

**T.C.**  
**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ**  
**MÜZİK BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**  
**MÜZİK TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FARKLI KAYIT STÜDYOSU FORMLARININ AKUSTİK PARAMETRE**  
**DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ**

**Hazırlayan**

**İsmet Emre YÜCEL**

**Danışman**

**Doç Dr. Feridun ÖZİŞ**

**İZMİR-2014**

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Farklı Kayıt Stüdyosu Formlarının Akustik Parametre Dağılımlarının İncelenmesi” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../.../2014

Adı-SOYADI

İsmet Emre YÜCEL

İmza

## TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü' nün 07/07/2014 tarih ve 12 sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisanüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 22. maddesine göre Müzik Bilimleri Anabilim Dalı, Müzik Teknolojisi Bilim Dalı yüksek lisans öğrencisi İsmet Emre Yücel'nin "Farklı Kayıt Stüdyosu Formlarının Akustik Parametre Dağılımlarının İncelenmesi" konulu tezi incelenmiş ve aday 04.08/2014 tarihinde, saat 11.00 da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra 30 dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin Basarılı olduğuna oy Birliyle karar verildi.

BAŞKAN

Doç. Dr. Feridun Çarış



ÜYE

Yrd. Doç. Dr

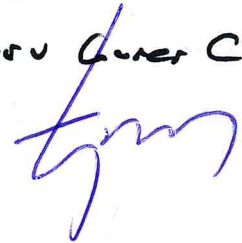
Serhat Durmaz



ÜYE

Yrd. Doç. Dr

Ferit Güner Canbey.



**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ  
TEZ/PROJE VERİ FORMU**

**Tez/Proje No:**

**Konu Kodu:**

**Üniversite Kodu:**

**Not: Bu bölüm merkezimiz tarafından doldurulacaktır.**

**Tez/Proje Yazarının**

**Soyadı:** Yücel

**Adı:** İsmet Emre

**Tezin/Projenin Türkçe Adı:**

Farklı Kayıt Stüdyosu Formlarının Akustik Parametre Dağılımlarının İncelenmesi

**Tezin/Projenin Yabancı Dildeki Adı:**

Reviewing of Different Recording Studio Forms Acoustic Parameters

**Tezin/Projenin Yapıldığı**

**Üniversitesi:** Dokuz Eylül Üniversitesi

**Enstitü:** Güzel Sanatlar Enstitüsü

**Yıl:**2014

**Diğer Kuruluşlar:**

**Tezin/Projenin Türü:**

**Yüksek Lisans:**

**Dili:** Türkçe

**Doktora:**

**Sayfa Sayısı:** 78

**Tıpta Uzmanlık:**

**Referans Sayısı:** 23

**Sanatta Yeterlilik:**

**Tez/Proje Danışmanlarının**

**Unvanı:** Doç. Dr.

**Adı:** Feridun

**Soyadı:** ÖZİŞ

**Türkçe Anahtar Kelimeler:**

- 1- Ses Kayıt Stüdyoları
- 2- Stüdyo Kontrol Odası Tasarımları
- 3- Stüdyo Akustiği
- 4- Akustik
- 5-

**İngilizce Anahtar Kelimeler:**

- 1-Recording Studios
- 2-Studio Control Room Designs
- 3-Studio Acoustics
- 4-Acoustics
- 5-

**Tarih:**

**İmza:**

**Tezimin erişim sayfasında yayımlanmasını istiyorum:**

**Evet**

**Hayır**

## ÖZET

Ses kayıt stüdyolarının önemli bir parçası olan kontrol odaları, kayıt ve miks mühendislerine referans dinleme ortamı sağlayan mekanlardır. Kontrol odalarının önemi, stereo dinlemenin ticari olarak yaygınlaşmaya başladığı 50'li yıllardan sonra artmıştır. O yıllardan günümüze farklı kontrol odası tasarımları önerilmiş ve bunlardan bazıları tasarımcılar tarafından daha fazla kabul görmüştür. Bu tasarımlarda emici malzemelerin oda içerisindeki kullanılış biçimleri ve miktarları, hoparlör yerleşimi ve bunlara bağlı geometrik unsurlarda benzerlikler olmakla birlikte farklılıklar da dikkat çekmektedir.

Her ne kadar literatürde birçok kontrol odası tasarımı bulunsa da, bunlar arasında en dikkat çekici olanları, LEDE (Live End-Dead End), RFZ (Reflection Free Zone), Toyoshima ve DDA (Directional Dual Acoustics) tasarımlarıdır. Bu çalışma yukarıda adı geçen kontrol odalarının, EDT ve T30 parametre farklılıklarının tasarım yaklaşımı, hacim, kaynak-alıcı uzaklığı perspektifinden değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Geometrik unsurları ve emici/yansıtıcı malzeme kullanımları farklı olduğu için, söz konusu kontrol odalarının karşılaştırılmaları oldukça güç olacaktır. Bu nedenle ilk olarak farklı hacimlerde (yaklaşık 120 ve 310 m<sup>3</sup>'lük) iki temel oda formu yaratıldı. Küçük ve büyük temel oda formları için referans dinleme noktaları belirlendikten sonra, bu noktalara göre ön duvarlarda form değişikliği yapıldı. Ön duvarlardaki form değişikliği küçük ve büyük odaların kendi kategorileri içinde özdeştir. Buna bağlı olarak tezdeki tüm küçük kontrol odası modelleri kendi içlerinde aynı ön duvar formunu; tüm büyük kontrol odası modelleri de kendi içlerinde aynı ön duvar formunu paylaşmaktadırlar. Ek olarak tüm kontrol odalarında, hesaplamada gerçek koşulları sağlamak adına; miks masası, sandalye, kanepe ve kapı gibi harici malzemelerin olduğu varsayılmıştır.

Üç boyutlu modelleme programı ile çizilen kontrol odaları hesaplama aşamasında kullanılmak üzere Odeon akustik benzetim yazılımına aktarıldı. Tüm odalarda EDT değerlerinin yaklaşık 500 ms'den daha az olması hedeflendi ve buna

göre yüzeylere malzeme atamaları yapıldı. ODEON programında benzetim için kabuller belirlendikten sonra hesaplamalar yapıldı.

Yapılan hesaplamalar sonucunda küçük hacimlerde 250, 500 ve 1000 Hz EDT ve T30 ortalamaları arasındaki farklar 0.1-0.15 sn aralığındayken, büyük hacimlerde bu parametre farklarının 0.15-0.32 sn. aralığında yer aldığı görülmüştür. Büyük hacimli modellerin aynı tasarımlara sahip küçük hacimli modellere göre, aynı frekans bantlardaki emicilik miktarlarının yaklaşık iki kat daha fazla olduğu görülmüştür. Bu tez kapsamındaki kabuller ile yapılan hesaplamalarda, büyük hacme sahip olan RFZ ve küçük hacme sahip olan DDA kontrol odalarında en iyi sönümlenme eğrileri elde edilmiştir.

## ABSTRACT

Control rooms are significant parts of recording studios and they provide a critical listening environment to sound engineers. In fifties, importance of control rooms was considerably increasing after stereo playback systems were made available for consumers. Since that time, different control room designs had been proposed and some design approaches were well accepted by designers. Sometimes these control room designs have common features in terms of usages of absorptive materials and its quantities, loudspeaker replacements and geometric similarities, but sometimes not.

Although there are many control room design approaches in acoustic literature, a few can be characterized as remarkable which are LEDE (Live End-Dead End), RFZ (Reflection Free Zone), Toyoshima and DDA (Directional Dual Acoustics). The aim of this dissertation is to assess differences of EDT and T30 parameters of aforementioned control rooms from the points of design approaches, room volumes, differences between source and receiver distances.

Since there are quite a few differences in geometric factors and absorptive/reflective material choices, comparison of these control rooms is quite difficult. For this reason, firstly, two different basic control rooms were created in approximately 120 and 310 m<sup>3</sup> volumes, separately. After estimation the reference listening positions for these small and (relatively) large two basic room forms, their front walls were shaped according to the listening positions. Shapes of the front walls are equal in their own categories. It means, in this thesis, all small rooms share same front wall geometry and all large rooms share same front wall geometry, individually. Additionally, while doing calculations, for the sake of that to provide real conditions, it was assumed that in all control rooms have same extended materials; such as a mix console, a chair, a sofa and a door.

The control rooms were drawn with a 3D modeling software and transferred to Odeon file formats in order to calculation. It is aimed that all results of EDT values less than 500 ms in all rooms, therefore material assignments to surfaces made

by this approach. After made some calculation preferences started to calculations in ODEON acoustic simulation program for all rooms.

In conclusion, differences between EDT and T30 values found in 0.1-0.15 seconds for small volumes and 0.15-0.32 seconds for large volumes. Sabin values which are in the same frequency bands of large rooms are two times more than smaller rooms for same designs. In this thesis, through acceptances, big RFZ and small DDA control rooms gave best decay curves, in results.



## ÖNSÖZ

Müziğe ve elektroniğe olan ilgimin beni yönlendirmesi ile Müzik Teknolojisi serüvenim başladı. Lisans öğrenimimi tamamladıktan sonra Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Teknolojisi Bölüme kabul edilmem ve bu tez ile sonuçlanan yüksek lisans öğrenimimin bana yeni ufuklar açmasından dolayı minnet duyuyorum.

Öncelikle bana akustik biliminin kapılarını aralayan, bu tezin oluşmasında ve şekillendirilmesinde bana yol gösteren danışmanım Doç. Dr. Feridun ÖZİŞ'e çok teşekkür ederim. Hocalıkları, dostlukları ve değerli fikirleri için Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Müzik Teknolojisi Bölümü hocalarından Doç Dr. Cihan IŞIKHAN'a, Arş. Gör. Suat VERGİLİ'ye, Öğr. Gör Alp VAROL'a ve zor durumlardaki yardımları, pratik yaklaşımı ve çok yönlülüğüyle bana hep destek ve örnek olan Yard. Doç Dr. Serhat DURMAZ'a ayrıca teşekkür ederim. Güler yüzleri için tüm Müzik Bilimleri hocalarına teşekkürlerimi sunarım. Son olarak hayatımın her aşamasında beni destekleyen aileme teşekkür ederim.

İsmet Emre YÜCEL

## İÇİNDEKİLER

### FARKLI KAYIT STÜDYOSU FORMLARININ AKUSTİK PARAMETRE DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ

	<u>Sayfa</u>
YEMİN METNİ .....	ii
TUTANAK .....	iii
YÖK DOKÜMANTASYON MERKEZİ TEZ VERİ FORMU .....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vii
ÖNSÖZ .....	ix
İÇİNDEKİLER .....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xiii
TABLOLAR LİSTESİ .....	xv
GİRİŞ .....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

### TEMEL AKUSTİK KAVRAMLAR

1.1. Yansıma (Reverberation): .....	2
1.2. Emicilik (Absorption): .....	4
1.3. Sesin Yayılımı (Diffusion): .....	5
1.4. Oda Modları ve Oranlar: .....	6
1.4.1. Oda Oranları: .....	7
1.4.2. Bas Frekans Kontrolü: .....	8
1.5. Difraksiyon (Diffraction): .....	11
1.6. Refraksiyon (Refraction): .....	12

1.7. ITDG (Initial Time Delay Gap): .....	13
1.8. Yansıma (Reflection): .....	14
1.9. Tarak Filtreleme (Comb Filtering): .....	14

## İKİNCİ BÖLÜM

### SES KAYIT STÜDYOLARI VE KONTROL ODALARINDA TASARIM YAKLAŞIMLARI

2.1. Ses Kayıt Stüdyoları: .....	16
2.2. Ses Kayıt Stüdyolarının Tarihsel Gelişimi ve Tasarım Yaklaşımları: .....	17

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### TEZ KAPSAMINDA BELİRLENEN KABULLER VE DENEY

3.1. Temel Oda Formları için Oran ve Hacim Kabulleri: .....	26
3.2. Odalarda Referans Dinleme Noktalarının Tayini ve Tavan Eğimlendirme: .....	27
3.3. Temel Oda Formlarının Ön Duvarlarının Şekillendirilmesi: .....	28
3.4. Odalar İçerisinde Kullanılan Malzemeler: .....	32
3.5. Belirlenen Temel Oda Formlarının Kontrol Odası Tasarımlarına Uygulanması: .....	34
3.5.1. LEDE (Live End- Dead End): .....	34
3.5.2. RFZ (Reflection Free Zone): .....	36
3.5.3. Toyoshima: .....	37
3.5.4. DDA (Directional Dual Acoustics): .....	38
3.6. Akustik Benzetim Yazılımı Seçimi: ODEON .....	39
3.6.1. Kaynak ve Alıcı Tercihleri: .....	39
3.6.2. Yüzeyle Atanacak Malzemeler: .....	39
3.7. Deney: .....	41
3.7.1. Küçük Hacimli Kontrol Odaları İçin Hesaplama Sonuçları: .....	42

3.7.1.1. Küçük Hacimli LEDE Kontrol Odasının Hesaplama	
Sonuçları: .....	42
3.7.1.2. Küçük Hacimli RFZ Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:	
.....	46
3.7.1.3. Küçük Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Hesaplama	
Sonuçları: .....	49
3.4.1.4. Küçük Hacimli DDA Kontrol Odasının Hesaplama	
Sonuçları: .....	52
3.7.2. Büyük Hacimli Kontrol Odaları İçin Hesaplama Sonuçları: .....	55
3.7.2.1. Büyük Hacimli LEDE Kontrol Odasının Hesaplama	
Sonuçları: .....	55
3.7.2.2. Büyük Hacimli RFZ Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:	
.....	58
3.7.2.3. Büyük Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Hesaplama	
Sonuçları: .....	61
3.7.2.4. Büyük Hacimli DDA Kontrol Odasının Hesaplama	
Sonuçları: .....	64
3.7.3. Parametre Analizleri: .....	67
3.7.3.1. Farklı Hacim ve Tasarım Modellerinin Akustik Parametre	
Değerlendirmeleri: .....	67
3.7.3.1.1. Küçük Hacimli Kontrol Odalarının	
Karşılaştırılması (Kaynak noktası farklılığı): .....	67
3.7.3.1.2. Büyük Hacimli Kontrol Odalarının	
Karşılaştırılması (Kaynak noktası farklılığı): .....	69
3.7.3.1.3. Küçük ve Büyük Hacimlerin Karşılaştırılması	
(Kaynak Noktaları Farklılığı): .....	71
SONUÇ.....	74
KAYNAKÇA.....	76
ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1.</b> Stüdyolarda Müzik ve Konuşma İçin Yansıma Süresinin Oda Hacmi İle İlişkisi .....	3
<b>Şekil 2.</b> X-Y-Z Koordinat Sistemine Yerleştirilmiş Bir Odanın Uzunluk, Genişlik ve Yüksekliğinin Harfler İle Temsili .....	6
<b>Şekil 3.</b> Prima Acoustics FullTrap Membran Emiciler .....	9
<b>Şekil 4.</b> Helmholtz Rezonatörler .....	10
<b>Şekil 5.</b> Bas Kapanı .....	11
<b>Şekil 6.</b> ITDG Süresinin Gösterimi.....	13
<b>Şekil 7.</b> Tarak Filtreleme (Comb Filter) Etkisinin Tayf Üzerinde Gösterimi .....	15
<b>Şekil 8.</b> DDA (Directional Dual Acoustics) Kontrol Odası Tasarımının Üstten Görünüşü.....	19
<b>Şekil 9.</b> Horn Shape Kontrol Odası Tasarımının ve Yandan Üstten Görünüşü .....	20
<b>Şekil 10.</b> İlk LEDE Kontrol Odasının Üstten Görünüşü .....	21
<b>Şekil 11.</b> Putnam'ın Tamamen Entegre Hoparlör Tasarımlı Kontrol Odasının Yandan ve Üstten Görünüşü.....	22
<b>Şekil 12.</b> RFZ (Reflection Free Zone) Kontrol Odası Tasarımının Yandan ve Üstten Görünüşü.....	24
<b>Şekil 13.</b> Küçük ve Büyük İki Temel Oda Formunun Son Hali .....	29
<b>Şekil 14.</b> Küçük Oda Formunda Ön Duvarın İçeriden Görünüşü .....	30
<b>Şekil 15.</b> Büyük Oda Formunda Ön Duvarın İçeriden Görünüşü .....	31
<b>Şekil 16.</b> Temel Oda Formlarında Kullanılan Miks Konsolu, Sandalye, Kanepe ve Kapının Boyutları .....	32
<b>Şekil 17.</b> Odalarda Kullanılan Bas Emiciler ve Difüzörlerin Boyutları .....	33
<b>Şekil 18.</b> Küçük (Yukarıda), Büyük (Aşağıda) Hacimli LEDE Kontrol Odasının Yandan ve İzometrik Açından Görünüşü .....	35
<b>Şekil 19.</b> Küçük (Yukarıda), Büyük (Aşağıda) Hacimli RFZ Kontrol Odasının Yandan ve İzometrik Açından Görünüşü .....	36

<b>Şekil 20.</b> Küçük (Yukarıda), Büyük (Aşağıda) Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Yandan ve İzometrik Açından Görünüşü .....	37
<b>Şekil 21.</b> Küçük (Yukarıda), Büyük (Aşağıda) Hacimli DDA Kontrol Odasının Yandan ve İzometrik Açından Görünüşü .....	38

## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Temel Oda formları İçin İlk Hacimler.....	27
<b>Tablo 2.</b> Odalar için Hoparlör ve Referans Dinleme Noktası Koordinatları .....	28
<b>Tablo 3.</b> Modellemede Kullanılan Katman (Layers) İsimleri.....	34
<b>Tablo 4.</b> Odeon Malzeme Kütüphanesine Eklenen Malzemeler ve Bu Malzemelerin Oktav Bant’lardaki Emicilikleri .....	40
<b>Tablo 5.</b> Gözlem Camı, Miks Konsolu, Kanape ve Kapı İçin Malzeme Numaraları .....	41
<b>Tablo 6.</b> Odeon İle Değerlendirilen Akustik Parametreler .....	42
<b>Tablo 7.</b> Küçük Hacimli LEDE Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler .....	43
<b>Tablo 8.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli LEDE Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	44
<b>Tablo 9.</b> Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli LEDE Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	45
<b>Tablo 10.</b> Küçük Hacimli RFZ Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler .....	46
<b>Tablo 11.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli RFZ Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	47
<b>Tablo 12.</b> Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli RFZ Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	48
<b>Tablo 13.</b> Küçük Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler .....	49
<b>Tablo 14.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli Toyoshima Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	50
<b>Tablo 15.</b> Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli Toyoshima Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	51
<b>Tablo 16.</b> Küçük Hacimli DDA Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler .....	52

<b>Tablo 17.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli DDA Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	53
<b>Tablo 18.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli DDA Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	54
<b>Tablo 19.</b> Büyük Hacimli LEDE Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler .....	55
<b>Tablo 20.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli LEDE Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	56
<b>Tablo 21.</b> Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli LEDE Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	57
<b>Tablo 22.</b> Büyük Hacimli RFZ Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler .....	58
<b>Tablo 23.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli RFZ Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	59
<b>Tablo 24.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli RFZ Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	60
<b>Tablo 25.</b> Büyük Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler .....	61
<b>Tablo 26.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli RFZ Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	62
<b>Tablo 27.</b> Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli Toyoshima Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	63
<b>Tablo 28.</b> Büyük Hacimli DDA Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler .....	64
<b>Tablo 29.</b> Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli DDA Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	65
<b>Tablo 30.</b> Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli DDA Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu .....	66
<b>Tablo 31.</b> Küçük Hacimli Kontrol Odalarının 250 Hz, 500 Hz ve 1000 Hz’de Sahip Oldukları EDT, T30 Değerleri ve Aritmetik Ortalamalar .....	69



<b>Tablo 32.</b> Büyük Hacimli Kontrol Odalarının 250 Hz, 500 Hz 1000 Hz’de Sahip Oldukları EDT, T30 Değerleri ve Aritmetik Ortalamalar .....	71
<b>Tablo 33.</b> Yakın Dinleme, Küçük ve Büyük Hacimli Kontrol Odalarında, 250 Hz, 500 Hz 1000 Hz’de EDT, T30 Değerleri Aritmetik Ortalama Tablosu .....	72
<b>Tablo 34.</b> Uzak Dinleme, Küçük ve Büyük Hacimli Kontrol Odalarında 250 Hz, 500 Hz ve 1000 Hz’de EDT, T30 Değerleri Aritmetik Ortalama Tablosu .....	73
<b>Tablo 35.</b> Kontrol Odalarının Oktav Bant’lardaki Sabine Değerleri .....	74

## GİRİŞ

Kayıt stüdyoları akustik literatüründe küçük kapalı alanlar çerçevesinde incelenir. Kapalı mekanlarda akustik enerjinin yayılımı, enerjinin bir ya da daha fazla kaynaktan gelmesinden bağımsız olarak oda boyutu ve geometrisi, yansıma, difraksiyon, emilimin gibi faktörlere bağlıdır (Raichel 2006: 244). Akustik bilimi açısından “oda”, ses kalitesinin önemli olduğu her çeşit mekanı belirtmek için kullanılır. Bu mekanlara stüdyolar, kontrol odaları, dinleme odaları gibi teknik mekanlardan; konser salonları, konutlardaki odalar, ofisler vb. mekanlar da dâhil edilir. Ancak bu mekanların hacimleri farklıdır. Genel olarak, kayıt ve dinleme amacıyla kullanılan odalar  $400 \text{ m}^3$ 'den daha küçük odalardır (Walker, Talbot-Smith 2000: 2-2).

Bir odanın akustik karakterlerini belirlemede en önemli parametre yansışım süresi (reverberation time) parametresidir. Ancak ilk yansımaların önemi ortaya konduktan sonra, EDT (Early Decay Time), T20 ve T30 sönümlenme süreleri bu tür odalarda yansışım süresinin değerlendirilmesinde kullanılır.

Bu çalışmanın amacı kontrol odası tasarımlarından en çok dikkat çeken modelleri olabildiğince yakın hacimler ile akustik benzetim yazılımında modelleyerek, bu odalar arasındaki EDT ve T30 parametre farklarını ortaya koymaktır. Bu amaçla her bir kontrol odası tasarımında kullanılmak üzere iki farklı hacimde iki temel oda formu çizildi. Çizilen bu temel oda formları, seçilen kontrol odası tasarımlarının özelliklerine uygun olarak düzenlendi. Her bir oda için yakın ve uzak dinleme pozisyonunda EDT ve T30 verileri hesaplandı ve değerlendirildi.

Bu tez kapsamında birinci bölümde oda akustiği ile ilgili temel akustik kavramlar hakkında bilgi verilecektir. İkinci bölümde ise farklı kontrol odası modellerinin tasarım yaklaşımları ortaya konacaktır. Üçüncü bölümde tez kapsamında yapılacak kabuller ve gerçekleştirilen deneyler anlatılacaktır. Sonuç bölümünde ise deneyler ile elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## TEMEL AKUSTİK KAVRAMLAR

### 1.1. Yansıım (Reverberation):

Bir odada bulunan (sabit enerjili) ses kaynağından çıkan ses, kaynak kapatıldıktan sonra o oda içerisinde bir süre daha varlığını sürdürür. Oda içerisindeki yansımaların neden olduğu bu durum yansıım olarak adlandırılır. Sesin işitme sistemi tarafından algılanması zaman temeline bağlıdır ve oda içerisindeki bir dinleyicinin algıladığı işitsel hacim, öncelikli olarak yansımaların süresi ile ilişkilidir. RT60 olarak ifade edilen yansıım süresi, kaynak kapatıldıktan sonra ses seviyesindeki 60 dB'lik düşüşün saniye cinsinden değeridir.

Yansıımın konuşma anlaşılabilirliğine ve işitsel konfora etkisi büyüktür. Konuya konuşma anlaşılabilirliği (speech intelligibility) açısından bakıldığında yansıım süresinin yüksek olması konuşmadaki önemli detayların kaybolmasına; sessiz harflerden oluşan hecelerin sesli harflerden oluşan heceler tarafından maskelenmesine neden olmaktadır (forward masking). Konu müzik olduğunda ise örneğin salonlarda farklı çalgılardan çıkan seslerin dinleyiciler tarafından daha dolu ve bir bütün olarak algılanması uzun yansıım süreleri ile sağlanır (Gade 2007: 307). Yansıım süresinin ampirik formüllerle hesaplanmasında kullanılan formüllerden en yaygını Sabine formülüdür.

$$RT_{60} = \frac{0,161 V}{S\alpha}$$

**Formül 1.** Sabine Eşitliği (Everest, Pohlmann 2009: 156)

Formülde;

RT<sub>60</sub> = Yansıım Süresi, sesin 60 dB sönümlenmesi için geçen zaman (sn),

V = Oda hacmi (m<sup>3</sup>),

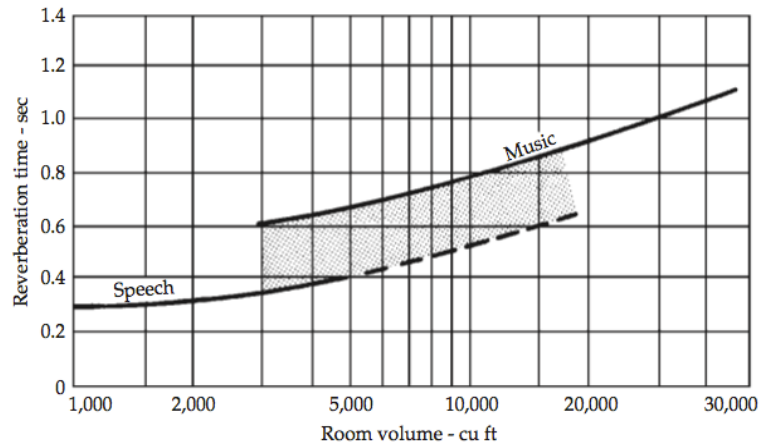
S = Oda yüzeylerinin alanı (m<sup>2</sup>),

$\alpha$  = Odanın ortalama emicilik katsayısı,

$S\alpha$  = Odanın “Sabine” cinsinden toplam emiciliğidir.

