

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BİR ÜNİVERSİTE YERLEŞKE ALANINDA ÇEVRESEL
GÜRÜLTÜ PROFİLİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ:
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ KINIKLI YERLEŞKESİ
ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSREV GÜLTAŞ

DENİZLİ, HAZİRAN- 2022

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



BİR ÜNİVERSİTE YERLEŞKE ALANINDA ÇEVRESEL
GÜRÜLTÜ PROFİLİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ:
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ KINIKLI YERLEŞKESİ
ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSREV GÜLTAŞ

DENİZLİ, HAZİRAN- 2022

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

HÜSREV GÜLTAŞ

ÖZET

BİR ÜNİVERSİTE YERLEŞKE ALANINDA ÇEVRESEL GÜRÜLTÜ PROFİLİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ KINIKLI YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSREV GÜLTAŞ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MELTEM BİLİCİ BAŞKAN)

DENİZLİ, HAZİRAN- 2022

Gürültü, hoş gitmeyen, rahatsız eden, beğenilmeyen, istenmeyen, anlamsız ve genellikle yüksek seviyedeki sesler topluluğu olarak tanımlanmaktadır. Gürültü kişiden kişiye ve kişinin o andaki koşullarına göre değişkenlik gösterir. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde gürültü sınır değeri 65 dB(A) olarak belirtilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ise eğitim alanlarındaki dış ortamlar için gürültü sınır değerini 55 dBA olarak belirlemiştir. Bu nedenle gürültü seviyeleri 55 dB(A)'yı aştığında, kampüs gürültü ortamı rahatsız edici ortam olarak sınıflandırılmıştır. Sürekli bir gürültüye maruz kalmak uzun ya da kısa vadede sürekli veya anlık birçok sağlık sorunu oluşturabilir. Gürültü kontrolünde en önemli faktör gürültünün sağlık sorunu olduğunun farkındalığıdır. Gürültü kontrolü sağlanmasında karar destek aracı olarak gürültü haritalardan yararlanılabilir.

Gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasının amacı, Pamukkale Üniversitesi (PAÜ) Kınıklı Yerleşkesi içerisindeki insanların maruz kaldığı gürültünün belirlenebilmesi için gürültü haritasının oluşturulmasıdır. Oluşturulan gürültü haritaları sayesinde yerleşke içerisindeki kişilerin gürültüden ne ölçüde etkilendiğini ortaya koyarak gürültü seviyelerini azaltmak için ne gibi önlemlerin alınabileceğini belirlemek ve yeni yapılaşma planlamalarının gürültü seviyelerini sınır değerler altında tutacak şekilde yapılmasını sağlamaktır. Bu amaçla RION NL-31 Marka, Tip-1 doğruluk seviyesine sahip desibelmetre ile toplam 24 ölçüm noktasında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları, PAÜ Kınıklı Yerleşkesi'ne ait, dijital ortamda ArcGIS yazılımı ile hazırlanan yerleşim planına öznitelik verisi olarak girilip ilişkilendirilmiş ve enterpolasyon yöntemiyle aynı seviyedeki noktalar belirlenip bir eğiyle birleştirilerek 5 dB aralıklarla renklendirilmiştir. Yerleşkedeki tüm eşdeğer gürültü seviyeleri incelendiğinde gürültü düzeylerinin 40,6 ile 80,9 dB(A) arasında değişmekte olduğu, en yüksek gürültü değerinin taşıt ve yaya trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde, en düşük gürültü değerinin ise yerleşkenin orman alanına bakan bölgesinde olduğu görülmüştür. Yerleşkenin bütünü için değerlendirme yapılırsa ortalama değer olarak yerleşkenin yaklaşık %88'inde 55 dB(A) sınır değerinin, %40'ında ise 65 dB(A) gürültü sınır değerinin ve aşıldığı görülmüştür. Sonuç olarak bazı bölgelerdeki yüksek gürültü seviyeleri nedeniyle gürültü seviyesini eğitim kurumları için kabul edilebilir sınırlara indirmek adına bazı önlemler alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Gürültü, üniversite, çevresel gürültü, gürültü haritası

ABSTRACT

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL NOISE PROFILE A UNIVERSITY CAMPUS AREA: CASE STUDY FOR PAMUKKALE UNIVERSITY KINIKLI CAMPUS

MSC THESIS

HÜSREV GÜLTAŞ

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:PROF. DR. MELTEM BİLİCİ BAŞKAN)

DENİZLİ, JUNE 2022

Noise is defined as a collection of unpleasant, disturbing, undesirable, meaningless and generally high-level sounds. The noise varies from person to person and according to the current conditions of the person. In the Environmental Noise Evaluation and Management Regulation, the noise limit value is specified as 65 dB(A). The World Health Organization (WHO) has determined the noise limit value as 55 dBA for the external environments in the education areas. Therefore, when noise levels exceed 55 dB(A), the campus noise environment is classified as a disturbing environment. Being exposed to constant noise can cause many health problems in the long or short term, either continuously or momentarily. The most important factor in noise control is the awareness that noise is a health problem. Noise maps can be used as a decision support tool for noise control.

The aim of the master's thesis study was to create a noise map in order to determine the noise exposure of people in PAU Kınıklı Campus. It is to determine to what extent the people in the campus are affected by the noise thanks to the noise maps created, to determine what measures can be taken to reduce the noise levels, and to ensure that new construction plans are made in a way that keeps the noise levels below the limit values. For this purpose, measurements were made at a total of 24 measurement points with a decibelmeter with RION NL-31 Brand, Type-1 accuracy. The measurement results were entered as attribute data on the layout plan of Pamukkale University (PAU) Kınıklı Campus, prepared digitally with ArcGIS software, and correlated, and the points at the same level were determined by the interpolation method, combined with a curve, and colored at 5 dB intervals. When all the equivalent noise levels in the campus are examined, it is seen that the noise levels vary between 40.6 and 80.9 dB(A), the highest noise value is in the areas where vehicle and pedestrian traffic is dense, and the lowest noise value is in the region facing the forest area. If an evaluation is made for the whole campus, the average value is 55 dB(A) in approximately 88% of the campus, 65 dB(A) noise pollution limit value in 40% was found to be exceeded. As a result, it is revealed that due to the high noise levels in some regions, some measures should be taken to reduce the noise level to acceptable limits for educational institutions.

KEYWORDS: Noise, university, environmental noise, noise map

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tez Çalışmasının Amacı	3
2. SES	4
2.1 Ses İle İlgili Temel Terimler ve Kavramlar	4
2.1.1 Ses Gücü	5
2.1.2 Ses Gücü Seviyesi.....	5
2.1.3 Ses Basıncı.....	5
2.1.4 Ses Basınç Seviyesi (SBS).....	6
2.1.5 Ses şiddeti	8
2.1.6 Eşdeğer Gürültü Seviyesi:	9
2.1.7 Maksimum ses seviyesi:	9
2.1.8 Minimum ses seviyesi:.....	9
2.1.9 Ses Frekansı	10
2.1.10 Oktav Bandı	10
2.1.11 Dalga Boyu	11
2.1.12 Genlik.....	12
2.1.13 Periyot.....	12
2.1.14 Titreşim.....	12
2.2 Sesin Yayılması ve Yayılma Hızı.....	13
2.3 Ses Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	14
3. GÜRÜLTÜ	16
3.1 Gürültünün Özellikleri	16
3.2 Gürültü Türleri	18
3.3 Gürültü Kaynakları.....	19
3.4 Gürültü ve İnsan Sağlığı.....	23
3.5 Gürültü Haritaları	24
3.6 Gürültü Kontrolü	25
3.6.1 Kaynakta kontrol.....	26
3.6.2 Kaynak ile alıcı arasında (çevrede) kontrol	26
3.6.3 Alıcıda kontrol	27
3.7 Gürültü ve Gürültü Kontrolü Mevzuatı.....	27
4. COĞRAFI BILGI SİSTEMLERİ (CBS)	31
4.1 Gürültü Kontrolünde CBS Kullanımı.....	32
5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	34
6. MATERYAL VE METOT	39
6.1 Coğrafi Veri Tabanı Altyapısının Oluşturulması	39
6.2 Gürültü Ölçümleri	40
6.2.1 Desibelmetrenin Ayarlanması.....	41
6.2.2 Gürültü Ölçüm Noktaları	42

6.2.3	Gürültü Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi	48
6.3	Gürültü Kirliliğinin Haritalanması	49
7.	BULGULAR	51
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER	60
9.	KAYNAKLAR.....	63
10.	ÖZGEÇMİŞ.....	67

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Ses basıncı ve ses basınç seviyelerinin karşılaştırılması	7
Şekil 2.2: Ses dalgasının oluşturduğu ses basıncının ses kaynağından olan uzaklıkla değişimi.....	11
Şekil 2.3: Basit harmonik bir ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimi.....	12
Şekil 2.4: Noktasal, çizgisel ve alansal kaynak	15
Şekil 3.1: Gürültü kaynakları.....	20
Şekil 3.2 Vektörel ve hücrel veri modeli	32
Şekil 6.1: Yerleşim planı.....	39
Şekil 6.2: GPS Essentials uygulamasından bir görünüm.....	40
Şekil 6.3: Gürültü ölçümünde kullanılan cihaz ve kalibratörü	41
Şekil 6.4: Çalışma alanının yer bulduru haritası	42
Şekil 6.5: Yerleşke alanından bir görünüm.....	43
Şekil 6.6: Gürültü ölçüm noktaları.....	47
Şekil 6.7: Çevresel gürültü haritaları	49
Şekil 7.1: Minimum gürültü seviyesini (L_{min}) gösteren harita.....	51
Şekil 7.2: Eşdeğer gürültü seviyesini (L_{eq}) gösteren harita	52
Şekil 7.3: Maksimum gürültü seviyesini (L_{max}) gösteren harita	53
Şekil 7.4: Sabah gürültü seviyesini (L_{sabah}) gösteren harita	54
Şekil 7.5: Öğle gürültü seviyesini ($L_{ögle}$) gösteren harita	54
Şekil 7.6: Akşam gürültü seviyesini ($L_{akşam}$) gösteren harita.....	55
Şekil 7.7: Sabah, öğle ve akşam saatlerindeki gürültü seviyelerinin grafik gösterimi	56
Şekil 7.8: Ortalama günlük gürültü seviyelerinin grafik gösterimi	57

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: ISO tarafından belirlenen değişik gürültü düzeylerinin konuşmaya etkisi	8
Tablo 2.2: Ses basınç seviyelerine göre ortamın gürültü derecesi	8
Tablo 2.3: Ses şiddetleri.....	9
Tablo 2.4: Farklı ortamlarda sesin yayılma hızı (sıcaklık sabit=21°C)	14
Tablo 3.1: Ses basınç düzeyleri eşit olan ses kaynaklarının toplam ses basınç düzeylerinin hesaplanması	17
Tablo 3.2: Ses basınç düzeyleri farklı olan ses kaynaklarının toplam ses basınç düzeylerinin hesaplanması	17
Tablo 3.3: Kara yolu çevresel gürültü sınır değerleri	22
Tablo 3.4: Gürültü seviyelerinin sağlığa etkileri	24
Tablo 7.1: Ölçüm noktalarına ait gürültü seviyeleri	48
Tablo 7.2: Gerçekleştirilen tez çalışması ve benzer nitelikteki çalışmalar	58

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimimde bana kendisi ile çalışma fırsatı veren, beni her zaman desteklemesinin yanında bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, çok sevdiğim ve kendime örnek aldığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Meltem BİLİCİ BAŞKAN' a çok teşekkür ederim.

Gürültü haritasının altyapısı için dijital ortamda hazırlanmış yerleşkeye ait halihazır haritaları benimle paylaşan Pamukkale Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'na teşekkürlerimi sunarım.

Gürültü haritalaması için ArcGIS yazılımını sağlayan DENİZLİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ'ne ve gürültü ölçümü için desibelmetre cihazını sağlayan Özden KARAMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yoğun tez çalışmam süresinde bana gösterdiği destek, anlayış ve sabır için kardeşim Gültekin GÜLTAŞ'a, her zaman benim yanımda olarak hiçbir konuda desteğini benden esirgemeyen aileme ve tez çalışmam boyunca gösterdikleri destek ve ilgiden dolayı iş arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

İnsanlar tarafından gürültü farkındalığının oluşması çok eski yıllara dayanmaktadır. Gürültü oluşturan her türlü eşya, alet, malzeme, araç ve gereç şehirleşen bölgelerde kanunlarla yasaklanmıştır. İşitme kaybı ve sağırlığa neden olmasından dolayı yıllar geçtikçe meslek hastalığı terimi ile belirtilmeye başlanmıştır. Ayrıca dünya nüfusunun gittikçe artması ve insanların şehirlere göç etmesi nedeniyle gürültüden etkilenen kişi sayısı artış göstermiştir. Yoğun şehirleşme, taşıt kullanımı ve gelişen endüstri ile insan gücünün yerini makinelerin alması gürültü düzeylerinde dikkat çeken artışa neden olmuştur. Bunun sonucu olarak günümüzde sağlığımızı olumsuz yönde etkileyen çevresel kirlilik türlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Gürültü maruziyetinin artmasıyla birlikte gürültü kirliliğine verilen önem de artış göstermiş ve hem önlenmesi hem de neden olduğu etkilerin önüne geçilebilmesi adına çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Gürültü en yalın ifadeyle “hoşlanılmayan, istenilmeyen, rahatsız eden ses” olarak tanımlanabilir.

Gürültü, insanın psikolojisini bozan, yaşam performansını azaltan, çevresel sakinliği yok ederek çevrenin niteliğini azaltan bir kirlilik türüdür. Bu nedenle insanlar huzurlu bir yaşam sürmek için sakin ve sessiz bir yaşam arayışına girmişlerdir. Her ne kadar çevresel kirlilik türleri arasında pek adı geçmese de aslında insanların yaşam konforunu olumsuz etkilemesiyle son derece ciddiye alınması gereken bir kirlilik türüdür (Kaya 2020; Yerli ve diğ. 2019). Çevre kalitesini ve insan sağlığını etkilediği için diğer kirlilikler kadar önemsenmelidir (Aydın 2015).

Çevresel gürültünün fiziksel ve psikolojik gelişim üzerinde olumsuz etkisinden dolayı herhangi bir yerleşim yerinde okullar çok hassas alanlar arasında yer almaktadır. Üniversitelerde ise sadece derslikler değil ofisler, sosyal alanlar ve öğrencilerin kaldıkları yurtlar, hastane binası gibi gürültüye hassas ortamların bir arada bulunması, üniversitelerin çevresel gürültü araştırmalarına daha sık konu olmasına neden olmaktadır (Doğun 2016). İşitme ve sinir sistemimizi etkileyen gürültü özellikle üniversitelerde öğrenme ve öğretme açısından, akademisyenlerin ve

öğrencilerin anlayışını ve davranışlarını etkilemektedir. Gürültü nedeniyle öğrenciler algılamada, hatırlamada, problem çözmede, iletişimde ve diğer düşünsel ve zihinsel aktivitelerinde sorunlar yaşayabilmektedir (Yerli ve diğ. 2019). Avrupa Birliği (AB) Tematik Strateji Belgesi'nde 15 üye ülkenin nüfusu üzerinde yapılan çalışmada 55 dB(A) gürültüye maruz kalan nüfusun %40'ında huzursuzluk şikayetleri, 65 dB(A) ve üzeri gürültüye maruz kalan nüfusun ise %20'sinde kardiyovasküler rahatsızlıklar meydana geldiği görülmüştür (Doygun 2016).

Gürültü kirliliği, yıl boyunca her an çevrenin kalitesini bozabildiğinden diğer kirlilik türlerinden ayrılır (Doygun 2016). Çevre mühendisliğinde diğer çevresel kirlilik unsurlarında olduğu gibi gürültü kirliliğinde de insan sağlığına uygun çevre koşullarının yaratılması için çalışmalar yapılmaktadır. Gürültü kirliliğinin ne ölçüde rahatsızlık verdiğinin tespit edilmesi gürültü ölçüm ve tahmin metotları ile belirlenir. Gürültü kaynağının belirlenmesi, yayılma ortamının incelenmesi, gürültü tahmin yöntemleri, gürültü ölçümleri ve gürültü haritaları ile mevcut durumun sınır değerlerle kıyaslanması ve gerekli görülen yerlerde uygun önlemler alınıp gürültü kontrolü sağlanabilmektedir (Aydın 2015).

Gürültü kontrolü, gürültünün en aza indirilmesi için alınabilecek önlemlerin belirlenmesi ve uygulanmasıdır. Örneğin evde gürültülü çalışan bir makinenin bakım ve onarımı yapılarak gürültü seviyesi azaltılabiliyorsa kaynağında gürültü kontrolü sağlanmış olacaktır. Fakat gürültü kontrolü her zaman kaynakta sağlanamayabilir. Bu durumda gürültüyü ya kaynak ile alıcı arasında ya da alıcıda kontrol altına almak gerekir. Örneğin yoğun trafik gürültüsüne sahip bir karayolu ile bu gürültüye maruz kalan konut arasına gürültü bariyeri yerleştirilebilir veya konuta ses yalıtımı yapılabilir (Aydın 2015). Ancak gürültüyü önlemek ya da azaltmak için ilk yapılması gereken insanları bilinçlendirmektir (Kaya 2020).

AB ülkelerinin çoğunluğu ile Türkiye, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) gibi ülkelerde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı gürültü haritalama çalışmaları yapılmaktadır. Bu amaçla kullanılan gürültü simülasyon yazılımları ile haritalamanın esası genellikle, bir enterpolasyon yöntemi aracılığıyla ölçüm noktalarına dayalı olarak gürültü seviyelerinin hesaplanmasından ve gürültü haritalarının üretilmesinden oluşur. Bu yazılımda genellikle Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW), Kriging (Kübik Variogram) ve Multiquadric (Çoklu Dörtlü) gibi

enterpolasyon yöntemleri kullanılır. Gürültü ölçüm noktalarının sayısına ve dağılımına göre bir yöntem seçilir ve haritalama yapılır (Harman ve diğ. 2016).

1.1 Tez Çalışmasının Amacı

Gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasının amacı, PAÜ Kınıklı Yerleşkesi içerisindeki insanların maruz kaldığı gürültünün belirlenebilmesi için gürültü haritasının oluşturulmasıdır. Oluşturulan gürültü haritaları sayesinde yerleşke içerisindeki kişilerin gürültüden ne ölçüde etkilendiğini ortaya koyarak gürültü seviyelerini azaltmak için ne gibi önlemlerin alınabileceğini belirlemek ve yeni yapılaşma planlamalarının gürültü seviyelerini sınır değerler altında tutacak şekilde yapılmasını sağlamaktır.

2. SES

2.1 Ses İle İlgili Temel Terimler ve Kavramlar

Ses, titreşim yapan kaynağın hava, su, toprak gibi ortamlardaki basınç değişimleriyle yaptığı dalgalanmaların kulak tarafından algılanması sonucunda oluşan fiziksel bir olaydır. Hava basıncı ile atmosferin denge basıncı arasında yayılan ve işitme organımızın algılayabileceği basınç farklılığı olarak da tanımlanabilir. Ses maddesel ortamda dalgalar halinde yayılır. Yayılırken ortamdaki molekülleri titreştirir. Bu titreşim kulağa ulaşır ve elektrik sinyaline dönüşerek beyine ses olarak iletilir (Morova ve diğ. 2010). Örneğin bir hakem, düdüğünü çaldığında ani basınç değişimi ile havadaki moleküller ve dolayısıyla hava ile temasta olan kulak zarı titreşir.

Önceden ayarlanmış bir frekansta ölçülen gürültünün işitilebilme şiddetine duyma eşiği, acı hissetmeden işitebileceği en yüksek ses şiddetine acı eşiği denir (Bilgen 2017). Duyma eşiği olan 20 μ Pa, 0dB'e; acı eşiği olan 100 Pa ise 130 dB'e denktir. Acı eşiğinden sonra 140 dB değerine kadar acı hissederek duyulabilir (Özbek 2012). Günümüzde gelişen teknoloji sayesinde insan kulağının işitmediği seslerin varlığı da ispatlanmıştır (Aydın 2015).

