

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**TRABZON HAVAALANI UÇAK HAREKETLERİNİN YAKIN YERLEŞİM  
BİRİMLERİ ÜZERİNDEKİ ÇEVRESEL ETKİLERİ**

**Maden Müh. Enver ÇAPA**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Yüksek Lisans (Çevre Bilimleri)”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07/07/2008**

**Tezin Savunma Tarihi : 29/07/2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ayhan KESİMAL**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. M. Burhan SADIKLAR**

**Jüri Üyesi : Doç. Dr. Hacı DEVECİ**

**Enstitü Müdür V. : Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2008**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Danışmanlığımı üstlenerek tez çalışmalarımda beni yönlendiren ve değerli görüş ve önerilerini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Ayhan KESİMAL'a, ölçüm çalışmalarımda sabır ve özveri ile bana yardım eden Maden Yüksek Mühendisi Oktay DURMUŞ'a, verilerin yorumlanmasında ve düzenlenmesinde görüşleriyle bana destek olan Araş. Gör. Ersin Yener YAZICI, İnşaat Yüksek Mühendisi Abdurrahman ŞAHİN ve Araş. Gör. Ferdi CİHANGİR'e sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım Kurtuluş TAŞTAN'a, değerli hocalarım Doç. Dr. Hacı DEVECİ, Prof. Dr. M. Burhan SADIKLAR ve Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ'a, Araş. Gör. İzzet KARAKURT'a ve Hüseyin KARTAL'a teşekkür ederim.

Ayrıca öğrenimim esnasında bana vermiş oldukları desteklerden dolayı başta Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyon Müdürü Mustafa DALMAN olmak üzere tüm Meteoroloji çalışanlarına ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Enver ÇAPA  
Trabzon 2008

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET .....	VI
SUMMARY .....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Ses.....	2
1.3. Ses Basıncı.....	2
1.4. Ses Dalgalarının Özellikleri.....	2
1.5. Harmonik Olmayan Ses Dalgaları ve Ses Basıncının “rms” Değeri.....	4
1.6. Desibel.....	5
1.7. Ses Gücü Seviyesi .....	5
1.8. Ses Şiddeti ve Ses Şiddeti Seviyesi.....	6
1.9. Arı, Periyodik ve Karmaşık Sesler .....	7
1.10. Frekans Analizi.....	7
1.11. Oktav Bantları .....	8
1.12. Hava Şoku .....	9
1.13. Gürültünün Tanımı .....	10
1.14. Ses Yüksekliği ve Gürültü Ölçütü.....	11
1.14.1. Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Seviyesi.....	11
1.14.2. Gürültü (Ses) Seviyesi.....	12
1.14.3. Algılanmış Gürültü Seviyesi (PNL, LPN).....	14
1.15. Gürültünün Sınıflandırılması.....	15
1.15.1. Frekans Spektrumuna Göre Gürültü.....	15
1.15.2. Gürültü Seviyesinin Zamanla Değişimine Göre Gürültü .....	16
1.16. Havaalanı ve Uçak Gürültüsü.....	17
1.16.1. Uçan, İnen ve Kalkış Yapan Uçakların Gürültüsü ve Spektrumu.....	20

1.16.2.	Uçakların Yerdeki İşlemleri Sonucu Ortaya Çıkan Gürültü .....	21
1.17.	Gürültünün İnsan Organizması Üzerine Yaptığı Olumsuz Etkiler.....	22
1.17.1.	Gürültünün Psikolojik Etkileri (Gürültünün Davranış Üzerine Etkileri) .....	22
1.17.1.1.	Taciz Olma .....	23
1.17.1.2.	Verimlilik, Performans ve Düzensizlik .....	23
1.17.1.3.	Yorgunluk.....	23
1.17.1.4.	Uyku Üzerine Etkisi .....	24
1.17.2.	Gürültünün Fizyolojik Etkileri .....	24
1.17.2.1.	Gürültünün İşitme Sistemi Dışındaki Organlara Etkileri .....	25
1.17.2.2.	Gürültünün İşitme Sistemine Etkileri.....	25
1.18.	Gürültü Kontrolü .....	26
1.19.	Havaalanı Gürültüsü ve Denetimi .....	27
1.19.1.	Yer Hareketleri ve İniş-Kalkışta Oluşacak Gürültünün Kaynakta Denetlenmesi	28
1.19.1.1.	Gürültü Engelleri .....	28
1.19.1.2.	Ses Azaltma Salonları.....	29
1.19.1.3.	Susturucular .....	30
1.19.1.4.	Yolcu Kapasitesi İle Gürültü Kontrolü.....	30
1.19.2.	Havaalanı Planlaması ve Yönetimi ile Gürültünün Denetlenmesi .....	31
1.19.2.1.	Havaalanı Pist Yönünün Seçimi.....	31
1.19.2.2.	Uçuş Yolları ve İniş - Kalkış Açılırları .....	31
1.19.2.3.	Gece Uçuşu Sınırlaması .....	32
1.19.2.4.	Sessiz Uçakların Kullanımı .....	32
1.19.3.	Gürültünün Yayıldığı Çevrede Denetim .....	33
1.19.3.1.	Uzaklığın Etkisi .....	33
1.19.3.2.	Meteorolojik Koşulların Etkisi .....	34
1.19.3.3.	Farklı Zemin Örtülerinin Gürültü Denetimine Etkisi .....	34
1.19.3.4.	Arazi Kullanım Planlamaları ile Denetim .....	35
1.19.3.5.	Yapıda Alınacak Önlemler ile Gürültünün Önlenmesi .....	35
1.20.	Avrupa Birliği ve Türkiye Çevre Mevzuatı.....	37
1.21.	Uçak Gürültüsü Ölçümü.....	40
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	41
2.1.	Gürültü ve Hava Şoku Ölçümleri .....	41
2.1.1.	Çalışma Alanının Tanımlanması .....	41

2.1.2.	Ölçüm Noktaları ve Meteorolojik Koşullar.....	44
2.1.3.	Ölçümlerde Kullanılan Cihaz .....	47
2.2.	Anket Çalışması.....	48
3.	BULGULAR .....	49
3.1.	Gürültü ve Hava Şoku Ölçümü Sonucu Elde Edilen Bulgular.....	49
3.1.1.	Ölçümlerin İstatistiksel ve İstasyonlara Göre Analizi.....	56
3.2.	Anket Çalışmaları Sonucu Elde Edilen Bulgular .....	63
4.	İRDELEME VE SONUÇLAR.....	70
5.	ÖNERİLER .....	73
6.	KAYNAKLAR.....	75
7.	EKLER .....	78
	ÖZGEÇMİŞ	

## ÖZET

Son yıllarda dünya nüfus artışına ve teknolojik ilerlemelere bağlı olarak çevre kirlilikleri giderek artmıştır. Bu kirliliklere içinde havacılığın da bulunduğu birçok sektördeki çalışmalar sebep olmaktadır. Hava taşımacılığı insanlara ve ekonomiye birçok fayda sağlamaktadır. Bununla birlikte, bir havaalanındaki uçak aktivitelerinin gürültü ve zararlı gazlar sebebiyle çevre üzerinde olumsuz etkileri de vardır. Teknolojik gelişmelerle daha sessiz uçaklar üretilmesine rağmen uçak hareket sayısındaki artış, havaalanı ve uçak gürültüsünde artışa sebep olmuştur. Böylece, havaalanına yakın yerleşim merkezlerindeki etkiler yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu çalışmada, Trabzon Havalimanı'na yakın olarak kurulmuş olan Konaklar, Yalı ve Adnan Kahveci Mahalleleri'nde, uçak hareketleri ve onların etkilerinin sebep olduğu gürültü ve hava şoku düzeyleri ile toplumsal rahatsızlık düzeyleri araştırılarak, sonuç ve öneriler ortaya koyulmuştur.

Bu çalışma kapsamında, havaalanı çevresinde inceleme ve gözlemler yapılarak, havaalanına farklı mesafelerde (300 m, 550 m, 620 m) üç tane ölçüm noktası seçildi. Uçak hareketleri sonucu ortaya çıkan gürültü ve hava şoku 05.10.2006-02.10.2007 tarihleri arasında bu üç istasyonda ölçüldü. Daha sonra, elde edilen 84 tane ölçüm bilgisayar destekli data değerlendirme ünitesine aktarılarak istasyonlara ve mesafelere göre gürültü ve hava şoku bazında gruplandırıldı. Verilerin ayrıca istatistiksel analizleri de yapıldı. Gürültü ve hava şoku seviyelerinin sınır değerlerinin üzerinde olduğu saptandı. Bulgular göstermiştir ki, uçak hareketlerinden en çok etkilenen yerleşim merkezi Adnan Kahveci Mahallesi'dir.

Ölçümlere paralel olarak anket çalışmaları da yapıldı. Anket çalışmaları sonucunda havaalanına yakın yerleşim bölgelerinde yaşayanların rahatsızlık düzeylerinin yüksek olduğu saptandı. Gürültü ve hava şoku düzeyleri ile anket sonuçları birbirleriyle karşılaştırılarak irdelendi ve gece uçuşu sınırlaması, ses engellerinin kullanımı ve havaalanına yakın binalarda yalıtım yapılması gibi birçok uygulanabilir gürültü ve hava şoku denetim önerileri ortaya koyuldu.

**Anahtar Kelimeler:** Ses, Gürültü, Hava şoku, Hava alanı gürültüsü, Uçak gürültüsü

## SUMMARY

### **Environmental Effects of Aircraft Activities on Settlements near Trabzon Airport**

In recent years, environmental pollutions have increased depending on the increase in world population and the development of technology. These pollutions are caused by workings of many sectors including aviation. Air transportation has many benefits for people and the economy. However, aircraft activities in an airport have also negative effects on surround area, due to noise and gas emissions. The increase of aircraft activities has caused in increases of airport and aircraft noise although more silent aircrafts have been developed depending on the technological developments. Therefore the effects on the settlements in the vicinity of airports have reached to high levels. In this study, noise and air shock levels caused by aircraft activities and their impacts on Konaklar, Yalı and Adnan Kahveci neighborhoods settled near Trabzon Airport and social discomfort levels were investigated and results and suggestions were presented.

In the scope of this study, inspections and observations have been carried out on the airport area and a total of the three locations were selected in different distances (300 m, 550 m, 620 m) to the airport. In these three stations, noise and air shock that occurred after the aircraft activities were measured over a period between 05.10.2006 and 02.10.2007. The obtained 84 measurements were then transferred into the computer aided data assessment unit and were grouped by noise and air shock base according to stations and distances. Statistical analyses of the data were also carried out. Noise and air shock levels were found to be above the maximum levels. The findings have shown that the most severely affected settlement was Adnan Kahveci Neighborhood.

Poll studies were also carried out parallel to measurements. At the end of poll studies, discomfort levels of people living in settlement centers near the airports were high. Noise and air shock levels and poll results have been investigated by being compared mutually and applicable control suggestions were presented such as night flying restriction, using sound barriers and using insulation on the buildings near the airport.

**Key Words:** Sound, Noise, Air Shock, Airport Noise, Aircraft Noise

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Basit harmonik bir ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimi .....	3
Şekil 2. Basit harmonik bir ses dalgasının bir yönde ilerleyişi.....	3
Şekil 3. a. Harmonik, periyodik ve karmaşık seslerin oluşturacağı ses basıncı değerleri, b. Bu fonksiyonların değişimi .....	7
Şekil 4. İşitme sınırları.....	9
Şekil 5. Arı sesler için eş yükseklik eğrileri .....	12
Şekil 6. Standart A, B, C, D ağırlık eğrileri.....	13
Şekil 7. Eş algılanmış gürültülülük eğrileri .....	15
Şekil 8. Gürültünün zamanla değişimi (A: kararlı gürültü, B: kararsız gürültü, C: darbe gürültüsü) .....	17
Şekil 9. a. Doğrusal uçmakta olan bir süpersonik uçak için şok dalgası, b. Dalış yapan bir süpersonik uçak için şok dalgası .....	19
Şekil 10. Turbo fan ve turbo jet uçağın uçuş seyirindeki zamansal hareketleri .....	20
Şekil 11. 120 m yükseklikte kalkışta turbo jet, inişte turbo fan motorlu uçakların spektral özelliklerinin farkı.....	21
Şekil 12. Çeşitli gürültü seviyelerinde meydana gelen geçici işitme eşiği.....	26
Şekil 13. Ses engelleri kesitleri.....	29
Şekil 14. Ses azaltma salonu plan ve perspektifi .....	29
Şekil 15. Uçak kalkış planlaması ile gürültünün azaltılması .....	32
Şekil 16. Sesin uzaklıkla azalması .....	33
Şekil 17. Hava boşluklu çift cam için ses azaltma değeri.....	36
Şekil 18. Tek katmanlı cam için ses azaltma değeri .....	36
Şekil 19. Trabzon Hava limanı-yerleşim merkezi görünümü.....	42
Şekil 20. Instantel minimize plus model gürültü ölçer cihaz.....	48
Şekil 21. Uçak hareketleri esnasında kaydedilen gürültü ve hava şokunun % oranı.....	49
Şekil 22. Pist başlarına göre gerçekleşen uçak hareketleri .....	54
Şekil 23. Ses şiddetinin mesafeyle değişimi .....	56
Şekil.24. İstasyon 1’de kaydedilen değerlerin % oranı .....	59
Şekil 25. İstasyon 2’de kaydedilen değerlerin % oranı .....	60
Şekil 26. İstasyon 3’de kaydedilen değerlerin % oranı .....	60
Şekil 27. İstasyonlarda pist başlarına göre değerlendirilen uçak hareketleri.....	61



Şekil 28. Pist başlarına göre en sık gerçekleşen uçak hareketlerinin istasyonlarda algılanan ortalama ses seviyeleri .....	62
Şekil 29. En çok iniş-kalkış yapan uçak tiplerinin ortalama ses seviyeleri .....	62
Şekil 30. Ankete katılan görüşmecilerin cinsiyete göre dağılımı .....	63
Şekil 31. Katılımcıların yaşadığı binaların yapısı.....	63
Şekil 32. Havaalanına yönelik cephe.....	64
Şekil 33. Ankete katılan kişilerin yaş aralığına göre dağılımı .....	64
Şekil 34. Katılımcıların ailesindeki birey sayısı .....	65
Şekil 35. Evlerin yatak odalarının havaalanına yönelik durumu .....	65
Şekil 36. Uçak gürültüsü rahatsızlık durumu .....	66
Şekil 37. Uçak gürültüsünden en çok rahatsız olunan günler.....	66
Şekil 38. Katılımcıların bölgede oturma süreleri.....	67
Şekil 39. Uçak gürültüsünden rahatsız olunan zaman dilimi .....	67
Şekil 40. Uçak gürültüsü sebebiyle günlük hayattaki şikâyetler .....	68
Şekil 41. Katılımcıların evde en çok buldukları zaman.....	68
Şekil 42. En çok rahatsız olunan uçak hareketi .....	69
Şekil 43. Evlerde gürültüye karşı alınmış önlem.....	69

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Sesin bazı ortamlarda 21 °C'deki yayılma hızları.....	4
Tablo 2. Çeşitli ses kaynaklarının tipik ses güçleri ve ses gücü seviyeleri.....	6
Tablo 3. Hava basınç dalgalarının neden olabileceği sınır değerler .....	10
Tablo 4. Gürültünün insanlar üzerindeki etkileri.....	22
Tablo 5. Bazı gürültü kontrol cam modellerinin özellikleri ve gürültü yalıtım değerleri ..	37
Tablo 6 Havaalanı çevresel gürültü sınır değerleri .....	39
Tablo 7. Trabzon Havalimanında yıllara göre uçak trafiği.....	43
Tablo 8. B738 tipi uçağın teknik özellikleri .....	43
Tablo 9. B737-400 tipi uçağın teknik özellikleri .....	43
Tablo 10. A320 tipi uçağın teknik özellikleri.....	44
Tablo 11. Ölçüm yapılan anlardaki Trabzon Havalimanı'ndaki meteorolojik koşullar .....	46
Tablo 12. Uçak hareketleri sonucu istasyonlarda ölçülen gürültü ve hava şoku değerleri ..	50
Tablo 13. Ölçüm esnasında uçak tiplerine göre gerçekleşen uçak hareketi .....	55
Tablo 14. Üç istasyonda da aynı anda ölçülen ses seviyesi sayısı .....	55
Tablo 15. İstasyonlardaki değerlerin standart sapmaları ve ortalamaları .....	56
Tablo 16. İstasyonlar bazında ölçülen gürültü ve hava şoku değerleri ve varyans .....	57
Tablo 17. Varyans analizi hesaplamalarında kullanılacak ana formüller tablosu .....	58
Tablo 18. Varyans analizi hesap tablosu .....	58
Tablo 19. İstasyonlara ait 88 dB üzeri gürültü ve hava şoku ile 88 dB altı gürültü veya hava şoku.....	59

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Artan nüfus ve endüstrileşmenin bir sonucu olarak oluşan çevre kirlenmeleri, içinde bulunduğumuz yüzyılda insanlığın en önemli problemleri haline gelmiştir. Birçok sektör çalışmaları ve üretimleri sonucunda çevre problemleri ortaya çıkabilmektedir. İnsanların gidecekleri yerlere en rahat, en kısa sürede ulaşmalarını sağlayan sektörlerden birisi de havacılıktır. Hava taşımacılığının küresel ekonomiye sağladığı sosyal ve ekonomik getirilerin yanında, bu sektörden kaynaklanan gaz ve gürültü emisyonlarına bağlı çevresel etkileri de dikkate almak gerekmektedir [1, 2].

İnsanların yaşamsal etkilerinden doğan, genel olarak rahatsız edici ve istenmeyen sesler olarak tanımlanan gürültü, elastiki bir ortamda yayılan ve işitme duyusunu uyaran mekanik titreşimlerden ibarettir. Çeşitli şekillerde ortaya çıkan aşırı seslerin sebep olduğu gürültü Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) sağlık tanımına ve koşullarına etki eden bir çevre sorunu olarak kabul edilmektedir. Diğer bir deyişle gürültü de bir tür çevre kirliliğidir [1]. Türkiye'de gürültü, birçok toplumsal ve ekonomik gelişme sorunu arasında olduğu kadar, çevre sorunları içinde de öncelikli bir yer işgal etmektedir.

Gürültü, kaynağına, gürültüye maruz kalan kişilerin konumlarına ve gürültünün yayılma yollarına bağlı olarak; bina içi ve bina dışı olmak üzere iki grupta incelenebilir.

Bina dışı gürültüler, hem bina içindeki yerleri hem de bina dışındaki açık alanları kullanan, kişileri etkileyen ve bina dışında yer alan kaynaklardan yayılan gürültülerdir.

Bina dışı gürültülerinden olan ve ulaştırma gürültüleri kapsamına giren havaalanı gürültüsü son yıllardaki nüfus artışına ve teknolojik ilerlemeye paralel olarak artmıştır. Teknolojik ilerlemeye bağlı olarak, zamandan kazanmak için daha hızlı uçaklar ve dolayısıyla daha güçlü uçak motorları üretilmiştir. Bunlara paralel olarak artan nüfus ile daha hızlı ve kolay ulaşım gereksinimi uçak sefer sayılarının artışına ve dolayısıyla havaalanı gürültüsünün artışına neden olmuştur. Havaalanları çevresinde düzensiz ve bilinçsiz yapılaşma da bunlara eklenince gürültüden rahatsız olma seviyeleri son yıllarda en üst noktaya ulaşmıştır [3].

Bu çalışmada amaç, ses bileşenlerinden başlayarak çevre problemlerinden olan havaalanı ve uçak gürültüsünü tanımlamak, denetimde etkili olabilecek yöntemleri

belirlemek ve Trabzon Havaalanı'na yakın yerleşim birimlerinde uçak hareketlerinden kaynaklanan gürültü ve hava şoku seviyelerini ölçmek ve anket çalışmaları ile halkın rahatsızlık boyutunu değerlendirmektir.

## 1.2. Ses

Fiziksel olarak ses, katı, sıvı ve gaz cisimlerde moleküler titreşim esasına dayanan mekanik bir zorlamayı ifade eder. Hava gibi elastiki ortamlarda ses, küçük partiküllerin titreşimi sonucu çevre atmosferinde yükseliş ve düşüş biçiminde basınç değişimleridir.

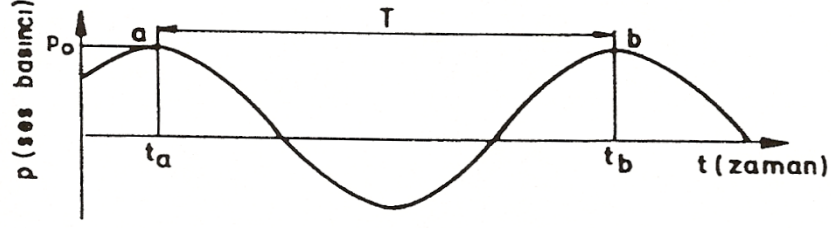
Sesin oluşması ve yayılması, ortamdaki parçacıkların titreşimi ve bu titreşimlerin komşu parçacıklara iletimiyle olur. Ortamdaki parçacıkların titreşmesiyle oluşan dalgalar havada basınç değişiklikleri oluşturur. Bu basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilir ve beyin tarafından ses olarak algılanır [4, 5, 6].

## 1.3. Ses Basıncı

Sesin hava yoluyla yayılmasında, havadaki gaz moleküllerinin titreşimiyle atmosferik basınçta meydana gelen ufak değişiklikler "ses basıncı" olarak tanımlanır. Ses basıncı, normal atmosfer basıncının milyonda biri olan "microbar" veya " $\text{dyn/cm}^2$ " olarak, ayrıca, "micro Pascal" veya " $\text{N/m}^2$ " olarak da ifade edilebilir [4, 6].

## 1.4. Ses Dalgalarının Özellikleri

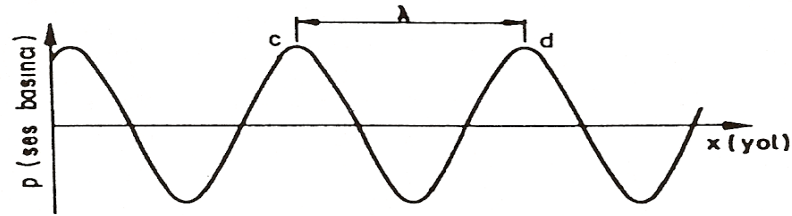
Frekans, periyot, dalga boyu ve yayılma hızı, ses dalgalarını karakterize eden büyüklüklerdir. Şekil 1'de basit harmonik bir ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimini göstermektedir.  $P_0$  ile gösterilen, basıncın en büyük değerine "genlik" denir. Basıncın, birbirini izleyen en büyük iki değeri arasında geçen zamana (örneğin,  $t_a-t_b$ ) "periyot" denir. "T" ile gösterilen periyodun birimi, saniyedir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, basınç değişimi her periyotta aynen tekrarlanmaktadır [4, 6].



Şekil 1. Basit harmonik bir ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimi [7].

Periyodun tersi ( $1/T$ ) “frekans” ( $f$ ) tır. Periyot, “bir basınç devri için geçen zaman” olarak tanımlanabileceğine göre; frekans, “birim zamandaki basınç değişim devri sayısı” dır. Bu tanımlarda basınç değişim devri ile anlatılmak istenen; dalga hareketinde, aynı yönde ilerleyen ses dalgasının basıncının aynı seviyeye ulaştığı, birbirini izleyen iki nokta (örneğin a ve b) arasındaki kısımdır. Frekans, genellikle “bir saniyedeki devir sayısı” olarak tanımlanır ve hertz ile ölçülür. Tanımından anlaşılacağı gibi, frekansla periyot arasındaki ilişki şu bağıntıyla verilebilir [4, 6]:

$$T = 1/f \quad (1)$$



Şekil 2. Basit harmonik bir ses dalgasının bir yönde ilerleyişi [7].

Şekil 2’de, yatay eksen yolu gösterdiğinden, birbirini izleyen iki benzer nokta (örneğin c ve d) arasındaki uzaklık “dalga boyu” ( $\lambda$ ) olacaktır. Birimi, santimetre ve metredir.

Dalga boyu “ $\lambda$ ” olan bir dalga, periyodu olan  $T$  sürede kendi boyu kadar yol gideceğinden, dalganın “yayımla hızı”:

$$C = \lambda/T \quad (2)$$

olacaktır. Dolayısıyla, bir dalganın frekansı veya periyodu ile arasındaki ilişki, yayılma hızı,

$$c = \lambda/T, (f = 1/T \text{ olduğundan}), c = \lambda f, \lambda = c/f \quad (3)$$

eşitlikleriyle bağlıdır.

Sesin bazı ortamlarda, 21 °C'deki yayılma hızları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sesin bazı ortamlarda 21 °C'deki yayılma hızları [7].

Ortam	Yayılma Hızı ( m/s )
Hava	344
Mantar	500
Kurşun	1200
Su	1400
Sert Kauçuk	1400-2400
Beton	3000-2400
Tahta	3300-3400
Dökme Demir	3700
Çelik - Alüminyum	5100
Cam	5200

### 1.5. Harmonik Olmayan Ses Dalgaları ve Ses Basıncının “rms” Değeri

Harmonik bir ses dalgası, periyodu yada frekansı ve genliği biliniyorsa tanımlanabilir. Ses dalgaları periyodik olabilir veya olmayabilir. Periyodik olsa da olmasa da, harmonik olmayan bir ses dalgasının ses basıncının yüksekliği, ses basıncının genliğiyle tanımlanamaz. Bu durumda, ses basıncı hakkındaki en önemli bilgiyi, ses basıncının “rms değeri” adı verilen “ses basınç seviyelerinin karelerin ortalama karekökü” verir. Ses basıncının zamanla değişimi  $p(t)$  ise, bu ses basıncının rms değeri,

$$P = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt \right]^{1/2} \quad (4)$$

eşitliği ile tanımlanır [5].

## 1.6. Desibel

İnsan kulağı, bir ses gücünün değeri hakkındaki kararını kesin bir terimle ifade etmez. O, ses gücü hakkındaki kararını diğer bir ses gücünden ne kadar büyük veya ne kadar küçük olduğu şeklinde verir. Bu davranış, çok geniş bir güç aralığını içine alır. Böyle bir güç aralığını belirtmek için uygun bir logaritmik cetvelin kullanılmasına yönelmek gerekir. Adı geçen cetvel, 10 tabanına göre logaritması alınarak gösterilen ses gücü cetvelidir ve Alexander Graham Bell'in anısına “bell” ile ifade edilir. Bu gösteriş biçimi referans bir ses gücü kaynağına bağlıdır [8].

Bell birimi, iki büyüklüğün oranının logaritması olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla 1 bell, oranları 10 olan iki büyüklüğü göstermektedir. Bu oranın çok yüksek olmasından dolayı “desibel” adı verilen ve oranların logaritmasınının 10 katı olarak tanımlanan birim daha yaygın olarak kullanılır. Desibel, genellikle güç yada güç eşdeğeri büyüklükleri ölçmekte kullanılır. “Desibel” (dB) ile ölçtüğümüz büyüklüklere “Seviye” adı verilir [6].

## 1.7. Ses Gücü Seviyesi

Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüne “Ses Gücü” veya “Akustik Güç” , bu gücün seviyesine ise “Ses Gücü Seviyesi” ( $L_w$ ) adı verilir. Uluslararası referans ses gücü olarak;  $W_0 = 10^{-12}$  Watt kullanılır. Ses gücü “W” olan bir ses kaynağının ses gücü seviyesi,

$$L_w = 10 \log (W/W_0) = \dots(\text{dB}) , (W_0 = 10^{-12} \text{ Watt} = \text{Picowatt}) \quad (5)$$

eşitliğinden hesaplanabilir [6]. Ses gücü seviyesi bilinen bir ses kaynağının ses gücü, yukarıdaki eşitlikten kolayca bulunabilen,

$$W = 10^{-12} \times 10^{(L_w/10)} = \dots(\text{Watt}) \quad (6)$$

bağıntısından kolayca hesaplanabilir [6].

Çeşitli ses kaynaklarının tipik ses gücü ve ses gücü seviyeleri aşağıdaki Tablo 2’de verilmiştir [6].

Tablo 2. Çeşitli ses kaynaklarının tipik ses güçleri ve ses gücü seviyeleri [6].

Kaynak	Ses Gücü (Watt)	Ses Gücü Seviyesi (dB, $W = 10^{-12}$ Watt)
Fısıltı	$10^{-9}$	30
Normal Konuşma	$10^{-5}$	70
Bağırarak Konuşma	$10^{-3}$	90
Kamyon Kornası	$10^{-1}$	110
Pervaneli Uçak Motoru	1	120
Senfoni Orkestrası	10	130
Dört Pervaneli Uçak	100	140
Dört Jet Motorlu Uçak	$5 \times 10^4$	167
Satürn Roketi	$5 \times 10^7$	197

### 1.8. Ses Şiddeti ve Ses Şiddeti Seviyesi

Sesin, kaynağın bulunduğu ortamın akustik ve geometrik özellikleriyle, kaynaktan olan uzaklığa bağlı olarak değişen bir özelliği de “ses şiddeti”dir. Ses şiddetini tanımlamak için “W” ses gücüne sahip bir ses kaynağından çıkan ses dalgalarının “A” alanından geçtiği anı düşünelim. Birim alandaki güç,

$$I = W/A \quad (7)$$

ses şiddetini verir.