Bu formül 0.3 ve daha düşük emicilik katsayısına sahip odalar için (%6’lık hata payı ile) geçerli olup, emicilik arttıkça doğruluğunu yitirmektedir (Gade 2007).

Yansıma süresi değerlendirmelerinde ilk yansımaların önemi ortaya konduktan sonra farklı değerlendirme parametreleri belirlenmiştir. Bu nedenle, yansıma süresinin saptanmasında EDT, T20, T30 sönümlenme değerleri kullanılır. EDT (early decay time) kaynak kapatıldıktan sonra ses seviyesindeki 10 dB’lik düşüş eğiminin 60 dB’ye tamamlanması, T20 (-5 dB’den -25 dB’ye) 20 dB’lik düşüş eğiminin 60 dB’ye tamamlanması, T30 ise (-5 dB’den -35 dB’ye) 30 dB’lik düşüş eğiminin 60 dB’ye tamamlanması olarak tanımlanmaktadır (Ivancevic, Domitrovic, Fajt 1997).



**Şekil 1.** Stüdyolarda Müzik ve Konuşma İçin Yansıma Süresinin Oda Hacmi ile İlişkisi (Everest, Pohlmann 2009: 349)

Şekil 1’de stüdyolarda müzik ve konuşma için optimum yansım süresi ve oda hacmi arasındaki ilişki gösterilmektedir. Ek olarak, müzik performansları için bir odadaki bas frekans bölgesindeki yansım sürelerinin diğer frekanslara göre daha yüksek olması müziğe dolgunluk (sonority) ve sıcaklık (warmth) katılması açısından istenilen bir durumdur (Everest, Pohlmann 2009: 173).

## 1.2. Emicilik (Absorption):

Emicilik bir malzemenin ses dalgalarını soğurma özelliğini ifade eder. Ses dalgaları farklı ortamlar arasında geçiş yaparlarken, bu ortamlardaki yoğunluk farkları nedeniyle kırılmaya uğrarlar. Kırılan ses dalgalarının enerjileri, enerjinin korunumu yasasına göre ısı şeklinde harcanır. Emicilik, ses dalgalarının emici malzemeye geliş açısı ve frekansları ile değişim göstermektedir. Maddelerin emiciliklerini değerlendirmede *emicilik katsayısı* kullanılır. Emicilik katsayısı  $a$  ya da  $\alpha$  ile gösterilir ve 0-1 arasında bir değerdir. Bir malzemenin kalınlığı, yerleştirildiği yüzeye olan mesafesi, gözenekli oluşu gibi özellikler o malzemenin emiciliğini arttırmaktadır.

Alanı ve emicilik katsayısı bilinen bir yüzeyin emiciliği aşağıdaki gibi hesaplanır (Everest, Pohlmann 2009: 181):

$$A = S \alpha$$

**Formül 2.** Alanı Bilinen Yüzeylerin  
Emiciliğini Hesaplama

Formülde;

A: Emicilik birimi (sabin),

S: Yüzey alanı (metre kare ya da feet kare),

$\alpha$ : Emicilik katsayısı

Bir odanın içerisindeki toplam emicilik, tüm yüzeylerinin Sabin değerlerinin ayrı olarak hesaplanması ve bu değerlerin aritmetik olarak toplanması ile bulunur.

**Formül 3.** Sabine Cinsinden

$$\Sigma A = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + S_3\alpha_3 + \dots$$

Toplam Emicilik (Everest,  
Pohlmann 2009)

Odanın ortalama emicilik katsayısı aşağıdaki formülde olduğu gibi hesaplanır;

$$\alpha_{\text{ortalama}} = \Sigma A / \Sigma S$$

**Formül 4.** Ortalama Emicilik  
(Everest, Pohlmann 2009)

Üreticiler akustik malzemelerinin emiciliklerini standart frekanslar olan 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 ve 8000 Hz frekanslarda hesaplar ve yayınlarlar (Everest, Pohlmann 2009)

**1.3. Sesin Yayılımı (Diffusion):**

Bir kaynaktan çıkan ses dalgaları her yöne doğru yayılma eğilimindedirler. Teoride bu yayılımın küresel olduğu ve kaynağın bir nokta kaynağı olduğu kabul edilir. Ancak pratikte oda içerisinde oluşan durağan dalgalar, yansımalar, kırılmalar ve emilim gibi etkenler nedeniyle ses dalgalarının yayılımı frekansa bağlı olarak düzensizlikler göstermektedir (Gade, Rossin 2007). *Ses yayılım alanı* (Diffuse Sound Field) olarak adlandırılan ve kaynaktan çıkan seslerin oluşturduğu dinleme bölgesindeki bu düzensizlikler, kapalı bir mekanda dinleyicilerin kaynağın yerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır.

Ses kaynaktan çıktıktan sonra kaynağın üretildiği kaynağın yayılım diyagramına göre ortamda yayılır. Bu noktada kaynağın yönselliği önemlidir. Bu yönsellik özellikle akustik hesaplamalarda önemli bir parametredir. Literatürde genelde ölçümler omnidirectional (tüm yönlü) kaynaklar ile yapılırken, amacına göre değişik kaynaklar da kullanılır.

Bir oda içerisinde sesin yayılımı genel olarak oda formuna, oda yüzeylerinin emicilik miktarına ve farklı frekansların davranışlarına bağlıdır.

#### 1.4. Oda Modları ve Oranlar:

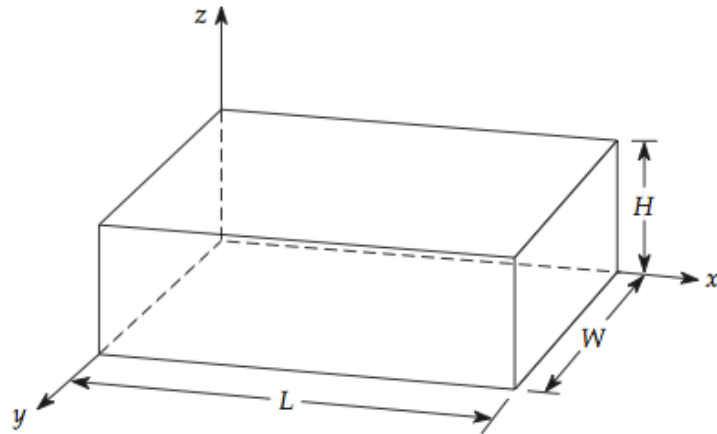
Literatürde Mod'lar olarak bilinen rezonans frekansları kapalı bir alan içerisinde oluşan ve oda boyutları tarafından belirlenen doğal rezonans frekansları olarak tanımlanırlar. Axial, Tangential ve Oblique olarak adlandırılan Mod'lar sırasıyla iki, dört ve altı yüzey arasında oluşan Modal Rezonans'ları temsil etmektedir. Bu Mod'ların odanın rezonans karakterini belirlemedeki önem sırası Axial, Tangential ve Oblique şeklindedir. Bu önem sırası Mod'ların oda içerisindeki enerji büyüklükleriyle doğru orantılıdır. Modal Rezonans'lar küçük ve orta boyutlardaki mekanların bas frekanslardaki akustik karakterini belirlemede önemli olup, dinleyicinin oda içerisindeki konumunda oluşacak frekans cevabı üzerindeki etkileri büyüktür.

Aşağıdaki şekilde x-y-z koordinat sistemine yerleştirilmiş bir odanın uzunluk, genişlik ve yüksekliği harfler ile temsil edilmektedir. Burada;

L: Odanın uzunluğu

W: Odanın genişliği

H: Odanın yüksekliğini metrik sistemde ifade etmektedir.



**Şekil 2.** X-Y-Z Koordinat Sistemine Yerleştirilmiş Bir Odanın Uzunluk, Genişlik ve Yüksekliğinin Harfler ile Temsili

Oda Mod'larının hesaplamasında ilk olarak Rayleigh tarafından ortaya konulmuş olan formül şöyledir;

$$\text{Modal Frekans} = \frac{c}{2} \sqrt{\frac{p^2}{L^2} + \frac{q^2}{W^2} + \frac{r^2}{H^2}}$$

**Formül 4.** Rayleigh Modal Frekans Hesaplama Formülü (Everest, Pohlmann 2009:230)

L, W, H: Odanın uzunluk, genişlik ve yüksekliği,  
p, q, r: 0, 1, 2, 3,.. Tamsayılar,  
c: Sesin ortamdaki hızı (hava için yaklaşık 343 m/sn)

Yukarıdaki formül ile boyutları belli olan bir odanın Modal frekanslarını saptamak için p, q, r sembollerinden biri ya da bir kaçına tamsayı değerleri verilir.

Modal aktivite, modal frekansın dalga boyunun yarısı ve çeyrek uzunluğunda da etkindir. Farklı Mod'ların aynı ya da birbirlerine yakın frekanslarda yer almaları odanın o frekanslarda rezonansa geçmesine neden olur. Bununla birlikte rezonans frekanslarının aralarındaki genlik farklılıkları fazla olması odanın frekans cevabı üzerinde olumsuz bir etki yapar (Everest, Pohlmann 2009: 231).

#### 1.4.1. Oda Oranları:

Herhangi bir dinleme odasında oluşacak olan modal frekanslar, mevcut hacmin boyutları ile birebir ilişkilidir. Yaşam alanları düşünüldüğünde en çok karşılaşılan odalar akustik anlamda küçük odalardır ve şekilleri ise çoğu zaman dikdörtgen prizma şeklindedir. Bununla birlikte küp şeklindeki odalar olabilecek en kötü modal frekanslara sahip odalardır. Bunun nedeni bu tür odaların duvarları arasındaki mesafelerin eş olmasından kaynaklanır. Böylece oda içerisinde oluşacak olan Axial Mod'lar aynı problematik frekansta yer alacaktır. (Everest, Pohlmann 2009: 247).



Oda oranları ile ilgili matematiksel hesaplamalar ilk olarak 1940'lı yıllarda Bolt tarafında yapıldı. Literatürde farklı optimum oda oranları önerilmiştir. Bunlar arasında Louden 1:1.4:1.9 oranını, Bolt 2:3:5 ve 1:1.25:1.6 oranlarını, Cox 1:1.55:1.85 ve 1:2.19:3 oranlarını, European Broadcasting Union 1:1.96:2.59 oranını ortaya koymuştur. Genel olarak Cox'un önerdiği oranların frekans cevabı açısından daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (Sarris, 2011).

#### **1.4.2. Bas Frekans Kontrolü:**

Kapalı bir mekanda bas frekans kontrolü ilk bakışta o mekanın büyüklüğü ile birebir ilişkilidir. Oda hacmi büyüdükçe, o oda içerisinde oluşacak olan modal frekanslar giderek daha düşük frekanslara kayar. Bu nedenle kayıt odasının büyük olması tercih edilen bir durumdur. Ek olarak kayıt odalarının inşasında önerilen oda oranlarının tercih edilmesi ve paralel olmayan duvarlar, modal frekansların etkilerini minimuma indirecektir.

Bas frekans kontrolü için membran emiciler (panel emiciler), Helmholtz rezonatörler ve bas kapanları (Bass Traps) kullanılır. Basit bir membran emicinin arka kısmı yarı kapalı ya da kapalı ahşap bir kasadan oluşur. Kasanın iç kısmında arka yüzeye taş yünü yerleştirilir. Kasanın açık kısmı diyafram görevi görecektir düşük bükülme direncine (low bending stiffness) sahip esnek bir malzeme ile kaplanır. Diyafram ile taş yünü arasında kalan hava, süspansiyon yayı gibi işlev görür. Membran emicilerde diyaframa çarpan ses dalgasının enerjisinin büyük bir kısmı ısı enerjisine çevrilerek yok olur. Bu bas emiciler genellikle odanın köşelerine ya da duvarlar yerleştirilir. Membran emicilerin rezonans frekansı şu formülle hesaplanır;

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{md}}$$

**Formül 5.** Membran Emicilerin  
Rezonans Frekansı (Everest, Pohlmann  
2009)

Formülde;

f<sub>0</sub>= Rezonans frekansı (Hz)

m= Membran yüzeyin yoğunluğu (kg/m<sup>2</sup>)

d= Hava boşluğunu(m) ifade eder.



**Şekil 3.** Prima Acoustics FullTrap Membran Emiciler

Helmholtz rezonatörler bas frekans kontrolünde oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Bir şişenin ağız kısmına hava üflediğinde ağız genişliği, derinliği ve hacmine bağlı bir rezonans frekansında çınlamaya başlar. Helmholtz rezonatörlerin de çalışma prensibi böyledir. Silindirik ya da kare şekilli ağız boşluğuna sahip olan iki çeşidi vardır (Şekil 4).

Ağız açıklığı kare şeklinde olan Helmholtz rezonatörün frekans hesaplaması şöyledir;

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V(1 + 2\Delta l)}}$$

Formülde;

f<sub>0</sub>= Rezonans frekansını (Hz)

**Formül 6.** Helmholtz Rezonatör  
Frekans Hesaplaması (Kare)  
(Everest, Pohlmann 2009)

$c$  = Sesin havadaki hızını (343 m/s)

$S$  = Rezonatörün açıklığının enine kesit alanını ( $m^2$ )

$V$  = Rezonatör hacmini ( $m^3$ )

$l$  = Rezonatörün boğaz uzunluğunu (m)

$2\Delta l$  = Rezonatör açıklığı için düzeltme faktörü =  $0.9a$ 'yı ( $a$ , açıklığın kenar uzunluğu) ifade eder.

Ağız açıklığı daire şeklinde olan Helmholtz rezonatörün frekans hesaplaması şöyledir;

$$f_0 = \frac{100}{\sqrt{V(l + 1.6R)}}$$

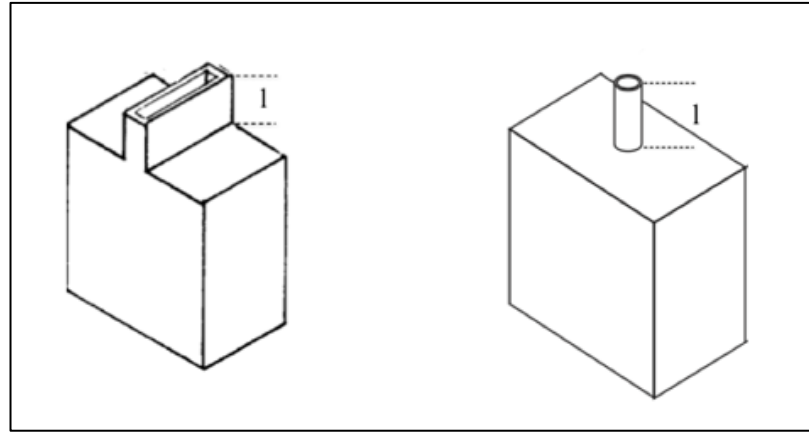
**Formül 7.** Helmholtz Rezonatör  
Frekans Hesaplaması (daire) (Everest,  
Pohlmann 2009)

Formülde;

$R$  = Açıklığın yarıçapını (m)

$V$  = Rezonatörün hacmini ( $m^3$ )

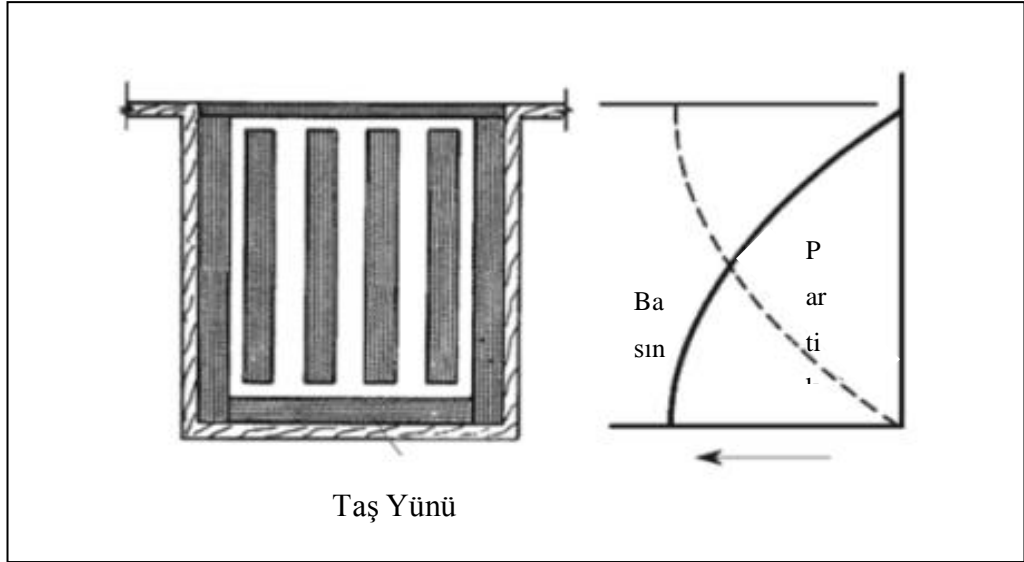
$l$  = Rezonatörün boğaz uzunluğunu (m) ifade eder.



**Şekil 4.** Helmholtz Rezonatörler

Birçok bas emici düşük oktavlarda çok işlevsel değildir. Gerçek bas emiciler yani bas kapanları (reactive cavity absorbers), stüdyolarda en düşük oktavlarda oluşan durağan dalgaları azaltmak için kullanılır.

Bu bas kapanları, içerisi emici malzeme ile kaplanmış bir kutu şeklindedir. Kutunun derinliği hedeflenen frekansın dalga boyuna göre belirlenir. Kutu derinliği hava partiküllerinin hızının en yüksek olduğu (söz konusu frekansın) çeyrek dalga boyuna denk gelecek şekilde seçilir. Kutunun arka kısmında partikül hızı en düşük ve sürtünme en fazla değerdedir. Böylece ses dalgasının enerjisi sürtünmeyle etkin bir şekilde harcanır (Everest, 2009).



Şekil 5. Bas Kapanı (Everest, Pohlmann 2009)

### 1.5. Difraksiyon (Diffraction):

Bir ses dalgasının karşılaştığı bir engelden, açıklıktan ya da menfezden geçerken bükülüp yön değiştirmesine difraksiyon denir. Teoride, sesin iletici ortamda ilerlerken basınç ve gevşeme alanları oluşturduğu ve düzgün çizgiler halinde yayıldığı düşünülür. Bu çizgilere dalga yüzleri (wavefronts) denir. Dalga yüzleri düz doğrular halinde hareket ederler. Ses ışınları (sound rays) kavramı yüksek ve orta

frekanslar için geçerli olup, dalga yüzüne göre dikey çizgiler şeklinde yayılan ışın demetleri olarak düşünülebilir. Dalga yüzleri ve ses ışınları bir engelle karşılaşmadıkça düzgün çizgiler şeklinde yayılırlar. Ancak engeller sesin orijinal yönünün değişmesine neden olur. Yönel değişimle ortaya çıkan bu mekanizmaya difraksiyon denir. Düşük frekanslar yüksek frekanslara göre daha fazla bükülürler. Sesin dalga boyu karşılaştığı engelin boyundan küçük ise engel arkasında akustik gölge olarak adlandırılan bir bölge oluşur. Dalga boyu sabit tutulup engel büyütülürse akustik gölge de büyür.

Ses dalgaları bir menfezden (aperture) geçerken kırılmaya uğrarlar. Tıpkı bir engelin çevresinde oluşan bükülme gibi, bir açıklıkta meydana gelen bükülme de dalga boyuna bağlıdır. Bir açıklığın genişliği, içinden geçen ses dalgasının boyundan daha büyük olduğunda dalgalar menfezden geçerler ve nispeten düzgün saçılmalarla yayılırlar. Ancak dalga boyu menfezin genişliğinden büyük olduğunda bükülme fazladır (Everest, Pohlmann 2009).

Difraksiyon kontrol odalarında bulunan konsol ve diğer mobilyaların köşe ve kenarlarında oluşur. Bu özellikle küçük hoparlör kasalarının keskin kenarlarının bağımsız birer ses kaynağı gibi davranması sorununu yaratmaktadır. (Newell, 2011: 126). Kontrol odalarında duvar önüne yerleştirilen hoparlör kabinlerinin kenarlarında meydana gelen bükülmeler dinleyici pozisyonundaki ses kalitesini etkileyecektir (Everest, Pohlmann 2009).

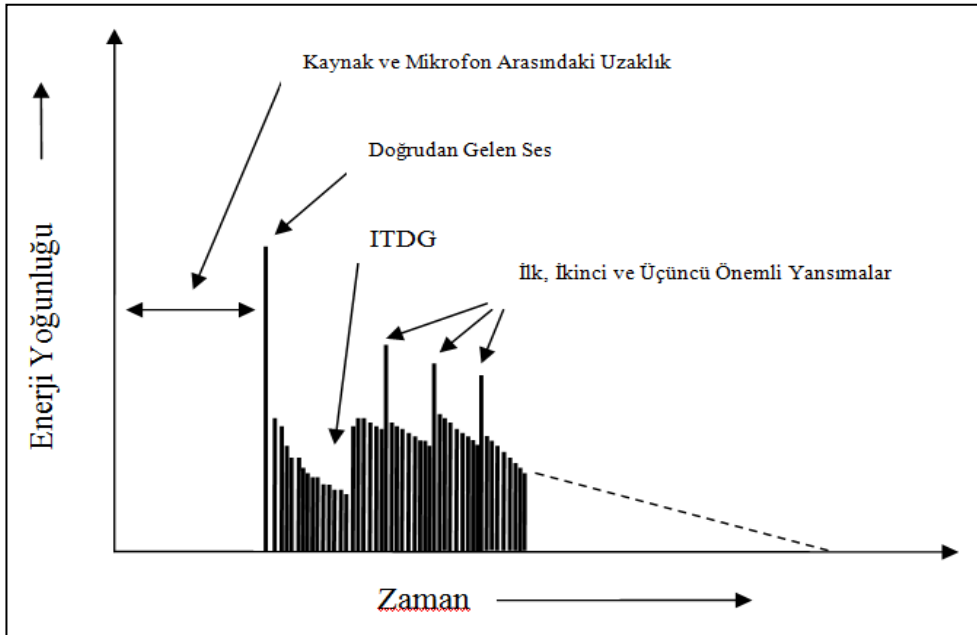
## **1.6. Refraksiyon (Refraction):**

Ses dalgaları ortamda ilerlerken, yoğunluğu farklı bir iletici ortama geçtiklerinde önceki doğrultularından sapıp yön değiştirirler. Bu duruma Refraksiyon (kırılma) denir. Ses tıpkı ışık gibi farklı yoğunluklardaki ortamlarda farklı hızlarda ilerler ve hız farkı bükülmelere neden olur. Kırılmaya neden olan bir başka durum da sıcaklığın sesin hızıyla birebir bağlantılı olmasından kaynaklanır. Sesin hızı sıcaklık arttıkça artar. Açık havada ilerleyen ses dalgaları sıcak hava ile karşılaştıklarında hızları artar ve soğuk olan kısma; yani yeryüzüne doğru bükülürler. Bu nedenle kırılma açık havada sesin uzak mesafelere kadar iletilmesinde önemli bir rol oynar. Refraksiyonun ses üzerindeki etkisi kapalı mekanlarda, açık havada olduğundan daha

az önem taşır. Kayıt stüdyoları gibi küçük mekanlarda refraksiyonun akustik karakter üzerindeki etkisi önemsizdir (Everest, Pohlmann 2009).

### 1.7. ITDG (Initial Time Delay Gap):

ITDG kaynaktan alıcıya gelen direkt ses ile ilk yansıma ses arasındaki zaman farkını ifade eder ve mekan içerisindeki ses alanındaki ilk yansımaları belirlemede önemlidir. Oda büyüdükçe ITDG değeri artmaktadır. Beranek'in konser salonları üzerinde yaptığı çalışmalarda denekler aynı ITDG süresine sahip odaları daha yüksek değerler puanlandırmışlardır. Bu konser salonlarının ITDG değerleri 20 ms civarındadır.



Şekil 6. ITDG Süresinin Gösterimi (Davis, Davis, 1980: 591)

Davis ITDG süresinin stüdyolar ve kontrol odaları için de önemli bir akustik ölçüt olduğunu vurgulamıştır (Davis, 1979). Kayıt odaları genellikle kontrol odalarından büyük oldukları için ITD boşlukları daha büyüktür. Bu nedenle kayıttan tekrar çalım sırasında bir kontrol odasındaki ITD süresi mevcut kayıttaki yer alan

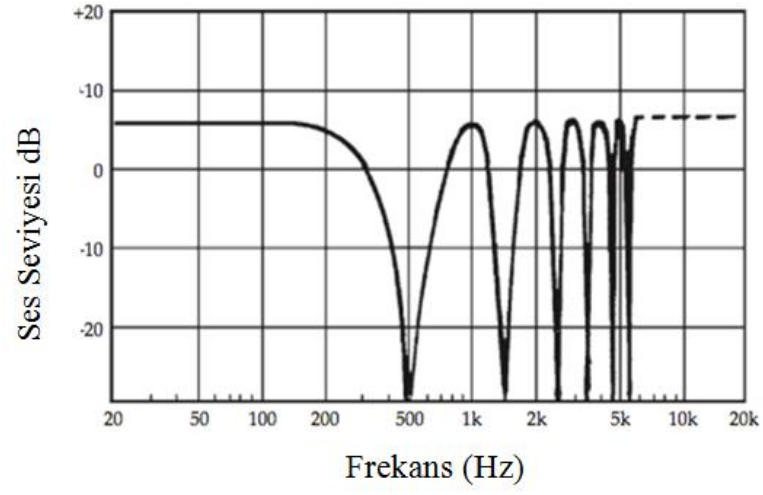
mekanın ITD süresini maskelemektedir. Bunu engellemek için kontrol odasının ITD süresinin kayıt odasının ITDG süresinden daha uzun olması gerekir. İdeal olarak ITD süresi Kayıt stüdyoları için 10-30 ms aralığında olmalıdır. Bu Haas'ın yaptığı çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır.

