

**HAVALİMANLARI İÇİN GÜRÜLTÜ HARİTASI MODELLEMESİ:
DALAMAN ULUSLARARASI HAVALİMANI ÖRNEĞİ**

İbrahim GÜÇLÜ

Yüksek Lisans Tezi

Uçak Gövde ve Motor Bakım Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Haşim KAFALI

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Temmuz 2023

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İbrahim GÜÇLÜ'nün HAVALİMANLARI İÇİN GÜRÜLTÜ HARİTASI MODELLEMESİ: DALAMAN ULUSLARARASI HAVALİMANI ÖRNEĞİ başlıklı çalışması 26/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği”nin ilgili maddeleri uyarınca, Uçak Gövde ve Motor Bakım Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye	: Prof. Dr. Tolga BAKLACIOĞLU
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Sinem KAHVECİOĞLU
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Haşim KAFALI

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

26/07/2023

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi İbrahim GÜÇLÜ, HAVALİMANLARI İÇİN GÜRÜLTÜ HARİTASI MODELLEMESİ: DALAMAN ULUSLARARASI HAVALİMANI RNEğİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Dr. Öğr. Üyesi Haşim KAFALI

ÖZET

HAVALİMANLARI İÇİN GÜRÜLTÜ HARİTASI MODELLEMESİ: DALAMAN ULUSLARARASI HAVALİMANI ÖRNEĞİ

İbrahim GÜÇLÜ

Uçak Gövde ve Motor Bakım Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Temmuz 2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Haşim KAFALI

21. yüzyılda havacılık sektörü öne çıkan alanlardan biridir. Gelişen teknoloji ile birlikte ticaretin küreselleşmesi, ülkeler arası ve kıtalar arası seyahatlerin artması, karayolu ve denizyolu taşımacılığına göre daha az zaman alması ve ulaşım fiyatlarındaki farkın azalması gibi nedenlerle havayolu taşımacılığına olan ilgi artmaktadır. Bahsedilen olumlu gelişmelere rağmen havacılığın olumsuz yönleri de göz ardı edilemez. Havacılık gürültü, iklim değişikliği ve hava kirliliği üzerinde doğrudan etkisi olan alanlardan biridir. Özellikle artan nüfusla birlikte şehirlerin havalimanlarına yaklaşmasıyla havalimanlarının şehir içinde kalması, havalimanlarından maruz kalınan gürültüyü ortaya çıkarmaktadır. Gürültünün insanlar üzerindeki etkileri incelendiğinde literatürde olası işitme kaybı, fizyolojik ve psikolojik sağlık sorunları gibi riskler ortaya çıkmaktadır. Özellikle bu nedenlerden dolayı olumsuz etkilerin önüne geçebilmek için uçak gürültüsüne bağlı olarak havalimanlarında gürültünün azaltılmasına yönelik direktifler ve sertifikalar belirlenmiştir. ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Otoritesi) uçak gürültüsü için Annex 16'yı yayınlamış ve uçaklar için gürültü sertifikasyon testlerini de belirlemiştir. Ülkemize baktığımızda havacılığın oldukça geliştiği, illerin yarısından fazlasında havaalanı olduğu görülmektedir. Ayrıca artan kapasite ve talep nedeniyle bazı illerde birden fazla havalimanı bulunmaktadır. Bu illerden biri olan Muğla'nın Dalaman ve Bodrum'da uluslararası havalimanları bulunmaktadır.

Son zamanlarda insanların bu bölgelere göç etmesinden dolayı nüfus artışı hızlanmakta ve yerleşim yerlerinin gürültü direktiflerine uygun olarak planlanması ve kontrol edilmesi önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında Dalaman Uluslararası Havalimanının gürültü haritasının modellenmesi amaçlanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelenmiş ve gürültü modellemesinin temeli araştırılmıştır. Direktifler, Gürültü sertifikasyonu ve hesaplama yöntemlerinden bahsedilmiştir. Veriler IMMI programı aracılığıyla işlenerek Dalaman Havalimanı'nın gürültü haritası oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Uçak Gürültüsü, Gürültü Modelleme, Gürültü Haritası, Havalimanı Gürültüsü ,Dalaman Uluslararası Havalimanı

ABSTRACT

NOISE MAP MODELING FOR AIRPORTS: THE CASE OF DALAMAN INTERNATIONAL AIRPORT

İbrahim GÜÇLÜ

Department of Airframe and PowerPlant Maintenance

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, July 2023

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Haşim KAFALI

In the 21st century, aviation sector is one of the prominent areas. The interest in airline transportation is increasing due to the globalization of trade with the developing technology, the increase in inter-country and intercontinental travels, the less time it takes compared to road and maritime transportation and the decrease in the difference in transportation prices. Despite the positive developments mentioned, the negative aspects of aviation cannot be ignored. Aviation is one of the areas that have a direct impact on noise, climate change, and air pollution. Especially with the increasing population, the fact that the airports remain in the city with the approach of the cities to the airports reveals the noise exposed from the airports. When the effects of noise on humans are examined, risks such as possible hearing loss, physiological and psychological health problems emerge in the literature. In order to prevent negative effects, especially for these reasons, directives and certificates have been determined to reduce the noise at airports due to aircraft noise. ICAO (International Civil Aviation Authority) has published Annex 16 for aircraft noise and has also specified noise certification tests for aircraft. When we look at our country, it is seen that aviation has developed considerably, and more than half of the provinces have airports. In addition, some provinces have more than one airport due to increasing capacity and demand. Muğla, one of these provinces, has international airports in Dalaman and Bodrum.

Due to the recent migration of people to these regions, population growth is accelerating, and it is important to plan and control settlements in accordance with noise directives.

In this thesis study, it is aimed at modeling the noise map of Dalaman International Airport. The studies in the literature have been reviewed, and the basis of noise modeling has been investigated. Directives, Noise certification, and calculation methods are mentioned. A noise map of Dalaman Airport was created by processing the data through the IMMI program.

Keywords: Aircraft Noise, Noise Modelling, Noise Map, Airport Noise, Dalaman International Airport.

TEŞEKKÜR

Tez sürecinde programı öğrencilere ücretsiz olarak kullanım imkanı sunan ve çevrimiçi seminer düzenleyerek programı anlamamda yardımcı olan IMMI yazılım ekibine, programa verileri işleme sürecinde karşılaştığım pürüzlerde tüm detayları özveriyle anlatarak yardımcı olan Sayın Oya KESKİN'e, yüksek lisans sürecinde hem çalıştığım, hem de teze zaman ayırdığım dönemlerde geçen yoğun süreçte gerek akademik gerek hayat tavsiyeleri, yaklaşımları ve destekleriyle bana bu süreçte yol gösteren danışman hocam Sayın Haşım KAFALI' ya, özellikle akademisyenliğe yönelme kararı aldığım da emin adımlarla yürüyebilmem için gerek maddi gerek manevi destekleri ile yanımda olan aileme teşekkür ederim..

İbrahim GÜÇLÜ

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 ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik 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.

İbrahim GÜÇLÜ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Uçak Gürültüsü	5
1.1.1. Uçak gürültüsünün kaynakları	6
1.1.1.1. Uçak motorları.....	7
1.1.1.2. Uçağın gövde yapıları.....	8
1.2. Gürültü Sertifikası	9
1.3. Gürültü Direktifi	10
2. UÇAK GÜRÜLTÜSÜ MODELLEMESİ.....	15
2.1. Uçak Gürültüsü Modellemesinin Veri Tabanı	15
2.2. Uçak Gürültüsü Hesaplama Yaklaşımı.....	16
2.2.1. Tek bir olay için gürültü hesaplaması	16
2.2.2. Gürültü konturlarının hesaplanması.....	18
2.3. Gürültü Modelleme Yaklaşımları.....	19
2.3.1. ECAC Doc 29	20
2.3.1.1. ECAC Doc 29 4. baskı cilt 1 uygulama kılavuzu.....	21
2.3.1.2. ECAC Doc 29 4. baskı cilt 2 teknik kılavuz.....	22
2.3.1.3. ECAC Doc 29 4. baskı cilt 3 referans vakalar ve doğrulama çerçevesi(1. kısım).....	23
2.3.2. AzB (Anleitung zur berechnung von lärmschutzbereichen)	23

2.3.2.1. <i>AzD(Anleitung zur datenerfassung über den flugbetrieb)</i> <i>uçak gruplandırması</i>	25
2.3.3. CNOSSOS-EU (Common noise assessment methods)	27
2.3.3.1. <i>CNOSSOS-EU uçak gürültüsü tahmini</i>	29
3. LİTERATÜR TARAMASI	32
4. METODOLOJİ.....	36
4.1. Dalaman Uluslararası Havalimanı Gürültü Modellemesi	37
5. BULGULAR.....	51
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKÇA.....	62
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1. Dalaman'a bağlı mahallelerin 2021-2022 yılı nüfus değişimi (http-6)	4
Tablo 1.2. Uçakta ana gürültü kaynakları	7
Tablo 1.3. ICAO Ek 16 Gürültü Sertifikasyonu uçak sınıfları (ICAO, 2005)	10
Tablo 1.4. Havalimanları için gürültü sınır değerleri (Hüsmen, 2015).....	14
Tablo 2.1. AzB P serisi uçak grubu.....	25
Tablo 2.2. AzB S serisi uçak grubu.....	26
Tablo 2.3. AzB H serisi uçak grubu	27
Tablo 2.4. AzB S-MIL serisi uçak grubu	27
Tablo 2.5. AzB P-MIL serisi uçak grubu	27
Tablo 4.1. AzB, CNOSSOS ve ANP'de Boeing 738 için S ve L örnekleri	36
Tablo 4.2. Kullanılan geniş ve dar gövdeli uçak tipleri ve sayıları.....	38
Tablo 4.3. Uçakların AzB standartına göre gruplandırılması	39
Tablo 5.1. Diğer gösterge türlerinde hesaplanam maksimum gürültü değerleri.....	51
Tablo 5.2. L_{gag} göstergesine göre gürültü aralıkları ve etkili olduğu alan	51
Tablo 5.3. Mahallelerin $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, L_{gece} göstergelerinde gürültü aralıkları	53
Tablo 5.4. Uçak gürültüsüne bağlı uyku bozukluğu oranı	54
Tablo 5.5. Uçak gürültüsü seviyesine bağlı rahatsızlık yüzdesi	54
Tablo 5.6. WHO sınır değerlerini aşan mahallelerin etkilendiği gürültü aralıkları	55
Tablo 5.7. Eğitim kurumlarının maruz kaldığı gürültü değer aralıkları.....	55
Tablo 5.8. Sağlık merkezlerinin maruz kaldığı gürültü değer aralıkları (dB(A))	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Türkiye’de son 10 yıla ait gerçekleşen uçuş sayıları dağılımı (http-2)	2
Şekil 1.2. Türkiye’de havalimanları bulunan illerin haritası (http-3).....	2
Şekil 1.3. Dalaman Havalimanı son 10 yıl uçuş sayıları dağılımı(http-2)	3
Şekil 1.4. Türkiye’nin 2022 yılı net göç hızı haritası (http-5).....	3
Şekil 1.5. 2021-2022 Dalaman nüfus değişimi (http-6)	4
Şekil 1.6. Turbofan motoru ve hava akışı (AMM)	8
Şekil 1.7. Sertifikasyon Referans Noktaları	10
Şekil 2.1. Tek uçuş olayı hesaplaması	17
Şekil 2.2. Bir havalimanı çevresindeki gürültü kontur hesaplama süreci	18
Şekil 4.1. Yakın çevresindeki binalar ve pist düzeni ile Dalaman Havalimanı.....	37
Şekil 4.2. 2021-2022 Ağustos ayları arasında uçak tipi kullanım oranları.....	38
Şekil 4.3. Uçuş verilerinin IMMI üzerinden gündüz, akşam, gece olarak girişi	40
Şekil 4.4. Kontur çizgileri ve hesaplama yüksekliğinin belirlenmesi	41
Şekil 4.5. Dalaman Havalimanı L_{gag} haritası.....	42
Şekil 4.6. Dalaman Havalimanı $L_{gündüz}$ haritası.....	43
Şekil 4.7. Dalaman Havalimanı $L_{akşam}$ haritası.....	44
Şekil 4.8. Dalaman Havalimanı L_{gece} haritası.....	45
Şekil 4.9. Gürültü haritasının Google Earth üzerine aktarım aşaması.....	46
Şekil 4.10. Dalaman Havalimanı L_{gag} uydu görüntüsü.....	47
Şekil 4.11. Dalaman Havalimanı $L_{gündüz}$ uydu görüntüsü.....	48
Şekil 4.12. Dalaman Havalimanı $L_{akşam}$ uydu görüntüsü.....	49
Şekil 4.13. Dalaman Havalimanı L_{gece} uydu görüntüsü.....	50
Şekil 5.1. Dalaman Mahalle Haritası(Dalaman Belediyesi)	52
Şekil 5.2. Okulların Dalaman Havalimanı’na göre konumları	57

Şekil 5.3. Sağlık merkezlerinin Dalaman Havalimanı'na göre konumları..... 59



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACARE	: Avrupa Havacılık Araştırmaları Danışma Konseyi
AIP	: Havacılık Bilgi Yayını
AMM	: Uçak Bakım Manueali
ANP	: Uçak Gürültü ve Performansı
APU	: Yardımcı Güç Ünitesi
AzB	: Gürültüden Korunma Alanlarının Hesaplanması
AzD	: Uçuş Operasyonlarında Veri Toplama
CNOSSOS-EU	: Avrupa’da Yaygın Gürültü Değerlendirme Yöntemleri
dB	: Seviye birimi - logaritmik bir oran ölçeğinde ölçüm
DES	: Veri Toplama Sistemi
DG ENV	: Çevre Genel Müdürlüğü
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü
EAA	: Avrupa Çevre Ajansı
ECAC	: Avrupa Sivil Havacılık Konferansı
END	: Çevresel Gürültü Direktifi
FAR	: Federal Havacılık Düzenlemeleri
GDG	: Kılavuz Geliştirme Grubu
IATA	: Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
ICAO	: Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
INM	: Entegre Gürültü Modeli
JRC	: Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi
$L_{akşam}$	: Avrupa Komisyonu tarafından akşam için kullanılan L_{eq} zaman tanımlaması
L_{Amax}	: Maksimum A Ağırlıklı Ses Seviyesi
L_{eq}	: Eşdeğer Ses Seviyesi
L_{gag}	: Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilen ve akşam gürültüsünü 5 dB ve gece gürültüsünü 10 dB ile ağırlıklandıran (L_{eq} tabanlı) bir gürültü endeksi.
L_{gece}	: Avrupa Komisyonu tarafından gece için kullanılan L_{eq} zaman

	tanımlaması
$L_{gündüz}$	: Avrupa Komisyonu tarafından gündüz için kullanılan L_{eq} zaman tanımlaması
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
SAE	: Otomotiv Mühendisleri Derneği
SEL, L_{AE}	: Sese Maruz Kalma Seviyesi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

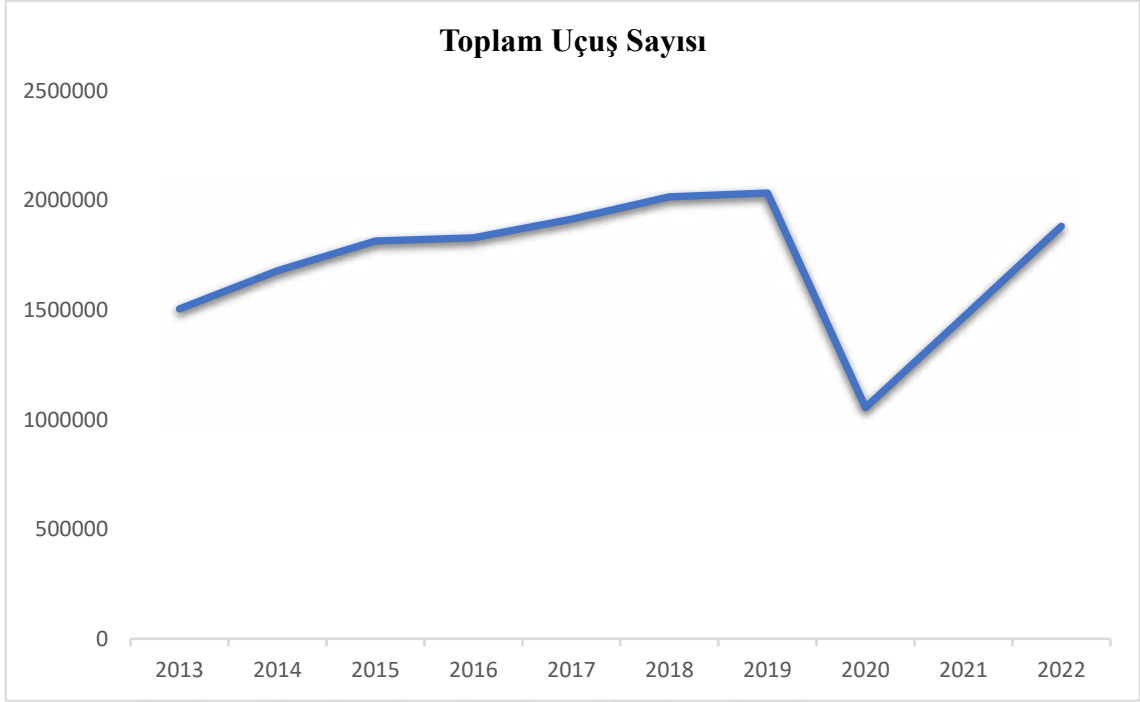


1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi, nüfus artışı ile ulaşım çeşitliliğinin zenginlik kazanması ile havacılık sektörü de en fazla tercih edilen ulaşım türlerinden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Havacılığın artan trafiği de beraberinde istenmeyen gürültü kirliliği gibi çevresel sorunlara sebebiyet vermektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nın, yapılan çalışmalara göre belirlediği gürültüye bağlı olası sağlık riskleri de bu konuda hassasiyet gösterilmesi gerektiğini gözler önüne sermektedir. Çevre sorunlarının artması nedeniyle de gerekli tedbirlerin alınması ve hukuki olarak güvence altına alınması amacıyla bu konudaki direktifler, yönetmelikler ve kanunlar birçok ülkede uygulanmaya başlanmıştır.

17. ve 18. yüzyılda sanayi devrimiyle Avrupa'dan başlayıp tüm dünyaya yayılan buharlı iş gücü ile makinelerin yaygınlaşması günümüze kadar pratik olanaklar sunarak teknolojinin bu noktaya gelmesine katkı sağlasa da beraberinde gürültü problemi de yaratmıştır. Günümüzde çevrede bulunan gürültü kaynakları değerlendirildiğinde özellikle gelişmiş şehirlerde karayolu trafiğinin gürültüsü akıllara gelse de havayolu trafiğinden meydana gelen gürültü kirliliği de özellikle şehirlere yakın havalimanlarında görmezden gelinemez. Artan ulaşım ihtiyaçları daha fazla havalimanına ihtiyaç duyulmasına neden olmuş ve bazı şehirlerde jeopolitik açıdan önemli konumları, yüksek nüfus yoğunlukları nedeniyle havalimanı kapasiteleri aşıldığından birden fazla havalimanı ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) 18 Eylül 2007 tarihinde yayınladığı bültende 2025 yılına kadar her yıl yaklaşık %4,5-5 oranında talep artışı olacağını belirtmiştir (ICAO, 2007). Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği'nin (IATA) pandemi öncesi 2019 yıllık raporuna göre, gelir yolcu kilometresi (RPK) 2018 yılında 2017 yılına göre %7,4 (DHMİ, 2020), 2019 yılında ise 2018 yılına göre %4,2 oranında artmıştır (IATA, 2019). Ülkemizde pandemi sonrasında 2021 yılı iç hat yolcu trafiğinin 2019 yılına kıyasla %61'ine ulaşmıştır ve öngörülen 2022 yılında %93'üne, 2023 yılında %103'üne, 2024 yılında %111'ine ve 2025 yılında %118'ine yükselmesidir (DHMİ, 2021).

Türkiye'de Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (DHMİ)'nden alınan veriler incelendiğinde son 10 yıla ait uçuş verilerinde, 2020 yıllarının haricinde uçuşların pozitif eğim gösterdiği görülmektedir (Şekil 1.1). Önceden belirtildiği gibi



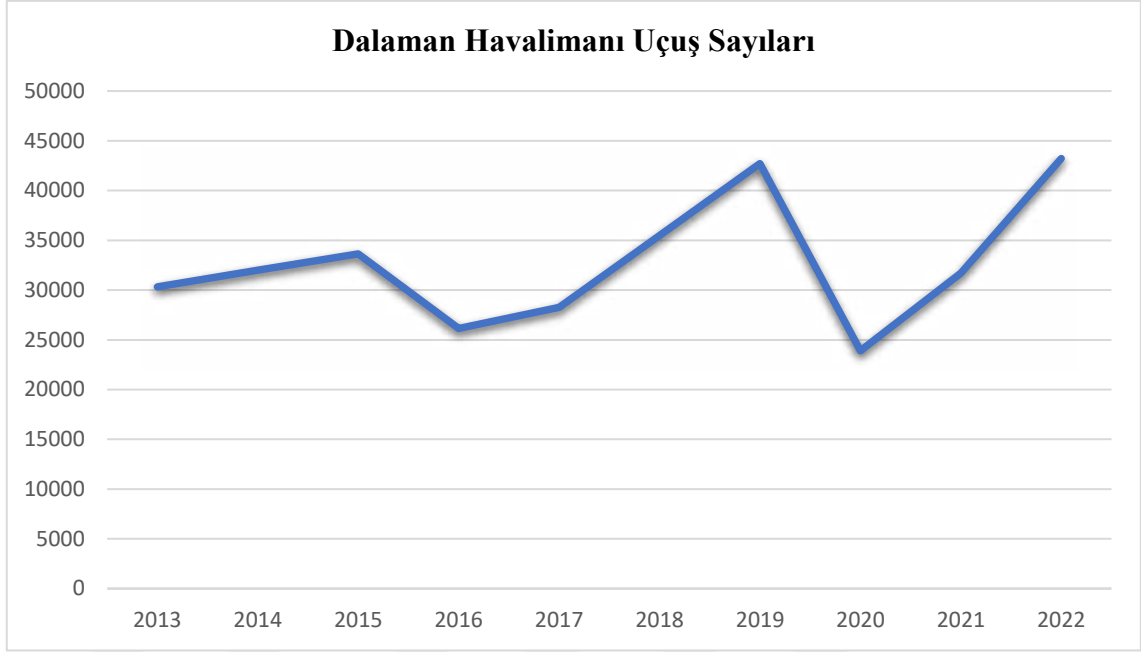
Şekil 1.1. Türkiye’de son 10 yıla ait gerçekleşen uçuş sayıları dağılımı (<http-2>)

ülkede bulunan toplam il sayısının yarısından fazlasında havalimanının bulunduğu DHMİ’nin kaynaklarında görsel olarak belirtilmektedir (Şekil 1.2).