Bell birimi, Alexander Graham Bell'in anısına ilk kez elektrik mühendisliğinde kullanılan bir birimdir ve 1 Bel 10 dB'e eşittir (Atasoy 2021). İşitmenin şiddeti (fizyolojik olarak), sesin şiddeti (fiziksel olarak) ile orantılı değildir. İşitme duyusunda Weber-Fechner kanunu geçerlidir. Bu kanuna göre işitme şiddeti, ses şiddetlerinin logaritması ile artmaktadır. Dolayısıyla dB, farklı ses şiddetlerinin ne anlama geldiğini ifade eden logaritmik bir birimdir. dB(A) ise insan kulağına göre A ağırlıklı ses şiddeti olup işitmenin en duyarlı olduğu orta ve yüksek frekanstaki seslere daha fazla öncelik vermek için kullanılan birimdir (Erdoğan ve diğ. 2007).

2.1.1 Ses Gücü

Ses gücü, bir gürültü kaynağının birim zamanda yaydığı ses enerjisidir. Farklı ortamlarda değişmez, aynıdır ve birimi Watt'tır (W). Bir kilogram kütleli bir saniyede bir metre taşıyabilen güce watt denir. Normal bir konuşmanın ses gücü 10^{-5} W'tır (Atasoy 2021; Özer 2020).

2.1.2 Ses Gücü Seviyesi

Ses gücü seviyesi, ses gücünün referans ses gücüne oranının logaritmasının 10 katıdır ve birimi dB'dir. Ses gücü seviyesi Denklem 2.1 ile hesaplanmaktadır.

$$L_w = 10 \log x (W/W_0) \quad (2.1)$$

Denklemde L_w ses gücü seviyesini, W ses gücünü, W_0 ise uluslararası referans güç değerini (10^{-12} W) ifade etmektedir. Örneğin normal bir konuşmanın ses gücü seviyesi, $L_w = 10 \log x (10^{-5}/10^{-12}) = 70$ dB şeklinde hesaplanabilmektedir (Bilgen 2017).

2.1.3 Ses Basıncı

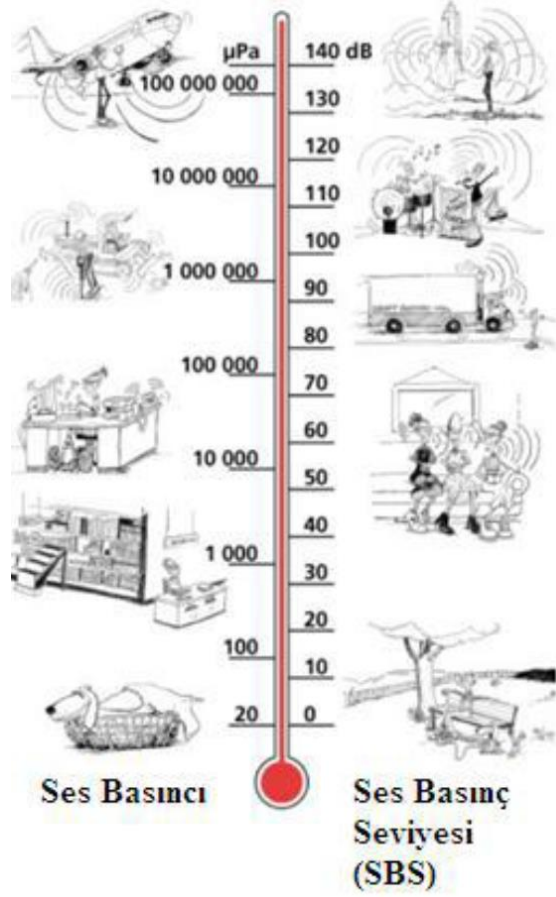
Ses basıncı, ses gücünün algılanan halidir. Ses dalgalarının etkisiyle havadaki partikül maddeler sıkışıp genişler. Böylece hava basıncı yükselir ve düşer (Bilgen 2017). Ses, basınçtaki bu değişimler ile algılandığından ses gücünden çok ses basıncı önemlidir. Örneğin evde çalıştırılan elektrikli süpürge'nin ses gücü seviyesi, hangi odada çalıştırılırsa çalıştırılsın aynıdır. Fakat herhangi bir odada çalıştırılan elektrikli süpürge'nin diğer odalardan hissedilen ses basınçları farklıdır. 50 dB'lik elektrikli süpürge'nin diğer odadaki algılanan ses basınç seviyesi 40 dB olabilmektedir. Elektrikli süpürgeye olan uzaklıklar, duvarların ses dalgalarını absorblaması, dış ortama kaçan ses dalgaları gibi faktörler ses basıncını etkiler. Dolayısıyla ses basıncı, kaynaktan olan uzaklığa ve ortamın akustik özelliklerine göre değişmektedir. Ses basıncı Newton/m² veya Pascal (Pa) birimi ile ifade edilmektedir (Özer 2020).

2.1.4 Ses Basınç Seviyesi (SBS)

Duyuma eşiği ile acı eşiği arasında Pa birimiyle milyonlarca lineer skala olduğundan ses değişim aralığı izlenememektedir. Bu nedenle skala lineer değil logaritmik olarak geliştirilmiştir (Özbek 2012). Başka bir deyişle, duyma eşiği ile acı eşiği arasındaki değerlerin doğrusal ölçekte kullanımı karmaşık olacağından referans bir ses basıncı kullanarak doğrusal olmayan (logaritmik) ölçekte ses basıncı belirtilmektedir. Yani kulağın ses basıncını algılaması logaritmik olarak değişmektedir. Doğrusal ölçekten logaritmik ölçeğe aşağıda verilen Denklem 2.2 kullanılarak geçiş yapılmaktadır (Aydın 2015).

$$SBS=20\log x (P/P_0) \quad (2.2)$$

Denklemde SBS Ses Basınç Seviyesini, P ölçülen ses basıncını, P₀ ise referans ses basıncı yani duyma eşiğini (20 µPa) ifade etmektedir. Buradaki logaritmik oranın birimi desibeldir (dB). Ses seviyesi ölçer (desibelmetre) ile ölçülür. 20 µPa değerinin referans değeri olarak seçilmesinin nedeni, ortalama genç bir yetişkinin frekansı 1000 Hertz olan bir ses dalgasını duyabilmesi için en az 20 x10⁻⁶ Pa değerinde bir ses basıncı değişiminin gerekmesidir. Desibelmetre ile ölçülen değerlerde 1dB(A)'lık değişim çok az farkedilirken 6 dB(A)'lık bir artış sesin iki katına çıkması gibi algılanır. Örneğin bir sesin basıncı 1000 µPa'dan 2000 µPa'a çıkarsa SBS={ [20log(2000/20)] - [20log(1000/20)] }=6 dB(A) değerinde bir artış göstermiş demektir. İnsanların algıladığı gürültüyü yarı yarıya azaltmak için gürültü seviyesinde 6 dB(A)'lık bir azalma sağlamamız gerekir. Gürültü zamana göre değiştiği için ölçüm ve tahminler ile ya da verilen bir süre içinde ortalama değerler ile tanımlanmaktadır (Bilgen 2017). Şekil 2.1'de ses basıncı ve SBS'nin nasıl algılandıkları görülmektedir.



Şekil 2. 1: Ses basıncı ve ses basınç seviyelerinin karşılaştırılması (Katrancı 2018).

Aynı anda birden fazla sesin oluşturduğu toplam SBS'ni hesaplamak için ise aşağıda verilen Denklem 2.3 kullanılmaktadır.

$$L_p \text{ toplam} = 10 \times \log \left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{p3}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}} \right) \quad (2.3)$$

Denklemde $L_{p\text{toplam}}$ toplam ölçülen SBS'ni, L_{p1} ilk ölçülen SBS'ni, L_{p2} ikinci ölçülen SBS'ni ve L_{pn} ise n. sırada ölçülen SBS'ni ifade etmektedir (Aydın 2015).

Birçok ses kaynağı arasından istenilen ses kaynağının SBS'ni hesaplaması toplam SBS'nden arka plan SBS'si çıkarılması ile gerçekleştirilir ve bunun için aşağıda verilen Denklem 2.4 kullanılmaktadır.

$$L_p \text{ kaynak} = 10 \times \log \left(10^{\frac{L_{p\text{toplam}}}{10}} - 10^{\frac{L_{p\text{arkaplan}}}{10}} \right) \quad (2.4)$$

Denkleimde $L_{p_{kaynak}}$ kaynağın SBS'ini ve $L_{p_{arkaplan}}$ ise arka plandaki SBS'ni ifade etmektedir (Aydın 2015).

Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından ortaya konulan maruz kalınan SBS'lerinin konuşma üzerindeki olumsuz etkileri ise Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2. 1: ISO tarafından belirlenen değişik gürültü düzeylerinin konuşmaya etkisi (Morova ve diğ. 2010).

SBS (dB)	İşitme kaybı boyutu	Alt ve üst sınır (dB)	Konuşmayı anlamaya etkisi
25	Önemli değil	25	Hafif konuşmalarda güçlük doğurmaz
40	Engelleme başlangıcı	25-40	Hafif konuşmaları anlamada zorluk
55	Orta derecede engelleme	40-55	Normal konuşmaları anlamada zorluk
70	Belirli düzeyde engelleme	55-70	Yüksek konuşmaları anlamada zorluk
90	Yüksek düzeyde engelleme	70-90	Yüksek ve bağırarak yapılan konuşmaları anlamama
90+	Üst düzeyde engelleme	90+	Genellikle hiçbir konuşmayı anlamama

Ayrıca SBS'ye göre ortamın gürültü derecesi Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2. 2: Ses basınç seviyelerine göre ortamın gürültü derecesi (Kural 2018).

SBS (dB)	Ortamın gürültü derecesi
0-30	Çok sessiz
30-50	Sessiz
50-60	Orta derece gürültülü
60-70	Gürültülü
70-80	Çok gürültülü

2.1.5 Ses şiddeti

Ses gücünün birim alanda iletilmesidir. Bir ses kaynağı W değerinde bir ses gücü çıkardığında, kaynaktan çıkan ses maddesel ortama doğru yayılır. Yayılan bu

enerjinin birim alandan geçen miktarına ses şiddeti denilmektedir ve birimi W/m^2 'dir. Tablo 2.3'te bazı ses şiddetleri belirtilmiştir.

Tablo 2. 3: Ses şiddetleri (Müminoğlu ve Yıldız 2019).

Ses	Şiddet ($watt/m^2$)	Şiddet (dB)
Acı duyma eşiği	1	120
Bir uçağın yakınında	1	120
Ekspres tren	1.10^{-4}	80
Trafikçe yoğun cadde	1.10^{-5}	70
Normal konuşma	3.10^{-6}	65
Evde normal radyo	1.10^{-8}	40
Fısıltı	1.10^{-10}	20
Ağaç yapraklarının hışırtısı	1.10^{-11}	10
İşitme eşiği	1.10^{-12}	0

2.1.6 Eşdeğer Gürültü Seviyesi:

Belli bir süre içinde seviyeleri değişim gösteren gürültünün enerji açısından eşdeğeri olan sabit seviyedeki gürültü ölçөгüdür. L_{eq} ile gösterilir ve birimi dB(A)'dır (Savaş 2019).

2.1.7 Maksimum ses seviyesi:

Zamana göre değişen gürültünün herhangi bir anda sahip olduğu en yüksek değerini ifade etmektedir. L_{min} ile gösterilir ve birimi dB(A)'dır (Savaş 2019).

2.1.8 Minimum ses seviyesi:

Zamana göre değişen gürültünün herhangi bir anda sahip olduğu en düşük gürültü değerini ifade etmektedir. L_{max} ile gösterilir ve birimi dB(A)'dır (Savaş 2019).

2.1.9 Ses Frekansı

Ses dalgalarının birim zamanda titreşme sayısına frekans denir ve f ile gösterilir. Başka bir deyişle ses basıncı değişim döngünün sayısıdır ve birimi Hertz (Hz)'dir (Bilgen 2017). Teorik olarak insanın duyabilme frekansı 20-20.000 Hz arasındadır. Bu aralığın altında kalan sesler çok düşük frekanslı, üstünde kalan sesler ise çok yüksek frekanslı seslerdir. Fakat insanların gerçekte en iyi duyma aralığı 200-4000 Hz arasındaki ses frekanslarıdır (Aydın 2015). Genç ve normal bir insan 20 Hz-20 kHz frekans aralığındaki sesleri duyabilir. Fakat bu durum çoğu insan için geçerli değildir. Duyulabilir maksimum ses frekansı ortalama olarak 16 kHz'dir. Yaşlılarda üst sınır 10 kHz'e kadar düşebilir. İnsanlarda işitme sisteminin en hassas olduğu frekanslar konuşma seslerinin yoğun olarak kullanıldığı 3kHz-4kHz'dir. Bu aralıkta duyma eşiği 10^{-12} watt/m², acı eşiği ise 1 watt/m²'dir (Bilgen 2017). Belirli bir yoğunlukta düşük frekansların işitme kayıplarına yol açma olasılığı yüksektir (Bıçakcı 2011).

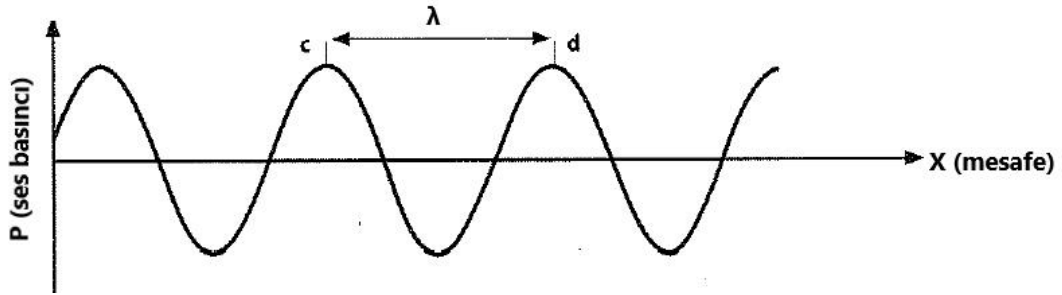
2.1.10 Oktav Bandı

Duyduğumuz sesler 20 – 20.000 Hz aralığında yaklaşık 20.000 frekanstan oluşur. Gürültünün kontrol altına alınabilmesi için işitme organımızın hissedilir ses frekanslarının incelenmesi gerekir. Bu inceleme yapılırken alt limiti yaklaşık 45 Hz, üst limiti ise 11 kHz olarak belirlenebilmektedir. Ancak yine de bu frekans aralığının geniş olması ve analiz süresinin çok zaman alması nedeniyle frekans aralıkları oktav bandı denilen kısımlara bölünür. Yani ses analizinde incelenecek frekans aralıklarına oktav bantları denir. Bir oktav bandında, bandın üst frekansı, alt frekansının iki katıdır ve her bandın üst frekansı, bir sonraki bandın alt frekansıdır. Oktav bandı birçok frekans içerir. Alçak frekansların oktav bantlarında frekans sayısı daha az, yüksek frekansların oktav bandında ise frekans sayısı daha fazladır. Her bandın merkez frekansı ise alt ve üst frekansın geometrik ortalamasıdır. Bir oktavlık aralığın 3'e bölünmesiyle 1/3 oktav bant elde edilir ve genellikle bahsedilen bu 1/3 oktav band kullanılmaktadır. Bu bant genişliğinin en önemli avantajı insanların duyma aralığındaki sinyalleri algılamasıdır (Taş 2010). 63-250 Hz arası düşük frekanslar,

500-1000 Hz arası orta frekanslar ve 2000 ila 8000 Hz arası ise yüksek frekanslar olarak sınıflandırılmaktadır (Atasoy 2021).

2.1.11 Dalga Boyu

Dalga boyu, sesin tam bir ses dalgası oluşturmak için izlediği yoldur ve λ ile gösterilir. Dalga boyu metre cinsinden ölçülür ve f ile ters orantılıdır. Yani dalga boyu ne kadar uzunsa frekans o kadar düşüktür (Atasoy 2021). Şekil 2.2’de ses dalgasının oluşturduğu ses basıncının ses kaynağına olan uzaklık değişimi ve dalga boyunu ifade eden bölüm yer almaktadır.



Şekil 2. 2: Ses dalgasının oluşturduğu ses basıncının ses kaynağından olan uzaklıkla değişimi (Bilgen 2017).

Sesin hızı, dalga boyu ve frekansı arasındaki ilişki Denklem 2.5’de gösterilmiştir.

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.5)$$

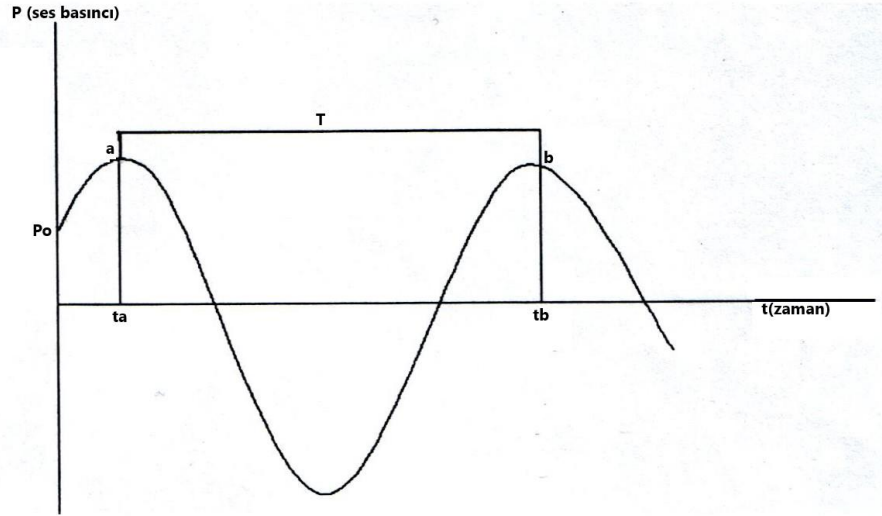
Denklemde λ sesin dalga boyunu (metre), v ses hızını (m/s), f ise sesin frekansını (1/s) ifade etmektedir. Denklemde dalga boyu ve frekansın ters orantılı olduğu görülmektedir (Bilgen 2017).

2.1.12 Genlik

Basit harmonik bir ses dalgasının sabit bir noktadaki ses basıncı zamanla değişir. Bu noktadaki ses basıncının atmosferik basınç ile farkının en büyük olduğu değere genlik denilmektedir (Bilgen 2017).

2.1.13 Periyot

Tam bir ses dalgasının oluşması için geçen zamana periyot denir ve şematik gösterimi Şekil 2.3'te verilmiştir. Periyot, basınç değişim döngüsü süresince geçen zaman olarak da tanımlanabilmektedir. T ile gösterilir ve birimi saniyedir. Hertz 1 saniyedeki döngü sayısıdır. λ dalga boyu bir ses dalgası, T periyodunda geçen süre içerisinde kendi dalga boyu kadar yol alacağından ses dalgasının yayılma hızı λ/T 'dir (Bilgen 2017). Ses dalgasının oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimi Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2. 3: Basit harmonik bir ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimi (Bilgen 2017).

2.1.14 Titreşim

Titreşim bir denge noktası etrafındaki mekanik salınımdır. Mekanik sistemlerin titreşimiyle oluşan ses genellikle düşük frekanslıdır. Endüstride çok sayıda mekanik

sistem gürültüsüne rastlayabiliriz. Titreşim bazen gürültünün ana kaynağı değil, gürültüyü yayan bir olaydır. Örneğin karayolu ve demiryolu taşıtlarının oluşturduğu titreşim, ray, yol, zemin gibi katı ortamda doğrudan yayılırken, havadan ses yoluyla yayılır. Hava ortamında ses ile iletilen titreşimin akustik sonuçları daha etkilidir. Titreşim insanlar üzerinde tahammül edilemeyecek rahatsızlıklara yol açabilmektedir (Bilgen 2017).