### **1.8. Yansıma (Reflection):**

Yansımalar bir odanın büyüklüğü, şekli ve sınırları hakkında önemli bilgiler içerir. Aynasal yansımalar (specular reflections) ses dalgalarının düz bir yüzeyden yansıması ile oluşur. Düz yüzeyler arasında meydana gelen yansımalar Flutter Echo ve Axial Mod'ları oluştururlar. Düz bir yüzeye belirli bir açı ile gelen ses dalgaları yine aynı açı ile yansır. Bu yansıma sesleri, orijinal sesin çarptığı yüzeyin arkasındaki bir sanal kaynaktan çıkmış gibi düşünebiliriz. Sanal kaynak orijinal kaynağın yüzeye göre izdüşümüdür. Bir diğer yansıma yayılmış yansımadır. Asal sayı sıralarına göre düzenlenen girinti ve çıkıntılardan oluşturulan yüzeyler sesi, geliş açısına bakmaksızın tüm yönlere eşit bir biçimde yansıtır (Everest, Pohlmann 2009).

### **1.9. Tarak Filtreleme (Comb Filtering):**

Tarak filtreleme, oda akustiği açısından, bir duvar önüne yerleştirilmiş hoparlörden doğrudan ve yansıyarak alıcıya gelen sesler arasındaki faz farklarının neden olduğu bir etkidir. Şekil 4'de tarak filtrelemenin neden olduğu spektral etki görülmektedir(Everest, Pohlmann 2009).



**Şekil 7.** Tarak filtreleme (Comb Filter) Etkisinin Tayf üzerinde Gösterimi (Everest, Pohlmann 2009: 142)



## İKİNCİ BÖLÜM

### SES KAYIT STÜDYOLARI VE KONTROL ODALARINDA TASARIM YAKLAŞIMLARI

#### 2.1. Ses Kayıt Stüdyoları:

Profesyonel kayıt stüdyoları müzik albümlerinin düzenleme, kayıt ve karıştırma (mixing) işlemlerinin yapıldığı belli başlı mekanlardır. Tipik bir ses kayıt stüdyosu iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım performansın yapıldığı kayıt odası, ikinci kısım ise performansın kayıt edildiği mekandır. Genelde kayıt odalarının tasarımları yapılacak performansın tarzına bağlı olarak da değişiklikler gösterir. Ancak kontrol odalarının akustik karakterlerinin olabildiğince eş özelliklere sahip olmaları beklenir. Long iyi bir kayıt stüdyosunun şu özelliklere sahip olması gerektiğini belirtir (Long 2006: 771):

- NC 10-15 değerlerinde- Gürültüsüz
- Yapının diğer bölümlerinden gelen gürültülere karşı iyi izolasyona sahip (yapısal gürültü kaynakları dahil)
- Flutter Echo gibi akustik kusurlardan bağımsız
- Yeterli emilime sahip olma (genelde değişken)
- Uygun yayılıma imkan sağlama
- Farklı çalgıların kaydı için izole edilmiş alanlara sahip
- Kontrol odası ve kayıt odası arasında görsel iletişime olanak sağlama
- Bas frekanslardaki yansımının ve modal rezonans oluşumunun kontrollü olması

Stüdyolar genel amaçlı farklı tercihleri karşılayacak şekilde tasarlanabilirler. Ev Stüdyoları (Home Studios), Sahne Stüdyoları, Notalandırma Stüdyoları (Scoring Studios), Foley (Ses efekt) ve diyalog yerleştirmelerin yapıldığı ADR (Automatic

Dialog Replacement) stüdyoları, farklı amaçlara uygun olarak tasarlanan stüdyolardır.

## **2.2. Ses Kayıt Stüdyolarının Tarihsel Gelişimi ve Tasarım Yaklaşımları:**

Tarihsel süreç içerisinde ses stüdyoları radyo istasyonlarının içinde bulunan mekanlardı. Radyo istasyonları San Francisco’da 1910’lu yıllarda Charles Herrold’ın yaptığı ilk “broadband” radyo yayınından yaklaşık 25 yıl sonra, orkestra kayıtlarını daha sonra tekrar yayınlamak amacı ile plaklara kaydetmeye başladılar. O dönemlerde albüm kayıtları genelde konser salonlarında ya da radyo istasyonlarında yapılıyordu. 1949’dan 1963 yılına kadar Blackhawk, Jazz Workshop, El Matador gibi o dönemin caz kulüpleri canlı kaydın yapıldığı önemli mekanlardı (Johnson, 2006: 11).

RCA, Columbia ve Decca ile birlikte çabucak büyüyen Capitol Records gibi plak şirketleri kayıt endüstrisinin büyük bir bölümüne hakimdiler. 1940’lı yılların sonlarına doğru bağımsız stüdyolarının sayısı azdı. Bunlar arasında Hollywood’daki Radio Records öne çıkmaktaydı. Chicago’da Universal Recording Company 1946 yılında kuruldu ve bir yıl sonra adını duyurmaya başladı. Bu şirketler kayıtları için, kendi stüdyoları dışında o dönemin akustik açıdan dikkat çeken ve büyük orkestralar için uygun konser salonlarını kullanıyorlardı. Columbia pop kayıtları için Liederkrantz Hall’u kullanıyordu. Bu müzikholde yapılan orkestra (Big Band) kayıtları, dönemin stüdyolarında yapılan orkestra kayıtlarından çok daha iyiydi (Putnam, 1980).

40 ve 50’li yıllarda kayıt şirketlerindeki stüdyolar yaklaşık 424-990 metre küp (15- 35 bin kübik feet) hacmindeydi. Akustik iyileştirmeler genelde perdeler, arka kısmı taş yünüyle kaplı delikli paneller, Celotex C2 ve diğer akustik levhalar ile sağlanmaktaydı. Polisilindirik yayıcıların ilk olarak RCA ve NBC gibi stüdyolar tarafından kullanıldı ve sonradan diğer bağımsız stüdyolarda da kullanımları arttı. Putnam, bas frekans bölgesindeki emiciliğin kayıtlarda çamurlaşma etkisi yaratıldığını ve bu etkinin 40’lı yıllardaki kayıtları karakterize ettiğini söyler. Putnama’a göre çamurlaşmaya neden olan etkenlerden birincisi, odanın bas frekans bölgesinde yüksek yansım süresine sahip olması, ikincisi ise o dönemlerde kullanılan

mikrofonların kutupsal biçimleri (polar patterns) ve eksen dışı özellikleridir (Putnam, 1980).

Tek kanaldan iki kanallı dinlemeye geçiş dönemi olan 50'li yıllarda çoğu kontrol odası, hacim olarak yetersizdi ve iki kanallı dinleme için gerekli olan geometrik özelliklere sahip değildi. Monitör hoparlörler oda içerisine ses sistemiyle olan uyumuna bakılmadan ve oda akustiği düşünülmeden yerleştiriliyordu. (Putnam, 1981)

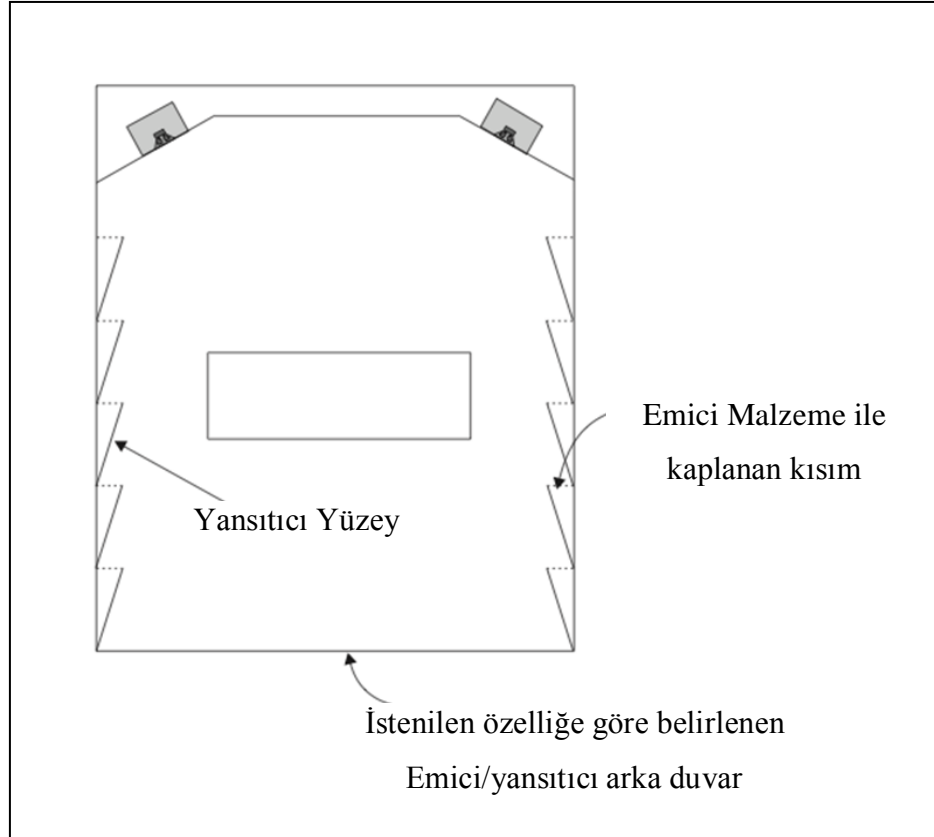
Stereo kayıt tekniğinin ticari olarak kullanımının yaygınlaşmaya başlaması ile kontrol odalarında; hoparlör yerleşimi, dinleme pozisyonu, simetri ve bunlara bağlı olarak oda geometrisi gibi tasarım özellikleri önem kazanmaya başladı.

1958 yılında, hem stereo hem de mono dinlemeye olanak sağlayacak şekilde tasarlanan ilk stüdyolardan biri olan United Record Corp'un B stüdyosu Bill Putnam tarafından tasarlandı. Bu stüdyo ayrıntılı tasarım özelliklerine sahip olan ilk stüdyoydu. Adı geçen stüdyonun kontrol odasında üç adet monitörden biri mono dinleme, diğer ikisi ise stereo dinleme için kullanılıyordu. Ayrıca bu oda bas frekansların istenmeyen etkilerini azaltmak amacı ile olabildiğince büyük tasarlanmıştı (Putnam, 1960). Bu tasarım 1960'da Western Record stüdyolarının inşasında da kullanıldı ve o dönem üç numaralı stüdyo efsanevi olarak adlandırıldı.

1960'dan önemli tasarımcılardan biri de Tim Hidley'dir. 80'lerin ortalarına kadar birçok stüdyonun tasarımını yapmış olan Hidley'e göre, iyi bir stereo imaj için kontrol odaları simetrik olmalı, yansımalar arka duvardan ve tavandan gelmemelidir. Hoparlörler duvara gömülü olmalı, yansıma süresi bas frekans bölgesinde kısa olmalıdır. Hidley aynı tasarım yaklaşımını 1982 yılında Danish Radio'nun klasik müzik kayıtları için kullanılan 1 numaralı stüdyonun kontrol odasında ve 1984 yılında Danish Radio Corp'a yeni bir stüdyo tasarlarken de kullandı (Voetmann, 2007).

1966 yılında kontrol odalarında hoparlör yerleşimi ve akustik karakterin önemi John E. Volkmann tarafından ortaya konmuştur. Volkmann'a göre hoparlörlerin miks mühendisine uzaklığı 20-25 cm fazla olmamalıdır. Bunun nedeni

miks mühendisine doğrudan ve yansıyarak gelen seslerin enerji seviyelerinin dengeli olmasını sağlamak, böylece tarak filtreleme etkisini en aza indirmek. Bu Volkmann'ın Nashville'deki RCA stüdyolarını tasarlarken vurguladığı bir özelliktir (Volkmann, 1966).

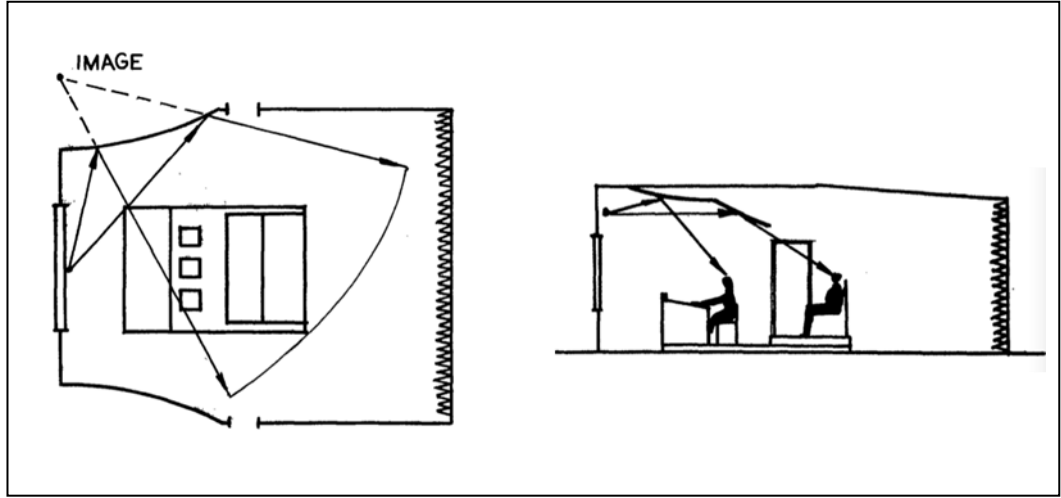


**Şekil 8.** DDA (Directional Dual Acoustics) Kontrol Odası Tasarımının Üstten Görünüşü (Newell, 2011: 388)

1970'lerin ortalarında Wolfgang W. Jensen tarafından önerilen kontrol odası tasarımı DDA (Directional Dual Acoustics) olarak adlandırılmıştır. Bu tasarımda kontrol odasının yan yüzeyleri testere dişi şeklinde yerleştirilmiş paneller ile kaplanmıştı (Şekil 8). Bu panellerin odanın ön kısmına bakan kumaşla kaplı dik kenarları emici, odanın arka kısmına bakan yüzeyleri ise yansıtıcı özelliindedir. Odanın arka duvarı, istenilen akustik özelliklere göre emici ya da yansıtıcı olarak tasarlanıyordu. Bunun nedeni odanın bas frekans bölgesindeki sönümlenme süresinin

konutlardaki sönümlenme değerlerine yakın olmasını sağlamaktı. Jensen'in tasarımının dikkat çekici olmasının nedeni canlı akustik koşulları sağlamasıydı (Newell, 2011).

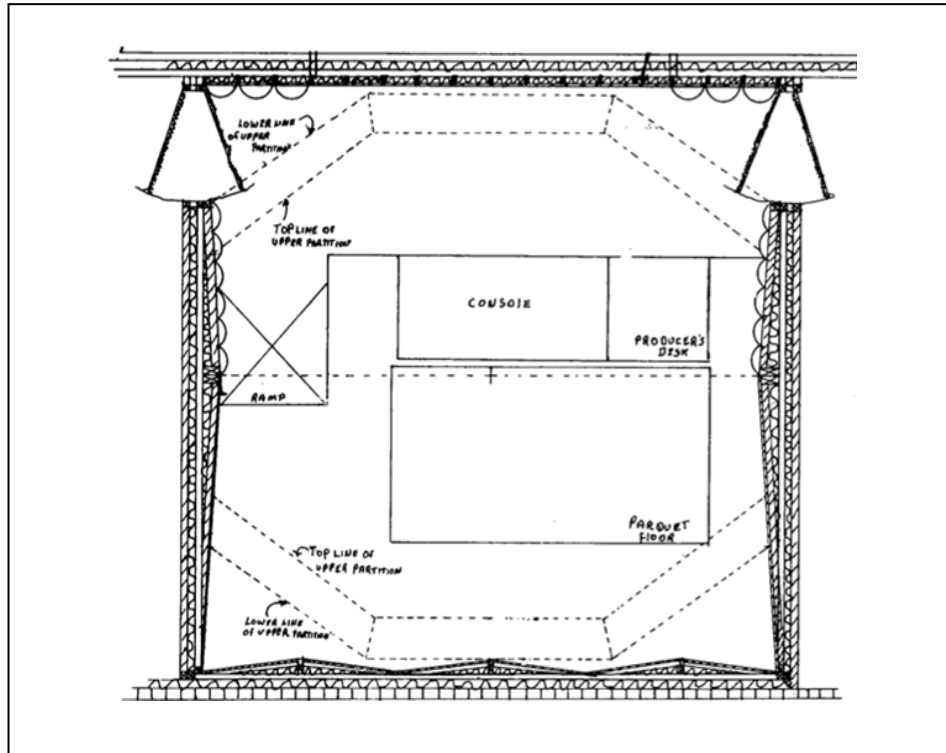
1977 yılında Mike Rettinger ön kısmı korna benzeri (horn shape) bir oda şekli önerdi (Şekil 9). Ortadan ikiye bölündüğünde ön kısmı korna benzeri olacak şekilde tasarlanan oda yaklaşık 140 m<sup>3</sup> hacmindeydi. Odanın ön tarafı, korna benzeri bir şekle sahipti ve yan kısımlar hariç biraz yansıtıcıydı. Asma tavanın ön kısmı, duvara gömülü monitörlerden doğrudan gelen sesi, miks mühendisine iletecek şekilde yansıtıcı özellikte, ön duvar ile kontrol masasının arası ise emici olacak şekilde tasarlandı. Arka-yan duvarlar ve arka-tavan optimum yansıma süresini sağlamak için orta derecede emici, arka duvar ise tamamen emiciydi (Rettinger, 1977).



**Şekil 9.** Horn Shape Kontrol Odası Tasarımının ve Yandan Üstten Görünüşü (Rettinger, 1977)

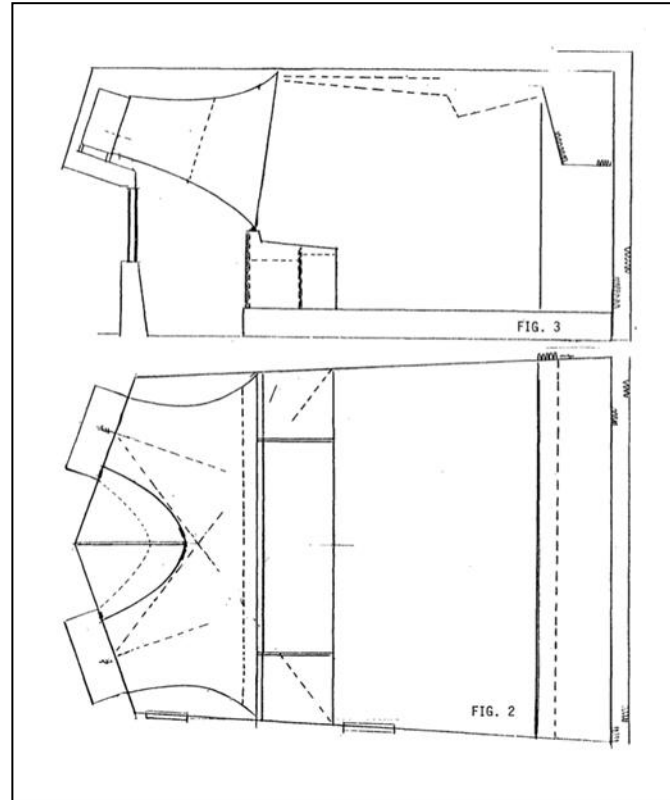
1978 yılında Chips ve Don Davis yeni bir tasarım olan LEDE'yi tanıttılar (Şekil 10). LEDE prensibinin önemli bir özelliği küçük boyutlu kontrol odalarına uygun olmasıydı (Voetman, 2007).

LEDE kontrol odaları kaynaktan alıcıya doğrudan ve yansiyarak gelen seslerin etkileşimi üzerine yapılan incelemeler ile ortaya çıkmıştır. Bu incelemeler miks mühendisinin konsol önünde ve kulak hizasında TDS (Time Delay Spectrometry) yöntemi ile yapılmıştır. LEDE kontrol odasında miks mühendisinin konsol önündeki dinleme pozisyonu, odanın canlı arka kısmı ile emici özellikteki ön kısmını ayıran bir düzlemdir. Odanın arka ve yan yüzeylerinde sağlanan yayıcılığın birincil işlevi tarak filtreleme etkisini ortadan kaldırmaktır. İkincil işlev ise erken yansımaların enerjilerini büyük oranda düşürmek ve odanın arka kısmındaki yayıcılığın enerjisini artırarak 10-20 milisaniyelik ITDG süresine ulaşmaktır. Böylece küçük oda koşullarında kaydın yapıldığı mekanın (genelde daha büyük) hacimsel varlığı elde edilebilir. Dinleme pozisyonunun ön duvara ya da arka duvara yaklaştırılması ITDG süresinin 10-30 milisaniye aralığında düzenlenmesine olanak sağlar. LEDE kontrol odasında bas frekans kontrolü sağlamak için duvarlarının sağlam yapılı ve asimetrik olacak şekilde tasarlanması önerilmektedir. Odanın büyüklüğüne bağlı olarak bas kapanları (bass traps) kullanılabilir (Davis, Davis 1980).



Şekil 10. İlk LEDE Kontrol Odasının Üstten Görünüşü (Davis, Davis 1980: 587)

1980'li yıllara gelindiğinde kontrol odasına tamamen entegre hoparlör fikri ortaya çıkmıştır (Şekil 11). Putnam'ın 1981 yılında tasarladığı kontrol odası modelinde hoparlör yerleşimi bir çift horn gibiydi. Kontrol odasındaki ön cam ve konsol arasında kalan boşluğun bas frekanslarda kestirilemez problemlere neden olmasından dolayı duvara gömülü hoparlörler horn benzeri eğimli bir kasa içine yerleştirildi ve bu kasa konsola kadar uzatıldı. Putnam bu tasarımı *Stereophonic Horn* olarak adlandırmaktadır. Böylece elektrik enerjisinin akustik enerjiye dönüşümünü daha verimli bir hale getirmeyi hedefleyen tasarımcı, oda içerisinde doğrudan gelen sesler ile yansıma seslerin oranını makul seviyede tutarak kritik dinleme pozisyonunu daha geniş bir alana yaymayı hedeflemiştir. Bu tasarımın ilk uygulaması, yaklaşık 105 metre küp hacme sahip bir odaydı. Bu odanın arka kısmı olabildiğince emicidir. Yan duvarlarının toplam yüzeyinin %60'ı, 25 dereceye kadar açı verilebilen paneller (Hinged Panels) ile kaplıdır(Putnam, 1981).

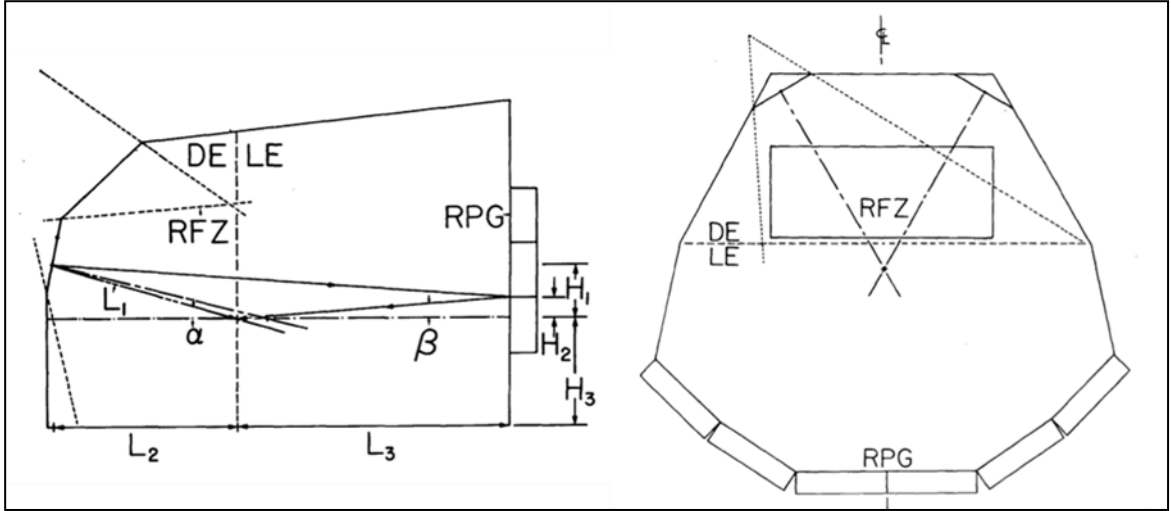


**Şekil 11.** Putnam'ın Tamamen Entegre Hoparlör Tasarımı Kontrol Odasının Yandan ve Üstten Görünüşü

Toyoshima tasarımı 80'li yıllarda tanıtıldı. O dönemlerde kontrol odalarında sub-woofer kullanımının artması ile düşük frekansların yalıtımı için daha iyi çözümler uygulanması gerekti. Yalıtımın zayıf olması akustik geri beslemeye neden olacağından, gözlem camı (observation window) 15-19 mm kalınlıkta iki ya da üç katman olarak kullanıldı. Bina dışı gürültü kaynaklarının neden olacağı etkilerden kaçınmak için stüdyo yüzer-zemin üzerine yerleştirildi. Tavan ve yan duvarlar için iki adet 15 mm kalınlığında alçı levhalar kullanıldı. Monitörle aralarında 3 metre mesafe ve dinleyici pozisyonuyla üçgen oluşturacak şekilde yerleştirildi. Akustik tasarımda çok katlı fiberglas ve bas emiciler kullanıldı. Tasarımcı ön duvarın akustik olarak canlı, arka duvarın ise ölü tasarlanmasını önermekteydi. Modal etkiyi azaltmak için arka duvar bas emiciler ile kaplıdır. Bu tasarımda, orta frekanslarda flutter echo oluşumunu engellemek ve bas frekansların kontrolü sağlamak için paralel ve geniş yüzeylerden kaçınılmalıdır. Tavandan çarparak gelen seslerin neden olduğu tarak filtreleme etkisini önlemek için odanın ön-tavan kısmına emiciler yerleştirilebilir. Kontrol odalarının akustik karakterlerinin gündelik yaşam alanlarından biraz daha ölü olması gerektiğine dikkat çeken Toyoshima, tasarladığı elli kontrol odasının yansıma süresi değerlerinin 0.15 ve 0.25 sn arasında olduğunu vurgulamaktadır (Toyoshima, Suziki 1986).

