

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAYOLU GÜRÜLTÜ HARİTALARININ HAZIRLANMASI:
İSTANBUL ZİNCİRLİKUYU-MASLAK ULAŞIM HATTI ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mine AŞCIGİL**

Anabilim Dalı : Mimarlık

Programı : Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARAYOLU GÜRÜLTÜ HARİTALARININ HAZIRLANMASI:
İSTANBUL ZİNCİRLİKUYU-MASLAK ULAŞIM HATTI ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mine AŞCIGİL
(502051733)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Aralık 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Ocak 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sevtap YILMAZ DEMİRKALE
(İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Vildan OK (İTÜ)
Doç.Dr. Neşe AKDAĞ (YTÜ)**

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Çevre ve Orman Bakanlığı’nca hazırlanan “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nin (2002/49/EC) en önemli gereksinimlerinden olan gürültü haritalama ve eylem planı oluşturma, bu tez çalışmasında İstanbul’un en işlek ulaşım hattı olan Zincirlikuyu-Maslak arasındaki Büyükdere Caddesi karayolu örneği ile ele alınmıştır.

Yüksek lisans çalışmalarım süresince değerli katkılarını esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Sevtap YILMAZ DEMİRKALE’ye yürekten teşekkürlerimi sunarım. Simülasyon programı konusunda yardımlarını esirgemeyen Ali AKDAĞ ve Olgun ÇALIŞKAN’a teşekkürü bir borç bilirim.

Alan çalışmalarına büyük fedakarlıkla yardım eden sevgili arkadaşlarım Emre DİNCER ve Erhan KAYA’ya, her an manevi destek sağlayan sevgili arkadaşım Araş. Gör. Feride ŞENER’e, tüm arkadaşlarıma ve aileme gönülden teşekkür ederim.

Ocak 2009

Mine AŞCIGİL

Mimar

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.2 İlgili Mevzuat	3
1.3 İstanbul’da Merkezi İş Alanı Tarihçesi	5
2. GÜRÜLTÜNÜN SERBEST ALANDA YAYILMASI, KARAYOLU GÜRÜLTÜSÜ GÖSTERGELERİ, KARAKTERİSTİKLERİ VE DOZ - ETKİ İLİŞKİLERİ.....	9
2.1.1 Gürültü kaynağı türü etkisi	9
2.1.2 Uzaklık etkisi	10
2.1.3 Zemin etkisi.....	13
2.1.4 Atmosferik emilim etkisi	14
2.1.5 Rüzgar ve sıcaklık gradyanı etkileri.....	17
2.1.6 Engel etkisi.....	18
2.1.6.1 Kirchhoff-Fresnel yaklaşımı	19
2.1.6.2 Hadden ve Pierce yaklaşımı	21
2.1.6.3 Bariyer kütlesi ve malzemeleri.....	29
2.1.6.4 Ağaç ve yeşilliklerden azaltım	30
2.2.1 Enerjiye dayalı göstergeler (Energy-Based Descriptors).....	31
2.2.2 İstatistiksel göstergeler (Statistical Descriptors).....	33
2.2.3 Belirme göstergeleri (Emergence Descriptors).....	34
2.2.4 Durgunluk göstergeleri (Calmness Descriptors).....	34
2.3.1 Spektral karakteristik	35
2.3.2 Düzey-zaman karakteristikleri	37
2.4.1 Karayolu gürültüsü gündüz-akşam-gece doz-etki ilişkileri	45
2.4.2 Karayolu gürültüsü gece doz-etki ilişkileri	48
2.4.2.1 Tekil olaylara anlık tepkiler	49
2.4.2.2 Kronik etkiler	49
2.4.2.3 Sağlığa uzun dönemde etkileri	51
2.4.2.4 İç / dış farkı	51
2.4.2.5 Tedbirler ve kontrol yöntemleri	52
3. GÜRÜLTÜ MEVZUATI VE UYGULANMASI	53
3.2.1 Yeşil kitap (Green Paper).....	54
3.2.2 Çevresel Gürültü Yönetmeliği (END)	55
3.3.1 Çevresel gürültü esas ve kriterleri.....	57
3.3.2 Stratejik gürültü haritaları ve eylem planları	58
3.3.3 Gürültü göstergeleri	59

3.3.4 Gürültü göstergeleri için değerlendirme yöntemleri	62
3.4.1 Endüstriyel gürültü hesaplama yöntemi	64
3.4.2 Hava aracı gürültüsü hesaplama yöntemi	64
3.4.3 Demiryolu gürültüsü hesaplama yöntemi	64
3.4.4 Karayolu trafiği gürültüsü hesap yöntemi (NMBP Routes-96)	64
3.4.4.1 Gürültü göstergesi	67
3.4.4.2 İmisyon noktası	68
3.4.4.3 Kaynak	69
3.4.4.4 Ses yayılımı	74
3.5.1 TS 9315 ISO 1996-1 Akustik - Çevre Gürültüsünün Tarifi, Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi - Bölüm 1: Temel Büyüklükler ve Değerlendirme İşlemleri	84
3.5.2 ISO 1996-2 Akustik-Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2- Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi	86
3.5.2.1 Ölçüm belirsizliği	87
3.5.2.2 Hava koşulları	87
3.5.2.3 Ölçüm prosedürü	88
3.5.2.4 Ölçüm Sonuçlarının değerlendirilmesi	89
3.5.2.5 Kaydedilecek ve raporlanacak bilgiler	89
3.5.3 TS ISO 9613-2 Akustik - Sesin Dışarıda Yayılırken Azalması - Bölüm 2: Genel Hesaplama Yöntem	90
3.5.3.1 Meteorolojik şartlar	90
3.5.3.2 Temel eşitlikler	91
3.5.3.3 Geometrik sapma (A_{div})	91
3.5.3.4 Atmosferik yutuculuk (A_{atm})	91
3.5.3.5 Zemin etkisi (A_{gr})	92
3.5.3.6 Engel (A_{bar})	95
3.5.3.7 Yansımalar	99
3.5.3.8 İlâve azalma tipleri (A_{misc})	102
3.5.4 TS 10713 Şehiriçi Yollar - Trafik Gürültüsü Tespit ve Önlemleri	105
3.5.5 TS 2214 Akustik-Hareket Halindeki Karayolu Taşıtlarının Çıkardığı Gürültünün Ölçülmesi-Kılavuz Metot	105
3.5.6 TS 9798 Akustik - Çevre Gürültüsünün Tanımlanması Ve Ölçülmesi Kısım 2 - Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi	106
4. GÜRÜLTÜ HARİTALAMA PRENSİPLERİ, AVRUPA VE TÜRKİYE'DE GÜRÜLTÜ HARİTALAMA ÇALIŞMALARI VE EYLEM PLANLARI	109
4.2.1 Almanya	120
4.2.1.1 Berlin verileri	120
4.2.1.2 Berlin gösterge ve haritaları	121
4.2.1.3 Berlin'de çıkarılan sonuçlar	123
4.2.1.4 Augsburg ve Filder gürültü haritaları	123
4.2.2 İngiltere	125
4.2.2.1 Londra	126
4.2.2.2 Londra verileri	126
4.2.2.3 Londra gösterge ve haritalar	130
4.2.2.4 Londra'da karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar	130
4.2.2.5 Birmingham	133

4.2.2.6 Birmingham verileri	133
4.2.2.7 Birmingham gürültü ölçüm verisi	136
4.2.2.8 Birmingham göstergeler ve haritalar.....	137
4.2.2.9 Birmingham’da karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar.....	137
4.2.3 Fransa	137
4.2.3.1 Paris.....	137
4.2.3.2 Lyon	138
4.2.4 İsveç	139
4.2.4.1 Stockholm verileri.....	139
4.2.4.2 Stockholm harita ve göstergeleri.....	141
4.2.4.3 Stockholm’de karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar.....	141
4.2.5 Avusturya	141
4.2.5.1 Viyana verileri.....	141
4.2.5.2 Viyana harita ve göstergeleri	142
4.2.6 İspanya	144
4.2.6.1 Madrid.....	146
4.2.6.2 Madrid ölçüm ve hesap yöntemleri.....	146
4.2.6.3 Vitoria-Gasteiz	147
4.2.6.4 Vitoria-Gasteiz verileri.....	148
4.2.6.5 Vitoria-Gasteiz harita ve göstergeler	149
4.2.6.6 Vitoria-Gasteiz’da karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar	149
4.2.7 Çek Cumhuriyeti	150
4.2.7.1 Prag ölçüm ve hesap yöntemleri	150
4.2.7.2 Prag göstergeler ve haritalar.....	150
4.2.7.3 Prag’da karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar.....	153
4.2.8 İrlanda	154
4.2.8.1 Dublin verileri	154
4.2.8.2 Dublin gösterge ve haritaları.....	155
4.2.8.3 Dublin’de karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar.....	156
4.3.1 İzmir örneği.....	159
4.3.1.1 İzmir verileri.....	159
4.3.1.2 İzmir gösterge ve haritaları	162
4.3.2 Adana örneği	164
4.3.2.1 Adana verileri.....	164
4.3.2.2 Göstergeler ve haritalar	166
5. ZİNCİRLİKUYU MASLAK AKSİNIN KARAYOLU GÜRÜLTÜ	
HARİTASININ HAZIRLANMASI.....	175
5.8.1 Sıcak Noktalar ve Sessiz Alanlar	233
5.8.2 Gürültü azaltımı	234
5.8.2.1 Engel önerisi 1	234
5.8.2.2 Engel önerisi 2	239
5.8.2.3 Engel önerilerinin değerlendirilmesi.....	243
6. SONUÇ.....	249
KAYNAKLAR	253
EKLER.....	257
ÖZGEÇMİŞ.....	263

KISALTMALAR

ANSI	: Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute)
ÇOB	: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı
ÇGDY	: Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
DEFRA	: İngiltere Çevre, Gıda ve Kırsal İşler Bakanlığı (Department for Environment, Food and Rural Affairs)
EEA	: Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency)
END	: Avrupa Parlamentosu ve Komisyonu'nun Çevre Gürültü Yönetmeliği (2002/49/EC, Environmental Noise Directive)
EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency)
NMPB	: NMPB-Routes-96 Meteorolojik Etkileri içeren Yeni Fransız Karayolu Trafik Gürültüsü Yöntemi (Bruit des Infrastructures Routières Methode de calcul incluant les effets météorologiques)
WG	: Avrupa Komisyonu Çalışma Grupları (European Commission Working Groups)
XP S31-133	: XP S31-133 "Akustik – Karayolu ve demiryolu trafiği gürültüsü – Serbest alanda meteorolojik etkileri içeren ses azaltımı hesabı (Acoustique – Bruit des infrastructures de transports terrestres – Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Karayolu çevresel gürültü sınır değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).....	4
Çizelge 2.1 : Atmosferik emilim, dB/km (ISO 3891, 1978)	16
Çizelge 2.2 : Ldn (dBA) ile yüksek derecede rahatsızlık arasındaki ilişki (Cowan, 1993)	44
Çizelge 2.3 : Konut alanlarındaki insanların gürültüden etkilenmesi (Cowan, 1993)	45
Çizelge 2.4 : Çeşitli gürültü düzeylerinde (Lgag) %A ve %HA değerleri (WG2 – Dose/Effect, 2002)	46
Çizelge 3.1 : Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008).....	57
Çizelge 3.2 : Normalleştirilmiş A ağırlıklı oktav bant trafik gürültüsü spektrumu (Lang, 2003).....	70
Çizelge 3.3 : Farklı trafik akışı koşullarında hıza göre gürültü emisyonu (Lang, 2003)	71
Çizelge 3.4 : Mevcut yol yüzeyi düzeltmeleri (Lang, 2003)	73
Çizelge 3.5 : Önerilen yol yüzeyi düzeltmeleri (Lang, 2003)	73
Çizelge 3.6 : Meteorolojik faktörlere göre uzun menzilde ses düzeyinin niteliksel değişimi (Lang, 2003)	76
Çizelge 3.7 : Sıcaklık ve bağıl neme göre atmosferik emilim katsayıları (dB/km) (Lang, 2003).....	79
Çizelge 3.8 : α 'nın 125'ten 4000'e kadar olan oktav bantlardaki değerleri (Lang, 2003)	79
Çizelge 3.9 : Dikey engellerin ses yutuculukları ile ilgili önerilen değerler, α_r (Lang, 2003).....	83
Çizelge 3.10 : Ses kaynak kategorisi ve gündüz vaktine bağlı tipik seviye ayarlamaları.....	85
Çizelge 3.11 : LAeq için ölçüm belirsizliği.....	87
Çizelge 3.12 : Gürültünün oktav bantları için, atmosferik azalma katsayısı, α	92
Çizelge 3.13 : Zemin azalma katkıları, A_s , A_r ve A_m oktav bantlarında hesaplanmasında kullanılacak ifadeler.....	94
Çizelge 3.14 : Ses yansıma katsayısının, ρ , tahminleri.....	101
Çizelge 3.15 : Yoğun yeşil alanda d f mesafesi boyunca yayılmaya bağlı bir oktav bant gürültüsünün azalması.....	102
Çizelge 3.16 : Sanayi tesislerindeki donanımların arasından yayılırken, bir oktav bant gürültüsünün azalma katsayısı	103
Çizelge 3.17 : Kabul Edilebilir (Rahatsızlık Yaratmayan) Gürültü Üst Seviyeleri db(A) Olarak)	105
Çizelge 3.18 : Gürültü bölgelerine göre renkler ve taramalar (5dB Genişlik)	107

