

**T.C.  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ TREN HATTI ÜZERİNDE  
GÜRÜLTÜ BARIYERİ UYGULAMASI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**FERİHA MERT**

**İSTANBUL, 2017**



**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ TREN HATTI**  
**ÜZERİNDE GÜRÜLTÜ BARIYERİ**  
**UYGULAMASI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**FERİHA MERT**

**Tez Danışmanı: PROF. DR. ALİ OSMAN ATAHAN**

**İSTANBUL, 2017**

**T.C.**  
**BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

Tezin Adı: Sirkeci-Halkalı Banliyö Tren Hattı Üzerinde Gürültü Bariyeri Uygulaması  
Öğrencinin Adı Soyadı: Feriha MERT  
Tez Savunma Tarihi:

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nafiz ARICA  
Enstitü Müdürü  
İmza

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. İrem Şanal Özyurt  
Program Koordinatörü  
İmza

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri \_\_\_\_\_

İmzalar \_\_\_\_\_

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

-----

Üye

Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK

-----

Üye

Yrd. Doç. Dr. İrem Şanal Özyurt

-----

## TEŐEKKÜR

Öncelikle hayatımın anlamı olan oğlum Hüseyin Burak KÖKER ve kızım İrem KÖKER olmak üzere, zorlu çalışma hayatıma rağmen eğitimimi sürdürmemi destekleyen tüm arkadaşlarıma; tez yazım sürecindeki yol göstericiliği ile manevi ve eğitsel desteği için değerli tez danışmanım Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN'a; Bahçeşehir Üniversitesi Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Yüksek Lisans Programı'nın tüm değerli hocalarına ve tez yazım sürecindeki entelektüel ve manevi destekleri için Mimar Filiz ERTEKİN'e, Yüksek Mimar Hadi DİLER'e ve Mimar Gül Ziba AKARCALI'ya; son olarak da işim ve eğitimim arasındaki dengeyi kurmamdaki emekleri için sevgili asistanım Svetlozara MERT'e teşekkürü bir borç bilirim.

İstanbul, 2017

Feriha MERT

*Sevgili babam Mekselina MERT'e...*



## ÖZET

### SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ TREN HATTI ÜZERİNDE GÜRÜLTÜ BARİYERİ UYGULAMASI

Feriha MERT

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

Şubat 2017, 59 sayfa

Gürültü, günümüzün en önemli çevre sorunlarından biri olarak kaşımıza çıkmaktadır. Makineleşme ve teknolojinin kullanım alanlarının genişlemesi ile gürültü, hayatımızın her anına yayılmaktadır. Özellikle büyük şehirlerde, ulaşım kaynaklı gürültü, şehir içindeki gürültü maruziyetinin geniş bir çevreye yayılmasına ve sürekli olmasına sebep olmaktadır. Bu maruziyet sağlık sorunlarına ve günlük aktivitelerde verimsizliğe sebebiyet vermektedir.

Her ortamda ve birçok nedenden dolayı maruz kaldığımız gürültü, aslında engellenebilir veya kontrol edilebilir bir çevre sorunudur. Ulaşım kaynaklı gürültülerde, ulaşım sisteminin inşası ve kurulumu esnasında gerek güzergâh gerek araç üzerinde gerekli önlemler alınır ise gürültü engellenebilir veya indirgenebilir. Ulaşım sisteminin inşasından sonra ise alınabilecek bir dizi önlem ile gürültü sorunu tamamen çözülemese bile, kontrol altına alınabilir ve çevresine verdiği rahatsızlık engellenebilir.

Bu tezin ilk üç başlığında ses ve gürültü kavramları detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca gürültünün insan sağlığı ve çevre üzerine etkileri de irdelenmiş ve neden engellenmesi ve kontrol altına alınması gerektiği açıklanmıştır.

Üçüncü, dördüncü ve beşinci bölümlerde ise gürültünün engellenme ve kontrol altına alınma yöntemleri ile bu yöntemlerin raylı sistem hatlarına uygulanması konu edilmiştir. Çeşitli gürültü kontrol yöntemleri incelenmiş ve bu yöntemlerden biri olan gürültü bariyerleri üzerinde özellikle durulmuştur.

Altıncı ve yedinci bölümlerde konunun incelenmesinde örnek olarak seçilen Sirkeci-Halkalı Banliyö Hattı'nın güzergâhı, hattın çevresel önemi, hattın çevre gürültüsüne olan potansiyel etkisi ve proje aşamasında elde edilen ses ölçüm düzeyleri incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda ise güzergâh üzerinde tespit edilen belirli noktalarda optimum verim elde edilebilecek noktalarda gürültü bariyeri konumlandırılması gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gürültü, Gürültü Bariyeri, Banliyö Hattı, Çevre Sorunları, Raylı Sistemler, Gürültü Kontrolü

## ABSTRACT

### NOISE BARRIER APPLICATION ON SIRKECI-HALKALI COMMUTER TRAIN LINE

Feriha MERT

Urban Systems and Transportation Management

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

February 2017, 59 pages

Noise appears to be one of the most important environmental issues of the present day. By the mechanization and the field enlargement of technology; this problem spreads into our lives uncontrollably. Noise by transportation, especially in metropolitan cities, causes long-lasting continuous noise exposure in widely-spread areas. This continuous exposure engenders health problems and inefficiency of daily activities.

The noise, which we are exposed to in every environment and for many reasons, is actually an environmental problem that can be prevented or controlled. Noise can be prevented or reduced if necessary precautions are taken on the route and the vehicle during the construction and installation of the transportation system in case of noise by transportation. After the construction of the transportation system, a number of precautions can be taken and by those, even if the noise problem cannot be solved completely, it can be controlled and the discomfort to the environment can be prevented.

In the first three chapters of this thesis, the concepts of sound and noise have been examined in detail. In addition, the effects on the human health and environment of noise and why it has to be prevented and controlled are examined.

In the third, fourth and fifth sections, the methods of avoidance and control of noise and application of these methods to the rail system lines are discussed. Various noise control methods are examined and noise barriers, one of these methods, have been particularly emphasized.

In the sixth and seventh chapters, the route of the selected Sirkeci-Halkalı Suburban Line, the environmental potential of the line, the potential impact on the environmental noise of the line and the sound measurement levels obtained during the project phase are examined. As a result of these investigations, noise barriers are located at points where optimum efficiency could be obtained at certain points determined on the route.

**Keywords:** Noise, Noise Barriers, Commuter Line, Environmental Issues, Rail Systems, Noise Control



## İÇİNDEKİLER

<b>TABLolar</b> .....	<b>x</b>
<b>ŞEKİLLER</b> .....	<b>xi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SEMBOLLER</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>2</b>
<b>2. SES VE GÜRÜLTÜ</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. TEMEL SES KAVRAMLARI</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1.1 Genlik</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1.2 Frekans</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1.3 Devir Süresi</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1.4 Dalga Boyu</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1.5 Hız</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2. SES DÜZEYİ</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2.1 Ses Düzeyi İle İlgili Bazı Tanımlar</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2.2 Ses Basınç Seviyesi (Sound Pressure Level, SPL)</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3. SESİN YAYILMASI</b> .....	<b>8</b>
<b>2.4. SES DALGALARININ YÜZEYLE ETKİLEŞİMİ</b> .....	<b>8</b>
<b>2.5. SES KAYNAKLARI</b> .....	<b>9</b>
<b>2.5.1 Noktasal Kaynaklar</b> .....	<b>9</b>
<b>2.5.2 Çizgisel Kaynaklar</b> .....	<b>10</b>
<b>2.5.3 Alansal Kaynaklar</b> .....	<b>11</b>
<b>2.6. GÜRÜLTÜ</b> .....	<b>11</b>
<b>2.7. GÜRÜLTÜNÜN ETKİLERİ</b> .....	<b>13</b>
<b>2.8. ULAŞIM KAYNAKLI GÜRÜLTÜ ÇEŞİTLERİ</b> .....	<b>14</b>
<b>2.8.1 Karayolu Trafığı Kaynaklı Gürültüler</b> .....	<b>15</b>

2.8.2 Havayolu Trafiki Kaynaklı Gürültüler .....	15
2.8.3 Raylı Sistem Trafiki Kaynaklı Gürültüler .....	15
<b>3. RAYLI SİSTEM KAYNAKLI GÜRÜLTÜLER .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1. RAYLI SİSTEMLER KAYNAKLI GÜRÜLTÜLER VE NEDENLERİ .....</b>	<b>17</b>
3.1.1 Araç ve Elektromekanik Sistemlerden Kaynaklanan Gürültü .....	17
3.1.2 Yapısal Nedenlerden Kaynaklanan Gürültü .....	17
3.1.2.1. İstasyon Yapılarında Oluşan Gürültü.....	17
3.1.2.2. Hat Boyunda Oluşan Gürültü.....	19
<b>4. RAYLI SİSTEM TRAFİĞİ KAYNAKLI GÜRÜLTÜNÜN AZALTILMASI ...</b>	<b>21</b>
4.1. GÜRÜLTÜNÜN AZALTILMASI İLE İLGİLİ MEVCUT MEVZUAT .....	21
4.2. RAYLI SİSTEM KAYNAKLI GÜRÜLTÜNÜN AZALTILABİLMESİ İÇİN BAZI ÖNLEMLER.....	22
4.2.1 Kaynakta Kontrol .....	22
4.2.2 Çevrede Kontrol .....	23
4.2.3 Kullanıcıda (Alıcıda) Kontrol .....	24
<b>5. GÜRÜLTÜ BARIYERLERİ VE UYGULAMALARI.....</b>	<b>25</b>
5.1. GÜRÜLTÜ (SES) PERDELERİ.....	25
5.2. GÜRÜLTÜ PERDELERİNİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	28
<b>6. SİRKECİ-HALKALI BANLİYÖ TREN HATTI'NIN İNCELEMESİ.....</b>	<b>33</b>
6.1. SİRKECİ-HALKALI BANLİYÖ HATTI'NIN GÜZERGÂHI VE KENT İÇİNDEKİ YERİ.....	33
6.2. SİRKECİ-HALKALI BANLİYÖ HATTI'NDA KULLANILACAK OLAN ARAÇ TİPLERİ VE ÇEVRE GÜRÜLTÜSÜNE ETKİLERİ.....	40
<b>7. SİRKECİ-HALKALI BANLİYÖ HATTI ÜZERİNDE GÜRÜLTÜ BARIYERİ UYGULAMASI .....</b>	<b>42</b>
7.1. SİRKECİ-HALKALI BANLİYÖ HATTI'NDA GÜRÜLTÜ BARIYERİ UYGULANMASININ NEDENLERİ.....	42

<b>7.2. SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ HATTI'NDA GÜRÜLTÜ ANALİZİ.....</b>	<b>42</b>
<b>7.2.1 Ataköy (15+000 km) Ölçüm Noktasının Çevresel İncelemesi ve Gürültü Bariyeri Uygulama Noktaları Tespiti.....</b>	<b>46</b>
<b>7.2.2 Kanarya (26+420 km) Ölçüm Noktasının Çevresel İncelemesi ve Gürültü Bariyeri Uygulama Noktaları Tespiti.....</b>	<b>47</b>
<b>7.3. SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ HATTI ÜZERİNDE BELİRLENEN NOKTALARDA GÜRÜLTÜ BARIYERİ UYGULAMASI ÇALIŞMALARI VE YAKLAŞIK MALİYETİ.....</b>	<b>49</b>
<b>7.3.1 Ataköy (15+00 km) ve Kanarya (26+420 km) İstasyonları Çevresinde Yer Tespiti.....</b>	<b>49</b>
<b>7.3.2 Ataköy (15+00 km) ve Kanarya (26+420 km) İstasyonları Çevresinde Gürültü Bariyeri Uygulaması Çalışmaları .....</b>	<b>53</b>
<b>7.3.3 Tasarlanan Gürültü Bariyerlerinin Yaklaşık Maliyeti .....</b>	<b>55</b>
<b>8. SONUÇ.....</b>	<b>58</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>60</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>65</b>

## TABLÖLAR

Tablo 2.1: Bazı seslerin desibel cinsinden karşılıkları .....	6
Tablo 2.2: Bazı Malzemelerin Ses Yutma Katsayıları .....	8
Tablo 2.3: OECD'ye göre $L_{gündüz}$ seviyelerinin insanlar üzerindeki etkisi.....	13
Tablo 2.4: Ses düzeyi ve insan sağlığı üzerindeki etkileri.....	14
Tablo 3.1: Ankara Metrosu araç içi gürültü düzeyleri.....	18
Tablo 3.2: Ankara Metrosu araç dışı gürültü düzeyleri .....	18
Tablo 3.3: Raylı Sistemlerden 15m uzaklıktaki gürültü seviyeleri .....	20
Tablo 4.1: Hafif raylı sistemler için çevresel gürültü sınır değerleri.....	22
Tablo 6.1: Gebze-Halkalı Banliyö Hattı Sayısal Verileri .....	33
Tablo 6.2: Avrupa ve Anadolu yakalarındaki iş gücü ve istihdam yüzdeleri .....	35
Tablo 6.3: Kazlıçeşme – Yeşilköy Arası Tren Geçiş Sayıları.....	40
Tablo 6.4: Yeşilköy – Halkalı Arası Tren Geçiş Sayıları .....	41
Tablo 6.5: Demiryolu araçlarının RMR'ye göre kategorizasyonu.....	41
Tablo 7.1: FTA'ya göre alan kullanım kategorileri .....	43
Tablo 7.2: Çevre Gürültüsü Analizi Referans Gürültü Ölçüm Raporu'ndan alınan gürültü ölçüm verileri ve verilerin Tablo 2.4'e göre analizi.....	45
Tablo 7.3: Tasarlanan gürültü bariyerleri için alınan KDV hariç fiyat teklifleri .....	56

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1: İşitme sınırları eğrisi .....	4
Şekil 2.2: Genlik, frekans ve dalga boyu tanımlarının grafik .....	5
Şekil 2.3: Noktasal kaynaktan sesin yayılması .....	9
Şekil 5.1: Sesin Kırılması.....	25
Şekil 5.2: Bazı gürültü perdesi materyallerinin kalınlık ve ses yutuculuk özellikleri ....	27
Şekil 5.3: Doğal gürültü bariyeri kullanımı ile doğal ve yapay bariyerlerin ortak.....	27
Şekil 5.4: Hollanda'da ahşap gürültü bariyeri uygulaması.....	28
Şekil 5.5: Hollanda'da Şekil 5.3'de görülen ahşap gürültü perdesinin çelik .....	29
Şekil 5.6: Prekast betondan imal edilmiş bir gürültü perdesi.....	29
Şekil 5.7: Almanya'da raylı sistem çevresine uygulanan gabyon gürültü perdesi ve otoban kenarına uygulanan beton ve bitkilendirmenin birlikte kullanıldığı gürültü perdesi.....	30
Şekil 5.8: Bingen am Rhein'de şehir dışı raylı sistem çevresine uygulanan kısa, gabyon gürültü perdesi.....	30
Şekil 5.9: Çin'in Şangay ilinde yer alan otoban çevresine PVC gürültü perdesi uygulaması .....	31
Şekil 5.10: Çin'in Şangay ilinde yer alan anayol çevresine PVC gürültü perdesi uygulaması .....	31
Şekil 5.11: Çin'in Şangay ilinde yer alan anayol çevresine uygulanan metal ve PVC karma kullanımlı gürültü perdesi.....	32
Şekil 5.12: Little Haiti, Miami'de desenli prekast .....	32
Şekil 6.1: Gebze-Halkalı Banliyö Hattı Güzergahı .....	34
Şekil 6.2: Gebze-Halkalı Banliyö Hattı güzergahının geçtiği ilçeler .....	35
Şekil 6.3: İstanbul'un Anadolu ve Avrupa yakaları arasındaki hizmet işgücü ve istihdam farkları .....	36
Şekil 6.4: 2014-2015 yıllarına ait Marmaray Boğaz Geçişi aylık yolcu grafiği .....	37
Şekil 6.5: 2014-2015 yıllarına ait Marmaray Boğaz Geçişi yıllık yolcu sayısı grafiği ..	37
Şekil 6.6: Marmaray'ın 2014-2015 yılları aylık ortalama istasyonlara göre yolcu.....	38

Şekil 6.7: Marmaray hizmete girmeden önce toplam taşınan yolcu sayısı ve tahmini yolcu sayısı.....	38
Şekil 6.8: Marmaray hizmete girdikten sonra toplam taşınan yolcu sayısı ve tahmini yolcu sayısı.....	39
Şekil 7.1: Ulaşım projeleri gürültü etki kriterleri.....	43
Şekil 7.2: Çevre Gürültüsü Analizi Referans Gürültü Ölçüm Raporu'ndan alınan gürültü ölçümlerinin yapıldığı koordinatlı noktalar.....	44
Şekil 7.3: Ataköy (15+000 km) ölçüm noktasının fonksiyonlarına göre analizi.....	46
Şekil 7.4: Ataköy (15+000 km) ölçüm noktası çevresine konumlandırılabilir gürültü bariyeri hatları (Magenta ile gösterilmiştir).....	47
Şekil 7.5: Kanarya (26+420 km) ölçüm noktasının fonksiyonlarına göre analizi.....	47
Şekil 7.6: Kanarya (26+420 km) ölçüm noktası çevresine konumlandırılabilir gürültü bariyeri hatları (Magenta ile gösterilmiştir).....	48
Şekil 7.7: Ataköy İstasyonu arazi gezisinden görseller.....	49
Şekil 7.8: Ataköy İstasyonu arazi gezisinden görseller.....	50
Şekil 7.9: Ataköy İstasyonu arazi gezisinden görseller.....	50
Şekil 7.10: Ataköy İstasyonu arazi gezisinden görseller.....	51
Şekil 7.11: Kanarya İstasyonu arazi gezisinden görseller.....	51
Şekil 7.12: Kanarya İstasyonu arazi gezisinden görseller.....	52
Şekil 7.13: Kanarya İstasyonu arazi gezisinden görseller.....	52
Şekil 7.14: Kanarya İstasyonu arazi gezisinden görseller.....	53
Şekil 7.15: Kanarya İstasyonu çevresinde gürültü bariyeri uygulaması görsel çalışması.....	54
Şekil 7.16: Kanarya İstasyonu çevresinde gürültü bariyeri uygulaması görsel çalışması.....	54
Şekil 7.17: Ataköy İstasyonu çevresinde gürültü bariyeri uygulaması görsel çalışması.....	55

## KISALTMALAR

BCI	: The Bosphorus Crossing Contract / Boğaz Geçişi Kontratı (Brunn, 2011)
EXF	: Exhaust Fan / Egzost Fanı
FTA	: Federal Transit Association / Federal Ulaşım Derneği
İSTKA	: İstanbul Kalkınma Ajansı
OECD	: The Organisation for Economic Co-operation and Development / Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
PVC	: Polyvinyl Chloride / Polivinil Klorür
RMR	: Reken-Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai / Hollanda Raylı Sistem Gürültüsü Standardı
SPL	: Sound Pressure Level / Ses Basınç Düzeyi
TVF	: Tunnel Ventilation Fan / Tünel Havalandırma Fanı
VROM	: Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer / Hollanda Konut, Alan Planlaması ve Çevre Bakanlığı
YHT	: Yüksek Hızlı Tren

## SEMBOLLER

Dalga Boyu	: $\lambda$
Euro	: €
Frekans[m1]	: $f$
Ses İletim Katsayısı	: $\tau$
Ses Yutma Katsayısı	: $a$
Sesin Hızı	: $c$





## 1. GİRİŞ

Sirkeci-Halkalı Banliyö Tren Yolu Hattı; Gebze'den Halkalı'ya kadarki var olan banliyö hatlarının iyileştirilmesi, yeni istasyonların eklenmesi ve Anadolu yakasının Avrupa yakası ile boğazdan geçirilen bir tüp tünel ile birbirine bağlanması ile İstanbul'un iki ucunu bir araya getiren bir raylı sistem hattının Avrupa Yakası ayağıdır (T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2013). Projelendirme safhasında 3 faza ayrılan ve ilk fazı olan BCI Raylı Tüp Tünel Geçişi'nin Marmaray adı ile 29.10.2013 tarihinde işletmeye alındığı bu raylı sistem hattının diğer iki fazı ise Haydarpaşa-Gebze ve Sirkeci-Halkalı arasındaki hatların iyileştirilmesi işlerini kapsamaktadır. Toplam uzunluğu 76,3 km olan Gebze-Halkalı Banliyö Hattı'nın 20 km'lik kısmını, hattın Avrupa ayağı olan Sirkeci-Halkalı fazı oluşturmaktadır.