1984 yılında RFZ (Reflection Free Zone) prensibi Peter D'Antonio ve John H. Kohnert tarafından önerildi (Şekil 12). RFZ, LEDE prensibinin biraz daha geliştirilmiş halidir. Tamamen geometrik unsurlara dayanan bu fikir, dinleme yapılan hoparlörden doğrudan gelen seslerin, etkisiz bir şekilde yayılmasından kaynaklanan problemler üzerine ortaya konmuştu. RFZ fikri ile tasarımcılar 500-5000 Hz aralığında dengeli bir stereo imaj yaratmayı hedeflemişlerdi (D'Antonio, Kohnert 1984).





**Şekil 12.** RFZ (ReflectionFreeZone) Kontrol Odası Tasarımının Yandan ve Üstten Görünüşü (D'Antonio, Konnert 1984)

1991 yılında Tom Hidley ve Philip Newell Non-Environment tasarımını ortaya koydular. Kontrol odalarının dizayn tartışmalarının yaşandığı tüm bu yıllar boyunca her zaman karşılaşılan problem, söz konusu odaların akustik karakterlerinin farklı olmasıydı. Bu miks mühendisini, odanın hacimsel etkisi olmadan, hoparlörden doğrudan gelen saf sesi dinlemeye yönlendiriyordu. Non-Environment, diğer kontrol odası tasarım yaklaşımlarından farklı olarak yarı yansısız (Semi Anechoic) koşullara sahipti. Bu tasarımda yalnızca zemin ve ön duvar akustik açıdan canlı diğer duvarlar ve tavan ise neredeyse tamamen emiciydi. Maliyetli bir tasarım olması nedeniyle ancak bir kaç tane inşa edildi (Voetman, 2007).

1993 yılına gelindiğinde BBC stüdyolarından R. Walker, CID ( Controlled Image Design) fikrini tanıttı. Bu tasarımın temel prensibi dinleme noktasına ilk gelen yansımaların genlik kontrolünü olabildiğince az emici malzeme kullanarak, yansıtıcılarla kontrol altına almaktır. Böylece stereo imajı geliştirerek, odadaki akustik karakterin konutlardaki yansımaya süresine (0.3-0.4 saniye) sahip olmasını sağlamaktı (Walker, 1993).

1997'de Sound on Sound dergisinde yayınlanan bir yazıda Andrew Parry ESS (Early Sound Scattering) tasarımından bahsetmektedir (Parry, 1997). Bu tasarım hakkında çok fazla bilgi bulunmamakla birlikte, tasarımcıya göre LEDE ve RFZ kontrol odalarına alternatif bir yaklaşımdı. Bu tasarımda önemli nokta, oda yüzeylerinden kaynaklanan yansımaların aynı olmasıdır. Bu tasarım, istenen ilk yansımaları sağlamak adına oldukça yayıcı ön duvara sahiptir. Bu kontrol odasının LEDE ve RFZ gibi modellerle karşılaştırıldığında oldukça canlı, düzgün frekans cevabına sahip ve arka duvarın köşelerine kadar iyi bir stereo imajı sürdüren bir oda olduğu vurgulanmaktadır. ESS prensibi, çok küçük hacme sahip olan Lisa Stansfield'in Rochdale isimli stüdyosunun kontrol odasında, monitörlere çok yakın yer alan Amek 9098 konsolunun neden olduğu yansımaların RFZ gibi uygulamalarla çözülememesinden doğmuştur.

ESS tasarımı için başka bir örnek de Nashwill'deki *Blackbird C* stüdyosudur. George Messenberg tarafından 2000'li yıllarda düzenlenen stüdyonun zemin hariç tüm yüzeyleri 2D yayıcılar (Two Dimensional Diffusers) ile kaplıdır. Odanın frekans cevabının çok dengeli olduğu ve yayıcılar sayesinde tarak filtrelemenin ortadan kaldırıldığı tasarımcı tarafından belirtilmektedir. RPG yayıcıların tasarımcısı Peter D'Antonio bu odanın akustik özelliğini *Ambechoic* olarak tanımlamaktadır (Bonzai).

2006 yılında B. Petrovic ve Z. Davidovic'den, 76 ve 33 m<sup>3</sup> hacimlere sahip iki odanın, kontrol odası olarak tasarlanması istendi. İçerisinde çift kanal ve *Surround* dinleme yapılacak olan odalar, bir kontrol odasının olması gereken en küçük hacimden (80 m<sup>3</sup>) daha küçüktü. LEDE ve RFZ gibi kontrol odası tasarımlarının bu kadar küçük hacimlere uygulamak uygun bir çözüm olmadığı için, odalarda her duvar yayıcılar ile kaplandı. Tasarımcıya göre bu prensip 30 metre küplük odalardan 100 metre küplük ve hatta daha büyük hacimlere sahip odalara kadar uygulanabilir (Petrovic, Davidovic 2010).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### TEZ KAPSAMINDA BELİRLENEN KABULLER VE DENEY

Bu tez, aralarındaki geometrik farklılıklar, emici/yansıtıcı yerleşimlerdeki tercihler açısından dikkat çekici olan LEDE (Live-End Dead-End), RFZ (Reflection Free Zone), Toyoshima, DDA (Directional Dual Acoustics) tasarımları ile sınırlandırılmıştır.

Tez kapsamında küçük ve büyük iki farklı oda belirlendi. Her oda için dinleme noktaları, miks konsol yerleşimleri ve ön duvar şekillerinin aynı olması sağlandı. Ancak yaratılan iki temel oda formunun LEDE, RFZ, Toyoshima ve DDA tasarımlarına oturtulabilmesi için yan duvarlarda yapılacak değişiklikler kaçınılmazdır. Bununla birlikte, odalardaki ön-arka duvar arası mesafeler aynı tutulduğu için, odalar arasında küçük hacim değişiklikleri ortaya çıkacaktır. Odalar, hem yakın alan hem duvara gömülü hoparlörlerin kullanımına imkân verecek şekilde düzenlendi. Dinlemelerin iki kanallı (stereo) olacağı kabul edildi.

#### **3.1. Temel Oda Formları İçin Oran ve Hacim Kabulleri:**

İlk olarak Cox'un önerdiği oda oranlarına (Cox 1:1.55:1.85) uygun olacak şekilde iki farklı hacimde dikdörtgen prizmalar üç boyutlu modelleme programı ile çizildi. Tablo 1'de görüldüğü gibi, uzunlukları verilen iki farklı dikdörtgen prizmasının hacimleri literatürdeki küçük oda akustiği tanımına uygundur.

**Tablo 1.** Temel Oda formları İçin İlk Hacimler

Temel Oda Formu	Yükseklik (m)	Genişlik (m)	Uzunluk (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )
Küçük	3.5	5.425	6.475	122.944
Büyük	4.8	7.44	8.88	317.122

### **3.2. Odalarda Referans Dinleme Noktalarının Tayini ve Tavan Eğimlendirme:**

Miks mühendisinin yer alacağı konum, odaların ön duvarlarının açıldırılmasında referans noktasıdır. Referans dinleme noktasının tayininde dikkat edilen hususlar:

1. Bu noktanın odanın ön kısmına olan uzaklığının, ön-arka duvar arası uzaklığın %38 kadar olması (kesin bir kural olmamakla birlikte) ilk aşamada dikkate alınır (Winer).
2. Duvara gömülü hoparlörlerin güç değerlerine, etki alanlarına ve akustik akslarına dikkat edilmelidir.
3. Hoparlörlerin yerleştirilecekleri yüzeylerdeki konumları, duvarların X eksenine ya da bir başka deyişle zemine göre açıldırılmalarında oldukça önemlidir.

Yukarıda bahsedilen yaklaşımlar doğrultusunda referans dinleme noktasının saptanmasında ve odalardaki ön duvarların şekillendirilmesinde Genelec 1039a hoparlörlerinin teknik dataları dikkate alındı. Referans dinleme noktasının ön duvara olan uzaklığı küçük oda için yaklaşık 2,68 m, büyük oda için ise 3,40 m olarak tercih edildi. X-Y-Z Koordinat eksenine göre hoparlör akslarının konumları aşağıdaki Tablo 2 verilmiştir.

**Tablo 2.** Odalar için Hoparlör ve Referans Dinleme Noktası Koordinatları

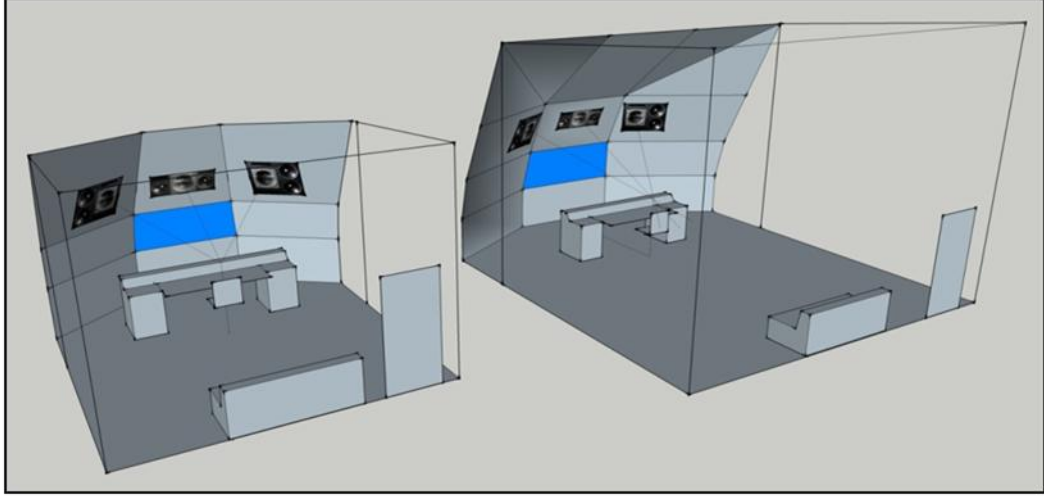
Temel Oda Formu	Koordinatlar (X-Y-Z)		
	Hoparlör		Referans Dinleme noktası
Küçük Oda	Sol	Sağ	2,6800 m
	0,7776 m	0,7776 m	2,7125 m
	1,2470 m	4,1780 m	1,4000 m
	2,3741 m	2,3741 m	
Büyük Oda	0,7434 m	0,7434 m	3,4000 m
	2,1695 m	5,2705 m	3,7200 m
	2,6700 m	2,6700 m	1,400 m

Tavan-zemin paralelliğinden kaçınılması amacıyla; *Küçük* ve *büyük* olarak adlandırılan temel formların tavanlarının beşer derecelik açılar ile çizilmesi, oda içerisinde meydana gelecek modal enerjiyi azaltmak ve flutter echo oluşumunu engellemek için önemlidir. Bu nedenle odaların arka duvar yükseklikleri; büyük oda için 0,7699 m, küçük oda için 0,5665 m kadar uzatılarak tavanlara beşer derecelik eğimler verildi.

Ek olarak miks konsolunun iki köşesine duvara gömülü hoparlörlerle aynı özelliklere sahip yakın dinleme hoparlörlerinin yerleştirildiği varsayıldı. Böylece, bu odalarda aynı özelliklere sahip hoparlörler ile yakın ve uzak dinlemede elde edilecek sonuçların karşılaştırılması hedeflendi.

### 3.3. Temel Oda Formlarının Ön Duvarlarının Şekillendirilmesi:

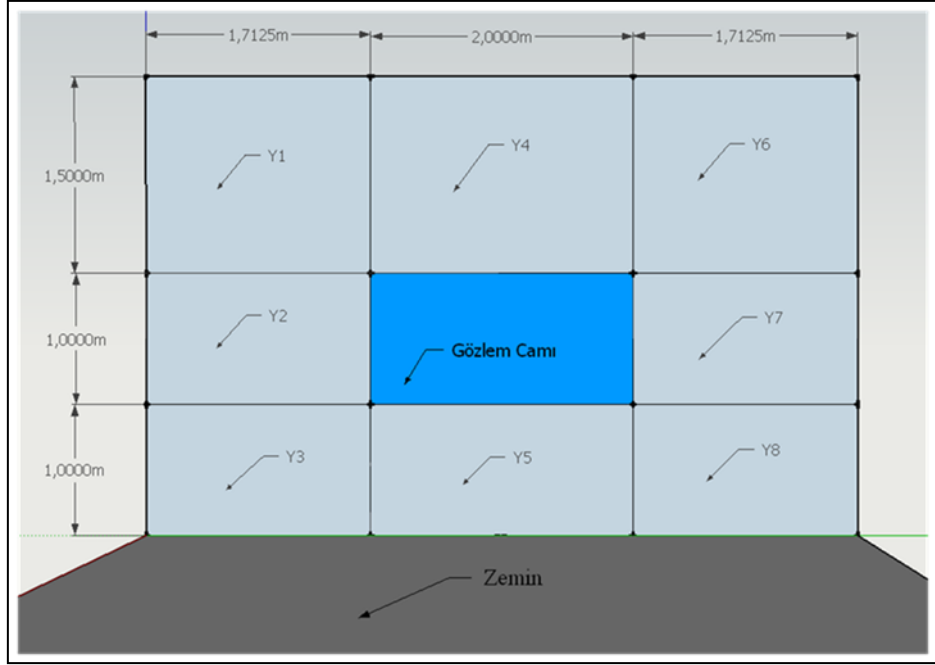
Şekil 13’de küçük ve büyük iki temel oda formunun son hali görülmektedir.



**Şekil 13.**Küçük ve Büyük İki Temel Oda Formunun Son Hali

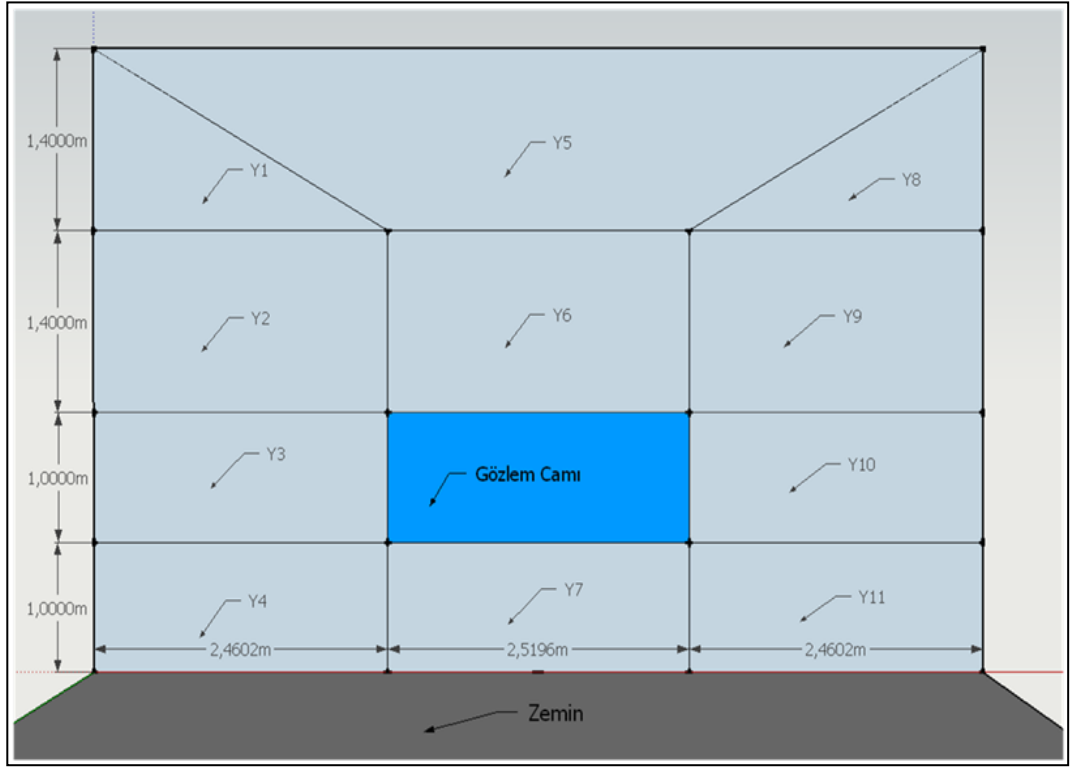
Temel oda formlarının Şekil 13’de görülen son hallerini elde etmek için: Odalarda kullanıldığı varsayılan duvara gömülü hoparlörlerin akustik akslarının referans dinleme noktalarına denk gelecek şekilde yerleştirilmeleri gerekmektedir. Bu amaçla her iki temel oda formunun ön duvarları şekillendirilmelidir. Ön duvarların şekillendirilmesinde şu yol izlendi;

1. Gözlem camlarının pozisyonları ve boyutları belirlendikten sonra ön duvar küçük odada dokuz parçaya, büyük odada on iki parçaya bölündü.
2. Hoparlörlerin yerleştirileceği yüzeyler belirlendi: Hoparlörler küçük odada Y2 ve Y7, büyük odada Y2 ve Y9 yüzeylerine yerleştirildi (Bkz. Şekil 14, Şekil 15).
3. Ön duvarlar parçalarının açlandırılması: Hoparlörlerin akustik akslarının sanal uzantılarının referans dinleme noktasına bakacak şekilde ön duvarın sağ ve solunda kalan kısımları içeriye doğru açlandırıldı. Ön duvarlarda gözlem camının altında kalan parçalar zemine diktir. Ancak gözlem camının hizasında ve üzerinde kalan ön duvar parçaları yine hoparlörlerin akustik akslarının referans dinleme noktasına denk gelebilmesi için aşağıya doğru açlandırıldı.



**Şekil 14.**Küçük Oda Formunda Ön Duvarın İçeriden Görünüşü

Yukarıda maddeler halinde verilen yaklaşımlara uygun olarak, küçük odanın ön duvar parçaları Şekil 14’de gösterilmektedir. Gözlem camının boyutu (2x1 metre) belirlendikten sonra, ilk olarak Y1, Y2 ve Y3 yüzeylerinin oluşturduğu sol kanat ile Y6, Y7 ve Y8 yüzeylerinin oluşturduğu sağ kanat içeriye doğru yaklaşık 37 derece ile açlandırıldı. Ardından Y2, Y7 parçaları 7 derece; gözlem camı yaklaşık 5,5 derece; Y1, Y4 ve Y6 parçaları yaklaşık 22 derece aşağıya doğru açlandırıldı. Y3, Y5 ve Y8 parçaları zemine diktir.



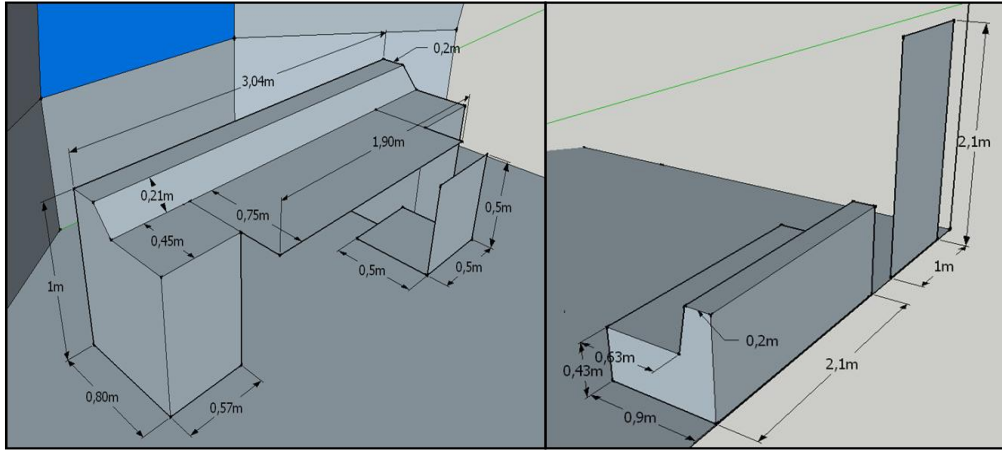
**Şekil 15.**Büyük Oda Formunda Ön Duvarın İçeriden Görünüşü

Büyük odanın ön duvar parçaları Şekil 15’de gösterilmektedir. Gözlem camının boyutu (2,5196x1 metre) belirlendikten sonra, ilk olarak Y1, Y2, Y3, Y4 yüzeylerinin oluşturduğu sol kanat ile Y8, Y9, Y10 ve Y11 yüzeylerinin oluşturduğu sağ kanat içeriye doğru 30 derece ile açıldı. Ardından Y3 ve Y10 parçaları 12 derece, gözlem camı yaklaşık 5,5 derece, Y2, Y6 ve Y9 parçaları yaklaşık 22,5 derece ve bu parçaların üzerinde kalan Y5 yaklaşık 52 derece aşağıya doğru açıldı. Y4, Y7 ve Y11 parçaları zemine diktir.



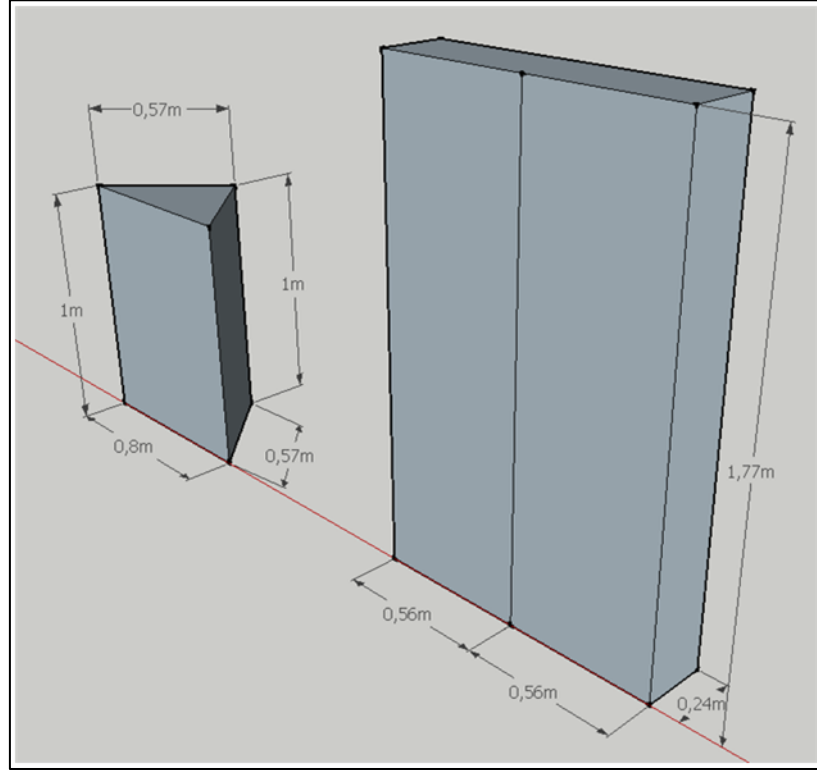
### 3.4. Oda İçerisinde Kullanılan Malzemeler ve Katmanlar:

Stüdyolarda kullanılan donanım ve diğer malzemeler değişiklik göstermektedir. Ancak tasarımlarda gerçek koşulları sağlamak amacıyla, odalarda miks konsolu, sandalye, kapı ve bir kanepenin olduğu kabul edildi. Miks konsolu, sandalye ve kanepenin konumları tüm modeller için aynıdır, ancak kapı konumu RFZ modelinin tasarım özelliği nedeniyle diğer modellerden farklı bir konumdadır. Bu tez kapsamında incelenecek olan modellerin bazılarında bas yutucular ve RFZ tasarımına özel difüzörler kullanıldı (Şekil 16).



**Şekil 16.** Temel Oda Formlarında Kullanılan Miks Konsolu, Sandalye, Kanepenin ve Kapının Boyutları

Odalar içerisinde, gerekli durumlarda arka duvar köşelerinde bas emiciler ve sadece RFZ modelinde özel olarak difüzörler kullanıldı. Aşağıda Şekil 17’de bas emiciler ve difüzörlerin boyutları verilmiştir. Bas emicilerin eğimli köşelere yerleştirilmeleri sorun olduğu için, emiciler ile duvarlar arasında kalan boşluğu en aza indirmek adına, emicilerde form değişikliğine gidildi.



**Şekil 17.** Odalarda Kullanılan Bas Emiciler ve Difüzörlerin Boyutları

Üç boyutlu modelleme programında tekrardan çizilen odaların yüzeylerinde farklı katmanların (Layers) kullanılması, hesaplama aşamasında malzeme ataması yaparken kolaylık sağlayacaktır. Bu nedenle odalar üç boyutlu modelleme programında çizilirken farklı yüzeyler için, o yüzeyleri çağrıştıran (Ceil, floor, side walls gibi) farklı katman isimleri kullanıldı. Daha sonra modeller ODEON 10 programına aktarıldı.