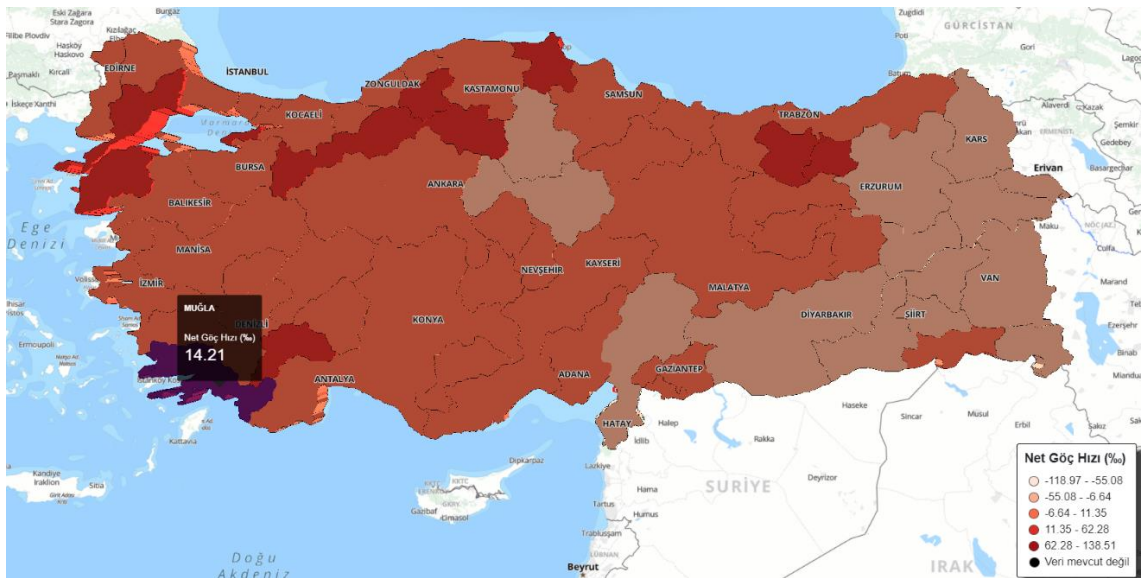
Şekil 1.2. Türkiye’de havalimanları bulunan illerin haritası (<http-3>)

Muğla’da bulunan iki havalimanından biri olan Dalaman Havalimanı’nda turizme bağlı olarak en yoğun uçuş trafiği bahar ve yaz dönemlerinde gerçekleşmektedir. Son 10 yılın uçuş verilerine bakıldığında havalimanında da 2016 ve 2020 yılları haricinde pozitif ivmelenme görülmektedir(Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Dalaman Havalimanı son 10 yıl uçuş sayıları dağılımı(http-2)

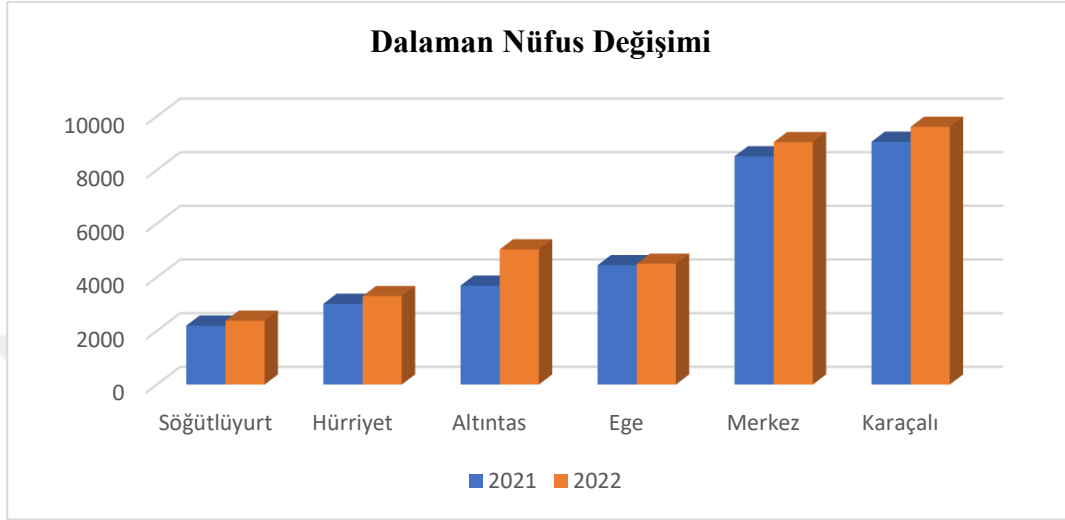
Havalimanındaki uçuş artışlarının yanısıra Muğla'nın göç ve nüfus artışı incelendiğinde gürültü probleminin ilerleyen süreçte bir sorun yaratacağı görülmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)' un verilerine göre 2022 yılı için Muğla'nın göç oranı %14.21 olarak belirtilmiştir (Şekil 1.4) ve ilin en yüksek nüfus artış hızı aynı yıl içinde %67.4 ile Dalaman'a aittir (http-5). Tablo 1.1 ve Şekil 1.' de görüldüğü üzere Dalaman Havalimanı'na yakın mahallelerin 2021-2022 yılları arasındaki nüfus değişimleri incelendiğinde, gürültüden etkilenen insanların arttığı da görülmektedir.



Şekil 1.4. Türkiye'nin 2022 yılı net göç hızı haritası (http-5)

Tablo 1.1. Dalaman’a bağlı mahallelerin 2021-2022 yılı nüfus değişimi (http-6)

Mahalle	Nüfus		Mahalle	Nüfus	
	2021	2022		2021	2022
Altıntaş	3688	5039	Karaçalı	9052	9610
Ege	4450	4506	Merkez	8512	9038
Hürriyet	3012	3299	Söğütlüyurt	2197	2381



Şekil 1.5. 2021-2022 Dalaman nüfus değişimi (http-6)

Avrupa’da gürültü kirliliği üzerine 18.07.2002 tarihli Avrupa Birliği konseyi tarafından “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi(2002/49/EC)” konusunda bir direktif yayınlanmıştır. Türkiye’de çevre hukuku ile ilgili ilk gelişmeler de 1982 Anayasası’nın 56.maddesinde 'Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşın görevidir.' ifadesiye belirtilmiştir ve Çevre Kanunu ilk olarak 9 Ağustos 1983 tarihinde 2872 sayı ile yayınlanmıştır (Keskin, 2014). İlgili kanun 2002/49/EC sayılı direktif ile uyumlu hale getirilerek “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” altında 1 Temmuz 2005 tarihinde yayımlanmıştır. Buna ek olarak Türkiye’de gürültü haritalama üzerine yapılan ilk çalışmalarda da Prof.Dr. Sevtap Yılmaz’ın “Kontrol Altına Alınması Amacıyla Yeşilköy Hava Alanı Çevresinde Yerleşme Sınırlarının Belirlenmesi” ön plana çıkmaktadır (Yılmaz, 1979).

Havayolu ulaşımının gelişmiş olmasının sebep olduğu gürültü problemlerinin önüne geçilebilmesi için kullanılan ilgili düzenlemeler 31.05.2017 yılında 30082 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmış “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” e göre gerçekleştirilmektedir. Ayrıca Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın 30.11.2022 tarihli 32029 sayılı Resmi Gazetede yayımladığı “Çevresel Gürültü Kontrol

Yönetmeliği” de çevre gürültüsünün ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin önüne geçilmesi, azaltılması için kontrol tedbirlerin uygulanması, gürültü için eylem planı ve gürültü haritalarının hazırlanması, çevresel gürültü yönetimi konusundaki çalışmalar hakkında kamuoyuna bilgi vermeyi amaçlamıştır (Gülenç, 2022).

Tezin çalışmasında, ilgili yönetmeliklere göre Dalaman Havalimanı’nın gürültü haritası oluşturularak gürültüden etkilenen mahalleler ve etki seviyeleri belirlenmiştir. Çevresel Gürültü Direktifi (END) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’nün belirlediği gürültü limitlerine göre değerlendirilerek potansiyel çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

1.1. Uçak Gürültüsü

Havaalanlarında meydana gelen hava trafiği ve şehirleşme ile beraber nüfus artışının bir sonucu olarak, havalimanlarına yakın yerleşim yerlerinde yaşayan insanlar gürültüye maruz kalmaktadır. Gürültünün, insanların günlük yaşamlarını olumsuz etkileyen bir sorun olduğu, sağlık uzmanlarının ve bilim insanlarının bu konuda gürültü seviyelerinin kabul edilemez olduğu belirtilmiştir (Nijland vd, 2005). İnsanlar hava trafiğinin kaçınılmaz bir sonucu olarak bu gürültüye maruz kalmaktadır, ancak gelişmiş yeni teknolojik prosedürler, yüksek verimlilikle birlikte, geleneksel motorların aksine insanların işitebileceği frekans seviyesinin üzerinde yüksek frekanslı sesler çıkaran dişli fan motorları (Flughafenverband, 2018), chevron nozul, arttırılmış bypass oranı, ve planlı şehirleşme gibi yeni yaklaşımlar uçak kaynağından gelen maruz kalınan gürültüyü azaltmaya yardımcı olabilir. Fakat unutulmamalıdır ki artan hava trafiği ve uçuş filolarının sayısı tüm bu önlemlere rağmen gürültünün artmasına sebep olmaktadır.

Günümüz uçaklarına bakıldığında otuz yıl öncesine kıyasla yaklaşık olarak %75 oranında daha sessiz bir durumdadır fakat yine de havalimanı ve yakınlarındaki gürültüye bağlı olarak meydana gelen şikayetlerde azalma olmadığı gözlemlenmiştir. Havalimanlarının gelişimi ve hava araçlarının sebep olduğu gürültünün sorun olduğu gözlemlenmekte ve önlem alınması zorunlu bir hale gelmektedir (Heyes vd., 2021).

Avrupa Havacılık Araştırmaları Danışma Konseyi (ACARE), yayınladığı “Flightpath 2050” strateji kılavuzunda, uçaklardan kaynaklanan gürültünün 2050 yılına kadar % 65 gibi bir oranında azaltmayı planladığını belirtmiştir ve günümüz modern uçaklarından yaklaşık olarak 15 dB(A) daha az bir orana denktir (Flughafenverband, 2018).

Uçak gürültüsünün azaltılmasına yönelik çalışmalarda motor gürültüsünün azaltılması başarılı sonuçlar vermesine rağmen, uçakta gürültünün tek kaynağı motor olarak düşünülmemelidir. Uçağın aerodinamik tasarımı ve uçuş prensibine bağlı olarak meydana gelen sürtünme kuvvetinden dolayı da gürültü seviyelerinde artış meydana gelmektedir.

Bir havalimanında oluşan gürültü seviyesi, kalkış ve iniş dağılımları, havalimanının konumu, yer işletme bakımı, bölgenin coğrafi yapısı, uçak filosu ve ilgili coğrafyanın atmosferik koşulları gibi birçok faktöre bağlıdır. Hava trafiği tarafından üretilen gürültüler, tek bir kalkış veya iniş değerlendiren veya tüm operasyonları hesaplayan birden fazla yöntem kullanılarak da tahmin edilebilir (Netjasov, 2008). Elde edilen gürültü ölçümleri ile uçak gürültüsü yönetimi, bölgenin gürültüye maruz kalma simülasyonu, çevrenin ve arazinin doğru kullanımı planlanabilir.

1.1.1. Uçak gürültüsünün kaynakları

Uçak gürültüsü sadece tek bir kaynaktan gelen ses değildir. Bir uçaktan kaynaklanan gürültünün kaynağının karmaşık olduğu söylenebilir. Uçak gürültüsünün ana nedenleri uçuş sırasında tasarım kaynaklı aerodinamik kuvvetler, güç kaynakları ve yerdeki bakım işlemleridir. Bir hava taşıtında, kompresördeki sıkıştırılmış ve basınçlandırılmış havanın yanma sürecine karışması ve egzozdan yüksek hızda çıkışı ile sabit havaya karışması sonucu oluşan türbülansla yüksek seviyelerde gürültü meydana gelir. Ayrıca aerodinamik tasarım yaklaşımları nedeniyle uçağın hareketli parçaları hava ile etkileşimlerinde akış değişikliğine neden olarak gürültü oluştururlar. Helikopterler tarafından üretilenler gibi hareketli kanat gürültüsünün arkasındaki kaynak mekanizmaları jet motorları tarafından üretilenlerden farklıdır. Gürültünün ana kaynaklarından biri, bir helikopter kanadının kendisinden önceki kanat tarafından yaratılan girdapla etkileşime girmesiyle ortaya çıkan "blade slap"dır (Murphy ve King, 2014). Tablo 1.2'de motor tiplerine, gövde yapılarına ve hava aracı tiplerine göre değişebilen ana gürültü kaynakları sunulmaktadır (Zaporozhets vd., 2011).

Tablo 1.2. Uçakta ana gürültü kaynakları

Uçak Sınıfı	Motor	Ana Gürültü Kaynakları	
		Güç Üniteleri	Gövde Yapısı
Normal kalkış iniş	Turbojet	Jet, Fan, Motor İç Gürültüsü	Flap, Slat, İniş Takımları, Kanat Türbülans Sınır Katmanları
	Turboprop	Pervane, Pervane Fanı, Motor Egzozu	
Kısa kalkış iniş	Turbojet	Fan, Motor Egzozu	Flap ve Jet Etkileşimi
	Turboprop	Pervane	
Süpersonik	Turbojet	Jet	Gövde-Hava Akışı Etkileşimi
Helikopterler	Turboşaft	Ana Rotor Kanatları, Motor Egzozu	Önemsiz Etki
Genel havacılık uçakları	Turbojet	Jet, Fan	Önemsiz Etki
	Turboprop	Pervane, Motor Egzozu	

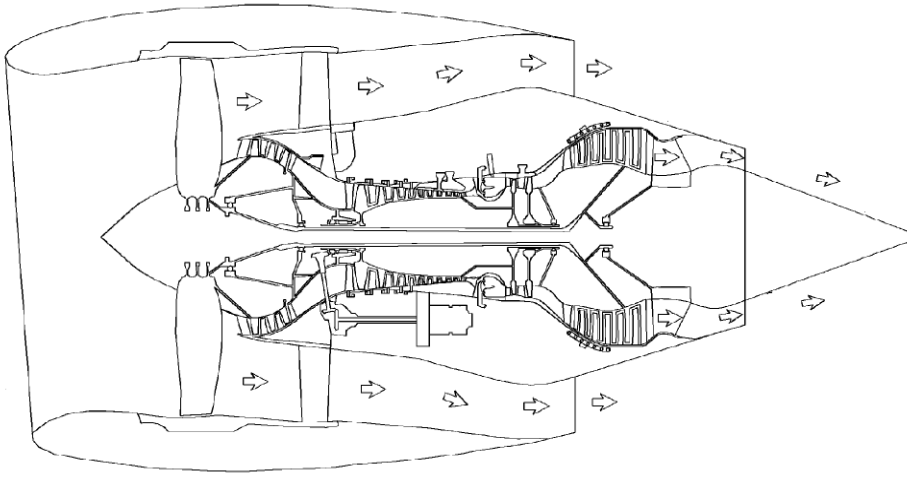
1.1.1.1. Uçak motorları

Hava araçlarında kullanılan motorlara bakıldığında:

- Piston Motorlar
- Turboprop Motorlar
- Turbojet Motorlar
- Turboşaft Motorlar
- Turbofan Motorlar

Çeşitler karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde ulaşım ve kargo gibi ticari amaç için kullanılan hava araçlarında en fazla kullanılan motor tipi turbofan motorlardır.

Turbofan motorları, brayton çevrimine göre çalışan ve genel olarak fan, kompresör, yanma odası, türbin ve egzoz kısımlarından meydana gelen, soğuk ve sıcak hava akışları ile itkinin sağlandığı en önemli uçak bölümünden biridir(Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Turbofan motoru ve hava akışı (AMM)

Hava alığına gelen hava, fanlar ile içeriye çekilerek kompresör kademesine gönderilmektedir. Kompresöre gönderilen hava burada sıkıştırılarak hızları yavaşlatılır ve basınçlandırılır. Basınçlandırılmış olan hava yanma odasında yakıt ile belirli bir oranda karıştırılarak yanma işlemi gerçekleştirilir. Yanma işleminden dolayı yüksek sıcaklığa ulaşmış olan gazlar türbin kademesine gönderilir. Türbin kademesinden yüksek hızla geçen gazlar N_1 şaftı aracılığı ile fana hareket vererek iş yapılmasını sağlar. Bu iş yapma sürecinde özellikle egzozdan çıkan yüksek sıcaklıklı gazlar dışarıya atıldığı anda türbülanslı bir akış oluşturarak girdaplar yaratmakta ve farklı frekanslarda gürültüye sebep olmaktadır. Fakat by-pass oranının artırılması ile birlikte sıcak hava akışından kaynaklanan gürültülerde, kaynağında azaltım sağlanmıştır.

1.1.1.2. Uçağın gövde yapıları

Uçuş eyleminin gerçekleşebilmesi için motorlardan alınan itki gücünün haricinde havada asılı kalabilmesi ve sorunsuz bir iniş ve kalkış gerçekleştirilebilmesi için gereken aerodinamik yapılar bulunmaktadır. Bu yapıların da havayla teması sonucu meydana gelen sürtünme kuvvetleri de gürültüye sebep olmaktadır.

Uçuş sürecinde kalkışta ve inişte açılarak kanat yüzeyini arttırıp taşımanın artmasını sağlayan flaplar ve slatlar gürültüye sebep olan uçuş kumanda yüzeylerindendir. Ayrıca kanat üzerinde bulunan ve uçuşta ve yerde açılabilen ve uçuşta farklı görevleri bulunan spoilerlar da uçakta sürtünmeyi arttırarak gürültüye sebep olan kumanda yüzeylerindendir. Buna ek olarak inişte ters itki sağlanarak frenlemeye

yardımcı olan, motor kaportasında bulunan thrust reverser mekanizması da yerde gürültüye sebep olan gürültü kaynaklarından biridir.

Diğer gürültü kaynaklarından biri de uçağın kalkışı ve inişinin pist üzerinde sorunsuz şekilde gerçekleşmesini sağlayan iniş takımlarıdır. Genel olarak tekerlek yuvaları, dikmeleri, tekerlekleri ve hidrolik boru hatları iniş takımının parçalarıdır ve inişte ve kalkışta sürtünmelere sebep olduğu için gürültüye sebep olmaktadır ve istatistiksel olarak iniş takımı sisteminin gürültüye sebep olma yüzdesi yaklaşık olarak %30 olarak belirtilmiştir (Zhao vd., 2020).

1.2. Gürültü Sertifikası

ICAO, Eylül 2001'de dört unsuru (kaynakta gürültünün azaltılması, arazi kullanım planlaması ve yönetimi, gürültünün azaltılması için prosedürler ve kısıtlamalar ve uçak işletim kısıtlamaları) içeren havalimanları için gürültü yönetimine ilişkin 'Dengeli Yaklaşım' adıyla A33-7 (Çevre koruma ile ilgili devam eden ICAO politikaları ve uygulamalarının konsolide beyanı) kararını sunmuştur. Avrupa'da uygulanmaya başlanan bu kararların hayata geçirilmesi için 2002/30/EC sayılı AB direktifi ile Asamble Kararı (Zaporozhets vd., 2011; ICAO, 2011) sunulmuş ve uçak gürültüsü için bir takım sınırlar belirleyerek çevredeki aşırı gürültü kirliliğini kontrol altına almayı amaçlayan bir dengeli yaklaşım rehberi yayınlanmıştır (Netjasov, 2012). Bu rehber kapsamında uçaklar belirli kategorilere ayrılmış ve belirlenen yıllara göre gürültü tip sertifikası başvurularında standart gürültü limit değerleri belirtilerek "Cilt 16: Çevre Koruma" bölümünde yayınlanmıştır.

Uçakların gürültü sertifikasyon işlemi, hem hava aracı açısından, hem de uçak üreticilerinin içinde bulundukları tüm olumsuz gürültü şartlarını kapsayacak biçimde özel işletme şartlarını tanımlamaktadır (ÇŞB, 2008). Jet uçakları ile ilgili gürültü emisyonlarının çeşitli ölçüm işlemleri mevcuttur.

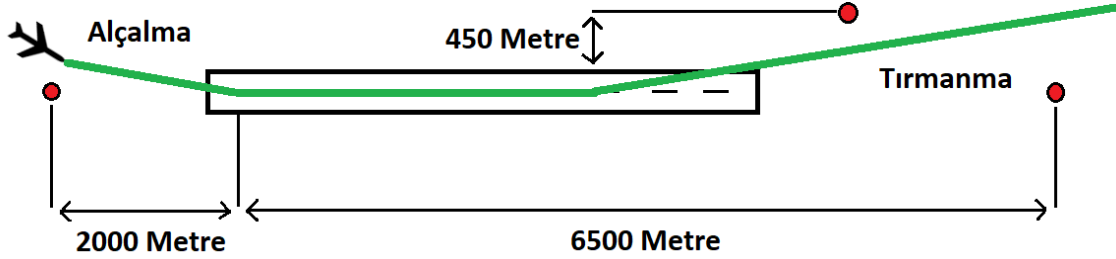
Hava araçlarına göre gürültü sertifikasyonu ile ilgili önemli bölümler ICAO'nun 16. Ek'inde Tablo 1.3'teki gibi yer almaktadır.

Tablo 1.3. ICAO Ek 16 Gürültü Sertifikasyonu uçak sınıfları (ICAO, 2005)

Hava Aracı Tipi	Örnek Sertifika Uygulaması
Sessiz Jet Uçakları	1977 yılına kadar
8618 kg veya 5700 kg 'den daha ağır, sessiz jet uçakları ve pervaneli uçaklar	1977 yılından 2005 yılına kadar
8618 kg veya 5700 kg 'den daha ağır, sessiz jet uçakları ve pervaneli uçaklar	2006 yılından itibaren
8618 kg veya 5700 kg 'den daha ağır pervaneli uçaklar	1975 yılından 1985 yılına kadar
8618 kg'den daha ağır pervaneli uçaklar	1975 yılından 1988 yılına kadar
STOL uçaklar	
Helikopterler	1985 yılından itibaren
8618 kg'dan daha hafif pervaneli uçaklar	1988 yılından itibaren
3175 kg'den hafif helikopterler	1993 yılından itibaren
Ses üstü uçaklar	
Tilt rotor uçak	

Gürültü sertifikasyon testleri ICAO tarafından oluşturulmuştur (Netjasov, 2008) ve tek olaylı gürültü seviyeleri Şekil 1.7' de görüldüğü gibi üç referans noktasında belirlenmektedir (ECAC, 2016):

- Yerde, pist eşiğinden 2000 metre önce ve alçalma yolunun altında,
- Kalkış aşamasındaki ilk tırmanışın 450 metre yanında ve gürültünün en yüksek olduğu noktada bir hat üzerinde,
- Alçalma safhasında frenlerin bırakıldığı pist üzerindeki noktanın 6500 metre ilerisinde ve tırmanma yolunun altında



Şekil 1.7. Sertifikasyon Referans Noktaları

Ayrıca Federal Havacılık İdaresi Yönetmelikleri (FAR), Bölüm 150, “Havaalanı Gürültü Uyum Planlaması” ve Bölüm 161, “Havaalanı Gürültü ve Erişim Kısıtlamalarının Bildirimi ve Onayı” da gürültü kontrolüne yönelik düzenlemeler içermektedir (FAA(a), 2022; FAA(b), 2022).

1.3. Gürültü Direktifi

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi’nin 25 Haziran 2002 tarihli, 2002 /49/EC sayılı çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimine ilişkin direktifi özellikle

karayolu ve demiryolu araçları ve altyapısı, hava taşıtları, dış ortam ve endüstriyel ekipmanlar ve mobil makineler gibi başlıca kaynaklardan yayılan gürültüye ilişkin mevcut topluluk tedbirlerinin geliştirilmesi, tamamlanması ve kısa, orta ve uzun vadede ilave tedbirlerin geliştirilmesi için bir temel oluşturmasını amaçlamıştır. Fakat ulaşım araçlarının içindeki ve ev ortamının içindeki faaliyetlerden meydana gelen gürültülerin kategorilerinin bu direktife uygun olmadığı belirtilmiştir.

Gürültü seviyelerinin belirlenmesi için uyumlaştırılmış göstergeler açısından, 'çevresel gürültü' için ortak değerlendirme yöntemleri ve 'sınır değerler' için bir tanım oluşturmanın gerekliliği belirtilmiştir. Seçilen ortak gürültü göstergeleri, meydana gelen rahatsızlığı değerlendirmek için L_{gag} , ve gürültüden meydana gelen uyku bozukluğunu değerlendirmek için L_{gece} 'dir. Fakat özel olarak gürültü durumlarını izlemek veya kontrol etmek için üye devletlerin $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ gibi ayrıca ek göstergeler kullanmasına izin vermenin de yararlı olacağı belirtilmiştir.

İlgili direktife uygun olarak amaçlanan eylem planları şu şekildedir:

- Üye devletler için ortak değerlendirme yöntemi kullanılarak gürültü haritasının oluşturularak çevresel gürültüye maruz kalmanın belirlenmesi
- Meydana gelen çevresel gürültülerin ve sonuçlarının kamuoyu ile paylaşılarak bilgilendirmesi
- Gerekli olan yerlerde ve özellikle gürültüye maruz kalınan seviyelerin sağlık üzerinde olumsuz sonuçlar yaratabileceği durumlarda, gürültünün önlenmesi-azaltılması ve gürültü değerlerinin iyi olduğu yerlerde bu kalitenin korunması amaçlanarak, gürültü haritası sonuçlarına göre üye devletler tarafından oluşturulan eylem planlarının kabul edilmesi.

