

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
MÜZİK BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

GÜRÜLTÜ KONTROLÜNÜN SAĞLANMASI VE
KONUŞMA ANLAŞILIRLIĞININ İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK
FARKLI AKUSTİK TASARIMLAR:
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ HASTANESİ ACİL SERVİS BİRİMİ

Hazırlayan:
Suat VERGİLİ

Danışman:
Doç. Dr. Feridun ÖZİŞ

İZMİR / 2015

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Gürültü Kontrolünün Sağlanması Ve Konuşma Anlaşılabilirliğinin İyileştirilmesine Yönelik Farklı Akustik Tasarımlar: Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi Acil Servis Birimi” adlı çalışmamın, 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.

02/02/2015

Suat VERGİLİ

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü'nün/...../...../ tarih vesayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'ninmaddesine göre Müzik Bilimleri Anabilim Dalı, Doktora öğrencisi Suat VERGİLİ'nin “Gürültü Kontrolünün Sağlanması Ve Konuşma Anlaşılabilirliğinin İyileştirilmesine Yönelik Farklı Akustik Tasarımlar: Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi Acil Servis Birimi” konulu tezi incelenmiş ve aday/...../...../ tarihinde, saat’da jüri önünde tez savunması alınmıştır.

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

BAŞKAN**ÜYE****ÜYE****ÜYE****ÜYE**

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DÖKÜMANTASYON MERKEZİ
TEZ VERİ FORMU

Tez No:

Konu Kodu:

Üniv. Kodu:

Not: Bu bölüm merkezimiz tarafından doldurulacaktır.

Tez Yazarının**Soyadı:** Vergili**Adı:** Suat

Tezin Türkçe Adı : Gürültü Kontrolünün Sağlanması Ve Konuşma Anlaşılabilirliğinin
 İyileştirilmesine Yönelik Farklı Akustik Tasarımlar: Dokuz Eylül Üniversitesi
 Hastanesi Acil Servis Birimi

**Tezin Yabancı
 Dildeki Adı** : Acoustical Design Options for Noise Control and Improvement of Speech
 Intelligibility: Dokuz Eylul University Hospital, Emergency Department Unit

Tezin Yapıldığı:**Üniversite:** Dokuz Eylül Üniversitesi**Enstitü:** Güzel Sanatlar Enstitüsü**Yıl:** 2015**Diğer Kuruluşlar:****Tezin Türü:****Yüksek Lisans**
☐
Doktora
☒
Sanatta Yeterlik
☐
Tıpta Uzmanlık
☐
Dili

: Türkçe

Sayfa Sayısı : 134**Referans Sayısı** : 109**Tez Danışmanı / Danışmanlarının:****Ünvanı:** Doç. Dr.**Adı:** Feridun**Soyadı:** ÖZİŞ**Türkçe Anahtar Kelimeler:**

1- Akustik Tasarım

2- Gürültü Kontrolü

3- Konuşma Anlaşılabilirliği

4- Acil Servislerde Gürültü

5- Hastanelerde Gürültü

İngilizce Anahtar Kelimeler:

1- Acoustical Design

2- Noise Control

3- Speech Intelligibility

4- Noise in the Emergency Department

5- Noise in Hospitals

Tarih: 02/02/2015**İmza:****Tezimin Erişim Sayfasında Yayımlanmasını İstiyorum:**Evet ☐Hayır ☒

ÖZET

Bu tez çalışmasının amacı Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi, Acil Servis Birimi özelinde gürültü kontrolünü sağlamaya ve hasta - çalışan konforunu arttırmaya yönelik akustik düzenleme önerileri sunmaktır. Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi Acil Servisi bünyesindeki hasta bakım birimleri, açık planlı, kalabalık, yansıtıcı yüzeylere sahip ve çok sayıda gürültü üreteçlerinin bulunduğu kapalı alanlardır. Bu alanlardaki gürültü seviyeleri Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği değerlerden oldukça uzaktır. Bu gürültü seviyelerinin hasta iyileşmesini yavaşlattığı, hastalarda kaygı, stres ve pek çok sağlık problemine yol açtığı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Aynı şekilde, hastanelerdeki yüksek gürültü seviyelerinin çalışan performansına, konsantrasyonuna ve iletişimine olan olumsuz etkileri yanında stres, tükenmişlik sendromu gibi psikolojik etkileri de bilinmektedir. Bu yüzden hassas çalışma ortamları olan hastanelerde gürültü kontrolünün sağlanması hem hastalar hem çalışanlar açısından zorunlu hale gelmiştir. Bunlara ek olarak, konuşma anlaşılabilirliği kavramının ve ilgili parametre olan STI'ın bu gibi alanlarda önemli bir akustik değerlendirme kriteri olabileceği öne sürülmektedir.

Bu amaçla, üniversitemiz hastanesi acil servisinde, gürültülü olduğu konusunda personelin ortak kanaati bulunan üç noktada kırk sekizer saat olacak şekilde gürültü ölçümleri yapılmıştır. Gürültü ölçümleri için uluslararası ölçüm standartlarına uygun NTI Audio, XL2 model ses seviye ölçüm cihazı kullanılmıştır. Gürültü ölçümlerinden alınan verilerle acil servis genelindeki ortalama gürültü seviyeleri elde edilmiştir.

Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi Acil Servisinin gürültü durumunu değerlendirmek ve gürültü kontrolüne yönelik akustik tasarımları gerçekleştirmek amacıyla mimari akustik modelleme yazılımı ile servisin o günkü akustik koşulları ile birebir örtüşecek şekilde akustik modeli oluşturulmuştur. Gürültü seviyelerine ek olarak servisteki yansıma süreleri ve konuşma anlaşılabilirliği değerleri elde edilmiştir.

Son aşamada, kabul edilebilir seviyelerde gürültü kontrolü ve konuşma anlaşılabilirliğini sağlamaya yönelik acil servisin genelini kapsayacak akustik tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ve yeni akustik koşullar karşılaştırılmış, en başarılı sonuçları sağlayan akustik tasarımlar belirlenmiştir. Yapılan tüm tasarımların

uygulanmadan önceki ve sonraki durumları ses örnekleri ile ortaya konulmuştur. Son aşamada 20 katılımcı ile yapılan dinleme testi ile katılımcıların tasarımlarla ilgili değerlendirmeleri elde edilmiştir. Bu değerlendirmeler nesnel verilerle karşılaştırılarak öznel algı – nesnel veri ilişkileri incelenmiştir.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to put forth acoustical design guidelines to control indoor noise levels and improve patient – staff comfort and well-being in Dokuz Eylul University Hospital, Emergency Department. The patient care areas in Dokuz Eylul University Hospital, Emergency Department are open planned, crowded areas with many reflective surfaces (marble floors, ceramic tiles etc.) and it houses many noise generators (alarms, medical equipments, public address systems etc.). The noise levels in these areas are far from the ideal values presented by World Health Organization. It has been documented with various studies that such noise levels are known to have degrading effects on patient's curing process, causing anxiety, stress and various health problems. On the other hand, high levels of indoor noise are documented to cause low performance, lack of concentration and communication problems between the staff. That is why noise control in hospitals, which are sensitive working environments, has become mandatory for both the patient's and the staff's well-being. In addition to achieving these requirements, the concept of speech intelligibility and the relevant assessment parameter, STI is put forth as a criteria in the evaluation of noise levels and acoustical qualities of emergency departments.

In order to achieve this, noise level measurements have been carried out in 3 areas, which were defined as the noisiest, for 48 hours each. For the noise level measurements, a sound level meter which complies with international standards, NTI Audio, XL2 model has been used. Average noise levels for each measurement area and across the entire emergency department have been gathered.

In the next phase, the ER service has been modeled in 3D in order to evaluate the soundscape and apply acoustical designs for noise control. The acoustical conditions of the service as it was measured (surface materials, noise levels etc.) have been implemented on the model. Additionally reverberation time and speech intelligibility data have been gathered and evaluated.

In the final phase, different acoustical designs have been made in order to provide acceptable levels of noise control and speech intelligibility. The results and the

new acoustical conditions have been compared and the most successful acoustical design has been determined. The conditions before and after the acoustical design have been auralized with audio convolutions. In the final phase, a listening test consisting of 20 participants have been organized to evaluate objective parameter – subjective preference relationships.

ÖNSÖZ

Kamusal alanlarda gürültü ve gürültü kontrolüne yönelik çalışmalar bu çalışma ortaya çıkmadan önce araştırdığım ve danışman hocam Doç. Dr. Feridun Öziş ile tartıştığımız bir çalışma konusu idi. Okullar ve kamu binalarındaki çalışmaların odak noktaları, çoğunlukla, gürültü kontrolü ve konuşma anlaşılabilirliği olarak dikkatimizi çekmişti. Bu çalışma ile ilgili fikirlerin gün yüzüne çıkması ise Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi, Acil Servis biriminde uzmanlık çalışmasını yapmakta olan arkadaşım Uzm. Dr. Nihat AK ile yaptığımız görüşmeler ve kendisinin uzmanlık tezini acil servislere gürültü, gürültünün etkileri üzerine vermek istediğini belirtmesi ile başladı. Bu fikir zaman içerisinde Müzik Bilimleri Bölümü ve Acil Servis Anabilim Dalı'nın ortak bir bilimsel araştırma projesi vermesi ile gelişti ve şu an okumakta olduğunuz doktora tezinin hayata geçmesi ile sonuçlandı.

Bu projenin yazımı süresince desteğini, bilgisini ve rehberliğini bir an olsun esirgemeyen ve beni teşvik eden danışmanım, hocam Doç. Dr. Feridun Öziş'e ömrüm boyunca minnettar olacağım. Öğrenciliğim ve çalışma hayatım boyunca bilgi, ilgi ve yönlendirmeleri ile desteğini hep hissettiren hocam Prof. Dr. Fırat Kutluk'a ve tanıştığımız günden beri bilgilerini, öğretici eleştirilerini ve değerli zamanını esirgemeyen Yard. Doç. Dr. Konca Şaher'e minnettarım. Bilgi, destek ve yönlendirmeleri için danışman hocalarım Prof. Dr. Uzay Bora ve Yard. Doç. Dr. Timur Köse'ye çok teşekkür ediyorum. Bu çalışmanın fikir babalarından birisi olan arkadaşım Uzm. Dr. Nihat Ak'a ve projenin hayata geçmesi konusunda yardımlarını esirgemeyen Acil Servis birimi çalışanları ve Doç. Dr. Rıdvan Atilla'ya teşekkürlerimi sunuyorum. Ölçümlerde sağladığı katkı, fikir ve destekleri için Sercem Murat Sağın'a teşekkür ediyorum. Destekleri ve anlayışları için tüm bölüm öğrencilerimize teşekkür ediyorum. Çalışma süresince beni sürekli destekleyen ve pozitif yönlendiren dostum Doç. Dr. Aykut Barış Çerezcioğlu'na ve bir buçuk yıldır yaşadığı Yeni Zelanda'dan destekleyici ve teşvik edici mesajları ile hep yanımda olduğunu hissettiren dostum Lecturer Dr. Ozan Nadir Alakavuklar'a teşekkür ediyorum. Son olarak her an yanımda olan ve beni bu günlere getiren aileme sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	i
TUTANAK.....	ii
YÖK DOKÜMANTASYON MERKEZİ TEZ VERİ FORMU.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR	xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvi
TABLolar LİSTESİ.....	xviii
EKLER LİSTESİ.....	xxi
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM AKUSTİK BİLİMİNDE GÜRÜLTÜ

1.1. Gürültü: Tanım ve Değerlendirme.....	7
1.1.1. Etki Alanlarına Göre Gürültü: Çevresel ve Toplumsal Gürültü.....	8
1.1.2. Fiziksel Özelliklerine Göre Gürültü.....	10
1.2. Gürültü Kriterleri.....	12
1.2.1. Frekans Ağırlıklı Gürültü Ölçümleri.....	12
1.2.2. A Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi - L_A	14
1.2.3. A Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Gürültü Seviyesi - L_{Aeq}	14
1.2.4. Zaman Ağırlıklı Maksimum ve Minimum Ses Basınç Seviyeleri – L_{max} & L_{min}	16

1.2.5. C Ağırlıklı Tepe Ses Basınç Seviyesi – L_{Cpeak}	16
1.2.6. Gürültü Ağırlık Eğrileri.....	17
1.2.6.1. NC Eğrisi.....	17
1.3. Gürültü Kontrolü Yöntemleri.....	19
1.3.1. Pasif Gürültü Kontrolü.....	19
1.3.2. Aktif Gürültü Kontrolü.....	20
1.4. Yönetmelik ve Standartlar.....	20
1.4.1. Gürültü Ölçümü ile İlgili Standartlar.....	21
1.4.2. Ölçüm Cihazlarına Yönelik Standartlar.....	22
1.4.3. Gürültünün Tanımlanması ve Kontrolü ile İlgili Kılavuz ve Yönetmelikler.....	22
1.4.4. WHO – Toplumsal Gürültü İçin Kılavuz.....	23
1.4.5. Çalışma Alanlarında Maruz Kalınan Gürültü ile İlgili Kılavuz ve Yönetmelikler.....	25
1.5. Oda Akustiği.....	26
1.5.1. Konuşma Anlaşılabilirliği.....	29
1.6. Değerlendirme.....	34

İKİNCİ BÖLÜM

SAĞLIK ALANINDA GÜRÜLTÜ

2.1. Hastane Ortamında Gürültü.....	36
2.1.1. Hastane Acil Servislerinde Gürültü Çalışmaları.....	42
2.2. Gürültünün Etkileri, Hastanelerde Gürültünün Etkileri Üzerine Çalışmalar.....	46
2.2.1. Gürültü Kaynaklı Uyku Bozulması	46
2.2.2. Gürültünün Kardiyovasküler ve Fizyolojik Etkileri	48
2.2.3. Gürültünün Konuşma İletişimi Üzerindeki Etkileri.....	50

2.2.4. Psikolojik ve Davranışlar Üzerindeki Etkileri	52
2.2.5. Gürültünün Rahatsız Ediciliği.....	53
2.2.6. Gürültünün Performans ve Konsantrasyon Üzerindeki Etkileri.....	54
2.3. Hastanelerin Akustik Özellikleri Üzerine Kılavuz ve Öneriler.....	55
2.4. Değerlendirme.....	59

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DENEY: GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE AKUSTİK SİMULASYON

3.1. Deney Aşaması ve Yöntem.....	62
3.1.1. Acil Servis Biriminde Gürültü Ölçümleri.....	63
3.1.2. Akustik Simulasyonlar ve Aşamaları.....	67
3.1.2.1. Acil Servis Üç Boyutlu Modellerinin Hazırlanması.....	68
3.1.2.2. Modellerde Malzeme Yerleşimleri.....	73
3.1.2.2.1. Temel Model Malzemeleri.....	75
3.1.2.2.2. Asma Tavan Malzemeleri.....	75
3.1.2.2.3. Baffle Tipi Tavan Malzemeleri.....	77
3.1.2.2.4. Yan Yüzey ve Duvar Panel Malzemeleri.....	78
3.1.3. Kaynak – Alıcı Yerleşimleri ve Kalibrasyon.....	79
3.2. ODEON Ölçümleri.....	83
3.2.1. Gürültü Seviyesi, Yansıma Süresi Ölçümleri ve Değerlendirmeler.....	83
3.2.1.1. Sadece Asma Tavan Uygulaması Modelleri.....	84
3.2.1.2. Baffle Tipi Tavan + Yan Yüzey Uygulaması Modelleri.....	84
3.2.1.3. Sadece Asma Tavan ve Sadece Yan Yüzey Uygulaması Modelleri.....	85
3.2.1.4. Asma Tavan + Yan Yüzey Uygulaması Modelleri.....	86

3.2.1.5. Asma Tavan + Duvar Paneli ve Yan Yüzey	
Uygulaması Modelleri.....	86
3.2.2. Konuşma İletimi Endeksi (STI) Ölçümleri.....	88
3.2.2.1. Sadece Asma Tavan Uygulaması Modelleri.....	88
3.2.2.2. Baffle Tipi Tavan + Yan Yüzey Uygulaması	
Modelleri.....	89
3.2.2.3. Sadece Asma Tavan ve Sadece Yan Yüzey	
Uygulaması Modelleri.....	90
3.2.2.4. Asma Tavan + Yan Yüzey Uygulaması Modelleri.....	91
3.2.2.5. Asma Tavan + Duvar Paneli ve Yan Yüzey	
Uygulaması Modelleri.....	92
3.2.3. Evrişimli (Convolution) Ses Örneklerinin Elde Edilmesi.....	93
3.3. Dinleme Testi.....	95

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

DEĞERLENDİRME

4.1. Dinleme Testi Verilerinin Değerlendirmesi.....	97
4.1.1. Birinci Aşama: Asma Tavan ve Tavan Baffle Uygulamalarının	
Değerlendirilmesi.....	97
4.1.2. İkinci Aşama: Emici Asma Tavan – Emici Yan Yüzey	
Uygulaması Modellerinin Değerlendirilmesi.....	98
4.1.3. Üçüncü Aşama: Tüm Tasarımlarda En Yüksek Konuşma	
Anlaşılabilirliğine Sahip Örneklerin Değerlendirilmesi.....	100
4.1.4. Dördüncü Aşama: Aynı Konuşma Anlaşılabilirliği Verilerine	
Sahip Üç Modelin Değerlendirilmesi.....	102
4.1.5. Beşinci Aşama: Farklı Tasarımlara ve Çok Yakın Konuşma	
Anlaşılabilirliğine Sahip Modellerin Değerlendirilmesi.....	104

4.1.6. Altıncı Aşama: Farklı STI Değerlerine Sahip Modeller	
Arasında Yeterlilik Değerlendirmesi.....	106
4.1.7. Yedinci Aşama: Asma Tavan Müdahalesi Uygulamalarının	
Ortalama Emicilik Katsayılarına (α) Göre Değerlendirilmesi.....	108

SONUÇ.....	112
EKLER.....	120
KAYNAKÇA.....	124
ÖZGEÇMİŞ	

KISALTMALAR:

A – Toplam Emici Alanı

AC – Artikülasyon Sınıfı (Articulation Class)

AI – Artikülasyon Endeksi (Articulation Index)

Alcons – Ünsüz harflerde artikülasyon kaybı (Articulation loss of consonants)

C_{80} – Akustikte berraklık (clarity) parametresi

D_{50} – Akustikte netlik (definition) parametresi

dB – Desibel

EDT – Erken Sönüm Süresi (Early Decay Time)

EPA –Environmental Protection Agency

ISO – International Organisation for Standardization

Hz – Hertz

L_A – A Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi

LA_{eq} – A Ağırlıklı Eşdeğer Gürültü Seviyesi

LA_{max} – Zaman Ağırlıklı Maksimum Ses Basınç Seviyesi

LA_{min} – Zaman Ağırlıklı Minimum Ses Basınç Seviyesi

LC_{peak} – C Ağırlıklı Tepe Ses Basınç Seviyesi

NC – Noise Criteria

NCB – Balanced Noise Criteria

NR – Noise Rating

RASTI – Hızlı konuşma iletimi endeksi (Rapid Speech Transmission Index)

RT - Yansıım Süresi (Reverberation Time)

SBS – Sick Building Syndrome

STC – Sound Transmission Class

STI – Konuşma İletimi Endeksi (Speech Transmission Index)

t_s – Merkez zaman (center time) parametresi

U – Kullanışlı ve zararlı ses oranı (Useful-to-detrimental Sound Ratios)

WHO – Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

ŞEKİLLER LİSTESİ:

Şekil 1. Dar bant gürültü (Örn. düdük sesi) spektrumu

Şekil 2. Geniş bant gürültü (Örn. otoyol gürültüsü) spektrumu

Şekil 3. A, C ve Z frekans ağırlık filtrelerine ait frekans tepkileri

Şekil 4. NCB Eğrileri

Şekil 5. IEC 20268-16 standardına göre STI değerlendirme aralıkları

Şekil 6. Johns Hopkins Hastanesi Acil Servisinin Farklı Bölümlerinde ölçülmüş ses basınç seviyeleri

Şekil 7. Phoenix bölgesindeki dört acil servise ait gürültü ölçümleri

Şekil 8. Acil servis zemin planı, ölçüm alanları ve ölçüm cihazı yerleşim noktaları

Şekil 9. Resüsitasyon (sol) ve monitörlü gözlem (sağ) gürültü ölçüm noktaları

Şekil 10. Bakı birimleri gürültü ölçüm noktası

Şekil 11. Acil servisin 3 boyutlu modeli

Şekil 12. Resüsitasyon alanı ve ölçüm – alıcı noktası

Şekil 13. Monitörlü Gözlem alanı ve ölçüm – alıcı noktası

Şekil 14. Bakı Birimleri ve ölçüm - alıcı noktası

Şekil 16. Baffle tavan uygulaması

Şekil 17. Duvar paneli uygulaması

Şekil 18. Tavan malzemeleri emicilik grafikleri

Şekil 19. Baffle malzemelerin emicilik grafikleri

Şekil 20. Yan yüzey malzemelerinin emicilik grafikleri

Şekil 21. Acil servisteki gürültü simülasyonu için modellenen kaynaklar ve alıcılar

Şekil 22. Konuşma anlaşılabilirliği ölçümü kaynak (doktor) ve alıcı (hemşire) yerleşimi

Şekil 23. Acil servis genelindeki gürültü seviyelerinin dağılımını gösteren *Grid*

Şekil 24. Evrişim örnekleri için ODEON’da kullanılan *auralisation* ayarları

TABLÖLAR LİSTESİ:

Tablo 1. WHO tarafından tanımlanmış toplumsal gürültü alan ve kaynakları

Tablo 2. A ve C frekans ağırlık faktörleri

Tablo 3. NC eğrilerinin frekans bantlardaki seviyeleri

Tablo 4. Uygulama alanlarına göre NCB eğrilerinin kullanımı

Tablo 5. STI değerleri ve karşılıkları

Tablo 6. IEC 60268-16 standardına göre uygulama alanı örnekleri

Tablo 7. Normal duyuma sahip kişiler için konuşma anlaşılabilirliği ve sinyal / gürültü oranları arasındaki ilişki

Tablo 8. Hastanelerdeki bazı aktivitelerin ölçülmüş ses basınç seviyeleri

Tablo 9. Arkaplan gürültüsüne bağlı konuşma iletişimi kurma becerisi

Tablo 10. HTM08-01'e göre hastanelerdeki alanlarda bulunması gereken gürültü seviyeleri

Tablo 11. SFS 5907'ye göre acil servis benzeri odalar için önerilen değerler

Tablo 12. SS 25268'e acil servis benzeri odalar için önerilen değerler

Tablo 13. Ölçüm noktalarının iki günlük LA_{eq} ortalamaları

Tablo 14. Acil servis genelindeki ortalama LA_{eq} gürültü seviyeleri

Tablo 15. Temel modelde yer alan yüzeyler ve alanları

Tablo 16. Baffle tavan uygulaması modelinde yer alan yüzeyler ve alanları

Tablo 17. Duvar panel uygulaması modelinde yer alan yüzeyler ve alanları

Tablo 18. Temel model malzeme tablosu

Tablo 19. Asma tavan malzemeleri, ortalama ve oktav bantlarda emicilik katsayıları

Tablo 20. Baffle tavan malzemeleri, ortalama ve oktav bantlarda emicilik katsayıları

Tablo 21. Yan yüzey malzemeleri, ortalama ve oktav bantlarda emicilik katsayıları

Tablo 22. Tavan malzemelerinin gürültü seviyelerine ve yansım sürelerine etkisi

Tablo 23. Baffle tipi tavan ve yan yüzey malzeme değişimlerinin gürültü seviyelerine ve yansım sürelerine etkisi

Tablo 24. Sadece yan yüzey ve sadece tavan malzeme değişimlerinin gürültü seviyelerine ve yansım sürelerine etkisi

Tablo 25. Asma tavan ve yan yüzey malzeme değişimlerinin gürültü seviyelerine ve yansım sürelerine etkisi

Tablo 26. Asma tavan, duvar paneli ve kalan yan yüzeylerde farklı uygulamaların gürültü seviyelerine ve yansım sürelerine etkisi

Tablo 27. Tavan malzemesi değişimlerinin STI üzerindeki etkileri

Tablo 28. Tavan malzemesi 8 ve 10'un emicilik katsayıları

Tablo 29. Baffle ve yan yüzey uygulamalarının STI üzerindeki etkileri

Tablo 30. Sadece tavan ve sadece yan yüzey uygulamalarının STI üzerindeki etkileri

Tablo 31. Asma tavan ve yan yüzey uygulamalarının STI üzerindeki etkileri

Tablo 32. Asma tavan, duvar paneli ve kalan yan yüzeylerde farklı uygulamaların STI üzerindeki etkileri

Tablo 33. Asma tavan ve tavan baffle uygulamalarının değerlendirmesi

Tablo 34. Emici asma tavan – emici yan yüzey uygulaması modellerinin değerlendirilmesi

Tablo 35. Tüm tasarımlarda en yüksek konuşma anlaşılabilirliğine sahip örneklerin değerlendirilmesi

Tablo 36. Aynı konuşma anlaşılabilirliği verilerine sahip modellerin değerlendirilmesi

Tablo 37. Farklı tasarımlara ve çok yakın konuşma anlaşılabilirliğine sahip modellerin değerlendirilmesi

Tablo 38. Farklı STI değerlerine sahip modeller arasında kabul edilebilirlik değerlendirmesi

Tablo 39. Asma tavan müdahalesi uygulamalarının ortalama emicilik katsayılarına (α_w) göre değerlendirilmesi

Tablo 40. Nesnel verileri açısından en iyi akustik tasarıma sahip modeller

Tablo 41. Emici asma tavan – emici yan yüzey uygulaması modellerinin nesnel ölçüm verileri

Tablo 42. Dinleme testinin 3. Aşamasındaki Model 1 ve Model 4’e ait nesnel veriler

Tablo 43. Dinleme testinin 5. Aşamasındaki Model 1 ve Model 4’e ait nesnel veriler

EKLER LİSTESİ

EK 1. Ölçüm noktalarında iki gün, sekiz saatlik dilimlerde ölçülen LA_{eq} seviyeleri

EK 2: ODEON’da Tanımlanmış Alıcılar, Kaynaklar ve Kaynak Yönelgenlikleri

EK 3. ISO 11654: 1997 standardına göre ses emicilik sınıfları ve ilgili α_w değerleri

GİRİŞ

Gürültü, akustik bilimi içerisinde ve akustik biliminin tüm kavram ve yöntemlerinden yararlanılarak değerlendirilen bir olgudur. Akustik kelimesi etimolojik olarak antik Yunanca’da “işitmek için” anlamına gelen “*akoustikos*” kelimesinden türemiş bir kelimedir (Lidell ve Scott, 1940). Başlangıcı Aristoteles’e kadar uzanan bir çalışma alanıdır. Ardından tarihsel gelişimi süresince Pisagor, Bacon, Galileo, Newton, Edison, Bell, Hertz, Sabine, Fourier gibi bilim adamları akustik biliminin temellerini atacak ve genişletecek araştırmalar yapmışlardır (Kurra, 2009a: 2). 19 yüzyılın ikinci yarısından itibaren Helmholtz, Strutt, Rayleigh gibi araştırmacılar yazdıkları kitaplarda, ölçüm, gözlem ve matematiksel açıklamalar gibi bilimsel yaklaşımların akustik alanında ne kadar işlevsel olabileceğini ortaya koymuşlardır (Long, 2006: 31). Akustik alanındaki bilimselleşme sürecinde W. Clement Sabine’in çalışmaları önem taşımaktadır ve bu çalışmalar 20. yüzyılda akustik biliminin ulaşacağı nokta adına birer kilometre taşıdır. Bu alanda ortaya konulan yeni yöntemler ve ölçüm teknikleri ile akustiğin bir bilim dalı olarak adlandırılmaya başlaması da bu yüzyılda olmuştur. Akustik, sadece konser salonları akustiği araştırılan bir bilim dalı olma dışına çıkmış ve farklı sahalarda akustik araştırmaları başlamıştır. Gürültü kontrolü, titreşim kontrolü, daha etkili akustik malzemelerin geliştirilmesi gibi oda akustiğine ve çevresel gürültüye özgü çalışmalar, gürültünün akustik bilimi içerisindeki yerini belirgin bir şekilde ortaya koymaktadır (Long, 2006: 33).

Gürültü, doğrudan sesle ve sesin neden olduğu rahatsızlıkla ilgili bir konu olması sebebiyle akustikten bağımsız düşünülemez. Beranek’e göre insanlar daha yoğun gruplar halinde yaşamaya başladıkça ve o dönemde kabul edilebilir gürültü seviyelerinin tanımlanmamış olması sebebiyle, akustik olarak yetersiz evler, ofisler ve endüstriyel alanlar vb. inşa edilmiştir. Beranek tüm bu sorunların akustik mühendislerinin dikkatini gerektirdiğini belirtmektedir (Beranek, 1996: 332). Beranek’in 20. yüzyılın ilk yarısında dikkat çektiği bu nokta akustik bilimi açısından önemli açılımlara işaret eder. Akustik biliminin o döneme kadar olan çalışmaları yoğun olarak “güzel ses” ve bunun dinleyiciye nasıl ulaştırılacağı ile ilgili iken artık “kötü ses”

ve bunun nasıl kontrol edilebileceği ya da nasıl engellenebileceği üzerine araştırmalar başlamıştır.

Akustik bilimi günümüzde farklı bilimsel kuruluşlar tarafından farklı uzmanlık alanlarına ayrılmış bulunmaktadır. Bu kuruluşların sınıflandırmalarında gürültü ile ilgili de başlık ve alt-başlıklar yer almaktadır. Dikkat çekici olan nokta günümüze yaklaştıkça gürültü çalışmaları ile ilgili başlıkların sayıca artması ve başlıkların kapsamlarının özelleşmesidir. Bu sürecin iyi bir özetini Prof. Dr. Selma Kurra'nın kitabında bulmak mümkündür. Kurra'ya göre Peutz akustik bilimini 4 ana başlığa ayırır (2009a: 4). Bunlar Mimari akustik ve yapı akustiği, gürültü kontrol mühendisliği, ses mühendisliği, ve Ses-üstü ve Su-altı akustiğidir. Örneğin 1951'de kurulan Uluslararası Akustik Komisyonu'nun (International Commission for Acoustics, ICA) konuları arasında gürültü ile ilgili bir adet başlık bulunmakta iken, 1997'de kurulan Uluslararası Akustik ve Titreşim Enstitüsü'nün (International Institute of Acoustics and Vibration, IIAV) alt gruplarında 13 adet, her biri spesifik bir konuda özelleşmiş alt başlık bulunmaktadır. 2008'de Uluslararası Gürültü Kontrol Mühendisliği Enstitüsünün başlık ve alt başlık sayısını 45'e çıkarması bu alanın akustik bilimi içerisinde önemli bir yer edindiğini ve yapılan araştırma sayısı ile alanda çalışan araştırmacı sayısının giderek arttığını göstermektedir (Kurra, 2009a: 5). Görüldüğü üzere gürültünün çevre, toplumsal huzur ve bireysel konfor üzerindeki etkileri, ciddi bir araştırma konusu haline gelmesine sebep olmuş, uluslararası kurum, kuruluş ve standartlarda yer alan, kanun ve yönetmeliklerle düzenlenen, toplumsal ve bireysel düzeyde kontrol altında tutulması beklenen bir problem olarak tanımlanmasına neden olmuştur.

Gürültü ve gürültünün insan sağlığına etkileri 60'lı yıllarda başlayan inceleme ve düzenlemeler ile toplumsal yaşamın bir parçası olarak hayatımıza girmeye başlamıştır. Farklı ülkelerde birbiri ardına yürürlüğe konan yasalar ve yönetmeliklerle düzenlenmiş ve kapsamı çok geniş olan akustik bilimi çalışmaları arasında kendine yer edinmiştir. Gürültü üzerine yapılan araştırmaların amacı, ortak yaşam alanları (evler, apartmanlar, parklar vb.) ile çalışma alanlarında (ofisler, fabrikalar, atölyeler vb.) gürültü seviyelerinin kontrolü ve insan sağlığının korunmasıdır.

Gürültü iç ve dış mekanlarda ayrı değerlendirme kriterleri ve teknikler ile incelenir. Her iki ortamda da temel alınan ortak konu insan sağlığının korunmasıdır. Çevre kirliliği gibi gürültü kirliliğinin de önemli bir sorun olduğu ortaya konulmuş ve 1971 yılında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından insan sağlığına karşı önemli bir tehdit olarak tanımlanmıştır (Demirkale, 2007: 191). Bununla ilişkili olarak gürültünün yarattığı sorunları azaltmak ve yaşam alanlarında gürültünün etkilerini kontrol altına almak için çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmalar zaman içerisinde bu alana özgü terminolojinin oluşmasına ve alana özgü çalışma konuları olan Akustik Ekoloji, Gürültü Kontrolü, Ses Manzarası Planlama (*Soundscape Planning*) gibi araştırma ve uygulama alanlarının doğuşuna da zemin hazırlamıştır. Oluşan bu terminoloji önemli oranda şehir ve çevre planlamacılar ile akustikçilerin ortak çalışmalarının ürünüdür.

Gürültünün insanlar üzerinde psikolojik, fizyolojik ve iletişimsel sorunlar yarattığı bilinmektedir. Bu etkiler, hangi ortamda, ne kadar süre boyunca ve nasıl bir gürültüye maruz kalındığıyla ilişkilidir. Bu yüzden endüstriyel alanlar, evler ve apartmanlar, ofisler gibi çalışma ve yaşam alanları için yönetmelikler, uygulamalara ilişkin kılavuzlar hazırlanmıştır ve araştırmalar devam etmektedir. Amaç gürültünün insan sağlığı ve iletişimi üzerinde yarattığı olumsuz etkileri azaltmaktır.

İnsan sağlığı denildiğinde akla ilk gelen mekanlar hastanelerdir. Hastanelerde var olan gürültü seviyeleri çoğu zaman ofis tipi çalışma alanlarına göre daha fazladır. Buna bağlı olarak, özellikle son 50 yılda gürültü seviyelerinin giderek arttığı çalışmalarla ortaya konulmuştur (Busch-Vishniac, vd., 2005). Hastanelerin farklı birimlerinde gerçekleştirilmiş çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre, hastane acil servislerinin diğer birimlere göre daha gürültülü alanlar olduğu da belirtilmiştir (Orellana, Busch-Vishniac, West, 2007). Öte yandan, hastane acil servisleri özelinde gerçekleştirilmiş çalışmaların azlığı ve standartlarda bu birimlere ayrılan belirgin bölümlerin olmaması dikkat çekicidir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) "Toplumsal Gürültü için Kılavuz" (*Guidelines for Community Noise*) çalışmasında (1999), hastanelerde, hastaların yattığı kapalı alanlarda olması gereken gürültü seviyeleri, gün boyu ortalama 30 dB LAeq,

gece saatlerinde maksimum 40 dB LAmax olarak belirtilmiştir. Bu değerlerin hastanelerdeki tüm servislerde aynı olmasını beklemek ise gerçekçi değildir. Bu sebeple yoğun bakım üniteleri, yenidoğan birimleri ve hastane acil servisleri gibi alanlarda da gürültü seviyelerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılmaktadır.

Bu tez Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi, Acil Servis Birimi özelinde gerçekleştirilmiş bir gürültü ölçümü ve kontrolü çalışmasıdır. Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi İzmir'in en büyük ikinci üniversite hastanesidir. Hastanenin acil servis birimi de bölgenin en yoğun hasta bakılan birimlerindendir. Birim yetişkin ve çocuk acil olarak iki parçaya ayrılmıştır. Yetişkin acil servisinde yılda yaklaşık 80.000 hastaya, çocuk acil servisinde ise 40.000 hastaya bakılmaktadır. Bu yoğunluktaki bir sağlık biriminde gürültü miktarları oldukça ciddi değerlere ulaşabilmektedir. Üniversitemiz hastanesi acil servis birimini özelinde, bu tip alanlarda gürültü seviyelerinin ne gibi akustik düzenlemeler ile düşürülebileceği ve iletişim kurma başarısının nasıl artırılabilirliğini araştırmak bu tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır.

Bu amaçla hastanemiz acil servisinde çalışanlar tarafından gürültülü olduğu belirtilen ve yoğun hasta – çalışan aktivitelerinin var olduğu bilinen üç farklı noktada 48'er saatlik gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiş ve acil servis genelindeki ortalama gürültü seviyeleri tespit edilmiştir. Bu gürültü seviyelerinin indirgenmesi için ODEON mimari akustik simulasyon yazılımı ile çok sayıda akustik simulasyon gerçekleştirilmiştir.

Tez kapsamında Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi Acil Servis biriminde yapılan gürültü ölçümleri, WHO tarafından belirtilen (1999) değerlerden oldukça yüksek değerlerin var olduğunu göstermiştir. Dolayısı ile acil serviste yatan hastalar ve serviste çalışan personel açısından olumsuz bir akustik ortam söz konusudur. Ayrıca ortamda ölçülen gürültü seviyeleri hasta-doktor, doktor-hemşire, hasta-hemşire vb. kişiler arasındaki iletişim kurma başarısını düşürmekte, akustikte önemli bir parametre olan “Konuşma Anlaşılabilirliğini (*Speech Intelligibility*)” olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tez çalışmasında, yeterli konuşma anlaşılabilirliği seviyelerinin hastanelerde kritik önem taşıdığı değerlendirmesinden hareketle (MacLeod, vd., 2007), “konuşma iletimi

endeksi” (*Speech Transmission Index* – STI) parametresi hastane acil servislerinde önemli bir değerlendirme kriteri olarak öne sürülmekte ve simülasyonlardan elde edilen STI verileri bu varsayıma göre değerlendirilmektedir.

Tezin amaçları doğrultusunda, ilk bölümde gürültünün tanımlanması, gürültü ile ilgili kavramlar, kriterler, standart ve yönetmelikler ele alınmıştır. Tezin ikinci bölümünde hastanelerde gürültü ve acil servisler özelindeki gürültü çalışmalarına yer verilmiş ve hastanelerde uyulması beklenen gürültü standartları aktarılmıştır. Tezin üçüncü bölümünde öncelikle yapılan gürültü ölçüm aşamaları açıklanmış ve elde edilen ölçüm verileri aktarılmıştır. Daha sonra üç boyutlu modellerin hazırlanması ve modellerin ODEON yazılımına aktarılması, kaynak ve alıcı yerleşimleri, malzeme yerleşimleri ve gerçekleştirilen akustik tasarımlar aktarılmıştır. Bu bölümde son olarak ODEON’da dinleme testinde kullanılan *convolution* (evrişim) örneklerinin hazırlanışı ve *auralization* parametreleri aktarılmıştır. Tezin son bölümünde dinleme testi sonuçlarının değerlendirilmesi ve nesnel verilerle karşılaştırılması yer almaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM
AKUSTİK BİLİMİNDE GÜRÜLTÜ

1.1. Gürültü, Tanım ve Değerlendirme:

Momertz'e göre (2009: 8 – 9), ses algısı iki kategoride incelenir. Bunlardan ilki oda akustiği biliminde daha iyi aktarılması temel amaç olan, iletişimimizi ya da iyi hissetmemizi sağlayan “güzel ses”tir. Diğeri ise önlenmek istenilen, sıkıntı verici ve belirli seviyeleri aşınca sağlıksız olan “kötü ses”tir. Gürültünün akustikte pek çok tanımı bulunmaktadır. Hartmann (2007: 518), gürültüyü “istenmeyen herhangi bir sinyal” olarak tanımlamaktadır. Ayrıca gürültünün farklı disiplinlerdeki tanımlarına da yer vermektedir. Buna göre gürültü, iletişim alanında bir kişinin iletmek istediği bilgi ile çakışan uyarıcı olarak tanımlanır. Sinyal işlemede ise uzun vadeli, öngörülebilirliği olmayan ve sadece istatistiksel terimlerle tanımlanabilir gelişigüzel sinyaldir. Kutruff'a göre de (2007: 210), gürültü istenmeyen ses tanımının yanında periyodik olmayan ses sinyali olarak da tanımlanabilir. Gürültünün gündelik hayattaki etkilerine vurgu yapan tanımlamalar da bulunmaktadır. Gürültü öznel bir tanımlama ile istenmeyen ya da rahatsız edici olan ses olarak tanımlanır (Raichel, 2006: 15). Bu tanım biraz daha genişletilebilir. Buna göre gürültü fiziksel olarak gelişigüzel yapılı, çok sayıda ve birbirleri ile uyumsuz frekans bileşenlerinden oluşan, istenmeyen, sağlığa zararlı sesler topluluğudur (Kurra, 2009a: 6). Gürültü aynı zamanda trafik artışı, sanayileşme vb. bir gelişimin sebep olduğu bir çevresel etkidir (Long, 2006: 90). Rossing'e göre gürültü (2007: 2), kritik çevre kirliliği problemlerinden biri olarak artan bir kabul görmektedir. Aynen hava ve su kirliliğinde olduğu gibi gürültü de yaşam kalitemizi tehdit eden ciddi bir sorundur.

Gürültünün tanımlarından yapılabilecek ortak çıkarım, bir sesin gürültü olarak algılanması için rahatsız edici ve istenmeyen ses olması gerekliliğidir. Öte yandan, yarattığı psikoakustik etkiler doğrultusunda herhangi bir sesin, hatta uygun koşullarda keyif verici olarak tanımlanabilecek seslerin dahi gürültü olarak algılanması mümkündür. Buna verilebilecek iyi bir örnek yüksek sesle müzik seslendirmesi yapılan bar, gece kulübü gibi kapalı alanlardaki ses seviyeleri ve bunların gürültü olarak algılanmasıdır. Özgüven (2008: 1), gürültünün öznel olabileceğine dikkat çekerek, ne kadar öznel olsa da, gürültü olarak tanımlanan birçok sesin çoğunluk tarafından da gürültü olarak değerlendirilebildiğini belirtir. Hoşa gitse dahi yüksek sesin,

yaratabileceği fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklar sebebiyle kontrol edilmesi gerektiğini vurgular. Özgüven'in dikkat çektiği bu nokta gürültünün kaynağı, kaynaktan çıkan ses seviyeleri ve psikoakustik algı arasındaki ilişkileri göstermesi açısından önemlidir.