Modellemesi yapılacak olan odalarda kullanılan katman isimleri aşağıdaki tabloda verildiği gibidir.

**Tablo 3.** Modellemede Kullanılan Katman (Layers) İsimleri

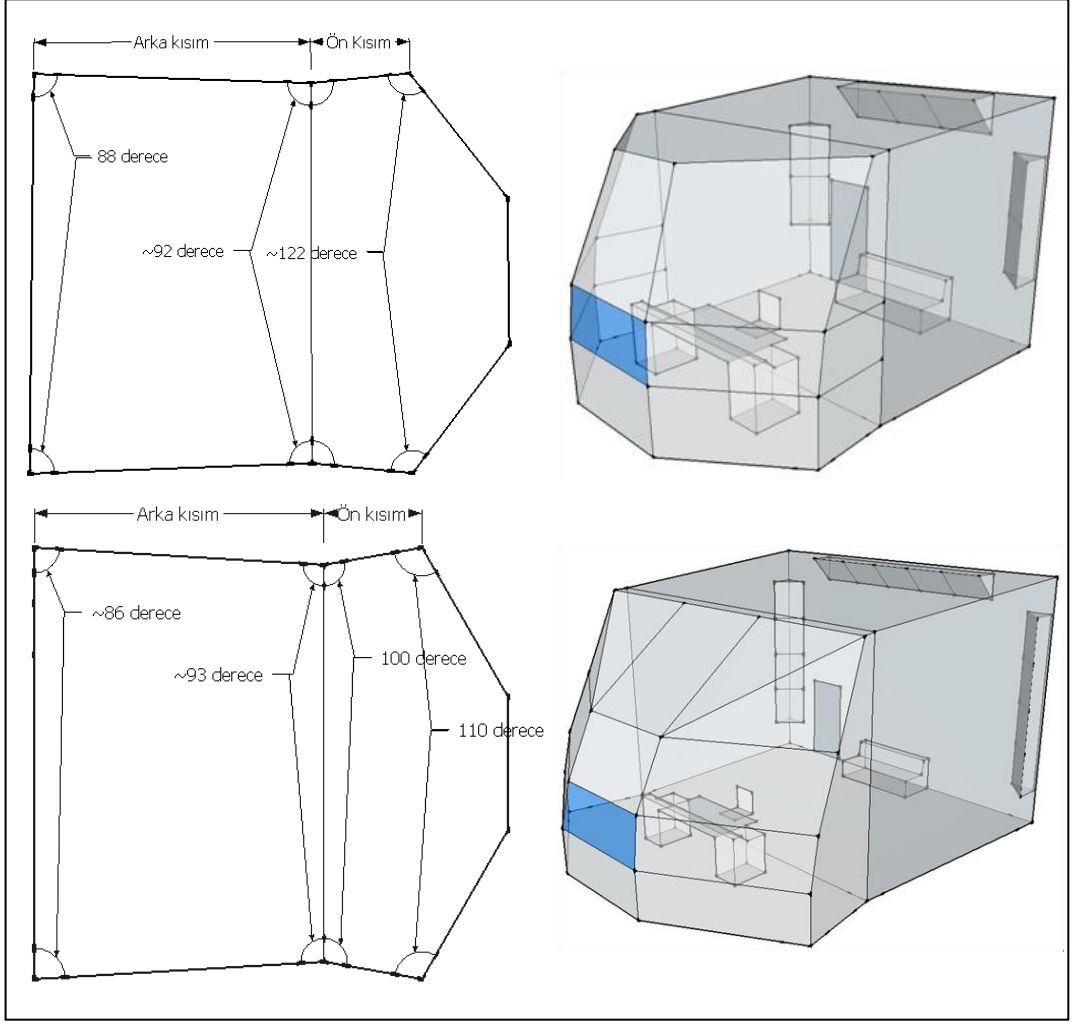
Katmanlar (Layers)	Temsil Ettiği Oda yüzeyi ya da malzeme
Floor	Zemini
Ceil	Tavanı
Front Wall Sides	Yan duvarın referans dinleme noktasının ilerisinde kalan ön kısımları
Front Wall	Ön duvar
Rear Wall	Arka duvar
Sides	Yan duvarlar (referans dinleme noktasının arkasında kalan kısım)
Window	Gözlem camı
Door	Kapı
Sofa	Kanepe
Mix_Consol&Chair	Miks konsolu ve sandalye
Traps	Bas Yutucular
Diff	Yalnızca RFZ modelinde kullanılan Difüzörler
Side Reflectors	Yalnızca DDA modelinde kullanılan yansıtıcılar
Side Absorbers	Yalnızca DDA modelinde kullanılan emiciler

### **3.5. Belirlenen Temel Oda Formlarının Kontrol Odası Tasarımlarına Uygulanması:**

LEDE, RFZ, Toyoshima ve DDA tasarımlarının ön duvar formları, temel oda formlarının ön duvar formlarıyla birebir aynıdır. Bu kontrol odaları arasındaki tasarım farklılıkları yan duvarların geometrisi, yüzeylerine atanan malzemeler açısından farklılık göstermektedir.

#### **3.5.1. LEDE (Live End-Dead End):**

Yan duvarlarda oluşabilecek paralellikten kaçınmak adına, küçük LEDE odasında, yan duvarın arka kısmı 2 derece, yan duvarın ön kısmı ise yaklaşık 5,5 derece olacak şekilde, referans çizginin hizasından odanın içerisine doğru açlandırıldı. Büyük LEDE odasında yan duvarların ön kısımları 10'ar derece arka kısımları ise yaklaşık 3,5'ar derece olacak şekilde, referans noktasından odanın içerisine doğru açlandırıldı. Şekil 18'de görüldüğü gibi arka duvar köşelerinde bas emiciler kullanıldı.

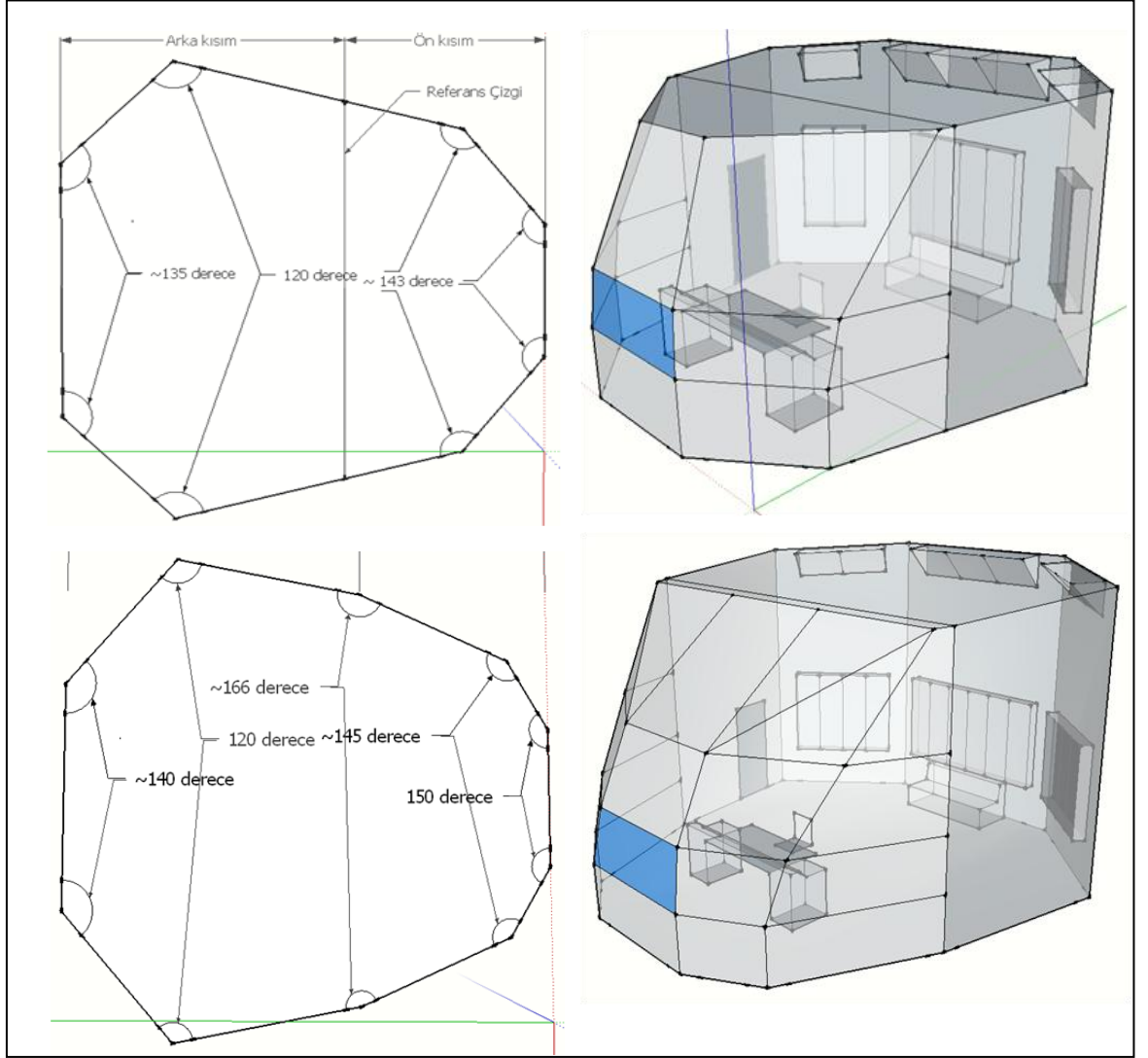


**Şekil 18.** Küçük (Yukarıda), Büyük (Aşağıda) Hacimli LEDE Kontrol Odasının Yandan ve İzometrik Açıdan Görünüşü

Küçük kontrol odasının hacmi yaklaşık  $123 \text{ m}^3$ , büyük kontrol odasının hacmi ise yaklaşık  $335 \text{ m}^3$  olarak belirlendi.

### 3.5.2. RFZ (Reflection Free Zone):

RFZ kontrol odası tasarımı LEDE kontrol odasının geometrik anlamda düzenlenmiş halidir. Şekil 19’da RFZ kontrol odasının temel oda formlarına giydirilmiş hali görülmektedir.

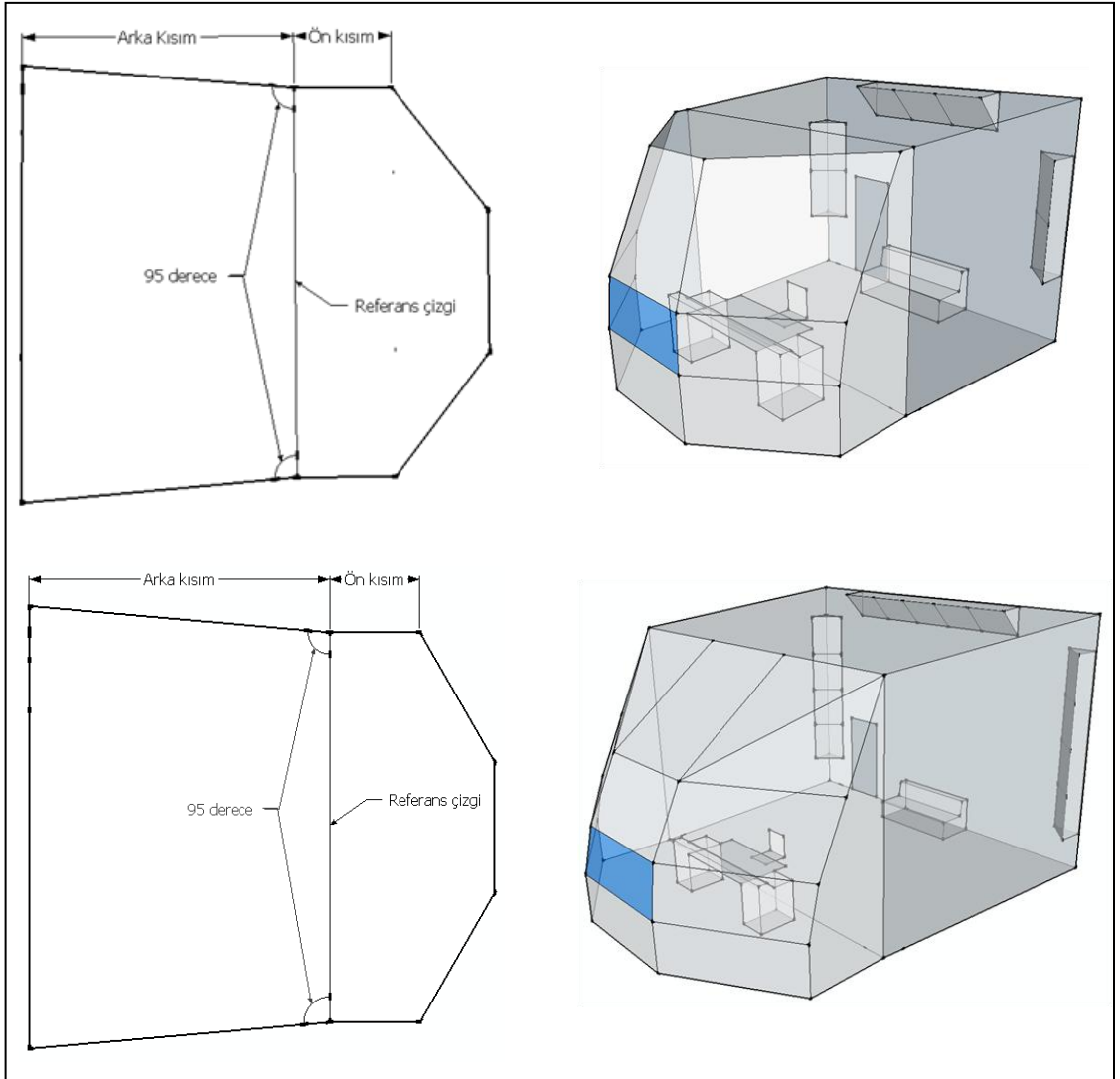


Şekil 19. Küçük (Yukarıda), Büyük (Aşağıda) Hacimli RFZ Kontrol Odasının Yandan ve İzometrik Açından Görünüşü

Küçük kontrol odasının hacmi yaklaşık 150 m<sup>3</sup>, büyük kontrol odasının hacmi ise yaklaşık 333 m<sup>3</sup> olarak belirlendi.

### 3.5.3. Toyoshima:

Temel oda formlarına göre, Toyoshima odasının sadece arka yan duvarları dışarıya doğru 5'er derece açıldı (Şekil 20).

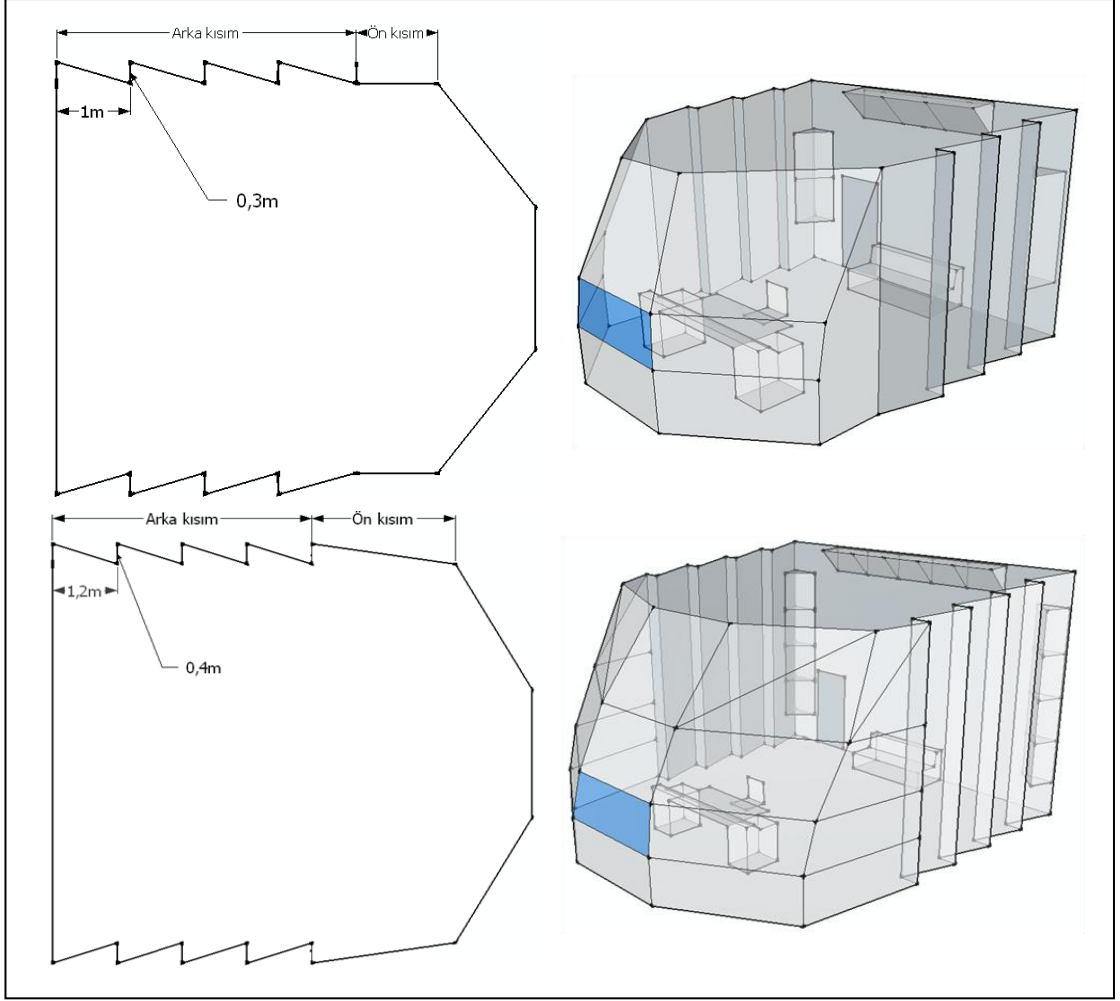


**Şekil 20.** Küçük (Yukarıda), Büyük (Aşağıda) Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Yandan ve İzometrik Açından Görünüşü

Küçük kontrol odasının hacmi yaklaşık 140 m<sup>3</sup>, büyük kontrol odasının hacmi ise yaklaşık 341 m<sup>3</sup> olarak belirlendi.

### 3.5.4. DDA (Directional Dual Acoustics):

DDA kontrol odası tasarımının testere dişi formundaki yan duvarlarının uzunluk ve genişlikleri Şekil 21’de görülmektedir.



**Şekil 21.** Küçük (Yukarıda), Büyük (Aşağıda) Hacimli DDA Kontrol Odasının Yandan ve İzometrik Açından Görünüşü

Küçük kontrol odasının hacmi yaklaşık  $128 \text{ m}^3$ , büyük kontrol odasının hacmi ise yaklaşık  $342 \text{ m}^3$  olarak belirlendi.

### **3.6. Akustik Benzetim Yazılımı Seçimi: ODEON**

Odeon yazılımı binalardaki iç akustiği simüle etmek (benzetmek) için geliştirilmiş bir programdır. Sağlanan geometri ve yüzey özellikleri ile bir oda çizilebilir, akustik özellikleri öngörülebilir ve dinlenebilir. Her ne kadar piyasada başka daha birçok benzetim yazılı bulunsa da, Odeon programı en başarılı akustik benzetim yazılımı olarak literatüre geçmiştir. Ancak, benzetim yazılımları ile elde edilen sonuçlar, bu yazılımlara verilen değerler ve varsayımlar ile kullanıcı ihtiyaçlarını giderebilirler ve bu gerçek dünyadaki koşullardan farklı sonuçlar elde edilmesine neden olabilir.

Room Setup kısmındaki tercihler, tüm tasarımlar için ön tanımlı (default) olarak seçildi, ancak hesaplama parametreleri (calculation parameters) “precision” olarak seçildi.

#### **3.6.1. Kaynak ve Alıcı Tercihleri:**

Her oda için 2 çift kaynak kullanıldı. Bunlardan ikisi yakın dinleme diğer ikisi ise uzak dinleme amacıyla yerleştirildiler. Oda içerisinde kullanılacağı varsayılan referans monitörlerin yönsel özellikleri (Polar Patterns) bilinmediği için söz konusu kaynaklar BB93-Raised Natural olarak tercih edildi. Bu kaynaklar yönsel özelliklere sahiptirler ve konuşma anlaşılabilirliği hesaplarında kullanılırlar. Kaynakların ikisi de dinleyici noktasını hedefleyecek şekilde ayarlandı (bkz. Tablo 2).

#### **3.6.2. Yüzeyle Atanacak Malzemeler:**

Oda içerisindeki yüzeyle malzeme atamada genelde Odeon programının kendi ön tanımlı kütüphanesinden faydalanıldı. Ancak gereken durumlarda, piyasada bulunan ve oktav bantlarda emicilikleri bilinen malzemeler Odeon programının kütüphanesine eklendi. Eklenen malzemelerin listesi aşağıdaki tabloda verilmiştir.



**Tablo 4.** Odeon Malzeme Kütüphanesine Eklenen Malzemeler ve Bu Malzemelerin Oktav Bantlardaki Emicilikleri

Malzeme Numarası	63 (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Malzeme Tanımı
14301	0.6	0.92	0.91	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	Prima Acoustic Broadway 30x 120 3"
14302	0.65	0.98	1.0	1.0	1.0	0.98	1.0	1.0	Prima acoustic australis 914x305x305 mm
14404	0.86	0.86	0.47	0.18	0.18	0.10	0.15	0.15	Acoustical Surfaces Inc, Barrel Diffuser
14406	0.41	0.41	0.19	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	Acoustical Surfaces Inc, Pyramidal
14601	0.11	0.38	0.60	0.58	0.42	0.38	0.23	0.23	Tacer az emici
14616	0.50	0.90	0.80	0.50	0.25	0.10	0.05	0.05	Bass Emici
14617	0.10	0.25	0.70	0.95	0.95	0.95	0.95	0.90	Aktav solo 40 cm
14620	0.37	0.37	0.49	0.57	0.57	0.52	0.51	0.60	Akustikvlies AV 2010 60 Düzensiz Delikli
14627	0.37	0.37	0.24	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	THERMATEX Fine Stratos
14628	0.22	0.22	0.19	0.12	0.11	0.08	0.01	0.01	OWA Acoustics Sandila 70 Deliksiz
14631	0.65	0.95	0.94	0.72	0.41	0.17	0.08	0.08	C3 K1 011 bass absorber
14633	0.30	0.38	0.66	0.74	0.73	0.74	0.75	0.75	Akd 8\18 R
14634	0.37	0.37	0.69	0.76	0.75	0.79	0.69	0.70	Akd 12\25R
14640	0.0	0.23	0.24	0.35	0.23	0.20	0.20	0.0	QRD 734 rpginc.com

Oda yüzeylerinde kullanılacak olan malzemelerin dağılma katsayıları (scattering coefficients) bilinmediğinden ön tanımlı ayarlar tercih edildi. RFZ tasarımında kullanılacak olan difüzörlerin (QRD 734) dağılma katsayısı, üreticisinin internet sitesinde verilen değerler göz önünde bulundurularak 0,8 olarak tercih edildi.

### 3.7. Deney:

İlk olarak yüzeylere atanacak malzemeler belirlendi. Oda içerisinde olduğu varsayılan gözlem camı, miks konsolu, kanepeler ve kapıya atanacak malzemeler her oda için aynıdır. Ancak farklı odalar ve bu odaların farklı yüzeyleri için atanacak malzemeler farklıdır.

**Tablo 5.** Gözlem Camı, Miks Konsolu, Kanepeler ve Kapı İçin Malzeme Numaraları

<b>Malzemeler</b>	<b>Atanan Malzeme Numarası (Mat. Number)</b>
Gözlem camı	10004
Miks konsol ve sandalye	3004 ve 14053
Kanepeler	11058
Kapı	10007

Yüzeylere malzeme tanımlanırken karşılıklı duvarlarda ya da gözlem camının iki yanındaki yüzeylerde olduğu gibi, simetri oluşturan yüzeylere aynı malzemeler tanımlandı.

Odeon akustik benzetim yazılımı EDT, T30, SPL/G, C80, D50, Ts, LF80 parametrelerini hesaplamakla birlikte, tez kapsamında EDT ve T30 akustik parametreleri değerlendirildi.

**Tablo 6.** ODEON ile Değerlendirilen Akustik Parametreler

Parametre	Açıklaması	Birimi
EDT	(Early Decay Time) kaynak kapatıldıktan sonra sesin 10 dB düşmesi için gereken süreyi ifade eder	sn
T30	Oktav bantlarda oluşan -5 dB ve -35 dB arasındaki sönümleme süresi, yansıma süresi	sn
SPL/G (Strength)	Toplam kazancı 31 dB olacak şekilde ayarlanan tek bir tüm-yönlü kaynaktan 10 metre ileride 0 dB SPL değeri elde edilmesi durumunda tüm SPL değerleri (ISO 3382’de olduğu gibi) G olarak nitelendirilir	dB
C80 (Clarity)	Müzik için netlik, ilk 0-80 ms içerisindeki ses enerjisi ile 80-... ms arasındaki enerjisinin oranı	dB
D50 (Deutlichkeit)	Konuşma için netlik, 0-50 ms arasındaki enerjinin toplam enerjiye oranı	%
Ts (Center Time)	Dürtü yanıtındaki (impulse response) ilk an zamanı	ms
LF80	Yandan gelen seslerin enerji seviyesinin toplam enerji seviyesine oranı	%

### 3.7.1. Küçük Hacimli Kontrol Odaları İçin Hesaplama Sonuçları:

Söz konusu kontrol odalarının tasarım farklılıklarından ötürü her bir kontrol odasının yüzeylerine çoğu zaman farklı malzeme ataması yapıldı. Yüzeyle atanan malzemelerin farklı kombinasyonlarıyla elde edilen görece en iyi sonuçlar bu bölümde yer almaktadır.