Bu proje, Türkiye'de ve dünyada devam eden en zorlu altyapı projelerinden biri olarak gündemdedir. Gerek hattın uzunluğu ve kullanılan inşaat sistemlerinin çeşitliliği; gerekse hattın, geçtiği güzergâh çevresine olan etkisi bu hattı hem çevresel hem fonksiyonel hem de maddi açıdan çok önemli bir konuma taşımaktadır. Özellikle de hattın etki kapsamına giren sanayi ve yerleşim bölgelerinin, hattın işletmeye alındıktan sonra yaşayacağı ulaşım rahatlığı, şimdiden bu bölgelere rağbet edilmesine sebep olmaktadır.

Zirve saatlerde sefer aralığı 2 dakikaya kadar düşecek olan ve 63 km'lik kısmı yüzeyden giden Gebze-Halkalı Tren Yolu Hattı'nın, özellikle de konut alanlarında, çevresine etkisi değerlendirmeye değer bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Günde yaklaşık 1,5 milyon yolcu taşınması hedeflenen bu hat üzerinde ilerleyecek olan 4 farklı tren tipinin, gürültü olarak çevresine olumsuz etki etmesi de kaçınılmazdır.

Kara, hava ve demiryollarının yarattığı gürültü problemi çok uzun yıllardır bilim ve inşaat sektörlerinde çözülmeye çalışılmaktadır. Her ne kadar raylı sistem hatlarından kaynaklanan çevresel gürültüler diğer ulaşım biçimlerine göre daha düşük bir seviyede olsa da, gelişen raylı sistem teknolojileri ve yoğunluğu sürekli artan kentler göz önünde bulundurularak, bu gürültü kaynağı da kontrol altına alınmalıdır. Yolların, rayların ve araçların teknolojilerinde yapılan yeniliklerle, ortaya çıkan gürültü kirliliğinin önüne

geçilmeye çalışılmakla beraber, gürültü bariyerlerinin geliştirilmesi ile özellikle şehir için kara, hava ve demir yollarından kaynaklanan gürültü kirliliği kontrol altına alınabilmeye başlamıştır.

Gürültü bariyerleri gerek peyzaj gerekse inşai yöntemlerle oluşturulabilen ve gürültü kaynağını kısmen ya da tamamen izole ederek, kaynağın çevreye verdiği rahatsızlığı minimuma indirmeyi hedefleyen bir çözümdür. İhtiyaca göre malzeme ve boyut çeşitliliği bulunan gürültü bariyerleri, mimari tasarıma uygunluğu sebebiyle de bir çok tasarımcı ve yerel yönetim tarafından gürültü kontrolü için tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, gürültü bariyerlerinin gürültü kirliliği kontrolündeki etki ve verimliliği örnekler verilerek incelenecek, sonrasında ise Sirkeci-Halkalı Tren Yolu Hattı üzerinde gürültü bariyeri uygulaması irdelenecektir.

## 2. SES VE GÜRÜLTÜ

Ses, titreşen bir kaynaktan yayılan hava basıncı dalgaların ile oluşan ve insanda işitme duygusunu uyaran fiziksel bir olgudur. Ses, dalgalar halinde yayılan bir enerji türüdür ve tamamen fiziksel bir olaydır. Fiziksel olarak ses, bir basınç altında elastik bir ortamdaki parçacıkların, maruz kaldıkları basınç ile uyum halinde yer değiştirmesidir. Gürültü ise istenmeyen ve rahatsız eden ses, gelişigüzel bir yapısı olan ve bağımsız frekans bileşenleri olmayan bir spektrum olarak tanımlanabilir (Harris, 1979).

### 2.1. TEMEL SES KAVRAMLARI

#### 2.1.1 Genlik

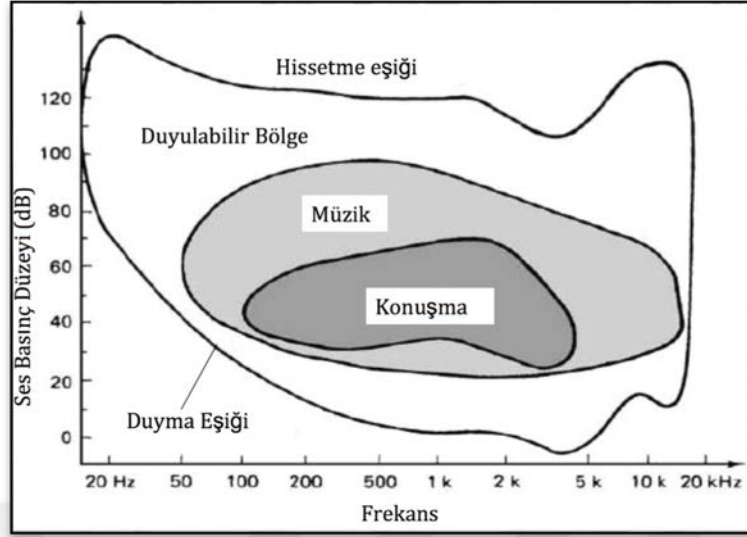
En yüksek ve en düşük basınç seviyeleri arasındaki farka genlik adı verilir. Sinüs veya kosinüs şeklindeki kendini tekrarlayan periyodik bir dalganın herhangi bir anındaki genliği;  $r$  genlik,  $f$  frekans,  $t$  zaman,  $x$  dalganın aldığı yol,  $c$  ses hızı ve  $2\pi f$  açısal hız olmak üzere Denklem 2.1 ile hesaplanabilir:

$$y = r \cdot \sin[2\pi f (t - x / c)] \quad 2.1$$

#### 2.1.2 Frekans

Bir saniyedeki titreşim sayısıdır ve  $f$  ile gösterilir. Frekans birimi Hertz (Hz)'dir. Bir saniyede bir titreşim gerçekleşmesi, birim olarak 1 Hz'e tekabül eder. Yüksek frekans değerleri için Hertz'in bin katı olan kilohertz (kHz) birimi kullanılır. İnsan kulağının duyabildiği frekanslar ise 16 ile 20000 Hz arasındadır. Eğer bir frekans 16 Hz'in altında ise bu tür titreşimler ses altı titreşimler, 20 kHz'in üzerinde ise ses üstü titreşimler adını alır. Frekans arttıkça, yani bir saniyedeki titreşim sayısı arttıkça ses inceler. 16 Hz işitilebilen en kalın sese, 20.000 Hz ise en ince sese tekabül etmektedir.

**Şekil 2.1: İşitme sınırları eğrisi**



### 2.1.3 Devir Süresi

Bir titreşimin süresine devir süresi denir ve birimi saniyedir. İnsan kulağı tarafından duyulabilen seslerin titreşimi 1/16 ile 1/20000 sn. arasında yer alır. Devir süresi T ile gösterilir ve Denklem 2.2'de görüldüğü gibi ifade edilir.

$$T = 1/f$$

2.2

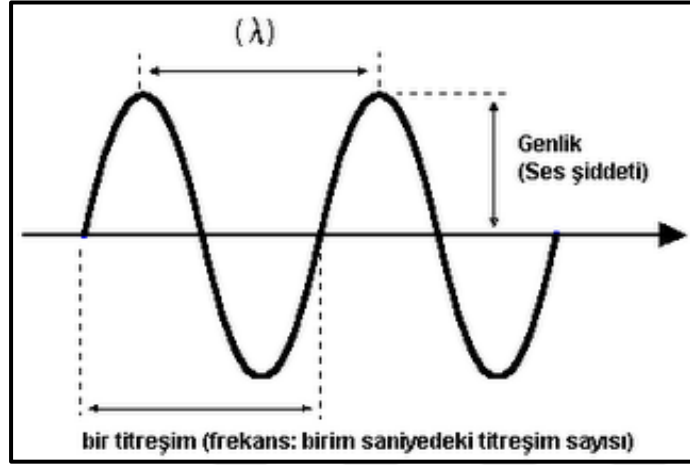
### 2.1.4 Dalga Boyu

İki dalga tepesi arasındaki dik mesafeye dalga boyu denir. Yani, titreşim yayılırken, titreşimin T zaman içinde gittiği yola demektir. Bu nedenden dolayı dalga boyu, sesin titreşim hareketi özelliklerine ve ortam özelliklerine bağlı bir değişkendir. Sesin yayılma hızı ortamdaki farklılıklarla gösterileceğinden, buna bağlı olarak dalga boyu da farklılık gösterir. Dalga boyu lamda ( $\lambda$ ) ile gösterilir. Denklem 2.3'de görüldüğü üzere dalga boyu, frekans ( $f$ ) ve sesin hızı ( $c$ ) ile doğru orantılı olarak değişir .

$$\lambda \cdot f = c$$

2.3

**Şekil 2.2: Genlik, frekans ve dalga boyu tanımlarının grafik gösterimi**



### 2.1.5 Hız

Ses dalgasının bir ortamdaki yayılma hızıdır ve birimi m/sn'dir. İletken ortamın özelliklerine ve sıcaklığına bağlı olarak değişir. Havanın ideal gaz gibi davrandığı varsayılır ise; sesin hızı (m/sn) ve havanın sıcaklığı ( T °C) arasında bağıntı Denklem 2.4 ile açıklanabilir.

$$V = 331,5 + (0,6 * T) \text{ m/sn}$$

2.4

## 2.2. SES DÜZEYİ

### 2.2.1 Ses Düzeyi İle İlgili Bazı Tanımlar

**Desibel:** Sesin şiddetinin ölçü birimine desibel (dB) denir. 0 dB, insan kulağının algılayabileceği en alçak ses olarak kabul edilir. 180 dB ise bir roketin fırlatılış anında çıkardığı sese tekabül etmektedir. Desibel değerleri logaritmik olarak değişir. Bu logaritmik değişim rakamlarla ifade edilmek istenirse 20 dB'in, 10 dB'den 10 kat; 30 dB'in ise 10 dB'den 100 kat daha şiddetli olacağı şeklinde açıklanabilir.

**Tablo 2.1: Bazı seslerin desibel cinsinden karşılıkları**

<b>dB</b>	<b>Bilinen Sesler</b>
0	İnsan kulağının algılayabileceği en alçak ses
30	Sessiz konuşma
50	Yağmur, sessiz ofis, buzdolabı, havalandırma
60	Bulaşık makinası, normal bir konuşma, dikiş makinası
70	Yoğun trafik, saç kurutma makinası
80	Çalar saat, metro, fabrika gürültüsü
90	Tıraş makinası, kamyon trafiği, çim biçme makinası
100	Kar aracı, çöp kamyonu, müzik seti
110	Rock konseri, elektrikli testere
120	Uçağın havalanması, gece kulübü
130	Delici çekiç
140	Av tüfeği, hava hücum uyarı sistemi
180	Roket fırlatıcısı

**Eşdeğer Gürültü Seviyesi:** Belirli bir periyotta düzenli veya düzensiz olarak süreklilik gösteren toplam ses enerjisi veya ses basınçlarının, ölçüm süresine bölünmesiyle elde edilen bir gürültü ölçөгüdür. Bir diğer anlatım ile eşdeğer gürültü seviyesi, ortamda değişen gürültü ile aynı akustik enerjiye sahip olan sabit ses düzeyi olarak açıklanabilir. Birimi dBA, simgesi  $L_{eq}$ 'tir. Eşdeğer gürültü seviyesinin hesabı Denklem 2.5'de verilmiştir. Başka bir deyişle, ortamda değişen gürültü ile aynı akustik enerjiye sahip olan sabit ses düzeyi olarak tanımlanabilir.

$$L_{eq} = 10 \cdot \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T (p(t)/p_0)^2 dt \quad (\text{dBA}) \quad 2.5$$

**T**= Toplam ölçüm süresi

**p(t)**= Anlık ses basıncı

**p<sub>0</sub>**= Referans ses basıncı (20  $\mu$ Pa)

**En Yüksek Ses Seviyesi ( $L_{max}$ ) (Tepe Düzeyi, Üst Düzey):** Zamana göre değişen gürültünün, ölçüm zamanı sınırlarında sahip olduğu en yüksek değerdir.

**En Düşük Ses Seviyesi ( $L_{min}$ ):** Zamana göre değişen gürültünün ölçüm zamanı sınırlarında sahip olduğu en düşük değerdir.

**$L_{gag}$  (Gündüz, akşam, gece gürültü göstergesi):** Uzun dönem için hesaplanan bir ses düzeyi ortalaması olup, günlük rahatsızlık düzeyini gösterir.

**L<sub>gündüz</sub> (Gündüz gürültü göstergesi):** Uzun dönem için hesaplanan bir düzeyi ortalaması olup, yılın gündüz sürelerine göre belirlenir ve gündüz dönemlerindeki rahatsızlık seviyesini gösterir.

**L<sub>akşam</sub> (Akşam gürültü göstergesi):** Uzun dönem için hesaplanan bir ses düzeyi ortalaması olup, yılın akşam sürelerine göre belirlenir ve akşam dönemlerindeki rahatsızlık seviyesini gösterir.

**L<sub>gece</sub> (Gece gürültü göstergesi):** Uzun dönem için hesaplanan bir ses düzeyi ortalaması olup, yılın gece sürelerine göre belirlenir ve gece dönemlerindeki rahatsızlık seviyesini gösterir.

**L<sub>Amax</sub>:** Ölçüm süresi içerisinde A ağırlıklı ses düzeyinin en büyük değerini gösteren değerdir.

### 2.2.2 Ses Basınç Seviyesi (Sound Pressure Level, SPL)

Ses basınç seviyesi, çevredeki gürültü şiddetinin bir ölçüsüdür ve dB olarak ifade edilir. Ses basınç seviyesi, sesin azlığını/çokluğunu, niceliğini ve şiddetini tanımlar; teknik olarak ise kaynaktaki ses seviyesinin, ses dalgalarının geçtiği ortama ve sesin kât ettiği mesafeye bağlı olarak değişimini ifade eden bir parametredir. Ses basınç seviyesi, SPL veya L<sub>p</sub> olarak gösterilir. Referans ses basınç düzeyi (p<sub>0</sub>), 20 µPa olan duyum eşiği kabul edilir.

$$L_p = 20 \cdot \log( p / p_0 ) \text{ dB}$$

2.6

**L<sub>p</sub>:** dB cinsinden ses basınç düzeyi

**p:** Ölçülen ses basınç düzeyi

**p<sub>0</sub>:** Referans ses basınç düzeyi (20x10<sup>6</sup> Pa)

### 2.3. SESİN YAYILMASI

Sesin yayılması bir yay veya durağan su yüzeyine dik uygulanan noktasal bir darbe ile oluşan dalga hareketi ile benzerlik gösterir. Ses dalgaları, çarptıkları moleküller arasında enerji aktarımına sebep olarak, çarptıkları cisimlerde bir hareket oluşturmadan cisimler içerisinden geçebilirler. Örneğin, havada sesin yayılması basınç değişimi ile ilintilidir. Ses dalgası etkisi altındaki havada, basıncın alçak olduğu periyotlarda hava molekülleri arasındaki boşluk artarken, basıncın daha yüksek olduğu periyotlarda bu boşluk daha düşüktür. Moleküllerdeki bu sıkışma ses dalgasının periyodu ile eşzamanlı olarak havada devam eder ve sesin iletimi sağlanır.

### 2.4. SES DALGALARININ YÜZEYLE ETKİLEŞİMİ

Ses dalgaları yayılırken, karşılaştıkları yüzeylerle etkileşim içine girerler. Ses dalgalarının yüzeylerle etkileşimi, etkileşim içine girdikleri yüzeyin özelliklerine bağlı olarak, yansımaya, yutma ve geçirme şeklinde olur.

Yansımaya; ışığın yansımada da görüldüğü gibi, düz yüzeylerde yüzeye bir normal oluşturacak şekilde, iç bükey yüzeylerde toplayıcı, dış bükey yüzeylerde ise dağıtıcı olmak suretiyle yayılmasıdır.

Ses yutumu; ses dalgalarının taşıdığı enerjinin, bu dalgaların çarptıkları yüzeyler üzerinde ya da sesin yayıldığı ortamda ısı enerjisine dönüşerek azalmasıdır. Ortamda yayılan sesin ortam tarafından yutulması ortamın sıcaklığı, nemi ve sesin frekansını ile değişkenlik gösterir. Yüzey tarafından yutulan ses enerjisinin, yüzeye çarpan sesin enerjisine oranı, “Ses Yutma Katsayısı” ( $\alpha$ ) olarak adlandırılır. Bu katsayı, yutulan ses enerjisinin gelen ses enerjisinden matematiksel olarak daha küçük bir değerde olmasından dolayı 0 ve 1 arasında değer alır (Calış, 2007).

**Tablo 2.2: Bazı Malzemelerin Ses Yutma Katsayıları**

Malzeme Türü	Ses Yutma Katsayısı (500 Hz)	Malzeme Türü	Ses Yutma Katsayısı (500 Hz)
Beton, Mermer, Su Yüzeyi	0,01	Duvar Kâğıdı	0,04
Sıva	0,02	Suni Taşlar	0,05
Cam	0,03	Ahşap	0,10
Tuğla, Linolyum	0,04	Poliüretan	0,90



Malzemelerin ses yutma katsayılarını etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

i. Frekans: Ses yutma katsayısı genellikle frekans ile artar.

ii. Malzeme:

ii.i. Ses yutma katsayısı, malzemenin kalınlığı ve yoğunluğu ile doğru orantılıdır.

ii.ii. Malzemenin porluluğu arttıkça ses yutma katsayısı da artar.

iii. Sesin Gelme Açısı: Ses dalgalarının yutucu nitelikteki yüzeylere çarptıklarında yaptıkları açı ses yutma katsayısını etkiler.