1.1.1. Etki Alanlarına Göre Gürültü: Çevresel ve Toplumsal Gürültü:

Gürültü iç mekan ve dış mekanda ölçülür ve incelenir. Dolayısı ile akustikte iç mekan ve dış mekan için geçerli olan tüm ses fiziği kavramları gürültü incelemesinde de geçerlidir. Ancak gürültünün iç mekan ve dış mekan gürültüsü olarak sınıflandırılması etki alanları gözetildiğinde yetersiz kalmış olmalıdır ki çevresel gürültü, toplumsal gürültü gibi tanımlar ortaya çıkmıştır. Bu durum Bell ve Bell tarafından gürültünün olumsuz etkilerinin kimleri ve neleri etkilediği ile ilişkilendirilir. Bell ve Bell'e göre gürültü (1994: 536), insanların tepkileri açısından ele alınıyorsa "toplumsal gürültü", doğa ve doğadaki canlılar açısından ele alınıyorsa "çevresel gürültü" adını alır. Bu çerçeveden bakıldığında iki tanım birbiri ile ayrılmakla beraber incelenen alanların ortaklıkları söz konusudur.

Çevresel gürültü tanımı, dış ortamdaki gürültülerin hepsini kapsar. Ulaşım gürültüsü, endüstriyel gürültü ve eğlence aktivitelerinin sebep olduğu gürültüler vb. incelendiği ana başlıktır. Toplumsal gürültü kavramı ise, Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nın 1980 yılında problem olarak tanımladığı bir kavramdır. WHO (1999), toplumsal gürültü kavramını endüstriyel bir alandaki gürültü dışında oluşan tüm gürültüleri tanımlamak için kullanmaktadır. Bu gürültüler çevresel gürültüler, yaşam alanlarındaki gürültüler ve endüstriyel olmayan çalışma alanlarındaki gürültülerini kapsar. WHO kılavuzunda (1999), ana gürültü kaynakları ulaşım kaynaklı gürültüler, işyerleri, inşaat ve toplumsal hizmetlerden kaynaklanan gürültüler ve mahalle gürültüleri olarak tanımlanmıştır. Yapılan araştırmalarda bireylerin hangi toplumsal alanlarda ne tür kaynaklardan etkilendiğine yönelik örneklendirmeler yapılmıştır. Yayında bu gürültülerin toplumsal refah üzerindeki etkileri incelenmiş ve bunların ne şekilde kontrol edilebileceği ile ilgili değerlendirilmeler yapılmıştır. Tablo 1'de bu kılavuzda

tanımlanan gürültü alanları ve bu alanlardaki gürültü kaynaklarına örnekler verilmektedir.

Gürültünün Oluştuğu Alan	Gürültü Kaynak Örnekleri
İç mekan	Havalandırma sistemleri, ofis makineleri, ev aletleri ve komşulardan kaynaklanan gürültüler
Muhit, mahalle	Restoranlar, cafeler, diskotekler, canlı ve kayıttan çalınan müzik aktiviteleri, spor aktiviteleri, oyun alanları, park yerleri, hayvanlardan kaynaklanan gürültüler
Ulaşım Hatları	Trafik gürültüsü, otoyollar, demir yolları, hava yolları

Tablo 1. WHO tarafından tanımlanmış toplumsal gürültü alan ve kaynakları

Yoğun bir şekilde tartışılan ve gürültü çalışmalarının yoğunlaşmasında etkin rolü bulunan bir diğer gürültü türü ise “endüstriyel gürültü” dür. Endüstriyel gürültü, sanayi ve çalışma alanlarında işçilerin maruz kaldığı ve çevreye yayılan gürültüyü tanımlar. Günümüzde ülkelerin toplumsal ve endüstriyel gürültünün kontrolü, dolayısı ile insan sağlığının korunmasına yönelik yönetmelik ve kanunları bulunmaktadır.

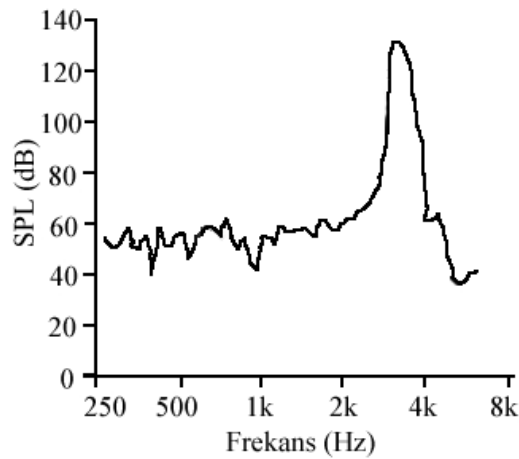
Hem akustik çalışmalarında hem de çevresel gürültü çalışmalarında son zamanlarda sıkça gördüğümüz ve dilimize “ses manzarası” olarak çevrilebilecek *Soundscape* terimi akustik, mimarlık, ses teknolojileri, şehir planlama gibi alanların başvurduğu yeni sayılabilecek bir terimdir. *Soundscape* bir mekan ya da alanın, dinleyiciyi odak noktasında tutan akustik (sonik) tezahürü, durumudur (Brown, Muhar, 2004). Bu durum kapalı alanlarda akustikçi – mimar, açık alanlarda ise akustikçi - çevre planlama mühendisi şeklinde yapılacak işbirlikleri ile değiştirilebilir ya da kontrol altına alınabilir. Dış mekanlarda *soundscape* oluşumu ise çevresel gürültünün etkisi altındadır. Karayolu, demiryolu ve havayolu taşıtları, makineler, biyolojik olmayan doğal kaynaklar (rüzgar, su vb.), insan harici biyolojik kaynaklar (ağaçlar, hayvanlar vb.) ve insanların sebep olduğu gürültüler vb. pek çok kaynak açık alanlardaki gürültünün parçalarıdır. İç mekanlarda ise çevresel gürültü kaynaklarının etkilerinin yanında ofis

makineleri, araç gereçler, konuşma ve insanlara özgü aktivitelerin sesleri gibi pek çok gürültü unsuru bulunabilir.

1.1.2. Fiziksel Özelliklerine Göre Gürültü:

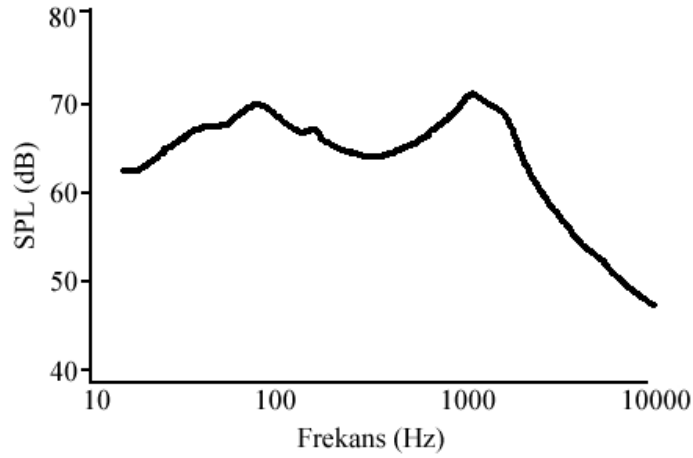
Gürültüler etki alanları dışında fiziksel özellikleri ile de sınıflandırılırlar. Bunlar zamana ve gürültünün frekans yapısına bağlı olarak değişirler. Bu fiziksel özellikler gürültünün türünü de belirler.

Frekans yapısına göre gürültüler dar bant ve geniş bant gürültüler olarak ayrılır. Dar bant gürültüler frekans spektrumunda dar bir frekans alanında bulunan gürültülerdir. Örneğin bir spor salonunda çalınan düdük belirli frekans bölgesinde gürültü ürettiği için dar bant bir gürültü olarak tanımlanabilir. Buna karşılık bir otoyoldan çevreye yayılan trafik gürültüsü geniş bant bir gürültüdür. Bu gürültü, frekans cevabı olarak geniş bir alana yayılmaktadır. Aşağıdaki grafikte bir spor salonunda 3150 Hz merkez frekansında 130 dB seviyesine kadar çıkan bir düdük gürültüsüne ait frekans spektrumu örneği verilmiştir (kaynak: acoustics.org).



Şekil 1. Dar bant gürültü (Örn. düdük sesi) spektrumu (Kaynak: acoustics.org).

Şekil 2’de ise geniş banta yayılmış otoyol gürültüsüne ait spektrum grafiği gösterilmektedir. Bu uygulamada ölçülen gürültü 1 kHz’e kadar ortalama 60 – 70 desibel aralığında seyreden bir gürültüdür.



Şekil 2. Geniş bant gürültü (Örn. Otoyol gürültüsü) spektrumu (Kaynak: <http://www.fgglass.com>).

Gürültüler frekans yapıları haricinde zamansal özellikleri ile de sınıflandırılabilirler. Bunlar Çevre ve Orman Bakanlığı kılavuzunda (2011: 14) kararlı (sürekli) gürültüler ve kararsız gürültüler olarak tanımlanmışlardır.

Bu gürültüler örnekleri ile beraber şu şekilde sıralanabilir.

1. Sürekli, sabit seviyede gürültü: Elektrik motorları, pompalar vb.
2. Sabit seviyede, kesikli gürültü: Kompresör sesi vb.
3. Periyodik olarak dalgalanan gürültü: Üretim gürültüsü, fabrika gürültüsü vb.
4. Periyodik olmayan dalgalanan gürültü: Kaynak gürültüsü, öğütme gürültüsü, el işi gürültüleri vb.
5. Tekrar eden darbe tipi gürültü: Otomatik pres makinaları, sondaj makinaları vb.
6. Tekrar etmeyen darbe tipi gürültü: Çekiç gürültüsü, zımba gürültüsü vb.

Bies ve Hansen'ın yaptığı bu sınıflandırmaya göre sabit seviyeli gürültüler ölçüm süresi boyunca 5dB den fazla değişime uğramayan gürültülerdir. Başlayıp duran gürültüler kesikli gürültüler, seviyesi belirgin bir şekilde değişen gürültüler dalgalanan, bir saniyeden az süren gürültüler ise darbe tipi gürültülerdir (Bies, Hansen, 2009: 113).

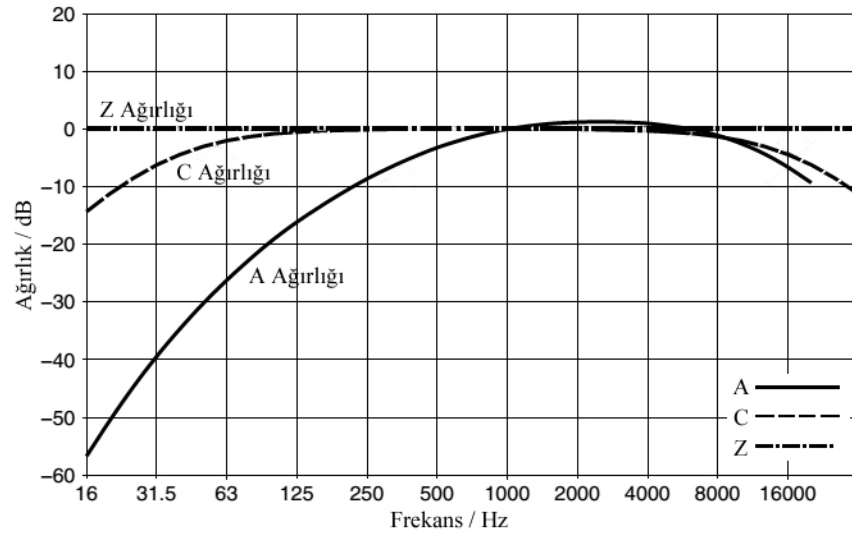
1.2. Gürültü Kriterleri:

1.2.1. Frekans Ağırlıklı Gürültü Ölçümleri:

Gürültü ölçümlerinde yapılan ölçümlerin daha verimli bir şekilde değerlendirilebilmesi için, uluslararası standartlarla belirlenmiş frekans ağırlık filtreleri kullanılır. Bu filtrelere ait ağırlık eğrileri IEC 61672:2003 uluslararası standardında (2013) tanımlanmış olan A, B, C ve en yeni kullanılmaya başlanan eğri olan Z eğrileridir.

En çok kullanılan ağırlık filtresi A frekans ağırlık filtresidir ve standartlarla uyumlu tüm ses seviye ölçer cihazları A ağırlık filtresi ile ölçüm yapabilmektedir. Kökeni itibarı ile insan kulağının düşük ses seviyelerindeki tepkisinin yaklaşık olarak değerlendirilmesi için ortaya konulmuştur (Hansen, 2005: 47). A ağırlıklı frekans filtresi ses seviye ölçüm cihazlarında insan kulağı tarafından algılanan yaklaşık gürülük seviyelerinin temsili için kullanılır. İnsan kulağının düşük frekanslardaki hassasiyeti daha düşüktür. Dolayısı ile bu frekas ağırlık filtresinde de düşük frekanslarda azaltma bulunmaktadır.

Gürültü ölçümlerinde en çok kullanılan ikinci frekans ağırlık filtresi C filtresidir. Bu filtre Avrupa Birliği Yönetmeliği 86/188/EC ve 1989 yılında İngiltere’de yürürlüğe giren “İşyerinde Gürültü Kısıtlamaları” yönetmeliklerinde tanımlanan “tepe etki seviyesi” (peak action level) ile ilişkili olarak kullanılmaya başlanmıştır. South’un belirttiğine göre bu seviyenin değerlendirilmesi için çizgisel bir ağırlık filtresi kullanılması gerekmektedir. Bunun sonucu olarak çizgisel ölçümlerle çok yakın sonuçlar veren C ağırlık filtresi kullanılmaya başlanmıştır ve bu filtre Uluslararası Elektroteknik Komisyonu’nun şu an yayından kalkmış olan IEC 60651 standardında tamamen tanımlanmıştır (South, 2004: 38). Şekil 3’te ise A, C ve Z frekans ağırlık eğrileri gösterilmektedir. Şekilde ayrıca IEC 60651’in yerine gelen IEC 61672 standardında (2013) yeni tanımlanan ve diğer filtrelere göre çok daha yeni olan Z frekans ağırlık filtresi de gösterilmektedir. Z ağırlık filtresi tüm frekans bantlarda çizgisel olan ağırlık filtresidir.



Şekil 3. A, C ve Z frekans ağırlık filtrelerine ait frekans tepkileri (kaynak: South, 2004: 38).

Profesyonel ölçüm yapmaya elverişli ses seviye ölçer cihazlarda bu frekans ağırlık filtrelerinin tümü yer almaktadır. Z ağırlık filtresi C ağırlık filtresinden şekilden de görüldüğü üzere frekans bölgesinin en uç noktalarında farklıdır. Bu yüzden sahada yapılan ölçümlerde kolaylık ve standartlarla uyumun sağlanabilmesi için, anlık tepe gürültüleri C ağırlık filtresi kullanılarak değerlendirilir. Bu filtre kullanılırken dikkat edilmesi gereken bir nokta ölçülecek frekans alanının çok düşük ya da çok yüksek bantlarda olmamasıdır.

C ağırlık filtresi bina akustiği uygulamalarında da kullanılabilir. South'a göre A frekans filtreli ve C frekans filtreli ölçümler arasındaki seviye farkları gürültülü ortamdaki düşük frekans bileşenlerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir (South, 2004: 39).

Frekans ağırlık filtrelerinin frekans spektrumunda yer alan oktav bantlardaki tepki seviyeleri “frekans ağırlık faktörleri” olarak da isimlendirilir. Bu değerler oktav bantlarda yapılan gürültü ölçümleri ile ilişkili olan hesaplama ve niceliklerde kullanılırlar. Barron (2003), ANSI S1.4 standardında belirtilen A ve C frekans ağırlık faktörlerini tablo 2'deki şekilde aktarmaktadır.

Oktav Bant Merkez Frekansı, Hz	A Skalası – CFA	C Skalası - CFC
31.5	-39,4	-3
63	-26.2	-0,8
125	-16,1	-0.2
250	-8,9	0
500	-3,2	0
1000	0	0
2000	+1.2	-0,2
4000	+1	-0,8
8000	-1.1	-3
16000	-6.6	-8,5

Tablo 2. A ve C frekans ağırlık faktörleri (Aktaran, Barron, 2003: 2.10).

1.2.2. A Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi - L_A :

Ses seviyesi ölçüm cihazların tarafından A frekans ağırlık skalası kullanılarak ölçülen anlık ses basınç seviyesidir. Anlık maruz kalınan gürültü seviyesinin sayısal değerlendirmesinde A ağırlıklı ses basınç seviyesi kullanılmaktadır. Bu nicelik hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılır (Barron, 2003: 2.10).

$$L_A = 10 \log \left[\sum 10^{(L_p + CFA)/10} \right]$$

Formülde oktav bantlara ait seviyeler desibel cinsinden toplanmaktadır. Bu işlem standart toplama işlemi ile gerçekleştirilemez. Bunun için logaritmik değerlerin kullanılması için kullanılan şu formül öne sürülmüştür (Barron, 2003: 2.8).

$$L = 10 \log_{10} \left(\sum_i 10^{L_i/10} \right)$$

1.2.3. A Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Gürültü Seviyesi - L_{Aeq} :

A Ağırlıklı Eşdeğer Sürekli Gürültü Seviyesi adı verilen kriter, belirli bir zaman süresince maruz kalınan gürültü seviyesinin değerlendirilmesinde kullanılır ve bu aralıkta ölçülen ses basınç seviyelerinin zamana bağlı ortalamasıdır (Kuttruff, 2007: 310). Ses seviyesi ölçüm cihazlarının özelliklerini belirten standart ANSI S1.4'e göre

(1983), tüm ölçüm cihazları bu değeri ölçme becerisine sahip olmak zorundadır. Bu nicelik için aşağıdaki formül kullanılır.

$$L_{A,T} = L_{Eq} = 10 \log \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p_A^2(t) dt}{p_{ref}^2} dB$$

Gürültü değerlendirmelerinde bu formülde yer alan T'nin, yani sürenin, belirtilmesi gerekmektedir. Bu süre birkaç saat, 8 saat (çalışma süresi) ve 24 saat (tam gün) şeklinde belirtilebilir (Istvan, Beranek, 2006: 17). Kuttruff'a göre bu nicelik az sayıda gürültü unsurunun yer aldığı ortamlarda uzun süreli olarak kullanılmamalıdır. Bunun gerekçesini bir örnekle açıklar. Buna göre günde sadece bir kere helikopter geçişi olan sessiz bir yerleşim alanında 24 saat sürecek ölçümler yapmak mantıksız olacaktır (Kuttruff, 2007: 311).

Gürültü ölçümlerinde zaman aralığının belirlenmesine yönelik standartlaşmış çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan ilki Amerikan Çevre Ajansının geliştirdiği gündüz – gece eşdeğer gürültü seviyesidir (*day – night equivalent level – DNL*). Burada gündüz olarak tanımlanan süre on beş saati kapsar. Bu aralık sabah saat 7 ile akşam saat 10 arasındaki süredir. Gece olarak tanımlanan süre ise akşam 10, sabah 7 arasındaki dokuz saatlik süredir. Aşağıdaki formülle ölçülür (Raichel, 2006: 331).

$$L_{DN} = 10 \log \frac{15(10^{L_D/10}) + 9(10^{(L_N+10)/10})}{24}$$

Avrupa Birliği Çevresel Gürültü Direktifi'nde (2002: 18) buna ek olarak belirtilen diğer bir ölçüm yöntemi gündüz – akşam – gece eşdeğer gürültü seviyesinin ölçümüdür. Yönergede belirtilen zaman aralıkları gündüz için 12 saat, akşam için 4 saat, gece için 8 saattir. Gündüz olarak belirtilen aralık 07:00 – 19:00 arası, akşam aralığı 19:00 - 22:00 aralığı, gece ise 22:00 – 07:00 aralığıdır. Ölçüm formülü şu şekildedir (2002/49/EC, 2002: 18).

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_{gündüz}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{akşam}+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{gece}+10}{10}} \right)$$

1.2.4. Zaman Ağırlıklı Maksimum ve Minimum Ses Basınç Seviyeleri - L_{max} & L_{min} :

Bu kriter gürültü ölçümlerinde belirli bir zaman periyotunda ölçülen maksimum ve minimum ses basınç değerlerini ifade eder. ANSI S1.4'te tanımlandığı hali ile L_{max} , verilen bir zaman aralığında belirli bir “üstel zaman ortalaması sabiti” ile ölçülen desibel cinsinden en yüksek değerleri ifade eder (1983: 3). L_{min} ise en düşük değerleri vermektedir.

Standartta belirtilmiş zaman sabitleri hızlı (*fast*) - 0,125 ms, yavaş (*slow*) – 1 sn ve vuru (*impulse*) – 35 ms olabilir (kaynak: www.noisemeters.com). Bu bilgiye göre bu kritere ait parametreler, kullanılan zaman sabitine göre şu şekilde isimlendirilir.

- LAF_{max} – A ağırlıklı frekans cevabı ve hızlı zaman sabiti ile ölçülen maksimum seviye,
- LAF_{min} – A ağırlıklı frekans cevabı ve hızlı zaman sabiti ile ölçülen minimum seviye,
- LAS_{max} – A ağırlıklı frekans cevabı ve yavaş zaman sabiti ile ölçülen maksimum seviye,
- LAS_{min} – A ağırlıklı frekans cevabı ve yavaş zaman sabiti ile ölçülen minimum seviye.

1.2.5. C Ağırlıklı Tepe Ses Basınç Seviyesi – L_{Cpeak} :

Bu kriter maksimum ses seviyesinden farklıdır. Herhangi bir zamansal ilişki kurulmadan cihaz tarafından ölçülen maksimum seviyedir. Bu değer ölçülen sesteki gerçek tepe noktasını verir. Ölçülen seviyeler yüksek ses basınç seviyeleri olduğu için C ağırlıklı frekans cevabı ile değerlendirilir. L_{Cpeak} olarak adlandırılır ve dB(C) cinsinden ifade edilir. İngiltere’de yayınlanan işyerlerinde gürültünün sınırlanması ile destekleyici yasada belirtilen (2005) şu formülle hesaplanır:

$$L_{Cpeak} = 20 \log_{10} \left[\frac{p_{Cpeak}}{p_0} \right]$$

1.2.6. Gürültü Ağırlık Eğrileri:

Hansen gürültünün değerlendirilmesinde A ağırlıklı ölçümlerin kullanılmasının gürültüdeki frekans bileşenlerinin belirtilmesi açısından yetersiz olduğunu belirtir. Bu sebeple bazı frekans ağırlıklı eğrilerin kullanılması gerektiğini belirtir. Bu eğriler NR (*noise rating*), ve NC (*noise criteria*) eğrileridir (Hansen, 2005: 80). Bu eğrilerde kullanılan ağırlık değerleri gürültünün frekans bileşenleri dikkate alınarak ölçülmüş gürültü seviyeleridir. NR eğrileri çoğunlukla Amerika Birleşik Devletlerinde, NC eğrileri ise Avrupa’da kullanılmaktadır (Cirrus Res. 2013: 4). Bu tez çalışmasında simulasyon yazılımının NC eğrileri ile çalışması sebebiyle NR eğrilerine yer verilmemiştir. Bu eğrilerle ilgili bilgiye Hansen’den (2005) ulaşılabilir.

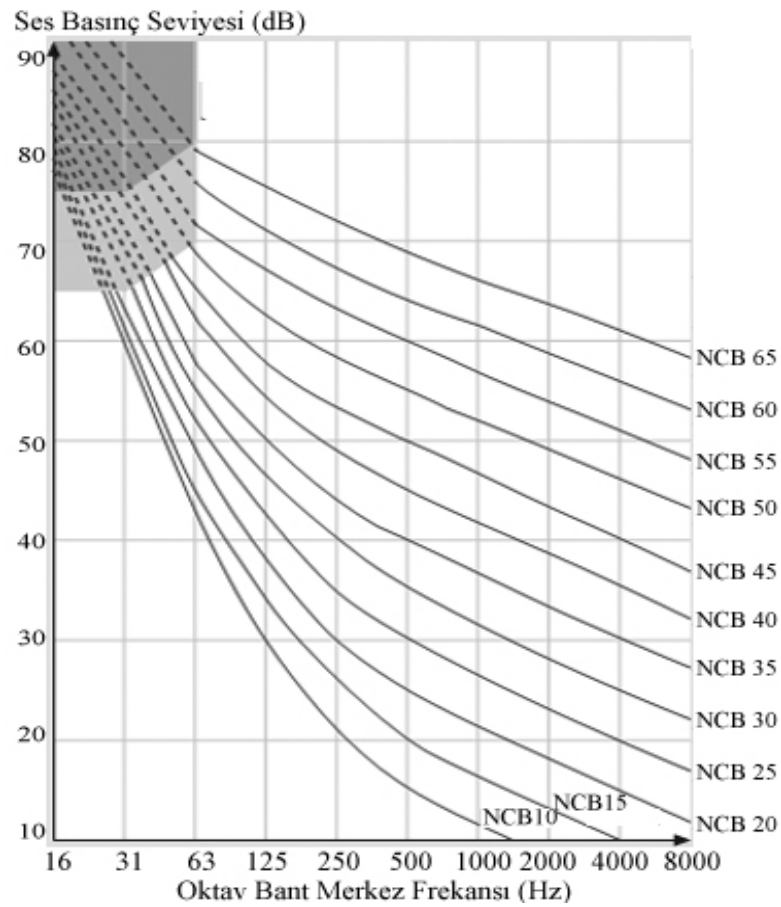
1.2.6.1. NC (Noise Criteria) Eğrisi:

NC eğrileri iç mekanlarda havalandırma ekipmanı, cihazlar vb. kaynaklardan yayılan arka plan gürültülerinin değerlendirilmesi için 1950’lerin sonlarında Amerika’da geliştirilmiş eğrilerdir. Teorik zemini Beranek tarafından atılmış ve insan algısına yönelik kullanılan eş gürülük eğrilerine benzer eğriler ortaya konulmuştur. Bu eğrilerin frekans bantlardaki seviyelerine ait değerler tablo 3’tedir.

NC Eğrisi	Octave Bant Merkez Frekansları							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
NC-70	83	79	75	72	71	70	69	68
NC-65	80	75	71	68	66	64	63	62
NC-60	77	71	67	63	61	59	58	57
NC-55	74	67	62	58	56	54	53	52
NC-50	71	64	58	54	53	49	48	47
NC-45	67	60	54	49	46	44	43	42
NC-40	64	57	50	45	41	39	38	37
NC-35	60	52	45	40	36	34	33	32
NC-30	57	48	41	36	31	29	28	27
NC-25	54	44	37	31	27	24	22	21
NC-20	50	41	33	26	22	19	17	16
NC-15	47	36	29	22	17	14	12	11

Tablo 3. NC eğrilerinin frekans bantlardaki seviyeleri (Demirkale, 2007: 217).

NC eğrileri 63Hz'in altında kullanılabılır olmadığından günümüzde NCB (*Balanced noise criteria*) eğrileri adı verilen yeni NC yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem 1995'de ilk hali yayınlanan ve 2008'de güncellenen ANSI S12.2 standardı (2008) ile de yayınlanmıştır. Bu eğriler NC eğrilerinin güncellenmiş halleridir ve frekans spektrumunda 16 Hz ve 31 Hz bantlarında da değerlere sahiptirler. Böylece gürültü değerlendirmelerinde en alt frekans bölgesi de etkin olarak kullanılmaktadır. NCB eğrileri şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. NCB Eğrileri (Cowan, 2007: 404).

Bazı uygulama alanlarına göre tavsiye edilen NCB eğrileri tablo 4'te belirtilmiştir.

NCB Eğrisi	Uygulama Alanı
15 -20	Hassas dinleme alanları, yayıncılık ve kayıt stüdyoları, konser salonları
20 - 25	Performans alanları, tiyatrolar, kiliseler, video ve telekonferans
25 – 30	Sunum alanları, büyük konferans odaları, küçük oditoryumlar, sinemalar, mahkeme salonları, toplantı odaları, yönetici ofisleri
30 – 35	Özel alanlar, ofisler, küçük konferans odaları, sınıflar, müstakil evler, hastaneler, oteller, kütüphaneler
35 – 40	Toplumsal alanlar, restoranlar, lobiler, açık plan ofisler, klinikler
40 - 45	Servis ve destek alanları, bilgisayar ekipman odaları, toplumsal sirkülasyon alanları, arenalar, toplantı merkezleri

Tablo 4. Uygulama alanlarına göre NCB eğrilerinin kullanımı (Cowan, 2007: 404).

1.3. Gürültü Kontrolü Yöntemleri:

Kapalı alanlarda gürültünün değerlendirmesinde hali hazırda var olan mekanlarda gürültü kontrolünün sağlanması, pasif ve aktif gürültü kontrolü yöntemleri ile sağlanır. Bu tip mekanlarda mekanın fiziksel özellikleri üzerinde büyük değişimler sağlanamayacağı için verimli bir gürültü kontrolü uygulaması yapmak zorlaşacaktır. Yeni tasarlanan ve inşa edilmesi planlanan mekanlarda ise gürültü kontrolü iyi tasarlanmış pasif ve aktif gürültü kontrolü yöntemleri ile verimli bir şekilde sağlanabilir.

1.3.1. Pasif Gürültü Kontrolü:

Pasif gürültü kontrolü;

- Ses kaynakları ve bulundukları alanlarda,
- Kaynaktan alıcıya giden sinyal yolu üzerinde,
- Alıcıların (insanlar) aldığı önlemlerle sağlanabilir.

Cowan’a göre ses kaynak noktalarında ve bulundukları alanlarda pasif gürültü kontrolü şu yöntemlerle sağlanabilir. Kaynakların yerleştirildiği alanların iyi planlanması, kaynakların çevreye ses yayılımını önleyen kapalı hacimlere hapsedilmeleri, ses geçişini önleyici bariyerler kullanılması, bina tesisatlarında susturucuların kullanılması, emici malzemelerle yansımın sürelerinin azaltılması, darbe ve titreşime bağlı gürültülerin önlenmesi (2007: 400 – 402).

Bu tez çalışmasında da gürültü kontrolünde pasif gürültü kontrol yöntemlerine başvurulmuştur. Pasif kontrol yöntemleri arasında kaynaktan alıcıya giden sinyal yolu üzerinde yapılan değişimler bu tez çalışmasındaki uygulamaların tamamını oluşturmaktadır.

1.3.2. Aktif Gürültü Kontrolü:

Hansen, aktif gürültü kontrolünü istenmeyen bir ses alanını ortadan kaldırmak için elektro akustik olarak üretilmiş bir ses alanının kullanılması şeklinde tanımlar (2001: 1). Başka bir tanımla aktif gürültü kontrolü gürültünün gürültü ile ortadan kaldırılmasıdır (Möser, 2009: 383). Aktif gürültü kontrol sistemleri pasif kontrol sistemlerine göre daha az kullanılan sistemlerdir. Öte yandan kullanım alanı olarak madenlerde işçilerin korunmasından, otomobillerde sürücüye ulaşan motor gürültüsünün kontrolüne kadar farklı uygulama alanlarında karşımıza çıkmaktadırlar. Bu tez çalışmasında herhangi bir aktif gürültü kontrol yöntemine başvurulmamıştır.

1.4. Yönetmelik ve Standartlar

Gürültünün ölçümü, hangi alanlarda hangi sınırlar arasında bulunacağı, çevresel ve endüstriyel gürültünün değerlendirilmesi standart ve yönetmeliklerle kurallara bağlanmıştır. Bu standart ve yönetmeliklerin büyük çoğunluğu uluslararası geçerliliğe sahiptir. Bunların yanında ülkeler bazında belirlenmiş standart ve yönetmelikler de yer almaktadır.

Gürültünün kontrolü ve değerlendirilmesine yönelik standart ve yönetmelikler şu şekilde sınıflandırılabilirler.

- Gürültü ölçümü ile ilgili standartlar,
- Ölçüm cihazlarının özellikleri ilgili standartlar,
- Gürültünün tanımlanması ve kontrolü ile ilgili kılavuz ve yönetmelikler,
- Çalışma alanlarında maruz kalınan gürültü ile ilgili kılavuz ve yönetmelikler.

1.4.1. Gürültü Ölçümü ile İlgili Standartlar:

Gürültünün ölçümü ile ilgili temel uluslararası standart “ISO 1996: 2003 – Çevresel gürültünün tanımlanması, ölçülmesi ve değerlendirilmesi” standardıdır (2003). Bu standart iki bölümlüdür. Birinci bölümü “Temel nicelikler ve değerlendirme prosedürleri” bölümüdür. İkinci bölümü ise “Çevresel gürültü seviyelerinin saptanması” bölümüdür. Bu standart Türk Standartları Enstitüsü tarafından da “TS 9315” standart numarasıyla yayınlanmıştır. Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen ölçümler bu standartta belirtilen ölçüm tekniklerine uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Bu standarda göre bu tez çalışmasındaki ölçümlerde de dikkat edilen genel ölçüm prosedürleri şu şekildedir:

- Ölçümde kullanılacak ölçüm cihazları tip 1 mikrofona sahip olmalı, A ve C frekans ağırlıklarına sahip olmalı, yavaş ve hızlı zaman ağırlıklarına sahip olmalı, yeterli dinamik alana sahip olmalıdır.
- İç mekanlarda yapılan ölçümlerde mikrofona yüzeylere en az 0,5 m uzaklıkta ve yeterli yükseklikte bulunmalıdır.
- Mekan içerisinde en yoğun aktivite olan noktalarda ölçüm yapılmalıdır. Ölçüm noktası sayısı en az üç olmalıdır.
- Ölçümlerde eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi, en yüksek zaman ve frekans ağırlıklı ses düzeyleri, tepe ses düzeyi yer almalıdır.
- Ölçümler 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz bantlarında gerçekleştirilmelidir (Kurra, 2009b: 228).

Gürültü ölçümü ile ilgili başvurulmuş diğer standartlar:

- ASTM (*American Society for Testing and Materials*) E1686 – 10: Çevresel gürültü ölçüm yöntem ve kriterlerinin uygulanmasına yönelik standart kılavuzu (2010),
- ANSI S12.9 : Çevresel gürültünün tanımlanması ve ölçülmesi için nicelikler ve prosedürler (2013).

- ISO 9612: 2009 – Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün saptanması (2009).

1.4.2. Ölçüm Cihazlarına Yönelik Standartlar:

Gürültü ölçümlerinde kullanılan ses seviye ölçüm cihazlarının sahip olması gereken teknik özellikler aşağıdaki güncel uluslararası standartlarla belirlenmiştir.

- IEC 61672: 2013 – Elektroakustik: Ses seviye ölçerler için standart (2013),
- ANSI S1.4 - Ses seviye ölçerler için standart (1983),
- ANSI S1.43 – Tümleyici ses seviye ölçerler için standart (1997).

Bu standartlara ek olarak “ISO 3382 – Oda akustiği parametrelerinin ölçümü” adlı standardın ilk bölümünde de (2009), bu cihazlarla ilgili gerekli özellikler belirtilmektedir.

1.4.3. Gürültünün Tanımlanması ve Kontrolü ile İlgili Kılavuzlar ve Yönetmelikler:

Gürültü üzerine araştırmaların başlaması ve gürültünün insan sağlığını olumsuz etkileyen bir sorun olduğunun kabulü ile beraber, gürültü kirliliğinin sınırlandırılması için kılavuz ve yönetmelikler yayınlanmaya başlamıştır. Bu kılavuz ve yönetmelikler toplumsal gürültü, çalışma gürültüsü, endüstriyel gürültü vb. gibi toplumsal hayatın her alanını ilgilendiren gürültü problemlerini ele alırlar. Bunları tanımlar ve gürültü kontrolü için gerekli önlemlerin alınmasını gözetirler.

Bu kılavuz ve yönetmeliklerin önde gelenlerinden birisi Amerika’da EPA (Environmental Protection Agency) tarafından 1972 yılında yayınlanan “Gürültü Kirliliği ve Azaltımı Yasası” dır. Bu yasa ile açık ve kapalı alanlarda yer alan hareketli – hareketsiz gürültü kaynakları için yayılım (emisyon) standartları, yerel yönetimlerin gürültü indirgemesini sağlamak için izleyeceği yerleşim planı stratejileri vb. çok geniş tanımlamalar, standartlar ve öneriler yer almaktadır. Bu çalışmanın federal düzeyde yürütmesi 1981 yılında durdurulmuştur. Ancak pek çok şehir ve yerel yönetim bu kılavuzdaki araştırma ve önerilere dayanan sınırlamalara devam etmektedir (Evans ve Himmel, 2009).

Diğer bir önemli kılavuz bu tez çalışmasında da önemli yeri bulunan, WHO'nun yayınladığı “Toplumsal Gürültü için Kılavuz”dur. WHO'nun bu alandaki çalışmaları 1971’de başlamış ve bu konuda pek çok araştırma grubu oluşturulmuştur. 1992’de kılavuzun oluşturulması için çalışmalar başlamış, 1995’de ilk versiyonu “Toplumsal Gürültü” yayınlanmıştır. 1999 yılında ise kılavuz son halini almıştır. Bu kılavuzda gürültü ve gürültü ölçümleri ile ilgili bilgiler, gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkileri, toplumsal yaşam alanları, spesifik yaşam alanları ve açık alanlarda yayılan gürültü seviyeleri ile ilgili sınırlar belirtilmiştir. Son olarak gürültünün kontrolü ile ilgili yöntem ve sınırlar belirlenmiştir.

1.4.4. WHO – Toplumsal Gürültü İçin Kılavuz (1999):

Bu tez çalışmasında en yoğun başvurulanan kaynak “Toplumsal Gürültü için Kılavuz”dur. Bu sebeple kılavuzda yer alan önemli başlık ve konulardan bahsedilecektir.

Kılavuzun ilk bölümü gürültü kaynaklarının ölçülmesi ile ilgili olan bölümdür. Öncelikle ses kaynaklarına özgü temel akustik ölçüm özellikleri belirtilmiştir. Bunlar:

- Ses basınç seviyesi,
- Frekans ve frekans ağırlıkları,
- Eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi,
- L_{Amax} ve L_{Cpeak} ile ölçülen bağımsız gürültü olayları,
- Ölçüm süresi ve gürültü tipi ile ilişkili gürültü ölçütlerinin seçimidir.

Sonraki bölümde toplumsal yaşamı etkileyen gürültü kaynakları tanımlanmıştır. Endüstriyel gürültü, ulaşım gürültüsü, inşaat ve yapı gürültüleri, ev gürültüsü ve serbest zaman aktiviteleri sonucu yayılan gürültüler ana başlıklardır.

Bundan sonra gürültünün zaman, frekans yapısına ve gürülüğüne bağlı komplike yapısı aktarılmış ve gürültünün algısı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Gürültünün ölçülmesi, ölçüm amaçları, ölçüm cihazları ve bu cihazların sahip olması gereken özellikler, ölçüm konumları aktarılmıştır. Kaynakların karakteristikleri ve ses yayılım özellikleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Daha sonra bina içinde ve dışarıdan binaya sızan seslerin özellikleri

belirtilmiştir. Son olarak duruma özel bazı gürültü ölçütleri ele alınmıştır. Bu ölçütlerden birisi konuşma anlaşılabilirliğini ölçülmesidir.

Kılavuzda yer alan bir sonraki bölüm gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkileri ile ilişkili olan bölümdür. Bu bölümde gürültü kaynaklı işitme kaybı, konuşma iletişiminin gürültü ile engellenmesi, uyku bozulması, gürültünün kardiyovasküler ve fizyolojik etkileri, akıl sağlığı üzerindeki etkileri, bilişsel görevlerin yerine getirilmesi üzerindeki etkileri, davranışlar üzerindeki etkileri, gürültüden duyulan rahatsızlık başlıkları ele alınmıştır. Daha sonra yaş gruplarına, sağlık sorunlarına vb. etkenlere bağlı olarak hassas gruplar tanımlanarak gürültünün bu gruplar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Takip eden bölümde bu bölümde değerlendirilen konularla ilgili araştırmaların sonuçları aktarılmış ve WHO kılavuzuna özgü tavsiye edilen değerler belirtilmiştir.

Bir sonraki bölüm gürültü yönetimi ile ilgili bölümdür. Bölümde gürültü yönetiminde izlenecek adımlar, maruz kalınan gürültü seviyelerinin istatistiksel olarak belirlenmesine yönelik haritalama ve modelleme yöntemleri belirtilmiştir. Açık alanda gürültü kontrolünü sağlamak için emisyon değerlerinin kaynaktan düşürülmesine ve sinyal yolunda gürültü kontrolüne yönelik ölçüt ve öneriler verilmiştir. Daha sonra kapalı alanlarda gürültü kontrolüne yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Bunlara göre:

- Binalar inşa edilmeden önce inşaat alanının belirlenmesi önem taşımaktadır. İnşaat yapılacak alanda bina içerisinde de sorun yaratacak potansiyel gürültü kaynakları ve yayılımları değerlendirilmelidir.
- Bina tasarımları iç mekan gürültülerinin de kontrolünü sağlayacak şekilde yalıtıcı özellikte olmalıdır. Yalıtım dışarıdan bina içine ses girişini önleyecek şekilde yapılmalıdır.
- İç mekanlar gürültünün indirgenmesi ve iyi bir ses kalitesi elde edilmesi için yeterli akustik performansa sahip olmalıdır. Binanın kullanım amacına göre uygun emici malzemelerin kullanılması ve yeterli miktarda yansıma süresinin sağlanması da gerekmektedir.

- Binada yer alan ve gürültü yaratma potansiyeline sahip cihazların ve sistemlerin bakımlarının zamanında yapılması ve gürültü seviyelerinin yükselmesinin önlenmesi gerekmektedir.