Direktife uygun şekilde gerçekleştirilecek olan gürültü haritalama çalışmalarında kullanılabilen göstergelerin türleri aşağıdaki gibidir:

- Gündüz - Akşam - Gece Seviyesi (L_{gag}): $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece} göstergelerinin bir arada aşağıda gösterilen formülle ifade edilmesi olarak belirtilmektedir.

$$L_{gag} = 10 \log \frac{1}{24} x \left[12x \left(10^{\frac{L_{gündüz}}{10}} \right) + 4x \left(10^{\frac{L_{akşam}+5}{10}} \right) + \left(8x 10^{\frac{L_{gece}+10}{10}} \right) \right] \quad (1.1)$$

- Gündüz Seviyesi ($L_{gündüz}$): ISO 1996-2: 1987' de tanımlandığı üzere, bir yılın tüm gün periyotları üzerinden belirlenen A ağırlıklı uzun vadeli ortalama ses seviyesini tanımlamaktadır.
- Akşam Seviyesi ($L_{akşam}$): ISO 1996-2: 1987' de tanımlandığı üzere, bir yılın tüm akşam dönemlerinde belirlenen A ağırlıklı uzun vadeli ortalama ses seviyesini tanımlamaktadır.
- Gece Seviyesi (L_{gece}): ISO 1996-2: 1987' de tanımlandığı üzere, bir yılın tüm gece dönemleri boyunca belirlenen A ağırlıklı uzun vadeli ortalama ses seviyesini tanımlamaktadır.

Göstergelerde varsayılan saat değerleri:

- $L_{gündüz}$ zaman aralığı saat 07:00 ile 19:00
- $L_{akşam}$ zaman aralığı saat 19:00 ile 23:00
- L_{gece} zaman aralığı saat 23:00 ile 07:00

olarak gündüz 12 saat, akşam 4 saat ve gece 8 saat belirtilmiştir. Komisyona, belirtilen varsayılan seçeneklerden herhangi bir sistematik farklılık hakkında bilgi verilmesi şartıyla, akşam dönemini bir veya iki saat kısaltılabileceği ve gündüz ve/veya gece dönemini de buna göre uzatılabileceği belirtilmiştir.

Direktifte gürültü haritalamada, gelen ses dikkate alınır. Yani gürültüye maruz kalan ilgili bir yapının cephesinden yansıyan ses dikkate alınmaz. (genel bir kural olarak, bu ölçümün dikkate alınması durumunda 3 dB'lik bir düzeltme anlamına gelir.)

L_{gag} göstergesi için değerlendirme noktasının yüksekliğinin uygulamaya bağlı olduğu belirtilmiştir:

- Binaların içinde, yakınında gürültüye maruz kalma ile ilgili olarak stratejik gürültü haritalama amacıyla hesaplama yapılması durumunda, değerlendirme noktaları yerden 3,8- 4,2 metre aralığında bir yükseklikte ve en açıkta kalan cephede olmalıdır.
- Binaların içinde ve yakınında gürültüye maruz kalma ile ilgili olarak stratejik gürültü haritalaması amacıyla ölçüm yapılması durumunda, başka yükseklikler seçilebileceği; ama asla yerden 1,5 metreden az olmaması ve sonuçların 4 metrelik eşdeğer bir yüksekliğe göre düzeltilmesi gerektiği belirtilmiştir.

- Akustik planlama ve gürültü bölgeleme gibi farklı amaçlar için ise farklı yüksekliklerin seçilebileceği, ama asla yerden 1,5 metreden az olmaması gerektiği belirtilmiştir.

Dikkat edilmesi gereken bir husus, gürültü haritalama eyleminde verilerin komisyona gönderilmesi sürecinde raporlanması gereken bir takım kriterlerin belirlenmiş olmasıdır.

Yerleşim alanları için:

- Yer, boyut ve yaşayan insanların sayısı
- Yetkili otorite
- Geçmişte uygulanmış olan gürültü önleme yönetimleri ve alınmış olan uygun gürültü önlemleri
- Gürültü haritalamasında kullanılmış olan hesaplama ve ölçüm yöntemleri
- Karayolu, demiryolu, havayolu ve endüstriyel tesisler vb gibi gürültü kaynaklarının bulunduğu yerlerde, belirtilen kaynakların her birinden yayılan gürültü seviyesinin zeminden 4 metre yüksekliğe ölçülmüş olması ve L_{gag} göstergesinde 55-59, 60-64, 65-69, 70-74 ve >75 değer aralıklarında maruz kalan her bir insan sayısının en yakın 100 ve katı sayısına yuvarlanması zorunlu kılınmıştır (Örneğin $1249 = 1200$ kişi, $1251 = 1300$ kişi, $49 = 0$ kişi vb.).

İlgili direktifte ayrıca her bir gürültü kaynak türü için alanlar belirli sınıflara ayrılarak sınır gürültü değer aralıkları belirtilmiştir. Havalimanlarından dolayı kaynaklanan gürültünün sınır değerleri için belirtilen alan sınıflandırması ve bu alanlara göre gürültü sınır değerleri Tablo 1.4' de belirtilmiştir:

Tablo 1.4. Havalimanları için gürültü sınır değerleri (Hüsmen, 2015)

Alanlar	Küçük Havalimanları(Yılda iniş ve kalkış sayısı < 50000)			Büyük Havalimanları (Yılda iniş ve kalkış sayısı > 50000)		
	L _{gündüz}	L _{ağşam}	L _{gece}	L _{gündüz}	L _{ağşam}	L _{gece}
Gürültüye hassas olan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık, kamp alanlarının yoğunlukta olduğu alanlar	63	58	53	65	60	55
Gürültüye hassas yapılar ve ticari yapıların bulunduğu alanda konutların ağırlıklı olduğu alanlar	65	60	55	68	63	58
Gürültüye hassas yapılar ile ticari yapıların bulunduğu alanda iş yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	67	62	57	72	67	62
Endüstriyel alanlar	70	65	60	75	70	65

2002 /49/EC sayılı “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi” direktifi, Avrupa Birliği uyum sürecinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın sorumluluğunda 1986 yılında “Gürültü Kontrol Yönetmeliği” revize edilerek “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” hazırlanarak 1 Temmuz 2005 yılında Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (http-1).

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın yayınladığı yönetmelikte havalimanlarının sebep olduğu gürültü düzeyinin belirlenmesi için değerlendirilme yöntemleri olarak CNOSSOS- EU (2015 ya da 2021) ya da ECAC Doc 29’un kullanılması gerektiği belirtilmiştir.(ÇSB, 2022).

2. UÇAK GÜRÜLTÜSÜ MODELLEMESİ

Havaalanlarında uçak gürültüsünün hesaplanmasının nedeni, geniş bir alanı etkileyen genel gürültü emisyon seviyesini kontrol etmektir. Havaalanı içinde ve çevresinde ve gürültü izleme noktalarında gürültü seviyelerinin sürekli olarak ölçülmesi, havaalanlarına yakın bireylerin maruz kaldığı gürültünün değerlendirilmesine ve kontrol edilmesine yardımcı olur (Netjasov, 2008). Bunu başarmak için, Belge ICAO 9911'de (ICAO, 2018) tanımlanan uçak gürültüsünün hesaplanmasına yönelik tavsiyeleri takip ederek belirli standartlara göre ölçümler ve/veya yöntemler kullanılır. Belirtilen ölçüm metodolojisi sadece bir uçuştaki gürültüyü ölçmek için sonuç elde etmede güvenilir olmakla kalmaz, aynı zamanda uzun vadeli ortalama gürültü ölçümleri için de geçerlidir (Zaporozhets ve Levchenko, 2021). Uçak gürültüsü hesaplamalarındaki tüm tahmin yöntemleri, frekans, süre veya seviyeye göre olabilen ölçülebilir gürültü seviyelerinin ağırlıklandırılması ile karakterize edilir (Netjasov, 2008).

2.1. Uçak Gürültüsü Modellemesinin Veri Tabanı

Diğer ölçüm modelleriyle karşılaştırıldığında, uçak gürültüsü için yaklaşım daha ayrıntılıdır. Örneğin, trafikteki otomobiller çoğunlukla eşit gürültü seviyelerine sahip ortak bir motor tipine sahipken, uçuş için emisyon seviyeleri uçağa ve kullanılan motor tipine bağlı olarak farklılık gösterir. Genel olarak, uçak gürültüsü seviyeleri uçuş sayısına, zamanlamasına, uçak tipine, uçuş rotasına ve diğer faktörlere bağlı olarak değişmekte (Bentes vd., 2013) ve gürültü hesaplamalarını zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, önceki araştırmaların bir sonucu olarak, uçak gürültüsü okumalarının değerlendirme ve hesaplama teknikleri deneyimle geliştirilmiş ve Uçak Gürültüsü ve Performansı (ANP) veritabanı oluşturulmuş ve küresel olarak belirlenmiştir. (ECAC, 2016b). ANP veri tabanı, Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC) üyesi ülkelerdeki havalimanlarından kalkan sivil uçakların büyük bir kısmına ait verileri içermektedir ve havalimanı gürültü ölçüm çalışmaları için yaygın olarak kullanılan aşağıdaki standart referans koşulları kullanılarak normalleştirilmiştir (ECAC, 2016b):

- Atmosferik Basınç: 1013,25 hPa (101,325 kPa)
- Atmosferik Emilim: Zayıflama oranları ECAC Doc 29/4 Cilt 2 Ek D'deki Tablo D-1'de listelenmiştir.
- Yağış: Yok

- Rüzgar hızı: 8 m/s'den az (15 knot)
- Yer hızı: 160 knot
- Yerel Arazi: Uçuş rotasının birkaç kilometre yakınında, büyük binalardan ve diğer yansıtıcı öğelerden arındırılmış düz, yumuşak zemin.

Trafik, uçak veri tabanına kaydedilmesi gereken farklı gürültü ve performans özelliklerine sahip uçak türlerine veya kategorilerine ayrılır. Son derece benzer gürültü ve performans özelliklerine sahip münferit uçak tipleri, hesaplama tasarruf etmek için temsili gruplar halinde gruplandırılabilir. Mevcut modeller 10 ila 200 kategori arasında değişmektedir. (ECAC, 2016a). Bunun bir sonucu olarak, hesaplama daha basit olacak ve hesaplama için daha az zaman gerekecektir.

Veritabanı, Otomotiv Mühendisleri Derneği (SAE) şartnamelerine göre oluşturulmuş ve ECAC tarafından onaylanmıştır (SAE AIR, 1986) ve içine girilen tüm yeni veriler uçak üreticileri tarafından onaylı bir şekilde sağlanmaktadır. Bu veri tabanı ile Amerika Birleşik Devletleri'ne ait Entegre Gürültü Modeli (INM) veri tabanında da listelenen uçakların verileri aynıdır (Gulding vd., 1999). Uçak üreticileri ve veri tabanı yöneticileri, elde edilen verilerin standart spesifikasyonlara göre üretilmesini sağlamak için çaba göstermektedir, ancak ANP verilerinin doğrulanması kullanıcının yetkisi dahilindedir ve veri girişlerinin doğruluğunu sistematik veya bağımsız olarak kontrol etmenin pratik bir yolu yoktur. ANP veri tabanında bulunan bulguların, model tahminlerini ölçülen verilerle karşılaştıran kullanıcılar tarafından keşfedildiği düşünülmektedir (ECAC, 2016a).

2.2. Uçak Gürültüsü Hesaplama Yaklaşımı

Havaalanlarında uçak gürültüsünün gözlemlenmesi ve modellenmesi, uçak operasyonlarının çevre üzerindeki etkilerini değerlendirmek için en iyi araçlardır, ancak güvenilir, onaylanmış ve güncel bir gürültü modelinin kullanılması, çevresel gürültü analizi için doğru gürültü konturlarının elde edilmesinde önemli bir adımdır.

2.2.1. Tek bir olay için gürültü hesaplaması

Uçak gürültüsü tespitinin özü, tek bir uçak hareketinden (kalkış veya iniş) kaynaklanan gürültü emisyon değerinin ölçülmesine dayanmaktadır. Maksimum A Ağırlıklı Ses Seviyesi (LA_{max}), Sese Maruz Kalma Seviyesi (SEL, L_{AE}) ve Etkin Algılanan Gürültü Seviyesi (EPNL) özellikle önemli olan üç adet tek olay ölçütleridir.

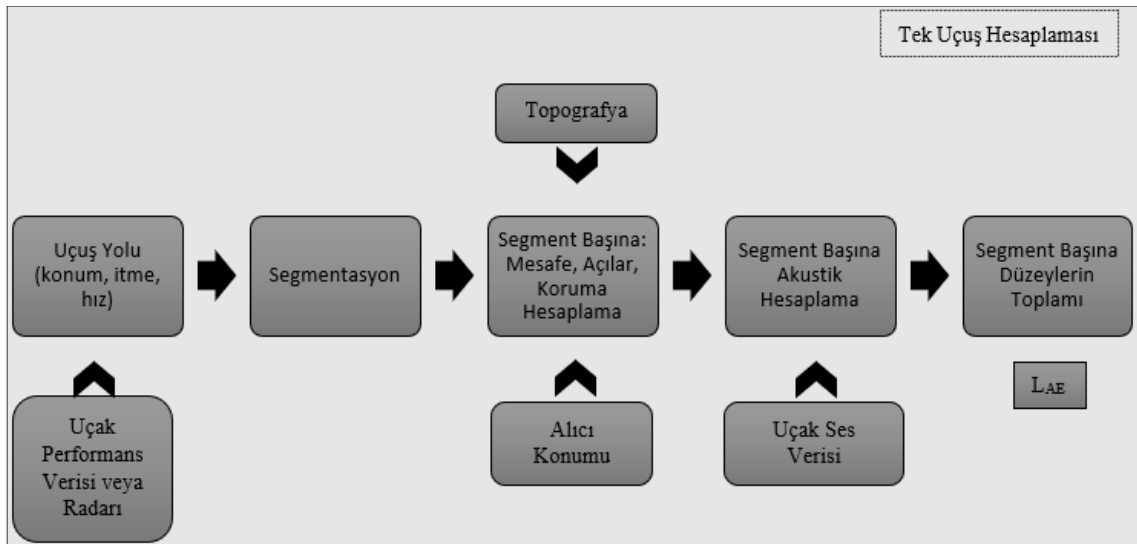
Prensip olarak, L_{AE} tercih edilir, çünkü olayın süresini ve yoğunluğunu dikkate alır ve Leq için temel oluşturur (ECAC, 2016a). Belirli bir olay için gürültüye maruz kalma seviyesi tam olarak şu şekilde ifade edilir:

$$L_E = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right) \quad (2.1)$$

Burada, t_0 bir referans zamanı ifade etmektedir, t_1 ve t_2 tek bir olaydaki neredeyse tüm önemli sesleri kapsayacak şekilde seçilmiştir. Bu denklemin uçak gürültüsü çevre modeli için ana uygulaması Ses Maruziyet Seviyesidir (SEL) (ECAC, 2016a):

$$L_{AE} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right), t_0 = 1 \text{ saniye} \quad (2.2)$$

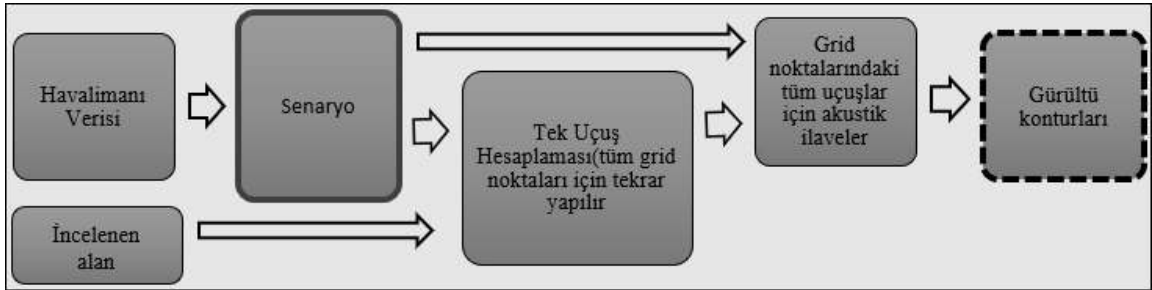
Yukarıda belirtilen maruziyet seviyesi denklemleri, $L_{(t)}$ 'nin tüm zaman geçmişi bilindiği sürece olay seviyelerini belirlemek için kullanılabilir (ECAC, 2016a). Bir uçağın gürültüsünün hesaplanması, akustik hesaplardan daha karmaşıktır, ayrıntılar kullanılan akustik modele bağlı olarak değişebilir de, uçak gürültüsü hesaplamaları her zaman geometrik ön işleme gerektirir. Uçuş yolunu tanımlayan koordinatların tahmini, uçuş yolunun segmentasyonu, akustik için parametrelerin oluşturulması ve her segment için hesaplama gibi işlemler gerçekleştirilir. Tek bir olay uçuşu için gürültü hesaplaması Şekil 2.1'de gösterilen hesaplama yöntemi bileşenlerine sahiptir (Licitra, 2012).



Şekil 2.1. Tek uçuş olayı hesaplaması

2.2.2. Gürültü konturlarının hesaplanması

Tüm havalimanı ve çevresi için gürültü emisyonlarının tahmin edilmesi, tek bir uçak için yapılan hesaplamaadan daha karmaşık bir prosedürdür. Uçak gürültü konturlarını oluşturmak için tek bir doğru yöntem yoktur. Başta Avrupa'da olmak üzere birçok yerde farklı modelleme sistemleri kurulmuştur ve tüm sistemler aynı girdi ve çıktı bileşenlerine ve süreçlerine sahiptir (ECAC, 2016b). Başlangıç olarak, gerçek bir havalimanının faaliyetleri senaryo adı verilen tek bir uçuş durumuna indirgenir. Senaryodaki durum, uçak tipini ve belirtilen dönemlerde (örn. gündüz, akşam, gece vb.) uçuşların nerede ve ne sıklıkta olduğunu belirtir. Daha sonra tek bir uçuş için uygun olan uçağın ses kaynağı verileri mevcut veri tabanından çıkarılır ve incelenen tüm alan için grid noktalarındaki L_{AE} değerleri üretilir. Bu çıktılar ayak izi olarak adlandırılır. Ayak izinin hesaplanması çok uzun bir süreç olduğu için daha sonra kullanılmak üzere saklanır. Burada, toplam gürültü emisyonlarını elde etmek için ayak izlerinin 24 saat içinde çeşitli dönemlerdeki (gündüz, akşam ve gece) operasyonlara göre eklenmesi gerekir. Gürültü konturları daha sonra tüm bu grid noktalarının emisyon değerlerinden hesaplanır. Şekil 2.2'de gürültü konturlarının hesaplanma süreci gösterilmektedir (Licitra, 2012):



Şekil 2.2. Bir havalimanı çevresindeki gürültü kontur hesaplama süreci

Gürültü hesaplama sürecinde yapılan tek olay hesaplaması ve gürültü kontur hesaplama sürecinde uygulanan işlemler özetlenirse, ilk adım olarak havalimanını ve operasyonel detayları tanımlayan veriler derlenir. Bu, uçak gürültü modeli için bir girdi görevi görür. Bir sonraki adımda, her bir uçuşun hareketi uçuş yolu açısından tanımlanır. Gürültü seviyesi daha sonra yerdeki bir alıcı için tek bir olay için hesaplanır. Bu işlem, her farklı uçak kategorisi için tüm farklı uçuş yolları ve tüm farklı ses alıcıları için tekrarlanır. Son olarak, grid noktaları arasında var olan sayısal değerler kullanılarak boş noktalardaki değerler tahmin edilerek gürültü kontur işlemi gerçekleştirilir.

2.3. Gürültü Modelleme Yaklaşımları

Gürültü modelleme algoritmaları üç farklı türe ayrılır:

- En Yakın Yaklaşım Noktası (CPA)
- Segmentasyon
- Simülasyon

CPA modelleri, $L_{\max}$ tabanlı tanımlayıcıları hesaplamak için zamana entegre gürültü ölçümlerinin benimsenmesinden önce geliştirilmiştir ve en basit ve en hızlı algoritmalar. Segmentasyon algoritmaları, gürültü açısından önemli tüm uçuş yolu segmentlerinden L_E ’ ye ayrı katkıları belirleyen CPA algoritmaları üzerinde yapılan iyileştirmelerdir. Simülasyon, uçağın gerçek uçuş yolunu, birbirini takip eden küçük zaman aralıklarında ve uzay boyutlarında kat edilen bir dizi ayrık nokta olarak tanımlayan uçak gürültüsünü hesaplamanın mantıklı ve basit bir yoludur. Bu yaklaşımın iki dezavantajı vardır: ilki gürültü kaynağının üç boyutlu yönsel özellikleri ve ikincisi ayrıntılı akustik girdi verileri hakkında bilgi gerekliliği nedeniyle hesaplama gücü ve çalışma süresi üzerinde ağır bir talep oluşturmaktadır (ECAC, 2016b).

Uçak gürültüsünün hesaplanması için farklı model kılavuzları yayınlanmıştır. ECAC Doc. 29, ECAC tarafından 2005 yılında başlatılan AIRMOD görev grubu tarafından geliştirilmiştir. ANP, Doc. 29’ daki veri tabanını oluşturmuştur ve sadece sivil havaalanlarını içermesine rağmen geçmiş senaryoları ayrıntılı olarak modelleme fırsatı sunmaktadır (Isermann ve Vogelsang, 2010). Askeri, pervaneli hafif uçaklar ve helikopterler gibi diğer uçak tipleri için gürültü ölçümü mevcut değildir. ANP ayrıca havaalanı içindeki uçak taksi gürültüsünü ve "yer gürültüsü" olarak tanımlanan yerde meydana gelen tüm uçak ve uçak dışı kaynaklardan gelen gürültüyü hariç tutmaktadır (ECAC, 2016b).

2008 yılında Almanya’da Uçuş Operasyonlarında Veri Toplama (AzD) ve Gürültüden Korunan Alanların Hesaplanmasını (AzB) içeren Uçak Gürültüsünden Korunma Yönetmeliği’nde talimatlar yayınlanmıştır (Isermann, 2010). Burada AzB, gürültü konturlarının nasıl hesaplanması gerektiğini ve hangi verilerin kullanılması gerektiğini belirtir. AzB, tarifeli veya paket uçak seferlerinin yapıldığı ticari havaalanları, trafik hacmi yılda 25000’den fazla olan havaalanları, jet motorlu uçakların işletildiği askeri havaalanları (eğitim amaçlı kullanılan hafif uçaklar hariç), maksimum kalkış kütlesi 20 tondan fazla olan ve trafik hacmi yılda 25.000’den fazla olan uçakların

işletilmesi için tasarlanmış askeri havaalanları (eğitim amaçlı kullanılan hafif uçaklar hariç) için kullanılabilir (AzB, 2007).

8 ve 9 Eylül 2009 tarihlerinde ortak şekilde Avrupa gürültü değerlendirme yöntemlerinin seçimine ilişkin çalıştaylar, 19 ve 20 Ocak 2010 tarihlerinde de uçak gürültüsü tahminine ilişkin çalıştaylar düzenlenmiştir. İkinci çalıştay, Alman (AzB) yönteminin bazı özelliklerini ECAC Doc. 29'a (3. Baskı) uyarlayarak geliştirmeyi amaçlamıştır. Tartışmalarda, uçak gürültüsünün diğer endüstriyel, tren ve yol gürültülerinden daha spesifik olduğu kabul edilmiştir (Licitra, 2012).

Kasım 2010'da CNOSSOS-EU (Yaygın Gürültü Değerlendirme Yöntemleri) Teknik Komitesinin resmi olarak oluşturulmasının ardından, Şubat 2011 ve Mayıs 2011'de teknik komitenin önerilen metodoloji ve ardından CNOSSOS-EU hakkındaki tavsiyelerini özetleyen iki toplantı düzenlenmiştir. ECAC Doc. 29 (3. Baskı) ve AzB 2008 revize edilmiştir. ICAO ANP (International Civil Aviation Organization Aircraft Noise and Performance) gibi ulusal veri tabanları ECAC Doc. 29'un gerekliliklerini yerine getirmek ve AzB 2008'e eşlik etmek için geliştirilmiştir. Burada, metodolojinin önemli gerekliliklerinden biri 2002/30/EC sayılı Direktif kapsamında kullanılabilmesidir. Diğerleri ise EASA (Avrupa Birliği Havacılık Güvenliği Ajansı) Avrupa'da düzenleyici etki değerlendirmesi için CNOSSOS-EU metodolojisini kullanacağından, CNOSSOS-EU yönteminin ICAO yöntemleriyle de uyumlu hale getirilmesi gerektirir (Licitra, 2012).

