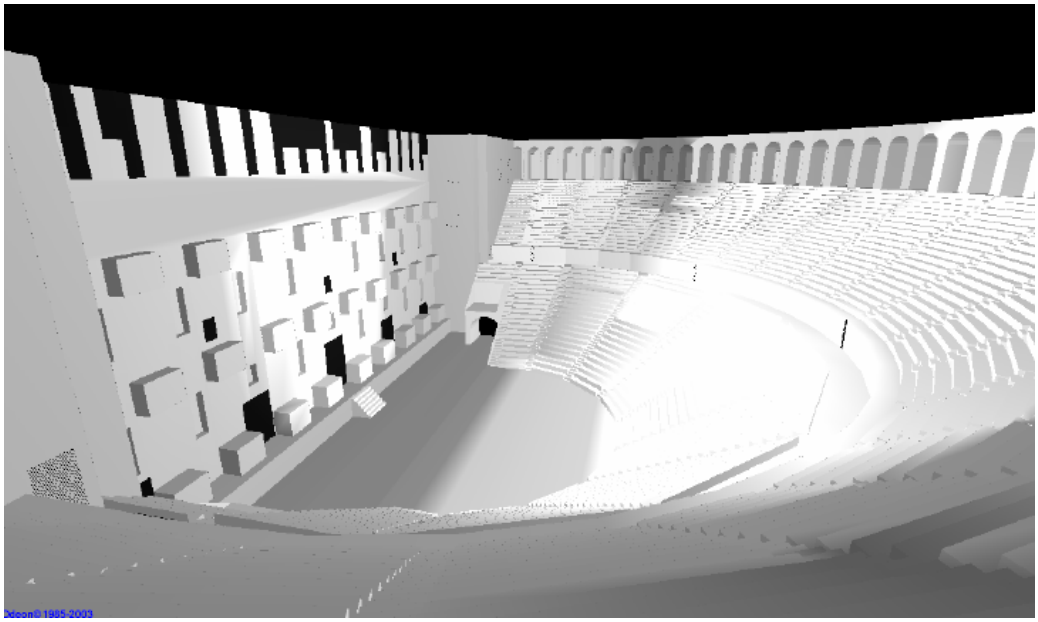
Cemil Topuzlu Tiyatrosu G ölçüm değerlerinin Aspendos Tiyatrosu'nun değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı G ölçüm değerlerine sahip olmalarına rağmen iki tiyatronun da ölçüm değerleri için grafik eğrileri 4000 Hz frekans aralığı dışında birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

4.3.4.2. Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

DTU tarafından hazırlanan ODEON Ver. 8.0 akustik simülasyon programında Aspendos Tiyatrosu'nun akustik hesaplamaları yapılmıştır. İç bükey bir form için sadece imajinel-kaynak metodu yeterli olmayacağından, programda yüksek sayıda ışınla ışınsal tarama, saçıcılık ve kırınım yönteminin birlikte uygulanmasıyla olumlu sonuçlar alınmıştır. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu simülasyonu sırasında da saçıcılık ve kırınım içeren ışınsal tarama yöntemi kullanılmıştır [37].

Aspendos Tiyatrosu'nda 6049 yüzeyin saçıcılık ve yutuculuk katsayıları verilmiştir. Böylelikle çınlama zamanına en yakın değer olan T30 değeri rahatlıkla

hesaplanabilmiştir. Malzemelerin yutuculuk katsayıları malzeme yüzeyleri incelenerek seçilmiştir. Birçok yüzey sert taştan oluştuğundan yutuculuk katsayısı çok düşük bulunmuştur. En çok saçıcılık etkisi olan oturma yerleri ve sahne duvarları olarak belirtilmiştir. Şekil 4.52'de Aspendos Tiyatrosu'nun Odeon Ver. 8.0'da kullanılan modellemesi gösterilmektedir.



Şekil 4.52. Aspendos Tiyatrosu'nun ODEON Ver. 8.0'da kullanılan modellemesi

Aspendos Tiyatrosu'nun simülasyon sonuçlarında eğimli oturma yüzeylerinin havaya oldukça fazla yansıma gönderdiği görülmüştür. Bu yansımaların detaylı olarak modellenen Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu içinde mevcut olduğu anlaşılmıştır. Ölçüm ve simülasyon değerlerinin aynı çıkmamasının ve sapmaların olmasının nedeni olarak DTU gurubu ölçüm sırasında oluşan kalibrasyon problemleri olabileceğini belirtmiştir. ODEON Ver. 8.0 programı kapalı hacim akustik parametrelerini ölçmede kullanılan bir program olmasından dolayı ölçüme uymayan sonuçlar elde edilebilmektedir [39]. Yerinde ölçüm sırasında kullanılan ses gücünün bu hacimde bir açıkhava tiyatrosunu tam olarak uyaramaması ve sesin büyük bir çoğunluğunun hava tarafından yutulması kapalı hacim ölçüm standartlarına göre ölçülen bu tiyatroların ölçüm sonuçlarının tam olarak güvenilir olmamasını sağlayabilmektedir. Bu genişlikte ve eğimde tiyatroların akustik davranışı kapalı hacimlerden farklı olması kaçınılmaz bir sonuçtur. Ancak ölçüm ve simülasyon eğrilerinin eğimleri birbirini tutmaktadır. ODEON Ver. 8.0 programı halen geliştirilme aşamasındadır. Geometrik detaylandırmanın ve yutuculuk katsayılarını seçmenin zorluğunun yanısıra, saçıcılık katsayıları ve yansıma sırası sanal kaynak yöntemi

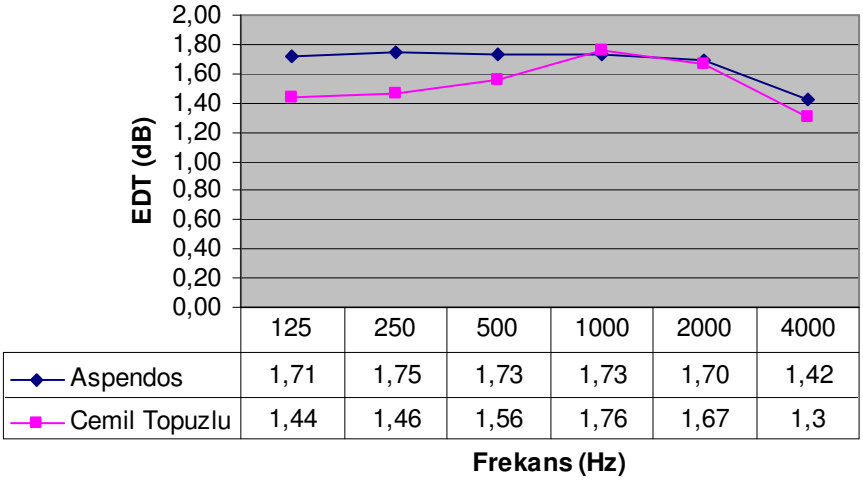
veya ışınsal tarama yöntemi sırasında yapılacak kabullere bağlı olarak ODEON Ver. 8.0 hesaplama yöntemiyle simülasyon sonuçları oldukça farklı değerlere sapabilmektedir. Tüm bu verileri anlamlı bir şekilde uyarlamak olasılığı oldukça zor bir işlemdir [40].

Sonuç olarak; Aspendos Tiyatrosu'nun çınlama süresi oldukça uzundur. Ancak; ses yüksekliği olan G değeri kapalı hacim tiyatro ve konser salonlarına göre oldukça düşüktür, sesin netliği olan C80 parametresi değeri (konuşmanın anlaşılabilirliği de varsayılabilir) oldukça yüksek bulunmaktadır. Bunun nedeni olarak oldukça çınlayan bir alanın olması veya tavanın olmaması gösterilebilir. Simülasyondan önce tiyatronun detaylı bir biçimde modelinin hazırlaması gerekmektedir. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun modellemesinde de bu detaylandırma uygulanmıştır, 3d Max Ver. 7.0 ve Sketch up Ver. 5.0 ile hazırlana model ODEON Ver. 8.0'a aktarılmıştır. Ölçüm ve simülasyonda ses gücünün zayıflamasında 125 Hz değeri için sapmalar görülmüştür. Buna kalibrasyon problemlerinin yol açtığı düşünülmüştür [39].

Jerash Tiyatrosu'nun simülasyonu sırasında da aynı yöntem kullanılmıştır. ODEON'da yapılan hesaplamalarda yüzeylere yansıtıcılık ve yutuculuk katsayıları verilmiştir. Sadece T30 değeri için hesaplama sonuçları kaynaklardan elde edilmiştir [33].

- *Erken Düşme Süresi (Early Decay Time - EDT)*

Şekil 4.53'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu EDT simülasyon değerlerinin Aspendos Tiyatrosu EDT simülasyon değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.

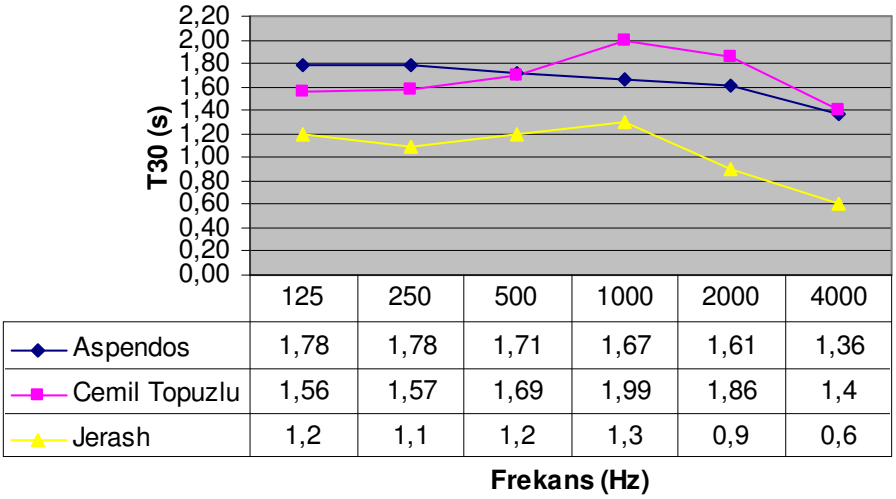


Şekil 4.53. EDT simülasyon değerlerinin karşılaştırılması

Aspendos Tiyatrosu EDT simülasyon değerlerinin Cemil Topuzlu Tiyatrosu'nun değerlerinden 1000 Hz frekans aralığı dışında daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı EDT simülasyon değerlerine sahip olmalarına rağmen iki tiyatronun da simülasyon ölçüm değerlerini gösteren grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Çınlama Süresi (Reverberation Time – T10, T20, T30)*

Şekil 4.54'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu T30 simülasyon değerlerinin Aspendos ve Jerash Tiyatrosu T30 simülasyon değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



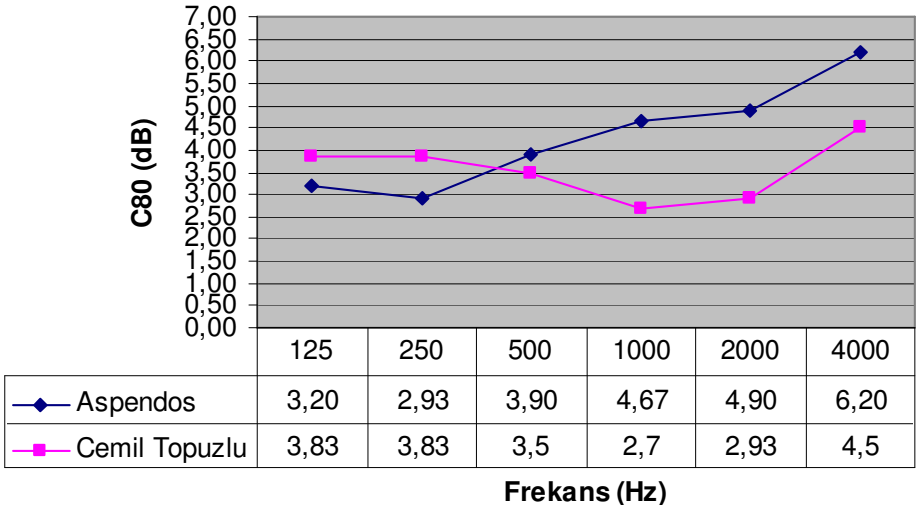
	125	250	500	1000	2000	4000
Aspendos	1,78	1,78	1,71	1,67	1,61	1,36
Cemil Topuzlu	1,56	1,57	1,69	1,99	1,86	1,4
Jerash	1,2	1,1	1,2	1,3	0,9	0,6

Şekil 4.54. T30 simülasyon değerlerinin karşılaştırılması

Aspendos Tiyatrosu T30 simülasyon değerlerinin Cemil Topuzlu Tiyatrosu'nun değerlerinden 125-250 Hz frekans aralıklarında daha yüksek, 500-4000 Hz frekans aralıklarında daha düşük olduğu görülmektedir. Jerash Tiyatrosu'nun en düşük T30 değerlerine sahip olduğu farkedilmektedir. Farklı T30 simülasyon değerlerine sahip olmalarına rağmen üç tiyatronun da yüksek frekanslarda simülasyon ölçüm değerlerini gösteren grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Ses Açıklığı – Netliği (Clarity – C80)*

Şekil 4.55'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu C80 simülasyon değerlerinin Aspendos Tiyatrosu C80 simülasyon değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.

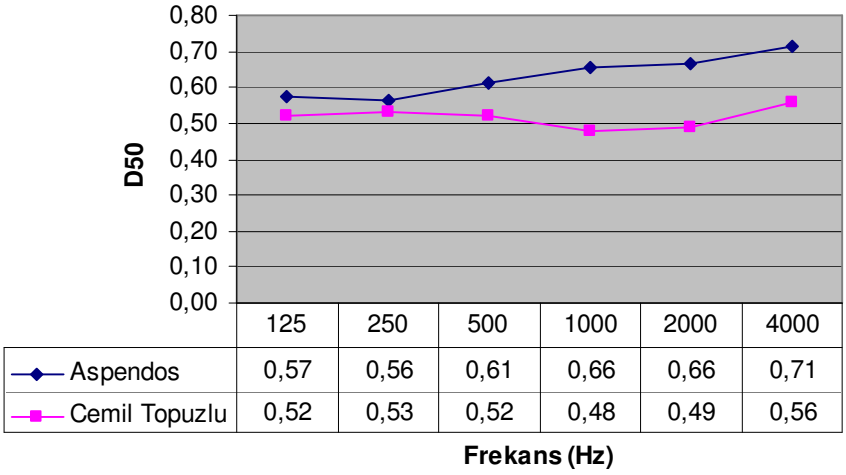


Şekil 4.55. C80 simülasyon değerlerinin karşılaştırılması

Aspendos Tiyatrosu C80 simülasyon değerlerinin Cemil Topuzlu Tiyatrosu'nun değerlerinden 125-250 Hz frekans aralıklarında daha düşük, 500-4000 Hz frekans aralıklarında daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı C80 simülasyon değerlerine sahip olmalarına rağmen iki tiyatronun da yüksek frekanslarda simülasyon ölçüm değerlerini gösteren grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Konuşmanın Belirginliği (Distinctiness - D50)*

Şekil 4.56'da, Cemil Topuzlu Tiyatrosu D50 simülasyon değerlerinin Aspendos Tiyatrosu D50 simülasyon değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



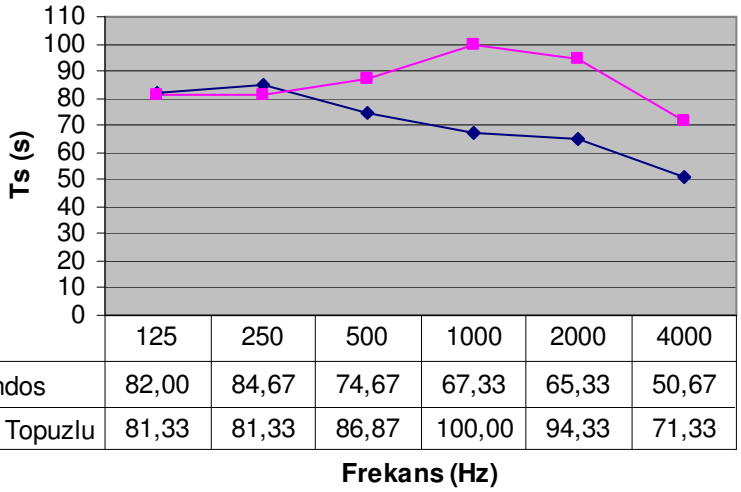
Şekil 4.56. D50 simülasyon değerlerinin karşılaştırılması

Aspendos Tiyatrosu D50 simülasyon değerlerinin Cemil Topuzlu Tiyatrosu'nun değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı D50 simülasyon değerlerine

sahip olmalarına rağmen iki tiyatronun da simülasyon ölçüm değerlerini gösteren grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Zamansal ağırlık merkezi (Center Time-TS)*

Şekil 4.57'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu TS simülasyon değerlerinin Aspendos Tiyatrosu TS simülasyon değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



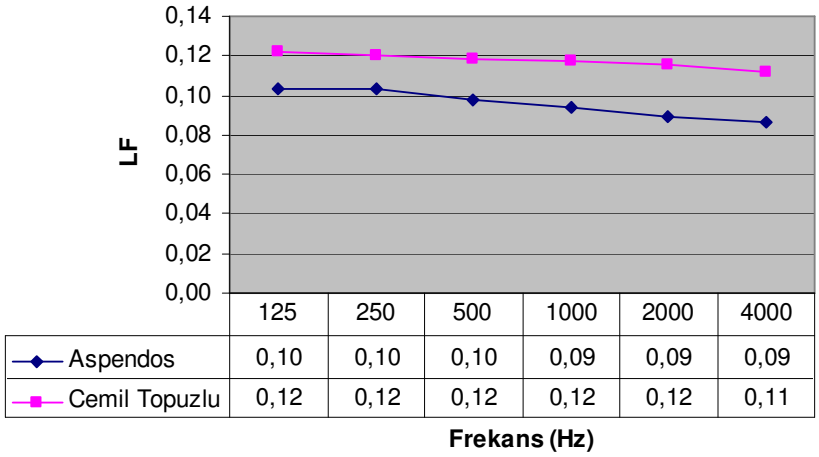
	125	250	500	1000	2000	4000
Aspendos	82,00	84,67	74,67	67,33	65,33	50,67
Cemil Topuzlu	81,33	81,33	86,87	100,00	94,33	71,33

Şekil 4.57. TS simülasyon değerleri karşılaştırması

Cemil Topuzlu Tiyatrosu TS simülasyon değerlerinin Aspendos Tiyatrosu'nun değerlerinden 125-250 Hz frekans aralıkları dışında daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı TS simülasyon değerlerine sahip olmalarına rağmen yüksek frekanslarda iki tiyatronun da simülasyon ölçüm değerlerini gösteren grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction – LEF)*

Şekil 4.58'da, Cemil Topuzlu Tiyatrosu LEF simülasyon değerlerinin Aspendos Tiyatrosu LEF simülasyon değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.

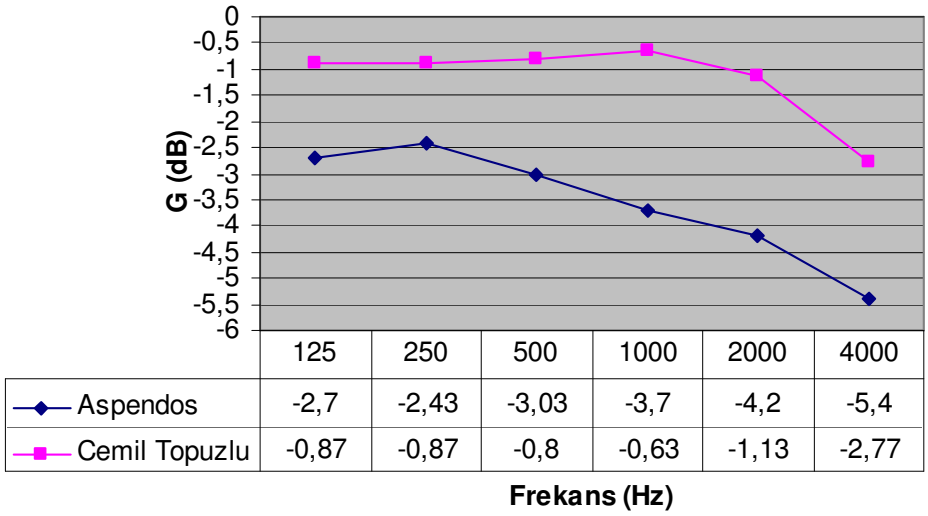


Şekil 4.58. LEF simülasyon değerlerinin karşılaştırılması

Cemil Topuzlu Tiyatrosu LEF simülasyon değerlerinin Aspendos Tiyatrosu'nun değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı LEF simülasyon değerlerine sahip olmalarına rağmen iki tiyatronun da simülasyon ölçüm değerlerini gösteren grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

- *Ses Yüksekliği (Strength – G)*

Şekil 4.59'de, Cemil Topuzlu Tiyatrosu G simülasyon değerlerinin Aspendos Tiyatrosu G simülasyon değerleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 4.59. G simülasyon değerleri karşılaştırması

Cemil Topuzlu Tiyatrosu G simülasyon değerlerinin Aspendos Tiyatrosu'nun değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı G simülasyon değerlerine sahip olmalarına rağmen iki tiyatronun da simülasyon ölçüm değerlerini gösteren grafik eğrileri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır.

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Önceki bölümlerde sistematik bir biçimde incelenen Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu Antik Çağ tiyatrolarıyla mimari ve hacim akustiği parametreleri bakımından uygunluk göstermektedir. Tiyatronun rölövesi alınarak oluşturulan model akustik simulasyon programında değerlendirilip, sonuçlar ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Simülasyon ve ölçüm sonuçları Aspendos ve Jerash Tiyatrosu değerleriyle karşılaştırılıp sonuçların ISO 3382-1'deki tipik değerlere uygunluğu irdelenmiştir. Bu çalışmadaki amaç Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun akustik kalitesini değerlendirip, Antik Çağ tiyatroları ile karşılaştırılmasını yapmaktır. Elde edilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde, her akustik parametre değeri için aşağıda belirtilen yargılara varılmıştır.