#### 3.7.1.1. Küçük Hacimli LEDE Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:

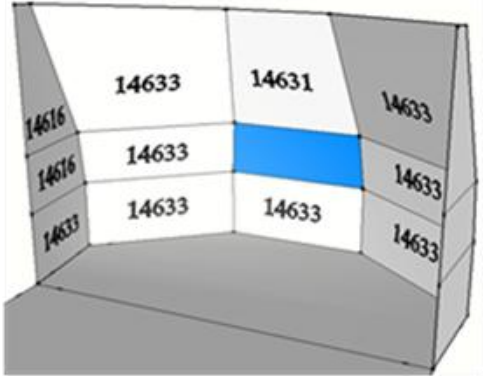
Küçük hacimli LEDE odasında kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kullanıldıkları yüzeyler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 7). Yan ve arka

duvarlarda kullanılan malzemelerin emicilikleri oldukça düşük, ön duvarda kullanılan malzemelerin emicilikleri yüksektir.

Ön duvarın büyük bir bölümünde ve tavanın ön kısmında 14633 materyal numaralı malzeme kullanıldı. Ön-yan duvarlarda 14616 materyal numaralı bas emici kullanıldı.

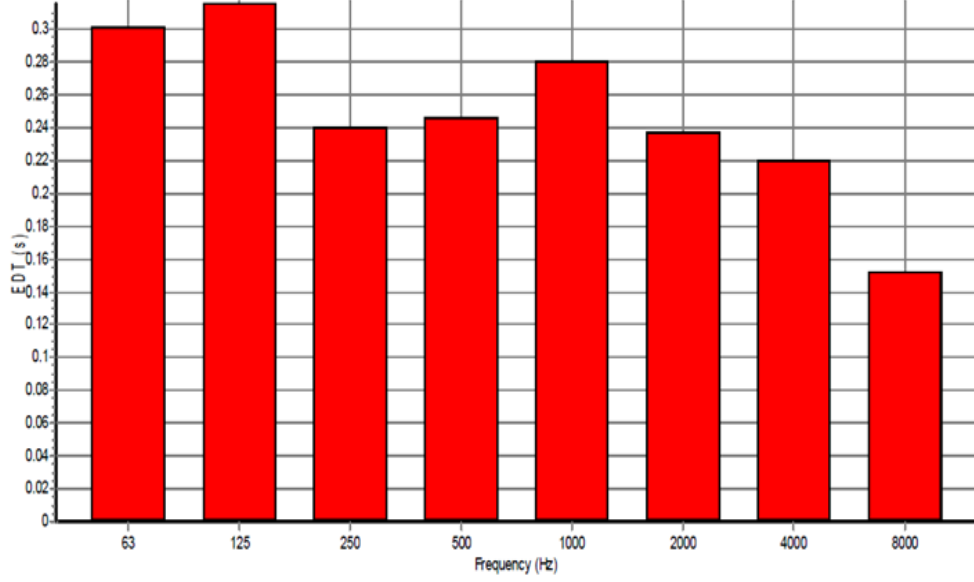
**Tablo 7.** Küçük Hacimli LEDE Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler

LEDE Kontrol Odası (Küçük)	
Oda Yüzeyi	Materyal Numarası
Ön Duvar	14633 ve 14631
Ön-yan Duvarlar	14616 ve 14633
Yan Duvarlar	4002
Arka Duvar	4002
Zemin	Ön 7003, Arka 4002
Tavan	Ön 14633, Arka 4002
Bas Emiciler	14302



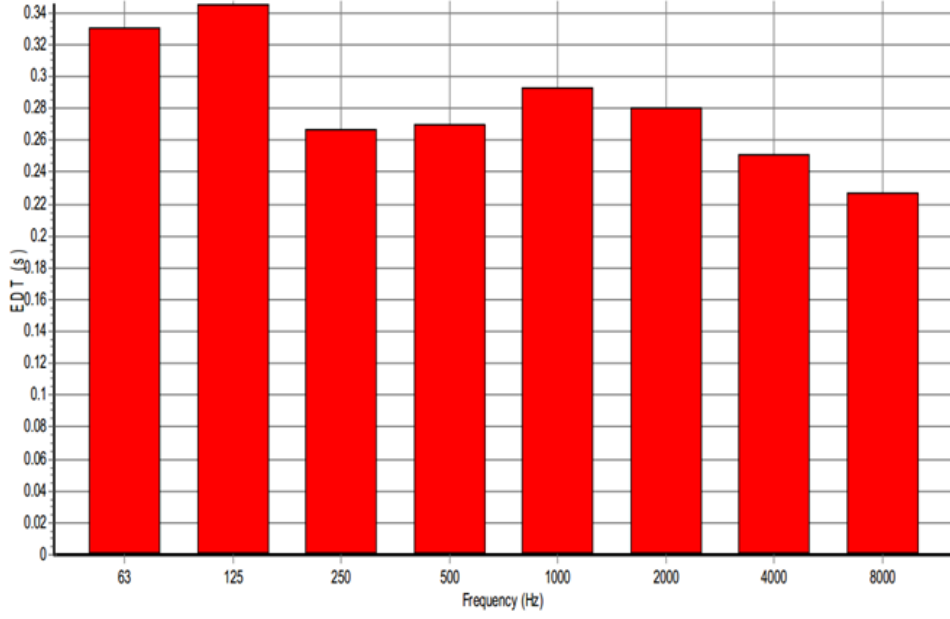
Küçük hacimli LEDE odasında söz konusu malzemeler ile yakın ve uzak dinleme ile elde edilen sonuçlar Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir.

**Tablo 8.** Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli LEDE Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0.30	0.32	0.24	0.25	0.28	0.24	0.22	0.16
T30	(s)	0.46	0.48	0.40	0.38	0.46	0.45	0.39	0.34
SPL	(dB)	58.3	58.2	63.2	68.4	64.7	58.8	52.9	44.2
C80	(dB)	14.2	13.4	17.0	17.1	15.5	16.4	17.5	20.6
D50		0.91	0.89	0.94	0.94	0.92	0.94	0.95	0.97
Ts	(ms)	16	18	11	12	15	11	9	7
LF80		0.138	0.153	0.111	0.133	0.176	0.129	0.100	0.084

**Tablo 9.** Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli LEDE Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT (s)	0.33	0.35	0.27	0.27	0.29	0.27	0.25	0.23
T30 (s)	0.47	0.47	0.36	0.36	0.41	0.44	0.41	0.35
SPL (dB)	56.3	56.4	60.7	65.6	62.5	56.2	50.3	41.2
C80 (dB)	12.9	12.4	15.4	15.9	15.1	15.1	16.0	18.3
D50	0.88	0.87	0.93	0.92	0.91	0.92	0.94	0.96
Ts (ms)	20	21	15	16	18	16	13	11
LF80	0.143	0.149	0.116	0.158	0.231	0.180	0.159	0.144

### 3.7.1.2. Küçük Hacimli RFZ Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:

Küçük hacimli RFZ kontrol odasında kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kullanıldıkları yüzeyler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 10). Yan ve arka duvarlar ile tavanın arka kısmında kullanılan malzemelerin emicilikleri oldukça düşük, ön duvarda kullanılan malzemelerin emicilikleri yüksektir.

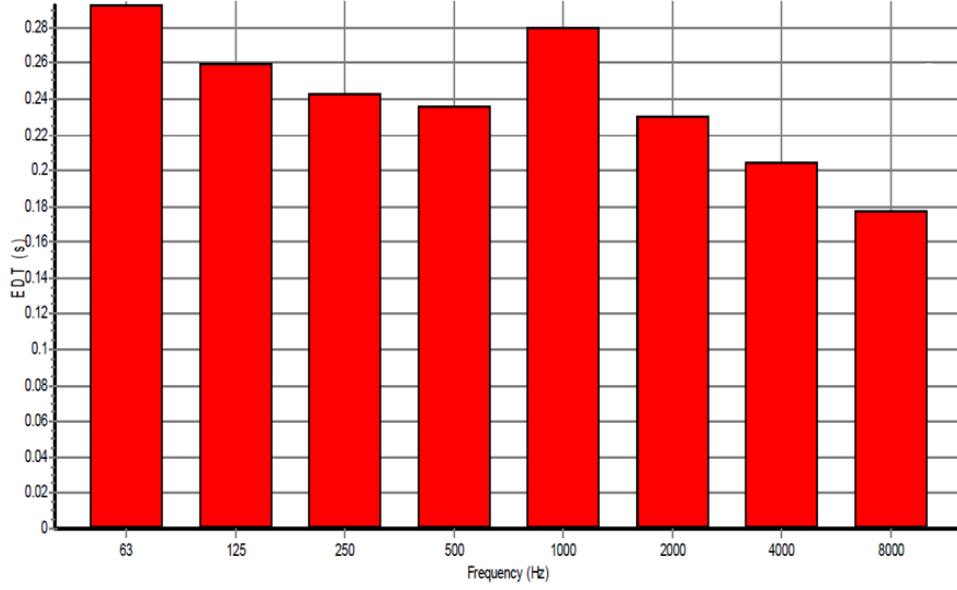
Ön duvar ve ön-yan duvarların bir kısmında 14301 numaralı malzeme olan Prima Acoustic Broadway 30x120 3"geniş bant emicisi kullanıldı. Ek olarak ön-yan duvarların orta kısımlarında bas frekanslarda emici, yüksek frekanslarda az emici olan 14616 malzemesi kullanıldı.

**Tablo 10.** Küçük Hacimli RFZ Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler

RFZ Kontrol Odası (Küçük)	
Oda Yüzeyi	Materyal Numarası
Ön Duvar	14301, 14616 ve 14633
Ön-yan Duvarlar	14616 (orta kısım) ve 14301
Yan Duvarlar	4002
Arka Duvar	4002
Zemin	Ön 7003, Arka 3004
Tavan	4002
Bas Emiciler	14302
Difüzörler	14640

Küçük hacimli RFZ odasında söz konusu malzemeler ile yakın ve uzak dinlemede elde edilen sonuçlar Tablo 11 ve Tablo 12'de verilmiştir.

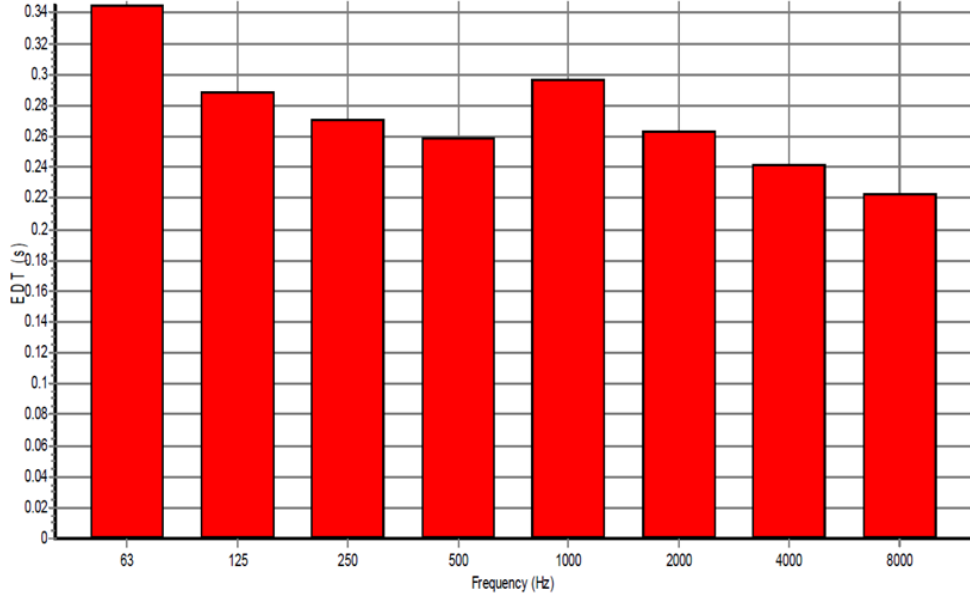
**Tablo 11.** Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullandığı Küçük Hacimli RFZ Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0.29	0.26	0.24	0.24	0.28	0.23	0.20	0.18
T30	(s)	0.42	0.39	0.39	0.34	0.39	0.42	0.37	0.34
SPL	(dB)	58.5	58.0	63.4	68.3	64.8	58.8	53.0	44.4
C80	(dB)	14.2	15.9	16.7	17.8	15.3	17.0	18.3	20.3
D50		0.91	0.93	0.94	0.95	0.92	0.95	0.96	0.97
Ts	(ms)	17	14	12	11	15	11	9	7
LF80		0.164	0.161	0.129	0.131	0.171	0.123	0.097	0.094



**Tablo 12.** Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli RFZ Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0.34	0.29	0.27	0.26	0.30	0.26	0.24	0.22
T30	(s)	0.46	0.43	0.39	0.34	0.43	0.43	0.38	0.34
SPL	(dB)	56.2	55.3	60.8	65.1	62.1	55.9	49.9	41.2
C80	(dB)	12.7	14.6	15.1	16.3	14.4	15.3	16.3	17.8
D50		0.88	0.91	0.92	0.93	0.91	0.92	0.94	0.95
Ts	(ms)	21	17	15	14	17	14	12	11
LF80		0.185	0.162	0.140	0.126	0.170	0.140	0.115	0.127

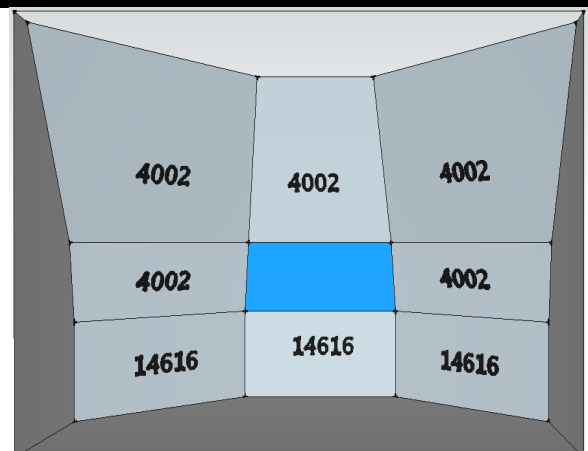
### 3.7.1.3. Küçük Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:

Küçük hacimli Toyoshima odasında kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kullanıldıkları yüzeyler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Yan ve arka duvarlarda kullanılan malzemelerin emicilikleri oldukça yüksek, ön duvarda kullanılan malzemelerin emicilikleri daha azdır.

Ön duvarın büyük bir bölümünde tamamen yansıtıcı 4002 materyal numaralı malzeme kullanıldı. Ön-yan duvarlarda bas frekanslarda emici olan 14627 materyal numaralı malzeme kullanıldı.

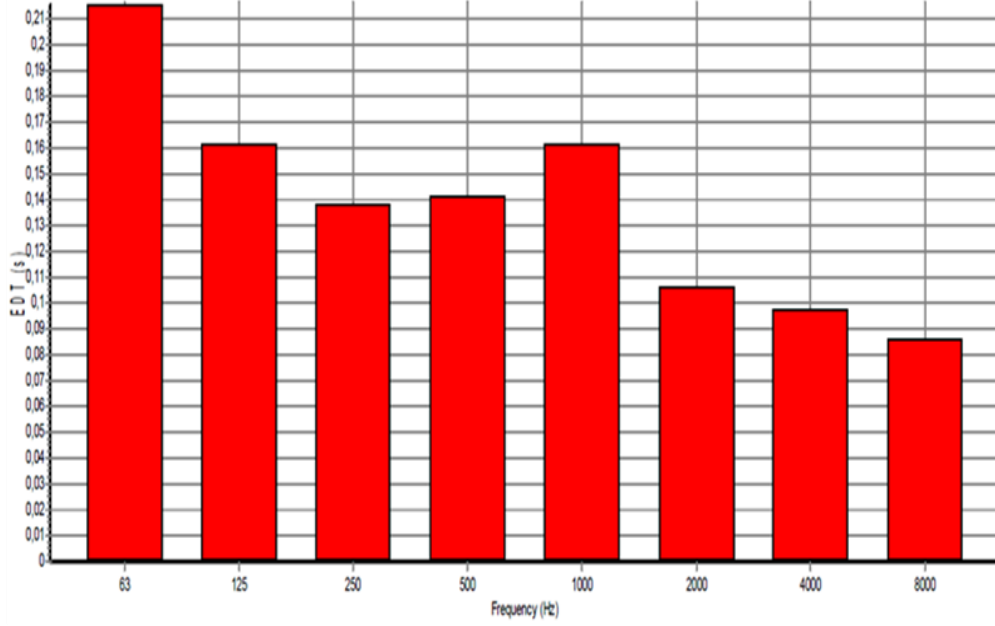
**Tablo 13.** Küçük Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler

Toyoshima Kontrol Odası (Küçük)	
Oda Yüzeyi	Materyal Numarası
Ön Duvar	4002 ve 14616
Ön-yan Duvarlar	14627
Yan Duvarlar	14620
Arka Duvar	14633
Zemin	Ön 3004, Arka 7003
Tavan	14627
Bas Emiciler	14616



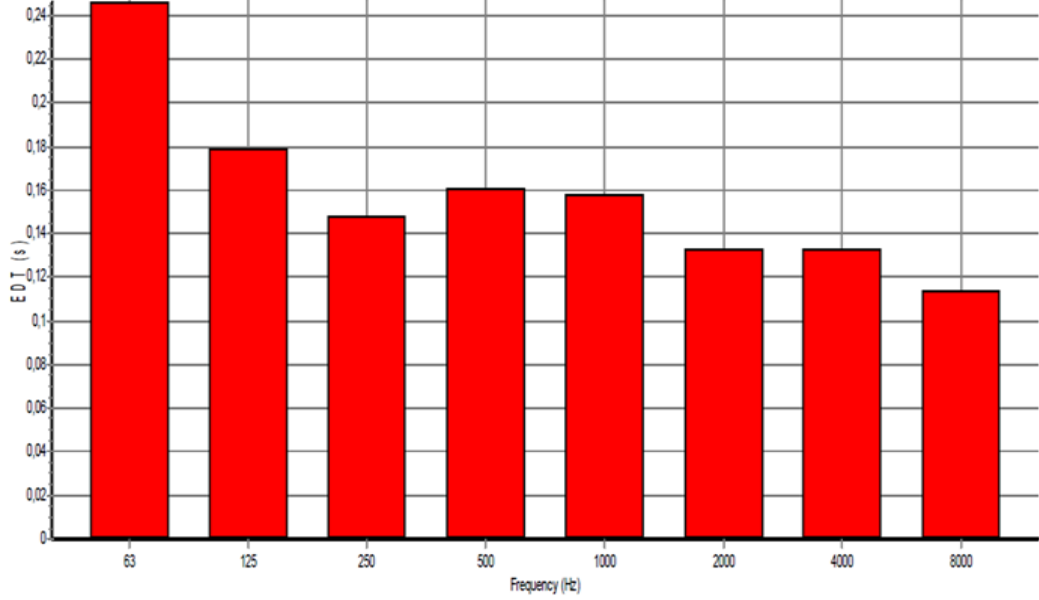
Küçük hacimli Toyoshima odasında söz konusu malzemelerle yakın ve uzak dinleme ile elde edilen sonuçlar Tablo 14 ve Tablo 15’de verilmiştir.

**Tablo 14.** Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli Toyoshima Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0,22	0,16	0,14	0,14	0,16	0,11	0,10	0,09
T30	(s)	0,29	0,27	0,21	0,25	0,22	0,19	0,21	0,20
SPL	(dB)	58,2	57,8	63,4	68,3	64,6	58,4	52,6	43,9
C80	(dB)	19,3	22,0	24,7	25,2	25,5	29,3	29,0	32,4
D50		0,95	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
Ts	(ms)	11	9	7	8	8	5	4	3
LF80		0,148	0,150	0,129	0,132	0,162	0,098	0,067	0,053

**Tablo 15.** Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli Toyoshima Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0,25	0,18	0,15	0,16	0,16	0,13	0,13	0,11
T30	(s)	0,31	0,26	0,23	0,21	0,24	0,21	0,19	0,17
SPL	(dB)	56,7	56,4	61,4	66,1	63,0	55,9	49,8	40,8
C80	(dB)	18,1	21,4	23,4	23,5	24,5	26,8	26,4	29,5
D50		0,94	0,97	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99
Ts	(ms)	13	10	9	9	9	7	7	5
LF80		0,146	0,134	0,125	0,133	0,166	0,125	0,100	0,096

#### 3.7.1.4. Küçük Hacimli DDA Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:

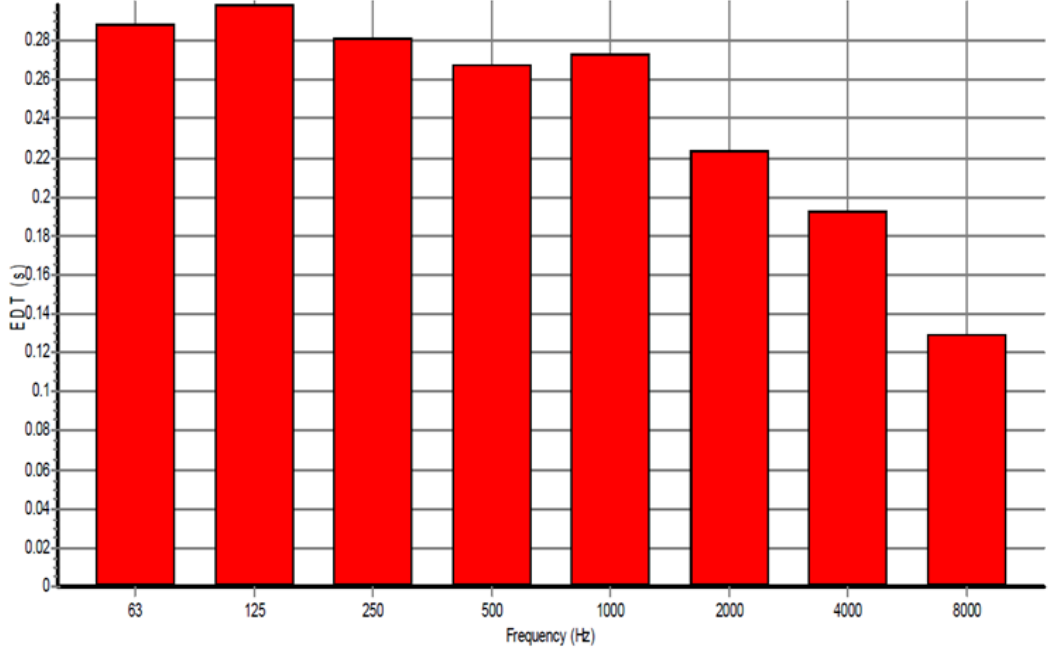
Küçük hacimli DDA odasında kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kullanıldıkları yüzeyler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu kontrol odasına özel, yan duvarların testere dişi şekilli formunda emici olarak Prima Acoustic Australis 914x305x305 mm geniş bant emicisi (14302 numaralı materyal), yansıtıcı kısımlarda ise 3024 numaralı malzemeler kullanıldı.

**Tablo 16.** Küçük Hacimli DDA Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler

DDA Kontrol Odası (Küçük)		
Oda Yüzeyi	Materyal Numarası	
Ön Duvar	3066, 14627 ve 14633	
Ön-yan Duvarlar	3024	
Yan Duvarlar	14302 (emiciler), 3064 (yansıtıcılar)	
Arka Duvar	3064	
Zemin	3004	
Tavan	13001	

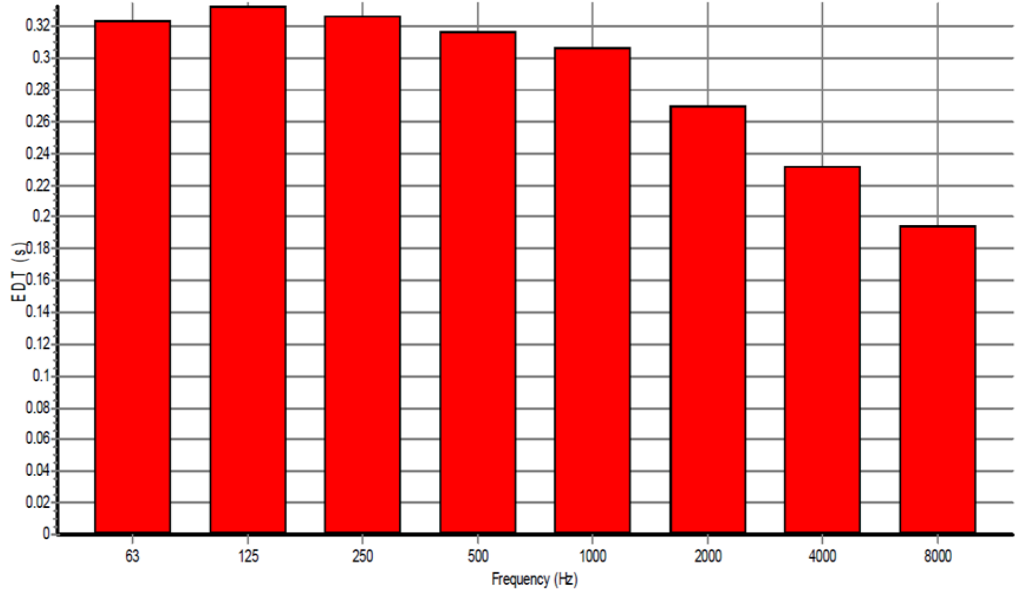
Küçük hacimli DDA odasında söz konusu malzemelerle yakın ve uzak dinleme ile elde edilen sonuçlar Tablo 17 ve Tablo 18'de verilmiştir.