2.3.1. ECAC Doc 29

Uçak gürültüsü kontur modellemesine ilişkin kılavuz Cilt 1 ilk olarak 1986 yılında yayınlanmıştır (ECAC, 2016a).

1997 yılında 2. Baskı gözden geçirilmiş ve temelleri değiştirilmeden bir dizi yeni ek özellik getirilerek yayınlanmıştır. Otomotiv Mühendisleri Derneği(SAE) ve ICAO tarafından yayınlanan kılavuzda bulunan temel metodolojinin çoğu hala ulusal ve uluslararası gürültü modelinde yer bulmaktadır. Fakat 2. Baskının önemli iki tane sınırlaması mevcuttur. Birincisi temel olarak fiziksel bilgisayar modellerine programlanması gereken algoritmalara odaklanmıştır ve pratik uygulama hakkında verdiği tavsiye azdır. Diğerleri de modelleme sisteminin temel bir bileşeni olan verileri sağlayamamıştır. Sonucunda da pratik değeri zamanla azalmış ve gürültü modelleme uzmanları için modası geçmiş olmuştur (ECAC, 2016a).

2007 yılında yayınlanan 3. Baskı iki cilde bölünerek yukarıda belirtilen sınırların üstesinden gelmeye çalışmıştır. 1. Cilt özellikle gürültü modeli kullanıcıları içindir. Amaçları, mümkün olduğunca teknik olmayan şekilde birincisi uçak gürültüsü kontur modellemesinin ilkelerini, uygulamalarını ve sınırlamalarını; ikincisi modelleme seçeneklerini ve geçerli sonuçların güvenilir ve maliyeti uygun bir şekilde üretilmesini sağlamak için gerekli önlemleri açıklamaktır (ECAC, 2016a).

Cilt 2, esas olarak hava taşıtı gürültü kontur modellerini oluşturanlar ve bakımını gerçekleştirenler için tasarlanmıştır, ECAC Doc 29 2. Baskının yerini almıştır. Modern hava taşıtı gürültü modellerinde uygulandığı şekliyle uluslararası kabul görmüş mevcut en iyi uygulamayı temsil etmektedir. Bir bilgisayar kodu listelenmesi de bir kodu oluşturmak için programlanabilecek algoritmaları en iyi şekilde tanımlamıştır. Burada olan önemli bir gelişme, önerilen modelin uygulanması için gerekli temel uçak gürültüsü ve performans verilerini sağlayan kapsamlı bir uluslararası veritabanı web sitesine bağlanması olarak belirtilmiştir (ECAC, 2016a).

3. Baskının yayınlanmasından itibaren, Cilt 2' de belirtilen algoritmalara bağlı bir dizi gürültü modeli geliştirilmiştir. Bu modellerin geliştirilmesi sırasında, hesaplama metodolojisinde tutarlılığın sağlanması için kılavuzun bazı kısımlarının açıklığa kavuşturulması gerektiği tespit edilmiştir. (ECAC, 2016a)

7 Aralık 2016 yılında yayınlanan 4. Baskı, ECAC üye ülkeleri arasında gürültü modellerinin uyumlaştırılmasını iyileştirmek için gereken netliği sağlamaktadır. Bu baskıda Cilt 1 büyük ölçüde değişmemiştir; ancak modellenecek uçağın uluslararası veri tabanında bulunmadığı durumlar için önerilen bir uçak ikame yöntemini sunan yeni bir bölüm içermektedir. Bunun yanında, yeni bir Cilt 3 eklenerek, yeni gürültü modellerinin Doc 29 standardını karşıladığının doğrulanmasını ele almakta ve ölçülen uçak gürültüsü verilerinin de kullanılarak mevcut gürültü modellerinin doğrulanmasını planlanmaktadır. Gürültü modeli geliştiricileri ve gürültü modeli operatörleri tarafından kullanılması amaçlanmaktadır (ECAC, 2016a).

2.3.1.1. ECAC Doc 29 4. baskı cilt 1 uygulama kılavuzu

Uçak gürültüsünün modellenmesi hakkında genel bilgileri içermektedir. Gürültünün değerlendirilmesi, modelleme sistemlerinin genel kavramları, uygulama alanları ve sınırları gibi konuları kapsamaktadır.

Kılavuz, uçak gürültüsüne maruz kalınan seviyelerin hesaplanmasına ve uçak gürültüsü konturlarının oluşturulmasına ilişkin kapsamlı rehberlik sağlayan iki adet ciltten birincisidir. 1. Cilt: Uygulama Kılavuzu, öncelikle değerlendirme sürecinin birinci ve üçüncü bölümündeki gürültü modeli kullanıcıları içindir. Modelleme sisteminin teknik veya matematiksel açıklamalarını içermez; sadece sistemin nasıl çalıştığını ifade etmeye çalışmaktadır. Cilt 2: Teknik Kılavuz ise öncelikle gürültü kontur modellerini oluşturan bilgisayar paketlerini ve veri tabanlarını geliştiren ve sürdüren modelleyiciler içindir. Bilgisayar kodları burada listelenmez fakat oluşturabilmek için programlanabilen algoritmaları tamamiyle tanımlamaktadır.

Cilt 1 kılavuzunda askeri uçaklar, pervaneli hafif uçaklar ya da helikopterler gibi diğer uçak türleri için uygun bir gürültü ve performans gibi veriler mevcutsa, etkilerinin toplam gürültü maruziyetine yoğun olmaması şartıyla dahil edilebilir; ancak gürültünün kaynağı çoğunlukla askeri uçaklar, pervaneli hafif uçaklar ya da helikopterlerden kaynaklanıyorsa bu kılavuz geçerli değildir. Ayrıca kılavuz havalimanı sınırları içerisindeki taksi ve diğer tüm uçak dışı kaynaklardan gelen gürültüyü de hariç tutar ve yer gürültüsü olarak adlandırılır.

2.3.1.2. ECAC Doc 29 4. baskı cilt 2 teknik kılavuz

Bu kılavuz gürültü kontur modellemesine ait güncellenmiş olan kılavuzlardan ikincisidir. Sivil havalimanları ve çevresinde meydana gelen gürültünün hesaplanması için metodoloji önermektedir ve yetkin programcı ve analistler tarafından ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

Teknik Rehber niteliğinde olan 2. Cilt, bilgisayar modellerini ve bunların veri tabanlarını geliştiren ve sürdüren modelleyiciler için yazılmıştır. ECAC tarafından mevcut en iyi uygulamayı temsil ettiği düşünülen belirli bir gürültü kontur modelleme sistemini tam olarak açıkladığı belirtilmiştir. Bir bilgisayar programını değil, fiziksel bir 'çalışan model' oluşturmak için programlanması gereken denklemleri ve mantığı öngörmektedir. Metodoloji yalnızca uzun vadede ortalama gürültü ölçümleri için geçerlidir; tek bir uçak hareketinden kaynaklanan gürültü maruziyetinin herhangi bir doğrulukta tahmin etmesi için güvenilir değildir ve bu amaçla kullanılmaması gerektiği de belirtilmiştir.

Cilt 2, 2007 yılında yayınlanmış olan 3. Baskı için (ECAC,2007) artık atılması gereken ECAC.CEAC Doc 29' un yerini almaktadır. Daha önce önerilmiş olan sürecin

birçok temeli aynı şekilde korunmuştur; sadece sonradan yetersiz veya değiştirilmesi gereken kısımlar güncellenmiştir. Bu belgenin bir programlama el kitabı olmadığı açıkça belirtilmektedir; bilgisayar kodunu oluşturmak için ayrıntılı talimatlar sağlamamaktadır. Ayrıntılar, modeli proje ihtiyaçlarına uyarlama esnekliğine sahip olan programcıya bırakılmıştır. Önemli bir referans belge olarak, havacılık endüstrisi uzmanlarından oluşan ve uzun zamandır uçak gürültüsü standartlarının ve tavsiye edilen uygulamaların geliştirilmesiyle ilgilenen Otomotiv Mühendisleri Derneği'nin(SAE) A-21 Uçak Gürültüsü Alt Komitesi tarafından yayınlanan 1845 sayılı Havacılık ve Uzay Bilgi Raporu'dur (SAE AIR, 1986).

2.3.1.3. ECAC Doc 29 4. baskı cilt 3 referans vakalar ve doğrulama çerçevesi(1. kısım)

Kılavuzun Cilt 3'ü, gürültü modelinin doğrulanması ve geçerliliğini ele almıştır. 1. Kısım, Doc 29 Cilt 2'nin metodolojisini uygulayan model geliştiricilerine yöneliktir. Kılavuzun gelecekteki baskısı için 2. Kısım da planlanmaktadır ve gerçek uçak olaylarının gürültü ölçümlerinin kullanılarak zaten ECAC.CEAC Doc 29 Cilt 2'de eşdeğer gürültü modelini doğrulayan gürültü modeli operatörlerine yönelik olacağı belirtilmiştir.

1. Kısım' da, Doc 29 Cilt 2 ile uyumlu modellerin geliştirilmesine yardımcı olmak için bir dizi referans sunulduğu ve bunların, bir geliştirme modelini test etmek için kullanılabilecek kapsamlı bir girdi setini ve bir geliştirme modelinin çıktılarının kontrol edilebileceği referans sonuç setini içerdiği belirtilmiştir. Bu referans olayların, ECAC.CEAC Doc 29 Cilt 2'de tanımlanan gürültü hesaplama metodolojisinin uygulanmasının çeşitli unsurlarını test eden üç tane varsayımsal uçak tipine ve dört operasyon/rota kombinasyonuna dayandığı belirtilmiştir.

2.3.2. AzB (Anleitung zur berechnung von lärmschutzbereichen)

"Gürültü Azaltma Alanlarının Hesaplanmasına İlişkin Talimatlar"'ın aşağıdaki konuları tanımladığı belirtilmiştir (AzB, 2007):

"Uçak Gürültüsünden Korunma Kanunu" 31.10.2007 tarihli duyuru versiyonunda gürültüden korunma alanlarının hesaplanmasına ilişkin prosedürdür. Hesaplama, "Uçuş Operasyonlarına İlişkin Veri Toplama Talimatı (AzD)" ile elde edilen havaalanının öngörülebilir uçuş operasyonlarının türü ve kapsamı hakkındaki verilere dayanarak

gerçekleştiği belirtilmiştir. Bu veriler AzB’de Veri Toplama Sistemi (DES) olarak anılmaktadır.

AzB’nin aşağıdaki belirtilen havaalanı tiplerine uygulanabileceği belirtilmiştir:

- Tarifeli veya paket uçak seyahati olan ticari havalimanları
- Tarifeli veya paket uçak seyahati olan; sadece eğitim amaçlı kullanılan hafif uçaklarda yapılan hareketler hariç olmak üzere, trafik hacmi yılda 25 000 hareketi aşan ticari havalimanları
- Jet motorlu uçaklarının işletilmesine yönelik askeri havalimanları
- Azami kalkış ağırlığı 20 tondan fazla olan ve sadece eğitim amaçlı hafif uçaklarla yapılan hareketler hariç olmak üzere yılda 25.000’den fazla trafik hacmine sahip uçakların işletilmesine yönelik askeri havalimanları.

Ayrıca, Uçak Gürültüsü Yasasının 4. Kısım 8. maddesine göre, genel kamunun korunması gerektiğinde, yukarıda belirtilmiş olanların dışındaki havalimanları için de gürültü koruma alanları oluşturulabileceği ve bu amaçla da ayrıca AzB kullanılacağı belirtilmiştir.

Alman AzB Sadece gürültü kontrularının nasıl hesaplanması gerektiğini ve hangi giridilerin kullanılması gerektiğini belirtmiştir. AzB belirli bir bilgisayar promramıyla ilgili değildir ancak farklı hesaplama programları mevcuttur veya kullanımdadır. 2008 yılına ait olan AzB, ECAC tarafından önerilmiş olan metod ile tam olarak uyumlu değildir fakat mevcut olan en iyi uygulamayı da temsil ettiği ve temel özellikleri şu şekilde belirtilmiştir:

- Segmentasyon Modeli

Model üç segmentasyon adımına dayanmaktadır. İlk adımda cilt 2’de açıklanmış olan temel iz prosedür tabanlı segmentasyondur. İkinci adım, uçuş yolu boyunca spesifik akustik emisyonu dayanmıştır. Son adım ise uçuş yolu segmenti ile alıcının konumu arasındaki geometriye bağlanmıştır.

- Gürültü Veri Tabanı

Her bir uçak kategorisi için ayrı ayrı kalkış ve yaklaşma operasyonları için verilen refesan oktav-bant spektrumları ve spektral yönlülük fonksiyonlarından oluştuğu belirtilmiştir. Sadece uzunlamasına yönlülük modellenmiştir ve veriler üretici bilgilerine, Alman havalimanlarından izlenen gürültü verilerinin kapsamlı değerlendirilmesine dayanmaktadır. Motor gücünün değişiklikleri, gürültü seviyesi artışları ile modellenmiştir.

- Performans Veri Tabanı

Operasyonel veriler, varsayılan sabit nokta profillerinden oluşmaktadır ve yerel uçak operatörlerinden alınan bilgilere dayanmaktadır. Yaklaşma verileri, belirli havalimanlarında değişen irtifa ve ara yaklaşımın uzunluğunu hesaba katmıştır. Bu bilgi veri toplama sistemi tarafından sağlanmaktadır.

- Uçuş Yolu Açıklaması

Uçuş yolları, yer izleri ve uçuş profillerinin bir kombinasyonu ile tanımlanmıştır. Yanal yayılma, zemin yoluna dik hareketlerin dağılımı için analitik bir ifade kullanılarak modellenmiştir. Her bir yer rotası için veri toplama sisteminde uçuş koridorunun sınırlarının tanımlanması gerektiği ve veri kümelerinin taksi işlemlerini de içerdiği belirtilmiştir.

- Uçak Türleri

5 genel havacılık kategorisi olarak gruplandırılmıştır. Yardımcı güç ünitesi (APU) işlemlerinin açıklanması için de iki ek veri seti tanımlanmıştır. Gruplandırmanın şeması, akustik eşdeğerlilik ilkesine dayandırılmıştır. Gruplamanın parametreleri MTOM(maksimum kalkış ağırlığı), ICAO gürültü sertifikası, motor tipi ve sayısı ile bypass oranına göre yapılmıştır.

2.3.2.1. AzD(*Anleitung zur datenerfassung über den flugbetrieb*) uçak gruplandırması

Uçak gruplarının tanımlamaları P serisi, S serisi, H serisi, P-MIL ve S-MIL serileri olarak 5 adet kategoriye ayrılmıştır.(AzD, 2007)

P serisi uçak gruplandırması

Tablo 2.1. AzB P serisi uçak grubu

P 1.0	Ultra hafif uçak
P 1.1	Motorlu planörler
P 1.2	Azami kalkış kütlesi (MTOM) 2 tona kadar olan pervaneli uçaklar veya planör çeken motorlu yelkenli
P 1.3	Maksimum kalkış kütlesi (MTOM) 2 tona kadar olan pervaneli uçaklar
P 1.4	Maksimum kalkış kütlesi (MTOM) 2 tondan fazla ve 5,7 tona kadar olan pervaneli uçaklar.
P 2.1	Maksimum kalkış kütlesi (MTOM) 5,7 tonun üzerinde olan ve Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Kısım 3, Kısım 4 veya Kısım 10 gerekliliklerine uyan pervaneli uçaklar.
P 2.2	Maksimum kalkış kütlesi (MTOM) 5,7 tonun üzerinde olan ve P 2.1 uçak grubuna atanamayan pervaneli uçaklar.

S serisi uçak gruplandırması

Tablo 2.2. AzB S serisi uçak grubu

S 1.0	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Bölüm 2'nin gerekliliklerini karşılayan, maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 34 tona kadar olan jet uçakları.
S 1.1	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Bölüm 2 gerekliliklerine uyan, 34 t ila 100 t arasında maksimum kalkış kütlesine (MTOM) sahip jet uçakları (Boeing 737 ve Boeing 727 uçak tipleri hariç).
S 1.2	S 1.2 Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi, Cilt I, Bölüm 2'nin Ek 16 gerekliliklerine uyan Boeing 737 tipi uçaklar.
S 1.3	S1.3 Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi, Cilt I, Bölüm 2'nin Annex 16 gerekliliklerine uyan Boeing 727 tipi uçaklar.
S 2	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I gerekliliklerine uymayan, maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 100 tona kadar olan jet uçakları.
S 3.1	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Bölüm 2 veya Bölüm 3 gerekliliklerine uyan ve 1982'den önce üretilmiş, iki veya üç motorlu ve maksimum kalkış kütlesi (MTOM) 100 ton'u aşan jet uçakları .
S 3.2	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Bölüm 2 veya Bölüm 3'ün gerekliliklerini karşılayan ve 1982'den önce üretilmiş, maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 100 tonu aşan dört motorlu jet uçakları.
S 4	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I gerekliliklerine uymayan, maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 100 tondan fazla olan jet uçakları.
S 5.1	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Bölüm 3 veya Bölüm 4'ün gerekliliklerini karşılayan, maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 50 ton veya daha az olan jet uçakları.
S 5.2	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi, Cilt I, Bölüm 3 Ek 16'nın gerekliliklerine uyan, maksimum kalkış kütlesi (MTOM) 50 tondan büyük ancak 120 tonu geçmeyen ve motor by-pass oranı 3'ten büyük olan veya bölüm 4 ve 1982 ve sonrasında üretilen jet uçakları
S 5.3	Maksimum kalkış kütlesi (MTOM) 50 tonun üzerinde ancak 120 tonu aşmayan ve motor by-pass oranı 3 veya daha az olan, Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi, Cilt I, Ek 16'nın gerekliliklerine uyan, Bölüm 3 veya Bölüm 4 ve 1982 ve sonrasında üretilen jet uçakları
S 6.1	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Bölüm 3 veya Bölüm 4'ün gerekliliklerini karşılayan ve 1982 ve sonrasında inşa edilen, maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 120 tonu aşan çift motorlu jet uçakları.
S 6.2	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Bölüm 3 veya Bölüm 4'ün gerekliliklerine uygun, maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 120 tondan büyük ancak 300 tonu aşmayan üç veya dört motorlu jet uçağı ve 1982 yılında ve sonrasında inşa edilmiştir. Airbus A340 tipi uçak bu gruba dahil değildir.
S 6.3	Airbus A340 uçak tipi uçak

Tablo 2.2. (Devam) AzB S serisi uçak grubu

S 7	Maksimum kalkış kütlesi (MTOM) 300 tonu aşan ancak 500 tonu aşmayan ve Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Bölüm 3 veya Bölüm 4'ün gerekliliklerine uyan üç veya dört motorlu jet uçakları .
S 8	Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi Ek 16, Cilt I, Bölüm 4'ün gerekliliklerine uyan, maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 500 tonu aşan dört motorlu jet uçakları.

H serisi uçak gruplandırması

Tablo 2.3. AzB H serisi uçak grubu

H 1.0	Maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 1 tona kadar olan sivil veya askeri helikopterler.
H 1.1	Maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 1 ton üzerinde ve 3 tona kadar olan sivil veya askeri helikopterler.
H 1.2	Maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 3 ton üzerinde ve 5 tona kadar olan sivil veya askeri helikopterler.
H 2.1	Maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 5 tondan 10 tona kadar olan sivil veya askeri helikopterler.
H 2.2	Maksimum kalkış ağırlığı (MTOM) 10 tonun üzerinde olan sivil veya askeri helikopterler.

S- MIL serisi uçak gruplandırması

Tablo 2.4. AzB S-MIL serisi uçak grubu

S-MIL 1	E-3 AWACS (Havadan Uyarı ve Kontrol Sistemi), E-8 Joint Stars, C- 135F, KC-135, RC-135, C-5A/B Galaxy
S-MIL 2	F-4 Phantom
S-MIL 3	Tornado
S-MIL 4	F-15, F-16
S-MIL 5	A-10/OA-10 Thunderbolt II
S-MIL 6	Eurofighter

P-MIL serisi uçak gruplandırması

Tablo 2.5. AzB P-MIL serisi uçak grubu

P-MIL 1	Maksimum kalkış kütlesi(MTOM) 5,7 tona kadar sahip askeri pervaneli uçak
P-MIL 2	Maksimum kalkış kütlesi(MTOM) 5,7 tonun üzerinde olan askeri pervaneli uçak

2.3.3. CNOSSOS-EU (Common noise assessment methods)

Gürültü seviyelerinin değerlendirilmesi ile ilgili Avrupa’da ortak olan bir yaklaşım, END’nin uygulanabilirliğinin artırılması için önemli bir ön koşul olduğu ve AB Üye Devletleri arasında gürültü seviyelerine maruz kalan insan sayısına ilişkin tutarlı ve karşılaştırma yapılabilir ölçütlerin elde edilmesine yardımcı olacağı belirtilmiştir. Bunun için, Direktifin ilgili 6.2 maddesi, gürültü değerlendirmesi için

uyumlaştırılmış bir metodolojik yapının geliştirilmesini öngörmüştür ve 2009 yılında, Avrupa Komisyonu, karayolu, demiryolu, havayolu taşıtları ve endüstriyel gürültü seviyelerinin haritalanması için CNOSSOS-EU (Yaygın Gürültü Değerlendirme Metodları) geliştirmeye karar vermiştir (Kephalopoulos vd., 2012).

İlgili raporun, Avrupa'da stratejik gürültü haritalarının oluşturulması için uygulanmak üzere CNOSSOS-EU sürecinin geliştirme aşamasında geliştirilen metodolojik yapıyı açıkladığı belirtilmektedir. Avrupa'da çevresel gürültü değerlendirmesine ilişkin en son bilimsel, teknik ve pratik bilgilere dayanırken, Avrupa Birliği ülkelerinin periyodik olarak stratejik gürültü haritalamasını üstlenirken maruz kaldıkları maliyet yükünü de dikkate aldığı belirtilmiştir.

CNOSSOS-EU metodolojik yapısının temeli aşağıda belirtilen öncüllerden oluşmaktadır (Kephalopoulos vd., 2012):

- CNOSSOS-EU'nun hedeflerini ve gereksinimlerini tanımlayan bir kalite çerçevesi
- Karayolu, demiryolu trafiği, endüstriyel gürültü kaynağı emisyonu ve ses yayılımını tanımlayan bölümler
- Uçak gürültüsünün tahmini için seçilen metodolojiyi açıklayan bir bölüm ve ilişkili performans veritabanı
- Binaların cephelerine alıcı noktalarının atanması ve binaların cephelerindeki alıcı noktalarına nüfus verilerinin atanması için bir metodoloji
- CNOSSOS-EU sürecinin uygulama aşamasında tam olarak geliştirilmesi gereken "CNOSSOS-EU" nun yetkin kullanımı için Kılavuz" un kapsamı ve konsepti

Ayrıca, Avrupa Çevre Ajansı tarafından yönetilen Elektronik Gürültü Veri Raporlama Mekanizmasının revizyonunun sonuçlarına ilişkin bir özet de, Avrupa genelinde gürültü değerlendirmesi ve sonuçların ortak bir gürültü metodolojik çerçevesi aracılığıyla paylaşılması arasındaki önemli arayüzü temsil ettiği düşünülerek rapora dahil edildiği belirtilmiştir.

Komisyon, stratejik gürültü haritalandırmasının ilk turunda (2006-2007) farklı yöntemlerle elde edilen sonuçların karşılaştırılabilirlik derecesini değerlendirmiş ve ulusal aktarım tedbirlerinde belirtilen değerlendirme yöntemlerinin geçici yöntemlerden önemli ölçüde farklı olduğunu tespit etmiştir. Değerlendirmeler, Avrupa Birliği Üye

Devletleri içinde ve genelinde aşırı gürültü seviyelerine maruz kalan kişi sayısına ilişkin tutarlı ve karşılaştırılabilir rakamlar sunmanın zor olduğunu göstermiştir. Zorlukların, ayrıca, veri toplamanın farklı yolları, veri kalitesi ve kullanılabilirliği, veri raporlama ve kullanılan değerlendirme yöntemleri ile ilgili olduğu belirtilmiştir.