2.2 Sesin Yayılması ve Yayılma Hızı

Sesin yayılmasında ses kaynağı, yayılma ortamı ile kaynak ve alıcı arasındaki mesafe, meteorolojik etkenler, zemin özelliği ve bitki örtüsü, engeller gibi faktörler önem taşımaktadır. Örneğin insan sesi küresel yayılırken karayolu trafiği silindirik şekilde yayılır. Bu ses dalgaları yayılma ortamına göre yansiyabilir, kırılabilir, savrulabilir, bükülebilir veya yutulabilir (Aydın 2015). Meteorolojik etkenler arasında sıcaklık, rüzgar, nem ve türbülans daha ön plana çıkmaktadır. Ses dalgaları sık veya seyrek olabilmekte ve sesin yayılma hızı ortamdaki parçacıkların yoğunluğuna göre değişebilmektedir. Parçacıklar ne kadar yoğunsa, ses o kadar hızlıdır. Ses dalgaları katı ortamda yaklaşık 5000 m/s ve suda 3000 m/s hızla hareket eder. Havadaki hızı, rüzgar ve sıcaklık farklılıklarının etkisine bağlı olarak değişse de yaklaşık 340 m/s'dir (Atasoy 2021). Dalga boyu ve frekans sesin hızını etkilemez ya da sesin hızı bu fonksiyonları etkilemez. Ses hızı sadece moleküllerin yoğunluğuna göre değişir. Farklı dalga boyu ve frekansa sahip sesler aynı ortamda aynı hıza sahip olabilir. Farklı ortamlarda sesin yayılma hızı da farklıdır (Aydın 2015). Tablo 2.4'te sabit bir sıcaklıkta farklı ortamlarda sesin yayılma hızı gösterilmektedir.

Tablo 2. 4: Farklı ortamlarda sesin yayılma hızı (sıcaklık sabit=21°C) (Bilgen 2017).

Ortam	Yayılma Hızı (m/s)
Hava	344
Mantar	500
Kurşun	1200
Su	1400
Sert Kauçuk	1400-2400
Beton	300-3400
Tahta	3300-4300
Dökme Demir	3700
Çelik Alüminyum	5100
Cam	5200

Tablo 2.4 incelendiğinde farklı ortamlarda sesin yayılma hızının değişken olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, bu malzemelerin çok farklı kimyasal, metalürjik ve fiziksel yapılarının olmasıdır. Dolayısıyla aynı ortamda yayılan ses dalgalarının ses şiddetleri farklı olabilmektedir (Bilgen 2017).

2.3 Ses Kaynaklarının Sınıflandırılması

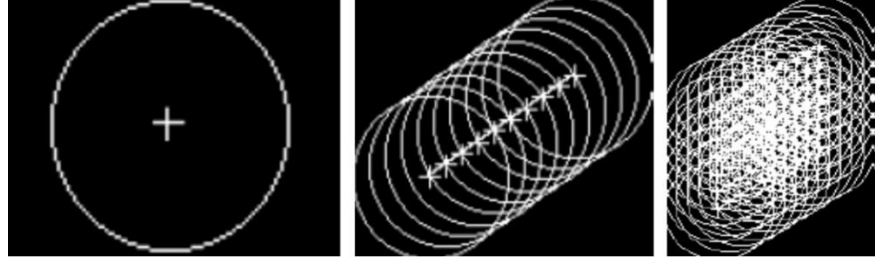
Genel olarak, titreşim yapan her madde ses kaynağıdır. Ses kaynaklarını doğal ve yapay olarak gruplandırırız yağmur, rüzgar, her türlü doğa sesi ve canlı sesler, doğal kaynaklar; aletler, makineler ve benzeri teçhizatlar ise yapay kaynaklar grubuna girer.

Ses kaynakları ayrıca noktasal, çizgisel ve alansal olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Noktasal kaynakların boyutları ürettikleri ses dalgasının boyutundan daha küçüktür ve küresel dalgalar yayarlar (Atasoy 2021). Örneğin insan sesi veya fabrikadan gelen ses noktasal bir kaynaktır. Bir noktasal kaynaktan çıkan ses dalgaları her yöne eşit dağılır (Özbek 2012). Noktasal bir kaynaktan yayılan ses basıncını yarıya düşürebilmek için kaynak ile arasındaki mesafeyi iki kat arttırmak gerekir. Ses basıncının yarıya düşmesiyle de SBS 6 dB(A) azalmış olur (Bilgen 2017). Örneğin ses kaynağından 5 m mesafede SBS 85 dB(A) ise, 10 m mesafede 79 dB(A), 20 m mesafede ise 73 dB(A) olmaktadır.

Çizgisel kaynaklar birden fazla noktasal kaynağın aynı düzlem üzerinde birbirlerine yakın ve yan yana yer almasıyla oluşmaktadır. Yan yana yer alan küresel

dalgalar silindirik bir akış oluşturur. Örneğin karayolu ve demiryolu trafiği çizgisel bir kaynaktır.

Alansal ses kaynakları ise birden çok noktasal kaynağın bir alanda bir araya gelmesi ve düzlemsel şekilde yayılmasıyla oluşur. Açık pazar yerleri alansal kaynaklara örnek olarak verilebilir (Aydın 2015). Bahsedilen noktasal, çizgisel ve alansal ses kaynaklarının şematik gösterimi Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2. 4: Noktasal, Çizgisel ve Alansal Kaynak (Özbek 2012).

3. GÜRÜLTÜ

Kelime olarak “gelişigüzel ses” anlamına gelen gürültü, hoş gitmeyen, rahatsız eden, beğenilmeyen, istenmeyen, anlamsız ve genellikle yüksek seviyedeki sesler topluluğu olarak tanımlanmaktadır (Müminoğlu ve Yıldız 2019). Bu genellemeden anlaşılacağı üzere bir sesin gürültü şeklinde algılanması için mutlaka yüksek seviyede olması gerekmemektedir. Çevresel gürültü ise genellikle yapıların dışındaki gürültüdür. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne (ÇGDYY) göre çevresel gürültü, ulaşım taşıtları, kara yolu trafiği, demir yolu trafiği, hava yolu trafiği, deniz yolu trafiği, açık alanda kullanılan teçhizat, şantiye alanları, sanayi tesisleri, atölye, imalathane, işyerleri ve benzeri ile rekreasyon ve eğlence yerlerinden çevreye yayılan gürültü dâhil olmak üzere, insan faaliyetleri neticesinde oluşan zararlı veya istenmeyen açık hava sesleri olarak tanımlanmaktadır.

3.1 Gürültünün Özellikleri

Ses ve gürültünün tanımlarına göre sesin kişiye bağlı olarak değişmediği (nesnel), ancak gürültünün kişiden kişiye ve kişinin o andaki koşullarına göre değişkenlik gösterdiği (öznel) söylenebilir (Bıçakçı ve Selek 2012). Örneğin pop, rock ve metal gibi yüksek tempolu müzikler genellikle gençlerin hoşuna giderken yaşlı insanlar için gürültü sayılabilir ya da normal şartlarda sevilen bir müzik ders çalışırken veya kişi hasta iken gürültüye dönüşebilir. Fiziksel olarak sesin gücü fazla ise gürültü oluşur ve her gürültünün bir ses basıncı vardır. Bu basınç gürültü kaynağına, maruz kalınan mesafeye, sıcaklık, rüzgar, yağış gibi çevresel koşullara bağlıdır. Rüzgar yönünde gürültü şiddeti artmakta ve benzer şekilde sıcaklık ile gürültü dalgalarının yayılma hızı artış göstermektedir. Bitkiler ve binalar doğal bir yutucu madde özelliği göstermekte ve gürültünün şiddetini azaltmaktadır. Örneğin küçük çimlerin gürültüyü azaltma miktarı düşük iken yüksek çayır ve mısır bitkilerinin etkisi 100 metrede 20 dB azaltacak kadar yüksektir.

dB, SBS’nin logaritmik bir fonksiyonu olduğundan birden fazla ses kaynağının gürültü düzeyi basit matematiksel işlemlerle toplanıp çıkarılamaz (Bilgen 2017). Örneğin, bir elektrikli süpürge çalışırken 75 dB gürültü çıkarıyorsa, aynı nitelikte iki

elektrikli süpürge çalışırken 150 dB gürültü çıkarmaz. Gürültü, uygulamanın logaritmasıyla değiştiğinden ses düzeyindeki artış 3 dB olur ve toplam gürültü 78 dB değerine ulaşır (Müminoğlu ve Yıldız 2019). Örneğin bir jeneratörün SBS'si 100 dB ise aynı nitelikte iki jeneratörün toplam SBS'si 103 dB olur. SBS'leri eşit olan ses kaynaklarının toplam SBS'lerinin hesaplanmasında Tablo 3.1'den yararlanılabilir.

Tablo 3. 1: Ses basınç düzeyleri eşit olan ses kaynaklarının toplam ses basınç düzeylerinin hesaplanması (Can 2018).

Ses kaynaklarının sayısı (n)	Toplam SBS (dB)
1	N (bir kaynağın ses düzeyi)
2	N+3
3	N+5
4	N+6
5	N+7
6	N+8
7	N+8,5
8	N+9
9	N+9,5
10	N+10
n	$N+10 \cdot \log(n)$

Fakat gürültü kaynaklarının SBS'leri birbirinden farklı olabilir. Bu durumdaki toplam SBS'ni hesaplarken Tablo 3.2'den yararlanılabilir.

Tablo 3. 2: Ses basınç düzeyleri farklı olan ses kaynaklarının toplam ses basınç düzeylerinin hesaplanması (Can 2018).

SBS farkı (dB)	Büyük olan seviyeye eklenecek değer (dB)
0-1	3
2-4	2
5-8	1
9-10	0,5

Örneğin ses basınç düzeyleri 65 dB ve 68 dB olan iki kaynağın toplam SBS'nin hesaplanması, SBS'ler farkı 3 dB olmasından dolayı büyük seviye olan 68 dB'e 2 dB eklenmesi ile yapılmaktadır. Eğer fark 10 dB'den büyükse doğrudan büyük olan değer alınmakta olup bu duruma maskeleme denir.

Arka plan gürültüsü, bir ortamda çalışılan gürültü kaynağı dışında aynı anda diğer kaynaklar tarafından oluşturulan sürekli bir ortam gürültüsüdür (Atasoy 2021). Arka plan gürültüsü olan bir yerde, bir makinenin gürültüsünün belirlenmesinde Denklem 2.4 kullanılmaktadır. Makinenin arka plan gürültüsü ile birlikte toplam 60

dB gürültü oluşturması ve makineyi kapatarak arka plan gürültüsünün 53 dB ölçülmesi durumunda makineden kaynaklanan gürültü 59 dB olarak hesaplanır (Bıçakçı 2011).

Ses seviyesinin gelişigüzel değiştiği gürültü olarak tanımlanan kararsız gürültünün değerlendirilmesinde SBS'nin zamanla değişimini incelemek yerine sesin eş değer sürekli ses seviyesi incelenir. Bu terim ortamdaki değişken gürültü ile aynı akustik enerjiye sahip sabit ses seviyesi anlamına gelir. Başka bir deyişle belirli bir süre boyunca sürekli olan ses enerjisinin veya ses basıncının ortalama değerini veren bir gürültü ölçüğüdür ve birimi dB'dir (Atasoy 2021). Eşdeğer gürültü seviyesi Denklem 3.1 kullanılarak hesaplanmaktadır (Bıçakçı 2011).

$$Leq=10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n 10^{\frac{Li}{10}}\right) \quad (3.1)$$

Denklemden n gürültü sayısını, Li gürültü seviyelerini göstermektedir.

3.2 Gürültü Türleri

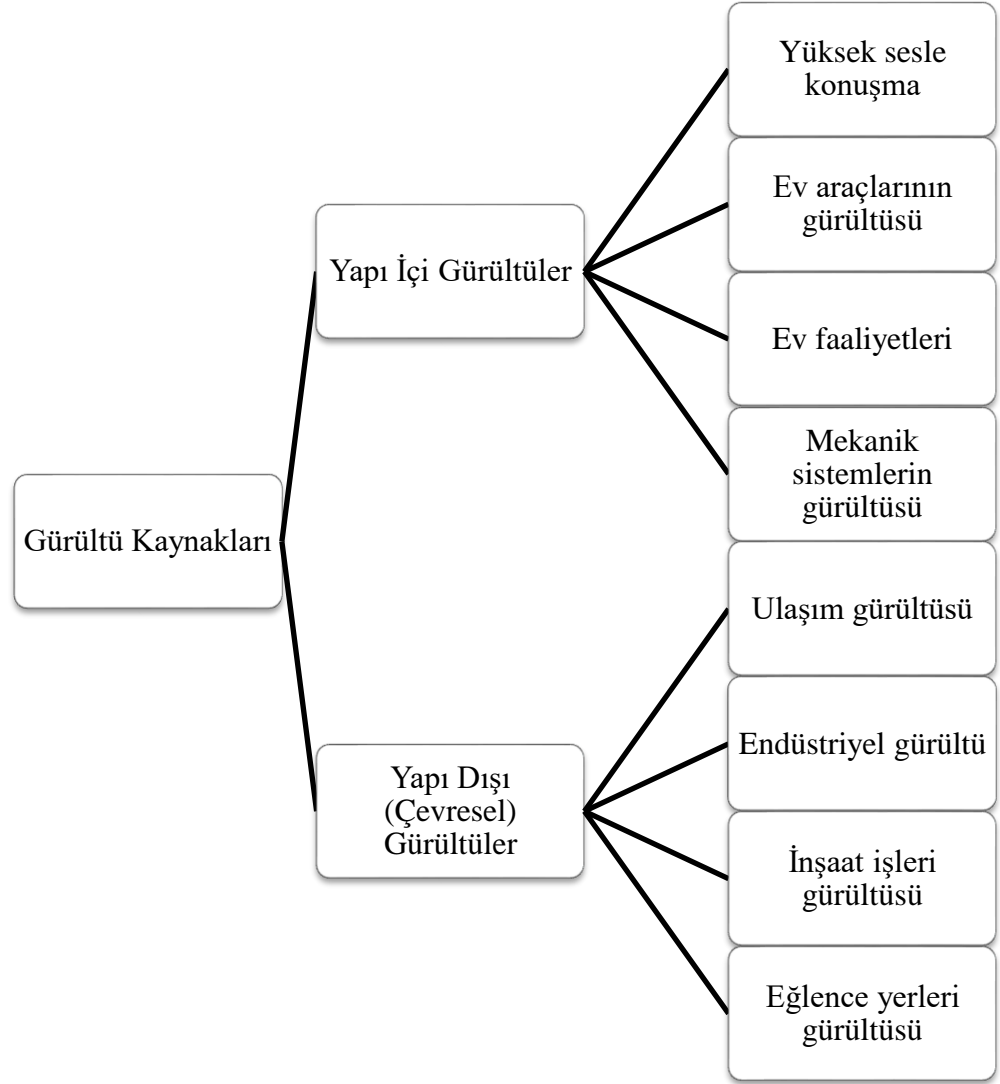
Gürültü çeşitli açılardan sınıflandırılabilir. Gürültünün türü, sesin frekans bandına ve zamanla değişimine bağlıdır. Frekans bandına (spektrumuna) göre gürültüler sürekli geniş bant gürültüsü ve sürekli dar bant gürültüsü şeklinde sınıflandırılır. Sürekli geniş bant gürültüleri bütün frekans aralıklarında yayılan gürültülerdir. Çeşitli makinelerin bir arada çalıştığı bir üretim tesisinin gürültüsü örnek verilebilir. Sürekli dar bant gürültüleri geniş bant gürültüsünün tersidir. Tüm frekans yerine belirli birkaç frekans aralığında yoğun olarak yayılan gürültülerdir. Daire testere gürültüsü, transformatör gürültüsü örnek verilebilir.

Zamana bağlı gürültüler ise kararlı (sabit) gürültü, kararsız gürültü, dalgalı gürültü, kesikli gürültü ve anlık gürültü şeklinde sınıflandırılmaktadır (Bilgen 2017). Sabit gürültüler ölçüm süresi içinde SBS'deki dalgalanmaların sürekli ve önemsiz (ihmal edilebilecek kadar küçük) olduğu seslerdir. Pompalar ve elektrikli motorlar örnek verilebilir. Kararsız gürültüler ise ölçüm süresi içinde SBS'deki

dalgalanmaların süresiz ve önemli olduğu seslerdir. Hava kompresörü ve çekiç darbesi örnek verilebilir. Dalgalı gürültüler ölçme işlemi sırasında sürekli ve önemli ölçüde farklar görülen gürültü çeşididir. Hızlanıp yavaşlayan taşıt motoru gürültüsü örnek verilebilir. Kesikli gürültüler ölçüm sırasında gürültü seviyesinin birden ortam gürültü seviyesine inen ya da aynı şekilde ortam gürültüsünden yüksek değerlere çıkan ve bir saniye kadar süren gürültü çeşididir. Trafik gürültüsü örnek verilebilir. Anlık gürültüler ise bir veya birden fazla vuruşun çıkardığı ve her biri 1 saniye veya daha az süren gürültülerdir. Çan sesi ve çekiç sesi örnek verilebilir.

3.3 Gürültü Kaynakları

Gürültü kaynakları, kaynağın ve gürültüye maruz kalan kişilerin konumlarına ve gürültü yayılma noktalarına bağlı olarak yapı içindeki ve yapı dışındaki gürültüler olmak üzere 2 gruba ayrılarak sınıflandırılması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1: Gürültü kaynakları (Qershi 2019).

Yapı içindeki gürültüler, yapı içinde yer alan ve her türlü elektronik, mekanik cihaz ve donanım sesleri ile günlük faaliyetlerden meydana gelen komşuların oluşturduğu veya binaya özel gürültüleridir.

Yapı dışındaki gürültüler ise yapı dışında yer alan çeşitli kaynaklardan yayılan ve genelde kent gürültüsü olarak bilinen gürültüdür. Bu gürültü çevresel gürültü olarak adlandırılmaktadır. Etkilenen kişi sayısı çok daha fazladır.

Çevresel gürültü;

- ✚ Karayolu gürültüsü
- ✚ Demiryolu gürültüsü

- ✚ Hava ulaşımı gürültüsü
- ✚ Deniz ulaşımı gürültüsü
- ✚ Sanayi ve endüstri gürültüsü
- ✚ İnşaat işleri gürültüsü
- ✚ Eğlence yerleri gürültüsü olmak üzere 7 farklı grupta incelenebilir.

Taşıt ve yolun her yerde olması nedeniyle karayolu gürültüsü insanların en çok maruz kaldığı gürültü kaynağıdır. Bu nedenle diğerlerine göre daha önemlidir. Karayolu gürültüsünde taşıtın kendisi (motor gücü, şasi, süspansiyon ve kaporta gürültüsü gibi), aracın yol ile etkileşimi (taşıt tekerleklerinin çukur beton yüzeylerle temasında gürültü artar), sürücünden kaynaklı hatalar (korna, abartı egzoz gibi) gürültüye neden olabilir. Bu tür gürültülerin şiddeti motor gücüne, motor türüne (dizel motorlar daha çok gürültü oluşturur), egzoz sistemine, lastik türüne, lastik-yol arasındaki sürtünmeye, aracın modeline ve bakımlarına, kaynağın yola olan uzaklığına, trafik yoğunluğuna, trafik akışına (dönemeç, kavşak, trafik ışıkları gibi sebeplerle durağanlaşan trafiğin gürültüsü normal trafik akışından daha fazladır), yol genişliğine (şerit sayısı), yol yüzey malzemesine (asfalt gibi), yolun eğimine (taşıtlar eğimli yollarda daha gürültülüdür), aracın hızına, taşıtın cinsine (ağır taşıtlar daha fazla gürültü yaratır), yol kenarındaki yapılara ve bitki örtülerine bağlı olarak değişmektedir. Toplam ağırlığı 3500 kg ve üzerinde olan çeşitli boyutlardaki tırlar, kamyonlar ağır taşıt, kamyonet, minibüs, otomobil ve motosikletler hafif taşıt olarak sınıflandırılır. ABD Federal Otoyol İdaresi'ne göre 1 ağır taşıt, 7 hafif taşıta eşdeğer gürültü oluşturmaktadır. Serbest akışlı bir trafikte taşıt sayısı ve ağır taşıt oranının yanında trafik hızı da gürültüyü artırır. Yavaş giden bir aracın çıkardığı gürültü düşüktür. Çünkü daha az yol-taşıt tekerleği etkileşimi olur. Fakat bu sefer de motor ve egzoz gürültüsü daha fazla olur. Taşıt tekerleğinin çapı büyük olan ve eski model taşıtların da gürültüsü daha fazladır. Aşağı yönlü yol eğimleri gürültüyü azaltır ancak yol yüzey malzemesinin yoğunluğu, yüzeyin kuru veya ıslak olması gürültü şiddetini değiştirir (Erdoğan ve diğ. 2007).

