



**HAVALİMANLARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR
GÜRÜLTÜ YÖNETİMİ**

Doktora Tezi

Halil Yalçın AKDENİZ

Eskişehir 2020

HAVALİMANLARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR GÜRÜLTÜ YÖNETİMİ

Halil Yalçın AKDENİZ

DOKTORA TEZİ

Uçak Gövde Motor Bakım Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Önder TURAN

(İkinci Danışman: Doç. Dr. M. Ziya SÖĞÜT)

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Haziran 2020

ÖZET

HAVALİMANLARINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR GÜRÜLTÜ YÖNETİMİ

Halil Yalçın AKDENİZ

Uçak Gövde Motor Bakım Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2020

Danışman: Prof. Dr. Önder TURAN

(İkinci Danışman: Doç. Dr. Mehmet Ziya SÖĞÜT)

Son yıllarda artan hava trafiği ve havayolu taşımacılığındaki yolcu sayısının artışı ile birlikte hava aracı gürültüsüne maruz kalan kişi sayısı büyük oranda artmıştır. Geçmişten bugüne hava aracı kaynaklı gürültü emisyonları havacılıkta çevre yönetimi açısından önemli araştırma konularından birisi haline gelmiştir. Özellikle havalimanlarına yakın bölgelerde, hava aracı kaynaklı (iniş, kalkış, taksi ve yer operasyonları sırasında) oluşan gürültü emisyonunun önlenmesi hususunda yeni nesil uçak motorlarının üretiminde motor üreticilerinin gürültü konusunda önemli iyileştirmeler yaptığı görülmektedir. Ülkemizdeki ve dünyadaki mevcut havalimanlarının pek çoğunun daha çok şehir merkezleri ve yoğun yerleşim yerleri yakınında konuşlandırıldığı gözlemlenmektedir. Şehirlerde nüfus artması sonucunda havalimanı lokasyonlarının şehir içinde kalması, gürültüye maruz kalan insan sayısının gün geçtikçe artmasını beraberinde getirmiştir. Havalimanları çevresindeki ve yerleşim yerleri üzerindeki gürültü etkisinin insanlar üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak uyku bozukluğu, konsantrasyon eksikliği, anksiyete ve yüksek tansiyona bağlı kalp rahatsızlıkları gibi negatif etkileri belirlenmiştir. Bu nedenle hava aracı kaynaklı oluşan gürültü etkisinin incelenmesi ve alınacak gerekli önlemlerin belirlenmesi havacılığın sürdürülebilir gelişimi açısından oldukça önemlidir. Bu tezde öncelikle havalimanları için sürdürülebilir bir akustik gürültü yönetim modeli oluşturulmuştur. Model kapsamında ilk olarak Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın IMMI yazılımı ile ECAC Doc 29 numaralı direktife göre uçak kaynaklı gürültü haritalandırma çalışması mühendislik hesaplama metodu ile gerçekleştirilmiştir. Ardından Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda uçuşlarını gerçekleştiren piston-prop motor tipine sahip CESSNA 172-S uçağının farklı çalışma koşullarında oluşturduğu gürültü

emisyonlarının deneysel olarak ölçümleri gerçekleştirilmiş ve teknik analizleri yapılmıştır. Bununla birlikte, Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'ndaki gürültü kaynaklarının tanımlanması, gürültü etki indeksleri ile, gürültü haritalarının oluşturulması ve hedef parametrelerin tanımlanması ilgili standartlar ve ölçüm metodolojisi çerçevesine uygun olarak teknik analiz ile sonuçlandırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Uçak akustiği, Gürültü haritalama, Sürdürülebilir havacılık, Havalimanı yönetimi ve organizasyonu, CESSNA 172-S, Hasan Polatkan Havalimanı



ABSTRACT

SUSTAINABLE NOISE MANAGEMENT IN AIRPORTS

Halil Yalçın AKDENİZ

Department of Airframe and Powerplant Maintenance

Anadolu University, Graduate School of Sciences, June 2020

Supervisor: Prof. Dr. Önder TURAN

(Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Ziya SÖĞÜT)

In recent years, in parallel with the increasing air traffic and the number of passengers in air transport, the number of people exposed to aircraft-induced noise has increased significantly. Aircraft noise emissions from the past have become one of the important research topics in environmental management in aviation. It is observed that engine manufacturers made significant improvements in noise in the production of new generation aircraft engines in order to prevent noise emission caused by aircraft (especially during landing, take-off, taxi and ground operations) in the regions close to the airports. It is observed that many of the existing airports in our country and in the world are mostly located near city centers and dense settlements. The fact that the airport locations remain in the city with the growth of the cities has brought the number of people exposed to noise to increase day by day. The negative effects of noise effects around airports and settlements, directly or indirectly, on people such as sleep disturbance, lack of concentration, anxiety and high blood pressure heart problems. For this reason, examining the noise effect caused by aircraft and determining the necessary measures to be taken is very important for the sustainable development of aviation. In this thesis, a sustainable acoustic noise management model has been developed for airports. Within the scope of the model, according to ECAC Doc 29 with IMMI Software, the aircraft noise mapping study of Eskişehir Hasan Polatkan Airport was carried out by the engineering calculation method. In addition, experimental measurements of the noise emissions generated by CESSNA 172-S Aircraft with piston-prop engine type operating in Eskişehir Hasan Polatkan Airport under different operating conditions and technical

analyses were conducted. In addition, defining noise sources at Eskişehir Hasan Polatkan Airport, creating noise impact indices, creating noise maps and defining target parameters have been concluded with technical analysis in accordance with the relevant standards and measurement methodology framework.

Keywords: Aircraft acoustics, Noise mapping, Sustainable aviation, Airport management and organization, CESSNA 172-S, Hasan Polatkan Airport



TEŞEKKÜR

Beni her konuda destekleyen, motive eden ve en iyi şekilde yönlendirerek tezin tamamlanmasını sağlayan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Önder TURAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin tamamlanmasında konu ile ilgili bilgisi, tecrübesi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve tezin ortaya çıkmasında büyük emeği olan Saygıdeğer hocam Doç. Dr. Mehmet Ziya SÖĞÜT'e çok teşekkür ederim.

Görüş ve önerileriyle tez çalışmama katkıda bulunan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. T. Hikmet KARAKOÇ'a, Sayın Doç. Dr. Önder ALTUNTAŞ'a, Sayın Doç. Dr. Emin AÇIKKALP'e, Sayın Doç. Dr. Işıl YAZAR'a, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Elif KORUYUCU'ya ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi İlkay ORHAN'a çok teşekkür ederim.

Eskişehir Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Dekanlığı'na desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim. Eskişehir Teknik Üniversitesi Uydu ve Uzay Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı bakım hangar personeline desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Almanya Würzburg'da bulunan Wölfel-Gruppe personeline ilgi ve desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca bana her konuda destek olan kıymetli eşime, evimizin neşe kaynağı olan, doktora sürecinde ihmal ettiğim oğluma ve canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

Halil Yalçın AKDENİZ

Haziran 2020

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Halil Yalçın AKDENİZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
GÖRSELLER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Kapsamı ve Amacı	3
1.2. Tezin Yapısı ve Bölümleri	4
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ	5
2.1. Havalimanlarında Uçak Gürültüsü Problemi	10
2.2. Uçak Gürültüsü ile İlgili Ulusal ve Uluslararası Regülasyonlar	10
3. AKUSTİK PARAMETRELER	16
3.1. Ses ve Gürültü Kavramları	16

3.2. Genlik, Periyot ve Frekans Kavramları.....	17
3.3. Ses Dalgalarının Yayılması.....	19
3.4. Oktav Bantlar	20
3.5. Desibel Kavramı	21
3.6. Ses Gücü Düzeyi	21
3.7. Ses Basınç Düzeyi	21
3.8. Toplum Eşdeğer Gürültü Seviyesi (CNEL)	21
3.9. Eşdeğer Sürekli Gürültü Seviyesi (L_{eq})	24
3.10. Ses Etkilenim Seviyesi (SEL, LE)	25
3.11. Gündüz-Gece Ortalama Ses Seviyesi (DEN, DNL)	26
4. YÖNTEM.....	28
4.1. Modelin Geliştirilmesi.....	28
4.1.1. İnsan kaynakları.....	30
4.1.2. Sağlık ve güvenlik	30
4.1.3. Eğitim.....	31
4.1.4. Planlama	31
4.1.5. Filo operasyon	31
4.1.6. Mühendislik.....	31
4.1.7. Bakım.....	32
4.1.8. Tesisler	32

4.1.9. Hukuk	32
4.1.10. Finans.....	33
4.2. Sürdürülebilirlik Süreçleri	33
4.2.1. Havalimanının tanımlanması	35
4.2.2. Yönetimsel modelin oluşturulması.....	35
4.2.3. Süreç analizlerinin hazırlanması.....	37
4.2.4. Hedef ve aksiyonların uygulanması	37
4.2.5. Sürdürülebilirlik süreçlerinin değerlendirilmesi.....	38
5. DURUM ÇALIŞMASI: ESKİŞEHİR HASAN POLATKAN HAVALİMANI..	39
5.1. Havalimanının Tanımlanması.....	39
5.2. Yönetimsel Modelin Oluşturulması.....	40
5.3. Süreç Analizlerinin Hazırlanması	41
5.3.1. Model Çıktısı 1: Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı (LTBY)’	
nın uçak kaynaklı gürültü haritalandırılması	42
5.3.1.1. Hesaplama adımları	43
5.3.1.2. Hesaplama ve simülasyon sonuçları	50
5.3.2. Model çıktısı 2: CESSNA 172-S uçağının akustik gürültü ölçümleri	
ve analizi.....	59
5.3.2.1. Ölçümler	60
5.3.2.2. Hesaplama sonuçları	68
5.4. Hedef ve Aksiyonların Uygulanması	75

Sayfa

5.4.1. İyileştirme fırsatları.....	76
5.5. Sürdürülebilirlik Süreçlerinin Değerlendirilmesi.....	78
6. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	79
KAYNAKÇA.....	82
ÖZGEÇMİŞ	



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. ICAO Annex 16 Cilt 1'in içeriği	12
Tablo 2.2. ÇGDYY'ye göre havalimanlarında gürültü sınır değerleri	14
Tablo 3.1. Gürültülerin sınıflandırılması.....	23
Tablo 5.1. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı uçuş istatistikleri.....	40
Tablo 5.2. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın pist özellikleri.....	43
Tablo 5.3. Operasyonda bulunan uçakların AzB'ye eşleştirilmesi	47
Tablo 5.4. 2018 yılında iniş operasyonunda bulunan uçakların AzB sınıflarına göre yüzdelik dağılımı	49
Tablo 5.5. 2018 yılında kalkış operasyonunda bulunan uçakların AzB sınıflarına göre yüzdelik dağılımı	50
Tablo 5.6. Bir yansıtıcı düzlem üzerindeki gürültü kaynağı için mikrofon konumları.	61
Tablo 5.7. Deney operasyon koşulu: 1, Ölçüm değer grubu: 1, 2, 3 (dB(A)).....	64
Tablo 5.8. Deney operasyon koşulu: 2, Ölçüm değer grubu: 1, 2, 3 (dB(A)).....	66
Tablo 5.9. Deney operasyon koşulu: 1 (Kaynak yüksüz)	73
Tablo 5.10 Deney operasyon koşulu: 2 (Kaynak tam yük altında)	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.	ICAO uçak gürültüsü standartları	11
Şekil 2.2.	Uçak gürültüsüne dair temel regülasyonlar	11
Şekil 3.1.	Sesin zamana ve uzaklığa göre yayılımı	16
Şekil 3.2.	Ses basıncının zamanla değişimi	17
Şekil 3.3.	Ses basıncının uzaklığa bağlı değişimi	18
Şekil 3.4.	İnsan kulağının işitebileceği frekans aralığı	19
Şekil 3.5.	Standart Oktav Bant ve 1/3 Oktav Bant.....	20
Şekil 3.6.	Rahatsızlığa bağlı Toplum Eşdeğer Gürültü Düzeyi-CNEL	22
Şekil 3.7.	dB(A) cinsinden bir saatlik örnek olaydaki (L_{eq}) ses seviyeleri	25
Şekil 3.8.	24 Saatlik olayların DNL cinsinden gösterimi.....	26
Şekil 4.1.	Gürültü yönetim birimi	29
Şekil 4.2.	Gürültü yönetim birimi	30
Şekil 4.3.	Sürdürülebilir gürültü yönetimi için yapı modeli	34
Şekil 4.4.	Gürültü yönetimi aksiyon planı	35
Şekil 5.1.	Yönetimsel modelin LTBY'ye uygulanma süreci	41
Şekil 5.2.	2018 yılı aylara göre uçuş yoğunluğunun dağılımı.....	44
Şekil 5.3.	Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında gündüz zaman dilimi pist kullanım yoğunluğunun dağılımı.....	45
Şekil 5.4.	Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında akşam zaman dilimi pist kullanım yoğunluğunun dağılımı.....	45
Şekil 5.5.	Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında gece zaman dilimi pist kullanım yoğunluğu dağılımı.....	46
Şekil 5.6.	2018 yılında uçuş yapan uçakların AzB sınıflarına göre dağılımı.....	48
Şekil 5.7.	2018 yılında iniş operasyonlarının yüzdelik dağılımı.....	48

Şekil 5.8.	2018 yılında kalkış operasyonlarının yüzdelik dağılımı	49
Şekil 5.9.	5 dB(A) konturlu $L_{gündüz}$ gürültü haritası.....	52
Şekil 5.10.	5 dB(A) konturlu $L_{akşam}$ gürültü haritası	54
Şekil 5.11.	5 dB(A) konturlu L_{gece} gürültü haritası	56
Şekil 5.12.	5 dB(A) konturlu L_{gag} gürültü haritası	58
Şekil 5.13.	Bir yansıtıcı düzlem üzerinde bulunan referans kutusu	60
Şekil 5.14.	Yarıküresel ölçüm yüzeyi çizimi (3D Perspektif)	62
Şekil 5.15.	Yarıküresel ölçüm yüzeyi çizimi (x, y), (x, z)	63
Şekil 5.16.	Deney operasyon koşulu: 1, Ölçüm değer grubu: 1, 2, 3.....	65
Şekil 5.17.	Deney operasyon koşulu: 2, Ölçüm değer grubu: 1, 2, 3.....	67
Şekil 5.18.	Uçak yüksüz ve Full Thrust (Tam Yük) altında hesaplama sonuçları.....	72
Şekil 5.19.	Uçak yüksüz ve Full Thrust (Tam Yük) altında hesaplama sonuçları.....	72
Şekil 5.20.	Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın 2018 yılı L_{gag} gürültü harita sonuçların uydu görüntüsü.....	75
Şekil 5.21.	Önerilen emniyetli kontur alanları	77

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 5.1. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı (LTBY)'nın uydu görüntüsü	39
Görsel 5.2. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı	42
Görsel 5.3. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı Pist 09/27	42
Görsel 5.4. Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi'ne ait CESSNA 172-S uçağı.....	59



SİMGELER DİZİNİ

c	: Ses Hızı (m/s)
d	: Kaynak ve Alıcı Arasındaki Mesafe (m)
$dB(A)$	: A Ağırlıklı Desibel
dB	: Desibel
f	: Frekans (Hz)
I	: Ses Şiddeti (W/m^2)
K_1	: Meteorolojik Düzeltme Değeri
K_2	: Ortamın Ses Yutuculuk Düzeltmesi
L_{AE}	: Ses Etkilenme Düzeyi (dB)
$L_{Aeq,T}$	: Eşdeğer Sürekli A-ağırlıklı Ses Basınç Düzeyi (dBA)
$L_{akşam}$	: Akşam Zaman Dilimi İçin Ortalama Gürültü Düzeyi (dB)
L_{eq}	: Eşdeğer Sürekli Ses Basınç Düzeyi (dB)
L_{gag}	: Gündüz-Akşam-Gece Zaman Dilimi için Ortalama Gürültü Düzeyi (dB)
L_{gece}	: Gece Zaman Dilimi İçin Ortalama Gürültü Düzeyi (dB)
$L_{gündüz}$	: Gündüz Zaman Dilimi İçin Ortalama Gürültü Düzeyi (dB)
L_{max}	: Maksimum Ses Düzeyi (dB)
L_P	: Ses Basınç Düzeyi (dB)
$\overline{L_p}$	: Ortalama Ses Basınç Düzeyi (dB)
L_{Pa}	: A Ağırlıklı Ortalama Ses Basınç Düzeyi (dBA)
L_W	: Ses Gücü Düzeyi (dB)
P	: Basınç (Pa)
SPL	: Ses Basınç Düzeyi (dB)
$SPL(A)$	: A Ağırlıklı Ses Basınç Düzeyi (dBA)
t	: Zaman
T	: Periyot (s)
T_0	: Sıcaklık ($^{\circ}C$)
W	: Güç (W)
α	: Alfa, Yutuculuk Katsayısı
ρ	: Yoğunluk (g/m^3)
λ	: Dalga Boyu (m)

ρ : Yansima Katsayısı



KISALTMALAR DİZİNİ

ACE	: Adaptive Cycle Engine (Uyarlanabilir Çevrim Motoru)
ACI	: Airport Council International (Uluslararası Havaalanları Konseyi)
ARP	Airport Reference Point (Havalimanı Referans Noktası)
APU	Auxiliary Power Unit (Yardımcı Güç Ünitesi)
CNEL	: Community Noise Equivalent Level (Toplum Eşdeğer Gürültü Seviyesi)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇGDYY	: Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
DNL	: Day Night Noise Level (Gündüz Akşam Gürültü Seviyesi)
EASA	: European Union Aviation Safety Agency (Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı)
ECAC	: European Civil Aviation Conference (Avrupa Sivil Havacılık Konferansı Teşkilatı)
END	: European Noise Directive (Avrupa Çevresel Gürültü Direktifi)
EPNL	: Effective Perceived Noise Level (Algılanan Etkili Gürültü Seviyesi)
EUROCONTROL	: Avrupa Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı
FAA	: Federal Aviation Administration (Amerikan Havacılık İdaresi)
FAR	: Federal Aviation Regulation (Amerikan Havacılık Regülasyonu)
FDR	: Flight Data Record (Uçuş Veri Kayıtları)
IATA	: International Air Transport Association (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği)
ICAO	: International Civil Aviation Organization (Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu)
IKIA	: Imam Khoemini Uluslararası Havalimanı
IMMI	: Gürültü Haritalama Yazılımı

ISO	: International Standarts Organization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)
LTBY	: Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı ICAO Kodu
MTOW	: Maximum Take-off Weight (Maksimum Kalkış Ağırlığı)
NPD	: Noise Power Distance (Gürültü Güç Mesafesi)
SEL	: Sound Exposure Level (Ses Etkilenim Seviyesi)
SLM	: Sound Level Meter (Ses Seviyesi Ölçer)
SPL	: Sound Pressure Level (Ses Basınç Seviyesi)
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
UNEP	: United Nation Environment Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden beri makineleşmenin artması ile birlikte dünyada çeşitli çevresel problemler ortaya çıkmıştır. Çevre kirliliği, hava kirliliği, su kirliliği, doğal kaynakların tükenmesi ve gürültü kirliliği bu problemlerden yalnızca bazılarıdır.

Gürültü problemi konusunda çeşitli sanayi sektörlerinde geçmişten bugüne dek çalışmalar yapılmış olup bu problemi önleme üzerine ciddi şekilde adımlar atılmıştır. Havacılık sektöründe ise karayolu ve demiryolları gibi sektörlerle göre çalışmalara nispeten daha geç başlanmıştır. Elbette bu durum havacılık sektörünün diğer sektörlerle göre kronolojik olarak daha geç gelişim göstermesiyle doğrudan ilişkilidir. Oysaki tarihsel olarak bakıldığında havacılık sektörü dünyada en hızlı gelişen sektörlerden birisidir. Havacılık sektörü, 1970 yılından beri yılda ortalama %5 büyümeye göstermektedir. Yıllık 3,3 Milyar kişi havayolu ulaşımını tercih etmekte olup havacılık sektörü yıllık bazda dünya ekonomisine yaklaşık 2,2 Trilyon dolar girdi sağlamaktadır [1, 2]. Bu büyümenin başlıca sebeplerinden bir tanesi havayolu ulaşımına ilginin artmış olması ve yeni iniş-kalkış destinasyonlarının şehir ve ülke bazında sisteme eklenmesidir. Bununla beraber havalimanları ve bağlı tesis sayısının artışı uçakların iniş-kalkış, taksi ve yer operasyonları sırasında yaymış olduğu gürültü emisyonlarını da artırmıştır.

Uçak kaynaklı gürültü maruziyetinin önümüzdeki yıllarda da artacağı öngörülmektedir. Havayolu taşımacılığı geçtiğimiz son 10 yılda, bir ticari işletmeye dönüşmüştür [3, 4]. Dünya çapında, hem tarifeli yolcu trafiğinin hem de hava kargo trafiğinin gelecek 20 yılda yıllık %4 büyümenin üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir [5, 6]. Bu durum da küresel hava trafiğinin iki katına çıkacağı anlamını taşımaktadır [7, 8]. Havayolu taşımacılığındaki büyümeye paralel olarak dünya nüfusu giderek kentlerde toplanmaktadır. Şu anda dünya nüfusunun %54'ü şehir merkezlerinde yaşamaktadır. 2030 yılına kadar ise %60'ının şehir merkezlerinde yaşayacağı tahmin edilmektedir [9].

Son yıllarda insan yoğunluğu büyük şehirlerde artmakta ve havalimanları da büyük şehirlere kurulmaktadır. Bu nedenle havalimanlarındaki hava araçlarından kaynaklı gürültünün değerlendirilmesi önemli konulardan biri haline gelmiştir. Bu noktada çevresel gürültünün oluşmasındaki en büyük sebeplerden birisi de kuşkusuz havalimanlarıdır. Ayrıca son yıllarda teknolojiye yenilik ve gelişmeler havalimanlarının ve uçak operasyonlarının sayılarındaki artış olmasını beraberinde getirmiştir. Artan insan nüfusunun bir sonucu olarak da yaşam alanlarının

havalimanlarına doğru yaklaşmasına sebep olmuştur. Böylece havacılık operasyonları sebepli gürültü etkisinin incelenmesi ve değerlendirilmesi özellikle gelişmiş ülkelerde önem kazanmıştır. Uçak tiplerinin farklılaşması ve havalimanlarının şehirler içindeki konumları değişik oranlarda gürültülerin oluşumunu ve gürültü maruziyetini beraberinde getirmektedir [10].

Havacılık tarihindeki uçak kaynaklı oluşan gürültünün etkileri Avrupa’da ve Amerika Birleşik Devletleri’nde 1950’li ve 1960’lı yıllarda jet motor teknolojisi kullanan hava araçlarının yaygın hale gelmesiyle başlamıştır [11, 12]. Dünyada uçak kaynaklı gürültü maruziyeti konusunda otoriteler tarafından bazı düzenleyici tedbirler alınmıştır. Örneğin Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO) 1971 yılında yayımladığı “Annex 16” isimli direktifinde bu alandaki ilk düzenlemeleri hayata geçirmeye başlamıştır [13]. Gürültü emisyonlarıyla ilgili, hava aracı kaynaklı gürültüye yönelik ICAO’nun sertifikalandırma rejimi, standartları derecelendirerek ağırlaştırılması ile birlikte uçakların yaydığı gürültü emisyonlarında önemli derecede olumlu etkiler sağlamıştır. 1970’li yıllardan beri hava araçlarından kaynaklanan gürültü emisyon değerleri minimum %75 oranında azalmıştır ve daha fazla azaltılması için çalışmalar yürütülmektedir [10, 14].

07/03/2008 tarih ve 26809 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY)” ile belirli koşullarda, gürültü sorunlarını ve maruz kalınan gürültünün olumsuz etkilerini azaltıcı ve gerekli kontrol tedbirlerinin alınmasını düzenleyici gürültü eylem planlarının hazırlanmasının gerekliliği vurgulanmıştır [10, 15].

Havalimanları çevresinde yaşayan insanlar için uçak gürültüsüne maruz kalma durumu bazen kronik hale gelebilmektedir. Ancak son yıllarda çevresel gürültüyü önleme ve gürültü maruziyetini azaltma politikaları artmıştır.

1.1. Tezin Kapsamı ve Amacı

Bu tezde havalimanları için sürdürülebilir bir akustik gürültü yönetim modeli önerilmiştir. Model kapsamında Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda uçuşlarını gerçekleştiren piston-prop motor tipine sahip CESSNA 172-S uçağının farklı çalışma koşullarında oluşturduğu gürültü emisyonlarının deneysel olarak ölçümleri gerçekleştirilmiş ve teknik analizler yapılmıştır. Ayrıca IMMI AIRCRAFT NOISE yazılımı ile ECAC Doc 29'a göre Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın uçak kaynaklı gürültü haritalandırma çalışması mühendislik hesaplama metodu ile gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'ndaki gürültü kaynaklarının tanımlanması, gürültü etki indekslerinin oluşturulması, gürültü haritalarının oluşturulması ve hedef parametrelerin tanımlanması, ilgili standartlar ve ölçüm metodolojisi çerçevesine uygun olarak teknik analiz ile sonuçlandırılmıştır.

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın gürültü emisyonlarının belirlenmesi, gürültü maruziyetlerinin değerlendirilmesi ve teknik açıdan analizi önemli bir husus olup, daha önceden yapılmamış olan bu çalışma tez konusunu oluşturmaktadır. Ayrıca Uluslararası Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı (LTBY) Stratejik Gürültü Haritası oluşturulan havalimanlarından biri olma unvanını bu çalışma ile elde edecektir.

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda ICAO'nun direktifleri doğrultusunda uluslararası standartlara uygun bir gürültü haritalamasının hesaplanması yapıldıktan sonra havalimanını ve çevresini kapsayan bir gürültü yönetimi politikası gerçekleştirilmiştir. Ayrıca uçak kaynaklı gürültünün çevresel etki değerlendirmesi kapsamında maruziyet analizi hesaplamaları da yapılmıştır. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'na Uluslararası Sivil Havacılık Konvansiyonu'na ait Annex 8, "Uçakların Uçuşa Elverişliliği" ve Annex 16, "Çevre Koruma Cilt 1 Uçak Gürültüsü" kararlarında belirtilmiş olan standartlara [10] göre şeffaf bir süreç yönetimi kazandırılması amaçlanmıştır.

Bununla birlikte, Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'ndaki gürültü kaynaklarının tanımlanması, gürültü etki indekslerinin oluşturulması, gürültü haritalarının oluşturulması ve hedef parametrelerin tanımlanması, ilgili standartlar ve ölçüm metodolojisi çerçevesine uygun olarak değerlendirilmesi ile bu anlamda literatüre olumlu bir katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

1.2. Tezin Yapısı ve Bölümleri

Birinci bölümde tezin kapsamı ve amacı, tez konusu ile ilgili değerlendirmeler, tezin yapısı ve bölümleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde tez konusu ile ilgili ayrıntılı literatür taraması yapılmıştır. Tez konusu ile ilgili geçmişten bugüne geline nokta, ulusal ve uluslararası regülasyonlar ve yapılan çalışmalarla birlikte bunların sonuçları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca havalimanlarında çevresel etkiler ve uçak kaynaklı oluşan gürültü ile ilgili problemler anlatılmış olup ulusal ve uluslararası kurumların söz konusu problemle ilgili uyguladığı kanun, yönetmelik, düzenleme ve talimatlar hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde tez konusu ile ilgili kavramsal bilgilerin yanı sıra yöntemsel hesaplamalarda kullanılan parametrelerle ilgili açıklamalarda bulunulmuştur.

Dördüncü bölümde yöntem olarak geliştirilen havalimanlarında uçak kaynaklı gürültü problemi ile mücadele için sürdürülebilir yönetimsel model açıklanmıştır. Modeldeki her bir yapı için açıklamalarda bulunulmuştur.

Beşinci bölümde önerilen modele örneklem olarak Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı dahil edilmiştir. Model çıktıları, uçak kaynaklı gürültü gösterge haritaları mühendislik yöntemle hesaplanmış ve akustik gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular çerçevesinde maruziyet analizleri ve etki değerlendirmeleri teknik ve akustik açıdan ayrıntılı bir şekilde bu bölümde açıklanmıştır.

Altıncı ve son bölümde ise tez çalışmasının sonuçları tartışılmış, iyileştirme fırsatları ve sonraki süreçte yapılabilecek çalışmalara ilişkin öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Tez çalışmasının konusu ve kapsamı değerlendirildikten sonra erişilebilen açık literatür incelenip konu ile ilişkili gerçekleştirilmiş olan çalışmalar değerlendirildiğinde gürültü ile ilgili dünyada ve ülkemizde çeşitli sanayi sektörlerinde bazı çalışmaların mevcut olduğu görülmüştür. İlgili çalışmalara ilişkin bazı örnekler sunulmuştur.

Khaldi (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, Fransa'da gürültü azaltım tedbirlerinin havalimanlarında gerekli olduğu değerlendirilip uçak gürültü emisyonunun frekansı analiz edilip karakterize edilmiştir. Lyon Saint Exupery Havalimanı'nın yakınında inişlerini gerçekleştiren uçakların orada yaşayan insan nüfusu için negatif etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Deneysel çalışmanın oldukça verimli olduğu öne sürülmüştür. Turbojet motora sahip olan uçağın havalimanı çevresinde yaşayanlar için direkt etkisinden bahsedilmiş ve Doppler metoduyla değerlendirme yapılmıştır. Baskın ses frekansı teorik çalışmalarda da gözlemlenmiştir. Motor Pervane Devri (RPM)'nin %55'e kadar çıkması durumunda 10 dB'in üzerinde bir etkiye sahip olduğu ve deneysel sonuçların teorik sonuçları doğruladığı açıklanmıştır. Uçak gürültü modellemenin, tam bir uçuştaki frekans karakterizasyonu için tek başına yeterli olmadığı ifade edilmiştir. Ayrıca akustik indislerin bağıl hassaslığını doğrulamak için hava trafik değişikliklerinin, uçak tiplerinin, uçuş konfigürasyonlarının, uçak motorlarının, motorların lokasyonlarının ve yakıt tüketiminin belirlenmesinin gerekliliği ifade edilmiştir [16].