CNOSSOS-EU, 2009-2012 döneminde Avrupa Komisyonu tarafından Avrupa Çevre Ajansı, Avrupa Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Havacılık Güvenliği Ajansı ve Avrupa Birliği ülkeleri tarafından aday gösterilen uzmanları içeren bir işbirliği sürecinde geliştirilmiştir. CNOSSOS-EU sürecinin, yaygın gürültü metodolojik çerçevesinin geliştirilmesinin yanı sıra, ilgili paydaşlar arasında diyalogu teşvik ettiği ve önümüzdeki zorluklarla yüzleşmek için ortak bir işbirliği çerçevesi altında irtibat kurmalarını ve faaliyetlerini sinerjik bir şekilde gerçekleştirmelerini sağladığı belirtilmiştir:

2008 yılında Komisyon, Ortak Araştırma Merkezi tarafından yönetilen 'Avrupa Birliği'nde Yaygın Gürültü Değerlendirme Yöntemleri' (CNOSSOS-EU) projesi ile yaygın gürültü değerlendirmesinin metodolojik yapısının geliştirilmesini başlatmıştır. Proje, 2000/14/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifinin 18. maddesi uyarınca kurulan Komite ve Üye Devletlerden oluşan uzman kişiler ile istişare içinde gerçekleştirilmiştir ve raporun sonuçları CNOSSOS-EU hakkındaki JRC Referans Raporunda yayınlanmıştır.

Bu Komisyon Direktifinin Eki, yaygın değerlendirme yöntemlerini ortaya koyduğu ve Üye Devletlerin 31 Aralık 2018 tarihinden itibaren bu yöntemleri kullanmaları gerektiği belirtilmektedir.

Bu Yönerge'nin Ek'inde öngörülen değerlendirme yöntemlerinin, Yönerge'nin 2. maddesinin 1. paragrafı uyarınca, en geç 31 Aralık 2018 tarihine kadar kabul edilmesi gerektiği ve bu tarihe kadar Üye Devletlerin, 2002/49/EC sayılı Yönerge'nin 6. maddesinin 2. paragrafı uyarınca, daha önce ulusal düzeyde kabul ettikleri mevcut değerlendirme yöntemlerini kullanmaya devam edebileceği belirtilmiştir.

2.3.3.1. CNOSSOS-EU uçak gürültüsü tahmini

END'nin amaçlarına uygun olarak ve Avrupa Birliği'nde yaygın gürültü değerlendirme yöntemlerinin (CNOSSOS-EU) hazırlanması bağlamında, Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi(JRC), Çevre Genel Müdürlüğü(DG ENV) ve Avrupa Çevre Ajansı (EEA) ile iletişim halinde, CNOSSOS-EU'nun uçak gürültüsü

modelini tartışmak üzere Avrupa Birliği uzmanlarını bir araya getirmek amacıyla 19-20 Ocak 2010 tarihlerinde Brüksel'de "Uçak Gürültüsü Tahmini" konulu bir çalıştay düzenlemiştir(Kephalopoulos vd., 2012).

"Uçak Gürültüsü Tahmini" konulu çalıştay, 8-9 Eylül 2009 tarihlerinde Brüksel'de JRC, DG ENV ve EAA tarafından düzenlenen "Avrupa Birliği' nde Yaygın Gürültü Değerlendirme Yöntemlerinin Seçimi" konulu çalıştayın ardından gerçekleştirilmiştir. Bu son çalıştayın belirlenen tavsiyelerden birisi CNOSSOS-EU yönteminin uçak modülü için temel olarak Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (ECAC) Doc. 29 3. Baskısı'nın alınmasıydı. Ocak 2010'da "Uçak Gürültüsü Tahmini" konulu çalıştay sırasında bazı potansiyel iyileştirmeler tespit edilerek, tartışılmıştır. Burada tartışılan konu ise esas olarak "ECAC Doc 29 3. Baskı" yöntemini geliştirmek için Alman Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB) yönteminin bazı özelliklerinin kullanılmasının düşünülmesiyle ilgiliydi.

Tartışmalar sırasında, uçak gürültüsü modellemesinin diğer üç gürültü kaynağına (karayolu trafiği, demiryolu trafiği ve endüstriyel) kıyasla özel olduğu kabul edilmiştir. Uçak gürültüsü değerlendirmesi ve tahmin yöntemleri ile birlikte uluslararası düzeyde oluşturulmuş ve tanımlanmış ilgili performans veri tabanları konusunda uzun yıllara dayanan bir deneyim bulunmaktadır. Ayrıca buna ek olarak, Bununla birlikte, tartışılan bazı konular için mevcut yöntem ve prosedürlerin iyileştirilmesi için alan olduğu kabul edilmiştir.

Avrupa Birliği temsilcileri ve çalıştaya katılan uçak gürültüsü ile ilgili uzmanlar, uçak gürültüsü modelleme araçlarını geliştirmek ve sürdürmek için dünya çapında kaynakların sınırlı olduğunu ve bu nedenle etkilenen paydaşlar arasındaki sinerjiyi artırmanın ve hem metodolojinin hem de girdi verilerinin ortaklığını en üst düzeye çıkarmanın kritik önem taşıdığını kabul etmişlerdir. Kasım 2010'da bir CNOSSOS-EU Teknik Komitesinin resmi olarak oluşturulmasının ardından, özellikle uçak gürültüsü için 4 numaralı Çalışan Grup (WG) önceki çalışmaları sürdürmek ve hesaplama yöntemi hakkında resmi tavsiyelerde bulunmakla görevlendirilmiştir. WG 4, Şubat 2011'de ve Mayıs 2011'de olmak üzere iki toplantı gerçekleştirmiştir.

CNOSSOS-EU, Uçak gürültüsü ve performansı için kılavuzda Ek I'de verilen ANP veri tabanı mevcut uçak tiplerinin çoğunu kapsamaktadır. Verileri halihazırda listelenmemiş olan uçak tipleri veya varyantları için, bunların en iyi şekilde listelenmiş olan diğer, normalde benzer uçakların verileri ile temsil edilebileceği belirtilmiştir.

Gürültü hesaplamada alıcı noktasının 4 metre yukarıdan alınması, dört gürültü kaynağının (karayolu trafiği, demiryolu trafiği, uçak ve sanayi) tümü için END'de belirtilen konumdur. CNOSSOS-EU da belirtilen mevcut kanıtlarda,

- Genel olarak 1,2 m ile 4,0 m arasındaki farkın yumuşak zeminler ve 15° nin üzerindeki geliş açıları için 1 dB'nin oldukça altında olduğunu göstermektedir. Yansıyan zemin üzerinde ve daha düşük geliş açıları için, şu anda farkın net bir değerlendirmesi bulunmamaktadır.
- Fark küçük olsa bile, etkilenen kişi sayısı önemli ölçüde değişebilir (muhtemelen on binlerce kişi). Bu nedenle, seçilen herhangi bir düzeltme değeri veya metodolojinin güçlü bir kanıt temeline ihtiyacı olacaktır.
- Bu nedenle CNOSSOS-EU'da değerlendirme noktasının yüksekliğinin bir etkisi olabileceğinin belirtilmesi tavsiye edilmektedir, ancak şu an için ve geçiş döneminde sıfır varsayılan düzeltme kabul edilecek ve 1,2 m' deki mevcut ANP(Aircraft Noise and Performance) 'de bulunan NPD verileri kabul edilecektir.

İfadeleri ile belirtilmiştir.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Dünya’da gürültü kirliliğinin hızla artması nedeniyle her devlet kendi direktiflerine ve yönetmeliklerine uygun şekilde bir eylem planı hazırlamaktadır. Gürültü kirliliğine sebep olan karayolu, raylı sistemler, fabrika gürültüleri ve havayolu gibi gürültüye sebep olan ana faktörler için gürültü ölçümleri ve haritalama işlemleri gerçekleştirilerek geleceğe yönelik gürültü kirliliğinin önüne geçmek için stratejik bir yol belirlemektedir. Bu kapsamda ülkemizde havalimanları için TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) ve Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (DHMI) arasında 28 Ekim 2022 tarihli imzalanan sözleşmede İstanbul Atatürk, Dalaman, Çanakkale , Diyarbakır, Mardin, Trabzon, Batman, Tokat , Konya ve Rize - Artvin Havalimanlarına ait Stratejik Gürültü Haritası’nın oluşturulmasına yönelik proje kararı alınmıştır (http-4).

Ülkemizde havalimanlarına ait geçmiş yıllarda yapılan gürültüye yönelik çalışmalara bakıldığında ilk çalışmalar 1979 yılına uzanmaktadır. Sevtap Yılmaz Demirkale’nin yaptığı çalışmada Atatürk Havalimanı üzerinde gürültü kontrolleri üzerine çalışmalar gerçekleştirmiş ve çözümler sunmuştur(Yılmaz, 1979).

Yakın tarihlerde ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalara bakıldığında 2012 yılında Nesimi Özkurt ve arkadaşları İzmir Adnan Menderes Havalimanı için, 2013 yılında da Atatürk Havalimanı için SoundPlan yazılımını kullanarak, Deniz Sarı ve arkadaşları Antalya ve Van Havalimanları için SoundPlan yazılımını kullanarak, Oya Keskin Sabiha Gökçen Havalimanı İçin SoundPlan yazılımını kullanarak, Halil Yalçın Akdeniz IMMI yazılımını kullanarak Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı için ve 2022 yılında Havva Gülenç de Sabiha Gökçen Havalimanı için gürültü üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Nesimi Özkurt ve arkadaşlarının 2012 yılında “Havaalanı gürültüsünün halk sağlığı üzerindeki etkilerinin tahmini. İzmir Adnan Menderes Havalimanı'nda bir vaka çalışması” , havalimanı gürültüsünün halk sağlığı üzerindeki etkisinin araştırılması üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Avrupa Gürültü Direktifi’ne uygun olarak SoundPlan yazılımı kullanılarak 2012 yılının uçuş verileri kullanılmıştır. Çalışmada Şehir merkezinin bulunduğu İzmir Havalimanı’nın bulunduğu kuzey alanın diğer alanlara göre daha fazla gürültüye maruz kaldığı, yerleşik nüfusun %2 sinin 55 dB(A) seviyesi ve üzerinde gürültüye maruz kaldığı, Ayrıca 600 hanenin gece 23:00 ve 07:00 zaman aralığında, 55 dB(A)'dan yüksek gürültü seviyelerine maruz kaldığı belirtilmiştir.

Havalimanının kuzey tarafı boyunca uzanan uçuş yollarının geometrik izdüşümü altında gürültüden doğrudan etkilenen konut sakinlerinin oranının yüksek seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. END sınır değerlerine göre yapılan incelemelere ek olarak, nüfus üzerindeki olumsuz etkiler açısından da bazı risk tahminlerinin yapılabilirliğine değinilmiştir ve gece boyunca 55 dB(A) veya daha yüksek gürültü seviyelerine maruz kalan yaklaşık 1100 kişinin potansiyel olarak uyku bozukluğu tehdidi altında olduğu düşünülmüştür. Gündüz ise yaklaşık 400 kişinin gürültü rahatsızlığının bir sonucu olarak hipertansiyon ve iskemik kalp hastalığı gibi bazı sağlık sorunları yaşayabileceği düşünülmüştür (Özkurt vd., 2012).

Nesimi Özkurt ve arkadaşları 2013 yılında “Türkiye’de İstanbul Atatürk Havalimanı Çevresindeki Gürültü Kirliliğinin Modellenmesi ve Tahmini İnsan Maruziyeti” çalışmasında, İstanbul Atatürk Havalimanı çevresindeki uçak gürültüsüne maruz kalma seviyesi Avrupa Gürültü Direktifi’ne göre SoundPlan yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar için 2011 yılındaki uçuş verileri kullanılmıştır. Hesaplamaların sonucunda şehrin kara alanının %1,2’ sinin gündüzleri 55 dB(A) sınır değerini aştığı, 65 dB(A) eşik değerinin aşılması incelendiğinde, etkilenen alanın şehrin yüzölçümünün %0,2’si olduğu, şehrin yüzölçümünün yaklaşık %0,3’ ünün gece 55 dB(A)’yı aşan gürültü seviyelerine sahip olduğu belirtilmiştir. Sonuçlar, İstanbul’da ikamet eden nüfusun yaklaşık %4’ünün gündüzleri 55 dB(A) veya daha yüksek gürültüye maruz kaldığını, nüfusun yaklaşık %1’i 65 dB(A)’dan daha yüksek gürültü seviyelerine maruz kaldığını ve gece vakti, nüfusun %1,3’ü 55 dB(A) veya daha yüksek gürültü seviyelerine maruz kaldığını göstermiştir (Özkurt vd., 2014).

Deniz Sarı ve arkadaşlarının 2013 yılındaki çalışmalarında Antalya ve Van Havalimanı için SoundPlan yazılımı kullanılarak gürültü haritaları oluşturulmuştur. Havalimanlarının etki alanında hesaplama alanları olarak ilçe sınırları tanımlanmış ve Antalya için 2012 yılı, Van için 2011 yılı nüfus verileri kullanılarak etkilenen nüfus sayıları belirtilmiştir. Çalışmalarda Antalya Havalimanı çevresinde yaklaşık 76 km²’lik ve Van Havalimanı çevresinde ise 4 km²’lik bir alanın 55 dB(A)’dan fazla bir gürültüye maruz kaldığı belirtilmiştir. Yapılan çalışmaların sonucunda Antalya Havalimanı’nda L_{gag} göstergesinde 65 dB(A) sınır değerinin üzerinde gürültüye maruz kalan 9500 kişi, 1800 ev, 1 okul ve 1 hastanenin olduğu belirtilmiştir. Gece 55 dB(A) sınır değerini aşan gürültüye maruz kalan ise 13300 kişi, 2600 ev, 1 okul ve 1 hastane olduğu belirtilmiştir. Van Havalimanı’nda ise L_{gag} göstergesinde 55 dB(A) ve üzerinde gürültüye maruz

kalan alanda 300 konut ve 2600 kişinin olduğu, L_{gece} göstergesinde 55 dB(A) ve üzerinde gürültüye maruz kalan alanda ise 200 evin bulunduğu belirtilmiştir. (Sarı vd., 2013)

Oya Keskin 2014 yılında gerçekleştirdiği “Havalimanı Gürültü Haritalarının Hazırlanması: İstanbul Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı Örneği” çalışmasında SoundPlan yazılımı kullanılmıştır. Pendik ve Tuzla ilçelerini kapsayan bir alanda 854.932 kişinin gürültü maruziyeti değerlendirilmiştir. Çevre ve Orman Bakanlığı’nın yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlere göre etkilenen nüfus ve binaların yüzdeleri belirtilmiştir. Pendik sınırlarında bulunan yapılarda yoğunluklu olarak 65 dB(A) üzerinde gürültüye maruz kaldığı, havalimanı yakınında bulunan Camçeşme ve Fevzi Çakmak Mahallelerinin gece gürültü maruziyet değerlerinin 75-85 dB(A) arasında olduğu belirtilmiştir. Genel bir değerlendirme yapılarak, 50 dB(A) ve üzerindeki uçak gürültüsüne maruz kalan alanlar incelenmiş, L_{gag} göstergesinde 41.855 kişinin 55 dB(A) ve üzerinde gürültüye maruz kaldığı belirtilmiştir (Keskin, 2014).

Halil Yalçın Akdeniz 2018’de gerçekleştirdiği “Uluslararası Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı’nda (LTBY) Uçak Gürültüsünün Tahmini ve Simülasyonu” çalışmasında IMMI yazılımını kullanarak gürültü haritasını oluşturmuştur. L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, L_{gece} göstergelerinde yüz ölçümü olarak gürültü aralıklarının etkili olduğu alanlar belirtilmiştir. Ölçüm değerlerine göre, L_{gag} gürültü seviyesi 65dB (A) ve üzerinde, gündüz zaman diliminde gürültü seviyesi 63dB (A) ve üzerinde, akşam zaman dilimi için yapılan hesaplamalar incelendiğinde gürültü seviyesi 58 dB(A)’nın üzerinde ve son olarak gece zaman dilimi için yapılan hesaplamalar incelendiğinde ise 53 dB(A)’nın üzerinde gürültü seviyesinden etkilenen konut bulunmadığı hesaplanmıştır (Akdeniz, 2021).

Havva Gülenç 2022 yılında gerçekleştirdiği “Sabiha Gökçen Havalimanı’ndaki Yolcu Uçağı Gürültülerinin Değerlendirilmesi” çalışmasında, akustik uygulamalar için özelleştirilmiş bir cihaz kullanarak pratik bir gürültü ölçüm çalışması gerçekleştirmiştir. Pendik ve Kurtköy üzerindeki iki farklı rota seçilerek Pendik’te 7, Kurtköy’de 6 farklı nokta seçilerek Çevre ve Orman Bakanlığı’nın 2011 yılında hazırladığı yönetmeliğe uygun olarak ve eğitimli, yetkili personeller tarafından gürültü ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlarda Pendik bölgesinde yapılan ölçümlerde $L_{gündüz}$ için maksimum gürültü değeri 79.65 dB(A), $L_{akşam}$ için maksimum gürültü değeri 71.41 dB(A) ve L_{gece} 76.42 dB(A) olarak ölçülmüştür. Tuzla bölgesinde yapılan ölçümlerde $L_{gündüz}$ için en yüksek gürültü

değeri 69.44 dB(A), $L_{akşam}$ 72.12 dB(A) ve L_{gece} için 77.63 dB(A) olarak ölçülmüştür. Yapılacak olan ikinci pist sonrası konutlara daha fazla yaklaşma olacağı ve gürültü maruziyetinin daha geniş alanlarda etki edeceğinin öngörüldüğü belirtilmiştir (Gülenç, 2022).



4. METODOLOJİ

Gürültü haritası oluşturma süreci tek bir olaya dayansa da, belirli zaman dilimlerindeki tüm uçuşlar hakkında bilgileri (rotalar, havaalanı AIP bilgileri, pist referans noktaları, uçak sınıfları vb.) işlemek, sürecin en zorlu kısmıdır. Rotaları oluşturmak ve uçakların gürültü etkisini belirlemek için gürültü haritası oluşturulurken modelleme yazılımında sanal bir pist yapılmalıdır. AIP verileri, pist referans noktaları, uzunluk, açısız pist doğrultusu ve diğer bilgileri elde etmek için kullanılabilir.

Rotalar işlenirken her bir uçağın kullandığı pist yönü ve takip ettiği yol noktaları önemlidir. Burada uçuş sürecindeki tüm belirleyici noktalar yerine sadece gürültünün etkili olduğu belirleyici noktalara kadar olan koordinat verilerinin eklenmesi yeterlidir. Çünkü belirli bir yükseklikten sonrasında gürültünün boyutları rahatsız etmeyecek ve ve hissedilmeyecek seviyelerde olacaktır.

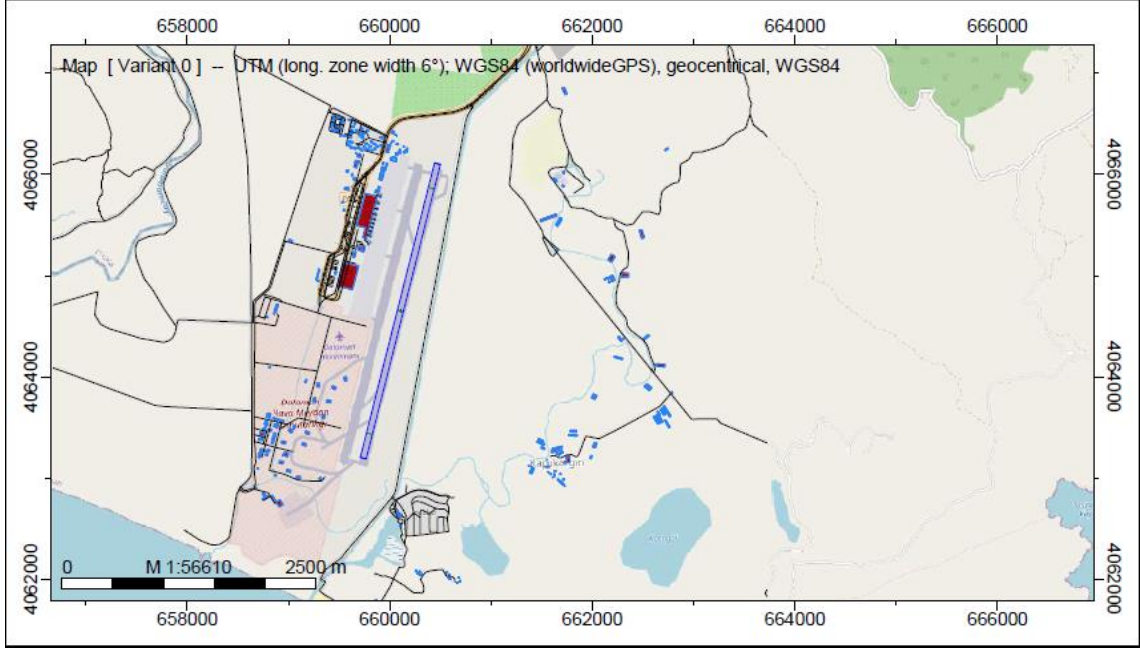
Hava aracının verilerini modelleme sistemine girmek için, ilgili ülkenin uygun otoritesinden iniş ve kalkış yapmış tüm uçuşlara ait bilgiler talep edilmelidir. Ülkemizde, bu çalışma için uçuşlara ait veriler Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü(DHMI)'nden alınmıştır.

Verileri girme sürecinde önemli noktalardan biri doğru hava aracı grubunun seçilmesidir. İncelenen AzB hesaplama yönteminde helikopterler H1.0'dan H2.2'ye, pervaneli uçaklar P 1.0'dan P 2.2'ye ve askeri pervaneliler P MIL 1, P-MIL 2'ye, tüm sabit kanatlı sivil jet uçakları ise S 1.0'dan S 8' e kadar sınıflandırılmıştır (AzB, 2007). ANP standardı incelendiğinde veri tabanına kayıtlı tüm hava araçlarının verilerinin modellerine göre işlendiği görülmektedir. CNOSSOS-EU uçak sınıflandırmasında ise uçaklar hem AzB gruplandırmasına hem de ANP kayıtlarındaki uçak modellerine göre alınmıştır. Uçak seçiminde kalkış için belirtilen uçak için S (Start), yaklaşma için belirtilen uçak için L (Landing) harfi ile belirtilmektedir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. AzB, CNOSSOS ve ANP'de Boeing 738 için S ve L örnekleri

Uçak Grubu (S-L)	Sınıflandırma Türü
S 5.2 - S	AzB 2008, DIN45684-1(2011)
S 5.2 - L	AzB 2008, DIN45684-1(2011)
Boeing 737-800 - S	ANP Veritabanı
Boeing 737-800 - L	ANP Veritabanı
Boeing 737-800 - S	CNOSSOS Almanya
Boeing 777-800 - L	CNOSSOS Almanya

Bina tipleri uygun programlar kullanılarak hazırlanabilir ve ardından doğru bina yerleşimleri, yükseklikleri ve kullanım amaçlarına göre modelleme programı ile eşleştirilebilir. Belediyeler, ilgili havalimanı çevrelerinin bina dağılımı ve kat sayılarının dijital kopyalarını sağlayabilir. Şekil 4.1, OpenStreetMap üzerinden AIP verileri kullanılarak hazırlanan Dalaman Havalimanı'nın sanal pisti, havalimanı ve yakındaki binaların dağılımını göstermektedir.