Çizelge 4.1 : Saatlik tepe akışı değerinden günlük, akşamlık ve gecelik trafik akışı verileri elde edilmesi için dönüştürme katsayıları örneği (WG-AEN, 2006)	109
Çizelge 4.2 : YÖNERGE 2: Karayolu trafik akışı (WG-AEN, 2006)	109
Çizelge 4.3 : YÖNERGE 3: Ortalama karayolu trafik hızı (WG-AEN, 2006)	110
Çizelge 4.4 : YÖNERGE 4: Ağır araç oranı (WG-AEN, 2006)	111
Çizelge 4.5 : YÖNERGE 5: Yol yüzey tipi (WG-AEN, 2006)	112
Çizelge 4.6 : YÖNERGE 6: Yol birleşimlerinde hız değişimleri (WG-AEN, 2006)	112
Çizelge 4.7 : YÖNERGE 7: Yol eğimi (WG-AEN, 2006)	113
Çizelge 4.8 : YÖNERGE 11: Kaynağa yakın yer yüksekliği (WG-AEN, 2006)	113
Çizelge 4.9 : YÖNERGE 12: Geçitler ve toprak setler (WG-AEN, 2006)	114
Çizelge 4.10 : YÖNERGE 13: Yer yüzeyi tipi (WG-AEN, 2006)	114
Çizelge 4.11 : YÖNERGE 14: Yollara yakın bariyer yükseklikleri (WG-AEN, 2006)	115
Çizelge 4.12 : YÖNERGE 15: Bina yüksekliği (WG-AEN, 2006)	115
Çizelge 4.13 : YÖNERGE 16: Bina ve bariyerler için ses azaltım katsayısı α_r (WG-AEN, 2006)	115
Çizelge 4.14 : YÖNERGE 17: Yayılıma elverişli meteorolojik koşulların oluşma oranı (WG-AEN, 2006)	116
Çizelge 4.15 : YÖNERGE 18: Nem ve sıcaklık (WG-AEN, 2006)	116
Çizelge 4.16 : YÖNERGE 19: Konut binalarına nüfus verisi atamak (WG-AEN, 2006)	117
Çizelge 4.17 : YÖNERGE 20: Konut binalarındaki konut ünitesi sayısı ve konut ünitesi başına düşen nüfusu belirlemek (WG-AEN, 2006)	118
Çizelge 4.18 : YÖNERGE 21: Çok amaçlı kullanımı olan binalarda, konut ünitelerindeki kişilere gürültü düzeyi atanması (WG-AEN, 2006)	118
Çizelge 4.19 : L_{gag} 'a göre karayolu gürültüsüne maruz kalan konut sakini sayısı (Url-7)	121
Çizelge 4.20 : L_{gece} 'ye göre karayolu gürültüsüne maruz kalan konut sakini sayısı (Url-7)	121
Çizelge 4.21 : L_{gag} (dBA) Karayolu gürültüsüne maruz kalan alanlar, konutlar, okullar ve hastaneler (Url-7)	122
Çizelge 4.22 : Yol parametrelerinin verileri ve kaynakları (Ripoll, A., 2005)	128
Çizelge 4.23 : Gürültü yayılım parametresi verileri ve kaynakları (Ripoll, A., 2005)	129
Çizelge 4.24 : Gürültü emisyon parametrelerinin verileri ve kaynakları (Ripoll, A., 2005)	130
Çizelge 4.25 : Birmingham şehri yol sınıflandırması (Ripoll, A., 2005)	133
Çizelge 4.26 : Pilot bölge trafik verileri (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008)	160
Çizelge 4.27 : L_{gag} karayolu trafiği gürültüsüne maruz kalanlar (Wiechers, 2007)	163
Çizelge 4.28 : İzmir pilot bölgesi ızgaralı gürültü haritası(L_{gag} ve L_n)/istatistik verileri (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008)	163
Çizelge 4.29 : İzmir pilot bölgesi cephe gürültü haritası(L_{gag} ve L_n)/istatistik verileri (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008)	163
Çizelge 4.30 : Örnek Trafik Akım Sayım Cetveli (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)	165
Çizelge 4.31 : D-400 Yol Özellikleri (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)	165

Çizelge 4.32 : Pilot Bölgenin Gürültü Düzeyi (L _{gag}) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)	167
Çizelge 4.33 : Pilot Bölgenin Gürültü Düzeyi (L _{gece}) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)	168
Çizelge 5.1 : Good Practice Guide'a göre Büyükdere Caddesi'nde uygulanan veri toplama yöntemleri.....	178
Çizelge 5.2 : 4 m yükseklikte sadece Büyükdere Caddesi için hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sayısal sonuçları	182
Çizelge 5.3 : 4 m yükseklikte tüm ana caddeler için hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sayısal sonuçları	192
Çizelge 5.4 : Sadece Büyükdere Caddesi için hesaplanan, ofis cephe gürültü haritası ve 4 metre yükseklikte hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sonuçlarının karşılaştırılması	202
Çizelge 5.5 : Tüm ana caddeler için hesaplanan, ofis cephe gürültü haritası ve 4 metre yükseklikte hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sonuçlarının karşılaştırılması	204
Çizelge 5.6 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin etkisine göre, sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerleri	206
Çizelge 5.7 : Tüm ana caddelerin etkisine göre, sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerleri	206
Çizelge 5.8 : Tüm ana caddelerin etkisine göre, sınır değerleri aşan hassas kullanım, konut ve ofis yüzdeleri.....	207
Çizelge 5.9 : L _{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı.....	207
Çizelge 5.10 : Ölçüm sırasındaki meteorolojik koşullar	217
Çizelge 5.11 : Ölçüm noktalarının özellikleri.....	219
Çizelge 5.12 : 12 adet ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin karşılaştırılması	223
Çizelge 5.13 : 4 m yükseklikte engel önerisi 1 için hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sayısal sonuçları	237
Çizelge 5.14 : Engel önerisi 1 için hesaplanan, 4 metre yükseklikte hesaplanan ofis ızgaralı gürültü haritası sonuçları.....	238
Çizelge 5.15 : Engel önerisi 1'e göre, sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerleri	238
Çizelge 5.16 : Engel önerisi 1'e göre, L _{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı.....	238
Çizelge 5.17 : 4 m yükseklikte engel önerisi 2 için hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sayısal sonuçları	241
Çizelge 5.18 : Engel önerisi 2 için hesaplanan, 4 metre yükseklikte hesaplanan ofis ızgaralı gürültü haritası sonuçları.....	241
Çizelge 5.19 : Engel önerisi 2'ye göre, sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerleri	242
Çizelge 5.20 : Engel önerisi 2'e göre, L _{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı.....	242
Çizelge 5.21 : Engel önerisi 1'e göre, sınır değerleri aşan hassas kullanım, konut ve ofis sayılarının yüzdelik azalmaları.....	243
Çizelge 5.22 : Engel önerisi 2'ye göre, sınır değerleri aşan hassas kullanım, konut ve ofis sayılarının yüzdelik azalmaları.....	244

Çizelge A.1 : Trafik akışı ve hızı verileri	259
--	------------

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Zincirlikuyu Mevkiinden Ayazağa'ya kadar uzanan Büyükdere Caddesi ve her iki yönünden 300'er metre çevresinin haritası	3
Şekil 3.1 : NMPB Routes-96 hesaplama yöntemi için iş akış şeması	65
Şekil 3.2 : NMPB Routes-96 hesaplama yöntemi için veri şeması (Lang, 2003)	66
Şekil 3.3 : Çizgisel kaynağın noktasal kaynaklara ayrılması (Lang, 2003).....	70
Şekil 3.4 : Noktasal kaynağın uzunluğunun hesaplanması (Lang, 2003).....	70
Şekil 3.5 : Farklı trafik akışı koşullarında bir aracın saatlik hareketine göre $L_{eq(1saat)}$ (E) ses emisyonu (Lang, 2003)	72
Şekil 3.6 : Eşdeğer yükseklik ve ortalama sanal düzlem (Lang, 2003).....	80
Şekil 3.7 : 2 farklı zemin yutuculuğunda, kaynak yüksekliği ve uzaklığa bağlı olarak zemin etkisi (dBA) (Lang, 2003)	82
Şekil 3.8 : Direkt ve kırılmalı mesafe farkı hesabı (Lang, 2003)	83
Şekil 3.9 : A ağırlıklı gündüz gece seviyesinin bir fonksiyonu olarak kara yolu trafik gürültüsünden yüksek derecede rahatsız olan insanların yüzdesi ..	86
Şekil 3.10 : Zemin azalmasının belirlenmesi için üç farklı bölge	92
Şekil 3.11 : Zemin azalması, Agr üzerinde kaynaktan alıcıya kadar olan mesafenin, d_p ve kaynaktan alıcıya kadar olan yüksekliğin, h etkisini temsil eden a' , b' , c' ve d' fonksiyonları	93
Şekil 3.12 : Ortalama yüksekliğin değerlendirilmesi yöntemi	95
Şekil 3.13 : Kaynak (S) ve alıcı (R) arasındaki iki engelin düzlemsel görünüşü	96
Şekil 3.14 : Bir engeldeki farklı ses yayılma yolları	97
Şekil 3.15 : Tek kırılma için yayılma uzunluk farkının belirlenmesindeki geometrik büyüklükler	98
Şekil 3.16 : Çift kırılma için yayılma uzunluk farkının belirlenmesindeki geometrik büyüklükler	99
Şekil 3.17 : Bir engelden ayna yansıması	101
Şekil 3.18 : Bir silindir için ses yansıma katsayısının tahmini	101
Şekil 3.19 : Azalmanın, yeşil alan boyunca yayılma mesafesiyle, d_f , doğrusal olarak artışı.....	102
Şekil 3.20 : Azalmanın, A_{site} , sanayi tesislerindeki donanımların arasından, yayılma mesafesiyle, d_s , doğrusal olarak artışı	103
Şekil 4.1 : Modelleme ile gürültü haritalamanın kavramsal şeması.....	119
Şekil 4.2 : Berlin Karayolu Gürültü Haritası L_{gag} (Url-7)	122
Şekil 4.3 : Augsburg karayolu gürültü haritası ($L_{gündüz}$) (Url-5).....	123
Şekil 4.4 : Augsburg karayolu gürültü haritası (L_{gece}) (Url-5)	124
Şekil 4.5 : Filder karayolu gürültü haritası ($L_{gündüz}$) (Url-4).....	124
Şekil 4.6 : Filder karayolu gürültü haritası (L_{gece}) (Url-4)	125
Şekil 4.7 : a: Londra Gürültü Modeli Oluşturma Adımları – Gürültü Bariyeri Oluşturmak (Ripoll, A., 2005)	126

Şekil 4.8 : a. Londra Gürültü Haritaları - Londra’da bir gürültülü bölge ayrıntısı (Ripoll, A., 2005)	131
Şekil 4.9 : Birmingham gürültü haritalarının hazırlanmasında atılan ana adımların akış şeması (Ripoll, A., 2005)	134
Şekil 4.10 : Paris merkezi karayolu gürültü haritası (Lgag) (Url-8).....	138
Şekil 4.11 : Paris merkezi karayolu gürültü haritası (Lgece) (Url-8)	139
Şekil 4.12 : Stockholm’ün karayolu gürültü haritası (Ripoll, 2005)	140
Şekil 4.13 : Viyana’nın gündüz gürültü haritası (Ripoll, 2005)	143
Şekil 4.14 : Viyana’nın gece gürültü haritası (Ripoll, 2005).....	144
Şekil 4.15 : İspanya’da ana karayolu gürültü haritalaması örneği, Lgag (Aspuru, Segues, Rubio & Vazquez, 2006)	145
Şekil 4.16 : SADMAM mobil istasyonlarındaki ekipmanın bir fotoğrafı (Ripoll,2005)	147
Şekil 4.17 : SADMAM işleme şeması (Ripoll,2005)	147
Şekil 4.18 : Gürültü verisi ile GIS birleşimine bir örnek (Ripoll,2005)	147
Şekil 4.19 : Gürültü haritalama iş şeması (Ripoll,2005).....	148
Şekil 4.20 : Prag’da gürültü ağırlığı dağıtım haritası (Ripoll,2005).....	151
Şekil 4.21 : Gürültüden etkilenen insan sayısı haritası (Ripoll,2005)	151
Şekil 4.22 : Prag karayolu gürültü haritası (Lgündüz) (Url-9)	152
Şekil 4.23 : Prag karayolu gürültü haritası (Lgece) (Url-9).....	153
Şekil 4.24 : Dublin karayolu gürültüsü haritası (Lgündüz) (Url-10).....	155
Şekil 4.25 : Dublin karayolu gürültüsü haritası (Lgece) (Url-10)	156
Şekil 4.26 : İzmir dijital modeli (Wiechers, 2007)	161
Şekil 4.27 : İzmir Lgag ızgara karayolu haritası (Wiechers, 2007).....	162
Şekil 4.28 : İzmir Lgece cephe gürültü haritası (Wiechers, 2007)	162
Şekil 4.29 : Gürültü haritalama alanı üzerinde trafik verisi toplanan 10 nokta (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)	164
Şekil 4.30 : 3 boyutlu gürültü haritalama alanı (Langer, 2007).....	166
Şekil 4.31 : Karayolundan Kaynaklanan Çevresel Gürültü Haritası (Lgag) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)	167
Şekil 4.32 : Karayolundan Kaynaklanan Çevresel Gürültü Haritası (Lgece) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)	168
Şekil 4.33 : Karayolundan Kaynaklanan Cephe Gürültü Haritası (Lgece) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)	169
Şekil 4.34 : Yakın plan ızgara gürültü haritası ve Cephe gürültü haritası (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)	169
Şekil 4.35 : Eylem planı oluşturma adımları (SILENCE Project, 2008).....	171
Şekil 5.1 : Topografya yükseklikleri, binalar ve ana yollar ile oluşturulan 3 boyutlu model.....	180
Şekil 5.2 : Sadece Büyükdere Caddesi’nin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	183
Şekil 5.3 : Sadece Büyükdere Caddesi’nin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY’ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	184