Rylander ve Bjorkman (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, havalimanlarında uçak gürültüsüne maruz kalan 8 bölge için geliştirilen yöntem ayrıntılı olarak anlatılmıştır. 70 dB(A) ve üzeri gürültü olaylarının sayısı incelenmiştir. Maximum gürültü seviyesinin aşılmadığı ifade edilmiş olup uçak gürültüsünün kontrolü için pratik uygulamaların varlığı vurgulanmıştır [17].

Helena vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, Brezilya'nın da dahil olduğu çoğu ülkede havalimanı gürültü simülasyonlarının yapıldığı ve DNL (Day Night Sound Pressure Level) tabanlı ölçümlerlerin bazı eksikliklerinin bulunduğu açıklanmıştır. L_{Aeq} modeli bir alternatif olarak kullanılmıştır. Bu ise Day Equivalent Sound Level L_{Aeqd} ve Night Equivalent Sound Level L_{Aeqn} 'dir. DNL modeline göre kıyaslandığında daha geniş bir bölgeyi akustik olarak değerlendirmenin mümkün olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca uçak hareketlerinin daha iyi tanımlanması bakımından da üstün olduğunun yanı sıra uçak kaynaklı oluşan gürültünün olumsuz etkilerini ayırmakla birlikte yerleşim yerlerini de

gündüz ve gece olarak ayırmaktadır. Sonuç olarak bu alternatif yöntemin yöneticiler içinde cazip ve kaliteli bir yöntem olduğu kanısına varılmıştır [18].

Özkurt vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, İstanbul'da bulunan Atatürk havalimanının 2011 verileri kullanılarak gürültü maruziyet seviyesi hesaplanmıştır. Havalimanını merkezleyen 25 km'lik bir çapta, yükseklik, büyük binalar, yardımcı binalar, hastane, okul gibi veriler SoundPLAN yazılımı yardımıyla işlenmiştir. İstanbul'un %1,2 si gündüz 55 dB(A)'in aşmış olduğu ve 65 dB(A) değerine ulaştığı belirtilmiştir. Gece ise %0,3'ü 55 dB(A)'e maruz kalmış olduğu belirtilmekle beraber yaklaşık %1'i ise 65 dB(A)'den fazlasına maruz kaldığı tespit edilmiştir. 2011 nüfusu itibarıyla 14 000 000 kişinin yaşadığı İstanbul kentinin aşırı gürültü seviyesine maruz kaldığı ve çıkarılan gürültü haritasına göre gürültü azaltma tedbirlerinin alınması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca uçakların iniş kalkış lokasyonlarının değiştirilmesinin de iyi bir çözüm olacağı belirtilmiştir. Son olarak gerekli kısıtlama ve önlemlerin alınmasının elzem olduğu açıklanmıştır [19].

Zaporozhets vd. (2008) tarafından, tam ve kesin olmayan uçak gürültü modelleme metodları incelenmiş, tanımlanmış ve kıyaslanmıştır. Uluslararası standartlar kapsamında gürültü tahmin yöntemlerinin mevcut olduğu belirtilmiştir [20].

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından “Yeşil Havaalanı” (Green Airport) projesi kapsamında havalimanlarında faaliyette bulunan kuruluşların insan sağlığına ve çevreye verdikleri veya verecekleri zararların planlı bir şekilde azaltılması ve ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar başlatılmıştır. Buna göre havalimanlarında atık yönetimi, sera gazı kontrolü ve bazı kimyasal maddelerin kontrolü gibi konularda standartlara bağlı kriterleri karşılayan işletmeler SHGM tarafından “Yeşil Kuruluş Sertifikası” verilmekte olup havalimanındaki tüm işletmelerin bunu karşılaması durumunda ise o havalimanına “Yeşil Havalimanı Sertifikası” verilmektedir [21]. Gürültü emisyonları da bu kapsamda değerlendirilebilir.

Sadr (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, İran'da CadnaA yazılımı kullanılarak IKIA (İran) Havalimanı'nın gürültü tahmini yapıldıktan sonra CadnaA yazılımının spesifik alanlar için uçak gürültüsü maruziyeti için iyi bir yazılım olduğu belirtilmiştir. Uçak gürültüsüne ilişkin 2015, 2025, 2035 senaryoları vurgulanmıştır. IKIA Havalimanı yakınında yaşayanlar için bir anket uygulaması da söz konusu çalışmada yapılmıştır.

2025-2035 yıllarına doğru havalimanı yakınında yaşayan popülasyonun çok yüksek gürültü maruziyeti altında olacağına dikkat çekilmiştir. Anketler sonucunda ise popülasyonun oldukça rahatsız olduğu vurgulanmıştır [22].

Keskin (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, İstanbul'da bulunan Uluslararası Sabiha Gökçen Havalimanı'nın gürültü haritalama çalışması gerçekleştirilmiş, uçak gürültüsü araştırılmış ve uçağın kalkış esnasında ürettiği gürültü türlerine ilişkin açıklamalarda bulunulmuş, gürültünün insanlar üzerinde yarattığı negatif etkilere dikkat çekilmiştir. Havalimanlarında gürültüyü incelerken oluşan gürültü tipleri farklı yaklaşımlar ile değerlendirilmiştir. Uçağın gövde, pervane ve jet motorunun gürültüsü şeklinde kaynaktan üretilen gürültü tiplerinin yanı sıra helikopterin, jet uçaklarının ve pervaneli uçakların gürültüsü şeklinde farklı kavramlardan bahsedilmiştir. Uçakların frekans spektrumuna, akustik gücüne ve yöneltim özelliklerine teorik olarak yaklaşmıştır. Havalimanı gürültüsünde önemli bir yeri bulunan çevre ve meteorolojik parametreler değerlendirilmiştir [10].

Maraş (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye'de Samsun il merkezinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) desteğinde gürültü haritası oluşturulmuş olup Samsun iline ait gürültü verileri toplanmıştır. Buna müteakip topolojik kurallara göre konuma bağlı olan ve konuma bağlı olmayan veriler açıklanmıştır. Ayrıca Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı harita ve gürültü programları kullanıldıktan sonra Samsun ilinin CBS destekli gürültü haritalaması çalışması yapılmıştır. Ardından sayısal veriler kullanılarak bir takım değerlendirmelerde bulunulmuştur [23].

Kavraz (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, Trabzon'da bulunan Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde gürültü düzeylerinin iç mekânlar açısından değerlendirilmesi ve kampüs içindeki yapıların trafik gürültüsünün etkisi altında kaldığı gözlemler sonucu belirtilmiştir. Gerçekleştirilen gürültü ölçümleri ile KTÜ Kanuni Kampüsü'nde önemli derecede gürültüden etkilenen yapıların olduğu belirlenmiştir. Ölçümler daha çok iç mekanlardaki odalarda gerçekleştirilmiştir. Katların seçimi gürültünün kaynağı ve yapılar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları değerlendirilerek yönetmeliklerdeki yüksek gürültü seviyesi değerleri ile karşılaştırılmıştır. Gürültü seviyelerinin aşıldığı mekanlarda ise mevcut gürültü seviyesinin altına indirilmesinin gerekliliği ortaya koyulmuştur [24].

Ünal vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, Nevşehir Kapadokya Havalimanı'nda Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından havalimanlarının çevreye olan negatif etkilerinin azaltılması maksadıyla, havalimanlarının belirli şartları karşılaması sonucunda ilgili havalimanına “Yeşil Havalimanı” unvanının verildiği belirtilmiştir. Bu kapsamda Nevşehir'deki Havalimanı'nın da bu kategoriye girebilmesi için havalimanı etrafında bazı bölgelerde gürültüyü ölçme çalışmaları yapıldıktan sonra değerlendirmelerde bulunulmuştur [25].

Öngel ve Sezgin (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye'de gürültünün duyma, performans, rahatsızlık, uyku bozuklukları, kardiyovasküler problemler gibi bir takım rahatsızlıklar oluşturduğuna ve çocuklarda ise zihinsel bozukluklara yol açabileceği üzerine çalışılmıştır. SoundPLAN 6.5 gürültü haritalama yazılımı ile D-100 Karayolu'nun belirli bölgelerinde gürültü haritalama çalışmaları yapılmıştır. Gürültüye etki eden faktörlerin bazı tıbbi rahatsızlıklar üzerine olan etkileri incelenmiştir. Çalışmalar sonucu trafikte gürültü etkisini azaltmak amacıyla alınabilecek önlemler tartışılmıştır [26].

Zanardi vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, SoundPLAN V7.3 yazılımı ile Code_TYMPAN V3.9 yazılımı ISO 9613 Standardı kullanılarak bir mukayese parametresi geliştirilip karşılaştırılmıştır. Her bir yazılım için bir bilgisayar modeli geliştirilmiştir. Sonuçları karşılaştırmak için gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak ise; iki yazılımın da sonuçlar bazında iyi bir doğruluk seviyesi yakaladığı ifade etmiştir. Code_TYMPAN yazılımının zaman alan algoritması nedeniyle geniş alanları hesaplamak veya şehir gürültüsünü planlamak için optimum olmadığına karar verilmiştir. Ancak bu durumun söz konusu yazılımın iyi bilinen gürültü kaynaklarıyla ilgili küçük ölçekli projelerde kullanımının desteklenmediği anlamına gelmediği vurgulanmıştır. Farklı türdeki durumlar ve beklenen belirsizlik aralığında doğru davranışı sağlamak için yeni geliştirilen uluslararası standartlar ile daha ayrıntılı bir doğrulamanın yapılmasının gerekliliği vurgulanmıştır [27].

Wolfe vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, İngiltere'de uçak kaynaklı oluşan gürültü emisyonlarının havacılık operasyonlarını etkileyecek insan refahı ve sağlığı açısından olumsuz bir faktör olduğunun yanı sıra söz konusu çalışmada İngiltere'nin başkenti Londra'da bulunan Heathrow ve Gatwick havalimanlarının gürültü etkilerini modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu iki havalimanındaki uçak kaynaklı

oluşan gürültünün 255.800 kişiyi etkileyerek 54 miyokart enfarktüsüne sebep olduğu ve her yıl 17 erken ölüm ile sonuçlandığı belirtilmiştir. Ayrıca gürültü etkisi sebebiyle havalimanları için oluşan zararlardan sırasıyla bahsedilmiştir. Kapasite ve pistlerde genişleme yapılmasının kaçınılmaz olduğu vurgulanmıştır. Son olarak ise ileriye dönük gürültü azaltım tedbirleri için bir öngörü analizi gerçekleştirilmiştir [28].

Bin ve Daming (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, Çin’de gürültü bir havacılık problemi olarak ele alınmış ve Adaptive Cycle Engine (ACE) ifade edilerek uçak motoru gürültüsünün ve Süpersonik havanın tanımlanması ve analizine dayanarak kalkış esnasında uçak gürültüsünün analizine dönük incelemelerde bulunulmuştur. ACE'nin kavramsal şeması gösterilmiş ve daha sonra her bir bileşenin hesaplama yöntemi incelenmiştir. Fan, yanma odası, türbin ve nozul dahil olmak üzere toplam gürültü seviyesi EPN dB(A) olarak hesaplanmıştır. Ardından bu bileşenlerin gürültüsüne dair analizlerde bulunulmuştur. Çalışma sonucunda ise ACE gürültüsünün süpersonik uçak olan Concorde’den daha düşük olduğu gösterilmiştir. Gürültü azaltım önlemleri kapsamında nozul ve fan komponentlerinin önemi vurgulanmıştır [29].

Hughes ve Filippone (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, İngiltere’de Manchester Havalimanında ticari bir turboprop motora sahip uçağın iniş ve kalkış esnasında gürültüsü incelenerek analiz edilmiştir. Brüel-Kaer 2250 Sound Level Meter (SLM) ile 1/3rd oktav bandında frekans analizi yapıp, ses basınç seviyesi (SPL) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. FLIGHT Versiyon 5.9.4 yazılımı ile gürültü tahmini için simülasyon programı kullanılmıştır. Önceki uçuşlardan Flight Data Record (FDR) verileri kullanılarak modele girdi yapılmıştır. Tahminleri hem genel gürültü seviyesi değerleri (EPNL, SEL, L_{max} ve L_{Amax}) hem de zamana göre değişme (saniyede bir kez örneklenmiş) ve frekans (1/3 oktav bantlarında) açısından farklılıklarla karşılaştırmıştır. Genel gürültü seviyesi tahminleri fiziki ölçümlerle karşılaştırdığında ayrış ve yaklaşma sırasında sırasıyla 1,2 EPNdB ve 4,3 EPNdB için öngörülen ve ölçülen EPNL arasında bir maksimum sapma tespit edilmiştir. SEL için bu tutarsızlık değeri 2,2 dB(A) ve 4,2 dB(A) olarak saptanmıştır. Benzer farklılıkların, maksimum SPL ölçümleri L_{max} ve L_{Amax} değerlerinde de görüldüğü vurgulanmıştır [30].

2.1. Havalimanlarında Uçak Gürültüsü Problemi

1903 yılında, Wright Kardeşler 'in boş ve geniş bir alan üzerinde gerçekleştirdikleri ilk motorlu, insanlı başarılı uçuş havacılığın başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde 'Havalimanı' kavramından ve uçuş faaliyetleri için yasal bir düzenlemeden söz etmek mümkün değildir. Sonraki süreçte birinci ve ikinci dünya savaşları ile gelişen motor ve uçak teknolojisi havalimanı sistemine ihtiyaç olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Savaşlara bağlı olarak havadan gelebilecek tehlikelere karşı ülkelerin toprağı üzerindeki hava sahasının ülkenin mutlak egemenliğı altında olmasını gerekli gören düşünceler ile havacılık alanında standartlar geliştirmek, uluslararası yasal düzenlemeler hazırlamak amacı ile bu konuda çalışmalarda bulunan ülke temsilcileri görüşmeler yapmak üzere tarihsel süreçte bir araya gelmişlerdir [31].

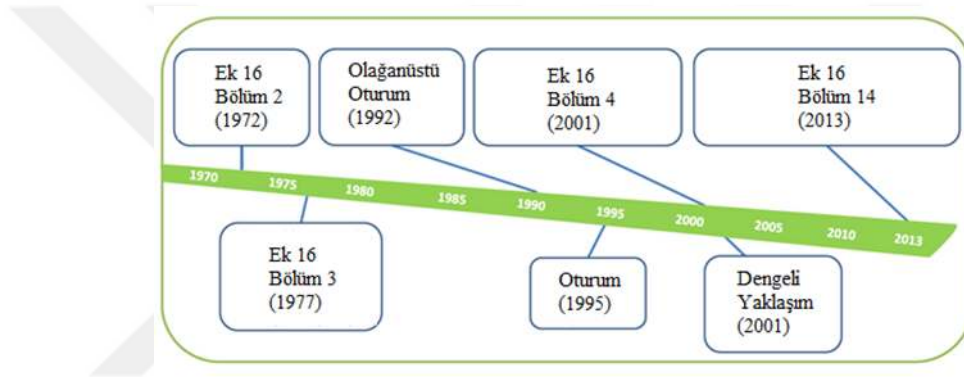
1919 Paris Sözleşmesi, tarihteki ilk uluslararası sivil havacılık anlaşmasıdır. Sektörde yaşanan hızlı büyüme ve gelişme karşısında bu sözleşme yetersiz kalınca 1944 yılında, 52 devletin temsilcisi, Chicago'da Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesini imzalamıştır. Tarihe Chicago Konvansiyonu olarak geçen bu anlaşma, seyrüsefer, havalimanı iniş sahaları, hava araçlarının sahipliğı, lisans ve sertifikalar ile kazaların/kırımların araştırılması alanında uluslararası standartlar, talimatlar ve usuller getirmiştir. Çevre konusunun uluslararası düzeyde tartışılıp ele alınmasına katkı sağlayan kurum Birleşmiş Milletler 'dir. 1972 yılında, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından kurulan Çevre Programı, UNEP (United Nations Environment Programme) [32] insan ve yaşadığı çevreyi etkileyen konularda uluslararası işbirliğı ile çevrenin korunmasını amaçlayan faaliyetlerde bulunmaktadır. Atmosfer kirliliğı, ozon tabakasının korunması, tehlikeli atıkların bertaraf ve önlenmesi, küresel iklim değışikliğı ve biyolojik çeşitliliğın korunması konularında çalışmalarını gerçekleştirmektedir. Çevre konusunda daha duyarlı olan ülkeler, çevre kirliliğı farkındalığı yaratmak ve önlem almak amacıyla farklı organizasyonlar kurarak çalışmalar yürütmektedirler [31, 33].

2.2. Uçak Gürültüsü ile İlgili Ulusal ve Uluslararası Regölasyonlar

20. yüzyılda 1960'lı yılların başlarında jet motorlu uçakların kullanılmasıyla beraber havalimanları yakınlarında oturan insanlar jet motorlu uçakların dramatik şekilde artış göstererek yaydığı gürültü emisyonlarına karşı oldukça direnç göstermişlerdir. Bu mevcut durum sebebi ile Amerika Birleşik Devletleri Havacılık İşletmeleri Dairesi Federal Aviation Agency (FAA), 1969 yılında hava taşıtlarıyla ilgili ilk gürültü ruhsat

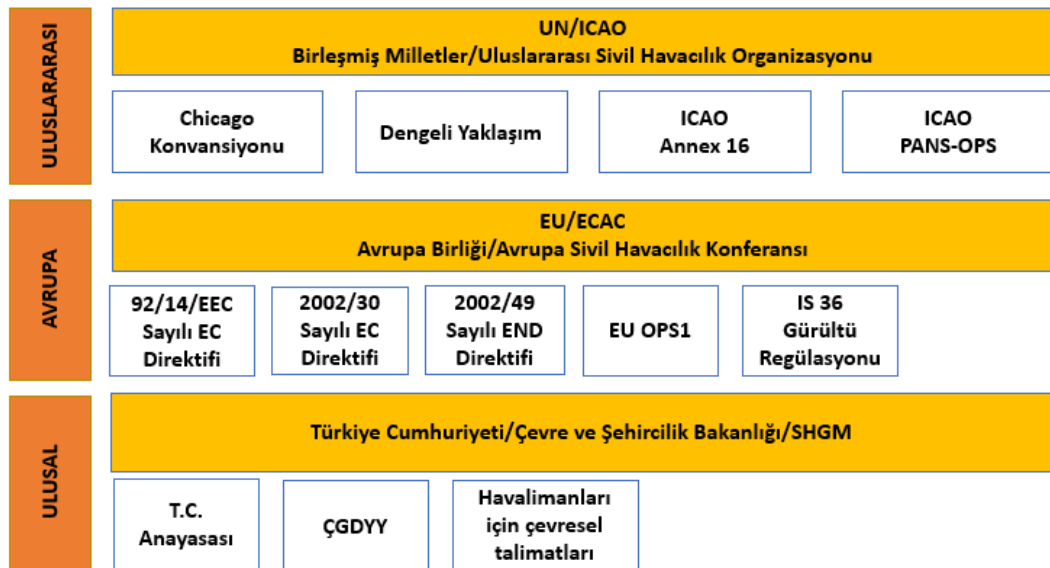
yönetmeliği olan (Federal Aviation Regulation (FAR) (Federal Havacılık Düzenlemesi) Bölüm 36'yı yayımlamıştır [10, 12, 31].

Uluslararası Sivil Havacılık Otoritesi (International Civil Aviation Authority)'nin yayımlamış olduğu söz konusu yönetmelik/direktif üzerinde birkaç değişiklik yapıp daha sonra 1974 yılında ICAO Ek 16 (ICAO Annex 16-Chicago Konvansiyonu) yayımlanmıştır. 1981 yılında EK 16'ya hava taşıtlarının yaydığı emisyonlara ilişkin düzenlemeleri içeren ikinci cilt eklenmiştir. Bugün söz konusu gürültü yönetmeliği EK 16 Cilt 1'de mevcuttur [10, 31-34]. ICAO tarafından düzenlenen standartların tarihsel sürecine ilişkin Şekil 2.1'de kısa bir bilgi verilmiştir.



Şekil 2.1. ICAO uçak gürültüsü standartları [34]

Uluslararası bazda, Avrupa'da ve ulusal bazda temel uçak gürültüsü regülasyonlarına dair kısa bir özet Şekil 2.2'de sunulmuştur.



Şekil 2.2. Uçak gürültüsüne dair temel regülasyonlar [35]

Annex 16 Cilt 1 ve uçak gürültü ruhsat düzenlemeleriyle ilgili açıklayıcı bilgiler Tablo 2.1’de bulunmaktadır. [10, 14].

Tablo 2.1. ICAO Annex 16 Cilt 1’in içeriği [10, 36]

Bölüm	Hava Aracı Tipi	Örnek Ruhsat Uygulaması
1	Genel konular verilmiştir.	
2	Sessiz jet uçakları	1977’ye kadar
3	8618 kg ya da 5700 kg’ın üstündeki sessiz jet uçakları ve pervaneli uçaklar	1977’den 2005’e kadar
4	8618 kg ya da 5700 kg’ın üstündeki sessiz jet uçakları ve pervaneli uçaklar	2006’dan itibaren
5	8618 kg ya da 5700 kg’ın üstündeki pervaneli uçaklar	1977’den 1985’e kadar
6	8618 kg üzerindeki pervaneli uçaklar	1975’den 1988’e kadar
7	STOL uçaklar	
8	Helikopterler	1985’den itibaren
9	Yardımcı güç üniteleri (APU)	
10	8618 kg’ın altındaki pervaneli uçaklar	1988’den itibaren
11	3175 kg’ın altındaki (hafif) helikopterler	1993’den itibaren
12	Ses üstü uçaklar	
13	Tilt – Rotor - uçak	

Ayrıca gürültü ruhsat/sertifikalandırma işlemine dair verilerin Ruhsat İşlemleri Dairesine aktarılması konusunda ilgili çerçeve şartlar ayrıntılı bir şekilde ICAO Annex 16 Cilt-1’de açıklanmıştır [10, 36–39].

Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA) tarafından 2002/49 / EC sayılı Avrupa Direktifi gürültü konularını ele almak üzere düzenlenmiş ve yayınlanmıştır. İlgili direktif uzun vadede, gürültüye maruz kalan kişilerin sayısını azalttığına ve akustik ortamın daha iyi bir kaliteye ulaştığına işaret etmektedir. Yetkili makamların gürültü haritaları oluşturmasını, halkı gürültüye maruz kalma konusunda bilgilendirmesini ve eylem

planları hazırlamasının gerektiğini ifade etmektedir. Bu Yönerge, üye devletler tarafından tüm gürültü haritalarında ve eylem planlarında kullanılacak 24 saatlik bir gürültü indeksi olan modern bir gürültü işaretçisi olan L_{den} 'i de karakterize etmektedir [40, 41].

Çevresel Gürültü Direktifi uyumlaştırılmış bir Avrupa gürültü politikasının temel standartlarını karakterize etmektedir. Çevresel gürültünün hem ulaşım hem de sanayi gibi büyük gürültü kaynaklarını hem de farklı gürültü seviyelerine maruz kalan kişilerin sayısını, gürültüye maruz kalmanın azaltılmasına yönelik eylem planlarını ve halkla iletişimi içermektedir. Avrupa Komisyonu ve üye ülkeler arasında tüm Avrupa Birliği'ne üye ülkelerden gelen bilgileri içeren bir veri tabanının oluşturulacağı da yine bu talimatta yer almaktadır. Direktife göre ilk aşama için stratejik gürültü haritalarının 30 Haziran 2007 tarihine kadar oluşturulması, eylem planlarının 18 Temmuz 2008 tarihine kadar tamamlanması, ikinci aşama için, tüm gürültü haritalarının 30 Haziran 2012 tarihine kadar ve ilgili aksiyon planlarının ise 18 Temmuz 2013 tarihine kadar sunulması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca yapılan tüm çalışmalar beş yılda bir gözden geçirilmelidir. Direktifin ekleri gürültü haritaları ve eylem planları için asgari teknik gereklilikleri karakterize etmektedir. Haritaların özünü, sonuçların biçimini ve sunumunu, gürültüye maruz kalan bölgelerde bulunan tahmini insan sayısını ve haritalarla birlikte verilmesi gereken bilgilerin yanı sıra gönderilmesi gereken bilgileri içermektedir. Avrupa Komisyonu gürültü yönetimi ve gürültüyü azaltma planları, arazi kullanımları, taşımacılığın imaları ve kentin dinamik olarak iyileştirilmesi gibi kentsel alanların yönetimi için genel bir metodolojiye dayanmaktadır. Hem yerel hem de ulusal düzeydeki yasal çerçevenin direktifin uygulanması kadar önemli olduğu belirtilmiştir [42–44].

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 56. Maddesi uyarınca “Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirliliğini önlemek devletin vatandaşlarının görevidir.” ÇGDYY 1986 yılından itibaren yürürlükte bulunan “Gürültü Kontrol Yönetmeliği”ndeki eksik hususları tamamlamak amacıyla 25.6.2002 tarihli 2002/49/EC “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi” direktifiyle paralel bir şekilde 1 Temmuz 2005'te yürürlüğe girmiş ve 4 Haziran 2010'da yenilenmiştir. Türkiye Cumhuriyeti ÇGDYY'nin amacı Türkiye Cumhuriyeti Anayasasının belirtilen direktiflerini yerine getirmesi için gerekli önlemleri almak amacıyla gürültünün değerlendirilmesine dair yöntemler ve çevresel gürültüden etkilenme seviyelerini, gürültü haritası, akustik raporlama ile

çevresel gürültünün değerlendirilmesini sağlamaktır. Ayrıca gürültünün önemi ve etkilerine ilişkin kamuoyunda bilincin sağlanması amacıyla gürültü haritası, akustik raporlar ve çevresel gürültü seviyesi değerlendirmelerine göre bilhassa çevresel gürültü maruziyeti ve maruziyet düzeyleri ve sürelerinin insanlar için sağlık problemlerine yol açıp zararlı etkiler oluşturulabileceği ve gürültüyü azaltma ve önlemeye dönük eylem planlarının hazırlanması ve uygulanmasıyla ilgili talimatları düzenlemektedir [10, 15, 41].

Türkiye Cumhuriyeti ÇGDYY’de yer alan “Havalimanlarında Uçak Gürültüsünün Sınır Değerleri” Tablo 2.2’de sunulmuştur.

Tablo 2.2. Türkiye Cumhuriyeti ÇGDYY’ye göre havalimanlarında gürültü sınır değerleri [15]

Alanlar/Bölgeler	Küçük Havalimanları (Bir Yılda elli bin adedin altında iniş ve kalkışın olduğu havalimanları)			Büyük Havalimanları (Bir Yılda elli binin üzerinde iniş ve kalkışın olduğu havalimanları)		
	<i>L</i> _{gündüz} (dBA)	<i>L</i> _{akşam} (dBA)	<i>L</i> _{gece} (dBA)	<i>L</i> _{gündüz} (dBA)	<i>L</i> _{akşam} (dBA)	<i>L</i> _{gece} (dBA)
“Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar”	63	58	53	65	60	55
“Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar”	65	60	55	68	63	58
“Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar”	67	62	57	72	67	62
“Endüstriyel alanlar”	70	65	60	75	70	65

Türkiye Cumhuriyeti ÇGDYY'ye göre, stratejik gürültü haritalama talimatları aşağıdaki gibidir [10, 15, 41]:

i. Yerleşim alanları için:

(Yerleşim alanı: Nüfusu yüz binden fazla olan, şehirleşmiş alan olarak kabul edilen ve nüfus yoğunluğunun kilometre kare başına 1000 kişiden fazla olduğu alanları ifade eder)

1. Aşamada;

- 2011 yılına kadar, İki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanları belirlenecek,
- 2013 yılına kadar gürültü haritaları hazırlanacak,
- 2014 yılına kadar eylem planları oluşturulacaktır.

2. Aşamada;

- 2014 yılına kadar, Yüz binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanları belirlenecek,
- 2018 yılına kadar gürültü haritaları hazırlanacak,
- 2019 yılına kadar eylem planları oluşturulacaktır.

ii. Ulaşım kaynakları ve civarı için:

1. Aşamada;

- 2011 yılına kadar, yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yolları, yılda atmış binden fazla trenin geçtiği ana demir yolları, yılda elli binden fazla uçuş hareketinin gerçekleştiği hava alanları belirlenecek,
- 2013 yılına kadar gürültü haritaları hazırlanacak,
- 2014 yılına kadar eylem planları oluşturulacaktır.

2. Aşamada;

- 2014 yılına kadar, yılda üç milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yolları, yılda otuz binden fazla trenin geçtiği ana demir yolları belirlenecek,
- 2018 yılına kadar gürültü haritaları hazırlanacak,
- 2019 yılına kadar eylem planları oluşturulacaktır [15].

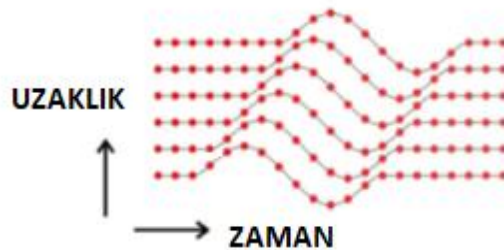
3. AKUSTİK PARAMETRELER

Bu bölümde tez çalışmasının ilerleyen bölümlerinde değinilen bazı kavramlara ait tanımlar ve gürültü konusuna giriş için gerekli olan kavramlara ilişkin bilgiler verilmiştir.

3.1. Ses ve Gürültü Kavramları

Gürültü, insan kulağını rahatsız edici ve istenmeyen ses seviyesidir. Kişiden kişiye değişen bu seviye sübjektif bir kavramdır. Gürültünün insan sağlığı üzerinde önemli olumsuz etkileri bulunmaktadır. Çevresel gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkileri çok çeşitli, ciddi ve oldukça yaygındır. Uçak gürültüsü eğer bazı sınır değerlerini aşarsa ve bir insan bu duruma uzun bir süre maruz kalırsa uyku bozukluğu, psikolojik rahatsızlıklar, dolaşım sistemi ve kalp rahatsızlıkları ve çocuklarda algılamaya bağlı bilişsel problemler ortaya çıkabilmektedir [45, 46].