Şekil 4.1. Yakın çevresindeki binalar ve pist düzeni ile Dalaman Havalimanı

4.1. Dalaman Uluslararası Havalimanı Gürültü Modellemesi

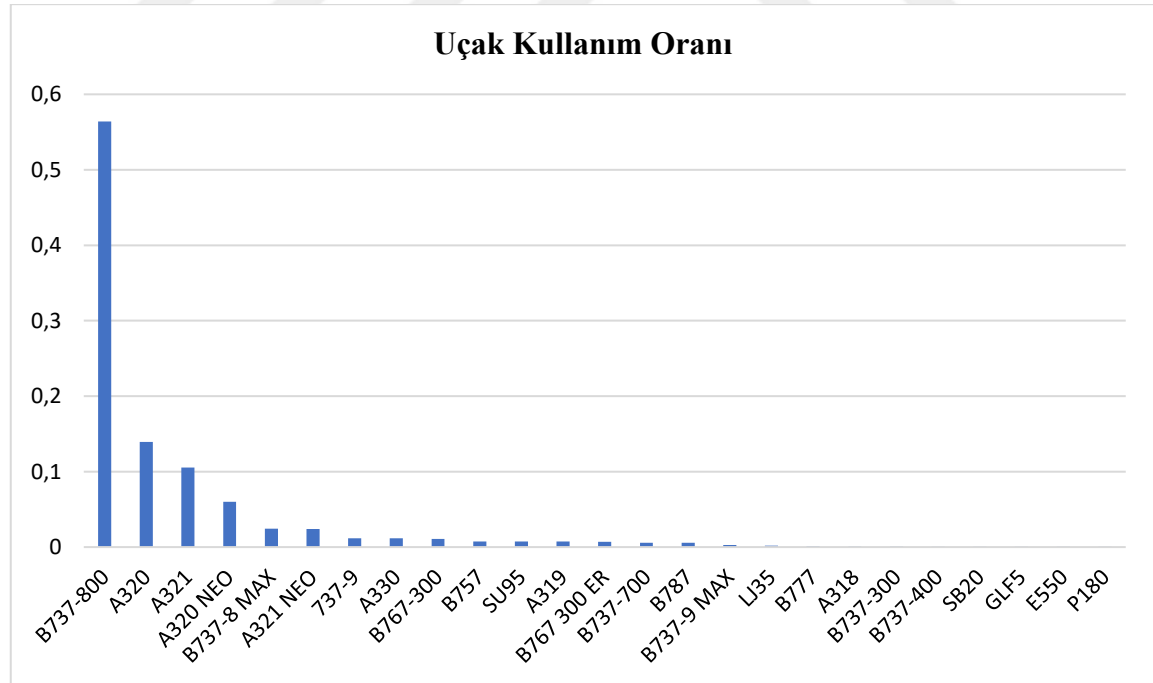
Çalışma için araştırmanın gerçekleştirildiği Dalaman Havalimanı'nın haritalama alanı ilk olarak gürültü haritası modelleme çalışmasında belirlenmiş ve ilgili AIP verileri Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü (DHMİ) tarafından sağlanmıştır. Havalimanının pist referans noktası 36° 42'45" Kuzey, 28° 47'29" Doğu olup, 01 pisti için 15.35° ve 19 pisti için 195.35° yönlerinde sisteme girilmiştir.

Çalışmada, Dalaman'da pandemi sonrası 1 Eylül 2021 ile 31 Ağustos 2022 tarihleri arasındaki 12 aylık dönemde gerçekleşen uçuşların verileri kullanılmıştır. Programda yalnızca ticari uçuşların verisi kullanılmıştır ve gerçekleşen sayı toplam 29790' dur, uçuşlarda en fazla tercih edilen uçakların dar gövdeli olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2). ve en yoğun kullanım oranına sahip olan uçak %56.39 ile Boeing'in 737-800 serisi dar gövde uçakları olmuştur (Şekil 4.2). Helikopterler, savaş uçakları, APU

(Yardımcı Güç Ünitesi), taksi, gecikmeler ve pas geçmeler gürültü ölçümünde dikkate alınmamıştır.

Tablo 4.2. Kullanılan geniş ve dar gövdeli uçak tipleri ve sayıları

Dar Gövde Uçakları	Sayı	Geniş Gövde Uçaklar	Sayı
B737-800	16801	A330	343
A320	4150	B767-300	324
A321	3143	B767 300 ER	205
A320 NEO	1786	B787	167
B737-8 MAX	722	B777	38
A321 NEO	715		
737-9	351		
B757	227		
SU95	218		
A319	216		
B737-700	169		
B737-9 MAX	88		
LJ35	55		
A318	23		
B737-300	23		
B737-400	12		
SB20	6		
GLF5	4		
E550	3		
P180	1		



Şekil 4.2. 2021-2022 Ağustos ayları arasında uçak tipi kullanım oranları

Gürültü modellemesinde uçakların gruplandırılmasında AzB standartına göre gruplandırma yapılmıştır ve hesaplama yöntemi olarak Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın tavsiyelerinde belirttiği CNOSSOS-EU kullanılmıştır. Uçakların gruplandırmasına ilişkin veriler Tablo'da belirtilmiştir.

Tablo 4.3. Uçakların AzB standartına göre gruplandırılması

AzB Grubu	Uçak Tipi	AzB Grubu	Uçak Tipi
S5.2	B737-900	S6.1	B767-300
	B737-800		B767-300 ER
	B737-700		B787-8
	B737-400		B787-9
	B737-300		A330-200
	B737-8 MAX		A330-300
	B737-9 MAX		B777-300ER
	B757	S1.0	LJ35
	A318	S1.1	GLF5
	A319	S5.1	SU95
	A320	P2.1	E550
	A321		P180
	A320 NEO		SB20
	A321 NEO		

Uçakların gruplandırma işleminden sonra IMMI uçak gürültüsü modelleme programında ilgili gruplar seçilerek gündüz(07:00-19:00), akşam(19:00-23:00) ve gece(23:00-07:00) uçuşlarına ayrılarak her bir uçuş rotasının üzerinden girişler sağlanmıştır (Şekil 4.3) ve kontur çizgileri 50x50 olarak belirlenmiş ve hesaplama yüksekliği 4 m olarak ayarlanmıştır (Şekil 4.4).

Edit: Flight route /CNOS0

FICN003 [5]

Description:
BS104 DEPARTURE

Presentation
Exception
☐ Show label at selected node

Standard
☒ Colour
☐ Width/mm

Group
School
Action radius/m
99999

☐ Note
☐ Picture
Geometry Input

OK Cancel ? Help

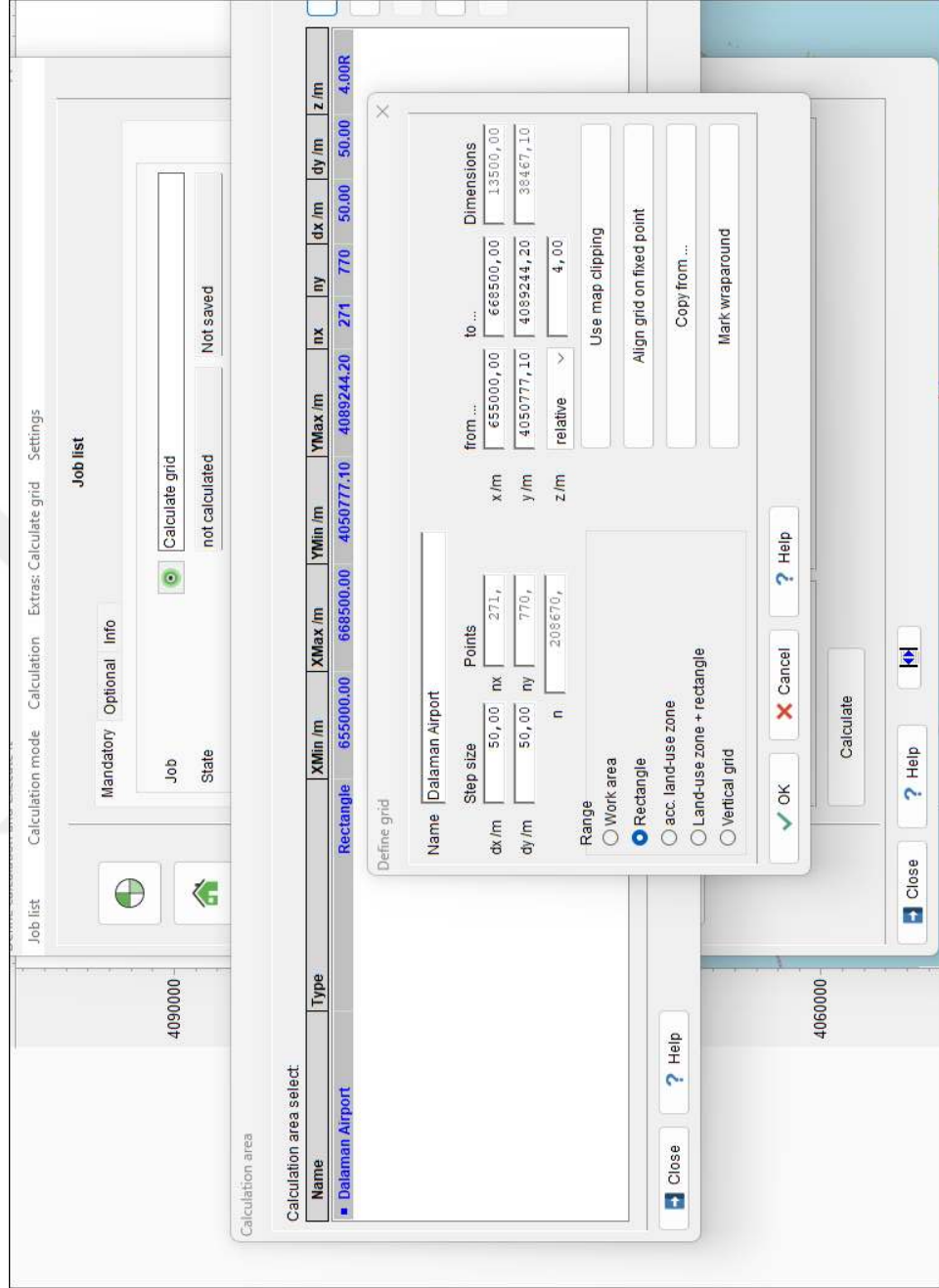
Data for emission level calculation

No.	Aircraft group	Period	Flights Day	Flights Evening	Flights Night
1	Total flights	5367.00	1009.00	424.00	
2	S 5.2 - S	5154.00	897.00	383.00	
3	S 6.1 - S	123.00	110.00	6.00	
4	S 5.1 - S	70.00	2.00	35.00	
5	S 1.0 - S	15.00	0.00	0.00	
6	S 1.1 - S	2.00	0.00	0.00	
	P 2.1 - S	3.00	0.00	0.00	

Add Delete

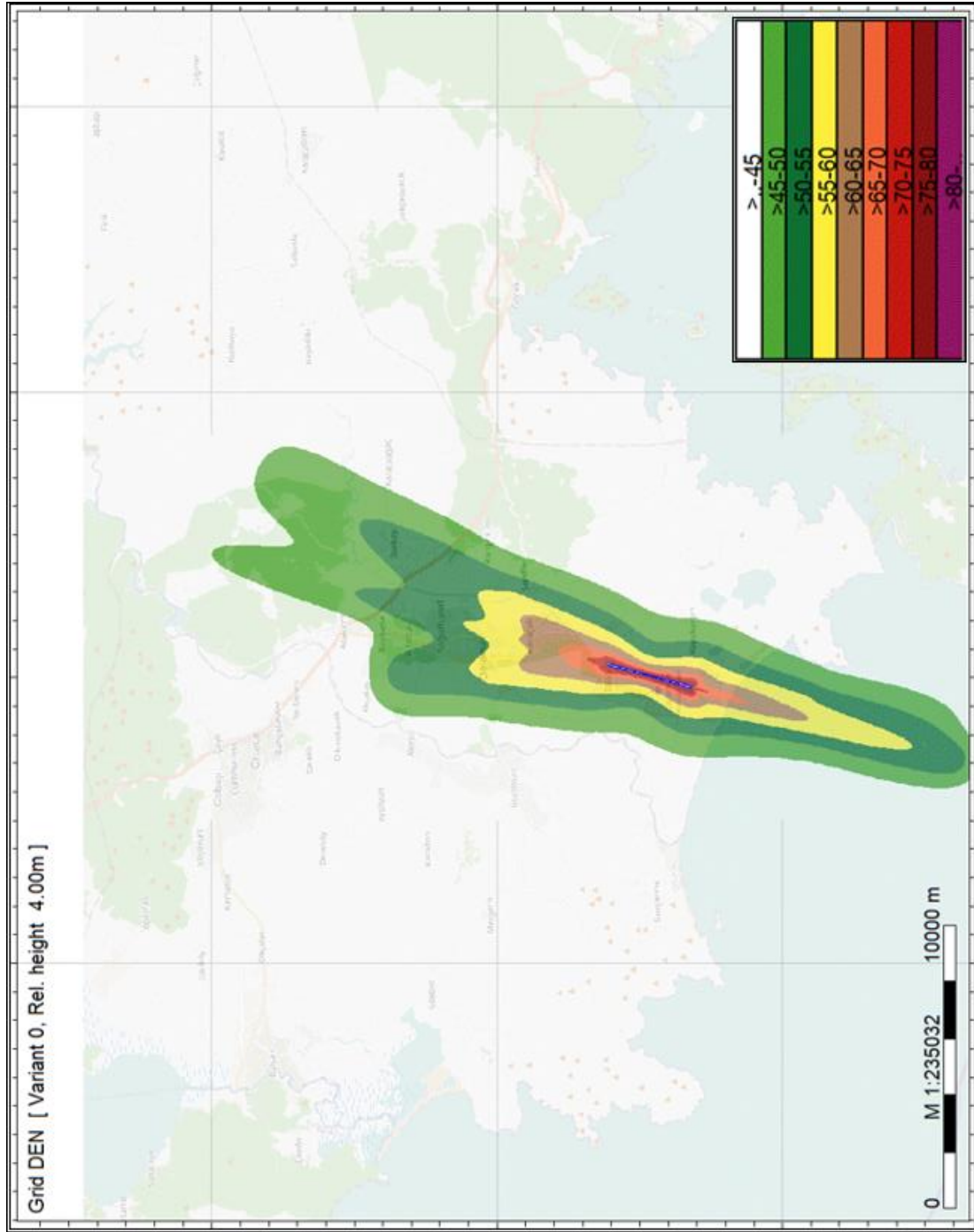
OK Cancel ? Help

Şekil 4.3. Uçuş verilerinin IMMI üzerinden gündüz, akşam, gece olarak girişi

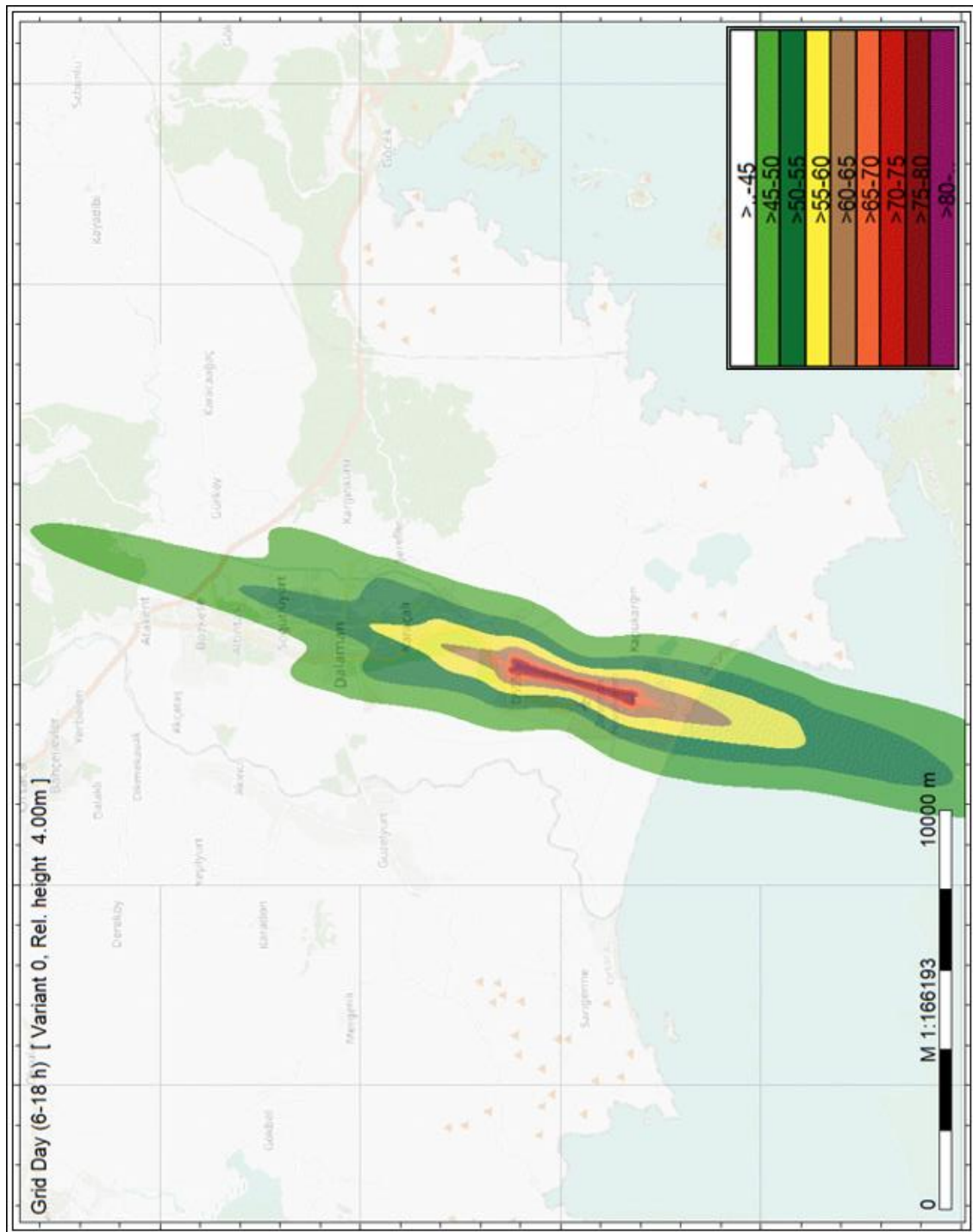


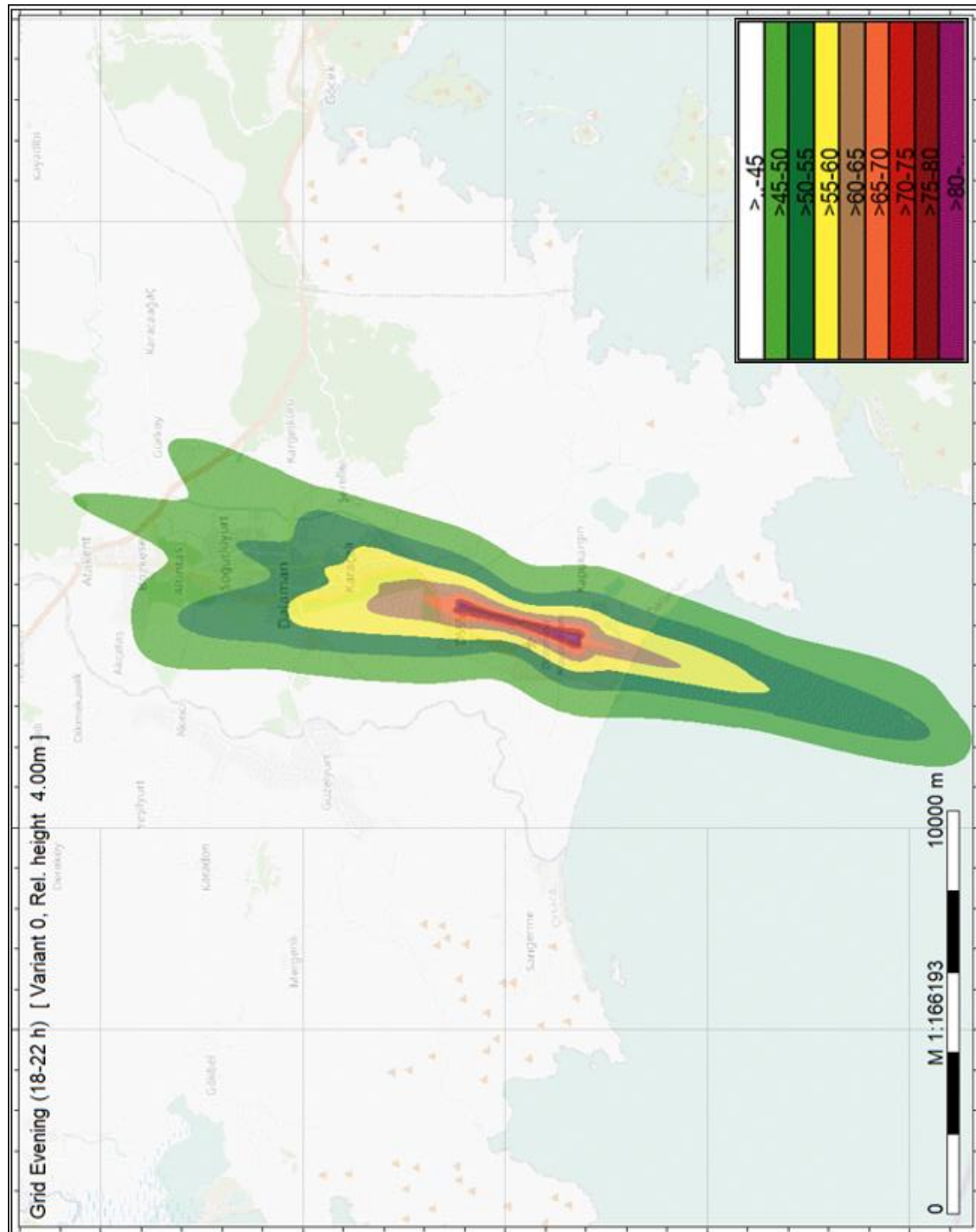
Şekil 4.4. Kontur çizgileri ve hesaplama yüksekliğinin belirlenmesi

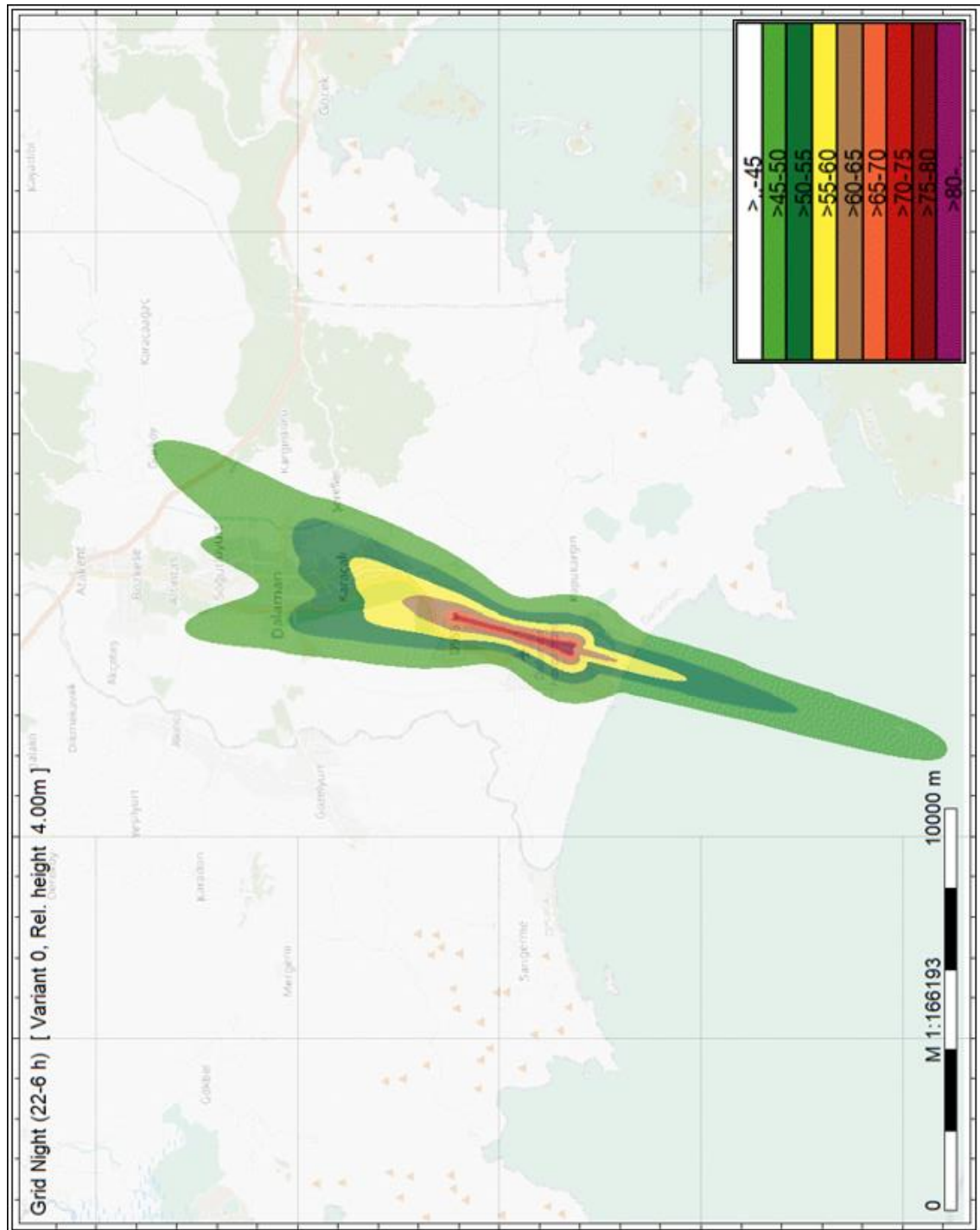
Dalaman Havalimanı'na ait gürültü haritası modelinin sonuçları, gösterge türlerine göre sırasıyla L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece} olarak aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