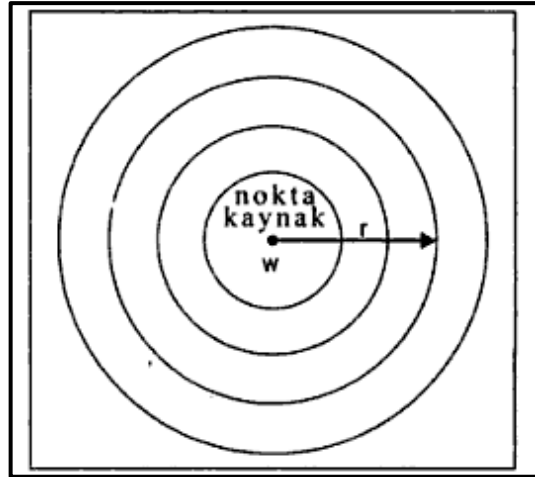
Eğer ses dalgaları içinde yol aldıkları ortamda göre farklı yoğunluk, esneklik veya porlulukta bir engelle karşılaşırse enerjinin bir kısmı yansıtılır, bir kısmı da yutuma uğrar. Yansımayan veya yutulmayan ses dalgaları ise farklı ortama geçerek yoluna devam eder. Engel teşkil eden ortamın diğer tarafına geçebilen sesin taşıdığı enerjinin, engele çarpan sesin taşıdığı enerjiye oranına “Ses İletim Katsayısı” ( $\tau$ ) denir.

## 2.5. SES KAYNAKLARI

### 2.5.1 Noktasal Kaynaklar

Sese neden olan kaynağın boyutu, gürültüye maruz kalan çevreye olan uzaklığına göre küçükse bu tip kaynaklar nokta kaynak olarak adlandırılır. Nokta kaynaktan meydana gelen ses enerjisi, kaynağın çevresine eşit olarak yayılır. Endüstriyel yapıların, havaalanlarının ve seyahat halindeki bir aracın gürültüleri bu gruba dâhil edilebilir. İdeal bir nokta kaynağın tasviri Şekil 2.3’de gösterilmiştir.

Şekil 2.3: Noktasal kaynaktan sesin yayılması



Kaynaktan uzaklaştıkça ses dalgalarının enerjisi, giderek daha geniş küre yüzeylerine yayılır. Ortamda enerjinin kaybolmadığı varsayılır ise, sesin taşıdığı enerji r yarıçaplı küre kabuğuna taşınır. Sesin şiddeti, bu küre kabuğunun alanına bölünerek Denklem 2.7’de görülen formül ile ifade edilebilir.

$$I = W / 4\pi r^2$$

2.7

### 2.5.2 Çizgisel Kaynaklar

Birden fazla noktasal kaynağın aynı doğrultu üzerinde hizalanması çizgisel ses kaynaklarını oluşturur. Alıcının konumu, alıcı ile kaynak arasındaki mesafe ve kaynak uzunluğuna bağlı olarak olmak suretiyle işlek bir yol ve bir cadde üzerinde yan yana konumlanmış eğlence mekanları, çizgisel ses kaynaklarına örnek olarak gösterilebilir.

Çizgi kaynak çalkantılı bir akışkanı taşıyan boru veya birbirine yakın konumlanmış aynı doğrultudaki birden fazla nokta kaynağın tamamı olarak düşünülebilir. Bu gruba otoyolları ve demiryolları, nehirler ve aynı doğrultuda dizilmiş seri makinelerin bulunduğu bir fabrika dahil edilebilir.

İdeal, her noktası aynı şiddette ses yayan bir çizgi kaynaktan yayılan ses dalgaları, çizgi doğrultusuna dik olarak yayılır. Doğrultudan eşit uzaklıktaki herhangi iki nokta, aynı dalga yüzeyi üzerinde bulunur ve aynı özelliği taşır. Bu mantık ile düşünüldüğünde, ideal bir çizgi kaynaktan yayılan ses dalgalarının bir silindir oluşturduğu sonucuna ulaşılır. Kaynağın birim boyundan yayılan ses enerjisi, birim zamanda silindirik yüzeylerde aynı mesafeyi kat eder. Verilen bir r yarıçapı için sesin şiddeti, kaynaktan yayılan enerjinin silindirik yüzeye bölünmesi ile Denklem 2.8’deki gibi ifade edilir.

$$I = W / 2r.l$$

2.8

### 2.5.3 Alansal Kaynaklar

Sonsuz sayıdaki noktasal ses kaynağının iki boyutta birleştirilmesiyle elde edilen ses kaynaklarına alansal (düzlem) kaynak denir. Ses dalgaları bu kaynaklardan düzlemsel olarak yayılır. Her bir noktasal kaynaktan yayılan ses enerjinin, oluşan düzleme dik bir çizgi doğrultusunda yayıldığı varsayılır. Bu nedenden dolayı alansal kaynaklarda geometriye dayalı bir değişim söz konusu değildir. Yani, alansal kaynak üzerinde bir doğrultuda ilerledikçe ses basınç seviyesinde azalma veya artış gözlenmez. Alansal kaynaklar, günlük hayatta çok sık rastlanılan kaynaklar değildir. Klima kanallarındaki ses iletimi bu kaynak tipine örnek gösterilebilir.

## 2.6. GÜRÜLTÜ

Gürültü, gelişigüzel bir yapıya sahip olan, öznel olarak istenmeyen ses olarak tanımlanan ses spektrumudur (Harris, 1979). Gelişigüzel bir dalga biçimi ile armonik ilişkiden yoksun birden fazla frekans bileşenine sahip, yüksek basınçlı ve basınç seviyesi zaman içinde değişebilen, ani veya devamlı, karmaşık sesler topluluğuna gürültü denir.

Gürültü, makineler ve toplu yerleşimlerin gelişmesi ve yayılması ile birlikte hayatımızda daha büyük ölçüde yer almaya başlamıştır. Gürültü kaynakları hızla çoğalmaktadır ve bu çoğalma, gürültüyü azaltma çabalarının yanında daha büyük ivmeye sahiptir. Bu nedenden dolayı, gürültüye karşı alınan önlemler yetersiz kalmaktadır. Gürültünün artış nedenleri kısaca şöyle sıralanabilir:

- i. Kara, hava, demiryolu ve deniz trafiği; endüstri, inşaat makineleri gibi dış gürültü kaynakları ile yapı içinde yer alan her türlü tesisat; konut ve iş yerlerinde kullanılan havalandırma, beyaz eşyalar gibi makineler ile eğlence amaçlı teknolojik eşyalar gürültünün çok büyük oranda artmasına neden olmuştur.
- ii. Yapılarda kullanılan malzemelerin seçiminde gürültü etkisi, çok uzun yıllar boyunca dikkate alınmamıştır. Ayrıca iskelet sistemli yapılar, eski yığma yapılara oranla dengesiz bir yüzeysel yoğunluğa sahip olduğundan ve iskelet boşluklarını doldurmada kullanılan tuğla, gazbeton gibi malzemelerin, iskeleti oluşturan betonarme, çelik gibi malzemelerden daha az yoğun olmasından dolayı ses geçimini kolaylaştırmaktadır.

- iii. Müzik, oyun, sinema gibi eğlence aktivitelerinde ses, etkileme amacıyla kullanıldığından mütevellit, gürültü niteliğinde ses yapıları ön plana çıkmış olup, bu aktivitelere hizmet eden kapalı mekânlarda da iç gürültü seviyesi dış mekânlarda olduğu kadar yükselmiştir.
- iv. Yerleşim alanlarının darlığı sebebiyle, şehirlerde yataydan ziyade dikey yapılaşma gözlemlenmektedir. Düşey yoğunluk artışı, gürültü kaynaklarını da birbirine yaklaşmıştır.
- v. Endüstride makineleşme sonucunda, üretim esnasında ortaya çıkan gürültü seviyesi artmıştır. Buna karşılık, teknolojik ve bilimsel ilerleme ile birlikte zihinsel çalışmalar daha çok önem kazanmıştır. Zihinsel yoğunlaşmaya uygun ortamların gerektirdiği ses seviyesi ile çevre gürültüsü bir zıtlık oluşturmuş ve insanların gürültü konusundaki hassasiyeti artmıştır.

Çevresel gürültü kaynakları, yapı içi ve yapı dışı olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Anon., 2005):

- i. Yapı dışı çevre gürültüleri;
  - i.i. Ulaşım (karayolu, demir yolu, hava yolu) gürültüleri,
  - i.ii. Endüstri (makine, motor, imalat) gürültüleri,
  - i.iii. Yapım (şantiye) gürültüleri,
  - i.iv. Rekreasyon gürültüsü (spor alanları, çocuk bahçeleri)
- ii. Yapı içi çevre gürültüleri;
  - ii.i. Yüksek konuşma ve müzik sesleri
  - ii.ii. Ev araçları gürültüleri,
  - ii.iii. Ayak sesi, eşya çekme, sürtünme, diğer darbeler
  - ii.iv. Mekanik sistem gürültüleri (havalandırma, asansör vb.)

Çevresel gürültü kaynakları ayrıca gürültü kaynakları etki kaynağı bakımından şu şekilde sınıflandırılabilir (İmamoğlu, 2012):

- i. Sanayi Kaynaklı Gürültüler:
  - i.i. Fanlardan kaynaklanan gürültüler
  - i.ii. Elektrik motorlarının gürültüsü
  - i.iii. Pompa gürültüleri

- i.iv. Dişli gürültüleri
- ii. Ulaşım Kaynaklı Gürültüler
  - ii.i. Karayolu Kaynaklı Gürültüler
  - ii.ii. Havayolu Kaynaklı Gürültüler
  - ii.iii. Demiryolu Kaynaklı Gürültüler
- iii. Yol ve Yapı Şantiyelerinden Kaynaklanan Gürültüler
- iv. Yerleşim Kaynaklı Gürültüler

Gürültü düzeyi bazı etmenlerin etkisi altında artar veya azalır. Gürültü yayılımı rüzgârın esiş yönünden, şiddetinden, olduğu gibi sıcaklık ve nemden de etkilenir (Demirel, et al., 1996).

## 2.7. GÜRÜLTÜNÜN ETKİLERİ

Yüksek gürültü seviyelerine uzun süre maruz kalan kişilerde, kalıcı işitme eşiği değişimleri olduğu tıbben kanıtlanmıştır. Daha düşük seviyeler ya da kısa süreli etkilenmelerde ise her ne kadar işitme duyusuna yönelik belirgin bir zararın saptanması çok kolay olmasa da gürültünün insan sağlığı, davranış biçimi ve mutluluğu üzerindeki olumsuz etkileri gözlemlenebilmektedir. Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından 1996 yılında yayımlanan bir raporda, Tablo 2.3’de gösterilen, gündüz gürültü düzeyi ( $L_{gündüz}$ ) seviyeleri ve bu seviyelerin insan üzerindeki etkileri verilmiştir.

**Tablo 2.3: OECD'ye göre  $L_{gündüz}$  seviyelerinin insanlar üzerindeki etkisi**

$L_{gündüz}$ (dBA)	Etki
55-60	Gürültü rahatsız eder
60-65	Rahatsızlık belirgin bir şekilde artar
65 üzeri	Davranış biçiminde engellemeler oluşur, gürültü kaynaklı zararlı semptomlar oluşur

Ses düzeyi ile sağlık arasındaki ilişki Tablo 2.4’de özetlenmiştir.

**Tablo 2.4: Ses düzeyi ve insan sağlığı üzerindeki etkileri**

Gürültü Derecesi	Etkilenme Aralığı (dBA)	
1. Derece	30-65	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu
2. Derece	65-90	Fizyolojik reaksiyonlar; kan basıncı artışı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler
3. Derece	90-120	Fizyolojik reaksiyonlar, baş ağrıları
4. Derece	120-140	İç kulakta devamlı hasar, dengenin bozulması
5. Derece	>140	Ciddi beyin tahribatı, kulak zarının patlaması

*Kaynak: (Kurra, 1989)*

## 2.8. ULAşIM KAYNAKLI GÜRÜLTÜ ÇEŞİTLERİ

Kentsel yerleşimlerdeki dış mekn gürültüsünün önemli bir kısmı ulaşım araçlarından kaynaklanmaktadır. Ulaşım kaynaklı gürültüler taşıt düzeyinde incelenirse, gürültü üretiminin dört farklı Şekilde sağlandığı görülür. Bunlar taşıtların;

- i. Motorları,
- ii. Egzozları,
- iii. Kornaları ve
- iv. Tekerlek ile yol ara yüzüdür.

Ulaşımın tümü düşünülürse, yukarıda yer alan dört maddeye ek olarak, taşıtların aerodinamik gürültüleri de ulaşımdan kaynaklanan vre gürültüsüne dahil edilebilir.

Ulaşım kaynaklı gürültünün toplam gürültü düzeyi;

- i. Trafiğin hacmi,
- ii. Araçların tipi ve
- iii. Yol niteliğine göre değişir.

1986 yılında yayımlanan Gürültü Kontrol Yönetmeliğinde (T.C. Başbakanlık, 1986), ulaştırma sistemlerinde konforlu bir seyahat için st gürültü düzeyi 65 dBA, tahammül bölgesi 65–75 dBA ve rahatsızlık bölgesi de 75–120 dBA olarak kabul edilmektedir. Ülkemizde demiryolu gürültüsü için bu değer gündüz saatleri için (06.00–22.00) 65 dBA, gece saatleri için (22.00–06.00) ise 55 dBA olarak kabul edilmiştir.

### **2.8.1 Karayolu Trafiki Kaynaklı Gürültüler**

Karayolunun sosyal, kültürel ve ticari boyutta şehirleri ve hatta ülkeleri birbirine bağlayan ve dünya çapında gerek şehir içi gerek şehir dışı yaşamda kullanım yoğunluğunun diğer ulaşım türlerine göre en yüksek ulaşım çeşidi olduğu düşünülürse, karayolu en önemli mühendislik yapılarından biri haline gelir. Karayolları işletim ömrü boyunca hava kirliliği ve gürültü olmak üzere iki önemli çevresel etki yaratır.

Araçların karayolunda yer değiştirmesini sağlayan itme gücünü araç, yakıt enerjisini mekanik enerjiye çevirerek sağlar. Bu enerjinin harekete çevrilmesi sırasındaki süreçte çeşitli parçaların hareketinden veya yanma olayından dolayı gürültü meydana gelir. Dolayısıyla her bir araç noktasal bir gürültü kaynağı olarak değerlendirilir. Akan bir trafik, araçlar noktasal kaynak olarak varsayıldığında, aynı doğrultu üzerinde sıralanmış noktasal kaynaklar vasıtası ile çizgisel kaynağa dönüşür. Bu çizgisel kaynak, şehir içerisinde bilinen tüm gürültü kaynakları arasında en sürekli ve en yaygın olanı olarak karşımıza çıkmaktadır. (Calış, 2007).

### **2.8.2 Havayolu Trafiki Kaynaklı Gürültüler**

Havayolu ulaşımı; konforu, zamandan kazanımı ve güvenliği nedeni ile, özellikle uzun mesafe yolculuklarında, dünya genelinde çoklukla tercih edilen bir ulaşım türüdür. Bu avantajların yanı sıra uçakların, havalanabilmek için gerekli itmeyi sağlayabilmek için çalışmaları sırasında çıkardıkları ses, havaalanı çevresindeki yerleşim birimleri için önemli bir gürültü kaynağı oluşturmaktadır. Özellikle hava trafiği yüksek olan havaalanları çevresinde oturan insanlarda uyku düzensizliği, verimsiz uyku, stres, baş ağrısı gibi etkiler oluşturmaktadır.

### **2.8.3 Raylı Sistem Trafiki Kaynaklı Gürültüler**

Raylı sistemler, her ne kadar yerleşim alanlarından geçen karayollarının meydana getirdiği kadar bir eşdeğer gürültüye neden olmasa da bu sistemlerden yararlanan veya bu sistemlerin güzergâhı yakınlarındaki insanları etkilemeye yetecek bir gürültü oluşmasına sebep olmaktadır.

Ulaşım kaynaklı kirlilikler arasında raylı sistem ağı yaygın olmayan ülkeler için en az etkiye sahip ulaşım türü raylı sistem gürültüsüdür. Genellikle yerleşimi demiryolu çevresinde bulunan yaşam alanları hem gürültü hem de titreşimden etkilenir.

Raylı sistem kaynaklı oluşan gürültüler sistem üzerinde kullanılan teknolojiye göre değişiklik gösterir. Örneğin; son dönemlerde yüksek hızlı trenlerin de yaygınlaşması ile, bu trenlerin hızının yüksekliği nedeniyle oluşan gürültü, sistemin kendisinden çıkan gürültüye ek bir gürültü kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Viyadüklerden geçen raylı sistem hatlarına 25 m mesafeden ölçülen gürültü seviyesi değerlerine göre, aracın viyadükten geçtiği sırada viyadük yapısının, titreşimi düşük frekanslı gürültü seviyesini artırmaya yönelik bir etki oluşturduğu ve rüzgârın gürültüyü artırıcı etkisinin de fark edilir bir düzeyde arttığı gözlemlenmiştir. (Aktürk, et al., 2003).



### **3. RAYLI SİSTEM KAYNAKLI GÜRÜLTÜLER**

#### **3.1. RAYLI SİSTEMLER KAYNAKLI GÜRÜLTÜLER VE NEDENLERİ**

##### **3.1.1 Araç ve Elektromekanik Sistemlerden Kaynaklanan Gürültü**

Şehir içi raylı sistemlerde çekici araçların gürültüsü aracın hareket hızına göre değişmektedir ve gürültü, hareket hızı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Ayrıca, trenin geçiş süresi ve aracın boyu ne kadar uzun olursa gürültüye maruz kalınma süresi de o kadar uzun olacaktır (Ratering, 1978). Bunun haricinde, araçların doğrudan hareketi ile ilgili olmayan ve yardımcı ekipmanlardan kaynaklanan gürültüler de mevcuttur.

Yardımcı ekipmanlardan kasıt, raylı sistemleri oluşturan sabit elektromekanik aksamlardır. TVF, EXF, cer odası gibi elektromekanik aksam ve mekanlardan yayılan gürültü de çevreye etki etmektedir.

##### **3.1.2 Yapısal Nedenlerden Kaynaklanan Gürültü**

Her türlü teknik şartname ve standarda uygun, hatasız araçlar da dâhil olmak üzere, sistemin çalışması esnasında meydana gelen tüm gürültü yapısal nedenlerden kaynaklanan gürültü sınıfında değerlendirilmektedir. Aktürk ve Toprak (2002) tarafından yapılan tanımlamaya göre yapısal nedenlerden oluşan gürültü; raylı sistem hattı üzerinde teknik özellikleri, ilgili standart ve teknik şartnamelere uygun olan araçların sistemde çalışır olarak bulunması durumunda, sistemin çalışması nedeni ile oluşan her türlü gürültü olarak tanımlanmıştır. Ancak bu tanımda bahsi geçen gürültülerin tümü, oluştuğu yerlere göre ikiye ayrılabilir;

- i. İstasyon Yapılarında Oluşan Gürültü
- ii. Hat Boyunda Oluşan Gürültü

##### **3.1.2.1. İstasyon Yapılarında Oluşan Gürültü**

Raylı sistemler uzun bir süredir dünyada ve son 20 yıldır Türkiye’de, şehir içi ulaşımda önemli bir yere sahiptir ve ticaret, spor, kültür ve mesken alanlara yakın olarak konumlandırılarak şehir içi ulaşımın kolaylaştırılmasını sağlamaktadır. Düzenli seferlerin sağladığı kolaylık ve trafik sorununun olmaması nedeniyle, toplu ulaşımda karayoluna önemli bir alternatif olmuştur ve çokça tercih edildiğinden dolayı gerek istasyonlar gerek araçlarda yolcu yoğunluğu ile sık sık karşılaşılmaktadır. Özellikle istasyonlardaki yolcu

gürültüsü, istasyonların akustiği de göz önünde bulundurulduğunda, dikkat çekici bir seviyededir. Bunun haricinde, istasyonlarda anonslar ve özellikle büyük istasyonlarda bulunan ticari bölgeler de istasyonlardaki önemli gürültü kaynaklarıdır. Ayrıca, yürüyen merdivenler, asansörler, aydınlatma ve havalandırma sistemlerinde oluşan arızalar ile istasyon içinde çalışan fanlar da istasyonların meydan ve platform katlarında oluşan gürültünün sebeplerindendir. Bu nedenlere ek olarak platform katında, trenin istasyona varışı, duraklaması ve ayrılışı da çeşitli seviyelerde gürültülere sebebiyet vermektedir. İstasyonun yeraltında veya yerüstünde olması da istasyonlarda oluşan gürültü seviyesine etki etmektedir. Ankara Metrosu Teknik Şartnamesi (Ankara Büyükşehir Belediyesi, 1992)'ne göre araç içi ve araç dışı gürültü seviyeleri Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilmiştir.