Şekil 5.4 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 12 saatlik Gündüz zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	185
Şekil 5.5 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 12 saatlik Gündüz zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	186
Şekil 5.6 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 4 saatlik Akşam zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	188
Şekil 5.7 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 4 saatlik Akşam zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	189
Şekil 5.8 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 8 saatlik Gece zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	190
Şekil 5.9 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 8 saatlik Gece zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	191
Şekil 5.10 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	193
Şekil 5.11 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	194
Şekil 5.12 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 12 saatlik Gündüz zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	195
Şekil 5.13 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 12 saatlik Gündüz zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	196
Şekil 5.14 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 4 saatlik Akşam zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	198
Şekil 5.15 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 4 saatlik Akşam zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	199
Şekil 5.16 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 8 saatlik Gece zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	200

Şekil 5.17 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 8 saatlik Gece zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	201
Şekil 5.18 : Sırasıyla Zincirlikuyu, Levent ve Maslak'taki ofis binalarının Büyükdere Caddesi'nden etkilenen cephe gürültü haritaları, etkilenen ofis binası ve ofis çalışanı sayısı	203
Şekil 5.19 : Sırasıyla Zincirlikuyu, Levent ve Maslak'taki ofis binalarının tüm ana caddelerden etkilenen cephe gürültü haritaları	205
Şekil 5.20 : Sınır değerlerin üzerinde gürültüden yüzdelik etkilenme oranları	207
Şekil 5.21 : Zincirlikuyu'daki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası	209
Şekil 5.22 : Levent batı bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	210
Şekil 5.23 : Levent doğu bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	211
Şekil 5.24 : Levent (Beşiktaş-TEM bağlantısı) bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	212
Şekil 5.25 : 4. Levent ve Emniyetevler bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	214
Şekil 5.26 : Sanayi Mahallesi bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	215
Şekil 5.27 : Maslak bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası.....	216
Şekil 5.28 : 12 adet ölçüm noktasının uydu fotoğrafı üzerinde dağılımı.....	222
Şekil 5.29 : 12 adet ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin karşılaştırılması	223
Şekil 5.30 : 1. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	224
Şekil 5.31 : 2. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	224
Şekil 5.32 : 3. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	226
Şekil 5.33 : 4. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	226

Şekil 5.34 : 5. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	227
Şekil 5.35 : 6. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	227
Şekil 5.36 : 7. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	229
Şekil 5.37 : 8. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	229
Şekil 5.38 : 9. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	231
Şekil 5.39 : 10. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	231
Şekil 5.40 : 11. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	232
Şekil 5.41 : 12. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi	232
Şekil 5.42 : Örnek ses yansıtıcı tünel uygulaması	235
Şekil 5.43 : Yola çok yakın binalar için cam engel uygulaması.....	235
Şekil 5.44 : Görüş hizası saydam engel uygulaması.....	236
Şekil 5.45 : Enerji üreten saydam engel uygulaması	237
Şekil 5.46 : Saçıcı beton bloklar içerisinde bitki yetiştirme	239
Şekil 5.47 : Beton duvar üzerine ses yutucu kaplama	240
Şekil 5.48 : Ahşap görünümlü kompozit ses yutucu duvar örneği	240
Şekil 5.49 : Kompozit ses yutucu duvar örneği	240
Şekil 5.50 : Bölgede sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenen okul sayılarının grafiksel gösterimi.....	245
Şekil 5.51 : Bölgede sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenen konut binası sayılarının grafiksel gösterimi.....	245
Şekil 5.52 : Bölgede sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenen konut sakini sayılarının grafiksel gösterimi.....	245
Şekil 5.53 : Bölgede gürültüden rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan (HA) kişi sayılarının grafiksel gösterimi	246
Şekil 5.54 : Levent bölgesinde mevcut durum, engel önerisi 1 ve engel önerisi 2'nin sonuçlarının karşılaştırılması	246
Şekil 5.55 : Maslak bölgesinde mevcut durum, engel önerisi 1 ve engel önerisi 2'nin sonuçlarının karşılaştırılması	247

KARAYOLU GÜRÜLTÜ HARİTALARININ HAZIRLANMASI: İSTANBUL ZİNCİRLİKUYU-MASLAK ULAŞIM HATTI ÖRNEĞİ

ÖZET

Gürültü haritalama, mevcut gürültü seviyelerini belirlemekte, gürültüye hassas veya gürültü üreten bölgeleri sınıflandırmakta, kriterleri belirlemekte ve gürültü azaltımı planlamasını tanıtmakta kullanılmaktadır. Mevcut gürültü verisine sahip olmak, arazi kullanımında hem gelişim kontrolü hem de stratejik planlama açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, ulaşım planlaması, eylem planlarının hazırlanması ve binalarda yalıtım önlemlerinin alınması konularında temel oluşturmaktadır. Gürültü haritalama, değişimleri izlemek için de kullanılabilir.

2005 Temmuz’unda Avrupa Birliği sürecinde yürürlüğe giren, 2008 Mart’ından revize edilen, Çevre ve Orman Bakanlığı’na hazırlanan “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nin (2002/49/EC) 29. Maddesine göre, Haziran 2013’e kadar yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yollarının ve iki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanlarının gürültü haritaları, işletmeciler ve ilgili belediyeler tarafından çıkartılmalı ve 5 yılda bir revize edilmelidir. EK II’ye göre, oluşturulacak haritalar sınır değerleri ile karşılaştırılarak kaynakta önlemler alınmalı, yeterli olmadığı takdirde TS ISO standartları uyarınca ilgili mekanlardaki tüm yapı elemanlarında yalıtım tedbirleri alınmalıdır.

Bu çalışma için seçilen Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksı, hem yılda altı milyondan fazla (yılda 90 milyon) aracın geçtiği ana kara yolu olduğu, hem de yoğunluğu kilometre kare başına 1000 kişiden fazla olan, nüfusu iki yüz elli binden fazla olan yerleşim alanlarının (Beşiktaş, Şişli ve Sarıyer ilçeleri) arasına girdiği için mutlaka gürültü haritalandırılmasının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Haritalandırılacak olan alan, güneyde Yıldız Kavşağı’ndan başlayarak, Gayrettepe, Balmumcu, Nispetiye, Levent, Ortabayır, Emniyet Evleri, Konaklar, Sanayi, Yeşilce ve Ayazağa Mahallerinden bölümler içermekte, kuzeyde Atatürk Oto Sanayi Sitesi’nde sonlanmaktadır. Merkezi İş Alanı, ofis alanı ve iş hizmetlerinin en yoğunluklu olduğu alan olarak tanımlanmaktadır ve İstanbul Merkezi İş Alanı, haritalandırılacak alanı da içerisine alan Beşiktaş – Maslak aksıdır. Zincirlikuyu, Levent, 4. Levent, Sanayi ve Maslak bölgelerinde farklı tiplerde ticari yapılar bulunmaktadır. Bölge, merkezi iş alanı olmasının yanı sıra içerisinde konut bölgeleri bulundurmaktadır. Haritalandırılacak bölgenin içerisinde ayrıca okullar, hastaneler, askeri bölge ve İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak kampusu yer almakta, D100 ve E-80 karayolları ile bağlantısı bulunmaktadır. Büyükdere Caddesinin yoğun trafiği Taksim-4. Levent metro hattıyla ve bu hattın yakında Maslak’a bağlanmasıyla azaltılmaya çalışılmaktadır. Fakat bölgede sürekli artan yapılaşma beraberinde artan trafik yükünü getirmektedir. Bu bölgenin trafik akışını belirleyerek gürültü haritasını çıkartmak, problemleri belirlemek, önlemler almak, ileride karşılaşılabilecek sorunları engellemeye yardımcı olacaktır.

Bu tez çalışmasının amacı, İstanbul'un merkezi iş alanı konumunda olan Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksı üzerinde karayolu trafiğinden kaynaklanan gürültünün haritalandırma ve eylem planının bilgisayar ortamında simüle edilmesi ve bu alandaki akademik tecrübenin artırılmasıdır. Çalışma, Zincirlikuyu Mevkiinden Ayazağa'ya kadar uzanan Büyükdere Caddesi'nin 7 km'lik bölümünü ve 300er metre çevresini kapsamaktadır. Bu bölgede karayolu trafik gürültüsü haritalaması ve eylem planı çalışmaları gürültü haritalama simülasyon programı SoundPLAN ile gerçekleştirilmiştir.

PREPARATION OF ROAD TRAFFIC NOISE MAPS: ISTANBUL ZİNCİRLİKUYU-MASLAK TRANSPORTATION ROUTE EXAMPLE

SUMMARY

Noise mapping is used in establishing current noise levels, classifying noise-sensitive or noise-producing areas, setting criteria and introducing planned noise reduction. A knowledge of existing noise levels is of great value in land use planning both in terms of development control and strategic planning. It is also valuable in transportation planning, action planning and insulation measures. Monitoring of progress can also be achieved with noise mapping.

According to Article 29 of “Regulation for Assessment and Management of Environmental Noise” (2002/49/EC) prepared by Republic of Turkey Ministry of Environment and Forestry in July 2005 and revised in March 2008, in the process of European Union membership, for all major roads which have more than six million vehicle passages a year and for all agglomerations with more than 250 000 inhabitants, noise should be mapped until June 2013 and this should be revised every 5 years. According to Annex II, the maps should be compared to limit values and precautions should be taken at source. If proven unsatisfactory, all building elements of related rooms should be insulated in terms of TS ISO standards.

Zincirlikuyu - Maslak transportation route should be noise mapped due both to being a major road with more than six million (90 million) vehicle passages a year and being included in agglomerations with more than 250 000 inhabitants (Besiktas, Sisli and Sariyer).

Area to be mapped starts with Yildiz Crossroad in south, includes parts of Gayrettepe, Balmumcu, Nispetiye, Levent, Ortabayir, Emniyet Evleri, Konaklar, Sanayi, Yesilce and Ayazaga districts, ends at Ataturk Oto Sanayi Sitesi up north. Central Business District is defined as a concentration of retail and commercial buildings and Istanbul’s Central Business District is Besiktas-Maslak route which includes area to be mapped. Zincirlikuyu, Levent, 4. Levent, Sanayi and Maslak areas include different types of commercial buildings. Although the area is a Central Business District, it includes dwellings, schools, hospitals, military base and Istanbul Technical University campus and is also connected to D100 and E-80 highways. The route has and will continue to have a very high traffic volume due to ever growing skyscraper constructions inspite of Taksim-4. Levent (soon to be Maslak) subway. Noise mapping the area, defining problems and planning measures will help to prevent upcoming problems.

The aim of this thesis study is traffic noise mapping and action planning on Istanbul’s Central Business District, Zincirlikuyu-Maslak transportation route and therefore developing academic experience on the subject. Traffic noise mapping and action planning to be executed 300 m around each side of 7 km Zincirlikuyu Maslak traffic route will be achieved with noise mapping simulation program SoundPLAN.

1. GİRİŞ

Gürültü haritalama, mevcut gürültü seviyelerini belirlemekte, gürültüye hassas veya gürültü üreten bölgeleri sınıflandırmakta, kriterleri belirlemekte ve gürültü azaltımı planlamasını tanıtmakta kullanılmaktadır. Mevcut gürültü verisine sahip olmak, arazi kullanımında hem gelişim kontrolü hem de stratejik planlama açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, ulaşım planlaması, eylem planlarının hazırlanması ve binalarda yalıtım önlemlerinin alınması konularında temel oluşturmaktadır. Gürültü haritalama, değişimleri izlemek için de kullanılabilir.

İstanbul'un merkezi iş alanı gelişiminin Galata, Beyoğlu ve Şişli'den, Beşiktaş, Zincirlikuyu, Levent ve en son Maslak'a ilerlemesi, bu aksı oluşturan Büyükdere Caddesi'nin İstanbul'un en yoğun karayolu trafiği yüklerinden birini taşımasına neden olmuştur. Bu aks üzerindeki yapılaşma hızla artarken ses yalıtımı denetimleri hala uygulamaya geçememiştir. Yapı ve çalışan niceliği sürekli artan bu bölgede gelişimle beraber ortaya çıkacak altyapı ve trafik sorunlarına dikkat çekilirken, yaşanacak işitme ve algılama problemleri ile fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklar göz ardı edilmemelidir. Bu bölgenin trafik akışını belirleyerek gürültü haritasını çıkartmak, problemleri belirlemek, önlemler almak, ileride karşılaşılabilecek sorunları engelleyecektir.