**Tablo 17.** Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli DDA Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0.29	0.30	0.28	0.27	0.27	0.22	0.19	0.13
T30	(s)	0.45	0.45	0.46	0.42	0.41	0.41	0.39	0.32
SPL	(dB)	58.2	58.1	63.7	68.5	64.6	58.6	52.7	44.0
C80	(dB)	14.5	14.1	14.5	15.3	15.5	17.2	18.9	21.9
D50		0.91	0.91	0.92	0.93	0.93	0.95	0.96	0.98
Ts	(ms)	15	16	15	14	14	10	7	5
LF80		0.142	0.162	0.151	0.169	0.192	0.125	0.089	0.072

**Tablo 18.** Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Küçük Hacimli DDA Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.27	0.23	0.19
T30	(s)	0.47	0.47	0.49	0.45	0.46	0.45	0.42	0.34
SPL	(dB)	56.1	56.2	61.1	65.6	61.8	55.7	49.7	40.7
C80	(dB)	13.3	13.0	12.9	13.4	13.8	15.1	16.5	19.3
D50		0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.92	0.94	0.96
Ts	(ms)	19	19	18	18	17	14	11	9
LF80		0.144	0.153	0.145	0.164	0.193	0.150	0.120	0.113

### 3.7.2. Büyük Hacimli Kontrol Odaları İçin Hesaplama Sonuçları:

#### 3.7.2.1. Büyük Hacimli LEDE Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:

Büyük hacimli LEDE kontrol odasında kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kullanıldıkları yüzeyler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

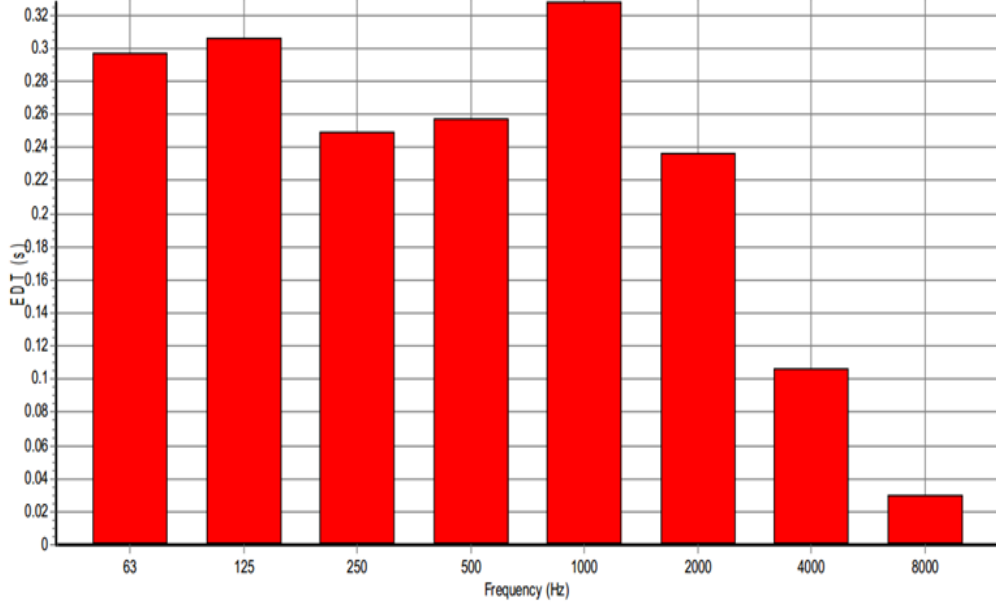
**Tablo 19.** Büyük Hacimli LEDE Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler

LEDE Kontrol Odası (Büyük)	
Oda Yüzeyi	Materyal Numarası
Ön Duvar	14633 ve 14301
Ön-yan Duvarlar	14616
Yan Duvarlar	4002
Arka Duvar	4002
Zemin	Ön 7005, Arka 3004
Tavan	Ön 14633, Arka 3023
Bas Emiciler	14301

Büyük hacimli LEDE kontrol odasında, söz konusu malzemelerle yakın ve uzak dinleme ile elde edilen sonuçlar Tablo 20 ve Tablo 21’de verilmiştir.

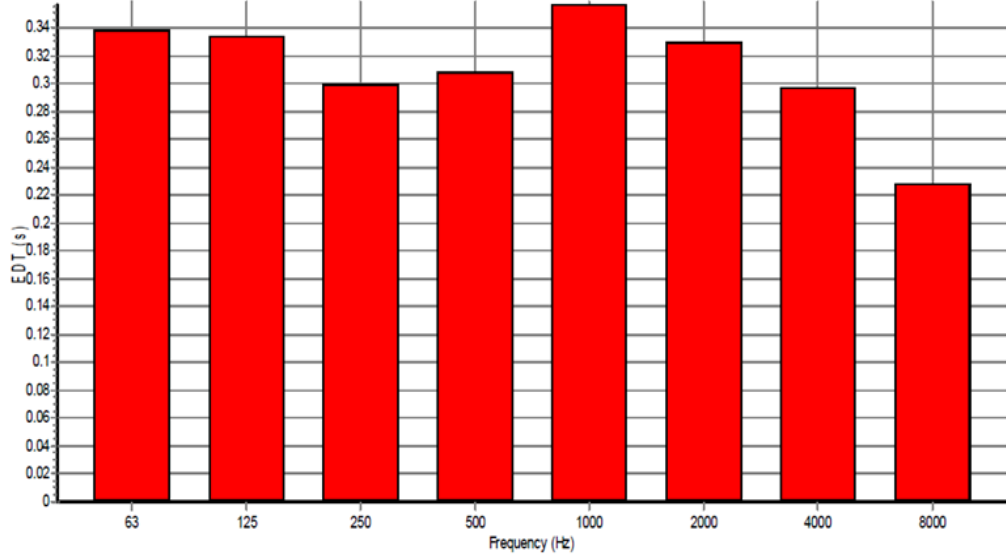


**Tablo 20.** Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli LEDE Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT (s)	0.30	0.31	0.25	0.26	0.33	0.24	0.11	0.03
T30 (s)	0.45	0.44	0.45	0.58	0.76	0.72	0.62	0.41
SPL (dB)	57.0	56.7	62.1	67.7	63.2	57.7	52.2	44.0
C80 (dB)	15.9	15.7	17.4	16.5	13.8	15.9	17.8	21.4
D50	0.91	0.91	0.93	0.93	0.89	0.93	0.95	0.97
Ts (ms)	12	12	9	10	14	9	6	4
LF80	0.088	0.088	0.064	0.061	0.095	0.055	0.037	0.020

**Tablo 21.** Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli LEDE Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu




Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0.34	0.33	0.30	0.31	0.36	0.33	0.30	0.23
T30	(s)	0.44	0.42	0.39	0.55	0.62	0.60	0.55	0.40
SPL	(dB)	53.8	53.7	58.6	63.7	60.0	54.0	48.0	38.9
C80	(dB)	14.0	14.4	16.3	15.0	12.3	13.6	14.8	18.7
D50		0.86	0.86	0.90	0.90	0.85	0.88	0.90	0.94
Ts	(ms)	18	17	14	15	21	17	14	9
LF80		0.122	0.100	0.097	0.126	0.194	0.158	0.139	0.097

### 3.7.2.2. Büyük Hacimli RFZ Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:

Büyük hacimli RFZ kontrol odasında kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kullanıldıkları yüzeyler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

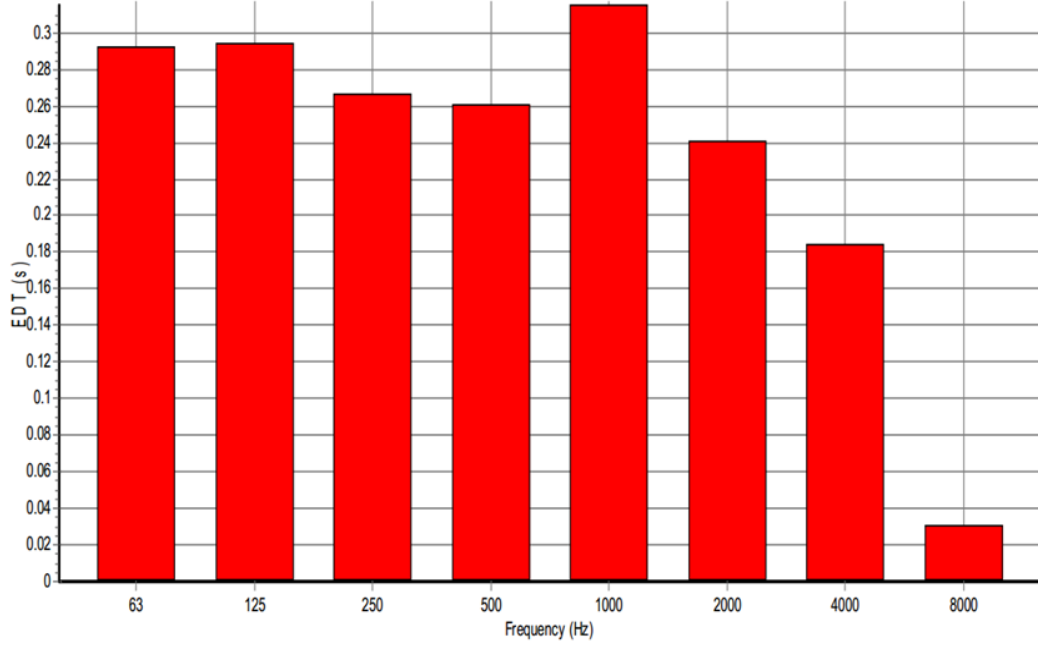
**Tablo 22.** Büyük Hacimli RFZ Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler

RFZ Kontrol Odası (Büyük)	
Oda Yüzei	Materyal Numarası
Ön Duvar	14633 ve 14301
Ön-yan Duvarlar	14301
Yan Duvarlar	4002
Arka Duvar	4002
Zemin	Ön 7005, Arka 3004
Tavan	Ön 14633, Arka 3023
Bas Emiciler	14302
Difüzörler	14640



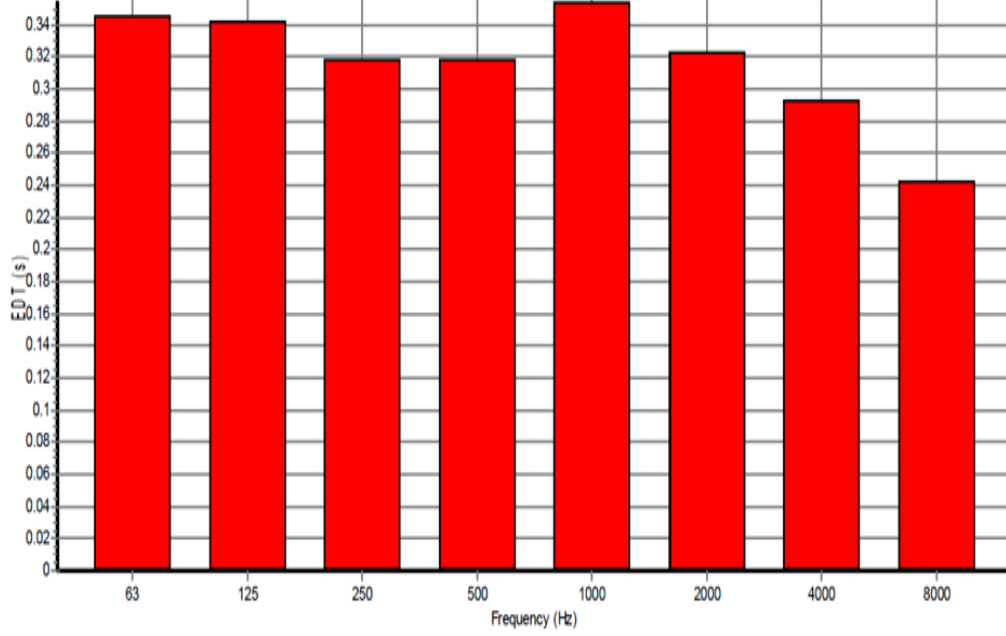
Büyük hacimli RFZ kontrol odasında, söz konusu malzemelerle yakın ve uzak dinleme ile elde edilen sonuçlar Tablo 23 ve Tablo 24’de verilmiştir.

**Tablo 23.** Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli RFZ Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT (s)	0.29	0.29	0.27	0.26	0.32	0.24	0.18	0.03
T30 (s)	0.44	0.46	0.43	0.47	0.56	0.56	0.51	0.40
SPL (dB)	57.2	56.7	62.3	67.4	63.3	57.8	52.4	44.1
C80 (dB)	16.0	15.8	16.9	16.8	14.1	16.6	18.5	21.6
D50	0.92	0.91	0.93	0.93	0.90	0.94	0.96	0.97
Ts (ms)	13	12	10	9	14	9	6	4
LF80	0.115	0.113	0.087	0.072	0.106	0.066	0.047	0.032

**Tablo 24.** Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli RFZ Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT (s)	0.34	0.34	0.32	0.32	0.35	0.32	0.29	0.24
T30 (s)	0.43	0.45	0.46	0.49	0.59	0.57	0.53	0.43
SPL (dB)	53.2	53.0	58.0	62.4	59.3	53.4	47.3	38.6
C80 (dB)	12.9	13.0	13.8	13.8	12.2	13.3	14.9	17.8
D50	0.85	0.85	0.88	0.88	0.84	0.88	0.91	0.94
Ts (ms)	21	20	17	16	21	17	13	10
LF80	0.153	0.137	0.121	0.105	0.143	0.115	0.085	0.080

### 3.7.2.3. Büyük Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:

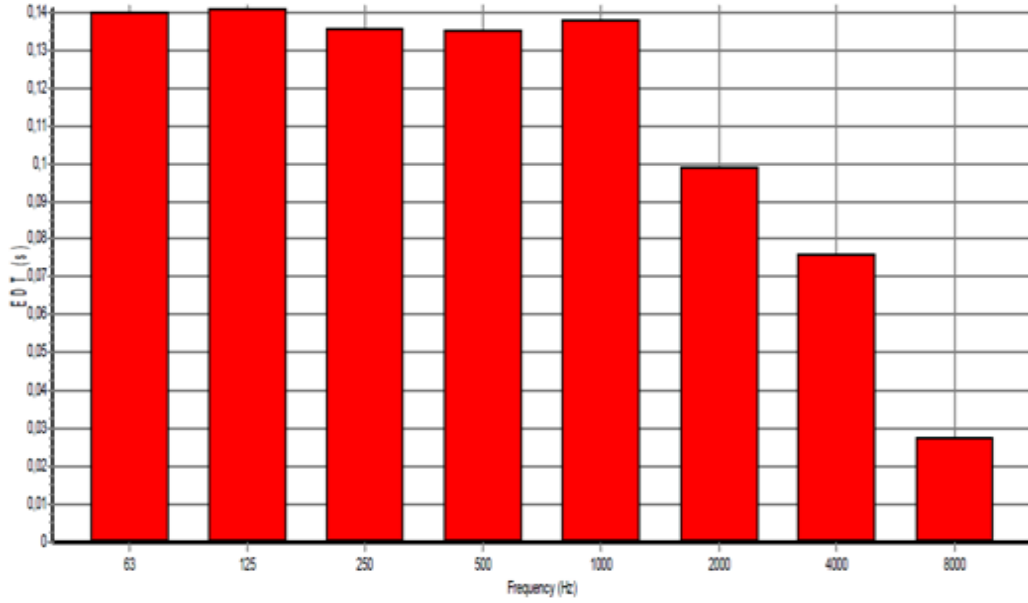
Büyük hacimli Toyoshima kontrol odasında kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kullanıldıkları yüzeyler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 25).

**Tablo 25.** Büyük Hacimli Toyoshima Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler

Toyoshima Kontrol Odası (Büyük)		
Oda Yüzeyi	Materyal Numarası	
Ön Duvar	4002 ve 14627	
Ön-yan Duvarlar	14616 (orta kısım) ve 14301	
Yan Duvarlar	4002	
Arka Duvar	4002	
Zemin	Ön 3004, Arka 7003	
Tavan	14616	
Bas Emiciler	14631	

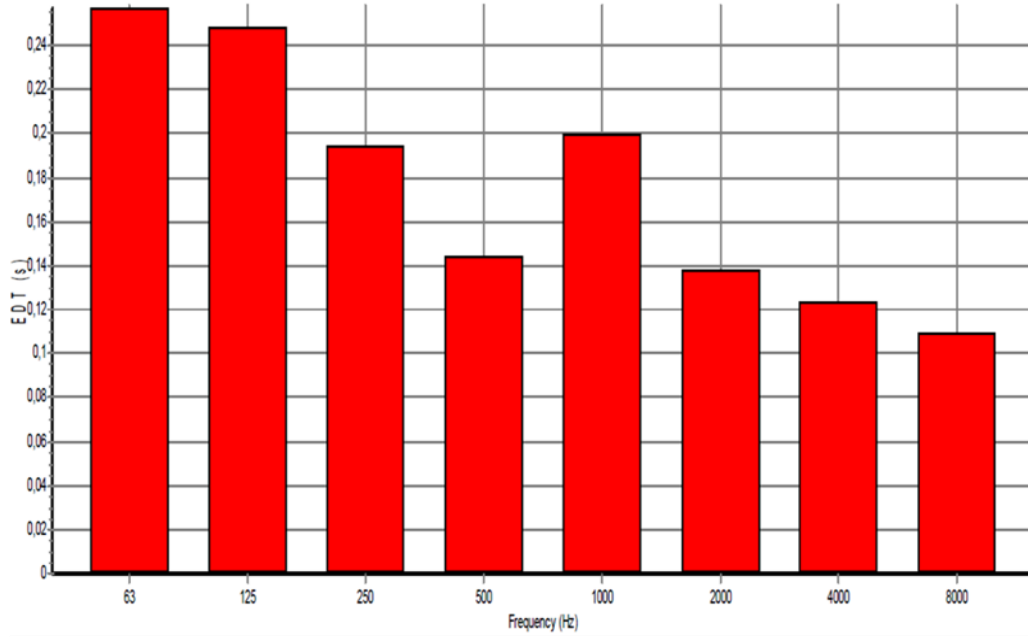
Büyük hacimli Toyoshima kontrol odasında, söz konusu malzemelerle yakın ve uzak dinleme ile elde edilen sonuçlar Tablo 26 ve Tablo 27'da verilmiştir.

**Tablo 26.** Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli Toyoshima Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,10	0,08	0,03
T30	(s)	0,32	0,36	0,35	0,35	0,30	0,31	0,29	0,26
SPL	(dB)	56,7	56,6	62,4	67,9	63,5	57,9	52,3	44,1
C80	(dB)	20,2	20,2	20,1	20,1	20,0	22,5	25,0	29,7
D50		0,96	0,95	0,96	0,96	0,95	0,98	0,98	0,99
Ts	(ms)	7	8	7	7	8	5	3	2
LF80		0,072	0,089	0,083	0,077	0,115	0,065	0,038	0,019

**Tablo 27.** Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli Toyoshima Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0,26	0,25	0,19	0,14	0,20	0,14	0,12	0,11
T30	(s)	0,32	0,32	0,35	0,36	0,29	0,31	0,26	0,22
SPL	(dB)	53,1	53,4	59,2	64,9	60,5	54,2	48,3	39,6
C80	(dB)	18,5	18,7	18,5	18,7	18,7	20,9	23,4	27,1
D50		0,93	0,93	0,94	0,94	0,93	0,95	0,97	0,98
Ts	(ms)	11	11	11	10	11	9	7	5
LF80		0,095	0,112	0,135	0,145	0,179	0,133	0,115	0,078



### 3.7.2.4. Büyük Hacimli DDA Kontrol Odasının Hesaplama Sonuçları:

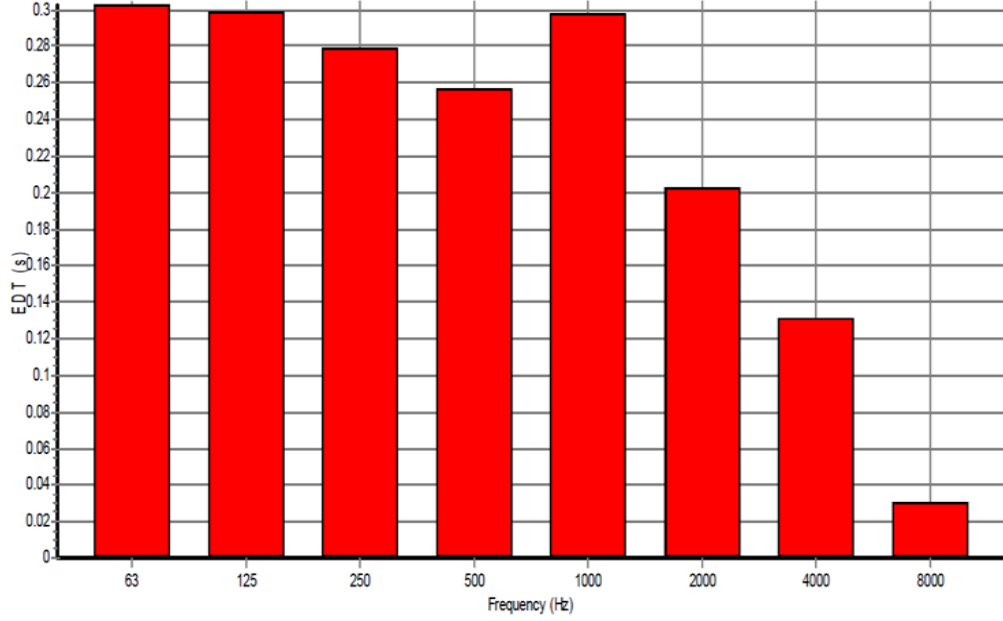
Büyük hacimli DDA kontrol odasında kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin kullanıldıkları yüzeyler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 28).

**Tablo 28.** Büyük Hacimli DDA Kontrol Odasının Yüzeylerinde Kullanılan Malzemeler

DDA Kontrol Odası (Büyük)	
Oda Yüzeyi	Materyal Numarası
Ön Duvar	3066, 14301, 14617, 14627 ve 14631
Ön-yan Duvarlar	14404, 14601 ve 14620
Yan Duvarlar	3064 (emiciler), 14302 (yansıtıcılar)
Arka Duvar	3064
Zemin	3004
Tavan	13001
Bas Emiciler	14302

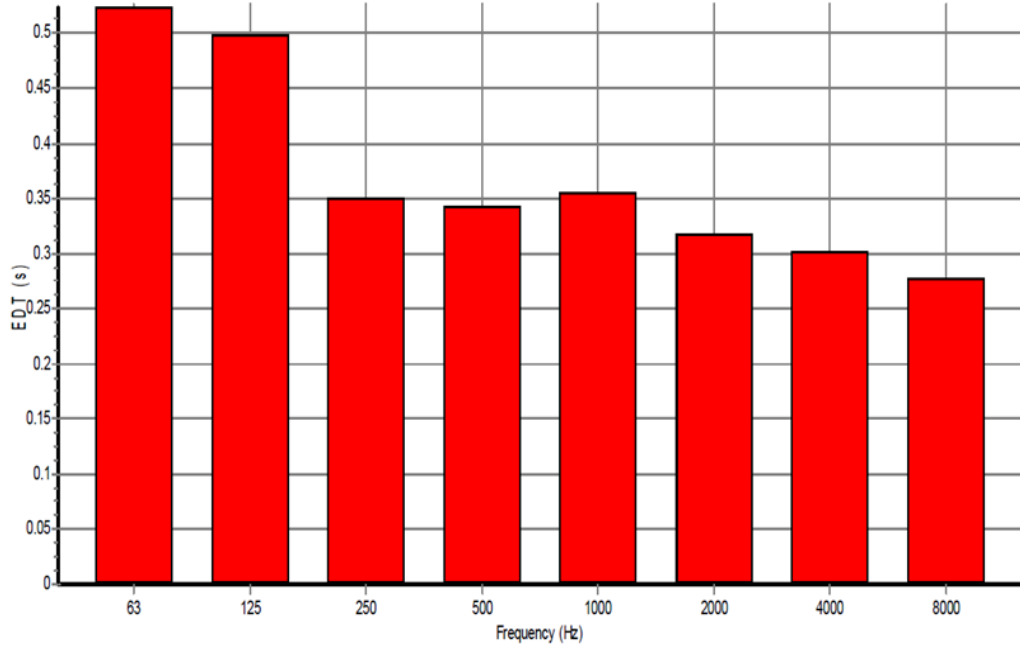
Büyük hacimli Toyoshima kontrol odasında, söz konusu malzemelerle yakın ve uzak dinleme ile elde edilen sonuçlar Tablo 29 ve Tablo 30'da verilmiştir.