**Tablo 3.1: Ankara Metrosu araç içi gürültü düzeyleri**

GÜRÜLTÜ KAYNAĞI	GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dBA)
<b>Duran Araç</b>	
Yardımcı ekipmanlardan biri çalışırken	65
Yardımcı ekipmanın tümü çalışırken	68
Kapının açılması	78
Flüoresans lambalar	45
Fren vanası (imdat uygulamasında)	96
<b>Seyreden Araç</b>	
Açık yarmada (58-60 km/s hızla, kaynaklı rayda)	73
Daire kesitli tünelde 58-60 km/s hızla, kaynaklı rayda)	77
Kutu kesitli tünelde 58-60 km/s hızla, kaynaklı rayda)	79

*Kaynak:* (Ankara Büyükşehir Belediyesi, 1992)

**Tablo 3.2: Ankara Metrosu araç dışı gürültü düzeyleri**

GÜRÜLTÜ KAYNAĞI	GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dBA)
<b>Duran Araç</b>	
Yardımcı ekipmanın tümü çalışırken	76
Fren vanası (imdat uygulamasında)	109
<b>Seyreden Araç</b>	
Açık yarmada (58-60 km/s hızla, kaynaklı rayda)	86

*Kaynak:* (Ankara Büyükşehir Belediyesi, 1992)

### 3.1.2.2. Hat Boyunda Oluşan Gürültü

Hat boyunda oluşan gürültü, araç hareket halindeyken hat yapısı ile temas ettiği noktalardan açığa çıkan gürültüdür ve bu tip gürültü genellikle tekerlek–ray arayüzünde ortaya çıkmaktadır. Bunun haricinde aracın hava ile temasıyla açığa çıkan gürültü de mevcuttur. Hat boyunda ortaya çıkan gürültüyü etkileyen faktörler üç başlık altında özetlenebilir:

- i. Rayın sertliği ve dayanıklılığı,
- ii. Araç tekerleğinin üzerinde yatay–düz bir form oluşması veya tahrip olmuş olması,
- iii. Raylar arasında küçük açıklıkların bulunması veya bu açıklıklarının kaynaklanmış olması (Aktürk, et al., 2003).

Hat boyundaki titreşimin ve gürültünün en belirgin nedenlerinden bir tanesi, raylardaki dalgalı aşınmalardır. Dalgalı aşınma, “ray üst yüzeyinde az ya da çok periyodik biçimlerde oluşan düzlemsel bozukluklar” olarak tanımlanabilir. Ray üzerinde birbirini izleyen tepeler ve çukurlar oluşturan bu aşınma, trafik güvenliği açısından tehlike arz etmemektedir. Ancak dalga boyu kısa olan aşınmalar, yüksek frekanslı titreşimlerle sebep olmakta ve dolayısıyla önemli bir gürültü oluşturmaktadır. Bu titreşimler, aşınma derinliği, dalga boyu ve araç hızına bağlı olarak ek dinamik kuvvetler ortaya çıkartırlar. Bu dinamik zorlanmalar hat, araç ve çevreyi olumsuz etkiler. Ortaya çıkan bu dinamik kuvvetler üstyapı elemanlarında aşırı olarak zorlanmaya, yuvarlanma yüzeyindeki ray hatalarında büyümeye, araç niteliğinin bozulmasına, titreşimlere ve gürültü düzeyine olumsuz yönde neden olur. (Aktürk & Toprak, 2002).

Ray üzerindeki dalgalı aşınmanın olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılabilmesi için rayların taşlanması, yağlanması ve ray mantarı profilinin düzeltilmesi; gereken durumlarda da rayların değiştirilmesi gerekmektedir. Dalgalı aşınmaya görülen raylara gerekli uygulamaların yapılması ile ray ve traverslerin ömürlerinin uzaması, bakım masraflarında azalma, enerjide tasarruf sağlamanın yanı sıra ortaya çıkan titreşim ve gürültünün azalması sağlanır.

Aktürk ve arkadaşları (2003), yayımlamış oldukları “Hızlı Raylı Ulaşım Sistem Kaynaklı Çevresel Gürültü” başlıklı dergi makalesinde dalgalı ray aşınmasının sebep olduğu gürültü seviyelerini aşağıdaki gibi belirtmişlerdir:

*Rayın aşınmış olması 5–10 dBA’lık bir gürültü artışına neden olmaktadır. Trenin hareket eden parçalarının gürültü açısından 5 dBA’lık bir fark yaptığı anlaşılmıştır. Ayrıca beton traversli yollara göre, ahşap traversli yolların 1–3 dBA’lık fazla gürültü seviyesi oluşturduğu yapılan çalışmalarda anlaşılmıştır (Aktürk, et al., 2003).*

Erel (1997, pp. 32)’in “Ülkemizdeki Kent İçi Raylı Sistemlerde Gözden Kaçan Önemli Teknik Konular” başlıklı kongre bildirisinde ise dalgalı aşınmanın gürültü üzerindeki etkisi üzerine Almanya’da yapılan bir araştırmanın değerleri ise şu şekildedir: “Almanya’da bir yol kesiminden 25 m uzunlukta yapılan ölçümlerde, aşınmış ve aşınmamış raylarda oluşan gürültü düzeyleri arasındaki fark 5 ile 15 dBA arasında bulunmuştur.”

Tablo 3.4’te demiryolu ve raylı şehir içi taşıma sistemlerinden 15 m uzaklıktaki gürültü seviyeleri verilmektedir.

**Tablo 3.3: Raylı Sistemlerden 15m uzaklıktaki gürültü seviyeleri**

GÜRÜLTÜ KAYNAĞI	GÜRÜLTÜ DÜZEYİ (dBA)
<b>Demiryolu</b>	
Dizel lokomotif	88-98
Yük katarları	80-94
Yolcu trenleri	80-90
Araç içi	65-75
<b>Şehir içi raylı taşıma sistemleri</b>	
Metro veya yükseltilmiş düzeyde	82-95
Yüzeyde raylı taşıma	72-90
Tramvay	64-85

Kaynak: (Uslu, 1996)

## 4. RAYLI SİSTEM TRAFİĞİ KAYNAKLI GÜRÜLTÜNÜN AZALTIKILMASI

### 4.1. GÜRÜLTÜNÜN AZALTIKILMASI İLE İLGİLİ MEVCUT MEVZUAT

Gürültü ile mücadele konusunda mevcut mevzuat, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’dir. Bu yönetmeliğin amacı, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Madde 1’de (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006, p. 1):

***MADDE 1 – (1)** 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.*

şeklinde açıklanmıştır ve bu yönetmeliğin kanuni dayanağı 1.5.2003 tarih ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun’un 9 uncu maddesinin birinci fıkrasının (b) bendi, 9.8.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun 14. maddesi ve 25.6.2002 tarihli 2002/49/EC Çevresel Gürültünün Yönetimi ve Değerlendirilmesi Direktifidir.

Ayrıca Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Madde 19’a göre raylı sistem çevresel gürültü kriterleri aşağıda verildiği gibidir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006):

***MADDE 19 – (1)** Raylı sistemlerden kaynaklanan gürültü seviyesi ve gürültünün önlenmesine ilişkin kriterler aşağıda belirtilmiştir:*

- i. Raylı ulaşım sistemlerinden çevreye yayılan gürültü seviyesi  $L_{gündüz}$  65 dBA, Lakşam 60 dBA ve Lgece 55 dBA sınır değerlerini aşamaz.*
- ii. Hafif raylı sistemlerin yer altından geçtiği kapalı alanlar ile yer üstünden geçtiği alanlarda; bekleme, iniş ve biniş platformlarında, istasyonlarda ve havalandırma kanallarında zaman dilimine bağlı olarak oluşabilecek  $Leq$  cinsinden çevresel gürültü sınır değerleri Ek-VII’de yer alan Tablo-2’deki değerleri aşamaz.*

iii. Hafif raylı sistemlerin yer altından geçtiği yerlerde istasyon boş iken 500 Hz’de maksimum çınlama süresi proje hedef değeri için 1.4, kabul değeri için ise 1,6 saniye olur. Kent içi ve dışında hafif raylı ulaşım sisteminin gürültüye hassas alanlardan geçtiği yerlerde gürültü perdeleme teknikleri dikkate alınarak etkin ve uygulanabilir tedbirler alınır.

Yukarıda yapılan alıntının ii maddesinde sözü geçen tablo, aşağıda Tablo 3.4 olarak verilmiştir.

**Tablo 4.1: Hafif raylı sistemler için çevresel gürültü sınır değerleri**

GÜRÜLTÜ KAYNAĞI	Leq (dBA)
<b>Yer altı İstasyonları</b>	
Gişeler, Merdivenler, Koridorlar	55
Platformlar (platform kenarlarından 1.80 m’de	
i. Duran ve kalkan trenler için	80
ii. Geçen trenler için	85
iii. Çalışır durumda bekleyen trenler için	65
İstasyon içinde havalandırma sistemi	55
Caddelerdeki havalandırma şaftları (9.00 m’de)	55
İstasyon içinde kapalı hacimlerde bulunan acil havalandırma fanları (22.50 m’de)	80
<b>Yerüstü İstasyonları</b>	
Platformlar (platform kenarlarından 1.80 m’de	70
Duran ve kalkan trenler için	75
Çalışır durumda bekleyen trenler için	65

Kaynak: (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006)

## 4.2. RAYLI SİSTEM KAYNAKLI GÜRÜLTÜNÜN AZALTILABİLMESİ İÇİN BAZI ÖNLEMLER

### 4.2.1 Kaynakta Kontrol

Kaynakta gürültü kontrolü, kaynağın araç, cihaz veya makine olması durumunda, tasarım ve üretim aşamalarında ele alınması gereken önlemlerdir (Kurra, et al., 1999). Gürültünün kaynakta kontrol altına alınması için temel şart, kaynakta gürültüye sebep olan etmenlerin iyileştirilmesidir. Gürültü azaltımı için en etkili yol budur. Kaynakta kontrol;

- i. Tasarımı ve üretimi
- ii. İşletimi ve çalıştırılma yöntemlerini
- iii. Bakımı ve onarımı kapsamaktadır (Bahçeşehir Üniversitesi Teknoloji Geliştirme Birimi, 2006).

Hat üzerinde alınabilecek önlemler olarak ise;

- i. Motor ve motor kılıfında,
- ii. Havalandırma ve iklimlendirmede,
- iii. Egzoz ve lastiklerde sesi kontrol altına almak şeklinde sıralanabilir (Bahçeşehir Üniversitesi Teknoloji Geliştirme Birimi, 2006).

#### **4.2.2 Çevrede Kontrol**

Ulaşım gürültüsü için şehircilik ve mimarlık açısından uygulanabilecek en geçerli ve ekonomik kontrol yöntemi, gürültü kontrolünün çevrede gerçekleştirilmesidir.

Trafik gürültüsünün çevrede kontrolü için planlama yöntemleri:

- i. Şehir planlamasında;
  - i.i. Uygun arazi kullanımı
  - i.ii. Topografyadan faydalanma
  - i.iii. Yola mümkün olan en uzak mesafelerin bırakılması,
- ii. Yerleşmelerin planlanmasında;
  - ii.i. Gürültüye duyarlı fonksiyonlar için uygun alan seçimi,
  - ii.ii. Tampon bölge bırakılması,
  - ii.iii. Yapıların hatlara göre en uygun şekilde konumlandırılması
  - ii.iv. Ses yutucu yüzey kaplamalarının tercih edilmesi,
  - ii.v. Yansımaların önlenmesi,
- iii. Bina Tasarımında;
  - iii.i. Bina içi fonksiyonların planda gürültü hassasiyetlerine göre yerleştirilmesi,
  - iii.ii. Cephelerin uygun tasarlanması,
- iv. Yapı elemanı tasarımında;
  - iv.i. Dış yapı elemanlarında gürültüyü sönmeyecek malzemelerin tercih edilmesi,
  - iv.ii. Uygun yapım yöntemi seçimi şeklinde sıralanabilir (Kurra, 1986).

### **4.2.3 Kullanıcıda (Alıcıda) Kontrol**

Alıcının insan olduğu durumlar için, trafik gürültüsünün nitelikleri göz önünde bulundurulduğunda, kulaklıklar ile özel koruma, arka plan gürültüsünü arttırarak maskeleye gibi kontrol yöntemleri verimli ve kullanışlı değildir. Gürültünün alıcıda kontrol altına alınabilmesi için gürültüye maruz kalan kişileri koruyucu tedbirlere başvurulması gerekir. Bu tedbirleri şu şekilde sıralanabilir:

- i. Gürültü etkisine maruz kalan kişilerin tecridi,
- ii. İdari yaptırımlar ile gürültü kontrolü,
- iii. Gürültüye maruz kalma süresinde düzenlemeler veya gürültülü yerlerde vardiyalı çalışma,
- iv. Kişisel kulak koruyucuları kullanmak.



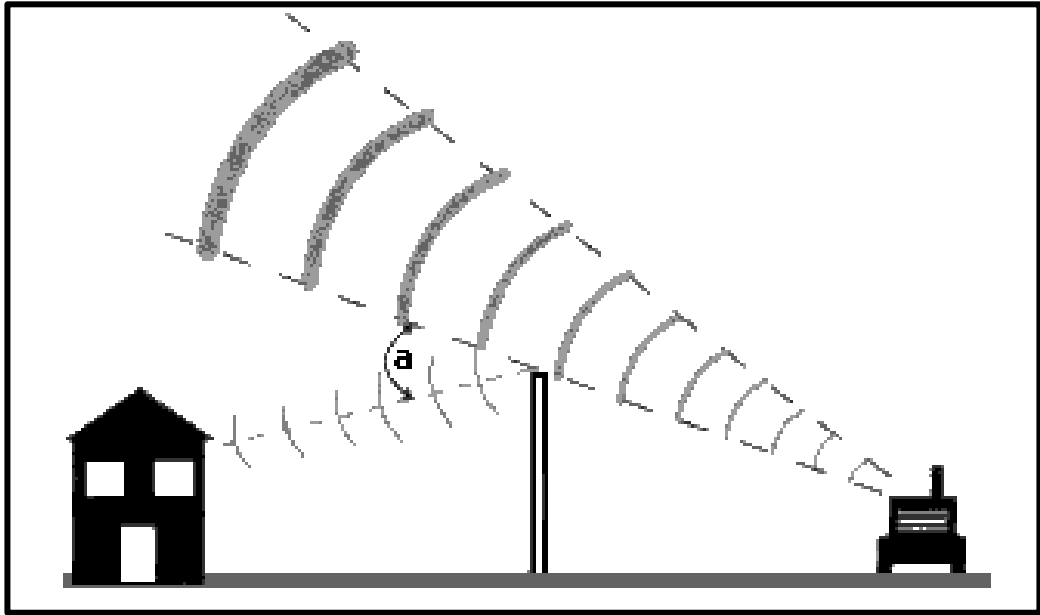
## 5. GÜRÜLTÜ BARIYERLERİ VE UYGULAMALARI

### 5.1. GÜRÜLTÜ (SES) PERDELERİ

“Bir ortamda bir dalga hareketinin var olması halinde, bir t anındaki dalga önünün her noktası, küresel dağılımlar veren ikincil dalga kaynakları olarak düşünülebilir ve bu durumda, daha sonra  $t+\Delta t$  anındaki ilk kaynağın dalga önü, ikincil dalga kaynaklarının o andaki dalga önlerinin teğeti haline gelir.” şeklinde özetlenebilen Huygens Kuramı, eklenen bir kaç varsayımla, serbest alanda ses yayılmasını açıklamaktadır. 1918’de Frestel, Huygens Kuramı’ndan yola çıkarak, kırılmış dalgaların genliklerinin hesaplanmasını olanaklı kılmıştır (Kurra, et al., 1999).

Gürültü (ses) perdeleri, alıcı ile gürültü kaynağı arasında bir engel oluşturup, kaynaktan çıkan ses dalgalarının kırılmaya uğramasını sağlayarak, gürültü dağılımının azaltılması için kullanılan konstrüktif elemanlardır. Ses dalgaları, Şekil 5.1’de görüldüğü üzere, ses perdesinin üzerinden kırılmak suretiyle perdenin diğer tarafında gürültüden daha az etkilenen bir alan oluşmasını sağlar. Gürültü perdeleri çeşitli malzemelerden çeşitli verimlilikte üretilebilir ve bu nedenden dolayı kullanım yer ve amacı gözetilerek, her gürültü kaynağı için özel tasarlanır.