Teorik olarak değerlendirildiğinde ses, dalgalar halinde yayılan bir enerji biçimidir. Sesin tanımı, "kulak tarafından algılanabilen, hava, su ya da benzeri elastik bir ortamdaki basınç değişimi" olarak ifade edilebilir. Sesin doğuşu ve yayılması, ortamdaki parçacıkların titreşimi ve bu titreşimlerin komşu parçacıklara iletilmesiyle gerçekleşir. Ortamdaki parçacıkların titreşmesiyle oluşan dalgalar, havada basınç değişikliklerini oluşturmaktadır. Söz konusu basınç değişiklikleri kulak aracılığıyla elektrik sinyallerine çevrilmekte ve beyin tarafından "ses" olarak algılanmaktadır. Hava basıncının değişme miktarına ise ses basıncıdır. Ses nesnel bir kavramdır. Yani ölçülebilir ve varlığı ve etkisi kişiye özgü olarak değişmez ancak gürültü öznel bir kavramdır [23, 47]. Sesin zamana ve uzaklığa bağlı dağılımına bağlı diyagram Şekil 3.1’de sunulmuştur.

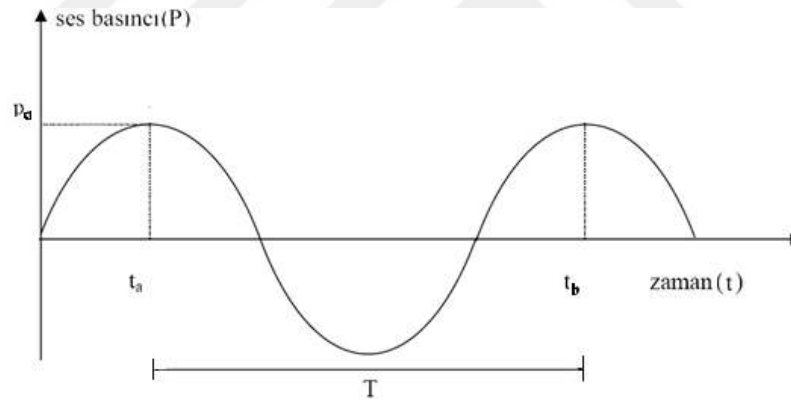


Şekil 3.1. Sesin zamana ve uzaklığa göre yayılımı [23]

Ses, atmosferde kulak tarafından algılanabilen periyodik basınç değişimleridir. Fiziksel boyutta değerlendirildiğinde ses; hava, katı, sıvı veya gaz ortamlarda oluşan basit bir mekanik düzensizliktir. Madde içindeki moleküllerin titreşmesi sonucunda oluşur. Ses yayan her madde bir ses kaynağı olarak nitelendirilebilir. Ses kaynaktan aldığı enerjilerle titreşerek dalgalar şeklinde yayılır. Titreşen cisimler esnektir ve sesi oluşturmaktadır. Esnek olan cisimler ses dalgaları meydana getirebilir ve ses dalgalarını iletebilmektedir. Ses mekanik dalga olduğu için yayılması için bir ortama ihtiyaç duymaktadır. Ses dalgaları ortamlarda sıkışma ve genleşme şeklinde boyuna ilerleyen dalgalardır [48].

3.2. Genlik, Periyot ve Frekans Kavramları

Ses basıncının zamana bağlı davranışına ilişkin grafik Şekil 3.2’de verilmektedir. Sesin genlik, periyot ve frekans kavramları söz konusu grafikten elde edilebilmektedir.



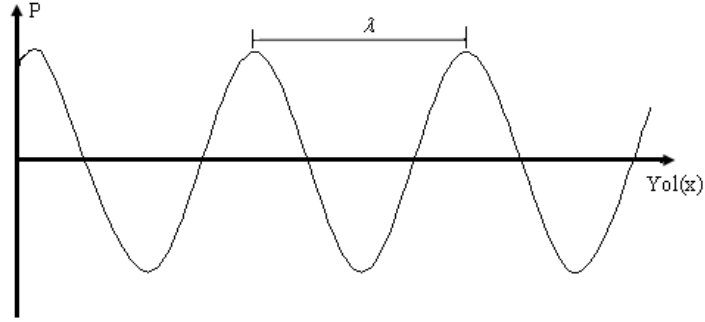
Şekil 3.2. Ses basıncının zamanla değişimi [23]

- $P_0 \rightarrow$ Ses basıncının en büyük değeridir (Genlik).
- $T \rightarrow$ Periyot (Basıncın birbirini izleyen en büyük iki değeri arasında geçen zamana denir.)
- $f \rightarrow$ Frekans (1 saniyedeki devir sayısı)

Frekansın formülü Denklem (3.1)’deki gibidir.

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.1)$$

Herhangi bir anda ses dalgasını oluşturan ses basıncının, ses kaynağından olan uzaklığıyla değişimi aşağıdaki Şekil 3.3’de sunulmuştur.



Şekil 3.3. Ses basıncının uzaklığa bağlı değişimi [23]

λ : Dalga boyu: Birbirini izleyen iki benzer nokta arasındaki uzaklıktır.

c : Dalganın yayılma hızı: Hız, birim zamanda alınan yol olarak ifade edildiğinden dolayı periyodu T olan sürede dalga boyu λ olan bir dalganın yayılma hızı $c = \lambda$ ile ifade edilir.

$T = \frac{1}{f}$ olduğundan dolayı dalganın yayılma hızının formülü Denklem (3.2)’deki gibidir.

$$c = \lambda \times f \quad (3.2)$$

Şayet hava ideal bir gaz olarak kabul edilirse sesin havadaki yayılma hızı Denklem (3.3)’deki gibi ifade edilir.

$$c = 20,05 \times \sqrt{T_0} \quad (3.3)$$

$$T_0 : \text{Sıcaklık (Kelvin} = 273,2 + ^\circ C) \quad c = \frac{m}{s}$$

Şayet oda sıcaklığı $21^\circ C$ olarak kabul edilirse sesin havadaki yayılma hızı:

$$c = 344 \frac{m}{s} \text{ olur.}$$

İnsan kulağının işitebileceği en yüksek ve en düşük frekans aralığına ilişkin veriler Şekil 3.4’de verilmiştir [23, 49].



Şekil 3.4. İnsan kulağının işitebileceği frekans aralığı [10]

3.3. Ses Dalgalarının Yayılması

Katı, sıvı ve gazlarda uzunluğuna ses dalgalarının yayılma hızı frekanstan bağımsızdır fakat ortamın sert veya esnek olmasına ve ayrıca yoğunluğuna bağlıdır ve Denklem (3.4)'deki gibi formülize edilmiştir [50].

$$c = \sqrt{\frac{D}{\rho}} \quad (3.4)$$

Burada D , Hacimsel esneklik, ρ ise havanın yoğunluğunu sembolize eder.

Havanın yoğunluğu: $1,206 \frac{kg}{m^3}$ 'tür.

Havada sesin yayılma hızı $20^\circ C$ 'de $344 \frac{m}{s}$ iken $0^\circ C$ 'de $331,5 \frac{m}{s}$ 'dir

Gazlarda sesin yayılma hızı aralığı: $150 - 1500 \frac{m}{s}$ ' dir.

Sıcaklığa bağlı olarak sesin yayılma hızı Denklem (3.5)'deki bağıntıyla bağlı değişim göstermektedir [51].

$$c = 331,5 \times \sqrt{\left(1 + \frac{T_0}{273}\right)} \quad (3.5)$$

Burada T_0 , havanın sıcaklığı olup $(^\circ C)$ şeklinde sembolize edilmektedir ve

$c = \frac{m}{s}$ birimindedir.

Katı ortamda ses hızı ise Denklem (3.6)'da verildiği şekilde hesaplanmaktadır:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (3.6)$$

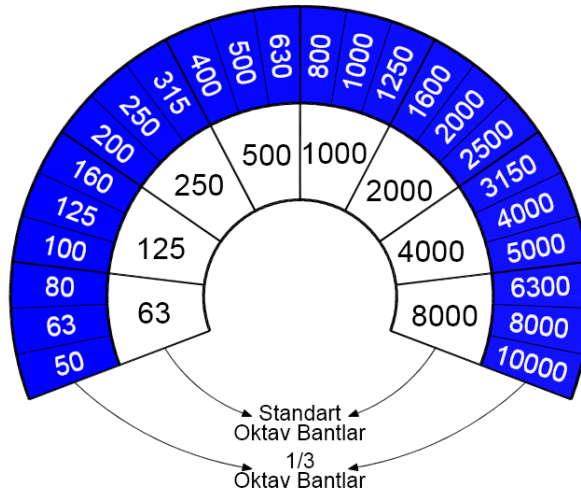
Burada E , ortamın Elastiklik Modülü olup birimi $\left(\frac{N}{m^2}\right)$ iken ρ ise katı ortamın yoğunluğudur ve birimi $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$ 'dir.

3.4. Oktav bantlar

İnsan kulağının işitebildiği sesler 20 Hz ve 20 kHz frekans aralığı arasında bulunmaktadır. Bu geniş aralık nedeniyle frekans değerlerinin belirtilmesinde sıkıştırılmış değerler içeren logaritmik ölçekler kullanılır. Bu ölçekte sürekli bir spektrum art arda gelen frekans aralıklarında (bantlarında) ölçülüp buna göre analiz edilmektedir. Bunlar 1000 Hz referans frekansının altında ve üzerinde art arda farklı aralıklardadır. Her bir üst ve alt frekansların geometrik ortalaması olan bir orta değer bulunmaktadır ve bantlar bu orta değerle isimlendirilmektedir [23].

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından standardize edilmiş frekans aralıkları (bantları) alt ve üst bant sınırlarının oranına bağlı olarak oktav ve 1/3 oktav bant olarak isimlendirilmektedir [52].

Bandın alt frekans değerinin iki katı üst frekans değerini verir. En geniş bant aralığıdır. 8 adet oktav bant bulunmaktadır. Tam sayı olan oktav bantlar; 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 dir. 50 Hz – 10 kHz arasında 24 adet 1/3 oktav bant bulunmaktadır. 1/3 oktav bantlar 50, 63, 80, 100, 125, ... , 6300, 8000, 10000 değerlerinde olup Şekil 3.5’de sunulmuştur [23].



Şekil 3.5. Standart oktav bant ve 1/3 oktav bant [23]

3.5. Desibel Kavramı

Desibel, ses şiddetini (ses gücü düzeyini) ifade eden bir birimdir. İki büyüklüğün oranının logaritması olarak tanımlanır. Örneğin; W değerindeki bir gücün W_0 referans değerine göre düzeyi Denklem (3.7)'deki ifade ile hesaplanmaktadır [23].

$$dB = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right) \quad (3.7)$$

3.6. Ses Gücü Düzeyi

Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne ses gücü (akustik güç), gücün düzeyine ise ses gücü düzeyi (L_W) denir. Referans güç olarak $W_0 = 10^{-12} \text{ Watt}$ kullanılmaktadır. Dolayısıyla ses gücü W olan bir kaynağın ses gücü düzeyi Denklem (3.8)'deki eşitlikten bulunabilmektedir [23].

$$L_W = 10 \log \left(\frac{W}{10^{-12}} \right) \quad (3.8)$$

3.7. Ses Basınç Düzeyi

Bilinen bir ses basıncına göre logaritmik olarak karşılaştırma ile ölçülen ses basınç düzeyi Denklem (3.9)'da verildiği gibi hesaplanmaktadır [52].

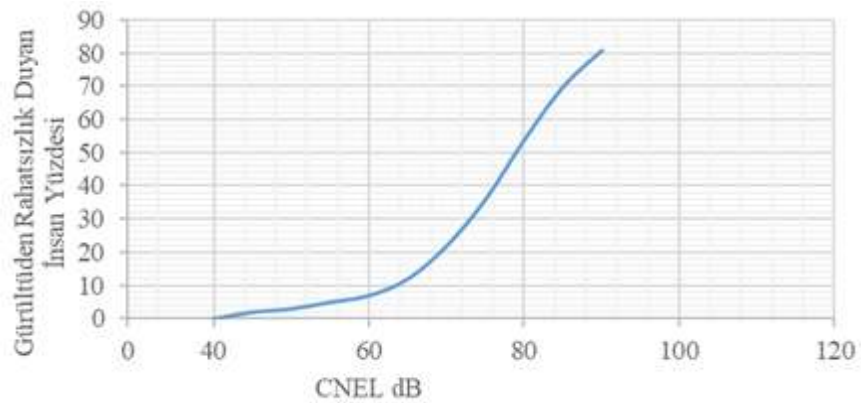
$$L_p = 10 \log \left(\frac{P^2}{P_{ref}^2} \right) \quad (3.9)$$

Burada P , bilinen bir ortamdaki ses basıncı iken P_{ref} ise referans basınç olup değeri $20 \mu Pa$ 'dır.

3.8. Toplum Eşdeğer Gürültü Seviyesi (CNEL)

Gürültünün insanlar üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu olumsuz etkilerden dolayı insanların gündelik faaliyetlerinin sekteye uğramasını engellemek adına bazı gürültü kıstasları oluşturulmuştur. Bunun temel sebebi, insanlarda gürültü kaynaklı oluşan duyu kaybı, iletişimsel problemler, uykusuzluk, fizyolojik etkileri ve maruziyete bağlı rahatsızlık gibi olumsuzluklara dayanmaktadır. CNEL ifadesi 24 saati kapsayan bir zaman diliminde A ağırlıklı desibel seviyesine bağlı enerji ortalama gürültü düzeyidir.

Kısacası bir gün boyunca yaşanmış olan gürültünün genel bir ölçüsüdür. CNEL ölçek değerine göre 07.00 - 22.00 saatler arasında yaklaşık 5 dB'lik bir ekleme yapılmaktadır. Böylece ekleme ile 07.00-22.00 saatleri arasında iletişim karışıklığına sebep olan potansiyel gürültünün yanı sıra tipik düşük ortam gürültü seviyeleri hesaplanabilmektedir. Gece zaman diliminde 22.00 - 07.00 süresinde gürültüye yaklaşık 10 dB'lik ilave katsayı eklenmektedir. Ekleme ile gece saatlerinde oluşan arka plan gürültüsü, beklenenden daha az bir değere indirgenebilmesi için yüksek hassasiyet değerlendirilip hesaba katılmaktadır. Rahatsızlık düzeyleri CNEL seviyeleri ile ilişkilidir. Şekil 3.6' da toplumun gürültü emisyonuna karşı verdiği reaksiyonlar için düzenlenen ankete bağlı CNEL gürültü seviyeleri bulunmaktadır. Schultz eğrileri tahminine göre 65 dB L_{den} cinsinden gürültü maruziyeti bulunan insan nüfusunun %14' ü çok rahatsız, 60 dB seviyesinde ise söz konusu oranın değeri %8' dir. Gürültünün uyku bozukluğuna olan etkisine ilişkin araştırmalar geçmişten beri yapılmaktadır. 35-45 dB(A) arası standart olup 25-45 dB(A) arası gürültü seviyesi, iyi bir uyku için yatak odalarında tavsiye edilen ses seviyesi değerleridir. İnsanların normal konuşma ortamının 60-65 dB(A) aralığında olması gerekmektedir [10, 52]. Bu değerlerin üzerindeki oluşacak gürültü konuşma ortamını olumsuz etkileyebilmektedir. Rahatsızlığa bağlı toplum eşdeğer gürültü düzeyi CNEL ile ilgili grafik Şekil 3.6'da sunulmuştur.



Şekil 3.6. Rahatsızlığa bağlı toplum eşdeğer gürültü düzeyi CNEL [10]

Grafiğe göre insan kulağının işitebildiği sesler 20 Hz ve 20 kHz frekans aralığı arasında olup 1000-4000 frekans aralığında bulunan ses değerleri alçak frekanslara göre daha kolay duyulmaktadır. Uçaklardaki durum ise tüm işitilebilir frekans aralığını kapsamakla birlikte 2000 Hz'in altında gürültüler daha belirgin olmaktadır. İşitilmeyen

frekanslarda titreşim etkisi oluşturmaktadır. Bu durumun yanı sıra sesin en duyarlı olduğu 3000 Hz frekansında insan kulağının tepki gösterdiği en düşük ses basınç seviyesi 4 dB'dir. Ancak 50 Hz frekansında ilgili değer 40 dB'e kadar yükselmektedir. Uçağın oluşturduğu gürültü ise 3000 Hz frekansında 100 dB ve 50 Hz frekansında ise yaklaşık 95 dB seviyesindedir [10, 53]. Ancak veriler uçak türüne ve de uçağın noktaya olan uzaklığına bağlı değişebilmektedir [53, 54]. İnsanı rahatsız eden gürültülerin sınıflandırılmasına ilişkin bilgi Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1. *Gürültülerin sınıflandırılması* [54]

30 - 65 dB(A)	1. Derece Gürültüler
	Konforsuzluk
	Rahatsızlık
	Sıkılma Duygusu
	Kızgınlık
	Konsantrasyon Eksikliği
	Uyku Bozukluğu
65 - 90 dB(A)	2. Derece Gürültüler
	Kalp Atışının Değişimi
	Solunum Hızlanması
	Beyindeki Basıncın Hızlanması
90 - 120 dB(A)	3.Derece Gürültüler
	Baş Ağrısı
120 - 140 dB(A)	4.Derece Gürültüler
	İç Kulakta Bozukluk
> 140 dB(A)	5.Derece Gürültüler
	Kulak Zarının Patlaması

3.9. Eşdeğer Sürekli Gürültü Seviyesi (L_{eq})

Eşdeğer sürekli ses basınç seviyesi, belli bir zaman dilimindeki ortalama ses basınç seviyesini tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Ortalama zamanın (t') belirlenmiş olması önemli olup t ifadesi saat, dakika veya saniye de olabilmektedir. Genelde L_{eq} ifadesi A ölçümlü filtreler kullanılarak ölçülebilmektedir. Literatürde $L_{Aeq,T}$ olarak da fazlaca yer almaktadır. t zamanındaki ortalama olarak sesin enerji değerini bulduğundan bu işlem için enerji ortalaması adı da verilebilmektedir. $L_{Aeq,t}$ değerinin ölçümlemesi için ses seviyesi ölçerlerin zaman entegrasyonunun yavaş ya da hızlı tepki zamanına sahip olması önemli olmaktadır. Aşağıda sunulan sebeplerden dolayı Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Bölümü L_{eq} göstergesini genelde çevresel gürültünün ölçülmesi ve de gürültünün değerlendirilmesinde başlıca kullanmaktadır [55, 56].

- Gürültünün insan üzerine etkileriyle uyuma derecesinin çok yüksek olması,
- Kesin sonuçları içermekle birlikte basit ve çabuk olması,
- Teoride ve pratikte kullanılabilirliğinin yüksek olması,
- Günümüzde kullanılan yöntemlerle benzerliğinin çok olması,
- Eşdeğer gürültü seviyesi ölçümleri için kullanılan ölçüm cihazlarının standartlara uygunluğunun bulunması ve kolay erişilebilir olmasıdır.

L_{eq} ; belli bir zaman diliminde değişen zaman sinyali olarak eşit toplam enerjiyi barındıran A ağırlıklı ses düzey verilerine karşılık gelen ses düzeyidir. L_{eq} , örnek bir zaman süresince ortalama gürültü enerji düzeyidir. Aşağıda L_{eq} aralığı ifade edilmiştir. L_{eq} herhangi bir zaman periyodu için ölçülebilmekte olup tipik olarak 15 dakika, 1 saat veya 24 saat zaman süresince ölçülmektedir [10, 57].

Eşdeğer gürültü seviyesi, belli bir zaman periyodu boyunca A ağırlıklı ses seviyelerinin birikmesi sonucu oluşan sesin maruziyetinin bir ölçüsü olarak tanımlanmıştır. Örnek olarak 1 saat, 8 saat süren okul süresi, gece süresi ya da 24 saatlik süre zarfı gibi. Belirtilen süreler genelde $L_{eq(8)}$ veya $L_{eq(24)}$ şeklinde alt simgelerle gösterilmektedir. Eşdeğer gürültü düzeyi çevresel akustiğin en fazla kullanılan göstergelerindendir [10, 57].

FAA'in 150/5020-1 kod numaralı dokümanında; L_{eq} değeri, herhangi bir eşit zaman süresinde dalgalı gürültü ile eşit akustik enerjiye sahip olan belli bir zaman dilimi üzerindeki A ağırlıklı ses düzeyi olarak tanımlamıştır. L_{Aeq} , ses enerjisi, zaman ve belli

bir zaman aralığında gerçekleşen akustik hadiselerin toplamıdır şeklinde de açıklanabilmektedir [10, 58]. dB(A) cinsinden bir saatlik örnek olaydaki L_{eq} seviyelerinin grafiğine ilişkin bilgi Şekil 3.7’de sunulmuştur.



Şekil 3.7. dB(A) cinsinden bir saatlik örnek olaydaki (L_{eq}) ses seviyeleri [10, 59]

Grafiğe göre L_{eq} normal alt ve zirve ile gerçek değişen - zaman ses seviyesi kadar ses enerjisi barındıran ilgili döneme ait sabit ses düzeyi olarak değerlendirilebilmektedir. Örneğe göre uçak, üstten uçuş olayı gürültüsü kapsamında ilgili zaman dilimindeki toplam ses maruziyetini karşılamaktadır. Dahası, L_{eq} değerinin önerdiği ortalama ses seviyesinin aritmetik değil logaritmik ya da ortalama enerji ses seviyesi olduğu mutlaka bilinmelidir [10, 57, 59].

3.10. Ses Etkilenim Seviyesi (SEL, L_E)

Tekil ses olaylarının etkisini belirlemekte kullanılmaktadır. Süreklilik arz etmeyen bir gürültü olayının sürekli olmayan bir olay ya da işlemden kaynaklanan gürültünün enerjisine eşit enerjiye sahip olan ve 1 sn. süre ile etkilediği varsayılan sabit A ağırlıklı ses düzeyidir. Tekil ses olaylarının değerlendirilmesinde kullanılır. Kesikli (darbeli) gürültülerin toplam seviyeye olan katkılarını bu olayların ortaya çıktığı zaman aralığına bağlı olarak hesaba katılarak bulunmaktadır [50].

Kısa süren ve yükseldikten sonra da alçalabilen tekil gürültü olaylarının tek bir değerle ifade edilebilmesinde kullanılmaktadır. Ölçüm cihazlarının gelişmesiyle birlikte Ses Etkilenim (maruziyet) Seviyesi direkt olarak cihaz üzerinden takip edilebilmektedir. Bu sayede farklı pozisyonlardaki gürültü değerlerinin birleştirilmesi ya da bu gürültü değerleri ile karşılaştırma yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir [47, 55, 56].

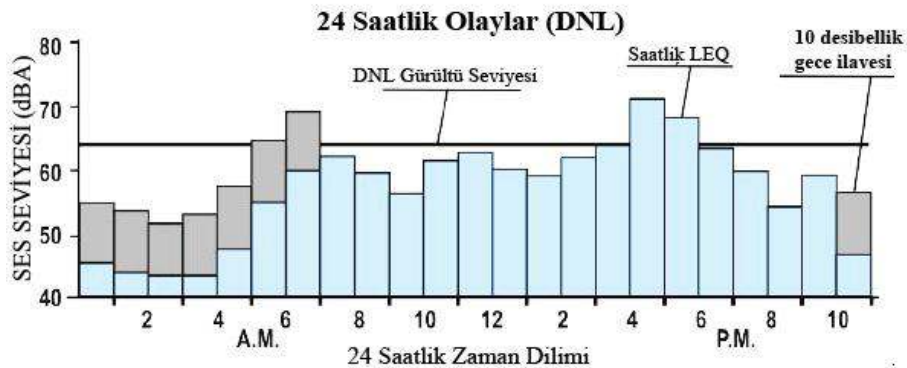
3.11. Gündüz - Gece Ortalama Ses Seviyesi (DEN, DNL)

DEN indikatörü, 24 saatlik bir zaman dilimindeki A ağırlıklı desibel değerine dB(A)'e bağlı zaman ağırlıklı enerji ortalama gürültü düzeyidir. Bütün bir günü kapsayan yaşanmış olan genel bir gürültü göstergesidir. DNL, gece süresine 10 dB'lik eklemeye eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basınç düzeyidir. Gece zaman dilimi gürültü değerine 10 dB'lik eklemeye yapılması, insanların gece süresinde gürültüye karşı daha hassas olduğunu kanıtlamaktadır. Saatlik gürültü değeri ise gündüz 15 saat için toplanmaktadır. 10 dB eklemeye yapılarak gece gürültüsünün 9 saatlik L_{eq} sayılarının toplamına eklenmektedir. Elde edilen sonuçlarla belirli bir konum için DNL gürültü seviyesi veya 24 saatlik gürültü düzeyleri belirlenmiş olmaktadır. Uçak gürültüsü kontur değerleri hesaplandığı zaman background (arka plan) gürültü değeri bu hesaplamaya dahil olmamaktadır [10, 59].

Arka plan gürültü düzeyinin gece saatleri boyunca daha azalmasının uçağın gürültü etkisini daha belirgin duruma getirdiği belirtilmiş olup gece-gündüz ses düzeyini hesaplamak için Denklem (3.10) kullanılmıştır [60].

$$L_{den} = 10 \log \left\{ \left(\frac{1}{24} \right) \times \left[15 \times \left(10^{\frac{L_d}{10}} \right) + 9 \times \left(10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right] \right\} \quad (3.10)$$

Denklemdaki, L_d gündüz saatlerinde ölçülmüş olan A ağırlıklı ortalama ses basınç düzeyi, L_n ise gece saatlerinde ölçülmüş olan A ağırlıklı ortalama ses basınç düzeyi değeridir [10, 22, 59]. DNL'in grafiksel olarak gösterimi Şekil 3.8'deki gibidir.



Şekil 3.8. 24 Saatlik olayların DNL cinsinden gösterimi [10]

FAA, gürültü değerlendirmesi için DNL göstergesini kabul etmekteyken EPA, havalimanı ve toplum gürültüsü değerlendirmesinde DENL göstergesini kullanmaktadır.

1973 yılında Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) halk sağlığı için sosyal kıstas olarak, gürültü değerlendirmesinde Gece - Gündüz Ortalama Ses Seviyesini önermiştir. Avrupa Birliği ise gürültünün etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla ortak gürültü tanımlayıcısı olarak L_{den} göstergesini kullanmaya başlamıştır. Avrupada kullanılan DENL, DNL'ye benzer şekilde uçak gürültüsü değerlendirme kriteridir. Fakat akşam zaman dilimi için yapılan ilave bir ağırlıklandırma bulunmaktadır. DENL A ağırlıklı ses basınç seviyesine dayanmakta ve Denklem (3.11)'deki şekliyle hesaplanmaktadır [10, 22, 60].

$$L_{den} = 10 \log \left\{ \left(\frac{1}{24} \right) \times \left[12 \times \left(10^{\frac{L_d}{10}} \right) + 4 \times \left(10^{\frac{L_e+5}{10}} \right) + 8 \times \left(10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right] \right\} \quad (3.11)$$

Denklem (3.11)'deki,

- Gündüz (07.00 - 19.00) ölçülen “A ağırlıklı ortalama ses basınç düzeyi”,
- Akşam (19.00 - 23.00) ölçülen “A ağırlıklı ortalama ses basınç düzeyi”,
- Gece (23.00 - 07.00) ölçülen “A ağırlıklı ortalama ses basınç düzeyi” dir.

Burada, akşam ve gece süreleri zaman aralığı ülkelere göre farklılıklar barındırabilmektedir [10, 22, 60].

4. YÖNTEM

Bu bölümde genel havalimanı organizasyon yapıları için açıklamalarda bulunulmuştur, havalimanı üst yönetimine bağlı sürdürülebilirlik yöneticisinin alt birimi olan çevresel sürdürülebilirlik birimi ile ilgili bilgiler verilmiş olup sürdürülebilir gürültü yönetimi ile ilgili model önerilmiştir. Modeldeki her bir yapı ve süreçlere ilişkin açıklamalarda bulunulmuştur.

4.1. Modelin Geliştirilmesi

Havalimanlarında farklı yönetim yapıları mevcuttur ancak bu yapıların ayrımındaki temel kıstas büyüklük ve kapasite ile doğrudan ilişkilidir. Yönetim yapısını etkileyen bir diğer husus da farklı yönetim tarzlarıdır. Merkeziyetçi yönetim anlayışını benimseyen havalimanlarında biçimsel örgüt yapıları tercih edilirken, esnek yönetim anlayışına sahip havalimanlarında yalın bir örgüt yapısı tercih edilir. Esnek yönetim anlayışına sahip havalimanlarında, yönetim kademelerinin daha az ve sade olduğu görülmektedir [61, 62]. Bununla birlikte karma örgüt yapılarına sahip havalimanları da mevcuttur. Havalimanlarında gürültü yönetim biriminin karma organizasyon yapısına dahil olması gerektiği belirlenmiştir. Kapasite ve faaliyet çeşitliliği unsuruna bağlı olarak gürültü yönetim biriminin sayısı ve ekipte yer alan personel sayısı değişebilir [2, 61, 62].