Ses şiddetini ölçmek zordur, fakat, ses şiddetiyle ses basıncı arasındaki düzlemsel dalgalar için verilen ve kaynaktan uzakta ve diğer dalga tipleri için de geçerli olan,

$$I = P^2/Qc = \dots (\text{Watt/m}^2) \quad (8)$$

bağıntısı kullanılarak ölçülen “rms” değerinden (P) ve sesin iletildiği ortamın yoğunluğu Q ile bu ortamdaki sesin yayılma hızı (c)’den ses şiddeti “I” hesaplanabilir. Ses şiddeti seviyesi “ $L_I$ ” ise,

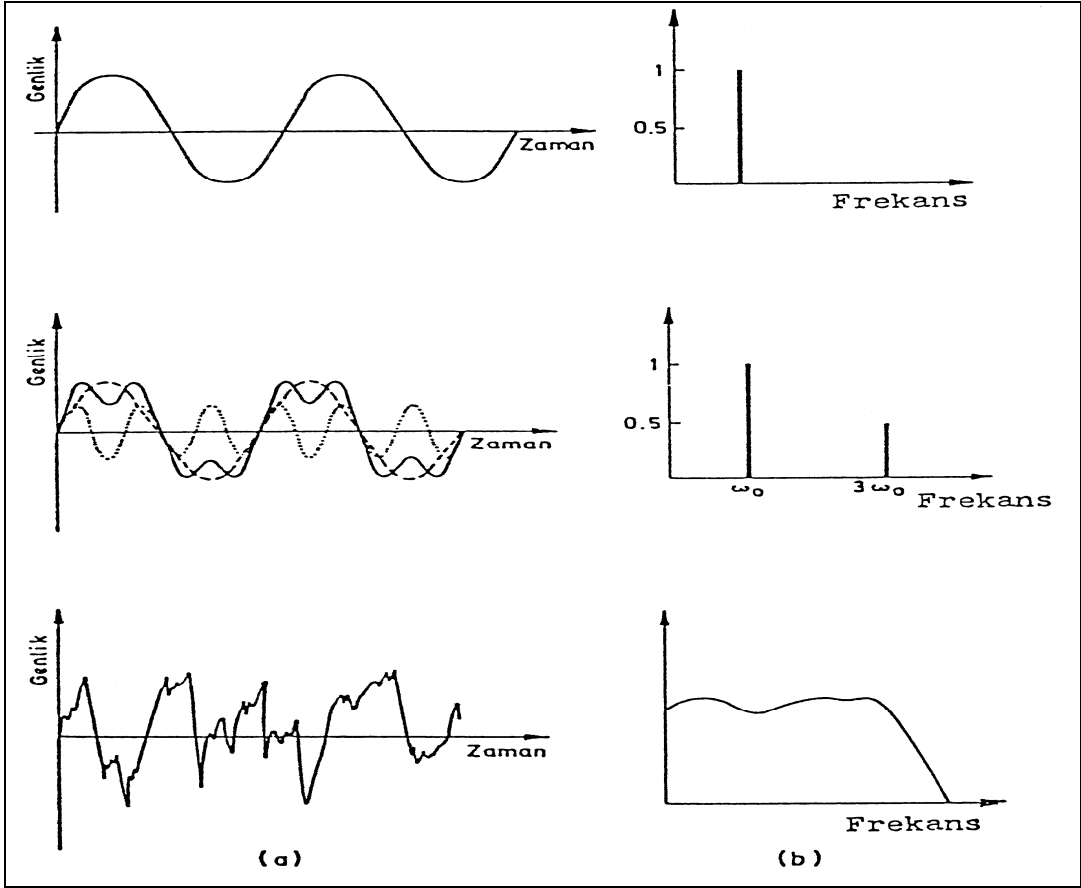
$$L_I = 10 \log (I/I_0) = \dots (\text{dB}) \quad (9)$$

olur. Uluslararası referans ses şiddeti olarak,  $I_0=10^{-12}$  Watt/m<sup>2</sup> kabul edilmektedir [9].



### 1.9. Arı, Periyodik ve Karmaşık Sesler

Harmonik ses basıncı değişiminin meydana getirdiği seslere “arı ses” (Saf Ton) adı verilir. Değişik frekanslardaki iki yada daha çok arı sesin birleşmesi sonucunda harmonik olmayan “periyodik sesler” elde edilebilir. Tabiatta, arı ses olarak nitelediğimiz tek bir harmonikten oluşan seslere ender rastlanır. Periyodik seslere tabiatta daha çok rastlanır. Karmaşık (kompleks) sesler harmonik olmadıkları gibi, periyodik de değildirler. Yani, meydana getirdikleri ses basıncının, zamanla değişimi gelişigüzeledir. Şekil 3 (a)'da her üç tip sesin oluşturacağı ses basıncının zamanla değişimine birer örnek verilmektedir.



Şekil 3. a. Harmonik, periyodik ve karmaşık seslerin oluşturacağı ses basıncı değerleri, b. Bu fonksiyonların dağılımları [7].

### 1.10. Frekans Analizi

Periyodik olmayan karmaşık sesler (gürültü) de sonsuz sayıda harmonik fonksiyonun toplamı şeklinde düşünülebilir. Böyle bir analize girildiği zaman, teorik olarak sıfırdan

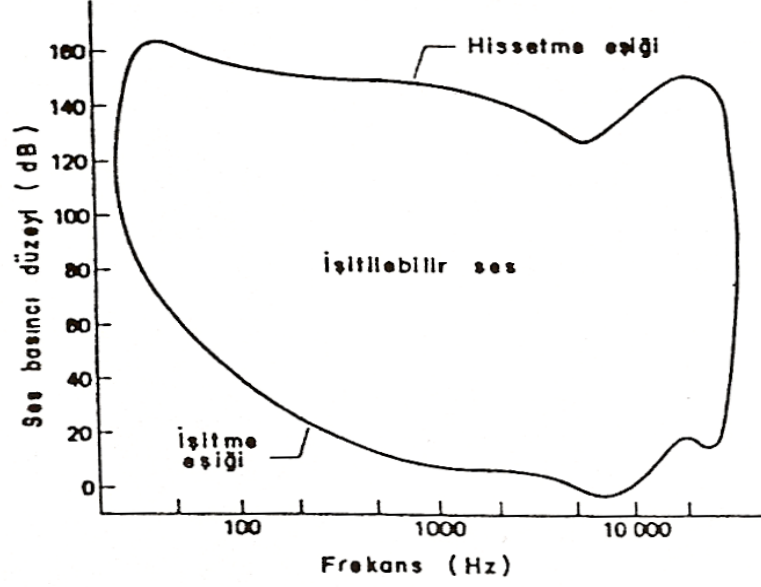
sonsuz kadar her frekanstaki fonksiyonun, verilen karmaşık bir fonksiyonu oluşturmakta katkısının olabileceği görülür. Her frekanstaki fonksiyonun katkısını, frekansın fonksiyonu olarak çizersek; sürekli bir eğri elde edilir. Bu tür eğrilere “frekans dağılımı eğrisi” veya “frekans spektrumu” denir. Periyodik bir fonksiyonun frekans spektrumu çizildiğinde, yalnızca belli frekanslar için değerler bulunur. Şekil 3 (b)'de harmonik, periyodik ve karmaşık fonksiyonların frekans dağılımı eğrilerinin nasıl olacağı gösterilmektedir.

Tabiatta rastlanılan sesler genellikle karmaşık sesler olduğundan; frekans analizi, ses (gürültü) ölçüm analizinde önemli bir yer tutmaktadır. Karmaşık bir sesin frekans dağılımını incelenirse, o sesin daha çok hangi frekanslardaki seslerden oluştuğu kolayca görülebilir. Gürültü kontrolü açısından, birçok durumda gürültünün frekans dağılımını bilmek gerekir. Çünkü gürültü kontrolü için alınacak önlemler, meydana gelişi ya da yayılması önlenene sesin frekansına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca, insan kulağının her frekanstaki sese gösterdiği hassasiyet farklıdır.

Bir ses kaynağının çıkardığı sesin frekans dağılımını elde etmek için değişik cihazlar kullanılabilir. Ancak temel kural; bir ses kaynağından yayılan ses dalgalarının frekans analizörünün mikrofONU tarafından algılanarak, elektrik sinyallerine çevrilmesi ve frekans filtrelerinden geçirilerek istenilen frekanslardaki bileşenlerin büyüklüğünün ölçülmesidir. Burada önemli olan, frekans analiz cihazının filtre setine gelen elektrik sinyallerinin hangi genişlikteki frekans bantlarından süzüleceğidir. Bant genişliğinin, çok geniş seçilmesi durumunda, frekans ölçümleri fazla bir anlam taşımaz. Buna karşılık, çok dar bant aralığı kullanılması, gereksiz zaman kaybına yol açabilir. Bant genişliğini, genellikle yapılacak analizin niteliği ve duyarlılığı belirler [7].

### **1.11. Oktav Bantları**

Frekans analizinde karşılaşılabilecek ilk soru, hangi frekans aralığında inceleme yapmamız gerektiğidir. Bu sorunun cevabının verilebilmesi için insan kulağının işitebileceği frekansların bilinmesi gerekir. İnsan kulağının duyarlı olmadığı frekansları gürültü açısından incelemenin bir anlamı yoktur. İnsan kulağı 16 - 20000 Hz frekans aralığındaki seslere karşı duyarlıdır. İnsan kulağının en hassas olduğu frekans 3000 Hz 'dir. Normal bir konuşma 200-10000 Hz frekans aralığını kapsar. Şekil 4'te eğri dışında kalan bölgeleri, insan kulağı duyamaz [7].



Şekil 4. İşitme sınırları [7].

Sağlıklı bir insanın kulağı, yaklaşık olarak 100 Pa'lık ses basıncında ve 1000 Hz frekansta acı duymaya başlar, bu da insan kulağının “acı duyma eşiği”dir ve ses basınç düzeyi olarak 140 dB'e karşılık gelir. Ses basıncı seviyesi 120 dB ve frekansı 1000 Hz olan sesler de “rahatsızlık başlangıcı” yapan sesler olarak kabul edilmektedir (orta kulakta rahatsızlık başlamaktadır).

Genç ve sıhhatli bir insanın kulağı 1000 Hz frekanslı bir sesi, basıncı “20 mikroPaskal” ( $20 \times 10^{-6}$  Pa) olduğu andan itibaren duymaya başlar ve bu değer insan kulağının “duyma eşiği” dir (20  $\mu$ Pa uluslararası referans ses basıncıdır) ve ses basınç seviyesi olarak, 0 dB'e tekabül eder [7, 10].

### 1.12. Hava Şoku

Hava şoku kaynaktan atmosfere basınç dalgaları şeklinde yayılan enerjidir. Bu dalgalar belirli bir ortamdan geçerken, hava basıncı önce hızlı bir şekilde yükselir, sonra daha yavaş bir salınımla düşerek ortalama değere ulaşır. Dalgadaki maksimum basınç en yüksek hava basıncı olarak ve genellikle dB cinsinden değerlendirilir.

Basınç dalgaları, insanlar tarafından duyulabilen ve gürültü olarak da algılanabilen çok geniş aralıklı frekanslara sahip bir enerjiden oluşur, ancak 20 Hz ve altında frekansa sahip olanların çoğu işitilemezler. Oldukça düşük frekanstaki bu durum şok olarak bilinen

basınç dalgaları şeklinde insanlar tarafından algılanır ve hava şoku olarak değerlendirilir [11].

140 dB'in altındaki ses basınç seviyesinin tipik yapılara etkisi, genellikle pencerelerde, kapılarda ve raflarda duran eşyalarda işitilebilir derecede tıkrıtı oluşturabilmektedir. Tablo 3'e göre havadaki basınç dalgalarının yapılarda hasarlara neden olması için 150 dB seviyesine ulaşması gerekmektedir. Genliğin yükselmesi ile 150 dB'de pencereler çatlamaya-kırılmaya başlar. Bir bölgede bulunan yapılara ait pencerelerin çoğu ise 160 dB'deki genlikte kırılacaktır. Binalarda yapısal hasarlar ise 180 dB ve üzerinde oluşmaktadır [12].

Tablo 3. Hava basınç dalgalarının neden olabileceği sınır değerler [12].

Hava şoku değeri (dB)	Hasar oluşma olasılığı (%)	Hava şoku etkisi
140	0,01	Hasar oluşmaz-Camlarda tıkrıtı
150	0,5	Çok nadiren hasar oluşumu
160	20	Çoğunlukla hasar oluşumu
180	95	Kesinlikle hasar oluşumu

### 1.13. Gürültünün Tanımı

Gürültü, insanların işitme sağlığını ve duygusunu olumsuz yönde etkileyen, fizyolojik ve psikolojik dengelerini bozabilen, iş performansını azaltan, çevrenin boşluğunu ve sakinliğini yok ederek niteliğini değiştiren, gelişigüzel bir frekans spektrumuna sahip ses topluluğudur. Teknik yönden ele alınırsa, “kompleks ve periyodik olmayan sesler”dir [13,14].

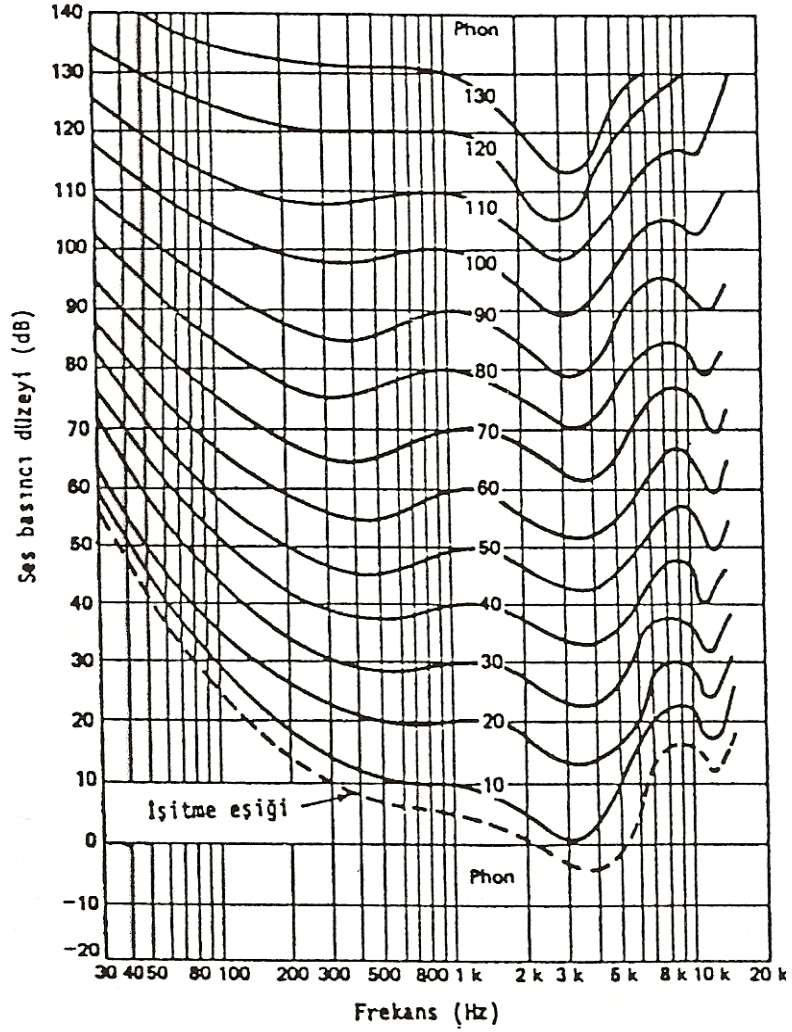
Gürültüyü, “hoşa gitmeyen, istenmeyen, rahatsız edici ses” olarak tanımlayabiliriz. Tanımdan da anlaşılacağı gibi, bir sesin gürültü olarak nitelenip nitelenmemesi kişilere bağlı olarak değişebilir. Ancak, birçok gürültü tipinin kuşkuyla yer vermeksizin herkes tarafından gürültü olarak kabul edileceği açıktır [6].

## 1.14. Ses Yüksekliği ve Gürültü Ölçütü

### 1.14.1. Ses Yüksekliği ve Ses Yüksekliği Seviyesi

Aynı ses basıncına sahip değişik frekanslardaki sesler, kişilerce değişik yüksekliklerde algılanırlar. Dolayısıyla; “ses yüksekliği”, sesin frekansı ve meydana getirdiği ses basıncı tarafından belirlenir. Değişik frekanslarda aynı yükseklikte duyulan iki sesin, ses basınçları arasındaki ilişkinin tespit edilmesi için, kaçınılmaz olarak kişisel yargıya başvurulmuştur. Ölçüt (kriter) olarak çok sayıda kişinin kişisel tepkileri alınmış ve istatistiksel sonuçlara dayanarak, ses yüksekliği ile ses basıncı ve frekansı arasında bir ilişki bulunmuştur. Aynı yükseklikte duyulan değişik frekanslardaki saf tonların ses basıncı seviyelerinin frekansla değişimleri çizilerek “eş yükseklik eğrileri” elde edilmiştir. Herhangi bir eş yükseklik eğrisinin üzerindeki herhangi bir nokta aynı yükseklikteki sesleri göstermekte ve eğrinin 1000 Hz'i kestiği noktadaki ses basıncı seviyesinin sayısal değerine, o yükseklikteki sesin “yükseklik seviyesi” ya da “ses yüksekliği seviyesi” denilmektedir. Birimi “phon” (fon) dur. Örneğin, 1000 Hz'de 40 dB'lik ses basıncı seviyesine sahip bir arı sesin meydana getireceği yükseklik seviyesi 40 fondur ve kulağa bu yükseklikte gelen tüm seslere hangi frekansta olurlarsa olsunlar, “40 fon yükseklik seviyesine sahip” denilir. Ses yüksekliği tamamen öznel bir kavram olduğu için, uygulamada standartlaşma sağlamak amacıyla eş yükseklik eğrileri kullanılmaktadır.

Şekil 5'te eş yükseklik eğrileri gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi, belli bir ses yüksekliği için gereken ses basıncı, 3 kHz dolaylarında en düşük değerini alırken, frekans küçüldükçe yükselmektedir. Bu da insan kulağının en çok 3 kHz dolayındaki frekanslara karşı duyarlı olduğunu gösterir. Şekil 5'i incelediğimizde, bir arı sesin frekansının yükselmesi sonucu, sesin belli bir frekansta aniden duyulabilirliğini yitirdiğini göstermektedir. Şekilde noktalı olarak gösterilen eğri, duyma İşitme eşiğini göstermektedir. Bu eğrinin altında kalan noktalar ortalama bir insan kulağının duyamayacağı titreşimleri gösterir [7].

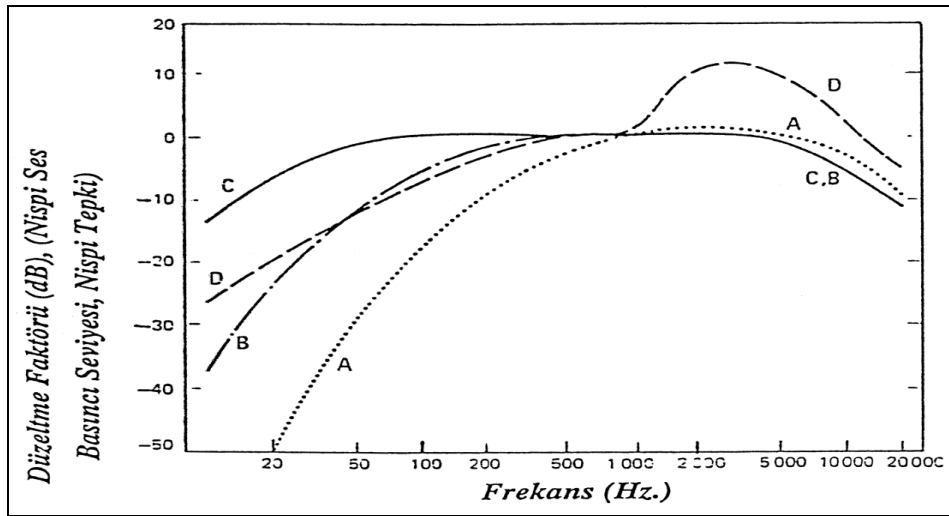


Şekil 5. Arı sesler için eş yükseklik eğrileri [7].

### 1.14.2. Gürültü (Ses) Seviyesi

Ses seviyesi, ses basıncı seviyesinin belli bir eğriye göre ağırlıklı olarak bulunmuş şeklidir. Karmaşık bir sesin, ses yüksekliğini belirlemekteki amaç; insan kulağının frekansa ve ses basıncı seviyesine olan duyarlılığını göz önünde bulundurarak, kulağın birçok harmonikten oluşan bir karmaşık sesi hangi yükseklikte algılayacağını belirtilebilmesidir. Eğer insan kulağı her frekanstaki sese aynı derecede duyarlı olsaydı, yani Şekil 5'deki eğriler düz yatay çizgiler olsaydı, ses basıncı seviyesi aynı zamanda sesin yüksekliğini belirlerdi. Karmaşık bir sesin yüksekliğini tek bir sayıyla göstermenin yollarından biri ve en basiti olan, her frekans bandındaki ses basıncı seviyesini belli bir ağırlıkta alıp, toplam ses basıncı seviyesini bulmaktır. Temel ilke, kulağın duyarlılığıyla orantılı ağırlıklar

kullanılmaktadır. Kulağın duyarlı olduğu frekanslardaki harmoniklerin ses basıncı seviyelerine ağırlık verilip, kulağın duyarlılığının azaldığı frekanslara sahip harmoniklerin ses basıncı seviyelerinin ağırlıkları azaltılarak bulunan toplam ses basıncı seviyesi, kulağın söz konusu sesi hangi yükseklikte algıladığının bir ölçüsü olmaktadır. Bu amaçla A, B, C ve D adları verilen dört aynı tip ağırlık eğrisi geliştirilmiştir. A, B ve C adı verilen ağırlık eğrileri, önceleri, sırasıyla düşük, orta ve yüksek ses seviyeleri için kullanılmışsa da günümüzde A tipi ağırlık eğrisi her yükseklik seviyesi için, işitme bozulması ve sesin (gürültünün) meydana getirdiği rahatsızlıklar açısından, insanların gürültüye gösterdikleri tepkiyi ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Her uygulamada A ağırlık eğrisinin tercih edilmesinin nedeni, bu eğrinin kulak duyarlılık eğrileriyle doğrudan olan ilişkisidir. Şekil 6 A, B, C, D ağırlık eğrilerini göstermektedir. Bu eğrileri kullanarak yapılan ölçümlere “ses seviyesi ölçümü”, ağırlıklamayı kendi içinde yapıp, ölçüm sonunda doğrudan ses seviyesini veren ölçüm cihazlarına da “ses seviyesi ölçer” denilmektedir. Ses seviyesinin birimi, kullanılan ağırlık eğrisine göre dB (A), dB (B), dB (C) yada dB (D)'dir [7].



Şekil 6. Standart A, B, C, D ağırlık eğrileri [7].

Karmaşık bir sesin ses yüksekliğinin tek bir sayıyla belirlenebilmesi, ses seviyesi ölçümünün en önemli avantajıdır. Ses seviyesi, kulağın duyarlılığının frekansla değişimini göz önüne alarak bulunmuş bir değer olduğundan gürültü denetimi için sınır değerlerin belirlenmesinde kullanılır. Ses seviyesinin bu kullanımına karşılık, tek bir sayıyla bir sesin frekans dağılımı ve hangi frekanslardaki harmoniklerin daha baskın olduğunu belirtebilmek imkânsızlaştığından dolayı, gürültü kontrol yöntemlerinin tespit edilmesi ve

özellikle uygulanması aşamalarında “ses seviyesi” yeterli bilgiyi sağlayamamaktadır. Gürültü kontrol yöntemlerinin uygulanması aşamasında, frekans dağılımının bilinmesinin önemi çok fazladır [15,16].

### 1.14.3. Algılanmış Gürültü Seviyesi (PNL, LPN)

K. Kryter'in geliştirdiği bu gösterge akustik ölçümlerden hesaplanan ses gürültülülük oranıdır. Bu oran daha çok uçak gürültüsüne karşı bir gözlemcinin tepkisini ve arı seslerin rahatsız edici etkilerini hesaplamakta kullanılır. Uçak gürültüsü rahatsızlığını en iyi şekilde tanımladığı kabul edilen  $L_{PN}$  değeri, her zaman aralığında gürültünün zamanla değişimi ve frekans dağılımı hesaba katılarak hesaplanır [3].  $L_{PN}$ 'nin bulunabilmesi için eş algılanmış gürültülülük eğrilerinden (Şekil 7) yararlanır. Buna göre; aşağıdaki adımlar izlenerek  $L_{PN}$  değerini bulmak mümkündür:

1. Adım: Her oktav banttaki ses basınç düzeyleri Şekil 7'deki eş algılanmış gürültülülük eğrilerinden gürültülülük değerine (noy birimi) dönüştürülür.

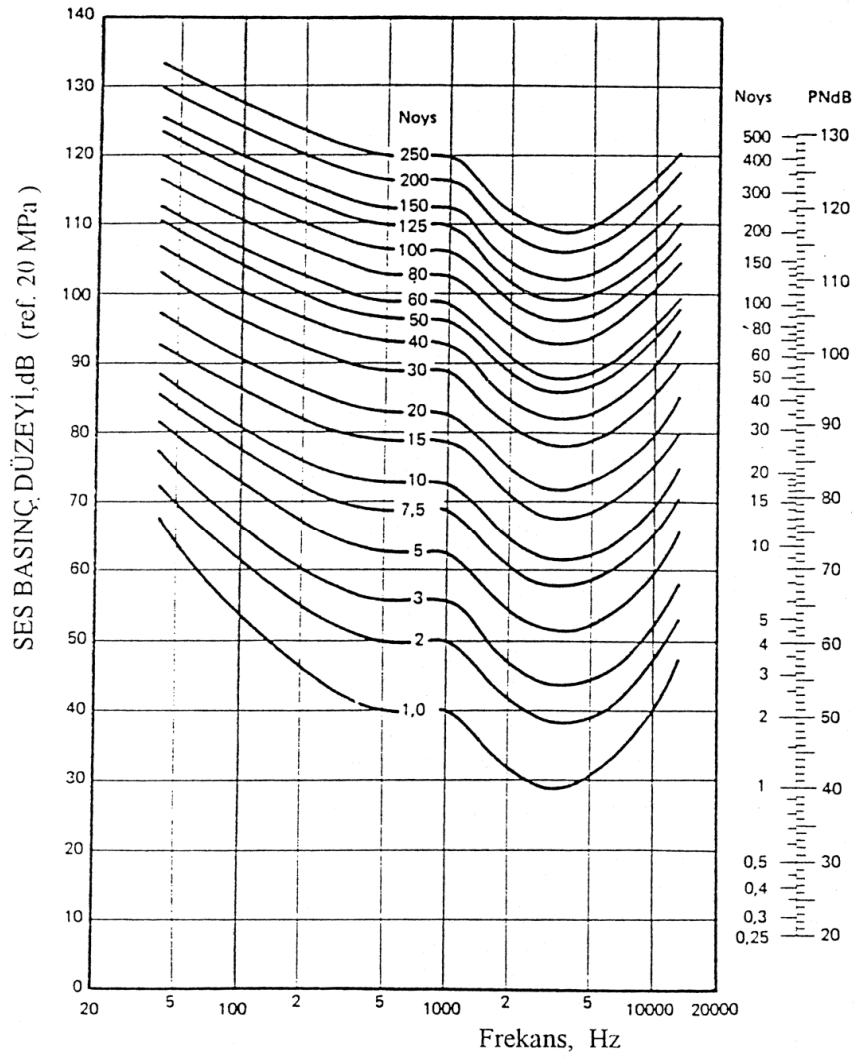
2. Adım: Her oktav bant için bulunan gürültülülük değeri ( $n_i$ ), toplam gürültülülüğü ( $n_t$ ) bulmak için aşağıdaki eşitlikte yerine koyulur;

$$n_t = n_{\max} + 0.15 \left( \sum_{i=1}^{24} n_i - n_{\max} \right) \text{noy} \quad (10)$$

$n_{\max}$ : maks. noy değeri,  $n_i$  : tüm bantlardaki noy değerlerinin toplamı

3. Adım; Denklem (10)'dan elde edilen toplam gürültülülük değeri, Şekil 7'deki eş algılanmış gürültülülük eğrilerinden algılanmış gürültü düzeyine dönüştürülür.





Şekil 7. Eş algılanmış gürültülük eğrileri [3].

### 1.15. Gürültünün Sınıflandırılması

Gürültü genel olarak, frekans dağılımına, seviyesinin zamanla değişimine bağlı olarak sınıflandırılabilir [7].

#### 1.15.1. Frekans Spektrumuna Göre Gürültü

A) Geniş Bant Gürültüsü: Gürültüyü oluşturan arı seslerin frekansları geniş bir aralığı kapsar. Yani, gürültünün frekans spektrumu yayılmış, hiçbir frekans bandında toplanmamıştır. Bu tip gürültüye, “sürekli geniş bant gürültüsü” de denir.