Şekil 5.1: Sesin Kırılması



Bir gürültü perdesinin verimliliğini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

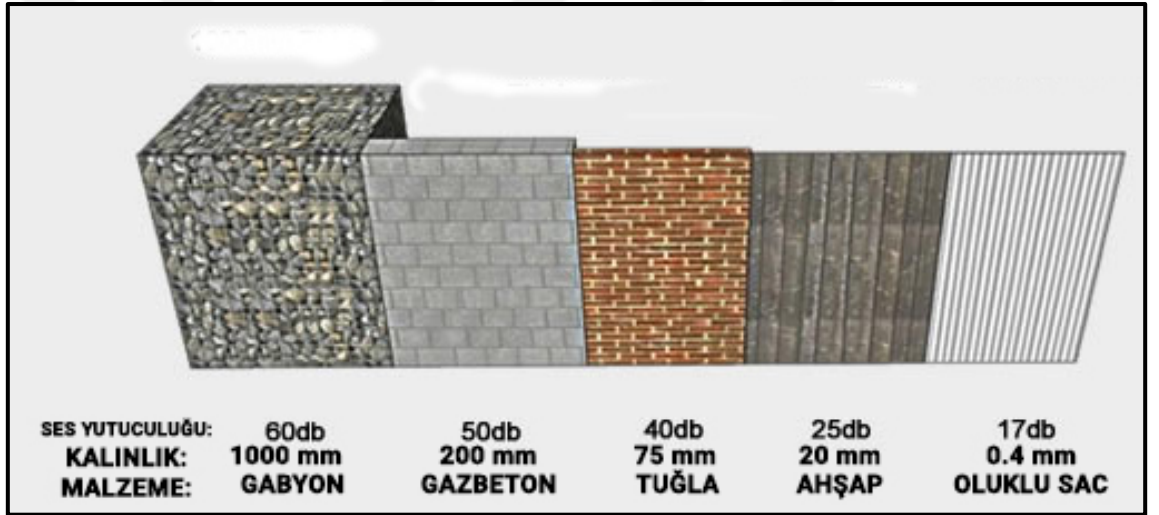
- i. Gürültü perdesine ilişkin faktörler:
  - i.i. Kullanılan malzemenin doluluk-boşluğu
  - i.ii. Kullanılan malzemenin ses yutma katsayısı
  - i.iii. Perde yüksekliği
  - i.iv. Perde kalınlığı
  - i.v. Perdenin formu
  - i.vi. Kaynaktan çıkan sesin perdeye çarpma açısı
- ii. Gürültü kaynağına ilişkin faktörler:
  - ii.i. Kaynak çeşidi
  - ii.ii. Kaynakta oluşan sesin frekans spektrumu
  - ii.iii. Zamana bağlı gürültü düzeyi değişimi
- iii. Çevreye ilişkin faktörler:
  - iii.i. Zemin
  - iii.ii. Rüzgâr

Gürültü perdeleri, yapım yöntemlerine göre üç sınıfta gruplandırılabilir:

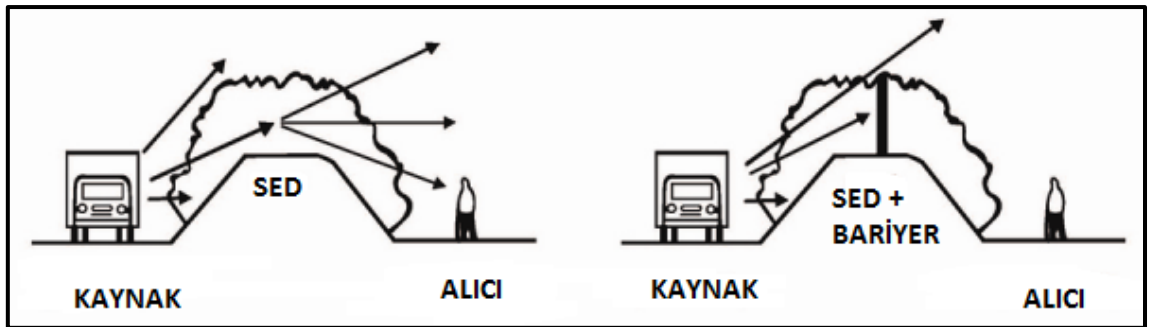
- i. Doğal Engeller:
  - i.i. Arazi engebeleri,
  - i.ii. Doğal tepeler,
  - i.iii. Paralelkenar enkesitli toprak yığınları,
  - i.iv. Bitkilendirme,
- ii. Yapma Engeller:
  - ii.i. Kaynak çevresinde belli bir mesafe boyunca sürekli uzanan masif çit veya perdeler,
  - ii.ii. Çevre kotundan alçaktaki kaynakların üçgen enkesitli istinat duvarları,
  - ii.iii. Çevre kotundan yüksekteki kaynakların bordürleri ve yatay uzantıları
  - ii.iv. Kaynağa paralel uzanan yapılar,
- iii. **Her İkisinin Kombinasyonu:** Toprak yığma üzerinde yapma bir engel/perde tasarımı olarak üçüncü bir grup olarak ele alınabilir.

Gürültü perdelerinin uygulanma mantığının temelinde gürültü seviyesinin azalmasını sağlamak için gürültünün alıcıya doğrudan değil, dolaylı yoldan iletilmesidir. Bu nedenle gürültü perdelerinin uygulamasında farklı materyal, form ve nitelikler seçilebilir. Gürültünün perdeye çarparak kırınımında ise, engelin üstünden geçen akustik enerjinin bir kısmı aşağıya doğru kırılır. Ses yutucu özeliği yüksek olan perdelerin seçimi ile gürültünün, kaynağın bulunduğu tarafa yansması azaltılabilir. Şekil 5.2’de gürültü perdesi üretiminde kullanılan bazı yapı malzemelerinin kalınlık ve ses yutuculuk nitelikleri, Şekil 5.3’de de sadece doğal gürültü bariyeri kullanımı ile, doğal ve yapay bariyerlerin ortak kullanımı arasındaki fark gösterilmiştir.

**Şekil 5.2: Bazı gürültü perdesi materyallerinin kalınlık ve ses yutuculuk özellikleri**



**Şekil 5.3: Doğal gürültü bariyeri kullanımı ile doğal ve yapay bariyerlerin ortak kullanımı arasındaki fark**



Doğal perdelerin uygulamasında tercih edilen bitkilerin boyu, yaprakların türü, bitki yaprak ve dallarının kapladığı hacim, yaprakların sıklığı ve mevsime göre yapraklarını döküp dökmemesi gibi etkenler önem taşır. Ağaç ve çalılardan oluşturulan perdelerde optimum sonuç alınabilmesi için perdelerin gürültü kaynağına minimum, alıcıya ise maksimum mesafede konumlandırılması gerekmektedir.

Yapay gürültü perdelerinde genellikle ahşap, beton, metal, gabyon plastik, PVC Şekil ve fiberglas malzemeleri kullanılır. Malzeme seçimi perdenin uygulanacağı yerin yerel dokusuna ve uygulanacak alan için en verimli gürültü engelleme performansına bakılarak seçilir.

## 5.2. GÜRÜLTÜ PERDELERİNİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Bu başlık altında, 5.1’de bahsi geçen gürültü perdelerinin uygulama örneklerine yer verilmiştir.

### Şekil 5.4: Hollanda’da ahşap gürültü bariyeri uygulaması



*Kaynak:* (Koninklijke Houthandel Wijma, 2016)

**Şekil 5.5: Hollanda'da Şekil 5.3'de görülen ahşap gürültü perdesinin çelik konstrüksiyon üzerine montajı**



*Kaynak: (Koninklijke Houthandel Wijma, 2016)*

**Şekil 5.6: Prekast betondan imal edilmiş bir gürültü perdesi**



*Kaynak: (Precast/Prestressed Concrete Institute, 2013)*

**Şekil 5.7: Almanya'da raylı sistem çevresine uygulanan gabyon gürültü perdesi ve otoban kenarına uygulanan beton ve bitkilendirmenin birlikte kullanıldığı gürültü perdesi**



*Kaynak: (Dong, 2016)*

**Şekil 5.8: Bingen am Rhein'de şehir dışı raylı sistem çevresine uygulanan kısa, gabyon gürültü perdesi**



*Kaynak: (Hering International, 2016)*

**Şekil 5.9: Çin'in Şangay ilinde yer alan otoban çevresine PVC gürültü perdesi uygulaması**



*Kaynak: (Mert, 2016)*

**Şekil 5.10: Çin'in Şangay ilinde yer alan anayol çevresine PVC gürültü perdesi uygulaması**



*Kaynak: (Mert, 2016)*

**Şekil 5.11: Çin'in Şangay ilinde yer alan anayol çevresine uygulanan metal ve PVC karma kullanımlı gürültü perdesi**



*Kaynak:(Mert, 2016)*

**Şekil 5.12: Little Haiti, Miami'de desenli prekast betonarme gürültü bariyeri uygulaması**



*Kaynak: (Mert, 2016)*



## 6. SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ TREN HATTI'NIN İNCELEMESİ

### 6.1. SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ HATTI'NIN GÜZERGÂHI VE KENT İÇİNDEKİ YERİ

Gebze-Halkalı Banliyö Tren Hattı; İstanbul'un Avrupa ve Asya yakalarındaki demiryolu hatlarının, iyileştirmeler ve geliştirmeler uygulanarak, İstanbul Boğazı altından geçen bir tüp tünelle birleştiği bir raylı sistem projesidir. Sirkeci Halkalı Banliyö Hattı ise Marmaray olarak da bilinen Gebze-Halkalı Banliyö Tren Hattı'nın Avrupa Yakasında kalan ikinci fazının Avrupa Yakası kısmıdır. Marmaray'ın Sirkeci-Halkalı fazı, toplam uzunluğu 76,3 km olan Gebze-Halkalı Banliyö Hattı'nın 20 km'lik kısmını oluşturmaktadır.

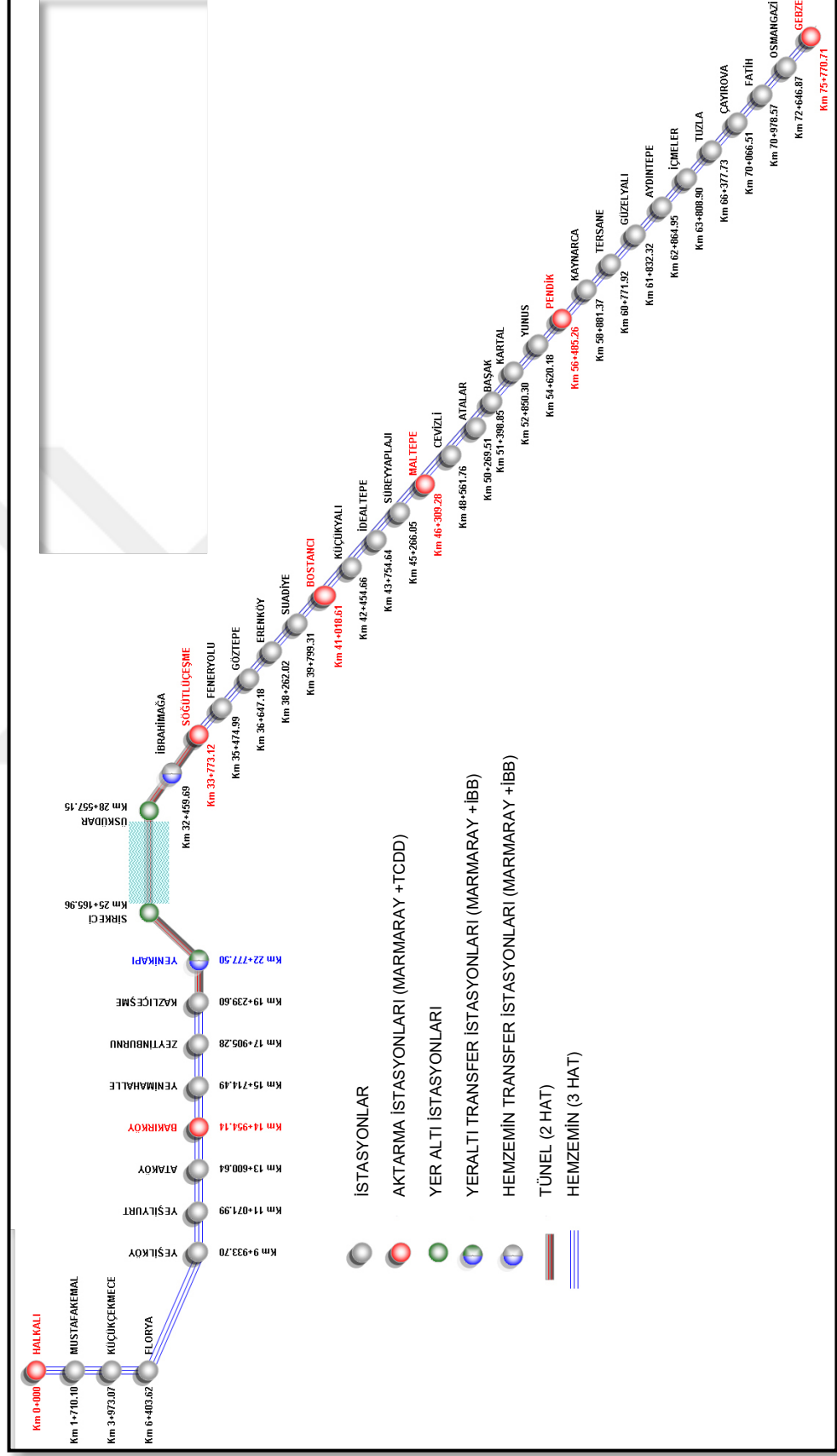
Gebze-Halkalı Banliyö Hattı, Türkiye'nin hem proje hem de imalat olarak en zorlu projesi olarak değerlendirilmektedir. 62,7 km'lik kısmı yer üstünde, 13,6 km'lik kısmı da yer altında giden Türkiye'nin en geniş çaplı kent içi raylı sistem altyapı projesinin, İstanbul'un Avrupa ve Asya uçlarını bir araya getiriyor olması ve 75.000 yolcu/saat'lik yolcu kapasitesi ile İstanbul'un ulaşım problemine büyük bir katkı sağlayacağı kesindir. Gebze-Halkalı Banliyö Hattı'na ait sayısal veriler Tablo 6.1, hatta ait güzergâh ise Şekil 6.1'de verilmiştir.

**Tablo 6.1: Gebze-Halkalı Banliyö Hattı Sayısal Verileri**

Toplam Hat Uzunluğu	76,3 km
Demiryolu Boğaz Geçişi Kesimi Toplam Uzunluğu	13,6 km
Delme Tünel Uzunluğu	9,8 km
Batırma Tünel Uzunluğu	1,4 km
Aç-Kapa Tünel Uzunluğu	2,4 km
Yer Altı İstasyon Sayısı	3
Yüzeydeki İstasyon Sayısı	37
Anadolu Yakası'nda Eklenen Yeni İstasyon Sayısı	10
Avrupa Yakası'nda Eklenen Yeni İstasyon Sayısı	2
Minimum İstasyon Uzunluğu	225 m
Yolculuk Sayısı	75.000 yolcu/saat/yön
Maksimum Eğim	% 18
Maksimum Hız	100 km/saat
Maksimum Ticari Hız	45 km/saat
Tren Sefer Periyodu	2-10 dk.
Yolculuk Süresi	105 dk/yön
Araç Sayısı	440 (2015 yılı)

*Kaynak:* (T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2013)

**Şekil 6.1: Gebze-Halkalı Banliyö Hattı Güzergahı**



Ayrıca Şekil 6.2'deki İstanbul ilçe haritasında da görüldüğü üzere proje güzergâhı Küçükçekmece, Bakırköy, Zeytinburnu, Fatih ve Eminönü ilçelerinden sonra İstanbul Boğazı'nı tüp geçitle geçip Üsküdar, Kadıköy, Maltepe, Kartal ve Pendik ilçeleri üzerinden Tuzlaya varmaktadır.

**Şekil 6.2: Gebze-Halkalı Banliyö Hattı güzergahının geçtiği ilçeler**



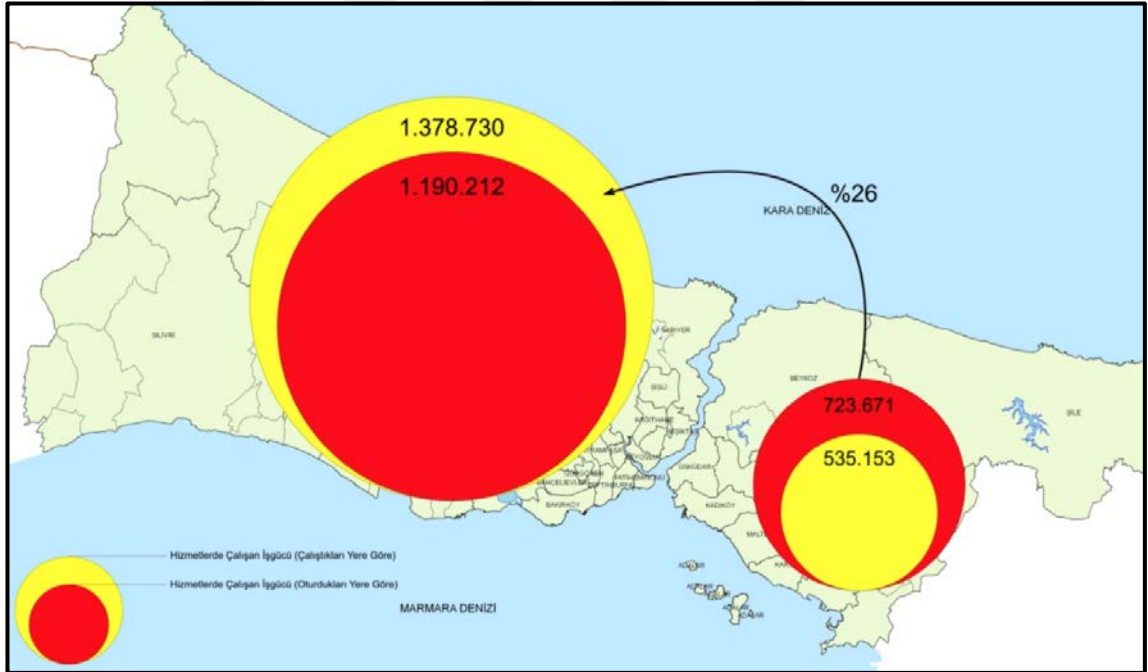
İstanbul'un en önemli problemlerinden biri olarak ele alınabilecek olan trafik sorununun en belirgin olduğu noktalardan birisi de iki yakayı birbirine bağlayan noktalarda yaşanan trafik yoğunluğudur. Bu noktalardaki yoğunluk, bu noktaların yakalardaki devamı olan ana arterlerdeki trafik sıkışıklığına da etki etmekte ve ana arterlerde görülen trafik yoğunluğunu önemli bir oranda artırmaktadır. Anadolu ve Avrupa yakalarındaki İstanbul iş gücü ve istihdam istatistikleri Tablo 6.2'de verilmiştir.

**Tablo 6.2: Avrupa ve Anadolu yakalarındaki iş gücü ve istihdam yüzdeleri**

	Avrupa Yakası	Anadolu Yakası	Kaynak
<b>İş Gücü</b>	%62	%38	(Türkiye İstatistik Kurumu, 2000)
<b>İstihdam</b>	%72	%28	(Türkiye İstatistik Kurumu, 2002)

Gün içerisinde İstanbul'daki trafiğin en yoğun olduğu anlar iş ve ev arası seyahatlerin yapıldığı saatlerdir ve İstanbul'da çalışan bir çok insan, iş ve evleri arasındaki seyahatler için kıta değiştirmektedir. Yakalara göre istihdam ve çalışma kişi sayıları göz önüne alındığında; Avrupa Yakası'ndan istihdam edilen 1.378.730 kişinin (Türkiye İstatistik Kurumu, 2002) tamamı Avrupa yakasında ikamet ediyor olsa bile, Avrupa yakasında yaşayan çalışan kişi sayısının yine bu yakadaki toplam istihdam sayısını karşılamadığı görülmekte ve bu açığı kapatmak için Asya Yakası'ndan Avrupa'ya işgücü akışı olması gerekmektedir. Avrupa Yakası'nda yaşayan 1.190.212 kişilik hizmet işgücünün (Türkiye İstatistik Kurumu, 2000) hepsinin Avrupa yakasında çalıştığı varsayıldığında ise Asya yakasında yaşayan hizmet iş gücünün % 26'sının, yani 188.518 kişinin, günlük olarak Asya yakasından Avrupa yakasına seyahat etmesi gerektiği görülmektedir (İstanbul Metropolitan Planlama, 2005). İstanbul'un Anadolu ve Avrupa yakaları arasındaki hizmet iş gücü ve istihdam farklarına dair istatistikler Şekil 6.3'de verilmiştir.