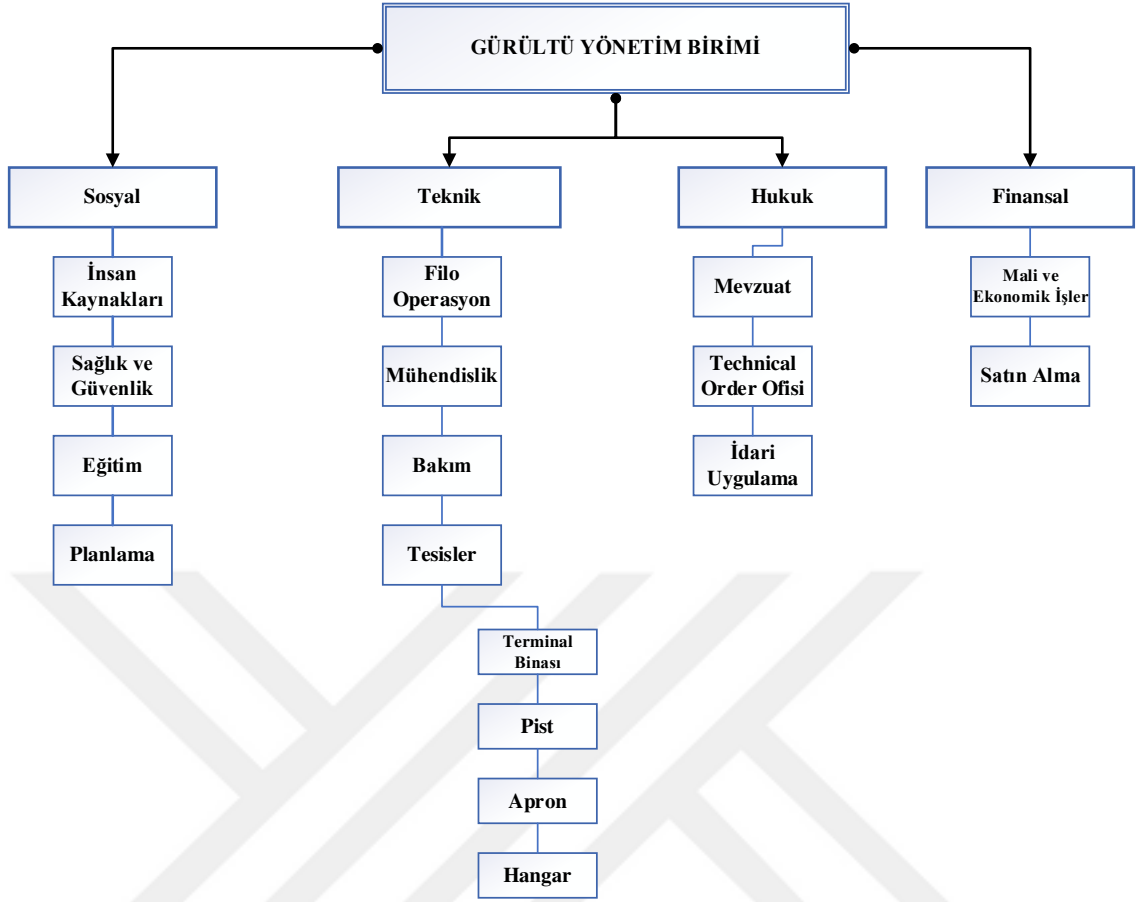
Bir havalimanında gürültü yönetim biriminin kurulması ve varlığını sürdürülebilmesi için söz konusu birimin bağlı olduğu üst birimler ve doğal olarak bağlı bulunduğu havalimanı üst yönetiminin tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu kapsamda öncelikle havalimanında üst yönetim biriminin altında sürdürülebilirlik yöneticisi, onun alt birimi olarak ise çevresel sürdürülebilirlik yöneticisi pozisyonu tanımlanmalıdır [2].

Ardından birimin yetki ve sorumluluğu altında yer alacak olan enerji yönetim birimi, emisyon yönetim birimi, atık yönetim birimi gibi birimler havalimanlarında çevresel etkiler açısından önemli pozisyonlar olduğundan dolayı organizasyon yapısına eklenebilir ancak örnek olarak verilen bu birimler tez çalışmasının kapsamının dışında olduğundan dolayı organizasyon yapısında sadece gürültü yönetim birimine yoğunlaştırılmıştır. İlgili birim Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. *Gürültü yönetim birimi*

Havalimanlarında gürültü yönetimi birimi, havalimanı üst yönetiminin altında bulunan birimlerden birisi olarak tanımlanmıştır. Sosyal, teknik, hukuk ve finansal birimlerden oluşmaktadır. Organizasyon şemasındaki birimler ve ilgili görev tanımları tez çalışmasının konusu ve bağlamına bağlı kalarak [2]'den uyarlanmıştır. Gürültü yönetim biriminin organizasyon şeması Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Gürültü yönetim birimi

4.1.1. İnsan kaynakları

Uçak kaynaklı oluşan gürültü ile ilgili havalimanlarında çalışan teknik veya idari personele güncel mevzuatların bilgilendirilmesi ve farkındalık oluşturulması ve uçak kaynaklı gürültü ile mücadele konusunda personelden geri dönüşlerin tespit edilmesi ve periyodik olarak takip edilmesi konusunda çalışmalarda bulunan birimdir ve [2, 35]'den uyarlanmıştır.

4.1.2. Sağlık ve güvenlik

Havalimanlarında gürültü maruziyeti ve buna bağlı olumsuz etkileri konusunda Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve ICAO'nun belirlemiş olduğu talimatlar doğrultusunda standartlara bağlı oluşturulan güvenlik tedbirlerini uygulamak ve sağlık denetimlerinde bulunmakla görevli birimdir ve [2, 35]'den uyarlanmıştır.

4.1.3. Eğitim

Havalimanlarındaki tüm çalışanların gürültü yönetim modeli içerisinde yer alan tüm birimlerin görev ve sorumluluklarının önemi ve bilincinde olmaları gerekmektedir. Bu sebeple uçak gürültüsü ile mücadele konusunda etkin rol oynamak amacıyla bu konuda yetkin ve donanımlı kişilerce broşür, eğitim videoları ve dokümanlar hazırlayarak çalışanlara farkındalık ve bilgilendirme eğitimleri düzenleyen birimdir ve [2, 35]'den uyarlanmıştır.

4.1.4. Planlama

Havalimanlarında uçak kaynaklı oluşan gürültü ile ilgili geçmiş dönem çalışmalar, mevcut durum analizi ve gelecekteki yıllık eylem planlarının oluşturulması gerekmektedir. Bu konudaki çalışmaların gerçekleştirilmesi ve hedef/başarı oranı etütlerinin takibi, denetimi ve performans çizelgelerinin oluşturulması çalışmalarını yürütmekle sorumlu birim olarak belirlenmiştir ve [2, 35]'den uyarlanmıştır.

4.1.5. Filo operasyon

Bir takvim yılı içerisinde havalimanına iniş-kalkış gerçekleştiren hava araçlarının gürültü haritasının oluşturulması neticesinde elde edilen bulgularla değerlendirmelerde bulunup bir sonraki yıl için aksiyonların geliştirilmesi gerekmektedir. L_{den} (L_{gag}) gündüz 07.00–19.00, akşam 19.00–23.00 ve gece 23.00–07.00 değerlerinde havalimanının bulunduğu ülkelerdeki mevcut sınır dB(A) değerlerinin aşılma durumunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu noktada gece uçuşlarının sınırlandırılması, pilotların iniş anında ve yerde Ters İtke (Reverse Thrust) hareketinden kaçınılması gibi limitlemelerde ve planlamalarda bulunması öngörülen birimdir ve [35]'den uyarlanmıştır.

4.1.6. Mühendislik

Havalimanlarında gürültü ile ilgili tüm mühendislik incelemelerin, analizlerin, araştırmaların, detay etütlerin, araştırma-geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerinin yani sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutundaki çalışmaların teknik olarak yürütülmesi gerekmektedir. Bu konuda hassas noktalarda gürültü ölçümleri, etkilenme

analizleri ve değerlendirmeleri, havalimanındaki yapıların gürültü yalıtım şemaları, havalimanı çevresindeki bina, okul, hastane gibi gürültüden etkilenecek hassas alanların şemalarının oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca etkilenen kişi sayısının belirlenmesi ve hem yerel yönetimlerin ve ilgili paydaşların bilgilendirilmesi hem de bölgedeki yaşayan sakinlerin bilgilendirilmesi amacıyla havalimanı web sitesinde periyodik faaliyet raporu şeklinde bilgilendirici çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yerel ve bölgesel otoritelerle koordinasyon kurullarının oluşturulması ve faaliyetlerinin değerlendirilmesi gibi görevleri bulunan birimdir ve [2, 35]'den uyarlanmıştır.

4.1.7. Bakım

Havalimanlarındaki uçak bakım ve yer çalıştırma işlemleri esnasında görevli teknik personele uçak gürültüsü ve maruziyeti ile ilgili bilgilendirici eğitimlerin verilmesi, eğitimi tamamlamayan personelin bu görevlerde bulundurulmaması, personele geniş frekans aralıklı koruyucu kulaklık temin edilmesi ve bakım personelinin uzun süre gürültü maruziyetinin sınırlandırılması konularında sorumlu birimdir ve [2, 35]'den uyarlanmıştır.

4.1.8. Tesisler

Havalimanlarının karayolu taşımacılığı ile bağlantısını sağlayan; havalimanına erişim imkânları, yolcu terminal binaları, kargo tesisleri ile uçakların iniş-kalkış ve yerdeki manevra/operasyon yaptıkları pist, apron ve taksi yolları (PAT) bulunmaktadır. Bu alanlarda uçak kaynaklı gürültüyü önleme ve maruziyetin en aza indirilmesi konusunda uçak motorunun yerde çalıştırılması için ayrılmış alanlarda, taksi süreleri ve gürültü bariyerleri gibi önlemlerin dikkate alınması gerekmektedir ve ilgili birim [2, 35]'den uyarlanmıştır.

4.1.9. Hukuk

Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO)'nun ve havalimanının bulunduğu ülkenin gürültü konusundaki düzenlemelerin uygulanması ve dünyadaki diğer

havalimanlarının gürültü politikalarının takibi bakımından önemli bir birim olarak hukuk birimi organizasyon yapısına tanımlanmıştır ve [2]'den uyarlanmıştır.

4.1.10. Finans

Havalimanlarında sürdürülebilir gürültü yönetim planlarının oluşturulması, gürültü ile etkin mücadele için yıllık ve 5 yıllık aksiyon planlarının hayata geçirilmesi için gürültü ölçüm ekipmanları, gürültü simülasyon yazılımları, akustik koruyucu ekipmanların temini konularında mali kaynağın sağlanması, proformaların oluşturulması, takibi ve satın alma işlemlerinin gerçekleştirilmesi gibi sorumlulukları bulunan birimdir ve [2, 35]'den uyarlanmıştır.

4.2. Sürdürülebilirlik Süreçleri

Havalimanlarında uçak kaynaklı oluşan gürültüyü önleme ve gürültü problemi ile mücadele konusunda Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO)'nun dengeli yaklaşım konsepti temel politika olarak ele alınmalıdır. Dengeli yaklaşım (Balanced Approach) aşağıdaki 4 temel unsuru kapsamaktadır [63].

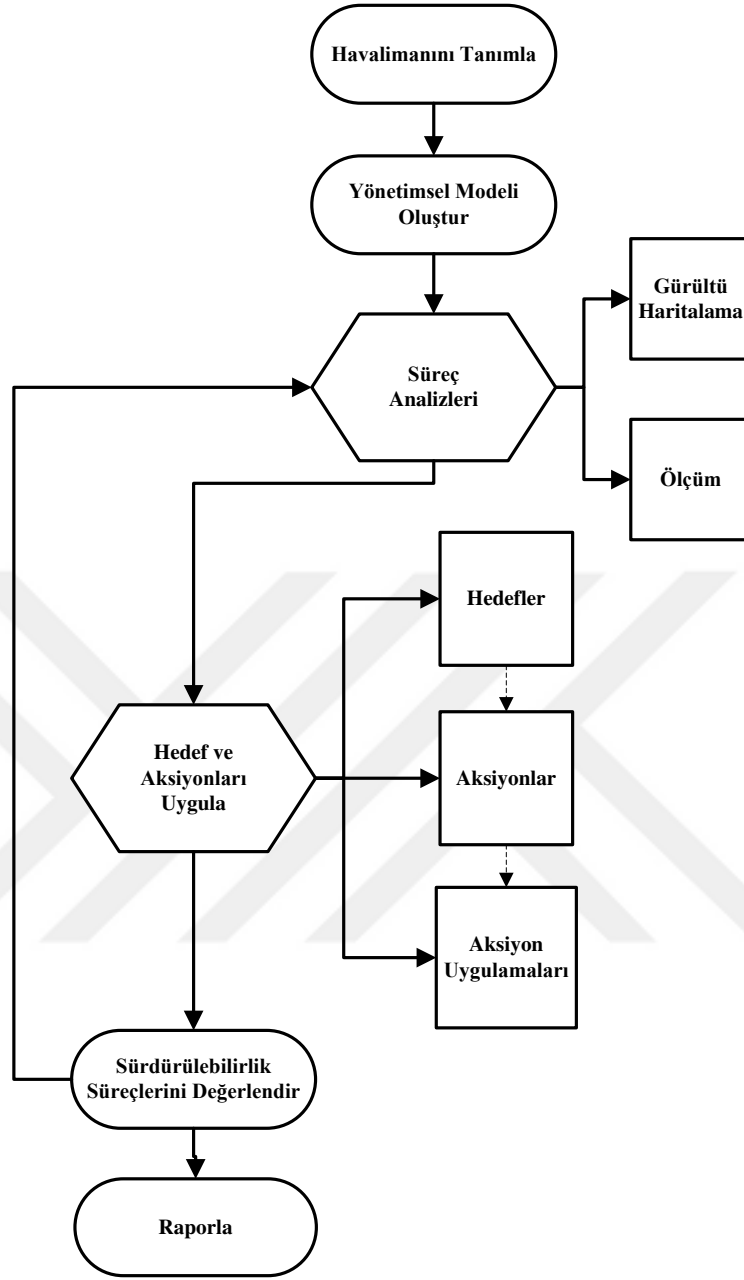
- Gürültünün kaynağından azaltılması.
- Kara kullanımının planlanması ve yönetimi.
- Gürültüyü azaltma operasyonu prosedürleri.
- Uçaklara ilişkin işletme sınırlamaları.

Bu kapsamda detaylı bir altyapı geliştirilmelidir. Bu nedenle bir yapı modeli Şekil 4.3'de sunulmuştur.



Şekil 4.3. Sürdürülebilir gürültü yönetimi için yapı modeli

Bu amaçla önerilen model ile birlikte altyapı süreçleri de değerlendirilerek havalimanlarının yönetim unsurlarıyla birlikte hareket edilmesi hedeflenmiştir. Bu yönüyle sürekliliğin sağlanması, hareket unsurlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Bu tezde önerilen yapısal model tanımlandıktan sonra havalimanı için temel sınır koşulları ile birlikte kapsamlara bağlı bir baseline şekillendirilmelidir. Bu kapsamda geliştirilmiş model süreci Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4. Gürültü yönetimi aksiyon planı

4.2.1. Havalimanının tanımlanması

Havalimanında uçak kaynaklı oluşan gürültü ile ilgili bir değerlendirme yapmak için öncelikle havalimanının lokasyonu gereği ilgili yerel yönetim ve bulunduğu ülke koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Havalimanının bulunduğu ülkenin ve bağlı kurumlarının gürültü konusundaki kanun, yönetmelik, düzenleme ve talimatları,

havalimanının gürültü açısından değerlendirilmesinin limitleme açısından tanımını oluşturacaktır.

Örneğin; Türkiye’de dB(A) olarak maksimum L_{den} (L_{gag}) değeri yılda 50000’in altında uçuş gerçekleştiren havalimanları için: $L_{gündüz}$ (07.00-19.00): 63 dB(A), $L_{akşam}$ (19.00-23.00): 58 dB(A), L_{gece} (23.00-07.00): 53 dB(A) ile sınırlı iken; yılda 50000’in üzerinde uçuş gerçekleştiren havalimanları için: $L_{gündüz}$ (07.00-19.00): 65 dB(A), $L_{akşam}$ (19.00-23.00): 60 dB(A), L_{gece} (23.00-07.00): 55 dB(A) değerlerinde olması gerekmektedir [15].

Gürültü türleri ve kaynakları belirlenip kapsam ve sınırlar belirlendikten sonra havalimanını tanımlama sürecinde bir Baseline (Temel) oluşturulmuş olacaktır. Önerilen modelde ilgili havalimanın uçak kaynaklı gürültüsü konu edildiği için gürültü türlerini ve kaynaklarını tanımlarken havacılık konsepti dışında yer alan yani hava aracı ve komponentleri haricindeki gürültü kaynakları kapsam dışına alınmıştır.

4.2.2. Yönetimsel modelin oluşturulması

Havalimanı yönetim zincirine bağlı gürültü yönetim birimi ve yöneticisinin gürültü politikalarını yönetimsel olarak etkin bir şekilde uygulaması üst yönetimin bu konuda taahhüdü ve desteği olmadan tam anlamıyla gerçekleştirilemez [2]. Bu kapsamda;

- i. Yönetimsel boyutta havalimanının uçak kaynaklı gürültü politikası oluşturulmalıdır.
- ii. Gürültü politikasını uygulamak ve geliştirmek için kaynaklar belirlenmelidir.
- iii. Baseline (temel) olarak ifade edilen standartlara bağlı kapsam ve sınırlar oluşturulmalıdır.
- iv. Gürültü yönetim faaliyetlerinden sorumlu bir gürültü yöneticisi üst yönetim tarafından atanmalıdır. Gürültü yöneticisinin ekibini kurmasına olanak sağlanmalıdır.
- v. Gürültü yönetiminin önemi ve bu konudaki görevli ekibin faaliyet alanı havalimanındaki diğer çalışanlara aktarılmalıdır.

4.2.3. Süreç analizlerinin hazırlanması

Havalimanı gürültü yönetimindeki sürdürülebilirlik süreçleri içerisinde yer alan aksiyonlardan biri havalimanının yasal mevzuatlara göre stratejik gürültü haritasının oluşturulması ve periyodik olarak yenilenmesidir. Ayrıca standartlara uygun bir ölçüm cihazı ile belirli noktalarda gerçek fiziki ölçümler gerekmektedir ve raporlamalar gerçekleştirilmelidir.

Genel olarak gürültü haritalama süreci, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY)'ne göre; yürürlükte bulunan her türlü sınır değerinin aşılmış olmadığını göstermek gayesiyle, belirli bir alanda etkilenen kişi ve maruz kalan konut sayısı da dâhil olmak üzere, mevcut veya gelecekte ortaya çıkabilecek bir gürültü durumu hakkındaki verilerin; gürültü göstergesi kullanılarak söz konusu alanın fiziksel haritası üzerinde standartlara uygun olarak belirtilmesi şeklinde tanımlanmıştır [15].

Havalimanlarının gürültü haritalandırılması ise ECAC Doc 29 standardına uygun olarak oluşturulmaktadır. Sınırlı çalışma alanı içerisinde akustik ölçümler de yapılabilir fakat hesaplama yöntemiyle oldukça geniş alanlara ulaşılabilir. Ayrıca Avrupa Birliği Çevresel Gürültü Direktifi (END), günün değişik zaman dilimlerine göre tanımlanan gürültü terimleri ($L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, L_{gece}) temelinde L_{Aeq} gösterilmesini gerekli görmektedir [41]. Bu sayede havalimanı gürültüsünden etkilenen alanlar belirlenir, nüfus ve topografya bilgileri elde edilmiş olur. Böylece gürültü haritalama ile havalimanlarındaki havacılık faaliyetlerinden kaynaklanan yıllık ortalama gürültü seviyeleri gösterilmiş olmaktadır [64].

4.2.4. Hedef ve aksiyonların uygulanması

Havalimanlarında uçak gürültüsü ile mücadele ve uçak gürültüsünü önleme süreçlerindeki oluşabilecek düzensizliklere müdahale ve düzeltici/önleyici aksiyonların gözden geçirilmesi gerekmektedir. Sınırları oluşturulan ve hedeflenen eylemlerin sürekli izlenmesinin/takibinin yapılması ve değerlendirilmesinin yanı sıra gerekli olduğunda akış planına dikkat ederek güncellenmesi veya gözden geçirilmesi gerekebilmektedir. Ayrıca eylem planında yer alan hedef ve aksiyonların kapasite ve oluşturulan sistem sınırlarına göre başarı oranı karşılaştırmalı olarak belirlenmelidir. Yıllık bazda gürültü raporları oluşturularak hedeflenen başarıya ulaşma oranları tartışılmalıdır.

4.2.5. Sürdürülebilirlik süreçlerinin değerlendirilmesi

Bu tezde önerilen modeldeki sürdürülebilirlik süreçlerinin son adımında gürültü yönetimi aksiyon planında yer alan bütün süreçlerin uygulanmasındaki başarı yüzdesi, öngörülen hedefe ulaşma durumu, yasal mevzuat sınırlarına bağlı kalma oranı, oluşturulan stratejik gürültü haritası değerlendirilmelidir. Ayrıca değerlendirmenin sonucu olarak yapılan maruziyet analizleri kapsamında düzeltici/önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi sonucundaki hedefe ulaşma oranı yıllık olarak değerlendirilmeli ve havalimanını üst yönetimine sunulmalı ve buna bağlı olarak sürdürülebilirlik ekibindeki tüm sorumlularla kapsamlı bir şekilde gözden geçirilmelidir [2].

Her yıl gelinen nokta kayıt altına alınmalı ve bir önceki yıla göre karşılaştırılmalıdır. Bu sayede performans göstergeleri oluşacak ve master eylem planının uygulanmasında ortaya çıkan problemlerin çözümü de kolaylaşacaktır. Düzeltici/önleyici faaliyet raporları sonunda finansal olarak kullanılan bütçenin (alınan teçhizat, yazılım ve tertibat gibi) problemi karşılamaya dönük kazanımları belirlenecektir.

5. DURUM ÇALIŞMASI: ESKİŞEHİR HASAN POLATKAN HAVALİMANI

5.1. Havalimanının Tanımlanması

Eskişehir Hasan Polatkan Uluslararası Havalimanı (LTBY) Eskişehir ilinin Tepebaşı ilçesi sınırları içerisinde yer almakta olup, Mart 1989 tarihinde trafiğe açılmıştır. Eskişehir Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Pilotaj Bölümü'nün uçuş eğitimlerinde, hava taksi ve ambulans uçuşlarında, özel uçuş okullarının eğitim uçuşlarında faaliyet gerçekleştirmektedir. Ayrıca 5700 kg altı uçakların bakım faaliyetleri ile ilgili uçuşları, mecburi iniş ve seyrüsefer cihazlarının kalibrasyon uçuşları, tarifeli iç hat yolcu taşımacılığı uçuşları, tarifesiz uluslararası yolcu taşımacılığı uçuşları da havalimanında gerçekleştirilmektedir. 2005 yılı itibariyle uluslararası trafiğe açılmış olan havalimanında uluslararası uçuşlar da gerçekleştirilmektedir [65].

Havalimanı içerisinde bir adet terminal binası, hava trafik kontrol kulesi, iki adet uçak bakım hangarı, itfaiye binası ve meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Havalimanının uydu görüntüsü Görsel 5.1'de verilmiştir [66].



Görsel 5.1. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı (LTBY) uydu görüntüsü [66]

Tablo 5.1’de Hasan Polatkan Havalimanı’nın son 6 yılına ait uçuş ve yolcu istatistikleri verilmiştir. 2013 yılından beri her yıl uçuş, yolcu ve yük verilerinde belirgin bir artış görülmektedir.

Tablo 5.1. *Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı uçuş istatistikleri [67]*

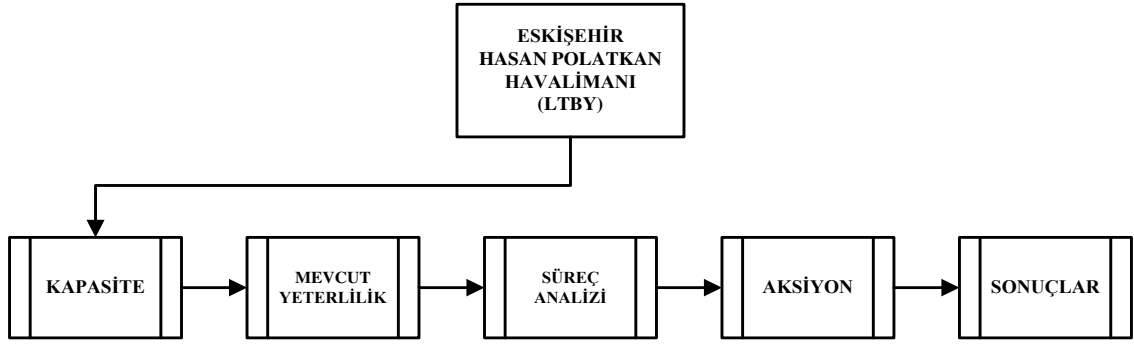
Yıl	Ticari uçuş sayısı	Yolcu sayısı	Yük (Ton)
2018	668	99331	2149
2017	582	80048	1750
2016	391	56454	1193
2015	446	51925	1184
2014	377	45872	1058
2013	292	34400	792

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı’nda farklı gürültü türleri ve kaynakları mevcuttur ancak model konusu ve kapsamı içinde yalnızca havacılık konsepti dahilinde oluşan gürültü kapsama alınmıştır.

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nin yılda 50.000’in altında iniş ve kalkış operasyonu gerçekleştiren havalimanları için tanımladığı “küçük havalimanı” kategorisinde yer almaktadır. Bu kapsamda örneklem olarak ele alınan Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı’nda uçak gürültüsünü değerlendirme aşamalarında gürültü sınır değerlerinin belirlenmesi bakımından bu tanımlama önemlidir.

5.2. Yönetimsel Modelin Oluşturulması

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı’nda uçak gürültüsü ile ilgili havalimanının işletme koşulları, organizasyon yapısı, kapasite kullanım durumu gibi süreçleri değerlendirildikten sonra teknik yeterlilikler ve kontrol süreçleri ile ilgili modelin uygulanabilirliği üzerine çalışılmış olup modeldeki organizasyon yapılarının reel katılımının sağlanabileceği değerlendirilmiştir. Geliştirilen modelin Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı özelinde uygulanmasına ilişkin süreç Şekil 5.1’de verilmiştir. Bu kapsamda sonraki adımda değerlendirmelerde bulunulmuştur.



Şekil 5.1. Yönetimsel modelin LTBY'ye uygulanma süreci

5.3. Süreç Analizlerinin Hazırlanması

Havalimanlarında uçağın özellikle zemine yakın olduğu zaman oluşturduğu gürültü türünün değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunlar farklı şekillerde incelenebilmektedir ancak temelde 4 uçak hareketini kapsamaktadır [68–70].

- Taksiyolu ve apron gürültüsü,
- Kalkış,
- İniş (Özellikle Ters İtke sebebiyle),
- Bakım nedeniyle uçağın çalıştırılması sonucu oluşan uçak gürültüsü.

Modelde gürültüye sebep olan dört tür uçak hareketi ele alınmıştır. İlk üç tür gürültüyü değerlendirmek için havalimanına bir takvim yılında (365 gün boyunca) yani 2018 yılında iniş kalkış operasyonu gerçekleştiren 5100 adet hava aracının her birisi için uçak tipleri ve sınıfları, azami kalkış ağırlıkları ve ICAO Annex 16 Kılavuzu fasıllarına uyumlulukları açısından analizi gerçekleştirildikten sonra IMMI Aircraft Noise yazılımı araç olarak kullanılarak havalimanının uçak kaynaklı gürültü haritalandırılması hesaplanmıştır.

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda bakım nedeniyle uçağın yerde çalıştırılması sonucunda oluşturduğu gürültüyü incelemek ve değerlendirmek için ise Eskişehir Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesinde Pilotaj bölümünün eğitim uçuşlarını gerçekleştirdiği uçaklardan biri olan ve en fazla operasyonda bulunan CESSNA 172-S uçağının farklı çalışma koşullarında oluşturduğu gürültü tipleri ISO 3740, ISO 3744, ISO 3746 standartlarına göre fiziki olarak ölçülmüş, analiz edilmiş, akustik ve teknik açıdan hesaplamalar ile birlikte değerlendirilmiştir.

5.3.1. Model Çıktısı 1: Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı (LTBY)'nın uçak kaynaklı gürültü haritalandırılması

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın koordinatları $39^{\circ}48'36''K$ $30^{\circ}31'10''D$ olup rakımı 2589 m'dir. Görsel 5.2'de havalimanının uydu görüntüsü verilmiştir [71].



Görsel 5.2. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı [71]

Havalimanı bünyesinde faaliyette bulunan Pist 09/27 olarak adlandırılmış olan pisttir ve uzunluğu 3000 m (9842ft)'dir. Görsel 5.3'de pist konumu verilmiştir.