Her frekanstaki katkının aynı olduğu sürekli geniş bant gürültüsüne ise; “beyaz gürültü” adı verilir (örnek; makine gürültüsü).

B) Dar Bant Gürültüsü: Gürültüyü oluşturan arı seslerden frekansı belli bir aralıkta olanlar baskındır. Bu tür gürültünün frekans dağılımı, belli bir frekans bandında toplanmış bir grafik gösterir (örnek; döner testere gürültüsü).

### 1.15.2. Gürültü Seviyesinin Zamanla Değişimine Göre Gürültü

A) Kararlı Gürültü: Gözlem süresince, gürültünün seviyesinde önemli bir değişme gözlenmez, gürültü seviyesinde zamanla küçük değişiklikler gözlenir. Bu tip gürültüye örnek; sabit hız ve güçte çalışan bir motorun meydana getirdiği gürültü verilebilir.

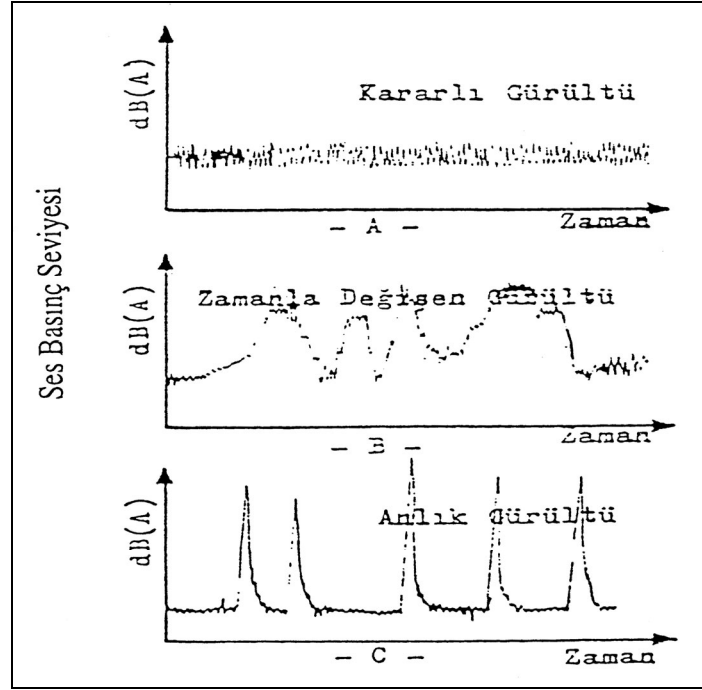
B) Kararsız Gürültü: Gözlem süresince, seviyesinde önemli değişik gözlenen gürültüdür. Kendi içinde üçe ayrılır:

a) Dalgalı Gürültü: Gözlem süresince, seviyesinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler gözlenen gürültüdür.

b) Kesikli Gürültü: Gözlem süresince, seviyesi aniden ortam gürültü seviyesine düşen ve gürültü seviyesi üzerindeki değeri bir saniye veya daha fazla süre devam eden gürültüdür. Bu tip gürültüye, trafik gürültüsü ve durup yeniden çalışan vantilatörlerin çıkardığı gürültüler örnek olarak verilebilir.

c) Darbe Gürültüsü: Her biri bir saniyeden daha az süren, bir veya birden fazla ses darbesi olan gürültüdür. Bu tip gürültünün diğer isimleri; “vurma gürültüsü” ve “anlık gürültü” dür. Örnek olarak, çekiç ve perçin makinesinin çıkardığı gürültüyü gerebiliriz. Darbe gürültüsünün, kesikli gürültüden farkı; her gürültü anının, darbe gürültüsünde çok daha kısa olmasıdır.

Şekil 8’de kararlı ve kararsız gürültü ile darbe gürültüsünün zamanla değişimi görülmektedir.



Şekil 8. Gürültünün zamanla değişimi (A: kararlı gürültü, B: kararsız gürültü, C: darbe gürültüsü) [7].

### 1.16. Havaalanı ve Uçak Gürültüsü

Teknolojik gelişmelerle birlikte gün geçtikçe hızla artan havaalanı gürültüsü, tüm gürültü azaltıcı önlemlere rağmen, havaalanı çalışanları ve havaalanına yakın yerleşim bölgelerinde yaşayanlar için, önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir.

Günümüzün en hızlı ve konforlu ulaşım yöntemi havayolu taşımacılığıdır. Uçakların yolcu indirip bindirdiği üniteler, apronlar, yolcu terminalleri, pistler, kargo ve bakım alanlarından oluşan havaalanları, çeşitli tip ve büyüklükteki uçakların iniş-kalkış manevraları ve uçakların saatlerce süren test çalışmaları sırasında oluşan zemin gürültüsü ile konut yerleşim bölgelerini ve dolayısı ile halk sağlığını tehdit etmektedir [17].

Havaalanı gürültüsünün oluşumunda, uçak gürültüsü, buna bağlı olarak da uçak motor tipi, uçağın hacmi ve aerodinamik gürültü etkili olmaktadır [16].

Uçak motor yapısına bağlı olarak, uçak gürültüsüne bakıldığında:

- 1- Jetlerin gürültüsü,
- 2- Turbo-prop uçakların gürültüsü,
- 3- Pervaneli uçakların gürültüsü,
- 4- Helikopterlerin gürültüsü,

5- Süpersonik (ses ötesi) uçakların gürültüsü, olmak üzere beş grup oluşturulabilir.

Genel olarak uçaklarda üç tür gürültü kaynağı vardır:

- 1- Kompresör gürültüsü ve kompresöre hava girişinden kaynaklanan aerodinamik gürültü,
- 2- Motor titreşiminden yayılan gürültü,
- 3- Egzos gürültüsü (aerodinamik jet gürültüsü).

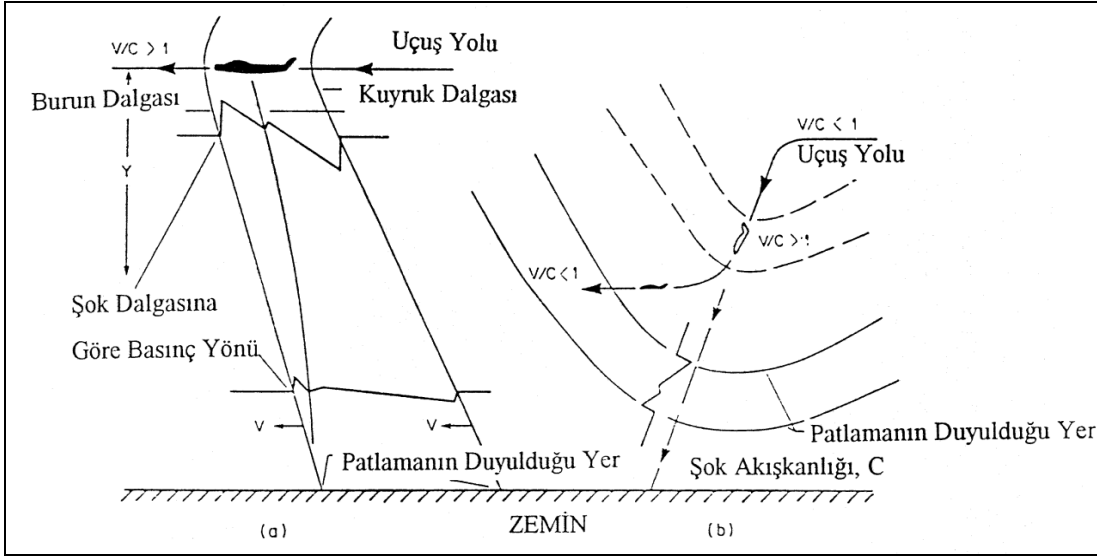
Turbo-jet uçak gürültüsünde jet motorunun içinden geçen hava kütleini hızlandırmasıyla itme sağlanır. Bir turbo-jette ilk gürültü; hava emilmesini sağlayan kompresörde ve yanmış basınçlı gazların püskürtüldüğü ve uçağa ileri doğru itme kuvveti sağlayan egzosta oluşur. Egzoz gürültüsü motorların normal ve tam güç çalışmalarında gürültünün temel kaynağıdır. Ses açısından tüm seslere baskındır.

Turbo-fan motorlarda, turbo-jet motorlardan farklı olarak itme oluşturan bir fan vardır ve daha düşük jet egzoz hızına sahiptir. Bu nedenle jetlere göre daha az gürültülüdür.

Pervaneli uçaklar, gaz tribünleri veya pistonlu motorlarla çalıştırılır. Gaz tribününün güç verdiği uçakta genellikle çift motor bulunur. Piston motorun güç verdiği uçakta ya çift ya da tek motor bulunur. Bu tür uçaklarda, itici güç gürültüsü mevcuttur. Pervane gürültüsü pervane hızına bağlı olarak artar.

Helikopter gürültüsünü oluşturan esas kaynaklar, rotor (ana helikopter pervanesi ) ve motordur. Rotor gürültüsü; pervane kanadı hareketi içeren periyodik gürültü ve rotorla temas eden havanın oluşturduğu periyodik olmayan aerodinamik geniş bant gürültüsünden oluşur.

Süpersonik uçaklar; zeminde gözlemci tarafından görülebilen bir sonik patlama, itici güç tarafından yayılan gürültüye eklendiğinde süpersonik hızda uçan bir uçak ortaya çıkar. Süpersonik hızla hareket eden her cisim etrafında Şekil 9'daki şok dalgası oluşur [18, 19, 20].



Şekil 9. a. Doğrusal uçmakta olan bir süpersonik uçak için şok dalgası, b. Dalış yapan bir süpersonik uçak için şok dalgası [3].

Uçak gürültüsünün bağlı olduğu başka bir faktör de, uçak hacmidir. Daha büyük motorlu uçak, daha yüksek gürültü şiddeti oluşturur. Bu fark iki ve dört piston motorlu uçaklar arasında fark edilemez. Tahminen iki uçak arasındaki fark ortalama 2 dB'dir. Hacme bağlı olarak esas fark inişte ve jet motorlu uçaklardadır. Üç motorlu jet, iki motorludan 3 dB daha büyük gürültü oluştururken, dört motorlu jetten 5 dB daha düşüktür. İki ve dört motorlu jet arasındaki gürültü düzeyi farkı 8 dB'dir. Kalkışta uçaklar tam güç durumunda olduğu zaman motor sayılarındaki fark daha çok fark edilebilir [3].

Aerodinamik gürültü, uçağın gövdesine, kontrol yüzeylerine ve iniş takımlarına sürtünen havanın oluşturduğu gürültüdür. Modern jet uçaklarında, uçuş sırasında, 600 Hz' in üzerindeki frekanslardaki seslerin başlıca kaynağını oluşturmaktadır. Fakat iniş ve kalkış sırasında, uçağın hızı normal uçuşa göre yavaş olduğundan aerodinamik gürültü itme sistemi gürültüsünün yaklaşık 10 dB daha altındadır. Aerodinamik gürültü daha çok uçak içindeki gürültünün azaltılmasında önem kazanır [3].

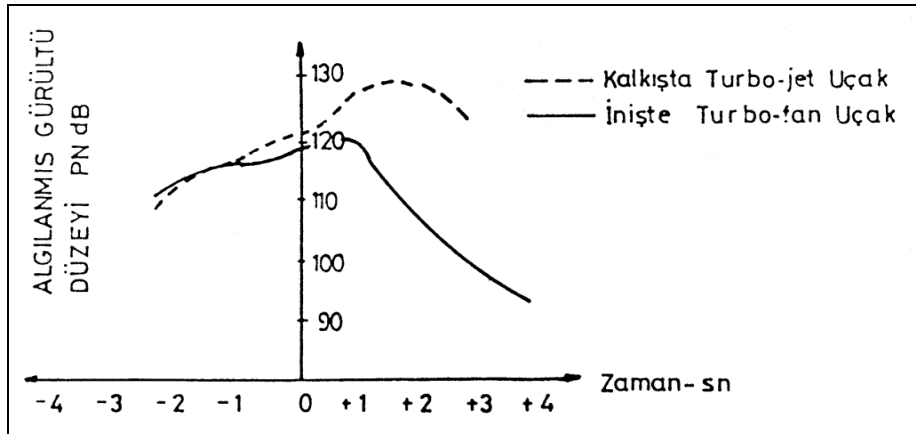
Havaalanında oluşan gürültü uçak hareketlerine göre üç grupta toplanabilir:

1. Uçan, inen ve kalkış yapan uçakların gürültüsü,
2. Uçakların yerdeki işlemleri sonucu ortaya çıkan gürültü (yerde manevra yapan uçakların gürültüsü),
3. Servis ve bakım alanlarında oluşan gürültü.

### 1.16.1. Uçan, İnen ve Kalkış Yapan Uçakların Gürültüsü ve Spektrumu

Uçakların, havada, kalkışta, inişte ve yer operasyonlarında çıkardıkları gürültünün yalnız düzeyi değil frekans spektrumu da farklıdır. Gürültünün zamansal davranışı yapacağı rahatsızlık düzeyi açısından önemlidir.

Şekil 10'da turbo jet ve turbo fan teçhizatla donanmış iki uçak için uçuş seyrindeki zamansal hareketleri karşılaştırılmıştır. Buna göre uçağın gözlem noktasına yaklaşması negatif saniyelerle anlatılırken, turbo jet uçakta duyulan ilk gürültü, uçağın ilerlemesiyle birlikte kompresörden yayılan gürültüdür. Uçak tam tepe üstünden geçerken zaman sıfırdır. Gürültü, jet egzozunun devreye girmesinden dolayı değişir ve tepe üstü geçişinden hemen sonra maksimum düzeye ulaşır. Bu durum şekilde pozitif saniyelerle anlatılmıştır. Turbo fan motorlu yapıdaki uçak için durum, yaklaşma ve tepe üstü geçişinden hemen sonraki geçişinde fan gürültüsünün duyulmasıdır. Turbo fan da maksimum gürültü tepe üstünden geçtikten hemen sonra duyulmaktadır. Bu sebepten gürültü kaynağı olarak fan gürültüsünün yayılması arkaya doğrudur [3].



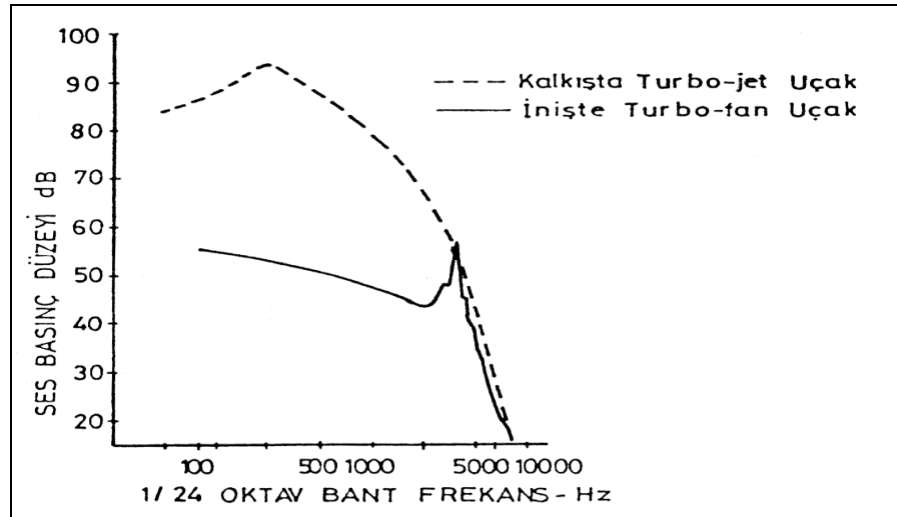
Şekil 10. Turbo fan ve turbo jet uçağın uçuş seyrindeki zamansal hareketleri [3].

Düzgün uçmakta olan bir uçağın frekans spektrumuna bakıldığında, uçak yaklaşırken jete giren havanın çıkardığı seslerin egemen olduğu ve ses düzeyinin gittikçe azaldığı görülmektedir.

Jetlerin gürültüsü kalkışta makinelerin yüksek güçle çalıştırılması sırasında en yüksek düzeydedir. Uçak yükseldikçe azalır. İnişte ise, motor sesi azalmakla birlikte

kompresör ve türbinden “vınlama” biçiminde yüksek frekans bileşenleri (2000 Hz) kuvvetli bir dar bant gürültüsü duyulmasına sebep olur [3].

Şekil 11’de kalkışta dört motorlu turbo jet uçak gürültüsü ile inişte dört motorlu turbo fan teçhizatla donanmış bir uçak arasındaki spektral özellikleri görülmektedir. Zeminden 120 m yükseklikte her iki kaynağın gürültü düzeyi zirvededir. Turbo jet, egzoz gaz akışından dolayı düşük frekanslı gürültü üretir. Bununla beraber turbo fan motordaki fan bölümlerinin sebep olduğu yüksek frekanslar sebebiyle baskın bir spektruma sahiptir. Kesiksiz çizgi ile çizilmiş spektrumda görülen zirveler fan pervanesinin kararsız fakat güçlü bir şekilde oluşturduğu gürültüdür ve pervane geçiş frekansının katsayısı olan frekanslar meydana gelmektedir [3].



Şekil 11. 120 m yükseklikte kalkışta turbo jet, inişte turbo fan motorlu uçakların spektral özelliklerinin farkı [3].

### 1.16.2. Uçakların Yerdeki İşlemleri Sonucu Ortaya Çıkan Gürültü

Uçakların yerdeki işlemleri sonucu ortaya çıkan gürültüde, gürültü yöneltimlerinin incelenmesi gerekir. Yöneltim örüntüsü diye bahsedilen özellik, gürültü kaynağının belirli bir yönde, diğer yönlere göre daha çok ve ya daha az enerji yaymasıdır. Bu olay standartlara uygun ölçme ve hesap yöntemleri ile saptanabilir. Kaynakların yöneltim özellikleri şu koşullara bağlıdır [3]:

1. Sesin dalga boyu, kaynağın boyutlarına göre çok büyükse, ses her yöne tekdüze yayılır ve kaynak yönetimsizdir.

2. Dalga boyu kaynağın boyutlarına göre çok küçük ise kaynak düzeyinden yayılan ses, belirli yönleri içine alan kanalda sınırlandırılmıştır. Yüksek frekanslarda bu kanal daralır.

### 1.17. Gürültünün İnsan Organizması Üzerine Yaptığı Olumsuz Etkiler

Gürültünün insan organizmasına yaptığı olumsuz etkiler iki grupta incelenir:

- 1-Gürültünün psikolojik etkileri,
- 2-Gürültünün fizyolojik etkileri.

Tablo 4. Gürültünün insanlar üzerindeki etkileri [21].

Gürültünün Değeri	Gürültü Kaynağı	İNSANLAR ÜZERİNDEKİ FİZİKSEL VE RUHSAL ETKİLERİ
20-30 dB	Yaprak kımıldaması, fısıldayarak konuşma, çalışan saat	Psikolojik olarak
45-50 dB	Penceresi kapalı dışarıdan gelen gürültü, evdeki müzik	% 50 sinde uykusuzluk
65-90 dB	Yoğun trafik olan yol, elektrikli daktilo	Kan basıncı, yüksek kalp çarpması, nefes almada değişiklik
90-120 dB	moped, testere, disko, havaalanı gürültüsü	Kısa süreli duymama zorluğu
120 dB	jet uçağı, siren düdüğü, havalı tokmak, hava kompresörü	İşitme zorlukları, ağrı başlangıcı

Tablo 4’de gürültünün insanlar üzerinde fiziksel ve ruhsal etkileri görülmektedir.

#### 1.17.1. Gürültünün Psikolojik Etkileri (Gürültünün Davranış Üzerine Etkileri)

Gürültünün üretim hızını ve verimi düşürdüğü, moral üzerine etki ettiği sık sık iddia edilmektedir. Fakat, bu faktörlerin bir kısmının subjektif olması ve insanlardaki adaptasyon özelliği sebebiyle, bunları kantitatif olarak tespit etmekte birçok güçlüklerle karşılaşmaktadır.

Herhangi bir durumda, gürültüye ait önemli özelliklerle, kişisel ilişkiler, ruhi faktörler ve fizik çevre gibi diğer önemli faktörler arasındaki ilişkileri ayırt etmek her



zaman kolay olmamaktadır. İnsanlarda, bazı gürültülere karşı alışkanlık meydana gelmesi mümkündür.

Bu da ancak, bir kişinin diğer bir kişiye nazaran gürültünün subjektif etkilerine karşı daha az duyarlı olması şeklindedir. Bununla birlikte, bunun tam tersi de meydana gelerek, gürültü daha fazla hissedilir hale gelebilir [7].

#### **1.17.1.1. Taciz Olma**

Gürültüden taciz olma derecesinin gürültünün şiddetiyle direkt olarak ilgili olması şart değildir. Bu duruma; alışkanlık, şahsi davranışlar gibi subjektif faktörler ve meteorolojik durum gibi fiziksel faktörler tesir edebilir. Taciz olma genellikle şahsi bir reaksiyon olup, şahıslara ve durumlara göre değişiklik gösterir. Yarış arabalarının çıkardığı gürültü sürücülerine hoş gelebildiği halde, pist kenarında oturanları deli edici tarzda taciz edebilir. Çok hafif sesler de dikkati dağıtarak taciz edici olabilir. Ayrıca, zihni durum ve çevre de önemli unsurlardandır.

Laboratuvar çalışmalarından anlaşıldığına göre; gürültü şiddeti yükseldikçe ve yapısındaki alçalma ve yükselmeler arttıkça, taciz olma durumu da ihtimalli olarak artmaktadır. Sesin özellikleri ve yüksek ses ile alçalma ve yükselmelerdeki ahenk değişikliği de, taciz olma durumuna etki eden diğer faktörler olarak düşünülmektedir [7].

#### **1.17.1.2. Verimlilik, Performans ve Düzensizlik**

Gürültünün çalışmadaki verim ve performansa sürekli bir etkisi olduğunu göstermek güçtür. Ancak, gürültü taciz olmaya, kazalara, haberleşmede zorluğa sebep olabiliyor ve işe devamsızlıkta bir faktör olarak rol oynayabiliyorsa, verimlilik ve performansta etkileri olduğunun kabul edilmesi mümkündür [7].

#### **1.17.1.3. Yorgunluk**

Gürültülü ortamda, başka sesleri duyma veya duyurabilmek için sarf edilen efor ve gürültünün diğer psikolojik etkileri (en önemlisi uyku üzerine olumsuz etkileri) yorgunluk oluşturabilir.

Gürültülü birçok mesleğin, sinirsel hassasiyet ve gerginliğe sebep olduğu, fakat reaksiyonun kişilere göre çok farklılık gösterdiği söylenmektedir [7].

#### 1.17.1.4 Uyku Üzerine Etkisi

Çoğu kimse gürültü nedeniyle uyku bozukluğundan şikayetçidir. Gürültü kişilerin uykularını kaçıırır, huzursuz uyumalarına neden olur ve uykudan uyandırır. Bütün bu etkilerin sonucu olarak meydana gelen zararları değerlendirmek her zaman mümkün olmaz [7].

Elektroensefalografi (EEG) ile yapılan laboratuvar çalışmalarında, uyku sırasında gürültüye maruziyet halinde, “Nörovejetatif Sistemin” çalışmasında değişmeler olduğu tespit edilmiştir [10].

#### 1.17.2. Gürültünün Fizyolojik Etkileri

Gürültünün insanlar üzerinde kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, göz bebeği büyümesi, solunum hızlanması, dolaşım bozuklukları, ani refleksler, kandaki ürik asit ve lipit seviyelerinin etkilenmesi, ülser oranının yükselmesi, işitme kaybı, iletişim bozukluğu gibi fizyolojik etkileri vardır [21].

Yarattığı olumsuz etkilere bağlı olarak gürültü düzeyleri bazı araştırmacılar tarafından şöyle değerlendirilmiştir [21]:

1. Derece: 30–65 dBA arası: Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, konsantrasyon ve uyku bozukluğu,
2. Derece: 65-90 dBA arası: Fizyolojik tepkiler, kan basıncının artması, kalp atışı ve solunum hızlanması, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler,
3. Derece: 90-120 dBA arası: Fizyolojik tepkilerin artması, baş ağrıları,
4. Derece: 120 dBA'den büyük: İç kulakta sürekli hasar ve dengenin bozulması,
5. Derece: 140 dBA'den büyük: Ciddi beyin tahribatı.

Yapılan araştırmalar gürültünün kalp atışını değiştirdiğini, kanı koyulaştırdığını ve kan damarlarını genişlettiğini göstermiştir.

Gürültünün fizyolojik etkileri genellikle işitme sistemi dışında kalan etkileri ve işitme sistemine etkileri olmak üzere iki kısımda incelenir.

### 1.17.2.1. Gürültünün İşitme Sistemi Dışındaki Organlara Etkileri

Avrupa'daki önemli bilimsel dergiler arasında yer alan European Heart Journal Dergisi'nde evi havaalanına yakın ya da işlek cadde üzerinde olanların, hipertansiyon hastası olmaya aday oldukları belirtilmiştir. European Heart Journal Dergisi'nde, Oxford Üniversitesi'nden bir bilim adamının imzasını taşıyan makalede, çarpıcı bir araştırmaya yer verilmiştir [22].

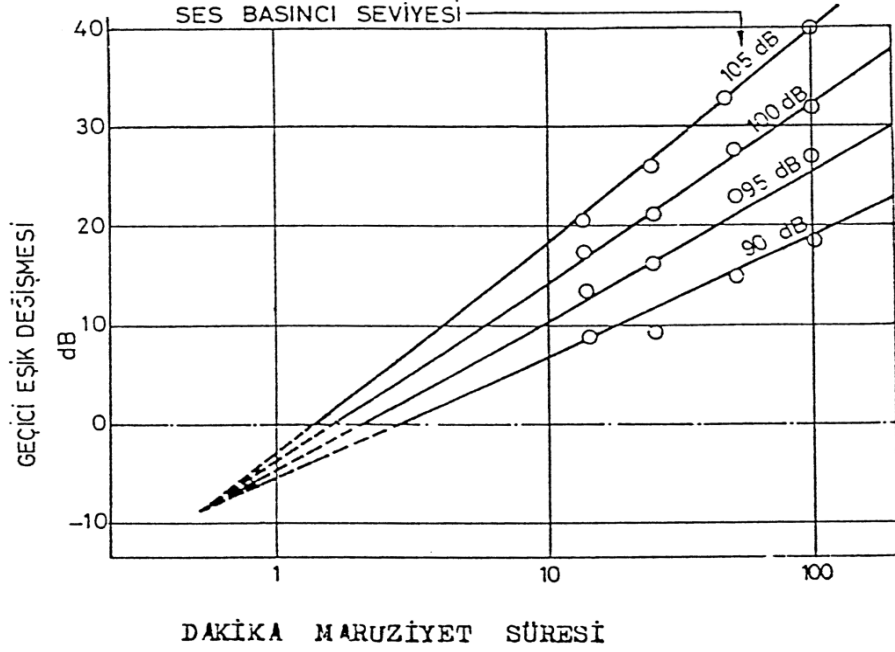
Söz konusu araştırmada, 140 gönüllü üzerinde yapılan çalışmada gürültünün kan basıncı artışı üzerine etkisi araştırılmıştır. Havaalanına yakın evlerde veya işlek bir cadde üzerinde oturanlarda, uyku sırasında 15 dakika aralıklarla kan basıncı ve yatak odalarındaki gürültü ölçümü yapılmıştır. Uçak ve araç gürültüsünün uykudaki insanların kan basıncında anlamlı yükselmeye yol açtığı tespit edilmiş. Özellikle yatak odalarında 35 dB üzerinde gürültü olan evlerde yaşayanlarda, hipertansiyon görülme oranının ciddi olarak arttığı sonucuna varılmıştır. Araştırmaya göre, yatak odasındaki 35 dB'lik gürültüde meydana gelecek 10 dB artış, bu kişilerde hipertansiyonun ortaya çıkma ihtimalini yüzde 14 oranında artırmaktadır.

Gürültünün, işitme sistemi dışındaki etkileri örneklenirse [7]:

- 1- Beklenmedik gürültü sonucunda ani tansiyon yüksekliği,
- 2- Aşırı yorgunluk ve kas gücünün azalması,
- 3- Nabız sayısı artışı ve el terlemesi,
- 4- Hipertansiyon, mide ülseri ve gastrit.

### 1.17.2.2. Gürültünün İşitme Sistemine Etkileri

Gürültü duyma yeteneğinde geçici fizyolojik bozulmalara da neden olabilir. Geçici bozulmalar, zayıf sesleri algılayabilme yeteneğinin birkaç saatten birkaç haftaya kadar değişebilen geçici bir süre ve gürültü düzeylerine bağlı olarak lineer bir biçimde artar. Duyma yeteneğindeki kalıcı bozulmalar sağırlığa kadar varabilir. Bu tür bozulmalar sürekli olarak günde 8 saat boyunca 105 dBA'den yüksek gürültülere maruz kalan bireylerin %100'ünde, yine aynı süre boyunca 95 dBA'den yüksek gürültülere maruz kalan bireylerin ise %50'sinde görülmektedir. 80 dBA'in altında kalıcı duyma bozukluklarına rastlanmamaktadır [1]. Aşağıdaki Şekil 12'de gürültüye maruz kalınan süreye göre geçici duyma eşiği değişimi görülmektedir.