**Şekil 6.3: İstanbul'un Anadolu ve Avrupa yakaları arasındaki hizmet işgücü ve istihdam farkları**

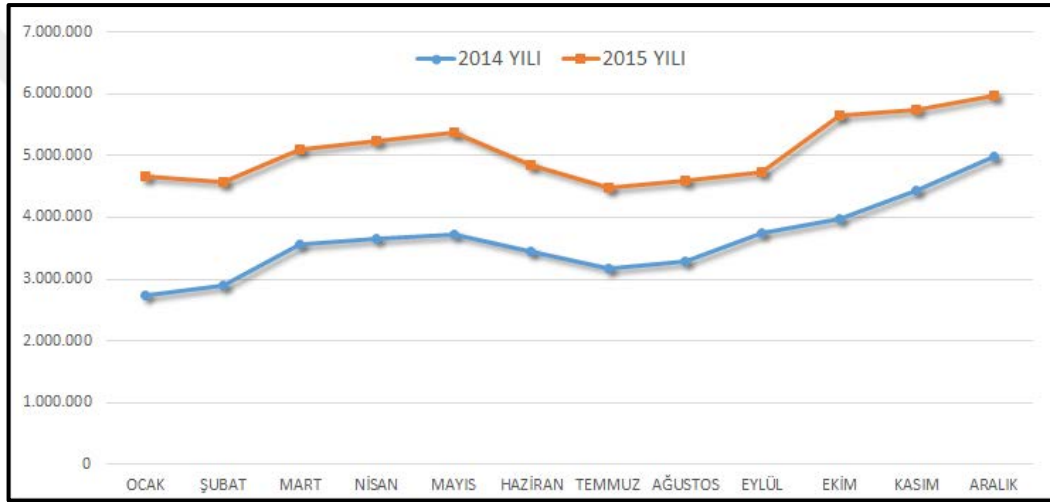


Kaynak: (İstanbul Metropolitan Planlama, 2005)

İki yaka arasındaki iş gücü akışına diğer günlük seyahatler de eklendiğinde, Avrupa ve Asya arasındaki geçiş noktalarında yaşanan trafik sorununun boyutunun, karayollarında yapılacak iyileştirilme ile çözülemeyecek kadar karmaşık olduğu söylenebilir. İki yaka arasındaki yolcu akışının karayoluna bağlı olmayan toplu taşıma yöntemlerine yönlendirilmesi, karayolundaki trafiğin azalmasını sağlayacak, yolcu akışının ise daha

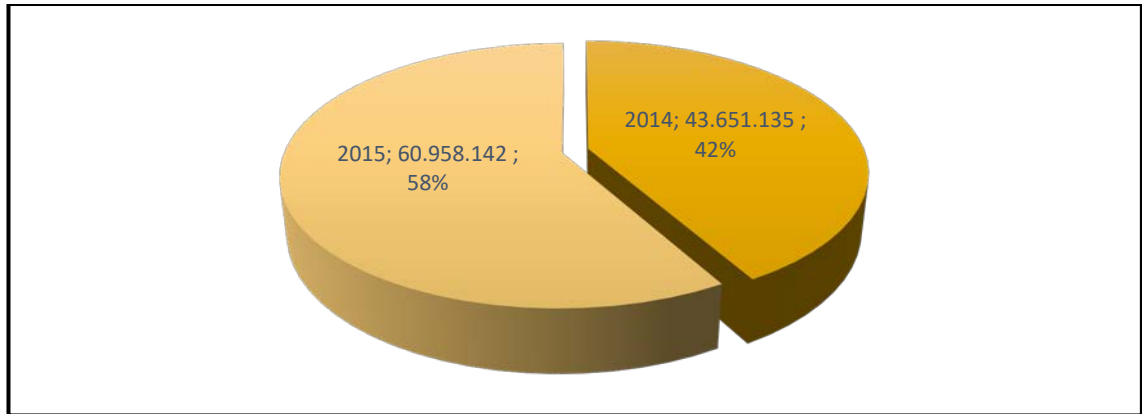
sistematik ve öngörülebilir hale gelmesini olanaklı kılacaktır. Gebze-Halkalı Banliyö Hattı'nın sahip olduğu en önemli özellik ise projenin birinci fazı olan Ayrılıkçeşme-Yenikapı arasındaki Boğaz geçiştir. Bu geçişin açılmasından önce iki yaka arasındaki karayoluna alternatif olan tek toplu taşımanın deniz yolu olduğu düşünülürse, İstanbul'un önemli ve entegrasyona müsait noktalarına konumlanmış 5 istasyonu ile bu geçişin, yolculara sağladığı kolaylık tahayyül edilebilir. Marmaray Boğaz Geçişi'nin 2014 ve 2015 yıllarına ait aylık ve yıllık yolcu sayılarına dair grafik Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'de, yine bu yıllara ait istasyonlara göre ortalama yolcu dağılım yüzdeleri de Şekil 6.6'de verilmiştir.

**Şekil 6.4: 2014-2015 yıllarına ait Marmaray Boğaz Geçişi aylık yolcu grafiği**



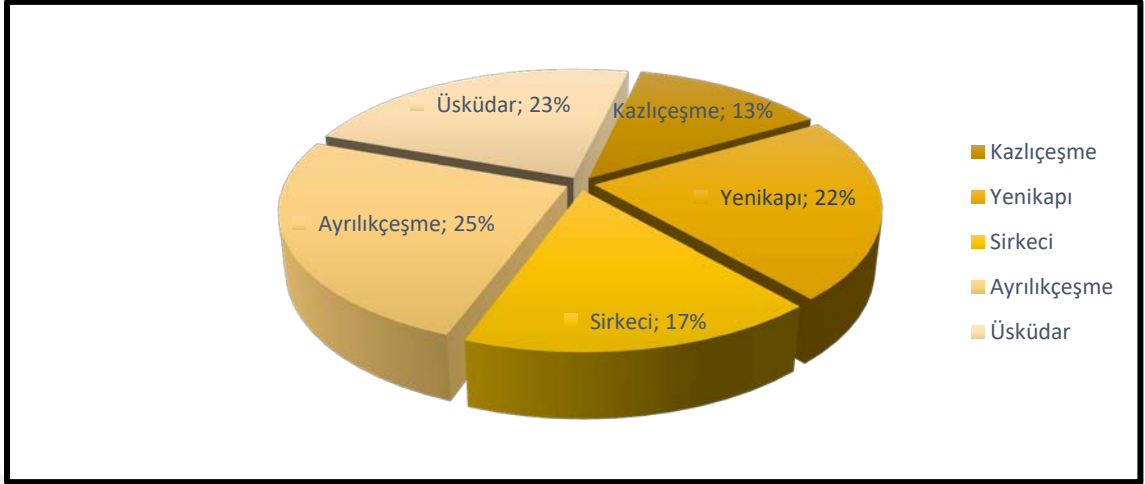
Kaynak: (T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2015)

**Şekil 6.5: 2014-2015 yıllarına ait Marmaray Boğaz Geçişi yıllık yolcu sayısı grafiği**



Kaynak: (T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2015)

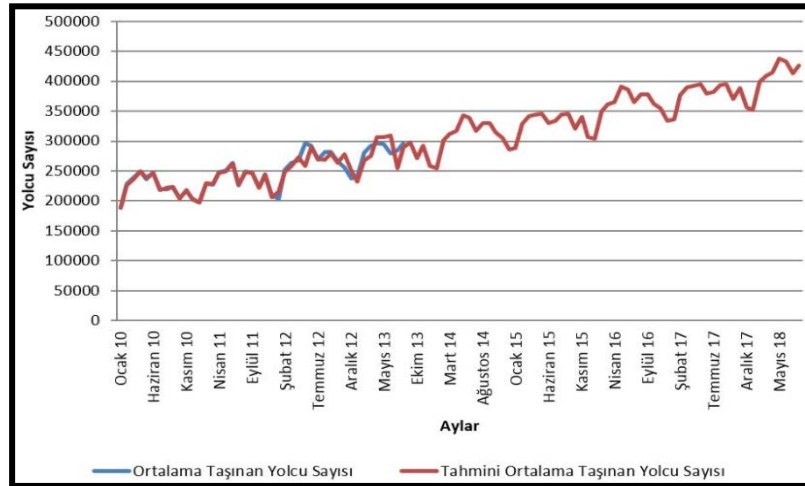
**Şekil 6.6: Marmaray'ın 2014-2015 yılları aylık ortalama istasyonlara göre yolcu dağılımı**



*Kaynak: (T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2015)*

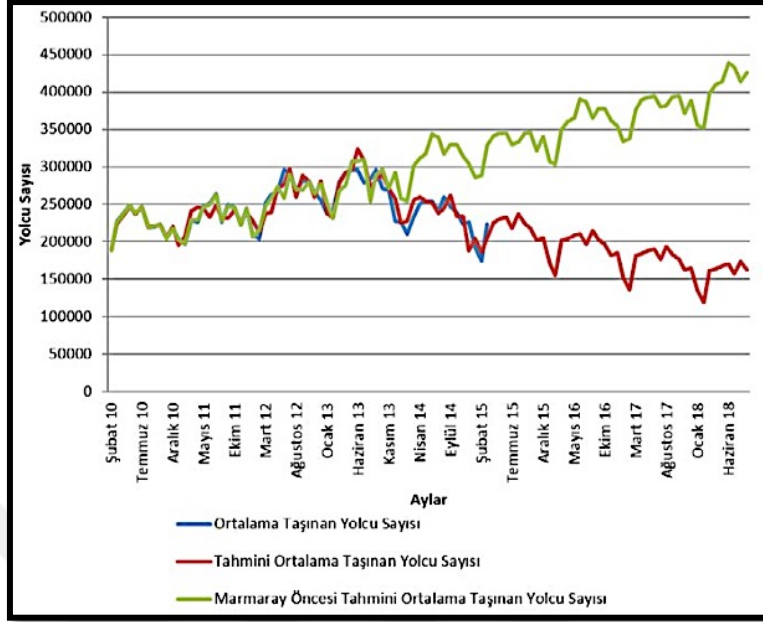
Şekil 6.4'de görüldüğü üzere 2015 yılındaki yolculuk sayısında, 2014 yılına göre yaklaşık yüzde 51 artış gözlemlenmektedir. Bu artış, insanların toplu taşımada alternatiflere yönelmeye olan eğilimini kanıtlar niteliktedir. İki yaka arasında Marmaray Boğaz Geçişi'nin alternatiflerinden biri olan denizyolu ulaşımına ait İstanbul Kalkınma Ajansı (İSTKA) tarafından Marmaray Boğaz Geçişi hizmete girmeden önce ve sonra hazırlanan taşınan ve tahmini taşınacak yolcu sayısı grafikleri Şekil 6.7 ve Şekil 6.8'de verilmiştir (Cancı, et al., 2015).

**Şekil 6.7: Marmaray hizmete girmeden önce toplam taşınan yolcu sayısı ve tahmini yolcu sayısı**



*Kaynak: (Cancı, et al., 2015)*

**Şekil 6.8: Marmaray hizmete girdikten sonra toplam taşınan yolcu sayısı ve tahmini yolcu sayısı**



Kaynak: (Cancı, et al., 2015)

Şekil 6.7 ve Şekil 6.8’de Marmaray Boğaz Geçişi’nin, denizyolu ulaşımına olan etkisi net bir şekilde görülmektedir. Marmaray Boğaz Geçişi hizmete girmeden önce 2018 yılı için yapılan yolcu sayısı tahmini 400.000-450.000 kişi iken, Marmaray Boğaz Geçişi’nin hizmete girmesinden sonra bu değerler 150.000-200.000 kişi aralığına düşmüş, neredeyse yüzde 50 oranında azalmıştır (Cancı, et al., 2015). Bu değerlere bakarak, toplu taşıma kullanan kişilerin, İstanbul’un iki yakası arasındaki geçiş için raylı sistem alternatifini denizyoluna eşit oranda tercih ettiğini ve gelecek dönemlerdeki tahmini yolcu sayısına bakarak da Marmaray Boğaz Geçişi’nin, denizyolu ulaşımındaki ağırlığın büyük bir bölümünü üstleneceği görülebilir.

İki yakanın sadece merkezi beş noktasını birbirine bağlayan Marmaray Boğaz Geçişi’nin bu istatistiklerine dayanarak, projenin ikinci fazı tamamlandığında İstanbul’un iki yakasını ve toplamda 11 kalabalık ve çok fonksiyonlu ilçesini birbirine bağlayan Gebze-Halkalı Banliyö Hattı’nın ortaya çıkaracağı yolcu potansiyeli ile kara ve deniz yollarına güçlü bir alternatif yaratacağı yadsınamaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra Avrupa ve Anadolu yakaları arasındaki iş gücü akışı ve Marmaray Boğaz Geçişi’ne dair yolcu istatistiklerine bakılarak, Sirkeci-Halkalı Banliyö Hattı’nın gerek

sadece Avrupa Yakası sınırlarındaki yolcu akışında, gerekse Anadolu Yakası'nda Avrupa Yakası'na geçen yolcu akışında hattın en yoğun kesimi olacağı öngörülebilmektedir. Küçükçekmece, Bakırköy, Zeytinburnu, Fatih ve Eminönü ilçelerinden geçen hattın bu kesimi, Avrupa Yakası'nın mesken, ticari ve endüstriyel tüm bölgelerine hitap etmektedir.

## 6.2. SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ HATTI'NDA KULLANILACAK OLAN ARAÇ TIPLERİ VE ÇEVRE GÜRÜLTÜSÜNE ETKİLERİ

Avrupa Birliği normları ve T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirtilen demiryolu kaynaklı gürültü verileri, bir dizi hesaplama yöntemi aracılığı ile elde edilir. Bu hesaplamalarda Hollanda RMR-SRM II hesaplama yönteminin (VROM, 1996) kullanılması önerilmektedir. Marmaray Boğaz Geçişi'nde kullanılacak tren tipleri Avrupa Birliği ve T.C. çevren ve Şehircilik bakanlığı normlarına uygun olarak;

- i. IC Yolcu Treni - Kategori 2,
- ii. Yüksek Hızlı Tren – Kategori 9,
- iii. Yük Treni – Kategori 4,
- iv. Banliyö Trenleri – Kategori 7 olarak gruplanmıştır. Bu gruplama yapılırken, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti Yönetmeliklerinde yer alan kategoriler ile Marmaray'da kullanılacak vagonlar eşleştirilmiştir (T.C. Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğü Yük Dairesi Başkanlığı, 2011).

Gebze-Halkalı Banliyö Tren Hattı'nın Sirkeci-Halkalı ayağında kullanılacak olan araçların tren geçiş sayıları Tablo 6.3 ve Tablo 6.4'de, demiryolu araç sınıflandırması ise Tablo 6.5'de verilmiştir.

**Tablo 6.3: Kazlıçeşme – Yeşilköy Arası Tren Geçiş Sayıları**

Kategori (SRM)	Motor	Fren	Hız (km/s)	Tren Geçiş Sayısı/saat								
				Gündüz			Akşam			Gece		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Kategori 9	Elektrik	Disk	100	-	-	3,1	-	-	3,1	-	-	3,1
Kategori 4	Dizel	Blok	60	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8	1,8
Kategori 7	Elektrik	Disk/Blok	80	12	13	-	6,3	6,3	-	-	-	-

Kaynak: (Emekli, et al., 2013)



**Tablo 6.4: Yeşiköy – Halkalı Arası Tren Geçiş Sayıları**

Kategori (SRM)	Motor	Fren	Hız (km/s)	Tren Geçiş Sayısı/saat								
				Gündüz			Akşam			Gece		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Kategori 9	Elektrik	Disk	100	-	-	3,1	-	-	3,1	-	-	3,1
Kategori 4	Dizel	Blok	60	-	-	-	-	-	-	1,8	1,8	1,8
Kategori 7	Elektrik	Disk/Blok	80	6,3	6,3	-	3,1	3,1	-	-	-	-

Kaynak: (Emekli, et al., 2013)

**Tablo 6.5: Demiryolu araçlarının RMR'ye göre kategorizasyonu**

1. Kategori	Tipik hızı 60 ila 130 km/saat olan Alman demiryolları DB'nin lastikli frenlere sahip konvansiyonel elektrikli yolcu trenleri ile (uluslararası) vagonları
2. Kategori	Elektrikli lokomotifli, tipik hızı 80 ila 140 km/saat arasında olan, SCNF ve TEE'ye ait diskli frenlere ve ilaveten lastikli frenlere sahip elektrikli yolcu trenleri ve (uluslararası) vagonlar
3. Kategori	Tipik hızı 60 ila 120 km/saat arasında olan, fark edilir şekilde elektrikli makine gürültüsü çıkaran, daha kısa mesafelerde seyreden, diskli frenlere sahip banliyö trenleri
4. Kategori	Tipik hızı 40 ila 80 km/saat arasında olan, lastikli frenlere sahip nakliye trenleri
5. Kategori	Tipik hızı 40 ila 80 km/saat arasında olan, lastikli frenlere sahip dizel yolcu trenleri
6. Kategori	Tipik hızı 40 ila 120 km/saat arasında olan, diskli frenlere sahip dizel yolcu trenleri
7. Kategori	Tipik hızı 40 ila 80 km/saat arasında olan, diskli frenlere sahip şehir içi metro, tramvay ve hafif raylı sistemler
8. Kategori	Tipik hızı 40 ila 160 km/saat arasında olan, diskli frenlere sahip modern ve güncel elektrikli yolcu trenleri (çift katlı trenler dahil)
9. Kategori	Tipik hızı 150 ila 250 km/saat arasında olan, diskli ve lastikli frenlere sahip, TGV-PBA ve Thalys yüksek hızlı trenleri

Kaynak: (Shilton, 2014)

Yukarıda yer alan tablolarda görülebileceği üzere Sirkeci-Halkalı Banliyö Tren Hattı'nda gündüz ve akşam vakit aralıklarında ağırlıklı olarak şehir içi toplu taşıma amaçlı olarak kullanılan 7. Kategori trenler, gece vakit aralığında ise 4. Kategoriyeye dahil olan nakliye amaçlı trenler kullanılmaktadır. İşletmedeki maksimum hızı 100 km/s olan Kategori 9'a dahil yüksek hızlı trenler ise seyrek de olsa günün her vakit aralığında seyir göstermektedir.

Hızından dolayı en yüksek gürültü faktörünü 9. Kategoriyeye dahil olan YHT'nin oluşturacağı barizdir ancak Kategori 7'ye dahil olan şehir içi yolcu taşımacılığında kullanılacak olan araçlar, her ne kadar işletmedeki maksimum hızları 80 km/s olsa da, günün daha büyük bir bölümünde ve daha sık bir işletmeye sahip olduklarından dolayı sürekli bir gürültü yaratacak ve uzun süreli maruziyet oluşturacaktır. 4. Kategori'ye dahil olan nakliye amaçlı araçlar ise düşük işletme hızlarına rağmen seferlerinin gece gerçekleşmesinden dolayı belirgin bir gürültü oluşturacaktır.

## **7. SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ HATTI ÜZERİNDE GÜRÜLTÜ BARIYERİ UYGULAMASI**

### **7.1. SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ HATTI'NDA GÜRÜLTÜ BARIYERİ UYGULANMASININ NEDENLERİ**

Sirkeci-Halkalı Banliyö Hattı, günün her saatinde farklı özellikteki araçların farklı amaçlar ile işlediği bir hat olarak karşımıza çıkmaktadır. Uzun bir hat olması ve önceki bölümlerde öngörülen yolcu ve lojistik yoğunluğu sebebiyle ortaya çıkaracağı gürültü, eğer kontrol altına alınmaz ise şehrin çok geniş bir kesiminde maruziyete sebebiyet verecektir.