2005 Temmuz'unda Avrupa Birliği sürecinde yürürlüğe giren, 2008 Mart'ından revize edilen, Çevre ve Orman Bakanlığı'na hazırlanan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nin (2002/49/EC) 29. Maddesine göre, Haziran 2013'e kadar yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yollarının ve iki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanlarının gürültü haritaları, işletmeciler ve ilgili belediyeler tarafından çıkartılmalı ve 5 yılda bir revize edilmelidir. EK II'ye göre, oluşturulacak haritalar sınır değerleri ile karşılaştırılarak kaynakta önlemler alınmalı, yeterli olmadığı takdirde TS ISO standartları uyarınca ilgili mekanlardaki tüm yapı elemanlarında yalıtım tedbirleri alınmalıdır. (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2007 yılında yayımladığı verilere göre Büyükdere Caddesi'nden günde ortalama 250 bin araç geçmektedir. Bu verilere göre yılda 90 milyon araç geçen Büyükdere Caddesi, gürültü haritası çıkartılması için sınır değeri olan yılda 6 milyon aracı kat ve kat aşmaktadır ve haritalanması gereken alanların başında gelmektedir. Boğaziçi Köprüsü (205 bin araç), Fatih Sultan Mehmet Köprüsü (235 bin araç), E-5 olarak da anılan O-1 (210 bin araç) veya TEM olarak da anılan O-2 de günlük geçen araç sayısında Büyükdere Caddesi'ni geçmemektedir. (Sabah Gazetesi, 2007)

“Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”ne göre yerleşim alanı, nüfusu yüz binden fazla olan, şehirleşmiş alan olarak kabul edilen ve nüfus yoğunluğunun kilometre kare başına 1000 kişiden fazla olduğu alanları ifade etmektedir. Yerleşim alanı gürültü haritalandırılması kapsamında İstanbul'da şehirsiz nüfusu kapsayan tüm ilçelerde gerçekleştirilecektir. 2007 yılı nüfus verilerine göre İstanbul toplam nüfusu 12.573.836, şehir nüfusu 11.174.257'dir. Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksının içerisinde geçtiği Beşiktaş, Şişli ve Sarıyer ilçelerinin nüfus yoğunlukları sırasıyla 9086, 7734 ve 1497 olmakta ve böylece yönetmelikte öngörülen 1000 kişi/km² sınırını aşmaktadır. (TÜİK, 2007)

Bu çalışma için seçilen Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksı, hem yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yolu olduğu, hem de yoğunluğu kilometre kare başına 1000 kişiden fazla olan, nüfusu iki yüz elli binden fazla olan yerleşim alanlarının arasına girdiği için mutlaka gürültü haritalandırılmasının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, İstanbul'un merkezi iş alanı konumunda olan Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksı üzerinde karayolu trafiğinden kaynaklanan gürültünün haritalandırma ve eylem planının bilgisayar ortamında simüle edilmesi ve bu alandaki akademik tecrübenin artırılmasıdır.

Çalışma, Zincirlikuyu Mevkiinden Ayazağa'ya kadar uzanan Büyükdere Caddesi ve 300 metre çevresini kapsamaktadır. Bu bölgede karayolu trafik gürültüsü haritalaması, gürültü haritalama simülasyon programı SoundPLAN ile gerçekleştirilecektir. Şekil 1.1'de bölgenin haritası verilmektedir.



Şekil 1.1 : Zincirlikuyu Mevkiinden Ayazağa'ya kadar uzanan Büyükdere Caddesi ve her iki yönünden 300'er metre çevresinin haritası

1.2 İlgili Mevzuat

Türkiye’de doğrudan ya da dolaylı olarak gürültü kontrolünü amaçlayan çok sayıda yasal düzenleme bulunmaktadır.

T.C. Anayasasının 56 maddesinde ‘Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir.’ hükmü yer almaktadır.

Gürültü kirliliğinin kontrol altına alınmasına ilişkin düzenlemeler 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun (5491 Sayılı Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun) 14. maddesinde belirtilen “Kişilerin huzur ve sükununu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde yönetmelikte belirlenen standartlar üzerinde gürültü çıkarılması yasaktır. Fabrika, atölye, işyeri, eğlence yeri, hizmet binaları, konutlar ve ulaşım araçlarında gürültünün asgariye indirilmesi için gerekli önlemler alınır.” hükmü çerçevesinde yapılmıştır.

Çevre Kanunu’nun 14’üncü maddesine istinaden 1986 tarihinde yürürlüğe giren Gürültü Kontrol Yönetmeliği gürültü kontrolünü; kaynak, alıcı ve çevre olmak üzere bütüncül olarak değerlendiren ilk yasal düzenlemedir. Söz konusu Yönetmelik ile, kaynak, alıcı ve çevre gürültüsüne sınırlamalar getirilmiştir. Yönetmeliğin uygulanmasından Valilikler ve Belediyeler sorumlu tutulmuştur

1986 yılından beri yürürlükte olan ve uygulayıcılar açısından darboğazların yaşandığı Gürültü Kontrol Yönetmeliği’nde yaşanan sıkıntılar ve uygulamadaki sorunların giderilmesi amacıyla, Avrupa Birliği uyum süreci içerisinde Ulusal Programda Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB)’nın sorumluluğunda yer alan

2002/49/EC sayılı Gürültü Yönetimi hakkındaki Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi de göz önüne alınarak 01 Temmuz 2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” hazırlanmıştır. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nin 1, 2, 4,7, 8, 9 , 10, 12 nci bölümleri ile tüm eklerinde 2002/49/EC direktifinin gereksinimleri yer almaktadır. (Schulte-Fortkamp, Wellhöfer & Nolle, 2007)

07 Mart 2008’de, yönetmeliğin yenilenmiş hali resmi gazetede yayımlanmıştır. Yönetmeliğin amacı; çevresel gürültüye maruz kalınması sonucu kişilerin huzur ve sükununun, beden ve ruh sağlığının bozulmaması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır.

Çizelge 1.1 : Karayolu çevresel gürültü sınır değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

Alanlar	Planlanan/Yenilenmiş/Onarılmış yollar			Mevcut yollar		
	Lgündüz (dBA)	Lakşam (dBA)	Lgece (dBA)	Lgündüz (dBA)	Lakşam (dBA)	Lgece (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	60	55	50	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	63	58	53	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	70	65	60
Endüstriyel alanlar	67	62	57	72	67	62

Yönetmeliğin Madde 21 a bendinde belirtilen karayolu çevresel gürültü sınır değerleri Çizelge 1.1’de verilmektedir. Bu tabloya göre değerlendirilecek olan

haritada, Madde 21 b bendinde bahsedildiği üzere karayolu ve çevresinde trafik akışı, yol kaplaması ve benzeri veya yol kenarlarına TSEN 1793-1, TSEN 1793-2 ve TSEN 1793-3 standartlarına uygun gürültü perdeleme teknikleri dikkate alınarak etkin ve uygulanabilir eylem planları hazırlanacaktır. Bu tabloya göre Büyükdere Caddesi “mevcut yollar” kategorisine girmekte, cadde üzerinde “gürültüye hassas kullanımlar”, “konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar”, “endüstriyel alanlar” ve en çok “işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar” bulunmaktadır.

1.3 İstanbul’da Merkezi İş Alanı Tarihçesi

İstanbul tarihi boyunca uygun coğrafyası nedeniyle ticaret kontrol ve koordinasyon merkezi olmuştur ve 2500 yıldan daha eski zamandır metropol kültürünü taşımaktadır.

Osmanlı Döneminde Bizans Dönemine oranla ulaşım ana yapısında önemli değişim olmuş, Bizans’daki Beyazıt’tan sonra Marmara’ya paralel uzanan aks yerine, Haliç’e paralel ve Edirnekapi’ya yönelik, batıya uzanan aks hakim duruma geçmiştir.

17.yy.’da İstanbul nüfusunun 700-800.000’e ulaştığı tahmin edilmektedir. Haliç’in büyük bir kısmı dolmuş, Beyoğlu ise gelişiminin henüz başlangıcındadır. Beşiktaş’ta yüzyılın sonlarına doğru kentin gelişme yapısı belirlenmiş ve fonksiyonel bölünmeleri tamamlanmış durumdadır.

İstanbul’a kentin gelişimine yönelik ilk planlı girişim ve imar planlama çalışmaları 1836-37 yıllarında başlamıştır. Moltke tarafından bir imar planı çizilmiştir, buna göre geniş meydanlar bırakılıp geometrik form ve kurallara ağırlık verilecektir. Yapılacak yollar, 10-12-15-20 zira (1 Zira=80cm) genişlikte olmak üzere dört kademeye ayrılmıştır.

19.yy.’da Beyoğlu önemli gelişme göstermiş, gelişim bir yönde Kasımpaşa’ya, öbür yönde Boğaz tarafında Tophane’ye kadar uzanmıştır. Beşiktaş, Boğaziçi boyunca yayılmasının yanısıra kuzeye doğrudan gelişmiştir. Boğazda Kabataş ile Taksim arasında kalan hattın güneyi tamamen yapılanmıştır. Maçka sırtları henüz dolmamış, Pangaltı, Nişantaşı, Akaretler’de büyük çapta gelişmeler olmuştur. 1913 yılında Şişli’ye kadar gelen elektrikli tramvay, bu yönde gelişimin hızlanması sonucunu doğurmuştur.

Cumhuriyet'ten sonra şehrin planlı olarak büyümesinin gerekliliği daha iyi anlaşıldığı için, 1937'de önce Prost tarafından yapılan nazım planda, şehrin 19.yy. gösterdiği gelişme eğilimleri bir düzene sokulmaya çalışılmış ve tarihi çekirdeğin bazı sınırlandırılmaları tabi tutulmasına ve sıhhileştirilmesine çalışılmıştır.

1950'lerin ortasına gelindiğinde İstanbul, batıda Yeşilköy, kuzeyde Levent, doğuda da Bostancı'ya uzanan bir alana yayılmıştır. Şişli'den Maslak'a uzanan Büyükdere Caddesi'nin batısında bir sanayi alanı oluşmuştur.

1970'lerde İstanbul büyük bir nüfus yığılmasını etkisiyle konut ve ulaşım gibi temel altyapı gereksinimlerinde büyük boyutlara varan sorunlarla karşılaşmıştır. Bu yıllarda mekansal yapı açısından en önemli olgu Boğaz'ın iki yakasının bir köprü ile bağlanması olmuştur. Şehrin transit taşımacılık işlevini güçlendiren Boğaziçi köprüsü ve çevre yolları, hızlı büyüme sonucunda kısa sürede kentiçi ulaşım ağının omurgası haline gelmiştir.

1980'lerde, nüfusu İstanbul metropoliten nüfusundan daha hızlı büyüme gösteren ilçelere bakıldığında, ya sanayi ya da sanayi dışı etkinliklerin yığılma gösterdiği ve bu yerleşimlerin, İstanbul Metropoliten Alanı'nın gelişme doğrultularında yer aldığı saptanmaktadır. Sanayi ve sanayi dışı sektörlerde yığılma gösteren Fatih, Eminönü ve Beyoğlu gibi geleneksel yerleşmelerin nüfus kaybına uğradığı görülmektedir. Sanayi dışı yığılma batıda Beşiktaş ve Şişli'de etkilerini göstermektedir. Bu dönemde İstanbul Metropoliten Alanı'nın biçimlenmesinde, önemli ulaşım aksları dışında, açılan Boğazköprüsü ve çevre yolları da etkili olmuştur.

Eski İstanbul nüfusunun yaşadığı ve eski yerleşimlerin bulunduğu bölgeler, 1990'ların yeni ve dinamik yapısı içinde yıkılıp yoğunlaşarak görece olarak daha yavaş büyürken, çevre alanlar, altyapı ve planları olmadan hızla gelişmiştir. Yatırım kararları, şehirlerin gelişme yönünü, hızını ve nüfusun dağılımını önemli ölçüde etkilemiştir. Doğu-batı yönünde geçen E-5 karayolunun kuzeyinde kalan alanlardaki sanayi ve konut alanları, nüfusun büyük kısmını barındırmaktadır. Sarıyer ilçesinde de büyük nüfus gelişmesi olmuş, Beyoğlu düzenli konut bölgesi olmaktan çıkmıştır.

İstanbul tarihi boyunca uygun coğrafyası nedeniyle ticaret kontrol ve koordinasyon merkezi olmuştur ve bu kavramlara yönelik fonksiyonlar bugün için Merkezi İş Alanı olarak adlandırdığımız alanlarda kendini göstermiştir.

İstanbul'un Merkezi İş Alanı bölgesinin tarihsel süreç içinde farklı karakterde oluşmuş alt bölgelerden meydana geldiği anlaşılmaktadır. Tarihi Merkezi İş Alanı bölgesi, kuruluşu Bizans Dönemi'ne kadar inen Eminönü-Fatih uzantısı, 19. yüzyılda gelişen Beyoğlu-Galata ve 1913'de tünel ve tramvayın gelmesiyle oluşan Şişli ve sonraki Beşiktaş uzantısı, son yıllarda gelişen, Levent-Maslak aksı Merkezi İş Alanının bu alt bölgelerini içermektedir.

Merkezi İş Alanı kavramı planlama ile direkt uğraşan grupların dışında da tanımlanmaya çalışılmaktadır. Örneğin, Sanayi ve Ofis Emlakçıları Derneği standartlarına göre (NAI Pega Commercial Real Estate Services, 2002), Merkezi İş Alanı, ofis alanı ve iş hizmetlerinin en yoğunluklu olduğu alan olarak tanımlanmaktadır ve İstanbul Merkezi İş Alanı, Beşiktaş – Maslak aksıdır. Bu alan, Beşiktaş, Fulya, Balmumcu, Zincirlikuyu, Esentepe, Şişli, Etiler, Akatlar, Levent ve Maslak'ı kapsamaktadır.