Karayolu gürültülerinin önlenmesi adına yönelik gürültü haritasının hazırlanıp uygun gürültü perdeleme tekniklerinin kullanılması gibi tedbirler alınmaktadır. ÇGDYY'nin 18. maddesinde: *“Kara yolundan çevreye yayılan gürültü seviyesi ve gürültünün önlenmesine ilişkin sınır değerler Ek-VII Tablo-1’de belirtilmiştir.*

Karayollarından kaynaklanan çevresel gürültü seviyesi Ek-VII'de yer alan Tablo-1'deki sınır değerleri aşamaz.” denilmektedir. Dolayısıyla yönetmelik gereği gürültü haritası hazırlanması gereken karayollarında Tablo 3.3'te verilen sınır değerler aşılamaz.

Tablo 3. 3: Kara yolu çevresel gürültü sınır değerleri (ÇGDYY).

Alanlar	Mevcut yollar		
	L _{gündüz} (dB(A))	L _{akşam} (dB(A))	L _{gece} (dB(A))
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	70	65	60
Endüstriyel alanlar	72	67	62

Demiryolu gürültüsü, karayolu gürültüsü kadar olmasa da yolcu ve yük taşımada kullanılan rayların yerleşim yerinin çok yakınından geçmesi durumunda önemli bir çevresel gürültü kaynağıdır. Raylı sistemlerde gürültüyü tren, tren yolu ve tren hareketleri oluşturur.

Hava ulaşımı gürültüsü, yerleşim bölgelerinde yüksek seviyelerde gürültüye neden olduğundan dikkate alınması gereken bir çevresel gürültü kaynağıdır. Etki alanı karayolu gürültüsüne göre daha fazladır. Hava ulaşımındaki gürültüyü hava taşıtları ve havaalanı oluşturur.

Deniz ulaşımı gürültüsü, genellikle kıyı şeritlerinde yerleşim yeri bulunan alanlarda etkili olan düşük frekanslı ve yüksek seviyeli bir gürültü kaynağıdır (Bilgen 2017). Deniz taşıtları, karayolu trafiğinde olduğu gibi birbirine yakın ve aynı doğrultuda hareket etmediğinden noktasal kaynak gibi düşünülür.

Sanayi ve endüstri gürültüsü, araç-gereç, makine, donanım kaynaklı gürültülerdir. Darbeler, mekanik hareketler, akışkanlar, yanma, elektromanyetik kuvvet gibi etkenler gürültüyü oluşturur. Sanayide birden çok makine aynı anda çalışabilir. Bu makinelerin çeşidi, birbirlerine göre konumları, endüstriyel yapının

özelliği ve çevreye göre konumu, çevredeki engelleyici, yansıtıcı ve yutucu yüzeyler, makinelerin yerleştirildiği yüzey özelliği bir çalışma ortamındaki toplam gürültüyü oluşturur.

İnşaat işleri gürültüsü, açık alanda iş makinelerinin oluşturduğu şiddetli gürültülerdir. Yapıların kurulması, ekipman ve malzemenin taşınması sırasında kullanılan kamyonlar, dozerler, forkliftler, kazı araçları, sıkıştırma araçları, karıştırıcılar, yayıcılar, kompaktörler gibi iş makinelerinin neden olduğu gürültüler inşaat kaynaklı gürültülerdir. İnşaat işlerinde kullanılan makinelerden çıkan gürültüler genelde 75-105 dB(A) aralığındadır. Bu gürültü özellikle akşam ve gece saatlerinde çok rahatsızlık verdiğinden inşaat ve yapım-yıkım faaliyetlerinin belirli bir saatten sonra yapılması yasaktır.

Eğlence yerleri gürültüsü, gece kulüpleri, barlar, restoranlar, kafeler, sinemalar, konser alanları, düğün salonları, lunaparklar gibi mekanlardan yayılır ve özellikle yaz aylarında ve akşam saatlerinde çok rahatsızlık verebilmektedir. Bu tür alanlarda gürültüyü ses kaynağı ve işletme alanının yapısının yanı sıra hoparlör sayısı, çeşidi, yeri, etrafındaki yansıtıcı yüzeyler, müzik süresi, mekanın ses yalıtımı, büyüklüğu, yüksekliği gibi unsurlar da etkilemektedir (Aydın 2015).

3.4 Gürültü ve İnsan Sağlığı

DSÖ'ne göre insan sağlığı fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik durumudur. Atmosferik kirlilik, su kaynaklarımızın kirlenmesi veya toprak kirliliği gezegendeki canlılara zarar veren tek kirlilik türleri değildir. DSÖ'ne göre, gürültü kirliliği sağlığa yönelik en tehlikeli çevresel tehditlerden biridir. Avrupa Çevre Ajansı'na (AA) göre, yalnızca Avrupa'da her yıl 16.600 erken ölümden ve 72.000'den fazla hastaneye yatıştan gürültü sorumludur. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde gürültü sınır değerleri 65 dB(A) olarak belirtilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ise eğitim alanlarındaki dış ortamlar için gürültü sınır değerini 55 dBA olarak belirlemiştir. Bu nedenle gürültü seviyeleri 55 dB(A)'yı aştığında, yerleşke gürültü ortamı rahatsız edici ortam olarak sınıflandırılmıştır (WHO Guidelines for Community Noise 1999).

Sürekli bir gürültüye maruz kalmak işitme kaybına, uyku bozukluğuna, kardiyovasküler hastalıklara, üretkenliğin azalmasına, öfkeye, strese, dikkatsizliğe, yorgunluğa, kazalara yol açabilen, fizyolojik ve psikolojik etkiler ile birlikte sosyal ve ekonomik olumsuzluklar da yaratarak kümülatif etkiye neden olabilen önemli bir halk sağlığı sorunudur (Jariwala 2017). Fizyolojik etkiler genelde herkeste benzer şekilde görülürken psikolojik ve performans üzerine etkisi kişiden kişiye değişmektedir (Aydın 2015). Gürültü seviyelerinin sağlığa etkileri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3. 4: Gürültü seviyelerinin sağlığa etkileri (Müminoğlu ve Yıldız 2019).

Değer (dB(A))	Etki
30-65	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, uyku ve dikkat bozukluğu
65-90	Kan basıncının artması, kalp atışı ve solunum hızlanması
90-120	Bas ağrıları
120-140	İç kulakta kalıcı hasar, denge bozuklukları
>140	Ciddi beyin hasarı

Gürültü sadece insanlara değil, hayvanlara da zarar vermektedir. ABD'ndeki Ulusal Park Servisi, gürültü kirliliğinin çok büyük bir çevresel etkisi olduğunu, vahşi hayata ciddi zarar verdiğini, hayvanların üreme döngülerini, büyüme ve gelişmelerini engelleyebileceğini ve hatta bazı türlerin neslinin tükenmesini hızlandırdığını belirtmektedir. Ayrıca gürültü kirliliği hayvanların ürkmesine ve göç etmesine, fizyolojik ve etolojik sebeplerle davranışlarında değişikliklere yol açmaktadır (Müminoğlu ve Yıldız 2019).

3.5 Gürültü Haritaları

Gürültü haritası belli bir alandaki SBS'lerin ve değişimlerinin plan üzerinde renklendirme sistemiyle gösterilmesidir (Aydın 2015). Bir insan sezgisel olarak ses basınç değişimlerini algılayamayabilir fakat gürültü haritaları bu algıyı renklendirerek sonuçlar sunabilir. Gürültü haritaları, gürültü kaynaklarını belirlemek ve gürültü yönetiminin daha güvenilir, anlaşılır ve etkili yapılmasını sağlamak için hazırlanır. Gürültü haritaları kentin gürültü profili hakkında hızlı ve güvenilir sonuçlar verir. Sürdürülebilir kent tasarımında, ulaşım planlamasında, gürültü kontrolü sağlanmasında karar destek aracı olarak haritalardan yararlanılabilmektedir (Morova ve diğ.

2010). Gürültü haritaları, mühendis ve mimarlar için olduğu kadar halk için de kullanışlıdır. Örneğin arazi kullanımını planlayabilir, gürültünün rahatsızlık verici olduğu bölgeleri sorgulanabilir, arsa fiyatlarındaki değişimleri öngörebilir (Özbek 2012). Gürültü haritaları belirli noktalarda ölçümler yaparak (ölçüm yöntemi) veya ölçümlerin yapılmadığı durumlarda bilgisayar destekli yazılım kullanarak yapılır (tahmin yöntemi). Gürültü haritalarını hazırlamadan önce birtakım verilerin elde edilmesi gerekir. Bu verilerin toplanması çok zaman alabilir. Bu gibi durumlarda daha az emek, zaman ve para harcayarak tahmin yönteminden yararlanılabilir.

3.6 Gürültü Kontrolü

Gürültü kontrolünde en önemli faktör gürültünün sağlık sorunu olduğunun farkındalığıdır. Bağırarak, bilinçsiz korna basılması gibi alışkanlıklar nedeniyle gürültünün çevre kirliliği ve sağlık sorunu yarattığı bilinci eğitimlerle oluşturulmalıdır. Bilinçsiz korna, abartı egzoz, gereksiz fren ve motor sesi gürültü kirliliği hakkında bilinçlenmenin oluşmasıyla azaltılabilir. Bu nedenle ilkokuldan başlayarak tüm eğitim hayatında çevre bilinci oluşturulmalıdır (Kaya 2020). Bu bilinç sayesinde gürültüye neden olan davranışlardan kaçınılması giderek toplumsal bir davranış haline gelecektir (Bilgen 2017).

Gürültü kontrolü, bir ses kaynağından yayılan gürültünün mevzuatlarda belirtilen sınır değerlere indirgemek, gürültünün yayılım özelliğini değiştirmek ya da yayılma süresini azaltmak veya rahatsız etmeyen seslerle gürültüyü örtmek gibi yöntemlerle olumsuz etkilerini azaltma veya önleme sürecidir. Gürültüyü önlemenin en iyi yolu kent planlaması yapılırken (yer seçimi), ulaşım ana planları hazırlanırken ve yapılar projelendirilirken çevresel gürültü haritalarından ve eylem planlarından yararlanılmasıdır. Plan ve proje aşamasında gürültü faktörü değerlendirilmemiş ise mevcut durumda gürültünün kaynağında azaltılması veya önlenmesi gerekmektedir (Tufaner 2009). Toplumsal olarak gürültüyü azaltmak için gürültünün kaynağında kontrolü veya alıcı ile kaynak arasındaki çevrede kontrolü ya da son tercih olarak alıcıda kontrolü sağlanmalıdır (Bilgen 2017).

3.6.1 Kaynakta kontrol

Sesin kaynağına karşı alınan önlemlerdir ve gürültü kontrolünde en etkili yöntemdir. Daha ekonomik ve pratiktir. İlk tasarım aşamasında uygulanabileceği gibi kaynağın kullanımı veya işletimi aşamalarında da yalıtım malzemeleri ile kaplanarak ses izolasyonu sağlanması ya da etrafı kapatılarak ses kabini oluşturulması gibi uygulamalarla da kaynakta gürültü kontrolü sağlanabilir (Bıçakçı 2011). Trafikte taşıtların havalı kornaları ve abartı ekzozları yasaklanabilir. Okul, yurt, konut, hastane gibi hassas alanlarda korna ve klakson kullanım yasağı getirilmeli ve uymayanlara idari yaptırım uygulanmalıdır. Taşıtların bakımı ve denetimi bu aşamada önemlidir. Çok gürültü çıkaran bakımsız ve arızalı taşıtların trafikten men edilmelidir. Nakliye ve yük taşıtlarıyla ilgili azaltıcı önlemler ise il mahalli çevre kurulu kararıyla belirlenmektedir (Kaya 2020).

Kaynakta gürültü kontrolünün genel ilkeleri;

- ✚ Planlama ve bakımla gürültü kontrolü,
- ✚ İşletme şartlarının değiştirilmesi,
- ✚ Daha sessiz olan işlemlerin seçilmesi,
- ✚ Kaynağın yerinin değiştirilmesi,
- ✚ Susturucu ve ses filtrelerinin kullanılması,
- ✚ Titreşim yalıtımı,
- ✚ Titreşimin sönümlenmesi,
- ✚ Gürültü kaynağının örtülmesi şeklinde belirtilebilir.

3.6.2 Kaynak ile alıcı arasında (çevrede) kontrol

Gürültünün kaynakta azaltımı mümkün değilse gürültünün alıcıya ulaşırken kullandığı ortamda bazı önleyici tedbirlerle gürültü azaltılabilir. Duvar, taban, tavan gibi yüzeylere ses yutucu malzemeler yerleştirilmesi, ses kırıcı bariyer ve duvar uygulanması gibi önlemlerle ses kaynak ile alıcı arasında azaltılabilir. Özellikle büyük şehirlerde karayolu gürültüsünü önlemek için yol ile konutların arasına bitki örtüsü dikilmesi ve gürültü bariyeri uygulanması ile gürültü kontrolü sağlanabilmektedir (Bıçakçı 2011). Gürültülü yerlerde ağaçlandırma çalışması yapılması, binalar arasına

yaprağını dökmeyen en az 30 metre genişliğinde uzun ağaçların dikilmesi ve özel bariyerler uygulanması gürültü maruziyetini azaltır. Çevredeki gürültüyü önlemenin en etkili yolu şehir planlaması, yerleşim alanlarının seçilmesi, bina ve yapı elemanı planlaması gibi şehircilik faaliyetleri sırasında gürültü haritalarından faydalanılmasıdır. Yüksek gürültü seviyesine sahip bölgelerde hassas yapılara izin verilmemelidir (Kaya 2020). Binaların yola yakınlığı, yüksekliği gibi plansal özellikleri gürültü maruziyetini etkiler. Bu özellikler gürültü maruziyetini 30 dB(A) azaltabilmektedir (Bilgen 2017).

3.6.3 Alıcıda kontrol

Sesin kaynakta ve yayıldığı ortamda azaltılamaması halinde en son seçenek olarak gürültü önleyici donanımlarla alıcıda kontrol sağlanabilir. Örneğin çalışanlara kulaklık veya kulak tıkaçları verilebilir, evin etrafı izolasyon malzemesiyle kaplanabilir (Bıçakçı 2011). Kulak tıkaçları 25-45 dB(A) kadar ses şiddetini düşürebilir. Kişisel korumada en etkili yöntemdir. Ortamdaki sesin şiddetine göre köpük kauçuk ve muma batırılmış pamuktan yapılan tıkaçlar 25 dB(A) kadar sesi azaltırken, kulak kepçesini kavrayacak şekilde kulak üstüne takılan kulaklıklar 35 dB(A)'ya kadar sesi azaltabilir. Her ikisi birden kullanıldığından ise 45 dB(A) ses azaltımı sağlanabilmektedir.

Sadece hayvanların duyabildiği ultrasonik seslerin tarımda kullanılmasıyla kuş, böcek, fare gibi canlıların uzaklaşması sağlanmaktadır. Ancak bu sesler göçmen kuşların kaçması gibi ekolojik yaşamın dengesini de bozabilmektedir. Bu nedenle makine ve araç seçiminde tüm ekosistem gözetilerek tercih yapılmalıdır (Kaya 2020).

3.7 Gürültü ve Gürültü Kontrolü Mevzuatı

Anayasamızın 56. maddesinde “*Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir.*” denilmektedir.

Gürültüyle ilgili ilk yasal hükümler 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 14. Maddesinde karşımıza çıkmaktadır. Burada “*Kişilerin huzur ve sükununu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde ilgili yönetmeliklerle belirlenen standartlar üzerinde gürültü ve titreşim oluşturulması yasaktır. 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 alınır.*” denilerek gürültü ve önlenmesine vurgu yapılmıştır. 25 Haziran 2002 yılında Avrupa Parlamentosu ve Komisyonu tarafından 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültü Direktifi yayımlanmıştır. Bu direktifteki maddelerin AB üyesi tüm ülkeler tarafından ulusal mevzuatlarına entegre edilmesi zorunlu tutulmuştur. Ülkemizin o dönemlerde AB'ne giriş sürecinde olmasından dolayı ÇGDYY, AB kriterlerine uygun olarak hazırlanmış, 04.06.2010 tarihli ve 27601 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı, çevresel gürültüye maruz kalınması sonucu kişilerin huzur ve sükûnunun, beden ve ruh sağlığının bozulmaması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamak ve kademeli olarak uygulamaya konulmak üzere; değerlendirme yöntemleri kullanılarak çevresel gürültüye maruz kalma seviyelerinin, hazırlanacak gürültü haritaları, akustik rapor ve çevresel gürültü seviyesi değerlendirme raporu ile belirlenmesi, çevresel gürültü ve etkileri hakkında kamuoyunun bilgilendirilmesi, gürültü haritaları, akustik rapor ve çevresel gürültü seviyesi değerlendirme raporu sonuçları esas alınarak; özellikle çevresel gürültüye maruz kalma seviyelerinin insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere sebep olabileceği ve çevresel gürültü kalitesini korumanın gerekli olduğu yerlerde, gürültüyü önleme ve azaltmaya yönelik eylem planlarının hazırlanması ve bu planların uygulanması ile ilgili usul ve esasları belirlemektir.

ÇGDYY'ye göre çevresel gürültü haritalarında $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, L_{gece} ve L_{gag} göstergeleri kullanılır. Yönetmelikte bu terimler şu şekilde tanımlanmıştır:

$L_{gündüz}$: A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup, yılın gündüz (07:00-19:00 arası toplam 12 saat) zaman diliminin tamamına göre belirlenmiştir.

$L_{akşam}$: A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup, yılın akşam (19:00-23:00 arası toplam 4 saat) zaman diliminin tamamına göre belirlenmiştir.

L_{gece} : A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup, yılın gece (23:00-07:00 arası toplam üzere 8 saat) zaman diliminin tamamına göre belirlenmiştir.

L_{gag} : Desibel A (dB(A)) olarak gündüz-akşam-gece seviyelerinin Denklem 3.2 ile ifade edilmesidir. Bu denklem günlük rahatsızlık seviyesini gösterir.

$$L_{gag}=10 \log \frac{1}{24} \left[12 \times 10^{\frac{L_{gündüz}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{akşam+5}}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{gece+10}}{10}} \right] \quad (3.2)$$

ÇGDYY'ye göre karayolundaki taşıtların ve açık alandaki iş makinelerinin gürültü düzeyi Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından belirlenmiştir. Yine aynı şekilde demiryolu ve havayolundaki taşıtlar için Ulaştırma Bakanlığı ve deniz taşıtları için de Denizcilik Bakanlığı tarafından belirlenmiştir.

Çoğu ülkede gürültünün kontrolü için yasal düzenlemeler mevcuttur. Ülkemizde ise çevresel ortamlardan yayılan gürültüyle ilgili yönetmeliğin dışında yapı içinden ve dışından yayılan gürültü, kullanılan teçhizatlardan yayılan gürültü, motorlu taşıtlardan yayılan gürültü ve bu gürültülerin risklerinden korunmakla ilgili diğer yönetmelikler de bulunmaktadır.

Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik 31.05.2017 tarihinde 30082 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı her türlü yapı, bina, tesis ve işletmenin işletimi ve kullanımı safhalarında insanların maruz kalacağı, binaların dışından veya içinden kaynaklanan gürültülerin, kişilerin huzur ve sükûnuna, beden ve ruh sağlığına olumsuz etkilerini en aza indirecek iyi işitme ve algılama koşullarının sağlanması için, tasarım, yapım, kullanım, bakım ve işletim bakımından uyulacak kuralların belirlenmesidir. Bu yönetmelik belediye ve mücavir alan sınırları içinde ve dışında kalan yerlerde inşa edilecek resmi ve özel her türlü yapı, bina, tesis ile işletmelerde iç mekanlarda insanların maruz kaldığı ulaşım, sanayi, yapım ve insan kaynaklı gürültüler gibi dış çevre gürültülerinin ve yapı içinde oluşan komşuluk gürültüleri, darbe sesleri, mekanik sistem ve servis ekipmanlarının gürültüleri ile cihazlardan yayılan mekanik titreşimlerin kontrol altına alınmasına yönelik önlemlere ilişkin temel kuralları kapsamaktadır.

Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu İle İlgili Yönetmelik 30.12.2006 tarih ve 26392 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı insan sağlığının korunması ve iç pazarın düzgün işleyişine katkıda bulunmak üzere, açık alanda kullanılan teçhizatın yarattığı gürültüye ilişkin gürültü emisyonları standartlarının uygulanması, teknik belgeler ve bilgilerin toplanması, uygunluk değerlendirme prosedürleri ve işaretleme ile ilgili usul ve esasları belirlemektir. Bu yönetmelik açık alanda kullanım amacıyla komple ünite olarak piyasada yer alan veya hizmete sokulan teçhizatı kapsamaktadır.

Motorlu Araçların Dış Gürültü Emisyonları Ve Egzoz Sistemleri İle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği 30.11.2000 tarihli ve 24246 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu hükümleri uyarınca taşıtların yapım ve kullanım bakımından karayolu yapısına ve trafik güvenliğine uyma zorunluluğunu yerine getirmek üzere, dış gürültü emisyonu ve egzoz sistemlerine ilişkin, taşıtlara AT Araç Tip Onayı Belgesi ve egzoz sistemlerine ayrı teknik ünite olarak AT Tip Onayı Belgesi verilmesi ile ilgili hükümleri ve bunların uygulanmasına ait usul ve esasları belirlemektir. Bu yönetmelik, motorlu taşıtlara dış gürültü emisyonları ve egzoz sistemleri bakımından AT Araç Tip Onayı Belgesi ve bu taşıtların egzoz sistemine ayrı teknik ünite olarak AT Tip Onayı Belgesi verilmesi ile ilgili hükümleri kapsamaktadır.

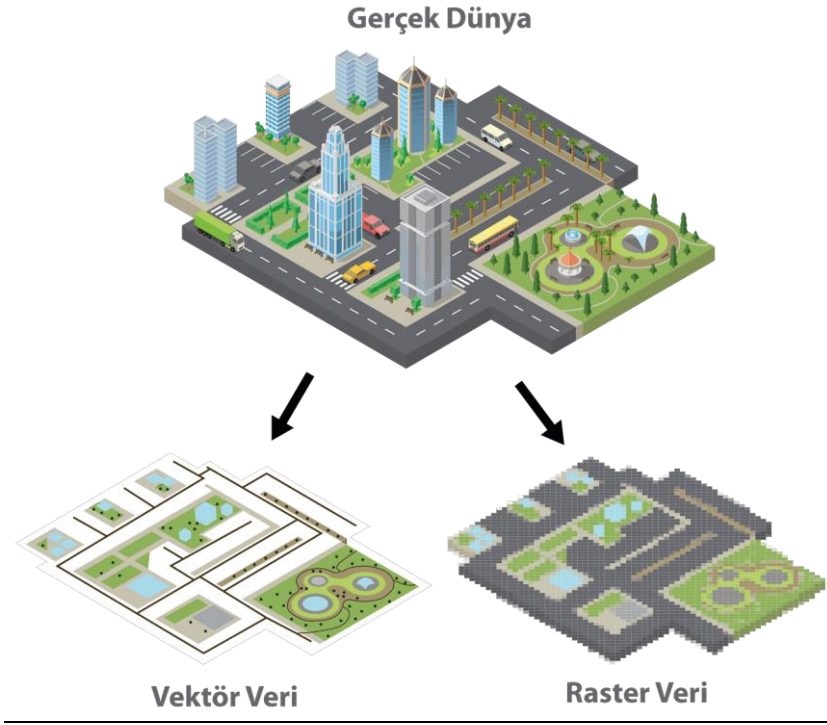
Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik 28.07.2013 tarihli ve 28721 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı, çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden, özellikle işitme ile ilgili risklerden korunmaları için asgari gereklilikleri belirlemektir. Bu yönetmelik, 20/6/2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamındaki işyerlerinde uygulanmaktadır.

4. COĞRAFI BILGI SİSTEMLERİ (CBS)

Yeryüzündeki beşeri ve fiziki olayları inceleyen coğrafya, çok geniş konu yelpazesine ve çok karmaşık verilere sahiptir. Bu verilerden yararlanmak ve veriler arasındaki karmaşık ilişkileri yorumlamak için mutlaka bilgi sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde bilgi teknolojileri geliştiğinden coğrafyayı konu alan CBS de gelişmiştir.

CBS, yeryüzü şekillerini ve yeryüzündeki ekonomik, sosyal, çevresel gibi karmaşık olayları haritaya dönüştürmek ve bunları analiz etmek için gerekli olan bilgisayar araçlarından oluşan bir sistemdir. CBS, çeşitli olayların analiz edilmesinde ve tanımlanmasında ileriye dönük tahminler yaparak stratejik planların oluşturulmasını için kullanılabilir (Özbek 2012). Kent bilgi sistemlerinin oluşturulmasında, tarım ve ormancılıkta, sağlıkta, jeolojik ve hidrojeolojik uygulamalarda, savunma, lojistik ve güvenlik hizmetlerinde, eğitim, iletişim ve altyapı yönetimi gibi alanlarda etkin ama kısıtlı bir kullanım sunarken çevresel problemlerin çözümünde de etkili ve başarılı bir sistemdir. Çünkü çevresel problemlerin çoğu konumsal boyuttadır ve CBS, mekânsal analiz ve modellemede yetenekli bir programdır. Konumsal bilgileri depolar ve birbiri arasında ilişki kurarak karar vermede yardımcı olur (Tufaner 2009).

CBS, yeryüzüne ait verileri coğrafi şekilde birbiriyle ilişkili tematik harita katmanları olarak algılar. Coğrafi veriler, koordinat, adres, bölge, yol gibi tanımlanmış bilgileri içerir. Bu referanslar konumlandırmada kullanılır. Vektörel ve hüresel veri modeli olmak üzere 2 farklı konumsal veri modeli vardır. Vektörel veri modelinde coğrafi varlıkların konumları kesin olarak tanımlanır. Veriler gerçeğe yakın gösterilir, grafiksel yapısı hassas ve doğrudur. Hüresel veri modeli ise değişmez varlıklarda (toprak yapısı, bitki örtüsü, jeolojik yapı, yüzey özelliği gibi) meydana gelen değişimleri ifade etmede kullanılır (Özbek 2012). Konumsal veri modelleri Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3. 2: Vektörel ve hücresel veri modeli (Tecim 2022).

4.1 Gürültü Kontrolünde CBS Kullanımı

Gürültü kirliliğinin olası çevresel etkisi üzerine yapılan çalışmalarda CBS kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Kentsel imar planlamalarında gürültünün çevreye etkisi de değerlendirilmektedir. CBS ortamında gürültü verileri girilerek mekansal ve konumsal bilgilerle birlikte birleştirilip gürültünün etkilerini yansıtan dijital bir harita oluşturulabilir. Gürültü haritaları bizlere kentsel, endüstriyel ve ticari alanların mavzuatlarda belirtilmiş olan gürültü sınır değerini sağlayan ve sağlamayan kısımlarını gruplandırabilir.

Gürültü seviyesinin ve gürültüden etkilenen alanların gözlemlenebilmesi için CBS'deki mekansal veri tabanı ve analizleri çok kullanışlıdır. CBS uyumlu haritalama yöntemleri, mekansal veri analizleri ve gürültü haritasının kalitesini artıran matematiksel modelleme ile birleştirilebilir. Böylece gürültü haritaları akustik verileri mekansal olarak sunmuş olur. Bu sayede analizler yapılarak gürültü azaltımı için planlama ve karar alma süreçlerinde yardımcı olur.

Gürültünün etkileri belirli bir evrensel yöntem ile bulunamaz. Yapılan farklı çalışmalar, bu çalışmalardaki farklı yöntemler ve bu yöntemlerdeki kalite ve doğruluklar, gürültünün etkilerini belirlemede farklılıklara yol açabilir. Bu durum da tartışmalı sonuçlara neden olur (Özbek 2012).

5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası literatür araştırmalarında, farklı ortamlardaki farklı kaynakların neden olduğu gürültünün belirlenmesinde ve etkilerinin ortaya koyulmasında gürültü haritalarının oldukça etkili bir yöntem olarak sıklıkla kullanıldığı görülmüştür. Üniversite yerleşke alanlarında gerçekleştirilen çalışmaların önemli bir kısmı yerleşkedeki karayolu trafiği ve kalabalığın neden olduğu gürültünün, gürültü haritalarının oluşturulmasına yönelik olmakla birlikte, daha az sayıda iç mekan gürültü seviyesi ve yerleşkedeki gürültünün akademik personel üzerine etkisinin belirlenmesine yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. Ayrıca gürültü haritaları eğlence mekanlarının yoğun olduğu bölgelerdeki gürültü düzeylerinin veya havalimanlarından kaynaklanan gürültü düzeylerinin belirlenmesi gibi pek çok farklı alanda da kullanılmaktadır.

Morova ve diğ. (2010) tarafından Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesinde çevresel gürültü haritaları hazırlanması amacıyla yerleşke içerisinde belirlenen noktalarda gürültü seviyeleri ölçülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda belirli noktalarda bazı gürültü azaltım önlemlerinin alınması gerektiği ortaya konulmuştur.

Bıçakcı ve diğ. (2012) tarafından Çukurova Üniversitesi yerleşkesinde karayolu gürültü haritaları hazırlanmış ve alınacak önlemler belirlenmiştir. Bu amaçla trafiğin yoğun olduğu yerleşke girişindeki kavşakta 7 ayrı nokta belirlenmiş olup trafiğin yoğun olduğu gündüz (07:00-19:00) ve akşam (19:00-23:00) zaman diliminde araç sayımları yapılmıştır. Yerleşkenin karayollarından kaynaklanan gürültü seviyeleri ve sıcak noktaların belirlenmesinde SoundPLAN programı kullanılmıştır. Gürültü haritaları incelenerek alınabilecek önlemlere ilişkin hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçta, mevcut gürültü kaynakları belirlenmiş ve bu kaynakların çevreye verdiği kirliliğin ölçülerek kirlilik kaynaklarının haritalama yöntemi ile yoğunlaşma noktaları ortaya çıkarılmıştır. Gürültüye maruz kalma seviyesinin bazı fakülte binalarında ÇGDYY Ek-7 Tablo-1 deki sınır değerleri geçtiği belirlenmiştir.

Erdoğan ve diğ. (2007) tarafından Afyonkarahisar il merkezinde karayolu trafik gürültüsünü tespit etmek için çeşitli noktalarda gürültü ölçümleri yapılmış ve

ArcGIS yazılımı ile gürültü haritası hazırlanarak uygulanabilecek önlemlere yer verilmiştir.

Kavraz (2015) tarafından Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni yerleşkesinde iç mekânsal gürültü düzeyleri incelenmiştir. Gürültü düzeyi ölçümleri sınıf, laboratuvar, konferans salonu, kütüphane, öğretim elemanı odalarında yapılmış ve ölçüm sonuçları maksimum gürültü seviyeleri ile karşılaştırılmıştır. Ölçülen gürültü değerlerinin sınır değeri aştığı görülmüş ve iç mekanlarda gürültü seviyesinin sınır değer altına indirilebilmesi için öneriler sunulmuştur.

Zannin ve diğ. (2013) Brezilya'da bir üniversite yerleşkesindeki (Polytechnic Center of Paraná Federal Üniversitesi) gürültü kirliliğinin akademik personel üzerinde kaygı oluşturması üzerine bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda yerleşke içinde ses seviyesi ölçümleri yapılarak gürültü haritası çıkarılmıştır. Ölçüm noktalarının neredeyse tamamında DSÖ tarafından belirlenen 55 dB(A) sınır değer aşılmış, en yüksek gürültü seviyelerine (65-70 dB(A)) yoğun ulaşım hattının geçtiği ana güzergâh ve yakın çevresinde ulaşılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda akademik personelin, çalıştığı alanda gürültü kaynaklı psikofizyolojik kaygılar taşıdığı sonucuna varılmıştır.

Aydın (2015) tarafından İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak Yerleşkesinin gürültü haritası hazırlanmıştır. Haritada gürültü kaynağı olarak üniversite çevresindeki caddelerde oluşan karayolu gürültüsü ele alınmıştır. Gürültü haritasında hesaplamayla bulunan sonuçların doğruluğunu belirleyebilmek amacıyla altı tanesi cadde üzerinde dört tanesi ise yerleşke içinde olmak üzere 10 noktada Brüel&Kjaer- Tip 2250 gürültü düzeyi ölçerle ölçümler gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan haritada elde edilen gürültü seviyelerine göre yerleşkenin gürültü açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Yerleşke genelinde 55-60 dB(A) aralığında gürültü seviyesinin hakim olduğu ve bu değerlerin anayollara yaklaştıkça 5-10 dB(A) artış gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalar ve ölçümler, yerleşke alanının anayol etrafında artan gürültü düzeyine rağmen sessiz alan olarak nitelendirilebileceğini göstermiştir.

Doygun (2016) tarafından Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Yerleşkesi'nde 36 noktada gerçekleştirilen ölçümler doğrultusunda karayolu gürültüsünün yerleşke alanına etkisi incelenmiştir. Ölçüm sonuçları DSÖ tarafından

belirlenen sınır değeri ile karşılaştırılmış ve gürültünün yerleşke genelindeki dağılımını belirleyebilmek için CBS kullanarak gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bulgular, gürültü seviyesinin 39 - 71 dB(A) aralığında değiştiğini ve çoğunlukla akşam saatlerinde limit değeri aşıldığını göstermiştir. Sayısal haritalara göre gürültünün en yüksek olduğu alanlar, araç yoğunluğunun fazla olduğu çevre yolu ve yerleşke ana girişi civarları olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak gürültü seviyesini azaltmak için araç yollarının fiziksel şartlarının iyileştirilmesi gerektiği, Tıp Fakültesi Hastanesi ile eğitim ve araştırma yapıları gibi gürültüye karşı hassasiyet gösteren alanları gürültünün olumsuz etkilerinden korumak için önlemler alınması gerektiği, çevresel gürültünün düzenli bir şekilde takip edilebilmesi için sayısal haritalardan yararlanılması gerektiği belirtilmiştir.

Li ve diğ. (2019) tarafından Çin'de bulunan Guangdong Polytechnic Normal Üniversitesi Guangdong Baiyun Yerleşkesi yakınından geçen demiryolu gürültüsünün öğrencilerin öğrenmesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda hızlı tren hattının çevre kalite standartlarının üstünde olduğu ve bazı dersliklerde limit seviyeleri geçtiği belirlenmiştir. Çalışma sonunda gürültü kirliliğinin öğrencilerin öğrenmesi üzerine olumsuz etkisi olduğu görülmüştür.

Yerli ve diğ. (2019) tarafından Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi'nin gürültü haritasının oluşturulması amacıyla yerleşke içinde belirlenen 15 ölçüm noktasında gürültü ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar CBS ortamında enterpolasyon yöntemi ile değerlendirilmiş ve yerleşkeye ait gürültü haritası oluşturulmuştur. Elde edilen haritaya göre gürültü kirliliğinin ana kaynağının karayolu olduğu görülmüştür. En yüksek gürültü düzeyleri yerleşkenin batı ve güney bölgelerinde elde edilmiştir. Bunun sebebi yerleşkenin batı ve güney sınırından geçen yollar ve tüm kente hizmet eden hastanenin, yerleşkenin batısında yer alıyor olmasıdır.

Phukan ve Kalita (2013) tarafından Hindistan'da Gauhati Üniversitesi Yerleşkesi'nde sabah, öğle ve akşam saatlerinde yapılan gürültü ölçümlerinde 55-64 dB(A) aralığında değerler elde edilmiş, gürültü kirliliğinin en önemli nedeninin yerleşke içerisindeki karayolu trafiği olduğu belirtilmiştir.

Özdamar ve Baltacı (2001) tarafından Ege Üniversitesi Yerleşkesi'nin çevresel gürültü profili çıkarılmış ve yapılan çalışmada yerleşke içinde yapılan gürültü ölçüm sonuçlarının ÇGDYY'nde belirtilen değerleri aştığı tespit edilmiştir.

Bilgen (2017) tarafından Nevşehir il merkezinde trafiğin yoğun olduğu kavşak ve yollardaki gürültü düzeylerinin saptanması, ilişkili faktörlerin belirlenmesi ve elde edilen veriler ışığında gürültü haritalarının çıkarılması için kavşaklar ve ana arterler üzerinde 60 adet gürültü ölçüm noktası belirlenmiştir. Ölçüm noktalarının koordinatları Magellan Explorist 710 marka el tipi GPS alıcısı ile tespit edilmiş ve ölçüm noktalarında oluşan gürültü seviyeleri Svantek marka Tip I gürültü ölçüm cihazı ile trafiğin yoğun olduğu saatler olan sabah 07:00 – 09:00 saatleri, öğlen 12:00 – 14:00 saatleri ve akşam 19:00 – 21:00 saatleri arasında ölçülmüştür. Elde edilen veriler ÇGDYY'nde belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Ölçüm yapılan tüm noktalarda sabah, öğle ve akşam saatlerinin tamamında ÇGDYY sınır düzeylerinin aşılmış olduğu belirlenmiş ve Nevşehir il merkezinde trafik kaynaklı gürültü kirliliği sorununun ciddi boyutlarda olduğu tespit edilmiştir. Yapılan gürültü ölçüm değerleri ArcGIS ortamına aktarılarak Nevşehir il merkezine ait sabah, öğle ve akşam olmak üzere gürültü kirliliği haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen haritalar ve veriler değerlendirilerek il merkezindeki gürültü kirliliğinin azaltılması ve önlenmesi için gerekli öneriler sunulmuştur.

Tufaner (2009) tarafından eğlence yerlerinin yoğun olduğu İstiklal Caddesi ve yakın çevresinde gürültü haritasının hazırlanması amacıyla 0,45 km²'lik bir alan seçilerek 08:00–11:00, 13:00–17:00 ve 22:00–01:00 saatleri arasında gürültü ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler esnasında RION NL-31 marka Tip 1 ses ölçüm cihazı kullanılarak çalışma bölgesinin eşdeğer gürültü seviyeleri (L_{eq}) tespit edilmiştir. Verilerin haritalanmasında ve analizlerde ArcGIS 9.2 yazılımında IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak sabah, öğleden sonra ve gece saatleri için İstiklal Caddesi ve yakın çevresinin L_{eq} gürültü haritaları oluşturulmuştur. Yapılan incelemeler ve araştırmalar sonucunda eğlence yerlerinden kaynaklanan gürültünün yürürlükteki yönetmeliğin belirlemiş olduğu kabul edilebilir düzeylerin çok üzerinde olduğu görülmüştür.

Tezel ve diğ. (2019) tarafından İzmir Adnan Menderes Havalimanı ve Ankara Esenboğa Havalimanı'na ait gürültü haritaları oluşturulmuştur. Haritalarda gündüz,

akşam ve gece gürültü seviyelerinin havalimanı yakınlarındaki halkın sağlığına nasıl etki edeceği CBS kullanılarak tahmin edilmiştir. Haritaları inceleyerek İzmir Adnan Menderes Havalimanı'ndan yaklaşık 45 km mesafede 94.400 hanenin, 282 okulun ve 128 hastanenin; Ankara Esenboğa Havalimanı çevresinde ise 8.277 hanenin, 53 okulun ve 6 hastanenin 50 dB(A) veya daha yüksek gürültü seviyelerine maruz kaldığını görülmüştür. İzmir Adnan Menderes Havalimanı'nın etkilendiği bölge Ankara Esenboğa Havalimanı'na göre daha küçük olmasına rağmen, havalimanı kentsel alana yakın olduğu için İzmir'de çok daha fazla insan, okul ve hastanenin daha yüksek gürültü seviyelerine maruz kaldığı tespit edilmiştir.