Bahsi geçen raylı sistem hattı temelde, var olan bir hattın iyileştirilmesine dayanmaktadır ve bu hattın çevresi mesken, ticari, kamusal ve endüstriyel fonksiyonlar ile hattın açıldığı ilk zamanlardan itibaren sarılmıştır. Halihazırda kalabalık bir yapılı çevre arasında yer alan ve yenilenen bu hattaki gürültü kontrolünde, uygulanabilecek gürültü kontrol yöntemleri sınırlıdır. Sistemin kendi içerisinde uygulanan gürültü kontrol yöntemleri haricinde bazı noktalarda ek gürültü kontrol yöntemlerine gerek duyulabilir. Bu gibi noktalarda ise az alanda, verimli ve hem teknik hem de mimari olarak kolaylıkla tasarlanabilir bir çözüm olarak gürültü bariyeri uygulaması en pratik gürültü kontrol alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **7.2. SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ HATTI'NDA GÜRÜLTÜ ANALİZİ**

Gürültü bariyerlerinin nereye ve ne koşullarda uygulanacağına karar verilebilmesi için öncelikle gürültü kaynağına dair analizler yapılması gerekmektedir. Bu analizler belli noktalardan gürültü ölçümü ve gürültü kaynağının çevresindeki alan kullanımlarını kapsar. Çalışmanın bu bölümünde öncelikle gürültü kaynağı olarak ele alınan Sirkeci-halkalı Banliyö Tren Hattı'nın çevresindeki kullanım alanları irdelenecek, sonrasında ise gürültü perdesi uygulanabilecek alan kullanımına sahip kesimlerdeki gürültü ölçümleri değerlendirilerek gürültü perdeleri konumlandırılması gereken noktalar belirlenecektir.

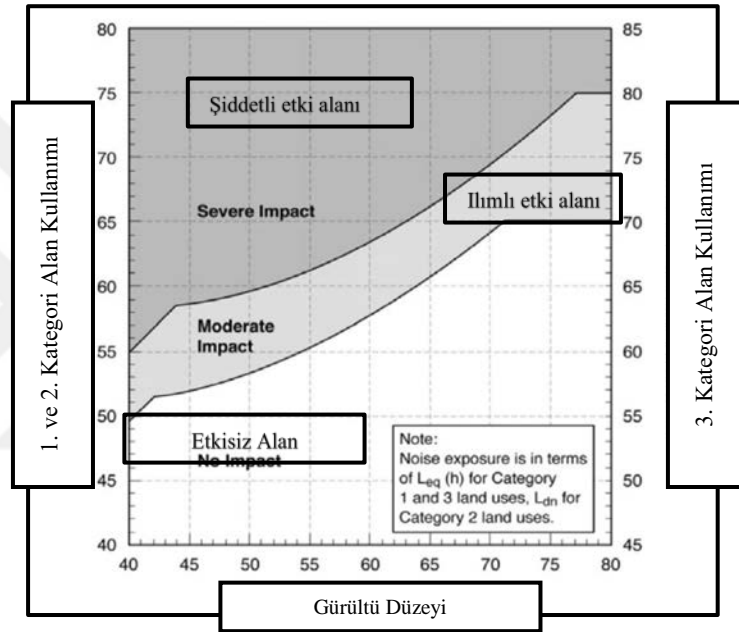
FTA'ya göre alan kullanım kategorileri Tablo 7.1'de, ulaşım projeleri için gürültü etki kriteri grafiği Şekil 7.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 7.1: FTA'ya göre alan kullanım kategorileri**

Alan Kullanım Kategorisi	Alan Kullanım Kategorisinin Açıklaması
1. Kategori	Amfityatro, konser salonu, kent simgelerinin çevresi, kayıt stüdyoları gibi çevre gürültüsünün istenmediği ve sessizliğin önemli olduğu fonksiyonlar ve çevresi
2. Kategori	Mesken, konaklama, hastane gibi gece saatlerindeki gürültünün istenmediği alanlar.
3. Kategori	Gündüz ve akşam kullanımlarının birincil olduğu ve fonksiyonların gürültüden olumsuz etkileneceği; okul, kütüphane, tiyatro, kilise, camii, müze, mezarlık, rekreasyon alanları ve kampüs gibi mekanlar.

Kaynak: (Federal Transit Association, 2006)

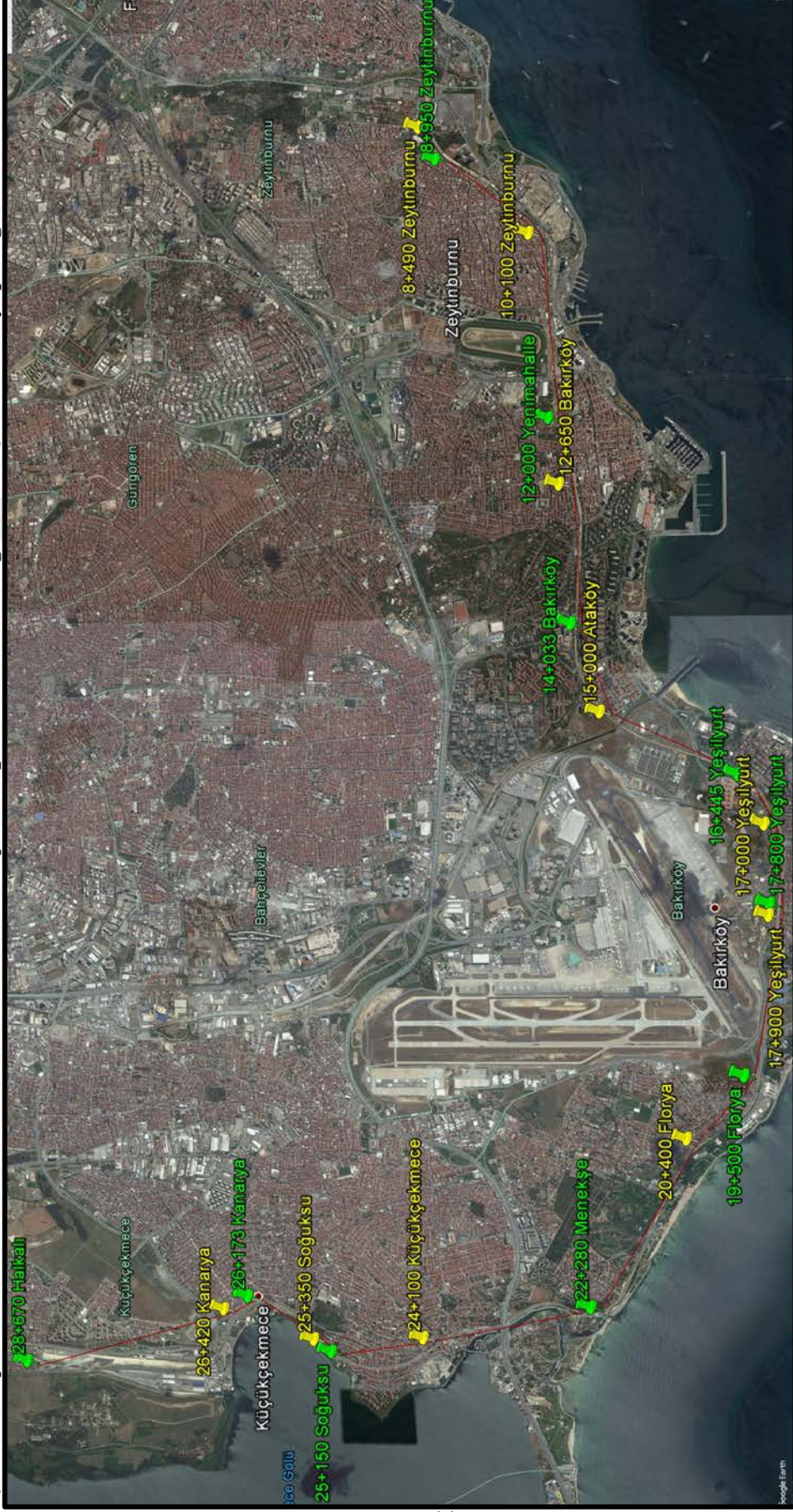
**Şekil 7.1: Ulaşım projeleri gürültü etki kriterleri**



Kaynak: (Federal Transit Association, 2006)

Bu kısımda CR3 Gebze-Halkalı Banliyö Hattı projesi için, projenin ana yüklenicileri OHL ve Invensys Rail Dimentronic tarafından idareye sunulan Çevre Gürültüsü Analizi Referans Gürültü Ölçüm Raporu'ndan (Frekans Acoustics ve ELC Group Consulting & Engineering Inc. Konsorsiyumu, 2013) alınan gürültü ölçüm verileri derlenmiş ve derlenen bu veriler Tablo 7.2'de verilmiştir. Gürültü ölçümlerinin yapıldığı noktaların haritası ise Şekil 7.2'de verilmiştir.

Şekil 7.2: Çevre Gürültüsü Analizi Referans Gürültü Ölçüm Raporu'ndan alınan gürültü ölçümlerinin yapıldığı koordinatlı noktalar



Kaynak: (Frekans Acoustics ve ELC Group Consulting & Engineering Inc. Konsorsiyumu, 2013)

**Tablo 7.2: Çevre Gürültüsü Analizi Referans Gürültü Ölçüm Raporu'ndan alınan gürültü ölçüm verileri ve verilerin Tablo 2.4'e göre analizi**

Ölçüm Noktası ve Kilometresi	LA <sub>eq</sub> (Gündüz) (dBA)	LA <sub>eq</sub> (Akşam) (dBA)	LA <sub>eq</sub> (Gece) (dBA)
Zeytinburnu / 8+490 km	63,48	61,65	59,05
Zeytinburnu / 8+950 km	63,40	59,03	57,83
Zeytinburnu / 10+100 km	65,61	63,18	60,04
Yenimahalle / 12+000 km	59,27	56,91	52,8
Bakırköy / 12+650 km	68,25	66,72	63,38
Bakırköy / 14+033 km	64,92	64,97	61,6
Ataköy / 15+000 km	73,01	72,86	69,7
Yeşilyurt / 16+445 km	75,30	58,39	63,93
Yeşilyurt / 17+000 km	61,53	57,07	57,57
Yeşilyurt / 17+800 km	63,41	61,56	59,34
Yeşilyurt / 17+900 km	67,03	61,23	57,57
Florya / 19+500 km	69,29	68,82	63,9
Florya / 20+400 km	67,89	66,88	63,27
Menekşe / 22+280 km	66,89	53,22	55,43
Küçükçekmece / 24+100 km	58,63	56,03	57,34
Soğuksu / 25+250 km	69,93	56,46	59,01
Soğuksu / 25+350 km	60,67	60,36	54,14
Kanarya / 26+173 km	68,12	80,71	50,84
Kanarya / 26+420 km	74,77	73,53	67,12
Halkalı / 28+670 km	82,32	51,68	53,61

Kaynak: (Frekans Acoustics ve ELC Group Consulting & Engineering Inc. Konsorsiyumu, 2013)

Tablo 7.2'de görülmekte olan, hat üzerindeki belirli kilometrelere ait gürültü ölçüm değerleri Tablo 2.4'de verilen ses düzeyleri ve bu düzeylerin insan sağlığı üzerine etkilerinin kategorilerine göre değerlendirilmiştir. Tablo 2.4'e göre 30-65 dBA aralığı konforsuzluk, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu gibi etkilere sebebiyet verirken; 65-90 dBA aralığında bu etkiler yerini kan basıncı artışı, solunum ve kalp atışlarında hızlanma, ani refleksler gibi fizyolojik etkilere bırakmaktadır. Tablo 7.1'de verilen, FTA tarafından tanımlanmış alan kullanım kategorilerinin gürültü düzeyinden etkilenme dereceleri de Şekil 7.1'de verilmiştir. Şekil 7.1'de verilen değerlere göre Tablo 7.2 değerlendirildiğinde ise, 1. ve 2. kategoriler için tabloda görülen tüm değerler ılıman ve aşırı etki altında kalmaktadır.

Genel değerlendirmede tüm ölçüm yapılan noktalarda gürültü kontrolüne ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir ancak tablonun genelinde, günün her saatinde 2. Derece gürültüye maruz kalan iki adet nokta bulunmaktadır. Bu noktalar Ataköy (15+000 km) ve Kanarya (26+420 km) ölçümlerinin yapıldığı noktalardır. Gündüz, akşam ve gece için LA<sub>eq</sub> değerlerinin hepsi 65dBA'nın üstünde yer alan bu iki noktadaki gürültü seviyesinin çevre sakinleri üzerine olan etkileri kontrol altına alınmak zorundadır. Bu noktalarda uygulanması gereken gürültü kontrol yöntemi için öncelikle noktaların fiziksel ve fonksiyonel çevrelerinin incelenmesi gerekmektedir.

### 7.2.1 Ataköy (15+000 km) Ölçüm Noktasının Çevresel İncelemesi ve Gürültü Bariyeri Uygulama Noktaları Tespiti

Ataköy (15+000 km) ölçüm noktasının fonksiyonlarına göre analizi Şekil 7.3'de verilmiştir.

**Şekil 7.3: Ataköy (15+000 km) ölçüm noktasının fonksiyonlarına göre analizi**



Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere, ölçüm noktasının çevresinde Atatürk Havalimanı (turuncu), endüstriyel alan (kırmızı) ve mesken, okul, ibadet alanı gibi fonksiyonları barındıran 2. ve 3. kategori kullanım alanları bulunmaktadır. Bu geometriye bakılarak gürültü bariyerlerinin, 2. ve 3. kategori kullanım alanlarının banliyö hattına bakan kısımlarına yerleştirmesi ile bu bölgelerde gürültü kontrolü sağlanabileceği söylenebilir. Gürültü bariyerlerinin yerleştirilmesi uygun olan yaklaşık konum Şekil 7.4'de magenta ile gösterilmiştir.

**Şekil 7.4: Ataköy (15+000 km) ölçüm noktası çevresine konumlandırılabilir gürültü bariyeri hatları (Magenta ile gösterilmiştir)**



### 7.2.2 Kanarya (26+420 km) Ölçüm Noktasının Çevresel İncelemesi ve Gürültü Bariyeri Uygulama Noktaları Tespiti

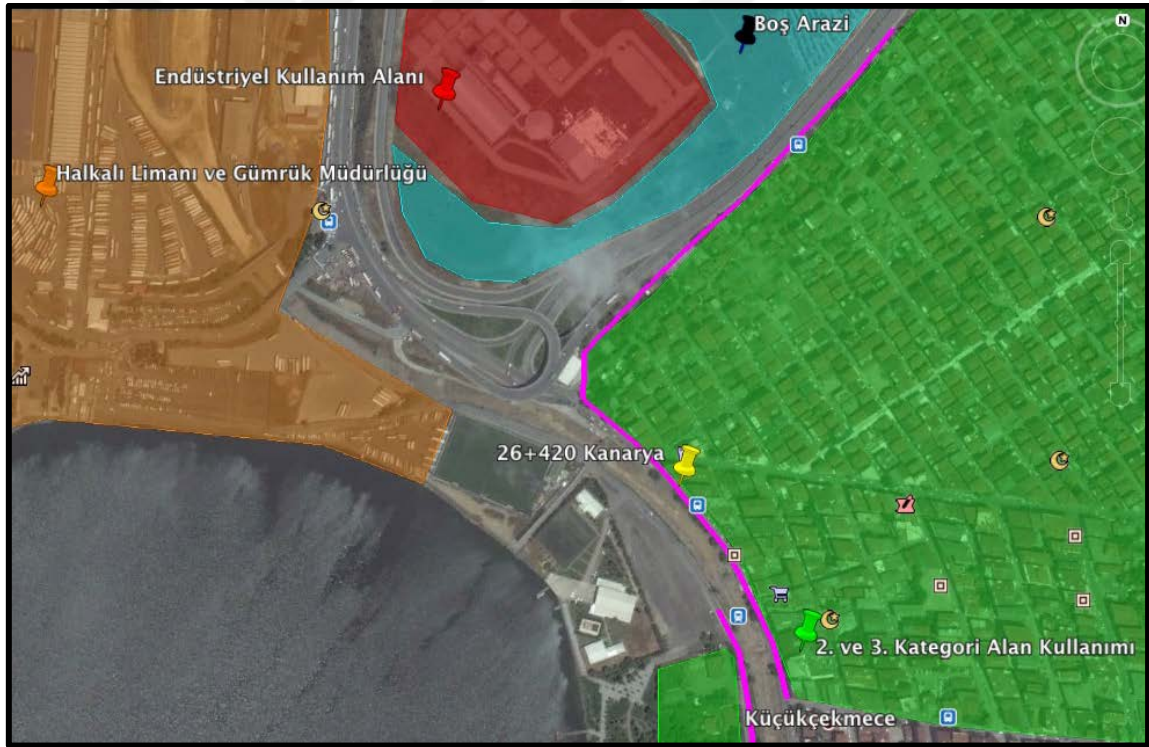
Kanarya (26+420 km) ölçüm noktasının fonksiyonlarına göre analizi Şekil 7.5’de verilmiştir.

**Şekil 7.5: Kanarya (26+420 km) ölçüm noktasının fonksiyonlarına göre analizi**



Şekil 7.5’de görüldüğü üzere Kanarya (26+420 km) ölçüm noktasının çevresi ağırlıklı olarak 2. ve 3. kategori kullanım alanlarından (yeşil) oluşmaktadır. Ayrıca noktanın çevresinde Halkalı Limanı ve Gümrük Müdürlüğü (turuncu), boş arazi (mavi) ve bu alanlara nazaran daha küçük bir geometriye sahip olan endüstriyel kullanım alanı (kırmızı) yer almaktadır. Bu kapsamda 2. ve 3. kategori kullanım alanı geometrisinin, banliyö tren hattına bakan yüzlerine yerleştirilecek olan gürültü bariyerleri ile bu bölge gürültüden izole edilebilir. Endüstriyel kullanım alanını çevreleyen boş arazi bir tampon bölge oluşturduğundan dolayı, hattın bu tarafına gürültü bariyeri uygulamasına gerek görülmemektedir. Şekil 7.6’da, fonksiyonların geometrilerine uygun biçimde konumlandırılan gürültü bariyerleri magenta ile gösterilmiştir.

**Şekil 7.6: Kanarya (26+420 km) ölçüm noktası çevresine konumlandırılacak gürültü bariyeri hatları (Magenta ile gösterilmiştir)**





### 7.3. SİRKECİ-HALKALI BANLIYÖ HATTI ÜZERİNDE BELİRLENEN NOKTALARDA GÜRÜLTÜ BARIYERİ UYGULAMASI ÇALIŞMALARI VE YAKLAŞIK MALİYETİ

#### 7.3.1 Ataköy (15+00 km) ve Kanarya (26+420 km) İstasyonları Çevresinde Yer Tespiti

Ataköy (15+000 km) ve Kanarya (26+420 km) istasyonlarının, gürültü analizi sonucunda, gürültü bariyeri uygulaması için en elzem istasyonlar olduğunun belirlenmesinin ardından bu bölgelere arazi gezisi gerçekleştirilmiş ve yer tespiti yapılmıştır. Yapılan yer tespitleri sonucunda iki istasyonun da yoğun konut ve kamusal fonksiyonlu bölgeler yakının da bulunduğu belirlenmiştir.