- *Erken Düşme Süresi (Early Decay Time – EDT) ve Çınlama Süresi (Reverberation Time – T10, T20, T30))*

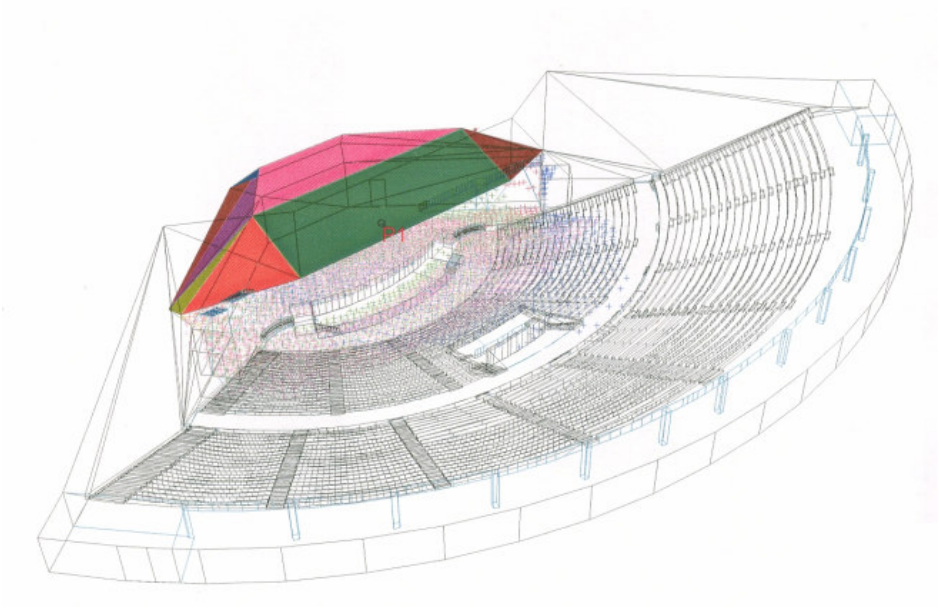
Yüksek erken düşme süresine sahip hacimler için yansımaların fazla olduğu ve netliğin (C80) düşük olduğu bilinmektedir. Açıkhava tiyatrosu ölçüm değerlerinden de görüleceği gibi yüksek bir EDT süresine sahiptir. Bunun nedeni sahne zemini, sahne duvarları ve sahne çatısından olan ana yansımalardır. DIRAC hacim akustiği yazılımı ile yapılan ölçümlerde EDT değerleri sinyal tepki diagramının düşme eğrisinin ilk bölümünden hesaplanmaktadır ve bu yansımaların değişimlerinden etkilenmektedir. Sinyal tepki diagramı hacim açıkhava ile kapalı olduğu düşünülürse normalde ilk bölümde denge durumunda olması gerekirken hem açıkhava hem de ana yansımalardan dolayı dengesiz bir durum izlenmektedir. Bu nedenden dolayı sinyal tepkisinin ilk bölmüne göre hesaplanan EDT ve T20 değerleri T30 değerlerine göre fazla çıkmaktadır. Eğer T20 ,T30 ve EDT değeri aynı çıkmış olsaydı psikoakustik durumdan dolayı, çınlama zamanı dinleyiciler tarafından tam anlamıyla algılanıyor yorumunu yapabilirdik. Çok yayınık ses alanının sağlanabildiği bu gibi hacimlerde, çınlama süresi ve erken düşme süresi birbirine yakın çıkmasına rağmen genellikle EDT ve T20, T30 değerlerine göre daha yüksektir. EDT değeri 500-1000 Hz arasında ortalama 2.02 sn olduğundan (1-3 sn arasında) ISO 3382'ye göre bu değerin kabul edilebilir tipik değerler aralığındadır. Berlin gurubu, Barron ve Gade'ye göre çalışmalarındaki yansımışlık, netlik, açıklık ve canlılık gibi öznel

parametrelere denk gelen EDT değeri Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda oldukça fazladır. Yüksek EDT değeri yansımış-canlı (reverberant) bir ortamın varlığını ve sesin yeterince açık anlaşılamayacağını belirttiğinden dolayı EDT'nin fazla olması canlılığı arttırmakta ancak C80 değerine denk gelen netlik ve açıklığı azaltmaktadır.

Çınlama süresi hesabında 10, 20 ve 30 dB'lik düşüşlerden (T10, T20, T30) gereken çınlama süresinin ölçümüne gidilmekte olduğunu bilinmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda açıkhava tiyatrosunun çınlama zamanı kapalı bir tiyatronun çınlama zamanından az değerde değildir. Hatta sahnenin yukarıda olması direk ses yansımalarını ve orkestradan gelen ses yansımalarını arttırmaktadır. Ancak orta frekanslar için yaklaşık çınlama zamanı 2 saniyeye çıkmaktadır. Çınlama süresi değerleri 4000 Hz gibi yüksek bir frekansta oldukça düşüktür, bunun nedeni açıkhavanın yutuculuğunun fazla olmasıdır. Simülasyon değerleri ölçüm değerlerinden daha düşük çıkmaktadır. Bunun nedeni ODEON Versiyon 8.0'in kapalı hacimler için hazırlanmış bir program olmasıdır. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun EDT değerlerinin Aspendos ve Jerash Tiyatrosu'nun EDT değerlerinin arasında olmasının nedeni olarak hacim olarak iki tiyatro arasında olmasıdır.

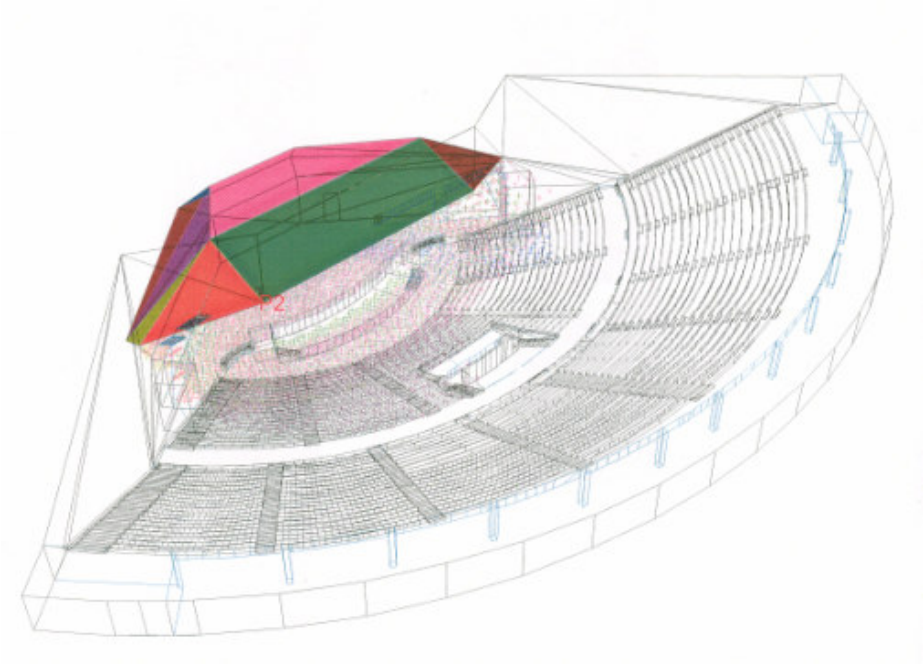
- *Ses açıklığı-Netliği (Clarity- C80)*

Müziğin net ve açık bir şekilde algılanabilmesi için gereken sürenin ilk 80 ms olduğunu daha önceki araştırmalardan bilinmektedir. Bu değer ilk yansımaların zamana bağlı olarak incelenmesini sağlamaktadır. C80 değerinin yüksek olması ilk yansımaların enerjinin fazla olduğunu ve öznel olarak sesin net ve açık olarak anlaşıldığını göstermektedir. C80 değeri müzik amaçlı hacimlerde kullanılmaktadır. Cemil Topuzlu Açıkhava tiyatrosu için C80 değerlerinin oldukça düşük olduğu görünmektedir. Çınlama süresinin yüksek olduğu için C80 değerinin düşük çıkmaktadır. Ayrıca tüm ana yansımaların sinyal tepkisinin ilk bölümünden gelmediği görülmektedir. Yansımalar geçen zamanla birlikte özellikle sahne çatısından ve saçıcı olan sahne zemininden dolayı uzamaktadır. Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3'de sahne çatısından tiyatroya yansıyan ses yansımalarının yoğunlukları yapılan reflektör analizleriyle gösterilmektedir.



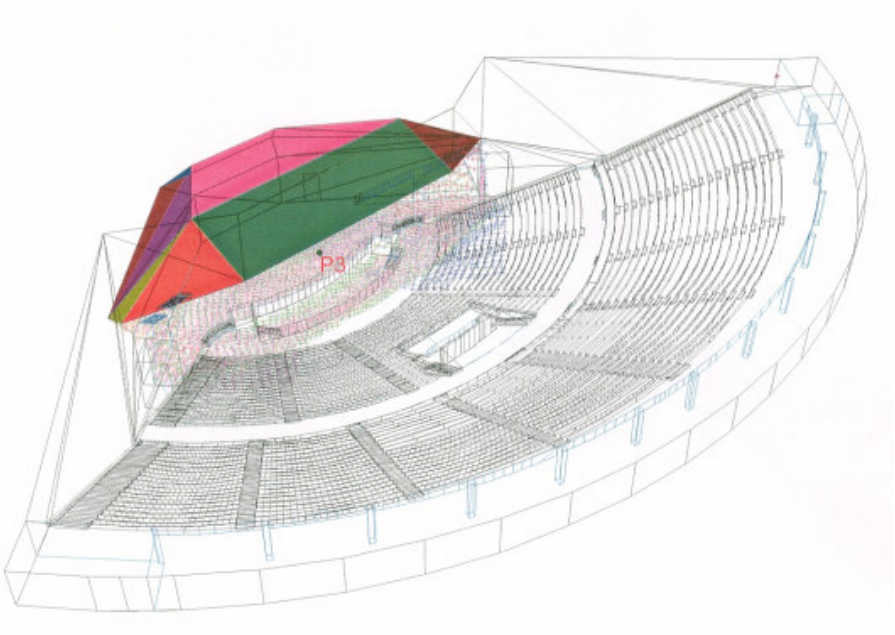
Şekil 5.1. 1. Kaynak pozisyonuna göre ses yansımalarının yoğunlukları

1. kaynak pozisyonu için sahne çatısından gelecek yansımalar sahneye ve oturma yerlerinin ön bölümlerine ulaşmaktadır.



Şekil 5.2. 2. Kaynak pozisyonuna göre ses yansımalarının yoğunlukları

2. kaynak pozisyonu için sahne çatısından gelecek yansımalar birinci kaynak pozisyonuna benzer şekilde sahneye ve oturma yerlerinin ön bölümlerine ulaşmaktadır.



Şekil 5.3. 3. Kaynak pozisyonuna göre ses yansımalarının yoğunlukları

3. kaynak pozisyonu için sahne çatısından gelecek yansımalar sahneye yansıdığı halde oturma yerlerinin ön sıralarına ulaşamamaktadır. Bu nedenden dolayı 3. kaynak pozisyonu için C80 değerleri diğer kaynaklara göre 125-2000 Hz frekans aralıklarında düşüktür. Çünkü 1. ve 2. kaynaklar sahnenin arkasında sahne duvarlarına yakın mesafede durmaktadır. Bu yüzden sahne duvarlarının yüzeyleri dinleyiciye ulaşan ilk ses enejisi için güçlü yansımalar oluşturmaktadır. Bu nedenden dolayı 1. ve 2. kaynakların ses açıklığı değerleri yüksekken, 3. kaynak gibi sahne duvarlarından uzakta sahne önünde bulunan bir kaynağın ses açıklığı düşük olmaktadır. Ayrıca 1000-2000 Hz frekans aralığında 3. kaynak ile diğer kaynaklar arasındaki C80 farkının biraz daha fazla olmasıyla bu frekans aralığında duvar yüzeylerinin yansıtıcılık katsayısının daha fazla olabileceği kanısına varılmaktadır. Sahne çatısının sahne önünde daha konkav bir formda olması, 3. kaynaktan yayılan ses enerjisinin birikmesine ve çatıdan tekrar sahneye yansımasına neden olacağını düşünürsek dinleyiciye ulaşan güçlü yansımalar azalmaktadır ve bu nedenle de açıklık, netlik ve canlılık gibi öznel parametrelere denk gelen C80 değerinin kaynaktan olan mesafe arttıkça daha az olacağı görülmektedir. C80 değeri 500-1000 Hz arasında ortalama 1 dB olduğundan (+5, -5 dB arasında) ISO 3382-1' e göre bu değer kabul edilebilir tipik değerler aralığındadır. Ancak bu değer müzik için düşüktür. Beranek, Dresden gurubu ve Gade'ye göre çalışmalarındaki netlik, açıklık ve ses dolgunluğu gibi öznel parametrelere denk gelen C80 değeri Cemil Topuzlu

Açıkhava Tiyatrosu'nda belli frekanslar için düşüktür. Bunun nedeni ölçüm sırasında kullanılan ses gücü olan amplifikatörün C80 ölçümü için açıkhava tiyatrosunu akustik olarak canlandırabilecek yeterlilikte olmamasıdır. Simülasyon değerleri ölçüm değerlerinden daha yüksek çıkmaktadır. Bu durum ölçümler sırasında alçak frekansların yeterince uyarılmamasından ve kaynağın trafik gürültüsünden 45 dB üzerinde bir ses gücü üretemediğinden kaynaklanmaktadır. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun C80 değerlerinin Aspendos ve Jerash Tiyatrosu'nun EDT değerlerinin arasında olmasının nedeni olarak hacim olarak iki tiyatro arasında olmasıdır.

- *Konuşmanın belirginliği(Distinctiness-D50)*

Thiele tarafından geliştirilen belirginlik parametresi ilk 50 ms'lik zaman dilimi içerisinde alıcı noktasına ulaşan ilk yansımaların enerjisinin alıcıya ulaşan toplam ses enerjisine oranı şeklinde tanımlanmaktadır. D50 değeri ne kadar büyük olursa konuşmanın belirginliği o derece fazla olmaktadır. ISO 3382'ye göre D50 değeri 0,3-0,7 tipik değerler aralığında olmalıdır. Yaptığımız ölçüm sonuçlarında tipik değerlerin aşılmadığı görülmektedir. 4000 Hz'deki değerin fazla olmasının nedeni açıkhava ölçümü olmasından dolayı havanın yutuculuğunun fazla olmasıdır. 3. kaynak için diğer kaynaklara göre daha düşük değerler ölçülmesinin nedeni yansıtıcı sahne duvarından uzaklaştıkça ilk yansımaların da dolaylı olarak azalmasıdır. Ayrıca 3. kaynak pozisyonu için C80 değerinin de düşük olduğu için D50 değerinin de düşük çıkmaktadır. Çünkü D50 ve C80 arasında sıkı bir bağ bulunmaktadır. Beranek'e göre D50 değeri direk sesin ve yansımış sesin yüksekliğine bağlıdır. Hawkes ve Douglas'a göre bu değerler kadar alıcı ve kaynak arasındaki mesafe önemlidir. Kaynaktan uzaklaştıkça D50 değeri azalmaktadır. Cremer'e göre D50'nin istenen değeri 0,34, Bradley'e göre 0,56, Gimenez ve Hilbert'a göre ise 0,4-0,6 aralığındadır. Bu nesnel akustik parametre değerlere göre, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu için D50 değerleri 125 Hz dışında kabul edilebilecek değerlere sahiptir. Orta frekanslarda yaklaşık ölçülen D50 değeri %40'dir. Simülasyon değerleri ölçüm değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedeni ölçüm sırasında kullanılacak ses gücü olan amplifikatörün D50 ölçümü için açıkhava tiyatrosunu akustik olarak canlandırabilecek yeterlilikte olmamasıdır. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu 'nun D50 değerleri Aspendos Tiyatrosu'na göre daha düşüktür çünkü Aspendos Tiyatrosu'nda sahneden gelecek yansımalar daha fazla olduğunda ilk 50 ms'lik zaman dilimi içerisinde alıcıya ulaşan ilk yansımaların enerjisi toplam enerjisine oranı Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'na göre daha fazladır.

- *Zamansal ağırlık merkezi (Center Time-TS)*

Zamansal ağırlık merkezi parametresi olan TS hacim içerisindeki belirli bir noktada elde edilen seslerin erken yada gecikmiş olup olmadığını belirlemektedir. Bu parametrenin düşük değerler alması, enerjinin büyük bölümünün dinleyiciye erken ulaştığını, böylelikle sesin netlik değeri olan C80'in arttığını gösterir. Parametrenin yüksek değeri ise, enerjinin büyük bölümünün dolaysız sesten uzunca bir süre sonra ulaştığını, böylece de daha çınlamış bir ses ortamının oluştuğunu göstermektedir. Merkez zamanı ile erken düşme süresi parametresi arasında güçlü bir ilişki vardır. Bir hacmin ses alanı, tam yayınık ve çınlama eğrisi ideal olduğunda, bu parametre ile çınlama süresi çok mükemmel bir ilişki içinde olmakta ve merkez zamanı akustik değerlendirmelere önemli bir yenilik getirmemektedir. Ancak ses alanının yayınık olmadığı zamanlarda, bu parametre önemli anlamlar taşıyabilmektedir.

Yaptığımız ölçüm sonuçlarında tipik değerlerin aşılmadığı ve ISO 3382-1'ye göre TS değeri 60-260 s tipik değerler aralığında olduğu görülmektedir. 125 Hz'deki değerin fazla olmasının nedeni TS ölçümü için ölçüm sırasında kullanılan ses gücü açıkhava tiyatrosunu akustik olarak canlandırabilecek yeterlilikte olmamasıdır. Berlin gurubu, Hawkes- Douglas ve Gade'ye göre TS parametresi sesin canlılığına bağlıdır. 125 Hz'deki TS değeri dışında yapılan ölçüm sonuçları istenen değerler aralığındadır. Simülasyon değerleri ölçüm değerlerine göre daha düşük çıkmaktadır. Bunun nedeni ölçüm sırasında kullanılacak ses gücü olan amplifikatörün TS ölçümü için açıkhava tiyatrosunu akustik olarak canlandırabilecek yeterlilikte olmamasıdır. Ayrıca kaynağın trafik gürültüsünden 45 dB üzerinde bir ses gücü üretemediğinden kaynaklanmıştır. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun TS değerleri Aspendos Tiyatrosu'na göre daha yülsektir çünkü erken yansımalar dinleyiciye daha geç ulaşmaktadır. C80 değerlerinde görülebileceği gibi, erken yansıma enerjisinin daha düşük olduğu durumlarda TS değeri daha yüksek çıkmaktadır.

- *Ses yüksekliği (Strength - G)*

Ses yüksekliği parametresi olan G değeri bir ses kaynağının toplam ses basınç düzeyi ve ses gücü düzeyleri arasındaki fark olarak ifade edilebilmektedir. Bu parametre düşük olduğu zaman hacim akustik olarak ölü bir hacimdir. G değeri büyükse hacim akustik açıdan canlıdır. ISO 3382-1'e göre G -2dB'den 10 dB'e kadar tipik değerler aralığında olmalıdır. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu için ölçüm sonuçları tipik değerler aralığındadır. Gade, Beranek ve Berlin gurubuna göre

G değeri yansımış ses yüksekliğine bağlıdır. Barron ise bu değerin hacimce kuşatılmışlık ve samimilik öznel parametrelerine denk geldiğini ortaya koymuştur.

Barron, Hilbert, Hyde ve Nagata'ya göre G değeri -3 dB ve -5 dB aralığında olmalıdır. Yapılan ölçümler bu değer aralıklarını sağlamaktadır ancak açıkhava tiyatrosu kapalı bir hacime göre düşük G değerlerine sahiptir. 4000 Hz'deki değerin fazla olmasının nedeni açıkhava ölçümü olmasından dolayı havanın yutuculuğunun fazla olmasıdır. C80, D50 ve TS değerlerindeki alçak frekanslardaki farklılık G değerinde de görülmektedir. Simülasyon sonuçları ölçüm sonuçlarına göre daha düşük çıkmaktadır. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu Aspendos Tiyatrosu'na daha yüksek G değerlerine sahiptir.

- *Yanal Enerji Oranı (Lateral Energy Fraction)*

Yanal enerji oranı genel olarak hacmin yan yüzeylerinden gelen enerjinin toplam ses enerjisine oranı olarak tanımlanabilir. LEF değeri Marshall ve Barron'a göre öznel akustik parametreler arasında ferah algılanan mekan hissi ve hacimce kuşatılmışlık değerlerine karşılık gelmektedir. Bu parametrenin optimum değer aralığı ISO 3382-1' e göre 0.05-0.35 aralığındadır. Sadece simulasyon ölçümlerinde elde ettiğimiz değerlere göre Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu' nda elde edilen LEF değeri 0.12' dir. Bu değer standartlara uygun tipik değerler aralığındadır. Simulasyon değerlerinin karşılaştırılmasında Aspendos Tiyatrosu'na göre LEF değerleri yüksek çıkmıştır.

Sonuç olarak Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda elde edilen nesnel akustik parametre değerleri istenen tipik değerler aralığındadır. EDT değerinin yüksek olması hacmin canlılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak buna bağlı olarak da açıklık ve netlik parametrelerine karşılık gelen C80 parametre değeri düşüktür. C80 parametresine bağlı olarak da D50 parametresinde düşük değerlere sahiptir. Bu nedenden dolayı anlaşılabilirlik düşük olmaktadır. TS değerinin oldukça yüksek çıkması yine açıklık ve netliğin az olduğunu göstermektedir. Ses yüksekliğinin de düşük değerlere sahip olması hacmin samimi olmayan ölü bir hacim olduğunu göstermiştir. Ancak bu değerler kapalı hacimler için geçerli ölçütlerdir, açıkhava tiyatrosu için yapılan değerlendirmede tam bir uygunluk zaten aranmamaktadır. Bu nedenle olumsuz görülen bu değerlerin tipik değerlerin aralığında seyretmesi yinede iyi bir akustik kaliteye sahip olduğunu göstermektedir. Çatı formundan dolayı oluşan dezavantajlar ve ölçümlerin trafik gürültüsünün mevcut olduğu saatlerde yapılması ses gücünün açıkhava tiyatrosunu tam olarak

uyaramadığını göstermektedir. Tiyatro Antik Çağ tiyatroları ile karşılaştırıldığı zaman uyumlu sonuçlar vermektedir. Tiyatronun hacimsel büyüklüğü göz önüne alınacak olursa ölçüm sonuçları çoğu kez Aspendos ve Jerash tiyatroları arasında kalmaktadır. Çünkü hem büyüklük olarak hem de sahne yapısı olarak gelişmişliği bu iki antik tiyatro değerleri aralığındadır.