Görsel 5.3. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı Pist 09/27 [71]

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın referans noktasının koordinatları 39° 48' 47''K 30° 30' 45''D olarak modele tanımlanmıştır. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 3000×45 metre boyutlarında 1 adet pist bulunmaktadır [72]. Pist ile ilgili bilgi Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın pist özellikleri [72]

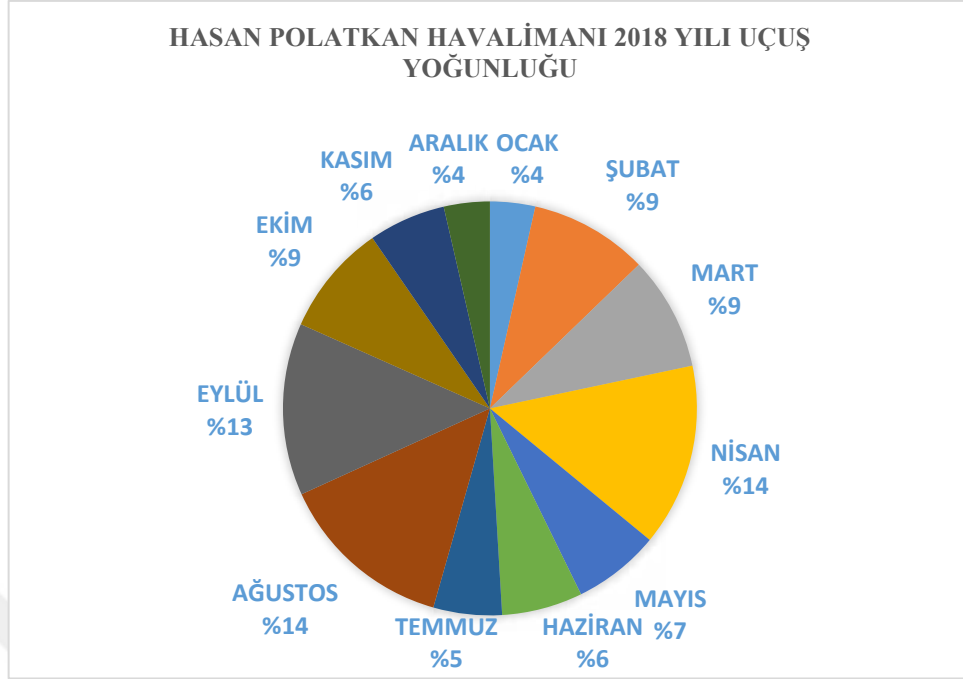
Pist	Pist Numarası	Uzunluk (m)	Yüzey	Eşik Koordinatları
09/27	09	3000×45	Beton Kaplama	39° 48' 37.70''K 030° 30' 03.45''D
	27	3000×45	Beton Kaplama	39° 48' 32.98''K 030° 32' 09.42''D

5.3.1.1. Hesaplama adımları

i. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanının CBS tabanlı Netcad ortamında dijital haritası temin edildikten sonra Computer Aided Design (CAD) ortamına aktarılmıştır. CAD ortamında yükseklik ve bina kullanım verileri düzenlenip uyumsuzluklar giderildikten sonra Sayısal Zemin Modeli (SZM) oluşturulmak üzere ek bir dosya ile IMMI yazılımına altlık olarak yüklenmiştir.

ii. IMMI'de ECAC Doc 29 direktifi [73], seçildikten sonra oluşan gürültüyü hesaplamak için L_{den} değerlendirme yöntemine göre çalışma başlatılmıştır [10]. Modelleme kapsamında uçuş yollarının çizimi için IMMI Aircraft Noise yazılımına Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın ARP referans noktası (Aerodrome Reference Point) ve pist verileri girilmiştir.

iii. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında gerçekleşen 5100 adet uçuşun Şekil 5.2'de aylık bazda yüzdesel olarak dağılımı yapılmıştır. 2018 yılında aylara göre uçuş yoğunluğu değerlendirildiğinde Nisan ve Ağustos aylarında uçuşların fazla olduğu görülmektedir.

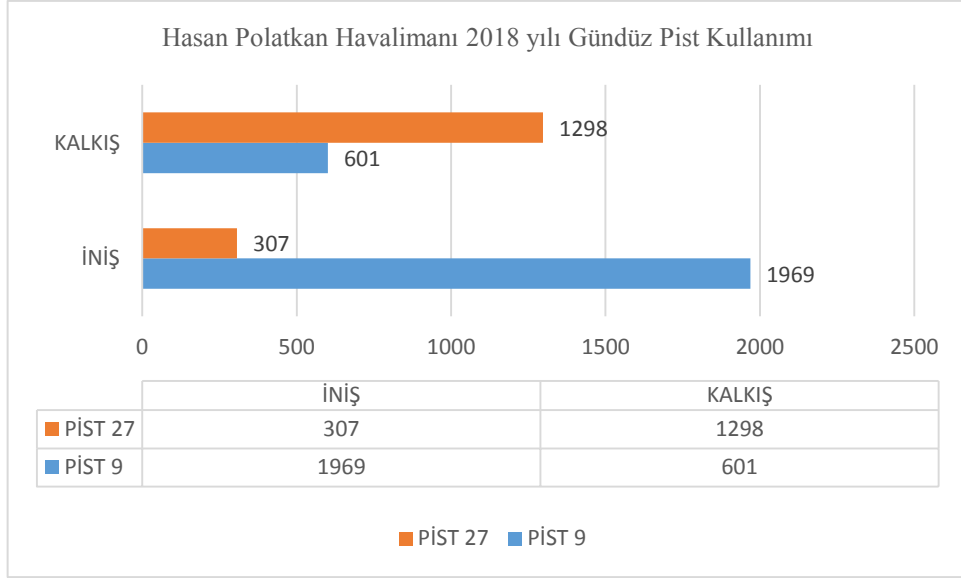


Şekil 5.2. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında aylara göre uçuş yoğunluğunun dağılımı

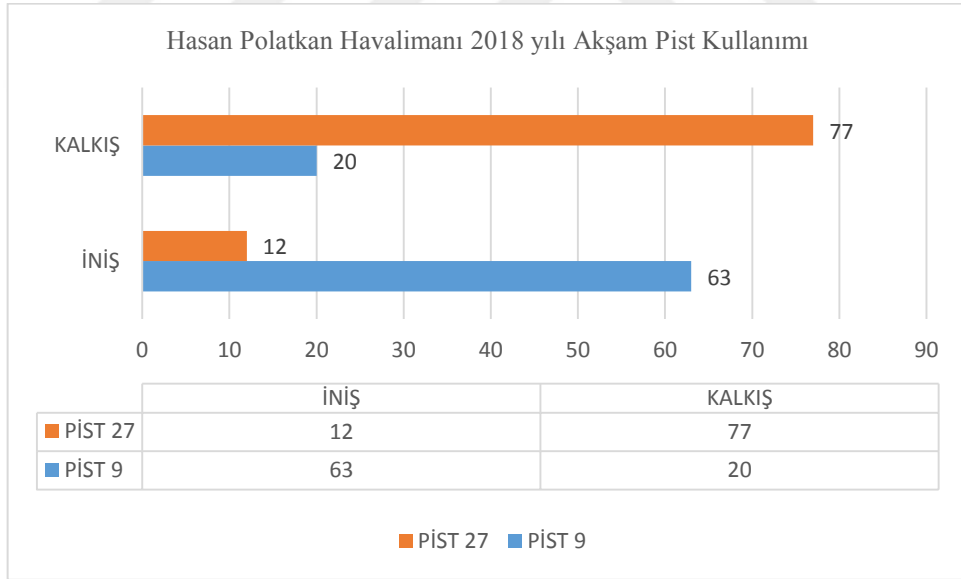
iv. Pistlere göre uçuş yoğunluğu ilişkilendirildikten sonra günün farklı zamanlarında pistlerin kullanım yüzdelerinde çeşitli farklılıkların ortaya çıktığı görülmektedir. Türkiye Cumhuriyeti Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY)'nde belirlenmiş olan zaman dilimlerine göre 5100 adet uçuş operasyonu zaman dilimlerine uygun olarak sınıflandırılmıştır.

Buna göre;

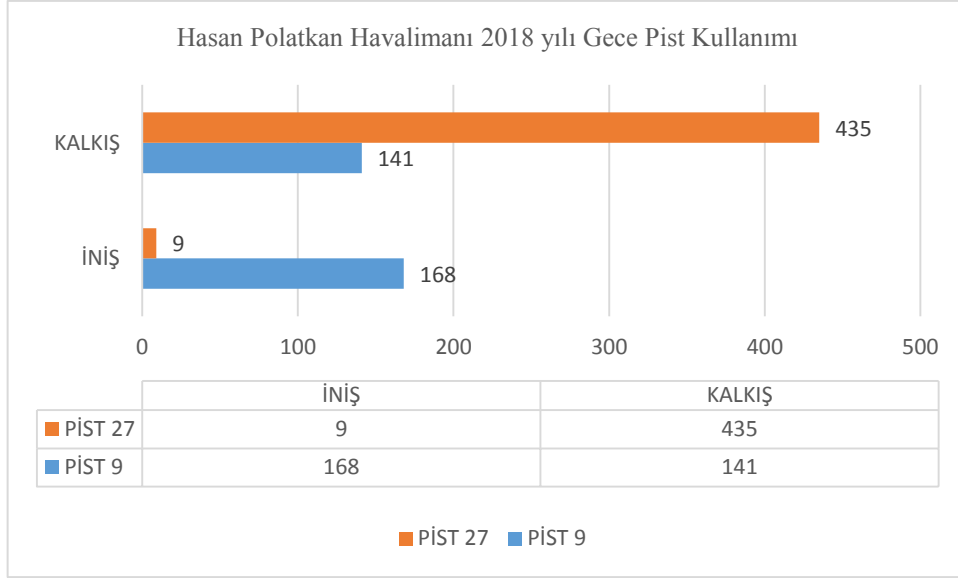
- Day (Gündüz) zaman diliminde Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'ndaki pistlerin kullanım yoğunlukları Şekil 5.3'de sunulmuştur.
- 2018 yılında Evening (Akşam) zaman diliminde pistlerin kullanım yoğunlukları Şekil 5.4'de sunulmuştur.
- 2018 yılında Night (Gece) zaman diliminde pistlerin kullanım yoğunlukları ise Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında gündüz zaman dilimi pist kullanım yoğunluğunun dağılımı



Şekil 5.4. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında akşam zaman dilimi pist kullanım yoğunluğunun dağılımı



Şekil 5.5. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında gece zaman dilimi pist kullanım yoğunluğu dağılımı

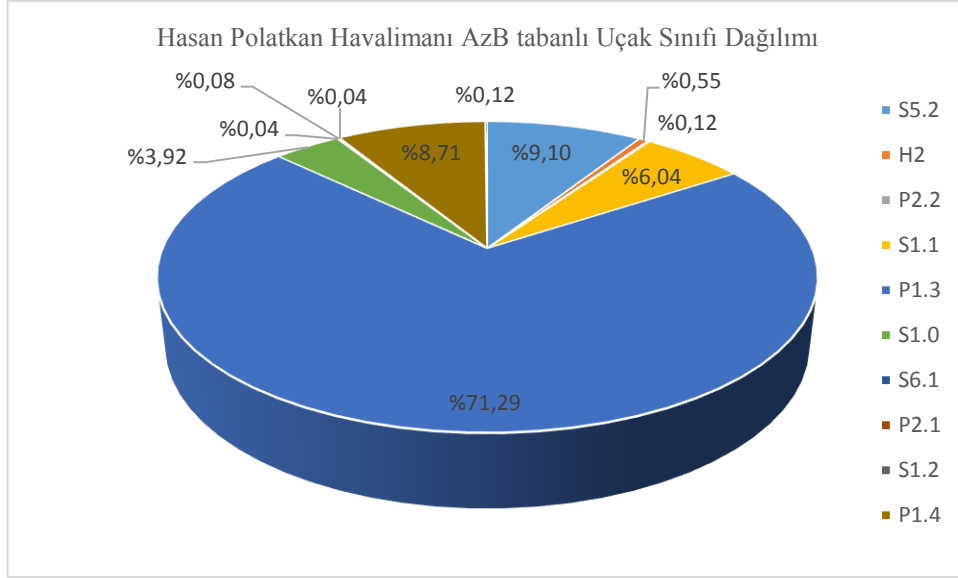
v. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında operasyon gerçekleştiren 5100 adet uçağın uçak tipleri ve sınıfları, azami kalkış ağırlıkları ve ICAO Annex 16 Kılavuzu fasıllarına uyumlulukları üzerinde çalışılmış ve AzB standardına göre sınıflandırılmıştır. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında operasyon gerçekleştiren 5100 adet uçağa ilişkin uçak tipleri AzB standardında [74], verilen uçak sınıflarıyla eşleştirilmiş ve eşleşim tablosu Tablo 5.3'dedir.

Tablo 5.3. 2018 yılında Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda operasyonda bulunan uçakların AzB'ye eşleştirilmesi

Uçak Tipi	AzB Grup Numarası	Uçak Tipi	AzB Grup Numarası	Uçak Tipi	AzB Grup Numarası
A319	S5.2	B734	S1.1	C25A	S1.0
A320	S5.2	B738	S1.1	C56X	S1.0
A321	S5.2	B763	S6.1	C650	S1.0
AS32	H2	BE40	P2.1	C680	S1.0
B350	P2.2	C160	S1.2	CL60	S1.0
B38M	S1.1	C172	P1.3	CRJ2	S1.0
B429	H2	C208	P1.4	E35L	S1.0
F2TH	S1.0	J328	S1.0	E545	S1.1
FA7X	S1.0	LJ35	S1.0	EC35	H1
GLF4	S1.0	LJ40	S1.0	P46T	P1.4
H25B	S1.0	LJ45	S1.0	PA32	P1.4
H60	H2	LJ60	S1.0	PAY3	P1.4
HA4T	S1.0	MD82	S1.1	S76B	H2
TB20	P1.3	BE9L	P1.4		

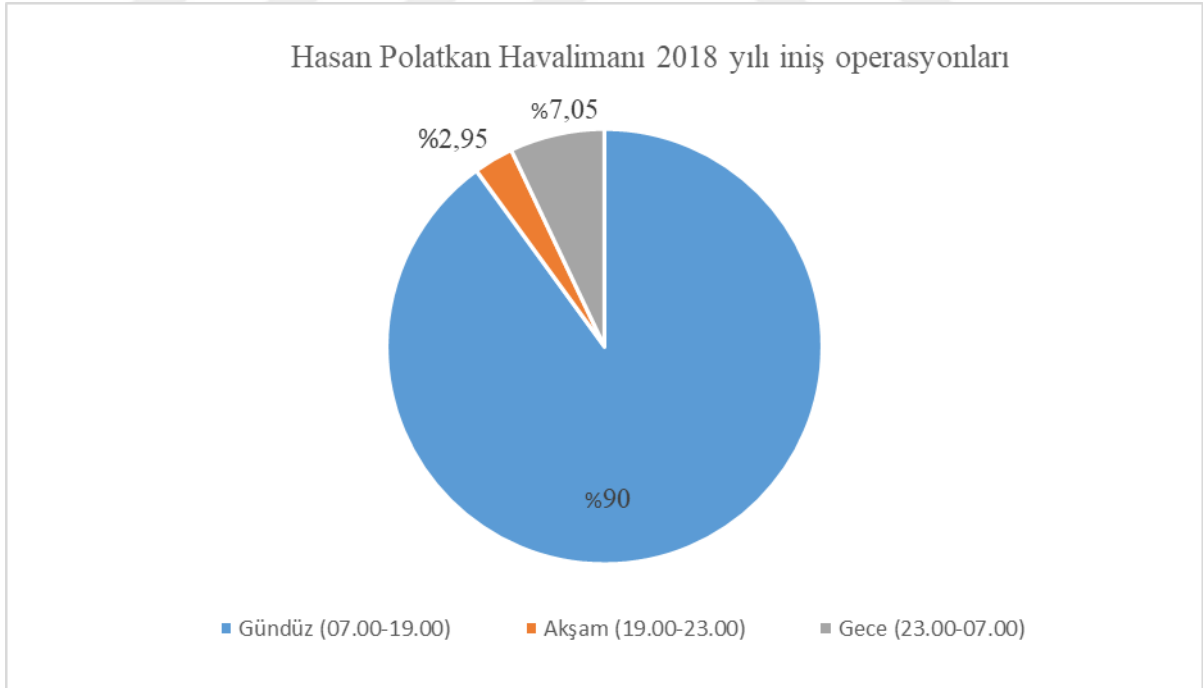
vi. Farklı rotalarda her uçak sınıfı için her bir rotada bağımsız olmak üzere iniş ve kalkış operasyonu gürültü hesaplaması gerçekleştirilmiştir [10]. 2018 yılındaki operasyonlar, Gündüz (07.00 - 19.00), Akşam (19.00 - 23.00) ve Gece (23.00 - 07.00) olmak üzere üç zaman grubunda toplandıktan sonra hesaplamalar 365 gün için bu gruplar dahilinde gerçekleştirilmiştir [10].

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılı içerisinde iniş-kalkış operasyonlarını gerçekleştiren 5100 adet uçağın ağırlıklı olarak %71,29 oranında P1.3 ve %9,10 oranında S5.2 sınıfında olan jetlerden oluştuğu tespit edilmiştir. 2018 yılında Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda operasyon gerçekleştiren uçakların AzB sınıflarına göre yüzdelik dağılımı Şekil 5.6'da sunulmuştur [74, 75].



Şekil 5.6. 2018 yılında Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda operasyon gerçekleştiren uçakların AzB sınıflarına göre dağılımı

2018 yılında Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'na iniş operasyonu gerçekleştiren uçakların zaman dilimlerine göre yüzdelik dağılımı Şekil 5.7'de sunulmuştur.



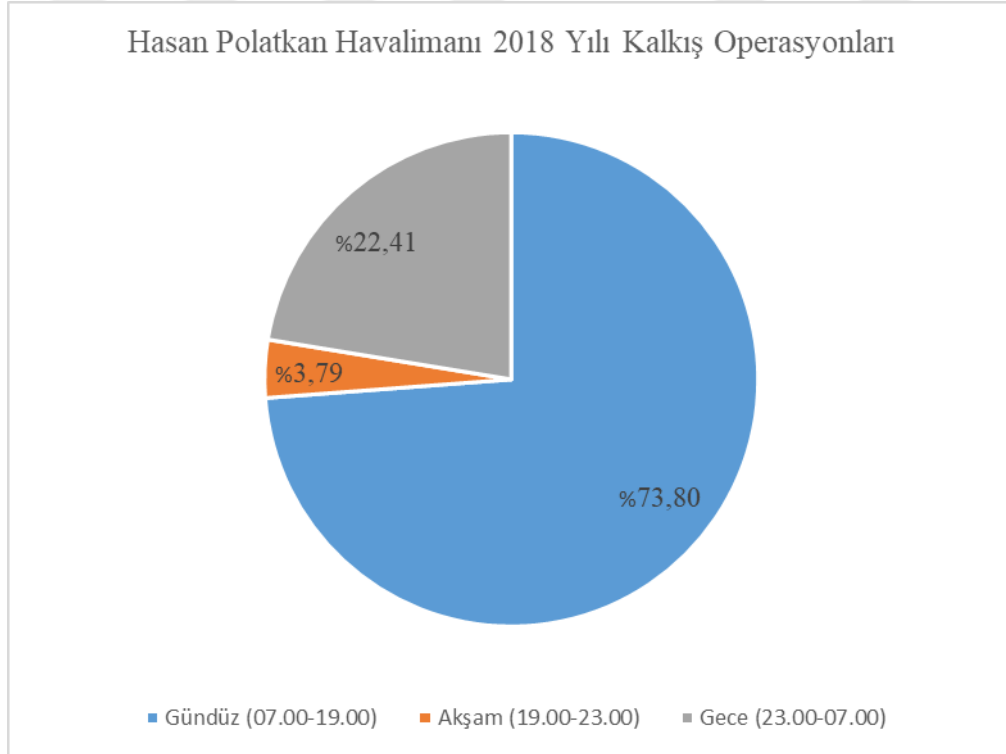
Şekil 5.7. 2018 yılında Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'na iniş operasyonlarının yüzdelik dağılımı

2018 yılında Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'na iniş operasyonu gerçekleştiren uçakların AzB sınıflarına göre dağılımları Tablo 5.4'de verilmiştir.

Tablo 5.4. 2018 yılında iniş operasyonunda bulunan uçakların AzB sınıflarına göre yüzdelik dağılımı

AzB Sınıfı	Gündüz (07.00 - 19.00)	Akşam (19.00 - 23.00)	Gece (23.00 - 07.00)
S5.2	%4,29	%16,00	%68,16
H2	%0,13	%0,00	%0,00
P2.2	%0,13	%0,00	%0,00
P2.1	%0,09	%0,00	%0,00
S6.1	%0,04	%0,00	%0,00
P1.3	%76,89	%38,67	%17,32
H1	%0,09	%0,00	%0,56
S1.2	%0,04	%0,00	%0,00
P1.4	%9,58	%1,33	%1,12
S1.0	%3,85	%6,67	%3,91
S1.1	%4,86	%37,33	%8,94

2018 yılında Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'ndan kalkış operasyonu gerçekleştiren uçakların zaman dilimlerine göre yüzdelik dağılımı Şekil 5.8'de sunulmuştur.



Şekil 5.8. 2018 yılında Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'ndan kalkış operasyonlarının yüzdelik dağılımı

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'ndan 2018 yılında kalkış operasyonu gerçekleştiren uçakların AzB sınıflarına bağlı dağılımları Tablo 5.5'de verilmiştir.

Tablo 5.5. 2018 yılında kalkış operasyonunda bulunan uçakların AzB sınıflarına göre yüzdelik dağılımı

AzB Sınıfı	Gündüz (07.00 - 19.00)	Akşam (19.00 - 23.00)	Gece (23.00 - 07.00)
S5.2	%4,97	%17,53	%21,08
H2	%1,32	%0,00	%0,00
P2.2	%0,16	%0,00	%0,00
P2.1	%0,11	%0,00	%0,00
S6.1	%0,05	%0,00	%0,00
P1.3	%73,60	%21,65	%70,91
H1	%0,11	%0,00	%0,17
S1.2	%0,05	%0,00	%0,00
P1.4	%10,48	%0,00	%4,18
S1.0	%3,70	%17,53	%2,26
S1.1	%5,45	%43,30	%1,39

vii.Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'na 2018 yılı içinde iniş ve kalkış operasyonu gerçekleştiren 5100 adet uçak için zeminden 4 metre yükseklikte L_{gag} ($L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, L_{gece}) birimi cinsinden gürültü seviyeleri hesaplanmıştır. Hesaplanmış olan gürültü seviyesi verileri 55 - 59, 60 - 64, 65 - 69, 70 - 74 ve > 75 dB(A) olarak elde edilip 50 m aralığına sahip gridler halinde gürültü haritaları oluşturulmuştur [10].

5.3.1.2. Hesaplama ve simülasyon sonuçları

Bu tezde önerilen model kapsamında baseline ve kapsam olarak temel alınan referanslardan birisi olan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) [14]'ndeki etkilenme analizine yönelik, gürültüye maruz kalan konutlarda yaşayan ve maruz kaldığı gürültü seviyesi cephede zeminden 4 m yükseklikte L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece} cinsinden hesaplanmıştır [10].

2002/49 sayılı Avrupa Birliği END'de stratejik gürültü haritaları hazırlandıktan sonra, L_{gag} ve L_{gece} değerlerine göre 55, 65 ve 75 dB(A) düzeylerinin aşıldığı gürültü alanlarında yaşayan insan sayısının saptanması istenmektedir [76].

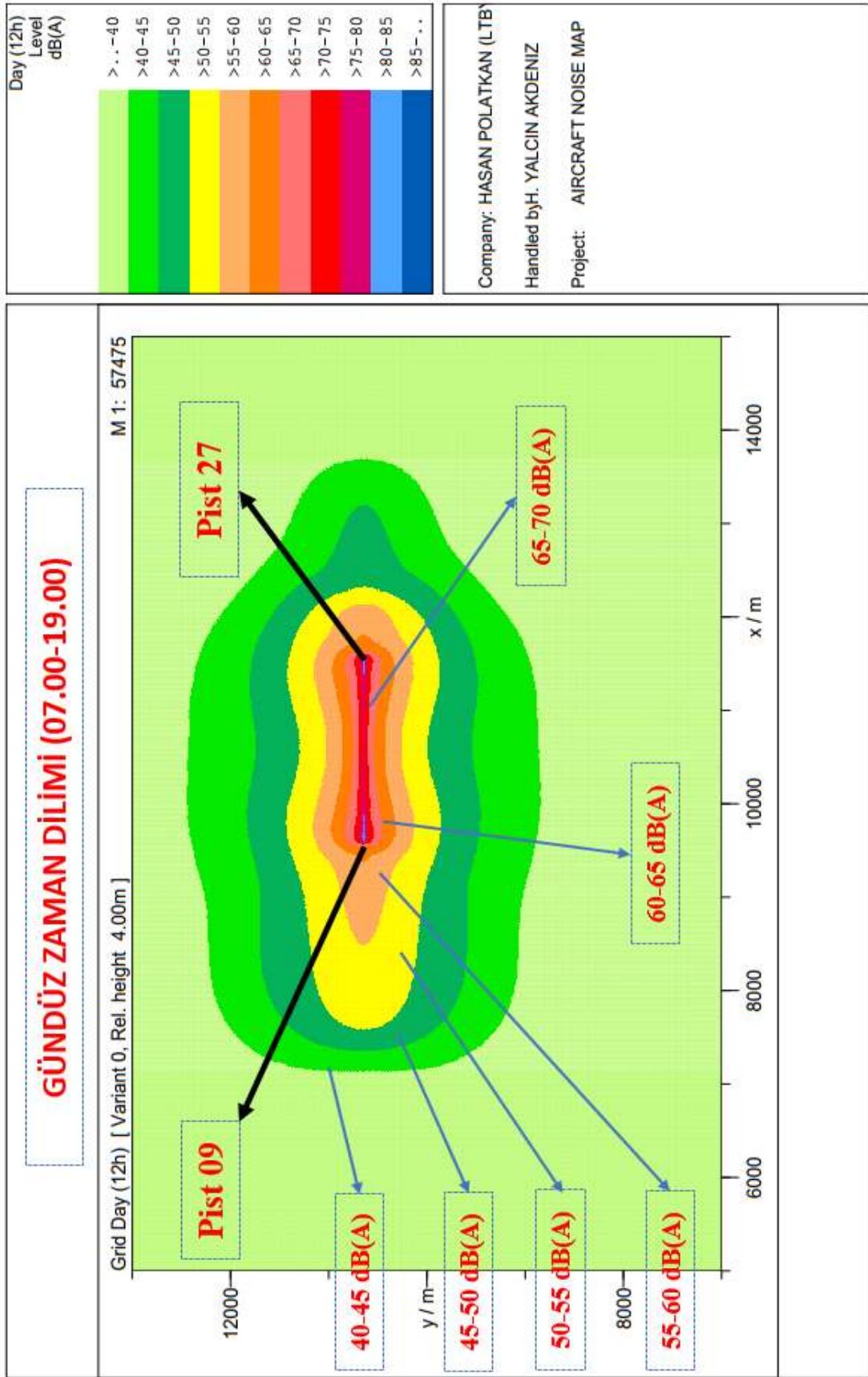
Hesaplamalar sonucunda; bölgedeki gürültü yayılımı her bir zaman dilimi (L_{gag} [Gündüz, Akşam, Gece], $L_{gündüz}$ [07.00 - 19:00], $L_{akşam}$ [19.00 - 23.00] ve L_{gece} [23.00 – 07.00]) için dB(A) cinsinden istenilen renklendirme işlemi yapılarak arazi üzerinde gürültünün nasıl dağıldığını gösterir grafiksel sonuçlar elde edilmiştir. END'e göre bölgedeki gürültüden etkilenen toplam etkilenen alan (km^2 cinsinden) belirlenmiştir [76].

Bu kapsamda Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda 2018 yılında hava araçlarından kaynaklanan L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece} gürültü düzeylerine maruz kalan toplam alan ile birlikte tahmini toplam konut sayısı ve bu alanlarda yaşayan tahmini toplam sakin sayısı END'e paralel olarak hazırlanmış olan ÇGDYY Ek VI Madde 2 [77]'ye göre hesaplanmıştır.

Çalışma alanında, ÇGDYY Ek VII-Tablo 3'de küçük havalimanları statüsünde olan Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı etki alanında “*Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar*” için verilen Hava Alanı Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [77]'ne göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Hesaplanan değerlere göre, 24 saatlik zaman diliminde (L_{gag}), 65 dB(A) ve üzeri gürültü düzeyinden, gündüz zaman diliminde 63 dB(A) ve üzeri gürültü düzeyinden, akşam zaman dilimi için yapılan hesaplamalar incelendiğinde 58 dB(A) üzeri gürültü düzeyinden, gece zaman dilimi için yapılan hesaplamalar incelendiğinde 53 dB(A) üzeri gürültü düzeyinden etkilenen hassas yapı ve konutun olmadığı gözlemlenmiştir.

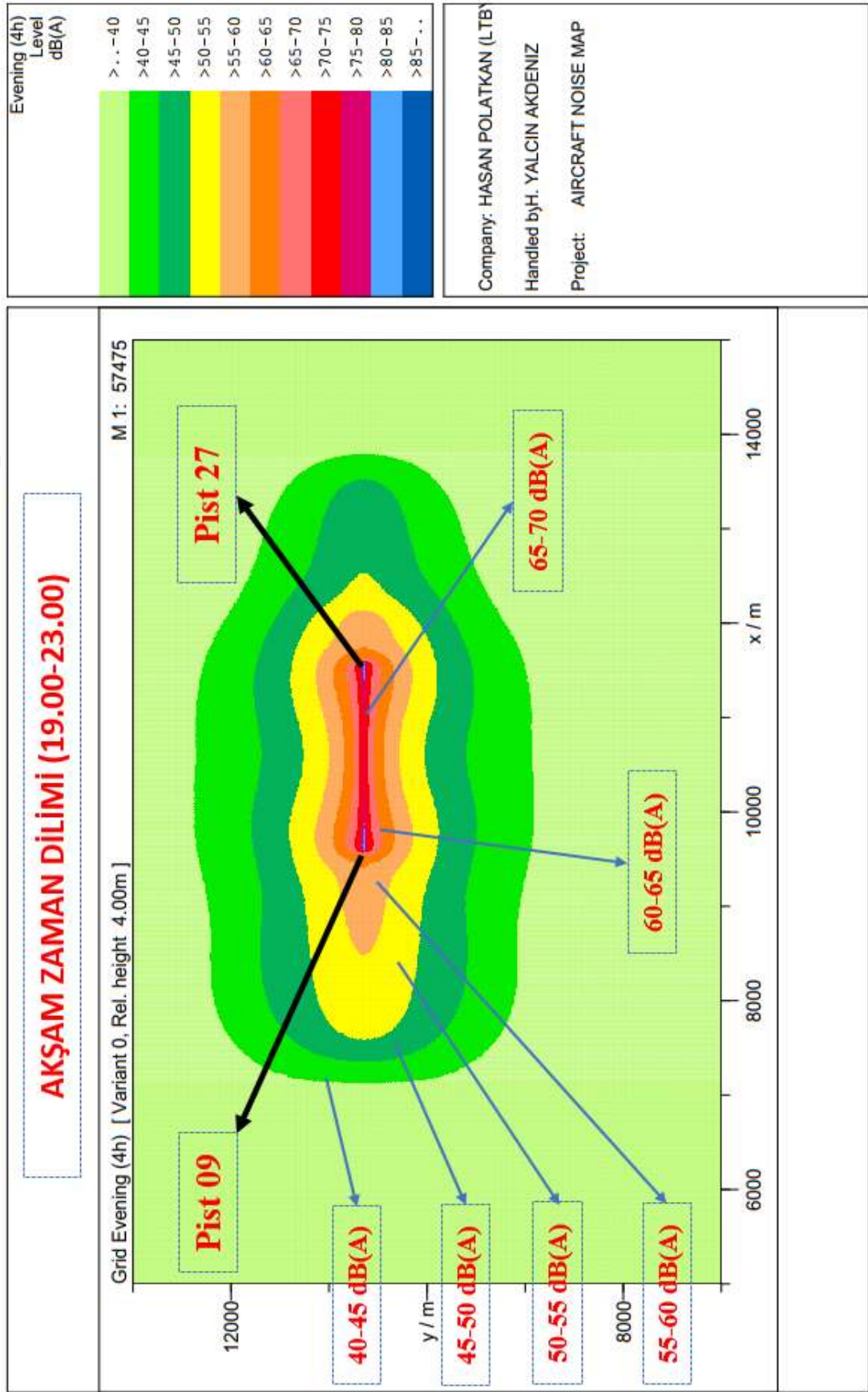
Sınır değer aşım hesaplama sonuçlarına göre gündüz zaman diliminde 5 dB(A) değer aralıklarına göre 07.00-19.00 saatleri arası 63 dB(A) üzeri gürültü düzeyinden etkilenen hassas yapı ve konut sakininin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı için 5 dB(A) değer aralıkları ile hazırlanmış olan $L_{gündüz}$ gürültü haritası, gürültü düzeyi dB(A) cinsinden Şekil 5.9'da sunulmuştur.