Şekil 12. Çeşitli gürültü seviyelerinde meydana gelen geçici işitme eşiği değişimleri [7].

### 1.18. Gürültü Kontrolü

Bir gürültünün rahatsız ediciliği, gürültünün yüksekliğinden, cinsinden ve değişkenliğinden kaynaklanabilir. Genel olarak gürültü kontrolü üç şekilde sağlanabilir [1,7]:

1. Gürültüyü kaynağından azaltmak,
2. Gürültüyü yayılma alanında azaltmak,
3. Gürültünün algılandığı noktada önlemler almak.

Temel kural, olanak varsa gürültünün kaynaktan azaltılmasıdır. Kaynaktan gürültü kontrolünü sağlamanın yolları; kaynağın yaydığı ses enerjisini azaltmak, kaynak ile sesi yayan yüzey arasında yalıtımı sağlamak, yüzeyin ses yaymasını azaltmak şeklinde sıralanabilir.

Yayılma alanında gürültü kontrol yolları; gürültü kaynağının bulunduğu bölgenin ses yalıtıcı malzemeyle ayrılması, ses bariyerlerinin kullanılması, gürültü yayılma alanının kontrolü şeklinde gösterilebilir.

Gürültünün algılandığı yerde kontrolü ise; gürültüden etkilenen kişilerin, kulak korumaları gibi koruyucular kullanarak yapılan kontroldür.

### **1.19. Havaalanı Gürültüsü ve Denetimi**

Hava ulaşım sistemlerinin geliştiği ilk dönemlerde, uçak sesinin artışı, hava ulaşım sistemlerinin tercih edilmesine yönelik bir tutum olarak kabul edilirken, 1950 sonlarında turbo jet uçaklardaki gelişmeler uçağın neden olduğu gürültünün artık hoşla gitmediği görüşünü oluşturmuştur. Uçak gürültüsünün artmasıyla da toplum şikayetleri başlamıştır. Çok sayıda yolcu taşıyan ve mürettebat bulduran uçakların gelişmesiyle, gürültü kontrol teknikleri ve gürültünün oluşmasında etkili olan basit prensipleri daha iyi anlamak için çaba sarf edilmiştir. Uçak gürültüsü, faaliyet alanı içinde gittikçe artan bir problem olarak görülmüş ve bu problemle ilgili olarak, çok sayıdaki uluslararası yetkili bir araya gelerek Londra'da bir konferans düzenlemişlerdir. Birçok uçak üreticisinin de dikkate alındığı bu konferansta, hava ulaşım sistemlerindeki düzenli gelişmeye büyük bir engel oluşturan uçak gürültüsü problemi ve denetim konusu tartışılmıştır [3].

1960'da ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu), 'Havaalanlarının Yakın Çevresinde Uçak Gürültüsü' konulu bir toplantı yapmıştır. Bu toplantıyla ilk defa uluslararası bir kurum, uçak gürültüsünün kontrolü için standart geliştirmiştir ve uçak gürültüsünün kaynağa, işleticide ve alıcıda denetim altına alınması gerektiği sonucuna varılmıştır [3].

Havaalanı gürültüsü; uçakların aerodinamik yapısından ve motorlarından kaynaklanan gürültüdür. Aerodinamik gürültü; havanın uçak yüzeyini yalaması, uçak yüzeylerindeki boşluklara havanın değişik etkileri, kanat, burun ve kuyruk gibi uçak kontrol bölgelerine çarpan hava ve iniş sistemleri içine sızan hava hareketleri sonucu oluşmaktadır. Havaalanları ve çevresindeki bölgelerde, akustik olumsuzluklara, çok sayıda uçağın pek çok doğrultuda iniş ve kalkış yapmasının yanı sıra hava alanlarındaki değişik işlevlerden kaynaklanan gürültülerde sebep olmaktadır [23].

Havaalanı gürültüsü denetimi üç başlık altında toplanabilir [3]:

1. Zemin hareketleri ve kalkışta veya inişte oluşacak gürültünün kaynağa denetlenmesi,
2. Havaalanı planlaması ve yönetimi ile gürültünün denetlenmesi,
3. Gürültünün yayıldığı çevrede ve alıcıda denetimi.

Birçok uluslararası havaalanında, bu denetim modellerinin bir ya da birkaç tanesinin seçilmesiyle oluşturulan denetim paketi, havaalanı yöneticileri tarafından uygulanmakta ve yerleşim bölgelerinde gürültünün denetlenmesinde başarı sağlamaktadır

### **1.19.1. Yer Hareketleri ve İnş-Kalkışta Oluşacak Gürültünün Kaynakta Denetlenmesi**

Yer işlemlerinde ortaya çıkan gürültü; uçağın test alanları ve uçuş hattı üzerinde, kontrol, bakım ve tamir amacıyla çalıştırıldığında oluşan gürültüdür. Böyle gürültülerin kontrolü ile çevredeki şikayetlerin azalması hedeflense de, kontroldeki asıl amaç, servis görevlileri ve çalışan diğer elemanların korunmasıdır. Uçuş işlemleri ve zemin işlemlerinin de dikkate alınmasıyla, bir yerleşim bölgesiyle ilişkili pistte gürültü denetleyicilerinin etkisi, havaalanına yakın bölgede, 10 dB'e kadar olabilmektedir. Her çeşit meteorolojik durum, arazi yapısı ve diğer alternatiflerin de dikkate alınmasıyla pist alanlarının yerleşim alanlarından daha uzak alanlarda yerleştirilmeleri daha elverişlidir. Günün belirli zamanları sesin yayılması daha uygundur. Bu nedenle, böyle zamanlarda (sabahları-geceleri) bakım işlerinden sakınılmalıdır. Geceleri ve sabahları ses düzeyinde oluşacak azalmalar havaalanından uzaklığa bağlı olarak maksimum 20 dB' e ulaşmaktadır

Zemin operasyonlarında gürültüyü kontrol etmenin birinci yolu, ses engeli olarak binaların kullanılmasıdır. Eğer uçaklar hangarlara ve binalara yakın pistlerdeyse, hangarların koruyucu etkisiyle, korunması gerekli bölgede, ses düzeyinde 10 dB ila 25 dB arasında azalma sağlanabilir.

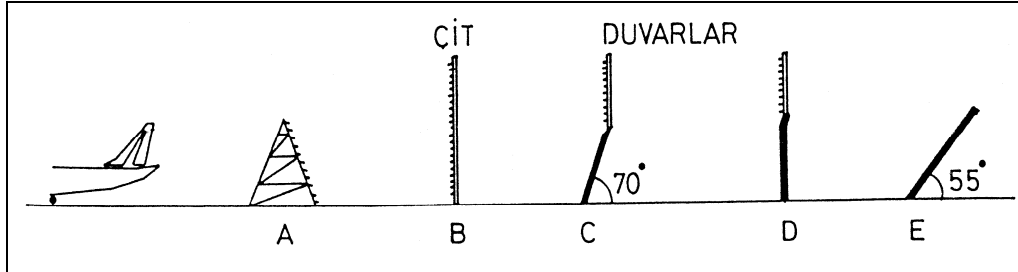
Jet uçaklarının pistlerde, bakımları esnasında gürültünün azaltılmasındaki en etkili yöntem, sabit veya taşınabilir pist gürültüsü denetleyicilerinin (susturucular ve perdeler) kullanılmasıdır.

Yerde oluşan gürültü, maliyeti yüksek, fakat etkili birkaç denetim modeliyle engellenebilir [3]. Zemin hareketleri sonucunda oluşan gürültü kirliliğini azaltmada aşağıda bahsedilen engeller, ses azaltma salonları ve susturucular gibi yöntemler kullanılır [3].

#### **1.19.1.1. Gürültü Engelleri**

Platform etrafında bir veya birkaç tanesinin kullanımı ile “U” biçiminde yapılmış ses azaltıcı engeller dünyada bir çok yerde kullanılmaktadır. Şekil 13’de kesitleri verilen bu

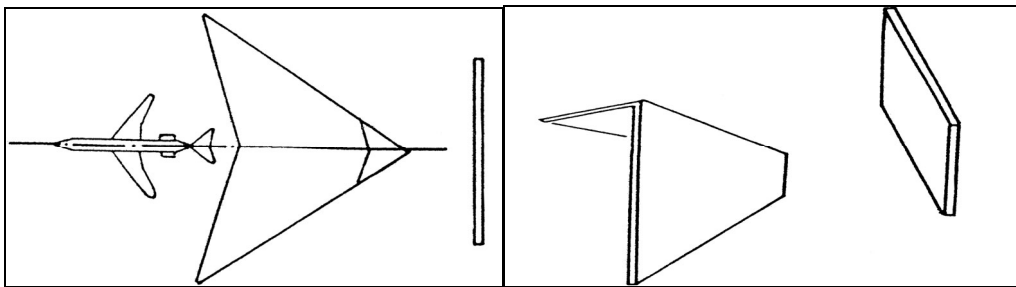
elemanların, gürültü azaltma oranlarının nispeten yüksek olduğu kullanıldığı bölgede başarılı olunmasını sağlamaktadır. Engelsiz bölgelere sesin kaçmaması için, bunlar ses yutucu malzemelerle kaplanmış olabilir [10].



Şekil 13. Ses engelleri kesitleri [10].

#### 1.19.1.2. Ses Azaltma Salonları

Ses azaltma salonları, açık ve kapalı olarak yapılabilir. Kapalı salonlar, uçağın zemin hareketlerinde ihtiyacı olan hava girişi ile hareket sonucu gazın salondan dışarıya doğru verildiği susturucular ve gaz kanallarından oluşmaktadır. Açık salonlar, çadıra benzer strüktürle ses azaltımı yaparlar. Açık salonlar Şekil 14'deki gibi iki üçgen yüzeyin birbirine dayandırılmasıyla oluşturulur. Uçak sınırlandırılmış, çadır biçimli konstrüksiyonun bulunduğu açık alanın sonuna doğru itilir [10].



Şekil 14. Ses azaltma salonu plan ve perspektifi [10].

### 1.19.1.3. Susturucular

Susturucular motorun arka bölgesinde yer alan, ses emici kaplamalar içeren, geniş borulardır. Gürültü engellerine rağmen, motor ağızından çıkan sesin yayılması nedeniyle, engellerle birlikte susturucular kullanılmaktadır.

Ses azaltma salonları ya da susturucular kullanıldığı zaman, uçakların zemin operasyonlarında zarar görmemesi için yüksek by-pass motorlarla donatılmış jet uçaklarının dış basınç oranına dikkat etmek gerekir. Eğer egzostan çıkış yapan gaz, yeteri kadar çabuk uzaklaşmıyorsa ve hava giriş ağızında, ihtiyacı karşılayacak hava sabit değilse veya yanlış bir kalkış açısına maruz kalmışsa, motor hız kaybedip durabilir. Motorun gittikçe yavaşlayarak durması riskinin nispeten yüksek oluşu ve çok büyük hava hareketlerinin gerekli görüldüğü boyutların artması nedeniyle, modern by-pass motorlu uçaklar için kapalı salonlar kullanılmaz. Belirli hava şartlarında her iki ses azaltma yöntemi de motorun yavaşlayarak durmasına neden olabilir. Kullanılan engeller, gürültü azaltma gereksinimlerini sağlamalıdır, aksi halde sesi yalıtın ve sesi emen engeller ikinci bir ses kaynağı olabilir [10].

### 1.19.1.4. Yolcu Kapasitesi ile Gürültü Kontrolü

Yapılan araştırmalar uçakların kalkışları esnasındaki gürültünün, uçakların ağırlıklarına ve yolcu kapasitesine bağlı olarak arttığını göstermektedir. Bu çalışmalara göre; iki, üç ve dört motorlu uçaklarda, ağırlığın iki katına çıkması ile gürültü 4 dB kadar artarken, yolcu kapasitesinin iki katına çıkması ile artış 6,33 dB'e kadar ulaşabilmektedir.

Benzer şekilde gürültü düzeyi inişte de uçak motor sayısına ve ağırlığına göre değişir. Ağırlık ve inişteki gürültü düzeyi arasındaki ilişki, ağırlığın iki kat artmasıyla 2,33 dB'lik artış olarak belirlenmiştir. İniş durumunda oluşacak gürültü, uçağa bağlı olarak yolcu sayısının iki kat artışında 3,7 dB'lik artış şeklinde olabilir.

Havaalanı çevresinde oluşan gürültüyü en aza indirmek için yolcuların az sayıda büyük uçaklar yerine çok sayıda küçük uçaklarla taşınması gerekmektedir. Küçük uçaklar, özellikle kalkış durumunda gürültünün azaltılmasına olumlu yönde etki etmektedir. Eğer yolcular az sayıdaki büyük uçaklar yerine çok sayıdaki küçük uçaklarla taşınıyorsa, bir havaalanı çevresindeki gürültü, verilen yolcu geçişine göre sonuçlandırılarak en aza indirgenir [3].



## **1.19.2. Havaalanı Planlaması ve Yönetimi ile Gürültünün Denetlenmesi**

### **1.19.2.1. Havaalanı Pist Yönünün Seçimi**

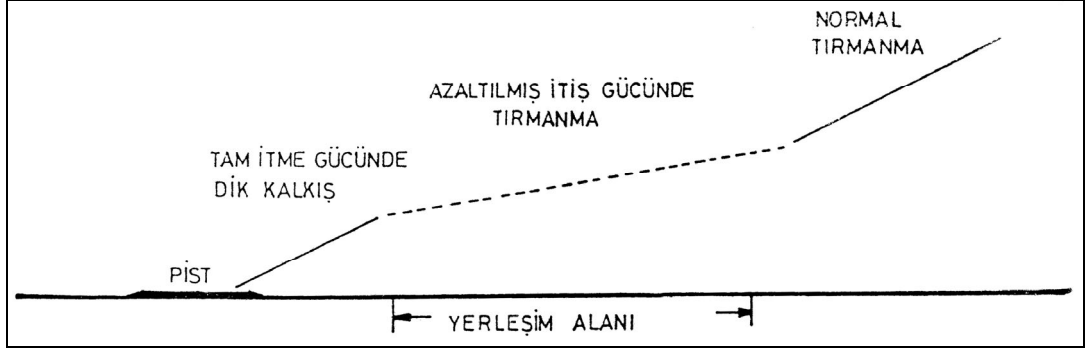
Havaalanlarının pist yönünün seçiminde topografya ve rüzgâr önemli rol oynamaktadır. Havaalanı için genellikle düzgün alanlar seçilirken imkân olmadığı durumlarda, pist yönü eğime paralel seçilir. Düz arazilerde pist eksenini genellikle hâkim rüzgâr yönü ile karşılaştırılır. Düzluk arazilerde pist yönünün seçiminde, gürültü boyutu da göz önüne alınmalıdır. Birden çok pistin bulunması durumunda, uçuş yükü bunlar arasında rotasyonla dağıtılarak bazı bölgelerin aşırı etkilenmesi azaltılabilir. Bu durumda, çevredeki yerleşim bölgeleri göz önünde tutularak, gürültü açısından tercih edilen pistler saptanmalıdır [3, 24].

### **1.19.2.2. Uçuş Yolları ve İniş - Kalkış Açıları**

Uçaklar, inişte ve kalkışta havaalanı yönetimince belirlenen yollar izler. Bu yolların pilot tarafından seçiminde rüzgâr da önemli bir rol oynar. Genelde uçakların rüzgârı karşısına alarak inmesi ve kalkması beklenir.

Uçakların iniş ve kalkış yönü seçiminde, gürültü etkeni de düşünülmelidir. Uçaklar, İnerken hızlarını azaltarak, kalkışa oranla daha az gürültü yaparlar. Uçakların havaalanı gürültüsüne asıl etkisi kalkışta olur. Uçakların kalkışta izleyeceği yol yerleşim alanları üzerinden geçmemesi, endüstri bölgeleri, yollar, ırmaklar, deniz ve göller üzerinden geçmesi gürültüden etkilenmeyi azaltacaktır.

Genelde uçaklar 2, 3, 3.5, 4, 5 ve 6 derecelik iniş ve kalkış açılarını kullanır. Bir uçağın yüksek bir açıyla inip kalkması gürültüden etkilenen alanı daraltır. Ancak uçak yüksek bir açıyla kalkış yaparken motorlarını daha güçlü çalıştırması gerekir ve bu da gürültü düzeyini artırır. Yerleşim bölgelerinin piste yakın olması durumunda, uçak kalktıktan sonra düşük bir eğimle ve düşük bir itme gücüyle yerleşim bölgelerinin üzerinden geçmesi, sonra tekrar dik bir açıyla normal uçuş yüksekliğine kadar yükselmesi bir başka gürültü azaltma yöntemidir [3].



Şekil 15. Uçak kalkış planlaması ile gürültünün azaltılması [3].

Yaklaşmada  $3^\circ$  üzerindeki iniş açısının kullanılması ile oluşan gürültünün şiddeti azaltılabilir.  $3^\circ$  lik iniş açısı yerine,  $6^\circ$  lik iniş açısı tercih edilirse, tahminen 7.8 PNdB azalma sağlanabilir [3].

#### 1.19.2.3. Gece Uçuşu Sınırlaması

İnsanların gece saatlerinde gürültüye karşı duyarlılıkları daha fazladır. Birçok gürültü göstergesi bu durumu göz önüne alır. Saat 23.00 ile 06.00 arasında gece uçuşlarının sınırlandırılması havaalanı çevresinde yaşayan insanların şikâyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır [16].

#### 1.19.2.4. Sessiz Uçakların Kullanımı

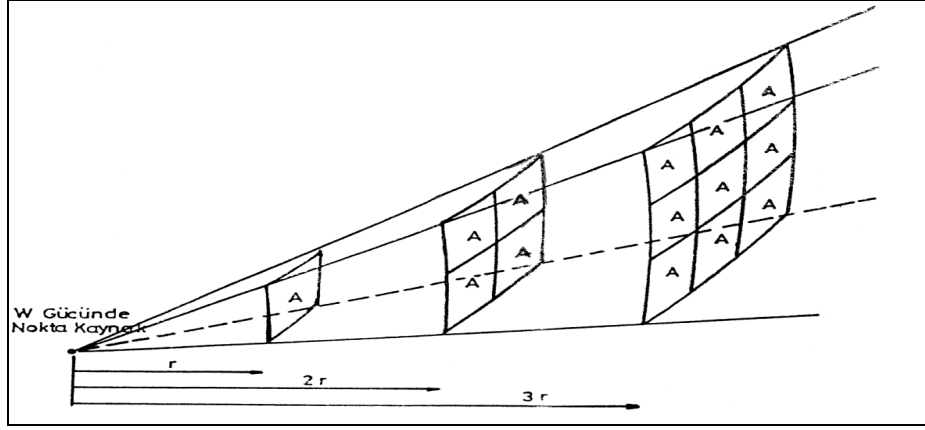
Havaalanı gürültüsünü önlemede en önemli yollardan biri de, alana iniş ve kalkış yapan uçakları gürültülerine göre sınırlamaktır. Gürültülü uçakların inişine hiç izin vermemek veya çok yüksek havaalanı kullanım ücreti talep etmek gerekir. Bir tür yaptırım olan yüksek havaalanı kullanım ücreti, uzun vadede havayollarını sessiz uçaklar kullanmaya zorlayacaktır.

Motor tipi, sayısı ve uçak ağırlığındaki değişmelerle, gün geçtikçe daha sessiz uçaklar üretilmektedir. Avrupa'da birinci nesil jetlerin kullanımı kaldırılmış, ikinci nesil jetlerin kaldırılması da 1995 de başlamış ancak, donanımları yenilenenler kullanılmaya devam etmektedir [3].

### 1.19.3. Gürültünün Yayıldığı Çevrede Denetim

#### 1.19.3.1. Uzaklığın Etkisi

Ses kaynağının boyutu alıcıdan uzaklaştıkça küçülüyorsa buna nokta kaynak denir. Uçak gürültüsü, endüstri gürültüsü ya da tek bir aracın gürültüsü nokta kaynak olarak kabul edilir. Nokta kaynaktan yayılan ses enerjisi Şekil 16'da görüldüğü gibi "r" yarıçaplı bir küre yüzeyince yayılır. Küre yarıçapının her iki kat artışında  $I=W/4\pi r^2$  ifadesi gereğince ses enerjisi 1/4 azalır. Bunun sonucunda da ses düzeyinde 6 dB azalma olduğu görülür [3].



Şekil 16. Sesin uzaklıkla azalması [3].

Uzaklıkla şiddetin azalmasına ek olarak, atmosfer gibi gerçek ortamda sesin azalmasına etki edebilen birçok faktör vardır. Hava akışkan özelliği ile sesin yayılmasına aracı olurken, hava akışkanlığın homojenliğine, sürekliliğine, viskozitesine etki eden her etken sesin yayılmasına da etki eder. Havanın viskozitesi rüzgâra, sıcaklığa ve nem miktarına göre değişeceğinden, sesin ve gürültünün yayılmasına etki eden faktörleri de belirlemektedir. Buna göre rüzgâr ve sıcaklık değişimleri dalga yönünü değiştirir, biçimini bozarak karışıklık oluşturur ve nem sesin emilmesine sebep olur. Nem yüksek frekanslarda, düşük frekanslardan daha fazla etkilidir. Böylece atmosfer yüksek frekanslarda azalma yaparak düşük geçiş filtresi olarak görev yapar.

### 1.19.3.2. Meteorolojik Koşulların Etkisi

Rüzgâr ve sıcaklık ses dalgalarını etkileyerek değişimine sebep olmaktadır. Bu etkiler genelde kısa aralıklı olup, gürültü miktarını etkilemez. Ancak, gürültü kaynağı ile aynı yönlü bir rüzgâr gürültünün ve ses dalgalarının daha uzaklara taşınmasını sağlar. 10-15 km/saat hıza sahip bir rüzgar, gürültü ölçümlerinde her 100 m'de 2-3 dB'lik gürültü değişimine sebep olmaktadır. Gürültü kaynağına ters yönde esen bir rüzgâr, ses dalgalarını yükselmeye zorlar ve gürültünün taşınmasını engeller [25].

Havadaki sesin hızı sıcaklıkla artar, normal atmosfer koşullarında yükseklikle azalır. Yükselen ses ışını, daha düşük sıcaklıktaki bir katmana girdiğinde yayılma hızında bir azalma olur ve iki tabaka arasındaki ara yüzeyden uzaklaşarak ışınlar kırılır. Bunun sonucunda rüzgârın olmadığı durumda ışınlar, zemin yüzeyinden uzaklaşarak devamlı olarak bükülür. Bazen zemin yakınındaki sıcaklık değişimi pozitifdir. Normalde yüksekliğin artması ile atmosfer basıncında oluşacak olan azalma oranı az olduğunda ve enverziyon olarak isimlendirilen sıcaklık terselmesi (yükseklikle sıcaklığın artması) durumunda ses ışını yükselirken, daha sıcak bir hava katmanından geçtiğinde ışınlar aşağıya doğru kırılır. Kaynak çevresinde yüzey düzeyinde ses alanı beslenir ve çevreye yayılımı daha fazla olur [25].

Sesin havada emilmesi son derece karmaşık bir biçimde sesin frekansına, havanın sıcaklığına ve neme göre farklılaşır. Sesin havada emilmesi sıcaklıkla artar ve yüksek frekanslarda daha da artış gösterir, fakat nemliliğin yükselmesiyle azalır [25].

### 1.19.3.3. Farklı Zemin Örtülerinin Gürültü Denetimine Etkisi

Kaynaktan alıcıya doğrudan hareket edebilen ses, zeminden yansıyan sesle karışır. Zeminin etkisi yalnızca zemine direk olarak gelen sesin emilmesi değil, aynı zamanda zeminde yansıyan sesin dolaysız ve ahenk içinde karışmasıdır. Pürüzlü ve gözenekli zemine çarpan ses, düzensiz olarak yayılır. Gözenekli yüzeylere gelen ses onların içine işleyerek ortamın titreşmesi ile yüzeylerin sahip olduğu enerjinin bir miktarını ısıya dönüştürebilmektedir. Üzeri çim kaplı bir yüzey, 300 Hz ila 800 Hz arası frekans aralığında önemli ölçüde ses azalması sağlar. Ayrıca günümüzde hasır tabakalar da ses yalıtımı için eşit yoğunlukta üretilir.

Açıkça zemin etkisi, yüzeyin yapısına özgüdür. Bunlar yüzeylerin tanecikli malzemelerden oluşmasına bağlı olarak değişir. Birçok zemin yüzeyleri, farklı gözenekliliğe sahiptir. Toprak % 10-40, kar % 60 civarında gözenekliliğe sahiptir. Birçok lifli malzemenin gözenekliliği % 97 civarında olup, oldukça düşük akışkanlık özdeşine sahiptir.

Bir ormanlık arazide ilk etki zemin etkisidir. Eğer orman yüzeyinde kısmen ayrılmış bitkilerin kalın döküntü tabakası varsa yüksek derecede gözenekli katman oluşu nedeniyle düşük frekanslarda ses yalıtımı sağlanabilir. İkinci etki, alıcı ve kaynak arasındaki yolda sesin, gövdelerde ve dallarda yayılmasıdır. Üçüncüsü, yapraklardaki sürtünme dolayısıyla ses azalımıdır [3].

#### **1.19.3.4. Arazi Kullanım Planlamaları ile Denetim**

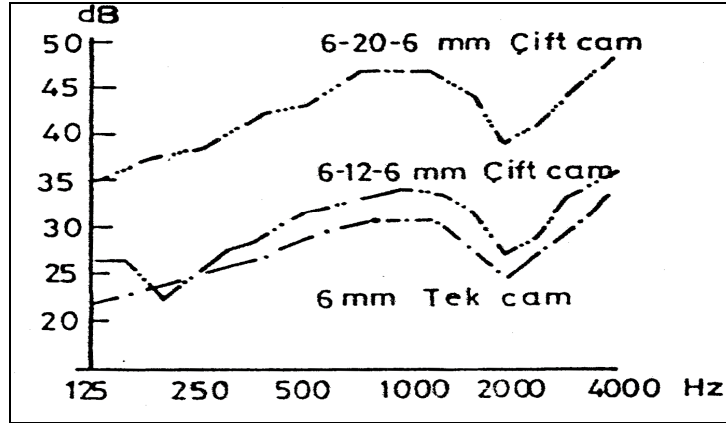
Havaalanı çevresindeki arazilerin planlanarak kullanıma açılması uzun dönemde havaalanı gürültüsünden etkilenmeyi azaltan en önemli etkidir. Bu yöntemin mevcut havaalanları için kullanılmasından çok, yeni havaalanları için kullanılması gürültüden etkilenmeyi azaltmada daha etkili olacaktır. Genelde havaalanı gürültüsü, yer operasyonları dışında, pist boyunca ve uçak iniş- kalkış yolları boyunca en çok rahatsız edici düzeydedir. Seçilecek bir bölgeye göre havaalanının eş gürültü eğrileri çizilerek, yerleşim bölgelerinin ve diğer gürültüye duyarlı alanların, rahatsız edici sınırların dışında tutulması, gürültü denetimi yollarından biridir [24].

#### **1.19.3.5. Yapıda Alınacak Önlemler ile Gürültünün Önlenmesi**

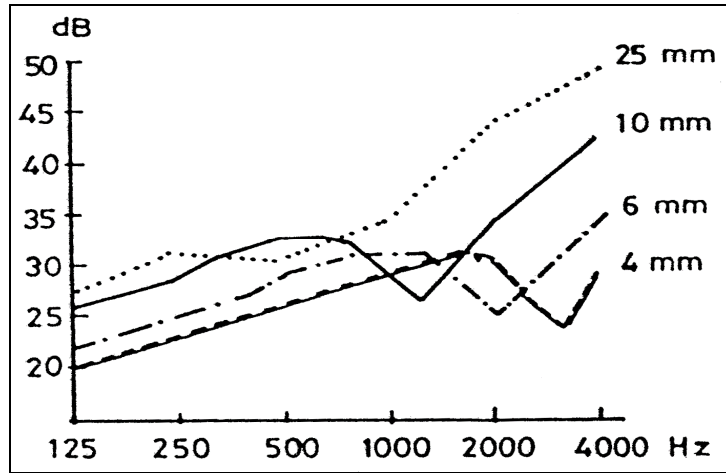
Havaalanı çevresindeki yapılarda, ses yalıtımı yoluyla alınabilecek birçok önlem vardır. Duvarların ve çatıların ses yalıtımında yüksek yapıların seçimi, pencerelerde çift ya da üçlü cam sisteminin kullanılması, doğramaların lastik contalı olması ve ses yutucu yüzeylerin kullanılması gürültü azaltılmasını sağlayacaktır [3]. Şekil 17’de çift cam kullanımındaki, Şekil 18’de ise tek katmanlı cam kullanımındaki ses yalıtım değerleri görülmektedir. Mevcut durumdaki yapılar için yapılabilecek iyileştirmelerden bazıları şunlardır:

- Mevcut cam sisteminin lastik şeritlerle hava ve gürültü geçirimsizliğinin sağlanması,

- Mevcut tek katmanlı camların 3 mm' den 6 mm' ye kadar kalınlaştırılması,
- Aynı çerçevede çift cam sistemine gidilmesi,
- İki ayrı çerçevede yapılarak çift yüzeyli pencere uygulaması.