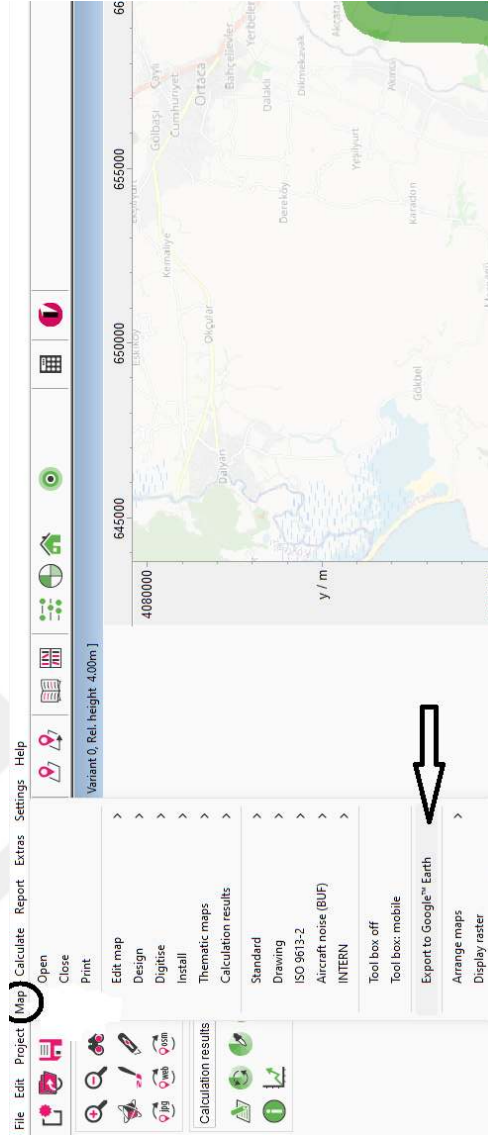
Şekil 4.5. Dalaman Havalimanı L_{gag} haritası







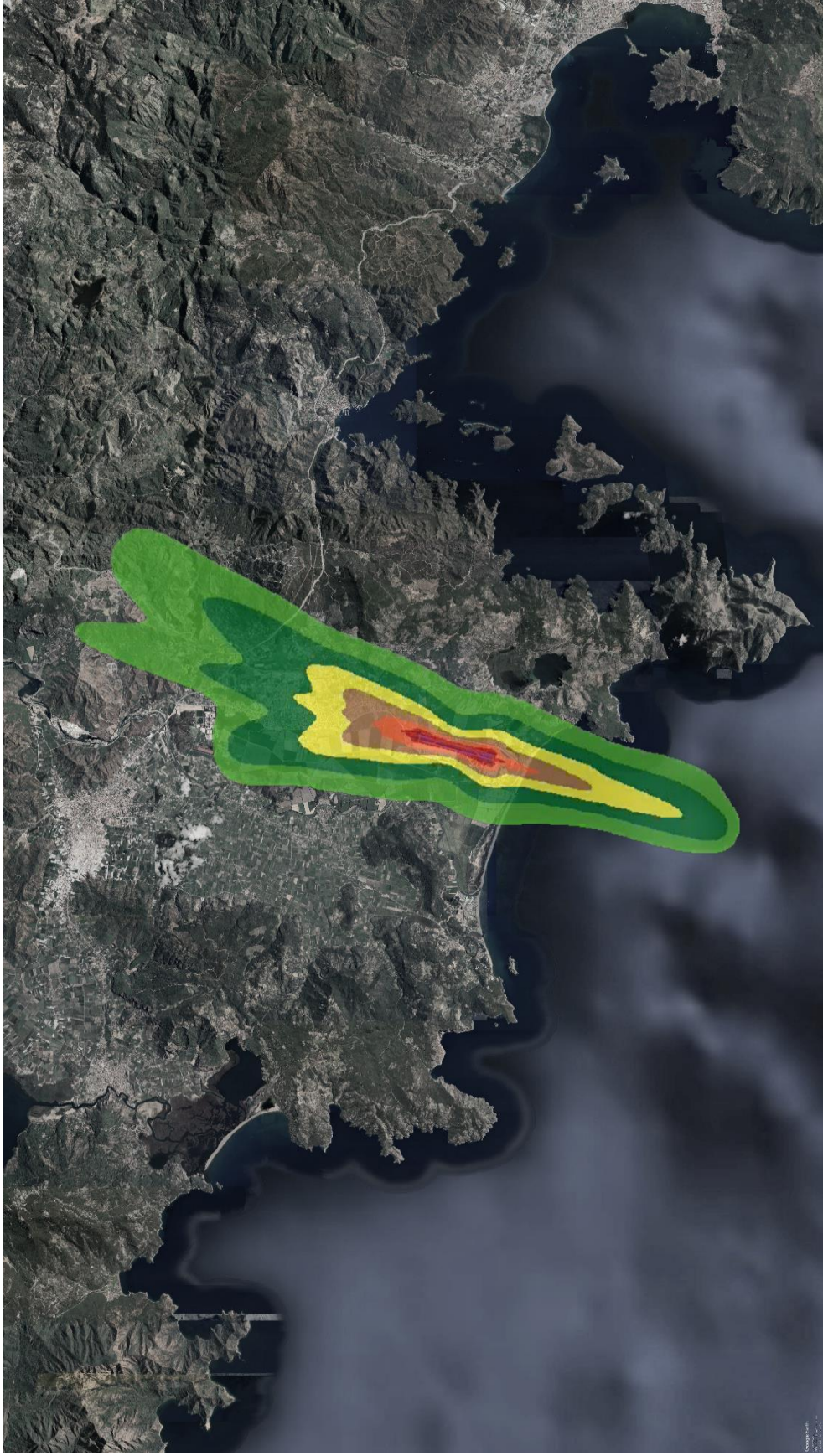
Dalaman Havalimanı'na ait gürültü haritaları üretildikten sonra, program üzerinden koordinat ayarlamaları yapılarak ilgili göstergeler Google Earth üzerine çıkartılarak, havalimanına ait gürültü haritasının uydu görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 4.9).



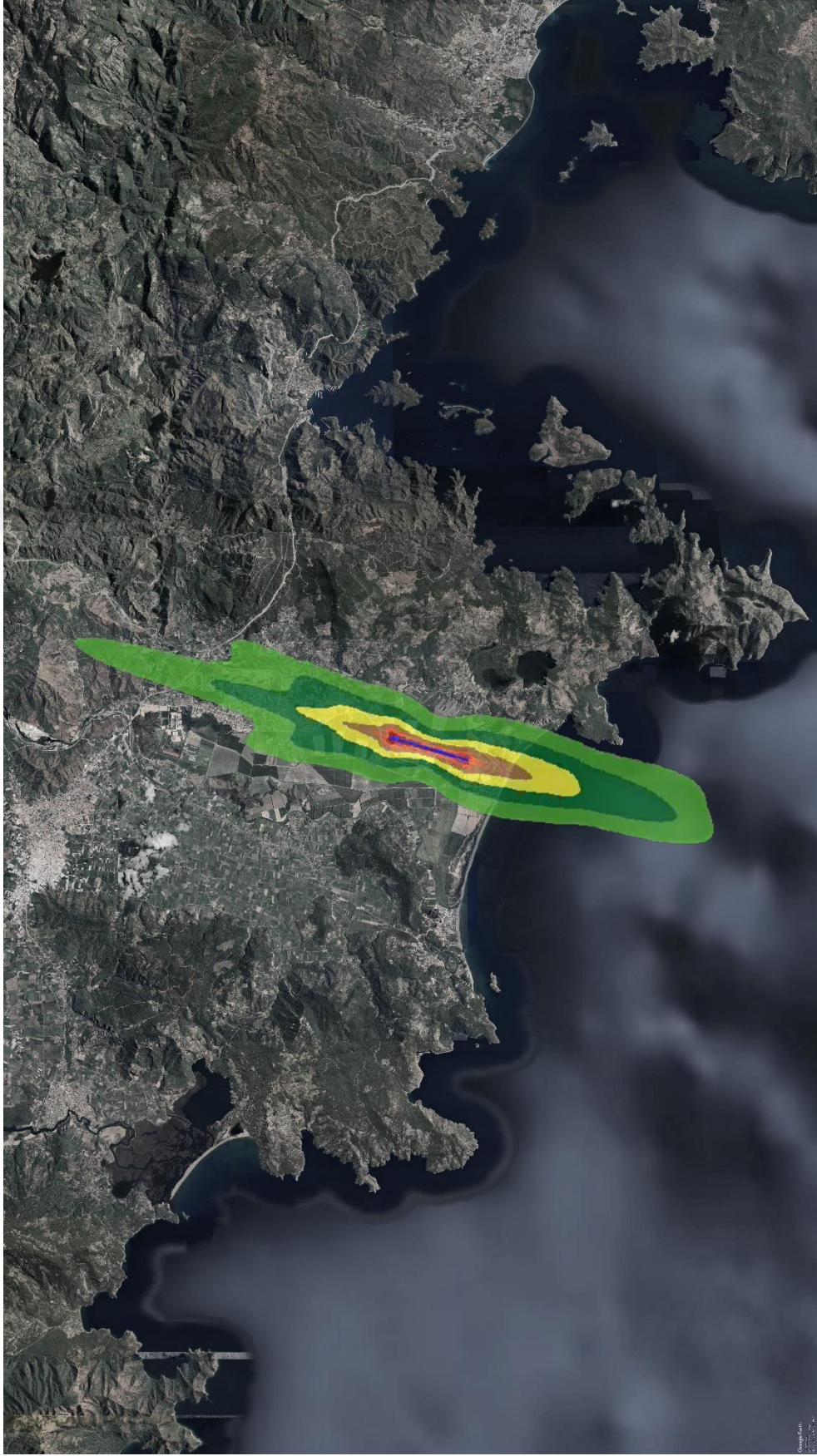
Şekil 4.9. Gürültü haritasının Google Earth üzerine aktarım aşaması

Google Earth üzerine aktarım sonrası gürültü gösterge türlerinin, uygun görüntüsü sırasıyla L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece} olarak sırasıyla aşağıdaki şekillerde belirtilmiştir.

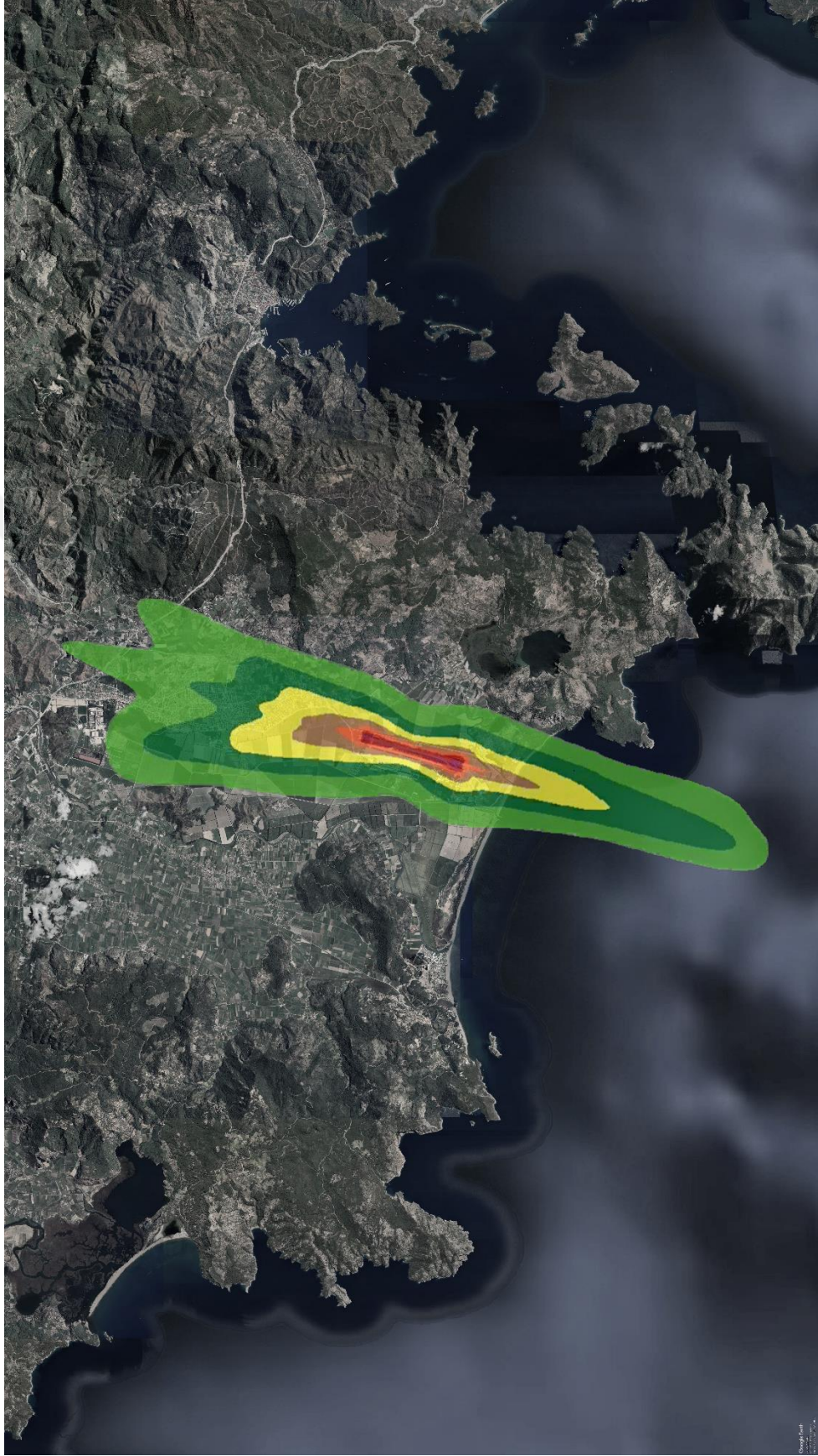
Elde edilen uydu görüntüleri üzerinden Dalaman ilçesinde bulunan mahallelerin maruz kaldıkları gürültü aralıkları, eğitim kurumları ve sağlık kuruluşlarının çevresinde meydana gelen gürültü değerlerinin görsel olarak yorumlanabilmesi konusunda yardımcı olacaktır.



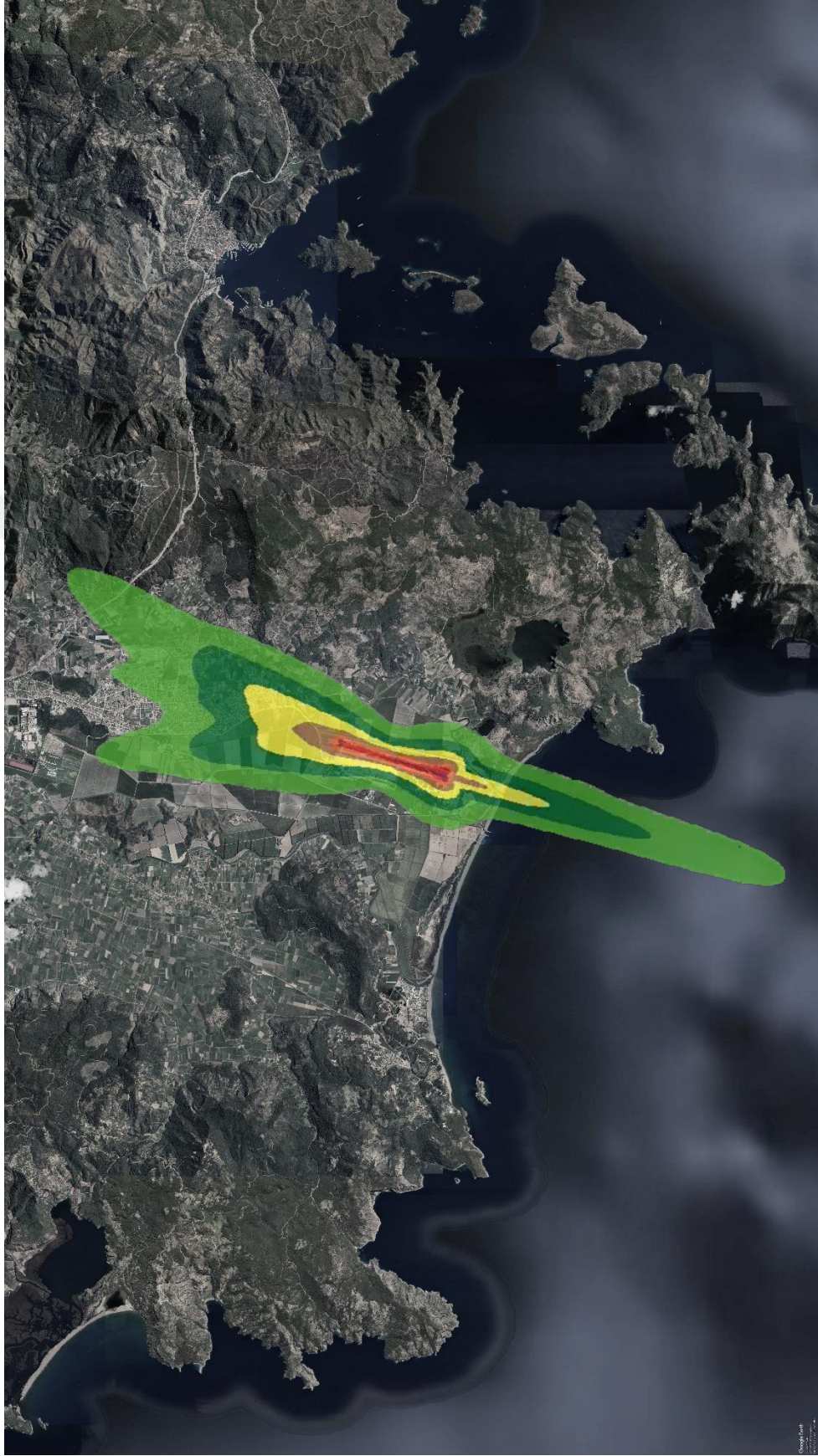
Şekil 4.10. Dalaman Havalimani L_{gag} uydu görüntüsü



Şekil 4.11. Dalaman Havalimanı Lgündüz uydu görüntüsü



Şekil 4.12. Dalaman Havalimanı *Lakşam* uydu görüntüsü



Şekil 4.13. Dalaman Havalimanı L_{gece} uygu görüntüsü

5. BULGULAR

Havalimanlarında gürültü ölçümüne yönelik yaklaşımlar incelendiğinde, gürültü ölçümleri çoğunlukla iniş ve kalkış süreçleri arasında ön plana çıkmaktadır. Gürültü modelleme yaklaşımı tek olay hesaplama prensibine dayalı olarak türetilse de ilgili olaya ait verilerin elde edilmesi ve sistematik hale getirilmesi asıl hesaplama sürecinden daha uzun sürmektedir.

DHMI'den elde edilen verilerle oluşturulan istatistikler, uçuşlar için iniş ve kalkış yönü olarak 01 doğrultusunun ağırlıklı olarak tercih edildiğini göstermektedir. Özellikle yaz aylarında ve gündüz saatlerinde karanın denize göre daha hızlı ısınmasından kaynaklanan basınç farkı nedeniyle rüzgar yüksek basınç alanından alçak basınç alanına -denizden karaya- dönmektedir. Bu durum 01 pistinin neden en çok tercih edilen pist olduğunu desteklemektedir.

Havalimanından ölçülen en yüksek gürültü seviyesi L_{gag} göstergesinde, pist yakınında ve yerleşim alanından uzakta 93,86 dB (A) olarak ölçülmüştür. Diğer gösterge türlerinde ölçülen maksimum gürültü seviyeleri Tablo 5.1'de belirtilen seviyelerdedir ve L_{gag} gürültü seviyesi aralıklarının etkisini gösterdiği alanlar Tablo 5.2'de belirtilmiştir.

Tablo 5.1. Diğer gösterge türlerinde hesaplanam maksimum gürültü değerleri

$L_{gündüz}$ dB(A)	$L_{akşam}$ dB(A)	L_{gece} dB(A)
88.12	90.30	87.03

Tablo 5.2. L_{gag} göstergesine göre gürültü aralıkları ve etkili olduğu alan

Gürültü Aralığı(dB(A))	>45-50	>50-55	>55-60	>60-65	>65-70	>70-75	>75-80	>80
Alan(km ²)	57.60	38.098	16.21	7.71	2.57	0.858	0.405	0.372

L_{gag} tipi için hesaplamada daha önce direktifte de belirtildiği gibi Denklem 3 kullanılmaktadır. Denklem üç kontur setinden (L_{day} , $L_{evening}$ ve L_{night}) türetilmiştir ve kullanılan gürültü göstergeleri ilgili direktifin ek 1'inde yer alan L_{gag} ve L_{gece} göstergeleridir, ancak $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{eq} göstergeleri de uygun şekilde kullanılabilir (END, 2002):

$$L_{gag} = 10 \log \frac{1}{24} x \left[12x \left(10^{\frac{L_{day}}{10}} \right) + 4x \left(10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} \right) + \left(8x 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \right] \quad (5.1)$$

TÜİK'in 2022 verilerine göre, havalimanına yakın Karaçalı ve Ege mahallelerinde gürültü yönetmeliğine göre incelendiğinde yaşayan kişi sayısı 14100' dir. L_{gag}

sınıfına uyan bir yerleşim bölgesindedir. Buna göre izin verilen gürültü değerleri şöyledir (Hüsmen vd., 2015):

- $L_{Gündüz} = 65 \text{ dB(A)}$
- $L_{Akşam} = 60 \text{ dB(A)}$
- $L_{Gece} = 55 \text{ dB(A)}$

Tablo 5.3, END gürültü limitleri uyarınca alanların maruz kaldığı gürültü değer aralıkları arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Tablo 5.3. Mahallelerin $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, L_{gece} göstergelerinde gürültü aralıkları

	$L_{gündüz} \text{ dB(A)}$	$L_{akşam} \text{ dB(A)}$	$L_{gece} \text{ dB(A)}$
END Sınırı	65	60	55
Karaçalı	50-60	50-60	50-60
Kapukargın	<45-50	<45-50	<45-50
Ege	50-60	55-60	50-60
Merkez	45-55	50-55	45-50
Söğütlüyurt	50-55	45-50	45-50
Hürriyet	<45-50	45-55	<45-50
Bezkeş	<45	<45	<45
Altıntaş	<45-50	45-50	<45
Atakent	<45	<45	<45

WHO tarafından hazırlanan "Avrupa Bölgesi için Çevresel Gürültü Kılavuzları" yayınında, Kılavuz Geliştirme Grubu'nun (GDG) tavsiyelerine göre, 45 dB(A) seviyenin üzerindeki gürültü değerleri ile olumsuz sağlık etkileri arasında bir ilişki olduğundan, uçak gürültüsü için ortalama gürültü maruziyet değeri L_{gag} göstergesinde 45 dB(A)'nın altında olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca gece gürültü değerlerinin L_{gece} göstergesinde 40 dB(A)'nın altında olması önerilmektedir. Bu seviyenin üzerindeki gürültü değerlerinin uyku üzerinde olumsuz etkileri olduğu belirtilmiştir (WHO, 2018).