Oyedepo ve diğ. (2019) tarafından Nijerya'nın Ota Metropolüne ait karayolu gürültü haritası hazırlanmıştır. Gürültü kirliliği seviyelerinin değerlendirilmesi ve haritalandırılması için ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılmıştır. Duyarlı bir ses seviyesi ölçer kullanılarak her bir nokta için 30 dakikalık bir zaman aralığında ortalama eşdeğer gürültü değerleri ölçülmüştür. Seçilen konumlar için gürültü haritası hazırlanmıştır. Çalışma sonunda gürültü haritasının Ota gibi kentsel alanlar için uygulanacak gürültü sınırına ilişkin gelecekteki planlama ve düzenlemeler için referans ve kılavuz olacağı belirtilmiştir.

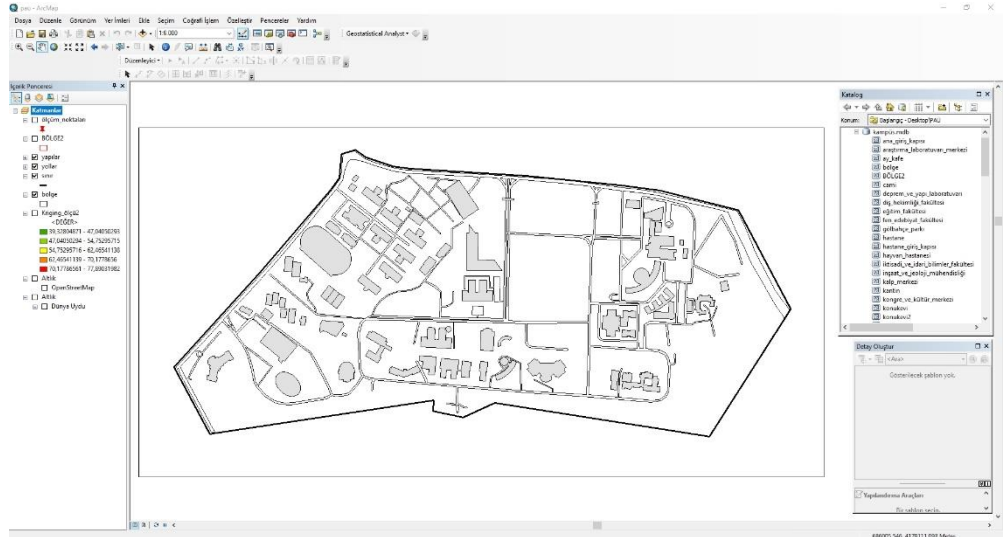
Harman ve diğ. (2016) tarafından Isparta ili genelinde yapılan ölçümlerle bir gürültü haritası oluşturulmuş, gürültü haritalarının üretiminde ArcGIS yazılımındaki IDW, Kriging ve Multiquadric enterpolasyon yöntemleri kullanılmış, bu yöntemlerin doğruluğunu değerlendirilmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Uygulanan üç farklı enterpolasyon yönteminden, Kriging yönteminin en uygun sonuçları ürettiği ortaya koyulmuştur.

6. MATERYAL VE METOT

Gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasında gürültü haritaları hazırlanarak PAÜ Kınıklı Yerleşkesi'ne ait öğrenci ve trafik yoğunluğundan kaynaklanan gürültü değerlendirilmiştir. Gürültü haritasının hazırlanmasında kullanılmak üzere coğrafi veri tabanı hazırlama çalışmaları yapılmıştır.

6.1 Coğrafi Veri Tabanı Altyapısının Oluşturulması

Verilerin analizi ve haritalanmasında global ölçekte kullanılan Google Earth Pro ve ArcGIS 10.5 yazılımından faydalanılmıştır. Öncelikle ArcGIS üzerinde çalışacak olan coğrafi veritabanı oluşturulmuştur. Bu amaçla Google Earth Pro yazılımının Street View Map uygulaması altlık harita olarak kullanılmıştır. Coğrafi veri tabanı altyapısı oluşturmak amacıyla ArcGIS programının ArcMap modülünde oluşturulan kampüs.mdb dosyası içerisindeki altlık harita üzerinde PAÜ Kınıklı Yerleşkesi'ne ait resmi bina, yurt, hastane, fakülte, tesis, cami gibi yapıları içeren alansal poligonlar, yerleşke sınırı, yollar gibi çizgisel poligonlar ve gürültü ölçüm noktaları gibi noktasal poligonlar dijital ortamda çizilerek yerleşim planı sayısallaştırılmıştır. Elde edilen yerleşim planı Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6. 1: Yerleşim planı.

Daha sonra ölçüm noktalarının enlem ve boylamı Şekil 6.2’de gösterilen “GPS Essentials” uygulaması ile “derece/dakika” cinsinden tespit edilmiştir. Tespit edilen koordinatlar ondalık dereceye çevrilerek belirlenen ölçüm sonuçlarıyla birlikte PAÜ Kınıklı Yerleşkesi’ne ait, dijital ortamda ArcGIS yazılımı ile hazırlanan yerleşim planına öznitelik verisi olarak girilip ilişkilendirilmiştir.



Şekil 6. 2: GPS Essentials uygulamasından bir görünüm.

6.2 Gürültü Ölçümleri

Gürültü ölçümünde laboratuvar ve alanda doğru ve duyarlı anlık ölçümler yapabilen ve kalibrasyonu *ND9 Calibrator* marka Tip 1 model ses kalibratörü ile yapılmış olan, ISO 1996–1 standardına uygun olarak A frekans ağırlığında RION NL–31 Marka, Tip-1 doğruluk seviyesine sahip, 20-140 dB aralığındaki gürültü seviyelerini ölçebilen, istenilen periyotta ve sürede ölçüm yapacak şekilde programlanabilen desibelmetre (ses ölçer) cihazı kullanılmıştır. Gerek çevre gerekse iş güvenliği kapsamında yapılan gürültü ölçümlerinin gerektirdiği tüm parametreleri ölçebilen, opsiyonel olarak 1/1 ve 1/3 oktav bantlarında ayrıntılı frekans analizi yapabildiği için araştırma-geliştirme ve kalite kontrol amaçlı kullanımı da

mümkün olan ve gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasında kullanılan gürültü ölçüm cihazı ve kalibratörüne ait görüntü Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6. 3: Gürültü ölçümünde kullanılan cihaz ve kalibratörü.

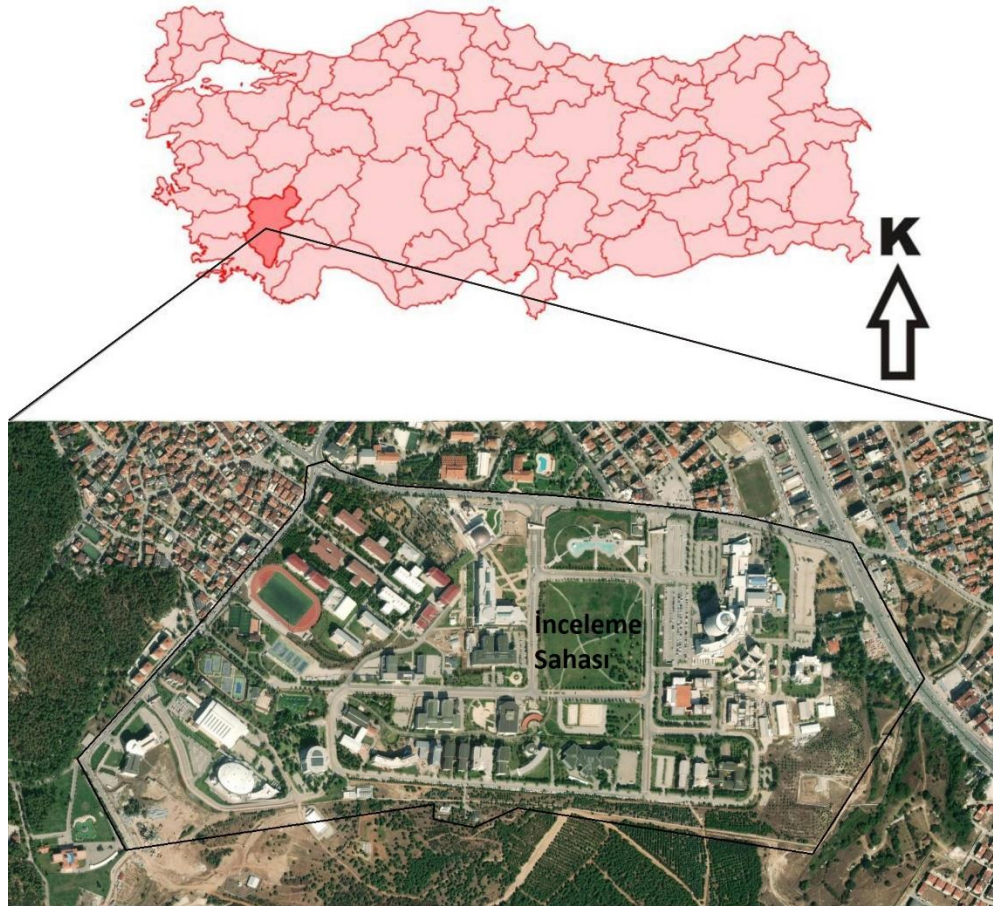
6.2.1 Desibelmetrenin Ayarlanması

Ses seviyesinin değerlendirilmesi için insan kulağına göre işitmenin en duyarlı olduğu orta ve yüksek frekanstaki seslere daha fazla öncelik veren A ağırlıklı ses şiddeti ile ölçüm yapılmış ve L_{eq} değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla cihaz açıldıktan sonra ana menüde bulunan A/C/FLAT tuşu ile “ses seviyesi ölçümü” modeli ve fast/slow tuşu ile ölçüm hızı seçilmiştir. Menü tuşu ile ölçüm süresi, oktav bant ayarı (1/3), frekans aralığı (1000 Hz) ve ölçüm parametreleri (L_{eq} , L_{max} , L_{min})

düzenlenmiştir. Daha sonra ölçüm gerçekleştirilmiş ve ölçüm sonuçları not edilmiştir. Ölçüm sonuçlarının doğrusalığını sağlamak için, her ölçümden önce cihaz üzerindeki internal kalibratör ile cihazın ses kalibrasyonu yapılmıştır.

6.2.2 Gürültü Ölçüm Noktaları

Çalışma alanı, Denizli ilinin güneyinde ve merkez sınırları içerisinde yer alan 18.000 m²'si açık, 265.750 m²'si kapalı olmak üzere toplam 283.750 m² büyüklüğündeki PAÜ Kınıklı Yerleşke alanını kapsamaktadır. Çalışma alanının uydu görüntüsü, streetmap'i ve ArcGIS formatında dijital haritası altlık olarak kullanılmıştır. Çalışma alanının yer bulduru haritası Şekil 6.4'te görülmektedir.



Şekil 6. 4: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

PAÜ Kınıklı Yerleşkesi içerisinde şuan 15 fakülte, 17 meslek yüksekokulu, 6 enstitü, 3 yüksekokul ve 39 araştırma merkezi ve 3 laboratuvar, spor merkezi, sosyal aktivite alanları ve rekreasyon ormanı bulunmaktadır. Araştırma alanının genel

görüntüsü Şekil 6.5'te gösterilmiştir. 12.07.2020 tarihli güncel verilere göre yerleşke içerisinde 45478 öğrenci, 2195 akademik personel ve 1436 idari personel bulunmaktadır.



Şekil 6. 5: Yerleşke alanından bir görünüm.

Ölçüm noktaları belirlenirken öğrenci popülasyonunun yoğunluğu, kafe ve eğlence mekanlarının konumu, trafik akışı ve yaya yoğunluğu gibi bazı parametreler dikkate alınmıştır. Bu parametreler doğrultusunda belirlenen ölçüm noktalarının özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

1 Numaralı Ölçüm Noktası, Hüseyin Yılmaz Caddesi üzerinden yerleşkeye yaya ve taşıt giriş ve çıkışının olduğu Teknokent giriş kapısıdır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Yolun eğimi yaklaşık %5 olup eğim taşıtların hızını arttıracak şekilde hissedilir düzeydedir. Ana giriş kapısına oranla daha az trafik yoğunluğuna sahiptir.

2 Numaralı Ölçüm Noktası, Hüseyin Yılmaz Caddesi üzerinden sosyal tesislere yaya giriş ve çıkışının olduğu noktadır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Yolun eğimi yaklaşık % 4 olup eğim taşıtların hızını arttıracak şekilde hissedilir düzeydedir. Öğrenci popülasyonu yoğundur. Toplu taşıma araçları başta olmak üzere taşıt trafiği yoğundur.

3 Numaralı Ölçüm Noktası, Hüseyin Yılmaz Caddesi üzerinden Yüksek Öğretim Kredi ve Yurtlar Kurumu Pamukkale Yurt Müdürlüğüne yaya ve taşıt giriş ve çıkışının olduğu noktadır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Yolun eğimi yaklaşık %1 olup yol neredeyse eğimsizdir. Yol

üzerinde kafeler çok yoğun olduğundan gürültü artışına sebep olmaktadır. Öğrenci popülasyonu yoğundur. Toplu taşıma araçları başta olmak üzere taşıt trafiği yoğundur.

4 Numaralı Ölçüm Noktası, Üniversite Caddesi üzerinde Müftü Ahmet Hulusi Efendi Camisine giriş ve çıkışının olduğu noktadır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Yolun eğimi yaklaşık %4 olup eğim taşıtların hızını arttıracak şekilde hissedilir düzeydedir.

5 Numaralı Ölçüm Noktası, Üniversite Caddesi üzerinde yerleşkeye yaya ve taşıt giriş ve çıkışının olduğu Yerleşke Ana Giriş Kapısıdır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Yolun eğimi yaklaşık %4 olup eğim taşıtların hızını arttıracak şekilde hissedilir düzeydedir. Öğrenci popülasyonu yoğundur.

6 Numaralı Ölçüm Noktası, Üniversite Caddesi üzerinde PAÜ Hastanesine yaya ve taşıt giriş ve çıkışının olduğu ana giriş kapısıdır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Yolun eğimi yaklaşık %5 olup eğim taşıtların hızını arttıracak şekilde hissedilir düzeydedir. Hastaneden dolayı taşıt ve yaya yoğunluğu bulunmaktadır.

7 Numaralı Ölçüm Noktası, Üniversite Caddesi üzerinde PAÜ Hastanesine yaya giriş ve çıkışının olduğu noktadır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Yolun eğimi yaklaşık %5 olup eğim taşıtların hızını arttıracak şekilde hissedilir düzeydedir. Hastaneden dolayı yaya yoğunluğu bulunmaktadır. Kornaların en yoğun kullanıldığı noktalardan biridir.

8 Numaralı Ölçüm Noktası, Üniversite Caddesi üzerinde PAÜ Hastanesine yaya giriş ve çıkışının olduğu diğer bir noktadır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Yolun eğimi yaklaşık %5 olup eğim taşıtların hızını arttıracak şekilde hissedilir düzeydedir. Hastaneden dolayı yaya yoğunluğu bulunmaktadır. Kornaların en yoğun kullanıldığı noktalardan biridir.

9 Numaralı Ölçüm Noktası, Acıpayam Bulvarı üzerinde Üniversite Kavşağındaki reklam panolarının önündeki noktadır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Yolun eğimi yaklaşık %3 olup eğim

hissedilir düzeydedir. Acıpayam Bulvarı ile Üniversite Caddesinin kesişimde bulunan kavşaktır. Kentin yoğun kavşaklarından biridir.

10 Numaralı Ölçüm Noktası, Acıpayam Bulvarı üzerinde 145 nolu üniversite hastanesi durağının önüdür. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya absorblayıcı bir etken yoktur. Bu noktada yol neredeyse eğimsizdir.

11 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki fakülteler kavşağıdır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Öğrenci popülasyonu yoğundur. Toplu taşıma trafiği yoğundur.

12 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki yemekhane girişidir. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Öğrenci popülasyonu yoğundur.

13 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki Mühendislik Fakültesi önüdür. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Kafeterya bulunmaktadır. Öğrenci popülasyonu yoğundur.

14 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki Müzik ve Sahne Sanatları Fakültesinin önüdür. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur.

15 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki PAÜ Gölbağçe'dir. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur.

16 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki spor kompleksi girişidir. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur.

17 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki Kongre ve Kültür Merkezi'nin önüdür. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur.

18 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki Üniversite Hastanesi duraklarının önüdür. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Toplu taşıma trafiği yoğundur.

19 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki Üniversite Hastanesi acil girişidir. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Hastaneye gelen vatandaşların gürültüsü ve ambulans sesleri etkilidir.

20 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki Üniversite Hastanesi girişidir. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Hastaneye gelen vatandaşların gürültüsü ve ambulans sesleri etkilidir.

21 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki Üniversite Hastanesi poliklinikler girişidir. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Hastaneye gelen vatandaşların gürültüsü ve ambulans sesleri etkilidir.

22 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki ortak yaşam ve tören alanıdır. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur.

23 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki hastane otopark girişidir. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur. Hastane otoparkına gelen taşıtların sesleri etkilidir.

24 Numaralı Ölçüm Noktası, Yerleşke içerisindeki Rektörlük binası önüdür. Ölçüm noktasının etrafında gürültüyü yansıtıcı veya yutucu bir faktör yoktur.

Gürültü ölçüm noktalarının uydu görüntüsündeki konumları Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6. 6: Gürültü ölçüm noktaları.

6.2.3 Gürültü Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi

Tüm dünyada etkili olan COVID-19 salgınının, Türkiye’de görülmeye başlamasının ardından 2020 Mart ayı itibariyle eğitim ve öğretimin her düzeyinde yüz yüze eğitimin yerini uzaktan eğitim almıştır. Bunun sonucunda PAÜ Senatosu tarafından alınan kararlar sonucunda, eğitim-öğretim faaliyetleri genel olarak “Uzaktan Eğitim” modeline dayalı olarak yürütülmeye başlanmıştır. 2021-2022 eğitim öğretim yılı güz dönemine kadar yüz yüze eğitim yapılmadığından ve yerleşke içerisinde taşıt ve yaya yoğunluğundan kaynaklanan çevresel gürültü şiddeti beklenenden daha düşük olacağından ölçümler yapılamamıştır. Ancak 2021-2022 eğitim-öğretim yılı güz döneminde yüz yüze eğitimin tekrar başlamasıyla 20 Eylül 2021 tarihinde yerleşkede belirlenen noktalarda gürültü ölçümüne başlanmıştır.

Gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasında çalışma alanının bir üniversite yerleşkesi olması ve ders saatlerinin genelde 08:00-19:00 arasında olması nedeniyle gürültü ölçümleri ÇGDYY’ne göre gündüz zaman dilimi olan 07:00-19:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Yönetmelikte akşam ve gece saatleri (19:00-23:00 ve 23:00-07:00) olduğundan ve bu saatlerde ders yapılmadığından yerleşkenin gerçek yoğunluğunu yansıtmamaktadır. Bu nedenle yönetmeliğe göre sadece gündüz zaman dilimi içerisinde olacak şekilde ancak, sabah, öğle ve akşam saatleri şeklinde dağılım yapılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Literatürde araştırmacıların, 10 dakika, 5 dakika, 3 dakika, 2 dakika veya 1 dakikalık gürültü ölçümleri yaptığı görülmüştür (Aydın 2015; Yerli ve diğ. 2019; Doygun 2016; Erdoğan ve diğ. 2007; Kang ve Zhang 2010). Gürültü ölçümünde ölçüm süresini uzun tutmak ve ölçüm noktasını artırmak sonucun kalitesi ve güvenilirliğini artırmaktadır. Gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasında toplam 24 ölçüm noktasının her birinde tek cihaz kullanarak hafta içi 5 gün boyunca sabah 07:00-09:00 saatleri arasında, öğle 12:00-14:00 saatleri arasında ve akşam 17:00-19:00 saatleri arasında olmak üzere toplam 3 zaman diliminde 15’er dakika ölçüm yapılmış ve bu ölçümler o ölçüm noktasının o anki (anlık) gürültü düzeyi olarak not edilmiştir. Dolayısıyla gürültü seviyesi olarak, eşdeğer gürültü seviyesini ifade eden L_{eq} değeri, maksimum gürültü seviyeleri (L_{max}), minimum gürültü seviyeleri (L_{min}) ölçülmüştür.