Bu bilgilerin ardından bazı örnek ülkelerin izlediği gürültü kontrol politikaları aktarılmış, gürültü yayılımı ile ilgili standartların yetersizliği belirtilmiş ve gelecekte izlenecek politikaların düzenlenmesine yönelik saptamalarda bulunulmuştur. Çevresel gürültünün etkilerinin analizine yönelik değerlendirmeler bölümde ele alınan son konulardır.

Bu bölümden sonra sonuç ve önerilerin ele alındığı bölüm gelir. Öncelikle kılavuzda aktarılan önerilerin nasıl uygulanacağı ile ilgili bilgiler verilir. Son olarak gelecekte yapılması planlanan WHO çalışmaları, kurulacak araştırma grupları aktarılır.

EPA ve WHO'nun çalışmaları haricinde ülkeler bazında yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan birisi Avrupa Birliği Parlamentosu tarafından kabul edilen 2002/49/EC Direktifidir. Bu direktif “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi ile İlgili Direktif” olarak adlandırılmıştır. Direktifte çevresel gürültü ile ilgili tanımlar yapılmış, değerlendirme yöntemleri, gürültü haritalandırmaları, hareket planları ve üye ülkelerin sorumlulukları belirlenmiştir.

Türkiye’de de Çevre ve Orman Bakanlığının yayınladığı “Çevresel Gürültü Ölçme ve Değerlendirme Kılavuzu” önemli başvuru kaynaklarından birisidir. Bu yayında da gürültü ile ilgili tanımlar, çevresel gürültüye özgü ölçüm parametreleri, ölçüm teknik ve yöntemleri, izlenecek prosedürler gibi konulardan bahsedilmektedir.

1.4.5. Çalışma Alanlarında Maruz Kalınan Gürültü ile İlgili Kılavuz ve Yönetmelikler:

Bu yönetmelikler ülkeler bazında çalışma alanlarında çalışan sağlığının korunmasına yönelik çıkarılan yönetmeliklerdir. Bunların önde gelenleri:

- Amerika Birleşik Devletlerinde OSHA 1910.95, çalışma alanlarında maruz kalınan gürültü ile ilgili düzenlemelerin bulunduğu yönetmelik,

- Avrupa Birliğinde 2003/10/EC (2002), çalışanların gürültüden kaynaklanan sağlık ve güvenlik risklerinden korunmaları için gereken önlemleri belirten yönetmeliktir.

Ülkemizde 2003 yılında Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yürütülmeye başlanan “Gürültü Yönetmeliği” yerini 2013 yılında kabul edilen “Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik”e bırakmıştır.

1.5. Oda Akustiği:

Bu tez kapalı bir mekanda gerçekleştirilen gürültü ölçümleri ve bu gürültünün pasif gürültü kontrol yöntemleri ile kontrolüne dayalı bir çalışmadır. Bu şekilde konuşma anlaşılabilirliğinin da iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu başlığın altında, oda akustiği kavramları ve bu teze özel olarak hastane acil servisleri için oda akustiği kalitesi değerlendirme kriteri olarak vurgulanan konuşma anlaşılabilirliği aktarılacaktır.

Kapalı bir mekanda duyduğumuz ses, kaynaklardan yayılan sesler ve oda yüzeylerinden yansıyan seslerin bütünüdür. Dolayısıyla, yansımalar ve yansımaların sonucu olan akustik etkiler odanın akustik kalitesinin değerlendirilmesinde önemli parametrelerdir. Bunlar, gürültü çalışmalarında, özellikle de konuşma anlaşılabilirliğinin iyileştirilmesine yönelik uygulamalarda önem verilen oda akustiği parametreleridir.

Kapalı mekanlarda kaynaktan çıkan ses odanın yüzeylerinden yansır. Her yansımanın ardından enerjisinin bir kısmını kaybeder. Bu kaybın miktarı odanın yüzeylerinde ne gibi malzemelerin yer aldığına ve bu malzemelerin emicilik özelliklerine bağlıdır. Dolayısı ile her odada o odaya özgü bir *ses alanı* (sound field) oluşur.

Bir odadaki ses alanı o odadaki “*direkt ses alanı (direct field)*” ve “*yansısızlımlı ses alanının (reverberant field)*” birleşimidir. Direkt ses alanı kaynaktan çıkan sesin herhangi bir yüzeyden yansımaya maruz kalmadan alıcıya ulaştığı ses alanıdır. Yansısızlımlı ses alanı ise, kaynaktan çıkan sesin en az bir yüzeyden yansiyarak kaynağa ulaştığı alandır. Buna “*dağınık alan (diffuse field)*” da denir. Alıcının kaynağa olan

uzaklığına göre, direkt ses alanında ya da yansımalı ses alanında bulunması algılanan ses üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Kaynakta üretilen sesin durmasını takiben sesin yansımalarının oluşturduğu devam hissi *yansışım* olarak adlandırılır. Bu alandaki öncü çalışmaları Sabine yapmış ve emicilik ile yansışım (reverberance) teorilerini akustik literatürüne kazandırmıştır.

Kapalı bir mekandaki yansışım değerlendirilirken o odadaki erken ve geç yansımaların da dikkate alınması gerekir. 100 ms'den önce alıcıya ulaşan erken yansımalar konuşma anlaşılabilirliği ve müzikte berraklık olarak bilinen etkileri destekler. 100 ms den sonra gelen geç yansımalar ise oda etkisinin oluşmasında belirleyicidirler. 50 ms den sonraki yansımalar belirli bir gürlük seviyesinin üzerinde olurlar ise *echo* olarak algılanabilirler (Fuchs, 2013: 163).

Sabine'in yansışım üzerine yaptığı çalışmalarda ortaya koyduğu bir diğer kavram olan *yansışım süresi*, RT , ise bir odadaki ses kaynağı durdurulduktan sonra ses seviyesinin 60 dB düşmesi için gereken zamandır ve şu şekilde formüllendirilir.

$$T_{60} = 0.161 \frac{V}{A}$$

Bu formülde;

T_{60} , RT yani sesin 60 dB düşmesi için gereken süreyi,

V , odanın hacmini,

A , ise odadaki toplam emici alanını $= S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + S_n\alpha_n$ (sabin cinsinden) belirtir (Long, 2006: 301).

Sabine'in RT denklemi üzerinde çeşitli araştırmacılar tarafından farklı modifikasyonlar da yapılmıştır. Bunlardan bazıları, yansımaları az olan yani *ölü* odalarda daha kullanışlı olan Norris ve Eyring'in RT formülü, Milington ve Sette'nin daha sonra Eyring tarafından da modifiye edilmiş formülü ve bunların çeşitli türevleri şeklinde sıralanabilir (Long, 2006: 301 - 304). Bu formüller Sabine RT formülünün

yetersiz kaldığı farklı akustik ortamlarda daha doğru ölçümler yapabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Ancak Sabine formülü hala basitliği ve sonuçlarındaki tutarlılık ile ön planda yer almaktadır.

RT özellikle konser salonlarında sesi destekleyici ve genişlik hissini sağlayıcı etkileri sebebi ile belirli limitler arasında istenen bir akustik özelliktir. Ancak çalışma alanları, ofisler, konuşma salonları gibi mekanlarda yüksek RT sorunlu bir ses alanının oluşmasına sebep olabilir. Çünkü kapalı alanlarda toplam ses basınç seviyesi de direkt ve yansımali ses alanlarındaki enerjiler toplamının etkisi altındadır (Hansen, 2005: 180). Dolayısıyla bu tip alanlardaki yüksek RT değerleri, ses basınç seviyelerinin yükselmesine ve kaynak alıcı uzaklığına da bağlı olarak konuşma anlaşılabilirliğinin azalmasına sebep olacaktır. Verschuure ve Nils'in normal duyma becerisine sahip insanlarla yaptığı araştırmada, direkt ve yansımali ses alanlarının gürültükleri aynı seviyelerde iken, konuşma anlaşılabilirliğinin ortalama seviyelerde olduğu görülmüştür (Aktaran, Şaher, 2013: 17). Bu yüzden özellikle gürültülü ve konuşma anlaşılabilirliğinin önemli olduğu kapalı alanlarda RT, kontrol altında tutulması gereken bir parametredir.

Odalardaki yansımalar ve yansımaların oda akustiğine etkisi frekansa bağlı olarak farklı özellikler göstermektedir. Kapalı alanlarda belirli bazı düşük frekans bantları yüzeyler arasında *duran dalgalar* oluştururlar. Duran dalga sesin, oda duvarları gibi, iki paralel yüzey arasında ileri geri yansımaları ile oluşan akustik bir olgudur. Odalarda da kaynaktan yayılan direkt ses ile yansıyan ses aynı fazda olurlarsa birleşerek rezonans oluştururlar (Kaynak: acoustic-glossary.co.uk). Odalarda oluşan bu rezonanslara modal rezonanslar denilir.

Oda modları adı verilen modal frekanslar yansımaların gerçekleştiği yüzey sayısına göre farklı isimlendirmeler alırlar. Bunlar:

1. Axial Modlar: Birbirine paralel iki yüzey arasında duran dalga oluşturan modlar,
2. Tangential Modlar: Birbirine paralel dört yüzey arasında duran dalga oluşturan modlar,

3. Oblique Modlar: Tüm paralel yüzeyler arasında duran dalga oluşturan modlardır (Hansen, 2005: 184).

Modal rezonanslar bas frekanslardaki yansıma süresinin uzamasına ve odada sorunlu bir ses alanının oluşmasına sebep olabilirler. Bu sebeple küçük oda akustik tasarımlarında ve düşük frekans gürültülerinin yoğun olduğu kapalı alanlarda dikkatli bir şekilde incelenmeleri gerekir. Özellikle havalandırma sistemleri ve titreşim kaynaklı gürültüler düşük frekanslarda önemli miktarlarda sorun yaratmakta ve arka plan gürültü seviyelerinin yükselmesine sebep olmaktadır.

1.5.1. Konuşma Anlaşılabilirliği:

Konuşma, iletişim kurmanın en temel yöntemidir. Bu sebeple bazı odalarda akustik performans açısından önemli bir değerlendirme unsurudur. Gürültü konuşma ile etkili bir iletişim kurabilmenin önünde en engelleyici unsurlardan birisidir ve sadece konuşmanın anlaşılabilirliğini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda konuşanın kim olduğu ile ilgili akustik ipuçlarını da yok eder (Voiers vd., 2002: 1).

Odalarda sözlü iletişim iki ana akustik bileşenin etkisi altındadır. Bunlar, yansıma süresi ve konuşma ile arka plan gürültü seviyelerinin oranı (sinyal gürültü oranı) olarak belirtilmiştir (Ver ve Beranek, 2006: 192). Oda akustiğinde akustik faktörlerin anlaşılabilirlik üzerindeki etkisi üzerine yapılan çalışmalar ve ortaya konulan kavramlardan öne çıkan bazıları şunlardır.

- Meyer ve Thiele – Netlik (Definition - D)
- Reichardt vd. – Berraklık (Clarity - C)
- French ve Steinberg – Artikülasyon Endeksi (Articulation Index – AI)
- Kürer – Merkez Zaman Parametresi (Centre Time - t_s)
- Peutz – Ünsüz Harflerde Artikülasyon Kaybı (Articulation Loss of consonants – Alcons)
- Lochner ve Burger – Kullanışlı ve Zararlı Ses Oranı (Useful-to-Detrimental Sound Ratios – U)

- Houtgast ve Steeneken – Konuşma İletimi Endeksi (Speech Transmission Index - STI)
- Houtgast ve Steeneken – Hızlı Konuşma İletimi Endeksi (Rapid Speech Transmission Index - RASTI).

Konuşma anlaşılabilirliği üzerinde erken yansımaların önemli bir etkisi vardır. Yukarıda listelenmiş anlaşılabilirlik parametrelerinin tamamı erken yansımaların belirgin etkisi altındadır ve erken yansımaların hangi sürede ulaştığına göre farklılıklar gösterirler. Örneğin netlik (definition) parametresi ilk 50 ms'deki (D_{50}) yansımaların yoğunluğu ile ilişkilidir. Buna benzer bir parametre olan berraklık (clarity) müzik için 80 ms (C_{80}), konuşma için 50 ms (C_{50}) sürelerini dikkate alır. Konuşma anlaşılabilirliği değerlendirmesinde kullanılan bir diğer parametre olan merkez zaman (t_s) parametresinde belirgin bir zaman referansı yoktur. Buna karşılık t_s , ses alanında erken yansılardan geç yansılara geçiş anını saniye cinsinden verir. Düşük değerler daha temiz bir ses, yüksek değerler ise daha yansılımlı bir ses olduğunu belirtir. Öznel olarak farkın hissedilmesi için ise 10 ms'lik merkez zaman değeri kullanılmaktadır (Gade, 2007: 308). C , D ve t_s parametreleri bu özellikleri ile birbirleri ile oldukça ilişkili parametrelerdir ve bir arada sıklıkla kullanıldıkları görülür. Tüm bu parametreler uluslararası standartlardan birisi olan ISO3382-1 standardında oda akustiği berraklık ölçütleri olarak belirtilmişlerdir. Bunlar her ne kadar berraklık ölçütleri olarak adlandırılmış olsalar da sinyaldeki berraklık ve yansıma arasındaki dengenin göstergeleri olarak düşünülebilirler (Bradley, 2010).

WHO tarafından aktarılan bilgiye göre (1999: 36), konuşma anlaşılabilirliği temel olarak konuşma ve gürültü arasındaki orana bağlıdır. Eğer arka plan gürültüsü ile konuşma sinyali arasında belirgin farklar sağlanabilirse konuşma anlaşılabilirliği iyileşecektir. Kılavuzda Houtgast ve Bradley'den aktarılan bilgiye göre konuşma sesleri ile ortam gürültüsü arasında 15 dB ya da daha fazla fark sağlanabilirse konuşma anlaşılabilirliği yüzde yüze yakın olacaktır (1999: 36). Kılavuzda belirtilmiş diğer bir önemli etken ise optimum yansıma süresinin sağlanması gerekliliğidir. Bu Bradley'in çalışmasından aktarılan haliyle büyük odalar için 1 sn, derslikler gibi küçük odalar için 0,6 sn olarak belirtilmiştir (1999: 36).

Bu çalışmada simülasyon aşamasında başvuru anlaşırlık parametresi konuşma iletimi endeksidir (*speech transmission index*). Nesnel bir gösterge olması sebebiyle anlaşırlık değerlendirmesinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu parametrenin uluslararası standardını “Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission - IEC) ortaya koymuştur.

Gade’in açıklamasına göre (2007: 312), konuşma genlik modülasyonlu bir sinyaldir ve konuşma bilgisini bu modülasyon taşır. Bu sinyal akustik ortamda ilerlerken ortam gürültüsü ve yansımanın etkisi altına girer. Dolayısı ile sinyaldeki modülasyon oranı azalır ve anlaşırlık düşer. Bu hesaplanırken belirli modülasyon frekanslarının orijinal sinyal ile oranları elde edilir. Bu oranların ortalamaları ile 0 ile 1 arasında bir değer elde edilir. Bu değerlerden 0 en kötü konuşma anlaşırlığına, 1 ise mükemmel konuşma anlaşırlığına karşılık gelmektedir (Gade, 2007: 312). Tablo 5’te bu sayısal aralıktaki değerler ve bunların karşılıkları verilmektedir.

STI Değeri	Kalite Tanımı
0 – 0.3	Kötü
0.3 – 0.45	Zayıf
0.45 – 0.6	Orta
0.6 – 0.75	İyi
0.75 - 1	Mükemmel

Tablo 5. STI değerleri ve karşılıkları

STI değerlendirmesinde IEC 60268-16 standardına göre çeşitli uygulamalar için değerlendirme aralıkları belirlenmiş ve bunların ne tür mekanlarda olması gerektiği ile ilgili öneriler sunulmuştur. Şekil 5’te bu değerlendirme aralıkları IEC 20268-16 standardında göre kategoriler halinde belirtilmiştir.



Şekil 5. IEC 20268-16 standardına göre STI değerlendirme aralıkları (Kaynak: BS EN 60268-16, 2011: 53)

Tablo 6’da ise bunların hangi uygulamalarda sağlanması gerektiği IEC 20268-16 standardında göre örneklerle gösterilmektedir.

Kategori	STI	Mesaj Bilgisi Tipi	Tipik Uygulama Örnekleri (Doğal ya da yeniden üretilmiş ses)	Yorumlar
A+	>0,76		Kayıt Stüdyoları	Çok az mekanda sağlanabilir derecede mükemmel anlaşılabilirlik
A	0,74	Kompleks mesajlar, tanınmış olmayan kelimeler	Tiyatrolar, konuşma salonları, parlamentolar, mahkeme salonları, destekleyici işitme sistemleri	Yüksek konuşma anlaşılabilirliği
B	0,7	Kompleks mesajlar, tanınmış olmayan kelimeler		
C	0,66	Kompleks mesajlar, tanınmış kelimeler	Tiyatrolar, konuşma salonları, telekonferans görüşmeleri, parlamentolar, mahkeme salonları	Yüksek konuşma anlaşılabilirliği
D	0,62	Kompleks mesajlar, tanınmış kelimeler	Ders amfileri, sınıflar, konser salonları	İyi konuşma anlaşılabilirliği
E	0,58	Kompleks mesajlar, tanınmış içerikler	Konser salonları modern ibadethaneler	Yüksek kalite PA sistemleri
F	0,54	Kompleks mesajlar, tanınmış içerikler	Alışveriş merkezi PA sistemleri, kamu binası ofisleri, sesli alarm sistemleri, katedraller	İyi kalite PA sistemleri
G	0,5	Kompleks mesajlar, tanınmış içerikler	Alışveriş merkezleri, kamu binası ofisleri, sesli alarm sistemleri	Sesli alarm sistemleri için hedef değer
H	0,46	Basit mesajlar, tanınmış kelimeler	Zorlu alanlardaki sesli alarm ve PA sistemleri	Sesli alarm sistemleri için normal alt limit
I	0,42	Basit mesajlar, tanınmış içerikler	Çok zorlu alanlardaki sesli alarm ve PA sistemleri	
J	0,38		PA sistemler için uygun değil	
U	<0,36		PA sistemler için uygun değil	

Tablo 6. IEC 60268-16 standardına göre uygulama alanı örnekleri (kaynak: BS EN 60268-16, 2011: 53)

Konuşma anlaşılrlığı üzerine başvurulabilecek önemli referanslardan birisi İngiltere’de Eğitim Bakanlığı tarafından yayınlanmış “BB93 – Okulların Akustik Tasarımı” kılavuzudur. Bu kılavuzda okullarda olması gereken akustik kriterler ve bu kriterlerle ilgili değerler yer alır. Bu kılavuzda belirtilen verilere göre okullarda olması gereken konuşma anlaşılrlığı değerleri açık-plan yerleşimine sahip mekanlarda olması beklenen değerle ifade edilir. Kılavuzda bu tip alanlarda 0,6 (iyi) STI değerinin üzerinde bir konuşma anlaşılrlığının sağlanması gerektiği bildirilmiştir (BB93, 2014: 15).

Konuşma anlaşılrlığı değerlendirmesinde önemli olan bir akustik değerlendirme yöntemi sinyal / gürültü oranı değerlendirmesidir. Sinyal / gürültü oranı, sinyal seviyesi ve gürültü seviyesi arasındaki ilişkidir ve dB cinsinden ifade edilir. Sinyal gürültü oranı pozitif bir değer aldığında sinyal seviyesi gürültüden daha yüksek, negatif bir değer aldığında ise gürültü seviyesi sinyal seviyesinden yüksek anlamına gelir (Speaks, 1992: 189).

Konuşma anlaşılrlığı ve sinyal gürültü oranı arasındaki ilişkiyi aşağıdaki tabloda verilmiştir. Belirtilen değerler normal duyuma sahip insanlar için geçerlidir.

Konuşma Anlaşılrlığı	Sinyal / Gürültü Oranı
Çok İyi	15 dB
İyi	10 dB
Orta	5 dB
Sınırdan	0 dB
Zayıf	-5 dB
Yok	-10 dB

Tablo 7. Normal duyuma sahip kişiler için konuşma anlaşılrlığı ve sinyal / gürültü oranları arasındaki ilişki (kaynak: Armstrong Ceilings: 2011).

Sinyal – gürültü oranı ve konuşma anlaşılrlığı değerlendirilirken standartta geçen şu bilginin de önemi bulunmaktadır. IEC 60268-16’daki bilgiye göre konuşma anlaşılrlığında 0.1 puanlık bir iyileşme 3dB sinyal gürültü oranı artışına karşılık gelmektedir (BS EN 60268-16, 2011: 55).

1.6. Değerlendirme:

Bu bölümde gürültü kavramı ve gürültü ölçümlerinde kullanılan akustik parametreler aktararak, tezin deney aşamasında gerçekleştirilen gürültü ölçümleri ile ilişkili teorik bilgiler verilmiştir. Kapalı alanlardaki gürültü oda akustiği kriterleri ile yakın ilişki içerisinde. Kapalı alanlarda gürültü seviyeleri bu ilişkiler çerçevesinde artabilir ya da azalabilir.

Pasif gürültü kontrolü yöntemleri kullanılarak oda akustiği parametrelerinde sağlanacak değişikliklerle Dokuz Eylül Üniversitesi Acil Servisinde gürültü seviyelerinin indirgenmesi bu tezin deney aşamasındaki amaçlardan birisidir. Oda akustiği değişimlerinin en belirgin sonuçlarından birisi de konuşma anlaşılabilirliği parametresi üzerindedir. Konuşma anlaşılabilirliği, oda akustiği ve yansıma süresi değişimlerinin yanında gürültü seviyeleri değişimlerinden de ciddi oranda etkilenir. Gürültü seviyeleri göz önüne alındığında uygun sinyal / gürültü oranları sağlanması önemlidir. Bu şekilde iyi bir konuşma anlaşılabilirliğinin elde edilmesini sağlanabilir.

Tezin ikinci bölümünde öncelikle hastanelerde yapılan gürültü araştırmaları incelendikten sonra bu tezin de konusunu oluşturan hastane acil servis birimlerinde gerçekleştirilen gürültü çalışmaları aktarılacaktır. Bu çalışmaların tamamı gürültünün insan sağlığına olan olumsuz etkileri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiş çalışmalardır. Dolayısı ile gürültünün insan sağlığına olan etkileri, hastanelerdeki gürültünün hasta ve çalışanlar üzerindeki etkileri de ikinci bölümde incelenecektir. İkinci bölümde son olarak hastanelerdeki akustik koşulların ele alındığı kılavuz, yönetmelik ve standartlar aktarılacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM
SAĞLIK ALANINDA GÜRÜLTÜ

2.1. Hastane Ortamında Gürültü:

1992 yılında Birleşmiş Milletlerin düzenlediği Rio de Janeiro’da Çevre ve Gelişim Konferansında binaların ve yaşam alanlarının doğru tasarlanması ile ilgili kural ve prosedürlerin tanımlanması ihtiyacı olduğu bildirilmiştir. Buna göre her bina içerisinde geçirilen zamanın kalitesi anlamında konforlu olmalı ve *hasta bina sendromu* (Sick Building Syndrome – SBS) gibi sorunlara sebep olmamalıdır. Hasta bina sendromu EPA tarafından bireylerin bir binada geçirdikleri zamandan kaynaklanan sağlık ve konfor sorunları yaşamaları olarak tanımlanmıştır (1991). Tasarımcıların önemli bir diğer amacı da binadaki kişilerin rahatsız edici ses seviyelerine maruz kalmadıkları, iyi hissettiren bir çevre sağlamaktır (Luzzi, Bellomini ve Romero, 2008).

Çoğu ülkede, yeni bir binadaki gürültü seviyelerinin önceden ölçülmesi ve analiz edilmesi gerekir. Örneğin İtalya’da gürültü etkileri ile ilgili bir tahmin çalışması ön belge olarak istenmekte ve potansiyel gürültü yaratacak unsurların önceden tanımlanması ve yetkililerce onaylanması istenmektedir. Bunlar ISO 8297 (Çok kaynaklı endüstriyel alanlarda ses gücü seviyelerin belirlenmesi) ve ISO9613-2 (Sesin açık alanlarda yayılımı esnasında sönümünün hesaplanma yöntemi) gibi uluslararası standartlarla değerlendirilebilir. Böylece binanın içerisindeki akustik performans ile ilgili bir bakış açısı sağlanmış olur (Luzzi, Bellomini ve Romero, 2008).

Sağlık kurumlarında ve hastanelerde olması gereken gürültü seviyeleri ve bunlarla ilgili standartlar sınırlıdır ve belirli ses basınç seviyelerinin önerilmesi şeklindedirler. Dünya Sağlık Örgütü’nün (WHO) 1999 yılında yayınladığı “Guidelines for Community Noise” kılavuzunun 4. bölümünde özel mekanlara ve bu mekanlar için tavsiye edilen gürültü miktarlarına yer verilmektedir. Bu alt başlığın 3. maddesi şöyledir:

“Hastanelerdeki gürültünün önemli etkileri uyku bozulması, rahatsızlık ve iletişimin bozulmasıdır. Uyarı sesleri gürültü açısından önemli bir unsurdur. Gece boyunca içerideki ses olaylarının L_{Amax} seviyeleri 40 dB(A)’i aşmamalıdır. Hastanelerdeki hasta odaları için kılavuz değerler 30 dB L_{Aeq} ve geceleri 40 dB L_{Amax} ’tır. Gündüz ve

gece boyunca içerideki kılavuz değeri 30 dB LA_{eq}'dur. Maksimum seviyeler "hızlı" ayarlanmış ses basınç ekipmanlarıyla ölçülmelidir (1999: 13)."

Avrupa Birliği ülkelerinde sağlık kuruluşları ile ilgili bazı standartlar ve ilkeler belirlenmiştir. Yasal standartlar ülkelere ait standart enstitüleri tarafından koyulmuş standartlardır. İlkeler ise, standartlaştırılmamış ancak ülkeler tarafından uygulanan yöntem ve teknikleri belirler. Standart koymuş ülkeler İsviçre, Almanya, Finlandiya ve Norveç'tir. Gürültü kontrolüne yönelik yönetmelik ve ilkeler belirlemiş ülkeler ise İngiltere, Danimarka ve Hollanda'dır (Bergmark ve Janssen, 2008).

Hastaneler, klinikler vb. gibi sağlık binaları yüksek oranda sirkülasyona sahiptirler. İçlerinde personel ve hastalar olmak üzere çok sayıda insanı aynı anda barındırırlar. Bu tip binalarda kimi alanlar açık planlı ofislere benzer. Çoğunlukla alanlar birbirilerine geniş, yüksek tavanlı koridorlar ve ortak alanlarla bağlıdırlar. Ortak alanlarda yoğun bir insan trafiği yaşanır. Hastane genelinde havalandırmayı sağlayan cihazlar, elektrik destek sistemleri vb. gibi pek çok tesisat yer alır. Ofislerde kullanılan telefon, faks, bilgisayarlar, yazıcılar gibi cihazlar hastanelerin tüm alanlarında bulunabilir. Bunlara ek olarak tedavi amaçlı medikal cihazlar bu tip binaların her yerine yayılmışlardır. Solunum destek cihazları, hastabaşı monitörleri vb. gibi çok çeşitli ve farklı amaçlar için kullanılan cihazlar hastanelerde yer alırlar. Bu özellikleri sebebiyle hastaneler ofislere göre çok daha fazla gürültü üretme potansiyeline sahip binalardır. Tüm bu unsurlar göz önüne alındığında hastanelerde düşük gürültü seviyelerinin sağlanması ve korunması ciddi tasarımsal işlemler gerektirir. İnşaat öncesinde yapılan tasarımların uygulanması ve verimli sonuçlar alınması çok daha kolaydır. Var olan bir bina üzerinde değişiklikler yapmak ve gürültü seviyelerini düşürmek ise daha zor ve çoğunlukla daha masraflıdır. Yapılacak tasarımlarda binanın var olan fiziksel koşulları sınırlayıcı olacak ve kimi noktalara müdahalelerde bulunmak imkansız olacaktır.

EPA ve WHO, hastaneler için gündüz ve gece gürültü seviyeleri ile ilgili önermelerde bulunmuşlardır. EPA'nın önerisine göre (1974), hastanelerde bulunması gereken gürültü seviyeleri gece 35 dB(A) ile gündüz 45 dB(A) arasındadır. WHO ise

gece gürültü seviyelerinin hastaların yattığı ve tedavi edildiği alanlarda 35 dB(A)'yi aşmaması gerektiğini önermiştir.

Sommergarden'ın çalışmasında hastanelerde en çok gürültü yaratan sekiz farklı aktiviteye ilişkin ses basınç seviyeleri verilmiştir. Richardson vd. tarafından aktarılan bu aktivitelere ilişkin değerler tablo 8'de belirtilmiştir. (Aktaran, Richardson, vd, 2009).

Aktivite	Seviye dB(A)
Paslanmaz çelik bir kaseenin düşürülmesi	108
Yatak tırabzanının kaldırılması ya da indirilmesi	90
Konuşmalar (personel, hastalar ve hasta yakınları)	59 – 90
Havalı tüp taşıyıcının yere bırakılması	88
Lastik eldiven paketinin açılması	86
Sandalye ya da taburelerin yerde sürüklenmesi	46 – 86
Çöpe atıkların atılması	53 - 82

Tablo 8. Hastanelerdeki bazı aktivitelerin ölçülmüş ses basınç seviyeleri

Yapılan bazı anket çalışmalarında da hastanelerde en çok rahatsızlık yaratan gürültü kaynakları tanımlanmaya çalışılmıştır. Wiese ve Wang'ın çalışması bunlardan biridir ve gerçekleştirdikleri anket çalışması sonucunda en çok rahatsızlık yaratan kaynaklar sırasıyla alarmlar, medikal cihazlar, koridorlardaki el arabaları, odalardaki konuşma sesleri ve dışarıdan gelen konuşma sesleri olarak tanımlanmıştır (Wiese, Wang, 2011).

Rhyherd ve diğerlerinin çalışmasında ise hastanelerde çalışan hemşirelerle yapılmış bir anket çalışması yer almaktadır. Bu anket çalışmasının verilerine göre hemşirelerin hastanelerde en rahatsız oldukları sesler, en rahatsız ediciden başlayacak şekilde alarmlar, çalan telefonlar, temizlik ekipmanları, personelin konuşması, el arabaları, çağrı sistemleri, operasyonel sesler, ziyaretçilerin konuşmaları, hastaların sıkıntıları sonucu çıkarttıkları sesler, ayak sesleri, inşaat sesleri, hastaların konuşmaları ve tesisat gürültüleridir (Rhyherd, vd, 2011).

Elliot vd. de çalışmalarını yürüttükleri hastanedeki gürültü kaynaklarını alarmlar, tedavi cihazları, tanı cihazları, konuşma sesleri olarak tanımlanmıştır (2010).

Hastanelerdeki gürültü seviyeleri ve bunlarla ilgili bildirilen rahatsızlıklar pek çok gürültü seviyesi ölçme ve değerlendirme çalışması yapılmasına sebep olmuştur. Bu çalışmaların en önemlilerinden birkaçı Johns Hopkins hastanesinde yapılan çalışmalardır. Bu çalışmalar WHO'nun kılavuzunda yer alan değerlerle ölçülen değerlerin kıyaslanması ve hastanelerde artan gürültü seviyelerinin belirtilmesini odak alır.

İlk çalışma hastanenin genelinde yapılan bir ölçüm çalışmasıdır. Çalışmada ayrıca 1960 yılından itibaren ölçülen gürültü seviyeleri verilmiş ve gürültü seviyelerinin değerlendirmesi yapılmıştır. Hastane genelinde ölçülen eşdeğer gürültü seviyeleri 50 – 60 dB(A) aralığındadır. Bu değerler 1 dakikalık, yarım saatlik ve 24 saatlik zamansal ortalamaların hepsi için geçerlidir. Çalışmayı yürüten Vishniac vd. daha sonra son 40 – 50 yıl aralığında hastanelerde gürültü seviyelerinin ölçülmesiyle ilgili çalışmaları değerlendirmişlerdir. Ölçülen hastanelerde gürültü seviyelerinin, 1960 yılından günümüze, gündüz 57 dB(A)'den 72 dB(A)'e, gece ise 42 dB(A)'den 60 dB(A)'e çıktığını aktarmışlardır (Busch-Vishniac, vd, 2005).

Johns Hopkins Hastanesinde yürütülen bir diğer çalışma ise hastanenin ameliyathanelerinde gerçekleştirilmiş gürültü ölçüm çalışmasıdır. Çalışma hastane ameliyathanelerindeki gürültü seviyeleri hakkında çok az bilgi olması sebebiyle gerçekleştirilmiş ve operasyon öncesi, sırası ve sonrasında ölçümler yapılmıştır. Aynı zamanda gerçekleştirilen operasyonun türüne göre sınıflandırma yapılmıştır. Buna göre en gürültülü operasyonların 66 dB(A) ile ortopedik operasyonlar olduğu belirlenmiştir. Bunu nörolojik operasyonlar, ürolojik operasyonlar, kardiyolojik operasyonlar ve gastrointestinal operasyonlar izlemektedir. Bu operasyonlarda ölçülen gürültü seviyeleri 62 ila 65 dB(A) arasında belirtilmiştir. Sonuçlarda belirgin tepe gürültü seviyeleri belirlenmiş, çoğu ameliyatta en az 110 dB seviyesinde tepe gürültülerinin olduğu, seviyenin 120 dB üzerine de çıkabildiği belirtilmiştir (Kracht, Busch-Vishniac, West, 2007) .

Johns Hopkins’de yürütülen bir diğer çalışma hastanenin hematolojik kanser biriminde gerçekleştirilmiştir. Bu alan araştırmacılar tarafından çok gürültülü bir alan olarak tanımlanmaktadır. Birimde gürültü seviyesi ölçümleri ile beraber RT ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Daha sonra gürültü ve RT kontrolü amaçlı emici malzeme uygulaması yapılmış, uygulama öncesi ve sonrası seviyeler verilmiştir. Birimde pek çok farklı noktada yapılan ölçümler sonucu elde edilen eşdeğer gürültü seviyesi 55 dB(A), yansıma süresi ise 800 Hz’de 1,2 saniyedir. Emici panel uygulamalarının ardından ölçülen gürültü seviyesi ortalama 5dB daha azdır. Oktav bantlarda ise 6,5 dB civarında düşüşler sağlanmıştır. Yansıma süreleri ise 800 Hz’de 0,50’nin altına düşürülmüştür. Bu müdahalelerin ardından yapılan ankette hemşire ve hastaların %90’ının yapılan değişimlerden tatminkar olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Sağlanan seviye düşüşünün özellikle konuşma anlaşılabilirliği üzerindeki etkilerine değinilmiştir (MacLeod, vd, 2007).

Hastanelerde yapılan gürültü ölçüm çalışmalarının bir kısmını da yoğun bakım ünitelerinde yapılan çalışmalar oluşturur. Bu birimler hastanelerde yer alan diğer alanlara genellikle daha az gürültü içerirler ancak çalışmalar bu kadar hassas alanlarda ölçülen değerlerin dahi WHO ve EPA’nın önerdiği değerlere yaklaşmadığını göstermektedir.

McKenzie ve Galburn (2007), İngiltere’de yer alan üç farklı hastanenin yoğun bakım ünitelerinde 24 saatlik gürültü ölçümleri yapmışlar ve gürültü kaynaklarını oluşturma sıklıklarına ve gürültü seviyelerine göre sınıflandırmışlardır. Buna göre bu hastanelerin yoğun bakım birimlerinde ölçülen 24 saatlik ortalama gürültü seviyeleri 56 ile 59,6 dB(A) aralığındadır. Bu değerlerin WHO’nun tavsiye ettiği değerlerden en az 16 dB(A) yüksek olduğu görülmektedir. McKenzie ve Galburn (2007), bu hastanelerde 86 adet gürültü kaynağı tanımlarlar ve diğer çalışmalarda çok değerlendirilmeyen bazı gürültü kaynaklarına dikkat çekerler. Ölçüm yapılan üç hastanede de yüksek seviyeli gürültüler üreten ortak kaynaklar saptamışlardır. Bunlar çöp kutuları, genel aktiviteler, konuşma sesleri, alarmlar, sürüklenen sandalyeler ve yere düşürülen objelerdir.

Yoğun bakım ünitelerinde yapılan bir diğer çalışma Rizzo ve Frizzi’nin dozimetre ölçümü ile yaptıkları çalışmadır. Çalışmada bir aylık süre boyunca günün üç

farklı zaman aralığında birer dakikalık ölçümler yapılmış ve bu ölçümler 24 saate yuvarlanmıştır. ölçümler yoğun bakım ünitesinin hasta odası, hasta izolasyon odası ve hemşire noktalarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma süresi boyunca ölçülen eşdeğer gürültü seviyesi 69.9 dB(A)'dir (Rizzo ve Frizzi, 2010).

Hastane yoğun bakım birimlerinde gerçekleştirilmiş çalışmalardan birisi de Endonezya'da gerçekleştirilmiş bir ölçüm ve modelleme çalışmasıdır. Çalışmada öncelikle Endonezya standartları gereği hastanelerde gürültünün 55dB(A)'i geçemeyeceği belirtilmiştir. Daha sonra bir hastanenin yoğun bakım biriminde yapılan ölçümlerle ilgili veriler aktarılmıştır. Hastanede gerçek gürültü ölçümleri yapılmış ve gün içerisindeki ölçümlerde 57 – 60 dB(A) arası eşdeğer gürültü seviyeleri, gece ise 50 dB(A) gürültü seviyeleri elde edilmiştir. Daha sonra ekip bu servisi bilgisayar ortamında modelleyerek D50 ve T30 parametrelerinin değerlendirmesini yapmıştır. Dolayısı ile konuşma anlaşılabilirliği ve gürültü seviyelerinin değerlendirmesi yapılmıştır (Rhiana, Sarwono, Soelami, 2011).

Arjantin'de yapılan bir çalışmada da yeni doğan yoğun bakım birimlerinde yer alan alanlarda ve bir küvözün içerisinde ölçülen gürültü seviyeleri aktarılmıştır. Çalışmada ölçülen verilere göre yoğun bakım odasında yapılan 4 saatlik ölçümde 63,6 dB(A), çamaşırhanede yapılan 6 dakikalık ölçümde 82,5 dB(A), uyarılmış potansiyel merkezinde yapılan 37 dakikalık ölçümde 52,7 dB(A) gürültü seviyeleri ölçülmüştür. Küvözün içerisinde yapılan ölçümde ise küvözün içerisine dışarıdan ses geçişinin çok fazla olduğu ve dışarıdaki 64 dB(A) seviyesindeki gürültünün küvözün içerisinde 62,8 dB(A) olarak ölçüldüğü belirtilmiştir (Olivera, vd, 2011).

Başka bir çalışmada Portland'da yer alan bir hastanedeki kemoterapi kliniğinde gürültü ölçümleri yapılmıştır. Çalışmada ölçülen seviyeler 55 – 60 dB(A) aralığındadır. Tepe gürültü seviyeleri ise 90 dB seviyelerini bulmakta ve her dakika buna benzer seviyeler ölçülmektedir. Bu gürültüye kliniğin girişindeki kapının sebep olduğu belirtilmiştir (Gladd, Saunders, 2011).

Hastanelerdeki hastabaşı monitörleri ve diğer cihazlardan yayılan alarm sesleri de önemli bir sorun olarak tanımlanmıştır. Bununla ilgili yakın zamanda yapılan

kapsamlı bir değerlendirme çalışmasında hastanelerdeki cihaz alarmlarının etkileri ile ilgili geniş bir literatür taraması yapılmış ve bazı çalışmalardan veriler aktarılmıştır. Burada aktarılan çalışmalardan birisi Hirose vd. çalışmasıdır (akt. Cvach: 2012). Bu çalışmada 75 farklı medikal cihazın gürültüleri ölçülmüştür. Bu çalışmada ölçülen medikal cihazların büyük çoğunluğu 70 dB'nin üzerinde gürültü üretmektedir. Bu bilgiden hareketle alarm sesi seviyelerinin arkaplan gürültüsüne göre ayarlanmaları tavsiye edilmiştir (Cvach, 2012).

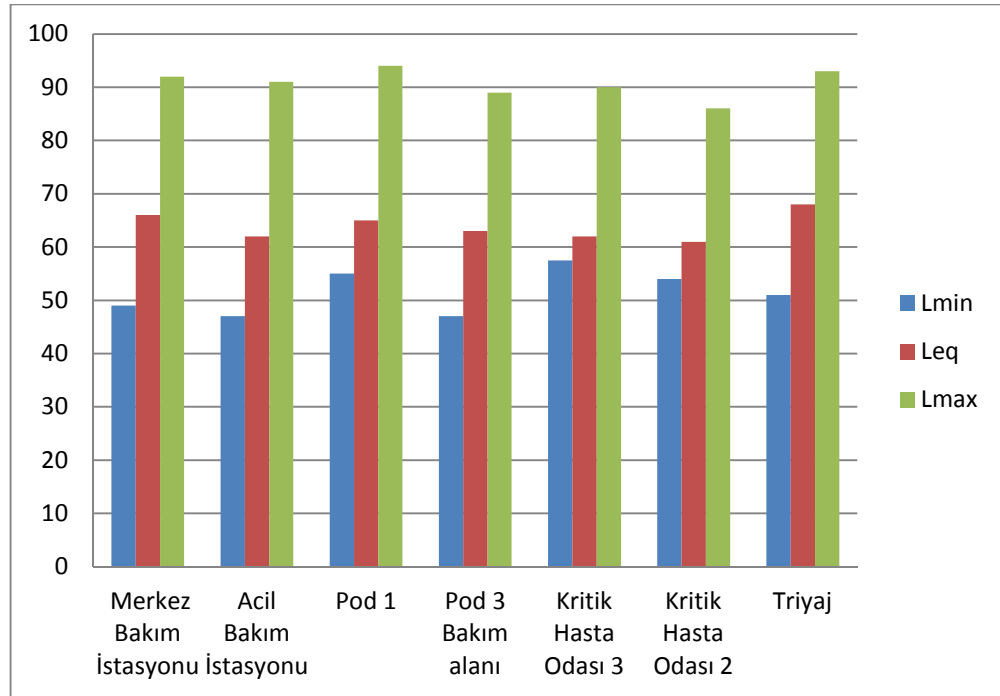
Philbin, Robertson ve Hall (1999), var olan, yeni inşa edilecek ya da yenilenen hastanelerdeki çocuk odaları için izin verilebilir gürültü seviyeleri önermişlerdir. Çalışmaya göre hastaların yatırıldığı alanlarda ve hasta bakım alanlarında saatlik L_{eq} değerleri 50dB(A)'yi, bir saatin %10'luk kısmı dışında (6 dakikada) 55 dB(A)'yi aşmamalıdır. 1 saniyelik L_{max} değerleri ise 70 dB(A)'in üzerinde olmamalıdır (Philbin, Robertson, Hall, 1999).