KAYNAKLAR

[1] www.tiyatrokeyfi.com / tiyatro tarihi.doc, Erişim tarihi-01.10.2005

[2] **Izenour, G.C.,** 1996. Theatre Design, Yale University Press, Manibota/Canada, p. 2, 9-13,16-19,32,33

[3] **Farnetani, A.,** 2002-2005. Investigation on the acoustics of ancient theatres by means of modern technologies, PhD Thesis, Ferrara University, Anno, p.1-38

[4] **Ferrero,D.B.,** 1990. Batı Anadolu'nun eski çağ tiyatroları,Müze Eserleri Turistik Yayınları, Ankara, p. 19-20, 74-75, 172-174

[5] **Coulton, J.J.,** 1991. Ancient Greek architects at work, Cornell University Press, New York, p. 15-17

[6] **Haddad N., Jamhawi M., Akasheh T.,** 2004. Assessment of the relation between ancient theatres, landscape and society, Hashemite University (ERATO project no: ICA3-CT-2002-100031), Jordan, November 2004, p. 1-35

[7] **Barron, M.,** 1993. Auditorium acoustics and architectural design, E & FN Spon Press, London, p. 241-246, 252

[8] **Egan, M.D.,** 1988. Architectural acoustics, Mc-Grawn-Hill Press, USA, p.82-85

[9] **Jan,G.,** 1996. The story of Architecture, Imago Publishing Ltd., Hong Kong, p. 8-13

[10] **Akargu, E.,** 1980. The Art and Arhitecture of Turkey, Oxford University Press, Switzerland, p. 43-47

[11] **Wycherley, R.E.,** 1993. Antik Çağda Kentler Nasıl Kuruldu?, İstanbul, p. 143-149, 155-156

[12] **Gade, A., C.,** 2006. Lecture notes Chapter 7- Acoustic design of different types of rooms, Denmark Technical University Press, March 2006, Copenhagen, p.1-5

[13] **Long, M.,** 2006. Architectural acoustics, Elsevier Academic Press, USA, p. 1-7,17

[14] **Eczacıbaşı sanat ansiklopedisi,** 2000. Yem Yayınları, İstanbul, s. 1570

[15] www. Subject.jccssyl.edu.hk, Erişim tarihi-01.11.2005

[16]**Dilmen, H.,** 2004. Aspendos Antik Tiyatrosu'nun Mimari ve Akustik Özellikleri, Yüksek Lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s. 5

[17]www. helenvisions. Com, Erişim tarihi-01.12.2005

[18]www. iqi.ru/indexes.com, erişim tarihi 01.12.2005

[19]www.mlahanas.de /Greeks/Inventions, Erişim tarihi 01.12.2005

[20]**Mackenzie, R.,** 1975. Auditorium Acoustics, Applied Science Publishers, London, s. 145-149

[21]www. Turizm.net/ cities , Erişim tarihi 01.12.2005

[22]**Freely,J.,** 1990. Classical Turkey,Penguin Group Press,Londra, s. 129-131

[23]www.21 century.com.au, Erişim tarihi 01.01.2006

[24]**Templeton, D., & Lord, P.,** 1986. The Architecture of Sound, The Arch. Press, London, p. 1-15

[25]**Vitruvius,** 1998. Mimarlık Üzerine On Kitap, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, İstanbul, p. 102-113

[26]**Cremer, L., Müller, H.,** 1982. Principles and Applications of Room Acoustics, Applied Science Publishers, London, s. 156-159

[27]**Bayazıt N. T.,** 1999. Dikdörtgen kesitli konser salonlarının akustik değerlendirmesi için bir tasarım yöntemi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Temmuz 1999, s. 34-54

[28]**ISO/CD 3382-1 Committe Draft,** 2006. Measurments of room acoustics paramatres, Denmark, p. 1-20

[29]**Mortaş A.,Sayar Z.,** 1940. Arkitekt, Onuncu yıl yayın, İstanbul, s. 21

[30]**Mortaş A.,Sayar Z.,** 1948. Arkitekt,Onuncu yıl yayın,İstanbul, s. 5-9

[31]**Devlet Tiyatroları Arşivi,** 1955. 50 Yılda Türk Tiyatroları, İstanbul, s. 302-303

[32]**Mortaş A.,Sayar Z.,** 1946. Arkitekt,Onuncu yıl yayın,İstanbul, s. 104-105

[33]www. meteor. gov. tr, Erişim tarihi 01.02.2006

[34]**Gade C.A., Lynge L., C., Lisa M., Rindel H.J.**, 2005. Matching simulations with measured acoustic data from Roman Theatres using ODEON programme, Forum acoustics, Budapest, September 2005, p. 1-6

[35] **Lynge L., C.,** 2005. ODEON Room Acoustics Program version 8.0 User Manuel for Industrial, Auditorium and Combined Editions, Technical University of Denmark, Orsteds, 2005, p. 57-60

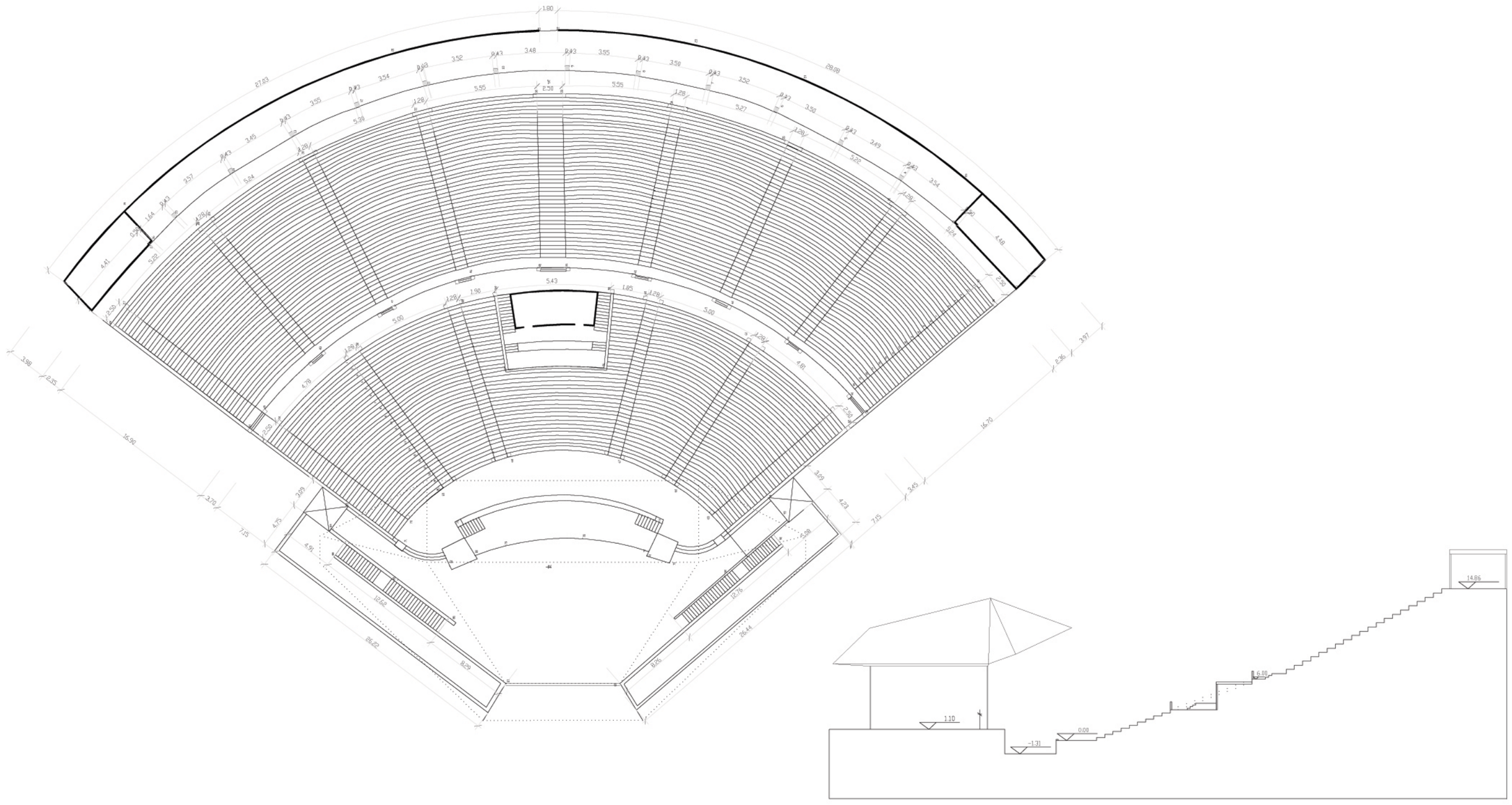
[36] **Rindel H.J.**, **Lisa M., Lynge C.,** 2004. Predicting the acoustics of ancient open air theatres: The importance of calculation methods and geometrical details, Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting 2004, Mariehamn, Aland, June 2004, p. 1-8

[37] **INCO-MED programı ERATO ICA3-CT-2002-10031 First Annual Report,** January 2003-June 2004, Denmark Technical University Press, Denmark, p. 1-70

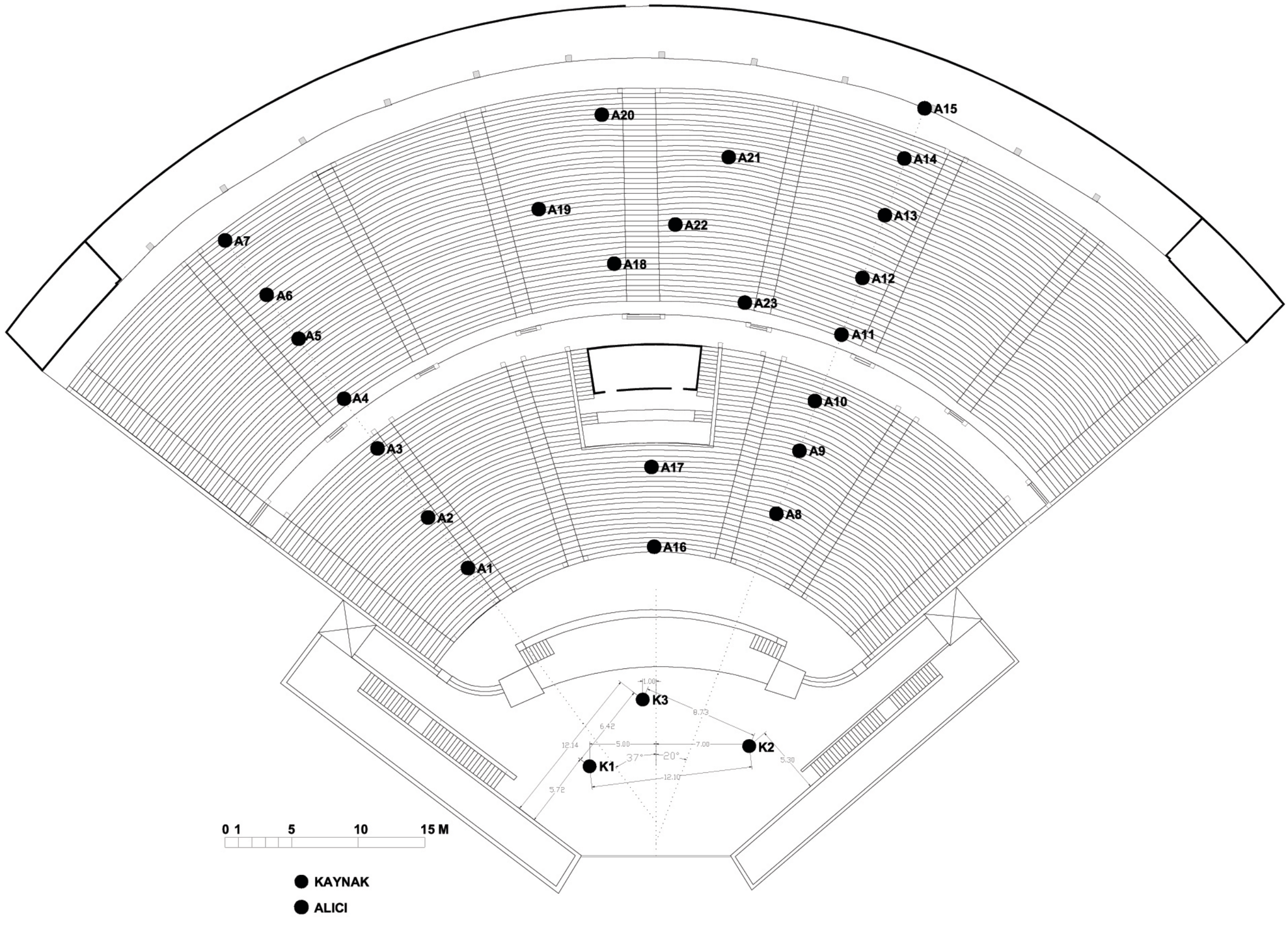
[38] **INCO-MED programı ERATO ICA3-CT-2002-10031 Second Annual Report,** January 2004-June 2005, Denmark Technical University Press,p.1-91

[39] **Gade C.A., Lynge C., Lisa M., Rindel H.J.**, 2004. Roman theatre acoustics; Comparison of acoustic measurement and simulation results from Aspendos Theatre, Turkey, 18. ICA (International Congress of Acoustics), , Kyoto, Japan, April 2004, p. 1-4

[40] **Lisa M., Rindel H.J., Gade C.A.,** 2005. How did ancient Roman Theatres sound?, Forum acoustics, Budapest, September 2005, p. 1-6



Ek A- Şekil A.1. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun Plan ve Kesiti



Ek B- Şekil B.1. Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nda Ölçüm Yapılan Noktalar

EK C. CEMİL TOPUZLU AÇIKHAVA TİYATROSU'NUN DIRAC İLE YAPILAN ÖLÇÜM SONUÇLARI

Bu bölümde, Cemil Topuzlu Açıkhava Tiyatrosu'nun hazırlanan modeli üzerinde DIRAC hacim akustiği ölçüm yazılımı ile yapılan ölçüm sonuçları verilecektir. Üç farklı kaynak noktasına göre yirmi-üç alıcı noktasında yapılan ölçümler 125-400 Hz frekans aralığında yapılmıştır. Yapılan gündüz ölçümleri sırasında tiyatro boştur.

Tablo C.1. Alıcı-kaynak uzaklıkları (metre)

Konum	Kaynak 1	Kaynak 2	Kaynak 3
Alıcı 1	17,3	24,7	16,2
Alıcı 2	22,0	29,2	20,8
Alıcı 3	28,4	35,4	27,1
Alıcı 4	33,1	39,8	31,6
Alıcı 5	38,7	45,3	37,0
Alıcı 6	42,7	49,3	41,3
Alıcı 7	48,0	54,6	46,5
Alıcı 8	23,7	17,6	17,3
Alıcı 9	28,1	22,5	22,1
Alıcı 10	32,3	26,5	26,0
Alıcı 11	37,4	31,6	31,1
Alıcı 12	42,0	36,2	35,7
Alıcı 13	46,9	41,2	40,7
Alıcı 14	51,7	45,9	45,4
Alıcı 15	55,5	49,8	49,3
Alıcı 16	17,2	16,5	11,5
Alıcı 17	23,0	22,1	17,5
Alıcı 18	37,8	37,6	32,8
Alıcı 19	42,0	43,3	37,6
Alıcı 20	49,0	48,7	44,1
Alıcı 21	47,0	44,4	41,4
Alıcı 22	41,2	39,6	35,8
Alıcı 23	36,8	33,3	30,8

Tablo C.2. 1. Kaynak poziyonu için ölçülen EDT değerleri

		Frekans (Hz)						K1
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	EDT (dB)	2,49	2,411	2,382	2,516	2,135	1,395	17,3
Alıcı 2	EDT (dB)	2,044	2,633	2,451	2,319	2,122	2,032	22,0
Alıcı 3	EDT (dB)	2,097	2,429	2,621	2,426	2,191	2,311	28,4
Alıcı 4	EDT (dB)	0,721	2,446	2,486	2,285	2,376	2,408	33,1
Alıcı 5	EDT (dB)	1,021	2,942	2,579	2,408	2,018	1,814	38,7
Alıcı 6	EDT (dB)	2,157	2,793	2,847	2,432	1,744	1,427	42,7
Alıcı 7	EDT (dB)			2,793	2,473	1,818	1,67	48,0
Alıcı 8	EDT (dB)	1,586	2,389	1,996	1,507	1,471	0,741	23,7
Alıcı 9	EDT (dB)	1,29	1,747	1,69	1,754	1,404	1,081	28,1
Alıcı 10	EDT (dB)	1,503	1,594	1,668	1,864	1,705	1,205	32,3
Alıcı 11	EDT (dB)	0,644	1,556	1,96	1,658	1,365	1,501	37,4
Alıcı 12	EDT (dB)	0,992	1,771	1,804	1,597	1,225	1,34	42,0
Alıcı 13	EDT (dB)	1,621	2,036	1,696	1,704	1,392	0,95	46,9
Alıcı 14	EDT (dB)	0,906	1,985	1,163	1,58	1,315	1,273	51,7
Alıcı 15	EDT (dB)	1,175	2,181	1,098	1,146	1,106	1,047	55,5
Alıcı 16	EDT (dB)	2,004	2,648	2,175	2,068	1,963	1,42	17,2
Alıcı 17	EDT (dB)	2,071	2,171	1,933	2,196	1,95	1,122	23,0
Alıcı 18	EDT (dB)	1,498	2,237	2,292	2,328	2,419	1,833	37,8
Alıcı 19	EDT (dB)	0,652	2,452	2,717	2,145	1,848	1,492	42,0
Alıcı 20	EDT (dB)	1,745	2,049	1,611	2,021	2,154	1,478	49,0
Alıcı 21	EDT (dB)	0,631	2,217	2,204	1,694	1,997	1,533	47,0
Alıcı 22	EDT (dB)	1,721	1,934	2,231	2,062	1,898	1,842	41,2
Alıcı 23	EDT (dB)	1,804	1,902	1,855	1,82	1,835	1,593	36,8
Ortalama	EDT (dB)	1,47	2,21	2,10	2,00	1,80	1,50	
Standart sapma	EDT (dB)	0,56	0,38	0,48	0,38	0,37	0,41	

Tablo C.3. 2. Kaynak poziyonu için ölçülen EDT değerleri

		Frekans (Hz)						K2
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	EDT (dB)	2,371	1,909	1,563	1,513	1,478	1,16	24,7
Alıcı 2	EDT (dB)	1,881	1,92	1,721	1,953	1,505	1,349	29,2
Alıcı 3	EDT (dB)	1,24	1,142	1,248	1,072	1,205	1,218	35,4
Alıcı 4	EDT (dB)	2,371	1,909	1,563	1,513	1,478	1,16	39,8
Alıcı 5	EDT (dB)	0,68	0,99	0,9	0,421	0,34	0,731	45,3
Alıcı 6	EDT (dB)	0,556	1,105	1,039	0,635	0,409	0,423	49,3
Alıcı 7	EDT (dB)	1,262	1,932	0,658	0,672	0,59	0,642	54,6
Alıcı 8	EDT (dB)	2,079	2,276	2,372	2,336	1,955	1,52	17,6
Alıcı 9	EDT (dB)	2,215	2,509	2,35	2,504	2,223	1,914	22,5
Alıcı 10	EDT (dB)	1,717	2,287	2,47	2,327	2,216	1,701	26,5
Alıcı 11	EDT (dB)	2,585	2,627	2,621	2,459	2,374	1,87	31,6
Alıcı 12	EDT (dB)	2,523	2,445	2,509	2,428	2,064	2,007	36,2
Alıcı 13	EDT (dB)	2,402	2,227	2,197	2,081	1,906	1,439	41,2
Alıcı 14	EDT (dB)	0,326	2,327	2,525	2,368	1,77	1,686	45,9
Alıcı 15	EDT (dB)	1,738	2,848	2,586	2,239	1,794	1,428	49,8
Alıcı 16	EDT (dB)	1,805	2,332	2,188	1,986	1,963	1,255	16,5
Alıcı 17	EDT (dB)	1,69	2,434	2,232	2,031	1,973	1,565	22,1
Alıcı 18	EDT (dB)	1,999	2,47	2,563	2,099	1,965	1,559	37,6
Alıcı 19	EDT (dB)	0,957	1,89	2,019	2,055	1,741	1,404	43,3
Alıcı 20	EDT (dB)	0,923	2,06	1,839	2,209	2,249	0,956	48,7
Alıcı 21	EDT (dB)	1,781	2,619	1,935	1,836	1,839	1,71	44,4
Alıcı 22	EDT (dB)		2,221	2,485	2,083	1,958	1,255	39,6
Alıcı 23	EDT (dB)	2,997	2,486	2,245	2,054	2,037	1,986	33,3
Ortalama	EDT (dB)	1,73	2,13	1,99	1,86	1,70	1,39	
Standart sapma	EDT (dB)	0,72	0,49	0,58	0,61	0,57	0,42	

Tablo C.4. 3. Kaynak poziyonu için ölçülen EDT değerleri

		Frekans (Hz)						K3
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	EDT (dB)	1,963	2,142	2,317	2,488	2,075	1,63	16,2
Alıcı 2	EDT (dB)	2,469	2,537	2,481	2,416	1,991	1,31	20,8
Alıcı 3	EDT (dB)	1,712	2,081	2,529	2,465	2,147	1,708	27,1
Alıcı 4	EDT (dB)	0,28	2,639	2,421	2,234	1,886	1,667	31,6
Alıcı 5	EDT (dB)	3,453	1,898	2,13	2,215	2,222	1,32	37,0
Alıcı 6	EDT (dB)	4,406	2,196	2,422	2,081	1,933	1,734	41,3
Alıcı 7	EDT (dB)		2,481	2,156	2,296	2,313	1,553	46,5
Alıcı 8	EDT (dB)	2,049	2,261	2,149	2,304	1,964	1,34	17,3
Alıcı 9	EDT (dB)	1,465	2,302	2,289	2,29	2,216	1,865	22,1
Alıcı 10	EDT (dB)	1,83	1,944	2,169	2,044	2,04	1,642	26,0
Alıcı 11	EDT (dB)	2,671	2,05	2,545	2,245	2,757	1,538	31,1
Alıcı 12	EDT (dB)	2,89	2,693	2,236	2,099	1,75	1,19	35,7
Alıcı 13	EDT (dB)	1,321	2,461	2,252	2,285	1,622	1,463	40,7
Alıcı 14	EDT (dB)	1,566	1,86	2,257	1,91	1,484	0,795	45,4
Alıcı 15	EDT (dB)	2,224	1,886	1,805	1,565	1,157	0,988	49,3
Alıcı 16	EDT (dB)	1,743	2,01	2,167	2,011	1,736	1,354	11,5
Alıcı 17	EDT (dB)	1,892	1,705	1,62	2,125	1,798	1,457	17,5
Alıcı 18	EDT (dB)	2,16	1,951	2,108	1,858	1,663	1,577	32,8
Alıcı 19	EDT (dB)	1,916	2,019	2,143	2,033	1,872	1,282	37,6
Alıcı 20	EDT (dB)	2,063	2,177	1,694	1,765	1,549	1,386	44,1
Alıcı 21	EDT (dB)	1,676	2,098	1,909	1,277	0,741	0,991	41,14
Alıcı 22	EDT (dB)	1,619	1,545	1,62	1,079	1,001	1,107	35,8
Alıcı 23	EDT (dB)	1,838	1,875	2,232	1,898	1,668	1,2	30,8
Ortalama	EDT (dB)	2,06	2,12	2,16	2,04	1,81	1,40	
Standart sapma	EDT (dB)	0,81	0,29	0,27	0,36	0,44	0,27	