Hafta içi yapılan ölçümler neticesinde, eşdeğer gürültü ölçüm seviyelerinin (L_{eq}) ortalamaları bulunarak, ölçüm noktalarının sabah, öğle ve akşam saatlerindeki gürültü seviyeleri tespit edilmiştir. Bu seviyelerin ortalaması da bize o noktanın günlük gürültü seviyesini vermiştir. Çalışmada bir ölçüm noktası için 15 adet ölçüm değeri elde edilmiştir. Gürültü ölçümleri sırasında, cihazın ölçüm hassasiyetini etkileyecek ölçüde herhangi bir gürültü çıkarılmamasına özen gösterilmiştir.

ISO 1996-1: 2016, topluluk ortamlarında gürültünün tanımlanması için kullanılacak temel unsurları tanımlar ve temel değerlendirme prosedürlerini açıklar ancak çevresel gürültü için sınır değerleri belirtmez. Bu nedenle ölçümler, ISO 1996-1: 2016 Akustik - Çevresel gürültünün tanımı, ölçümü ve değerlendirilmesi - Bölüm 1: Temel unsurlar ve değerlendirme prosedürlerine göre yapılmıştır. Ölçümler yola, kavşağa veya noktaya bakan kaldırımların yola bakan kısımlarında yerden 1,5 metre yükseklikte ve karayolundan en az 2 metre mesafede yapılmıştır. Tüm gürültü ölçümleri yağışsız ve rüzgarsız günlerde yapılmış ve cihaz, her ölçümden önce kalibre edilmiştir. Cihaz ölçüm yaparken titreşimden, manyetik alandan, yüksek sıcaklıktan ve tozlu ortamdan uzak tutulmuştur.

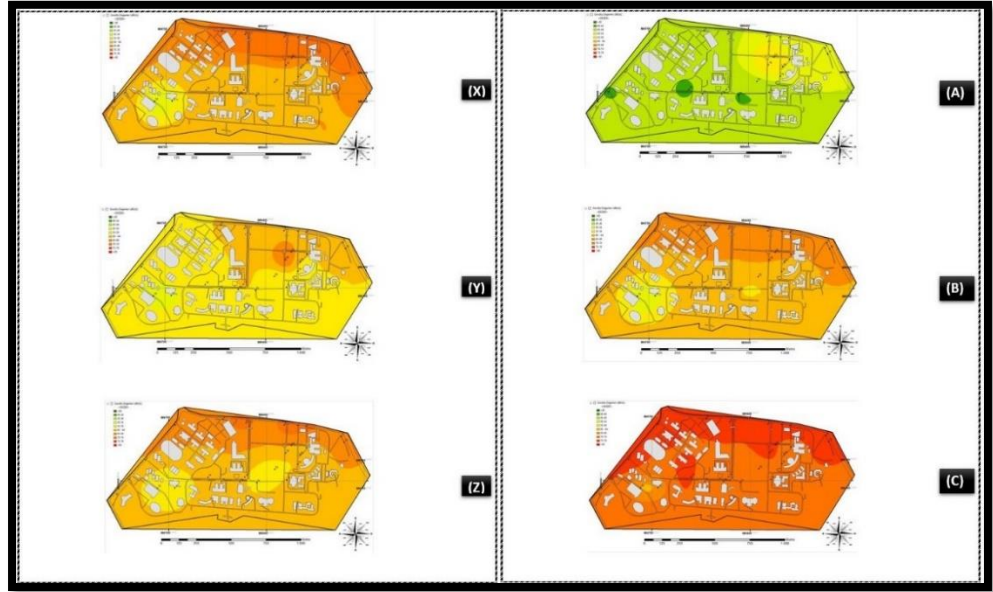
6.3 Gürültü Kirliliğinin Haritalanması

Gürültü ölçüm değerleri ArcGIS programına öznitelik verisi olarak girilmiş ve enterpolasyon yöntemiyle aynı seviyedeki noktalar belirlenip bir eğriyle birleştirilmiştir. Bu eğriler ise 5 dB aralıklarla renklendirilmiştir

Bu renk skalasına göre yapılan haritalama işlemi sırasında harita üzerinde yerleşkeye ait yapı, park ve bahçeler, eğitim binaları, yollar gibi kent dokusunun, renk skalasının üstünde görünür şekilde olması sağlanmıştır. Böylece PAÜ Kınıklı Yerleşkesi'nin çevresel gürültü haritası çıkarılmıştır.

Gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasında oluşturulan çevresel gürültü haritaları için ArcGIS yazılımındaki ArcMAP modülünde bulunan Mekansal Analiz Araçları (Spatial Analyst Tools) eklentisi kullanılmıştır. Bu eklentide yer alan kriging enterpolasyon yöntemi en uygun yöntem olarak tercih edilmiştir.

Bu haritalarda yerleşke içerisindeki tüm yapılar yer almıştır. Gürültü verileri ise yazılıma öznitelik bilgisi olarak girilmiş ve ölçüm noktalarının konum bilgileri ile ilişkilendirilerek gürültüye maruz kalan yerler, gürültü değerlerinin Kriging yöntemi ile enterpole edilmesi suretiyle belirlenmiştir. Bu yöntem ile ayrı ayrı hazırlanan L_{min} , L_{max} , L_{eq} , L_{sabah} , $L_{öğle}$, $L_{akşam}$ ve günlük değerlere ait çevresel gürültü haritaları Şekil 6.7'de verilmiştir.



Şekil 6. 7: Çevresel gürültü haritaları (A) L_{min} , (B) L_{eq} ve (C) L_{max} ile (X) L_{sabah} , (Y) $L_{öğle}$ ve (Z) $L_{akşam}$.

Oluşturulan haritanın katman özelliklerinden semboloji ayarlaması yapılarak hesaplanan eşdeğer gürültü aralıkları AB standartlarına göre renklendirilmiştir.

7. BULGULAR

Toplam 24 noktada yapılan gürültü ölçümleri dikkate alındığında ölçüm noktalarına ait minimum (L_{min}), maksimum (L_{max}) ve eşdeğer (L_{eq}) gürültü seviyeleri ile sabah (L_{sabah}), öğlen ($L_{ögle}$) ve akşam ($L_{akşam}$) gürültü seviyelerini gösteren değerler Tablo 7.1’de verilmektedir. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nde gürültü sınır değeri 65 dB(A) olarak belirtilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ise eğitim alanlarındaki dış ortamlar için gürültü sınır değerini 55 dBA olarak belirlemiştir. Yerleşkedeki tüm gürültü seviyeleri incelendiğinde gürültü düzeyleri 40,6 ile 80,9 dB(A) arasında değişmektedir.

Tablo 7. 1: Ölçüm noktalarına ait gürültü seviyeleri.

Ölçüm Noktaları	Koordinatlar (ondalık sistem) (Boylam; Enlem)	L_{min} dB(A)	L_{eq} dB(A)	L_{max} dB(A)	L_{sabah} dB(A)	$L_{ögle}$ dB(A)	$L_{akşam}$ dB(A)
1	29,092900;37,739620	42,9	61,6	75,1	67,34	55,16	62,38
2	29,094366;37,741025	47,5	64	79,7	68,56	56,72	66,86
3	29,096800;37,743223	47,5	66,9	80,2	69,96	60,04	70,66
4	29,100697;37,743523	50,1	68,8	77	72,32	61,60	72,52
5	29,102582;37,743286	47,2	70,3	77,5	73,62	62,30	74,98
6	29,105670;37,743100	53,4	70,5	80,9	74,20	63,82	73,46
7	29,106779;37,743056	53,6	70,3	80,5	72,20	63,12	75,68
8	29,107437;37,742973	48,6	72,9	80,4	76,64	65,04	76,96
9	29,110343;37,742206	54,1	69,5	80,4	74,30	63,48	70,82
10	29,110516;37,741929	53,8	69,9	79,3	74,54	64,56	70,50
11	29,102393;37,739773	49,8	64,6	74,5	66,08	64,30	63,52
12	29,101980;37,739518	45,2	59,4	72,7	59,24	57,94	59,02
13	29,100448;37,739486	52,2	58,9	65,2	58,68	56,78	61,36
14	29,099362;37,739839	40,6	62,1	77,4	63,50	61,86	61,06
15	29,096672;37,739195	46,7	52	60,2	50,12	52,42	53,42
16	29,095261;37,739220	44,5	49,9	58,4	43,58	52,38	53,6
17	29,105794;37,739557	42,8	60,9	74,2	64,70	54,66	63,20
18	29,105768;37,741274	66,5	72,4	80,7	75,82	74,72	68,56
19	29,106693;37,740554	52,9	59,1	67,6	60,26	59,78	57,18
20	29,106933;37,741075	53,2	60,2	68,1	59,28	60,66	60,78
21	29,107489;37,741601	54,4	61,4	70,4	64,24	61,20	58,82
22	29,104822;37,740218	47,5	54,3	62,4	52,12	56,68	54,20
23	29,106232;37,741767	55,5	65,7	73,6	68,98	66	62,16
24	29,103328;37,739410	42,5	56,3	68,3	55,42	57,52	55,92

ArcGIS yazılımında Kriging yöntemi ile enterpole edilerek oluşturulan minimum gürültü seviyesi haritası (L_{min}) Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



Şekil 7. 1: Minimum gürültü seviyesini (L_{min}) gösteren harita.

L_{min} haritası incelendiğinde L_{min} ölçüm değerinin 40,6 ile 66,5 dB(A) arasında değiştiği görülmektedir. Yerleşkenin geneli düşünüldüğünde ortalama minimum gürültü değeri 49,7 dB(A) olarak elde edilmiştir. En yüksek gürültü değerinin taşıt ve yaya trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde, en düşük gürültü değerinin ise yerleşkenin orman alanına bakan güney ve batı bölgesindeki Kongre ve Kültür Merkezi önü (17 numaralı ölçüm nokası), İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi (17 numaralı ölçüm nokasının yakını), Rektörlük binası (24 numaralı ölçüm nokası), Yabancı Diller Yüksekokulu (24 numaralı ölçüm nokasının yakını), Fen Bilimleri Enstitüsü (13 numaralı ölçüm nokasının arkası), Gölbahçe (15 numaralı ölçüm nokası), Teknoloji Fakültesi (15 numaralı ölçüm nokasının yakını), Spor Merkezi (16 numaralı ölçüm nokası) ve ortak yaşam ve tören alanı (22 numaralı ölçüm nokası), Teknokent Giriş Kapısı (1 numaralı Ölçüm nokası) etrafındaki bölgelerde olduğu görülmektedir.

ArcGIS yazılımında Kriging yöntemi ile enterpole edilerek oluşturulan eşdeğer gürültü seviyesi haritası (L_{eq}) Şekil 7.2’de gösterilmiştir.



Şekil 7. 2: Eşdeğer gürültü seviyesini (L_{eq}) gösteren harita.

L_{min} değerlerinde olduğu gibi L_{eq} değerinde de en yüksek gürültü değeri taşıt ve yaya trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde, en düşük gürültü değeri ise yerleşkenin orman alanına bakan bölgelerinde tespit edilmiştir. L_{eq} ölçüm değeri 49,90 ile 72,90 dB(A) arasında değişmiştir. Yerleşkenin geneli düşünüldüğünde ortalama eşdeğer gürültü değeri 63,4 dB(A) olarak elde edilmiştir. Yol kenarlarında yapılan ölçümlerin sonucu elde edilen değerler yerleşkenin merkezinde yapılanlara kıyasla daha yüksektir. Bu noktaların en belirgin ortak özelliği egzoz sesi, korna sesi, fren ve motor seslerinin oluşturduğu trafik kaynaklı sesleri barındırmasıdır. Bu sonuçlar ışığında, motorlu taşıt trafiği ve insan faaliyetlerinin yerleşkedeki başlıca gürültü kaynakları olduğu sonucuna varılabilir.

L_{eq} haritası incelendiğinde gürültü seviyesinin yerleşkenin kuzey, doğu ve batı bölgelerine doğru artmakta iken, güney bölgesine doğru azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni bu bölgelerde trafik ve insan yoğunluğunun azalmasıdır. En düşük gürültü seviyesi ise yerleşkenin güney bölgesindeki Kongre ve Kültür Merkezi önü (17 numaralı ölçüm nokası), İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi (17 numaralı ölçüm nokasının yakını), Rektörlük binası (24 numaralı ölçüm nokası), Yabancı Diller Yüksekokulu (24 numaralı ölçüm nokasının yakını), Fen Bilimleri Enstitüsü (13 numaralı ölçüm nokasının arkası), Gölbahçe (15 numaralı ölçüm nokası), Teknoloji Fakültesi (15 numaralı ölçüm nokasının yakını), Spor Merkezi (16 numaralı ölçüm

noktası) ve ortak yaşam ve tören alanı (22 numaralı ölçüm noktası) etrafında ölçülmüştür.

ArcGIS yazılımında Kriging yöntemi ile enterpole edilerek oluşturulan maksimum gürültü seviyesi haritası (L_{max}) ise Şekil 7.3'te gösterilmiştir.

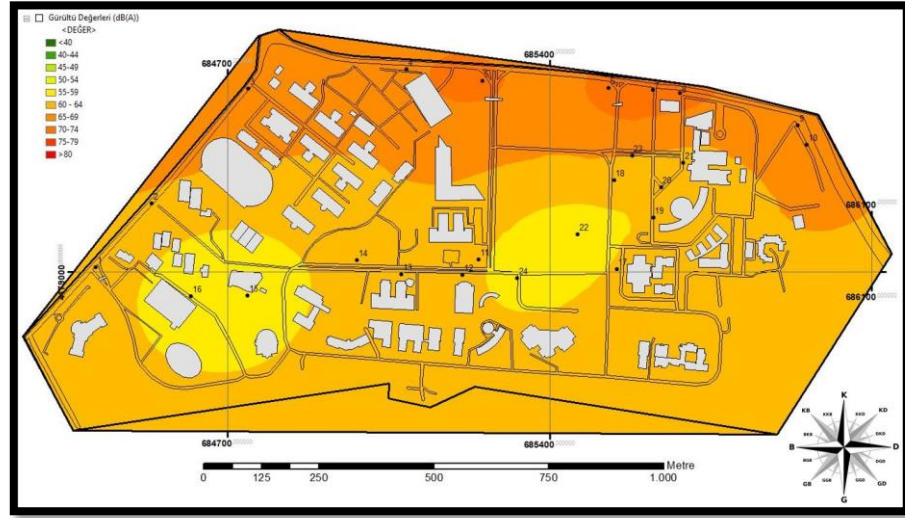


Şekil 7. 3: Maksimum gürültü seviyesini (L_{max}) gösteren harita.

L_{max} haritası incelendiğinde ölçüm değerlerinin 58,40 ile 80,90 dB(A) arasında değiştiği görülmektedir. Yerleşkenin geneli düşünüldüğünde ortalama maksimum gürültü değeri 73,5 dB(A) olarak elde edilmiştir. En yüksek gürültü değerinin taşıt ve yaya trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde ve yerleşkenin kuzey sınırını çevreleyen yollarda olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin, hastaneye giriş-çıkış yapan taşıt sayısındaki fazlalık ve bu güzergahtaki yoğunluk olduğu düşünülmektedir. En düşük gürültü değerinin ise yerleşkenin orman alanına bakan bölgelerinde olduğu görülmektedir. Yol kenarlarında yapılan ölçümlerin sonucu yerleşkenin merkezinde yapılanlara kıyasla daha yüksektir. Buna göre yerleşkenin kuzey, doğu ve batı bölgeleri başta olmak üzere, yerleşke ana girişi (5 numaralı ölçüm noktası), hastane girişi (6 numaralı ölçüm noktası), yurt girişi (3 numaralı ölçüm noktası), yemekhane önü (12 numaralı ölçüm noktası), yerleşke durağı (18 numaralı ölçüm noktası) etrafındaki bölgelerde gürültü seviyesi maksimumdur.

Lögle haritası incelendiğinde $L_{ögle}$ ölçüm değeri 52,4 ile 74,7 dB(A) arasında değişmiştir. Yerleşkenin geneli düşünüldüğünde ortalama öğle gürültü değeri 60,5 dB(A) elde edilmiştir. En düşük gürültü seviyesinin az öğrencisi bulunan ve toplu taşıma araçlarının geçmediği Yabancı Diller Yüksekokulu (24 numaralı ölçüm noktasının yakını), Spor Merkezi (16 numaralı ölçüm noktası) etrafında görülmektedir.

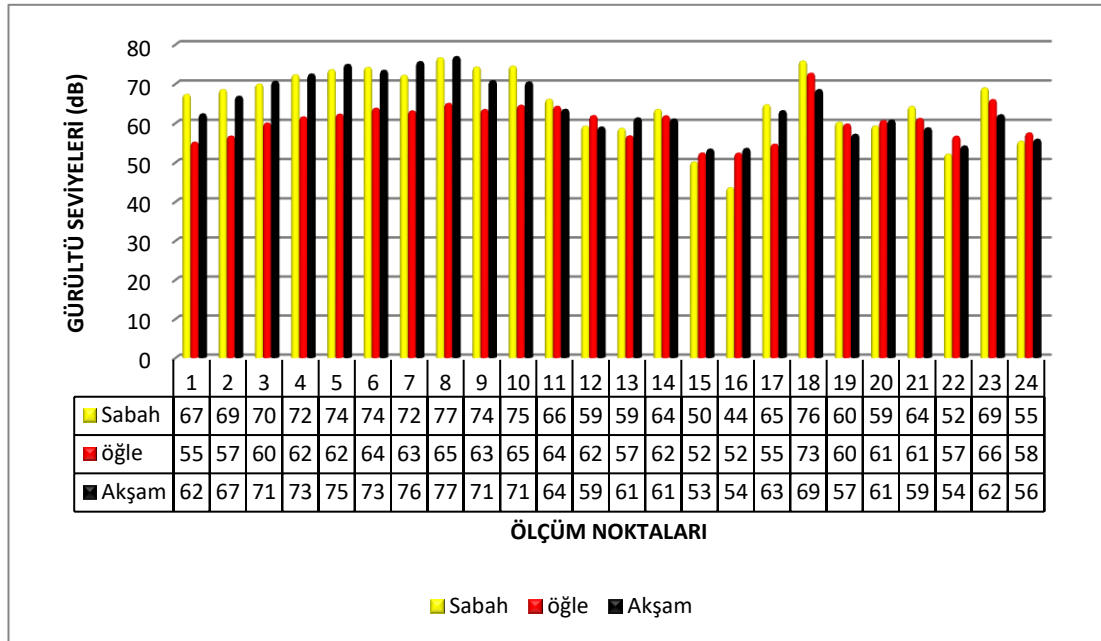
ArcGIS yazılımında Kriging yöntemi ile enterpole edilerek oluşturulan akşam gürültü seviyesi haritası ($L_{akşam}$) Şekil 7.6'da gösterilmiştir.



Şekil 7. 6: Akşam gürültü seviyesini ($L_{akşam}$) gösteren harita.

$L_{akşam}$ haritası incelendiğinde $L_{akşam}$ ölçüm değeri 53,4 ile 77 dB(A) arasında değişmiştir. Yerleşkenin geneli düşünüldüğünde ortalama akşam gürültü değeri 64,5 dB(A) olarak elde edilmiştir.

Gürültü ölçüm noktalarına ait sabah öğle ve akşam gürültü seviyelerinin grafiksel gösterimi Şekil 7.7’de verilmiştir.