Ataköy İstasyonu'na ait arazi fotoğraflarından örnekler Şekil 7.7, 7.8, 7.9 ve 7.10'da verilmiştir. Şekillerde de görüldüğü üzere bölgede konut fonksiyonu yoğunluktadır. Şekil 7.9'da ise istasyon civarında bir alışveriş merkezi olduğu ve bu nedenle istasyon çevresindeki değişken insan yoğunluğunun fazla olduğu söylenebilir. Ayrıca tren hattının iki yanından geçen çift şeritli karayolunun da çevre gürültüsüne olan katkısı düşünüldüğünde, tren hattının bu bölgesinin gürültü açısından izole edilmesi uygun düşmektedir.

#### Şekil 7.7: Ataköy İstasyonu arazi gezisinden görseller



**Şekil 7.8: Ataköy İstasyonu arazi gezisinden görseller**



**Şekil 7.9: Ataköy İstasyonu arazi gezisinden görseller**



**Şekil 7.10: Ataköy İstasyonu arazi gezisinden görseller**



Şekil 7.11, 7.12, 7.13 ve 7.14, Kanarya İstasyonu'na ait arazi fotoğraflarıdır. İstasyon çevresinde konut yoğunluğu ile birlikte bir adet eğitim binası (Şekil 7.11) tespit edilmiştir. Ayrıca istasyonun iki tarafında ikisi de çift yön olmak üzere çift şeritli iki yol yer almaktadır. Tren hattı ve yol ile yerleşim bölgeleri arasında ise herhangi bir tampon bölge yer almamaktadır. Bu nedenle bu çevrede de gürültü bariyerleri uygulaması, çevre kalitesine faydalı olacaktır.

**Şekil 7.11: Kanarya İstasyonu arazi gezisinden görseller**



**Şekil 7.12: Kanarya İstasyonu arazi gezisinden görseller**



**Şekil 7.13: Kanarya İstasyonu arazi gezisinden görseller**



**Şekil 7.14: Kanarya İstasyonu arazi gezisinden görseller**



### **7.3.2 Ataköy (15+00 km) ve Kanarya (26+420 km) İstasyonları Çevresinde Gürültü Bariyeri Uygulaması Çalışmaları**

Elde edilen veriler çerçevesinde yerlerine karar verilen gürültü bariyerleri için yapılan mimari tasarımlar, yer tespiti esnasında çekilen fotoğraflardan bazılarına aplane edilmiş ve konuya görsel bir yaklaşım sağlanmaya çalışılmıştır. İlgili aplikasyon görselleri Şekil 7.15, 7.16 ve 7.17’de görülebilir.

Gürültü bariyerlerinin tasarımında, bariyerleri taşıyan ayaklar çelik veya beton; bariyeri oluşturan konkav strüktür ise alüminyum kompozit veya beton malzeme düşünülmüştür. Bariyerlerin imaları ise prekast olarak gerçekleştirilecek şekilde planlanmıştır. Bariyerleri taşıyan beton ayaklar, aynı zamanda aydınlatma olarak da kullanılabilir.

**Şekil 7.15: Kanarya İstasyonu çevresinde gürültü bariyeri uygulaması görsel çalışması**



**Şekil 7.16: Kanarya İstasyonu çevresinde gürültü bariyeri uygulaması görsel çalışması**



**Şekil 7.17: Ataköy İstasyonu çevresinde gürültü bariyeri uygulaması görsel çalışması**



### **7.3.3 Tasarlanan Gürültü Bariyerlerinin Yaklaşık Maliyeti**

Tasarımlar için, üretilen aplikasyon örnekleri üzerinden alınan fiyat teklifleri Tablo 7.3'de verilmiştir.

**Tablo 7.3: Tasarlanan gürültü bariyerleri için alınan KDV hariç fiyat teklifleri**

<b>Teklif No</b>	<b>Teklif Tarihi</b>	<b>Malzemeler</b>	<b>Miktar</b>	<b>Birim</b>	<b>Fiyat</b>
<b>Teklif 1</b>	<b>29.03.2017</b>	<b>-Alüminyum panellerden oluşmaktadır</b> <b>-15 kg/m2 ağırlığındadır</b> <b>-Çelik kolonlar sadece direk olarak hesaplanmıştır.</b> <b>-Betonarme işçilikleri hariçtir.</b>	<b>1,00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>€110,00</b>
<b>Teklif 2</b>	<b>03.04.2017</b>	<b>-Şeffaf Panel</b> <b>*Transparan: 15 mm kalınlıkta XT Akrilik kristal net levha,</b> *Panel Ebadı: Uzunluk = 2000 mm, Yükseklik = 3000 mm Kalınlık = 15 mm *Renk: Şeffaf -Tek Taraflı Alüminyum Gürültü Kontrol Paneli Alüminyum profil yan kapaklar ve üzerinde EPDM-contalı montaj çıtaları *Ekstrüde alüminyum profil alt ve üst kirişler, özel perçinleme ile rijit panel davranışı * Yutucu panel: 50 mm kalınlıkta taş yünü, özgül ağırlığı 100 kg/m3, ön tarafı siyah cam tülü ile kaplanmış, * Ön ve Arka Alüminyum Ondüle Plaka 1,2 mm, ø 6 mm delikli * Panel Ebatları: Yükseklik = 500 mm, Kalınlık = 123 mm, Uzunluk = 2.960 mm * Renk: min. 60 µ polyester toz boya kaplama	<b>1,00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>€129,83</b>



<b>Teklif No</b>	<b>Teklif Tarihi</b>	<b>Malzemeler</b>	<b>Miktar</b>	<b>Birim</b>	<b>Fiyat</b>
<b>Teklif 3</b>	<b>04.04.2017</b>	<p>- 2 m yüksekliğinde, 3 m uzunluğunda, 70 mm kalınlığında, kolay taşınabilir, monte edilebilir ve değiştirilebilir, estetik, farklı renk seçenekleri sunan P101 bariyerler ve</p> <p>- 0.5 m yükseklikte, 3 m uzunluğunda, 12 mm kalınlıkta yüksek şeffaflıkta, üzeri filmle buzlandırılabilen, metal bağlantı elemanlarıyla monte edilen, akrilik esash şeffaf T101 bariyerler</p>	<b>1,00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>€100,00</b>
<b>Teklif 4</b>	<b>04.04.2017</b>	<p>-Çelik profil taşıyıcı direkler,</p> <p>- 2 m yüksekliğinde, 3 m uzunluğunda, montajı kolay, kolay değiştirilebilir, estetik, farklı renk seçenekleri sunan P101 bariyerler ve</p> <p>- 0.5 m yükseklikte, 3 m uzunluğunda, 12 mm kalınlıkta yüksek şeffaflıkta, üzeri filmle buzlandırılabilen, metal bağlantı elemanlarıyla monte edilen, akrilik esash şeffaf T101 bariyerler</p> <p>-LED Aydınlatma</p>	<b>1,00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>€118,86</b>
<b>Ortalama Yaklaşık Maliyet</b>			<b>1,00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>€114,67</b>

## 8. SONUÇ

Raylı ulaşım sistemlerinden kaynaklanan gürültünün kaynakları incelendiğinde, en önemli gürültü etmenlerinin araç tipi, hızı ve inşaî sistem olduğu görülmektedir.

Araç tipi ve hızı, raylı sistem hatlarının işletme niteliğine göre değişen etmenler olmakla birlikte, bu gürültü faktörleri üzerinde elektromekanik teknolojiler yardımıyla kaynakta gürültü kontrolü sağlanabilir. İnşaî sistemlerden kaynaklanan gürültü ise araç sistemi ile inşaî sistemin ilişkisinden meydana gelmektedir ve bu gürültü faktörünün kaynakta kontrolü rayın durumu, konstrüksiyon sistemi, yer üstü veya yer altı hattı olması gibi alt faktörlerden etkilenmektedir.

Raylı sistemlerin sebep olduğu gürültü sorununun kaynakta çözülmesi elektromekanik ve inşaat teknolojilerine bağlıdır. Ancak gürültü kontrolü sadece kaynakta sağlanmaz. Çeşitli ek yöntemlerle gürültü kaynağı, çevresinden izole edilebilir ve dolaylı dolsan gürültü kontrolü sağlanabilir. İşte bu noktada gerek estetik gerek inşaî teknolojik çeşitliliği ile gürültü bariyerleri ön plana çıkmaktadır.

Gürültü bariyerlerinin verimliliği değerlendirilirken ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- i. Eğer gürültü bariyerleri, alıcı yerine kaynağa yakın konumlandırılırsa, gürültünün azaltılma oranı artmaktadır.
- ii. Bariyer yüksekliği, kalınlığı ve malzeme seçimi; raylı sistem aracı boy ve hızına, alıcı ile kaynak arasındaki mesafeye ve beklenen gürültü azalma miktarına göre tasarlanır.

Gürültü bariyerlerinin uygulanması ile raylı sistemlerden kaynaklanan gürültüler kontrol altına alınabilir ve çevrenin gürültüden etkilenmesi azaltılabilir. Böylece daha sağlıklı çevre koşullarına sahip mesken, kamusal, endüstriyel ve ticari alanlar elde edilebilir. Bu tip alanların artması ile sakinlerin de yaşam kalitesi artacaktır.

Bu çalışmada Gebze-Halkalı Banliyö Hattı'nın ikinci fazının Avrupa Yakası ayağı olan Sirkeci-Halkalı Banliyö Hattı üzerinde yapılmış olan gürültü ölçümleri analiz edilmiş ve

bu analizler sonucunda, ölçüm yapılan 20 noktanın hepsinde de sağlıklı bir çevre için gerekli maksimum gürültü düzeyi sınırının aşıldığı görülmüştür. Bu veriden yola çıkarak, hattın devreye girmesi ile yapılan ölçüm değerleri ve çevredeki gürültü düzeyinin oluşturacağı rahatsızlık seviyesi de buna bağlı olarak artacağı söylenebilir. Bu durumda hat ile birlikte planlanacak ve inşa edilecek gürültü bariyerleri, hattın beraberinde getireceği gürültü problemini en baştan kontrol altına alacak ve hattın çevreye karşı verebileceği rahatsızlığı engelleyecektir.

Sirkeci-Halkalı Banliyö Hattı üzerinde gürültü bariyeri uygulaması ile gözlemlenecek faydaların, var olan ve gelecek dönemlerde planlanan raylı sistem projelerinde projeye uygun tasarlanmış gürültü bariyeri uygulamasına ön ayak olması ve böylece raylı sistemlerin kent içindeki yerine olumsuz etki eden gürültü probleminin kontrol altına alınması ile raylı ulaşımın yaygınlaşması beklenmektedir.

## KAYNAKÇA

### *Kitaplar*

Brunn, S. D., 2011. *Engineering Earth: The Impacts of Megaengineering Projects*. 1 dü. Kentucky: Springer Science & Business Media.

Harris, C. M., 1979. *Handbook of Noise Control*. 2 dü. California: McGraw-Hill.

Kurra, S., 1989. Bölüm 8: Gürültü. %1 içinde *Türkiye'nin Çevre Sorunları*. Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, pp. 447-484.

Ratering, E. G., 1978. Highway and Rail Traffic Noise. %1 içinde *Practices, Noise Control Handbook of Principles and Practices*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, pp. 270-277.

Uslu, O., 1996. *Çevresel Etki Değerlendirilmesi*. Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı.

### ***Sürelî Yayınlar***

Aktürk, N. & Toprak, R., 2002. Raylı Ulaşım Sistemlerinin Neden Olduğu Gürültü ve Çevresel Etkileri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, **1**(417), pp. 33-38.

Aktürk, N., Toprak, R. & Asiloğulları, E., 2003. Hızlı Raylı Ulaşım Sistem Kaynaklı Çevresel Gürültü. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **18**(3), pp. 15-25.



### ***Diğer Yayınlar***

- Ankara Büyükşehir Belediyesi, 1992. *Ankara Metrosu Teknik Şartnamesi*. Ankara: Ankara Büyükşehir Belediyesi.
- Anon., 2005. *Gürültü Tanımları, Kaynakları, İnsanlar Üzerindeki Olumsuz Etkileri ve Kontrol Altına Alınması*, İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi.
- Bahçeşehir Üniversitesi Teknoloji Geliştirme Birimi, 2006. *Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi (ÇGDY), A Tipi Sertifika Programı: Şikayetlerin Değerlendirilmesi, İzin, İzleme, Denetim ve Yaptırım Prosedürü*, İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi.
- Calış, M., 2007. *Karayolu Gürültüsü ve Gürültü Perdelerinin Ekonomik Analizi*. İstanbul: yazarı bilinmiyor
- Cancı, M. ve diğerleri, 2015. *İstanbul'da Deniz Ulaşımının Geleceğinin Değerlendirilmesi*, İstanbul: İstanbul Kalkınma Ajansı.
- Demirel, G., Selimoğlu, B. & Kırıcı, M., 1996. *Gürültü azaltıcı önlemler ve karayollarındaki uygulamalar*. Antalya, Türk Akustik Derneği, pp. 99-109.
- Dong, X., 2016. *Gabion Sound Barrier---Gabion Fencing to reduce noise*. [Çevrimiçi] Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/gabion-sound-barrier-gabion-fencing-reduce-noise-dong-xue> [Erişildi: 25 Kasım 2016].
- Emekli, M. A., Bakırcı, E. Ş. & Çalışkan, M., 2013. *Marmaray Raylı Sistem Projesi Gürültü Kontrol Çalışmaları ve Bariyer Optimizasyonu*. İstanbul, Türk Akustik Derneği.
- Erel, A., 1997. *Ülkemizdeki Kent İçi Raylı Sistemlerde Gözden Kaçan Önemli Teknik Konular*. Ankara, TMMOB Makine Mühendisleri Odası.
- Federal Transit Association, 2006. *Transit Noise and Vibration Impact Assesment*, Washington, DC: U.S.A Department of Transportation.
- Frekans Acoustics ve ELC Group Consulting & Engineering Inc. Konsorsiyumu, 2013. *Environmental Noise Survey Baseline Noise Measurement Report (Çevre Gürültüsü Analizi Referans Gürültü Ölçüm Raporu)*, basım yeri bilinmiyor: T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Alt Yapı Genel Müdürlüğü.
- Hering International, 2016. *Noise protection means protection of the environment*. [Çevrimiçi]

Available at: <https://www.heringinternational.com/en/products-services/noise-protection/low-noise-barriers/system-gabione-mono-silenzio-forte/>

[Erişildi: 25 Kasım 2016].

İmamoğlu, C. T., 2012. *Atık Lastik Katkılı Asfalt Kaplamaların Trafik Gürültüsünü Sönümlemedeki Etkileri*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

İstanbul Metropolitan Planlama, 2005. *İstanbul 1/100.000 ölçekli il çevre düzeni planı raporu*, İstanbul: İstanbul Metropolitan Planlama.

Koninklijke Houthandel Wijma, 2016. *Noise Barriers*. [Çevrimiçi]  
Available at: <http://www.wijma.com/en/finished-products/noise-barriers/noise-barriers>

[Erişildi: 25 Kasım 2016].

Kurra, S., 1986. *Recommendations for TEM Traffic Noise Control*. İstanbul: İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri.

Kurra, S., Morimoto, M. & Maekawa, Z., 1999. Annoyance from Transportation Noise Sources: A Simulated-Environment Study for Road, Railway and Aircraft Noises, Part 1: Overall Annoyance. *Journal of Sound and Vibration*, Şubat, 2(220), pp. 251-278.

Mert, F., 2016. *Little Haiti, Miami'de desenli prekast betonarme gürültü bariyeri*. [Resim].

Mert, F., 2016. *Şangay'da Gürültü Perdeleri*. [Resim].

Precast/Prestressed Concrete Institute, 2013. *Noise Barrirers and Sound Walls*. [Çevrimiçi]

Available at:

[http://www.pci.org/project\\_resources/transportation\\_systems/noise\\_barriers\\_and\\_sound\\_walls/](http://www.pci.org/project_resources/transportation_systems/noise_barriers_and_sound_walls/)

[Erişildi: 25 Kasım 2016].

Shilton, S., 2014. *RMR Geçici Yöntemin Ayrıntıları- Demiryolları*, Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006. *Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi*, Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.

T.C. Başbakanlık, 1986. Gürültü Kontrol Yönetmeliği. *19308 sayılı Resmi Gazete*, 11 Aralık, pp. 8-26.

- T.C. Devlet Demiryolları Genel Müdürlüğü Yük Dairesi Başkanlığı, 2011. *Yük Vagonları Rehberi*. [Çevrimiçi]  
Available at: <http://www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ContentFiles/2010/vagonlar/vagonrehberi.pdf>  
[Erişildi: 1 Aralık 2016].
- T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2015. *Yolcu İstatistik*. [Çevrimiçi]  
Available at: <http://www.marmaray.gov.tr/content/fotosimage/2015/ytg.png>  
[Erişildi: 23 Kasım 2016].
- T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2013. *Marmaray Teknik Özellikleri*. [Çevrimiçi]  
Available at: <http://www.marmaray.gov.tr/icerik/marmaray/Marmaray-Teknik-%C3%96zellikleri/56>  
[Erişildi: 10 Aralık 2016].
- T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2013. *Marmaray Teknik Özellikleri*. [Çevrimiçi]  
Available at: <http://www.marmaray.gov.tr/icerik/marmaray/Marmaray-Teknik-%C3%96zellikleri/56>  
[Erişildi: 5 Kasım 2016].
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2000. *İş Yeri Sayım Anketi*, İstanbul: Türkiye İstatistik Kurumu.
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2002. *Genel sanayi ve işgücü anketleri*, İstanbul: Türkiye İstatistik Kurumu.
- VROM, 1996. *Reken-Meetvoorschrift Railverkeerslawaa*, Amsterdam: Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM).



## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı :** Feriha MERT

**Sürekli Adresi :** Yeşilköy Mah. Ümran Sk. No: 20 Bakırköy/İstanbul

**Doğum Yeri ve Yılı :** 01.02.1966, Afşin / Kahramanmaraş

**Yabancı Dili :** İngilizce

**İlk Öğretim :** Kahramanmaraş Sakarya İlkokulu, 1981

Cumhuriyet Ortaokulu, 1984

**Orta Öğretim :** Afşin Lisesi, 1987

**Lisans :** Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, 1993

**Çalışma Hayatı :**

**2016 - ...** – İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı Anadolu Yakası Raylı Sistemler Müdürlüğü Müdürü

**2014-2016** – İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü Müdürü

**2008-2013** – İstanbul Büyükşehir Belediyesi M2 Metrosu Şişhane – Yenikapı Uzatması İnşaatı Kontrol Amiri

**2006-2009** – İstanbul Büyükşehir Belediyesi M2 Metrosu 4. Levent – Hacıosman Uzatması İnşaatı Kontrol Amiri

**2001-2006** – İstanbul Büyükşehir Belediyesi F1 Taksim-Kabataş Füniküler Hattı İnşaatı Kontrol Amiri

**1999-2001** – Kahramanmaraş İli Afşin Belediyesi İmar Müdürlüğü Müdürü

**1995-1999** – İstanbul Büyükşehir Belediyesi Teknik İşler Müdürlüğü Kontrol Mühendisi

**1994-1995** – İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Müdürlüğü Kontrol Mühendisi