Tablo C.5. 1. Kaynak poziyonu için ölçülen T20 değerleri

		Frekans (Hz)						K1
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	T20 (s)	1,674	2,231	2,333	2,338	2,033	1,714	17,3
Alıcı 2	T20 (s)	1,596	2,135	1,907	1,661	1,697	1,43	22,0
Alıcı 3	T20 (s)	1,888	2,171	2,232	2,083	1,962	2,033	28,4
Alıcı 4	T20 (s)	1,023	2,083	2,122	2,103	2,014	1,765	33,1
Alıcı 5	T20 (s)	0,118	2,166	2,147	1,859	1,763	1,579	38,7
Alıcı 6	T20 (s)	0,075	1,984	1,972	2,259	2,035	1,952	42,7
Alıcı 7	T20 (s)	7,104	1,821	2,024	1,89	1,869	1,912	48,0
Alıcı 8	T20 (s)	1,523	1,978	2,097	2,302	2,125	1,195	23,7
Alıcı 9	T20 (s)	1,768	2,185	2,443	3,031	2,241	0,919	28,1
Alıcı 10	T20 (s)	2,139	2,405	2,357	2,476	2,012	1,753	32,3
Alıcı 11	T20 (s)	1,17	1,745	1,951	2,107	1,927	1,607	37,4
Alıcı 12	T20 (s)	0,702	2,101	2,379	1,955	1,976	1,257	42,0
Alıcı 13	T20 (s)	1,645	1,938	2,017	2,279	1,871	1,467	46,9
Alıcı 14	T20 (s)	1,417	2,276	2,049	2,158	1,832	1,679	51,7
Alıcı 15	T20 (s)	0,487	1,951	1,874	2,381	2,12	1,41	55,5
Alıcı 16	T20 (s)	2,448	2,218	1,751	2,484	2,033	1,398	17,2
Alıcı 17	T20 (s)	1,822	2,369	2,301	2,333	1,855	1,638	23,0
Alıcı 18	T20 (s)	1,231	1,78	1,982	2,267	1,969	1,565	37,8
Alıcı 19	T20 (s)	0,045	1,791	2,36	2,193	1,944	1,554	42,0
Alıcı 20	T20 (s)	1,321	1,79	1,742	1,72	2,156	1,61	49,0
Alıcı 21	T20 (s)	1,175	2,077	2,061	2,67	1,811	1,543	47,0
Alıcı 22	T20 (s)	1,487	1,9	2,212	1,874	1,86	1,596	41,2
Alıcı 23	T20 (s)	2,228	2,365	2,154	2,116	1,853	1,737	36,8
Ortalama	T20 (s)	1,57	2,06	2,11	2,20	1,95	1,58	
Standart sapma	T20 (s)	1,38	0,20	0,20	0,31	0,13	0,25	

Tablo C.6. 2. Kaynak poziyonu için ölçülen T20 değerleri

		Frekans (Hz)						K2
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	T20 (s)	1,962	2,427	2,375	2,3	2,034	1,689	24,7
Alıcı 2	T20 (s)	1,783	2,535	2,46	2,48	2,036	1,765	29,2
Alıcı 3	T20 (s)	1,517	2,266	2,559	2,398	2,121	1,839	35,4
Alıcı 4	T20 (s)	1,637	2,396	2,033	2,186	1,965	1,716	39,8
Alıcı 5	T20 (s)	0,267	1,909	1,984	2,239	1,961	2,917	45,3
Alıcı 6	T20 (s)	1,603	2,244	1,856	2,147	2,07	1,701	49,3
Alıcı 7	T20 (s)	1,266	2,227	2,172	2,394	1,2	0,987	54,6
Alıcı 8	T20 (s)	2,002	2,085	2,216	2,339	1,799	1,485	17,6
Alıcı 9	T20 (s)	2,294	2,146	2,225	2,414	1,917	1,733	22,5
Alıcı 10	T20 (s)	2,423	2,025	1,997	2,135	1,923	1,76	26,5
Alıcı 11	T20 (s)	1,346	2,07	2,11	2,116	2,248	2,079	31,6
Alıcı 12	T20 (s)	0,143	2,083	2,007	1,948	1,855	1,351	36,2
Alıcı 13	T20 (s)	2,995	2,093	2,061	1,979	1,794	1,688	41,2
Alıcı 14	T20 (s)	0,106	1,875	2,269	1,767	2,155	1,612	45,9
Alıcı 15	T20 (s)	1,156	1,978	2,255	2,442	2,07	1,555	49,8
Alıcı 16	T20 (s)	1,736	2,09	2,1	2,206	2,063	1,743	16,5
Alıcı 17	T20 (s)	2,033	2,312	2,349	1,919	2,122	1,788	22,1
Alıcı 18	T20 (s)	1,827	2,023	1,838	1,889	1,823	1,754	37,6
Alıcı 19	T20 (s)	1,091	2,182	2,171	2,013	2,01	1,419	43,3
Alıcı 20	T20 (s)	0,892	1,543	2,03	1,867	1,863	1,678	48,7
Alıcı 21	T20 (s)	1,334	1,927	2,465	1,943	2,094	1,774	44,4
Alıcı 22	T20 (s)	1,268	2,106	2,034	2,14	2,061	1,579	39,6
Alıcı 23	T20 (s)	2,074	1,964	1,938	1,909	1,964	0,589	33,3
Ortalama	T20 (s)	1,51	2,11	2,15	2,14	1,96	1,66	
Standart sapma	T20 (s)	0,71	0,21	0,20	0,21	0,20	0,41	

Tablo C.7. 3. Kaynak poziyonu için ölçülen T20 değerleri

		Frekans (Hz)						K3
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	T20 (s)	1,874	2,029	2,25	2,381	2,096	1,404	16,2
Alıcı 2	T20 (s)	1,648	1,946	2,177	1,959	1,892	2,543	20,8
Alıcı 3	T20 (s)	1,499	2,29	1,961	2,209	2,043	1,651	27,1
Alıcı 4	T20 (s)		2,026	1,809	1,729	1,654	1,41	31,6
Alıcı 5	T20 (s)		1,924	2,024	1,761	1,96	1,82	37,0
Alıcı 6	T20 (s)	3,112	2,093	1,993	2,287	1,908	1,393	41,3
Alıcı 7	T20 (s)		2,395	2,596	1,645	1,833	1,595	46,5
Alıcı 8	T20 (s)	2,145	2,369	2,1	2,472	1,835	1,682	17,3
Alıcı 9	T20 (s)	1,649	2,058	2,243	2,582	1,93	1,833	22,1
Alıcı 10	T20 (s)	1,337	2,374	2,632	2,284	2,648	2,141	26,0
Alıcı 11	T20 (s)	1,405	2,302	2,777	2,262	2,01	1,713	31,1
Alıcı 12	T20 (s)	5,422	2,191	2,789	2,064	1,947	1,914	35,7
Alıcı 13	T20 (s)	1,012	2,118	2,631	2,379	2,048	0,869	40,7
Alıcı 14	T20 (s)	1,702	2,689	2,158	1,933	1,795	1,29	45,4
Alıcı 15	T20 (s)	3,68	2,13	1,982	2,758	1,911	1,664	49,3
Alıcı 16	T20 (s)	1,942	2,399	2,221	2,347	1,994	1,729	11,5
Alıcı 17	T20 (s)	1,702	2,287	2,303	2,299	1,756	1,799	17,5
Alıcı 18	T20 (s)	1,135	1,869	2,088	1,882	1,815	1,693	32,8
Alıcı 19	T20 (s)	0,651	1,803	1,924	2,311	2,011	1,634	37,6
Alıcı 20	T20 (s)	1,402	1,788	2,28	1,85	1,983	1,699	44,1
Alıcı 21	T20 (s)	1,47	1,935	2,172	2,067	2,078	1,795	41,14
Alıcı 22	T20 (s)	1,371	1,926	2,147	2,205	1,853	1,676	35,8
Alıcı 23	T20 (s)	2,042	2,063	2,077	2,054	1,874	1,59	30,8
Ortalama	T20 (s)	1,91	2,13	2,23	2,16	1,95	1,68	
Standart sapma	T20 (s)	1,07	0,23	0,27	0,28	0,19	0,31	

Tablo C.8. 1. Kaynak poziyonu için ölçülen T30 değerleri

		Frekans (Hz)						K1
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	T30 (s)	1,567	2,138	1,738	1,432	2,187	1,787	17,3
Alıcı 2	T30 (s)	1,5	2,053	1,691	1,495	1,523		22,0
Alıcı 3	T30 (s)	1,238	1,982	1,99	1,955	1,994	1,941	28,4
Alıcı 4	T30 (s)	0,982	1,997	2,012	1,974	1,936	1,635	33,1
Alıcı 5	T30 (s)	0,111	1,946	1,885	1,646	1,56	1,368	38,7
Alıcı 6	T30 (s)	0,073	1,814	1,832	2,137	1,911	1,648	42,7
Alıcı 7	T30 (s)		1,641	1,833	1,836	1,659	1,735	48,0
Alıcı 8	T30 (s)	1,379	1,832	1,663	1,372	1,468	1,06	23,7
Alıcı 9	T30 (s)	1,694	2,124	1,757	1,491	1,188	0,841	28,1
Alıcı 10	T30 (s)	1,942	2,219	1,863	1,926	1,831	1,469	32,3
Alıcı 11	T30 (s)	1,16	1,421	1,818	1,953	1,759	1,409	37,4
Alıcı 12	T30 (s)	1,406	1,915	1,875	1,781	2,158	1,148	42,0
Alıcı 13	T30 (s)	1,632	1,923	1,857	1,89	1,712	1,219	46,9
Alıcı 14	T30 (s)	1,286	2,21	1,848	2,052	1,686	1,524	51,7
Alıcı 15	T30 (s)	0,461	2,743	1,697	1,629	2,119	1,247	55,5
Alıcı 16	T30 (s)	2,897	2,128	1,535	1,495	1,551	1,278	17,2
Alıcı 17	T30 (s)	1,709	2,22	1,842	1,563	1,789	1,135	23,0
Alıcı 18	T30 (s)	1,209	1,788	1,78	1,64	1,897	1,405	37,8
Alıcı 19	T30 (s)	0,021	1,656	2,139	1,568	1,822	1,384	42,0
Alıcı 20	T30 (s)	0,658	1,629	1,515	3,953	1,918	1,434	49,0
Alıcı 21	T30 (s)	1,159	1,77	1,836	1,9	1,588	1,348	47,0
Alıcı 22	T30 (s)	1,446	1,738	2,001	1,66	1,707	1,548	41,2
Alıcı 23	T30 (s)	2,2	2,397	2,196	1,945	1,727	1,56	36,8
Ortalama	T30 (s)	1,26	1,97	1,83	1,84	1,77	1,41	
Standart sapma	T30 (s)	0,70	0,29	0,16	0,51	0,24	0,26	

Tablo C.9. 2. Kaynak poziyonu için ölçülen T30 değerleri

		Frekans (Hz)						K2
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	T30 (s)	1,72	2,157	1,524	1,096	2,311	1,77	24,7
Alıcı 2	T30 (s)	1,572	2,235	1,857	1,69	1,784	1,913	29,2
Alıcı 3	T30 (s)	1,32	2,104	1,543	1,656	1,726	1,531	35,4
Alıcı 4	T30 (s)	0,81	2,215	1,85	1,956	1,751	1,552	39,8
Alıcı 5	T30 (s)	0,228	1,654	1,749	2,322	2,074	2,669	45,3
Alıcı 6	T30 (s)	1,557	2,239	1,639	2,051	1,926	1,521	49,3
Alıcı 7	T30 (s)	1,836	2,101	2,009	2,138	1,955	1,635	54,6
Alıcı 8	T30 (s)	1,866	2,104	1,713	1,631	1,627	1,325	17,6
Alıcı 9	T30 (s)	1,78	2,081	1,995	1,938	1,83	1,682	22,5
Alıcı 10	T30 (s)	2,421	2,035	1,978	1,975	1,834	1,603	26,5
Alıcı 11	T30 (s)		1,821	1,985	1,973	2,176	1,966	31,6
Alıcı 12	T30 (s)	2,321	1,951	1,896	1,8	1,716	1,148	36,2
Alıcı 13	T30 (s)	1,952	1,981	1,877	1,805	1,683	1,567	41,2
Alıcı 14	T30 (s)	0,102	2,583	2,224	1,663	2,463	1,426	45,9
Alıcı 15	T30 (s)	1,136	1,832	2,063	2,646	2,021	2,621	49,8
Alıcı 16	T30 (s)	1,707	1,841	1,615	1,127	1,369	1,125	16,5
Alıcı 17	T30 (s)	1,503	2,108	2,004	1,772	1,822	1,903	22,1
Alıcı 18	T30 (s)	1,087	1,962	1,669	1,697	1,682	1,623	37,6
Alıcı 19	T30 (s)	1,081	1,996	2,01	1,871	2,004	1,217	43,3
Alıcı 20	T30 (s)	0,889	1,49	1,852	1,7	1,617	1,505	48,7
Alıcı 21	T30 (s)	0,796	1,883	1,755	1,792	2,106	1,817	44,4
Alıcı 22	T30 (s)	1,257	2,036	1,887	2,046	1,955	1,378	39,6
Alıcı 23	T30 (s)	1,847	1,876	1,85	1,838	1,893	0,534	33,3
Ortalama	T30 (s)	1,40	2,01	1,85	1,83	1,88	1,61	
Standart sapma	T30 (s)	0,60	0,22	0,18	0,33	0,24	0,45	

Tablo C.10. 3. Kaynak poziyonu için ölçülen T30 değerleri

		Frekans (Hz)						K3
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	T30 (s)	1,764	2,132	1,557	1,352	1,609	1,262	16,2
Alıcı 2	T30 (s)		1,896	2,063	1,812	1,787	1,185	20,8
Alıcı 3	T30 (s)	1,424	2,122	1,711	1,996	1,853	1,523	27,1
Alıcı 4	T30 (s)		1,842	1,431	1,624	1,548	1,316	31,6
Alıcı 5	T30 (s)		1,565	1,876	1,539	1,77	1,586	37,0
Alıcı 6	T30 (s)	3,081	1,975	1,709	2,954	1,751	1,201	41,3
Alıcı 7	T30 (s)		2,419	1,691	1,507	1,659	1,375	46,5
Alıcı 8	T30 (s)	1,946	2,232	1,936	1,683	2,229	1,741	17,3
Alıcı 9	T30 (s)	1,304	1,931	1,851	1,848	1,807	1,508	22,1
Alıcı 10	T30 (s)	1,241	2,359	2,653	2,052	2,4	1,975	26,0
Alıcı 11	T30 (s)	1,361	2,132	2,191	2	1,866	1,543	31,1
Alıcı 12	T30 (s)		2,054	2,326	1,831	1,842	1,864	35,7
Alıcı 13	T30 (s)	0,999	1,937	2,549	2,222	1,788	0,563	40,7
Alıcı 14	T30 (s)	1,94	1,908	1,829	1,742	1,606	1,134	45,4
Alıcı 15	T30 (s)		1,854	1,783	2,772	1,718	1,513	49,3
Alıcı 16	T30 (s)	1,845	2,201	1,629	0,116	2,412	1,072	11,5
Alıcı 17	T30 (s)	1,522	2,108	1,763	1,275	1,608	1,461	17,5
Alıcı 18	T30 (s)		1,821	1,901	1,719	2,035	1,552	32,8
Alıcı 19	T30 (s)	1,157	2,217	2,047	1,729	1,882	1,52	37,6
Alıcı 20	T30 (s)	1,34	1,713	2,171	4,564	3,953	1,531	44,1
Alıcı 21	T30 (s)	1,464	1,671	1,97	1,922	2,148	1,786	41,14
Alıcı 22	T30 (s)	1,351	1,967	2,185	1,902	1,846	1,72	35,8
Alıcı 23	T30 (s)	2,031	1,892	1,896	1,855	2,042	1,465	30,8
Ortalama	T30 (s)	1,61	2,00	1,94	1,91	1,96	1,45	
Standart sapma	T30 (s)	0,50	0,21	0,30	0,78	0,50	0,30	

Tablo C.11. 1. Kaynak poziyonu için ölçülen C80 değerleri

		Frekans (Hz)						K1
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	C80 (dB)	0,96	0,02	-0,35	0,07	2,45	4,1	17,3
Alıcı 2	C80 (dB)	2,46	1,24	1,18	-0,5	1,96	1,28	22,0
Alıcı 3	C80 (dB)	-0,35	-2,1	0,26	0,41	1,83	2,91	28,4
Alıcı 4	C80 (dB)	-4,73	-2,32	-0,17	1,03	3,36	2,26	33,1
Alıcı 5	C80 (dB)		-2,87	1,77	1,8	3,78	4,3	38,7
Alıcı 6	C80 (dB)	-5,8	-0,57	2,28	2,98		7,07	42,7
Alıcı 7	C80 (dB)		0,07	2,83	1	4,44		48,0
Alıcı 8	C80 (dB)	-0,95	-1,73	-1,73	1,47	1,71	2,06	23,7
Alıcı 9	C80 (dB)	3,61	1,8	3,59	0,85	1,28	1,34	28,1
Alıcı 10	C80 (dB)	0,39	0,99	0,91	2,24	2,68	3,02	32,3
Alıcı 11	C80 (dB)	-0,81	1,58	0,6	3,9	5,03	4,15	37,4
Alıcı 12	C80 (dB)	-3	0,51	3,47	4,17	5,29	0,5	42,0
Alıcı 13	C80 (dB)		-0,28	3,95	3,52	3,97	4,68	46,9
Alıcı 14	C80 (dB)	-1,78	0,48	5,35	2,21	2,27	3,33	51,7
Alıcı 15	C80 (dB)	-3,16	0,02	0,7	1,37	2,39	0,71	55,5
Alıcı 16	C80 (dB)	-1,87	0,19	-2,65	-0,54	-0,91	-0,09	17,2
Alıcı 17	C80 (dB)	0,85	-0,01	1,61	-1,29	1,2	2,8	23,0
Alıcı 18	C80 (dB)	-2,77	-0,89	0,57	-0,05	-2,49	1,36	37,8
Alıcı 19	C80 (dB)			1,02	-0,36	1,63	3,08	42,0
Alıcı 20	C80 (dB)		-20,96					49,0
Alıcı 21	C80 (dB)	-3,62	-0,38	1,95	3,75	0,66	2,1	47,0
Alıcı 22	C80 (dB)	-3,9	-0,69	2,02	1,95	0,77	2,19	41,2
Alıcı 23	C80 (dB)	-3,27	0,33	-0,97	2,52	1,43	3,68	36,8
Ortalama	C80 (dB)	-1,54	-1,16	1,28	1,48	2,13	2,71	
Standart sapma	C80 (dB)	2,52	4,58	1,90	1,58	1,86	1,65	

Tablo C.12. 2. Kaynak poziyonu için ölçülen C80 değerleri

		Frekans (Hz)						K2
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	C80 (dB)	0,23	2,91	1,4	0,73	1,39	1,44	24,7
Alıcı 2	C80 (dB)	-0,48	1,75	3,47	0,67	2,68	2,83	29,2
Alıcı 3	C80 (dB)	1,76	4,61	2,46	5,28	5,46	4,3	35,4
Alıcı 4	C80 (dB)	0,24	4,75	3,11		5,08	6,32	39,8
Alıcı 5	C80 (dB)	0,88	4,41	6,08		9,13	5,15	45,3
Alıcı 6	C80 (dB)	-1,79	4,42	5,09	6,33	8,48	7,67	49,3
Alıcı 7	C80 (dB)	-4,23	0,77	4,78	3,99	4,73	4,86	54,6
Alıcı 8	C80 (dB)	2,78	0,32	-0,52	-1,1	-0,84	0,66	17,6
Alıcı 9	C80 (dB)	2,01	-0,78	1,62	-0,28	-0,96	0,52	22,5
Alıcı 10	C80 (dB)	3,92	-0,53	-0,42	-0,47	-0,33	1,6	26,5
Alıcı 11	C80 (dB)	-0,93	-1,27	-0,03	-0,22	0,41	0,98	31,6
Alıcı 12	C80 (dB)	-3,76	-0,26	2,36	1,04	1,63	0,47	36,2
Alıcı 13	C80 (dB)	-3,58	1,48	2,86	0,8	1,63	3,78	41,2
Alıcı 14	C80 (dB)	-2,43	-1,56	1,74	0,36	0,76	0,59	45,9
Alıcı 15	C80 (dB)			-9,96			-10,22	49,8
Alıcı 16	C80 (dB)	-1,85	-1,28	-2,09	-0,88	0,05	1,44	16,5
Alıcı 17	C80 (dB)	0,87	-2,9	0,33	0,28	-0,33	2,3	22,1
Alıcı 18	C80 (dB)	-3,28	-2,55	0,9	1,93	0,49	0,92	37,6
Alıcı 19	C80 (dB)	-3,99	-1,3	1,37	0,67	2,82	2,34	43,3
Alıcı 20	C80 (dB)	-4,05	-0,84	2,84	0,33	1,74	5,73	48,7
Alıcı 21	C80 (dB)	-6,33	-0,92	3,19	1,56	131	2,21	44,4
Alıcı 22	C80 (dB)	-4,54	-2,69	0,63	0,05	2,14	4,63	39,6
Alıcı 23	C80 (dB)	-3,2	-1,65	1,13	2	1,72	0,8	33,3
Ortalama	C80 (dB)	-1,44	0,31	1,41	1,15	2,24	2,23	
Standart sapma	C80 (dB)	2,75	2,49	3,13	1,96	2,77	3,44	

Tablo C.13. 3. Kaynak poziyonu için ölçülen C80 değerleri

		Frekans (Hz)						K3
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	C80 (dB)	2,42	0,85	-0,89	-2,77	-1,57	1,76	16,2
Alıcı 2	C80 (dB)	-0,21	-0,38	1,1	-1,29	-0,98	0,79	20,8
Alıcı 3	C80 (dB)	-3,03	-1,28	0,86	-0,03	-1,13	1,46	27,1
Alıcı 4	C80 (dB)	-6,21	-2,81	-0,01	1,26	0,06	0,85	31,6
Alıcı 5	C80 (dB)	-4,67	-0,81	1,35	-0,08	-1,41	3,9	37,0
Alıcı 6	C80 (dB)	-5,14	-0,65	0,78	-0,27	0,91	3,39	41,3
Alıcı 7	C80 (dB)		-1,8	0,71	-0,79	-1,33	1,75	46,5
Alıcı 8	C80 (dB)	-1,93	-2,47	-1,5	-2,46	-1,05	2,48	17,3
Alıcı 9	C80 (dB)	-1,91	-2,87	-1,04	-1,37	-1	-1,71	22,1
Alıcı 10	C80 (dB)	-3,09	-2,54	0,71	0,97	1,84	1,41	26,0
Alıcı 11	C80 (dB)	-2,85	-1,94	-0,6	0,88	-2,33	3,31	31,1
Alıcı 12	C80 (dB)	-3,95	-0,93	2,8	0,86	2,4	4,74	35,7
Alıcı 13	C80 (dB)	-4,99	-0,57	2,67	1,66	1,93	2,07	40,7
Alıcı 14	C80 (dB)	-5,78	-0,15	3,74	2,25	3,16	5,24	45,4
Alıcı 15	C80 (dB)	-6,58	-3,22	-2,68	-1,89	0,32	4,09	49,3
Alıcı 16	C80 (dB)	1,83	-2,86	-3,65	-2,1	-1,07	1,74	11,5
Alıcı 17	C80 (dB)	-2,52	-0,21	0,75	-2,68	-1,39	1,67	17,5
Alıcı 18	C80 (dB)		-1,73	-0,24	1,28	1,52	3,49	32,8
Alıcı 19	C80 (dB)		-0,07	0,49	1,03	2,24	3,77	37,6
Alıcı 20	C80 (dB)		0,12	1,8	0,78	1,39	2,67	44,1
Alıcı 21	C80 (dB)		0,05	1,72	2,92	4,97	5,17	41,14
Alıcı 22	C80 (dB)	-5,35	1,53	2,47	3,67	5	5,63	35,8
Alıcı 23	C80 (dB)	-4,01	-1,58	-0,72	1,43	1,79	4,9	30,8
Ortalama	C80 (dB)	-3,22	-1,14	0,46	0,14	0,62	2,81	
Standart sapma	C80 (dB)	2,56	1,29	1,76	1,81	2,09	1,78	