Şekil 17. Hava boşluklu çift cam için ses azaltma değeri [3].



Şekil 18. Tek katmanlı cam için ses azaltma değeri [3].

Birçok firma tarafından özel olarak geliştirilmiş olan gürültü kontrol camları, gürültü düzeyi yüksek ortamlarda etkili ses yalıtımı sağlayan akustik laminasyonlu camlardır. İki cam plakasının ses emici ve bağlayıcı özellikli polivinil butiral (PVB) tabaka ile ısı ve basınç altında birleştirilmesi ile üretilir [26]. Tablo 5'de bazı gürültü kontrol camları ve özellikler görülmektedir.

Tablo 5. Bazı gürültü kontrol cam modellerinin özellikleri ve gürültü yalıtım değerleri

Ürün Kodu	Gürültü Yalıtım Değeri (dB)	Nominal Kalınlık Min.-Maks. (mm)		Nominal Ağırlık Kg/m <sup>2</sup>	Kalınlık ve Ara boşluk Bilgileri (mm)
Lameks® A 3709	37	09	09	20	4+0,76 A +4
Lameks® A 3811	38	11	11	25	5+0,76 A +5
Lameks® A 3913	39	13	13	30	6+0,76 A +6
Isıcam® A 3623	36	17	27	25	(3+0,76 A+3)+12+4
Isıcam® A 3825	38	19	29	30	(3+0,76 A+3)+12+6
Isıcam® A 4027	40	21	31	35	(4+0,76 A+4)+12+6

### 1.20. Avrupa Birliği ve Türkiye Çevre Mevzuatı

Avrupa Birliği Çevre Mevzuatı'na göre AB dâhilindeki hava alanlarında işleyen tüm uçaklar, uluslararası gürültü standartlarına tabi tutularak uçak işletmeciliğine katı kurallar getirilmiştir [17]. Buna göre:

a) Sivil subsonik uçaklar: 80/51IEEC sayılı yönerge subsonik uçakların yaydığı gürültüyü Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) tarafından belirlenen standartlar temelinde sınırlandırılır. Burada amaç, çevresel etmenleri, teknik fizibiliteyi ve ekonomik sonuçları dikkate alarak uçak gürültüsünü azaltmaktır. Gürültü sertifikasyonuna ilişkin belgelerin içerikleri bu bağlamda tanımlanarak, üye devletlerin birbirlerinin verdiği belgelerin geçerliliğini tanımaları gerektiği belirtilir. 83/206/EEC sayılı yönergenin üçüncü ülkelere uygulanmasını öngörür.

b) Sivil subsonik jet uçakları: 89/629/EEC sayılı yönerge AB toprakları dahilinde kayıtlı kimi subsonik jet uçaklarından yayılan gürültünün sınırlandırılması için daha katı kurallar getirir. Bu kurallar da Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi'ne göre düzenlenmişlerdir. Bu yönerge kimi gürültülü uçakların üye devletlerin sivil havacılık

kayıtlarına eklenmesini yasaklar. Diğer üye devletlere ve komisyona bilgi verildiği sürece bazı muafiyetler tanınır.

c) Uçak işletmesinin sınırlandırılması: 92/14/EEC sayılı yönerge gürültünün azaltılması ve Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesinin Ek 16. bölümünde yer alan standartlara uygun olmayan uçakların AB havaalanlarında işletilmesini sınırlandırmak üzere kısıtlamalar getirir. Bu kısıtlamalar 34 000 kg ağırlığında ve 19 veya daha fazla yolcu kapasiteli sivil uçaklar için geçerlidir.

Uygulama Esasları:

1. Ülkelerin Uluslararası gürültü standartlarının uygulanmasını kontrol edecek yetkili mercileri tayin etmesi gerekir.

2. Ülkeler yönergelere uymayan uçaklara karşı katı uygulamalar ve cezalar getirmelidir.

Avrupa Birliği'nin uyguladığı uçuş gürültüsü standartları ICAO tarafından yeniden gözden geçirilmiş, sözleşmenin 4. Bölüm standartlarında uçaklar imal edilerek 3. Bölüm uçakların kullanımdan kaldırılması düşünülmüştür. Ancak bu yaklaşım, uygulamada yüksek maliyet getirmekle birlikte gürültü azaltılmasında yeterince etkili görülmemiştir. Bu nedenle bunun yerine "Tarafsız Yaklaşım" adı altında yeni bir uygulama getirmiştir. Bu uygulamanın ana prensipleri:

- kaynakta gürültü azaltılması,
- arazi kullanım planı ve yöntemi,
- gürültü ile mücadelede uygulanacak prosedürler,
- uçak hareketlerinin kısıtlanması gibi ana prensiplerden oluşur.

Türkiye'de gürültüye yönelik düzenlemeler yapılmıştır. Çevre kanunundaki madde 14'e göre [27]; kişilerin huzur ve sükûnunu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde ilgili yönetmeliklerle belirlenen standartlar üzerinde gürültü ve titreşim oluşturulması yasaklanmıştır. Ulaşım araçları, şantiye, fabrika, atölye, işyeri eğlence yeri, hizmet binaları ve konutlardan kaynaklanan gürültü ve titreşimin yönetmeliklerle belirlenen standartlara indirilmesi için faaliyet sahipleri tarafından gerekli tedbirler alınması gerekmektedir.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Madde 13'e göre; Türk sicilindeki ve yabancı ülke sicilindeki hava yolu araçlarının iç ve dış trafiğe açık hava alanlarımıza iniş ve kalkış yapabilmeleri için havaalanı araçlarının dış gürültü düzeyleri ile yolcu ve hava aracı çalışanlarının kulak sağlığı ve konforu açısından iç gürültü ile araç içi titreşim düzeylerine ilişkin düzenlemeler 9/4/1987 tarihli ve 3348 sayılı Ulaştırma



Bakanlığı'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun hükümleri uyarınca Ulaştırma Bakanlığının yetkisindedir [28]. Madde 23'e göre hava alanlarından kaynaklanan çevresel gürültü düzeyi ve gürültünün önlenmesine ilişkin kriterler belirtilmiştir [28]. Buna göre;

a) Stratejik gürültü haritası hazırlanması zorunlu olan hava alanının bulunduğu alan ve zaman dilimine bağlı olarak; bu yönetmeliğin 20. maddesinin (a) bendi çerçevesinde yapılan değerlendirme sonuçlarına göre, hava alanı çevresel gürültü düzeyleri  $L_{gündüz}$  ve  $L_{gece}$  cinsinden Tablo 6'da verilen sınır değerleri aşamaz.

Tablo 6 Havaalanı çevresel gürültü sınır değerleri [28].

Alanlar	Küçük havaalanları (yılda ellibinin altında iniş/kalkışın olduğu havaalanları)		Büyük havaalanları (yılda elli bin ve üstü iniş/kalkışın olduğu havaalanları) veya askeri havaalanları	
	$L_{gündüz}$ (dBA)	$L_{gece}$ (dBA)	$L_{gündüz}$ (dBA)	$L_{gece}$ (dBA)
Gürültüye duyarlı alanlar (eğitim, kültür ve sağlık alanları), yazlık yerleşim alanları ve kamp yerleri otel, motel, yazlık yerleşim yerleri ve kamp yerleri	63	53	68	58
Yerleşim alanları	65	55	70	60
Karışık (yerleşim alanları, işyerleri, endüstri ve benzeri.)	67	57	72	62
Endüstriyel alanlar	70	60	75	65

b) Helikopter iniş pistlerinde çevresel gürültü düzeyleri  $L_{gündüz}$  65 dBA ve  $L_{gece}$  55 dBA sınır değerlerini aşamaz.

c) Yılda elli binden fazla iniş/kalkışın yapıldığı hava alanlarında işletmeci kuruluş tarafından; çevresel gürültünün tespitinde kullanılmak ve bu Yönetmeliğin 13. maddesi kapsamında hazırlanan mevzuat çerçevesinde getirilen esasları sağlamak amacıyla TS 2605 standardı esas alınarak gürültü ölçüm/kontrol/izleme sistemi kurulur.

d) Yılda elli binin altında iniş/kalkışın yapıldığı hava alanlarının bulunduğu yerlerde nüfus yoğunluğu ve alan özelliği (gürültüye duyarlılık açısından) göz önünde bulundurularak, hava alanı çevresel gürültü düzeyinin Tablo 5'de verilen sınır değerleri aştığı yerlerde işletmeci kuruluş tarafından, kaynak ve alıcıda kontrole yönelik gerekli tedbirlerin alınması ve/veya çevredeki yapılarda TSEN 12354-1, TSEN 12354-2, TSEN 12354-3 ve TSEN 12354-4 standartlarına göre yapılacak yalıtım hesaplama sonuçları ve

TSEN ISO 140-1, TSEN ISO 140-2, TSEN ISO 140-6, TSEN ISO 140-9, TSEN ISO 140-10 ve TS ISO 140-3, TS ISO 140-4, TS ISO 140-5, TS ISO 140-7, TS ISO 140-8 standartlarına göre ses yalıtım ölçüm sonuçlarına uygun yapı elemanları hava alanı işletmecisi tarafından seçilerek uygulamaya konulur. Alınan tedbirlerin etkinliğine yönelik ölçüm ve performans testleri yaptırılır.

### **1.21. Uçak Gürültüsü Ölçümü**

Bu konuda uygulanabilecek iki farklı yaklaşım vardır [17]. İlk metot bir uçağın iniş yada kalkışı gibi tek bir olayın ölçümünü içerir. İkinci metot havaalanı yakınlarında bulunanların maruz kaldığı ortalama gürültü seviyesini ölçer.

Maksimum Ses Seviyesi ( $L_{max}$ ) metodu, bir uçağın hareketi gibi tek bir olaydan kaynaklanan maksimum ses seviyesini tanımlar. Bu metot genellikle uçuş gürültüsünü ölçerken A ağırlıklı desibel ile açıklanır.

Sese maruz kalma seviyesi ( $L_E$ ) metodu, bir kişinin uçağın hareketi süresince maruz kaldığı sesin tamamını ölçer. Yani bu metot tek bir olayın hem yoğunluğunu hem de süresini göz önünde bulundurur. Farklı tekil olaylar arasında kıyaslama yapmak için ölçülen toplam ses enerjisinin bir saniyenin üstünde ortalaması alınır. Böylece bir saniyeden daha uzun süren tekil bir olay için sese maruz kalma seviyesi aynı olay için maksimum ses seviyesinden daha yüksek olabilir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada Trabzon Havaalanı çevresine yakın yerleşim birimleri olan Konaklar, Yalı ve Adnan Kahveci mahallelerinde ölçüm noktaları belirlenerek, ölçüm ve anket çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada bu mahallelerin seçilmelerinin nedeni havaalanına en yakın ve uçak hareketlerinin çevresel etkisine en çok maruz kalan yerleşim birimleri olmalarıdır.

### 2.1. Gürültü ve Hava Şoku Ölçümleri

#### 2.1.1. Çalışma Alanının Tanımlanması

Trabzon, Karadeniz Bölgesi'nin kuzeydoğusunda olup, Doğu Karadeniz'in en büyük yerleşim merkezidir. Trabzon Havaalanı şehir merkezinin yaklaşık olarak 5 km kuzeydoğusunda bulunan, uluslararası bir havaalanıdır. Trabzon Havaalanı coğrafik olarak kuzeybatı ( $290^0$ ) güneydoğu ( $110^0$ ) istikametinde uzanan tek bir piste sahiptir. Pistin bu istikamette yapılmasının sebeplerinden biriside Trabzon için etkili rüzgâr yönünün batı-kuzeybatı ( $290^0$ - $320^0$ ) olmasıdır. Kuzeybatıdaki pist başı, "11 pist başı" olarak isimlendirilirken, kuzeydoğudaki "29 pist başı" olarak isimlendirilmektedir. Pist 2640 m uzunluğa ve 45 m genişliğe sahiptir. Havaalanında kış aylarındaki günlük ortalama uçuş hareket sayısı 25-30 iken, yaz aylarında 35-40 civarındadır. Kalkışlar olağanüstü hava şartları olmadığı sürece "29" pist başından, inişler ise "11" pist başından yapılmaktadır. Rüzgarın batı-kuzeybatı ( $270^0$ - $330^0$ ) yönünden ortalama 25-30 km/saat ve daha fazla bir hızla estiği olağanüstü hava koşullarında, inişler de 29 pist başından yapılırken, alçak bulut kapallılığının 5/8 ve daha fazla, bulut taban seviyesinin de 400 m ve altında olduğu durumlarda iniş ve kalkışlar pistin kolaylıkla görülebildiği pist başından yapılmaktadır. Çalışma alanı rant değeri düşük, Karadeniz Teknik Üniversitesi'ne yakın olması dolayısıyla öğrenciler tarafından tercih edilirken ve köyden kente göçün bir sonucu olarak artan konut ihtiyacının karşılanması amacıyla da kullanılmaktadır. Bölge yerleşimcileri havaalanı uçak hareketlerinin gürültü ve hava şoku tehditi altında yaşamaktadırlar Şekil 19'da Trabzon Havalimanı'na yakın yerleşim merkezi ve bu merkezin düzensiz yapılaşması görülmektedir.



Şekil 19. Trabzon Hava limanı-yerleşim merkezi görünümü

Hava ulaşımı bakımından Doğu Karadeniz Bölgesi'nde sadece Trabzon Hava Limanı'na sahiptir. Havalimanı'nda her geçen yıl uçak hareket sayısını arttığı Tablo 7'de açıkça görülmektedir. Havalimanını çok farklı tipte ve mesafelerdeki uçaklar tarafından kullanılmaktadır. Tablo 8, Tablo 9 ve Tablo 10'da bazı uçak tipleri ve özellikleri görülmektedir.

Tablo 7. Trabzon Havalimanında yıllara göre uçak trafiği [30].

Yıllar	Dışhat Uçak Trafiği (Gelen-Giden)	İçhat Uçak Trafiği (Gelen-Giden)	TOPLAM
2000	996	5.080	6.076
2001	986	3.908	4.894
2002	1.395	3.726	5.121
2003	1.512	3.821	5.333
2004	1.518	6.328	7.846
2005	2.474	9.091	11.565
2006	2.408	11.658	14.066
2007	2.990	11.584	14.574

Tablo 8. B738 tipi uçağın teknik özellikleri [29].

<b>B738</b>		<b>Yatay Uçuş Süratı</b>	858 km/h
<b>Azami Kalkış Ağırlığı</b>	79.015 kg	<b>Yolcu Kapasitesi</b>	165
<b>Kanat Açıklığı</b>	34,315 m	<b>Azami Yatay Uçuş Yüksekliği</b>	41.000 ft
<b>Gövde Uzunluğu</b>	39,472 m	<b>Azami Menzil</b>	4.755 km.
<b>Yerden Yüksekliği</b>	12,548 m	<b>Azami Kargo Kapasitesi</b>	8.408 kg / 45,05 m <sup>3</sup>

Tablo 9. B737-400 tipi uçağın teknik özellikleri [29].

<b>B737-400</b>		<b>Yatay Uçuş Süratı</b>	797 km/h
<b>Azami Kalkış Ağırlığı</b>	68.038 kg	<b>Yolcu Kapasitesi</b>	150
<b>Kanat Açıklığı</b>	28,88 m	<b>Azami Yatay Uçuş Yüksekliği</b>	37.000 ft
<b>Gövde Uzunluğu</b>	36,449 m	<b>Azami Menzil</b>	3.350 km
<b>Yerden Yüksekliği:</b>	11,125 m	<b>Azami Kargo Kapasitesi</b>	7.491 kg / 39,22 m <sup>3</sup>

Tablo 10. A320 tipi uçağın teknik özellikleri [29].

<b>A320</b>		<b>Yatay Uçuş Süratı</b>	858 km/h
<b>Azami Kalkış Ağırlığı</b>	77.000 kg	<b>Yolcu Kapasitesi</b>	150
<b>Kanat Açıklığı</b>	33,91 m	<b>Azami Yatay Uçuş Yüksekliği</b>	39.100 ft
<b>Gövde Uzunluğu</b>	37,57 m	<b>Azami Menzil</b>	3.350 km
<b>Yerden Yüksekliği</b>	11,91 m	<b>Azami Kargo Kapasitesi</b>	9.435 kg / 37,42 m <sup>3</sup> (Konteyner ile yükleme yapıldığında)

Gürültünün çevredeki yayılımında rüzgâr hızı ve yönü önemli rol oynamaktadır. Trabzon Havaalanında rüzgârın da etkili olabileceği olumsuz hava koşullarının yaşanması halinde uçakların çevresel etkilerinden en çok etkilenecek olan yerler Konaklar, Yalı ve Adnan Kahveci Mahalleleri'dir. Bunun yanı sıra bu bölge köyden kente göçün fazla olması ve bölgenin rant değerinin düşük olması sebebiyle düzensiz ve çarpık yapılaşmaya sahip olup, binaları genel itibariyle yalıtımlı malzemelerden oluşmamaktadır. Yalıtım malzemesi olmayan binalarda yaşayanların uçakların gürültü ve hava şokuna maruz kalmaları daha fazla olabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı çalışma alanı olarak özellikle bu mahalleler havaalanı uçak hareketleri sonucu oluşan gürültü ve hava şoku seviyeleri ile toplumsal rahatsızlık seviyelerinin belirlenmesi amacıyla seçilmiştir.

### 2.1.2. Ölçüm Noktaları ve Meteorolojik Koşullar

Gürültü ve hava şokunun ölçülmesi amacıyla her mahallede 1 tane olacak şekilde 3 ölçüm istasyonu belirlenmiştir. Pisti engelsiz olarak görmeleri, yollara çok yakın olmamaları ve mahalleleri, havaalanına olan ortalama mesafesi açısından temsil edebilmeleri ölçüm noktalarının seçilmesindeki kriterler olarak dikkate alınmıştır. Birinci istasyon Konaklar Mahallesi'nde havaalanına yaklaşık olarak 550 m mesafede ve havaalanını gören bir tarla olarak seçilmiştir. İkinci istasyon Yalı Mahallesi Aydınkent Sitesi'nde bulunan havaalanına yaklaşık olarak 620 m mesafede ve havaalanını gören bir evin balkonu seçilmiştir. Üçüncü istasyon Pelitli Beldesi Adnan Kahveci Mahallesi'de bulunan ve havaalanına yaklaşık olarak 300 m mesafede ve havaalanını gören bir evin

balkonu seçilmiştir. Ek-2 (1/3000 ölçekli Trabzon Havalimanı Mevkii Halihazır Harita ve Mania Sınırları) istasyonları göstermektedir.

Uçuş güvenliğinin, can ve mal emniyetinin sağlanmasına yönelik olarak havaalanları için belirlenen belirli alanda ve yükseklikteki yerlerin oluşturduğu sınırlara mania sınırları denir. Mania sınırları iniş-kalkış esnasında uçakların dikkat edecekleri noktalardan oluşur. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan genelgeye göre [31]: manina sınırları içerisinde yapılan binaların havaalanı zemininden itibaren 45 metreyi geçmemesi ve okul, hastane gibi insanların toplu bulunduğu yerlerin inşa edilmemesi, her türlü parlayıcı, akaryakıt tesis ve depoları ile buna benzer yapılar ve yoğun duman çıkaracak nitelikteki sanayi tesislerinin planlanmaması ve inşa edilmemesi gerekir. Trabzon Havalimanı mania sınırları içerisinde iki benzin istasyonu ve bir tane de ilköğretim okulu mevcut olup 3 nolu ölçüm istasyon bu sınırlar içerisinde yer almaktadır..

Ölçüm çalışmalarının 1-2 gün öncesinde ölçüm yapılması düşünülen zamanların sıcaklık, rüzgar ve nemlilik gibi ölçmeye etki edebilecek kriterlerin ayrıntılı tahminleri yapılarak ve uygun meteorolojik şartlar aranarak çalışmalar yapılmıştır. Tablo 11’de ölçüm anındaki meteorolojik koşullar görülmektedir.

Tablo 11. Ölçüm yapılan anlardaki Trabzon Havalimanı'ndaki meteorolojik koşullar [32].

Tarih ve saat	11 Pist başı rüzgar yönü ve hızı (m/sn)	29 Pist başı rüzgar yönü ve hızı (m/sn)	Sıcaklık (°C)	Nem (%)
05.10.2006 23:12	SE-2	sakin	18	86
12.10.2006 19:20-19:27-19:33	SW-2	SW-2	19	90
12.10.2006 20:09	SW-3	W/SW-3	19	87
12.10.2006 20:36	SW-3	SW-3	18	75
13.10.2006 07:33	SW-3	W/SW-3	18	72
13.10.2006 08:20	SW-3	W/SW-4	19	71
16.11.2006 20:19	Sakin	Sakin	12	50
16.11.2006 20:58	S-3	SW/S-2	11	65
16.11.2006 21:07	Sakin	W/SW-2	12	63
16.11.2006 21:41	Sakin	Sakin	11	61
16.11.2006 23:10	S-4	Sakib	14	44
16.11.2006 23:16	S-4	Sakib	14	44
17.11.2006 02:15	S-5	Sakin	15	44
17.11.2006 03:50	SW/S-3	Sakin	14	45
17.11.2006 04:59	SW-2	Sakin	14	50
21.11.2006 20:00-20:04	Sakin	Sakin	8	82
21.11.2006 20:34	Sakin	Sakin	8	74
21.11.2006 20:38-20:43-20:57	Sakin	Sakin	8	74
21.11.2006 21:34	Sakin	Sakin	7	77
23.11.2006 20:10-20:14-20:17	E/SE-2	SE-2	15	31
23.11.2006 20:37-20:41-21:01	Sakin	Sakin	14	35
23.11.2006 21:12-21:23	SE-3	Sakin	15	27
07.12.2006 20:35	Sakin	Sakin	8	66



Tablo 11'in devamı

07.12.2006 20:40-20:59-21:03	S-3	Sakin	6	47
07.12.2006 21:23	Sakin	Sakin	6	47
18.12.2006 19:26	Sakin	Sakin	10	57
18.12.2006 19:58-20:05	Sakin	Sakin	8	59
18.12.2006 20:17	Sakin	Sakin	10	56
18.12.2006 20:40-20:58-21:02	Sakin	Sakin	8	60
18.12.2006 21:15	Sakin	Sakin	8	60
17.05.2007 20:29	Sakin	Sakin	19	85
17.05.2007 20:48	Sakin	Sakin	18	89
17.05.2007 21:24	Sakin	Sakin	18	87
17.05.2007 21:40-21:45-22:06	Sakin	Sakin	17	87
07.06.2007 20:35-20:58	Sakin	Sakin	22	79
07.06.2007 21:25	W/SW-2	Sakin	22	81
07.06.2007 21:40-21:44-21:49- 21:57	W/2	W/SW-2	23	81
07.06.2007 20:04	W-3	W-4	22	80
02.10.2007 20:21-21:29	W-3	W-3	22	78
02.10.2007 21:40-21:49	W-2	W/NW-2	22	78

### 2.1.3. Ölçümlerde Kullanılan Cihaz

Ölçümler İnstaltel marka, Minimate Blaster model titreşim, gürültü ve hava şoku ölçer bir cihaz ile yapılmıştır. Cihaz bir monitör, jeofon ile hava şoku ve gürültü ölçümü için bir mikrofondan (Şekil 20) oluşmaktadır. Cihazın frekans aralığı, 2-250 Hz; gürültü ve hava şoku hassasiyeti ( $L_{max}$ ) ise 88-148 dB'dir.

Cihaz kayıtları, zaman esaslı olarak her bir olay için gürültü, hava şoku, frekans, ivme ve parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) içermektedir. Ayrıca, cihaz üzerinde yer alan LCD ekranda bu değerler görülebilmekte ve kaydedilen değerlerin ayrıntılı analizi için, elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir [33].



Şekil 20. Instantel minimate plus model gürültü ölçer cihaz [34].

## 2.2. Anket Çalışması

Ölçüm çalışmaları ile birlikte Trabzon Havaalanı çevresinde yaşayan ve uçak hareketlerinin çevresel etkilerine maruz kalan insanlara sorular sorarak toplumsal rahatsızlık seviyeleri ölçülmek istenmiştir. Bu amaçla hazırlanan anket formu kişilerin gürültüden etkilenme şekillerini ve düzeylerini ölçebilecek, oturdukları binalar ile ilgili bilgi verebilecek, cinsiyet, yaş ve eğitim durumlarını gösterecek Ek-1’de verilen sorulardan oluşmaktadır.

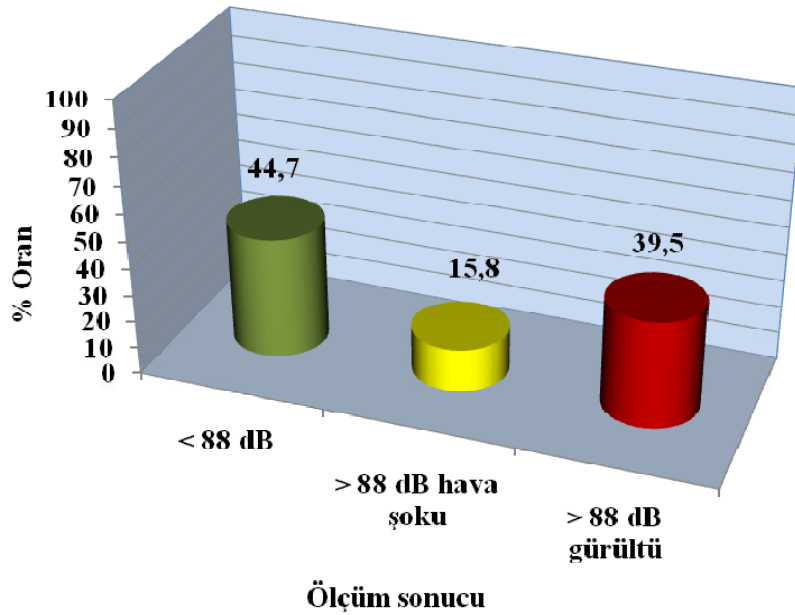
Anket çalışmaları uçak hareketlerinden en çok etkilenen yerleşim merkezlerinden olan Konaklar, Yalı ve Adnan Kahveci mahallelerinde 100 kişi üzerinde yapılmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Gürültü ve Hava Şoku Ölçümü Sonucu Elde Edilen Bulgular

Yapılan ölçüm sonuçları cihazdan bilgisayara aktarıldıktan sonra gürültü ve hava şoku ayrımı yapılmış ve 88 dB üzeri 84 adet ölçüm dikkate alınmıştır. Kullanılan cihaz 88 dB üzerindeki değerlerin frekansını ve ses yüksekliğini gösterebilmekte, ancak 88 dB altındaki değerlerin frekansını ve ses yüksekliğini gösterememektedir. Uçak iniş ve kalkış hareketleri esnasında meydana gelen gürültü ve hava şoku değerleri Tablo 12’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Literatür araştırmalarına göre frekansı 20 Hz altında olan sesler hava şoku, üzerindeki ise gürültü olarak tanımlanmaktadır. Ölçümler bu ayrıma göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, bir uçak hareketinin ölçüm sonucu değerlendirilirken her bir uçak hareketi esnasında farklı sürelerde ve seviyelerde kaydedilen birçok değer maksimum ses seviyesine sahip olanı dikkate alınmıştır.

İniş ve kalkışlar esnasında tüm ölçümlerin 68 tanesi 88 dB altı gürültü veya hava şoku, 24 tanesi 88 dB üzeri hava şoku ve 60 tanesi ise 88 dB üzeri gürültü olarak algılanmıştır. Bu değerlerin % oranları Şekil 21’de gösterilmiştir.