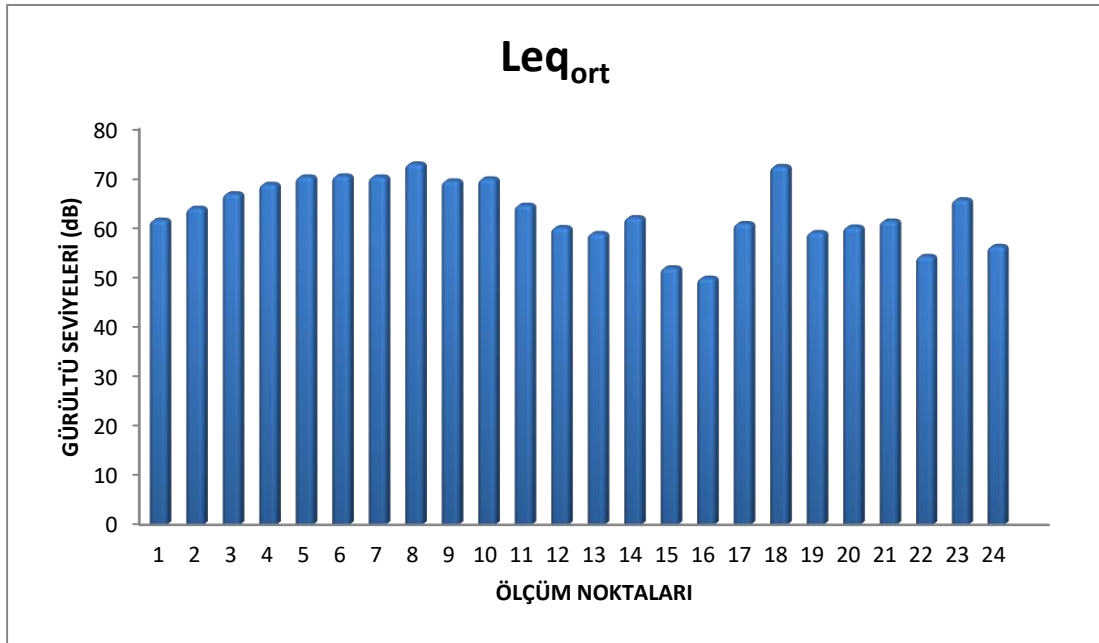


Şekil 7. 7: Sabah, öğle ve akşam saatlerindeki gürültü seviyelerinin grafik gösterimi.

Grafik incelendiğinde sabah saatlerindeki gürültü seviyesinin en düşük olduğu yer 44 dB(A) ile spor kompleksinin olduğu bölge (16 numaralı ölçüm noktası), en yüksek olduğu yer ise 77 dB(A) ile Üniversite Caddesi üzerindeki PAÜ hastanesine yaya giriş ve çıkışının olduğu bölgedir (8 numaralı Ölçüm noktası). Öğle saatlerindeki gürültü seviyesinin en düşük olduğu yer 52 dB(A) ile spor kompleksinin (16 numaralı ölçüm noktası) ve Gölbahçenin (15 numaralı ölçüm noktası) olduğu bölge, en yüksek olduğu yer ise 73 dB(A) ile Üniversite Hastanesi duraklarının (18 numaralı ölçüm noktası) olduğu bölgedir. Akşam saatlerindeki gürültü seviyesinin en düşük olduğu yer 53 dB(A) ile spor kompleksinin (16 numaralı ölçüm noktası) ve Gölbahçenin (15 numaralı ölçüm noktası) olduğu bölge, en yüksek olduğu yer ise 77 dB(A) ile Üniversite Caddesi üzerindeki PAÜ hastanesine yaya giriş ve çıkışının olduğu bölgedir (7 numaralı ve 8 numaralı Ölçüm noktaları). Ölçüm yapılan noktalar ayrı ayrı incelendiğinde 65 dB(A) gürültü sınır değerinin sabah 13, öğle 2 ve akşam 10 noktada aşıldığı, 55 dB(A) sınır değerinin ise sabah 20, öğlen 21 ve akşam ise 20 noktada aşıldığı anlaşılmaktadır. Her üç zaman diliminde de gürültü sınır değerinin aşıldığı bölgeler hastane ve hastaneye giriş yollarına, öğrenci yurdu girişine, yerleşke ana giriş kapısına ve yerleşke otobüs durağına doğru artmaktadır. Sabah ve akşam saatlerindeki

gürültü seviyesinin öğle saatlerindeki gürültü seviyesinden yüksek çıkmasının nedeni ders ve mesai saatinin başlaması/sona ermesi ile şehir trafiğinin hareketlenmesidir.

Yerleşkenin bütünü için değerlendirme yapılırsa ortalama değer olarak sabah gürültü seviyesi (L_{sabah}) 65,23 dB(A), öğle gürültü seviyesi ($L_{\text{öğle}}$) 60,61 dB(A) ve akşam gürültü seviyesi ($L_{\text{akşam}}$) 64,48 dB(A) olduğu görülmektedir. Ayrıca Şekil 7.8'deki günlük ortalama gürültü seviyesine ait grafik incelendiğinde günlük gürültü seviyesinin ortalama değeri ($L_{\text{eq.ort}}$) 63,40 dB(A) olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. 8: Ortalama günlük gürültü seviyelerinin grafik gösterimi.

Bu durum PAÜ Kınıklı Yerleşkesi'ndeki gürültü seviyesi ortalamasının Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen 65 dB(A) gürültü sınır değerinin altında kaldığını, ancak DSÖ tarafından belirlenen eğitim alanlarındaki dış ortamlar için 55 dBA gürültü sınır değerini aştığını ortaya koymaktadır. Ölçüm noktaları dikkate alındığında PAÜ Kınıklı Yerleşkesi'nde günlük ortalama L_{eq} gürültü seviyesinin 04/06/2010 tarihli ve 27601 sayılı ÇGDYY'nde yer alan *Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar* için 65 dB(A) olan sınır değerinin 10 noktada ve DSÖ tarafından belirlenen 55 dB(A) gürültü kirliliği sınır değerinin ise 21 noktada aşıldığı tespit edilmiştir.

Ulusal ve uluslararası alanda gerçekleştirilen benzer nitelikteki çalışmalar, Tablo 4.3'te gösterildiği gibi Kınıklı Yerleşkesi'ne yönelik bulguları destekleyen veriler sunmaktadır. Süleyman Demirel Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Dammam Üniversitesi ve Agriculture Federal Üniversitesi yerleşkeleri için benzer şekilde gürültü ölçümleri yapılarak maruz kalınan gürültü seviyelerinin belirlenmesiyle ilgili çalışmalar ile Kınıklı Yerleşkesi'ne ait gürültü seviyesi ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında, her altı yerleşkede elde edilen en düşük ve en yüksek gürültü seviyelerinde önemli benzerlikler olduğu görülmüştür. Bu yerleşkelerde üniversite hastanelerinin bulunduğu bölgelerde yüksek gürültü seviyelerinin ölçülmüş olması dikkat çekici bir ortak noktadır. Aynı zamanda yerleşkelerin etrafında bulunan şehirlerarası karayolları, gürültü seviyesinin yüksek değerlere ulaşmasında önemli rol oynamışlardır. PAÜ hastanesine giriş için kullanılan üniversite caddesindeki yolun dar, tek şeritli ve çift yönlü olmasından kaynaklanan trafik sıkışıklığının korna seslerine neden olması, bu durumun oluşmasında etkilidir.

Tablo 7. 2: Gerçekleştirilen tez çalışması ve benzer nitelikteki çalışmalar.

Yerleşke İsmi	L_{min} dB(A)	L_{max} dB(A)
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	39	71
Süleyman Demirel Üniversitesi	35	77
Çukurova Üniversitesi	40	75
Federal University of Agriculture (Nigeria)	43	78
University of Dammam (Saudi Arabia)	43	72
Pamukkale Üniversitesi	40	80

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çevre sorunlara neden olan davranışların temelinde çevresel sorunlar hakkında bilgi ve farkındalık düzeyinin düşük olması gelir. Gürültünün de bir çevre sorunu olduğunun bilinmesi ve sorunun giderilmesi için öncelikle farkındalığın artması gerekmektedir. Bilgi ve farkındalık olmadan gürültü problemine çözüm üretilemez. Dolayısıyla gürültü kirliliği konusundaki farkındalık eksikliği, gürültünün azaltılabilmesi için öncelikli olarak giderilmesi gereken en temel problemdir. Bu nedenle yerleşkede gürültü seviyesinin azaltılmasında öğrenciler, akademisyenler ve kamuoyunun bilinçlenmesi de faydalı olacaktır.

PAÜ Kınıklı Yerleşkesi içerisinde belirlenen ölçüm noktalarında yapılan gürültü ölçümlerine göre en belirleyici gürültü kaynağı trafiktir. Üniversitenin her geçen gün büyümesi, öğrenci popülasyonunun artması nedeniyle yerleşke çevresindeki işletme ve kafelerin aktifliğini arttırarak trafik ve insan yoğunluğunun da artmasına sebep olmaktadır. Yerleşkeyi çevreleyen yolların kentliler tarafından yoğun bir şekilde kullanılması, bazı yolların dar ve tek şeritli olmasından kaynaklanan yol kenarına park edilmesi nedeniyle trafik kesintisi ile birlikte gereksiz korna çalınması gürültü kirliliğinin oluşmasında önemli bir etkidir. En yüksek gürültü seviyeleri yerleşkenin doğu ve kuzey bölgelerinde ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni yerleşkenin doğu ve kuzey sınırından geçen yollar ve tüm şehre hizmet eden hastanenin, yerleşkenin doğusunda yer alıyor olması ve hastane önündeki otobüslerin motoru çalışır vaziyette durakta bekleme yapmasıdır. Dolayısıyla yerleşkenin bütünü için değerlendirme yapılırsa ortalama değer olarak yerleşkenin yaklaşık %88'inde DSÖ tarafından belirlenen 55 dB(A) sınır değerinin ve %40'ında ise Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde belirtilen 65 dB(A) sınır değerinin aşıldığı görülmüştür. Buna göre yerleşke genelinin gürültülü olduğu ve insanların hem psikolojik olarak hem de fizyolojik olarak rahatsızlık duyabileceği söylenebilir. Yoğun bölgelerdeki L_{min} değeri ortalama 53,4 dB(A) olduğundan WHO tarafından önerilen eğitim alanlarındaki dış ortamlar için gürültü emisyon sınır değerine (55 dB(A)) yakın çıkan L_{min} değerinin gelecekteki yapı planlamasında dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle öğrencilerin gürültüye maruz kalmalarını azaltmak için ses yalıtım politikaları değerlendirilirken gelecekteki çalışmaların doğal ve sessiz alanların, parkların gürültü kirliliğinden korunması sağlanmalıdır. Yerleşkedeki farklı

noktalarda gürültü seviyelerinin sınır değerden fazla olduğu ve bu seviyelerin insan sağlığını psikolojik ve fizyolojik olarak olumsuz etkileyebileceği söylenebilir. Gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasının sonucunda bazı bölgelerdeki yüksek gürültü seviyeleri nedeniyle gürültü seviyesini eğitim kurumları için kabul edilebilir sınırlara indirmek için bazı önlemler alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Yerleşke içerisinde yapılması planlanan yeni fakülte ve bölümlerin yeri seçilirken sessiz alanlar belirlenmeli ve bu yeni binaların ses yalıtımları uzmanlar tarafından projelendirilerek inşa edilmelidir. Mevcut binaların ise ses yalıtımına karşı eksiklikleri giderilmelidir. Ayrıca ders saatlerinde çim biçme, tadilat gibi gürültüye sebep olabilecek çalışmaların daha uygun zamanlarda yapılmasını sağlamak bina içerisine giren gürültü seviyesini azaltacaktır.

Ayrıca ağaçlar ve bitki örtüsü, özelliklerine bağlı olarak 4dB ile 6dB arasında gürültü şiddetini absorbe edebildiğinden yerleşkenin kuzey, doğu ve batı sınırı boyunca, bilimsel çalışmalarla gürültüyü azalttığı ispatlanmış olan bitki türlerinin dikilerek bitkisel bir gürültü bariyerinin oluşturulması, çam, ladin, göknar, ardıç, sedir, manolya gibi ağaçlar ile aralarına yerleştirilen defne, şimşir, dağ muşmulası, orman gülü, ateş dikenini gibi geniş yapraklı çalılar ile mazı, yalancı selvi, porsuk gibi iğne yapraklı çalılarının uygulanması gürültünün azaltılmasında etkin rol oynayacaktır (Kavraz 2015).

Yerleşke içerisindeki yollarda taşıt hızına sınırlama uygulamasının devam etmesi, yol kaplaması tercihlerinde gürültüye en aza indirgeyecek malzemelerin seçilmesi yerleşke içerisinde gürültünün azaltılmasının sağlanmasına yardımcı olacaktır.

Yerleşkedeki bazı yollarda rastlanılan tümseklerin onarılması, bütün yolların sessiz asfalt ile yeniden kaplanması, yerleşkeye taşıt giriş-çıkışının sınırlandırılmasına ve hız sınırı uygulamasına devam edilmesi, toplu taşımanın teşvik edilmesi, toplu taşımada kullanılan taşıtarın durakları ve bekleme sürelerinin düzenlenmesi, korna çalma yasağı getirilmesi önerilmektedir. Üniversite hastanesi ile eğitim, araştırma ve idari binalarının gürültü maruziyetini azaltabilmek için yol kenarlarında gürültü önleyici bitkisel materyaller ile perdeleme yapılması orta ve uzun vadede etkili sonuçlar alınmasını sağlayabilecektir. Bitkilendirme uygulamasında çalı ve ağaççık

kombinasyonlarına yer verilmeli, mümkün olduğunca yeşil, yerden dallanan, sık dokulu ve tüysü yapraklı türler tercih edilmelidir (Yılmaz ve Özer 1997). Ayrıca, yerleşkede gürültü ölçümlerinin ve çevresel gürültü haritalarının 5 yılda bir periyodik olarak güncellenmesi, gürültü kontrolünün sağlanması ve alınan önlemlerin uygulanabilir, etkili ve verimli olabilmesi bakımından önem taşımaktadır.

Yapılan çalışmada, gürültüyü azaltmaya yönelik yukarıda sayılan önlemler göz önüne alınarak yeni modeller geliştirilip farklı çalışmalar yapılabilir. Bu önlemler sonucunda mevcut durum tekrar tespit edilmeli ve gürültü kirliliğini azaltacak yeni planlamalar yapıp hayata geçirilmelidir.

9. KAYNAKLAR

Atasoy, M.H., “Noise Mapping On Gaziantep University Campus Area”, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fizik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gaziantep, (2021).

Aydın, B., “Bir Üniversite Kampüs Alanında Gürültü Haritasının Çıkarılması: İTÜ Maslak Kampüsü Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2015).

Bıçakçı, T., “Trafikten Kaynaklanan Çevresel Gürültü Haritaları ve Çukurova Üniversitesi Kampüsü Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, (2011).

Bıçakçı, T. ve Selek, Z., “Trafikten Kaynaklanan Çevresel Gürültü Haritaları ve Çukurova Üniversitesi Kampüsü Örneği”, *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi.*, 28(2), (2012).

Birglund, B., Lindvall, T, Schwela, D.H., "WHO (World Health Organization)-Guidelines for Community Noise[online]", (19 Mayıs 2022), <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217> WHO Publications, (1999).

Bilgen, İ., “Nevşehir İl Merkezinde Trafik Kaynaklı Gürültü Düzeyleri Ölçümü ve Gürültü Haritasının Hazırlanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Nevşehir, (2017).

Can, Z.Y., “Mimari Akustik [online]”, (23 Nisan 2022), <https://avesis.yildiz.edu.tr/resume/downloadfile/karabi?key=d05b79c4-fcb3-4ad7-a5bf-8b6ac4cec9b8>, (2018).

Doygun, N., “Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Yerleşkesinde Trafik Gürültüsünün İncelenmesi”, *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi.*, 6(14), 1-11, (2016).

Erdoğan, S., Doğan, M., Yılmaz, İ., Güllü, M., Baybura, T., Ulu, M. ve Şişe, Ö., “Afyonkarahisar İl Merkezi Karayolu Trafik Gürültü Haritasının Hazırlanması”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi-Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 151-164, (2007).

Harman, B.İ., Köseoğlu, H. ve Yiğit, C.Ö., “Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey”, *Applied Acoustics*, 112, 147-157, (2016).

Jariwala, H., “Noise Pollution & Human Health: A Review”, *Noise and Air Pollution: Challenges and Opportunities*, Walter de Gruyter, (2017).

Kaya, G.K., “Gaziantep’in Yoğun Trafik Bölgelerindeki Gürültü Seviyelerinin Belirlenmesi ve Çevresel Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Yönetimi ve Enerji Bilimleri Anabilim Dalı*, Gaziantep, (2020).

Kavraz, M., “Gürültü Düzeylerinin İç Mekanlar Açısından Değerlendirilmesi KTÜ Kanuni Kampüsü Örneği”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3, 597-601, (2015).

Müminoğlu, Y. ve Yıldız, T., *Gürültü Kirliliğinin İncelenmesi Ege Üniversitesi Kampüsü Örneği*, Konya : Çizgi Kitabevi, (2019).

Morova, N., Şener, E., Terzi, S., Beyhan, M. ve Harman, B.İ., “Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesinin Gürültü Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hazırlanması”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14, 271-278, (2010).

Phukan, B., Kalita, K., “An experimental study of noise pollution in Gauhati University campus, Guwahati, Assam, India”, *International Journal of Environmental Sciences*, 3(5), 1776-1784, (2013).

Katrancı, H. S., “Şanlıurfa' da Gürültü ve Çevresel Etkileri Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa, (2018).

Tecim, V., “CBS Veri Türleri Nelerdir? [online]”,(3 Ocak 2022), <https://www.basarssoft.com.tr/cografı-bilgi-sistemleri-cbs-nedir/>, (2022).

Tezel, M.N., Sarı, D., Erdol, M., Hamamcı, S.F. ve Özkurt, N., “Evaluation of some health impact indices in two airports domain”, *Applied Acoustics*, 149, 99-107, (2019).

Tufaner, F., “İstiklal Caddesi ve Civarındaki Eğlence Yerlerinden Kaynaklanan Gürültünün Tespiti ve Haritalandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2009).

Oyedepoa, S.O., Adeyemib, G.A., Olawolec, O.C., Ohijeagbond, O.I., Fagbemia, O.K., Solomona, R., Ongbalia, S.O., Babalolaa, O.P., Dirisua, J.O., Efemwenkiekiea, U.K., Adekeyea, T. ve Nwaokochae, C.N., “A GIS – based method for assessment and mapping of noise pollution in Ota metropolis, Nigeria”, *MethodsX*, 6, 447-457, (2019).

Özbek, C., “Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Karayolu Ulaşımı İçin Uygun Gürültü Perdesi Yerlerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2012).

Özdamar, A. ve Baltacı, A., “Ege Üniversitesi Kampüsü Gürültü Profili”, *Mühendis ve Makine, Makine Mühendisleri Odası Yayını*, 496, (2001).

Özer, M., “Ses Kavramları [online]”, (23 Nisan 2022), <https://www.unt.es.com.tr/Userfiles/File/Teknik%20B%C3%BClten%207%200-%20Ses%20Kavramlar%C4%B1%20S-07%20Mart%202020.pdf>, (2020).

Yerli, Ö., Genç, A. ve Kaya, E., “Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi Çevresel Gürültü Profiline Değerlendirilmesi”, *Journal of Forestry*, 15, 126-136, (2019).

Yılmaz, H. ve Özer, S., “Gürültü kirliliğinin peyzaj planlama yönünden değerlendirilmesi ve çözüm önerileri”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(3), 515-531, (1997).

Zannin, P.H.T., Engel, M.S., Fiedler, P.E.K. ve Bunn, F., “Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil”, *Cities*, 31, 317-327, (2013).

QERSHI, A., “Aliğa Bölgesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Gürültü Kirliliğinin Haritalandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2019).