Tablo C.14. 1. Kaynak poziyonu için ölçülen TS değerleri

		Frekans (Hz)						K1
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	TS (ms)	196,4	168,2	179,2	199,3	125,1	109,6	17,3
Alıcı 2	TS (ms)	212	180,4	185,2	220,1	152,7	231,4	22,0
Alıcı 3	TS (ms)	317,3	199,5	158,2	158,6	124,3	162,7	28,4
Alıcı 4	TS (ms)		204,3	168,3	151,1	101	149,7	33,1
Alıcı 5	TS (ms)			264,8	428,7	243,5	256,4	38,7
Alıcı 6	TS (ms)		205	142,5	144,8	75,3	57,4	42,7
Alıcı 7	TS (ms)		239	151,9	230,6	108	80,2	48,0
Alıcı 8	TS (ms)	195,7	166,1	155,7	155,4	119,2	177,3	23,7
Alıcı 9	TS (ms)	158,4	129	109,9	182,8	133	261,4	28,1
Alıcı 10	TS (ms)	224	132,6	126	128,5	105,5	225,3	32,3
Alıcı 11	TS (ms)	472,5	212,9	181,9	113	89,1	102,6	37,4
Alıcı 12	TS (ms)		151,3	121	118,4	90,2	357,3	42,0
Alıcı 13	TS (ms)		254,7	153	140,6	103,7	139,8	46,9
Alıcı 14	TS (ms)		176,3	106,5	162,2	116,3	113,2	51,7
Alıcı 15	TS (ms)		216	135,7	171,1	130,9	308,2	55,5
Alıcı 16	TS (ms)	179,3	160,7		193,4	163,2	226,4	17,2
Alıcı 17	TS (ms)	162,3	148,5	130,1	193,6	125,7	169,7	23,0
Alıcı 18	TS (ms)		173,6	184	219,7	227,6	204,9	37,8
Alıcı 19	TS (ms)		428	306,9	280,2	144,3	139,5	42,0
Alıcı 20	TS (ms)		374,4	281	397,7	309,4	289,9	49,0
Alıcı 21	TS (ms)		198,2	153,8	157,6	168,9	136	47,0
Alıcı 22	TS (ms)	568,3	173,4	147,2	185,3	181,7	170,9	41,2
Alıcı 23	TS (ms)	494,2	144,4	156,4	130,7	120	88,4	36,8
Ortalama	TS (ms)	289,13	202,11	168,15	194,06	141,68	180,79	
Standart sapma	TS (ms)	150,72	74,23	52,58	79,83	55,11	78,41	

Tablo C.15. 2. Kaynak poziyonu için ölçülen TS değerleri

		Frekans (Hz)						K2
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	TS (ms)	180,1	121,5	155,6	247,8	138,1	148,6	24,7
Alıcı 2	TS (ms)	21,4	125,5	118,1	194,9	108,6	99,5	29,2
Alıcı 3	TS (ms)	196,6	98,6	129,5	100,8	101,9	102,5	35,4
Alıcı 4	TS (ms)	368,2	112,3	133,1	89,4	89,9	78,3	39,8
Alıcı 5	TS (ms)	398,5	112,2	103	97,7	74,3	169,3	45,3
Alıcı 6	TS (ms)		142,8	144	238,9	113	113,9	49,3
Alıcı 7	TS (ms)		222,4	109	190,9	116,6	143	54,6
Alıcı 8	TS (ms)	149,8	153,9	165,5	202,9	154,4	164,2	17,6
Alıcı 9	TS (ms)	157,5	164	136	164,3	155,8	168,8	22,5
Alıcı 10	TS (ms)	153,6	164,7	156,1	159	148,6	136,4	26,5
Alıcı 11	TS (ms)	458,9	192,8	173,7	187	166,1	151,9	31,6
Alıcı 12	TS (ms)		194,8	138,1	178	138,8	245,8	36,2
Alıcı 13	TS (ms)		176,5	126,9	166,8	130,2	95,7	41,2
Alıcı 14	TS (ms)		245,4	181,2	232,9	167,8	166,3	45,9
Alıcı 15	TS (ms)			279,5	385,4	29	250,8	49,8
Alıcı 16	TS (ms)	187,6	163,4	190,4	258,4	160,3	145,8	16,5
Alıcı 17	TS (ms)	159,4	181,3	149,5	153,9	143,4	103,9	22,1
Alıcı 18	TS (ms)		204,2	164,8	152,8	145,4	136	37,6
Alıcı 19	TS (ms)		205,6	164,8	239,9	144	171,1	43,3
Alıcı 20	TS (ms)		251	152		179,4	89,2	48,7
Alıcı 21	TS (ms)		255,2	157	205	180,2	138	44,4
Alıcı 22	TS (ms)		207,1	172,8	189,4	136,8	106,2	39,6
Alıcı 23	TS (ms)	514,4	194,3	138,6	138,3	133,4	401,9	33,3
Ortalama	TS (ms)	262,17	176,80	153,88	189,75	143,3	153,44	
Standart sapma	TS (ms)	133,6	45,85	35,40	64,59	38,56	69,66	

Tablo C.16. 3. Kaynak poziyonu için ölçülen TS değerleri

		Frekans (Hz)						K3
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	TS (ms)	152,1	155,7	183,1		161,5	144,1	16,2
Alıcı 2	TS (ms)		185,2	144,1	179,5	150,2	173,1	20,8
Alıcı 3	TS (ms)		179,4	1653,4	165,8	155,9	121,7	27,1
Alıcı 4	TS (ms)		212	164,1	179,8	157	160,6	31,6
Alıcı 5	TS (ms)		165,9	145	216,7	213,9	111,7	37,0
Alıcı 6	TS (ms)		238	195,1	238,7	167,2	168,8	41,3
Alıcı 7	TS (ms)			185,9		226,8	164,7	46,5
Alıcı 8	TS (ms)	198,2	178,9	154,1	183,3	145,7	94,9	17,3
Alıcı 9	TS (ms)	202,1	185	155,8	173,9	160,2	147	22,1
Alıcı 10	TS (ms)	273,4	163,2	149,9	165,9	134,5	126,2	26,0
Alıcı 11	TS (ms)		178,7	190,6	190,7	240	124,7	31,1
Alıcı 12	TS (ms)		196,5	150	174	124,2	82	35,7
Alıcı 13	TS (ms)		204,6	180,1	190,8	133	410,1	40,7
Alıcı 14	TS (ms)		198,5	231,1		167,3	224,1	45,4
Alıcı 15	TS (ms)		232,3	200,5	227	137,3	96	49,3
Alıcı 16	TS (ms)	133,4	155,6	199,8	347,6	197,1	153,3	11,5
Alıcı 17	TS (ms)	175	146,7	130,8	224,1	155,1	110,3	17,5
Alıcı 18	TS (ms)		177	172,8	162,7	128	94,2	32,8
Alıcı 19	TS (ms)		176,8	169,6	176,1	149,4	103,8	37,6
Alıcı 20	TS (ms)		217,8	174	231	184,1	134,2	44,1
Alıcı 21	TS (ms)		176,1	146,6	130,5	98	85,7	41,14
Alıcı 22	TS (ms)		133	124,7	109,2	87,9	68	35,8
Alıcı 23	TS (ms)	430,6	163,5	161,7	146,9	118	86	30,8
Ortalama	TS (ms)	223,54	182,75	168,34	190,71	156,19	138,49	
Standart sapma	TS (ms)	101,69	26,68	25,26	49,70	37,52	69,88	

Tablo C.17. 1. Kaynak poziyonu için ölçülen D50 değerleri

		Frekans (Hz)						K1
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	D50 (%)	0,51	0,37	0,33	0,38	0,51	0,61	17,3
Alıcı 2	D50 (%)	0,57	0,53	0,52	0,42	0,49	0,43	22,0
Alıcı 3	D50 (%)	0,47	0,34	0,48	0,49	0,48	0,58	28,4
Alıcı 4	D50 (%)	0,22	0,33	0,44	0,52	0,62	0,57	33,1
Alıcı 5	D50 (%)	0,11	0,29	0,57	0,57	0,64	0,68	38,7
Alıcı 6	D50 (%)	0,19	0,44	0,61	0,64	0,72		42,7
Alıcı 7	D50 (%)	0,05	0,48	0,63	0,49	0,61	0,74	48,0
Alıcı 8	D50 (%)	0,34	0,33	0,32	0,39	0,45	0,47	23,7
Alıcı 9	D50 (%)	0,11	0,23	0,54	0,44	0,47	0,46	28,1
Alıcı 10	D50 (%)	0,21	0,22	0,45	0,51	0,58	0,59	32,3
Alıcı 11	D50 (%)	0,28	0,39	0,38	0,65		0,66	37,4
Alıcı 12	D50 (%)	0,22	0,36	0,56	0,67		0,46	42,0
Alıcı 13	D50 (%)	0,13	0,36	0,65	0,63	0,62		46,9
Alıcı 14	D50 (%)	0,22	0,36		0,54	0,54	0,58	51,7
Alıcı 15	D50 (%)	0,24	0,34	0,35	0,41	0,38	0,42	55,5
Alıcı 16	D50 (%)	0,25	0,32	0,23	0,25	0,26	0,25	17,2
Alıcı 17	D50 (%)	0,41	0,38	0,35	0,25	0,44	0,54	23,0
Alıcı 18	D50 (%)	0,3	0,34	0,44	0,29	0,24	0,5	37,8
Alıcı 19	D50 (%)	0,1	0,19	0,45	0,34	0,38	0,41	42,0
Alıcı 20	D50 (%)	0,04	0,01	0	0	0	0	49,0
Alıcı 21	D50 (%)	0,21	0,35	0,55		0,44	0,53	47,0
Alıcı 22	D50 (%)	0,22	0,27	0,52	0,44	0,31	0,41	41,2
Alıcı 23	D50 (%)	0,29	0,36	0,33	0,54	0,49	0,59	36,8
Ortalama	D50 (%)	0,25	0,33	0,44	0,45	0,46	0,50	
Standart sapma	D50 (%)	0,14	0,10	0,15	0,16	0,16	0,16	

Tablo C.18. 2. Kaynak poziyonu için ölçülen D50 değerleri

		Frekans (Hz)						K2
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	D50 (%)	0,41	0,42	0,33	0,38	0,39	0,36	24,7
Alıcı 2	D50 (%)	0,28	0,48	0,55	0,39	0,51	0,52	29,2
Alıcı 3	D50 (%)	0,27	0,54	0,46	0,64	0,67	0,58	35,4
Alıcı 4	D50 (%)	0,43		0,49		0,67	0,73	39,8
Alıcı 5	D50 (%)	0,12	0,42	0,74			0,69	45,3
Alıcı 6	D50 (%)	0,11	0,44	0,7		0,79	0,75	49,3
Alıcı 7	D50 (%)	0,14	0,47		0,64	0,67	0,65	54,6
Alıcı 8	D50 (%)	0,33	0,35	0,38	0,34	0,37	0,41	17,6
Alıcı 9	D50 (%)	0,49	0,35	0,41	0,35	0,1-31	0,38	22,5
Alıcı 10	D50 (%)	0,34	0,35	0,46	0,42	0,3	0,27	26,5
Alıcı 11	D50 (%)	0,38	0,34	0,41	0,41	0,41	0,41	31,6
Alıcı 12	D50 (%)	0,24	0,35	0,56	0,49	0,52	0,42	36,2
Alıcı 13	D50 (%)	0,26	0,43	0,58	0,49	0,45	0,53	41,2
Alıcı 14	D50 (%)	0,15	0,14	0,33	0,39	0,28	0,43	45,9
Alıcı 15	D50 (%)	0,04	0	0	0	0	0	49,8
Alıcı 16	D50 (%)	0,24	0,23	0,22	0,31	0,38	0,36	16,5
Alıcı 17	D50 (%)	0,38	0,27	0,35	0,3	0,34	0,4	22,1
Alıcı 18	D50 (%)	0,22	0,18	0,43	0,45	0,35	0,31	37,6
Alıcı 19	D50 (%)	0,16	0,23	0,45	0,4	0,49	0,45	43,3
Alıcı 20	D50 (%)	0,13	0,24	0,5	0,35	0,46	0,56	48,7
Alıcı 21	D50 (%)	0,12	0,3	0,52	0,41	0,39	0,47	44,4
Alıcı 22	D50 (%)	0,22	0,23	0,42	0,28	0,33	0,46	39,6
Alıcı 23	D50 (%)	0,27	0,32	0,44	0,43	0,42	0,3	33,3
Ortalama	D50 (%)	0,25	0,32	0,44	0,39	0,43	0,45	
Standart sapma	D50 (%)	0,12	0,13	0,15	013	0,17	0,17	

Tablo C.19. 3. Kaynak poziyonu için ölçülen D50 değerleri

		Frekans (Hz)						K3
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	D50 (%)	0,33	0,18	0,3	0,27	0,31	0,47	16,2
Alıcı 2	D50 (%)	0,38	0,25	0,45	0,34	0,31	0,43	20,8
Alıcı 3	D50 (%)	0,19	0,3	0,42	0,44	0,33	0,5	27,1
Alıcı 4	D50 (%)	0,18	0,28	0,45	0,39	0,35	0,32	31,6
Alıcı 5	D50 (%)	0,19	0,4	0,52	0,42	0,32	0,46	37,0
Alıcı 6	D50 (%)	0,21	0,37	0,48	0,37	0,48	0,53	41,3
Alıcı 7	D50 (%)	0,09	0,36	0,42	0,35	0,31	0,38	46,5
Alıcı 8	D50 (%)	0,17	0,21	0,31	0,25	0,36	0,54	17,3
Alıcı 9	D50 (%)	0,11	0,21	0,36	0,28	0,29	0,31	22,1
Alıcı 10	D50 (%)	0,13	0,25	0,44	0,41	0,43	0,48	26,0
Alıcı 11	D50 (%)	0,1	0,21	0,32	0,44	0,29	0,46	31,1
Alıcı 12	D50 (%)	0,14	0,32	0,47	0,35	0,42		35,7
Alıcı 13	D50 (%)	0,1	0,28	0,44	0,36	0,38	0,46	40,7
Alıcı 14	D50 (%)	0,09	0,25	0,36	0,35	0,31	0,43	45,4
Alıcı 15	D50 (%)	0,1	0,24	0,24	0,27	0,29	0,48	49,3
Alıcı 16	D50 (%)	0,33	0,26	0,2	0,27	0,31	0,47	11,5
Alıcı 17	D50 (%)	0,29	0,17	0,28	0,22	0,2	0,39	17,5
Alıcı 18	D50 (%)	0,06	0,15	0,23	0,25	0,27	0,46	32,8
Alıcı 19	D50 (%)	0,09	0,19	0,33	0,33	0,35	0,43	37,6
Alıcı 20	D50 (%)	0,09	0,18	0,18	0,25	0,15	0,3	44,1
Alıcı 21	D50 (%)	0,06	0,22	0,26	0,21	0,12	0,31	41,14
Alıcı 22	D50 (%)	0,07	0,13	0,24	0,19	0,27		35,8
Alıcı 23	D50 (%)	0,11	0,14	0,26	0,26	0,26	0,41	30,8
Ortalama	D50 (%)	0,16	0,24	0,35	0,32	0,31	0,43	
Standart sapma	D50 (%)	0,09	0,07	0,10	0,08	0,08	0,07	

Tablo C.20. 1. Kaynak poziyonu için ölçülen G değerleri

		Frekans (Hz)						K1
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	G (dB)	4,63		6,29	6,23	8,37	5,34	17,3
Alıcı 2	G (dB)	2,63	4,1	2,87	2,58	3,22	-1,72	22,0
Alıcı 3	G (dB)	-1,11	-0,68	0,12	-0,31	-0,17	-3,06	28,4
Alıcı 4	G (dB)	-3,98	-1,96	-2,26	-1,89	-1,59	-5,76	33,1
Alıcı 5	G (dB)	-3,37	-4,26	-3,94	-6,2	-3,88		38,7
Alıcı 6	G (dB)		-4,33	-2,87	-3,39	-1,49	-5,84	42,7
Alıcı 7	G (dB)	-4,34	-5,23	-2,99	-4,45	-2,66	-6,32	48,0
Alıcı 8	G (dB)	4,36	4,94	4,61	5,08	5,01	1,72	23,7
Alıcı 9	G (dB)	2,95	4,17	3,39	1,06	1,99	-1,03	28,1
Alıcı 10	G (dB)	-0,01	2,62	1,74	1,64	1,83	-1,72	32,3
Alıcı 11	G (dB)	7,42	8,55	7,92	9,21	8,46	3,81	37,4
Alıcı 12	G (dB)	-3,55	-1,7	-1,4	-1,58	-1,64		42,0
Alıcı 13	G (dB)	-1,87	-3,65	-2,39	-2,14	-2,21	-6,25	46,9
Alıcı 14	G (dB)	-4,54	-4,86	-1,39	-3,41	-3,72		51,7
Alıcı 15	G (dB)	-4,95		-3,09	-4,94	-5,87		55,5
Alıcı 16	G (dB)	3,76	6,66	6,05	5,9	6,24	3,77	17,2
Alıcı 17	G (dB)	2,65	3,93	4,43	2,7	3,9	1,38	23,0
Alıcı 18	G (dB)	-3,83	-1,55	-2,32	-3,15	-5,5	-6,93	37,8
Alıcı 19	G (dB)	-2,74	-3,38	-1,6	-2,83	-3,07	-6,85	42,0
Alıcı 20	G (dB)	-4,5	-5,87	-2,62				49,0
Alıcı 21	G (dB)	-3,43	-4,96	-3,46	-4,49			47,0
Alıcı 22	G (dB)	-3,75	-1,96	-2,72	-3,63	-4,57		41,2
Alıcı 23	G (dB)	-3,44	-1,33	-2,27	-1,5	-2,03	-5,08	36,8
Ortalama	G (dB)	-0,96	-0,51	0,09	-0,43	0,03	-2,16	
Standart sapma	G (dB)	3,78	4,36	3,68	4,19	4,39	4,25	

Tablo C.21. 2. Kaynak poziyonu için ölçülen G değerleri

		Frekans (Hz)						K2
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	G (dB)	3,44	7,45	6,08	6,03	6,6	2,94	24,7
Alıcı 2	G (dB)	1,05	4,72	4,3	3,63	4,75	0,31	29,2
Alıcı 3	G (dB)	0,3	3,49	2,26	3,67	3,15	-2,55	35,4
Alıcı 4	G (dB)	-1,2	0,89	-0,91	2,16	0,49	-3,13	39,8
Alıcı 5	G (dB)	-1,69	-0,15	2,11	0,86	0,87	-5,22	45,3
Alıcı 6	G (dB)	-1,1	-1,44	-1,23	-0,8	-0,17	-5,63	49,3
Alıcı 7	G (dB)	-5,06		0,95	-3,43	-2,44	-6,52	54,6
Alıcı 8	G (dB)	3,78	5,97	4,44	4,17	4,9	1,95	17,6
Alıcı 9	G (dB)	0,97	1,88	4,31	1,71	1,8	-1,08	22,5
Alıcı 10	G (dB)	1,33	2,08	0,58	0,51	0,48	-2,28	26,5
Alıcı 11	G (dB)	-4,63	-3,67	-0,81	-2,21	-3,5	-6,41	31,6
Alıcı 12	G (dB)	-2,93	-2,46	-2,48	-3,4	-3,79	-7,94	36,2
Alıcı 13	G (dB)	-4,14	-3,31	-2,74	-3,97	-4,24	-7,44	41,2
Alıcı 14	G (dB)	-4,65	-5,53	-3,51	-4,95	-5,32		45,9
Alıcı 15	G (dB)	-3,82			-6,9			49,8
Alıcı 16	G (dB)	5,03	7,45	5,63	4,8	4,87	2,49	16,5
Alıcı 17	G (dB)	3,52	3,38	3,18	2,66	2,47	-0,23	22,1
Alıcı 18	G (dB)	-3,17	-2,12	-2,39	-2,9	-3,87		37,6
Alıcı 19	G (dB)	-2,5	-3,77	-3,36	-4,93	-4,14		43,3
Alıcı 20	G (dB)	-2,85	-5,5	-3,03	-5,96	-6,38		48,7
Alıcı 21	G (dB)	-3,5	-5,53	-2,92	-3,66	-5,17		44,4
Alıcı 22	G (dB)	-3,96	-2,67	-2,93	-3,43	-3,4	-5,51	39,6
Alıcı 23	G (dB)	-3,49	-2,44	-2,17	-2,38	-3,35		33,3
Ortalama	G (dB)	-1,27	-0,06	0,24	-0,81	-0,70	-2,89	
Standart sapma	G (dB)	3,09	4,22	3,25	3,81	3,93	3,64	