2.1.1. Hastane Acil Servislerinde Gürültü Çalışmaları:

Bu tez çalışması bir hastane acil servisini inceleme alanı olarak aldığı için, hastane acil servislerinde gerçekleştirilen gürültü ölçüm çalışmaları ayrı bir başlık altında aktarılacaktır. Hastane acil servislerindeki çalışmalar hastaneler üzerine yapılan gürültü ölçüm çalışmaları içerisinde çok geniş bir yer tutmaz. Ancak hastane acil servisleri hastanelerdeki diğer noktalara kıyasla daha gürültü alanlardır. Çok yoğun çalışan ve hasta aktivitesinin bulunduğu, hastanelerdeki diğer hiçbir alanda olmayan bir çalışma temposuna sahip alanlardır. Bu sebeple buralarda yapılan ve yapılacak gürültü çalışmaları önem taşımaktadır.

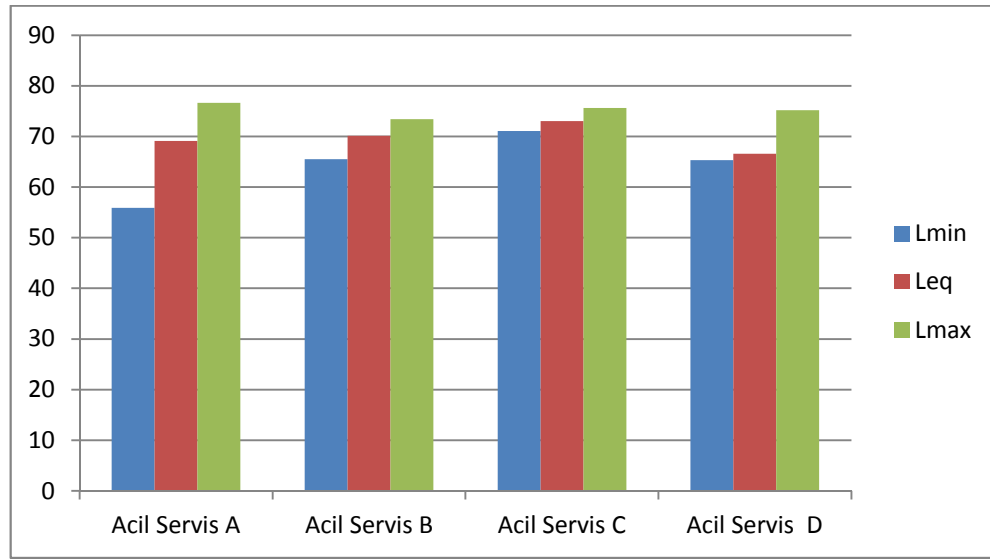
Acil servislerde yapılan çalışmalardan ilki Johns Hopkins hastanesi acil servisinde yapılan gürültü ölçümü çalışmasıdır. Çalışmada Orellana vd. hastanelerin en yoğun ve en karmaşa halindeki alanının acil servisler olduğunu belirtir. Johns Hopkins hastanesi acil servisinde yapılan bu çalışmada, önceki çalışmalarda ölçülen değerlere göre ortalama 5 dB(A) daha fazla gürültü ölçüldüğü belirtilir (2007). Buna göre Johns Hopkins hastanesi acil servisindeki gürültü seviyeleri 65 ile 73 dB(A) aralığındadır. Genel olarak tüm hastaneler için acil servislerdeki gürültü seviyelerinin diğer alanlara

göre 5 ila 10 dB(A) daha fazla olabileceği de belirtilmektedir. Çalışmadan elde edilen verileri konuşma iletişiminin başarısı açısından da değerlendirilir ve bu seviyelerin konuşma iletişiminin başarısı için riskli seviyeler olduğu, kötü konuşma anlaşılabilirliğinin hastaların güvenliği için risk oluşturduğu belirtilir. Ekibin değerlendirmesine göre ölçülmüş gürültü seviyeleri hastaneler arasında çok büyük farklılıklar göstermemektedir. Dolayısı ile Johns Hopkins'ın acil servisinde ölçülmüş bu değerler diğer hastaneler için de geçerli olabilecek değerlerdir (Orellana, vd., 2007). Aşağıda bu çalışmada ölçülen alanlardan elde edilen ölçüm verilerini gösterir grafik yer almaktadır.



Şekil 6. Johns Hopkins Hastanesi Acil Servisinin Farklı Bölümlerinde ölçülmüş ses basınç seviyeleri (Orellana, vd., 2007).

Acil servislerde yapılan bir diğer çalışma Buelow'un çalışmasıdır. Buelow Phoenix bölgesindeki dört ayrı hastanenin acil servisinde gürültü seviyelerini ölçmüş ve değerlendirmiştir. Aşağıda bu servislerde ölçülen gürültü seviyelerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 7. Phoenix bölgesindeki dört acil servise ait gürültü ölçümleri (Buelow, 2001).

Buelow'un ölçüm yaptığı ilk acil serviste L_{Amin} 55,9, L_{Amax} 76,6, L_{Aeq} ise 69,1 dB(A) seviyelerindedir. İkinci acil serviste ölçümler L_{Amin} 65,5, L_{Amax} 73,4, L_{Aeq} ise 70,1 dB(A) seviyelerindedir. Üçüncü acil servis L_{Amin} 71,1, L_{Amax} 75,6, L_{Aeq} ise 73 dB(A), son acil servis ise L_{Amin} 65,3, L_{Amax} 75,2, L_{Aeq} ise 66,6 dB(A) seviyelerinde ölçülmüştür. Buelow'un değerlendirmesi ölçülen tüm acil servislerin konforlu çalışma ortamlarında olması gereken seviyeden daha yüksek seviyelerde gürültüye sahip olduğudur (2001).

Acil serviste gürültü ölçümü üzerine yapılan bir diğer çalışma dozimetre kullanılarak gerçekleştirilmiş iki aşamalı bir ölçüm aşamasıdır. Çalışmanın birinci aşamasında dozimetre resusitasyon birimindeki bir duvara sabitlenmiş ve birimdeki gürültü seviyeleri ölçülmüştür. 12 saatlik ölçüm süresinden elde edilen ortalama gürültü seviyesi değeri 43 dB'dir. İkinci aşamada ise dozimetre, serviste çalışan bir öğrencinin önlüğüne takılmış ve sekiz saatlik vardiya boyunca ölçüm yapılmıştır. Ölçülen ortalama gürültü seviyesi 52,9 dB'dir. Ölçülen tepe noktadaki gürültü seviyeleri ise her dakikada olduğu gözlenen 94 – 117 dB aralığındaki gürültülerdir. Çalışmanın sonuçları EPA'nın hastaneler için önerdiği 40 dB gürültü seviyesi önerisi ile karşılaştırılmış ve acil servislerin bu seviyeyi düzenli olarak ve çokça aştıkları belirtilmiştir (Tijunelis, vd., 2005).

Zun ve Downey'in çalışması da acil servislerde yapılan gürültü çalışmalarının çeşitliliğini göstermesi açısından ilgi çekicidir. Ekip araştırmasında acil servisteki ortam gürültüsünün stetoskop ile kalp ve ciğer dinleme başarısı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada toplam 205 seviye ölçümü gerçekleştirilmiş ve bu ölçümlere göre bakım istasyonunda minimum 45 dB, maksimum 70 dB ve ortalama 57.60 dB gürültü seviyesi ölçülmüştür. Bir diğer ölçüm noktası olan travma odasında minimum 45 dB, maksimum 81 dB, ortalama 56.32 dB gürültü ölçülmüştür. Acil servisteki özel odada ise minimum 45 dB, maksimum 62 dB, ortalama 45.93 dB gürültü seviyesi tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşaması ise 104 hastane personeli ile sessiz bir odada gerçekleştirilmiştir. Deneyde ortama 90 dB seviyesinde pink noise verilerek personelin stetoskop ile kalp ve ciğer seslerini dinleme başarısı ölçülmüştür. Deneyin sonucunda katılan 104 personelden 4'ü ne kalp ne ciğer seslerini, bu dört haricinde 5 kişi ciğer seslerini duyamadığını belirtmiştir. Bunlar dışındakilerin yüzde 50 si ciğer seslerini, yüzde 53.3 ü ise kalp seslerini “az” duyabildiklerini belirtmişlerdir. Çalışmanın sonucu yüksek gürültü seviyelerine maruz kalsalar da hastane çalışanlarının stetoskop dinlemelerinde başarılı olduğudur. Bu veriler ışığında yüksek gürültü seviyelerinin stetoskop ile dinleme üzerinde etkisi olmadığı belirtilmiştir (Zun ve Downey, 2005).

Bu çalışmalardan görülmektedir ki, hastanelerdeki gürültü seviyeleri standartlarda belirtilen seviyelerin çok üzerindedir. WHO'nun belirlediği tepe değer olan 40 dB(A) seviyesi göz önüne alındığında pek çok hastanenin, özellikle de acil servislerin subjektif olarak “ideal hastane ortamından” 4 kattan daha fazla gürültülü oldukları sonucuna varılabilir. Ayrıca hastanelerde yapılan çalışmalar göstermektedir ki gürültü seviyeleri her geçen yıl artmaktadır. Bu durumun kontrol altında tutulması hastaların esenliği ve sağlığı için olduğu kadar çalışanların rahatsızlıklarının giderilmesi açısından da önem taşımaktadır.

Bu noktada hastanelerde ölçülmüş yüksek gürültü seviyelerinin hastalar ve çalışanlar üzerindeki etkilerini de değerlendirmek gerekir. Bu amaçla gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkileri ve hastanelerdeki gürültünün etkileri ile ilgili çalışmalardan örnekler verilecektir

2.2. Gürültünün Etkileri, Hastanelerde Gürültünün Etkileri Üzerine Çalışmalar:

Gürültü, özellikle hastane ortamında çalışanların sağlığı ve hastalar üzerindeki olumsuz etkileri göz önüne alındığında önemli bir problem olarak ele alınmaktadır. Bu başlık altında hastanelerde bu amaçla gerçekleştirilmiş çalışmalardan örnekler verilecektir. Literatürdeki bu örnekler gürültü çalışmalarında belirtilen ve genel olarak gürültünün insan sağlığına olan etkileri olarak tanımlanan etkiler ile beraber değerlendirilecektir.

Hsu vd. (2012), hastanelerde gürültünün etkileri ile ilgili çalışmaları incelemişler ve literatürde yer alan çalışmaların sonuçlarını aktarmışlardır. Çalışmada incelenen ilk etki uyku bozulmasıdır.

2.2.1. Gürültü Kaynaklı Uyku Bozulması:

WHO Avrupa bölgesel ofisinin gece gürültü seviyeleri ile ilgili yaptığı bir çalışmada (2009), sağlıklı uyku uyumanın önemi vurgulanır. Kılavuza göre uyku biyolojik bir gerekliliktir ve aksaması ya da aksatılması durumunda kimi sağlık problemlerinin oluştuğu çalışmalarla ortaya konulmuştur.

Gürültü uykuyu doğrudan ve doğrudan olmayan şekillerde aksatır. Düşük seviyede gürültülerin dahi uyuyan kişilerde nabzın yükselmesi, vücut hareketleri vb. fizyolojik tepkiler yarattığı bilinmektedir. Uykudan uyanma ise genellikle daha yüksek seviyeli gürültüler sonucu gerçekleşmektedir (WHO, 2009: 11). Uyku bozulması ve gürültü ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmada uykusuzluk kaynaklı problemler şu şekilde sıralanmıştır.

- Erken etkiler, uyku bozulmasının nesnel ölçütleri: Uyku süresinin azalması, uykudan uyanma, uyku aşamalarının değişmesi, irade dışı etkileri (tansiyon değişiklikleri, kan damarlarının daralması gibi).
- Sonraki etkileri, öznel etkiler: Takip eden günde artan yorgunluk hissi, gün içerisinde uykulu hissetme, stres hormonlarında artış, bilişsel performans becerilerinin düşüşü (Muzet, 2007).

WHO'nun çalışmasında (2009), etkileri ölçülebilmüş olan gürültü seviyelerinin uyku üzerinde yarattığı sorunlar 35 dB(A) seviyesinden 60 dB(A) seviyesine kadar değişen seviyelerde listelenmiştir. 30 – 35 dB(A) aralığında hareketlenmelerin başlangıcı, uyku aşamalarının sürelerinde değişimler, beyin uyanması gibi sorunlar aktarılmıştır. 40 – 50 dB(A) arasındaki gürültüler ise gece ya da sabah çok erken uyanmaya, uykuya dalma sorunlarına ve uykusuzluğa yol açmaktadır. Özellikle geceleri dışarıdan gelen 50 – 60 dB(A) seviyelerindeki gürültülerin uykuyu bozmakla beraber sağlık sorunlarına da yol açtığı belirtilmiştir. Kılavuzda 50 dB(A) seviyesinde hipertansiyon ve enfarktüs riskinin, 60 dB(A) seviyesinde psikolojik bozuklukların görülebildiği belirtilmiştir (2009: 14).

Griefahn (2002), gürültü kaynaklı uyku bozulmalarının temel sebebini sürekli olarak açık durumda bulunan işitme kanalları ve beynimizin uyku halindeyken bile bazı sesleri ayırt edip uygun davranışı göstermesi olarak belirtir. Gürültü kaynaklı uyku bozulmalarının gürültünün akustik özellikleri kadar kişisel ve çevresel koşullara da bağlı olduğunu belirtir. Örneğin alışkanlıkların uyku düzeninde etkili olduğu ve gürültü ortamlarda yaşayan insanların sessiz ortamlarda yaşayan kişilere göre daha az uyku bozukluğu yaşadıkları bildirilmiştir. Gürültü kontrolü sağlandıktan sonra uyku kalitesinin arttığı da aktarılmaktadır (Griefahn, 2002).

Gürültünün özellikleri, uyku bozulması üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Bu özellikler gürültü seviyesi, süresi ve gürültünün kararlı ya da kararsız olması gibi özelliklerdir. Kawada (2011), kararsız ve kesintili gürültülerin uyku üzerinde kararlı ve sürekli gürültülere göre daha olumsuz etkileri olduğuna dikkat çeker. Tepe seviyelerin bulunduğu gürültüler uykuyu “eşdeğer gürültü seviyesi - LA_{eq} ” ile belirtilen ortalama seviyedeki gürültülere göre çok daha fazla etkilemektedir.

Gürültü kaynaklı uyku bozulması ve cinsiyet ilişkisini ele alan bir çalışmada uyku bozulmasının uzun vadeli sağlık sorunları yaratacağı belirtilmiştir. Çalışmada elde edilen verilere göre, trafik gürültüsü kaynaklı uyku bozulmalarının erkeklerde kronik yüksek tansiyon ve miyokard enfarktüs yaşama riskini kadınlara göre arttırdığı belirtilmiştir (Röösli, vd., 2014).

Hastanelerde yapılan çalışmalar, hastanelerde gürültü ve uyku bozulması arasında doğrudan bir bağlantı olduğunu gösterir. Hasta uyku sürelerinin, uyku niteliğinin ve niceliğinin gürültüye bağlı olarak olumsuz etkilendiği, uykudan uyanma sıklıklarının arka plan gürültüleri ve ani gürültüler sebebiyle arttığı, çalışanların konuşma seslerinin ve telefon seslerinin de uyku üzerinde etkili olduğunu belirtilmiştir. Çalışmaların genelinden elde edilen verileri değerlendirdiğinde Hsu vd. (2012), hastanelerdeki uyanma ve uyuyamama durumlarının yüzde 11 ila yüzde 20'sinin gürültüye bağlı olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmalardan anlaşılabileceği gibi uyku, insan fizyolojisi açısından çok büyük öneme sahiptir. Gürültü kaynaklı uyku bozulmaları da bireylerin sağlığını sadece uykusuzluk şeklinde değil, pek çok açıdan etkilemektedir. Bu etkiler başta kardiyovasküler sistemdeki etkileri olmak üzere ele alınmıştır.

2.2.2. Gürültünün Kardiyovasküler ve Fizyolojik Etkileri:

Gürültünün önemli fizyolojik etkileri ortaya konulmuştur. Bu etkiler, gürültüye maruz kalmanın sebep olduğu, insan sağlığını ve iyiliğini etkileyen tüm fizyolojik sorunları kapsar. Stansfeld ve Matheson (2003), sağlık problemleri yaratan gürültü sorunlarının arkasında yatan mekanizmayı tartışmışlardır. Kabul gören genelleme, gürültünün aktiviteleri ve iletişimi engelleyerek strese yol açtığıdır. Yaşanan sağlık sorunları da bu stresin sonucunda ortaya çıkan sağlık sorunlarıdır. Çalışmada değerlendirilen sağlık sorunları şu şekilde belirtilmiştir.

- Kalp ritmi ve tansiyonda yükselme,
- Kan damarlarının daralması ve buna bağlı olarak artan vasküler direnç,
- Koroner kalp rahatsızlıkları,
- Ani gürültülerin etkisiyle yaşanan kalp ritm bozuklukları,
- Endokrin sistem tepkileri, artan hormonal tepkiler.

Burada listelenen tepkiler birbirleri ile yakın ilişki de olan fizyolojik tepkilerdir. Ising ve Kruppa (2004), az önce bahsedilen stres ilişkisine bağlı olarak artan kardiyovasküler rahatsızlık riski ile ilgili bir hipotez oluştururlar. Çalışmaya göre

gürültüye maruz kalma, stres hormonu salgılanması üzerinde akut ve kronik değişimlere sebep olabilmektedir. Bu stres hormonu tepkileri kan basıncı, kalp fonksiyonları, kolesterol, trigliserid ve serbest yağ asitleri, kan akışı ve kan şekeri gibi önemli yaşamsal fonksiyonların dengelerini değiştirmektedir.

Salandin, vd. (2011), yoğun bakımlarda yaptıkları çalışmada değindikleri birkaç nokta değerlendirilmeye değerdir. Çalışmada hastanelerdeki yüksek ses seviyelerinin hastaların iyileşmek için ihtiyaç duydukları huzur ve sessizliği engellediği belirtilmiştir. Özellikle yoğun bakım birimleri gibi personel ve cihazlara yoğun ihtiyacın bulunduğu alanlarda maruz kalınan gürültü, hastaların uyku kalitesinde ve kalp fonksiyonlarında olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ayrıca aniden başlayan alarm sesleri gibi arkaplan gürültü seviyelerinden 30 dB(A)'den daha fazla seviyedeki ani gürültüler kalp ritminde, solunum ritminde ve oksijen ihtiyaçlarında artışa sebep olmaktadır. Ayrıca 70 dB(A) seviyesinin üzerindeki gürültülerin uykudan uyanma, stres ve başka fiziksel sorunlara sebep olabilecekleri belirtilmiştir (Salandin, vd. 2011).

Bir başka çalışmada çalışan kişilerde gürültü kaynaklı kan basıncı değişimleri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre gürültüden rahatsız olduğunu belirten katılımcılarda sistolik ve diyastolik kan basınçlarının her ikisinde de artış gözlenmiştir. Çalışmada kan basıncı artışının gürültüden duyulan rahatsızlık ve çalışma ortamlarında deneyimlenen diğer stres faktörleriyle yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir (Lercher, vd., 1993).

Havalimanı yakınlarında yaşayan kişilerle yapılan bir çalışmada katılımcılara uyku sırasında dinletilen 65 dB(A) seviyesindeki gürültünün kalpte güçlü ritmik değişimlere sebep olduğu ve özellikle erkek katılımcılarda kortizol seviyelerinde dalgalanmalar yarattığı gözlenmiştir (Maschke, vd, 2002). Bu gürültü seviyelerinin hastane ortamında da sıklıkla karşılaşılan seviyeler olması hastalarda oluşabilecek kalp ritmi ve hormonal değişimler açısından anlamlıdır. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre (1999: 48), 24 saatlik 65 – 70 dB(A) ya da daha fazla L_{Aeq} değerleri kardiyovasküler sistemde etkilidir. Ancak ilişkiler zayıftır ve iskemik kalp rahatsızlığında hipertansiyona göre daha güçlüdür.

Hastanelerde gürültünün etkileri ile ilgili çalışmaların değindiği bir diğer sorun gürültünün hastaların iyileşmesi üzerindeki etkileridir. Fareler üzerinde yapılan çalışmalar gürültünün bir stres faktörü olarak akyuvar fonksiyonlarını ve hormonal salınımları etkileyerek yara iyileşmesini geciktirdiğini göstermiştir (Hsu, vd, 2012).

Yapılan çalışmalardan çıkarılabilecek sonuç bu fizyolojik sorunların birbirleri ve diğer çevresel faktörler ile yakın ilişkide olduklarıdır. Çalışmalardan görülen şudur ki, fizyolojik etkilerin gürültü seviyeleri ile doğrudan ilişkili olup olmadıklarının tespiti zor ancak anlamlıdır.

2.2.3. Gürültünün Konuşma İletişimi Üzerindeki Etkileri:

Joseph ve Ulrich (2007), sağlık binalarında ses kontrolü ile ilgili değerlendirme çalışmalarında, gürültünün hasta ve çalışanların performanslarına olan etkilerini aktardıktan sonra, gürültü seviyelerinin nasıl indirgenebileceği, konuşma anlaşılabilirliğinin ve konuşma mahremiyetinin nasıl sağlanabileceği ile ilgili önerilerde bulunurlar. Aktardıkları çalışmaların sonuçları hastanelerin gitgide daha gürültülü alanlar haline geldiğini yinelemektedir. Busch-Vishniac ve ekibinin Johns Hopkins hastanesinde yaptıkları çalışmalar ve hastanelerdeki gürültü seviyesi artışı üzerine yaptıkları araştırmalar bu noktada önemli referanslardır. Diğer bir saptama olarak hastanelerdeki tepe gürültü seviyelerinin 85 – 90 dB(A) seviyesini sıklıkla aştığı belirtilmiştir. Bu seviye OSHA standardında “kulak koruması olmadan en fazla sekiz saat çalışılabilir” tanımlaması yapılan seviyedir (Cheremisinoff, 1996: 52).

Bu değerler WHO kılavuzunda (1999) belirtilen değerlerle herhangi bir şekilde uyum sağlamayan değerlerdir. WHO’nun kılavuzunda yer alan hasta alanları ile ilgili 35 dB(A) seviyesi ile 85 dB(A) seviyesi arasında ses basıncı 100,000 kat daha fazladır (Joseph ve Ulrich, 2007). 85 dB(A)’de öznel olarak algılanan ses basınç seviyesi farkı ise kabaca 35 dB(A)’ye göre 32 kat daha yüksektir. Bu gürültü seviyelerinde sağlıklı iletişim kurmak oldukça zordur.

Bireylerin arka planda yüksek gürültü seviyeleri varken konuşmalarının seviyesini arttırdıkları bilinen ve deneyimlenen bir olgudur. Bu konuyla ilgili ilk

araştırmaları da 1911 yılında Etienne Lombard yapmıştır. Yüksek gürültü ortamında konuşan kişilerin bu istemsiz davranışları belirli bir anlaşılabilirlik seviyesini korumak isteğinden kaynaklanmaktadır ve bu etkiye “Lombard etkisi” adı verilir (Summers, vd, 1988). Daha yüksek gürültü seviyelerinde ise konuşma anlaşılabilirliği düşmekte ve iletişim bozukluklarına yol açmaktadır. Busch-Vishniac’a göre hastane gürültülerinin büyük bir yoğunluğu insan konuşma sesinin frekans alanı ile aynı frekans alanında yer almaktadır. Bu durum, doktor ve hemşirelerin seslerini duyurabilmek için yüksek sesle konuşmalarına neden olur ve gürültü seviyelerinin daha da artması ile sonuçlanır. Bu gürültü yoğunluğunda konuşmaların, verilen talimatların ve yapılacak medikal işlemlerin yanlış anlaşılması ya da anlaşılmaması mümkündür (Busch-Vishniac, vd, 2007).

Konuşma iletişiminin bozulması ve yeterli konuşma iletişiminin sağlanamaması konsantrasyon sorunları, yorgunluk, özgüven kaybı, rahatsızlık, yanlış anlaşılma, düşük verimlilik, kişisel ilişkilerde sorunlar ve stres sorunlarını beraberinde getirmektedir (WHO, 1999: 42). Kurra, gürültünün karşılıklı konuşma üzerindeki etkilerini şu şekilde sıralamıştır (2009c: 336).

- Alçak frekanslı seslerin konuşma sesindeki yüksek frekanslı bileşenleri maskeleymesi sonucu ortaya çıkan dinleme ve anlama güçlüğü,
- Yüksek düzeyli ve kesikli gürültüler sonucu konuşmanın kesintiye uğraması,
- Yüksek gürültülerin bulunduğu ortamlarda yüksek sesli konuşma ihtiyacı sonucu yorgunluk hissedilmesi,
- Bireyler arasındaki iletişimin bozulması ve azalması,
- Telefon konuşmalarının güçleşmesi ve anlaşılmaz hale gelmesi (Kurra, 2009c: 336).

Aşağıda bunlara ek olarak, Harris’in arkaplan gürültü seviyesine oranla konuşma iletişimi kabiliyeti tablosundan alınmış yüzyüze ve telefonla konuşma bölümleri yer almaktadır (1979). Bu tabloda farklı gürültü seviyelerinde, hangi mesafelerde nasıl konuşma iletişimi kurulabildiği gösterilmektedir.

Arkaplan Gürültüsüne Kıyasla dB(A) Konuşma İletişimi Kabiliyeti					
İletişim	< 50 dB(A)	50 – 70 dB(A)	70 – 90 dB(A)	90 – 100 dB(A)	110 – 130 dB(A)
Yüz yüze (normal seviyede)	6m'ye kadar mesafelerde normal sesle	2m'ye kadar yüksek sesle	50 cm'ye kadar çok yüksek sesle ya da bağırarak	25 cm'ye kadar maksimum insan sesi seviyesi	1 cm'de bile çok zor ile imkansız arasında
Telefonla	İyi	Tatmin edici ve hafif zorluk arasında	Tatmin edici olmayan ve zor arasında	Akustik olarak yalıtılmış ortamda	Özel ekipmanlarla

Tablo 9. Arkaplan gürültüsüne bağlı konuşma iletişimi kurma becerisi

2.2.4. Psikolojik ve Davranışlar Üzerindeki Etkileri:

Kurra'ya göre (2009c, 339 - 340), gürültüye maruz kalan kişilerin nerdeyse tamamında psikolojik olumsuzluklar görülebilmektedir. Bu olumsuzluklar sadece akustik faktörlere değil, bireylerin yaşadıkları çevreye, yaşam koşullarına ve zamana bağlıdır.

Çalışmalarda gürültünün var olan psikolojik problemleri ve stresi arttırdığı belirtilmektedir. Ancak bu problemlerin gürültü ile kesin ve doğrudan bağlantıları olup olmadığı araştırılmaya devam etmektedir. Örneğin kızgınlık ve gürültü arasındaki ilişkiler üzerine yapılan çalışmaların sonuçlarına göre kızgınlık göstermenin gürültü ile ilişkisi nadir ancak tutarlı bir ilişkidir. Çalışmalarda gürültünün tek başına agresif davranış için yeterli olmadığı, ancak önceden var olan kızgınlığı arttırdığı belirtilmiştir (Cohen, Spacapan, 1984: 227).

Gürültü kaynaklı stresle baş etmek için bireylerin içe kapanık davranışlar sergilemeleri ilgili araştırmalardan örnekler Cohen ve Weinstein tarafından aktarılmıştır (1984: 58). Bu çalışmalar bireylerin yüksek seviyelerde gürültü ile baş edebilmek için mekan değiştirmek, farklı uğraşlara yönelmek, uyku hapi almak gibi yöntemlere başvurduğunu göstermiştir.

Kurra'nın kitabında belirli gürültü seviyeleri için insanların davranışları aktarılmıştır (2009c: 369). Buradaki bilgiye göre gürültü seviyesi:

- 55dBA'den az ise rahatsızlık görülmez,
- 55 – 60 dBA arasında ise kabul edilebilir ancak duyarlı kişilerde rahatsızlık başlar,
- 60 – 65 dBA arasında davranışsal tepkiler başlar,
- 65 dBA üzerinde ciddi tepkiler oluşabilir.

Bireylerin gürültülü ortamlarda birbirlerine tutum ve yaklaşımları da değişmektedir. Kang (2006: 46), yüksek gürültünün yardım etme davranışını ve başkalarına karşı hassasiyeti azalttığını aktarmıştır. Ayrıca farklı çalışmalardan gürültülü ortamlardaki davranışların cinsiyetler arasında farklılıklar gösterdiğini aktarmıştır (2006: 46).

2.2.5. Gürültünün Rahatsız Ediciliği:

Gürültünün, bireyleri olumsuz yönde etkilediği genel olarak bilinen bir olgudur. Gürültüye özgü işitsel etkileri olmasa dahi yaygın bir olumsuz etki “rahatsızlık”tır (*annoyance*). WHO'nun kılavuzunda rahatsızlığın tanımı şu şekilde yapılmıştır (1999: 50). Rahatsızlık, herhangi bir etken ya da durumun sebep olduğu, bireyler tarafından bilinen ya da hissedilen hoşnutsuzluk hissidir. Bireylerin sese verdikleri tepkilerin duygusal (sıkıntı, hoşnutsuzluk) ve bilişsel (bilginin bozulması, girişim) yönleri bir arada olacak şekilde değerlendirilir (Zimmer, vd., 2008).

Rahatsızlık kavramı tanımı gereği çok geniş bir şekilde değerlendirilebilir. Hatta yapılan araştırmalarda gürültü kaynaklı rahatsızlık çalışmalarında kullanılan bazı tanımların birbirleri ile aynı anlama gelebilecekleri sonucu çıkmıştır. Çalışmada bu tanımlar sıkıntı, hoşnutsuzluk, tatsızlık, sinirlere dokunma, yapılmak istenen aktivitelere engel olma, iritasyon olarak belirtilmiştir. (Guski, vd., 1999).

Bu durumda gürültünün bireyler üzerindeki olumsuz etkilerinin tamamı “rahatsızlık” değerlendirmesinin içerisine girer ve gürültünün sebep olduğu fizyolojik

ve psikolojik sorunların tamamı rahatsızlıkla ilişkili hale gelir. Diğer tüm gürültü kaynaklı sorunlarda olduğu gibi rahatsızlıkta da bireylerin yaşadıkları çevre, sosyokültürel ortam, bireysel hassasiyet seviyeleri ve alışkanlıklar gibi etkenler duyulan rahatsızlığın derecesi üzerinde etkilidir.

2.2.6. Gürültünün Performans ve Konsantrasyon Üzerindeki Etkileri:

Gürültü kaynaklı yaşanan uyku bozuklukları, stres ve kaygı gibi sorunlar bireylerin bilişsel becerilerinde ve konsantrasyonları üzerinde etkilidir. Ouis'in çalışmasında aktardığı araştırmalara göre (1999), uyku bozuklukları sonucu bireylerin performanslarında düşüşler yaşanmaktadır ancak bu pek çok araştırmacıya göre gürültü ile doğrudan ilişkileri gözlemlenemeyecek, tartışmalı bir sonuçtur.

WHO'ya göre (1999: 49), gürültü çocuklarda bilişsel ve motivasyona bağlı davranışlarda sorunlar yaratabilmektedir. Gürültüye bağlı konsantrasyon problemleri sebebiyle işyerlerinde kazalar yaşanabilmektedir. Vuru tipi gürültüler kişilerin dikkatini dağıtmakta ve irkilmelerine sebep olmaktadır. Bu gibi vuru gürültülerden kaynaklı uyarılmalar, basit görevlerin yerine getirilmesinde kısa süreli performans artışları sağlarken, komplike görevlerin yerine getirilmesinde giderek düşen performanslara sebep olmaktadır. Aynı zamanda zor görevlerin yerine getirilmesi sırasında maruz kalınan gürültü motivasyonun düşmesine sebep olmaktadır.

Öğretmenlerle yapılan bir çalışmada, gürültülü alanlarda bulunan okullarda öğrenim gören çocukların sessiz alanlardaki okullarda öğrenim görenlere göre motive olma ve harekete geçme sıkıntıları olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur (akt. Evans, Lapore, 1993). Banbury ve Berry'de (2005), açık plan ofislerdeki gürültünün çalışan konsantrasyonu üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma 150 ve 130 çalışanı olan iki ofiste gerçekleştirilmiştir. Ofisler içerisindeki gürültü seviyeleri 55 dB(A) ve 60 dB(A) olarak belirtilmiştir. Daha sonra çalışanlardan sekiz farklı gürültü kaynağını değerlendirmeleri istenmiştir. Çalışanların %99'u sekiz gürültü kaynağından en az birinin, %82'si kaynaklardan üç ya da daha fazlasının konsantrasyonlarını "biraz" dağıttığını belirtmişlerdir. Çalışanların %57'si ise kaynaklardan en az birinin konsantrasyonlarında büyük bir bozulma sağladığını belirtmişlerdir.

2.3. Hastanelerin Akustik Özellikleri Üzerine Kılavuz ve Öneriler:

Bu bölümde hastanelerde gürültü kontrolünün sağlanmasına yönelik literatürde karşılaşılan kılavuz ve önerilere dair bilgiler verilecektir. Burada verilen kılavuzlar İngiltere ve Amerika’da hazırlanmış kaynaklardır ve hastanelerin tasarım aşamasından başlayarak, değerlendirilmesi gereken parametreleri belirlerler. Bu parametrelerle ilgili kriterlerin sağlanması ve referans değerler ile ilgili önerilerde bulunurlar.

Sağlık alanları ile ilgili bazı tasarım kılavuzları ve yönetmelikler bulunmaktadır. Bunlar:

- Sağlıkla İlgili Teknik Memorandum HTM08-01 (2013): Akustik (*Health Technical Memorandum HTM08-01: Acoustics*),
- Hastane ve Sağlık Kuruluşları İçin Ses ve Titreşim Tasarımı Prensipleri (*Sound and Vibration Design Guidelines for Healthcare Settings*) (2010).

İngiltere’de yeni sağlık binalarında ses yalıtımı ve akustik tasarım için uyulması gereken kurallar HTM08-01 kılavuzunda yer almaktadır. Kılavuza göre (2013), yeni inşa edilecek bir sağlık binasında şu parametrelerin incelenmesi zorunludur.

- Eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi (L_{Aeq}),
- NR eğrileri,
- Oda akustiği parametreleri,
- STI.

Bu parametreler dikkate alınarak hastaneler için HTM08-01’in belirlediği gürültü değerleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Oda Tipi	Örnek	Gürültü Seviyesi
Tek kişilik oda	Tek yataklı odalar, tek yataklı uyanma odaları, hasta yakını odaları	40 L_{Aeq} 1saat gündüz 35 L_{Aeq} 1saat gece 45 $L_{Amax, f}$ gece
Çok yataklı oda	Çok yataklı odalar ve uyanma odaları	45 L_{Aeq} 1saat gündüz 35 L_{Aeq} 1saat gece 45 $L_{Amax, f}$ gece
Küçük ofis tipi alanlar	Kişisel ofisler, küçük tedavi odaları, görüşme odaları, danışma odaları	40 L_{Aeq} 1saat
Açık klinik alanları	----- Acil servisler -----	45 L_{Aeq} 1saat
Sirkülasyon alanları	Koridorlar, atriumlar	55 L_{Aeq} 1saat
Ortak alanlar	Yemek alanları, bekleme alanları, oyun odaları	50 L_{Aeq} 1saat
Kişisel hijyen alanları (odalarda)	Tuvalet ve duşlar	45 L_{Aeq} 1saat
Kişisel hijyen alanları (personel ve ortak kullanım)	Tuvalet ve duşlar	55 L_{Aeq} 1saat
Küçük mutfaklar	Odalarda yer alan mutfaklar	50 L_{Aeq} 1saat
Büyük mutfaklar	Ana mutfaklar	55 L_{Aeq} 1saat
Büyük toplantı alanları	Konuşma salonları, Seminer odaları, toplantı odaları, yönetim odaları, sınıflar	35 L_{Aeq} 1saat
Küçük toplantı alanları	Seminer odaları, toplantı odaları, yönetim odaları, sınıflar	40 L_{Aeq} 1saat
Ameliyathaneler	Ameliyathaneler	40 L_{Aeq} 1saat 50 $L_{Amax, f}$
Laboratuvarlar	Laboratuvarlar	45 L_{Aeq} 1saat

Tablo 10. HTM08-01'e göre hastanelerdeki alanlarda bulunması gereken gürültü seviyeleri (HTM08-01, 2013:3).

Kılavuzda buradaki verilere ek olarak gürültü derecelendirme eğrileri (NR) de belirtilmiştir. Gürültü derecelendirme eğrileri ortamdaki mekanik ve elektriksel hizmetlere ait gürültünün, yani arkaplan gürültüsünün göstergesi olarak verilmiştir. Buna göre acil servisler gibi açık klinik alanlarında NR40 eğrisi önerilmektedir (HTM08-01, 2013:3).

Kılavuzda konuşma anlaşılabilirliği ve STI değerleri ile ilgili öneri sadece anons sistemleri için yapılmıştır. Kılavuza göre hastanelerde yer alan anons sistemlerinin anlaşılabilirliği en az 0,5 STI değerini sağlamalıdır.

Bir diğer kılavuz olan *Sound & Vibration Guidelines for Healthcare Facilities* kılavuzunda (2010), değerlendirilmesi gereken önemli parametreler dışarıdan sızan gürültü, akustik yüzeyler, oda gürültü seviyeleri, oda yüzeylerinin performansları, konuşma mahremiyeti, titreşim ve strüktür kaynaklı gürültüler olarak sınıflandırılmıştır.

Kılavuzda akustik yüzeyler bölümünde temel değerlendirme yöntemi ortalama oda emicilik katsayısı ile yapılmaktadır. Örneğin tavan uygulaması söz konusu olduğunda, hastaların uyuduğu odalarda ve yenidoğan odalarında tüm tavan yüzey alanının %80'inin 0,95 ya da tavan yüzey alanının tamamının 0,85 ortalama emiciliğe sahip tavan malzemesi ile kaplanması önerilmektedir (FGI, 2010: 39). Yan yüzey uygulamalarında ise birbirine dik olan iki duvarın minimum 0,65 ortalama emicilik katsayısına sahip malzeme ile kaplanması önerilmiştir (FGI, 2010: 40).

Kılavuzda (2010: 44), sağlık binalarında arkaplan gürültü seviyeleri için maksimum NC eğrileri de önerilmiştir. Buna göre hastanelerde acil servislere benzetilebilecek, birden çok hastanın bir arada bakıldığı alanlarda 35 - 45 NC eğrileri ve 40 – 50 dBA arasında eşdeğer gürültü seviyeleri önerilmektedir.

Hastaneler ile ilgili bu kaynaklar haricinde, bazı ülkelerin inşa edilecek binalarda olması gereken akustik özellikler ile ilgili standartları bulunmaktadır. Bergmark ve Janssen çalışmalarında (2008), bu standartları belirtmişlerdir. Çalışmaya göre standartlarında farklı binalarla beraber sağlık binalarına ait akustik kriterler de içeren ülkeler İsveç, Almanya, Finlandiya, Norveç, İngiltere, Danimarka ve Hollanda'dır (Bergmark., Janssen., 2008).

Finlandiya standardı olan SFS 5907 - Binalardaki hacimlerin akustik sınıflandırması (*Acoustic Classification of Spaces in Buildings*) standardında (2004) binalar akustik özelliklerine göre A, B ve C kategorilerine ayrılmıştır. C kategorisi ulaşılması beklenen minimum değerleri belirtirken A ve B kategorileri hedef değerleri

vermektedir. Bu standartta sağlık binaları hava ile yayılan ses yalıtımı, darbe ses yalıtımı, yansıma süresi, cihaz & tesisat ses seviyeleri, içeride bina dışındaki kaynakların sebep olduğu ses seviyeleri kriterleri ile değerlendirilmektedir.

Standartta (2004: 20), acil servislerle ilişkilendirilebilecek alan olarak “muayene ve tedavi odaları, danışma odaları, bekleme odaları” yer almaktadır. Aşağıdaki tabloda SFS 5907 standardına göre bu tip alanlarda A/B ve C kategorilerinin gerekliliklerini sağlamak için ulaşılması gereken yansıma süresi ve ses seviyesi değerleri verilmiştir.

Akustik Kriter	A/B sınıfı	C sınıfı
RT	0,6 sn	0,8 sn
LA_{eq}	33 dBA	33 dBA
LA_{max}	38 dBA	38 dBA

Tablo 11. SFS 5907’ye göre acil servis benzeri odalar için önerilen değerler (SFS 5907, 2004: 20).