Şekil 5.9. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı 5 dB(A) konturlu $L_{gündüz}$ gürültü haritası

L_{gündüz} (Gündüz zaman dilimine ilişkin elde edilen harita) incelendiğinde: 50-54 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 5,5 km², 55-59 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 2,2 km², 60-64 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 1,05 km², 65-69 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 0,23 km², 75 dB(A) ve üzeri gürültü düzeyinden etkilenen hassas yapı ve konutun ise olmadığı gözlemlenmiştir.

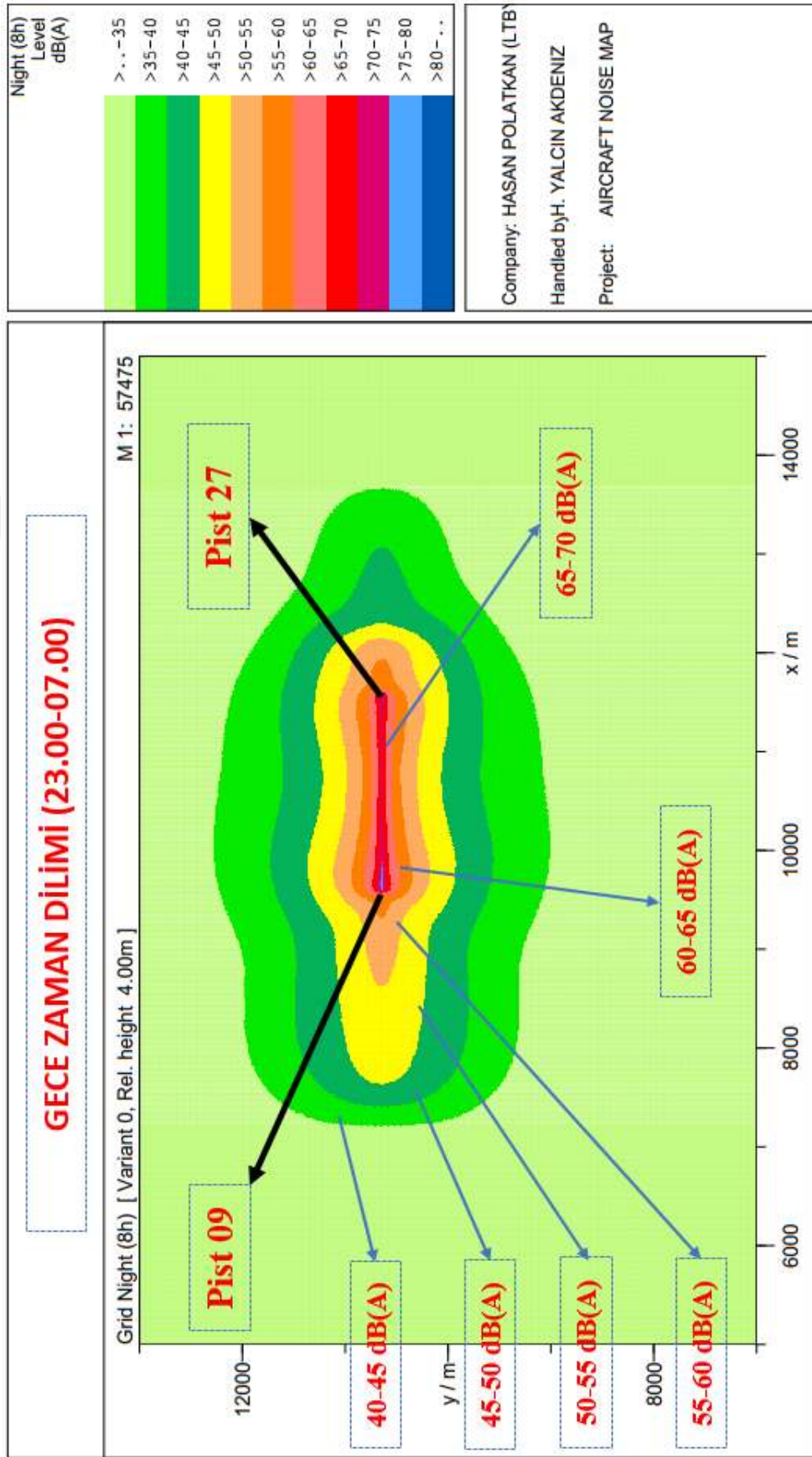
Akşam saatlerinde 5 dB(A) değer aralıklarına göre 19.00-23.00 saatleri arası 58 dB(A) üzerinde gürültü düzeyinden etkilenen hassas yapı ve konut sakininin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı için 5 dB(A) değer aralıkları ile hazırlanmış olan *L_{akşam}* gürültü haritası, gürültü düzeyi dB(A) cinsinden Şekil 5.10'da sunulmuştur.



Şekil 5.10. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı 5 dB(A) konturlu $L_{Akşam}$ gürültü haritası

L_{akşam} (Akşam zaman dilimine ilişkin elde edilen harita) incelendiğinde: 50-54 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 5,1 km², 55-59 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 2,15 km², 60-64 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 1,02 km², 65-69 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 0,18 km², 70-74 dB(A) ve 75 dB(A) ve üzeri gürültü düzeyinden etkilenen hassas yapı ve konutun ise olmadığı gözlemlenmiştir.

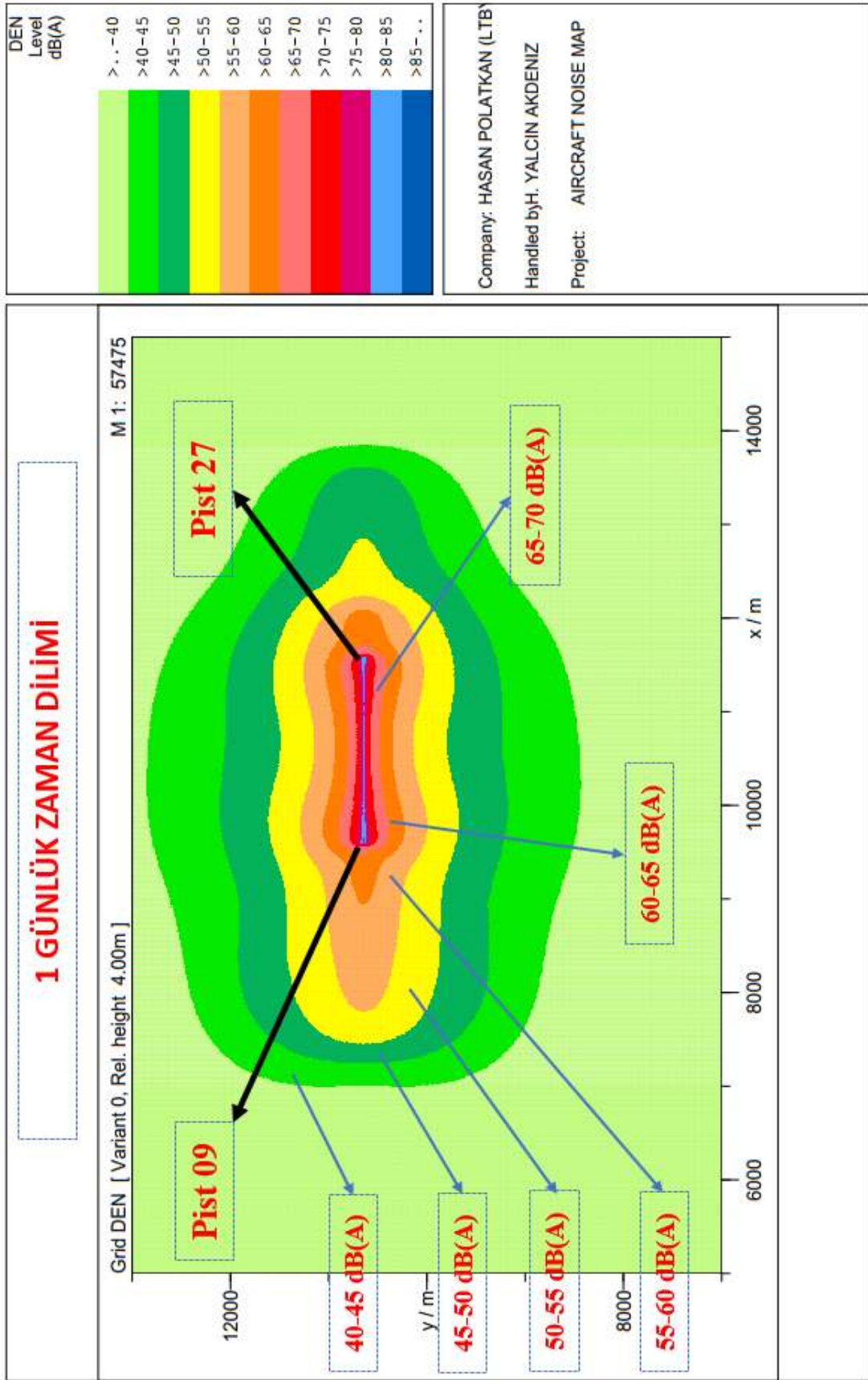
Gece saatlerinde 5 dB(A) değer aralıklarına göre 23.00-07.00 saatleri arası 53 dB(A) üzeri gürültü düzeyinden etkilenen hassas yapı ve konut sakininin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı için 5 dB(A) değer aralıkları ile hazırlanmış olan *L_{gece}* gürültü haritası, gürültü düzeyi dB(A) cinsinden Şekil 5.11’de sunulmuştur.



Şekil 5.11. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı 5 dB(A) konturlu L_{gece} gürültü haritası

L_{gece} (Gece zaman dilimine ilişkin elde edilen harita) incelendiğinde: 50-54 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 4,9 km², 55-59 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 2,1 km², 60-64 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 1,05 km², 65-69 dB(A) gürültü düzeyinden etkilenen alanın yaklaşık değeri 0,17 km², 70-74 dB(A) ve 75 dB(A) ve üzeri gürültü düzeyinden etkilenen hassas yapı ve konutun ise olmadığı gözlemlenmiştir.

L_{gag} cinsinden 5 dB(A) değer aralıklarına göre bir gün (24 saat - L_{gag}) hesaplama sonuçları incelendiğinde; 65 dB(A) üzeri gürültü değerinden etkilenen hassas yapı ve konutun olmadığı gözlemlenmiştir. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı için 5 dB(A) değer aralıkları ile hazırlanmış olan L_{gag} gürültü haritası, gürültü düzeyi dB(A) cinsinden Şekil 5.12’de sunulmuştur.



Şekil 5.12. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı 5 dB(A) konturlu L_{gag} gürültü haritası

5.3.2. Model çıktısı 2: CESSNA 172-S uçağının akustik gürültü ölçümleri ve analizi

Bir gürültü kaynağından yayılan ses dalgalarının genlikleri çevresel faktörler etkisiyle değişmektedir. Ses yayılmasında aşağıdaki faktörler etkilidir [78]:

- Uzaklık Faktörü
- Meteorolojik Faktörler (Sıcaklık, Rüzgâr, Atmosferik Emme)
- Zemin Faktörleri (Zemin örtüsü tipi ve zemin pürüzlülük değerleri)

CESSNA 172-S Uçağı 1 adet personel ve 3 adet yolcu kapasiteli; boş ağırlığı 736 kg ve kalkış ağırlığı 1113 kg olan; 1 adet 4 silindirli 180 HP (134 kW) güce sahiptir. Lycoming IO-360-L2A boxer (boksör) tipi motoru olan; NACA 2412 kanat profili olan 1 adet flat-4 engine tipi pervaneye sahip bir uçaktır [79]. Eskişehir Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Pilotaj Bölümü eğitim uçuş faaliyeti kapsamında kullanılmaktadır. Görsel 5.4’de CESSNA 172-S uçağı bulunmaktadır.



Görsel 5.4. ESTÜ Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi’ne ait CESSNA 172-S uçağı

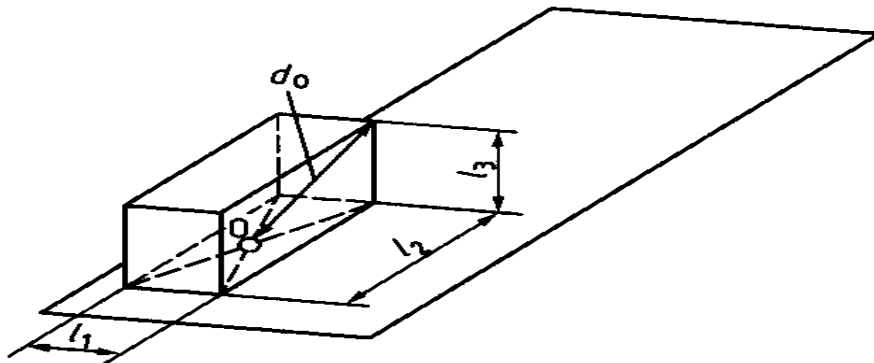
5.3.2.1. Ölçümler

CESSNA 172-S uçağının ISO 3740, ISO 3744, ISO 3746 standartları [80–82]; paralelinde akustik olarak gürültü ölçüm ve analiz işlemi gerçekleştirilmiş ve sırasıyla aşağıdaki işlemler uygulanmıştır.

i. Uçak düz beton zemin üzerinde merkezi 15 metre yarıçaplı yarım kürenin merkeziyle çakışacak şekilde yerleştirilmiştir. Motoru ısıtmak ve ikinci koşuldaki Full Pervane Devrine (RPM) ulaşmak için 725 RPM devirde 15 dakika süre ile uçak çalıştırılmıştır.

ii. Ölçüm grubu deney ortamı, dış mekan, tek yansıtıcı yüzey ve beton zeminde gerçekleştirilmiş olup ölçüm öncesi gürültü düzeyi ölçüm cihazı kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Şekil 5.13’de verilen ve gürültü kaynağının üzerinde bulunduğu yansıtıcı düzlem/düzlemler üzerinde sonlanan, kaynağın ses yayımı yaptığı bileşenleri kapsayan kuramsal bir dikdörtgenler prizması olan referans kutusu tanımlaması işlemi yapılmıştır.

iii. Ölçümler uçak yüksüz iken ve motor maksimum gücün elde edildiği devirde çalışırken yani uçağın yüksüz modda (Rölanti durumu) ve tam yükte (Full Takat) olmak üzere 2 operasyon koşulunda gürültü ölçümü için IEC 61672-1:2002 [83], gereksinimlerini karşılayan TESTO 815 tipi gürültü seviyesi ölçüm cihazı kullanılmıştır. Uçak çalışmadan önce belirlenen her noktada arka plan gürültüsü düzeyi ölçülmüştür. Arka plan gürültüsünün noktalardan alınan ölçüm değerlerinden en az 15 dB daha az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ölçümler rüzgâr hızının 5 m/s’den daha fazla olmadığı ve havada yağışın olmadığı koşullarda gerçekleştirilmiştir [82].



Şekil 5.13. Bir yansıtıcı düzlem üzerinde bulunan referans kutusu [82]

iv. Bir yansıtıcı düzlem üzerinde bulunan referans kutusunun karakteristik kaynak boyutu Denklem (5.1)'deki gibi hesaplanmıştır. Ölçüm yarıçapı 15 m olarak tespit edilmiştir.

$$d_o = \sqrt{\left(\frac{l_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2 + (l_3)^2} \quad (5.1)$$

$$l_1 = 11 \text{ m}$$

$$l_2 = 8,28 \text{ m}$$

$$l_3 = 2,72 \text{ m}$$

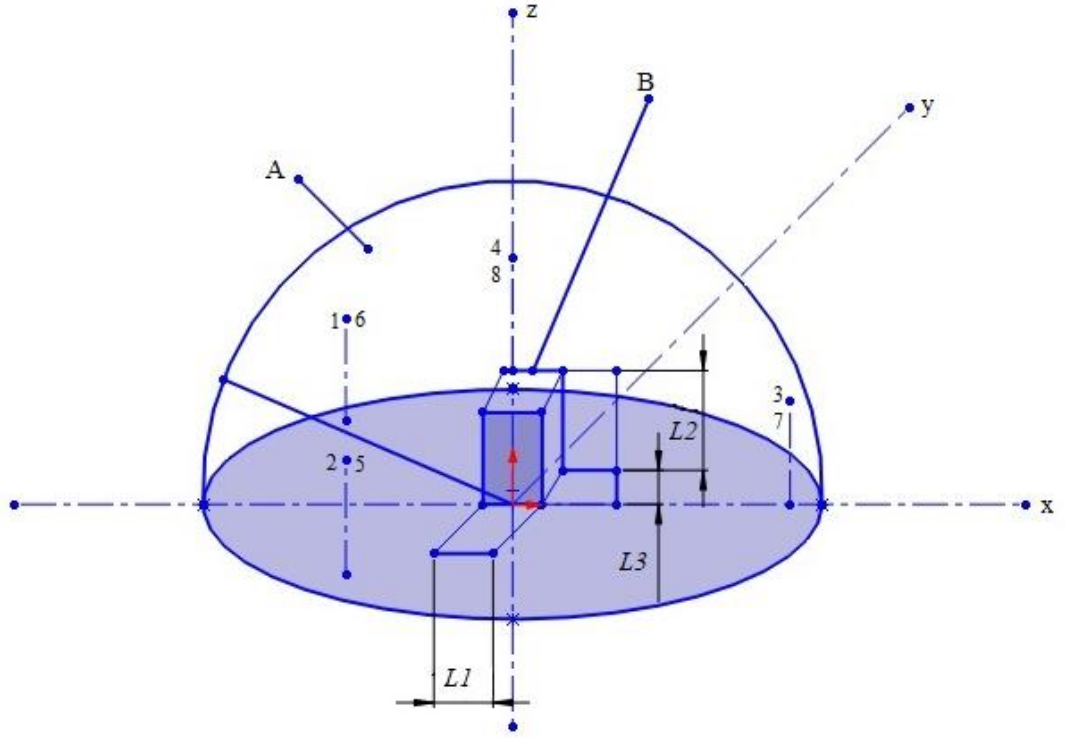
$$d_o = 7,4 \text{ m}$$

v. Bir yansıtıcı düzlem üzerindeki gürültü kaynağı için yarıküresel ölçüm yüzeyi için mikrofon konumları ve numaralandırılması Tablo 5.6'da belirtilmiştir. r ölçüm yarıküresinin yarıçapıdır.

Tablo 5.6. Bir yansıtıcı düzlem üzerindeki gürültü kaynağı için mikrofon konumları [82]

Konum Numarası	$\frac{x}{r}$	$\frac{y}{r}$	$\frac{z}{r}$
Konum 1	-0,45	0,77	0,45
Konum 2	-0,45	-0,77	0,45
Konum 3	0,89	0	0,45
Konum 4	0	0	1
Konum 5	0,45	-0,77	0,45
Konum 6	0,45	0,77	0,45
Konum 7	-0,89	0	0,45
Konum 8	0	0	1

Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'de belirtilen 8 noktadan minimum 10 saniye boyunca ve 3 kez tekrarlanarak A ağırlıklı ses seviyesi ölçümleri gerçekleştirilmiştir [82].



Şekil 5.14. Yarıküresel ölçüm yüzeyi çizimi (3D Perspektif) [82]

A: Ölçüm Yüzeyi

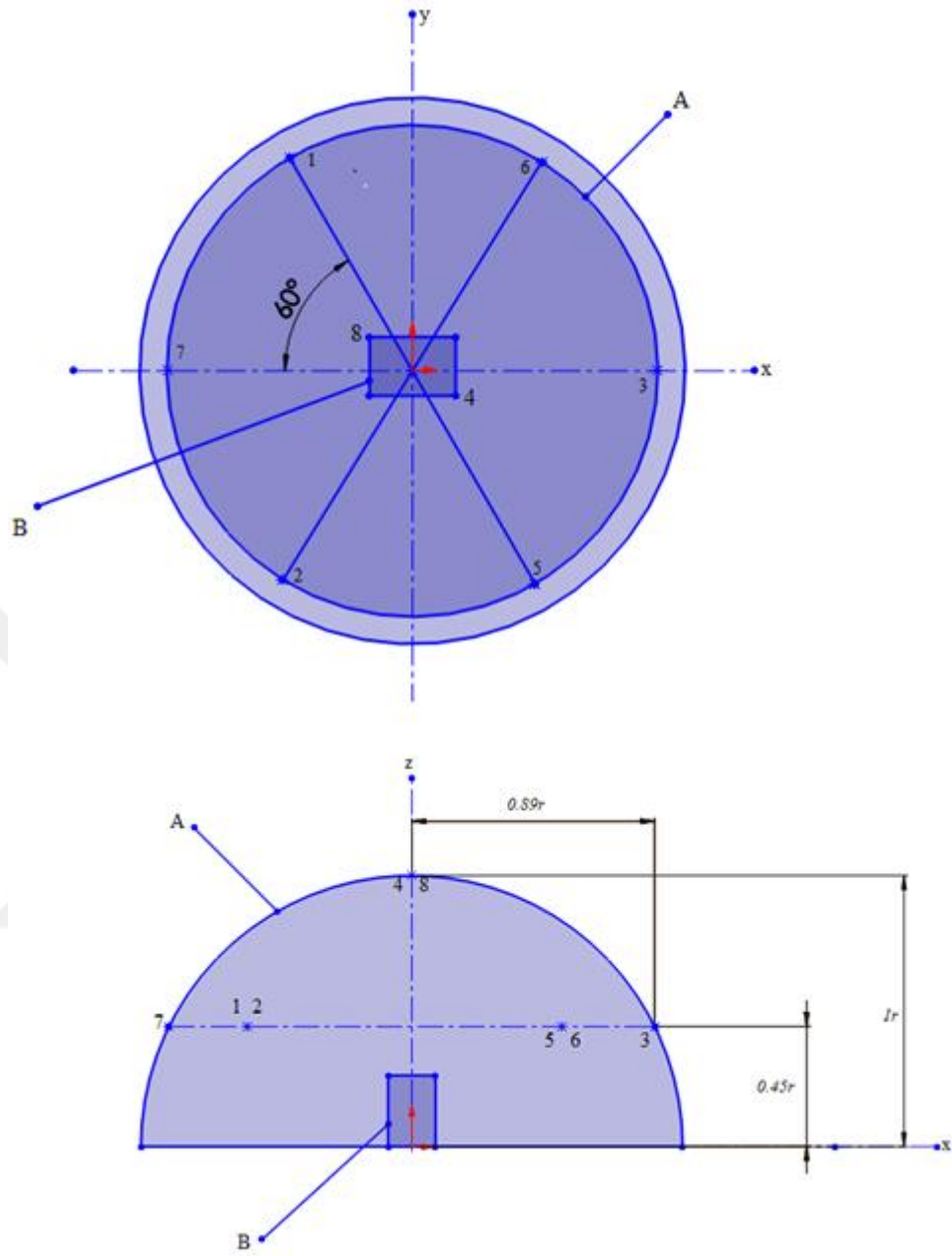
B: Referans Kutusu

l_1 : Referans Kutusunun uzunluğu

l_2 : Referans Kutusunun genişliği

l_3 : Referans Kutusunun yüksekliği

r : Ölçüm yüzeyinin yarıçapı



Şekil 5.15. Yarıküresel ölçüm yüzeyi çizimi (x, y), (x, z) [82]

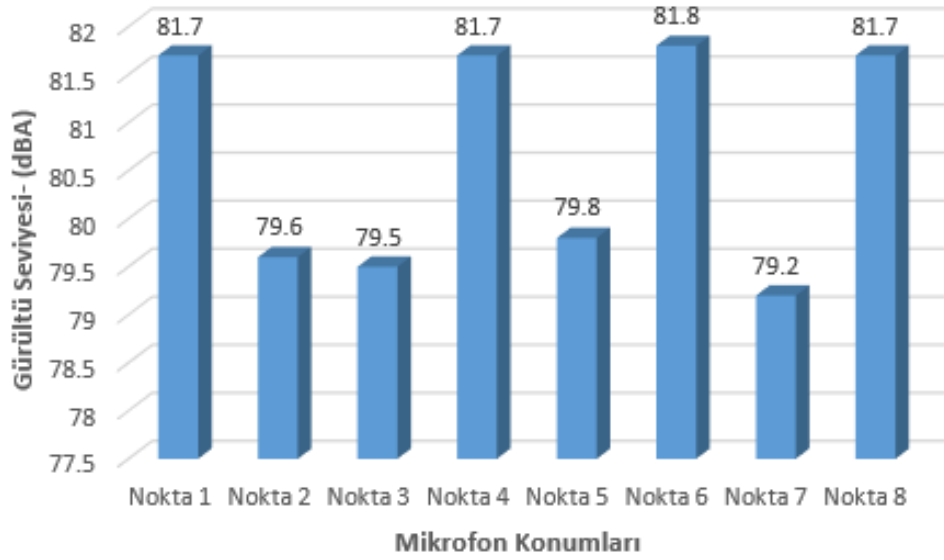
A: Ölçüm Yüzeyi

B: Referans Kutusu

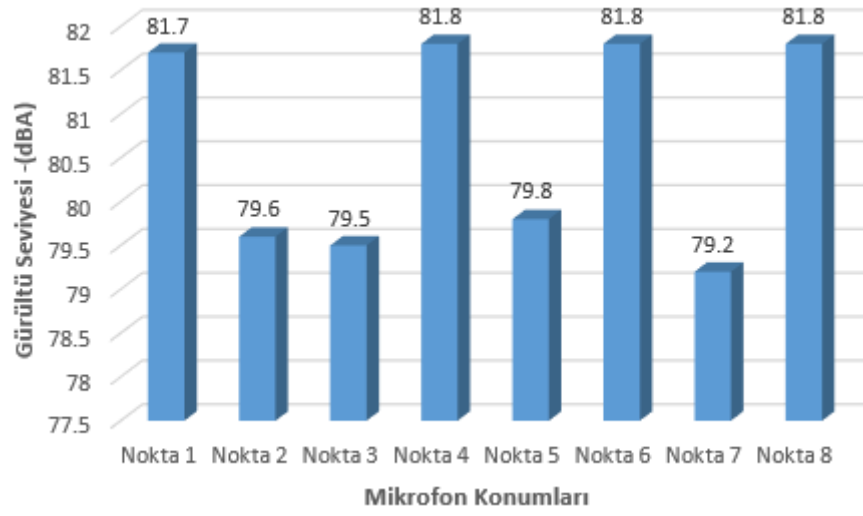
Uçak Yüksüz mod koşulunda (Rölanti durumu - 725 RPM) ve Tam yük koşulunda (Full Thrust – 2350 RPM) olmak üzere Şekil 5.13’de ve Şekil 5.14’de konumları verilen noktalardan ölçümler gerçekleştirilmiştir. İki farklı çalışma koşulunda Tablo 5.7’de ve Tablo 5.8’de sunulan değerler ölçülmüştür. Oluşturulan grafikler Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’de yer almaktadır.