Tablo C.22. 3. Kaynak poziyonu için ölçülen G değerleri

		Frekans (Hz)						K3
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	G (dB)	4,59	5,97	5,1	3,77	3,97	1,97	16,2
Alıcı 2	G (dB)	1,7	3,4	3,06	2,12	2,91	-0,18	20,8
Alıcı 3	G (dB)	-2,19	-0,12	0,44	-0,46	-0,54	-3,25	27,1
Alıcı 4	G (dB)	-3,85	-3,97	-2,68	-2,93	-3,84	-8,04	31,6
Alıcı 5	G (dB)	-4,71	-3,13	-3,04			-7,02	37,0
Alıcı 6	G (dB)			-4,34	-5,21		-9,95	41,3
Alıcı 7	G (dB)	2,54	4,95	4,71	4,1	5,19	3,28	46,5
Alıcı 8	G (dB)	2,27	3,55	2,11	1,1	0,42	-3,19	17,3
Alıcı 9	G (dB)	2,27	3,55	2,11	1,1	0,42	-3,19	22,1
Alıcı 10	G (dB)	-0,1	1,56	0,47	-0,59	-0,23	-3,52	26,0
Alıcı 11	G (dB)	-3,36	-2,27	-3,44	-3,64	-6,71		31,1
Alıcı 12	G (dB)	-4,23	-2,78	-1,83	-2,39	-2,18	-4,84	35,7
Alıcı 13	G (dB)	-4,76	-3,88	-2,72	-3,56	-3,42		40,7
Alıcı 14	G (dB)	-5,88		-3,85		-5,81		45,4
Alıcı 15	G (dB)	-4,39	-5,88	-5,22	-5,33	-5,47		49,3
Alıcı 16	G (dB)	6,57	8,4	7,29	7,09	7,59	5,03	11,5
Alıcı 17	G (dB)	3,9	4,83	5,27	3,26	4,16	1,02	17,5
Alıcı 18	G (dB)	-3,03	-0,3	-1,5	-1,63	-1,18	-5,6	32,8
Alıcı 19	G (dB)	-3,92	-2,01	-2,47	-2,62	-3,68		37,6
Alıcı 20	G (dB)	-3,7	-3,42	-1,9	-3	-3,61		44,1
Alıcı 21	G (dB)	-4	-4,14	-2,6	-1,58	-0,46		41,14
Alıcı 22	G (dB)	-3,83	0,37	-0,31	0,54	0,44	-4,38	35,8
Alıcı 23	G (dB)	-3,6	-1,3	-1,4	-1,3	-1,07	-4,13	30,8
Ortalama	G (dB)	-1,44	0,16	-0,29	-0,53	-0,62	-2,87	
Standart sapma	G (dB)	3,67	3,97	3,48	3,26	3,79	4,13	

Tablo D.1. 1. Kaynak poziyonu için simülasyon EDT değerleri

		Frekans (Hz)								K1
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	EDT (dB)	1,67	1,94	1,92	2,05	2,28	2,17	1,69	0,40	17,3
Alıcı 2	EDT (dB)	2,03	2,17	2,17	2,27	2,42	2,37	1,97	0,45	22,0
Alıcı 3	EDT (dB)	2,28	2,15	2,17	2,14	2,17	2,18	2,20	1,83	28,4
Alıcı 4	EDT (dB)	2,28	2,15	2,17	2,14	2,17	2,18	2,20	1,83	33,1
Alıcı 5	EDT (dB)	2,96	3,17	3,01	3,05	2,66	2,67	2,85	0,65	38,7
Alıcı 6	EDT (dB)	1,95	2,10	2,15	2,41	2,50	2,34	1,97	0,12	42,7
Alıcı 7	EDT (dB)	2,14	2,39	2,39	2,53	2,67	2,63	2,03	1,04	48,0
Alıcı 8	EDT (dB)	1,15	1,39	1,39	1,48	1,77	1,65	1,19	0,71	23,7
Alıcı 9	EDT (dB)	1,02	1,21	1,24	1,32	1,60	1,45	1,05	0,57	28,1
Alıcı 10	EDT (dB)	1,10	1,24	1,24	1,31	1,57	1,42	1,08	0,66	32,3
Alıcı 11	EDT (dB)	1,12	1,29	1,25	1,31	1,52	1,43	1,16	0,40	37,4
Alıcı 12	EDT (dB)	1,18	1,32	1,40	1,43	1,47	1,42	1,16	0,54	42,0
Alıcı 13	EDT (dB)	0,65	0,73	0,63	0,90	1,24	1,12	0,58	0,59	46,9
Alıcı 14	EDT (dB)	0,70	0,76	0,84	1,03	1,30	1,21	0,64	0,44	51,7
Alıcı 15	EDT (dB)	0,63	0,90	1,00	1,22	1,47	1,30	0,64	0,36	55,5
Alıcı 16	EDT (dB)	1,14	1,42	1,46	1,57	1,91	1,77	1,24	0,68	17,2
Alıcı 17	EDT (dB)	1,22	1,47	1,49	1,63	1,90	1,78	1,29	0,57	23,0
Alıcı 18	EDT (dB)	1,43	1,61	1,62	1,71	1,93	1,82	1,36	0,48	37,8
Alıcı 19	EDT (dB)	1,17	1,47	1,38	1,59	1,79	1,70	1,23	0,80	42,0
Alıcı 20	EDT (dB)	0,59	0,75	0,75	0,91	1,11	1,01	0,69	0,43	49,0
Alıcı 21	EDT (dB)	0,66	0,75	0,86	0,97	1,32	1,22	0,64	0,16	47,0
Alıcı 22	EDT (dB)	1,05	1,27	1,27	1,44	1,58	1,45	0,99	0,39	41,2
Alıcı 23	EDT (dB)	1,35	1,55	1,53	1,66	1,77	1,70	1,31	0,66	36,8
Ortalama	EDT (dB)	1,37	1,53	1,54	1,66	1,83	1,74	1,36	0,65	
Standart sapma	EDT (dB)	0,63	0,62	0,59	0,56	0,46	0,48	0,60	0,42	

Tablo D.2. 2. Kaynak poziyonu için simülasyon EDT değerleri

		Frekans (Hz)								K2
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	EDT (dB)	0,83	0,99	0,99	1,13	1,43	1,28	0,88	0,62	24,7
Alıcı 2	EDT (dB)	0,83	1,03	1,05	1,15	1,43	1,33	0,92	0,51	29,2
Alıcı 3	EDT (dB)	0,92	1,15	1,25	1,34	1,56	1,43	0,98	0,60	35,4
Alıcı 4	EDT (dB)	0,93	1,18	1,27	1,41	1,65	1,51	1,00	0,57	39,8
Alıcı 5	EDT (dB)	0,70	0,94	1,06	1,14	1,47	1,27	0,71	0,66	45,3
Alıcı 6	EDT (dB)	0,47	0,52	0,72	0,78	1,07	0,93	0,41	0,38	49,3
Alıcı 7	EDT (dB)	0,46	0,76	0,58	0,79	1,06	1,03	0,65	0,19	54,6
Alıcı 8	EDT (dB)	1,69	1,89	1,93	2,01	2,27	2,15	1,75	0,63	17,6
Alıcı 9	EDT (dB)	1,77	1,97	1,96	2,02	2,23	2,18	1,83	0,65	22,5
Alıcı 10	EDT (dB)	1,90	2,02	2,01	2,06	2,22	2,13	1,83	0,59	26,5
Alıcı 11	EDT (dB)	2,07	2,04	2,08	2,12	2,15	2,15	1,97	0,91	31,6
Alıcı 12	EDT (dB)	2,09	2,20	2,25	2,17	2,19	2,15	2,13	0,76	36,2
Alıcı 13	EDT (dB)	1,61	1,90	1,95	1,96	2,15	2,14	1,72	0,21	41,2
Alıcı 14	EDT (dB)	1,86	2,04	2,03	2,08	2,25	2,20	1,87	0,68	45,9
Alıcı 15	EDT (dB)	1,82	1,94	2,04	2,10	2,24	2,16	1,78	0,43	49,8
Alıcı 16	EDT (dB)	1,08	1,35	1,37	1,52	1,83	1,69	1,21	0,73	16,5
Alıcı 17	EDT (dB)	1,24	1,44	1,44	1,59	1,89	1,78	1,29	0,69	22,1
Alıcı 18	EDT (dB)	1,28	1,40	1,44	1,53	1,66	1,60	1,24	0,60	37,6
Alıcı 19	EDT (dB)	0,68	0,91	0,95	1,14	1,37	1,34	0,81	0,46	43,3
Alıcı 20	EDT (dB)	0,67	0,69	0,75	0,73	1,05	0,95	0,60	0,58	48,7
Alıcı 21	EDT (dB)	0,93	1,25	1,28	1,53	1,73	1,60	1,12	0,75	44,4
Alıcı 22	EDT (dB)	1,08	1,43	1,46	1,61	1,81	1,78	1,29	0,58	39,6
Alıcı 23	EDT (dB)	1,83	1,94	1,95	2,02	2,04	1,98	1,86	0,90	33,3
Ortalama	EDT (dB)	1,25	1,44	1,47	1,56	1,77	1,69	1,30	0,59	
Standart sapma	EDT (dB)	0,54	0,51	0,51	0,47	0,41	0,43	0,51	0,18	

Tablo D.3. 3. Kaynak poziyonu için simülasyon EDT değerleri

		Frekans (Hz)								K3
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	EDT (dB)	1,17	1,50	1,52	1,65	1,96	1,84	1,32	0,68	16,2
Alıcı 2	EDT (dB)	1,35	1,59	1,66	1,81	2,05	2,01	1,58	0,77	20,8
Alıcı 3	EDT (dB)	1,59	1,81	1,82	1,90	2,12	2,05	1,67	0,99	27,1
Alıcı 4	EDT (dB)	1,52	1,69	1,68	1,80	1,92	1,89	1,58	1,09	31,6
Alıcı 5	EDT (dB)	1,51	1,68	1,76	1,82	2,04	1,90	1,63	0,89	37,0
Alıcı 6	EDT (dB)	1,25	1,57	1,61	1,71	1,94	1,86	1,40	1,05	41,3
Alıcı 7	EDT (dB)	1,10	1,33	1,36	1,40	1,75	1,59	1,10	0,94	46,5
Alıcı 8	EDT (dB)	1,33	1,44	1,44	1,53	1,78	1,69	1,37	1,01	17,3
Alıcı 9	EDT (dB)	1,21	1,33	1,38	1,49	1,72	1,64	1,28	0,84	22,1
Alıcı 10	EDT (dB)	1,24	1,37	1,38	1,49	1,71	1,65	1,33	0,76	26,0
Alıcı 11	EDT (dB)	1,25	1,36	1,36	1,42	1,62	1,55	1,30	0,69	31,1
Alıcı 12	EDT (dB)	1,26	1,33	1,35	1,43	1,62	1,51	1,23	0,71	35,7
Alıcı 13	EDT (dB)	0,79	0,94	0,96	1,13	1,28	1,24	0,94	1,03	40,7
Alıcı 14	EDT (dB)	0,75	0,84	0,91	1,01	1,24	1,13	0,78	0,48	45,4
Alıcı 15	EDT (dB)	0,81	0,98	1,05	1,26	1,40	1,28	0,93	0,73	49,3
Alıcı 16	EDT (dB)	1,39	1,49	1,51	1,62	1,91	1,83	1,40	1,16	11,5
Alıcı 17	EDT (dB)	1,29	1,46	1,49	1,60	1,85	1,74	1,37	1,04	17,5
Alıcı 18	EDT (dB)	1,29	1,45	1,44	1,56	1,77	1,67	1,27	0,72	32,8
Alıcı 19	EDT (dB)	0,96	1,09	1,15	1,21	1,48	1,35	0,98	0,75	37,6
Alıcı 20	EDT (dB)	0,79	0,99	0,96	1,07	1,34	1,16	0,77	0,67	44,1
Alıcı 21	EDT (dB)	0,99	0,98	1,03	1,01	1,10	1,06	1,03	0,76	41,4
Alıcı 22	EDT (dB)	1,18	1,26	1,37	1,34	1,45	1,41	1,26	0,75	35,8
Alıcı 23	EDT (dB)	1,32	1,37	1,41	1,46	1,59	1,49	1,32	1,01	30,8
Ortalama	EDT (dB)	1,19	1,34	1,37	1,47	1,68	1,59	1,25	0,85	
Standart sapma	EDT (dB)	0,24	0,26	0,26	0,26	0,28	0,29	0,25	0,17	

Tablo D.4. 1. Kaynak poziyonu için simülasyon T30 değerleri

		Frekans (Hz)								K1
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	T30 (sn)	1,37	1,57	1,59	1,70	1,98	1,88	1,44	0,92	17,3
Alıcı 2	T30 (sn)	1,36	1,59	1,59	1,71	1,98	1,85	1,44	0,91	22,0
Alıcı 3	T30 (sn)	1,35	1,62	1,62	1,72	1,97	1,87	1,43	0,87	28,4
Alıcı 4	T30 (sn)	1,24	1,51	1,52	1,67	2,05	1,87	1,34	0,87	33,1
Alıcı 5	T30 (sn)	1,23	1,42	1,44	1,55	1,85	1,73	1,35	0,86	38,7
Alıcı 6	T30 (sn)	1,33	1,54	1,55	1,66	1,93	1,81	1,40	0,90	42,7
Alıcı 7	T30 (sn)	1,40	1,62	1,62	1,71	1,97	1,86	1,47	0,91	48,0
Alıcı 8	T30 (sn)	1,37	1,59	1,60	1,71	2,02	1,89	1,44	0,88	23,7
Alıcı 9	T30 (sn)	1,34	1,58	1,60	1,70	2,01	1,88	1,43	0,84	28,1
Alıcı 10	T30 (sn)	1,31	1,59	1,62	1,72	2,01	1,90	1,41	0,84	32,3
Alıcı 11	T30 (sn)	1,28	1,53	1,54	1,66	1,96	1,85	1,37	0,82	37,4
Alıcı 12	T30 (sn)	1,32	1,60	1,58	1,71	2,03	1,89	1,37	0,84	42,0
Alıcı 13	T30 (sn)	1,34	1,57	1,59	1,70	2,04	1,89	1,41	0,87	46,9
Alıcı 14	T30 (sn)	1,35	1,61	1,62	1,74	2,00	1,90	1,42	0,89	51,7
Alıcı 15	T30 (sn)	1,40	1,62	1,63	1,74	2,02	1,91	1,44	0,86	55,5
Alıcı 16	T30 (sn)	1,35	1,60	1,63	1,75	2,04	1,90	1,44	0,88	17,2
Alıcı 17	T30 (sn)	1,34	1,58	1,59	1,72	2,03	1,90	1,43	0,89	23,0
Alıcı 18	T30 (sn)	1,30	1,54	1,55	1,62	1,88	1,75	1,40	0,87	37,8
Alıcı 19	T30 (sn)	1,30	1,50	1,53	1,62	1,90	1,78	1,36	0,84	42,0
Alıcı 20	T30 (sn)	1,33	1,57	1,58	1,72	1,97	1,86	1,39	0,80	49,0
Alıcı 21	T30 (sn)	1,36	1,53	1,54	1,64	1,90	1,78	1,42	0,90	47,0
Alıcı 22	T30 (sn)	1,29	1,48	1,51	1,64	1,99	1,85	1,35	0,83	41,2
Alıcı 23	T30 (sn)	1,25	1,49	1,50	1,61	1,91	1,79	1,36	0,84	36,8
Ortalama	T30 (sn)	1,33	1,56	1,57	1,68	1,98	1,85	1,40	0,87	
Standart sapma	T30 (sn)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04	0,03	

Tablo D.5. 2. Kaynak poziyonu için simülasyon T30 değerleri

		Frekans (Hz)								K2
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	T30 (sn)	1,33	1,56	1,60	1,72	1,99	1,87	1,43	0,88	24,7
Alıcı 2	T30 (sn)	1,33	1,58	1,60	1,71	2,01	1,89	1,43	0,88	29,2
Alıcı 3	T30 (sn)	1,31	1,57	1,59	1,73	2,00	1,89	1,43	0,88	35,4
Alıcı 4	T30 (sn)	1,30	1,56	1,59	1,76	2,09	1,93	1,40	0,87	39,8
Alıcı 5	T30 (sn)	1,51	1,70	1,71	1,81	2,00	1,90	1,56	0,89	45,3
Alıcı 6	T30 (sn)	1,33	1,50	1,53	1,63	1,89	1,77	1,37	0,92	49,3
Alıcı 7	T30 (sn)	1,40	1,63	1,64	1,80	2,18	2,01	1,46	0,88	54,6
Alıcı 8	T30 (sn)	1,35	1,57	1,57	1,68	2,00	1,86	1,44	0,91	17,6
Alıcı 9	T30 (sn)	1,32	1,54	1,57	1,69	2,01	1,88	1,41	0,88	22,5
Alıcı 10	T30 (sn)	1,26	1,50	1,52	1,65	1,95	1,83	1,39	0,87	26,5
Alıcı 11	T30 (sn)	1,21	1,46	1,48	1,62	1,94	1,81	1,35	0,84	31,6
Alıcı 12	T30 (sn)	1,24	1,47	1,48	1,62	2,07	1,89	1,37	0,83	36,2
Alıcı 13	T30 (sn)	1,34	1,55	1,57	1,68	1,94	1,83	1,41	0,86	41,2
Alıcı 14	T30 (sn)	1,34	1,56	1,58	1,66	1,92	1,82	1,41	0,88	45,9
Alıcı 15	T30 (sn)	1,38	1,60	1,61	1,71	1,97	1,86	1,43	0,90	49,8
Alıcı 16	T30 (sn)	1,37	1,61	1,62	1,71	2,01	1,89	1,44	0,88	16,5
Alıcı 17	T30 (sn)	1,35	1,58	1,59	1,72	2,03	1,90	1,44	0,88	22,1
Alıcı 18	T30 (sn)	1,25	1,48	1,48	1,62	1,98	1,83	1,35	0,83	37,6
Alıcı 19	T30 (sn)	1,33	1,56	1,57	1,71	2,01	1,90	1,38	0,87	43,3
Alıcı 20	T30 (sn)	1,32	1,56	1,55	1,68	1,96	1,84	1,42	0,82	48,7
Alıcı 21	T30 (sn)	1,30	1,68	1,70	1,87	2,25	2,11	1,47	0,82	44,4
Alıcı 22	T30 (sn)	1,30	1,53	1,53	1,67	2,03	1,90	1,38	0,85	39,6
Alıcı 23	T30 (sn)	1,20	1,45	1,47	1,64	2,10	1,90	1,33	0,81	33,3
Ortalama	T30 (sn)	1,32	1,56	1,57	1,70	2,01	1,88	1,41	0,87	
Standart sapma	T30 (sn)	0,07	0,06	0,06	0,06	0,08	0,07	0,05	0,03	

Tablo D.6. 3. Kaynak poziyonu için simülasyon T30 değerleri

		Frekans (Hz)								K3
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	T30 (sn)	1,32	1,57	1,59	1,72	2,02	1,88	1,44	0,87	16,2
Alıcı 2	T30 (sn)	1,31	1,58	1,58	1,69	1,99	1,86	1,42	0,88	20,8
Alıcı 3	T30 (sn)	1,29	1,52	1,53	1,65	1,96	1,84	1,38	0,84	27,1
Alıcı 4	T30 (sn)	1,27	1,56	1,57	1,71	2,04	1,91	1,37	0,82	31,6
Alıcı 5	T30 (sn)	1,19	1,41	1,43	1,57	1,89	1,77	1,29	0,84	37,0
Alıcı 6	T30 (sn)	1,29	1,52	1,54	1,65	1,94	1,80	1,38	0,83	41,3
Alıcı 7	T30 (sn)	1,30	1,55	1,57	1,69	1,99	1,87	1,40	0,82	46,5
Alıcı 8	T30 (sn)	1,32	1,56	1,57	1,69	1,97	1,85	1,42	0,82	17,3
Alıcı 9	T30 (sn)	1,34	1,57	1,58	1,69	1,99	1,86	1,40	0,83	22,1
Alıcı 10	T30 (sn)	1,31	1,55	1,56	1,69	2,01	1,88	1,39	0,83	26,0
Alıcı 11	T30 (sn)	1,29	1,53	1,55	1,65	1,95	1,82	1,37	0,83	31,1
Alıcı 12	T30 (sn)	1,27	1,54	1,55	1,66	1,92	1,82	1,36	0,80	35,7
Alıcı 13	T30 (sn)	1,43	1,63	1,62	1,73	1,97	1,87	1,44	0,83	40,7
Alıcı 14	T30 (sn)	1,38	1,56	1,58	1,68	1,94	1,82	1,41	0,85	45,4
Alıcı 15	T30 (sn)	1,36	1,58	1,58	1,72	1,99	1,86	1,42	0,85	49,3
Alıcı 16	T30 (sn)	1,36	1,61	1,61	1,72	2,01	1,90	1,43	0,87	11,5
Alıcı 17	T30 (sn)	1,31	1,56	1,56	1,71	1,98	1,89	1,42	0,84	17,5
Alıcı 18	T30 (sn)	1,25	1,52	1,49	1,59	1,88	1,76	1,31	0,85	32,8
Alıcı 19	T30 (sn)	1,35	1,65	1,68	1,77	2,00	1,89	1,49	0,82	37,6
Alıcı 20	T30 (sn)	1,29	1,55	1,59	1,76	2,13	2,00	1,37	0,87	44,1
Alıcı 21	T30 (sn)	1,27	1,59	1,59	1,73	2,02	1,88	1,41	0,78	41,4
Alıcı 22	T30 (sn)	1,19	1,43	1,46	1,56	1,85	1,73	1,31	0,78	35,8
Alıcı 23	T30 (sn)	1,22	1,46	1,50	1,60	1,95	1,79	1,34	0,75	30,8
Ortalama	T30 (sn)	1,30	1,55	1,56	1,68	1,97	1,85	1,39	0,83	
Standart sapma	T30 (sn)	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,03	

Tablo D.7. 1. Kaynak poziyonu için simülasyon C80 değerleri

		Frekans (Hz)								K1
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	C80 (dB)	4,7	3,7	3,7	3,4	2,6	3,0	4,9	9,7	17,3
Alıcı 2	C80 (dB)	4,5	3,5	3,5	3,3	2,4	2,8	4,8	9,8	22,0
Alıcı 3	C80 (dB)	1,0	-0,2	-0,2	-0,4	-1,2	-0,9	1,1	6,3	28,4
Alıcı 4	C80 (dB)	0,8	-0,2	-0,3	-0,4	-1,1	-0,7	1,1	6,3	33,1
Alıcı 5	C80 (dB)	3,9	3,2	3,2	3,2	2,7	2,9	4,7	9,8	38,7
Alıcı 6	C80 (dB)	7,3	6,5	6,8	6,4	5,5	5,6	7,4	12,3	42,7
Alıcı 7	C80 (dB)	7,0	6,0	6,0	5,7	4,8	5,0	6,9	11,9	48,0
Alıcı 8	C80 (dB)	3,1	2,1	2,0	1,7	0,9	1,2	2,8	6,2	23,7
Alıcı 9	C80 (dB)	4,3	3,5	3,5	3,1	2,3	2,6	4,0	7,3	28,1
Alıcı 10	C80 (dB)	4,4	3,6	3,5	3,2	2,5	2,7	4,1	7,6	32,3
Alıcı 11	C80 (dB)	5,4	4,6	4,5	4,2	3,5	3,7	5,2	9,0	37,4
Alıcı 12	C80 (dB)	5,3	4,5	4,4	4,2	3,6	3,9	5,5	9,3	42,0
Alıcı 13	C80 (dB)	8,0	7,4	7,4	6,9	6,1	6,2	7,7	11,3	46,9
Alıcı 14	C80 (dB)	7,1	6,4	6,4	6,0	5,2	5,4	6,8	10,1	51,7
Alıcı 15	C80 (dB)	6,8	6,0	6,0	5,6	4,9	5,2	6,8	10,3	55,5
Alıcı 16	C80 (dB)	3,7	2,8	2,7	2,3	1,4	1,7	3,2	6,6	17,2
Alıcı 17	C80 (dB)	4,5	3,6	3,7	3,3	2,3	2,5	4,1	7,8	23,0
Alıcı 18	C80 (dB)	4,3	3,5	3,5	3,1	2,4	2,8	4,5	8,6	37,8
Alıcı 19	C80 (dB)	6,8	6,0	6,2	5,7	4,8	4,9	6,5	10,8	42,0
Alıcı 20	C80 (dB)	8,6	8,0	8,1	7,6	6,7	6,9	8,4	12,2	49,0
Alıcı 21	C80 (dB)	7,9	7,2	7,2	6,7	5,8	6,0	7,6	11,3	47,0
Alıcı 22	C80 (dB)	6,6	5,9	5,9	5,6	4,9	5,1	6,5	10,4	41,2
Alıcı 23	C80 (dB)	3,9	3,1	3,0	2,6	2,0	2,4	4,1	8,0	36,8
Ortalama	C80 (dB)	5,2	4,4	4,4	4,1	3,3	3,5	5,2	9,2	
Standart sapma	C80 (dB)	2,08	2,19	2,24	2,16	2,13	2,06	2,00	1,96	