A sınıfı ofis binaları mümkün olan en yüksek teknik standart ve konforun olduğu ofis kullanımı için inşa edilmiş binalardır. Profesyonel güvenlik, açık ofis alanı, kapalı park alanı, merkezi HVAC sistemi, sprinklerlar ve jeneratör, A sınıfı ofislerde olması gereken unsurlardır. Uluslararası standartlarda A sınıfı ofisler için minimum kat alanı 500 m² olduğu halde, Türkiye'de bulunan bazı binalar daha düşük kat alanına sahip olmasına rağmen diğer kriterlerin karşılanması nedeniyle A sınıfında değerlendirilmektedir. A sınıfı ofis binaları, İstanbul'un Merkezi İş Alanı olarak bilinen Levent-Zincirlikuyu-Maslak Bölgesinde yoğunlaşmaktadır. (Çakılcıoğlu, 2004.)

Büyükdere Caddesi üzerinde inşa edilmekte olan konutların metrekaresi 10-15 bin dolardan satışa sunulmakta ve bu fiyatlara rağmen yüksek talep bulunmaktadır. (Uras, 2007) Oysa, Seul, Kore'de yapılan bir araştırmaya göre, trafik gürültüsündeki %1'lik artış arsa fiyatında %1,3 azalmaya sebep olmaktadır. (Kim, Park, & Kweon, 2007) Bucheon, Güney Kore'de yapılan bir araştırmaya göre, trafik gürültüsündeki 1 dB'lik artış apartman dairesi fiyatında %0,3 azalmaya sebep olmaktadır. (Lim, Ko, 2003)

Aralarında TEM, E5 ve Büyükdere Caddesi'nin de bulunduğu İstanbul'un en işlek ana yollarını kullanan günlük toplam araç sayısı bu yolların kapasitesinin 2 katına çıkmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre, İstanbul'un ana

yollarının günlük araç kapasitesi 1 milyon 330 bin iken, bugün bu yolları 2 milyon 315 bin araç kullanmaktadır. Kapasite fazlası kullanım nedeniyle İstanbul'da araçların yaklaşık yüzde 50'si günde 45 dakikalık bekleme yapmakta, trafiğın yoğun olduğu 07:00-10:00 ile 16:00-22:00 saatleri arasında tıkanıklığa maruz kalan yolcu sayısının da yaklaşık 780 bin olarak tahmin edilmektedir. Trafiğın, benzin ile iş gücü kaybı nedeniyle yol açtığı maliyetin yılda 1,5-3 milyar doları bulunduğu tahmin edilmektedir.

Karayolları'nın projeksiyonuna göre, 2015 yılında bu yolları kullanacak olan araç sayısı ise 3 milyon 100 bini aşacaktır. Projeksiyona göre, kapasitesinin en fazla üzerine çıkacak olan yol ise peş peşe gökdelen projelerine başlanan Büyükdere Caddesi olacaktır. Günlük 100 bin araç kapasiteli olan Büyükdere Caddesi'ni 2015 yılında 400 bini aşkın araç kullanacaktır. (Sabah Gazetesi, 2007)

2. GÜRÜLTÜNÜN SERBEST ALANDA YAYILMASI, KARAYOLU GÜRÜLTÜSÜ GÖSTERGELERİ, KARAKTERİSTİKLERİ VE DOZ-ETKİ İLİŞKİLERİ

Gürültü genellikle istenmeyen ses olarak tanımlanır. Rahatsızlığa neden olur, uykuyu ve konsantrasyonu bozabilir. İşitsel hasarlara da neden olabilmektedir. Gürültü, kan damarlarını daraltıp bunun sonucu olarak tansiyonu yükseltebilen, hastalıklara neden olan sosyal bir olgu olarak da ele alınabilir. Diğer işitsel olmayan etkileri, insanların, özellikle aile bireylerinin ihtiyaçlarına karşı duyarsızlık, öfke, sıkıntı, kaygı ve diğer zararlı tepkilere ev sahipliği yapmasıdır. Gürültünün hayatımıza etkisini azaltmak mimarın, mühendisin, akustikçinin ve yerel yönetimlerin görevidir. (Rettinger, 1988)

2.1 Gürültünün Serbest Alanda Yayılması

Gürültünün serbest alanda yayılımını etkileyen en önemli faktörler aşağıda verilmiştir:

1. Kaynağın türü
2. Uzaklık
3. Zemin
4. Atmosferik emilim
5. Rüzgar ve sıcaklık gradyanı
6. Engel

Ölçüm ya da hesapta, kabul edilebilir sonuçlara ulaşmak için bu etkiler göz önüne alınmalıdır. (Brüel&Kjær, 2001)

2.1.1 Gürültü kaynağı türü etkisi

Gürültü kaynağı türünün sesin yayılımı üzerinde etkisi vardır. Gürültü kaynağı tipleri ses yayılımına etkileri açısından üçe ayrılabilir: Nokta kaynak, çizgi kaynak ve düzlem kaynak.

Bir gürültü kaynağının boyutları, dinleyiciye uzaklığına göre küçük kalıyorsa, bir nokta kaynaktır. Ses enerjisi küresel olarak yayılır, böylece kaynaktan eşit uzaklıkta

olan her yerde ses basınç düzeyi aynıdır, uzaklığın iki kat artmasıyla 6 dB azalır. Bu, yer ve hava emiciliği fark edilir seviyede etki edene kadar geçerlidir.

Eğer bir kaynak, dinleyici ile arasındaki uzaklıkla karşılaştırıldığında, bir yönde dar, diğer yönde uzun ise, çizgi kaynak denir. Ses düzeyi silindirik olarak yayılır, böylece kaynaktan eşit uzaklıkta olan her yerde ses basınç düzeyi aynıdır, uzaklığın iki kat artmasıyla 3 dB azalır. Bu, yer ve hava emiciliği fark edilir seviyede etki edene kadar geçerlidir. (Brüel&Kjær, 2001)

Bir gürültü kaynağı, ya da benzer gürültü kaynakları grubu aynı düzlem üzerinde bulunuyorsa ve alıcıya uzaklığına göre geniş bir alana yayılmış ise düzlem kaynak olarak değerlendirilebilir.

2.1.2 Uzaklık etkisi

Nokta kaynakta, kaynaktan eşit uzaklıkta olan her yerde, diğer koşulların aynı olması durumunda, ses basınç düzeyi aynıdır, uzaklığın iki kat artmasıyla ses basıncı 6 dB azalır. Bir alıcı kaynaktan yeterince uzaklaştığında çoğu kaynak nokta kaynak kabul edilebilir. Nokta kaynaktan belirli bir uzaklıktaki ses basınç düzeyini hesaplamak için Denklem 2.1 veya Denklem 2.2 kullanılabilir.

$$L_p = L_w - 20 \log(10r) - 8 \text{ dB} \quad (2.1)$$

$$L_p = L_w - 20 \log r - 11 \text{ dB} \quad (2.2)$$

Denklemlerde,

L_p : r uzaklıkta ses basınç düzeyi (dB)

L_w : Ses güç düzeyi (dB)

r: Kaynaktan uzaklık (m)

(Brüel&Kjær, 2001)

Her yönde eşit yayılan bir ses kaynağı, yani nokta kaynak örneğinde, ses gücü I (W^{-2}) Denklem 2.3 ile elde edilir: Bu denklem, r yarıçaplı küresel yayılmada birim alandaki gücü temsil etmektedir.

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (2.3)$$

Denklemde,

I: Ses şiddeti (W^{-2})

P : Kaynağın gücü (W)

r : Kaynaktan uzaklık (m)

Kaynak tüm yönlerde eşit yayılım yapmıyorsa, Denklem 2.2'ye yönelme indeksinin (DI) katılması gerekmektedir.

$$L_p = L_w + DI - 20 \log r - 11 \text{ dB} \quad (2.4)$$

Denklemde,

L_p : r uzaklıkta ses basınç düzeyi (dB)

L_w : Ses güç düzeyi (dB)

DI: Yönelme indeksi, $= 10 \log Q$

r: Kaynaktan uzaklık (m)

Q, yönelme faktörü, belirli bir yönde verilmiş gerçek ses şiddetinin aynı güçteki çok yönlü bir kaynaktaki ses şiddetine oranıdır. Bu yönelme ya içseldir ya da mekana göre değişir. Mekana göre yönelmenin en basit örneği bir nokta kaynağın yansıtıcı düz bir yüzey üzerine konmasıdır. Bu durumda kaynaktan yayılan ışınlar bir yarıküre ile sınırlanır, yönelme faktörü 2, yönelme indeksi 3 dB'dir. Eğer kaynak birbirine dik iki yüzeyin köşesinde yer alıyorsa yönelme faktörü 4, yönelme indeksi 6 dB'dir. (Rossing, 2007)

Sonsuz bir çizgi kaynakta, yayılma silindiriktir ve uzaklığın iki katında 3 dB'lik azalma meydana gelmektedir. Çizgi kaynaktan belirli bir uzaklıktaki ses basınç düzeyini hesaplamak için Denklem 2.5 kullanılabilir.

$$L_p = L_w - 10 \log(10r) - 5 \text{ dB} \quad (2.5)$$

Denklemde, yere yakın çizgi kaynak için,

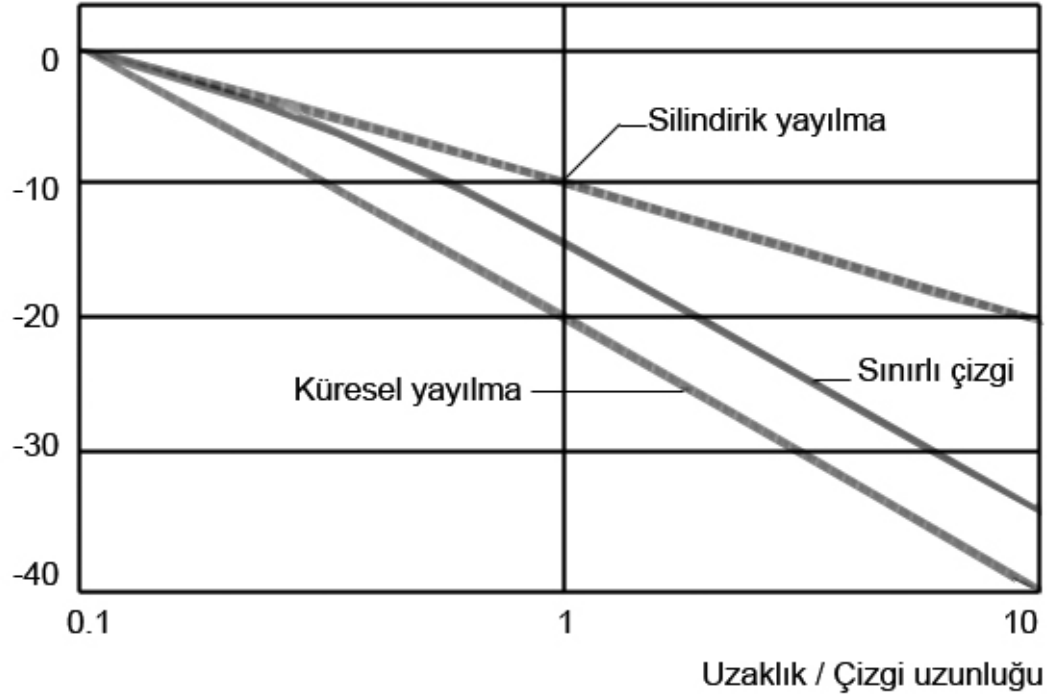
L_p : r uzaklıkta ses basınç düzeyi (dB)

L_w : Ses güç düzeyi (dB)

r : Kaynaktan uzaklık (m)

Daha ayrıntılı bakıldığında, yansıtıcı bir yüzeyde üzerinde karayolu trafiği birbirinden bağımsız nokta kaynaklara ayrılarak ifade edilebilir.

Ses basınç düzeyi (dB re 1m)



Şekil 2.1 : Nokta, sınırsız çizgi ve sınırlı çizgi kaynakların geometrik yayılma nedeniyle azaltımının karşılaştırılması (Rossing, 2007)

$$I = \int_{-l/2}^{l/2} \frac{P}{2\pi r^2} dx = \frac{P}{2\pi d} \left[2 \tan^{-1} \left(\frac{l}{2d} \right) \right] \quad (2.6)$$

Denklemden,

I : Ses şiddeti

l : Kaynak uzunluğu

dx : Nokta kaynak aralığı

P dx : Kaynak gücü

d : Kaynağa dik uzaklık

r : Herhangi bir elemandan θ açısında uzaklık

Bunun sonucunda çizgi kaynağa belirli bir uzaklıktaki ses basınç düzeyi bulunabilir.

$$L_p = L_w - 10 \log d - 8 + 10 \log \left[2 \tan^{-1} \left(\frac{l}{2d} \right) \right] \quad (2.7)$$

Denklemde,

L_p : r uzaklıkta ses basınç düzeyi (dB)

L_w : Ses güç düzeyi (dB)

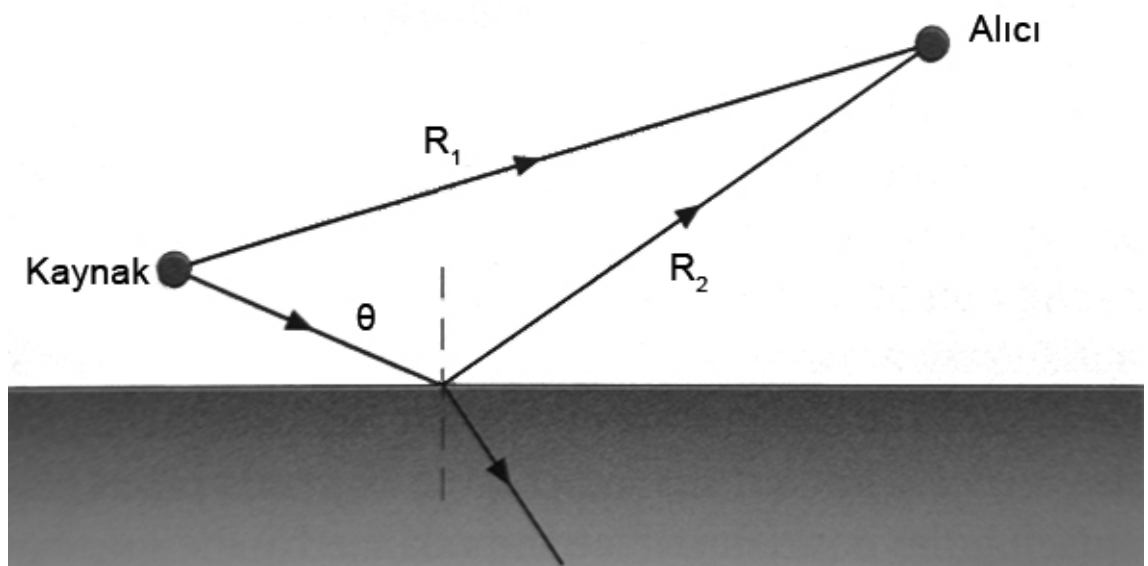
d : Kaynağa dik uzaklık (m)

(Rossing, 2007)

Şekil 2.1 nokta, sınırsız çizgi ve sınırlı çizgi kaynakların geometrik yayılma nedeniyle azaltımını karşılaştırmaktadır.