İsveç standardı SS 25268’de acil servis benzeri alanları kapsayabilecek başlık olan “hastalar için odalar, muayene, tedavi, doğum ve fiziksel terapi odaları, ameliyathaneler, laboratuvarlar, dinlenme ve bekleme odaları” başlığında verilen değerler Lindros tarafından aktarıldığı şekliyle aşağıdaki tabloda yer almaktadır (2014: 24 – 25).

Akustik Kriter	A sınıfı	B sınıfı	C Sınıfı	D Sınıfı
RT (T_{20})	0,5 sn	0,6 sn	0,6 sn	-
LA_{eq} (dBA)	30	35	35	40
LC_{peak} (dBC)	50	55	55	-

Tablo 12. SS 25268’e acil servis benzeri odalar için önerilen değerler (akt. Lindros, 2014: 24 – 25).

Hollanda kılavuzu NPR 3438’de ise gürültü seviyeleri haricinde anlaşılabilirlik ile ilgili üç kategorili bir sınıflandırma önerilmiştir (Bergmark, Janssen, 2008). Konuşma anlaşılabilirliği ile ilgili bu sınıflandırmayı Geerligs, vd., (2007) bildirilerinde

açıklamaktadır. Sınıflandırma iki açıdan yapılmaktadır. Birincisi iletilecek mesajın ne kadar karmaşık olduğu, aciliyeti ve önemine göre sınıflandırmadır. İkincisi ise mesajın süresi ve uzunluğuna göre sınıflandırmadır. Kılavuzda bu sınıflandırmaya göre hastanelerde yüksek düzeyde karmaşıklığa sahip, acil ve önemli mesajlar iletildiği ve bu mesajların uzun oldukları belirtilir. Bu sebeplerden hastanelerde mükemmel bir konuşma anlaşılabilirliği sağlanması gerektiği önerilmektedir (akt. Geerligs, vd., 2007).

WHO'nun toplumsal gürültü kılavuzunda (1999: 56 – 57) minimum seviyede konuşma anlaşılabilirliğinin sağlanabilmesi için sinyal - gürültü oranının 0 dB'nin üzerinde yani pozitif değerlerde olması gerektiği belirtilmiş, karmaşık bilgilerin anlaşılır bir şekilde aktarılabilmesi için ise 15 dB sinyal - gürültü oranına ihtiyaç duyulacağı aktarılmıştır. Buna ek olarak hastanelerde iyi bir konuşma anlaşılabilirliğinin olabilmesi için arkaplan gürültüsünün, %100 anlaşılabilirlik için 35 dB(A), orta anlaşılabilirlik için 45 dB(A) seviyesinde olması gerektiği bildirilmiştir (WHO, 1999: 56 – 57).

2.4. Değerlendirme:

Hastanelerde gürültünün etkileri üzerine yapılan çalışmalardan görülebileceği gibi hastaneler ve özellikle acil servis benzeri açık planlı muayene alanları önemli oranda gürültü seviyelerine sahip alanlardır. Yapılan çalışmalarda genellikle izlenen yöntem gürültü seviyelerinin ölçümü ve bu gürültü seviyelerinin hasta ve çalışanlar üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

Hastanelerin yapısal özellikleri ve hastanelerde nasıl akustik koşullar olması gerektiği ile ilişkili kılavuz, yönetmelik ve standartlar bulunmaktadır ancak sınırlı sayıdadır. Öte yandan acil servis birimi gibi alanların akustik değerlendirmeleri için standartlarda oldukça sınırlı bilgi bulunduğu görülmektedir. Hastanelerin akustik özellikleri ile ilgili kılavuz ve standartlarda, gürültü seviyelerinin değerlendirilmesi haricinde, yansım sürelerinin ve konuşma anlaşılabilirliğinin de değerlendirildiği az sayıda standart bulunduğu gözlemlenmiştir.

Hastane acil servisleri acil iletilmesi gereken karmaşık mesajların hızlı bir şekilde aktarıldığı alanlardır. Dolayısı ile bu alanlarda konuşma iletiminin yetersizliği

sonucu yapılacak hatalar hayati sorunlara yol açabilmektedir. Bu sebeple bu tez çalışmasında acil servislerde konuşma anlaşılabilirliği parametresinin gürültü seviyesi ve yansıma süresi parametrelerinin yanında önemli bir akustik değerlendirme kriteri olduğu öne sürülmektedir.

Bu tez çalışmasının bir sonraki bölümünde Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi, Acil Servis biriminde gerçekleştirilen gürültü ölçümleri, ölçüm yöntemi ve ölçüm verileri aktarılacaktır. Daha sonra akustik simulasyon yazılımında ideal akustik koşulların yaratılmasına yönelik gerçekleştirilen üç boyutlu modelleme ve akustik simulasyon aşamaları aktarılacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DENEY: GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ VE AKUSTİK SİMULASYON

3.1. Deney Aşaması ve Yöntem:

Bu tez çalışmasında Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi, Acil Servis biriminde gürültü seviyelerinin düşürülmesi ve konuşma anlaşılabilirliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla tezde üç aşamalı bir deney gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar:

- Ses seviye ölçüm cihazı ile gerçekleştirilen gürültü ölçümleri,
- Acil servis biriminin modellenmesi ve akustik simülasyonlar,
- Dinleme testi.

Ölçümlerin amacı gürültü seviyelerinin saptanması ve acil servis genelindeki ortalama gürültünün belirlenmesidir. Bu ortalama gürültü değerleri, akustik simülasyon aşamasında ses kaynak seviyelerinin kalibrasyonunda kullanılmaktadır. Acil servisin akustik ortamına ait gerçekçi bir akustik simülasyonun hazırlanabilmesi, gürültü seviyelerinin ve konuşma anlaşılabilirliğinin akustik tasarımlarla ne kadar değiştiğine yönelik değerlendirmelerin yapılabilmesi için bu kalibrasyonun yapılması gerekmektedir.

Bir sonraki aşama servisin üç boyutlu modellerinin hazırlanması ve akustik simülasyonların gerçekleştirilmesidir. ODEON yazılımında yapılan akustik düzenlemelerle gürültü seviyelerinin ve konuşma anlaşılabilirliklerinin modeller arasında ne oranda değiştikleri incelenmiştir. Ayrıca farklı malzemeler ve yüzeyler kullanılarak oluşturulmuş çok sayıda modelin nesnel verileri elde edilmiştir. ODEON'dan elde edilen ve değerlendirmelerde kullanılan nesnel veriler EDT (500 Hz ve 1 kHz bantlarında), gürültü seviyesi SPL (dBA cinsinden), ve konuşma anlaşılabilirliği (STI) verileridir.

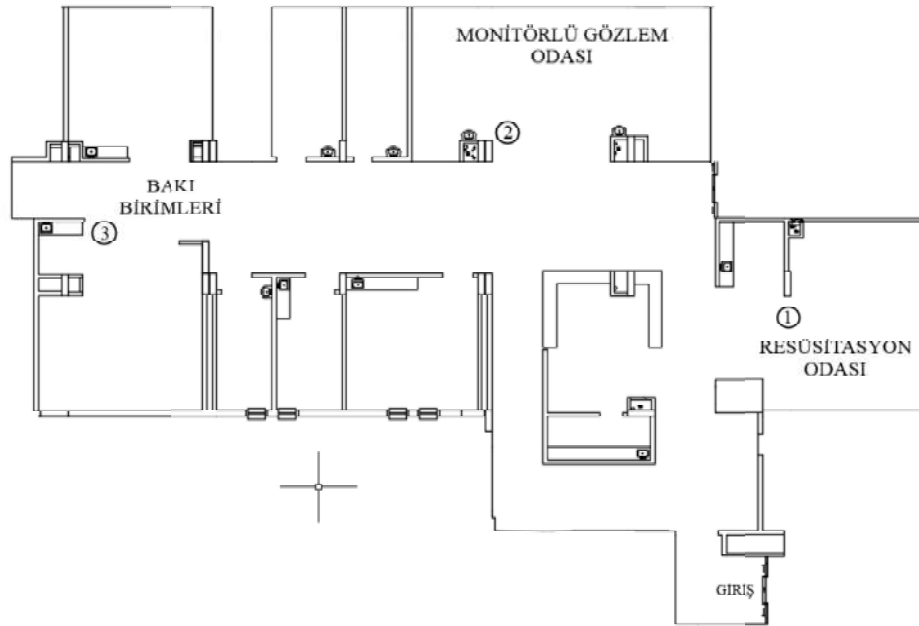
Akustik simülasyonun ve verilerin elde edilmesinin ardından nesnel veriler ile öznel tercihler arasındaki ilişkilerin incelenmesi için bir dinleme testi gerçekleştirilmiştir. ODEON yazılımında farklı tasarımlardan “*auralisation*” yöntemi ile elde edilmiş ses örnekleri (*convolution*) 20 kişilik katılımcı grubuna dinletilerek katılımcılardan konuşma anlaşılabilirliği başarısını değerlendirmeleri istenmiştir.

3.1.1. Acil Servis Biriminde Gürültü Ölçümleri:

Acil servis birimindeki gürültü ölçümleri 18 – 24 Ocak 2013 tarihleri arasında önceden belirlenmiş üç alanda gerçekleştirilmiştir. Bu alanlar acil servise giriş yapan hastalara ilk müdahalelerin yapıldığı alanlardır. Bu alanlarda çalışan acil servis personel sayısı ve yatan hasta sayısı acil servisteki diğer alanlara göre daha fazladır. Servis genelindeki medikal cihazların büyük çoğunluğu da bu üç alanda yer almaktadır. Bu alanlar:

- Resüsitasyon alanı,
- Monitörlü gözlem alanı
- Bakı birimleridir.

Aşağıdaki zemin planında ölçümlerin yapıldığı alanlar ve 1, 2, 3 olarak numaralandırılmış ölçüm cihazı yerleşim noktaları görülmektedir.



Şekil 8. Acil servis zemin planı, ölçüm alanları ve ölçüm cihazı yerleşim noktaları

Şekil 8’de görülen noktalarda toplam 48’er saatlik ses seviyesi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 8’er saatlik dilimler halinde ve bu dilimler süresince kesintisiz olarak gerçekleştirilmiştir.

Gürültü ölçümlerini gerçekleştirmek için uluslar arası gürültü ölçüm standartlarında belirlenmiş ölçüm kural ve parametreleri ile uyumlu bir ses seviye ölçüm cihazı kullanılmıştır. Kullanılan cihaz NTI Audio - XL2 model, “Class 1” ses seviye ölçüm cihazıdır. XL2 Class 1 ses seviye ölçüm cihazı aşağıdaki uluslararası ve ulusal standartlarla uyumludur.

- Uluslararası Elektroteknik Komisyonu: IEC 61672 – Sound Level Meters, IEC 60651 - Standart for Sound Level Meters, IEC 60804 – Standart for Integrating Sound Level Meters.
- Amerikan Ulusal Standardizasyon Enstitüsü: ANSI S1.4 – Specifications for Sound Level Meters, ANSI S1.43 – Specifications for Integrating, Averaging Sound Level Meters, ANSI S1.11 – 2004 – Specification for Octave, Half-Octave, and third Octave Band Filter Sets.

Cihaz bu standartlarla uyumlu olarak:

- A, C ve Z ağırlıklı L_{eq} , L_{min} , L_{max} , L_{peak} ölçümleri yapabilmektedir,
- Spektrum analizörü ile 1/3 ve 1/1 oktav bantlarda A, C ve Z ağırlıklarında gerçek zamanlı frekans tepkisi ölçebilmektedir,
- Yukarıdaki ölçümler için cihaz, hızlı, yavaş ve vuru tipi zaman ağırlıklarını uygulayabilmektedir,
- Eklenen modüllerle FFT, RT60 yansıma süresi, polarite, gecikme, 1/12 oktav analizi, gürültü eğrileri, STIPA konuşma anlaşılabilirliği parametrelerini ölçebilmektedir.

Ölçümlerde yine aynı cihaz üreticisine ait olan M2210 ses seviye ölçüm mikrofonu kullanılmıştır. Bu mikrofon standartlarla uyumlu “Class 1” seviyesinde bir *omni directional* ölçüm mikrofonudur. 21 dBA ile 144 dBA arasında bir dinamik alana sahiptir.

Ölçümden önce ölçüm mikrofonunun kalibrasyonu NTI Audio firmasına ait “Precision Calibrator” model kalibrasyon cihazı ile yapılmıştır. Bu kalibrasyon cihazı

NTI Audio firmasına ait ölçüm mikrofonları için 94 ya da 114 dB SPL seviyelerinde referans 1 kHz kalibrasyon sinyali sağlamaktadır.

Gürültü seviyesi ölçümleri, cihaz tarafından dBA cinsinden LA_{eq} , LAF_{min} , LAF_{max} ve dBC cinsinden LC_{peak} ölçümleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak 1/3 oktav bantlarda ortalama gürültü seviyeleri ve sekizer saatlik ölçüm sürelerine ait tüm ortalama gürültü seviyeleri elde edilmiştir. Ölçümler için cihazda zaman sabiti “*fast*” (hızlı) olacak şekilde ayarlanmıştır.

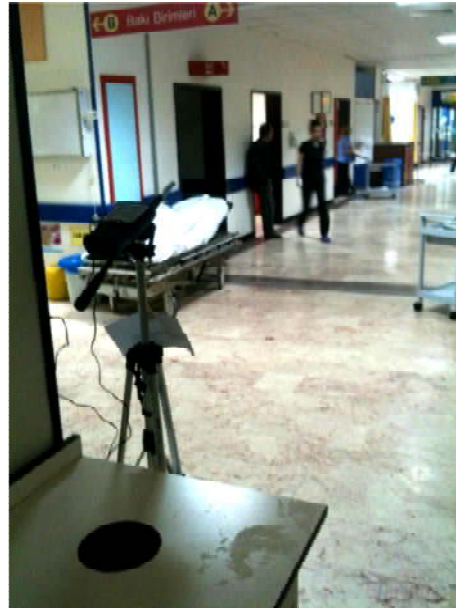
Ölçümlerde RT ölçümü yapılamamıştır. RT ölçümleri için ölçüm yapılacak alanın boş olması idealdir. Ayrıca ölçüm için yüksek seviyede anlık ses üreten ses kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı acil servis gibi her an hasta giriş çıkışının ve yatan hastaların olduğu, 24 saat aktif olarak çalışılan kritik alanlarda ses seviye ölçüm cihazı ile RT ölçümünün gerçekleştirilmesi pratik olarak çok zordur. Dolayısıyla RT ve ilişkili olduğu parametrelerle ilgili tüm değerlendirmeler simulyondan elde edilen RT verileri ile gerçekleştirilmiştir.

Cihaz yerden 1,5 m yükseklikte konumlandırılmıştır. ISO 1996: 2 standardında (2007) belirtilen yansıtıcı yüzeylerden 1m uzağa yerleşim kuralı her ölçüm noktasında mümkün olmamıştır. Bunun sebebi cihazın çalışanların ve servis genelindeki kişilerin hareketlerine engel olmayacak şekilde konumlandırılması gerekliliğidir.

Yapılacak ölçümler konusunda personel bilgilendirilmiş, bunun ses kayıt amaçlı bir uygulama olmadığı, gürültü seviyelerinin ölçüleceği ve ölçümler esnasında cihaza herhangi bir müdahalede bulunulmaması gerektiği bildirilmiştir. Cihazı olası müdahalelere karşı korumak amacıyla mikrofon haricindeki cihazın gövdesi şeffaf bir naylonla kaplanmış ve cihazın yerleştirildiği ayağın üzerine uyarı notu asılmıştır. Aşağıdaki şekillerde cihazın yerleştirildiği konumları gösteren fotoğraflar yer almaktadır.



Şekil 9. Resüsitasyon (sol) ve monitörlü gözlem (sağ) gürültü ölçüm noktaları



Şekil 10. Bakı birimleri gürültü ölçüm noktası

Cihazın konumlandırıldığı ölçüm noktalarında sekiz saatlik dilimlerde ölçülen eşdeğer gürültü seviyeleri EK 1’de görülmektedir. Ölçüm sonuçları ODEON yazılımı ile uyumluluğun sağlanması için sekiz oktav bant olarak alınmıştır. Bu aşamadan sonra her bir ölçüm noktası için iki ölçüm gününün ortalama eşdeğer gürültü seviyeleri elde edilmiştir. Bu değerler aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

	LA _{eq} - dB(A)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Resusitasyon Birimi	23,92	36,40	48,61	55,85	55,58	53,59	45,98	41,16
Monitörlü gözlem	21,79	34,70	46,55	53,89	50,77	48,97	45,83	40,05
Bakı Birimleri	25,41	35,01	52,97	58,34	51,84	50,45	45,84	39,51

Tablo 13. Ölçüm noktalarının iki günlük LA_{eq} ortalamaları

En son aşamada orta alandaki gürültü seviyelerinin ve konuşma anlaşılabilirliğinin değerlendirilebilmesi adına ölçüm alanlarının ortalamaları alınmış ve servis geneli için oktav bantlarda gürültü modeli oluşturulmuştur. Ortalamadan elde edilen değerler aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

LA _{eq} - dB(A)							
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
23,9	35,4	50,2	56,4	53,3	51,4	45,9	40,3

Tablo 14. Acil servis genelindeki ortalama LA_{eq} gürültü seviyeleri

3.1.2. Akustik Simulasyonlar ve Aşamaları:

Dokuz Eylül Üniversitesi Acil Servisinde yapılan ölçümlerin ardından, ODEON yazılımında gürültü seviyesi indirgenmesinin ve konuşma anlaşılabilirliği parametresinin mümkün olabilecek en yüksek değerde sağlanması amaçlı simulasyonlar gerçekleştirilmiştir. Akustik simulasyon aşaması dört ana adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar:

1. Üç boyutlu modellerin hazırlanması,
2. Modellerin ODEON'a aktarımı, malzeme yerleşimleri, kaynak – alıcı yerleşimleri ve modellerin kalibrasyonu,
3. Modellerin ölçümleri,
4. Modellerden dinleme testinde kullanılacak evrişimli ses örneklerinin (*convolutions*) elde edilmesi.

3.1.2.1. Acil Servis Üç Boyutlu Modellerinin Hazırlanması:

ODEON yazılımında kullanılmak üzere 3 boyutlu model oluşturabilmek için iki yöntem kullanılabilir. Bunlardan ilki ODEON yazılımının içerisinde yer alan ve koordinat sistemini kullanarak her bir yüzeyin koordinatlarla tanımlandığı “odeon editörü” sistemidir. Diğer sistem ise CAD yazılımlarında hazırlanmış 3 boyutlu modellerin ODEON da içe aktarılması yöntemidir. Bu tezdeki üç boyutlu modellerin tamamı bir CAD yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur.

Modellerin ODEON’a aktarılmasına kadar yapılan işlemlerin listesi şu şekildedir.

- Hastaneye ait zemin planlarını gösterir CAD çizimleri Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesinden temin edilmiştir.
- Bu zemin planları modellemeyi kolaylaştırmak için sadeleştirilmiş, tüm gereksiz katmanlar (*layers*) ve acil servis dışında kalan alanlar çizimlerden kaldırılmıştır.
- Zemin planı şablon olarak kullanılmış ve zemin, yan yüzeyler ve tavan, kapılar, pencereler, masalar vb. tüm yüzeyler bu şablon temel alınarak modellenmiştir.
- Modellenecek yüzeylere karar verilmiş ve bu yüzeyler gerçek ölçüleri ile modellenmiştir. Gereksiz yüzeylerden kaçınılmış, ODEON’un ölçümlerinde etkisiz olduğu bilinen yüzeyler modellenmemiştir. Örneğin ODEON yazılımı için acil serviste yer alan yatakların sadece uzunluk ve genişlikleri önemlidir. Yataklar kalınlıkları ile, yani dikdörtgenler prizması oluşturacak şekilde modellendiğinde ODEON’daki ölçüm sonuçlarında ciddi bir değişim yaratmazlar. Kalınlıkların dahil edilmesi ODEON’a her bir yatak için fazladan 4 yüzey tanımlanması anlamına gelmektedir. Acil serviste modellenmiş 38 adet yatak düşünüldüğünde her bir yatak için oluşturulacak 4 kalınlık yüzeyi ölçümler açısından belirgin bir önemi bulunmayan 152 adet yüzeyin ODEON’a tanımlanmasını gerektirecektir. Bu hem ölçüm hem de deney sürelerini uzatacak bir olumsuzluktur.
- Modellenen tüm yüzeyler katmanlara (*layers*) ayrılmıştır. Katmanların kullanılması modelde çok sayıda yüzey bulunduğu durumlarda ODEON’da yapılacak malzeme yerleşimlerini hızlandırmaktadır.

- Modellemesi biten tasarımlar yapılacak akustik uygulamalara göre farklı isimlerle kayıt edilmiştir. Bu modeller Temel Model, Baffle Modeli, Duvar Panel Modeli dir.

Ölçüm için hazırlanan ilk 3 boyutlu model “Temel Model” olarak adlandırılan modeldir. Bu model acil servis biriminin ölçüm günlerindeki durumunun birebir modeldir. Akustik simulasyon aşamasında gerçekleştirilen akustik tasarımların büyük bir çoğunluğu bu model baz alınarak ve bu model üzerinde yüzey ve malzeme değişiklikleri yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Temel modelde yer alan yüzeyler ve yüzeylerin kapladığı alanlar aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tabloda görülen yüzey alanları aynı zamanda acil servisin ölçüm günündeki yüzey alanlarını da temsil eder.

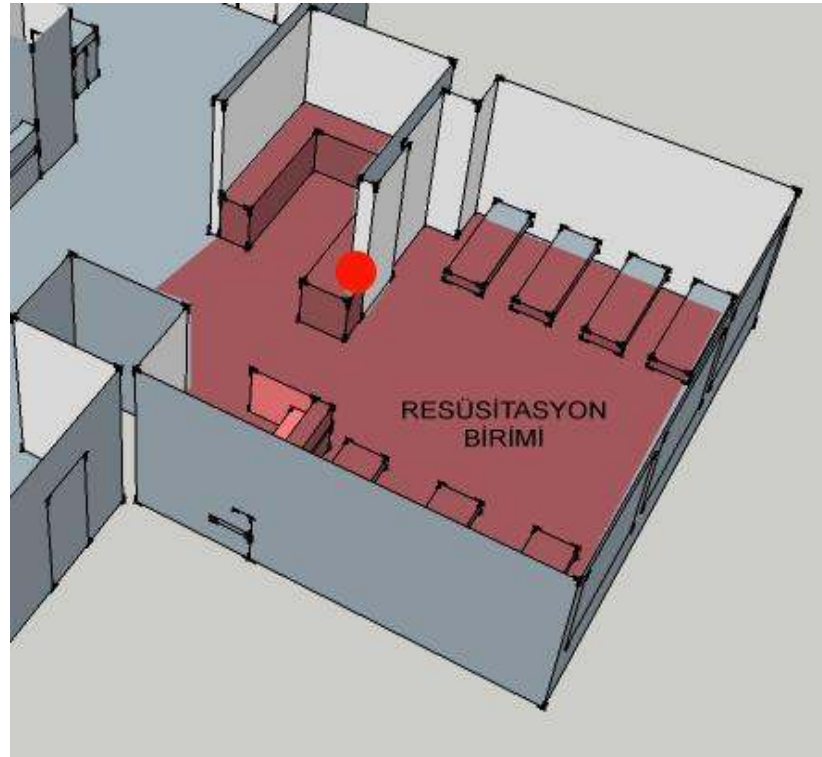
Yüzeyler	Yüzey Alanları
Zemin	652 m ²
Asma Tavan	668 m ²
Duvarlar	926 m ²
Tezgahlar	16 m ²
Pencere ve Cam Kapılar	46 m ²
Kapılar ve Dolap Kapakları	18 m ²
Yataklar	154 m ²
Masalar	56 m ²

Tablo 15. Temel modelde yer alan yüzeyler ve alanları

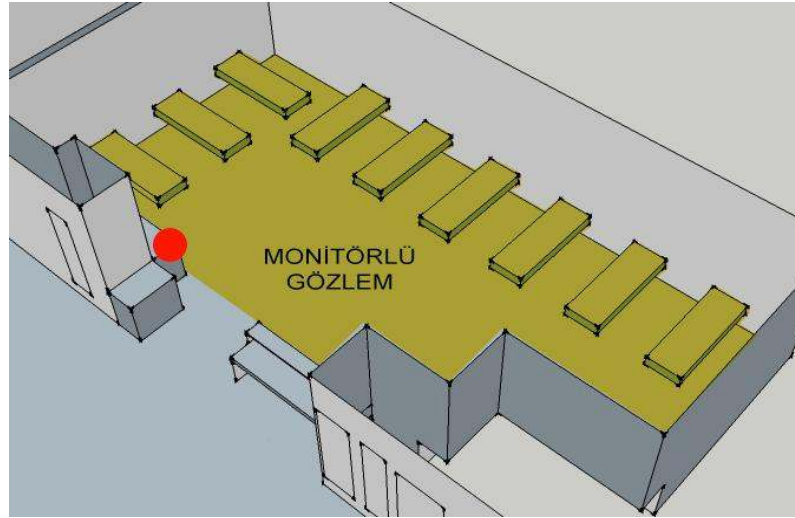
Aşağıda şekillerde temel modelin 3 boyutlu görselleri bulunmaktadır. Şekil 11 acil servisin genelini göstermektedir. Burada görülmekte olan renklendirilmiş alanlar gürültü ölçümlerinin yapıldığı acil servis alanlarını, bu alanlarda yer alan kırmızı renklendirilmiş noktalar ise ölçüm cihazının yerleştirildiği noktaları belirtmektedir. Şekil 12, 13, 14’te ise her ölçüm noktasının yakın plan görüntüleri yer almaktadır.



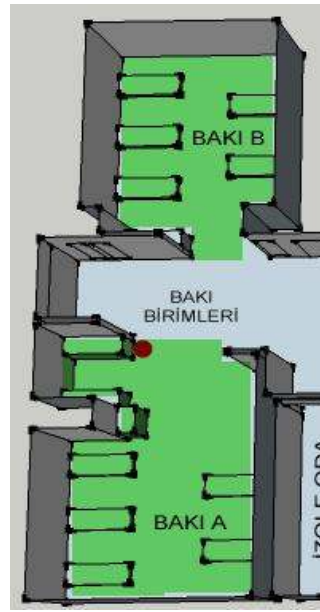
Şekil 11. Acil servisin 3 boyutlu modeli



Şekil 12. Resüsitasyon alanı ve ölçüm - alıcı noktası



Şekil 13. Monitörlü Gözlem alanı ve ölçüm – alıcı noktası

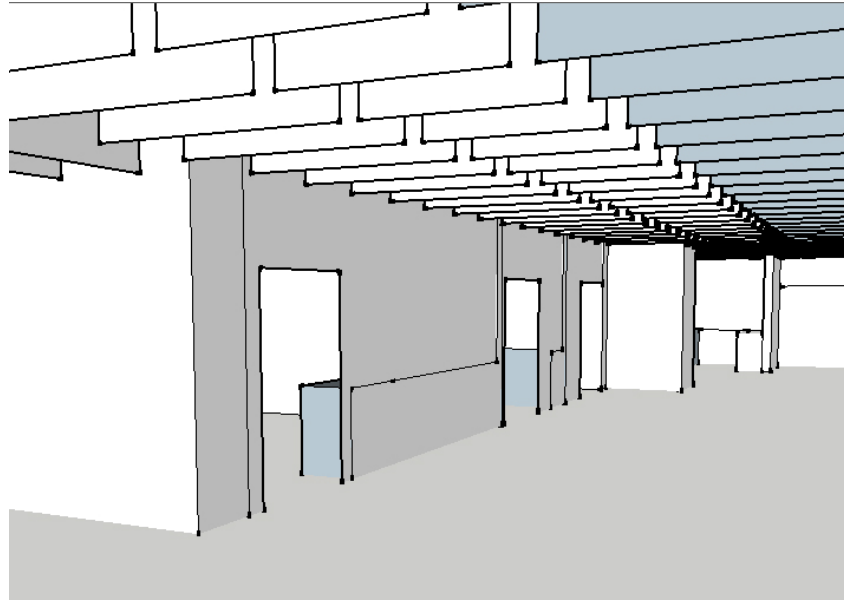


Şekil 14. Bakı Birimleri ve ölçüm – alıcı noktası

Temel model üzerinde gerçekleştirilen ilk modifikasyon tavanda asma tavan yerine tavandan sarkan baffle tipi tavan panellerinin kullanıldığı modeldir. Bu modelin hazırlanmasındaki amaç asma tavan uygulaması ile baffle tavan uygulamaları arasındaki farkların ölçümlerle görülmesi ve iki tavan uygulamasının karşılaştırılmasıdır. Bu modelde yer alan yüzeyler ve yüzey alanları aşağıdaki tabloda listelenmiştir.

Yüzeyler	Yüzey Alanları
Zemin	652 m ²
Tavan (Sıva)	668 m ²
Baffle Tavan Panelleri	437 m ²
Duvarlar	1174 m ²
Tezgahlar	16 m ²
Pencere ve Cam Kapılar	46 m ²
Kapılar ve Dolap Kapakları	18 m ²
Yataklar	154 m ²
Masalar	56 m ²

Tablo 16. Baffle tavan uygulaması modelinde yer alan yüzeyler ve alanları

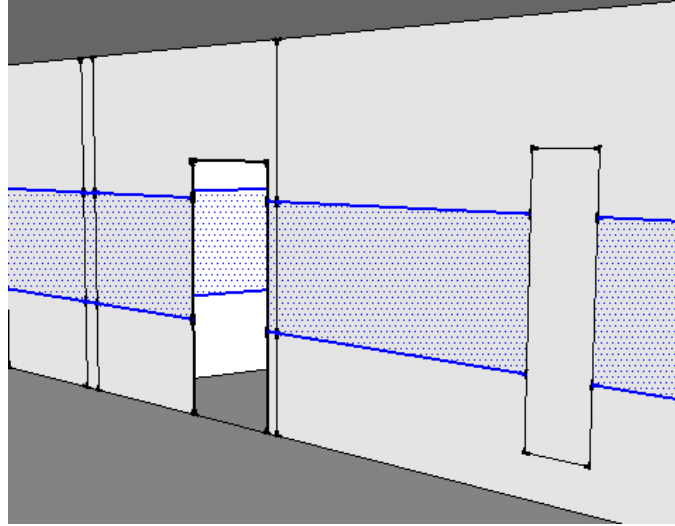


Şekil 16. Baffle tavan uygulaması

Hazırlanan son model acil servisin tüm yan yüzeylerini kapsayan bir duvar paneli uygulaması içermektedir. Bu modelin hazırlanmasındaki amaç tüm yan yüzeylerin emici kaplanmadığı durumda duvar paneli uygulaması ile ne oranda gürültü kontrolü sağlanabileceğini test etmektir. Bu modelde uygulanan duvar paneli 1m genişliğindedir ve yerden 80 cm yükseklikte olacak şekilde tüm yan yüzeylere uygulanmıştır. Aşağıda duvar panel modelinde yer alan yüzeyler ve yüzey alanlarını gösterir tablo ve panel yerleşiminin şekli bulunmaktadır.

Yüzeyler	Yüzey Alanları
Zemin	652 m ²
Asma Tavan	668 m ²
Duvar Panelleri	293 m ²
Duvarlar	633 m ²
Tezgahlar	16 m ²
Pencere ve Cam Kapılar	46 m ²
Kapılar ve Dolap Kapakları	18 m ²
Yataklar	154 m ²
Masalar	56 m ²

Tablo 17. Duvar panel uygulaması modelinde yer alan yüzeyler ve alanları



Şekil 17. Duvar paneli uygulaması

Bu 3 boyutlu modellerin her biri CAD yazılımına entegre çalışan ve ODEON programcılar tarafından oluşturulmuş bir eklenti ile ODEON'a sorunsuzca aktarılmış ve ölçümler bu modeller üzerinde gerçekleştirilmiştir. Modeller ODEON'a aktarıldıktan sonra ilk aşama yüzeylerdeki malzemelerin seçilmesidir.

3.1.2.2. Modellerde Malzeme Yerleşimleri:

Malzeme yerleşimleri için piyasadaki markalar tarafından üretilen, hijyenik ortamlarda kullanılmaya uygun olan malzemeler tercih edilmiştir. Malzemelerin tamamı

emicilik katsayıları ile beraber ODEON malzeme kütüphanesine eklenmiştir. Tezde yer alan malzeme listelerinde üretici markası ve malzemenin modeli belirtilmeyecektir.

Simulasyonlarda kullanılan malzemelerin seçimi için temel kriter malzemelerin emicilik özellikleridir. Malzeme üreticilerinin sağladığı emicilik karakteristikleri ISO 354: 2003 standardına göre hesaplanmaktadır. ISO 354'e göre (2003), yapılan ölçümler malzemelerin 1/3 oktav bantlardaki emicilik değerlerini verir. Bunların yanında malzemelerin ortalama emicilik değerleri de verilmektedir. Böylece malzemenin emicilik özellikleri ile ilgili hızlı ve pratik bir öngörü sağlamak amaçlanır. Ortalama emiciliklerin hesaplanmasında ise ISO 11654: 1997 standardı (1997) kullanılmaktadır.

Ortalama emicilik hesaplanırken ISO 354: 2003 standardına göre ölçülmüş 1/3 oktav frekans bantlardaki emicilikler pratik ses emilim katsayılarına (*practical sound absorption coefficient*) dönüştürülür. Böylece 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz oktav bantlarında pratik ses emilimi katsayıları elde edilir. Daha sonra pratik ses emilimi katsayıları tek bir ortalama emicilik değeri olan α_w , ağırlıklı ses emilim katsayısına (*weighted sound absorption coefficient*) dönüştürülür. ISO 11654'te ağırlıklı ses emilim katsayıları için ses emilimi sınıfları belirlenmiştir. Bu sınıflandırma ile α_w ses emicilik değerleri malzemenin emicilik karakteristiklerine göre kategorilere ayrılmıştır (ISO 11654: 1997). EK 3'te ISO 11654'te aktarılan ses emilim sınıflandırması, ağırlıklı ses emilim katsayıları ve bunların tavanların emicilik ve yalıtım özelliklerini belirleyen bir standart olan VDI 3755: 2000 standardındaki (2000) emicilik sınıflandırmasındaki karşılıkları yer almaktadır.

Bu çalışmanın simulasyon aşamasında kullanılan malzemelerin emicilik özellikleri değerlendirilirken oktav bantlardaki emicilik katsayıları ile beraber α_w , ağırlıklı ses emilim katsayısı (*weighted sound absorption coefficient*) kullanılmıştır.

Tezin simulasyon aşamasında, farklı emicilik katsayılarında ve çok çeşitlilikte malzeme kullanılmıştır. Buna bağlı olarak modeller malzeme yerleşimlerine göre sınıflandırılmış ve ölçümlerle ilgili tüm değerlendirmeler bu sınıflandırmaya göre yapılmıştır. Malzeme yerleşimlerine göre acil servis modellerinin sınıflandırması aşağıdaki gibidir.

1. Temel Model
2. Sadece Asma Tavan Uygulaması Modelleri
3. Baffle Tipi Tavan + Yan Yüzey Uygulaması Modelleri
4. Sadece Asma Tavan ve Sadece Yan Yüzey Uygulaması Modelleri
5. Asma Tavan + Yan Yüzey Uygulaması Modelleri
6. Asma Tavan + Duvar Paneli ve Yan Yüzey Uygulaması Modelleri

3.1.2.2.1. Temel Model Malzemeleri:

Bu model acil servisin ölçüm anındaki birebir modelidir. Seçilen tüm malzemeler ve malzeme yerleşimleri gerçek durum gözetilerek yapılmıştır. Aşağıda temel modelde bulunan malzemelerin tablosu ve kullanılan malzemelerin oktav bantlardaki emicilik katsayıları bulunmaktadır.

Yüzeyler	Malzeme Adı	Emicilik Katsayıları							
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Zemin	Zemin Malzemesi	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Tavan	Tavan Malzemesi (Güncel)	0,20	0,25	0,30	0,45	0,55	0,75	0,80	0,70
Duvarlar	Duvar Malzemesi (Güncel)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Tezgahlar	Tezgah Malzemesi	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Pencereler	Cam Malzeme 1	0,10	0,10	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02
Cam Kapılar	Cam Malzeme 2	0,18	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
Kapılar ve Kapaklar	Ahşap Malzeme 1	0,14	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10	0,10
Yataklar	Yatak Malzemesi	0,35	0,35	0,45	0,57	0,61	0,59	0,55	0,55
Masalar	Ahşap Malzeme 2	0,28	0,28	0,22	0,17	0,09	0,1	0,11	0,11
Model Dışı Alanlar	%100 Emici	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 18. Temel model malzeme tablosu

3.1.2.2.2. Asma Tavan Malzemeleri:

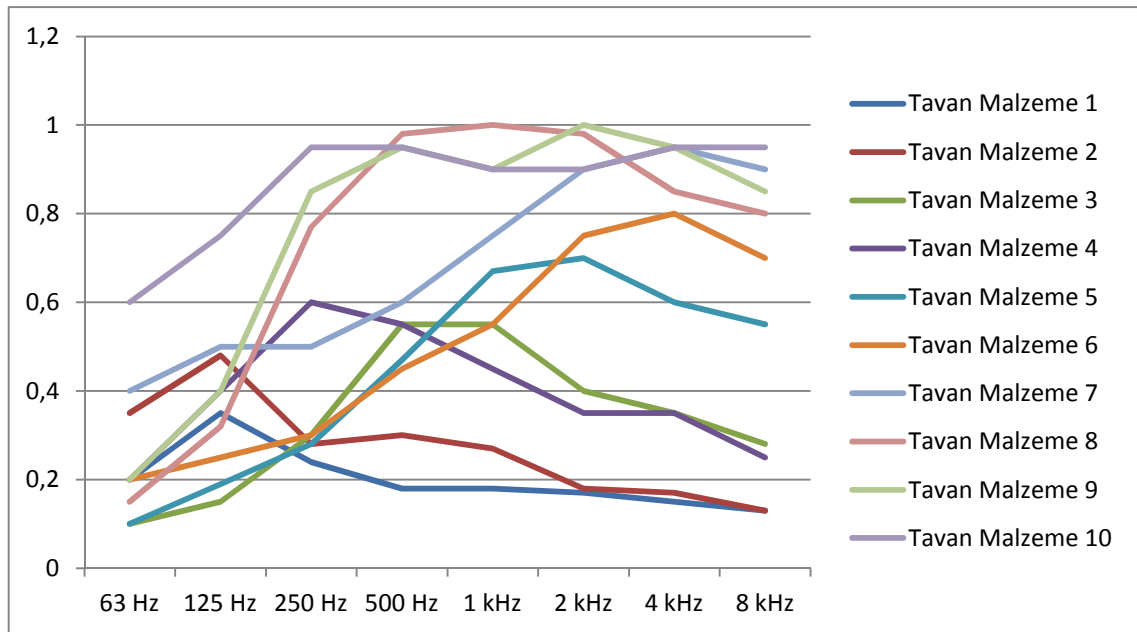
Temel model üzerinde yapılan ilk malzeme değişimlerinde sadece asma tavan malzemeleri değiştirilmiş ve bu malzemelerin akustik performansları değerlendirilmiştir. Yan yüzeyler ve diğer tüm yüzeyler acil serviste şu anda güncel

olarak var olan şekli ile sıva ve boya olarak bırakılmıştır. Bu malzemelerin emicilik değerleri için temel modeldeki tabloya başvurulabilir.

Aşağıda asma tavan uygulamasında kullanılan asma tavan malzemelerine yönelik malzeme tablosu ve oktav bantlardaki emicilik katsayılarının grafikleri bulunmaktadır.

Malzeme Tanımı	α_w	Emicilik Katsayıları							
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Tavan Malzeme 1	0,20	0,20	0,35	0,24	0,18	0,18	0,17	0,15	0,13
Tavan Malzeme 2	0,25	0,35	0,48	0,28	0,30	0,27	0,18	0,17	0,13
Tavan Malzeme 3	0,35	0,10	0,15	0,30	0,55	0,55	0,40	0,35	0,28
Tavan Malzeme 4	0,45	0,20	0,40	0,60	0,55	0,45	0,35	0,35	0,25
Tavan Malzeme 5	0,50	0,10	0,19	0,28	0,47	0,67	0,70	0,60	0,55
Tavan Malzeme 6	0,60	0,20	0,25	0,30	0,45	0,55	0,75	0,80	0,70
Tavan Malzeme 7	0,70	0,40	0,50	0,50	0,60	0,75	0,90	0,95	0,90
Tavan Malzeme 8	0,90	0,15	0,32	0,77	0,98	1	0,98	0,85	0,80
Tavan Malzeme 9	0,95	0,20	0,40	0,85	0,95	0,90	1	0,95	0,85
Tavan Malzeme 10	0,95	0,60	0,75	0,95	0,95	0,90	0,90	0,95	0,95

Tablo 19. Asma tavan malzemeleri, ortalama ve oktav bantlarda emicilik katsayıları



Şekil 18. Tavan malzemeleri emicilik grafikleri

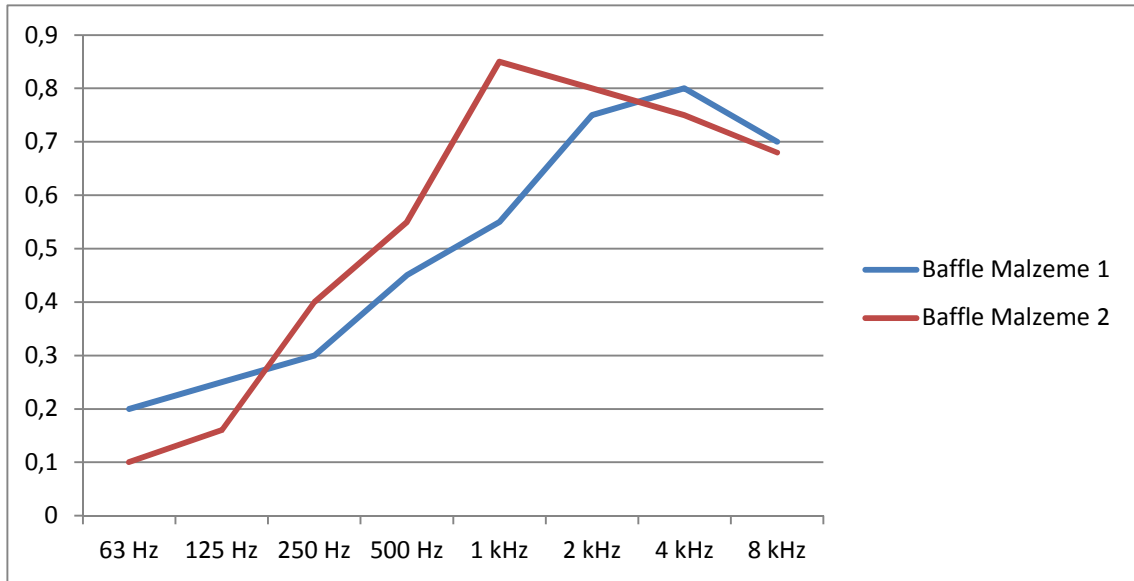
3.1.2.2.3. Baffle Tipi Tavan Malzemeleri:

Modellemede kullanılan ikinci tavan tipi tavandan asılarak dikey şekilde sarkıtılan baffle tavanlardır. Baffle tip tavan panelleri asma tavana göre aynı yüzeyde daha geniş bir emici yüzey alanı oluşturulmasına olanak sağladığı için akustik performansı kötü olan mekanlarda alternatif bir uygulama olarak kullanılmaktadırlar.