WHO'nun kılavuz geliştirmeye yönelik "GRADE" yaklaşımında, tavsiyeler kanıtlara dayalı olarak üretilir (Guyatt vd., 2008). Üretilen kanıtların kalitesi değerlendirilir ve belirlenmiş dört seviye vardır (WHO, 2018):

- Yüksek kalite: Daha fazla araştırmanın önceki tahminin kesinliğini değiştirmesi olası değildir.
- Orta düzeyde kalite: Ek araştırmaların önceki tahminin kesinliği üzerinde önemli bir etkisi olacağı ve tahmini değiştirebileceği neredeyse kesindir.
- Düşük kalite: Daha fazla araştırmanın önceki tahminin kesinliği üzerinde önemli bir etkisi olması muhtemeldir ve tahmini değiştirebilir.
- Çok düşük kalite: Herhangi bir etki tahmini belirsizdir.

Yukarıda belirtilen kalite seviyelerine bağlı olarak uçak gürültüsünün neden olduğu olası sağlık sorunları yapılan çalışmalara göre incelenmiş ve etkileri belirtilmiştir.

WHO' ya uçak gürültüsü ve uyku bozukluğu arasındaki ilişkiyi inceleyen ve toplamda 6371 katılımcının yer aldığı çalışmalarda, gözlemler yapılmış ve gürültü maruziyet değerleri aralığı gece için 37,5 - 62,5 dB(A) arasında gözlemlenmiştir. Katılımcıların ifadelerine göre %11'inin yüksek düzeyde uyku bozukluğu yaşadığı görülmüştür. Belirtilen olumsuz etki yüzdesi, GDG'nin belirlediği %3 mutlak risk seviyesinin üzerinde olduğu için GDG, L_{gece} için maruziyet seviyesi olarak 40 dB(A) belirlemiştir. Uçak gürültüsüne maruz kalma ile uyku bozukluğu arasındaki ilişki Tablo 5.4' te gösterilmektedir (WHO, 2018):

Tablo 5.4. Uçak gürültüsüne bağlı uyku bozukluğu oranı

L_{gece} dB(A)	%HSD ("Yüksek Derecede Uyku Bozukluğu Olan" Nüfus Yüzdesi)	95% CI (Güven Aralığı)
40	11.3	4.72-17.81
45	15	6.95-23.08
50	19.7	9.87-29.60
55	25.5	13.57-37.41
60	32.3	18.15-46.36
65	40.0	23.65-56.05

Uçak gürültüsü ve rahatsızlık arasındaki bağlantıyı kanıtlayan azımsanmayacak oranda önemli kanıtlar bulunmuştur. Burada, L_{gag} ve %HA (çok rahatsız) arasındaki ilişki, uçak gürültüsü üzerine yapılan toplam 12 çalışma ile belirlenmiş ve ERF (maruziyet-tepki fonksiyonları) modellenmiştir. Az önce bahsedilen 12 çalışmada L_{gag} ve %HA arasındaki ilişki Tablo 5.5' te verilmiştir (WHO, 2018).

Tablo 5.5. Uçak gürültüsü seviyesine bağlı rahatsızlık yüzdesi

L_{gag} dB(A)	%HA (nüfusun yüzdesi " çok rahatsız ")
40	1.2
45	9.4
50	17.9
55	26.7
60	36.0
65	45.5
70	55.5

Bilişsel bozukluklarla ilgili standartlaştırılmış testlerde, uçak gürültüsü ile okuma ve sözel anlama arasındaki ilişki orta kalitede kanıtlar içerdiği belirtilmiştir. Çalışmaların çoğu istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki göstermiş ve uçak gürültüsü

seviyesi arttıkça okuduğunu anlama zorluğunun arttığı belirtilmiştir. Ayrıca uçak gürültüsünün çocukların anlık dikkati üzerinde önemli bir etkisi olmadığı belirtilirken, çocukların performansı ile uçak gürültüsü arasında uzun vadede daha zayıf bir hafızaya sebep olması hakkında orta kalitede kanıtlar olduğu ifade edilmiştir (WHO, 2018).

Dalaman Havalimanı gürültü ölçüm sonuçlarında, WHO tarafından önerilen seviyelerin üzerinde gürültüye maruz kalan mahalleler Tablo 5.6' da listelenmiştir:

Tablo 5.6. WHO sınır değerlerini aşan mahallelerin etkilendiği gürültü aralıkları

	L_{gag} dB(A)	L_{gece} dB(A)
WHO'nun Uçak Gürültü Sınırı	45	40
Karaçalı	55-65	50-60
Kapukargın	<45-55	<45-50
Ege	55-65	50-60
Merkez	50-60	45-50
Söğütlüyurt	50-55	45-50
Hürriyet	50-55	<45-50

Ayrıca, Dalaman'daki eğitim kurumları ve sağlık merkezlerinin çevresindeki maruz kalınan gürültü seviyelerinin aralıkları sırasıyla Tablo 5.7 ve Tablo 5.8' de belirtilmiştir.

Tablo 5.7. Eğitim kurumlarının maruz kaldığı gürültü değer aralıkları

Eğitim Kurumları	L_{gag}	L_{gündüz}	L_{akşam}	L_{gece}
Adile İhsan Mermerci Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	50-55	45-50	50-55	45-50
Atakent İlkokulu ve Ortaokulu	<45	<45	<45	<45
Atatürk Ortaokulu	<45	<45	<45	<45
Bahçeşehir Koleji	50-55	45-50	45-50	<45
Cumhuriyet İlköğretim Okulu	50-55	50-55	50-55	45-50
Çiftlik İlkokulu ve Ortaokulu	55-60	45-50	50-55	45-50
Dalaman Anadolu Lisesi	50-55	45-50	50-55	45-50
Dalaman Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	50-55	<45	45-50	<45
Hürriyet İlköğretim Okulu	50-55	<45	45-50	<45
Kapukargın İlkokulu ve Ortaokulu	45-50	<45	<45	<45
Karaçalı İlkokulu ve Ortaokulu	60-65	55-60	55-60	50-55
Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu	50-55	45-50	45-50	<45
Öztaş Anadolu Lisesi	55-60	45-50	50-55	45-50
Dalaman Sivil Havacılık Yüksekokulu	<45	<45	<45	<45
Şerefler İlkokulu ve Ortaokulu	50-55	<45	<45	<45

Tablo 5.8. Sağlık merkezlerinin maruz kaldığı gürültü değer aralıkları (dB(A))

Sağlık Merkezleri	L_{gag}	L_{gündüz}	L_{akşam}	L_{gece}
Atakent 2 No'lu Aile Sağlığı Merkezi	<45	<45	<45	<45
Dalaman Cezaevi Aile Sağlığı Merkezi	45-50	<45	<45	<45
1 No'lu Aile Sağlığı Merkezi	50-55	45-50	50-55	45-50
Merkez Aile Sağlığı Merkezi	50-55	45-50	50-55	45-50
5 No'lu Aile Sağlığı Merkezi	55-60	50-55	50-55	45-50

Tablo 5.8(Devam). Sağlık merkezlerinin maruz kaldığı gürültü değer aralıları (dB(A))

Sağlık Merkezleri	L _{gag}	L _{gündüz}	L _{akşam}	L _{gece}
Dalaman Devlet Hastanesi	45-50	45-50	45-50	<45

Okulların uydu üzerinden konumları numaralandırılarak Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

Okulların numaralandırmaları:

1. Atakent İlkokulu ve Ortaokulu
2. Atatürk Ortaokulu
3. Dalaman Sivil Havacılık Yüksekokulu
4. Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu
5. Hürriyet İlköğretim Okulu
6. Dalaman Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
7. Bahçeşehir Koleji
8. Adile İhsan Mermerci Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
9. Dalaman Anadolu Lisesi
10. Çiftlik İlkokulu ve Ortaokulu
11. Öztaş Anadolu Lisesi
12. Cumhuriyet İlköğretim Okulu
13. Karaçalı İlkokulu ve Ortaokulu
14. Şerefler İlkokulu ve Ortaokulu
15. Kapukargın İlkokulu ve Ortaokulu



Şekil 5.2. Okulların Dalaman Havalimanı'na göre konumları

Karaçalı İlçesi'nde bulunan Karaçalı İlköğretim Okulu'nun diğer okullara göre gürültüden en fazla etkilendiği görülmektedir. Okul çevresinin gürültüye maruz kalma

aralıkları L_{gag} gürültü göstergesi için 60 ile 65 dB (A), $L_{gündüz}$ için 55-60 dB(A), $L_{akşam}$ için 55-60 dB(A) ve L_{gece} için 50-55 dB(A) arasındadır. Gürültüye en az maruz kalan okullara bakıldığında ise Atakent İlkokulu ve Ortaokulu, Atatürk Ortaokulu ve Dalaman Sivil Havacılık Yüksekokulu dikkati çekmektedir. Tüm gürültü gösterge türlerinde, maruz kalınan gürültü değerleri 45 dB(A)'nın altında kalmaktadır.

Şekil 5.3'te havalimanına göre konumları gösterilen sağlık merkezleri incelendiğinde, 5 No'lu Aile Sağlığı Merkezi çevresinin L_{gag} göstergesine göre gürültüye en çok maruz kalan yer olduğu görülmektedir ve seviye aralıkları 55 ile 60 dB (A) arasındadır. $L_{gündüz}$ için 50-55 dB (A), $L_{akşam}$ için 50-55 dB (A) ve L_{gece} için 45-50 dB (A) aralıklarında gürültüye maruz kalmıştır. Atakent 2 No'lu Aile Sağlığı Merkezi'nin ise tüm gürültü gösterge türlerinde en az gürültüye maruz kaldığı birim olduğu görülmektedir ve <45 dB(A) seviyesinin altındadır. İlçe'nin tek hastane olan Dalaman Devlet Hastanesi'nin maruz kaldığı gürültü seviyelerinin L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ için 45-50 dB(A) aralıklarında, L_{gece} için <45 dB(A) olduğu görülmüştür.

Sağlık Merkezlerinin numaraları:

1. Atakent 2 No'lu Aile Sağlığı Merkezi
2. Dalaman Cezaevi Aile Sağlığı Merkezi
3. Dalaman Devlet Hastanesi
4. 1 No'lu Aile Sağlığı Merkezi
5. Merkez Aile Sağlığı Merkezi
6. 5 No'lu Aile Sağlığı Merkezi



Şekil 5.3. Sağlık merkezlerinin Dalaman Havalimanı'na göre konumları

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın teorik hesaplama sonuçlarına göre hem WHO hem de END sınırlarına göre değerlendirildiğinde 2022 yılında Dalaman'da havalimanından kaynaklı gürültüye en yüksek seviyelerde maruz kalan mahallelerin L_{gag} göstergesinde 55-65 dB(A) ile Karaçalı ve Ege Mahallelerinin olduğu, sonrasında Merkez Mahallesi'nin 50-60 dB(A) aralıklarında gürültüye maruz kaldığı görülmektedir. END' nin belirttiği gürültü göstergelerine göre Karaçalı ve Ege Mahalleri gündüz diliminde sınır değerlerin altındadır ama özellikle gece ve akşam zaman dilimlerinde sınır değerlere kadar ulaşmaktadır.

WHO belirttiği sınır değerlere göre incelendiğinde L_{gag} göstergesinde Karaçalı, Ege, Söğütlüyurt, Merkez Mahalleleri ile Hürriyet Mahallesi ve Kapukargın Mahalleleri'nin küçük bir bölümünün maruz kaldıkları gürültü seviyeleri 45 dB(A) veya üzerinde görülmektedir ve WHO'nun tavsiye ettiği gürültü sınır değerini aşmaktadır. Gece dilimindeki gürültü değerleri incelendiğinde L_{gag} sınır değerine göre incelendiğinde, Karaçalı, Ege, Merkez, Söğütlüyurt Mahallerinin tamamının 40 dB(A) veya üzerinde gürültüye maruz kaldıkları görülmüştür.

Eğitim kurumlarının maruz kaldığı gürültü incelendiğinde WHO sınır değerlerine göre Adile İhsan Mermerci Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Bahçeşehir Koleji, Cumhuriyet İlköğretim Okulu, Çiftlik İlköğretim Okulu, Dalaman Anadolu Lisesi, Dalaman Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Hürriyet İlköğretim Okulu, Karaçalı İlkokulu ve Ortaokulu, Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu, Öztaş Anadolu Lisesi ve Şerefiler İlkokulu ve Ortaokulu'nun 45 dB(A) ve üzerinde gürültüye maruz kalarak sınır değerleri aştığı görülmüştür. Özellikle Karaçalı ve Çiftlik ile Öztaş eğitim kurumlarının maruz kaldığı gürültü değerleri dikkati çekmektedir fakat END'nin belirlediği sınır değerleri aşmamaktadır. Eğitim kurumlarında Atakent İlkokulu ve Ortaokulu, Atatürk Ortaokulu ve Dalaman Sivil Havacılık Yüksekokulu hem WHO hem END sınır değerlerine göre eğitim öğretim için en uygun eğitim kurumları olduğu görülmektedir.

Sağlık merkezlerinde Atakent 2 No'lu Aile Sağlığı Merkezi WHO ve END sınır değerlerine göre en uygun merkez olarak dikkati çekmektedir. Dalaman Cezaevi Aile Sağlığı Merkezi, 1 No'lu Aile Sağlığı Merkezi, Merkez Aile Sağlığı Merkezi, 5 No'lu Aile Sağlığı Merkezi ve Dalaman Devlet Hastanesi'nin maruz kaldığı gürültü seviyesi 45 dB(A) ve üzerinde görülmektedir. Belirtilen sağlık merkezlerinde END'e göre herhangi bir sınır değeri aşımı gürültü göstergelerinde tespit edilmemiştir.

Dalaman Havalimanı gürültü haritası sonuçlarına göre Atakent ve Bezkese Mahalleleri ile orada bulunan eğitim ve sağlık birimlerinin, yaşam kalitesi için en uygun konumlar olduğu söylenebilir. Diğer mahallelerin, özellikle Karaçalı ve Ege Mahallelerinin maruz kalınan gürültü değerlerini azaltmak için mahalle sakinlerinin yaşadıkları binalarda ses yalıtımına ve gürültüye karşı hassas noktaların izolasyonuna dikkat edilmelidir. Gürültüye uzun süre maruz kalan okullardaki öğrencilerin uzun vadede performans düşüklüğü ve hafıza zayıflaması yaşamaması için bu okulların yapısının gürültü yalıtımına uygun hale getirilmesi önemlidir. Ağaçların ses şiddetini azalttığı belirtilmiştir (Gülenç, 2022) ve buralarda gürültü sorununun azaltılması için okul ve sağlık kuruluşlarının yakınına ağaçlandırma yapılarak bir miktar doğal bariyer görevi sağlanabilir.

Gürültünün yayılmasında nem ve sıcaklık etkisi dikkate alındığında, havada nem arttığında sesin şiddetinin azaldığı belirtilmiştir. Sebebi, havada bulunan su buharlarının artışı nedeniyle yoğun bir ortamın oluşması ve ses dalgalarının daha fazla sönümlenmesidir. Sıcaklık yükseldikçe ses dalgalarının kırılması artmakta ve yere yakın olan dalgaların yukarı yönde kırılarak kaynağın iki yanında sessiz bölgelerin olduğu belirtilmiştir. Bu durumun tam tersi sıcaklığın düştüğü durumlarda ise ses dalgalarının daha uzak mesafelerden duyulmasına sebep olmaktadır. (Bilgen, 2017). Bu nedenle Dalaman Havalimanı'nın gece uçuşlarının seyreltilip, gündüz uçuşlarının yoğunluğunun artırılması gürültü yoğunluğunun azalmasında etkili olabilir.

KAYNAKÇA

- Akdeniz, H. Y., Sogut, M. Z., & Turan, O. (2021). Prediction and simulation of aircraft noise in the international Eskisehir Hasan Polatkan airport (LTBY). *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. Vol.93(1), pp. 171-179.
- AzB. Umweltbundesamt Arbeitsgruppe. (2007). Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen.
- AzD. (2007). *Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb* <https://lbm.rlp.de/fileadmin/LBM/Dateien/Aufgaben/Fluglaerm/AzD.pdf>. (Erişim tarihi: 21.01.2023).
- Bentes, F. M., Heleno, T. A. and Slama, J. G. (2013). Analysis of airport noise exposure around Viracopos International Airport using geographic information systems. *Journal of Air Transport Management*. Vol.31, pp. 15-17.
- Bilgen, İ. (2017). *Nevşehir il merkezinde trafik kaynaklı gürültü düzeyleri ölçümü ve gürültü haritasının hazırlanması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacıbektas Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÇSB. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği*. Ankara.
- DHMİ (2020). *2019 Havayolu Sektör Raporu*, Ankara.
- DHMİ (2021). *2021 Havayolu Sektör Raporu*, Ankara.
- ECAC. European Civil Aviation Conference. (2007). Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports.
- ECAC. European Civil Aviation Conference (2016a). European Civil Aviation Conference, Doc 29, 4th Edition Volume 1: Applications Guide.
- ECAC. European Civil Aviation Conference (2016b). European Civil Aviation Conference, Doc 29, 4th Edition Volume 2: Technical Guide.
- END. (2008). *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*.
- FAA. Federal Aviation Administration (2022a). FAR Part 161 – Notice And Approval Of Airport Noise And Access Restrictions.
- FAA. Federal Aviation Administration (2022b). Part 150 – Airport Noise Compatibility Planning.
- Flughafenverband (2018). *Fluglärmschutz im blick, Die erfolgreiche Strategie der Luftverkehrsbranche*. <https://www.adv.aero/wpcontent/uploads/2018/09/Flugl%C3%A4rmschutz-im-Blick.pdf>. (Erişim tarihi:23.02.2023).
- Gulding, J. M., Olmstead, J.R., Fleming, G.G. (1999). *Integrated Noise Model (INM) Version 6.0 User's Guide*. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Report No. FAA-AEE-99-03,

- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Vist, G. E., Kunz, R., Falck-Ytter, Y., Alonso-Coello, P., and Schünemann, H. J. (2008). GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *Bmj*. Vol.336(7650), pp. 924-926.
- Gülenç, H., (2022). *Sabiha Gökçen Havalimanındaki Yolcu Uçağı Gürültülerinin Değerlendirilmesi*. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı). (2018). *Çevresel gürültü değerlendirmesi ve yönetimi ile ilgili AB direktiflerinin uyumlaştırılması ve uygulamaları Avrupa birliği eşleştirme projesi TR/2004/IB/EN/02*. Gürültü Tedbirleri El Kitabı.
- Hüsman, N., Türkel, E., Shilton, S., Rosão, J., Grilo. Á. (2015). "Assessment and Management of Environmental Noise in Turkey. *Proceedings of ICSV*
- IATA. International Air Transport Association. (2019). International Air Transport Association Annual Review.
- ICAO (2001). Resolutions Adopted at the 33rd Session Of The Assembly Provisional Edition .
- ICAO (2005). Annex 16 - Environmental Protection, Volume I - Aircraft Noise, 4th Edition.
- ICAO (2007). *ICAO news release PIO 08/07*
https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/Assembly%2036th%20Session/pio200708_e.pdf (Erişim tarihi: 19.12.2022).
- ICAO (2018). Recommended method for computing noise contours around airports, 2nd Ed, ICAO Doc 9911.
- Isermann, U. (2010) *DIN 45689–eine AzB mit mehr Profil?*
https://elib.dlr.de/63084/1/daga2010_072.pdf. (Erişim tarihi: 20.12.2022).
- Isermann, U. and Vogelsang, B. (2010). AzB and ECAC Doc. 29—Two best-practice European aircraft noise prediction models. *Noise Control Engineering Journal*, Vol.58 No.4, pp. 455-461.
- ISO 1996-1 (2001). International Organization for Standardization: Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures.
- Kephalopoulos, S., Paviotti, M., & Anfosso-Lédée, F. (2012). *Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- Keskin, O. (2014). *Havalimanı Gürültü Haritalarının Hazırlanması: İstanbul Sabiha Gökçen Uluslararası Havalimanı Örneği*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Licitra (Ed.), G. (2012). *Noise mapping in the EU: models and procedures*. CRC Press.
- Murphy, E. and King, E. (2014). *Environmental noise pollution: noise mapping, public health, and policy*. Newnes.

- Netjasov, F. (2012). Contemporary measures for noise reduction in airport surroundings. *Applied Acoustics*, Vol. 73 No.10, pp. 1076-1085,
- Netjasov, F.(2008). a Model of air traffic assignment as a measure for mitigating noise at airports: The Zurich Airport case. *Transportation Planning And Technology*. Vol.31 No.5, pp. 487-508,
- Nijland, H. A. and Van Wee, G. P. (2005). Traffic noise in Europe: a Comparison of calculation methods, noise indices and noise standards for road and railroad traffic in Europe. *Transport reviews*. Vol.25 No.5, pp. 591-612,
- Ozkurt, N., Sari, D., Akdag, A., Kutukoglu, M., & Gurarslan, A. (2014). Modeling of noise pollution and estimated human exposure around İstanbul Atatürk Airport in Turkey. *Science of the Total Environment*. Vol.482, pp. 486-492.
- Özkurt, N., Hamamcı, S. F., Sarı , D. (2012). Modeling Of Noise Pollution And Estimated Human Exposure Around The İzmir Adnan Menderes Airport. *Proceedings of the Second International Conference on Water, Energy and the Environment*. Kusadası, Turkey. pp.296
- SAE AIR (1986). Society of Automotive Engineers. Procedure for the Calculation of Aircraft Noise in the Vicinity of Airports.
- Sarı, D., Hamamcı, S. F., Akdağ, A., Kütükoğlu, M., & Özkurt, N. (2013). Havalimanlarında Gürültü Haritalama Çalışmaları-Türkiye’den Örnekler. 10. *Ulusal Akustik Kongresi Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu*. İstanbul.
- WHO. World Health Organization (2018). Environmental noise guidelines for the European region.
- Xie, H., Li, H. and Kang, J. (2014). The characteristics and control strategies of aircraft noise in China. *Applied Acoustics*. Vol.84, pp.47-57.
- Yılmaz, S., (1979). *Uçak Gürültüsünün Kontrol Altına Alınması Amacıyla Yeşilköy Havalimanı Çevresinde Yerleşme Sınırlarının Belirlenmesi* , Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi: Mimarlık Fakültesi.
- Zaporozhets, O. and Levchenko, L. (2021). Accuracy of noise-power-distance definition on results of single aircraft noise event calculation. *Aerospace*. Vol.8 No.5, pp.121.
- Zaporozhets, O., Tokarev, V. and Attenborough, K. (2011). *Aircraft Noise Propagation, Exposure & Reduction*. Spon Press.
- Zhao, K., Okolo, P., Neri, E., Chen, P., Kennedy, J., Bennett, G. J. (2020), “Noise reduction technologies for aircraft landing gear-A bibliographic review”, *Progress in Aerospace Sciences*. Vol.122(1), pp.1-23.

http-1:

[https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/103307/mod_resource/content/1/Cevresel%20G%C3%BCr%C3%BClt%C3%BCs%C3%BCs%C3%BCs%20De%C4%9Ferlendirilmesi%20ve%20kontrol%C3%BC.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/103307/mod_resource/content/1/Cevresel%20G%C3%BCr%C3%BClt%C3%BCs%C3%BCs%C3%BCs%C3%BCs%20De%C4%9Ferlendirilmesi%20ve%20kontrol%C3%BC.pdf). (Erişim tarihi: 26.03.2023)

http-2:

<https://www.dhmi.gov.tr/Lists/Istatislikler/Attachments/264/T%C3%9CM%20U%C3%87AK.pdf>. (Erişim tarihi: 26.03.2023)

http-3: <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/HavaLimanlari.aspx>. (Erişim tarihi: 26.03.2023)

http-4: <https://iklim.mam.tubitak.gov.tr/tr/haber/havalimani-stratejik-gurultu-haritalari-tubitak-mam-tarafindan-hazirlaniyor>. (Erişim tarihi: 27.02.2023)

http-5: <https://cip.tuik.gov.tr/#>. (Erişim tarihi: 13.05.2023)

http-6: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>. (Erişim tarihi: 13.05.2023)



ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0003-0977-3862

Adı Soyadı: İbrahim GÜÇLÜ

Yabancı Dil: İngilizce

Doğum Tarihi ve Yeri:

E-posta:

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2020, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uçak Gövde ve Motor Bakımı Bölümü, Uçak Gövde Motor Bakım Anabilim Dalı
- 2011, Anadolu Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Gövde Motor Bakım Bölümü
- 2021, Halen: Araştırma Görevlisi, Kapadokya Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Uçak Gövde ve Motor Bakımı