Şekil 21. Uçak hareketleri esnasında kaydedilen gürültü ve hava şokunun % oranı

Tablo 12. Uçak hareketleri sonucu istasyonlarda ölçülen gürültü ve hava şoku değerleri

Tarih ve Saat	11 Pist Başı Kalkış-İniş	29 Pist Başı Kalkış-İniş	İstasyon 1 (Konaklar Mh.- Tarla)		İstasyon 2 (Yalı Mh.-Ev)		İstasyon 3 (Adnan Kahveci Mh.-Ev)		Uçak Tipi
			Gürültü (dB) ve Frekans (Hz)	Hava Şoku (dB) ve Frekans (Hz)	Gürültü (dB) ve Frekans (Hz)	Hava Şoku (dB) ve Frekans (Hz)	Gürültü (dB) ve Frekans (Hz)	Hava Şoku (dB) ve Frekans (Hz)	
05.10.2006 23:12	İniş		Ölçüm cihazı kurulmadı		101,9 dB 39 Hz.		Ölçüm cihazı kurulmadı		B738
12.10.2006 19:20	Kalkış		111,8 dB 4,7 Hz			100 dB 5,9 Hz	88 dB>		B738
12.10.2006 19:27	Kalkış		111,8 dB 8,8 Hz		88 dB>		88 dB>		B738
12.10.2006 19:33	İniş		113,1 dB 5,6 Hz		88 dB>		101,9 dB >100 Hz		A320
12.10.2006 20:09	İniş		117,5 dB 3,4 Hz		88 dB>		88 dB>		B738
12.10.2006 20:36		Kalkış	107,5 dB 5 Hz		88 dB>		102,8 dB 47 Hz		B738
13.10.2006 07:33		Kalkış	Ölçüm cihazı kurulmadı		102,8 dB 85 Hz		Ölçüm cihazı kurulmadı		B737
13.10.2006 08:20	İniş		Ölçüm cihazı kurulmadı			101 dB 4,2 Hz	Ölçüm cihazı kurulmadı		B737
16.11.2006 20:19	İniş		105,5 dB 47 Hz		88 dB>		101,9 dB 85 Hz		A320
16.11.2006 20:58		Kalkış	94 dB 27 Hz		88 dB>		105,5 dB 26 Hz		B738
16.11.2006 21:07		Kalkış	100 dB 85 Hz		88 dB>		102,8 dB 51 Hz		A320
16.11.2006 21:41		Kalkış	Ölçüm cihazı kurulmadı		88 dB>			135,3 dB 2,5 Hz	B738
16.11.2006 23:10	Kalkış		Ölçüm cihazı kurulmadı			100 dB 9,5 Hz	Ölçüm cihazı kurulmadı		B737
16.11.2006 23:16	İniş		Ölçüm cihazı kurulmadı			100 dB 4 Hz	Ölçüm cihazı kurulmadı		B737

Tablo 12'in devamı

17.11.2006 02:15		İniş	Ölçüm cihazı kurulmadı	Ölçüm cihazı kurulmadı	101,9 dB 4.Hz	B737
17.11.2006 03:50		İniş	Ölçüm cihazı kurulmadı	Ölçüm cihazı kurulmadı	104,9 dB >100	Casa
17.11.2006 04:59		Kalkış	Ölçüm cihazı kurulmadı	Ölçüm cihazı kurulmadı	111,2 dB >100 Hz	Casa
21.11.2006 20:00		Kalkış	102,8 dB >100 Hz	88 dB>	106,0 dB >100 Hz	B738
21.11.2006 20:04		Kalkış	88 dB>	88 dB>	105,5 dB 27 Hz	A320
21.11.2006 20:34	İniş		100 dB 43Hz	88 dB>	88 dB>	A321
21.11.2006 20:38	İniş		88 dB>	88 dB>	107,0 dB >100 Hz	MD-83
21.11.2006 20:43		Kalkış	88 dB>	88 dB>	103,5 dB 85 Hz	A320
21.11.2006 20:57	İniş		88 dB>	88 dB>	101,9 dB >100 Hz	B737
21.11.2006 21:34		Kalkış	103,5 dB >100 Hz	100 dB 27 Hz	88 dB>	MD-83
23.11.2006 20:10	Kalkış		Ölçüm cihazı kurulmadı		Ölçüm cihazı kurulmadı	Özel Uçak
23.11.2006 20:14	Kalkış		Ölçüm cihazı kurulmadı		101,9 dB 8,3 Hz	B737
23.11.2006 20:17	İniş		Ölçüm cihazı kurulmadı		102,8 dB 6,6 Hz	MD-83
23.11.2006 20:37	İniş		101 dB 4,9 Hz		100 dB 10 Hz	A321
23.11.2006 20:41		Kalkış	88 dB>		102,8 dB 11 Hz	A320
23.11.2006 21:01	İniş		100 dB 8,0 Hz	101,9 dB 26 Hz	88 dB>	B737
23.11.2006 21:12		Kalkış	88 dB>		100 dB >100 Hz	A321

Tablo 12'in devamı

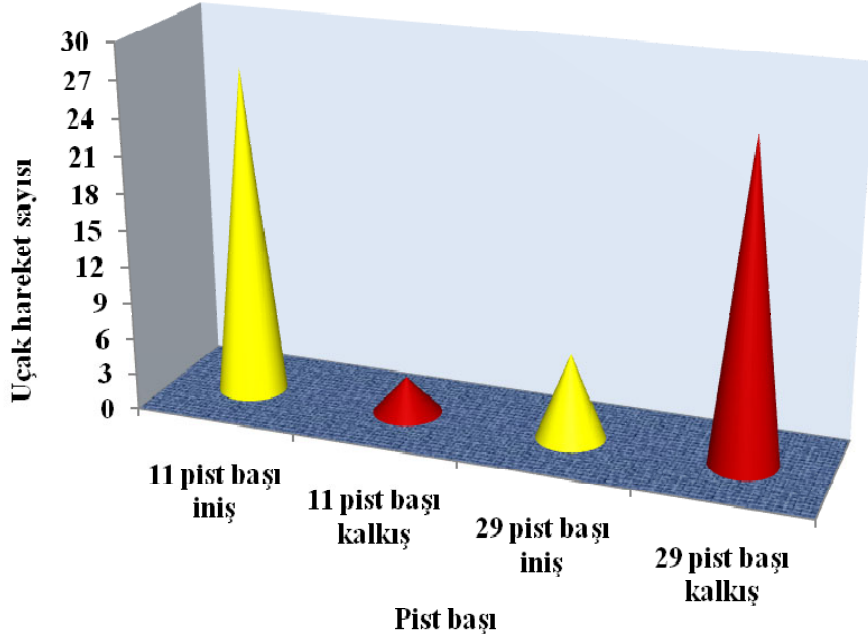
23.11.2006 21:23		Kalkış	88 dB>	88 dB>	102,8 dB 34 Hz		MD-83
07.12.2006 20:35	İniş		88 dB>	101 dB >100 Hz	102,8 dB >100 Hz		MD-83
07.12.2006 20:40		Kalkış	88 dB>	88 dB>	101 dB 85 Hz		A320
07.12.2006 20:59	Kalkış		102,8 dB >100 Hz	88 dB>	88 dB>		A320
07.12.2006 21:03	İniş		102,8 dB >100 Hz	88 dB>	88 dB>		B737
07.12.2006 21:23		Kalkış	88 dB>	88 dB>	104,2 dB 27 Hz		MD-83
18.12.2006 19:26	İniş		Ölçüm cihazı kurulmadı	104,2 dB 2,1 Hz	Ölçüm cihazı kurulmadı		A320
18.12.2006 19:58		Kalkış	Ölçüm cihazı kurulmadı	88 dB>	102,8 dB >100 Hz		A320
18.12.2007 20:05	Kalkış		100 dB 24 Hz	88 dB>	88 dB>		A320
18.12.2006 20:17	İniş		88 dB>	104,2 dB 10 Hz	88 dB>		A320
18.12.2006 20:40		Kalkış	88 dB>	104,2 dB 1,7 Hz	101,9 dB >100 Hz		A320
18.12.2006 20:58	İniş		88 dB>	101 dB >100 Hz	104,9 dB >100 Hz		B737
18.12.2006 21:02		Kalkış	88 dB>	88 dB>	101,9 dB >100 Hz		A320
18.12.2006 21:15		Kalkış	101,9 dB >100,0 Hz	88 dB>	109,9 dB >100 Hz		MD-83
17.05.2007 20:29	İniş		101,9 dB 73 Hz	106 dB >100 Hz	109 dB >100 Hz		B738
17.05.2007 20:48		Kalkış	88 dB>	88 dB>	104,2 dB 73 Hz		B738
17.05.2007 21:24	İniş		88 dB>	88 dB>	101 dB >100 Hz		B737

Tablo 12'in devamı

17.05.2007 21:40	İniş		91,5 dB >100 Hz	103,5 dB 85 Hz	101,9 dB >100 Hz			A320
17.05.2007 21:45	Kalkış		88 dB>	88 dB>	109,5 dB >100 Hz			A320
17.05.2007 22:06	Kalkış		Ölçüm cihazı kurulmadı	88 dB>	104,9 dB 57 Hz			B737
07.06.2007 20:35	İniş		Ölçüm cihazı kurulmadı	101,9 dB 26 Hz	Ölçüm cihazı kurulmadı			MD-83
07.06.2007 20:58	İniş		Ölçüm cihazı kurulmadı	88 dB>	105,5 dB 73 Hz			A321
07.06.2007 21:25	İniş		88 dB>	88 dB>	101 dB >100 Hz			B737
07.06.2007 21:40	İniş		88 dB>	88 dB>	101 dB >100 Hz			B738
07.06.2007 21:44	Kalkış		101 dB >100 Hz	103,5 dB 73 Hz	101 dB 28 Hz			MD-83
07.06.2007 21:49	İniş		88 dB>	88 dB>	103,5 dB >100 Hz			A319
07.06.2007 21:57	Kalkış		Ölçüm cihazı kurulmadı	88 dB>		101,9 dB 18,0 Hz		B738
02.10.2007 20:04	Kalkış		Ölçüm cihazı kurulmadı	Ölçüm cihazı kurulmadı	101 dB 64 Hz			A320
02.10.2007 20:21	İniş		88 dB>	Ölçüm cihazı kurulmadı	102,8 dB >100 Hz			A321
02.10.2007 21:29	İniş		88 dB>	Ölçüm cihazı kurulmadı	101,9 dB 85 Hz			A320
02.10.2007 21:40	İniş		98,8 dB 16 Hz	Ölçüm cihazı kurulmadı	88 dB>			B738
02.10.2007 21:49	Kalkış		94 dB >100 Hz	Ölçüm cihazı kurulmadı	88 dB>			A320

Değerlendirilen uçak hareketlerinin 30 tanesi iniş, 33 tanesi kalkış anında olup bunların 27 tanesi 11 pist başından yapılan iniş, 3 tanesi 29 pist başından yapılan iniş, 26 tanesi 29 pist başından yapılan kalkış ve 7 tanesi de 11 pist başından yapılan kalkıştır. Şekil 22’de her iki pist başından yapılan iniş ve kalkışlar görülmektedir.

En çok inişin ve en çok kalkışın gerçekleştiği pist başları dikkate alındığında; 11 pist başındaki toplam 27 iniş hareketinin tüm istasyonlarda kaydedilen 38 ölçüm sonuçlarına göre ses seviyesi ortalaması 102,8 dB olup, 29 pist başından yapılan 26 kalkış hareketinin tüm istasyonlarda kaydedilen 32 ölçüm sonucuna göre ses seviyesi ortalaması 104,2 dB’dir.



Şekil 22. Pist başlarına göre gerçekleşen uçak hareketleri

Ölçümler esnasında iniş ve kalkış gerçekleştiren uçak tipleri ve hareket sayıları Tablo 13’de görülmektedir.



Tablo 13. Ölçüm esnasında uçak tiplerine göre gerçekleşen uçak hareketi

Uçak tipi	11 pist başı iniş	11pist başı kalkış	29 pist başı iniş	29 pist başı kalkış	Toplam hareket
A320	5	2	1	11	19
B737	8	2	1	2	13
B738	5	2	5	1	13
MD-83	4	1	-	4	9
A321	4	-	-	1	5
A319	1	-	-	-	1
Casa	-	-	1	1	2
Küçük uçak	-	1	-	-	1

Ölçüm cihazlarının üçünün de aynı anda kurulup ölçüme hazır olduğu 40 uçak hareketi Tablo 12'e göre değerlendirildiğinde; istasyon 1'de 7 tanesi hava şoku, 13 tanesi gürültü olmak üzere 20 kayıt, istasyon 2'de 6 tanesi hava şoku, 7 tanesi gürültü olmak üzere 13 kayıt, istasyon 3'te ise hepsi gürültü değeri olan 29 kayıt elde edilmiştir. Bu kayıtlar Tablo 14'de görülmektedir.

Tablo 14. Üç istasyonda da aynı anda ölçülen ses seviyesi sayısı

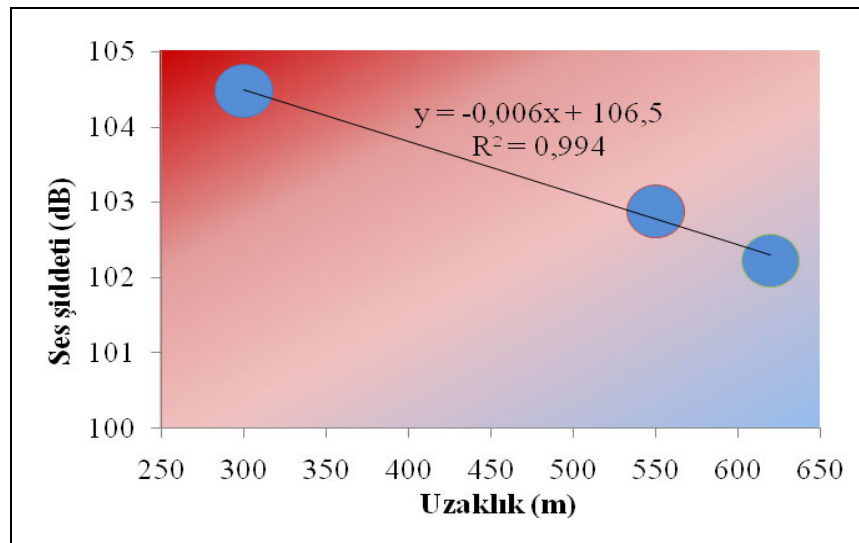
İstasyon no	Gürültü sayısı	Hava şoku sayısı	Toplam
1	13	7	20
2	7	6	13
3	29	-	29

Ölçümlerde uçak hareketi esnasında kaydedilen en yüksek değerin hangi noktadan geldiğini söyleyebilmek mümkün olmadığından dolayı her istasyon için ortalama bir mesafe alınmıştır. Buna göre; birinci istasyonun ortalama uzaklığı 550 m, ikinci istasyonunki 620 m ve üçüncü istasyonunki 300 m dir. İstasyonlara ait olan değerlerin ayrı ayrı standart sapmaları ve ortalamaları alınarak Şekil 23 oluşturulmuştur. Tablo 15'de istasyonlara göre alınan değerlerin standart sapmaları ve ortalamaları görülmektedir.

Tablo 15. İstasyonlardaki değerlerin standart sapmaları ve ortalamaları

İstasyon no	Standart sapma (dB)	Ortalama (dB)
1	6,37	102,9
2	1,94	102,2
3	5,74	104,5

Şekil 23’de mesafeye göre ses şiddeti seviyesinin değişimi görülmektedir.



Şekil 23. Ses şiddetinin mesafeyle değişimi

### 3.1.1. Ölçümlerin İstatistiksel ve İstasyonlara Göre Analizi

Çalışma alanındaki istasyonlarda ölçülen toplam 84 tane ses seviyesi değerlerinin (gürültü ve hava şoku) 22 tanesi istasyon 1’de, 23 tanesi istasyon 2’de ve 39 tanesi de istasyon 3’te ölçülmüştür. Gürültü ve hava şokunun ölçüldüğü yerler arasında veri benzerliği bakımından herhangi bir fark olup olmadığı belirlenmeye çalışılmış ve bunun için tek yönlü çok değişkenli varyans analizi [35] yapılmıştır.

İstasyonlardan alınan veri çiftleri (mesafe-ses seviyesi) arasında fark olup olmadığına ve her bir istasyonun kendi içinde ayrı ayrı değerlendirilip değerlendirilemeyeceğine yönelik 0,05 anlam düzeyinde ( %95 güven aralığında) yapılan varyans analizi için gerekli hesaplamalar aşağıda Tablo 16 ve Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 16. İstasyonlar bazında ölçülen gürültü ve hava şoku değerleri ve varyans analizinde kullanılacak hesaplamalar

İst. 1, (X <sub>1</sub> )	İst. 2, (X <sub>2</sub> )	İst. 3, (X <sub>3</sub> )	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>
111,8	101,9	101,9	12499,24	10383,61	10383,61
111,8	100	102,8	12499,24	10000,00	10567,84
113,1	102,8	101,9	12791,61	10567,84	10383,61
117,5	101	105,5	13806,25	10201,00	11130,25
107,5	100	102,8	11556,25	10000,00	10567,84
105,5	100	135,3	11130,25	10000,00	18306,09
94	100	101,9	8836,00	10000,00	10383,61
100	101,9	104,9	10000,00	10383,61	11004,01
102,8	102,8	111,2	10567,84	10567,84	12365,44
100	100	106	10000,00	10000,00	11236,00
103,5	102,8	105,5	10712,25	10567,84	11130,25
101	100	107	10201,00	10000,00	11449,00
100	101,9	103,5	10000,00	10383,61	10712,25
102,8	106,5	101,9	10567,84	11342,25	10383,61
102,8	101	100	10567,84	10201,00	10000,00
100	104,2	102,8	10000,00	10857,64	10567,84
101,9	104,2	102,8	10383,61	10857,64	10567,84
101,9	104,2	101	10383,61	10857,64	10201,00
91,5	101	104,2	8372,25	10201,00	10857,64
101	106	102,8	10201,00	11236,00	10567,84
98,8	103,5	101,9	9761,44	10712,25	10383,61
94	101,9	104,9	8836,00	10383,61	11004,01
	103,5	101,9		10712,25	10383,61
		109,9			12078,01
		109			11881,00
		104,2			10857,64
		101			10201,00
		101,9			10383,61
		109,5			11990,25
		104,9			11004,01
		105,5			11130,25
		101			10201,00
		101			10201,00
		101			10201,00
		103,5			10712,25
		101,9			10383,61
		101			10201,00
		102,8			10567,84
		101,9			10383,61
$\Sigma X_1=2263,2$	$\Sigma X_2=2351,1$	$\Sigma X_3=4074,4$	$\Sigma X_1^2=233673,52$	$\Sigma X_2^2=240416,63$	$\Sigma X_3^2=426913,9$

Tablo 17. Varyans analizi hesaplamalarında kullanılacak ana formüller tablosu [35]

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin Ortalaması	F Testi
Örnekler arası değişim	$SS_A$	$m-1$	$MS_A=SS_A/ m-1$	$F_{hesap}=MS_A/MS_W$
Örnek içi değişim	$SS_W$	$N-m$	$MS_A=SS_W/ N-m$	
Toplam	$SS_T$	$N-1$	$MS_T=SS_T/N-1$	

Tablo 17'ye göre ölçümler değerlendirildiğinde;  $N=84$  (değerlendirmeye alınacak toplam veri sayısı),  $m=3$  (grup sayısı),  $N-m=81$  ve her bir gruba ait örnek sayıları  $n_1=22$ ,  $n_2=23$ ,  $n_3=39$  olmakta ve Tablo 18'de hesaplamalar gösterilmektedir.

Tablo 18. Varyans analizi hesap tablosu

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin Ortalaması	F Testi
Örnekler arası değişim	$SS_A=\sum [(\sum X_1)^2/n_1+(\sum X_2)^2/n_2+(\sum X_3)^2/n_3] - [(\sum X_1+\sum X_2+\sum X_3)^2]/N$ $=884,31$	$m-1=2$	$MS_A=SS_A/m-1$ $=442,15$	$F_{tablo}=2,716$ $F_{hesap}=MS_A/MS_W=15,767$ <b>SONUC:</b> $F_{hesap}>F_{tablo}$
Örnek içi değişim	$SS_W=\sum(\sum X_1^2+\sum X_2^2+\sum X_3^2) - [(\sum X_1+\sum X_2+\sum X_3)^2]/N$ $=2271,80$	$N-m=81$	$MS_W=SS_W/N-m$ $=28,05$	
Toplam	$SS_T= SS_A+ SS_W$ $=3156,10$	$N-1=83$	$MS_T=SS_T/N-1$ $=38,03$	

Sonuç olarak gürültü ve hava şoku değerleri istasyonlar ve dolayısıyla mesafeler bazında ele alınmış ve 0,05 anlamlılık düzeyinde yapılan varyans analizi neticesinde  $F_{hesap}>F_{tablo}$  elde edilmiştir. Bunun anlamı gruplarından en az bir tanesi diğerlerinden farklıdır ve her bir veri grubu ayrı ayrı ele alınarak analiz çalışmaları yapılmalıdır.

Her istasyonu kendi içinde değerlendirildiğinde:

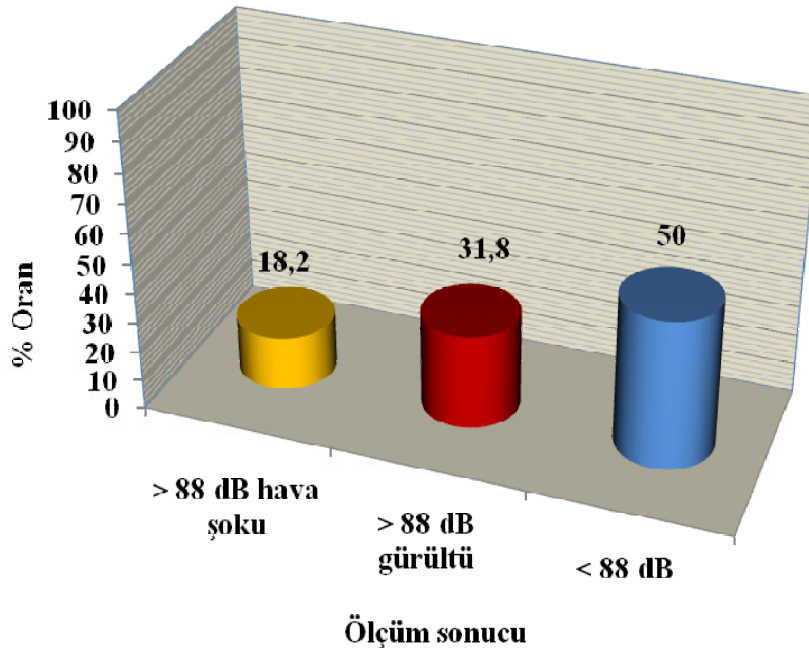
İstasyon 1'de toplam 44 uçak hareketi sonucunda yapılan ölçümlerin 8 tanesi 88 dB üzeri hava şoku, 14 tanesi 88 dB üzeri gürültü ve 22 tanesi ise 88 dB altı gürültü veya hava şoku olarak algılanmıştır.

İstasyon 2'de toplam 55 uçak hareketi sonucunda yapılan ölçümlerin 13 tanesi 88 dB üzeri hava şoku, 10 tanesi 88 dB üzeri gürültü ve 32 tanesi ise 88 dB altı gürültü veya hava şoku olarak algılanmıştır.

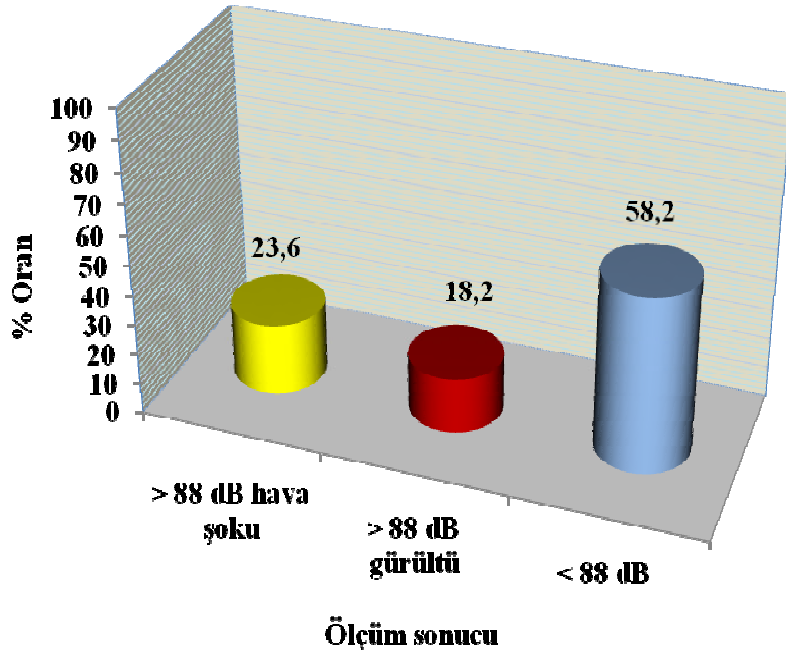
İstasyon 3’de toplam 53 uçak hareketi sonucunda yapılan ölçümlerin 3 tanesi 88 dB üzeri hava şoku, 36 tanesi 88 dB üzeri gürültü ve 14 tanesi ise 88 dB altı gürültü veya hava şoku olarak algılanmıştır. Tablo 19’da bu değerler gösterilmektedir. İstasyonlarda ölçülen 88 dB üzeri gürültü, hava şoku oranları ile 88 dB altı gürültü veya hava şoku oranları da Şekil 24, Şekil 25 ve Şekil 26’da görülmektedir.

Tablo 19. İstasyonlara ait 88 dB üzeri gürültü ve hava şoku ile 88 dB altı gürültü veya hava şoku değerleri

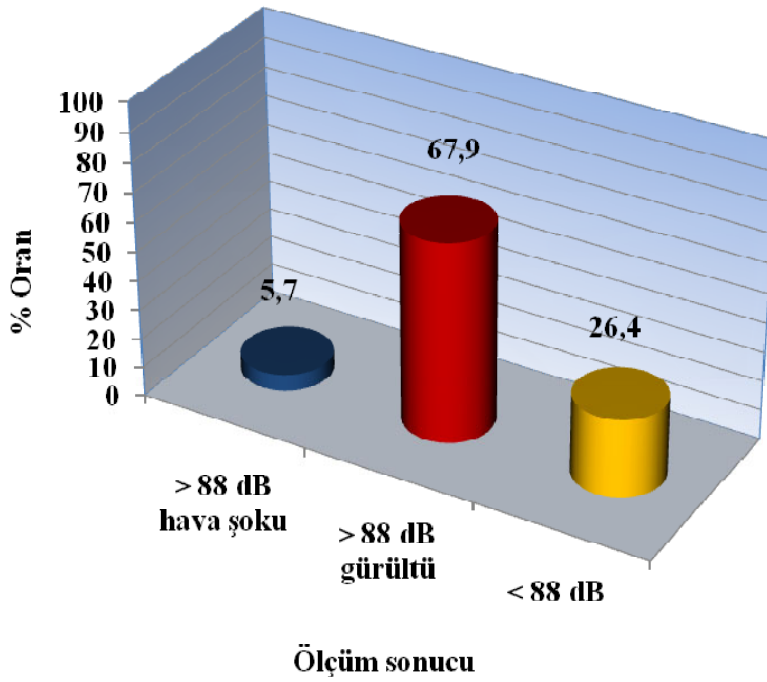
İstasyon no	Uçak hareket sayısı	Gürültü >88 dB	Hava şoku >88 dB	Gürültü veya hava şoku <88 dB	Toplam
1	44	14	8	22	44
2	55	10	13	32	55
3	53	36	3	14	53



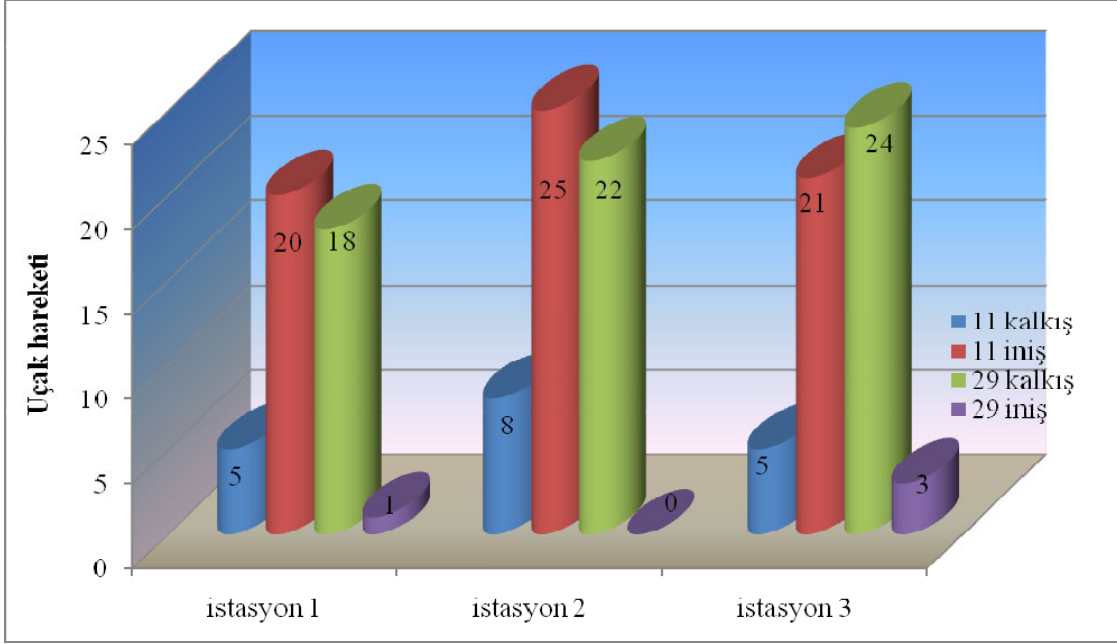
Şekil.24. İstasyon 1’de kaydedilen değerlerin % oranı



Şekil 25. İstasyon 2’de kaydedilen değerlerin % oranı



Şekil 26. İstasyon 3’de kaydedilen değerlerin % oranı



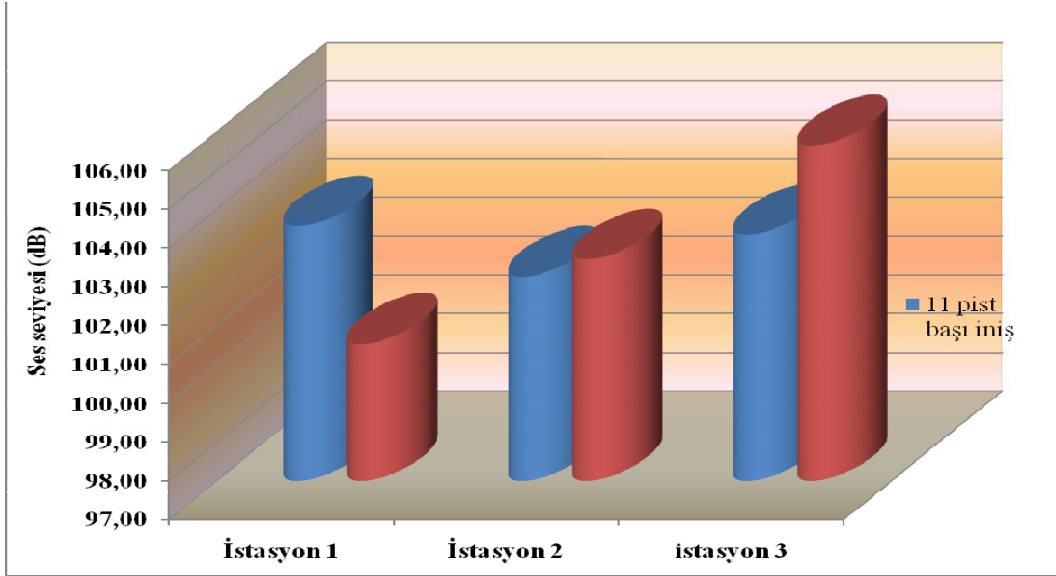
Şekil 27. İstasyonlarda pist başlarına göre değerlendirilen uçak hareketleri

Şekil 27’de görüldüğü gibi en çok ölçüm yapılan uçak hareketleri 11 pist başından iniş ve 29 pist başından kalkıştır. Bu da göstermektedir ki, ölçümlerin çoğu olağan meteorolojik koşullarda yapılmıştır. Olağan üstü koşullarda iniş ve kalkışlar genelde 29 pist başından yapılmaktadır.