Deney aşamasında kullanılan baffle panellerinin oktav bantlardaki emicilik katsayılarına ait tablo ve grafikler şu şekildedir.

Malzeme Tanımı	α_w	Emicilik Katsayıları							
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Baffle Malzeme 1	0,60	0,20	0,25	0,30	0,45	0,55	0,75	0,80	0,70
Baffle Malzeme 2	0,60	0,10	0,16	0,40	0,55	0,85	0,80	0,75	0,68
Baffle Malzeme 3	0,70	0,20	0,25	0,40	0,90	1	1	1	0,95

Tablo 20. Baffle tavan malzemeleri, ortalama ve oktav bantlarda emicilik katsayıları



Şekil 19. Baffle malzemelerin emicilik grafikleri

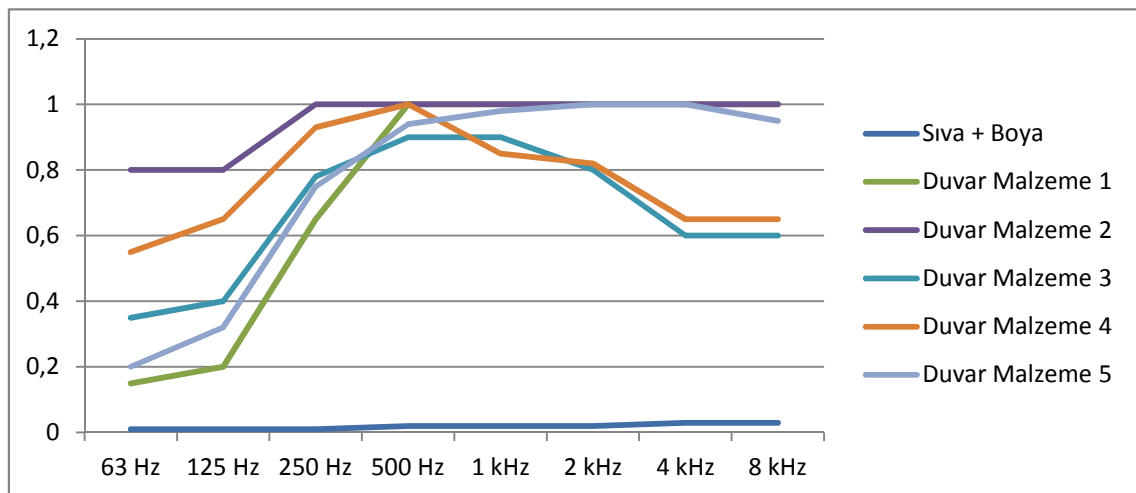
3.1.2.2.4. Yan Yüzey ve Duvar Panel Malzemeleri:

Deneyde yan yüzeylerde malzeme yerleşimleri iki şekilde yapılmıştır. Bunlardan ilki tüm yan yüzeylere emici malzeme uygulaması şeklinde, ikincisi ise yerden 80 cm yükseklikte konumlandırılmış 1m'lik duvar panelinin tüm yan yüzeylere uygulanmasıdır. Her iki uygulama için de aynı yan yüzey malzemeleri kullanılmıştır.

Modellerde kullanılan yan yüzey malzemelerini ve bunların emicilik katsayılarını gösterir tablo ve grafikler aşağıdadır.

Malzeme Tanımı	α_w	Emicilik Katsayıları							
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Sıva + Boya	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Duvar Malzeme 1	0,95	0,15	0,20	0,65	1	1	1	1	1
Duvar Malzeme 2	1	0,80	0,80	1	1	1	1	1	1
Duvar Malzeme 3	0,85	0,35	0,40	0,78	0,90	0,90	0,80	0,60	0,60
Duvar Malzeme 4	0,90	0,55	0,65	0,93	1	0,85	0,82	0,65	0,65
Duvar Malzeme 5	0,95	0,20	0,32	0,75	0,94	0,98	1	1	0,95

Tablo 21. Yan yüzey malzemeleri, ortalama ve oktav bantlarda emicilik katsayıları



Şekil 20. Yan yüzey malzemelerinin emicilik grafikleri

3.1.3. Kaynak – Alıcı Yerleşimleri ve Kalibrasyon:

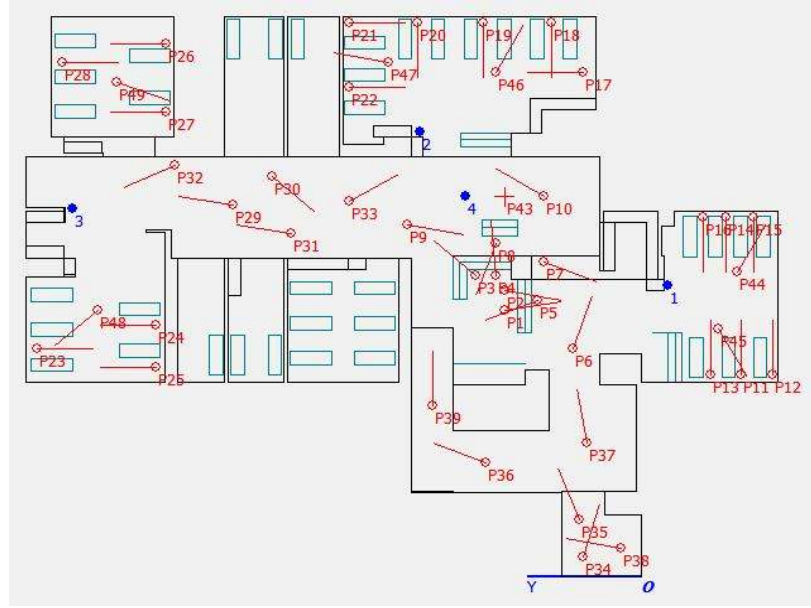
ODEON simulasyonlarının bir sonraki aşaması modellerde kaynak - alıcı yerleşimlerinin yapılmasıdır. Bu kaynak - alıcı yerleşimleri ve ses kaynaklarının seviyeleri modelin gürültü seviyelerinin gerçek ölçümlere göre kalibre edilmesi açısından önem taşımaktadır. Dokuz Eylül Üniversitesi Acil Servis Birimi günün 24 saati boyunca oldukça kalabalık olan bir birimdir. Dolayısıyla mesai süresinde acil servis biriminde çok sayıda insanın olduğu rahatlıkla düşünülebilir. Servisteki cihazlar da düşünülürse servis genelinde çok sayıda ses kaynağı modellemek gerekmektedir.

Acil servis biriminin tüm modellerinde gürültü, RT ve konuşma anlaşılabilirliği parametrelerinin ölçümü için ortak bir kaynak - alıcı yerleşimi planlanmış ve yeterli gürültü seviyelerini verebilecek toplam 45 kaynak noktası belirlenmiştir. Modellenmiş tüm kaynaklar noktasal kaynaktır. Kaynakların yerden yükseklikleri tüm kaynaklar için 1,5 m'dir. Her bir kaynağa belirli bir yönelgenlik dosyası atanmış ve kaynaklar “cihaz” ve “insan” olarak sınıflandırılmıştır. Cihazlar için her yöne eş yayılım gösteren “omni directional” yönelgenlik dosyası, insanlar için ise “normal seviyede konuşan insan” ya da “yüksek ses konuşan insan” seslerine ait yönelgenlikler kullanılmıştır. Gürültü simülasyonu için oluşturulan koridorda ve servislerde yer alan “insan” olarak modellenmiş noktasal kaynakların tamamı rastgele yönlere bakmaktadır. Cihaz olarak modellenmiş kaynaklar ise arkalarında yer alan duvarların tam tersi yöne doğru yönlendirilmişlerdir.

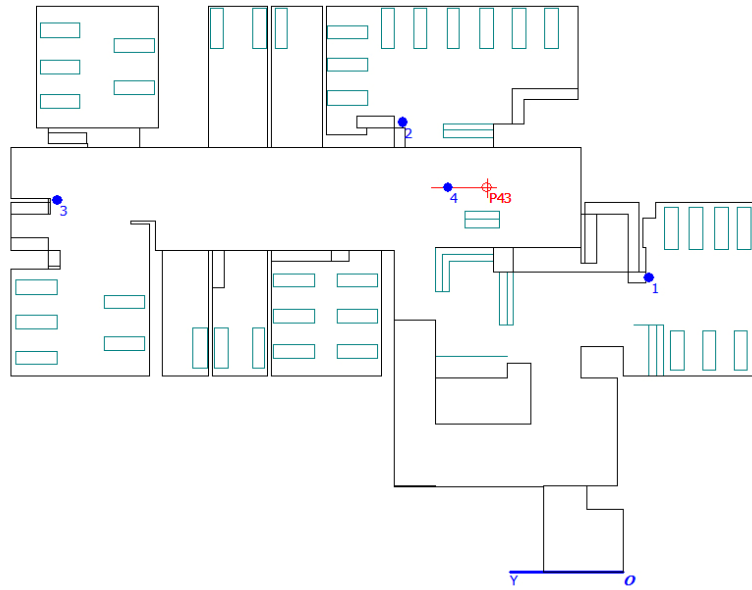
Daha sonra modeldeki alıcılar tanımlanmış, cihazla ölçüm yapılan alanlardaki ölçüm noktalarının her birine birer alıcı yerleştirilmiştir. Bu alıcılar Alıcı 1, 2 ve 3'tür. Bu kaynak ve alıcı noktaları haricinde orta alanda konuşma anlaşılabilirliği ölçümleri için modellenmiş bir alıcı (Alıcı 4) bulunmaktadır.

Konuşma anlaşılabilirliği ölçümü için bir doktor hemşire diyalogu senaryosu kurgulanmıştır. Modelde orta alandaki koridorda tanımlanan kaynak 43 (doktor) ve alıcı 4 (hemşire) bu kurgudaki kişilerdir. Bu kaynak ve alıcının ölçümleri ile modeller üzerinde doktorun konuşma sesinin hemşireye ne kadar başarıyla iletildiği incelenmiştir. Bu kaynak ve alıcı birbirlerine 2m uzaklıkta konumlandırılmışlardır.

Şekil 21’de tüm kaynak ve alıcıların acil servisteki dağılımları görülmektedir. Şekil 22’de ise konuşma anlaşılabilirliği değerlendirmesi için kurgulanan senryodaki doktor (Kaynak 43) ve hemşirenin (Alıcı 4) yerleşimleri görülmektedir. EK 2’deki tabloda ODEON da modellenmiş tüm alıcı ve kaynakların listesi yer almaktadır. Tabloda her bir kaynak için kullanılan ses yönelgenliği (directivity) dosyaları da belirtilmiştir.



Şekil 21. Acil servisteki gürültü simülasyonu için modellenen kaynaklar ve alıcılar



Şekil 22. Konuşma anlaşılabilirliği ölçümü kaynak (doktor) ve alıcı (hemşire) yerleşimi

Modeldeki gürültü dağılımlarının kalibrasyonunda ölçüm noktalarındaki alıcı noktalarında (alıcı 1, 2 ve 3) Tablo 14’teki iki günlük ortalama gürültü seviyelerinin, orta alandaki alıcı noktasında ise (alıcı 4) Tablo 15’teki genel gürültü seviyesinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bunu sağlamak için temel modelde yer alan kaynakların her birinin seviyesi servisteki genel gürültü seviyesi ölçüm ortalaması olan 65,3 dB(A) değerini sağlayacak şekilde teker teker ayarlanmıştır. Gürültü seviyeleri ile ilişkili tüm değerlendirmelerde bu gürültü seviyesindeki değişimler göz önünde bulundurulmuştur.

Servis genelinde yaklaşık seviyelerde gürültü dağılımının sağlandığının kontrol edilmesi için de ODEON yazılımının “*Grid*” ölçüm özelliği kullanılmıştır. *Grid* özelliği ses seviyesi, RT gibi parametrelerin kapalı hacimlerdeki dağılımlarını renk kodları ile gösteren bir özelliktir. Şekil 23’te acil servisteki gürültü dağılımlarının kontrolü amaçlı temel modelde ölçülen *Grid* görüntüsü yer almaktadır. *Grid* 63 Hz – 8 kHz arasındaki sekiz oktav bantta oluşturulmuştur.



Şekil 23. Acil servis genelindeki gürültü seviyelerinin dağılımını gösteren *Grid*

Şekilde mavi renkle görülen alanlar ses seviyelerinin düşük olduğu alanlardır. Sarı ve turuncu arasında değişen renklere sahip alanlar ise ODEON tarafından 52 – 70 dB(A) aralığındaki ses seviyelerinin hesaplandığı alanlardır. Kaynakların seviyelerinin *Grid* yöntemi ile kontrol edilmesiyle birlikte kaynak – alıcı tanımlamaları ve acil servis modellerinin ölçümüne yönelik kalibrasyonlar tamamlanmıştır.

ODEON’da malzemeler için herhangi bir “*Scattering Coefficient (dağılım katsayısı)*” girişi yapılmamıştır. Bunun sebebi farklı *scattering coefficient* girişlerinin bu simulasyonlar özelindeki sonuçlarda belirgin farklar yaratmamasıdır. Bu sebeple yazılımın fabrika ayarı *scattering coefficient* değeri olan 0,05 kullanılmıştır.

ODEON’un kalibrasyonundaki bir sonraki aşama modeldeki oda ayarlarının (*Room Setup*) yapılmasıdır. Bu penceredeki ayarlar ODEON’un simulasyonları nasıl yapacağını belirleyen ayarlardır. Buradaki ayarlarda ölçüm yöntemi olarak “*Engineering (Mühendislik)*” ölçüm yöntemi seçilmiştir. Bu ayar seçildikten sonra *room setup* taki tüm değerler *Engineering* yöntemi tarafından belirlenen şekliyle kullanılmış, değerlerden biri haricinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Değiştirilen değer “*Impulse Response Length*” değeridir. Bunun için her modelde malzeme seçim ekranında yer alan “*Quick Estimate*” yöntemi ile RT ölçülmüş ve malzemelere göre RT değişimi gözlenmiştir. *Impulse Response Length* buradaki RT değerlerine göre değiştirilmiştir. Bu sayede daha düşük RT’ye sahip modellerin uzun sinyallerle ölçülmesi engellenmiş, ölçüm sürelerinin kısalması sağlanmıştır.

ODEON’da konuşma anlaşılabilirliği ölçümlerinin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için arkaplan gürültüsünün *room setup* ayalarında NC eğrisi olarak girilmesi tavsiye edilmektedir. NC eğrileri özellikle cihaz ve tesisat gürültülerinin seviyelerinin belirtildiği ve sürekli devam eden arkaplan gürültülerini temsil eden eğrilerdir. Bu eğriler ölçülürken ölçüm yapılan yerin boş olması gerekir ve cihazlar ve tesisatlardan kaynaklı gürültüler diğer olası gürültülerden bağımsız bir şekilde tespit edilir. Bu tez çalışması kapsamında, acil serviste servis boşken ölçüm yapmak mümkün olmadığı için, NC eğrisi olarak cihazla ölçülmüş ortalama gürültü seviyeleri girilmiştir. Farklı modellerde akustik tasarım değişiklikleriyle yeni gürültü

seviyeleri elde edildikçe eğriler de değiştirilmiştir. Bu yöntemle yeni konuşma anlaşılabilirliği değerleri ve değişen gürültü seviyelerinin konuşma anlaşılabilirliği değerlerini nasıl değiştirdiğine yönelik veriler elde edilmiştir.

3.2. ODEON Ölçümleri:

Ölçümler için tüm modellerde ODEON'a iki farklı görev tanımlanmıştır. Bunlar SPL – gürültü seviyesi ölçümü ve STI – konuşma anlaşılabilirliği ölçümü görevleridir.

Gürültü seviyesi ölçümünde Kaynak 43 (doktor) haricindeki tüm kaynaklar aktiftir. Böylece her modelde 45 kaynağın oluşturduğu gürültü seviyesinin değişimi ve RT değişimleri incelenmiştir.

Konuşma anlaşılabilirliği ölçümünde ise sadece Kaynak 43 (doktor) aktifleştirilmiştir. Daha sonra ilk görevden elde edilen gürültü değerleri modellere NC curve olarak girilmiş, arkaplan gürültüsünde doktor – hemşire senaryosundaki Kaynak 43'ten (doktor) Alıcı 4'e (hemşire) ulaşan sinyaldeki STI değişimleri incelenmiştir.

3.2.1. Gürültü Seviyesi, Yansıma Süresi Ölçümleri ve Değerlendirmeler:

Bu ölçüm ile yapılan akustik değişimlerin gürültü seviyelerinde ne oranda düşüş sağladığı incelenmiştir. Farklı malzeme yerleşimleri ve tavan yapısındaki değişiklikler de karşılaştırılmış, bunların farklılıkları gözetilerek bu servis özelinde gürültü seviyesinin indirgenmesi için en ideal tasarımın ne olduğu araştırılmıştır.

Bu ölçümlerde sadece gürültü seviyeleri ve yansıma süresi değerlendirmeleri yapılmaktadır. Bu görev için servis genelindeki 45 kaynağın tamamı aktif hale getirilmiş, servisin ortasındaki hemşire noktasında 65,3 dBlik gürültü seviyesinin ve 500 Hz ve 1 Khz'de ölçülen 0,86 saniyelik yansıma süresinin ne oranda indirgenebildiği incelenmiştir. Aşağıda farklı malzemelerin kullanıldığı modellerdeki gürültü seviyelerinin ve yansıma süresi değişimlerinin modellerinde kullanılan malzeme tabloları verilmiştir.

3.2.1.1. Sadece Asma Tavan Uygulaması Modelleri:

Model	α_w	Malzemeler		Gürültü Seviyesi (SPL)	EDT(sn)	
		Yan Yüzeyler	Tavan		500 Hz	1 kHz
Temel Model	0,60	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 6	65,3	0,86	0,86
Tavan Model 1	0,20	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 1	69,1	1,51	1,58
Tavan Model 2	0,25	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 2	67,8	1,15	1,28
Tavan Model 3	0,35	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 3	65,2	0,74	0,80
Tavan Model 4	0,45	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 4	65,3	0,79	0,95
Tavan Model 5	0,50	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 5	65	0,83	0,71
Tavan Model 6	0,70	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 7	63,7	0,73	0,67
Tavan Model 7	0,90	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 8	61,4	0,51	0,54
Tavan Model 8	0,95	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 9	61,6	0,50	0,61
Tavan Model 9	0,95	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 10	61,6	0,54	0,57

Tablo 22. Tavan malzemelerinin gürültü seviyelerine ve yansım sürelerine etkisi

Buradaki verilere göre 500 Hz ve 1 kHz bölgesindeki emicilik katsayılarının fazla olduğu malzemeler bu mekanda daha yüksek seviyede gürültü indirgenmesine imkan sağlamışlardır. Model 8, Model 9 ve Model 10 da kullanılan asma tavan malzemeleri en iyi gürültü indirgeme performansını sağlayan malzemelerdir. Özellikle Model 8'deki malzeme gürültü seviyelerinde önemli frekans bantları olan 500 Hz ve 1 kHz'deki performansı ile bu ölçümde en iyi sonucu veren malzeme olmuştur. Bu modelde, temel modeldeki 65,3 dB seviyesindeki gürültüye kıyasla 3,9 dB'lik gürültü düşüşü sağlanmıştır.

3.2.1.2. Baffle Tipi Tavan + Yan Yüzey Uygulaması Modelleri:

Bu ölçümlerde tavandaki asma tavan malzemenin yerine tavandan asılarak dikey olarak uygulanan baffle tipi tavan malzemesi yerleşimleri yapılmıştır. Duvarlar önce sıva ve boya, sonra seçilen duvar malzemeleri arasında en emici olan malzeme kullanılarak ölçülmüştür. Buna göre en iyi gürültü seviyesi ve yansım süresi

indirgenmesi Baffle Model 3’te elde edilmiştir. Bu modelde kullanılan her iki malzeme de kendi grupları içerisindeki en emici özellikteki malzemelerdir.

Tabloda bu modellerin ölçümü sonucu elde edilen gürültü seviyeleri ve yansıma süreleri yer almaktadır.

Model	Malzemeler		Gürültü Seviyesi (SPL)	EDT(sn)	
	Yan Yüzeyler	Tavan		500 Hz	1 kHz
Temel Model	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 6	65,3	0,86	0,86
Baffle Model 1	Sıva + Boya	Baffle Malzeme 1	64,2	0,88	0,89
Baffle Model 2	Duvar Malzeme 2	Baffle Malzeme 2	60	0,41	0,41
Baffle Model 3	Duvar Malzeme 2	Baffle Malzeme 3	59,6	0,31	0,33

Tablo 23. Baffle tipi tavan ve yan yüzey malzeme değişimlerinin gürültü seviyelerine ve yansıma sürelerine etkisi

3.2.1.3. Sadece Asma Tavan ve Sadece Yan Yüzey Uygulaması Modelleri:

Bu aşamada sadece asma tavan malzemesi uygulaması ile sadece yan yüzey uygulamalarının olması durumunda değerlerin nasıl değiştiği araştırılmıştır. Sadece yan yüzey uygulaması modelinde acil serviste şu an var olan asma tavan “Tavan Malzeme 6”nın yerine simulasyon amaçlı olarak “Sıva Tavan” yerleştirilmiştir. Bu aşamadan elde edilecek nesnel sonuçlar dinleme testinde öznel olarak test edilecek ve tavan ile yan yüzey uygulamaları arasındaki algısal farklılıklar araştırılacaktır.

Model	Malzemeler		Gürültü Seviyesi (SPL)	EDT(sn)	
	Yan Yüzeyler	Tavan		500 Hz	1 kHz
Temel Model	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 6	65,3	0,86	0,86
Sadece Duvar	Duvar Malzeme 2	Sıva + Boya	63,5	0,75	0,72
Sadece Tavan	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 10	61,6	0,54	0,57

Tablo 24. Sadece yan yüzey ve sadece tavan malzeme değişimlerinin gürültü seviyelerine ve yansıma sürelerine etkisi

Bu aşamadaki “sadece tavan” ve “sadece duvar” modellerinde bu çalışmada kullanılan malzemeler arasında en yüksek emicilik oranına sahip tavan malzemesi kullanılmıştır. Nesnel verilere bakıldığında tavan malzemesi ile yapılan uygulama diğerine göre daha üstün performans göstermektedir.

3.2.1.4. Asma Tavan + Yan Yüzey Uygulaması Modelleri:

Bu aşamada asma tavan ve yan yüzey malzemelerinin kombinasyonları kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Model	Malzemeler		Gürültü Seviyesi (SPL)	EDT(sn)	
	Yan Yüzeyler	Tavan		500 Hz	1 kHz
Temel Model	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 6	65,3	0,86	0,86
Model 1	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 9	58,6	0,20	0,22
Model 2	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 9	58,4	0,20	0,22
Model 3	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 9	58,7	0,20	0,25
Model 4	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 10	58,5	0,20	0,22
Model 5	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 10	58,4	0,20	0,22
Model 6	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 10	58,6	0,20	0,25
Model 7	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 8	58,4	0,20	0,22
Model 8	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 8	58,3	0,19	0,21
Model 9	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 8	58,4	0,19	0,24
Model 10	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 6	60,6	0,31	0,28

Tablo 25. Asma tavan ve yan yüzey malzeme değişimlerinin gürültü seviyelerine ve yansım sürelerine etkisi

Tabloda görüldüğü üzere bu malzeme değişimleri gürültü seviyelerinde ve yansım sürelerinde çok küçük değişimlere sebep olmaktadır. Bu değişimler öznel olarak algılanamayacak derecedeki ses basınç seviyesi değişimleridir. Öte yandan nesnel veriler itibarı ile en iyi sonuçları Model 8 vermektedir. Bu modeldeki gürültü seviyesi düşüşü 7dBSPL ile tüm uygulamalar arasında en iyisidir.

3.2.1.5. Asma Tavan + Duvar Paneli ve Yan Yüzey Uygulaması Modelleri:

Deneyin bu aşamasında asma tavan malzeme değişiklikleri ile beraber yan yüzey uygulamalarında çeşitli denemeler yapılmıştır. Bir metrelik duvar paneli ve duvarda geride kalan boş yüzeylere farklı malzemeler denenerek akustik performans açısından daha iyi bir sonuç elde edilmeye çalışılmıştır.

İlk üç model ve model 8’de duvar paneli haricinde kalan duvar yüzeyleri sıva ve boya olarak bırakılmış, herhangi bir akustik malzeme yerleşimi yapılmamıştır. Model 4 ve Model 7 arasındaki modellerde ise farklı özelliklerdeki malzemeler denenmiştir. Model 4 ve Model 5’te bas frekanslardaki emiciliği daha yüksek olan bir malzeme denenmiştir. Malzeme Model 4’te duvara, Model 5’te panele uygulanmıştır. Bu modellerdeki bas emici malzeme dışında kullanılan malzeme çok yüksek emicilikte bir malzemedir. Model 6 ve Model 7’de duvar ve panelde ise çok yüksek emiciliklerdeki iki farklı malzeme yerleri değiştirilerek kullanılmıştır.

Model	Malzemeler			Gürültü Seviyesi (SPL)	EDT(sn)	
	Yan Yüzeyler	Panel	Tavan		500 Hz	1 kHz
Temel Model	Sıva + Boya	Yok	Tavan Malzeme 6	65,3	0,86	0,86
Model 1	Sıva + Boya	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 6	63,3	0,60	0,58
Model 2	Sıva + Boya	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 6	63,3	0,64	0,61
Model 3	Sıva + Boya	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 6	63,4	0,62	0,64
Model 4	Duvar Malzeme 3	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 10	58,8	0,22	0,26
Model 5	Duvar Malzeme 2	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 10	58,8	0,23	0,27
Model 6	Duvar Malzeme 1	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 10	58,8	0,22	0,24
Model 7	Duvar Malzeme 2	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 10	58,8	0,22	0,25
Model 8	Sıva + Boya	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 10	60,3	0,43	0,46

Tablo 26. Asma tavan, duvar paneli ve kalan yan yüzeylerde farklı uygulamaların gürültü seviyelerine ve yansıma sürelerine etkisi

Bu ölçüm aşamasındaki sonuçlara göre en iyi akustik performansı Model 6’daki malzeme yerleşimi göstermektedir.

Bu tablodan çıkan sonuçlara göre asma tavanla beraber 1m’lik duvar paneli uygulaması belirgin oranda gürültü seviyesi düşüşü sağlanmak istendiğinde yetersiz olabilmektedir. Model 8’deki gibi çok yüksek emici bir tavanla beraber çok yüksek emicilikte panel malzemesi kullanıldığında temel modele göre 5 dB’lik seviye düşüşü

ve yarı yarıya yansıma süresi düşüşü sağlanmıştır. Bu modelin diğer modellere kıyasla performansı dinleme testlerinde araştırılacaktır.

3.2.2. Konuşma İletimi Endeksi (STI) Ölçümleri:

Temel modeldeki konuşma anlaşılabilirliği ölçümü sonucu elde edilen STI değeri 0,39 dur. Bu değer STI sınıflandırmasında ZAYIF (poor) olarak tanımlanmış olan konuşma anlaşılabilirliği değeridir. Aşağıda farklı malzemelerin kullanıldığı modellerdeki konuşma anlaşılabilirliği değişimlerinin tabloları yer almaktadır. Tablolar uygulamaların yapıldığı sıraya göre aktarılmıştır.

3.2.2.1. Sadece Asma Tavan Uygulaması Modelleri:

Model	α_w	Malzemeler		STI
		Yan Yüzeyler	Tavan	
Temel Model	0,60	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 6	0,39
Tavan Model 1	0,20	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 1	0,27
Tavan Model 2	0,25	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 2	0,32
Tavan Model 3	0,35	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 3	0,38
Tavan Model 4	0,45	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 4	0,38
Tavan Model 5	0,50	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 5	0,38
Tavan Model 6	0,70	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 7	0,43
Tavan Model 7	0,90	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 8	0,48
Tavan Model 8	0,95	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 9	0,49
Tavan Model 9	0,95	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 10	0,50

Tablo 27. Tavan malzemesi değişimlerinin STI üzerindeki etkileri

Bu ölçümün sonuçlarına göre tavan malzemesinin emiciliği arttıkça konuşma iletimi endeksi beklendiği gibi yükselmiştir. En iyi STI performansını Tavan Model 9 sağlamıştır. STI değeri 0,50 ile ORTA (fair) seviyededir.

Bu modelin konuşma anlaşılabilirliği verileri, SPL ölçümlerinde en iyi performansı sağlayan Tavan Model 7'nin konuşma anlaşılabilirliği verilerine göre 0,02 gibi önemsenmeyecek bir miktarda daha iyidir. Bu noktada iki modelde kullanılan malzemelerin frekans bantlardaki davranışlarını değerlendirmek faydalı olacaktır.

Aşağıda bu iki modelde kullanılan tavan malzemelerinin emicilik katsayıları tablosu bulunmaktadır.

Malzeme Tanımı	α_w	Emicilik Katsayıları							
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Tavan Malzeme 8	0,90	0,15	0,32	0,77	0,98	1	0,98	0,85	0,80
Tavan Malzeme 10	0,95	0,60	0,75	0,95	0,95	0,90	0,90	0,95	0,95

Tablo 28. Tavan malzemesi 8 ve 10'un emicilik katsayıları

Bu tabloda görülen en belirgin farklılık Tavan Malzemesi 10'un düşük frekanslarda çok daha başarılı olan emicilik becerisidir. Malzeme 8 konuşma sesi ve çoğu gürültünün yoğun bileşene sahip olduğu 500 Hz – 2 kHz bandında Malzeme 10'a göre daha emici özelliktedir. Bu özelliği ile SPL düşüşünde daha iyi performans gösterebilmiştir. Ancak Tavan malzemesi 10, düşük frekanslarda 63 – 250 Hz bandında ve yüksek frekans bantları olan 4 – 8 kHz'lerde çok daha iyi emicilik performansına sahiptir. Bu sebeple STI parametresi değerlendirildiğinde malzeme 8'e göre daha iyi bir sonuç vermiştir.

Bu noktada yapılacak değerlendirme, nesnel veriler itibarı ile en iyi gürültü indirgenmesinin sağlandığı durumlarda en iyi konuşma anlaşılabilirliğine de sahip olmanın her zaman mümkün olmadığıdır. İyi konuşma anlaşılabilirliği sadece orta frekans bantlarda değil, düşük frekans bölgesinde de belirgin miktarda emicilik gerektirmektedir. Yani iyi konuşma anlaşılabilirliği tüm frekans bantlarda iyi bir akustik performans gerektirmektedir.

3.2.2.2. Baffle Tipi Tavan + Yan Yüzey Uygulaması Modelleri:

Model	Malzemeler		STI
	Yan Yüzeyler	Tavan	
Temel Model	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 6	0,39
Baffle Model 1	Sıva + Boya	Baffle Malzeme 1	0,41
Baffle Model 2	Duvar Malzeme 2	Baffle Malzeme 2	0,54
Baffle Model 3	Duvar Malzeme 2	Baffle Malzeme 3	0,55

Tablo 29. Baffle ve yan yüzey uygulamalarının STI üzerindeki etkileri

Bu ölçümün amacı, asma tavan yerine baffle uygulaması yapıldığında STI değerlerinde ne gibi değişimlerin olduğunu görmektir. Elde edilen sonuçlara göre genel emicilik arttıkça, gürültü seviyeleri ve yansışımın düşüşü ile beraber STI parametresi iyileşmektedir. Temel model ile sadece baffle kullanılan model kıyaslandığında konuşma anlaşılabilirliğinin baffle kullanılan modelde 0,02 puan daha iyi olduğu görülebilir. Bunun sebebi baffle kullanımı ile m² bazında aynı alanda sağlanan emicilik miktarının artmasıdır. Bu fark dinleme testi ile de değerlendirilecektir.

Ölçümdeki en başarılı STI sonucu yüksek emici baffle ve çok yüksek emici yan yüzey uygulaması ile elde edilmiştir. 0,55 değeri ile ORTA seviyede bir STI değeri elde edilmiştir.

3.2.2.3. Sadece Asma Tavan ve Sadece Yan Yüzey Uygulaması Modelleri:

Bu ölçümde amaç konuşma iletiminde tavan malzemelerinin mi yan yüzey malzemelerinin mi daha etkin rol üstlendiğinin görülmesidir. Elde edilen veriler tablo 41'dedir.

Model	Malzemeler		STI
	Yan Yüzeyler	Tavan	
Temel Model	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 6	0,39
Sadece Duvar	Duvar Malzeme 2	Sıva + Boya	0,45
Sadece Tavan	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 10	0,50

Tablo 30. Sadece tavan ve sadece yan yüzey uygulamalarının STI üzerindeki etkileri

Tablodan görülebileceği üzere her iki uygulama da ORTA seviyede STI değerine sahiptir. Sadece duvar uygulaması sadece tavan uygulamasına göre daha kötü bir STI performansına sahiptir. Bunun sebebi iki uygulama arasındaki gürültü seviyesi ve yansışım süresi farklılıkları olarak yorumlanabilir. Sadece duvar uygulamasına ait nesnel veriler, bu uygulamanın diğerine göre 1,9 dB SPL daha gürültülü olduğunu göstermektedir. Yansışım süreleri de 500 Hz ve 1 kHz de sırasıyla 0,21 ms ve 0,15 ms

daha fazladır. Bu nedenle sadece duvar modeli daha kötü bir STI değeri vermektedir. Bu sonucun algısal farklılıkları dinleme testinde sınanacaktır.

3.2.2.4. Asma Tavan + Yan Yüzey Uygulaması Modelleri:

Model	Malzemeler		STI
	Yan Yüzeyler	Tavan	
Temel Model	Sıva + Boya	Tavan Malzeme 6	0,39
Model 1	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 9	0,57
Model 2	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 9	0,59
Model 3	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 9	0,58
Model 4	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 10	0,59
Model 5	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 10	0,60
Model 6	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 10	0,59
Model 7	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 8	0,58
Model 8	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 8	0,59
Model 9	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 8	0,58
Model 10	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 6	0,53

Tablo 31. Asma tavan ve yan yüzey uygulamalarının STI üzerindeki etkileri

Bu ölçüm gürültü kontrolünde en yüksek emicilikteki malzemelerin mekan yüzeylerinin izin verdiği en yoğun şekilde kullanımının STI değerlerini nasıl değiştirdiğini görmek için yapılmıştır. Bu aynı zamanda en iyi gürültü seviyesi düşüşünün sağlandığı uygulamadır.

Buradaki verilere en iyi tasarım ile en kötü tasarım arasındaki fark 0,07 puandır. En iyi STI sonucu 0,60 ile Model 5'e aittir. 0,60 STI değeri sınıflandırmada

İYİ (good) kategorisine girmektedir. Bu sonuç bu mekan için elde edilebilen en iyi konuşma anlaşılabilirliği sonucudur.

3.2.2.5. Asma Tavan + Duvar Paneli ve Yan Yüzey Uygulaması Modelleri:

Model	Malzemeler			STI
	Yan Yüzeyler	Panel	Tavan	
Temel Model	Sıva + Boya	Yok	Tavan Malzeme 6	0,39
Model 1	Sıva + Boya	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 6	0,44
Model 2	Sıva + Boya	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 6	0,44
Model 3	Sıva + Boya	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 6	0,43
Model 4	Duvar Malzeme 3	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 10	0,58
Model 5	Duvar Malzeme 2	Duvar Malzeme 3	Tavan Malzeme 10	0,58
Model 6	Duvar Malzeme 1	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 10	0,58
Model 7	Duvar Malzeme 2	Duvar Malzeme 1	Tavan Malzeme 10	0,58
Model 8	Sıva + Boya	Duvar Malzeme 2	Tavan Malzeme 10	0,53

Tablo 32. Asma tavan, duvar paneli ve kalan yan yüzeylerde farklı uygulamaların STI üzerindeki etkileri

Bu ölçüm duvar paneli, asma tavan ve panel haricindeki yan yüzeylerde yapılan farklı uygulamalar arasındaki farkları görmek için yapılmıştır. Model 4 ve 7 arasındaki tüm modeller aynı STI sonucu vermiştir. 0,58 seviyesindeki bu değer ORTA seviyede konuşma anlaşılabilirliğine karşılık gelmektedir. Bu modellerin gürültü seviyesi ölçümleri de 58,8 dB ile aynıdır. Yansıma süreleri ise 500 Hz – 1 kHz bantlarında $\pm 0,01 - 0,03$ sn arasında değişmektedir ve bu göz ardı edilebilecek seviyede bir değişimdir.

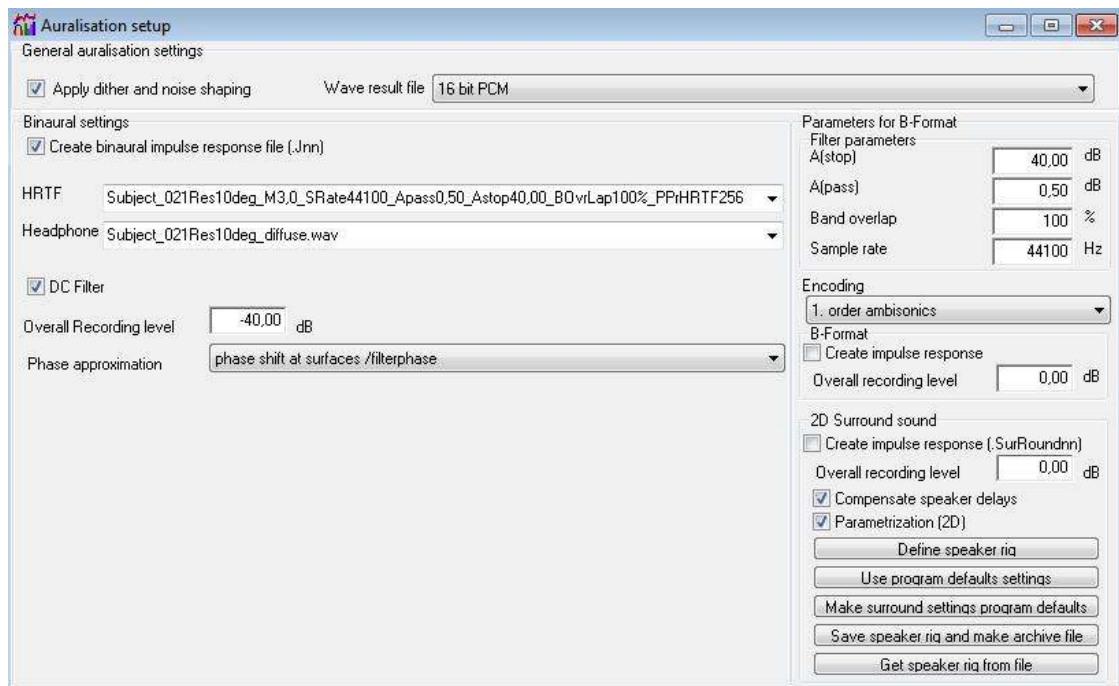
Yan yüzeylerde panel harici alanlar sıva olarak bırakıldığında en emici malzemeler kullanıldığında bile (Model 8) ancak 0,53 STI değeri elde edilebilmektedir.

Bu ölçümlerden elde edilen sonuçlardan bazıları dinleme testinde diğer tasarımlarla kıyaslanacaktır.

3.2.3. Evrişimli (Convolution) Ses Örneklerinin Hazırlanması:

Deney aşamasının son basamağını, dinleme testlerinde kullanılmak üzere yapılan tasarımlara ait evrişim ses örneklerinin hazırlanması oluşturmaktadır. Elde edilen ses örnekleri, yapılan simulasyonların uygulanmaları halinde ortamda ne gibi bir duyuluma sahip olacağına ilişkin bir öngörüye sahip olmayı sağlamaktadır. Bu örnekler modellerde belirlenen kaynak noktalarından yayılan seslerin, kullanılan emici malzemelere göre alıcı noktasında bir temsiliyi yaratmaktadır. Bu sebeple ortamdaki ses basınç seviyesi, yansıma süresi ve konuşma anlaşılabilirliği değişimlerini de yansıtmaktadırlar.

Evrişim dosyalarının hazırlanmasından önce ODEON’da evrişim dosyalarının nasıl hazırlanacağını belirleyen “*auralisation setup*” ayarları yapılmıştır. Bu penceredeki ayarlar Şekil 24’te görülmektedir.