2.1.3 Zemin etkisi

Yükseltilmiş kaynak ve alıcılar için yer yüzeyi etkileri, hem kaynak hem de alıcı yer yüzeyine yakın olduğunda, Şekil 2.2’de görüldüğü üzere, kaynak-alıcı arasındaki direkt ses yolu ve yerden yansıyan ses yollarının sonucudur. Bu etkiye yer yutuculuğu da denmesine rağmen, yerin yapısına göre sesi artırıcı etkisi de olabilmektedir. Akustik olarak sert olan yüzeyler, örneğin gözeneksiz beton veya asfalt, geniş bir frekans aralığında ses basıncını iki katına çıkartabilmektedir.



Şekil 2.2 : Zemin yüzeyi üzerinde kaynaktan alıcıya ses yayılımı

Toprak, kum ve kar gibi gözenekli yüzeylerde ise uzun ses dalgalarının gözeneklere girmesi zorlaştığı için düşük frekanslarda ses artırımına sebep olabilmektedirler. Yüksek frekanslarda ise gözeneklere giren ses dalgaları sayesinde azaltım gerçekleşmektedir. Yer yüzeyi yansıtıcılığı, frekansa bağlı olarak değişmektedir. Kar, bitkiler ve orman tabanındaki çürümüş organikler, yeri daha da gözenekli hale getirmektedirler. Gözenekli malzemeler akustik açıdan yumuşak olarak da adlandırılırlar. (Rossing, 2007)

2.1.4 Atmosferik emilim etkisi

Ses enerjisinin bir kısmı havada yayılırken ısı enerjisine dönüşmektedir. Buna, ısı iletimi, kesme viskozitesi ve moleküler gevşeme kayıpları yol açmaktadır. Atmosferik azaltım yüksek frekanslarda ve uzun menzilde belirgin hale gelmekte, uzun menzilde hava alçak frekansları geçirip yüksek frekansları azaltan bir filtre görevi görmektedir.

$$p = p_0 e^{-\alpha x / 2} \quad (2.8)$$

Denklemden,

p: Kaynaktan x uzaklıkta ses basıncı

p₀: Ses basıncı

x: p ile p₀'ın gerçekleştiği noktalar arasındaki uzaklık

α: Azaltım katsayısı (Denklemler 2.8 ve 2.9)

$$\alpha = f^2 \left[\left(\frac{1,84 \times 10^{-11}}{\left(\frac{T_0}{T} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{p_s}{p_0}} \right) + \left(\frac{T_0}{T} \right)^{2,5} \left(\frac{0,10680 e^{-3352/T} f_{r,N}}{f_2 + f_{r,N}^2} + \frac{0,01278 e^{-2239,1/T} f_{r,O}}{f_2 + f_{r,O}^2} \right) \right] \frac{Np}{m \cdot atm} \quad (2.9)$$

Denklemden,

α: Azaltım katsayısı

f: Frekans

T₀: Referans sıcaklık (20°C) 293,15 K

T: Sıcaklık (Kelvin)

p_s : Yerel atmosferik basınç

p_0 : Referans atmosferik basınç (1atm=1.01325x10⁵ Pa)

$f_{r,N}$ ve $f_{r,O}$: Nitrojen ve oksijen moleküllerinin titreşimlerine bağlı gevşeme frekansları (Denklem 2.10 ve Denklem 2.11)

$$f_{r,N} = \frac{p_s}{p_{s0}} \left(\frac{T_0}{T} \right)^{\frac{1}{2}} \times \left(9 + 280 H e^{-4,17 \left[(T_0/T)^{1/3} - 1 \right]} \right) \quad (2.10)$$

$$f_{r,O} = \frac{p_s}{p_{s0}} \left(24 + 4,04 \times 10^4 H \frac{0,02 + H}{0,391 + H} \right) \quad (2.11)$$

Bu denklemler saf tonların emiliminde, $\pm\%10$ kesinlikle, $0,05 < H < 5$, $253 < T < 323$, $p_0 < 200 \text{ kPa}$ aralıklarında kullanılabilir. Bu denklemlerde,

$f_{r,N}$ ve $f_{r,O}$: Nitrojen ve oksijen moleküllerinin titreşimlerine bağlı gevşeme frekansları

p_s : Yerel atmosferik basınç

p_0 : Referans atmosferik basınç (1atm=1.01325x10⁵ Pa)

T_0 : Referans sıcaklık (20°C) 293,15 K

T : Sıcaklık (Kelvin)

H : Atmosferdeki su buharı molar konsantrasyonunun yüzdesi ($\rho_{\text{sat}} r_h p_0 / p_s$)

r_h : Nispi nem (%)

ρ_{sat} : $10^{C_{\text{sat}}} (C_{\text{sat}} = -6,8346 (T_0/T)^{1,261} + 4,6151$

(Rossing, 2007)

Sesin üzerindeki meteorolojik etkenler ile ilgili yıllardır çeşitli deneysel ve teorik araştırmalar yapılmaktadır. Bunlara göre, meteorolojik etkenlerin kaynaktan 25 metre ötede farkedilmeye başladığı ve alıcı yüksekliğinin düşmesi ile arttığı bulunmuştur. Atmosferik emilim, frekansa, bağıl neme, sıcaklığa ve atmosferik basınca dayanmaktadır. Atmosferik emilim uzaklıkla artış göstermektedir. Bağıl nemin veya sıcaklığın düşük olduğu durumlarda çok az atmosferik azaltım bulunur.

Bağıl nemdeki ve sıcaklıktaki aylık ve günlük değişimler atmosferik emilimde büyük değişimlere sebep olmaktadır. Çoğunlukla bağıl nem, gündeğumundan hemen sonra en yüksek değeriine, sıcaklığın en yüksek olduğu öğleden sonra ise en düşük değeriine ulaşır. Gündüz süresince oluşan değişimler en yüksek yaz mevsiminde görölmektedir.

Meteorolojik verilerin otuz yıl boyunca toplanması, iklimsel standart oluşturulması olarak kabul edilmektedir. Larsson tarafından yapılan bir çalışmada, İsveç'te bulunan altı istasyondan 1961-1990 yılları arasında elde edilen toplam otuz yıllık meteorolojik saatlik ölçüm verileri atmosferik emilim koşullarını belirlemekte kullanılmıştır. Bu verilerden sesin frekansa bağılı aylık ve günlük değişimleri hesaplanmıştır. (Larsson, 1997)

ISO 9613-2 standardında çevresel gürültünün hesaplanması için ortalama atmosferik emicilik katsayılarının yerel hava koşullarına dayanması gerektiğı belirtilmiştir. (TS ISO 9613-2, 2006) ISO 3891 standardında ise atmosferik emilim örnek değeriileri verilmiştir. (ISO 3891, 1978)

Çizelge 2.1 : Atmosferik emilim, dB/km (ISO 3891, 1978)

Frekans, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atmosferik emilim, dB/km	0,381	1,13	2,36	4,08	8,75	26,4	93,7

Yüksek frekanslarda atmosferik emilim yılın farklı zamanlarına göre değişim göstermektedir. Alçak frekanslarda ise, emilim hem gün, hem de yıl içinde değişim göstermektedir. Aylık ve günlük değişimler frekansa bağılıdır.

Atmosferik emilim uzun menzilli ses yayılımı için önemlidir. Uzun menzilli ses yayılımını doğru tahmin etmek için sıcaklık ve nemliliğın doğru verilerine ihtiyaç duyulur. Bu nedenle yerel meteoroloji istasyonlarından alınacak veriler kullanılmalıdır. 30 yıl boyunca toplanan saatlik meteorolojik yerel verilerin kullanılması, tahmin edilen ses düzeyinin kesinliğini arttırmaktadır. 1 yıl boyunca toplanmış saatlik veriler de kullanılabilir fakat yüksek frekanslarda belirsizlikler ve dağılımlarda farklılıklar bulunmuştur. 4000 Hz ve 8000 Hz'de atmosferik emilimin en düşük değeriileri için, farklı periyotlar arasında sapmalar gözlemlenmiştir. Atmosferik emilimin hesaplarını sıcaklık ve nemlilik aritmetik ortalamalarına dayandırmak 1000 Hz'de 1 dB/km'lik hataya sebep olabilmektedir. Bu nedenle

küresel ortalama değerleri kullanmak yerine, atmosferik emicilik değerleri yerel iklime göre hesaplanmalıdır. (Larsson, 1997)

2.1.5 Rüzgar ve sıcaklık gradyanı etkileri

Atmosfer, rüzgar kesme mukavemeti ve Dünya yüzeyinin eşit olmayan ısınmasından dolayı sürekli hareket halindedir. Toplum gürültüsü tahmini bakımından atmosferin yer yüzeyine yakın kısımları ile ilgilenilir. Gündüz bu alanın yer yüksekliği 50-100 m arasındayken gece ise azalır.

Çoğu meteorolojik durumda ses hızı yerden yükseklik ile değişmektedir. Çoğunlukla, ısı, yükseklik arttıkça azalır. Rüzgar olmaması durumunda bu, ses dalgalarının yukarı kırılmasına neden olmaktadır. Yükseklik arttıkça rüzgar hızı artar ve rüzgar hızı ses hızını azaltabilir ya da arttırabilir. Rüzgar altı bölgede ses aşağı doğru kırılır. Hem rüzgar hem de ısı etkisi mevcut olduğunda, rüzgar etkileri ısı etkilerine egemen olmaktadır. Isının ters dönme (inversion) yüksekliğine kadar yükseldiği ısı ters dönmesi olayı, o yüksekliğin altına kadar ses dalgalarının aşağı kırılmasına neden olmaktadır. Ters dönme (inversion) koşullarında, ya da rüzgar altı durumda, ses düzeyleri normal yayılma durumundaki azalmadan daha yavaş azalma göstermektedir.

Genellikle ses yayılma yönünde ses profilinin hızı aşağıdaki denklemle ifade edilebilir:

$$c_z = c_0 \sqrt{\frac{T_z + 273,15}{273,15}} + u_z \quad (2.12)$$

Denklemde,

c_z : Ses profilinin hızı

c_0 : Ses hızı

T_z : Isı profili, C°

u_z : Rüzgar hızı profili m/s

Eğer hava sıcaklığı yükseklik nedeniyle normal azalmasından önce, belirli bir yüksekliğe kadar artarsa buna ters dönme (inversion) denir. Ters dönme yüksekliğine kadar var olan kaynaklardan yayılan ses yere doğru kırılır. Bu durum ses yayılımı

için elverişlidir ve akustik açıdan nötr durumlara oranla daha yüksek ses düzeylerine sebep olmaktadır. Aynı durum bir kaynağın rüzgaraltı bölgesinde yer alan alıcılar için de geçerlidir. Kaynak ve alıcı arasındaki ses yolları için tüm yer yansımalarını hesaplamak gereklidir, fakat burada düzlemsel dalga yerine küresel dalga yansıma katsayılarını kullanmak daha doğru bir yaklaşım olmaktadır.

Belirli bir yükseklikte etkili ses hızı aşağıdaki denklemde verilmektedir:

$$c_z = c_0(1 + \zeta z) \quad (2.13)$$

Denklemde,

c_z : Yerden belirli bir yükseklikte etkili ses hızı

c_0 : Ses hızı

ζ : Normalleştirilmiş ses hızı gradyanı ($(dc/dz) / c_0$)

z : Yerden yükseklik

(Rossing, 2007)

2.1.6 Engel etkisi

Bir gürültü kaynağı ile alıcı arasına yerleştirilmiş bir bariyer alıcıya ulaşan gürültüyü azaltmaktadır. Azaltım düzeyi bariyerin boyutlarına ve gürültü kaynağının frekans içeriğine bağlıdır. Alçak frekanslar yüksek frekanslardan daha kolay kırılması ve köşelerde kıvrılması dolayısıyla, bariyerler yüksek frekanslarda daha etkilidirler. (Templeton & Saunders, 1987)

Amacına uygun yapılmış gürültü bariyerleri Avrupa, Uzak Doğu ve Amerika'da şehir peyzajının yaygın bir ögesi haline gelmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, sadece 2001 yılında bile 2000 km gürültü bariyeri inşa edilmiştir. Bariyerlerin çoğu yakınlardaki konut bölgelerini korumak amacıyla ulaşım ve endüstri bölgelerinin civarına yerleştirilmiştir. Bariyerlerin geniş alanlarda, bina grupları için kullanılması maliyet açısından tekil kullanımlardan daha uygundur. Son 20 yıldır çevresel gürültü bariyerleri, araştırmaların, ulusal ve uluslar arası standartların ve tahmin yöntemlerinin konusu olmuştur. Fakat rüzgar ve sıcaklıkta gürültü bariyeri performansı ile yerel atmosferik türbülansın, hareketli trafiğin, yerel bitki örtüsünün ve estetik kalitenin etkileri araştırılması gereken konular arasındadır.