Tablo D.8. 2. Kaynak poziyonu için simülasyon C80 değerleri

		Frekans (Hz)								K2
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	C80 (dB)	4,5	3,6	3,4	3,1	2,3	2,5	3,8	6,6	24,7
Alıcı 2	C80 (dB)	5,1	4,1	4,0	3,7	2,8	3,0	4,4	7,5	29,2
Alıcı 3	C80 (dB)	4,8	4,0	3,8	3,5	2,8	3,1	4,6	7,9	35,4
Alıcı 4	C80 (dB)	4,8	4,0	3,9	3,6	2,9	3,2	4,8	8,2	39,8
Alıcı 5	C80 (dB)	7,2	6,4	6,4	6,0	5,2	5,5	7,1	10,9	45,3
Alıcı 6	C80 (dB)	9,1	8,2	8,2	7,7	6,8	6,9	8,5	12,3	49,3
Alıcı 7	C80 (dB)	8,5	7,6	7,6	7,2	6,2	6,5	8,0	11,6	54,6
Alıcı 8	C80 (dB)	3,9	3,0	3,0	2,6	1,7	2,0	3,9	8,5	17,6
Alıcı 9	C80 (dB)	3,4	2,6	2,6	2,3	1,6	2,0	3,8	8,6	22,5
Alıcı 10	C80 (dB)	3,7	3,0	3,1	2,8	2,1	2,5	4,3	9,0	26,5
Alıcı 11	C80 (dB)	3,3	2,6	2,6	2,3	1,6	2,0	3,8	8,7	31,6
Alıcı 12	C80 (dB)	4,1	3,3	3,2	2,9	2,2	2,6	4,4	9,1	36,2
Alıcı 13	C80 (dB)	5,5	4,7	4,8	4,4	3,6	3,9	5,5	10,2	41,2
Alıcı 14	C80 (dB)	4,2	3,2	3,2	2,9	2,1	2,3	4,2	8,8	45,9
Alıcı 15	C80 (dB)	5,1	4,0	4,0	3,7	2,8	3,1	4,9	9,5	49,8
Alıcı 16	C80 (dB)	3,8	2,8	2,7	2,3	1,4	1,7	3,2	6,6	16,5
Alıcı 17	C80 (dB)	3,8	2,9	3,0	2,6	1,7	1,9	3,5	7,1	22,1
Alıcı 18	C80 (dB)	3,8	3,0	3,0	2,6	2,0	2,3	3,8	7,5	37,6
Alıcı 19	C80 (dB)	7,6	6,8	6,9	6,4	5,6	5,7	7,2	11,0	43,3
Alıcı 20	C80 (dB)	8,7	8,0	8,1	7,6	6,7	6,9	8,3	12,0	48,7
Alıcı 21	C80 (dB)	6,5	5,7	5,8	5,5	4,5	4,6	6,1	10,0	44,4
Alıcı 22	C80 (dB)	6,5	5,7	5,8	5,5	4,5	4,6	6,2	10,3	39,6
Alıcı 23	C80 (dB)	2,3	1,7	1,7	1,5	0,7	1,0	2,7	7,0	33,3
Ortalama	C80 (dB)	5,2	4,4	4,4	4,0	3,2	3,5	5,1	9,1	
Standart sapma	C80 (dB)	1,90	1,90	1,93	1,88	1,82	1,77	1,70	1,71	

Tablo D.9. 3. Kaynak poziyonu için simülasyon C80 değerleri

		Frekans (Hz)								K3
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	C80 (dB)	4,4	3,2	3,0	2,5	1,5	1,8	3,4	7,0	16,2
Alıcı 2	C80 (dB)	3,7	2,7	2,6	2,0	0,9	1,2	2,8	6,8	20,8
Alıcı 3	C80 (dB)	1,1	0,2	0,2	-0,1	-0,9	-0,5	1,1	5,0	27,1
Alıcı 4	C80 (dB)	-0,5	-0,3	0,1	-0,1	-0,7	-0,5	1,0	4,7	31,6
Alıcı 5	C80 (dB)	2,1	1,5	1,6	1,3	0,6	0,8	2,4	6,3	37,0
Alıcı 6	C80 (dB)	2,3	2,0	2,2	1,9	1,2	1,4	2,8	6,4	41,3
Alıcı 7	C80 (dB)	3,7	3,2	3,3	3,0	2,3	2,5	3,9	7,3	46,5
Alıcı 8	C80 (dB)	2,8	1,6	1,6	1,3	0,5	0,8	2,3	6,0	17,3
Alıcı 9	C80 (dB)	2,9	1,9	1,9	1,4	0,5	0,7	2,1	5,7	22,1
Alıcı 10	C80 (dB)	4,2	3,3	3,4	2,9	2,1	2,4	3,8	7,7	26,0
Alıcı 11	C80 (dB)	3,6	2,7	2,6	2,3	1,6	1,8	3,2	6,7	31,1
Alıcı 12	C80 (dB)	5,0	4,1	4,0	3,6	2,9	3,2	4,8	8,5	35,7
Alıcı 13	C80 (dB)	6,4	5,8	5,9	5,5	4,8	4,9	6,2	9,8	40,7
Alıcı 14	C80 (dB)	4,7	4,1	4,1	3,8	3,1	3,2	4,3	6,8	45,4
Alıcı 15	C80 (dB)	4,4	3,7	3,6	3,2	2,5	2,7	4,0	6,8	49,3
Alıcı 16	C80 (dB)	3,6	2,4	2,3	1,8	0,8	1,1	2,7	6,5	11,5
Alıcı 17	C80 (dB)	2,7	1,5	1,4	1,1	0,2	0,5	2,1	5,8	17,5
Alıcı 18	C80 (dB)	2,8	2,1	2,0	1,7	1,0	1,2	2,7	6,0	32,8
Alıcı 19	C80 (dB)	4,6	4,2	4,3	4,0	3,3	3,4	4,6	7,7	37,6
Alıcı 20	C80 (dB)	6,0	5,4	5,5	5,1	4,3	4,4	5,7	8,8	44,1
Alıcı 21	C80 (dB)	4,6	3,9	3,8	3,4	2,8	2,9	4,0	7,1	41,4
Alıcı 22	C80 (dB)	4,0	3,2	3,2	2,9	2,2	2,4	3,7	7,3	35,8
Alıcı 23	C80 (dB)	1,0	0,1	-0,1	-0,4	-0,1	-0,7	0,7	4,1	30,8
Ortalama	C80 (dB)	3,5	2,7	2,7	2,4	1,6	1,8	3,2	6,7	
Standart sapma	C80 (dB)	1,60	1,57	1,57	1,54	1,49	1,50	1,41	1,30	

Tablo D.10. 1. Kaynak poziyonu için simülasyon D50 değerleri

		Frekans (Hz)								K1
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	D50 (%)	0,68	0,64	0,63	0,62	0,58	0,60	0,69	0,83	17,3
Alıcı 2	D50 (%)	0,71	0,66	0,65	0,64	0,60	0,62	0,71	0,87	22,0
Alıcı 3	D50 (%)	0,53	0,46	0,45	0,44	0,40	0,41	0,52	0,77	28,4
Alıcı 4	D50 (%)	0,52	0,46	0,46	0,46	0,42	0,43	0,54	0,78	33,1
Alıcı 5	D50 (%)	0,70	0,66	0,66	0,66	0,63	0,64	0,73	0,89	38,7
Alıcı 6	D50 (%)	0,83	0,80	0,81	0,80	0,76	0,77	0,83	0,93	42,7
Alıcı 7	D50 (%)	0,81	0,78	0,78	0,77	0,73	0,74	0,81	0,92	48,0
Alıcı 8	D50 (%)	0,50	0,45	0,46	0,44	0,40	0,41	0,48	0,63	23,7
Alıcı 9	D50 (%)	0,57	0,53	0,55	0,53	0,48	0,49	0,55	0,68	28,1
Alıcı 10	D50 (%)	0,60	0,57	0,58	0,57	0,52	0,53	0,59	0,72	32,3
Alıcı 11	D50 (%)	0,68	0,65	0,65	0,64	0,60	0,61	0,67	0,79	37,4
Alıcı 12	D50 (%)	0,71	0,67	0,67	0,66	0,63	0,64	0,71	0,82	42,0
Alıcı 13	D50 (%)	0,81	0,78	0,79	0,78	0,74	0,74	0,79	0,87	46,9
Alıcı 14	D50 (%)	0,76	0,73	0,74	0,72	0,69	0,69	0,74	0,83	51,7
Alıcı 15	D50 (%)	0,72	0,69	0,70	0,68	0,65	0,66	0,71	0,81	55,5
Alıcı 16	D50 (%)	0,45	0,41	0,41	0,39	0,35	0,36	0,41	0,55	17,2
Alıcı 17	D50 (%)	0,47	0,43	0,45	0,43	0,39	0,40	0,46	0,59	23,0
Alıcı 18	D50 (%)	0,51	0,48	0,49	0,48	0,45	0,47	0,54	0,68	37,8
Alıcı 19	D50 (%)	0,64	0,63	0,64	0,63	0,60	0,60	0,66	0,79	42,0
Alıcı 20	D50 (%)	0,65	0,64	0,65	0,65	0,63	0,64	0,68	0,78	49,0
Alıcı 21	D50 (%)	0,70	0,68	0,69	0,69	0,66	0,66	0,71	0,80	47,0
Alıcı 22	D50 (%)	0,64	0,63	0,64	0,64	0,61	0,61	0,66	0,78	41,2
Alıcı 23	D50 (%)	0,56	0,54	0,54	0,54	0,50	0,51	0,58	0,73	36,8
Ortalama	D50 (%)	0,64	0,61	0,61	0,60	0,57	0,57	0,64	0,78	
Standart sapma	D50 (%)	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	

Tablo D.11. 2. Kaynak poziyonu için simülasyon D50 değerleri

		Frekans (Hz)								K2
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	D50 (%)	0,50	0,46	0,46	0,45	0,40	0,41	0,46	0,57	24,7
Alıcı 2	D50 (%)	0,57	0,53	0,54	0,52	0,47	0,48	0,54	0,66	29,2
Alıcı 3	D50 (%)	0,55	0,52	0,52	0,51	0,48	0,48	0,55	0,67	35,4
Alıcı 4	D50 (%)	0,55	0,53	0,53	0,52	0,49	0,51	0,57	0,69	39,8
Alıcı 5	D50 (%)	0,68	0,66	0,66	0,65	0,62	0,63	0,69	0,79	45,3
Alıcı 6	D50 (%)	0,77	0,75	0,76	0,75	0,71	0,72	0,76	0,84	49,3
Alıcı 7	D50 (%)	0,74	0,73	0,73	0,72	0,69	0,69	0,74	0,83	54,6
Alıcı 8	D50 (%)	0,60	0,55	0,55	0,53	0,48	0,49	0,58	0,74	17,6
Alıcı 9	D50 (%)	0,63	0,59	0,59	0,57	0,54	0,55	0,64	0,81	22,5
Alıcı 10	D50 (%)	0,66	0,63	0,64	0,62	0,59	0,60	0,69	0,85	26,5
Alıcı 11	D50 (%)	0,66	0,62	0,62	0,61	0,57	0,58	0,68	0,85	31,6
Alıcı 12	D50 (%)	0,70	0,66	0,65	0,64	0,60	0,62	0,71	0,87	36,2
Alıcı 13	D50 (%)	0,75	0,72	0,73	0,71	0,67	0,68	0,75	0,89	41,2
Alıcı 14	D50 (%)	0,68	0,63	0,64	0,62	0,58	0,59	0,68	0,84	45,9
Alıcı 15	D50 (%)	0,72	0,67	0,68	0,66	0,62	0,63	0,72	0,86	49,8
Alıcı 16	D50 (%)	0,45	0,40	0,40	0,38	0,34	0,36	0,42	0,56	16,5
Alıcı 17	D50 (%)	0,43	0,39	0,41	0,39	0,36	0,36	0,42	0,56	22,1
Alıcı 18	D50 (%)	0,42	0,39	0,40	0,40	0,37	0,38	0,44	0,57	37,6
Alıcı 19	D50 (%)	0,63	0,61	0,62	0,62	0,59	0,59	0,63	0,74	43,3
Alıcı 20	D50 (%)	0,67	0,66	0,67	0,67	0,64	0,64	0,68	0,78	48,7
Alıcı 21	D50 (%)	0,63	0,61	0,62	0,62	0,58	0,59	0,64	0,78	44,4
Alıcı 22	D50 (%)	0,63	0,61	0,62	0,62	0,58	0,59	0,64	0,78	39,6
Alıcı 23	D50 (%)	0,49	0,46	0,47	0,46	0,42	0,43	0,52	0,72	33,3
Ortalama	D50 (%)	0,61	0,58	0,59	0,58	0,54	0,55	0,61	0,75	
Standart sapma	D50 (%)	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	

Tablo D.12. 3. Kaynak poziyonu için simülasyon D50 değerleri

		Frekans (Hz)								K3
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	D50 (%)	0,64	0,57	0,56	0,53	0,48	0,50	0,57	0,73	16,2
Alıcı 2	D50 (%)	0,63	0,58	0,57	0,54	0,48	0,49	0,58	0,76	20,8
Alıcı 3	D50 (%)	0,45	0,40	0,40	0,38	0,35	0,37	0,46	0,66	27,1
Alıcı 4	D50 (%)	0,35	0,37	0,40	0,39	0,36	0,38	0,46	0,65	31,6
Alıcı 5	D50 (%)	0,52	0,49	0,49	0,47	0,44	0,46	0,54	0,73	37,0
Alıcı 6	D50 (%)	0,46	0,45	0,46	0,45	0,43	0,45	0,52	0,70	41,3
Alıcı 7	D50 (%)	0,56	0,53	0,53	0,53	0,50	0,51	0,58	0,74	46,5
Alıcı 8	D50 (%)	0,48	0,43	0,43	0,41	0,38	0,40	0,47	0,65	17,3
Alıcı 9	D50 (%)	0,33	0,29	0,30	0,29	0,26	0,28	0,34	0,50	22,1
Alıcı 10	D50 (%)	0,45	0,42	0,43	0,42	0,39	0,41	0,47	0,63	26,0
Alıcı 11	D50 (%)	0,38	0,34	0,34	0,33	0,30	0,32	0,37	0,52	31,1
Alıcı 12	D50 (%)	0,52	0,47	0,47	0,46	0,43	0,44	0,50	0,64	35,7
Alıcı 13	D50 (%)	0,48	0,45	0,46	0,46	0,44	0,45	0,50	0,64	40,7
Alıcı 14	D50 (%)	0,23	0,21	0,22	0,22	0,21	0,21	0,24	0,34	45,4
Alıcı 15	D50 (%)	0,33	0,30	0,32	0,32	0,29	0,29	0,33	0,44	49,3
Alıcı 16	D50 (%)	0,59	0,53	0,53	0,51	0,46	0,48	0,56	0,74	11,5
Alıcı 17	D50 (%)	0,41	0,36	0,35	0,35	0,32	0,34	0,41	0,60	17,5
Alıcı 18	D50 (%)	0,20	0,17	0,17	0,17	0,16	0,17	0,21	0,34	32,8
Alıcı 19	D50 (%)	0,34	0,32	0,33	0,33	0,32	0,33	0,37	0,51	37,6
Alıcı 20	D50 (%)	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,28	0,32	0,45	44,1
Alıcı 21	D50 (%)	0,26	0,24	0,24	0,24	0,23	0,24	0,28	0,42	41,4
Alıcı 22	D50 (%)	0,25	0,23	0,24	0,24	0,23	0,25	0,29	0,44	35,8
Alıcı 23	D50 (%)	0,19	0,16	0,16	0,15	0,14	0,15	0,19	0,33	30,8
Ortalama	D50 (%)	0,41	0,37	0,38	0,37	0,34	0,36	0,42	0,57	
Standart sapma	D50 (%)	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	0,14	

Tablo D.13. 1. Kaynak poziyonu için simülasyon TS değerleri

		Frekans (Hz)								K1
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	TS (ms)	74	89	89	95	112	104	73	37	17,3
Alıcı 2	TS (ms)	72	87	87	93	110	102	71	34	22,0
Alıcı 3	TS (ms)	102	122	123	128	147	139	102	44	28,4
Alıcı 4	TS (ms)	102	119	120	124	141	134	100	44	33,1
Alıcı 5	TS (ms)	66	77	77	79	89	84	60	24	38,7
Alıcı 6	TS (ms)	41	49	47	51	62	59	41	18	42,7
Alıcı 7	TS (ms)	43	54	53	57	70	66	44	18	48,0
Alıcı 8	TS (ms)	79	94	94	100	116	109	83	50	23,7
Alıcı 9	TS (ms)	74	83	83	88	102	96	75	47	28,1
Alıcı 10	TS (ms)	71	81	81	85	98	93	72	45	32,3
Alıcı 11	TS (ms)	63	72	72	77	88	84	64	39	37,4
Alıcı 12	TS (ms)	62	71	72	75	86	81	61	37	42,0
Alıcı 13	TS (ms)	47	53	53	56	66	63	49	31	46,9
Alıcı 14	TS (ms)	57	64	63	67	78	74	58	39	51,7
Alıcı 15	TS (ms)	57	65	64	69	79	74	57	37	55,5
Alıcı 16	TS (ms)	80	95	96	103	121	114	87	53	17,2
Alıcı 17	TS (ms)	80	92	92	98	115	109	83	51	23,0
Alıcı 18	TS (ms)	80	92	93	99	112	105	79	47	37,8
Alıcı 19	TS (ms)	54	62	61	65	77	73	54	29	42,0
Alıcı 20	TS (ms)	49	54	54	56	65	62	49	32	49,0
Alıcı 21	TS (ms)	50	57	56	60	70	66	51	32	47,0
Alıcı 22	TS (ms)	56	63	63	66	76	72	56	34	41,2
Alıcı 23	TS (ms)	75	86	87	92	104	98	74	42	36,8
Ortalama	TS (ms)	67	77	77	82	95	90	67	38	
Standart sapma	TS (ms)	16,65	20,04	20,65	21,39	24,08	22,57	16,83	9,69	

Tablo D.14. 2. Kaynak poziyonu için simülasyon TS değerleri

		Frekans (Hz)								K2
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	TS (ms)	72	83	84	89	103	98	78	54	24,7
Alıcı 2	TS (ms)	66	76	76	81	95	90	70	46	29,2
Alıcı 3	TS (ms)	72	82	83	87	100	94	72	47	35,4
Alıcı 4	TS (ms)	72	82	82	87	98	93	71	45	39,8
Alıcı 5	TS (ms)	55	63	63	66	77	72	54	33	45,3
Alıcı 6	TS (ms)	46	52	51	54	64	61	47	31	49,3
Alıcı 7	TS (ms)	47	54	53	57	67	63	48	31	54,6
Alıcı 8	TS (ms)	82	97	97	104	124	116	84	43	17,6
Alıcı 9	TS (ms)	83	97	97	103	120	112	82	41	22,5
Alıcı 10	TS (ms)	78	90	89	95	110	102	75	37	26,5
Alıcı 11	TS (ms)	77	88	88	93	107	101	72	33	31,6
Alıcı 12	TS (ms)	65	77	79	83	96	89	63	28	36,2
Alıcı 13	TS (ms)	55	65	64	69	81	76	54	25	41,2
Alıcı 14	TS (ms)	66	81	81	86	102	96	68	31	45,9
Alıcı 15	TS (ms)	59	73	73	78	93	87	60	27	49,8
Alıcı 16	TS (ms)	75	90	92	99	116	109	82	49	16,5
Alıcı 17	TS (ms)	83	96	96	103	120	113	86	52	22,1
Alıcı 18	TS (ms)	83	93	94	100	112	105	82	52	37,6
Alıcı 19	TS (ms)	54	60	60	63	73	70	54	34	43,3
Alıcı 20	TS (ms)	44	50	49	51	60	57	45	28	48,7
Alıcı 21	TS (ms)	54	62	62	66	78	74	55	30	44,4
Alıcı 22	TS (ms)	57	65	64	68	80	76	57	30	39,6
Alıcı 23	TS (ms)	84	97	98	104	121	114	83	40	33,3
Ortalama	TS (ms)	67	77	77	82	96	90	67	38	
Standart sapma	TS (ms)	13,15	15,49	15,97	17,18	19,66	18,19	13,32	9,12	

Tablo D.15. 3. Kaynak poziyonu için simülasyon TS değerleri

		Frekans (Hz)								K3
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	TS (ms)	67	82	85	92	109	103	76	42	16,2
Alıcı 2	TS (ms)	73	87	88	97	116	110	80	41	20,8
Alıcı 3	TS (ms)	95	112	113	121	139	130	96	50	27,1
Alıcı 4	TS (ms)	105	114	111	117	132	125	95	51	31,6
Alıcı 5	TS (ms)	80	93	94	99	113	106	79	39	37,0
Alıcı 6	TS (ms)	74	85	84	90	104	97	71	35	41,3
Alıcı 7	TS (ms)	65	75	76	80	93	87	65	35	46,5
Alıcı 8	TS (ms)	75	90	91	98	114	107	80	43	17,3
Alıcı 9	TS (ms)	85	99	99	106	122	116	90	53	22,1
Alıcı 10	TS (ms)	74	85	84	90	104	98	75	42	26,0
Alıcı 11	TS (ms)	83	94	95	100	113	107	84	51	31,1
Alıcı 12	TS (ms)	69	80	81	86	97	90	69	40	35,7
Alıcı 13	TS (ms)	61	68	67	71	80	76	59	36	40,7
Alıcı 14	TS (ms)	78	86	86	90	101	97	80	58	45,4
Alıcı 15	TS (ms)	77	87	88	93	104	99	79	54	49,3
Alıcı 16	TS (ms)	62	77	79	86	104	97	70	34	11,5
Alıcı 17	TS (ms)	81	97	99	105	122	115	87	47	17,5
Alıcı 18	TS (ms)	95	107	108	114	126	120	95	60	32,8
Alıcı 19	TS (ms)	72	79	79	83	94	90	71	44	37,6
Alıcı 20	TS (ms)	70	77	77	81	91	86	69	45	44,1
Alıcı 21	TS (ms)	75	83	83	87	96	92	76	51	41,4
Alıcı 22	TS (ms)	84	92	92	96	105	101	82	51	35,8
Alıcı 23	TS (ms)	106	118	120	125	137	130	107	69	30,8
Ortalama	TS (ms)	79	90	90	96	109	103	80	46	
Standart sapma	TS (ms)	12,25	13,07	13,12	13,70	15,20	14,33	11,35	8,88	