Şekil 24. Evrişim örnekleri için ODEON’da kullanılan *auralisation* ayarları

Evrişim örnekleri için ODEON kütüphanesinden ve McGill Üniversitesinin Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü bünyesindeki Telekomünikasyon ve Sinyal İşleme Laboratuvarı tarafından yapılan “TSP Speech Database” kayıtlarından alınmış yansız (anechoic) konuşma kayıtları kullanılmıştır. Bu kayıtlar acil serviste modellenen “insan” kaynakların her birinde başka bir kişiye ait ses kullanılacak şekilde düzenlenmiştir. Buna ek olarak acil servisteki cihazların seslerinin modellenmesi için dijital ortamda yansız alarm sesi üretilmiş ve cihazlara ait kaynakların evrişiminde bu ses kullanılmıştır.

Kullanılacak yansız sesler hazırlandıktan sonra deney aşamasında gerçekleştirilmiş her tasarım için bağımsız evrişim projeleri oluşturulmuştur. Bu projelerde ODEON’daki görev ekranında alıcı noktası için (Alıcı 4 - Hemşire) tüm kaynaklar için bağımsız görevler tanımlanmıştır. Dolayısı toplam 46 kaynak için 46 ayrı görev tanımlanmıştır. Bu görevlerin her birinde 46 kaynaktan sadece birisi aktiftir.

Daha sonra tüm kaynaklar için ODEON’un evrişim hazırlama penceresinden yansız ses dosyalarının kaynaklara atanmaları gerçekleştirilmiştir. Tüm cihazlar için aynı yansız alarm sesi, tüm insanlar için ise ayrı birer yansız konuşma sesi atanmıştır.

Tüm görevlerde Alıcı 4 (Hemşire) 2m uzağında yer alan kaynağa (doktor) doğru yönlendirilmiştir çünkü senaryo gereği arkaplan gürültüsü varken doktorun söylediklerini dinleyen bir hemşirenin kulağına konuşmanın ne kadar anlaşılır bir şekilde ulaştığı değerlendirilmektedir.

Bu görevlerin tüm evrişim modellerinde ölçtürülmelerinin ardından kaynakların Alıcı 4 (hemşire) noktasındaki evrişimli ses örnekleri model başına toplam 46 ses örneği olacak şekilde elde edilmiştir. Bundan sonra Alıcı 4 (hemşire) noktasındaki algılanan toplam sinyalin elde edilmesi için ODEON’da evrişim sinyallerini mixlemeyi sağlayan araç kullanılmış ve 46 kaynak sinyali birleştirilmiştir. Sinyaller birleştirilirken sinyallere rastgele gecikmeler (*delay*) verilerek tüm kaynakların aynı anda aktifleşmesi önlenmiştir.

3.3. Dinleme Testi:

Nesnel veriler ile algısal tercihler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi için, ODEON modellerinden elde edilen evrişimli ses örnekleri kullanılarak bir dinleme testi gerçekleştirilmiştir. Dinleme testi için D.E.U, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü bünyesinden 18'i erkek, 2'si kadın olmak üzere 20 kişilik bir katılımcı grubu oluşturulmuştur.

Dinleme testinin gerçekleştirildiği mekan Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü ses kayıt stüdyosudur. Bu şekilde katılımcıların arka plan gürültülerinin etkisinden uzak, ses yalıtımlı bir ortamda bulunmaları sağlanmıştır. Dinleme testine katılımcılar teker teker alınmışlardır.

Evrişimli ses örnekleri katılımcılara yüksek kalitede bir hi-fi dinleme testi kulaklığı kullanılarak dinletilmiştir. Kulaklık ses seviyeleri için Bech ve Zacharov tarafından önerilen (2006: 284) “en konforlu dinleme seviyesi (*most comfortable listening level – MCL*)” ilkesine uyulmuştur. Bu ilkeye göre 25 – 30 yaş aralığındaki kişilerin en konforlu dinleme seviyesi olarak alınabilecek 57 dBSPL seviyesi kabul edilmiştir (Bech, Zacharov, 2006: 284). Kulaklıkların seviyeleri yakın dinleme monitörlerinden 57 dBSPL seviyesinde ölçüm cihazı ile kontrol edilerek seslendirilen referans sinyal ile karşılaştırılarak, öznel olarak ayarlanmıştır. Tüm kullanıcılar için kulaklık ses seviyeleri aynı sabit tutulmuştur.

Örnekler katılımcılara 7 aşamalı bir dinleme testi ile dinletilmiştir. Bu aşamalardan ilk ikisinde katılımcılardan iki örnek arasında bir tercih yapmaları istenmiştir. Üçüncü aşamada dört farklı örneği beşli ölçekte (kötü, zayıf, orta, iyi ve çok iyi) değerlendirmeleri istenmiştir. Dördüncü aşamada katılımcılardan üç farklı örneği kötü, orta, iyi şeklinde değerlendirmeleri istenmiştir. Beşinci aşamada ise dört farklı örneği kötü, orta, iyi ve en iyi şeklinde değerlendirmeleri istenmiştir. Altıncı aşamada katılımcılardan beş farklı örneği konuşma anlaşılabilirliği açısından “yeterli” ve “yetersiz” şeklinde değerlendirmeleri istenmiştir. Son aşamada ise katılımcılardan her birinde üçer örnek bulunan üç gruptaki örnekleri kötü, orta, iyi şeklinde sınıflandırmaları istenmiştir. Dinleme testi sonuçları bir sonraki bölümde değerlendirilecektir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

DEĞERLENDİRME

4.1. Dinleme Testi Verilerinin Değerlendirmesi:

4.1.1. Birinci Aşama: Asma Tavan ve Tavan Baffle Uygulamalarının Değerlendirilmesi:

Tavan uygulamaları, oda akustiği çalışmalarında en çok uygulanan tasarım yöntemlerinin başında gelmektedir. Asma tavanlarda kullanılan paneller ve bu panellerin emicilik özellikleri ile de oda akustiği tasarımlarında belirgin değişiklikler sağlanabilir. Bu sayede RT kontrolü sağlanırken ortam gürültüsüne ait ses basınç seviyelerinde düşüş sağlamak ve konuşma anlaşılabilirliğini iyileştirmek mümkündür.

Yukarıdaki sebeplere bağlı olarak dinleme testinin ilk aşamasında değerlendirilmek istenen, acil servis özelinde tavan uygulamalarının konuşma anlaşılabilirliği ve gürültü seviyeleri üzerindeki etkilerini görmekti. Bu değerlendirme için öncelikle şu anda acil serviste var olan ve herhangi bir akustik müdahale olmayan temel model alınmış ve bu modele “Model 1” adı verilmiştir. Karşılaştırma yapmak için tasarlanan ikinci modelde ise temel modelin tavanındaki asma tavan sisteminin yerine aynı akustik özelliklere sahip baffle tavan yerleştirilmiş ve “Model 2” olarak tanımlanmıştır.

Model 1’in tavanında şu anda serviste kullanılan 0,60α ortalama emiciliğe sahip, ISO 11654 standardına göre (1997), ses emicilik sınıfı C (Yüksek emici) olan malzeme kullanılmıştır. Bu malzemenin kapladığı toplam alan 668 m² olmuştur. Model 2’de ise aynı akustik özelliklere sahip, 436,5 x 2 = 873 m² emici yüzeye sahip, baffle sistemi kullanılmıştır. Kullanılan baffle panellerinin ebatları malzeme üreticisi tarafından belirlenen 120 cm x 60 cm ve 180 cm x 60 cm şeklinde belirlenmiştir. Bafflelar arası uzaklıklar 80 cm olacak şekilde tüm tavana uygulanmıştır.

Bu modeller kullanılarak ODEON’da yapılan ölçüm ve dinleme testinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Model	Yüzeyler ve Malzemeler	STI	EDT	SPL	Tercih Eden Katılımcı Sayısı
1	Asma Tavan (0,60 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,39	0,86 – 0,86	65,3	2
2	Baffle Tavan (0,60 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,41	0,88 – 0,89	64,2	18

Tablo 33. Asma tavan ve tavan baffle uygulamalarının değerlendirilmesi

Bu dinleme testi sonucunda teste katılan 20 katılımcının 18'inin sadece tavan müdahalesi olan modeller arasında baffle tasarımını tercih ettiği görülmektedir.

Baffle paneller dikey durmaları ile ilişkili olarak iki yüzeyleri (ön ve arka) ile emiciliğe katkı sağlamaktadırlar ve emici yüzey alanları asma tavana göre 200m² civarında daha fazladır. Bu sayede STI değeri 0,02 puan gibi göz ardı edilebilecek bir miktarda artmış ve gürültü seviyesi 1,1 dB düşmüştür. Bu değerler çok küçük ve teorik çalışmalarda göz ardı edilebilecek değerler olarak düşünülebilir. Ancak dinleme testinden elde edilen veriler göstermektedir ki işitsel olarak hiç de önemsiz değildirler. Bu test sonucunda görülmüştür ki 0,02 puanlık bir konuşma anlaşılabilirliği iyileşmesi, konuşma anlaşılabilirliğinin “zayıf” olarak tanımlandığı 0,3 – 0,45 değer aralığında önemli bir algısal etkiye sahiptir.

4.1.2. İkinci Aşama: Emici Asma Tavan – Emici Yan Yüzey Uygulaması Modellerinin Değerlendirilmesi:

Oda akustiği tasarımlarında önemli müdahale alanlarından biride yan yüzeylerdir. Oda yan yüzeylerine yerleştirilen akustik malzemeler ile emicilik değişimleri, oda modlarının kontrolü, RT kontrolü, odanın frekans cevabının değişimi, odadaki ses yayılımının yayıcı malzemelerle kontrolü, odalar arası ses geçişinin önlenmesi, ses izolasyonu vb. gibi çok sayıda akustik uygulamalar yapılabilmektedir. Kapladıkları toplam yüzey alanı olarak çoğunlukla tavan ve zemine göre daha fazla alan kaplayan yan yüzeyler, akustik tasarımlarda ilk ele alınan yüzeylerdir.

Bu sebeple dinleme testinin ikinci aşamasında, sadece asma tavanda akustik müdahale yapılan “Model 1” ve sadece yan yüzeylere yerleştirilen emici paneller ile

akustik müdahale yapılan “Model 2” arasında bir tercih yapılması istenmiştir. Her iki modelde de 0,95 α ortalama emiciliğe sahip, ses emicilik sınıfı A (Aşırı derecede emici) olan malzemeler kullanılmıştır. Tavan malzemesinin toplam alanı 668 m², yan yüzey malzemesinin toplam alanı ise 926 m²’dir. Yan yüzey malzemesi kapılar, dolaplar vb. alanlar hariç tüm duvar yüzeylerini kaplayacak şekilde uygulanmıştır.

Model	Yüzeyler ve Malzemeler	STI	EDT	SPL	Tercih Eden Katılımcı Sayısı
1	Tavan Sıva Duvarlar (0,95 α)	0,45	0,83 – 0,80	63,5	19
2	Asma Tavan (0,95 α) Duvarlar Sıva	0,50	0,54 – 0,57	61,6	1

Tablo 34. Emici asma tavan – emici yan yüzey uygulaması modellerinin değerlendirilmesi

Bu dinleme testinin sonucunda nesnel STI ve SPL değerlerinin öznel olarak farklı karşılıklar bulabileceğine yönelik bir sonuç elde edilmiştir. Testin sonucunda 20 katılımcıdan 19’u nesnel verileri itibarı ile daha kötü sonuçlar veren birinci modeli daha iyi bulduklarını belirtmişlerdir. Bu modelin STI değeri ikinci modele göre 0,05 puan daha düşüktür. SPL değeri de diğer modele göre 2 dB daha fazladır. Yani nesnel verilerle yorumlandığında bu model hem daha fazla gürültüye sahiptir, hem de daha düşük konuşma anlaşılabilirliği verileri vermektedir. Bu modelin ikinci modele göre tek artışı 268 m² daha fazla emici yüzey alanına sahip olmasıdır.

Her iki modelin de konuşma anlaşılabilirliği değerleri literatürde “orta” olarak tanımlanmış 0,45 – 0,6 değer aralığında ölçülmüştür. Tercih edilen modelin konuşma anlaşılabilirliği verisi ise bu aralığın taban değeri olan 0,45’e denk gelmektedir. Katılımcıların emici asma tavan bulunan 0,50 STI değerine sahip olan tasarımı değil de ilk tasarımı tercih etmeleri yan yüzeylerde yapılacak akustik müdahalelerin konuşma anlaşılabilirliği üzerinde öznel olarak belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir.

4.1.3. Üçüncü Aşama: Tüm Tasarımlarda En Yüksek Konuşma Anlaşılabilirliğine Sahip Örneklerin Değerlendirilmesi:

Bu dinleme testi tezin deney aşamasında yapılan akustik tasarım önerileri arasında en yüksek konuşma anlaşılabilirliği ve gürültü indirgemesi sağlanan modellerin değerlendirilmesine yönelik bir testtir.

Model 1 olarak tanımlanan modelde asma tavan ve tüm duvarlar boyunca devam eden 1m boyunda yüksek emicilik katsayısına sahip duvar paneli kullanılmıştır. Tavan ve duvar paneli malzemeleri 0,95 α ortalama emiciliğe sahip, ses emicilik sınıfı A (Aşırı derecede emici) olan malzemelerdir.

Model 2’de ise sadece tavanda akustik iyileştirme bulunan modeller arasında en iyi sonucu veren tasarım bulunmaktadır. Bu tasarımda var olan 0,60 α emicilik değerindeki asma tavan yerine 0,95 α emicilik değerine sahip bir tavan malzemesi kullanılmıştır. Bu tavan malzemesi 0,95 α ortalama emiciliğe sahip, ses emicilik sınıfı A (Aşırı derecede emici) olan bir malzemedir.

Model 3, hem tavanda hem yan yüzeylerde çok yüksek emiciliğe sahip malzemelerin kullanıldığı modeldir. Duvarlarda kullanılan emici malzeme kapılar, dolap kapakları gibi yüzeyler haricinde tüm duvar yüzeylerine uygulanmıştır. Tavan ve yan yüzey malzemeleri 0,95 α ortalama emiciliğe sahip, ses emicilik sınıfı A (Aşırı derecede emici) olan malzemelerdir. Bu model, tüm modeller arasında en düşük gürültü seviyesini ve en yüksek STI değerini veren model olmuştur.

Model 4, yan yüzeylerin çok yüksek emici malzeme ile kaplandığı ancak tavanın emiciliğinin değiştirilmediği tasarımların en iyisidir. Acil serviste şu anda var olan tavan malzemesine ilave olarak çok yüksek emiciliğe sahip yan yüzey malzemesi kullanılmıştır. Duvarlarda kullanılan emici malzeme kapılar, dolap kapakları gibi yüzeyler haricinde tüm duvar yüzeylerine uygulanmıştır. Tavan malzemesi 0,60 α ortalama emiciliğe sahip, ses emicilik sınıfı C (yüksek seviyede emici) olan bir malzemedir. Yan yüzey malzemesi ise 0,95 α ortalama emiciliğe sahiptir ve ses emicilik sınıfı A’dır (Aşırı derecede emici).

Katılımcılardan dinledikleri örnekleri kötü (1 puan), zayıf (2 puan), orta (3 puan), iyi (4 puan) ve çok iyi (5 puan) seçeneklerinden birini işaretleyerek değerlendirmeleri istenmiştir. Bu test ile hangi tasarımda en iyi gürültü kontrolünün ve konuşma anlaşılabilirliğinin sağlandığının öznel olarak karşılık bulup bulmadığının tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

Model	Yüzeyler ve Malzemeler	STI	EDT	SPL	Değerlendirme				
					Kötü	Zayıf	Orta	İyi	Çok İyi
1	Asma Tavan (0,95 α) 1m Panel Duvar (0,95 α)	0,53	0,43-0,46	60,3	1	7	8	2	2
2	Asma Tavan (0,95 α) Duvar Sıva	0,50	0,54-0,57	61,6	6	9	5		
3	Asma Tavan (0,95 α) Duvar (0,95 α)	0,60	0,20-0,22	58,4		1	4	10	5
4	Asma Tavan (0,60 α) Duvar (0,95 α)	0,53	0,31-0,28	60,6		1	6	11	2

Tablo 35. Tüm tasarımlarda en yüksek konuşma anlaşılabilirliğine sahip örneklerin değerlendirilmesi

Dinleme testinin bu aşaması için istatistiksel analize başvurulmuştur. Öncelikle istatistiksel olarak beğenilme düzeyinin anlamlı olup olmadığını görmek için Friedman Testi yapılmış ve farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Daha sonra Wilcoxon Signed Rank Test analizi ile örnekler ikili gruplar halinde karşılaştırılmıştır. Analizden elde edilen veriler ışığında ikinci model en düşük, üçüncü model en yüksek beğeniye sahip olan modeller olarak tanımlanmıştır. Üçüncü ve dördüncü modeller arasındaki ilişki yaklaşık sonuçlar sebebiyle istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Katılımcıların en kötü olarak nitelendirdikleri tasarım nesnel verilerine bakıldığında da en kötü değerlere sahip olan 2. Modeldir. Katılımcılardan altısı bu modeldeki konuşma anlaşılabilirliği ve gürültü seviyelerini kötü, dokuzu zayıf, beşi ise orta olarak tanımlamıştır. Katılımcıların diğer modellere kıyasla yaptıkları değerlendirmelere göre bu model 1,95 aritmetik ortalama ile “kötü” akustik başarı gösteren model olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların değerlendirmelerine göre, kötüden iyiye doğru sıralamadaki bir sonraki model “Model 1” dir. Bu modeli katılımcılardan birisi kötü, yedisi zayıf, sekizi orta, ikisi iyi, ikisi ise çok iyi olarak tanımlamıştır. Model için yapılan değerlendirmelerin aritmetik ortalaması 2,85’tir. Bu değer bu modelin “zayıf” akustik başarıya sahip olduğunu göstermektedir.

Değerlendirmeler sonucu daha iyi bir duyuma sahip olduğu belirlenen sıradaki model “Model 4” tür. Bu modeli bir katılımcı zayıf, altı katılımcı orta, on bir katılımcı iyi, iki katılımcı ise çok iyi olarak değerlendirmiştir. Katılımcıların değerlendirmelerinin ortalaması 3,7’dir. Bu değere göre bu model “orta” akustik başarıya sahiptir.

Dinleme testinin üçüncü aşamasında en iyi değerlendirmeye sahip model “Model 3” olmuştur. Bu modeli katılımcılardan biri zayıf, dördü orta, onu iyi, beşi ise çok iyi olarak tanımlamıştır. Bu değerlendirmelerin ortalaması 3,95’tir. Bu ortalama ile model “orta” seviyede notlandırılmıştır.

4.1.4. Dördüncü Aşama: Aynı Konuşma Anlaşılabilirliği Verilerine Sahip Üç Modelin Değerlendirilmesi:

Bu testte katılımcılardan farklı tasarımlara ancak aynı konuşma anlaşılabilirliğine sahip modelleri karşılaştırmaları ve bunlar arasında iyi, orta ve kötü sınıflandırması yapmaları istenmiştir.

Model 1 tavanda 0,60 (C sınıfı) emicilik katsayısına sahip baffle uygulamasına sahiptir. Yan yüzeylerde herhangi bir akustik müdahale yapılmamıştır.

Model 2’de tavanda 0,60 (C sınıfı) emicilik katsayısına sahip asma tavan, yan yüzeylerde ise 0,90 (A sınıfı) emicilik katsayısına sahip 1m boyunda duvar paneli yerleşimi vardır. Panel haricinde yan yüzeylerde kalan alanlarda herhangi bir akustik müdahale bulunmamaktadır.

Model 3’de ise tavan 0,70 (B sınıfı) emicilik katsayısına sahip asma tavan malzemesi ile kaplanmıştır. Duvarlarda ise herhangi bir akustik müdahale bulunmamaktadır.

Bu bilgiler ışığında katılımcıların bu dinleme testinde modeller için yaptıkları değerlendirmeler aşağıdaki gibidir.

Model	Yüzeyler ve Malzemeler	STI	EDT	SPL	Değerlendirmeler		
					Kötü	Orta	İyi
1	Baffle Tavan (0,60 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,41	0,88 - 0,89	64,2	15	1	4
2	Asma Tavan (0,60 α) 1m Panel Duvar (0,90 α)	0,43	0,62 - 0,64	63,4	3	3	14
3	Asma Tavan (0,70 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,43	0,73 - 0,67	63,7	2	16	2

Tablo 36. Aynı konuşma anlaşılabilirliği verilerine sahip modellerin değerlendirilmesi

Buradan elde edilen verilere göre dinleme testinin ilk aşamasında aynı emicilik katsayılarına sahip malzemeler kullanılması durumunda tercih edilen tasarım olan baffle tasarımı, emicilik katsayıları değerlendirilirken kötü olarak tanımlanmıştır. Katılımcıların on beşi bu modeli kötü, biri orta, dördü ise iyi olarak değerlendirmiştir.

Birinci ve üçüncü model karşılaştırıldığında emicilik katsayısı 0,1 puan artmaktadır. Bu durum daha az emici yüzey alanına sahip olan model 3'ün tercih edilmesi için yeterli olmuştur. Bu model katılımcıların büyük çoğunluğu tarafından “orta” kalitede tanımlanan model olmuştur. Katılımcıların ikisi bu modeli kötü, on altısı orta, ikisi ise iyi olarak nitelendirmiştir. Bu modelde de herhangi bir yan yüzey uygulaması bulunmamaktadır. Birinci modele göre daha yüksek emicilikte asma tavan uygulaması olması dolayısı ile daha iyi STI verileri vermektedir.

İkinci model katılımcılar tarafından “iyi” olarak tanımlanan model olmuştur. Katılımcıların on dördü ikinci modeli iyi, üçü orta, üçü ise kötü olarak değerlendirmiştir. Modelden elde edilen sonuçlar üçüncü model ile çok yakındır. Ancak katılımcıların büyük çoğunluğu bu modeli daha başarılı olarak değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirme, yan yüzeylerde yapılan akustik müdahalelerin, konuşma anlaşılabilirliği üzerinde herhangi bir müdahale olmayan tasarımlara kıyasla daha etkili olduğunu desteklemektedir.

4.1.5. Beşinci Aşama: Farklı Tasarımlara ve Çok Yakın Konuşma Anlaşılabilirliğine Sahip Modellerin Değerlendirilmesi:

Bu testte katılımcılardan modeller arasında aynı akustik performans gösteren tasarımları birbirleri ile kıyaslamaları ve sınıflandırma yapmaları istenmiştir.

Birinci modelde 0,90 (A sınıfı) emiciliğe sahip asma tavan uygulaması ve 0,95 (A sınıfı) emiciliğe sahip yan yüzey uygulaması vardır.

İkinci modelde 0,95 (A sınıfı) emiciliğe sahip asma tavan uygulaması ve 0,95 (A sınıfı) emiciliğe sahip 1m boyunda duvar paneli uygulaması vardır. Duvarlarda panel haricindeki yüzeylerde herhangi bir müdahale bulunmamaktadır.

Üçüncü modelde 0,95 (A sınıfı) emiciliğe sahip asma tavan uygulaması vardır. Yan yüzeylerde ise herhangi bir emici malzeme kullanılmamıştır.

Dördüncü modelde 0,60 (C sınıfı) emiciliğe sahip asma tavan uygulamasıyla beraber 0,95 (A sınıfı) emiciliğe sahip yan yüzey uygulaması bulunmaktadır.

Katılımcıların bu modeller için yaptıkları değerlendirmeler aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Model	Yüzey ve Malzemeler	STI	EDT	SPL	Değerlendirmeler			
					Kötü	Orta	İyi	En İyi
1	Baffle Tavan (0,90 α) Duvar (0,95 α)	0,54	0,41 – 0,41	60	1	5	11	3
2	Asma Tavan (0,95 α) 1m Panel Duvar (0,95 α)	0,53	0,43 – 0,46	60,3	3	10	7	
3	Asma Tavan (0,95 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,50	0,54 – 0,57	61,6	16	4		
4	Asma Tavan (0,60 α) Duvar (0,95 α)	0,53	0,31 – 0,28	60,6		1	2	17

Tablo 37. Farklı tasarımlara ve çok yakın konuşma anlaşılabilirliğine sahip modellerin değerlendirilmesi:

Bu testte değerlendirilen en iyi model ile kötü model arasında yan yüzeylerin emici malzeme kaplı olması farkı vardır. Yan yüzeydeki uygulamalar panel ya da tüm yan yüzeylerin kaplanmasıyla algısal değerlendirmeleri olumlu yönde değiştirmektedir.

Aynı oranda yan yüzey emiciliği mevcutken baffle uygulamasının asma tavan uygulamasına göre daha iyi verilere sahipken iyi olarak notlandırılması 500 Hz ve 1 kHz’de yansıma sürelerinin daha uzun olması ile ilişkilendirilebilir.

Katılımcılardan on altısı üçüncü modeli “kötü” olarak değerlendirmiştir. Bu model için geriye kalan dört katılımcı ise orta değerlendirmesini yapmıştır. Bu model nesnel akustik verileri açısından dört model arasında en başarısız olanıdır. Bu sebeple katılımcıların öznel algıya bağlı değerlendirmeleri akustik verilerle örtüşmektedir.

Katılımcıların çoğunluğunun “orta” kalitede değerlendirdikleri model iki numaralı modeldir. Katılımcılardan onu bu model için orta, üçü kötü, yedisi ise iyi değerlendirmesi yapmışlardır.

Katılımcıların çoğunluğunun “iyi” olarak değerlendirdikleri model birinci model olmuştur. Tavanda baffle uygulaması olan bu model testin bu aşamasında dinletilen modeller arasında yüzeylerde yüksek emicilik katsayısına, en düşük SPL seviyesine ve en yüksek STI değerine sahip olan modeldir. Buna rağmen katılımcıların on biri bu modeli iyi, üçü en iyi olarak tanımlarken biri kötü, beşi ise orta olarak tanımlamışlardır. Bu sonuçların anlamlılığı açısından önemli bir değerlendirmedir.

Bu dinleme testinde katılımcılar tarafından “en iyi” olarak belirlenen model dördüncü modeldir. Katılımcıların on yedisi yani büyük çoğunluğu bu modeli en iyi, ikisi iyi, biri ise orta olarak değerlendirmiştir. Modelin en iyi akustik verilere sahip birinci modelden en belirgin farkı asma tavan kullanılan bir model olmasıdır. Kullanılan asma tavanın emicilik katsayısı 0,60 (C sınıfı) olmasına rağmen elde edilen STI ve SPL değerleri birinci örneğe yakındır.

Bu test sonucunda yapılabilecek en önemli değerlendirme asma tavan ve yan yüzey uygulamalarının, baffle ve yan yüzey uygulamalarına göre daha tercih edilen uygulamalar olduğudur. Bu sonuç aynı zamanda ilk dinleme testinde katılımcıların yan yüzeyler çıplakken baffle uygulamasını tercih ettikleri durumla arasındaki en belirgin farktır. Bu testte de yan yüzey uygulaması bulunan modellerin algısal düzeyde nesnel

verilerden bağımsız değerlendirildiği ve öznel olarak daha iyi algılandığı doğrulanmıştır.

4.1.6. Altıncı Aşama: Farklı STI Değerlerine Sahip Modeller Arasında Yeterlilik Değerlendirmesi:

Dinleme testinin bu aşamasında katılımcılardan zayıf ve orta konuşma anlaşılabilirliğine sahip modeller arasında hangilerinin algısal olarak “yeterli”, hangilerinin “yetersiz” olduğunu belirtmeleri istenmiştir. Bunun için STI değerleri 0,39 ile 0,53 arasında değişen beş farklı tasarıma ait ses çıktıları dinletilmiştir.

Bu testte dinletilen birinci model tavanda 0,90 (A sınıfı) emicilik katsayısında asma tavan, yan yüzeylerde ise herhangi bir akustik müdahale bulunmayan modeldir.

İkinci model tavanda 0,60 (C sınıfı) emicilik katsayısına sahip asma tavan malzemesinin kullanıldığı, yan yüzeylerde ise herhangi bir akustik müdahale bulunmayan modeldir. Bu model acil servisin ölçüm anındaki reel durumunun modelidir.

Üçüncü modelde tavanda 0,60 (C sınıfı) emicilik katsayısına sahip asma tavan, yan yüzeylerin tamamında ise 0,90 (a sınıfı) emicilik katsayısında malzeme kullanılmıştır.

Dördüncü modelde yan yüzeylerde 1m boyunda 0,95 (A sınıfı) emicilik katsayısına sahip duvar paneli, tavanda ise 0,60 emicilikte (C sınıfı) asma tavan kullanılmıştır.

Beşinci modelde kullanılan malzemelerin kullanım alanları ve emicilik sınıfları üçüncü model ile aynıdır. Ancak duvarda kullanılan malzemelerin frekans bantlardaki emicilikleri üçüncü modeldeki duvar malzemesine göre daha fazladır.

Yukarıda özellikleri belirtilen modeller ile ilgili katılımcıların sınıflandırmaları aşağıdaki tablodaki gibi olmuştur.

Model	Yüzeyler ve Malzemeler	STI	EDT	SPL	Yanıtlar	
					Yeterli	Yetersiz
1	Asma Tavan (0,90 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,48	0,51 – 0,54	61,4	16	4
2	Asma Tavan (0,60 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,39	0,86 - 0,86	65,3		20
3	Asma Tavan (0,60 α) Duvar (0,90 α)	0,51	0,31 – 0,28	60,7	20	
4	Asma Tavan (0,60 α) 1m Panel Duvar (0,95 α)	0,44	0,62 – 0,64	63,4	3	17
5	Asma Tavan (0,60 α) Duvar (0,95 α)	0,53	0,31 – 0,28	60,6	19	1

Tablo 38. Farklı STI değerlerine sahip modeller arasında kabul edilebilirlik değerlendirmesi

Katılımcıların on altısı birinci modeli “yeterli”, dördü ise “yetersiz” olarak nitelendirmiştir.

Katılımcıların tamamı ikinci modelin “yetersiz” bir tasarım olduğunu belirtmişlerdir. Bu acil servisin şu anki akustik başarısının kabul edilemeyecek bir seviyede olduğunu göstermektedir.

Katılımcıların tamamı üçüncü modelin yeterli konuşma anlaşılabilirliğine sahip bir model olduğunu belirtmişlerdir.

Katılımcıların büyük çoğunluğunu oluşturan on yedi katılımcı dördüncü modeldeki konuşma anlaşılabilirliğini yetersiz olarak nitelendirmiş, üç kişi ise yeterli olduğunu belirtmiştir.

Katılımcıların biri hariç on dokuzu beşinci modeli konuşma anlaşılabilirliği açısından yeterli bulmuş, bir kişi yetersiz olduğunu belirtmiştir.

Testin bu aşamasında elde edilen sonuçlar ışığında şu önerme yapılabilir. Bu tez çalışmasının odak noktasında sahada ölçüm ve simulasyonla akustik tasarım ve değerlendirmeleri yapılan 9 Eylül Üniversitesi Hastanesi Acil Servis Birimi ve benzer büyüklükteki açık planlı alanlarda konuşma anlaşılabilirliği değerinin kabul edilebilir seviyelerde olması için 0,48 ve üzeri bir değerde olması gerekmektedir.

Bu değer tezin konuşma anlaşılabilirliği bölümünde, tablo 7’de IEC 60268-16 standardına göre belirtilen STI uygulama sınıflandırmaları arasında H ve G kategorilerinin arasındaki sınır değeridir. Standartta belirtilen H kategorisi basit mesajlar ve tanıdık içeriklerin aktarıldığı ortamlar için belirlenen konuşma anlaşılabilirliği sınıfıdır. G ise karmaşık mesajların tanıdık kelimelerle aktarıldığı alanlar için önerilen sınıftır. Bu sınıflandırmalara konu olan konuşma anlaşılabilirliği değerinin (0,48) altındaki değerler hastane ortamı gibi hayati öneme sahip mesajların aktarıldığı alanlarda çok yetersizdir. Ağırlıklı olarak tıbbi terimlerin ve gürültüsüz ortamda dahi kolayca anlaşılacak kelimelerin kullanıldığı bu gibi alanlarda yüksek konuşma anlaşılabilirliği ve düşük gürültü seviyelerinin sağlanması önem taşımaktadır.

4.1.7. Yedinci Aşama: Asma Tavan Müdahalesi Uygulamalarının Ortalama Emicilik Katsayılarına (α) Göre Değerlendirilmesi:

Dinleme testinin son aşamasında sadece asma tavan malzemelerinin değiştirilmesi ile yapılan akustik müdahalelerin değerlendirilmesi istenmiştir. Yan yüzeyler için malzeme yerleşimi yapılmamış, acil serviste şu an olduğu gibi sıva ve boya olarak bırakılmıştır. Bu test için üç farklı örnek grubu oluşturulmuştur. Her grupta ise üçer model bulunmaktadır.

Birinci gruba ait ilk model, 0,90 (A sınıfı) emicilik katsayısına sahip asma tavan uygulaması olan modeldir. İkinci modelde kullanılan tavan malzemesinin emicilik katsayısı 0,70 (B sınıfı)’dır. (Bu model aynı zamanda bir sonraki grup olan ikinci gruptaki en yüksek emiciliğe sahip modeldir.) Birinci gruptaki üçüncü model ise 0,95 (A sınıfı) emicilik katsayısına sahip asma tavan uygulamasına sahiptir.

İkinci gruptaki ilk model 0,50 (D sınıfı) emicilik katsayısına sahip modeldir. (Bu model aynı zamanda üçüncü gruptaki en yüksek emicilik katsayısına sahip modeldir.) İkinci model birinci gruptaki 0,70 (B sınıfı) emicilik katsayısına sahip model ile aynıdır. Üçüncü model ise 0,60 (D sınıfı) emiliğe sahip asma tavan uygulaması bulunan modeldir.

Üçüncü grupta ilk model yine 0,50 emiciliğe sahip, bir önceki grupta da kullanılan modeldir. İkinci model 0,35 (D sınıfı) emiciliğe sahip olan modeldir. Gruptaki son model ise 0,25 (E sınıfı) emiciliğe sahip olan modeldir.

Yukarıda görüldüğü üzere değerlendirilecek grupların her birinde yer alan en düşük emicilik katsayısına sahip model, bir sonraki grubun en yüksek emicilik katsayısına sahip olan modeldir. Bu şekilde gruplar arasında ilişki kurmayı sağlayacak ortak modeller olması sağlanmıştır. Bunun sebebi denekleri tek seferde çok sayıda örnek dinleme yükünden ve değerlendirme yaparken önceki örnekleri unutma ihtimalinden uzaklaştırmaktır.

	MODEL	Yüzeyler ve Malzemeler	STI	EDT	SPL	Yanıtlar		
						Kötü	Orta	İyi
Grup 1	1	Asma Tavan (0,90 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,48	0,51 – 0,54	61,4	1	7	12
	2	Asma Tavan (0,70 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,43	0,73 – 0,67	63,7	4	10	6
	3	Asma Tavan (0,95 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,50	0,54 – 0,57	61,6	15	3	2
Grup 2	1	Asma Tavan (0,50 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,38	0,83 – 0,71	65	10	9	1
	2	Asma Tavan (0,70 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,43	0,73 – 0,67	63,7		2	18
	3	Asma Tavan (0,60 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,39	0,86 – 0,86	65,3	10	9	1
Grup 3	1	Asma Tavan (0,50 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,38	0,83 – 0,71	65			20
	2	Asma Tavan (0,35 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,38	0,74 – 0,80	65,2		20	
	3	Asma Tavan (0,25 α) Duvarlar Sıva ve Boya	0,32	1,15 – 1,28	67,8	20		

Tablo 39. Asma tavan müdahalesi uygulamalarının ortalama emicilik katsayılarına (α) göre değerlendirilmesi

Birinci Grup

Birinci grubun dinleme testi sonuçlarına göre katılımcıların çoğunluğu olan on iki kişi birinci modeli “iyi” olarak tanımlamışlardır. Bunun yanında yedi katılımcı orta, bir katılımcı ise kötü değerlendirmesinde bulunmuştur.

İkinci model olan 0,70 emicilik katsayısına sahip model katılımcılardan onu tarafından orta, altısı tarafından iyi, dördü tarafından ise kötü olarak tanımlanmıştır. Bir sonraki grubun en yüksek emiciliğe sahip modeli de olan bu model dinleyiciler tarafından çok yüksek emiciliğe sahip modellerden birisi ile yaklaşık aynı performansı göstermiş, en yüksek emiciliğe sahip olan modelden daha tercih çok beğenilen bir model olmuştur.

Bu gruptaki en iyi emicilik performansına sahip üçüncü model beklenmedik bir şekilde katılımcıların on beşi tarafından kötü olarak tanımlanmıştır. Katılımcıların sadece iki tanesi bu modele iyi demiş, üçü ise orta değerlendirmesinde bulunmuşlardır.

İkinci Grup

İkinci grubun birinci modeli bu gruptaki en kötü emicilik katsayısına sahip olan modeldir. Bu modeli on kişi kötü, dokuz kişi orta bir kişi ise iyi olarak tanımlamıştır.

Bu gruptaki ikinci model grubun en emici malzemeye sahip olan modelidir. Bu modeli katılımcıların büyük çoğunluğu, on sekiz kişi iyi, geriye kalan iki kişi orta olarak değerlendirmiştir.

Grupa yer alan son modeli katılımcılar aynı birinci modelde olduğu gibi değerlendirmişlerdir. Bu modeli on kişi kötü, dokuz kişi orta bir kişi ise iyi olarak tanımlamıştır. Bu sonuç göstermektedir ki, katılımcılar ilk model ile son model arasında belirgin bir fark algılayamamışlardır.

Üçüncü Grup

Bu testteki son grup olan üçüncü grupta yer alan ilk model grupta en yüksek emiciliğe sahip olan modeldir. Bu modele tüm katılımcılar iyi değerlendirmesi yapmışlardır.

Grupta yer alan ikinci model grup içerisinde orta emiciliğe sahip olan modeldir. Katılımcıların tamamı bu modele orta notu vermişlerdir.

Gruptaki son model ise en az emiciliğe sahip olan modeldir. Katılımcıların tamamı bu modele kötü notu vermişlerdir.

Tüm gruplar göz önüne alındığında çıkarılabilecek sonuçlar şöyledir. Katılımcılar yetersiz emiciliği, dolayısı ile kötü konuşma anlaşılabilirlik değerlerini oldukça net algılayabilmektedirler. Üçüncü grupta tüm katılımcıların aynı değerlendirmeyi yapması bunun göstergesidir.

İkinci grupta en iyi performans veren tasarımı katılımcılar ayırt edebilmiş ancak daha kötü konuşma anlaşılabilirliğine sahip modeller arasında belirgin bir ayırım yapamamışlardır.

Katılımcıların birinci gruptaki modeller arasında katılımcıların nesnel verileri en iyi olan modele değil, bir sonra gelen modele yöneldikleri görülmektedir. Hatta önemli sayıda katılımcı bu grubun en kötü performans gösteren modeline orta ve iyi notu vermişlerdir.

SONUÇ

Bu tezin öncelikli amaçları olan DEÜ Tıp Fakültesi Hastanesi Acil Servis Biriminde gürültü azaltılması ve buna bağlı konuşma anlaşılabilirliğinin yükseltilmesi hedefleri, simulasyon ortamında tam olarak sağlanmıştır. Yapılan tasarım ve ölçümler sonucunda, acil servisteki gürültü seviyesi 65,3 dB(A) seviyesinden 58,3 seviyesine düşürülmüştür. Yansıma süresi değerleri ise 500 Hz ve 1 kHz’de, 0,86 saniyeden 0,19 ve 0,21 saniyeye inmiştir. Bu tasarım asma tavan ve yan yüzey tasarımlarından “Model 8” tasarımıdır (Bknz. Tablo 25).

Konuşma anlaşılabilirliği değerleri açısından şu anki durumda elde edilen 0,39 değeri simulasyonda elde edilebilen en yüksek değer olan 0,60 seviyesine yükseltilmiştir. Bu yükselme “zayıf” konuşma anlaşılabilirliğinden iki kademe yükselerek “iyi” konuşma anlaşılabilirliğine ulaşıldığını göstermektedir. Bu konuşma anlaşılabilirliği değerini veren tasarım asma tavan ve yan yüzey tasarımlarından “Model 5”’tir (Bknz. Tablo 31). Gürültü seviyesinde en iyi sonuçların alındığı tasarım olan “Model 8” tasarımının STI değeri ise 0,59 ile “Model 5”’e göz ardı edilebilecek bir seviyede yakındır.

Bu veriler çerçevesinde elde edilen teorik değerler açısından 3. bölümde detaylı olarak belirtilen tasarımlar acil servis birimine uygulanarak iyi bir STI, EDT ve SPL kontrolü sağlanabilir. Karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla “Model 8” ve “Model 5”’e ait veriler tablo 40’ta yer almaktadır.

Model	Malzemeler		STI	Gürültü Seviyesi (SPL)	EDT(sn)	
	Yan Yüzeyler	Tavan			500 Hz	1 kHz
Model 5	Duvar Malzeme 2 (0,95 alpha)	Tavan Malzeme 10 (0,95 alpha)	0,60	58,4	0,20	0,22
Model 8	Duvar Malzeme 2 (0,95 alpha)	Tavan Malzeme 8 (0,90 alpha)	0,59	58,3	0,19	0,21

Tablo 40. Nesnel verileri açısından en iyi akustik tasarıma sahip modeller

Ses örnekleri üzerinde gerçekleştirilen dinleme testleri, nesnel akustik parametrelerin algısal karşılıklarını ölçebilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ancak tez sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde nesnel parametreler ile algısal tercihler arasında farklılıklar olabildiği görülmüştür.

Dinleme testinin aşamalarının ölçümlerden elde edilen nesnel verilerle birlikte değerlendirmesi şu şekildedir.