Tablo 5.7. Deney operasyon koşulu: 1, Ölçüm değer grubu: 1, 2, 3 (dB(A))

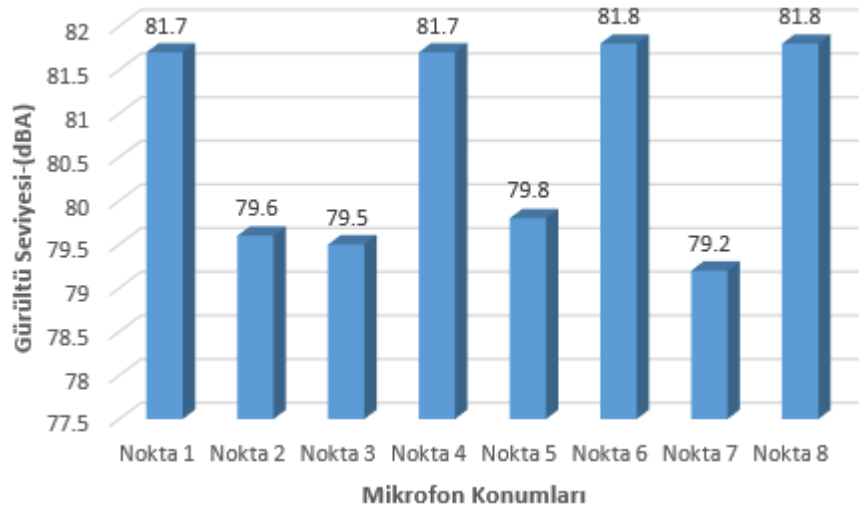
Ölçüm Noktaları	1.Ölçüm Grubu dB(A)	2.Ölçüm Grubu dB(A)	3.Ölçüm Grubu dB(A)
Nokta 1	81,7	81,7	81,7
Nokta 2	79,6	79,6	79,6
Nokta 3	79,5	79,5	79,5
Nokta 4	81,7	81,8	81,7
Nokta 5	79,8	79,8	79,8
Nokta 6	81,8	81,8	81,8
Nokta 7	79,2	79,2	79,2
Nokta 8	81,7	81,8	81,8



Şekil 5.16.(a)



Şekil 5.16.(b)

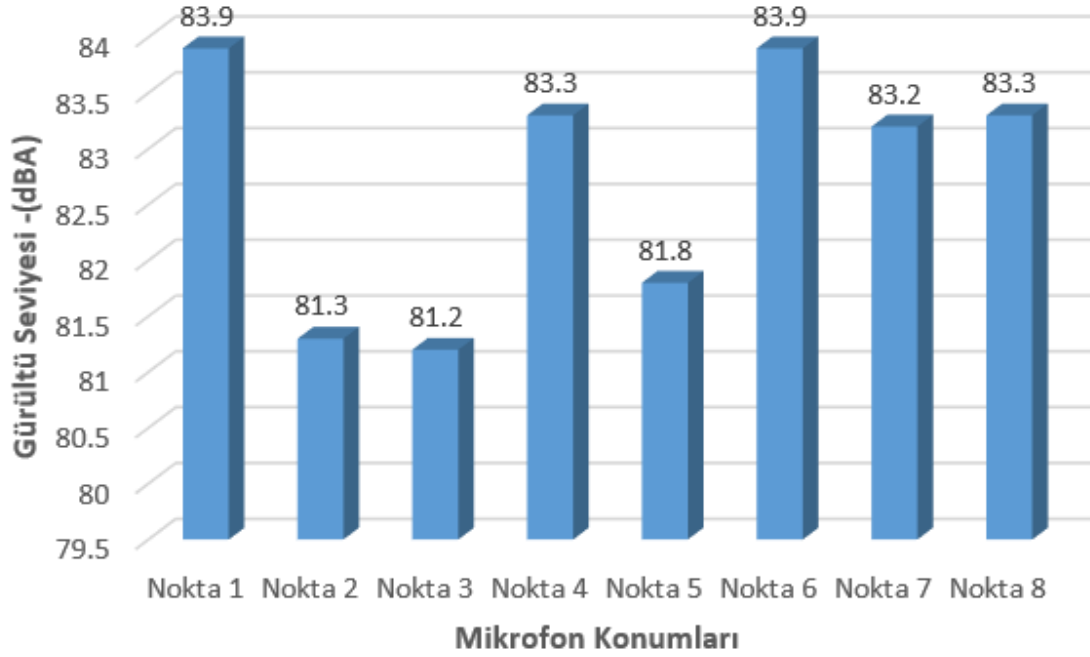


Şekil 5.16.(c)

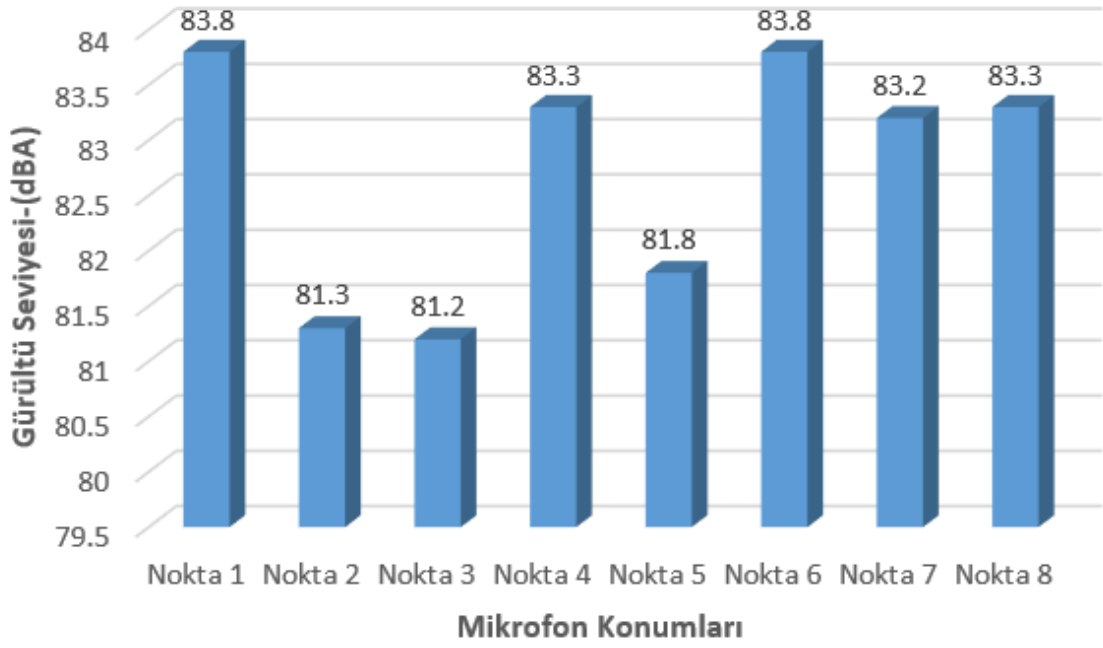
Şekil 5.16. Deney operasyon koşulu: 1, Ölçüm değer grubu: a)1 b)2 c)3

Tablo 5.8. Deney operasyon koşulu: 2, Ölçüm değer grubu: 1, 2, 3 (dB(A))

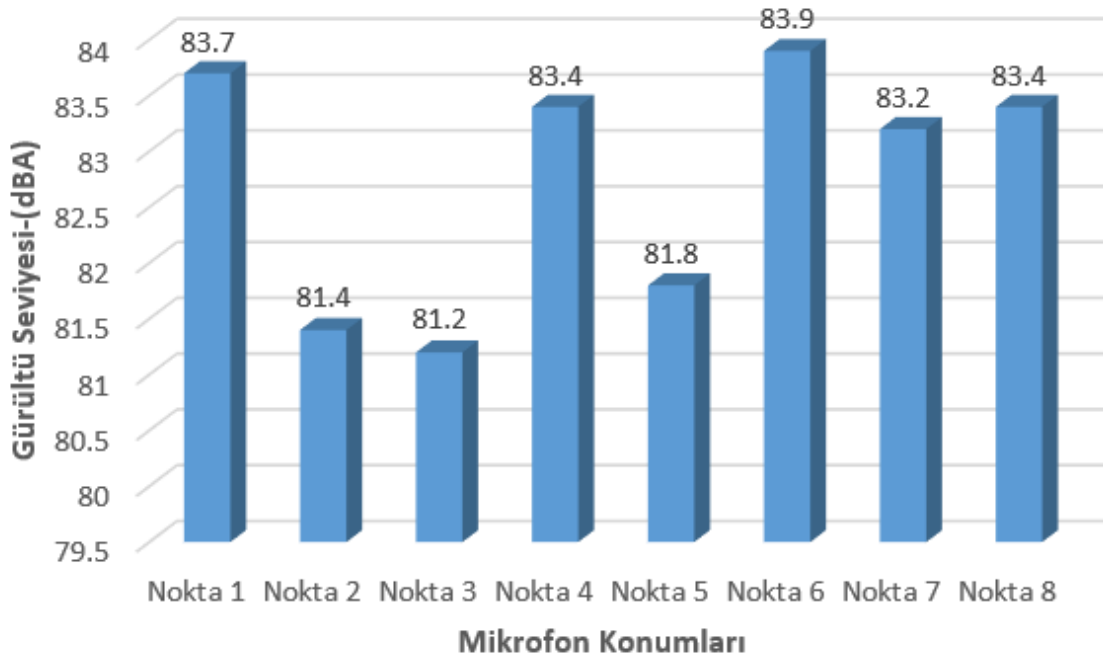
Ölçüm Noktaları	1.Ölçüm Grubu dB(A)	2.Ölçüm Grubu dB(A)	3.Ölçüm Grubu dB(A)
Nokta 1	83,9	83,7	83,8
Nokta 2	81,3	81,4	81,3
Nokta 3	81,2	81,2	81,2
Nokta 4	83,3	83,4	83,3
Nokta 5	81,8	81,8	81,8
Nokta 6	83,9	83,9	83,8
Nokta 7	83,2	83,2	83,2
Nokta 8	83,3	83,4	83,3



Şekil 5.17. (a)



Şekil 5.17. (b)



Şekil 5.17. (c)

Şekil 5.17. Deney operasyon koşulu: 2, Ölçüm değer grubu: a)1 b) 2 c)3

5.3.2.2. Hesaplama sonuçları

Ölçümler tamamlandıktan sonra elde edilen bulgulara göre [82]'ye bağlı ve paralel olarak sırasıyla aşağıdaki hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

- i. Tekil ses basınç seviyeleri Denklem (5.2)'de verilen ifade ile hesaplanmaktadır [82].

$$L_p = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} \quad (5.2)$$

Burada, P ortam anındaki basıncı, L_p ses basınç seviyesini, P_0 referans değeri göstermekte olup $20 \mu Pa$ değerindedir.

- ii. Zamana göre ortalaması alınmış A ağırlıklı yüzey ses basınç seviyeleri Denklem (5.3)'de verilen formülle hesaplanmaktadır [82].

$$\overline{L_{pA}} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} P^2(t) dt}{P_0^2} \right] \quad (5.3)$$

Bu ifadede, $\overline{L_{pA}}$ Zamana göre ortalaması alınmış A ağırlıklı ses basınç seviyesi, t zaman göstergesidir.

Uçak birinci operasyon koşulunda yüksüz modda çalışırken ve birinci ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda zamana göre ortalaması alınmış A ağırlıklı ses basınç seviyesi:

$$\overline{L_{pA_{1,1}}} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{P_0^2} \right] = 80,76 \text{ dB(A) olarak,} \quad (5.3a)$$

Uçak birinci operasyon koşulunda yüksüz modda çalışırken ve ikinci ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda zamana göre ortalaması alınmış A ağırlıklı ses basınç seviyesi:

$$\overline{L_{pA_{1,2}}} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{p_0^2} \right] = 80,78 \text{ dB(A) olarak,} \quad (5.3b)$$

Uçak birinci operasyon koşulunda yüksüz modda çalışırken ve üçüncü ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda zamana göre ortalaması alınmış A ağırlıklı ses basınç seviyesi:

$$\overline{L_{pA_{1,3}}} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{p_0^2} \right] = 80,77 \text{ dB(A) olarak,} \quad (5.3c)$$

Uçak ikinci operasyon koşulunda tam yükte çalışırken ve birinci ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda Zamana Göre Ortalaması Alınmış A ağırlıklı ses basınç seviyesi:

$$\overline{L_{pA_{2,1}}} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{p_0^2} \right] = 82,85 \text{ dB(A) olarak,} \quad (5.3d)$$

Uçak ikinci operasyon koşulunda tam yükte çalışırken ve ikinci ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda Zamana Göre Ortalaması Alınmış A ağırlıklı ses basınç seviyesi:

$$\overline{L_{pA_{2,2}}} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{p_0^2} \right] = 82,86 \text{ dB(A) olarak,} \quad (5.3e)$$

Uçak ikinci operasyon koşulunda tam yükte çalışırken ve üçüncü ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda Zamana Göre Ortalaması Alınmış A ağırlıklı ses basınç seviyesi:

$$\overline{L_{pA_{2,3}}} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{p_0^2} \right] = 82,85 \text{ dB(A) olarak hesaplanmıştır.} \quad (5.3f)$$

iii. Background (Arka plan) gürültüsü K_1 [82]:

Arka plan gürültüsü düzeltme değeri için $\Delta_{LpA} > 10 \text{ dBA}$ olduğundan $K_{1A}=0$

iv. Ölçümün gerçekleştirildiği ortama ait K_2 çevresel gürültü ölçüm düzeltme değerleri [82]:

Açık alanda ölçüm yapıldığından K_2 ortam düzeltme değeri ihmal edilmiştir.

v. A ağırlıklı ses gücü seviyeleri Denklem (5.4)'de verilen formülle hesaplanmaktadır [82].

$$L_{WA} = \overline{L_{PA}} + 10 \log \frac{S}{S_0} \quad (5.4)$$

Uçak birinci operasyon koşulunda yüksüz modda çalışırken ve birinci ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda

$$\text{A ağırlıklı ses gücü seviyesi: } L_{WA_{1,1}} = \overline{L_{PA}} + 10 \log \frac{S}{S_0} = 112,26 \text{ dB(A),} \quad (5.4a)$$

Uçak birinci operasyon koşulunda yüksüz modda çalışırken ve ikinci ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda

$$\text{A ağırlıklı ses gücü seviyesi: } L_{WA_{1,2}} = \overline{L_{PA}} + 10 \log \frac{S}{S_0} = 112,28 \text{ dB(A),} \quad (5.4b)$$

Uçak birinci operasyon koşulunda yüksüz modda çalışırken ve üçüncü ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda

$$\text{A ağırlıklı ses gücü seviyesi: } L_{WA_{1,3}} = \overline{L_{PA}} + 10 \log \frac{S}{S_0} = 112,27 \text{ dB(A) olarak,} \quad (5.4c)$$

Uçak ikinci operasyon koşulunda tam yükte çalışırken ve birinci ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda A ağırlıklı

$$\text{ses gücü seviyesi: } L_{WA_{2,1}} = \overline{L_{PA}} + 10 \log \frac{S}{S_0} = 114,35 \text{ dB(A),} \quad (5.4d)$$

Uçak ikinci operasyon koşulunda tam yükte çalışırken ve ikinci ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda A ağırlıklı

$$\text{ses gücü seviyesi: } L_{WA_{2,2}} = \overline{L_{PA}} + 10 \log \frac{S}{S_0} = 114,36 \text{ dB(A)}, \quad (5.4e)$$

Uçak ikinci operasyon koşulunda yüksüz modda çalışırken ve üçüncü ölçüm grubunda elde edilen ölçüm değerleri kullanılarak gerçekleştirilen hesaplama sonucunda

$$\text{A ağırlıklı ses gücü seviyesi: } L_{WA_{2,3}} = \overline{L_{PA}} + 10 \log \frac{S}{S_0} = 114,35 \text{ dB(A)} \quad (5.4f)$$

olarak hesaplanmıştır.

vi. İlgili kapsama faktörü ve kapsama olasılığı ile birlikte sonuçlara ait genişletilmiş ölçüm belirsizlik değerleri Denklem (5.5)'de verilen formülle hesaplanmaktadır [82].

$$\sigma_{tot} = \sqrt{(\sigma_{R0})^2 + (\sigma_{omc})^2} \quad (5.5)$$

Operasyon koşullarından dolayı dB cinsinden standart sapma değeri:

$$\sigma_{omc} = 2, \quad (5.5a)$$

Yöntemin dB cinsinden uyarlık standart sapması:

$$\sigma_{R0} = 3, \quad (5.5b)$$

Desibel cinsinden toplam standart sapma: $\sigma_{tot} = \sqrt{(\sigma_{R0})^2 + (\sigma_{omc})^2} = 3,6$ olarak hesaplanmıştır.

Desibel cinsinden genişletilmiş belirsizlik değeri Denklem (5.6)'daki gibidir.

$$U = k \sigma_{tot} \quad (5.6)$$

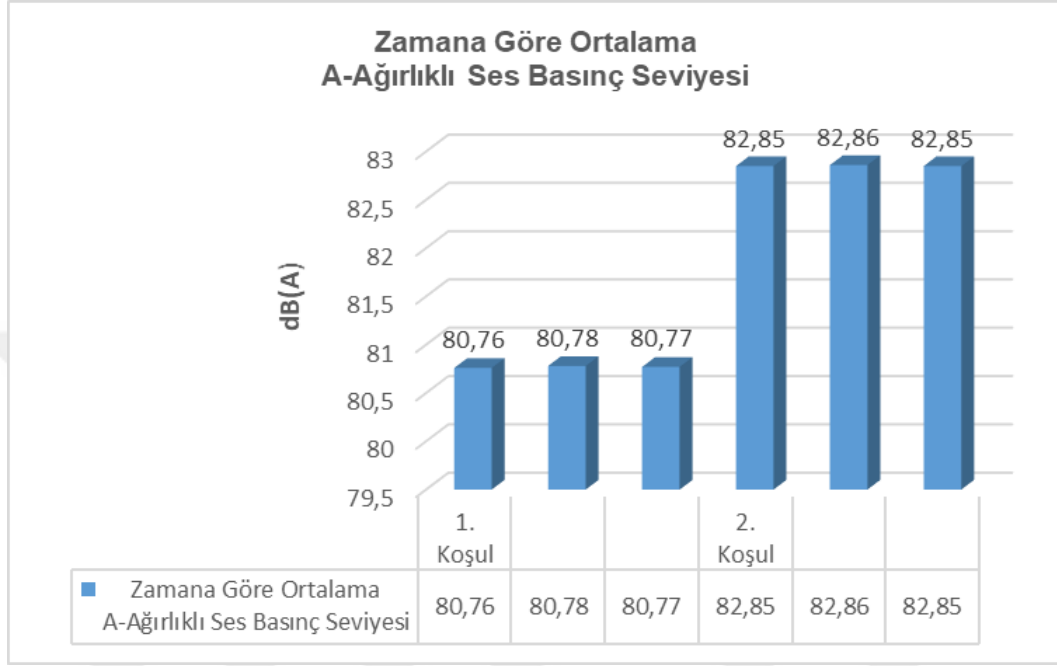
$$\text{Desibel cinsinden toplam standart sapma: } \sigma_{tot} = 3,6 \quad (5.6a)$$

$$\text{Kapsama faktörü: } k = 2 \quad (5.6b)$$

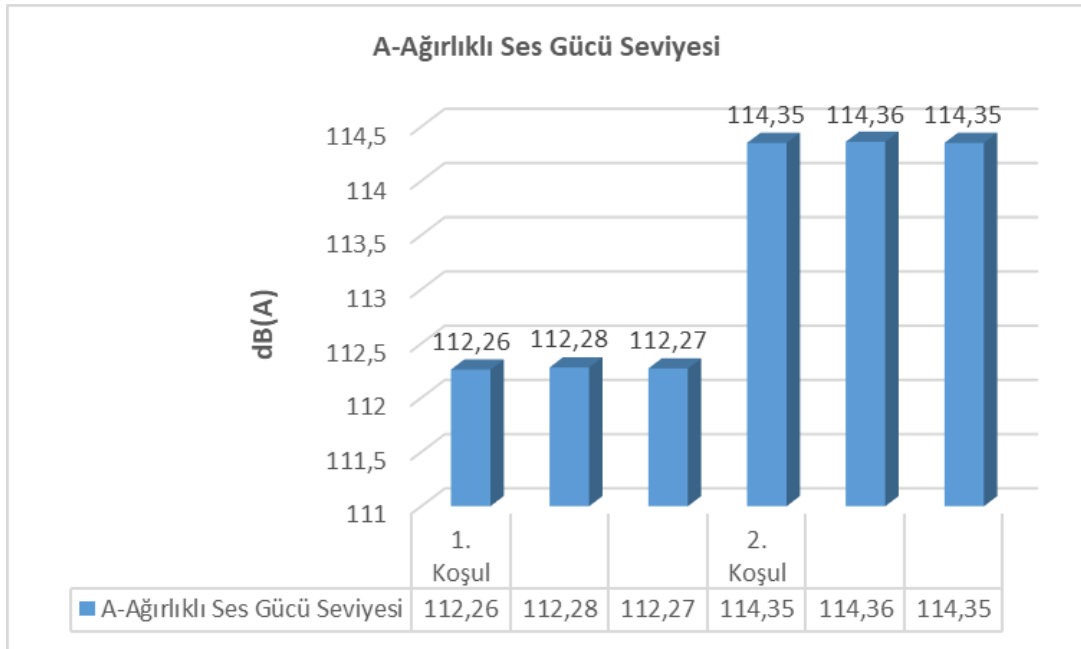
$$\text{Desibel cinsinden genişletilmiş belirsizlik değeri: } U = 7,2 \quad (5.6c)$$

olarak hesaplanmıştır.

Uçağın her iki operasyon koşulunda belirlenen noktalardan ve mikrofon konumlarından ölçülen değerler ve ardından bu değerlere bağlı olarak hesaplanan akustik sonuçlara ilişkin veriler ve grafikler sırasıyla Şekil 5.18 ve 5.19’da; Tablo 5.9 ve Tablo 5.10’da sunulmuştur.



Şekil 5.18. Kaynak Yüksüz ve Full Thrust (Tam Yük)’te iken elde edilen değerlerin hesaplama sonuçları



Şekil 5.19. Kaynak Yüksüz ve Full Thrust (Tam Yük)’te iken elde edilen değerlerin hesaplama sonuçları

Tablo 5.9. Deney Operasyon Koşulu: 1 (Kaynak Yüksüz)

Temel Standart		ISO 3746	
Kaynak		CESSNA 172-S 180 HP, 134 kW	
Kaynağın Lokasyonu		Tek Yansıtıcı Yüzey, Beton/Asfalt Zemin	
Ortam		Dış Ortam, (İhmal Edilebilir K_2)	
Operasyon Koşulu		725 RPM (Yüksüz)	
Kaynak Boyutları		8,28m, 11m, 2,72m	
Mikrofon Pozisyonları		8 pozisyon	
Arka Plan Gürültü Düzeltme Değeri, K_{IA}			
Arka Plan Gürültü Düzeyi, L_{Pa}		56 dB	
ΔL_{pA}		15 dB	
Düzeltme Değeri, K_{IA}		0 dB	
Gürültü Seviyesi ölçüm Sonuçları, dB(A)			
Nokta 1	81,7	81,7	81,7
Nokta 2	79,6	79,6	79,6
Nokta 3	79,5	79,5	79,5
Nokta 4	81,7	81,8	81,7
Nokta 5	79,8	79,8	79,8
Nokta 6	81,8	81,8	81,8
Nokta 7	79,2	79,2	79,2
Nokta 8	81,7	81,8	81,8
Zamana Göre Ortalama			
A-Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi, $\overline{L_{pA}}$	80,76	80,78	80,77
$10log\left(\frac{S}{S_0}\right)$	31,50	31,50	31,50
S=Yarıküresel Ölçüm Yüzeyi Alanı			
A-Ağırlıklı Ses Gücü Seviyesi	112,26	112,28	112,27
Ölçüm Belirsizlik Değeri			
Standart Sapma, σ_{omc} , dB(A) (Operasyon Koşulundan Kaynaklanan)	2		
Yöntemin Uyarlık Standart Sapması, σ_{R0} , dB(A)	3		
Toplam Standart Sapma, σ_{tot} , dB(A)	3,6		
Genişletilmiş Belirsizlik Değeri, U , dB(A) Kapsama Faktörü k	2		

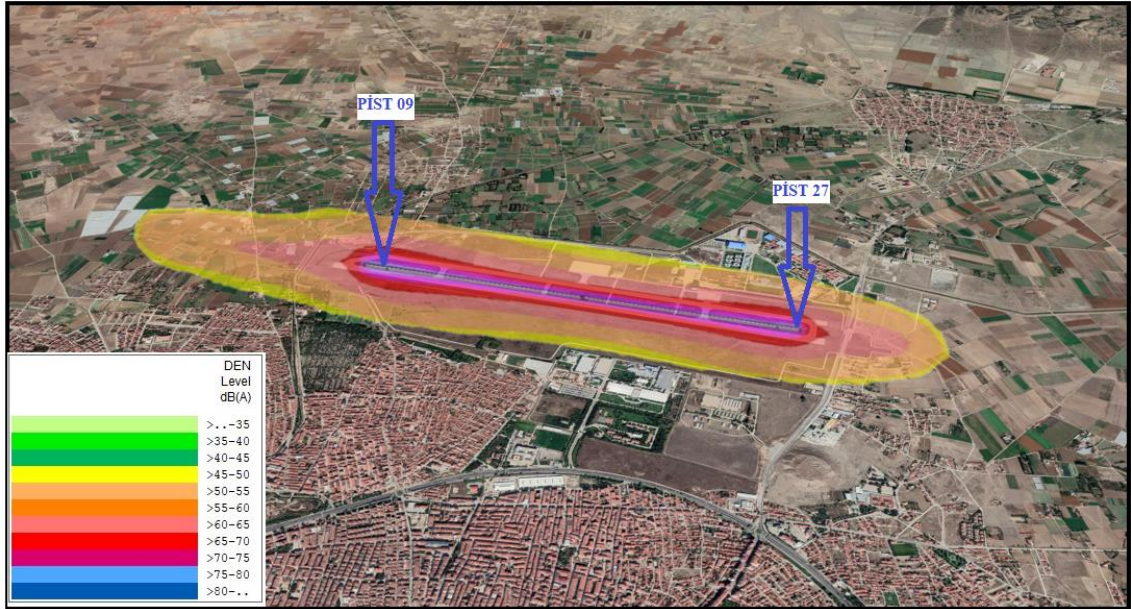
Tablo 5.10. Deney Operasyon Koşulu: 2 (Kaynak Tam Yük Altında)

Temel Standart		ISO 3746	
Kaynak		CESSNA 172-S 180 HP, 134 kW	
Kaynağın Lokasyonu		Tek Yansıtıcı Yüzey, Beton/Asfalt Zemin	
Ortam		Dış Ortam, (İhmal Edilebilir K_2)	
Operasyon Koşulu		2350 RPM (Tam Yük)	
Kaynak Boyutları		8,28m, 11m, 2,72m	
Mikrofon Pozisyonları		8 pozisyon	
Arka Plan Gürültü Düzeltme Değeri, K_{IA}			
Arka Plan Gürültü Düzeyi, L_{Pa}		56 dB	
ΔL_{pA}		15 dB	
Düzeltme Değeri, K_{IA}		0 dB	
Gürültü seviyesi ölçüm Sonuçları, dB(A)			
Nokta 1	83,9	83,7	83,8
Nokta 2	81,3	81,4	81,3
Nokta 3	81,2	81,2	81,2
Nokta 4	83,3	83,4	83,3
Nokta 5	81,8	81,8	81,8
Nokta 6	83,9	83,9	83,8
Nokta 7	83,2	83,2	83,2
Nokta 8	83,3	83,4	83,3
Zamana Göre Ortalama			
A-Ağırlıklı Ses Basınç Seviyesi, $\overline{L_{pA}}$	82,85	82,86	82,85
$10 \log \left(\frac{S}{S_o} \right)$	31,50	31,50	31,50
S=Yarıküresel Ölçüm Yüzeyi Alanı			
A-Ağırlıklı Ses Gücü Seviyesi	114,35	114,36	114,35
Ölçüm Belirsizlik Değeri			
Standart Sapma, σ_{omc} , dB(A) (Operasyon Koşulundan Kaynaklanan)		2	
Yöntemin Uyarlık Standart Sapması, σ_{R0} , dB(A)		3	
Toplam Standart Sapma, σ_{tot} , dB(A)		3,6	
Genişletilmiş Belirsizlik Değeri, U , dB(A) Kapsama Faktörü k		2	

5.4. Hedef ve Aksiyonların Uygulanması

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda uçak gürültüsünü önleme süreçlerindeki oluşabilecek düzensizliklere müdahale ve düzeltici/önleyici aksiyonların gözden geçirilmesi için modelde daha önce kapsam ve sınırları oluşturulmuş olan aksiyonlar aşağıdaki gibidir:

- Örneklem olarak ele alınan Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda modeldeki aksiyonlardan biri, mühendislik hesaplama metodu sonucunda oluşturulan gürültü haritalarına göre maruziyet analizi çalışmasıdır. Bu kapsamında, elde edilen bulguların değerlendirilmesi neticesinde belirlenen çalışma alanı içerisinde gürültü maruziyeti olan konut, okul ve hastane sayıları ve yaşayan kişi sayısı tespit edilebilmektedir. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın zeminden 4 m yükseklikte 50 m aralığına sahip gridler halinde L_{gag} ($L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, L_{gece}) birimi cinsinden günün üç zaman diliminde ve bir günlük olarak hesaplanan gürültü seviyelerini gösteren haritalar değerlendirilmiştir. Bir günlük dağılımı içeren gürültü konturları seviyesi değerlerine göre oluşturulmuş L_{gag} gürültü haritası havalimanının uydu görüntüsü üzerine bindirilmiş ve Şekil 5.20'de verilmiştir.