İstasyon 1’de 11 pist başından iniş anında 88 dB üzeri elde edilen 9 tane değer in ortalaması, 103,57 dB iken 29 pist başından kalkış esnasındaki alınan 7 değer in ortalaması 100,53 dB’dir.

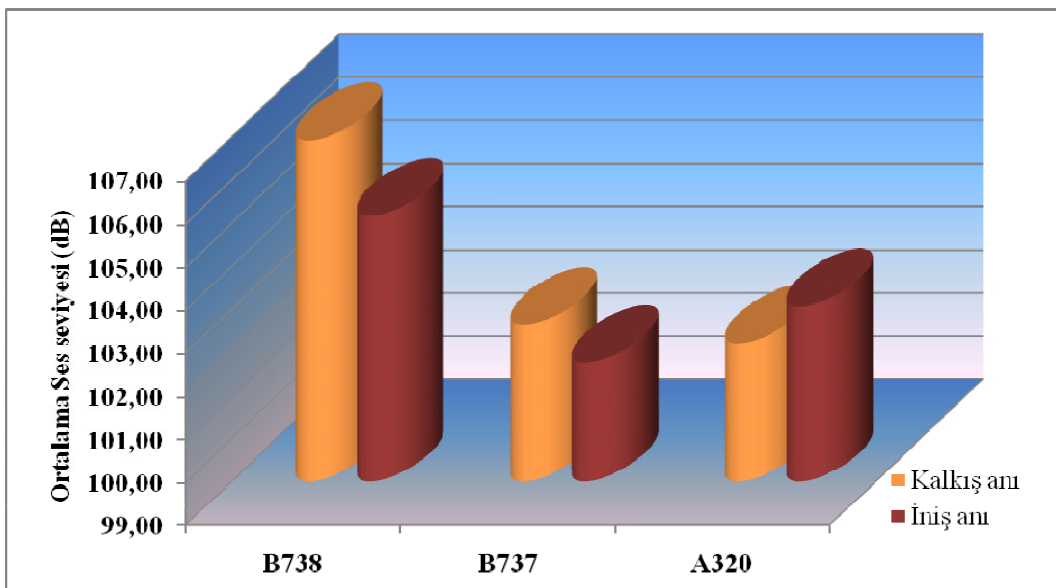
İstasyon 2’de 11 pist başından iniş anında 88 dB üzeri elde edilen 13 tane değer in ortalaması, 102,3 dB iken 29 pist başından kalkış esnasındaki alınan 5 değer in ortalaması 102,70 dB’dir.

İstasyon 3’de 11 pist başından iniş anında 88 dB üzeri elde edilen 14 tane değer in ortalaması, 103,3 iken 29 pist başından kalkış esnasındaki alınan 21 değer in ortalaması 105,6 dB’dir. Pist başlarına göre en sık gerçekleşen uçak hareketlerinin istasyonlarda algılanan ortalama ses seviyeleri Şekil 28’de görülmektedir.



Şekil 28. Pist başlarına göre en sık gerçekleşen uçak hareketlerinin istasyonlarda algılanan ortalama ses seviyeleri

Ölçümler esnasında en çok inen yada kalkan A320, B738 ve B737 uçak modellerine göre bir değerlendirme yapıldığında; B738'in kalkış anındaki ortalama ses seviyesi 106,92 dB, iniş anındaki 105,16 dB, B737'nin kalkış anındaki ortalaması 102,63 dB, iniş anında 101,75 dB ve A320'nin ise kalkış anında 102,20 dB, iniş anında 103,06 dB'dir. En çok iniş-kalkış yapan uçak tiplerinin birbirlerine göre ortalama ses seviyeleri oranları Şekil 29'da görülmektedir.

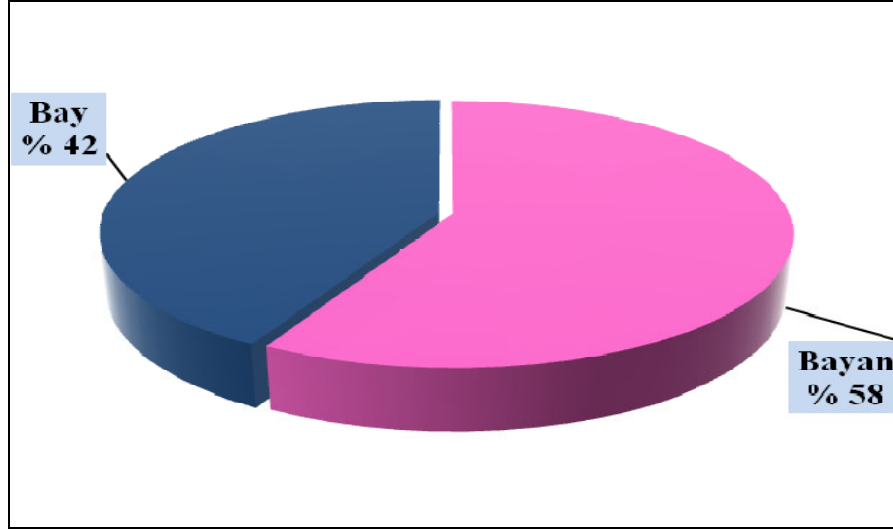


Şekil 29. En çok iniş-kalkış yapan uçak tiplerinin ortalama ses seviyeleri



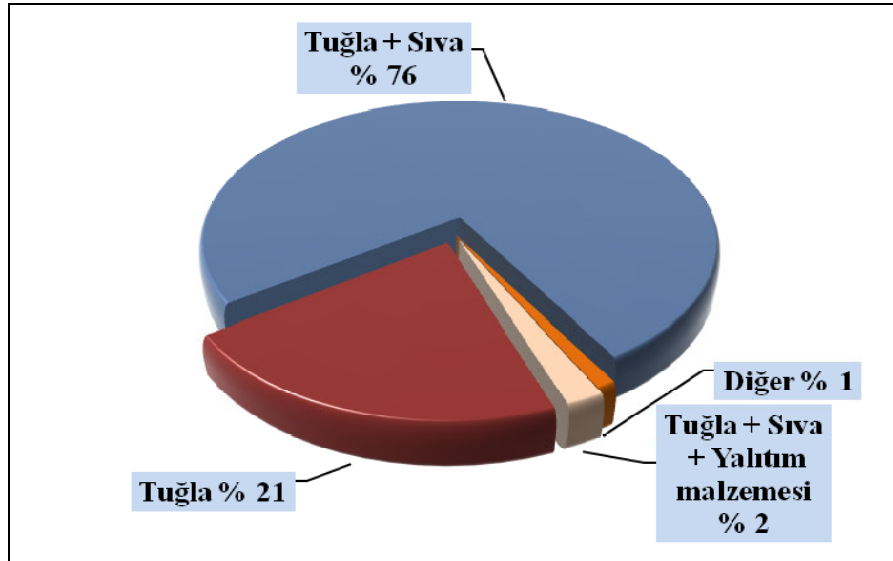
### 3.2. Anket Çalışmaları Sonucu Elde Edilen Bulgular

100 kişi üzerinde yapılan anket çalışmalarının bulguları aşağıdaki şekillerle (Şekil 30'dan Şekil 43'e) gösterilmiştir.



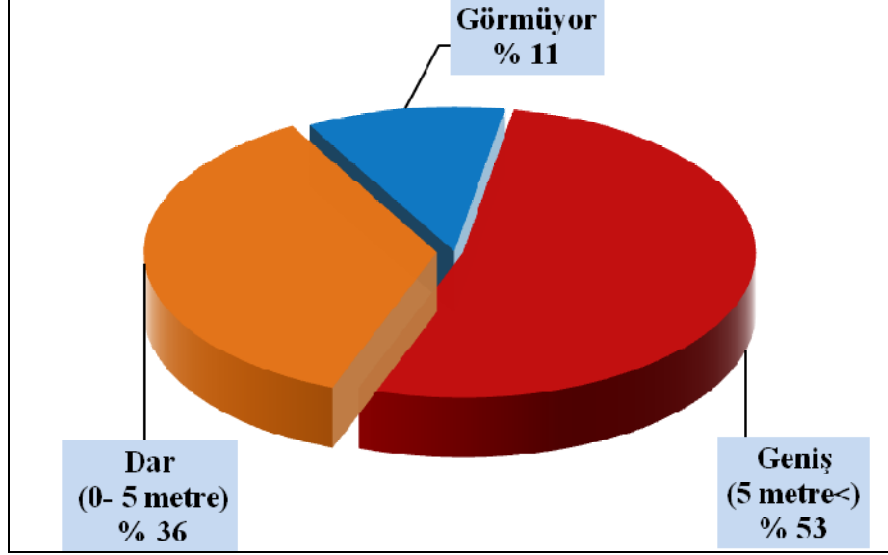
Şekil 30. Ankete katılan görüşmecilerin cinsiyete göre dağılımı

Uygulanan ankaete katılan kişilerin % 42'si erkek, % 58'si kadındır (Şekil 30).



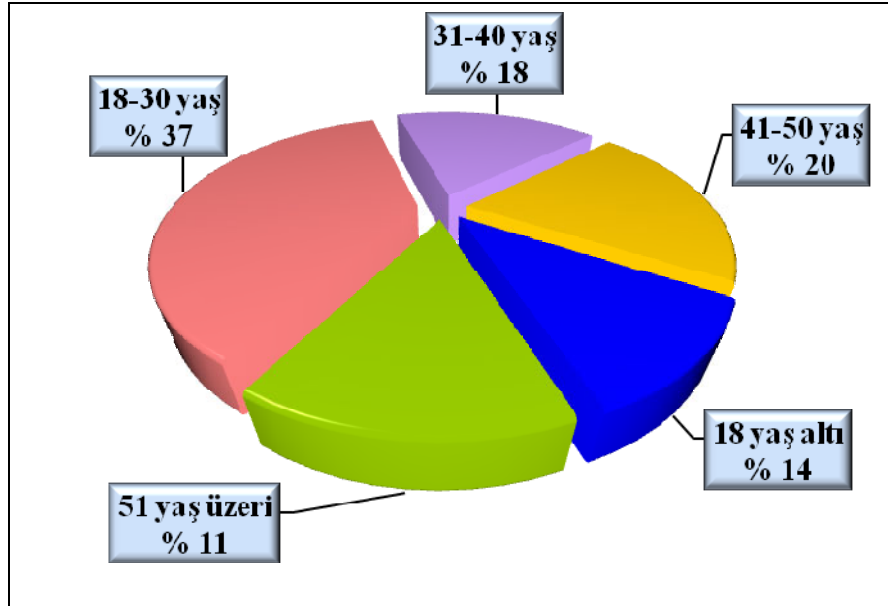
Şekil 31. Katılımcıların yaşadığı binaların yapısı

Katılımcıların yaşadığı binaların % 76'sı tuğla ve sıvadan oluşuyor iken, sadece % 2'sindeyalıtım malzemesi vardır (Şekil 31).



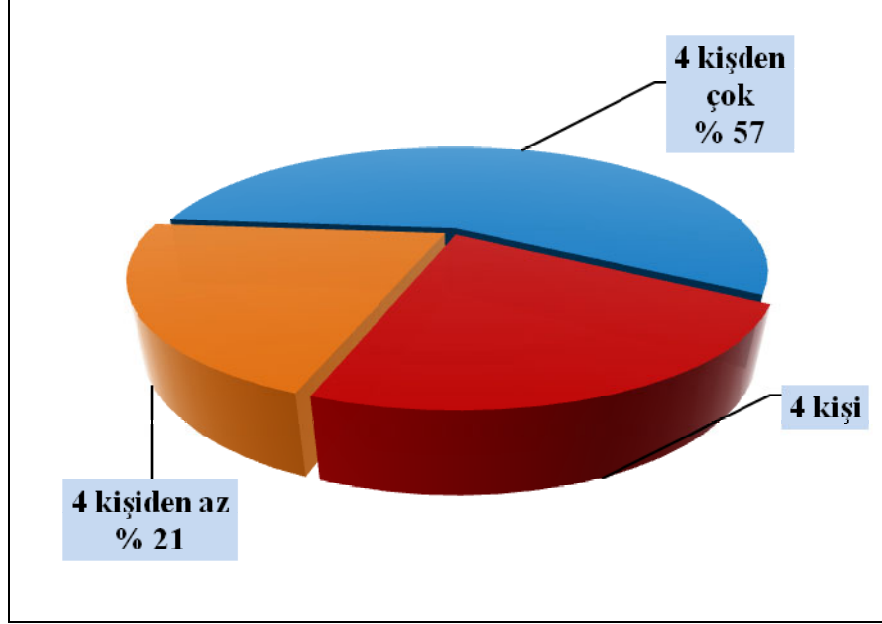
Şekil 32. Havaalanına yönelik cepheler

Şekil 32'ye göre ankete katılanların yaşadığı evlerin % 53'ünün havaalanına yönelik cephesi beş metreden çoktur.



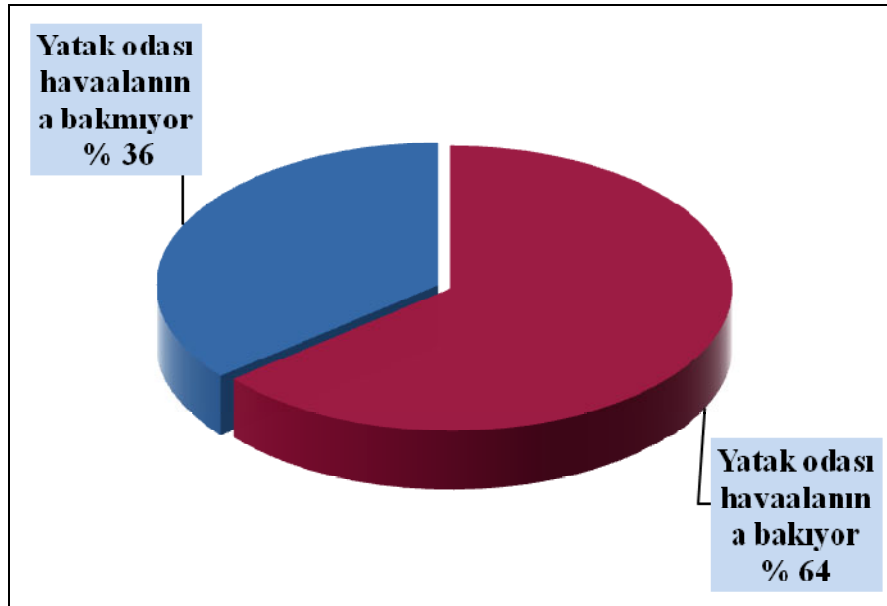
Şekil 33. Ankete katılan kişilerin yaş aralığına göre dağılımı

Katılımcıların % 37'si 18 ila 30 yaş arasında iken, % 11'i 51 yaşın üzerindedir (Şekil 33).



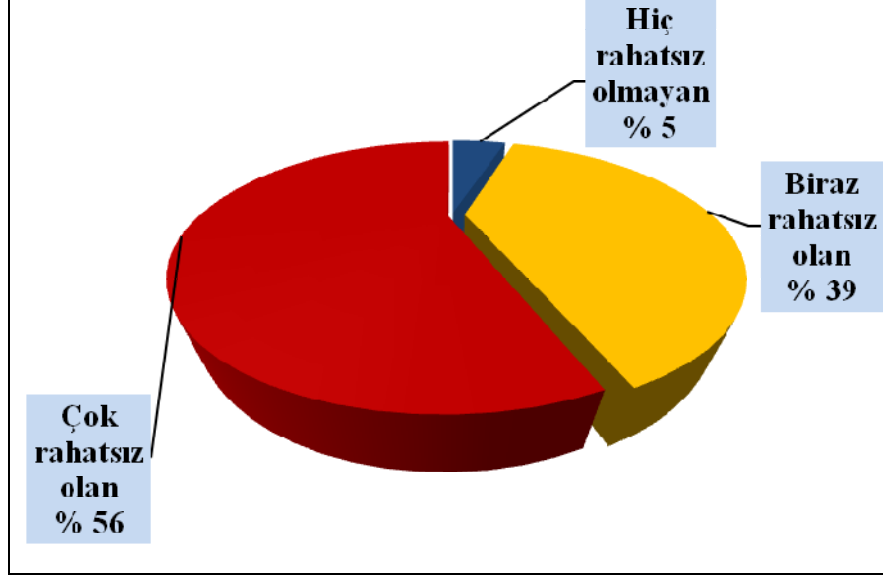
Şekil 34. Katılımcıların ailesindeki birey sayısı

Katılımcıların % 57'sinin ailesindeki birey sayısı dört kişiden çoktur (Şekil 34).



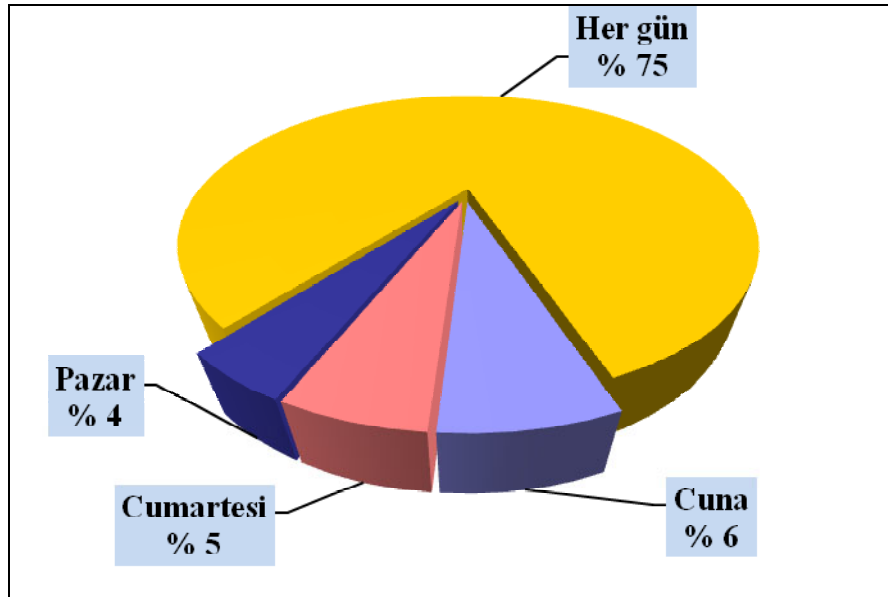
Şekil 35. Evlerin yatak odalarının havaalanına yönelik durumu

Anket çalışmalarına göre evlerin % 64'ünün yatak odaları havaalanını görmektedir (Şekil 35).



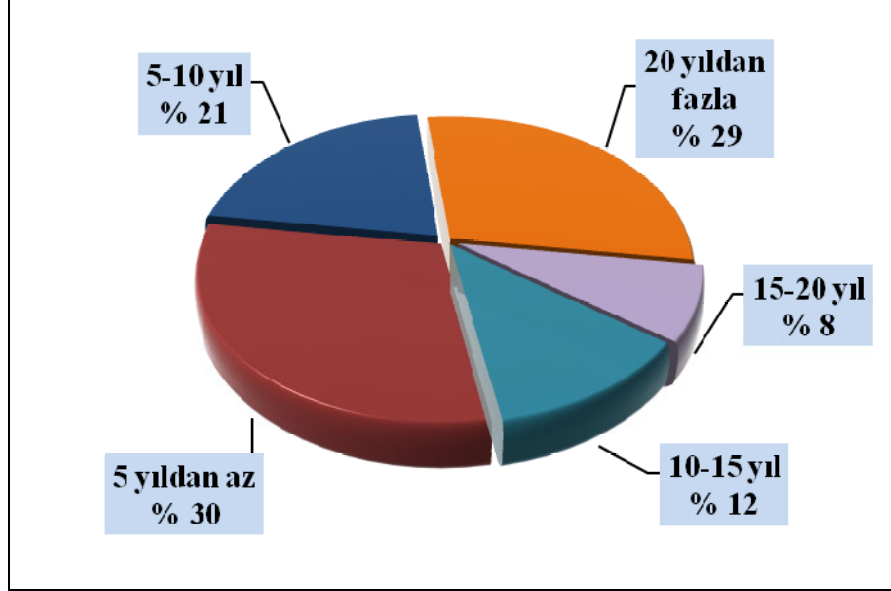
Şekil 36. Uçak gürültüsü rahatsızlık durumu

Şekil 36'ya göre katılımcıların % 56'sı uçak gürültüsünde çok rahatsız olurken, % 5'i hiç rahatsız olmamaktadır.



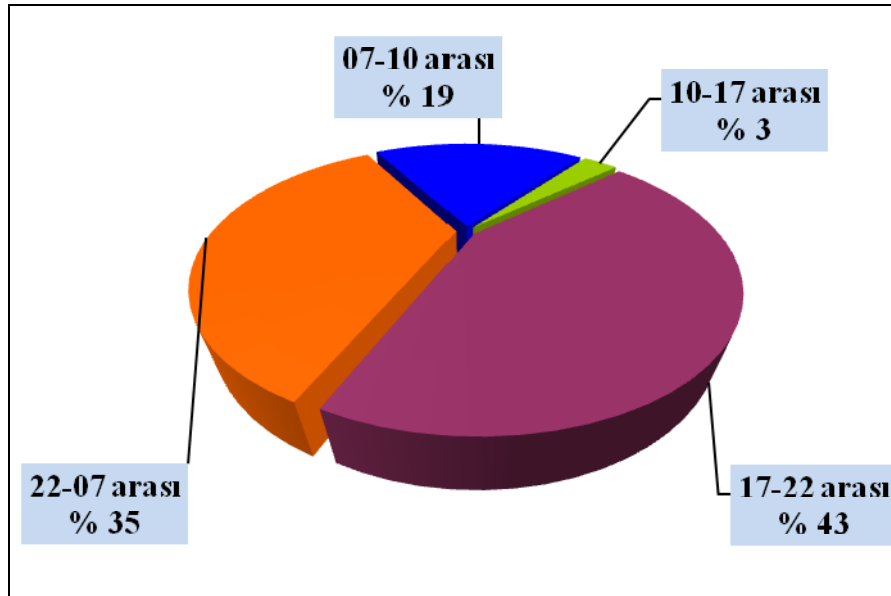
Şekil 37. Uçak gürültüsünden en çok rahatsız olunan günler

Ankete katılanların % 75'i her gün uçak gürültüsünden rahatsız olduğunu ifade etmiştir (Şekil 37).



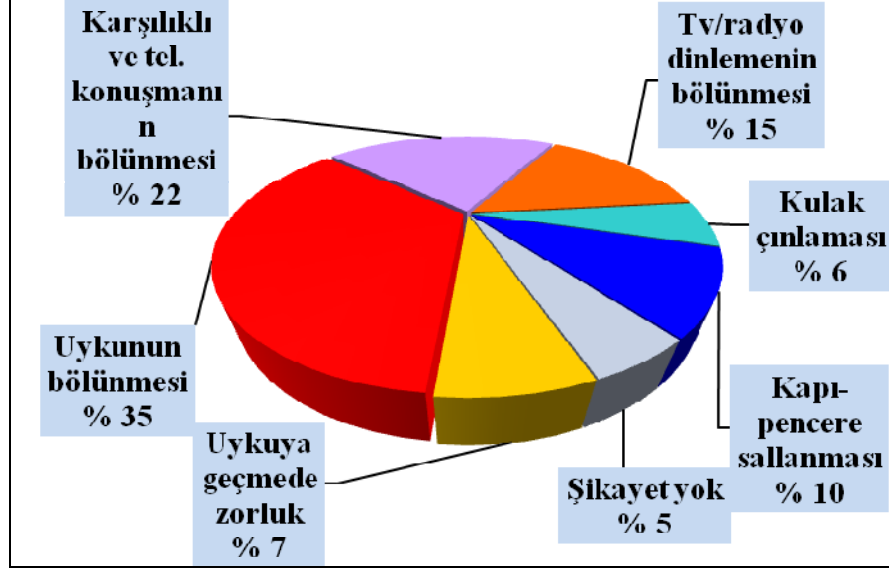
Şekil 38. Katılımcıların bölgede oturma süreleri

Şekil 38'de katılımcıların % 29'u bu bölgede otuz yıldan daha uzun süredir otururken, % 30'u beş yıldan daha az bir süredir oturmaktadır.



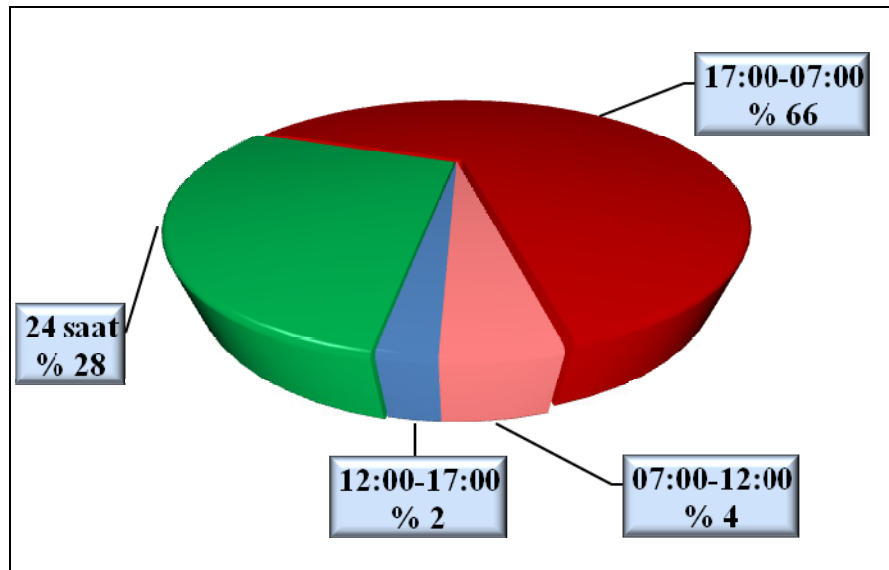
Şekil 39. Uçak gürültüsünden rahatsız olunan zaman dilimi

Ankete katılan kişilerin % 43'ü en çok saat 17:00 ila 22:00 arasında rahatsız olduklarını belirtirken, % 3'ü de saat 10:00 ila 17:00 arasında rahatsız olduklarını ifade etmiştir (Şekil 39).



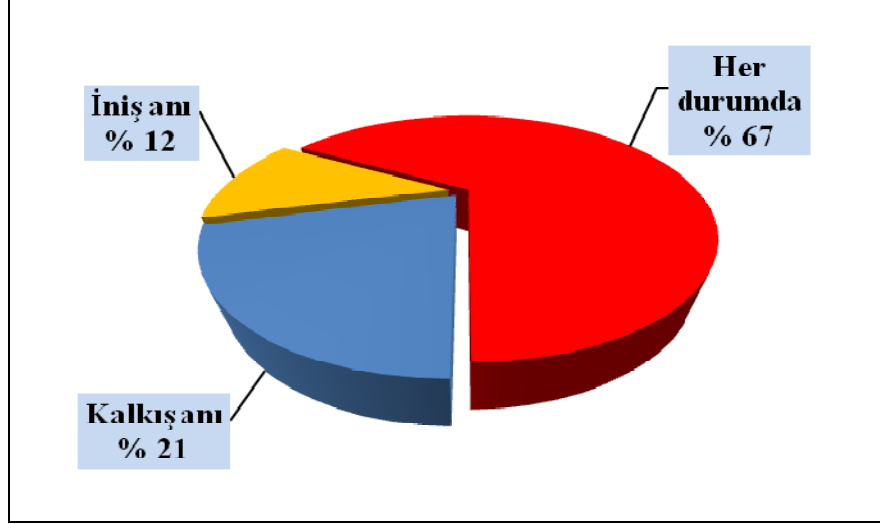
Şekil 40. Uçak gürültüsü sebebiyle günlük hayattaki şikâyetler

Şekil 40'a bakıldığında katılımcıların uçak gürültüsü sebebiyle en çok şikâyetçi oldukları durum % 35'lik bir oranla uykunun bölünmesidir (Şekil 40).