Birinci Aşama:

“Asma tavan” ve “baffle tipi tavan” uygulamasında elde edilen STI ve EDT parametreleri birbirine çok yakın olmasına rağmen katılımcıların %90 gibi büyük çoğunluğu baffle tavan uygulamasının daha iyi olduğunu belirtmiştir. Nesnel verilere bakıldığında ise (bkz. Tablo 33) baffle tipi tavan uygulamasının daha başarılı olduğu değerlendirilebilir. Ancak farklar göz ardı edilebilecek seviyededir. Bu modellerde herhangi bir yan yüzey uygulamasının bulunmadığına dikkat edilmelidir.

İkinci Aşama:

“Sadece emici asma tavan uygulaması” bulunan model ile “sadece emici yan yüzey uygulaması” bulunan modelin karşılaştırmasında, nesnel veriler asma tavan uygulamasının daha başarılı olduğunu göstermektedir. İki modele ait nesnel veriler ve emici malzemelerin yüzey alanları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Model	Yüzeyler ve Malzemeler	STI	EDT	SPL	Malzemelerin Yüzey Alanları
1	Tavan Sıva Duvarlar (0,95 α)	0,45	0,83 – 0,80	63,5	926 m ²
2	Asma Tavan (0,95 α) Duvarlar Sıva	0,50	0,54 – 0,57	61,6	668 m ²

Tablo 41. Emici asma tavan – emici yan yüzey uygulaması modellerinin nesnel ölçüm verileri

Bu veriler ışığında daha yüksek emici alanına sahip modelin daha kötü nesnel veriler vermesi ancak, mekan formu ve kaynak alıcı konumlarının etkisi olarak değerlendirilebilir.

Katılımcıların %95'i dinleme testinin bu aşamasında "Model 1"'i, yani "sadece yan yüzey uygulaması" modelini tercih etmiştir. Bu model tüm nesnel verileri açısından diğer modele göre daha kötüdür. Ayrıca gürültü seviyesine ait SPL verisi de diğer modele göre 1,9 dB daha yüksektir. Katılımcıların emici asma tavan bulunan 0,50 STI değerine sahip olan tasarımı değil de ilk tasarımı tercih etmeleri yan yüzeylerde yapılacak akustik müdahalelerin, tavan müdahalelerine kıyasla öznel tercih sebebi olabileceğini göstermektedir.

Üçüncü Aşama:

Dinleme testinin üçüncü aşamasında katılımcılardan tüm tasarım seçenekleri arasında en yüksek konuşma anlaşılabilirliği değerleri elde edilen örnekler arasında değerlendirme yapmaları istenmiştir. Elde edilen veriler, asma tavan uygulamalarının yan yüzey uygulamaları ile desteklendiğinde algısal olarak daha iyi olarak yorumlandığını ortaya koymuştur. İstatistiksel analizle elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde ikinci model en düşük, üçüncü model en yüksek beğeniye sahip olan modeller olarak tanımlanmıştır. Üçüncü ve dördüncü modeller arasındaki ilişki yaklaşık sonuçlar sebebiyle istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Ancak bu iki modelin en yüksek değerlendirmelere sahip modeller oldukları tablo 35'de görülebilir.

Katılımcılar tarafından en kötü olarak değerlendirilen "model 2" nesnel verileri açısından da en başarısız modeldir.

İkinci kötü model duvar paneli bulunan Model 1'dir. Katılımcılar bu modeli "zayıf" olarak değerlendirmişlerdir.

Model 2 ve Model 1'in kıyaslanması sonucu çıkarılabilecek sonuç, aynı tavan emiciliği mevcutken, yan yüzeylere eklenecek 1m genişliğinde ve yerden 80 cm

yüksekliğindeki çok emici bir ahşap panelin, algısal tercihleri olumlu yönde değiştirdiğidir.

Katılımcılar kalan her iki modeli de “iyi” olarak tanımlamışlardır. Ancak üçüncü modelin “en iyi” model olduğunu belirten katılımcı sayısı beş, dördüncü modelin ise ikidir. Bu iki model arasındaki değerlendirmeler istatistiksel olarak anlamsız olsa da belirtilmeye değerdir.

Dinleme testinin bu aşamasındaki ilgi çekici sonuç Model 1 ve Model 4 arasındaki algısal farklılıktır. Tabloda bu iki modele ait veriler yer almaktadır.

Model	Yüzeyler ve Malzemeler	STI	EDT	SPL
1	Asma Tavan (0,95 α) 1m Panel Duvar (0,95 α)	0,53	0,43- 0,46	60,3
4	Asma Tavan (0,60 α) Duvar (0,95 α)	0,53	0,31- 0,28	60,6

Tablo 42. Dinleme testinin 3. Aşamasındaki Model 1 ve Model 4’e ait nesnel veriler

Katılımcılar dinleme testinde Model 4’ü daha iyi olarak değerlendirmişlerdir. Birinci modelde asma tavan çok emicidir. Duvarlarda ise 1m’lik çok emici panel uygulaması yapılmış, panel haricinde kalan duvar alanında bir malzeme uygulanmamıştır. İkinci modelde ise tüm duvarlar çok emici malzeme ile kaplıdır. Tavana ise diğer modele kıyasla daha az emiciliğe sahip bir malzeme uygulanmıştır. Bu iki model aynı STI değerlerine ve neredeyse aynı SPL değerlerine sahiptir. Ancak Model 4’ün 500 Hz ve 1 kHz EDT değerleri Model 1’e göre daha düşüktür. Bu katılımcı tercihlerini etkileyen faktör olarak yorumlanmıştır.

Dördüncü Aşama:

Katılımcılar bu aşamada aynı konuşma anlaşılabilirliği verilerine sahip modelleri karşılaştırmışlardır. Değerlendirdikleri örneklerden Model 2’yi “iyi” olarak tanımlamışlardır. Model 2 nesnel verileri açısından da bu örnek grubundaki en iyi

verilere sahiptir. Ayrıca bu modelde yan yüzeylerde 1m’lik emici panel uygulaması bulunmaktadır. Bunun da dinleyici tercihlerini etkilediği yorumu yapılmıştır.

“Kötü” olarak tanımlanan Model 1 ve “orta” olarak tanımlanan Model 3 arasında bazı farklar bulunmaktadır. Model 1 baffle tipi tavana ancak daha düşük emicilikte malzemeye sahiptir. Model 3 ise daha yüksek emicilikte asma tavan uygulamasıdır (Bknz. Tablo 36). Bu örnekler arasında Model 3 daha iyi olarak değerlendirilmiştir. İki model arasındaki gürültü seviyeleri algılanamayacak seviyededir. Modeller arasında 500 Hz ve 1 kHz bantlarındaki EDT farkının ise tercihleri etkilediği düşünülmektedir.

Model 2 ve Model 3 aynı STI ve yaklaşık SPL ve EDT değerlerine sahip iki modeldir. Ancak dinleyici tercihleri %70 oranında Model 2’yi tercih etmişlerdir. Buradan çıkan sonuç, daha yüksek emiciliğe sahip olsa da, sadece tavanda yapılan emici malzeme yerleşimlerinin yetersiz olduğudur.

Beşinci Aşama:

Katılımcılar bu aşamada farklı tasarımlara ait ve çok yakın konuşma anlaşılabilirliği değerleri veren örnekleri karşılaştırmışlardır (bknz. Tablo 37). Katılımcıların kötüden iyiye yaptıkları tercih sıralaması nesnel ölçümlerle çok büyük oranda örtüşmüştür. Model 1 ve Model 4 arasındaki nesnel veri farklılıkları ise göz ardı edilebilecek kadar küçüktür. Tablo 43’te bu iki modelin nesnel ölçüm verileri yer almaktadır.

Model	Yüzey ve Malzemeler	STI	EDT	SPL
1	Baffle Tavan (0,90 α) Duvar (0,95 α)	0,54	0,41 – 0,41	60
4	Asma Tavan (0,60 α) Duvar (0,95 α)	0,53	0,31 – 0,28	60,6

Tablo 43. Dinleme testinin 5. Aşamasındaki Model 1 ve Model 4’e ait nesnel veriler

Model 1 ve 4'te yan yüzeylerde aynı malzeme kullanılmıştır. Öte yandan Model 1'de A sınıfı emicilikte baffle tipi tavan (0,90 alpha), Model 4'te ise C sınıfı emicilikte asma tavan (0,60 alpha) uygulaması vardır. Katılımcıların Model 4'ü tercih etmeleri bu uygulamada 500 Hz ve 1 kHz bantlarındaki EDT seviyelerinin daha düşük olması ile ilişkilendirilebilir.

Altıncı Aşama:

Testin altıncı aşaması konuşma anlaşılabilirliğinin hangi STI seviyesinden itibaren “yeterli” olduğunu tespit etmek amaçlı gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada katılımcılar nesnel verilerle örtüşen tercihler yapmışlardır.

En kötü nesnel verilere sahip Model 2, diğer modellere kıyasla, tüm katılımcılar tarafından “yetersiz” olarak tanımlanmıştır. Bu model acil servisin şu anki durumuna ait tasarım olan “temel model”dir. STI değeri 0,39'dur.

Model 4'de nesnel verileri açısından en kötü ikinci tasarımdır. Bu tasarımın STI değeri 0,44'tür. Katılımcıların yüzde 85'i bu tasarımı konuşma anlaşılabilirliği açısından yetersiz bulmuştur.

Katılımcılar geriye kalan modellerde sırasıyla Model 1'i yüzde 80, Model 3'ü yüzde 100, Model 5'i ise yüzde 95 oranında yeterli bulmuşlardır.

Katılımcıların değerlendirmelerinden elde edilen sonuçlar çerçevesinde 0,48 STI değerinin ölçümü yapılan acil servis ortamı özelinde kabul edilebilir konuşma anlaşılabilirliği seviyeleri için sınır değer olduğudur. 0,48 STI, aynı zamanda IEC konuşma anlaşılabilirliği standardındaki H ve G kategorilerinin arasındaki sınır değeridir. H kategorisi basit mesajların ve tanıdık içeriklerin aktarıldığı alanlardaki konuşma anlaşılabilirliğidir. G kategorisi ise karmaşık mesajların tanıdık kelimelerle aktarılmasına imkan sağlayan alanlara ait konuşma anlaşılabilirliğini tanımlayan kategoridir (Bknz. Tablo 6). Sonuçlardan hareketle G kategorisi ve 0,48 STI, hastanelerde ve hastanelerin acil servis benzeri açık planlı alanlarında, tercih edilen minimum konuşma anlaşılabilirliği kategorisi olarak tanımlanmıştır.

Yedinci Aşama:

Dinleme testinin son aşamasında tavan malzemelerinin emicilik değerlerinin katılımcıların tercihleri üzerinde nasıl bir etkisi olduğu incelenmiştir.

Bu teste göre katılımcılar Grup 3'te yer alan ve en kötü nesnel verilere sahip üç örneği yüzde 100 başarı ile ayırt edebilmiştir. Bu örneklerdeki tavan malzemeleri E ve D sınıfı emiciliğe sahip malzemelerdir.

Grup 2'de yer alan modellerdeki tavan malzemeleri D ve C sınıfı emiciliğe sahip malzemelerdir. Katılımcılar daha yüksek emiciliğe sahip ve nesnel verileri daha iyi olan malzemeyi yüzde 90 oranla iyi olarak tanımlamışlar, ancak nesnel verileri birbirlerine yakın olan diğer iki örneği ayırt edememişlerdir.

A emicilik sınıfında iki malzeme ve C emicilik sınıfında bir malzemenin olduğu grup 1'de ise katılımcıların değerlendirmeleri nesnel verilerle örtüşmemektedir. Katılımcıların %60'ının "iyi" model olarak tercih ettikleri Model 1 nesnel verileri açısından STI verisi haricinde en iyi örnektir. Bu modelde gürültüye ait EDT ve SPL değerleri diğer örneklere göre düşüktür.

Nesnel veriler açısından bu modelden sonra gelmesi beklenecek Model 3, katılımcıların yüzde 75'i tarafından "kötü" olarak tanımlanmıştır. Model 2 ise katılımcıların yüzde 50'si tarafından orta, yüzde 30'u tarafından iyi olarak tanımlanmıştır. Bu tutarsızlıklara rağmen katılımcıların çoğunluğunun nesnel verileri en iyi Model 1'i tercih etmeleri bu gruptaki örnekler açısından iyi bir sonuçtur ve modeldeki EDT ve SPL değerlerinin tercihlerde etkili olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Dinleme testinin genelinden elde edilen sonuçlarda görülen dinleyici tercihlerinin çoğunlukla nesnel ölçümlerle uyuşmadığıdır. Bu sonuç ölçümlerdeki nesnel verilerle öznel tercihlerdeki farklılıkların dinleme testleri ile belirgin bir şekilde ortaya çıkabildiğini göstermiştir.

Tez çalışmasında elde edilen sonuçlardan birisi de konuşma anlaşılabilirliği ve yan yüzeylerdeki akustik uygulamaların ilişkili olduğudur. Katılımcıların tercihleri, nesnel

verileri daha kötü olsa da yan yüzey uygulaması olan modellerin, yaklaşık değerlere sahip diğer modellere kıyasla daha iyi olarak tanımlandıklarını göstermiştir.

Tezin ölçüm, deney ve dinleme testinden elde edilen veriler ışığında şu noktalar gelecek araştırmalarla incelenecektir:

1. EDT, SPL ve STI parametreleri arasındaki ilişkiler farklı testlerle, istatistiksel yöntemler çerçevesinde değerlendirilmelidir.
2. Yan yüzey uygulamalarının konuşma anlaşılabilirliği parametresine etkileri yeni çalışmalarla incelenecektir.
3. Dinleme testlerinin konuşma anlaşılabilirliği değerlendirmesinde daha aktif bir şekilde kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılacaktır.
4. Bu tez çalışması özelindeki deneylerde simülasyon ortamında gerçekleştirilen tasarımlar için, gerçek ölçümleme verilerinin NC eğrisi olarak kullanılmasının standart NC eğrilerinin kullanılmasından daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır. Öte yandan, gerçek ölçümlere ait NC eğrileriyle standart eğriler arasındaki farkların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sonuç ileride farklı mekanlarda yapılacak arkaplan NC ölçümleri ve modellemelerle değerlendirilecektir.

EKLER

EK 1: Ölçüm noktalarında iki gün, sekiz saatlik dilimlerde ölçülen LA_{eq} seviyeleri

			LA_{eq} - dB(A)							
			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
RESUSİTASYON	1.GÜN	08:00 – 16:00	24,8	36,3	49,7	52,2	55,3	52,6	45,6	42,8
		16:00 – 00:00	22,6	36,4	50,2	54,2	57,4	55,2	47,1	41,6
		00:00 – 08:00	24,5	37,1	47,6	50,6	50,7	51,3	44,8	40,1
	2.GÜN	08:00 – 16:00	23,6	36,4	48,4	56,9	56,9	55,7	46,4	40,5
		16:00 – 00:00	23,8	36	48,4	54,3	57,6	54,1	47,4	41,5
		00:00 – 08:00	23,9	36,1	46,2	51,9	49,9	49,8	43,4	39,7
MONİTÖRLÜ GÖZLEM	1.GÜN	08:00 – 16:00	21,6	34,5	45,9	53,7	49,8	48,7	44,8	39,7
		16:00 – 00:00	22,2	35,3	46,8	55,1	53,2	50,3	47,1	40,9
		00:00 – 08:00	20,4	33,4	42,7	51,3	47,2	45,3	44,6	39,3
	2.GÜN	08:00 – 16:00	22,3	35,2	48,9	54,6	51,3	49,1	45,8	40,5
		16:00 – 00:00	22,5	35,3	47,1	54,8	51,6	51,1	46,8	40,5
		00:00 – 08:00	21,4	34,2	45,7	52,7	49,1	46,9	45,3	39,1
BAKİ BİRİMLERİ	1.GÜN	08:00 – 16:00	26,4	34,2	53,4	58,3	53,2	51,2	45,8	39,6
		16:00 – 00:00	25,6	35,6	54,5	59,6	50,7	52,5	46,7	40,8
		00:00 – 08:00	24,1	31,9	49,5	56,2	45,5	47,6	42,8	37,2
	2.GÜN	08:00 – 16:00	26,4	38,1	53,1	58,5	55,1	50,5	46,4	39,8
		16:00 – 00:00	25,3	35,1	54,8	59,9	52,2	51,2	47,8	41,1
		00:00 – 08:00	24,1	31,9	49,7	56,1	48,2	47,4	43,6	36,8

EK 2: ODEON’da Tanımlanmış Alıcılar, Kaynaklar ve Kaynak Yönelgenlikleri

No	Alıcı Adı	
1	Resusitasyon Alıcı	
2	Monitorlu Gözlem Alıcı	
3	Bakı Alıcı	
4	Hemsire STI Alıcı	
No	Kaynak Adı	Yönelgenlik Dosyası
1	Hemşire1	BB93_NORMAL_NATURAL
2	Hemşire2	BB93_NORMAL_NATURAL
3	Hemşire3	BB93_NORMAL_NATURAL
4	Hemşire4	BB93_NORMAL_NATURAL
5	HastaYakını1	BB93_NORMAL_NATURAL
6	HastaYakını2	BB93_NORMAL_NATURAL
7	HastaYakını3	BB93_NORMAL_NATURAL
8	HastaYakını4	BB93_NORMAL_NATURAL
9	HastaYakını5	BB93_NORMAL_NATURAL
10	HastaYakını6	BB93_NORMAL_NATURAL
11	Resusitasyon Cihaz 1	OMNI
12	Resusitasyon Cihaz 2	OMNI
13	Resusitasyon Cihaz 3	OMNI
14	Resusitasyon Cihaz 4	OMNI
15	Resusitasyon Cihaz 5	OMNI
16	Resusitasyon Cihaz 6	OMNI
17	Monitorlu Cihaz 1	OMNI
18	Monitorlu Cihaz 2	OMNI
19	Monitorlu Cihaz 3	OMNI
20	Monitorlu Cihaz 4	OMNI
21	Monitorlu Cihaz 5	OMNI
22	Monitorlu Cihaz 6	OMNI
23	Bakı Cihaz 1	OMNI
24	Bakı Cihaz 2	OMNI
25	Bakı Cihaz 3	OMNI
26	Bakı Cihaz 4	OMNI
27	Bakı Cihaz 5	OMNI
28	Bakı Cihaz 6	OMNI
29	Koridor Kaynak1	BB93_NORMAL_NATURAL

30	Koridor Kaynak2	BB93_NORMAL_NATURAL
31	Koridor Kaynak3	BB93_NORMAL_NATURAL
32	Koridor Kaynak4	BB93_NORMAL_NATURAL
33	Koridor Kaynak5	BB93_NORMAL_NATURAL
34	Giris Kaynak1	BB93_RAISED_NATURAL
35	Giris Kaynak2	BB93_RAISED_NATURAL
36	Giris Kaynak3	BB93_RAISED_NATURAL
37	Giris Kaynak4	BB93_NORMAL_NATURAL
38	Giris Kaynak5	BB93_RAISED_NATURAL
39	Giris Kaynak6	BB93_NORMAL_NATURAL
40	Intern Res1	BB93_NORMAL_NATURAL
41	Intern Res2	BB93_NORMAL_NATURAL
42	Intern Mon1	BB93_NORMAL_NATURAL
43	Intern Mon2	BB93_NORMAL_NATURAL
44	Intern Bak11	BB93_NORMAL_NATURAL
45	Intern Bak12	BB93_NORMAL_NATURAL
46	Doktor OrtaAlan STI	BB93_RAISED_NATURAL

EK 3. ISO 11654: 1997 standardına göre ses emicilik sınıfları ve ilgili α_w değerleri
(AMF KNAUF, 2013: 9).

Ses Emilim Sınıfı (ISO 11654'e göre)	α_w , Ağırlıklı Ses Emilim Katsayısı (ISO 11654'e göre)	Emicilik Sınıfı (VDI 3755: 2000'e göre)
A	1,00 0,95 0,90	Aşırı emici
B	0,85 0,80	Aşırı emici
C	0,75 0,70 0,65 0,60	Yüksek seviyede emici
D	0,55 0,50 0,45 0,40 0,35 0,30	Emici
E	0,25 0,20 0,15	Çok az emici
Sınıflandırılmamış	0,10 0,05	Yansıtıcı

Kaynakça

Kitaplar

Barron, R.F. (2003). *Industrial Noise Control and Acoustics*. New York. Marcel Dekker Inc.

Bech, S. Zacharov, N. (2006). *Perceptual Audio Evaluation – Theory, Method and Application*. West Sussex. John Wiley & Sons.

Bell, L.H., Bell, D.H. (1994). *Industrial Noise Control: Fundamentals and Applications*. New York. Marcel Dekker Inc.

Beranek, Leo L. (1996). *Acoustics*. Woodbury. Acoustical Society of America.

Bies, D.A., Hansen, C. (2009). *Engineering Noise Control: Theory and Practice*. New York. Spon Press.

Cheremisinoff, N.P. (1996). *Noise Control in Industry: A Practical Guide*. New Jersey. Noyes Publications.

Demirkale, Sevtap Y. (2007). *Çevre ve Yapı Akustiği, Mimarlar ve Mühendisler İçin El Kitabı*. İstanbul. Birsen Yayınevi.

Fuchs, H.V. (2013). *Applied Acoustics: Concepts, Absorbers, and Silencers for Acoustical Comfort and Noise Control*. Berlin. Springer – Verlag.

Hansen, C. (2005). *Noise Control, From Concept to Application*. New York. Taylor & Francis.

Hansen, C. (2001). *Understanding Active Noise Cancellation*. New York. Spon Press.

Harris, C.M. (1979). *Handbook of Noise Control, 2nd Ed*. New York. McGraw – Hill.

Istvan, L., Beranek, L. (2006). *Noise and Vibration Control Engineering*. New Jersey. John Wiley & Sons.

Kang, J. (2006). *Urban Sound Environment*. Oxon. Spon Press.

Kurra, S. (2009a). *Çevre Gürültüsü ve Yönetimi I, Akustik ve Gürültü Temel Kavramları, Gürültü, Çevresel Gürültü Kaynakları, Çevre Gürültüsü Kestirim Yöntemleri*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları.

Kurra, S. (2009b). *Çevre Gürültüsü ve Yönetimi II, Gürültü Ölçümleri, gürültü Haritaları*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları.

Kurra, S. (2009c). *Çevre Gürültüsü ve Yönetimi III, Gürültüden Etkilenme ve Ölçütler, Gürültü Konusunda Mevzuat ve Ülkemizdeki Durum, Mekanik Titreşimler ve Titreşim Kontrolü*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları.

Kuttruff, H. (2007). *Acoustics: An Introduction*. Oxon. Taylor & Francis.

Lindros, M. (2014). *Acoustic Landscape in Hospitals* (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi). Lund University. Sweden.

Long, M. (2006). *Architectural Acoustics*. Burlington. Elsevier Press.

Momertz, E. (2009). *Acoustics and Sound Insulation: Principles, Planning, Examples*. Munich. Edition Detail – Birkhauser.

Möser, M. (2009). *Engineering Acoustics – An Introduction to Noise Control*. Heidelberg. Springer – Verlag.

Özgüven, H. N. (2008). *Gürültü Kontrolü, Endüstriyel ve Çevresel Gürültü*. Ankara. Türk Akustik Derneği Teknik Yayınları.

Raichel, R. D. (2006). *The Science and Application of Acoustics*. New York. Springer.

Şaher, K. (2013). *Acoustical Design Guidelines for Living Rooms for Adults with Intellectual Disabilities*. (Yayınlanmış Doktora Tezi). Technische Universiteit Delft. Delft. Sieca Repro.

South, T. (2004). *Noise and Vibration at Work*. Burlington. Elsevier Butterworth – Heinemann.

Speaks, C.E. (1992). *Introduction to Sound: Acoustics for the Hearing and Speech Sciences*. US. Springer+Business Media.

Ver, I.L. Beranek, L.L. (2006). *Noise and Vibration Control Engineering: Principals and Application*. New Jersey. John Wiley & Sons.

Makaleler

Banbury, S.P. Berry, D.C. “Office Noise and Employee Concentration: Identifying Causes of Disruption and Potential Improvements”. *Ergonomics*. Vol. 48(1). Kasım 2010. ss. 25 – 37. DOI:10.1080/00140130412331311390.

Bergmark, K., Janssen, M. R., “Developing Acoustical Policies around in EU countries”. *Acoustics’08 Paris*, Paris, 2008.

Bradley, J.S. “Review of Objective Room Acoustics Measures and Future Needs”. *International Symposium on Room Acoustics 2010*. Melbourne. 2010.

Brown, A. L., Muhar, A., “An Approach to the Acoustic Design of Outer Space”. *Journal of Environmental Planning and Management*. Vol. 47. No: 6. 2004. ss.827-842.

Buelow, M. “Noise Level Measurements in Four Phoenix Emergency Departments”. *Journal of Emergency Nursing*. Vol. 27(1). Şubat 2001. ss. 23 – 26.

Busch-Vishniac, I.J., West, J.E., Barnhill, C. Hunter, T. Orellana, D. Chivikula R. “Noise Levels in Johns Hopkins Hospital”. *Journal of Acoustical Society of America*. Vol. 118(6). Aralık 2005. ss. 3629 – 3645.

Cvach, M. "Monitor Alarm Fatigue, an Integrative Review". *Biomedical Instrumentation and Technology*. 2012. Vol. 46(4). ss. 268 – 277.

Elliot, R.M. McKinley S.M. Eager, D. "A Pilot Study of Sound Levels in an Australian Adult General Intensive Care Unit". *Noise & Health*. Vol. 12(46). 2010. ss. 26 – 36.

Evans, G.W. Lapore S.J. "Nonauditory Effects of Noise on children: A critical Review". *Children's Environments*. Vol. 10(1). 1993. ss. 31 – 51.

Evans, J.B. Himmel C.N.. "Acoustical and Noise Control Criteria and guidelines for Building Design and Operations". 9th Conference for Enhanced building Operations. Texas. 2009.

Geerligs, R., Svensson, C., Janssen, M. "Dutch Practical Guideline NPR 3438 - Ergonomics – Noise at Workplace: Determination of the Amount of Communication and Concentration". 19th International Congress on Acoustics. Madrid. 2007.

Gladd, D.K., Saunders, G.H. "Ambient Noise Levels in the Chemotherapy Clinic". *Noise & Health*. Vol. 13(55). 2011. ss. 444 – 451.

Griefahn, B. "Sleep Disturbances related to Environmental Noise". *Noise & Health*. Vol. 4(15). 2002. ss 57 – 60.

Guski, R. Felcher- Suhr, E. Schuemer, R. "The Concept of Noise Annoyance: How International Experts See It". *Journal of Sound and Vibration*. Vol 223(4). 1999. ss. 513 – 527.

Hsu, T. Ryherd, E. Waye, K.P. Ackerman, J. "Noise Pollution in Hospitals: Impact on Patients". *Journal of Clinical Outcomes Measurement*. Vol. 19(7). 2012. ss. 301 – 309.

Ising, H. Kruppa, B. "Health Effects Caused by Noise: Evidence in Literature From the Past 25 Years". *Noise & Health*. Vol. 6(22). 2004. ss 5 – 13.

Joseph, A. Ulrich, R. “Sound Control for Improved Outcomes in Healthcare Settings”. *The Center for Health Design*. 2007.

Kawada, T. “Noise and Health – Sleep Disturbance in Adults”. *Journal of Occupational Health*. Vol. 53. 2011. ss. 413 – 416.

Kracht, J.M. Busch-Vishniac I.J. West J.E. “Noise in the Operating Rooms of Johns Hopkins Hospital”. *Journal of Acoustical Society of America*. Vol. 121(5). Mayıs 2007. ss. 2673 – 2680.

Lercher, P., Hörtnagl, J. Kofler, W.W. “Work Noise Annoyance and Blood Pressure: Combined Effects With Stressful Working Conditions”. *International Archives of Occupational and environmental Health*. Vol. 65. 1993. ss 23 – 28.

Luzzi, S. Bellomini, R., Romero, C.. “Acoustical design of hospitals: Standarts and priority indexes”. *9th International Congress on Noise as a Public Health Problem*. CT. 2008.

Macleod, M. Dunn, J. Busch-Vishniac, I.J. West, J.E. “Quieting Weinberg 5C: A Case Study in Hospital Noise Control”. *Journal of Acoustical Society of America*. Vol. 121(6). Haziran 2007. ss. 3501 – 3508.

Maschke, C. Harder, J. Ising, H. Hecht, K. Thierfelder, W. “*Stress Hormone Changes in Persons Exposed to Simulated Night Noise*”. *Noise & Health*. Vol. 5(17). 2002. ss 35 – 45.

McKenzie, D.J. Galburn, L. “Noise Levels and Noise Sources in Acute Care Hospital Wards”. *Building Services Engineering Research and Technology*. Vol. 28(2). 2007. ss. 117 – 131.

Muzet, A. “Environmental Noise, Sleep and Health”. *Sleep Medicine Reviews*. Vol. 11. 2007. ss. 135 – 142.

Olivera, J.M., Rocha L.A., Rotger V.I., Herrera M.C.. “Acoustic Pollution in Hospital Environments”. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 332. 2011.

Orellana, D. Busch-Vishniac, I.J., West, J.E. “Noise in the Adult Emergency Department of Johns Hopkins Hospital”. *Journal of Acoustical Society of America*. Vol. 121(4). Nisan 2007. ss. 1996 – 1999.

Ouis, D. “Exposure to Nocturnal Road Traffic Noise: Sleep Disturbance and It’s After Effects”. *Noise & Health*. Vol. 1(4). 1999. ss. 11 – 36.

Philbin, M.K. Robertson, A. Hall, J.W. “Recommended Permissible Noise Criteria for Occupied, Newly Constructed or Renovated Hospital Nurseries”. *Journal of Perinatology*. Vol. 19(8). 1999. ss. 559 – 563.

Rhiana, F. Sarwono, J. Soelami, N. “Acoustic Analysis of High Care Unit (HCU) at Hospital “X” in Bandung, Indonesia”. International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology and Biomedical Engineering. Indonesia. 2011.

Richardson, A. Thompson, A. Coghill, E. Chambers, I. Turnock, C. “Development and Implementation of a Noise Reduction Intervention Programme: A Pre- and Postaudit of Three Hospital Wards”. *Journal of Clinical Nursing*. Vol. 18. 2009. ss. 3316 – 3324.

Rizzo, J.A. Frizzi, J.D. “A Study of Noise Levels in an Open-Bay ICU”. *ICU Director*. Vol. 1(6). Kasım 2010. ss. 304 – 307.

Röösli, M., Mohler, E., Frei, P., Vienneau, D. “Noise Related sleep Disturbances: Does Gender Really Matter?”. *Noise & Health*. Vol. 16(71). 2014. ss. 197 – 204.

Ryherd, E. Okcu, S. Hsu, T. Mahapatra, A. “Hospital Noise and Occupant Response”. *ASHRAE Transactions*. Vol. 117(1). 2011. ss. 248 – 255.

Salandin, A. Arnold, J. Kornadt, O. “Noise in an Intensive Care Unit”. *Journal of Acoustical Society of America*. Vol. 130(6). Aralık 2011. ss. 3574 – 3560.

Stansfeld, S.A., Matheson, M.P. “Noise Pollution: Non-Auditory Effects on Health”. *British Medical Bulletin*. Vol. 68(1). 2003. ss. 243 – 257.

Summers, W.V., Pisoni, D.B., Bernacki, R.H., Pedlow, R.I., Stokes, M.A.. ”Effect of Noise on Speech Production: Acoustic and Perceptual Analyses”. *Journal of Acoustical Society America*. Vol. 84(3). Eylül 1988. ss. 917 – 928.

Tijunelis, M.A., Fitzsullivan, E. Henderson, S.O. “Noise in the ED”. *American Journal of Emergency Medicine*. Vol. 23. 2005. ss. 332 – 335.

Wiese, C.H. Wang, L.M. “Measured Levels of Hospital Noise Before, During, and After Renovation of a Hospital Wing, and a Survey of Resulting Patient Perception”. *ASHRAE Transactions*. Vol. 117(1). 2011. ss. 256 – 263.

Zimmer, K. Ghani, J. Ellermeier, W. The Role of Task Interference and Exposure in Judging Noise Annoyance”. *Journal of Sound and Vibration*. Vol. 311. 2008. ss. 1039 – 1051.

Zun, L.S. Downey, L. “The Effect of Noise in the Emergency Department”. *Academic Emergency Medicine*. Vol. 12(7). Temmuz 2005. ss. 663 – 666.

Kitap İçi Bölüm

Cohen, S., Spacapan, S. (1984). “The Social Psychology of Noise”. *Noise and Society*. (ss. 221 – 245). Ed. Jones, D.M., Chapman, A.J.. Chichester. John Wiley & Sons.

Cohen, S., Weinstein, N. (1984). “Nonauditory Effects of Noise on Behavior and Health”. *Environmental Stress*. Ed. Evans, G.W. New York. Cambridge University Press.

Cowan, J. (2007). “Building Acoustics”. *Handbook of Acoustics* (ss. 387 – 425). Ed. Rossing, Thomas D.. Stanford: Springer.

Gade, A. C. (2007). "Acoustics in Halls for Speech and Music", *Handbook of Acoustics* (ss. 301 – 349). Ed. Rossing, T.D.. Stanford: Springer.

Hartmann, William M. (2007). "Acoustic Signal Processing", *Handbook of Acoustics* (ss. 503 – 530). Ed. Rossing, Thomas D.. Stanford: Springer.

Rossing, Thomas. D. (2007). "Introduction to Acoustics", *Handbook of Acoustics* (ss. 1 – 6). Ed. Rossing, T.D.. Stanford: Springer.

Voiers, W.D. Sharpley, A.D. Panzer, I.R. (2002). "Evaluating the Effects of Noise on Voice Communication Systems". *Noise Reduction in Speech Applications*. (Bölüm 2-5, ss. 1). Ed. Davis, G.M. Florida. CRC Press.

İnternet Kaynakları

Acoustics.org. <https://acoustics.org/pressroom/httpdocs/133rd/2paaa7.html>. (02.01.2015).

Acoustic Glossary. <http://www.acoustic-glossary.co.uk/sound-waves.htm#standing>. (01.12.2014).

FG Glass Industries Pvt. Ltd. http://www.fgglass.com/acoustic_performance.html. (02.01.2015)

Lidell, Henry G., Scott R., "Akoustikos" 1940, "A Greek - English Lexicon", *Perseus Digital Library*. Tufts University. <http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.04.0057%Aentry%3D%233396&redirect=true>, (13.02.2014).

Noisemeters Inc. <https://www.noisemeters.com/help/faq/time-weighting.asp>. (25.04.2013).

Kılavuzlar, Standartlar ve Yönetmelikler

ANSI (1983). ANSI S1.4: Specifications for Sound Level Meters. American National Standards Institute. New York.

ANSI (1997). ANSI S1.43: Specifications for Integrating - Averaging Sound Level Meters. American National Standards Institute. New York.

ANSI. (2008). ANSI S12.2.-2008: Criteria for Evaluating Room Noise. New York.

ANSI. (2013). ANSI S12.9.-2013: Quantities and Procedures for Description and Measurement of Environmental Sound. New York.

ASTM. (2010). ASTM E1686-10: Standard Guide for Applying Environmental Noise Measurement Methods and Criteria. ASTM International. PA.

Cirrus Research Plc. (2013). *Calculation of NR & NC Curves in the Optimus Sound Level Meter and the NoiseTools Software. Technical Note No. 31*. United Kingdom.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2011). *Çevresel Gürültü Ölçüm ve Değerlendirme Kılavuzu*. Ankara.

EPA. (1991). *Indoor Air Facts No. 4 – Sick Building Syndrome*. USA.

FGI. (2010). *Sound and Vibration Design Guidelines for Healthcare Facilities*. USA.

IEC. (2003). IEC 60268-16: Sound System Equipment – Part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index. Geneva. Switzerland.

IEC. (2013). IEC 61672: Electroacoustics – Sound Level Meters – Part 1: Specifications. Geneva. Switzerland.

ISO. (2003). ISO 354: 2003. Acoustics – Measurement of Sound Absorption in a Reverberant Room. Geneva. Switzerland.

ISO. (2003). ISO 1996-1: 2003. Acoustics. Description, measurement, and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures. Geneva. Switzerland.

ISO. (2007). ISO 1996-2: 2007. Acoustics. Description, measurement, and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of Environmental Noise Levels. Geneva. Switzerland.

ISO. (2009). ISO 3382-1: 2009. Acoustics – Measurement of Room Acoustics Parameters. Geneva. Switzerland.

ISO. (2009). ISO 9612: 2009. Acoustics – Determination of Occupational Noise Exposure – Engineering Method. Geneva. Switzerland.

ISO. (1997). ISO 11654: 1997. Acoustics – Sound Absorbers for Use in Buildings – Rating of Sound Absorption. Geneva. Switzerland.

Official Journal of European Communities. (2002). *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 Relating to the Assessment of Environmental Noise*. Official Journal L189: 12 – 26.

Official Journal of European Union. (2002). *Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risks Arising from Physical Agents (Noise)*. Official Journal L42: 38 – 44.

SFS. (2004). SFS 5907: Acoustic Classification of Spaces in Buildings. Helsinki.

The Stationary Office Limited. (2005). *Health and Safety – The Control of Noise at Work Regulations (Statutory Instrument 2005. No.1643)*. United Kingdom.

BB93. UK Department of Education (2014). *Building Bulletin 93 - Acoustic Design of Schools*. London. United Kingdom.

UK Department of Health. (2013). *Health Technical Memorandum HTM08-01: Acoustics*. Surrey. United Kingdom.

United States Department of Labor. *Occupational Safety and Health Standards. Standard 1910.95 - Occupational Noise Exposure*. USA.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure. (2000). VDI 3755: 2000. Sound Insulation and Sound Absorption of Suspended Ceilings. Düsseldorf.

World Health Organization. (1999). *Guidelines for Community Noise*. London.

World Health Organization Regional Office for Europe. (2009). *Night Noise Guidelines for Europe*. Copenhagen.

Diger

Armstrong Ceilings & Wall Systems. (2011). *Acoustics Guide, General Definitions*.

AMF KNAUF GmbH & Co. KG. (2013). *Acoustics Programme Part 3 – Performance Ceilings*.

ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı: Suat VERGİLİ

Doğum Yeri ve Yılı: İzmir, 1981

Yabancı Dil: İngilizce (YDS: 90)

Eğitim:

Lisans: 2005, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü

Yüksek Lisans: 2008, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü

Lise: 1999, Milli Eğitim Vakfı Özel Avni Akyol Lisesi

İş Tecrübesi: 2005, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Müzik Bilimleri Bölümü

Yayınlar:

Makaleler:

Özis, F. Vergili, S.. “Kapalı Alanlarda Kullanılan Ses Yayıcı Malzemelerin Hesaplanma Yöntemlerinin İncelenmesi ve Ses Yayılımına Katkıları”. *The Journal of International Social Research*. Vol. 3(10). 2010. ss. 210 – 220.

Özis, F. Vergili, S. Varol, A.. “ Stüdyo Kayıtlarında Üç türk Müziği Çalgısının Yapay Yansıma Süresi ve Mikrofonlama Farklılıklarının Belirlenmesi”. *The Journal of International Social Research*. Vol. 1(5). 2008. ss. 593 – 604.

Özis, F. Vergili, S.. “Müzik Dinleme Perspektifinde Mekan – İnsan İlişkisi: Kritik Dinleme Odalarının Akustik Parametre İlişkilerinin Değerlendirilmesi”. *The Journal of International Social Research*. Vol. 1(3). 2008. ss. 312 – 327.

Kongre, Sempozyum, Seminer:

Vergili, S. Cerezcioglu A.B. (2013). “Video Oyun Sektöründe Kullanılan Ses Tasarım Teknikleri, Sanal Müzisyenlik Kavramı ve Değişen Müzisyenlik Pratikleri: Rocksmith Oyunu Örneği”. Audio Technologies for Music and Media 2013. 31Ekim – 1 Kasım.

Vergili, S. (2012). “Stüdyo Kontrol ve Kayıt Odası Akustiği: Bir Akustik Düzenleme Uygulaması”. Audio Technologies for Music and Media 2012. 1 – 2 Kasım.

Özis, F. Kutluk, M.F. Vergili, S. Varol, A. Işıkhana, C. (2010). “Eğitim Mekanlarında Akustik Konfor: DEU Derslikleri Özelinde Bir Sınıf Akustiği Uygulaması”. Uluslararası Müzikte Temsil, Müziksel Temsil Sempozyumu II. 19 – 22 Ekim.

Varol, A. Vergili, S. Işıkhana, C. Kutluk, M.F. Öziş, F. (2010). “Türk Müziği Çalgılarında Kayıt Yöntemleri ve Mikrofonlama Teknikleri”. Uluslararası Müzikte Temsil, Müziksel Temsil Sempozyumu II. 19 – 22 Ekim.

Vergili, S. (2009). “Yansıma Süresi Farklılıklarının Değerlendirilmesi: fMRI Çalışması”. ITU TMDK Muzik Bilimde Gençler Semineri. 11 – 12 Mayıs.

Vergili, S. Öziş, F. Kutluk, M.F. Çallı, C. Köse, T. (2007). “Müzikte Akustik ve Tınsal Farklılıkları: Bir fMRI Çalışması”. Genç Bilim İnsanlarıyla Beyin Biyofiziği I. Çalıştayı: Darboğazlar ve Çözüm Arayışları. 9 - 11 Mayıs.

Bayazıt, O. Erdoğan, U. Taşlıca, S. Vergili, S. Akdeniz, G. Durmuş, M. (2007). “Erkek Sesiyle Hazırlanan Sessiz – Sesli Harf Dikotik Hece Dinleme Paradigmasının Ses ve Algısal Analizi”. ”. Genç Bilim İnsanlarıyla Beyin Biyofiziği I. Çalıştayı: Darboğazlar ve Çözüm Arayışları. 9 – 11 Mayıs.