Gürültü bariyerleri gürültü kaynağından alıcıya direk yolu engellemekte, fakat ses alıcıya bariyer kenarından ulaşmaktadır. Bu nedenle bariyer azaltımının hesabı ana olarak kırılma hesabının çözülmesine bağlıdır. 19. yüzyılın sonlarında kırılma probleminin kesin integral sonuçları elde edilmiştir, fakat kesin sonuçları hesaplamak yerine yaklaşık tahminler kullanmak daha pratik olmaktadır. Bu durumda kaynak ve alıcının bariyerden bir dalgaboyundan daha uzakta olduğu ve alıcının gölge bölgesinde olduğu kabullerinin yapılması gerekmektedir. (Rossing, 2007)

2.1.6.1 Kirchhoff-Fresnel yaklaşımı

Bariyer hesaplamaları için Kirchhoff-Fresnel yaklaşımı ile ince rijit panellerde Fresnel sayısı, kalın bariyerler için ise kırılmanın geometrik teorisi kullanılmaktadır.

Sonsuz uzunlukta bariyer azaltımı

Sonsuz uzunlukta bir bariyerin azaltımı, R_B 'si, Denklem 2.14 kullanılarak elde edilebilir:

$$R_B = 10 \log_{10}(3 + 20N) \quad (2.14)$$

Denklemde,

N: Fresnel sayısı, $N = 2 f d / c$

f: Frekans (Hz) Bir oktav ya da 1/3 oktav bantta azaltımı hesaplamak için f, bandın orta frekansı olarak seçilmelidir.

d: kaynak ile alıcı arasındaki direk ve dolaylı ses yolu uzunluğunun farkı (m)

c: Sesin hızı (m/s)

Bir bariyerin gürültü azaltımı grafik olarak Şekil 2.3 verilmiştir.

Sınırlı uzunlukta bariyer azaltımı

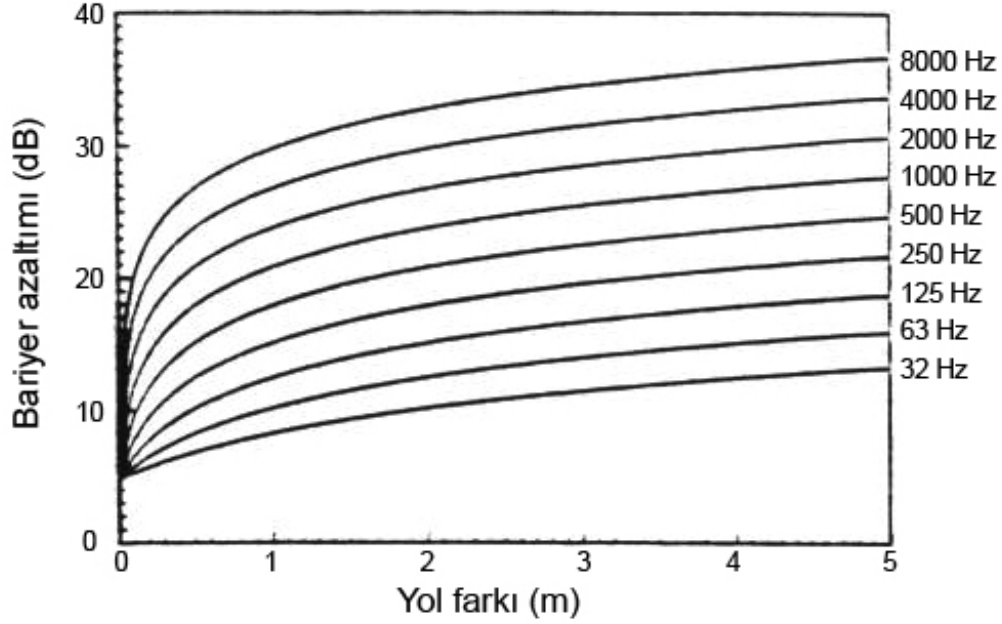
Eğer bariyer sınırlı ise, kenarlardan kıvrılan ses dalgaları da işin içine katılmalıdır. Bariyerin üzerinden yapılan azaltım hesabı, bariyerin yanlarında da geçerlidir. Bu durumda toplam azaltım R_T aşağıdaki formülle elde edilebilir.

$$R_T = -10 \log_{10} \left[10^{\frac{-R_{B1}}{10}} + 10^{\frac{-R_{B2}}{10}} + 10^{\frac{-R_{B3}}{10}} \right] \quad (2.15)$$

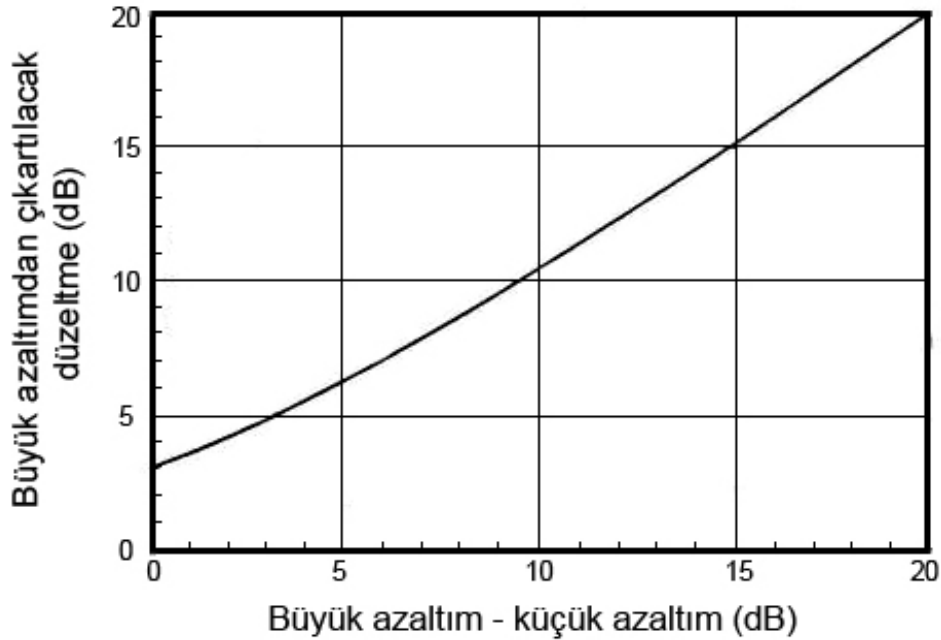
Denklemde,

RB1, RB2 ve RB3: Bariyerin yukarisından ve iki yan kenarından elde edilen azaltım

Buna alternatif olarak Şekil 2.4 kullanılabilir, bu durumda azaltımlar ikiyeşerli olarak birleştirilmelidir.



Şekil 2.3 : Bariyer ile gürültü azaltımı (Templeton & Saunders, 1987)



Şekil 2.4 : İki azaltımı birleştirmek için kullanılacak grafik (Templeton & Saunders, 1987)

Bu bariyer formülü aslında sadece ince bariyerlere uygulanabilir. Kalın bariyerlerde ise (bina, vs.), yol farkı kaynaktan binanın yakın kenarına ve alıcıdan binanın yakın

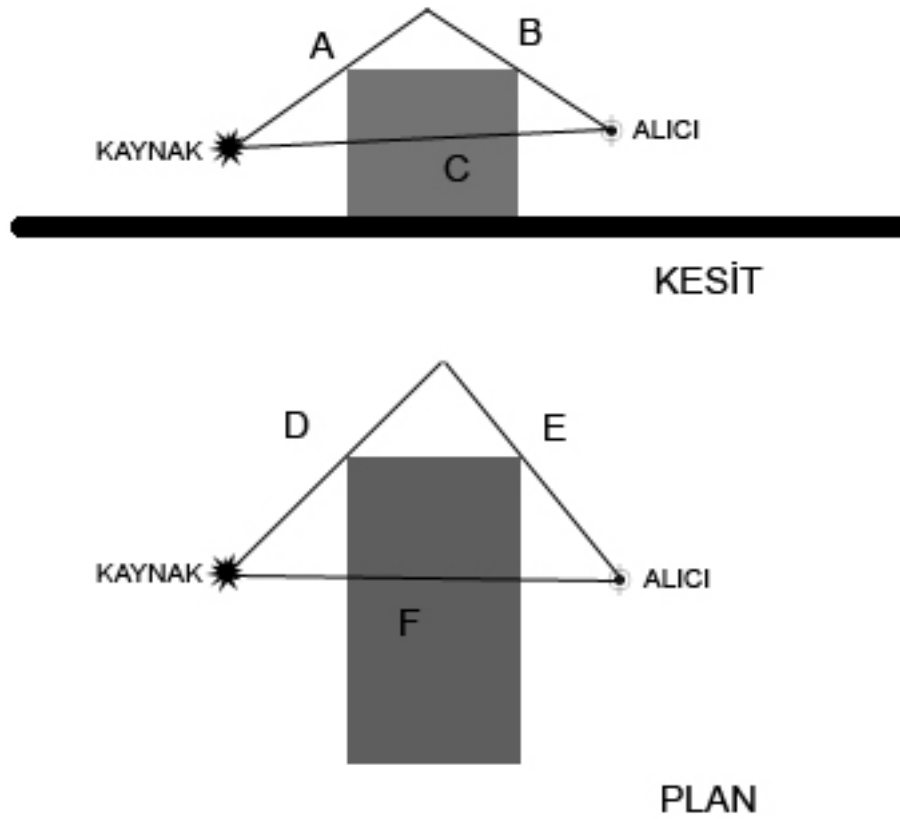
kenarına çizilecek çizgiler ile hesaplanabilir. Buna bir örnek Denklem, Denklem ve Şekil 2.5'te verilmektedir.

$$d_1 = A + B - C \quad (2.16)$$

$$d_2 = D + E - F \quad (2.17)$$

d_1 ve d_2 : Ses yolu farkı, m

A, B, C, D, E, F: Şekil 2.5, m



Şekil 2.5 : Eşdeğer ince bariyer hesabı ile uygulaması (Templeton & Saunders, 1987)

2.1.6.2 Hadden ve Pierce yaklaşımı

Hadden ve Pierce tarafından üretilen rijit takozlu bariyer çözümü diğer yaklaşımlara oranla daha kolay hesaplanmakta ve daha kesin sonuçlar vermektedir. Kirchhoff-Fresnel yaklaşımını temel alan çizgisel integral çözümü, dağıtılan kaynakların

bariyer kenarında oluşturduğu kırılmış sesin basıncını irdelemektedir ve tırtıklı kenarlı bariyerleri de hesaplayabilecek şekilde geliştirilmiştir.

Tek kenar kırılması

Bariyerlerin ses geçiş kaybı yeterince yüksek olduğu sürece bariyerin performansı geometri ile belirlenmektedir.

İnce bir bariyerin çevresindeki ses alanı aşağıdaki denklemler ve Şekil 2.6 ile ifade edilir.