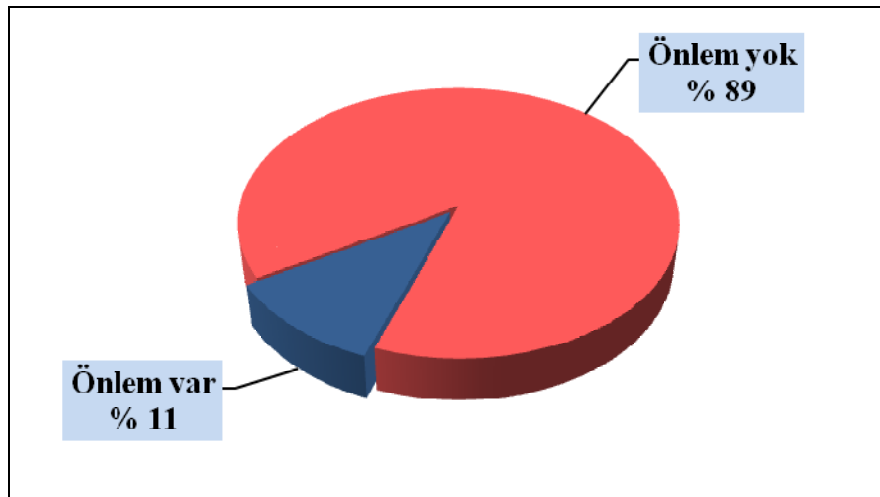
Şekil 41. Katılımcıların evde en çok buldukları zaman

Ankete katılan kişilerin evde en çok buldukları zaman % 66'lık bir oranla saat 17:00 ila 07:00 arasındır (Şekil 41).



Şekil 42. En çok rahatsız olunan uçak hareketi

Katılımcıların % 67'si uçakların her hareketinden rahatsız olduklarını belirtmişlerdir (Şekil 42).



Şekil 43. Evlerde gürültüye karşı alınmış önlem

Katılımcıların çoğu uçak gürültüsünden rahatsız olmasına rağmen, sadece % 11'inin evinde gürültüye karşı alınmış önlem mevcuttur (Şekil 43).

#### 4. İRDELEME VE SONUÇLAR

Yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular tablolar ve şekillerle gösterilmiştir. En yüksek ses seviyesi değeri 135,3 dB ve frekansı da 2,5 Hz. olup, B738 tipi uçağın 29 pist başından kalkışı esnasında istasyon 3'te ölçülmüştür. O anın meteorolojik koşulları ayrıntılı olarak incelendiğinde rüzgârın sakin olduğu, nispi nemin de % 61 olduğu ve koşulların ses seviyesinin yönünü ve yüksekliğini etkilemeyebileceği sonucuna varılmıştır. En yüksek gürültü değeri Casa tipi uçağın 29 pist başından kalkış yaptığı anda 111,2 dB olarak elde edilmiştir. O anki nem oranının % 50 olup ve nemin düşük olması halinde sesin havada daha az emilmesi ve çevreye daha çok yayılabilmesi sebebiyle gürültünün daha yüksek ölçülmüş olması muhtemeldir. İnişler daha çok 11 pist başından yapılırken kalkışlar 29 pist başından yapılmıştır. Bu da ölçüm çalışmaları esnasında hava koşullarının olağan ve uçak hareketlerinin normal seyrinde olduğunu göstermektedir.

Ölçümler esnasında 11 pist başında 30 iniş yapılırken, 29 pist başında 26 kalkış hareketi gerçekleşmiştir. En çok inişin ve kalkışın gerçekleştiği pist başları dikkate alındığında 11 pist başındaki inişlerdeki ortalama ses seviyesi 102,8 dB iken, 29 pist başındaki ortalama ses seviyesi 104,2 dB'dir. Buda gösteriyor ki, 29 pist başından kalkış anında yerleşim birimleri daha yüksek ses seviyelerine maruz kalmaktadır.

Ölçüm sonuçlarının % 39,5'i 88 dB üzeri gürültü, % 15,8'i 88 dB üzeri hava şoku ve % 44,7'si de 88 dB altı değer olarak elde edilmiştir. 90 dB'lik gürültü seviyesinden itibaren insanda kan basıncının artması, kalp atışı ve solunum hızlanması, beyin sıvısındaki basıncın azalması ve ani refleksler gibi etkilerin görüldüğü dikkate alındığında elde edilen gürültü seviyesi oranı yüksektir denilebilir. Anket çalışmaları sonucunda uçak gürültüsünden rahatsız olma oranı % 59'dur ve bu da havaalanı çevresinde yaşayan insanların rahatsızlık boyutunun ne derece yüksek olduğunu göstermektedir.

Ölçümler esnasında iniş ve kalkış hareketlerini en çok gerçekleştiren uçak tipleri A320, B738 ve B3737 uçaklarıdır. Bu da Trabzon Havalimanı'nda ölçümlerin yapıldığı tarihlerde en çok hangi tip uçakların hareket gerçekleştirdiği konusunda bir fikir verebilir.

Ölçüm cihazlarının kurulup, hepsinin de ölçüme hazır olduğu 40 uçak hareketi esnasında istasyon 3'de elde edilen 29 değerın tamamı gürültü olarak kaydedilirken, istasyon 2'de toplam 13 tane olmak üzere 6 tanesi hava şoku, 7 tanesi gürültü, istasyon 1'de ise 7 tanesi hava şoku ve 13 tanesi gürültü olmak üzere toplam 20 değer elde



edilmiştir. Bu sonuçlara göre uçak hareketlerinin gerçekleştiği anda gürültüden etkilenen bölge daha çok üçüncü istasyonun bulunduğu Adnan Kahveci Mahallesi'dir ve mesafe arttıkça gürültünün daha çok hava şoku olarak algılandığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Yapılan regresyon analizi neticesinde ses seviyesinin mesafeye göre değişimini gösteren kararlılık katsayısının 0,994 değeri olduğu görülmektedir. Bu da havaalanına yakın mesafede daha yüksek seviyede sesler algılanırken mesafe arttıkça ses seviyesinin azaldığını ifade etmektedir.

Ölçülen değerlerin % 95 güven aralığı varyans analizleri yapıldığında her bir istasyonun kendi içinde değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla istasyon 1 kendi içinde değerlendirildiğinde ölçülen değerlerin % 31,8'i gürültü, % 18,2'si hava şoku ve % 50'si de 88 dB altı değer olarak alınmıştır. İstasyon 2'de ise % 18,2'si gürültü, % 23,6'sı hava şoku ve % 58,2'si de 88 dB altı değerdir. İstasyon 3'te % 67,9'u gürültü, % 5,7'si hava şoku ve % 26,4'ü de 88 dB altı değerdir.

Adnan Kahveci Mahallesi daha çok kalkış hareketinden etkilenirken, Konaklar Mahallesi inişlerden, Yalı Mahallesi ise kalkış hareketinden etkilenmektedir.

En çok iniş-kalkış yapan uçak tiplerine göre değerlendirme yapıldığında B738 tipi uçakların 29 pist başından kalkışı esnasındaki ses seviyesi ortalaması B737 ve A320'lere göre daha yüksektir. Aynı şekilde 11 pist başından inişler esnasındaki B738 ses seviyesi ortalaması diğer uçaklara göre daha yüksektir. Bu da B738 uçaklarının daha gürültülü olduğunu sonucunu göstermektedir. Uçakların teknik özelliklerini değerlendirip kıyaslama yapıldığında B738 tipi uçakların azami kalkış ağırlıkları, yolcu kapasiteleri ve menzillerinin daha fazla olduğu görülür. Yolcu kapasitesinin ve miktarının fazla olması durumunda kalkış esnasında motorlara verilen gücün daha fazla olacağı açıktır. Azami menzilin fazla olması daha fazla yakıt ihtiyacı ve kullanımını gerektirmektedir. Bunlar gibi farklı teknik özelliklerinden dolayı da B738'lerin daha gürültülü olabileceği söylenilebilir.

Anket çalışmaları neticesinde elde edilen bulgular değerlendirildiğinde insanların %59'unun uçak gürültüsünden çok etkilendiği ortaya çıkmıştır. İnsanların en çok etkilendikleri iki zaman aralıkları ise katılımcıların % 43'ünün belirttiği 17:00-22:00 ve %35'inin belirttiği 22:00-07:00 saatleridir.

Katılımcılara uçak gürültüsünden en çok hangi günler rahatsız oldukları sorulduğunda % 75'i "her gün" cevabını vermiştir. Katılımcılara günlük hayattaki en çok şikâyetlerinin ne olduğu sorulduğunda % 35'i uykunun bölünmesinden, % 22'si karşılıklı konuşmanın ve telefonda konuşmanın bölünmesinden, % 15'i tv/radyo dinlemenin

bölünmesinden, % 10'u kapı-pencere sallanmasından, % 7'si uykuya geçmede zorluk olduğundan, % 6'sı da kulak çınlamasından şikâyetçi olduklarını söylerlerken, % 5'i de şikâyeti olmadığını belirtmiştir.

Hava şokunu oluşturan basınç dalgaları 140 dB iken binalarda pencere sallanmalarına, 150 dB ve üzerinde ise binalarda hasar oluşumuna sebep olabilmektedir. Anket çalışmaları sonucu insanların % 10'unun kapı-pencere sallanmasından şikâyetçi olmaları dikkate alınması gereken bir durum olup, havaalanı gürültüsünü incelerken insan kulağının duyamayacağı frekanslarda (20 Hz) olan hava şokunun da ayrıca dikkate alınması gerekli olabilir.

Anket çalışmalarına göre katılımcıların en çok evde buldukları zamanlar % 66'lık bir oranla 17:00-0700 saatleri olup % 64'ünün yatak odası havaalanına bakmaktadır. Uçak gürültüsünden en çokta bu zaman aralıklarında etkilenmeleri akşam ve gece uçuşlarında duyarlılığın yüksek olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Bölgede yaşayan insanları çoğu 4 kişiden fazla olan kalabalık sayılabilecek ailelere sahiplerdir. Aynı zamanda insanların büyük bir çoğunluğu 5 yıldan fazla bir süredir bu bölgede oturmaktadır. Bu da gösteriyor ki, insanlar yıllardır uçak hareketlerinin çevresel etkilerine maruz kalmaktadırlar.

Uçak hareketlerinden her gün rahatsız olmalarına rağmen insanların çoğunun binalarında gürültü önleyici önlem almadıkları, ancak % 2'sinin bina dışı yalıtım malzemesi kullandıkları ve sadece % 11'inin önlem aldıkları ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak ölçüm ve anket çalışmaları göstermiştir ki; Trabzon Havaalanı uçak gürültüleri sınır değerlerin üzerinde olup, çevresindeki yerleşim alanlarındaki insanların toplumsal rahatsızlık seviyeleri yüksektir ve en çok etkilenen mahalle Adnan Kahveci Mahallesi'dir.

## 5. ÖNERİLER

Yapılan ölçüm ve anket çalışmalarını değerlendirildiğinde, Trabzon Havalimanı'na yakın yerleşim merkezlerinin genelinde uçak hareketleri sonucu oluşan gürültü ve hava şoku düzeyi ile insanların rahatsızlık düzeyleri yüksek olup en çok etkilenen Adnan Kahveci Mahallesi'dir. Bu durumda yapılacak öneriler ve alınması gereken önlemler:

1. Öncelikle gürültünün kaynağında önlenmesine yönelik çalışmalar yapılabilir. Bunun için Trabzon Havaalanı'nda gürültü engelleri ve ses azaltma salonları, uçaklarda susturucular kullanılabilir, uçakların haddinden fazla yüklü olmaları halinde daha fazla gürültü oluşturabilecekleri dikkate alınarak etkin denetim sağlanabilir.

2. Planlama ve yönetim ile gürültü kontrolünü sağlamak için standartların üzerinde gürültü oluşturan uçaklara sınırlama getirilebilir, daha sessiz ve modern uçaklar tercih edilebilir ve gece uçuşları sınırlandırılarak rahatsızlık düzeyleri azaltılabilir.

3. Gürültünün yayıldığı çevrede denetimine yönelik çalışmalar yapılarak kötü hava koşullarının, rüzgârın etkili olduğu ve havaalanından yerleşim merkezlerine doğru estiği durumlarda denetimlere ve iniş kalkış açılarına ayrıca önem verilerek toplumsal rahatsızlık dikkate alınabilir.

4. Gürültü yayılma alanlarında farklı zemin örtüleri kullanılarak gürültünün etkileri azaltılabilir.

5. Havaalanı mania sınırları içerisinde yüksek katlı binaların kriterleri aşacak şekilde inşasına, okul hastane gibi insanların toplu yaşadıkları ve duyarlılık seviyelerinin yüksek olduğu merkezlerin inşasına müsaade edilmeyerek denetimler sağlanabilir.

6. Gürültüyü önlemek adına binalarda yalıtım malzemeleri kullanılmasına yönelik olarak halk bu konuda bilinçlendirilebilir.

7. Bu çalışmada üç istasyonda 84 adet ölçüm alınmış ve 100 kişi üzerinde de anket yapılmıştır. Yapılan çalışma genişletilerek daha çok istasyonda daha fazla ölçüm değerleri alınıp, ankete katılımcı sayısı artırılıp, Trabzon Havaalanı ve çevresine yönelik gürültü haritaları hazırlanarak daha ayrıntılı araştırma yapılabilir.

8. Yapılacak olan çalışmalarda kullanılacak cihazın frekans aralığı ve ses seviyesi ölçüm aralığı daha geniş tutularak ve hava şokunun binalarda hasar yapabileceği dikkate alınarak gürültü ve hava şoku birlikte değerlendirilebilir

9. En son çözüm olarak yukarıda belirtilen öneri ve önlemlerin yetersiz kalması halinde, toplumsal rahatsızlık seviyeleri de dikkate alınarak gürültüden en çok etkilenen Adnan Kahveci Mahallesi'nden başlanılarak o bölge istimlâk edilebilir ve böylece iş merkezi ya da park bahçe gibi kullanım alanı olarak değerlendirilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Kuru, H., Samsun İl Merkezindeki Gürültü Kirliliğinin İncelenmesi ve Kirliliğin İnsan Psikolojisine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 1989.
2. <http://www.uted.org/dergi/2006/subat/ucaklardankaynaklanan.htm>, Uçaklardan Kaynaklanan Çevre Kirliliği, 5 Mayıs 2008.
3. Türkmen, Ç., Havaalanı Gürültüsünün Konut Alanları Üzerindeki Etkileri ve Çözüm Yolları, Yüksek Lisans Tezi, K .T. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Ocak 1998.
4. Erkan, C., İş Sağlığı ve Meslek Hastalıkları, A.Ü. Tıp Fakültesi Yayınları, Sayı:441, Ankara, 1984.
5. Burns, W., Noise And Mand, 2. Baskı, Londra, İngiltere, 1973.
6. Özgüven, N., Endüstriyel Gürültü Denetimi, O.D.T.Ü. Yayınları, Ankara, 1986.
7. Yıldız, H., “İşyerlerinde Gürültü Haritası Çıkarma Yönteminin Uygulanması, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri (Bir Tel Fabrikası Örneği)”, Uzmanlık Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1996.
8. Orhun, H., Tekstil Sanayiinde Gürültü Sorunu ve Çözümü, Uzmanlık Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1982.
9. “TS 854-Ses veya Gürültünün Güç ve Şiddet Seviyelerinin İfadesi”, Türk Standardı, (2. Baskı), Ankara, 1977.
10. Noise, (WHO Environmental Health Criteria 12 ), Cenevre, İsviçre, 1980.
11. <http://www.scotland.gov.uk>, The Control of Blasting at Surface Mineral Workings, Mayıs 2008.
12. Cihangir, F., Kesimal, A., Ercikdi, B., Durmuş, O., Analysis of Blast-Induced Vibrations at a Limestone Quarry, Proceedings of the 5th International Conference SGEM 2005, Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, Varna, Bulgaria, 13-17 June 2005, 287-298.
13. Kurra, S., Türkiye'nin Çevre Sorunları, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, Ankara, 1989.
14. Sabuncu, H., Türkiye'de Değişik Endüstri Kollarında Gürültü Problemi, Doktora Tezi, İstanbul Ü. Tıp Fakültesi Basımevi, İstanbul 1978.
15. Raney, J.P., Cawthorn, J. M., Handbook Of Noise Control, Harri, C. M., Mcgraw-Hill Book Co., Second Edition, New York, 1979

16. Bragdon, R. C., The Metropolitan Philadelphia Noise Survey, Analysis Of Sound And Its Sources, Noise Pullition, University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1970.
17. Şahin, G. Y., Trabzon Havalimanı Gürültüsü ve İnsan Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon 2007.
18. Powers, O. J. Aircraft Noise Generation and Control, Noise Around Airports, Noise Pullition, Saenz, A. L. And Stephens, W. B., John Willey and Sons Ltd., 1986.
19. Large, J. B., Aircraft and Sonic Boom, Transportation Noises, ASymposium On Acceptability Createria, Chalupnik, J. D., University Of Washington Pres, London, 1970.
20. Schönfeldt, Deidre Ashlene, Aircraft noise:Analysison the national international level, The Thesis of Master, McGill University, Institute of Air and Space Law, Montreal, Canada, August 1995.
21. <http://www.giresun-cevreorman.gov.tr>, Giresun Valiliği Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2006 Giresun Çevre Durum Raporu, 19 Haziran 2008.
22. <http://www.zaman.com.tr>, Aile Sağlık, Havaalanı ve Cadde Gürültüsü Yüksek Tansiyon Yapıyor, 1 Temmuz 2008.
23. <http://www.aydin-cevreorman.gov.tr>, Aydın Valiliği Çevre ve Orman Müdürlüğü, Aydın 2006 Çevre Durum Raporu, 20 Haziran 2008.
24. Özdeniz, M. B.; Türkmen, Ç., Havaalanı Gürültüsü ve Denetimi, 2. Ulusal Akustik ve Gürültü Kongresi, Ekim 1996, Antalya, Bildiriler Kitabı, 266-275.
25. Headquarters, Depertments of The Army and The Air Force, Airforce Manuel, No, 88-37 Washington, DC,1995.
26. <http://www.trakyacam.com.tr>, Mimari camlar, Gürültü Kontrol Camları, 1 Temmuz 2008.
27. T.C. Resmi Gazete, Çevre Kanunu, (18132), 11.08.1983, 7.
28. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, (2002/49/EC), 25.06.2002.
29. [http://www.thy.com/tr-TR/corporate/about\\_us/fleet/index.aspx](http://www.thy.com/tr-TR/corporate/about_us/fleet/index.aspx), 5 Haziran 2008
30. [http://www.trabzon.gov.tr/u\\_m/ulasim\\_havayolu.aspx](http://www.trabzon.gov.tr/u_m/ulasim_havayolu.aspx), T.C. Trabzon Valiliği, 2 Temmuz 2008.
31. <http://www.airhaber.com/?p=2707>, Havaalanları Çevresindeki Yapılaşma Kriterlerine İlişkin Yayınlanan Genelge, 29 Haziran 2007,

32. Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü, Rasat Kayıt Defterleri, Trabzon, 2006-2007.
33. <http://www.instantel.com>, Products, Minimate Plus, 17 Haziran 2008.
34. Cihangir, F., Bir Kalker Ocağında Patlatmalı Kazılardan Kaynaklanan Yer Titreşimi ve Hava Şoku Etkilerinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2006.
35. Tüysüz, N., İleri İstatistik Jeoloji, Yüksek Lisans Ders Notları, KTÜ, 2003.

## 7. EKLER

Ek-1 Örnek Anket Formu

Sayfa 1

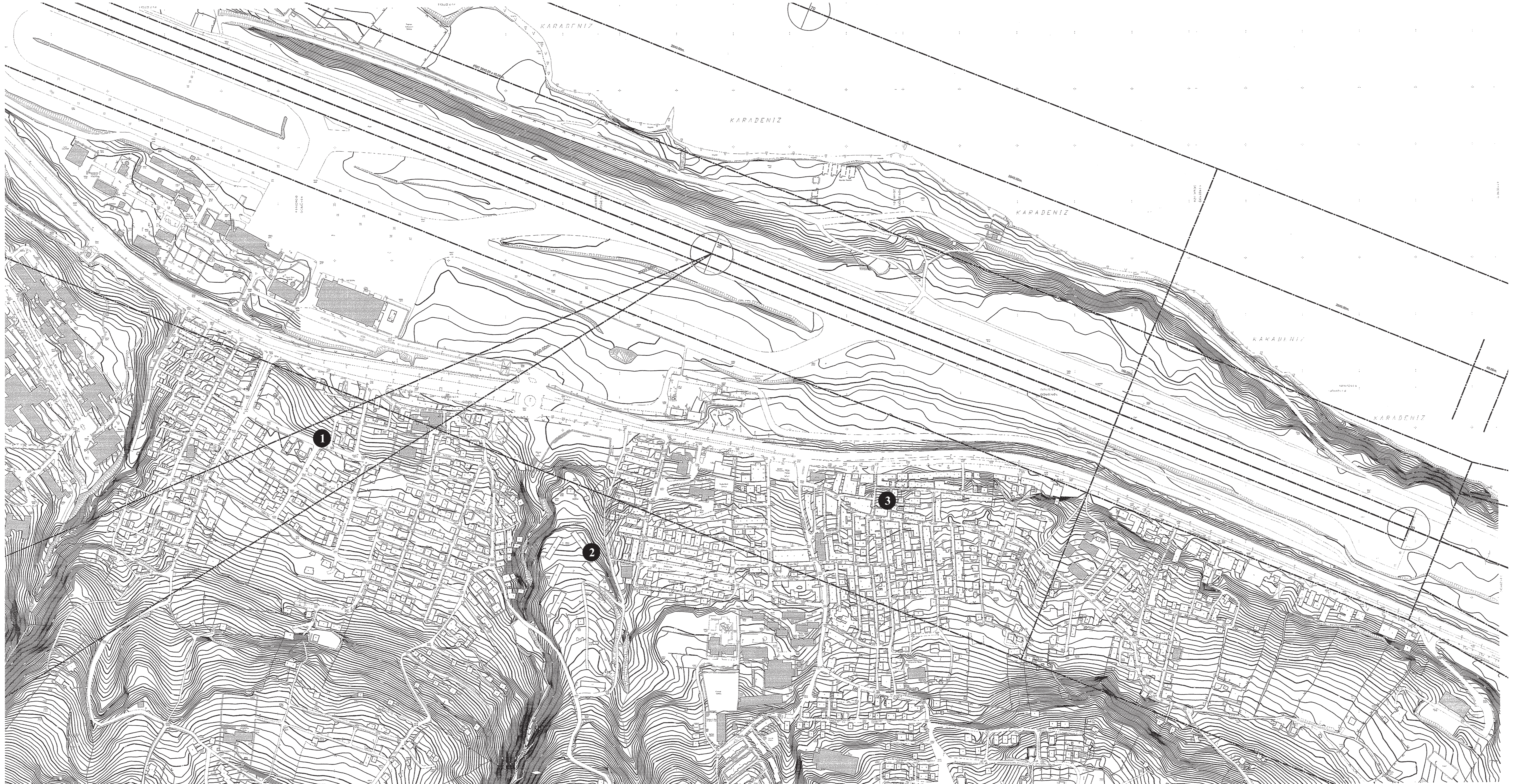
<b>TRABZON HAVALİMANI UÇAK GÜRÜLTÜSÜNÜN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ</b>	
<b>(ANKET ÇALIŞMASI)</b>	
Cinsiyet: <input type="checkbox"/> Bay <input type="checkbox"/> Bayan	Bölge: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 1- Konaklar Mahallesi 2- Yalı Mahallesi 3- Adnan Kahveci Mahallesi
<b>Yapıya Yönelik Sorular</b>	
1- Dış Cephe Kaplama Malzemesi	<input type="checkbox"/> Tuğla <input type="checkbox"/> Tuğla+Sıva <input type="checkbox"/> Tuğla+Sıva+Yalıtım malzemesi <input type="checkbox"/> Diğer
2- Havaalanına Yönelik (Havaalanını gören) Tahmini Cephe Genişliği	<input type="checkbox"/> Dar (0-5 metre) <input type="checkbox"/> Geniş (5 metreden çok) <input type="checkbox"/> Havaalanını Görmüyor
<b>Kişiyeye Yönelik Sorular</b>	
1- Yaşınız	<input type="checkbox"/> 18'den küçük (1989'dan sonra doğan ) <input type="checkbox"/> 18-30 (1989-1977) <input type="checkbox"/> 31-40 (1976-1967) <input type="checkbox"/> 41-50 (1966-1957) <input type="checkbox"/> 51'den büyük (1957'den önce doğan)
2- Eğitim Durumunuz	<input type="checkbox"/> Okur-Yazar <input type="checkbox"/> İlkokul (5 Yıllık) <input type="checkbox"/> İlköğretim (8 Yıllık) <input type="checkbox"/> Lise <input type="checkbox"/> Üniversite (2-4 Yıllık)
3- Ailedeki Birey Sayısı	<input type="checkbox"/> 4'ten az <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 4'ten çok
4- Mesleğiniz	<input type="checkbox"/> Serbest Meslek <input type="checkbox"/> Memur <input type="checkbox"/> İşçi <input type="checkbox"/> Emekli <input type="checkbox"/> Diğer (işsiz, öğrenci, ev hanımı,,...)
5- Günlük Çalışma Süreniz	<input type="checkbox"/> Part Time (Değişen Zamanlarda) <input type="checkbox"/> 4 Saat <input type="checkbox"/> 8 Saat <input type="checkbox"/> 12 Saat



Ek-1'in devamı

Sayfa 2

6- Evde Bulunma Zamanlarınız	<input type="checkbox"/> Öğleden Önce (07:00-12:00) <input type="checkbox"/> Öğleden Sonra (12:00-18:00) <input type="checkbox"/> Gece (18:00-07:00) <input type="checkbox"/> Gündüz (07:00-18:00)
7- Kaç Yıldır Bu Bölgede Oturuyorsunuz?	<input type="checkbox"/> 5 Yılda Az <input type="checkbox"/> 5-10 yıl <input type="checkbox"/> 11-15 Yıl <input type="checkbox"/> 16-20 Yıl <input type="checkbox"/> 20 Yılda çok
8- Yatak Odanız Havaalanına Bakıyor mu?	<input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır
9- Uçak Gürültüsünden Ne Kadar Rahatsız Oluyorsunuz?	<input type="checkbox"/> Hiç <input type="checkbox"/> Biraz <input type="checkbox"/> Çok
10- Hangi Günler Uçak Gürültüsünden Rahatsız Oluyorsunuz?	<input type="checkbox"/> Pazartesi <input type="checkbox"/> Salı <input type="checkbox"/> Çarşamba <input type="checkbox"/> Perşembe <input type="checkbox"/> Cuma <input type="checkbox"/> Cumartesi <input type="checkbox"/> Pazar <input type="checkbox"/> Her Gün
11- En Çok Günün Hangi Zamanlarında Uçak Gürültüsünden Rahatsız Oluyorsunuz?	<input type="checkbox"/> 07:00-10:00 <input type="checkbox"/> 10:00-17:00 <input type="checkbox"/> 17:00-22:00 <input type="checkbox"/> 22:00-07:00
12- En Çok Hangi Durumda Uçak Gürültüsünden Rahatsız Oluyorsunuz?	<input type="checkbox"/> İniş anında <input type="checkbox"/> Kalkış Anında <input type="checkbox"/> Her Durumda (iniş, kalkış, harekete hazırlanış anları,... )
13- Uçak Gürültüsü Sebebiyle Günlük Hayattaki Şikayetleriniz Nelerdir? (Önem Sırasına Göre Numara Veriniz)	<input type="checkbox"/> Uykuya geçmede zorluk <input type="checkbox"/> Uykunun Bölünmesi <input type="checkbox"/> Karşılıklı Konuşma/Telefonda Konuşmanın Bölünmesi <input type="checkbox"/> Tv/Radyo Dinlemenin Bölünmesi <input type="checkbox"/> Kulak Çınlaması <input type="checkbox"/> Kapı-pencere Sallanması
14- Evinizde Gürültüye Karşı Alınmış Bir Önlem Var mı? ( Pvc Pencere Sistemi, Çift Cam,... )	<input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır



## ÖZGEÇMİŞ

Enver ÇAPA 01.11.1979 tarihinde Ordu'da doğdu. İlköğrenimini Ordu Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu'nda, orta öğrenimini Ankara Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesi'nde tamamladı. 1997 yılında Malatya Erhaç Askeri Havaalanı Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nde rasatçı olarak göreve başladı. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Maden İşletme Anabilim Dalı'nda Yüksek lisans eğitimine başladıktan belli bir süre sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı'na geçiş yaptı. Halen Trabzon Havalimanı Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nde görevine devam etmektedir.