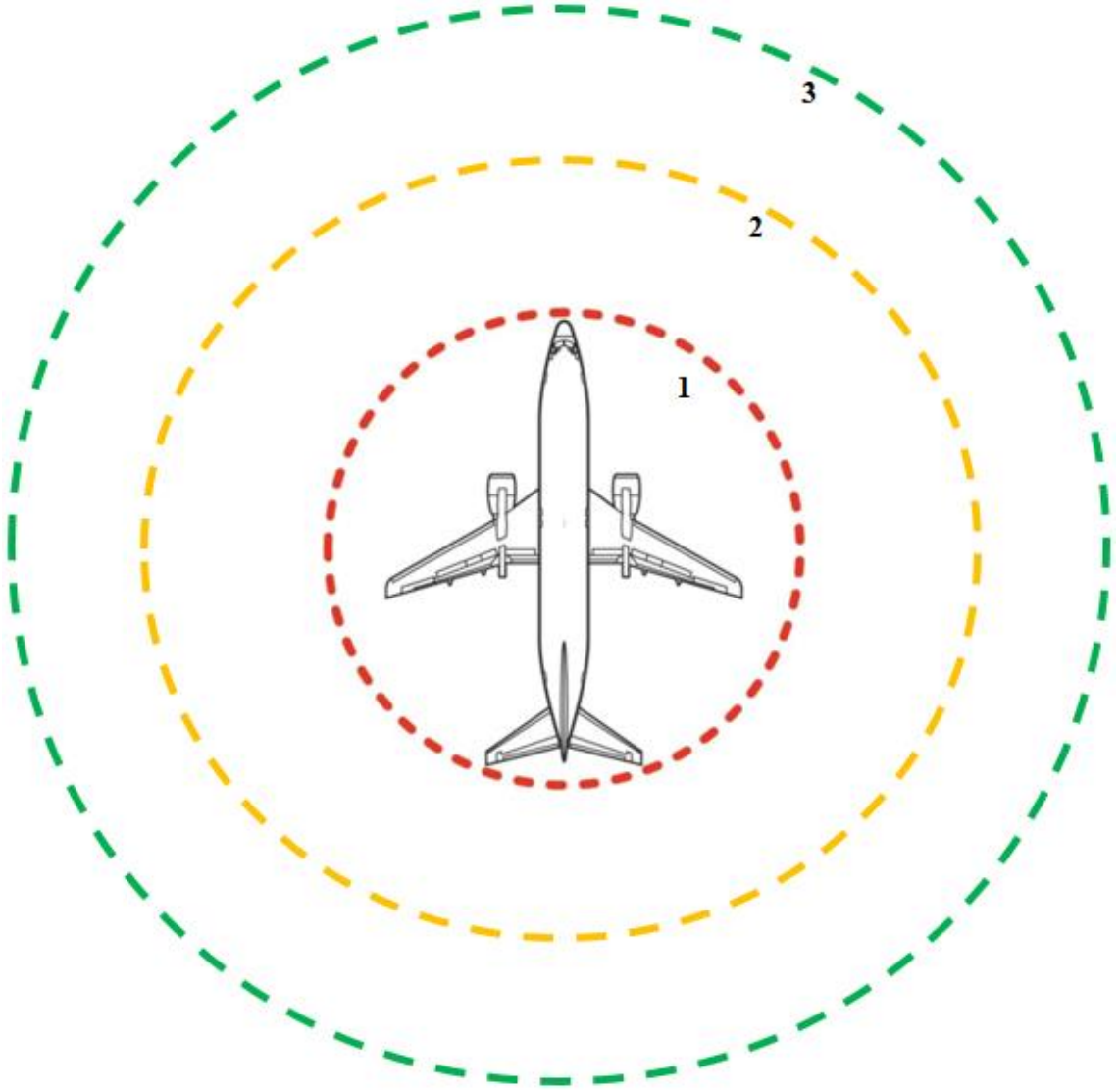
Şekil 5.20. Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın 2018 yılı L_{gag} gürültü harita sonuçların uydu görüntüsü

- Elde edilen gürültü konturları incelendiğinde havalimanının batısında özellikle uçakların kalkış hareketinden kaynaklanan Pist 09 ve çevresindeki bölgelerde yoğun gürültü oluşumu dikkat çekmektedir. Bu durumun başlıca sebeplerinden biri uçağın kalkış öncesi Full Thrust (Tam İtki)’a erişip teker kesmesi sonucu zeminde oluşturduğu gürültünün en yüksek düzeyde olması ve buna bağlı sesin yayılması olarak değerlendirilebilmektedir [84, 85]. 50-55 dB(A) gürültüye maruz kalan bölge en yüksek alana sahiptir. 09/27 pistinin kuzeyinde bulunan yapılarda yoğunluklu olarak yaklaşık 50 dB(A) gürültüye maruz kaldığı ortaya çıkmıştır. Bu tezde önerilen modelde baseline (temel) olarak değerlendirilen ve ÇGDYY’e göre küçük havalimanı sınıfında olan Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı için sınır değerleri ile karşılaştırıldığında insan sağlığına olumsuz yönde etki edecek maksimum gürültü düzeyi aşılmamıştır.

- Modeldeki aksiyonlardan diğeri ise ölçümler sonucunda elde edilen değerler kullanılarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucu gürültü seviyesi değerlerine bağlı maruziyet değerlendirilmesidir. Bu kapsamda elde edilen bulgular değerlendirildiğinde gürültü seviyesinin en düşük maruziyet sınır değeri olan 80 dB(A) [88], seviyesinin üzerine çıktığı tespit edilmiştir. .Bu kapsamda düzeltici/önleyici tedbirler üzerine çalışılmış olup belirlenen iyileştirme fırsatları sunulmuştur.

5.4.1. İyileştirme fırsatları

- İdeal koşullarda ses dalgalarının yayılması ve ses basınç seviyelerinde uzaklığa bağlı azalma eğilimi görülmektedir. Buna göre bakım hangar bölgesinde veya hangar önünde motor testleri, hidrolik ve pnömatik testler esnasında gürültü kaynağının oluşturduğu gürültü gücü ve bağlı olduğu ortama göre kaynaktan yaklaşık olarak $\frac{1}{r^2}$ oranında azalacağından dolayı mesafe verileri Şekil 5.21’de verilen emniyetli kontur bölgeleri oluşturulmuştur.



Şekil 5.21. Önerilen emniyetli kontur alanları

Birinci kontur bölgesi uçağın bütün bileşenlerini çevreleyen minimum çap mesafesidir ve bakımda bulunan uçağa bağlı olarak değişecektir. İkinci kontur bölgesi merkezden itibaren $4r$ kadar mesafede sonlanacaktır. Üçüncü kontur bölgesi ise merkezden itibaren $9r$ kadar mesafede sonlanacaktır. Belirtilen mesafeler oldukça pratik bir şekilde uygulanabilmekte olup bu mesafelerin korunması önerilmektedir.

- Uçak bakım alanında ve test işlemleri esnasında teknisyenlerin uzun süren gürültü etkisi altında kalması sonucunda kalıcı işitme kayıpları, stres ve iş veriminin düşmesi gibi olumsuzluklara ve işitme azalması, kaybı veya kulak çınlaması, konsantrasyon zorlukları uyku bozuklukları, mide ülserleri, yüksek tansiyon gibi işitsel olmayan sağlık şikayetlerine sebep olan bir takım istenmeyen etkileri [88] de bulunmaktadır. Bakımda

görevli teknisyenlere iş ekipmanını doğru ve güvenli şekilde kullanmaları için gerekli bilgilendirici eğitim verilmelidir. Hava yoluyla yayılan gürültü; perdeleme, kapatma, gürültü emici örtüler gibi yöntemler kullanılarak azaltılabilir [86–88]. Bunun mümkün olmadığı durumlarda ise maruziyet süresi ve düzeyi sınırlandırılmalı, yeterli dinlenme aralarıyla çalışma süreleri düzenlenmelidir [88].

Bu nedenle özellikle hangar bölgesinde veya hangar önünde motor testleri, hidrolik ve pnömatik testler esnasında modelde önerilen geniş frekans aralıklı koruyucu kulaklıklar veya gerekirse endüstride manşon adı verilen kulaklıklar rutin olarak teknisyenlere kullanılmalıdır.

5.5. Sürdürülebilirlik Süreçlerinin Değerlendirilmesi

Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı uçak kaynaklı gürültü emisyonlarını değerlendirmek amacıyla önerilen modele örneklem olarak alınmıştır. Modeldeki birimlerin reel katılımı sağlanmıştır. Bu kapsamda ölçümler, hesaplamalar, simülasyonlar, analizler, mühendislik ve yönetsel değerlendirmeler bütüncül yaklaşımla gerçekleştirilmiş ve modelin uygulanması sonucunda oluşturulan stratejik gürültü haritası değerlendirilmiş ve yapılan maruziyet analizleri kapsamında düzeltici/önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi sonucundaki iyileştirme fırsatları gerçekleştirilmiştir.

6. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

- Tez çalışmasında, hava araçları bir gürültü kaynağı olarak ele alınarak, havalimanlarında havacılık konsepti dahilindeki operasyonlardan kaynaklı gürültü emisyonları incelenmiştir. Uçak operasyonlarından kaynaklanan gürültü emisyonunun insan sağlığı üzerinde yarattığı negatif etkiler göz önünde bulundurularak havalimanlarının yönetimi değerlendirilmiş ve bu kapsamda havacılığın sürdürülebilir gelişimi için bilimsel bir model geliştirilmiştir. Söz konusu model Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'na uygulanmıştır. Model kapsamında havalimanında fiziki ölçümler, ölçümlere bağlı hesaplamalar, 5100 adet uçağa ait verilerin analizleri ve sınıflandırmaları, hesaplama dayalı simülasyonlar gerçekleştirilerek iyileştirme fırsatları ve öneriler geliştirilmiştir.

- Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) incelenmiştir. Ayrıca havalimanı çevresel gürültüsüne ilişkin uyulması zorunlu olan talimatlar dikkate alınarak dünyada konu ile ilgili sivil havalimanlarının düzenlemelerine uymakla yükümlü olduğu ICAO başta olmak üzere uluslararası ve ulusal regülasyonlar incelenmiştir. Ülkemizde ve diğer bazı ülkelerdeki uçak gürültüsü ile ilgili yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir.

- Uçak kaynaklı gürültü emisyonuna ilişkin geliştirilen yönetimsel modele ait organizasyon yapıları belirlenerek, havalimanı yönetimiyle ilişkilendirilmiştir. Modele bağlı birimlerin görev tanımlamaları yapılarak uçak gürültüsü ile mücadele için aksiyon planları ve süreç analizleri hazırlanmıştır.

- Geliştirilen modele örneklem olarak Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı ele alınmıştır. Model süreçleri Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'na uygulanarak, havalimanındaki gürültü türleri ve kaynakları belirlenmiştir. Uçakların operasyon tiplerinden kaynaklı gürültü türleri incelenerek CESSNA 172-S uçağının farklı çalışma koşullarında oluşturduğu gürültü tipleri ISO 3740, ISO 3744, ISO 3746 standartları paralelinde fiziki gerçek ölçümler yapılmıştır. Elde edilen bulgular analiz edilerek akustik ve teknik açıdan hesaplamalar ile birlikte değerlendirilmiştir.

- Maruziyet analizi kapsamında elde edilen bulgular değerlendirildiğinde en düşük maruziyet sınır değeri olan 80 dB(A) [88], seviyesinin üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda iyileştirme fırsatları belirlenerek, emniyetli kontur bölgeleri oluşturulmuştur. Ayrıca hangar bölgesinde ve/veya hangar önünde motor testleri, hidrolik ve pnömatik

testler esnasında çalışan görevli bakım teknisyenlerine dönük koruyucu ekipmanlar önerilmiştir.

- Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nda ICAO'nun direktifleri doğrultusunda uluslararası standartlara uygun olan IMMI yazılımı ile ECAC Doc 29'a göre uçak kaynaklı gürültü haritalandırma çalışması mühendislik hesaplama metodu ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı içerisinde Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı'nın zeminden 4 m yükseklikte 50 m aralığına sahip gridler halinde L_{gag} ($L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, L_{gece}) birimi cinsinden günün üç zaman diliminde ve bir günlük olarak hesaplanan gürültü seviyelerini gösteren haritalar elde edilmiş ve değerlendirilmiştir. Buna göre havalimanının batı bölgesinde bulunan özellikle uçakların kalkış hareketinden kaynaklanan Pist 09 ve çevresindeki bölgelerde yoğun gürültü oluşumu tespit edilmiştir. 50-55 dB(A) gürültüye maruz kalan bölgenin en yüksek alana sahip olduğu ve 09/27 pistinin kuzeyinin yoğunluklu olarak yaklaşık 50 dB(A) gürültüye maruz kaldığı ortaya çıkmıştır. ÇGDYY'e göre küçük havalimanı sınıfında olan Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı için sınır değerleri ile karşılaştırıldığında insan sağlığına olumsuz yönde etki edecek maksimum gürültü düzeyinin aşılmadığı görülmüştür. Ancak bu durumun 2018 yılını içeren bir takvim yılı için geçerli olduğu vurgulanmıştır. Geliştirilen modelin anlamlılığını da destekleyen eylem sürekliliğinin sağlanması için düzenli olarak her takvim yılında uçak kaynaklı gürültü haritalamanın tezde belirtilen adımlar paralelinde güncellenmesi, senaryoların oluşturulması ve raporlanması gereklidir.

- Gürültü, üzerinde dikkatle durulması gereken çevre sorunlarından biridir. Dünyada uçak gürültüsü ile ilgili yapılan çalışmalar son yıllarda hızlanmış ve bazı havalimanlarına yakın yerleşim yerlerinde yaşayan insanların maruz kaldıkları gürültüye dair şikayetlerinden dolayı havalimanlarının özellikle şehirler ile iç içe olması sebebiyle bulunduğu lokasyonlar tartışılır duruma gelmiştir. Avrupa'da ve diğer kıtalarda gürültü maruziyetinin giderilmesine yönelik havalimanı yönetimleri ve mühendisleri tarafından eylem planları oluşturulmaya başlanmıştır. Ülkemizde de havalimanları inşa edilmeden önce gürültü problemi ve yarattığı maruziyet konusunda fizibilite etütleri gerçekleştirilmeli ve sonrasında gürültüye maruz kalabileceği değerlendirilen bölgedeki sakinler dikkate alınıp en optimum lokasyona konuşlandırılmalıdır. ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) tarafından yayımlanmış ÇGDYY (Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği)'nde belirtildiği üzere ve bu tez çalışmasında temel olarak nitelendirilen referanslardan birisi olan; gündüz, akşam ve gece için

belirlenen gürültü maruziyet sınır değerleri dikkate alınmalıdır. Bu kapsamda sınır değerlerinin üzerine çıkan bölgelerde yerel yönetimler ve ilgili kurumlar yapılaşmaya yönelik izinlerde bu hususa dikkat etmelidir. Havalimanları çevresinde yaşayan nüfusun gürültüye en hassas olduğu gece saatlerinde gerçekleşen uçuşlar düzenlenebilir.

- Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı bölgesindeki hakim rüzgar yönünün havalimanında oluşan gürültüye ve havalimanı çevresinde gürültü emisyonunun yayılmasına etkisi bulunmaktadır. Sesi rüzgâr yönünde yayılması etkisini az da olsa artıracaktır [10]. Nitekim yıl içerisinde Eskişehir’de rüzgârlar kışın doğudan batıya, baharın ilk aylarında ise kuzeybatı yönünde hâkimdir. Baharın sonunda güneybatı, batı ve kuzeybatıdan gelen rüzgârlar görülmektedir [89].

- Bu bağlamda Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı’ndaki 09/27 pisti incelenip pistin ve çevresinin yıl içerisindeki hakim rüzgar yönü açısından değerlendirildiğinde Pist 09’un yıl içerisinde kışın ve baharın ilk aylarında, Pist 27’nin ise yılın kalan aylarında kullanımı havalimanından uçakların kalkış operasyonları sebebiyle yaydığı gürültü emisyonunu etkileyecektir. Bu kapsamda uçuş operasyon planlarında, belirtilen bu argümanlara göre pistlerin kullanımına dikkat edilmesi çalışma konusu ve konsepti açısından önemli olduğu değerlendirilmekte ve önerilmektedir.

- Son olarak gürültü ve etkileri ile ilgili genel olarak bilinç ve hassasiyet artırılmalı ve yerel yönetimler ile birlikte ilgili tüm paydaşlar koordineli ve çözüm odaklı çalışmalar gerçekleştirmelidir.

KAYNAKÇA

- [1] Kılıkş, B, and Kılıkş, Ş. (2017). New exergy metrics for energy, environment, and economy nexus and optimum design model for nearly-zero exergy airport (nZEXAP) systems. *Energy*, 140, 1329–1349.
- [2] Akyüz, M. K. (2018). *Havalimanlarında sürdürülebilir enerji yönetim modeli*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [3] Pearce, B. (2012). The state of air transport markets and the airline industry after the great recession. *Journal of Air Transport Management*, 21, 3–9.
- [4] Federal Aviation Administration, FAA. (2015). *FAA Aerospace Forecast*. Fiscal Years 2015-2035. USA.
- [5] Airbus S.A.S. Global Market Forecast - Mapping Demand 2016-2035. Blagnac Cedex, France, September 2016. ISBN: 978-2-9554382-1-6.
- [6] Boeing. Current market outlook 2015-2034, 2015. Boeing Commercial Airplanes Market Analysis. Seattle, WA 98124-2207. Boeing-Current-Market-Outlook-2015.pdf.
- [7] EuroControl. Challenges of growth 2013 summary report. (2013) Technical report, European Organisation for the Safety of Air Navigation, Brussels, Belgium,
- [8] M. R. R. Dias, (2013) Aeroacoustical Module Development for the NOVEMOR MDO Software, s. 125.
- [9] DESA. Department of Economic and Social Affairs. (2014). World Urbanization Prospects The 2014 Revision. United Nations. New York, USA.

- [10] Keskin, O. (2014). *Havalimanı Gürültü Haritalarının Hazırlanması: İstanbul Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı Örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [11] Federal Aviation Administration. (2007). Integrated Noise Model (INM) Version 7.0 User's Guide. FAA. USA.
- [12] Federal Aviation Administration. (2015). Continuous Lower Energy, Emissions, and Noise (CLEEN) Program. *Office of Environment and Energy*. FAA. USA.
- [13] Min, S. Lim, D. and Mavris, D. N. (2015). Aircraft Noise Reduction Technology and Airport Noise Analysis for General Aviation Revitalization. In *15th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*. Presented at the 15th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, Dallas, TX: American Institute of Aeronautics.
- [14] International Civil Aviation Organization, & Council. (2008). *Environmental protection, Volume I*. Montréal, Quebec: International Civil Aviation Organization.
- [15] http-1:
<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.14012&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=%C3%A7evresel>
(Erişim Tarihi 16.07.2018)
- [16] Khardi, S. (2009). Reduction of commercial aircraft noise emission around airports. A new environmental challenge. *European Transport Research Review*, 1(4), 175–184.
- [17] Rylander, R. and Bjorkman, M. (1997). Annoyance by Aircraft Noise Around Small Airports. *Journal of Sound and Vibration*, 205 (4), 533-537.

- [18] Heleno, T. A. Slama, J. G. and Bentes, F. M. (2014). Analysis of airport noise through LAeq noise metrics. *Journal of Air Transport Management*, 37, 5–9.
- [19] Ozkurt, N. Sari, D. Akdag, A. Kutukoglu, M. and Gurarslan, A. (2014). Modeling of noise pollution and estimated human exposure around İstanbul Atatürk Airport in Turkey. *Science of The Total Environment*, Cilt. (482–483), Sayfa. 486–492.
- [20] Zaporozhets, O. I. Kartyshev, O. O. and Golembievskiy, G. G. (2008). Accuracy And Uncertainty Of Aircraft Noise Modelling. *Proceedings of National Aviation University*, 35(2).
- [21] http-2:
<http://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal-projeler/194-yesil-havaalani-green-airport-projesi>
(Erişim Tarihi: 15.03.2020)
- [22] Sadr, M. K. (2017). Prediction of Airport Noise Using CadnaA Model and GIS: Case Study of IKIA Airport, 5, 8.
- [23] Maraş, E. E. (2011). *Coğrafi Bilgi Sistemi Desteğinde Kentlerin Avrupa Birliği Standartlarında Gürültü Haritalarının Üretimi: Samsun İli Örneği*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [24] Kavraz, M. (2015). Gürültü Düzeylerinin İç Mekanlar Açısından Değerlendirilmesi: KTÜ Kanuni Kampüsü Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 3(3), ÖS: Ergonomi. 597-601.
- [25] Ünal, İ. vd. (2014). Nevşehir Kapadokya Havalimanının Emisyon Ve Gürültü Açısından Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makine*. Cilt 55, Sayı 654, s.24-29.

- [26] Öngel, A. ve Sezgin, F. (2017). Trafik Gürültüsünü Etkileyen Faktörlerin SoundPlan 6.5 Programı ile İncelenmesi. *İMO Teknik Dergi*. 7669-7684.
- [27] Zanardi, E. Henríquez, J. C. and Torres, J. (2016). Noise propagation software comparison: A case of study between SoundPLAN and Code_TYMPAN. *International Congress on Acoustics toplantısı*'nda sunulan bildiri. Buenos Aires. Brasil
- [28] Wolfe, P. J. Kramer, J. L. and Barrett, S. R. H. (2017). Current and future noise impacts of the UK hub airport. *Journal of Air Transport Management*, 58, 91–99.
- [29] Bin, L. ve Daming, Z. (2011). Analysis of Adaptive Cycle Engine Noise for Civil Aviation. *Procedia Engineering*, 17, 645–653.
- [30] Hughes, R ve Filippone, A. (2013). Fly-over noise measurements and simulation for a turboprop aircraft. *Inter Noise-Noise Control For Quality Life Toplantısı*'nda sunulan bildiri .Manchester, UK
- [31] Durmaz V. (2016). Havaalanı Sistemi Bölüm Adı: Havaalanı Çevre Etkileşimi. *Anadolu Üniversitesi*. 160 - 180. Eskişehir, Türkiye
- [32] http-3:
<http://www.unenvironment.org/about-un-environment/policies-and-strategies>
(Erişim Tarihi: 26.05.2019)
- [33] Durmaz, V. vd (2007). Havaalanı Faaliyetlerinin Çevresel Etkilerini Azaltmaya Yönelik Mevzuat. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. Cilt: 5 Sayı:1 66-88.
- [34] Dickson, N. (2015). Aircraft Noise Technology and International Noise Standards *Action Plan on Emissions Reduction*. ICAO Air Transport 3-21.
- [35] http-4:
<https://www.sustainableaviation.co.uk/goals/noise/>

(Erişim Tarihi: 26.05.2019)

- [36] ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı). (2018). *Çevresel gürültü değerdendirmesi ve yönetimi ile İlgili AB direktiflerinin uyumlaştırılması ve uygulamaları Avrupa birliğı eşleştirme projesi TR/2004/IB/EN/02. Gürültü Tedbirleri El Kitabı.*
- [37] http-5:

<http://www.icao.int/environmental-protection/pages/aircraft-engineemissions.aspx>

(Erişim Tarihi: 20.02.2019)

- [38] http-6: <http://www.afeonline.com/shop/icao-doc-9829.html>

(Erişim Tarihi: 20.02.2019)

- [39] http-7: http://www.icao.int/icao/en/m_about.html

(Erişim Tarihi: 20.02.2019)

- [40] http-8: <https://www.easa.europa.eu/regulations>

(Erişim Tarihi: 20.02.2019)

- [41] European Noise Directive. (2002) *Of the European parliament and of the council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.* 2002[49/ECC].

- [42] Coelho, J. L. B. ve Alarcão, D. (2005). On Noise Mapping and Noise Action Plans for Large Urban Areas. *Forum Acousticum Toplantısı*'nda sunulan bildiri. 1039-1044. Lisbon, Portekiz

- [43] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (2007). *Position Paper-Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure.* (WG-AEN 004.2007).

- [44] Metz, B. ve Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds.). (2007). *Climate change 2007: mitigation of climate change: contribution of Working Group III to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- [45] WHO (World Health Organization). (2009). *Night noise guidelines for Europe*. WHO Regional Office for Europe.
- [46] Ragettli, M. S. et al. (2015). Annoyance from Road Traffic, Trains, Airplanes and from Total Environmental Noise Levels. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 13(1).
- [47] Özgüven H. N. (2008). Gürültü Kontrolü, Endüstriyel ve Çevresel Gürültü. *Türk Akustik Derneği*. Ankara.
- [48] ISO (2007). ISO 9613-2:1996 Acoustics *Attenuation of sound during propagation outdoors, Part 2: General method of calculation*. International Standards Organization.
- [49] Bies D. A. ve Hansen C. H. (2009). Engineering Noise Control Theory And Practice. 4th bas. New York: Spon Press. USA
- [50] Kurra S. (2009). Çevre Gürültüsü ve Yönetimi. *İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları*. Türkiye
- [51] Maekawa, Z. ve Lord, P. (1994). *Environmental and architectural acoustics*. London. New York: E & FN Spon. USA
- [52] ISO. (2007). ISO 1996-2:2007 Acoustics *Description, assessment and measurement of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels*. International Standards Organization.
- [53] Yılmaz, S. (1979): *Uçak Gürültüsünün Kontrol Altına Alınması Amacıyla Yeşilköy Havalimanı Çevresinde Yerleşme Sınırlarının Belirlenmesi*. İstanbul,

- Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- [54] Demirkale, S. Y. (2007): *Çevre ve Yapı Akustiği*. Birsen Yayınevi. İstanbul, Türkiye.
- [55] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2011). *Çevresel Gürültünün Ölçüm ve Değerlendirme Klavuzu*. Ankara, Türkiye
- [56] Tasmania, Department of Primary Industries, W, and Environment, & Environment Division. (2004). *Noise measurement procedures manual*. Hobart, Tas: Environment Division, Dept. of Primary Industries, Water and Environment.
- [57] CFR 150, 2004: Minneapolis-St Paul International Airport, 14 Code of Federal Regulations, Minnesota, USA
- [58] Medrano, P. G. (2012). *Noise Contour Calculation From Measured Data*. Yayımlanmamış Lisansüstü Tez. Lizbon Üniversitesi. Portekiz.
- [59] ESA Airports. (2009). *Noise Mitigation Evaluation: Knedall-Tamiami Executive Airport*.
- [60] More, S. R. (2011). Aircraft Noise Characteristics and Metrics, The Partnership for Air Transportation Noise and Emissions Reduction. *Massachusetts Institute of Technology*, Cambridge. UK
- [61] Paşaoğlu, D. vd. (2013). Yönetim ve Organizasyon. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2944. Eskişehir, Türkiye.
- [62] Şengür, Y. (2016). Yönetimsel Sistem Olarak Havaalanı. Havaalanı Yönetimi (s. 30-59). Eskişehir: *Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Yayınları*.
- [63] ICAO (2005). Annex 16: Environmental protection, vol. I: Aircraft noise, 4th ed. International Civil Aviation Organization.

- [64] Sarı, D. vd. (2013) Havalimanlarında Gürültü Haritalama Çalışmaları-Türkiye'den Örnekler. s. 12. 10. *Ulusal Akustik Kongresi Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu, 16-17 Aralık 2013*. İstanbul, Türkiye
- [65] http-9: http://ecas.anadolu.edu.tr/birimler_havaalani.html
(Erişim Tarihi: 13.05.2019)
- [66] Yandex. (2018). Yandex Haritalar: Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı
- [67] http-10: <https://www.dhmi.gov.tr/sayfalar/istatistik.aspx>
(Erişim Tarihi: 28.05.2019)
- [68] Large, J.B. and House, M.E. (1981) The status of airport noise prediction, with special reference to the United Kingdom and Europe. *Noise Control Engineering*. 38-44.
- [69] Viswanathan, K. (2018). Progress in prediction of jet noise and quantification of aircraft/engine noise components. *International Journal of Aeroacoustics*, 17 (4-5), 339–379.
- [70] Franssen EAM, van Wiechen CMAG, Nagelkerke NJD, et al. (2004). Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use *Occupational and Environmental Medicine* 2004;61:405-413.
- [71] Google Earth. (2018). Eskişehir Hasan Polatkan, 39°48'36"K 30°31'10"D. Google Earth, Kasım 2018.
- [72] DHMİ. (2019). Havacılık Enformasyon Yayını (AIP). Türkiye
- [73] ECAC. CEAC, Doc 29. (1997). Report on standard method of computing noise contours around civil airport. adopted by the Twenty-First Plenary Session of ECAC; 1997.

- [74] AzB. Umweltbundesamt Arbeitsgruppe, (2007). Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen.
- [75] AzB. (1999) Neue zivile Flugzeugklassen für die Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (Entwurf). Berlin: Umweltbundesamt.
- [76] END. (2002). Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Official Journal of the European Communities 18.7.2002. 189/12-189/25.
- [77] TÜBİTAK MAM. (2017). Türkiye'de DHMİ Tarafından İşletilen Havalimanlarının Stratejik Gürültü Haritalarının Oluşturulması Projesi, *Isparta Süleyman Demirel Havalimanı Stratejik Gürültü Haritası Raporu* TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü (ÇTÜE) 5138902 ÇTÜE.17.378.
- [78] Candy, J. V. and Sullivan, E. J. (1993). Sound velocity profile estimation: a system theoretic approach. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 18(3), 240–252.
- [79] A Textron Company. (2004). Cessna 172-S Skyhawk Information Manual.
- [80] ISO 3740. (2019) Acoustics Determination of sound power levels of noise sources, Guidelines for the use of basic standards. International Standards Organization.
- [81] ISO 3744. (2010) Acoustics Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane. International Standards Organization.
- [82] ISO 3746. (2010), Acoustics Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure Survey method using an

enveloping measurement surface over a reflecting plane. International Standards Organization.

- [83] IEC 61672-1:2002. (2002) Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications.
- [84] Barbosa, J. R. and Dezan, D. J. (2013). Turbojet Engine Noise Prediction Utilizing Empirical Methods. In *Volume 2: Aircraft Engine; Coal, Biomass and Alternative Fuels; Cycle Innovations* (p. V002T07A024). Presented at the ASME Turbo Expo 2013: Turbine Technical Conference and Exposition, San Antonio, Texas, USA: ASME.
- [85] Filippone, A. (2014). Aircraft noise prediction. *Progress in Aerospace Sciences*, 68, 27–63.
- [86] T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (2013). *Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik*. Resmi Gazete Sayısı: 28721, Resmi Gazete Tarihi: 28.07.2013, T.C. Resmi Gazete, Ankara, Türkiye.
- [87] Uyanık M. (2013). *Bakım-Onarım İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği*. 2013, İstanbul, Türkiye.
- [88] Nazlıoğlu, A. (2014) *Havaalanı Bakım Onarım Hangarında Tehlike Kaynaklarının Belirlenmesi Ve Kontrol Listesi Hazırlanması*. 2014. Ankara, Türkiye.
- [89] MGM, (2019) *Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Hava Tahminleri*. (Erişim Tarihi: 20.10.2019)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halil Yalçın AKDENİZ
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir/1988
E-posta : hyakdeniz26@gmail.com
: hyakdeniz@ogu.edu.tr

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

2010; Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
2015; Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans
2011-2013; Uçak Sistem Mühendisi (Sivil Mühendis), 1'inci Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı, ESKİŞEHİR
2013–Devam; Öğretim Görevlisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir Meslek Yüksek Okulu