Tablo D.16. 1. Kaynak poziyonu için simülasyon LF80 değerleri

		Frekans (Hz)								K1
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	LF80 (-)	0,154	0,167	0,166	0,168	0,171	0,167	0,158	0,143	17,3
Alıcı 2	LF80 (-)	0,156	0,168	0,163	0,166	0,169	0,169	0,162	0,154	22,0
Alıcı 3	LF80 (-)	0,076	0,074	0,074	0,074	0,073	0,072	0,070	0,064	28,4
Alıcı 4	LF80 (-)	0,084	0,083	0,082	0,081	0,081	0,082	0,081	0,078	33,1
Alıcı 5	LF80 (-)	0,084	0,091	0,091	0,080	0,076	0,070	0,070	0,069	38,7
Alıcı 6	LF80 (-)	0,065	0,070	0,069	0,065	0,063	0,061	0,058	0,055	42,7
Alıcı 7	LF80 (-)	0,090	0,109	0,113	0,092	0,084	0,069	0,069	0,072	48,0
Alıcı 8	LF80 (-)	0,276	0,277	0,270	0,264	0,264	0,268	0,265	0,262	23,7
Alıcı 9	LF80 (-)	0,206	0,200	0,189	0,187	0,186	0,186	0,183	0,173	28,1
Alıcı 10	LF80 (-)	0,159	0,158	0,151	0,150	0,151	0,154	0,149	0,143	32,3
Alıcı 11	LF80 (-)	0,182	0,191	0,196	0,182	0,172	0,162	0,150	0,150	37,4
Alıcı 12	LF80 (-)	0,130	0,136	0,136	0,126	0,122	0,114	0,104	0,100	42,0
Alıcı 13	LF80 (-)	0,089	0,086	0,083	0,079	0,079	0,078	0,074	0,068	46,9
Alıcı 14	LF80 (-)	0,102	0,118	0,118	0,111	0,107	0,098	0,089	0,084	51,7
Alıcı 15	LF80 (-)	0,061	0,059	0,058	0,058	0,057	0,056	0,054	0,048	55,5
Alıcı 16	LF80 (-)	0,201	0,209	0,206	0,205	0,210	0,215	0,212	0,207	17,2
Alıcı 17	LF80 (-)	0,190	0,193	0,185	0,185	0,188	0,191	0,187	0,177	23,0
Alıcı 18	LF80 (-)	0,105	0,101	0,096	0,097	0,099	0,101	0,099	0,089	37,8
Alıcı 19	LF80 (-)	0,053	0,051	0,048	0,047	0,049	0,050	0,050	0,043	42,0
Alıcı 20	LF80 (-)	0,063	0,067	0,066	0,064	0,065	0,064	0,060	0,054	49,0
Alıcı 21	LF80 (-)	0,067	0,067	0,065	0,065	0,066	0,067	0,065	0,057	47,0
Alıcı 22	LF80 (-)	0,077	0,072	0,067	0,068	0,070	0,073	0,073	0,063	41,2
Alıcı 23	LF80 (-)	0,116	0,105	0,100	0,097	0,093	0,093	0,088	0,078	36,8
Ortalama	LF80 (-)	0,121	0,124	0,121	0,118	0,117	0,116	0,112	0,106	
Standart sapma	LF80 (-)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	

Tablo D.17. 2. Kaynak poziyonu için simülasyon LF80 değerleri

		Frekans (Hz)								K2
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	LF80 (-)	0,264	0,263	0,258	0,252	0,253	0,256	0,257	0,250	24,7
Alıcı 2	LF80 (-)	0,252	0,250	0,238	0,237	0,241	0,242	0,237	0,228	29,2
Alıcı 3	LF80 (-)	0,167	0,160	0,154	0,155	0,156	0,159	0,156	0,145	35,4
Alıcı 4	LF80 (-)	0,166	0,160	0,155	0,156	0,156	0,158	0,155	0,143	39,8
Alıcı 5	LF80 (-)	0,121	0,118	0,116	0,116	0,116	0,114	0,112	0,102	45,3
Alıcı 6	LF80 (-)	0,107	0,109	0,111	0,112	0,112	0,110	0,105	0,095	49,3
Alıcı 7	LF80 (-)	0,109	0,118	0,124	0,114	0,108	0,097	0,096	0,092	54,6
Alıcı 8	LF80 (-)	0,209	0,213	0,207	0,205	0,201	0,198	0,192	0,175	17,6
Alıcı 9	LF80 (-)	0,137	0,138	0,131	0,133	0,135	0,135	0,132	0,120	22,5
Alıcı 10	LF80 (-)	0,124	0,124	0,119	0,121	0,122	0,121	0,118	0,108	26,5
Alıcı 11	LF80 (-)	0,126	0,144	0,151	0,149	0,147	0,138	0,124	0,125	31,6
Alıcı 12	LF80 (-)	0,112	0,123	0,127	0,122	0,115	0,099	0,087	0,087	36,2
Alıcı 13	LF80 (-)	0,066	0,065	0,062	0,061	0,058	0,057	0,055	0,049	41,2
Alıcı 14	LF80 (-)	0,045	0,045	0,043	0,042	0,042	0,043	0,042	0,038	45,9
Alıcı 15	LF80 (-)	0,035	0,035	0,034	0,033	0,033	0,033	0,033	0,029	49,8
Alıcı 16	LF80 (-)	0,222	0,237	0,238	0,234	0,235	0,235	0,231	0,225	16,5
Alıcı 17	LF80 (-)	0,199	0,197	0,189	0,188	0,186	0,186	0,183	0,176	22,1
Alıcı 18	LF80 (-)	0,117	0,110	0,102	0,101	0,104	0,106	0,103	0,092	37,6
Alıcı 19	LF80 (-)	0,068	0,066	0,061	0,060	0,063	0,065	0,064	0,055	43,3
Alıcı 20	LF80 (-)	0,057	0,058	0,055	0,054	0,055	0,055	0,052	0,045	48,7
Alıcı 21	LF80 (-)	0,045	0,045	0,043	0,042	0,042	0,042	0,041	0,034	44,4
Alıcı 22	LF80 (-)	0,052	0,051	0,049	0,047	0,048	0,048	0,046	0,037	39,6
Alıcı 23	LF80 (-)	0,087	0,080	0,076	0,075	0,075	0,073	0,069	0,060	33,3
Ortalama	LF80 (-)	0,125	0,127	0,124	0,122	0,122	0,120	0,117	0,109	
Standart sapma	LF80 (-)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	

Tablo D.18. 3. Kaynak poziyonu için simülasyon LF80 değerleri

		Frekans (Hz)								K3
	Parametre	**63**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	LF80 (-)	0,275	0,278	0,273	0,263	0,258	0,257	0,257	0,241	16,2
Alıcı 2	LF80 (-)	0,199	0,203	0,203	0,201	0,202	0,200	0,197	0,188	20,8
Alıcı 3	LF80 (-)	0,137	0,140	0,141	0,142	0,144	0,144	0,139	0,124	27,1
Alıcı 4	LF80 (-)	0,080	0,106	0,116	0,118	0,120	0,118	0,112	0,101	31,6
Alıcı 5	LF80 (-)	0,078	0,082	0,084	0,083	0,082	0,077	0,076	0,069	37,0
Alıcı 6	LF80 (-)	0,028	0,030	0,034	0,034	0,034	0,032	0,030	0,024	41,3
Alıcı 7	LF80 (-)	0,077	0,098	0,107	0,097	0,090	0,076	0,075	0,075	46,5
Alıcı 8	LF80 (-)	0,270	0,282	0,282	0,277	0,270	0,269	0,261	0,252	17,3
Alıcı 9	LF80 (-)	0,194	0,187	0,179	0,178	0,173	0,171	0,169	0,162	22,1
Alıcı 10	LF80 (-)	0,148	0,144	0,140	0,138	0,136	0,135	0,132	0,126	26,0
Alıcı 11	LF80 (-)	0,147	0,165	0,173	0,168	0,164	0,154	0,142	0,145	31,1
Alıcı 12	LF80 (-)	0,104	0,120	0,125	0,124	0,121	0,114	0,103	0,101	35,7
Alıcı 13	LF80 (-)	0,059	0,059	0,057	0,056	0,055	0,054	0,052	0,042	40,7
Alıcı 14	LF80 (-)	0,095	0,109	0,113	0,109	0,104	0,096	0,087	0,081	45,4
Alıcı 15	LF80 (-)	0,058	0,057	0,061	0,063	0,059	0,057	0,055	0,049	49,3
Alıcı 16	LF80 (-)	0,058	0,057	0,061	0,063	0,059	0,057	0,055	0,049	11,5
Alıcı 17	LF80 (-)	0,086	0,092	0,095	0,092	0,088	0,089	0,083	0,072	17,5
Alıcı 18	LF80 (-)	0,087	0,084	0,083	0,085	0,085	0,084	0,082	0,070	32,8
Alıcı 19	LF80 (-)	0,060	0,057	0,056	0,057	0,057	0,056	0,055	0,045	37,6
Alıcı 20	LF80 (-)	0,071	0,073	0,073	0,073	0,072	0,070	0,065	0,055	44,1
Alıcı 21	LF80 (-)	0,074	0,074	0,074	0,074	0,073	0,072	0,070	0,058	41,4
Alıcı 22	LF80 (-)	0,085	0,083	0,081	0,081	0,079	0,077	0,073	0,059	35,8
Alıcı 23	LF80 (-)	0,093	0,090	0,090	0,091	0,090	0,089	0,086	0,074	30,8
Ortalama	LF80 (-)	0,111	0,116	0,117	0,115	0,113	0,111	0,107	0,098	
Standart sapma	LF80 (-)	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	

Tablo D.19. 1. Kaynak poziyonu için ölçülen G değerleri

		Frekans (Hz)						K1
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	G (dB)	5,13	5,22	5,49	5,95	5,58	4,25	17,3
Alıcı 2	G (dB)	2,26	2,25	2,54	2,96	2,56	1,14	22,0
Alıcı 3	G (dB)	-1,71	-1,71	-1,56	-1,38	-1,99	-3,81	28,4
Alıcı 4	G (dB)	-2,74	-2,76	-2,64	-2,53	-3,12	-4,96	33,1
Alıcı 5	G (dB)	-2,44	-2,49	-2,40	-2,44	-3,02	-4,59	38,7
Alıcı 6	G (dB)	-2,79	-2,78	-2,79	-2,93	-3,52	-5,08	42,7
Alıcı 7	G (dB)	-4,86	-4,84	-4,84	-4,94	-5,53	-7,15	48,0
Alıcı 8	G (dB)	3,96	4,01	4,33	4,90	4,54	2,94	23,7
Alıcı 9	G (dB)	2,80	2,85	2,98	3,36	2,93	1,32	28,1
Alıcı 10	G (dB)	1,15	1,17	1,28	1,58	1,11	-0,54	32,3
Alıcı 11	G (dB)	-0,22	-0,23	-0,21	-0,07	-0,60	-2,22	37,4
Alıcı 12	G (dB)	-1,58	-1,61	-1,60	-1,51	-2,02	-3,66	42,0
Alıcı 13	G (dB)	-2,42	-2,43	-2,54	-2,56	-3,12	-4,82	46,9
Alıcı 14	G (dB)	-4,06	-4,13	-4,24	-4,20	-4,76	-6,57	51,7
Alıcı 15	G (dB)	-6,06	-6,11	-6,22	-6,11	-6,60	-8,45	55,5
Alıcı 16	G (dB)	5,93	6,13	6,41	6,91	6,46	4,90	17,2
Alıcı 17	G (dB)	3,68	3,78	3,98	4,41	3,96	2,37	23,0
Alıcı 18	G (dB)	-3,37	-3,42	-3,42	-3,12	-3,51	-5,15	37,8
Alıcı 19	G (dB)	-2,51	-2,50	-2,55	-2,57	-3,12	-4,75	42,0
Alıcı 20	G (dB)	-2,89	-2,90	-3,03	-3,07	-3,65	-5,39	49,0
Alıcı 21	G (dB)	-2,57	-2,57	-2,68	-2,68	-3,22	-4,92	47,0
Alıcı 22	G (dB)	-1,29	-1,27	-1,36	-1,33	-1,84	-3,48	41,2
Alıcı 23	G (dB)	-1,85	-1,88	-1,83	-1,55	-2,00	-3,63	36,8
Ortalama	G (dB)	-0,80	-0,79	-0,73	-0,56	-1,06	-2,71	
Standart sapma	G (dB)	3,28	3,33	3,45	3,63	3,69	3,77	

Tablo D.20. 2. Kaynak poziyonu için ölçülen G değerleri

		Frekans (Hz)						K2
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	G (dB)	5,60	5,70	5,98	6,49	6,05	4,45	24,7
Alıcı 2	G (dB)	3,24	3,28	3,46	3,80	3,35	1,74	29,2
Alıcı 3	G (dB)	-0,51	-0,54	-0,38	-0,04	-0,54	-2,19	35,4
Alıcı 4	G (dB)	-1,94	-1,95	-1,87	-1,57	-2,04	-3,73	39,8
Alıcı 5	G (dB)	-2,75	-2,79	-2,79	-2,68	-3,13	-4,73	45,3
Alıcı 6	G (dB)	-2,57	-2,56	-2,59	-2,64	-3,22	-4,94	49,3
Alıcı 7	G (dB)	-4,14	-4,15	-4,21	-4,25	-4,87	-6,66	54,6
Alıcı 8	G (dB)	4,17	4,24	4,42	4,84	4,45	2,94	17,6
Alıcı 9	G (dB)	2,01	2,03	2,22	2,61	2,17	0,60	22,5
Alıcı 10	G (dB)	0,61	0,64	0,77	1,07	0,65	-0,89	26,5
Alıcı 11	G (dB)	-0,77	-0,79	-0,76	-0,70	-1,21	-2,70	31,6
Alıcı 12	G (dB)	-2,04	-2,07	-2,08	-2,07	-2,55	-4,08	36,2
Alıcı 13	G (dB)	-3,63	-3,62	-3,64	-3,59	-4,13	-5,76	41,2
Alıcı 14	G (dB)	-6,10	-6,17	-6,11	-5,97	-6,54	-8,35	45,9
Alıcı 15	G (dB)	-7,19	-7,26	-7,23	-7,15	-7,74	-9,57	49,8
Alıcı 16	G (dB)	6,29	6,44	6,70	7,18	6,78	5,29	16,5
Alıcı 17	G (dB)	3,70	3,78	3,96	4,40	3,97	2,39	22,1
Alıcı 18	G (dB)	-3,07	-3,16	-3,24	-2,97	-3,40	-5,06	37,6
Alıcı 19	G (dB)	-1,90	-1,91	-2,05	-2,03	-2,56	-4,22	43,3
Alıcı 20	G (dB)	-2,32	-2,37	-2,54	-2,61	-3,17	-4,88	48,7
Alıcı 21	G (dB)	-3,10	-3,14	-3,23	-3,27	-3,83	-5,52	44,4
Alıcı 22	G (dB)	-1,98	-2,01	-2,10	-2,11	-2,63	-4,22	39,6
Alıcı 23	G (dB)	-2,19	-2,28	-2,29	-2,14	-2,61	-4,22	33,3
Ortalama	G (dB)	-0,89	-0,90	-0,85	-0,67	-1,16	-2,80	
Standart sapma	G (dB)	3,55	3,60	3,70	3,86	3,91	3,98	

Tablo D.21. 3. Kaynak poziyonu için ölçülen G değerleri

		Frekans (Hz)						K3
	Parametre	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**Uzaklık (m)**
Alıcı 1	G (dB)	5,89	5,90	6,00	6,05	5,94	4,59	16,2
Alıcı 2	G (dB)	2,98	2,95	2,89	3,04	2,55	1,06	20,8
Alıcı 3	G (dB)	-2,01	-1,98	-1,84	-1,52	-1,99	-3,68	27,1
Alıcı 4	G (dB)	-3,39	-3,19	-3,08	-2,82	-3,34	-5,10	31,6
Alıcı 5	G (dB)	-3,78	-3,83	-3,78	-3,65	-4,14	-5,79	37,0
Alıcı 6	G (dB)	-5,32	-5,29	-5,25	-5,14	-5,65	-7,40	41,3
Alıcı 7	G (dB)	-5,56	-5,59	-5,61	-5,59	-6,15	-7,86	46,5
Alıcı 8	G (dB)	5,11	5,22	5,41	5,85	5,47	4,02	17,3
Alıcı 9	G (dB)	2,73	2,77	2,82	3,10	2,62	0,99	22,1
Alıcı 10	G (dB)	1,59	1,65	1,65	1,86	1,43	-0,14	26,0
Alıcı 11	G (dB)	-0,46	-0,48	-0,54	-0,36	-0,86	-2,49	31,1
Alıcı 12	G (dB)	-1,70	-1,78	-1,84	-1,69	-2,11	-3,62	35,7
Alıcı 13	G (dB)	-2,56	-2,50	-2,59	-2,51	-3,00	-4,66	40,7
Alıcı 14	G (dB)	-4,09	-4,20	-4,31	-4,26	-4,83	-6,69	45,4
Alıcı 15	G (dB)	-6,24	-6,41	-6,54	-6,35	-6,82	-8,72	49,3
Alıcı 16	G (dB)	7,18	7,37	7,57	7,93	7,52	6,24	11,5
Alıcı 17	G (dB)	4,20	4,30	4,47	4,88	4,45	2,97	17,5
Alıcı 18	G (dB)	-2,86	-2,88	-2,90	-2,60	-3,03	-4,72	32,8
Alıcı 19	G (dB)	-2,46	-2,43	-2,50	-2,40	-2,90	-4,56	37,6
Alıcı 20	G (dB)	-3,72	-3,74	-3,83	-3,75	-4,27	-6,05	44,1
Alıcı 21	G (dB)	-2,75	-2,72	-2,78	-2,67	-3,18	-4,95	41,4
Alıcı 22	G (dB)	-1,33	-1,29	-1,37	-1,27	-1,79	-3,53	35,8
Alıcı 23	G (dB)	-1,50	-1,47	-1,45	-1,15	-1,60	-3,38	30,8
Ortalama	G (dB)	-0,87	-0,85	-0,84	-0,65	-1,12	-2,76	
Standart sapma	G (dB)	3,85	3,89	3,96	4,02	4,08	4,22	

EK E. TERİMLER

1. analemmata: oturma yerlerinin taşıyıcı duvarları

2. arena: Roma döneminde güreş, oyun, yarış gibi türlü gösterilerin yapıldığı alan

3. deusexmachina: Antik Yunan tiyatrolarında karakterleri havada durmalarını sağlayan vinçlerden oluşan bir aygıt

4. diazoma: Yunan tiyatrosunda kavea oturma düzenlerinin alt ve üst bölümlerini birbirinden ayıran yatay yürüme alanları, Roma tiyatrolarında 'praecinctio' terimi

5. kavea(cavea): genellikle iki yada üç yatay bölüme ayrılmış oturma kompleksi, alttaki bölümü 'ime cavea', orta bölümü 'media cavea' ve üst bölümü 'summe cavea'

6. kelkis: Yunan tiyatrosunda kaveadaki tonoz şekilli oturma bölümü

7. klimakes : kaveada bulunan merdiven yolları

8. logeion: Yunan ve Helenistik çağda 'konuşma alanı' anlamına gelen terim, oyuncuların yükseltilmiş bir platform üzerinde veya orkestra ve sahne duvarı arasında konuşmalarını yaptıkları alan

9. munera: tiyatroda ön sıralarda bulunan prestijli oturma yerleri

10. odea(odeum-odeion): Roma döneminde çatısı bulunan küçük tiyatro yapıları

11. oditoryum: tiyatrolarda oturma kompleksi

12. opus caementicium: Romalıların beton kullanarak yaptıkları inşa tekniği

13. orkestra(orchestra): Yunancada 'dans edilen alan' anlamına gelen terim, Antik Yunan tiyatrolarında tam daire, Roma tiyatrolarında yarım daire şeklindeki sahne ve seyirci arasındaki alan

14. parados: Yunan tiyatrosu orkestrasına yan kısmından girişlerden birisi, oditoryum ve sahne duvarı arasında koronun gürüş çıkış yaptığı boşluk

15. proscenion: skene önünde bulunan oyun alan, Helen tiyatrosunda bu alan bir platformla yükseltilmiştir. Skene iki düzlemden oluşmaktadır. Birinci çatısı bulunan logeion denen düzlemdir. İkincisi girişlerin bulunduğu thyromatanın bulunduğu skene duvarıdır.

16. pulpitum: Roma döneminde konuşmacılar için skene duvarı önündeki yükseltilmiş platform

17. scaenae: Roma tiyatrosunda dikdörtgen şekilli sahne yapısı veya sahne evi, en ve boy uzunluğu oturma kompleksinin en ve boy uzunluğuna eşittir. Sahne evinin iki yanından bulunan kanatlar sahne yapısını oturma kompleksine bağlar.

18. scaenae frons: skenenin orkestra ve kaveaya dönük olan duvar yüzeyi, üç veya beş tane kapısı bulunmaktadır. 2. yy.'dan sonra nişler ve heykeller gibi dekoratif elemanlar eklenerek iki veya üç katlı bir duvar olmuştur.

19. skene(scaena): genellikle depo amaçlı ve oyunlar için dekor amaçlı kullanılan Yunan ve Helenistik dönemde orkestra arkasındaki yapı

20. theatron: Yunanca'da 'izleme alanı' anlamına gelen terim, tiyatroda seyircilerin gösterileri izlediği alan

21. thyromata: skene duvarında bulunan kapı ve kapı kasaları

.

ÖZGEÇMİŞ

12 Ağustos 1979' da İzmir'de doğdu. İlk ve orta öğretimini İzmir' de tamamlayarak 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'ne girdi. 2004 yılında lisans derecesini aldı ve aynı yıl İTÜ Mimarlık Anabilim Dalı Fiziksel Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programına girmeye hak kazandı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.