**Tablo 29.** Yakın Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli DDA Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümleme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0.30	0.30	0.28	0.26	0.30	0.20	0.13	0.03
T30	(s)	0.52	0.52	0.50	0.45	0.41	0.41	0.40	0.31
SPL	(dB)	57.5	57.1	62.5	67.8	63.3	57.8	52.3	44.1
C80	(dB)	14.2	14.5	15.8	17.8	17.4	19.2	20.6	25.0
D50		0.90	0.91	0.92	0.94	0.91	0.94	0.96	0.98
Ts	(ms)	14	13	11	10	11	8	6	3
LF80		0.105	0.102	0.077	0.068	0.103	0.064	0.044	0.022

**Tablo 30.** Uzak Dinleme Hoparlörlerinin Kullanıldığı Büyük Hacimli DDA Tasarımındaki Oktav Bant EDT Sönümlenme Grafiği ve Parametre Tablosu



Band (Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
EDT	(s)	0.52	0.50	0.35	0.34	0.35	0.32	0.30	0.28
T30	(s)	0.53	0.50	0.53	0.47	0.45	0.43	0.43	0.35
SPL	(dB)	53.6	53.4	58.7	63.5	59.9	53.6	47.6	38.6
C80	(dB)	11.5	12.2	12.8	13.6	13.5	14.8	16.0	19.2
D50		0.82	0.83	0.85	0.85	0.83	0.86	0.89	0.93
Ts	(ms)	22	20	19	19	20	17	13	9
LF80		0.117	0.106	0.097	0.102	0.117	0.096	0.078	0.060

### **3.7.3. Parametre Analizleri:**

#### **3.7.3.1. Farklı Hacim ve Tasarım Modellerinin Akustik Parametre Değerlendirmeleri:**

Tez kapsamında ele alınan ve değerlendirilen kontrol odaları küçük ve büyük hacimler olarak iki ana başlıkta incelendi. Daha önce de belirtildiği gibi kapalı alanların temel akustik özelliği yansıma süresidir. Bu nedenle analizler EDT ve T30 parametreleri çerçevesinde gerçekleştirilecektir.

##### **3.7.3.1.1. Küçük Hacimli Kontrol Odalarının Karşılaştırılması (Kaynak noktası farklılığı):**

Kontrol odalarında genel olarak 250 Hz, 500 Hz ve 1000 Hz'deki sönümlenme süreleri ile bu sürelerin ortalamaları birbirlerine çok yakınken, Toyoshima odalarındaki sönümlenme sürelerinin daha kısa olduğu görülür. Hoparlörlerin bulunduğu odanın ön kısmında az emici malzemelerin kullanımına ve ön duvarın geometrisine bağlı olarak tarak filtrelemenin neden olduğu düzensizliklere gözlemlenmiştir.

Tablo 31'de Uzak dinleme hoparlörleriyle referans dinleme noktalarında elde edilen sönümlenme sürelerinin, yakın dinleme hoparlörleriyle elde edilen sürelerle göre biraz daha uzun olduğu görülmektedir.

Küçük hacimli LEDE kontrol odasınının 63 Hz ve 125 Hz oktav bantlardaki sönümlenme süreleri, 250 Hz'deki sönümlenme süresinden 60 ms daha uzundur. 1000 Hz bandında ise kaynağın karakteri nedeniyle, bu frekans bandındaki sönümlenme süresi komşu bantların sönümlenme sürelerinden yaklaşık 40 ms kadar daha uzundur. Yine aynı odada uzak dinleme hoparlörü ile elde edilen EDT sürelerinde, yakın dinleme ile elde edilen EDT süreleri ile kıyaslandıklarında, (63 Hz ve 125 Hz hariç) bantlar arasındaki sönümlenme farklarının daha az olduğu söylenebilir.

Küçük hacimli RFZ kontrol odası küçük hacimli LEDE kontrol odası ile karşılaştırıldığında, yakın ve uzak dinlemede, bas frekanslardan yüksek frekanslara doğru EDT süreleri giderek kısalmaktadır. Ancak, kaynağın karakteri nedeniyle 1000

Hz frekans bandının sahip olduğu sönümlenme süresi komşu bantların sahip oldukları sönümlenme sürelerine göre yaklaşık 40 ms daha uzundur. Küçük hacimli RFZ kontrol odası tasarımı için, 500 Hz bandında T30 süresi, komşu oktav bantlara göre yaklaşık 50 ms daha kısadır.

Küçük Toyoshima odasında yakın dinleme ile elde edilen sonuçlarda, 63 Hz bandının sönümlenme süresi 125 Hz bandının sahip olduğu sönümlenme süresinden yaklaşık 50 ms daha fazladır. Toyoshima tasarımında diğer kontrol odası tasarımlara göre daha fazla emici kullanılmış olsa da bas frekans kontrolü bu oda için daha zordur. 125 Hz bandından 8000 Hz bandına doğru EDT süreleri, 1000 Hz’de 30 ms’lik fark hariç azalma eğilimindedir. Bu tasarımın T30 değerleri 250 Hz ve 2000 Hz bantlarında komşu bantlara göre, yaklaşık 40 ms’lik daha kısa bir sönümlenme süresine sahiptir.

Küçük hacimli DDA kontrol odasında elde edilen EDT değerleri, diğer odalarda elde edilen değerler ile kıyaslandıklarında, bas frekanslardan yüksek frekanslara doğru giderek daha düzgün azalma eğilimindedirler.

Bu tez kapsamındaki kabullere uygun olarak, küçük hacimli kontrol odalarının sönümlenme grafikleri kıyaslandığında, uzak dinleme yapılan DDA kontrol odasının en iyi sonucu verdiği görülmektedir.

**Tablo 31.** Küçük Hacimli Kontrol Odalarının 250 Hz, 500 Hz Ve 1000 Hz’de Sahip Oldukları EDT, T30 Değerleri ve Aritmetik Ortalamalar

Kontrol Odası	Parametreler	Yakın Dinleme İçin				Uzak Dinleme İçin			
		250 Hz	500 Hz	1000 Hz	Ortalama	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	Ortalama
LEDE	EDT	0.24 sn	0.25 sn	0.28 sn	≈ 0,26 sn	0.27 sn	0.27 sn	0.29 sn	≈ 0,28 sn
	T30	0.40 sn	0.38 sn	0.46 sn	≈ 0,41 sn	0.42 sn	0.43 sn	0.43 sn	≈ 0,43 sn
RFZ	EDT	0.24 sn	0.24 sn	0.28 sn	≈ 0,25 sn	0.27 sn	0.26 sn	0.30 sn	≈ 0,28 sn
	T30	0.39 sn	0.34 sn	0.39 sn	≈ 0,37 sn	0.39 sn	0.34 sn	0.43 sn	≈ 0,39 sn
Toyoshima	EDT	0.14 sn	0.14 sn	0.16 sn	≈ 0,15 sn	0.15 sn	0.16 sn	0.16 sn	≈ 0,16 sn
	T30	0.21 sn	0.25 sn	0.22 sn	≈ 0,23 sn	0.23 sn	0.21 sn	0.24 sn	≈ 0,23 sn
DDA	EDT	0.28 sn	0.27 sn	0.27 sn	≈ 0,27 sn	0.33 sn	0.32 sn	0.31 sn	≈ 0,32 sn
	T30	0.46 sn	0.42 sn	0.41 sn	0,43 sn	0.49 sn	0.45 sn	0.46 sn	≈ 0,47 sn

### 3.7.3.1.2. Büyük Hacimli Kontrol Odalarının Karşılaştırılması (Kaynak noktası farklılığı):

Büyük hacimli LEDE kontrol odasının 63 Hz ve 125 Hz oktav bantlarındaki sönümlenme süreleri, 250 Hz’deki sönümlenme süresinden yaklaşık 50 ms daha uzun olduğu görülür (Tablo 32). Yine kaynak özelliği nedeniyle 1000 Hz bandındaki sönümlenme süresi diğer bantlara göre daha uzundur. Büyük hacimli LEDE kontrol odasında uzak dinleme hoparlörleri ile elde edilen sönümlenme grafiği yakın dinleme hoparlörleri ile elde edilen grafikten daha düzgündür.

Büyük hacimli RFZ kontrol odası tasarımı, büyük hacimli LEDE kontrol odası ile kıyaslandığında çok daha iyi bir sönümlenme grafiğine sahiptir. Bu RFZ

tasarımında uzak dinleme ile elde edilen EDT grafiği, yakın dinleme ile elde edilen EDT grafikten daha düzgündür.

Büyük hacimli Toyoshima odasında yakın dinleme hoparlörü ile elde edilen 63-1000 Hz oktav bantları arasındaki sönümlenme süreleri eşitken, 2000 Hz ve üstündeki frekans bantlarının sönümlenme süreleri, oda içerisinde emiciliğin fazla olması nedeniyle, oldukça kısadır. Uzak dinleme ile elde edilen sönümlenme süreleri, yakın dinlemeyle elde edilen sönümlenme sürelerine göre daha düzensizdir. Bu odada, diğer odaların aksine hoparlöre olan mesafe arttıkça daha kararsız bir dinleme ortamı oluşmaktadır.

Büyük hacimli DDA kontrol odasında yakın dinleme ile elde edilen sönümlenme süreleri üst oktavlara doğru azalma eğilimindedir. Ancak 4000 ve 8000 Hz oktav bantlarındaki sönümlenme süreleri diğer bantlardakine göre çok kısadır. Bu nedenle, bu oda daha bas karakterli olacaktır. Bu odada uzak dinleme ile elde edilen sönümlenme değerlerinin 63 Hz ve 125 Hz'de orta bantlara göre 15 ms kadar daha uzun olduğu görülmektedir.

Bu tez kapsamındaki kabullere uygun olarak, büyük hacimli kontrol odalarının sönümlenme grafikleri kıyaslandığında, uzak dinleme yapılan RFZ kontrol odasının en iyi sonucu verdiği görülmektedir.

**Tablo 32.** Büyük Hacimli Kontrol Odalarının 250 Hz, 500 Hz Ve 1000 Hz’de Sahip Oldukları EDT, T30 Değerleri ve Aritmetik Ortalamalar

Kontrol Odası	Parametreler	Yakın Dinleme İçin				Uzak Dinleme İçin			
		250 Hz	500 Hz	1000 Hz	Ortalama	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	Ortalama
LEDE	EDT	0.25 sn	0.26 sn	0.33 sn	0.28 sn	0.30 sn	0.31 sn	0.36sn	≈ 0.32 sn
	T30	0.45 sn	0.58 sn	0.76 sn	≈ 0,60 sn	0.39 sn	0.55sn	0.62 sn	0.52 sn
RFZ	EDT	0.27 sn	0.26 sn	0.32 sn	≈ 0.28 sn	0.32 sn	0.32 sn	0.35 sn	0.33 sn
	T30	0.43 sn	0.47 sn	0.56 sn	≈ 0,49 sn	0.46 sn	0.49 sn	0.59 sn	≈ 0.51 sn
Toyoshima	EDT	0.14 sn	0.14 sn	0.14 sn	0.14 sn	0.19 sn	0.14 sn	0.20 sn	≈ 0.18 sn
	T30	0.35 sn	0.35 sn	0.30 sn	0.50 sn	0.35 sn	0.36 sn	0.29 sn	0.50 sn
DDA	EDT	0.28 sn	0.26 sn	0.30 sn	0.28 sn	0.35 sn	0.34 sn	0.35 sn	≈ 0.35 sn
	T30	0.50 sn	0.45 sn	0.41 sn	≈ 0.45 sn	0.53 sn	0.47 sn	0.45 sn	≈ 0.48 sn

### 3.7.3.1.3. Küçük ve Büyük Hacimlerin Karşılaştırılması (Kaynak Noktaları Farklılığı):

LEDE, RFZ, Toyoshima ve DDA kontrol odası modellerinin küçük ve büyük hacimleri kendi tasarım yaklaşımlarını içerisinde, tez kapsamında kabul edilen yakın ve uzak kaynak pozisyonları açısından karşılaştırmaları Tablo 33 ve Tablo 34’de verilmiştir.

Söz konusu tablolarda görüleceği gibi, yakın dinlemede 250, 500 ve 1000 Hz’deki ortalama EDT farklarının LEDE, RFZ, Toyoshima ve DDA tasarımları için sırasıyla; 20, 30, 10, 10 ms’dir. Uzak dinlemeler için ise bu değerler, sırasıyla; 40, 50, 20, 30 ms’dir. Bu EDT değerlerinin hem uzak hem de yakın dinlemelerde, LEDE ve RFZ tasarımlarında aynı olduğu görülmüştür. Genel olarak uzak ve yakın dinlemelerde çok büyük EDT farkları yoktur.



Küçük ve büyük tasarımların T30 süreleri arasındaki farklılıklar ise, yakın dinleme için; sırasıyla 190, 120, 270 ve 20 ms olarak gözlemlenmiştir. Uzak dinlemelerde elde edilen farklar ise, sırasıyla; 90, 120, 270 ve 10 ms'dir.

Buna göre diğer tasarımlarla kıyaslandığında Toyoshima odasında hem yakın hem uzak dinleme ile elde edilen T30 süresi farklarının 270 ms olması dikkat çekicidir. Bu Toyoshima tasarımında hacim etkisinin akustik parametrelere daha büyük etkisi olduğunu açıklar.

**Tablo 33.** Yakın Dinleme, Küçük ve Büyük Hacimli Kontrol Odalarında, 250 Hz, 500 Hz ve 1000 Hz'de EDT, T30 Değerleri Aritmetik Ortalama Tablosu

Kontrol Odası Tasarımı ve Hacimler		Parametreler	Yakın Dinleme İçin			
			250 Hz	500 Hz	1000 Hz	Ortalama
LEDE	Küçük	EDT	0.24 sn	0.25 sn	0.28 sn	≈ 0.26 sn
		T30	0.40 sn	0.38 sn	0.46 sn	≈ 0,41 sn
	Büyük	EDT	0.25 sn	0.26 sn	0.33 sn	0.28 sn
		T30	0.45 sn	0.58 sn	0.76 sn	≈ 0,60 sn
RFZ	Küçük	EDT	0.24 sn	0.24 sn	0.28 sn	≈ 0,25 sn
		T30	0.39 sn	0.34 sn	0.39 sn	≈ 0,37 sn
	Büyük	EDT	0.27 sn	0.26 sn	0.32 sn	≈ 0.28 sn
		T30	0.43 sn	0.47 sn	0.56 sn	≈ 0,49 sn
Toyoshima	Küçük	EDT	0.14 sn	0.14 sn	0.16 sn	≈ 0,15 sn
		T30	0.21 sn	0.25 sn	0.22 sn	≈ 0.23 sn
	Büyük	EDT	0.14 sn	0.14 sn	0.14 sn	0.14 sn
		T30	0.35 sn	0.35 sn	0.30 sn	0.50 sn
DDA	Küçük	EDT	0.28 sn	0.27 sn	0.27 sn	≈ 0.27 sn
		T30	0.46 sn	0.42 sn	0.41 sn	0,43 sn
	Büyük	EDT	0.28 sn	0.26 sn	0.30 sn	0.28 sn
		T30	0.50 sn	0.45 sn	0.41 sn	≈ 0.45 sn

**Tablo 34.** Uzak Dinleme, Küçük ve Büyük Hacimli Kontrol Odalarında 250 Hz, 500 Hz ve 1000 Hz’de EDT, T30 Değerleri Aritmetik Ortalama Tablosu

Kontrol Odası Tasarımı ve Hacimler		Parametreler	Uzak Dinleme İçin			
			250 Hz	500 Hz	1000 Hz	Ortalama
LEDE	Küçük	EDT	0.27 sn	0.27 sn	0.29 sn	≈ 0,28 sn
		T30	0.42 sn	0.43 sn	0.43 sn	≈ 0,43 sn
	Büyük	EDT	0.30 sn	0.31 sn	0.36sn	≈ 0.32 sn
		T30	0.39 sn	0.55sn	0.62 sn	0.52 sn
RFZ	Küçük	EDT	0.27 sn	0.26 sn	0.30 sn	≈ 0,28 sn
		T30	0.39 sn	0.34 sn	0.43 sn	≈ 0,39 sn
	Büyük	EDT	0.32 sn	0.32 sn	0.35 sn	0.33 sn
		T30	0.46 sn	0.49 sn	0.59 sn	≈ 0.51 sn
Toyoshima	Küçük	EDT	0.15 sn	0.16 sn	0.16 sn	≈ 0,16 sn
		T30	0.23 sn	0.21 sn	0.24 sn	≈ 0.23 sn
	Büyük	EDT	0.19 sn	0.14 sn	0.20 sn	≈ 0.18 sn
		T30	0.35 sn	0.36 sn	0.29 sn	0.50 sn
DDA	Küçük	EDT	0.33 sn	0.32 sn	0.31 sn	≈ 0.32 sn
		T30	0.49 sn	0.45 sn	0.46 sn	≈ 0.47 sn
	Büyük	EDT	0.35 sn	0.34 sn	0.35 sn	≈ 0.35 sn
		T30	0.53 sn	0.47 sn	0.45 sn	≈ 0.48 sn

## SONUÇ

Bu tez kapsamındaki kabuller ile ses stüdyolarında yer alan kontrol odalarının belli başlı dört farklı modeli, iki farklı hacimde modellendi ve iki farklı kaynak-alıcı mesafesiyle değerlendirildi. Kapalı mekanların önemli ve birincil parametreleri olan EDT ve T30 parametreleri üzerinden, farklı kontrol odası tasarım yaklaşımları kıyaslanarak bağlantılar kuruldu.

Küçük odalar için kullanılan materyaller aynı şekilde büyük odalar için kullanıldığında, sonuçlarda ciddi farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle büyük oda tasarımlarında farklı malzemeler kullanıldı. Bu farklı büyüklükteki hacimlerin aynı malzemelerle tasarlanamayacağını ortaya koymuştur. Bu durum akustik dünyasında mekan tasarımlarında hacim farklılıklarının tasarımı değiştirmesi konusunu açıklar.

Bu tez kapsamındaki kontrol odalarının 1/1 oktav bantlarda sahip oldukları toplam emicilik değerlerine bakıldığında, büyük hacimli modellerin aynı tasarımlara sahip küçük hacimli modellere göre, aynı frekans bantlarda sahip oldukları Sabine değerlerinin yaklaşık iki kat daha fazla olduğu görülmüştür (Tablo 35).

**Tablo 35.** Kontrol Odalarının Oktav Bantlardaki Sabine Değerleri

Kontrol Odaları	Toplam Emici Alanı Sabine (m <sup>2</sup> )									
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Yüzey Alanı
LEDE	Küçük	31,5	40,7	47,6	50,4	51,0	51,5	54,4	63,5	4622
	Büyük	74,5	90,0	95,4	101,5	101,0	103,2	109,4	134,4	7159
RFZ	Küçük	33,3	51,5	52,0	58,4	56,4	56,5	59,9	65,1	12317
	Büyük	76,2	102,5	102,6	110,1	105,5	105,6	113,0	131,0	18582
Toyoshima	Küçük	57,2	70,1	77,7	81,5	87,3	90,6	90,4	101,1	3908
	Büyük	110,9	136,7	138,0	133,1	138,7	138,9	151,6	177,0	10172
DDA	Küçük	39,0	44,2	44,1	51,3	54,8	54,6	57,7	67,2	4108
	Büyük	81,0	98,6	102,2	117,5	122,8	122,2	129,2	154,6	12421

Küçük hacimler için yakın ve uzak kaynak noktaları arasında kayda değer bir fark yoktur. Küçük hacimlerde farklı tasarımlar arasında dikkate değer bir fark bulunmamaktadır. Bu hacimlerin küçük olması ve emicilik oranlarının birbirine

yakın olmasıyla açıklanır. Sadece Toyosima odasında; emiciliğin diğer kontrol odalarından daha fazla olması nedeniyle, düşük bir yansıma süresi elde edilmiştir.

Odalar arasında en düzgün sönümle değerleri uzak dinleme yapılan büyük hacme sahip RFZ ve küçük hacme sahip olan DDA kontrol odalarında elde edilmiştir.

Sönümlenme eğrisinin 10 dB'lik düşüşe göre yansıma süresi olan EDT değeri Toyoshima tasarımında çok kısa çıkarken, 30 dB'lik eğime göre yansıma süresi olan T30 değeri daha yüksek çıkmaktadır. Bu da ilk yansıyan seslerin düşük daha sonra gelen yansımaların ise yüksek seviyelerde duyulması anlamına gelecektir.

Küçük hacimlerde 250, 500 ve 1000 Hz EDT ve T30 ortalamaları arasındaki farklar 0.1-0.15 sn aralığındayken, büyük hacimlerde bu parametre farklarının 0.15-0.32 sn aralığında yer aldığı görülmüştür. Bu büyük hacimler için 30 dB'ye kadar olan yansımaların etkisinin daha yüksek olduğunu gösterir.

Kullanılan malzemelerin nicelikleri açısından bakıldığında tüm kontrol odaları arasında en düşük maliyeti LEDE odasının, en yüksek maliyeti ise Toyoshima odasının sahip olacağı söylenebilir. DDA ve özellikle RFZ modelleri ise mimari açıdan en maliyetli modellerdir. Bunun nedeni DDA kontrol odalarının yan yüzeylerin testere dişi şekilleri, RFZ tasarımlarında ise tüm odanın sekizgen formuna benzetilmesidir. Diğer tasarımlarla kıyaslandığında LEDE tasarımının bütçesinin düşük stüdyolar için daha uygun olması, bu tasarımının günümüze kadar fazlaca tercih edilmesinin sebebidir.

## KAYNAKÇA

### KİTAPLAR

EVEREST, F. Alton, POHLMANN, Ken C.; **The Master Handbook of Acoustics**, Fifth Edition, McGraw-Hill, USA, 2000, 528 S.

GADE, Anders Christian, ROSSIN, Thomas D.; **Springer Handbook of Acoustic**, Springer, USA, 2007, 1182 S.

JOHNSON, Heather; **If These Halls Could Talk: A Historical Tour through San Francisco Recording Studios**, Thomson Course Technology, USA, 2006, 350 S.

LONG, Marshall; **Architectural Acoustics**, Elsevier, USA, 2005, 872 S.

NEWELL, Philip; **Recording Studio Design 3rd Edition**, Focal Press, Oxford, 2011, 832 S.

RAICHEL, Daniel R.; **The Science And Applications Of Acoustics**, Springer, USA, 2006, 660 S.

WALKER, Bob, TALBOT-SMITH, Micheal; **Audio Engineer's Reference Book**, Second Edition, Focal Press, USA, 2001, 672 S.

### MAKALELER

D'ANTONIO, Peter, KONNERT, John H; **The RFZ-RPG Approach to Control Room Monitoring**, AES 76th Convention, New York, 1984.

DAVIS, Don, DAVIS Chips; **The LEDE™ Concept for the Control of Acoustic and Psychoacoustic Parameters in Recording Control Rooms**, Journal of Audio Engineering Society Volume 28/9: 585-595, 1980.

DAVIS, Don; **The Role of The Initial Time Delay Gap in The Acoustic Design of Control Rooms for Recording and Reinforcement Systems**, AES 64th Convention, New York, 1979.

IVANCEVIC, B., DOMITROVIC, H., FAJT, S.; **Acoustic Properties of Control Rooms**, AES 112th Convention, Munich, 1997.

PETROVIC, Bogic, DAVIDOVIC, Zorica; **Acoustic Design of Control Room for Stereo and Multichannel Production and Reproduction, a Novel Approach**, Audio Engineering Society 129th Convention, San Francisco, 2010.

PUTNAM, Milton T.; **35 Years Old History and Evolution of The Recording Studio**, AES 66th convention, Los Angeles, 1980.

PUTNAM, Milton T.; **The Loudspeaker and Control Room As a Wholly Integrated System**, AES 70th Convention, New York, 1981.

PUTNAM, Milton T.; **Recording Studio and Control Room Facilities of Advance Design**, Journal of Audio Engineering Society Volume 8/2: 111-119, 1960.

RETTINGER, Mike; **On the Acoustics of Control Rooms**, Audio Engineering Society 57th Convention, Los Angeles, 1977.

SARRIS, John; **A Comparative Study Of Various 'Optimum' Room Dimension Ratios**, AES 130th Convention, London, 2011.

TOYOSHIMA, Sam M.,SUZUKI, H.; **Control Room Acoustic Design**, AES 80th Convention, Montreux, 1986.

VOETMANN, Jan; **50 Years of Sound Control Room Design**, AES 122th Convention, Vienna, 2007.

VOLKMANN, John E.; **Acoustic Requirements of Stereo Recording Studios**, Journal of Audio Engineering Society Volume 14/4:324-327, 1966.

WALKER R.; **A New Approach to the Design of Control Room Acoustics for Stereophony**, AES 94th Convention, Berlin, 1993.

## İNTERNET

BONZAI; **George Messenberg Builds a Blackbird Room**, Digizine  
[http://www2.digidesign.com/digizine/dz\\_main.cfm?edition\\_id=101&navid=907](http://www2.digidesign.com/digizine/dz_main.cfm?edition_id=101&navid=907).

(Erişim Tarihi: 10.08.2013)

PARRY, Andrew. **Early Sound Scattering and Control Room Design**, Sound on  
Sound, January, 1997;

[http://www.soundonsound.com/sos/1997\\_articles/jan97/controlrooms.html](http://www.soundonsound.com/sos/1997_articles/jan97/controlrooms.html).

(Erişim Tarihi: 10.08.2013)

WINER, Ethan; **The 38 Percent Rule**, [http://realtraps.com/art\\_room-setup.htm](http://realtraps.com/art_room-setup.htm)

(Erişim Tarihi: 10.08.2013)

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad, Soyad:** İsmet Emre YÜCEL

**Doğum Yeri ve Yılı:** Samsun - 1982

**Yabancı Dil:** İngilizce

### **Eğitim:**

**Yüksek Lisans:** Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Teknolojisi bölümü

**Lisans:** 2010, Cumhuriyet Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Teknolojisi bölümü

**Lise:** 1999, Samsun Endüstri Meslek Lisesi

### **İş Tecrübesi:**

2012 - Halen, Araştırma Görevlisi, Sakarya Üniversitesi, Devlet Konservatuvarı, Müzik Teknolojileri Anabilim Dalı

### **Bildiri:**

2013, "Kontrol Odası Modellerinde Tasarım Yaklaşımları" ATMM, 12-13 Kasım.