Bariyerin önünde: $p_T = p_i + p_r + p_d$

Bariyerin üzerinde: $p_T = p_i + p_d$ (2. 18)

Gölge bölgesinde: $p_T = p_d$

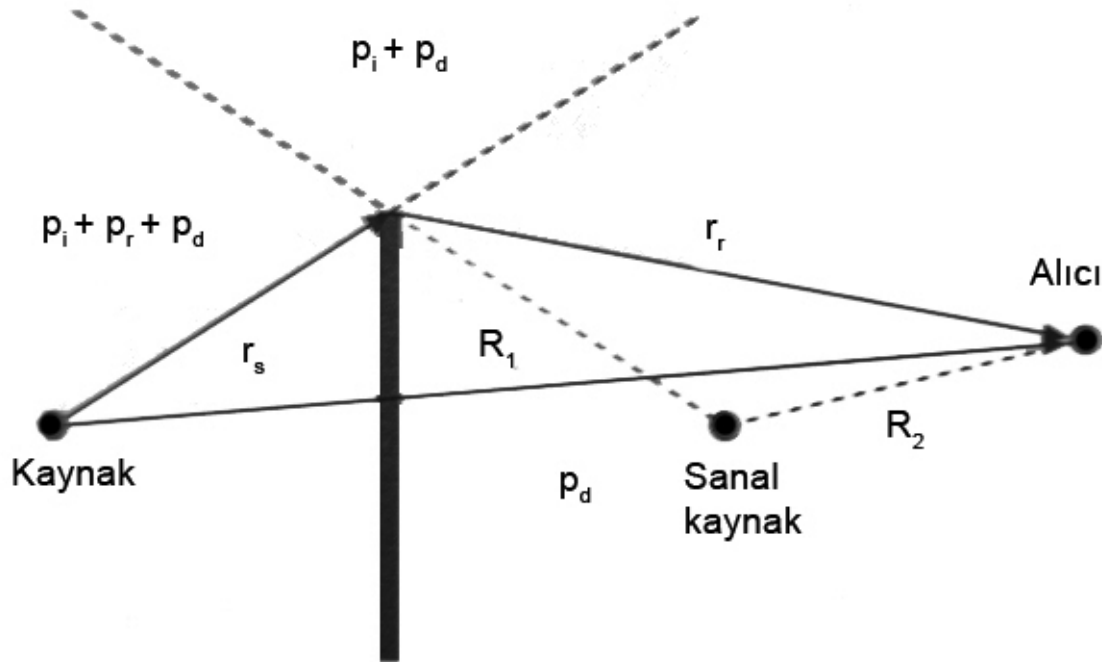
Denklemlerde,

p_T : Toplam ses alanı

p_i : Sanal ses alanı

p_r : Yansımış ses alanı

p_d : Kırılmış ses alanı



Şekil 2.6 : Sesin ince bir bariyerle kırılması (Rossing, 2007)

Kaynağın ve sanal kaynağın Frensel sayıları N_1 ve N_2 olarak adlandırılmaktadır ve aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$N_1 = \frac{R'-R_1}{\lambda/2} = \frac{k}{\pi}(R'-R_1) \quad (2.19)$$

$$N_2 = \frac{R'-R_2}{\lambda/2} = \frac{k}{\pi}(R'-R_2) \quad (2.20)$$

Denklemden,

R' : En kısa kaynak-kenar-alıcı yolu (r_s+r_r)

R_1 : Kaynak-alıcı direk yolu uzunluğu

R_2 : Sanal kaynak-alıcı direk yolu uzunluğu

k : $(2\pi/\lambda)$

Eğer yer etkisi yoksa ilave kaybı (insertion loss, IL) olarak da adlandırılan, panelin azaltımı (Att), çoğu zaman bariyerin akustik performansını değerlendirmek için kullanılır:

$$Att = IL = 20 \log \left(\left| \frac{p_w}{p_{w/o}} \right| \right) \text{ dB} \quad (2.21)$$

Denklemden,

Att, IL: Bariyer azaltımı

p_w ve $p_{w/o}$: Bariyer mevcut iken ve mevcut değil iken toplam ses alanı

Maekawa, kaynağın Frensel sayısı N_1 'e dayalı olarak ince rijit bariyerde azaltımı ifade eden bir grafik hazırlamıştır. Grafik verileri laboratuvar deneylerine ve Kirchhoff-Fresnel kırılma teorisindeki Frensel sayısına dayanmaktadır. Maekawa'nın grafiği çok başarılı olmuştur ve bir çok ulusal ve uluslararası standartta bariyer hesaplamalarında kabul edilmiştir. Bu grafiği basit bir formüle oturtma çalışmalarında biri aşağıdaki denklemde verilmiştir.

$$Att = 10 \log (3 + 20 N) \text{ dB} \quad (2. 22)$$

Att: Bariyer azaltımı

N: Frensel sayısı

Maekawa eğrisi matematiksel olarak aşağıdaki denklemde ifade edilmiştir.

$$Att = 5 + 20 \log \frac{\sqrt{2\pi N_1}}{\tanh \sqrt{2\pi N_1}} \quad (2. 23)$$

Att: Bariyer azaltımı

N: Frensel sayısı

Her iki Frensel sayısı da kullanılarak bu denklemin daha gelişmiş bir versiyonu:

$$Att = Att_s + Att_b + Att_{sb} + Att_{sp}$$

$$Att_s = 20 \log \frac{\sqrt{2\pi N_1}}{\tanh \sqrt{2\pi N_1}} - 1$$

$$Att_b = 20 \log \left[1 + \tanh \left(0,6 \log \frac{N_2}{N_1} \right) \right] \quad (2. 24)$$

$$Att_{sb} = \left(6 \tanh \sqrt{N_2} - 2 - Att_b \right) \times \left(1 - \tanh \sqrt{10 N_1} \right)$$

$$Att_{sp} = -10 \log \frac{1}{(R'/R_1)^2 + (R'/R_1)}$$

Denklemde,

Att_s: N₁'in bir fonksiyonu olarak azaltım, kaynak-alıcı arası uzaklığa bağlıdır

Att_b: N₂/N₁'in bir fonksiyonu olarak azaltım, kaynağın veya alıcının bariyere uzaklığına bağlıdır

Att_{sb}: Sadece N₁ küçük olduğu zaman önemli olan azaltım, alıcının gölge sınırına yakınlığına bağlıdır

Att_{sp}: R'/R₁'in bir fonksiyonu olarak azaltım, bariyere küresel çarpan dalgaların kırılmasına bağlıdır

N_1, N_2 : Kaynak ve sanal kaynak için Frensel sayısı

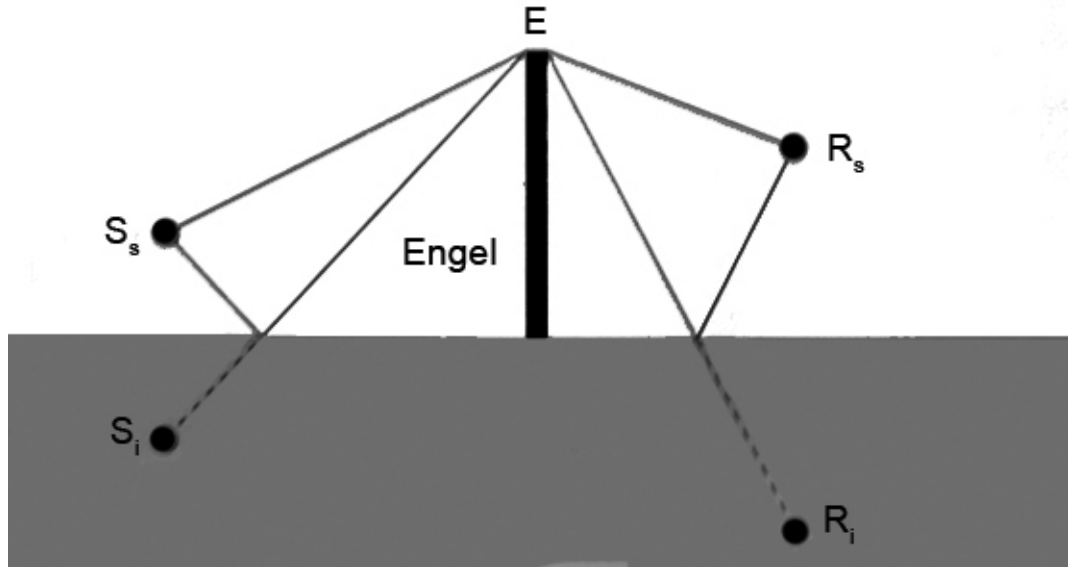
R_1 : Kaynak-alıcı direk yolu uzunluğu

(Rossing, 2007)

Bariyer performansında yer etkisi

Daha önce verilen denklemler sadece sesin genliğini tahmin etmekte ve dalga girişim etkilerini içermemektedir. Girişim etkileri yer nedeniyle farklı kırılmış dalga yollarının sonucu olarak oluşmaktadır.

Şekil 2.7’de S_s kaynağı, S_i sanal kaynağı, R_s alıcısı, R_i sanal alıcısı, E de bariyer kenarındaki kırılma noktasını belirtmektedir. Sanal kaynak ve alıcı, yer yüzeyinden yansıyan sesi ifade etmek için kullanılmaktadır. Alıcıdaki ses basıncını S_s -E- R_s , S_i -E- R_s , S_s -E- R_i ve S_i -E- R_i ses yolları ve onların ses basınçları (sırasıyla S_s -E- R_s : P_1 , S_i -E- R_s : P_2 , S_s -E- R_i : P_3 ve S_i -E- R_i : P_4 basınçları) etkilemektedir.



Şekil 2.7 : Zemin etkisinin bariyer kırılmasına etkisi (Rossing, 2007)

Eğer yer yüzeyi tamamen yansıtıcı ise, toplam ses alanı, P_T tüm kırılmış ses alanlarının toplamıdır:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (2.25)$$

P_T : Toplam ses alanı

Eğer yerin sınırlı bir yutuculuğu mevcutsa (örn. çim ya da gözenekli asfalt), bu yüzeylerden yansıyan ses yollarının basınçları yansıma katsayıları ile çarpılmalıdır:

$$P_T = P_1 + Q_s P_2 + Q_r P_3 + Q_s Q_r P_4 \quad (2.26)$$

Denklemden,

P_T : Toplam ses alanı

Q_s : Kaynak çevresindeki zemin yüzeyi katsayısı

Q_r : Alıcı çevresindeki zemin yüzeyi katsayısı

Çoğu zaman belirli birer kaynak ve alıcı pozisyonu için yerde bir bariyerin akustik performansı artık azaltım (EA) ve ilave kaybı (IL) ile tanımlanmaktadır:

$$EA = SPL_f - SPL_b \quad (2.27)$$

Denklemden,

EA: Artık azaltım (Excess attenuation)

SPL_f : Serbest alan gürültü düzeyi

SPL_b : Bariyer ve yer mevcut iken gürültü düzeyi

$$IL = SPL_g - SPL_b \quad (2.28)$$

IL: İlave kayıp

SPL_g : Zemin etkisi mevcut iken gürültü düzeyi

SPL_b : Bariyer ve yer mevcut iken gürültü düzeyi

Yansıtıcı yer yüzeyi mevcut olmadığında, EA'nın sayısal değeri IL ile aynıdır. Eğer hesaplama sadece genlik için yürütülürse, her ses yolu için azaltım (Att_n), o yolun Fresnel F_n sayısına göre hesaplanabilir. Sert bir yüzey üzerindeki bariyerin EA'sı aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$A_T = 10 \log \left(10^{-\frac{|Att_1|}{10}} + 10^{-\frac{|Att_2|}{10}} + 10^{-\frac{|Att_3|}{10}} + 10^{-\frac{|Att_4|}{10}} \right) \quad (2.29)$$

Her ses yolu azaltımı, ampirik ve analitik denklemle hesaplanabilir.

Bariyer azaltım hesapları için ampirik denklemin değiştirilmiş bir hali aşağıda verilmektedir.

$$IL = 10 \log_{10} \left[3 + \left(C_2 \frac{\delta_1}{\lambda} \right) C_3 K_{met} \right] \quad (2.30)$$

Denklemden,

C_2 : Yer yüzeyi yansımaları ile ilgili katsayı

Eğer yer yansımalarını içermeleri isteniyorsa $C_2 = 20$

Eğer yer yansımaları başka denklemlerde hesaplanıyorsa $C_2 = 40$

C_3 : Çift kırılma ya da sınırlı bariyer etkisini ele almak için katsayı

Tek kırılma varsa $C_3 = 1$,

Çift kırılma varsa, ISO 9613-2 standardına göre w bariyerin kalınlığı ise,

$$C_3 = \frac{\left[1 + \left(\frac{5\lambda}{w} \right)^2 \right]}{\left[\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{w} \right)^2 \right]}$$

δ_1 : $(r_s + r_r) - R_1$

K_{met} : Ortalama rüzgaraltı meteorolojik etkiler için düzeltme katsayısıdır,

$$\delta_1 > 0 \text{ için } K_{met} = e^{-\frac{1}{2000} \sqrt{\frac{r_s r_r r_0}{2 \delta_1}}}$$

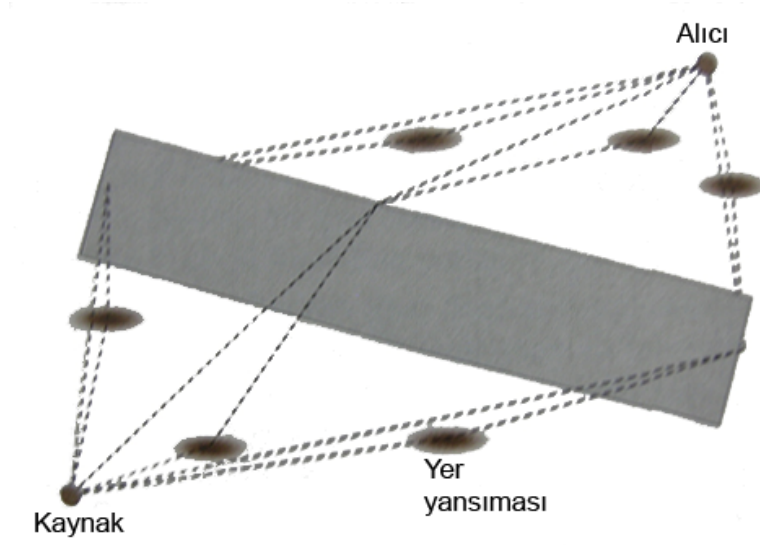
$$\delta_1 \leq 0 \text{ için } K_{met} = 1$$

Bu ampirik yöntemin sınırlı kalınlıktaki rijit bariyerler için olduğu ve emici yüzeyleri için içine katmadığı unutulmamalıdır. (Rossing, 2007)

Sınırlı uzunlukta bariyer ve binalardan kırılma

Tüm gürültü bariyerlerinin uzunlukları sınırlıdır ve bariyerin yanlarından kırılan ses çok önemli olabilmektedir. Bu durum binalardan ses kırılmasında da oldukça etkilidir. Şekil 2.8, sınırlı uzunlukta bariyerin arkasında, sınırlı empedans yüzeyinin üzerindeki alana etki eden 8 kırılmış ses yolu göstermektedir. Bariyerin üzerinden kırılan 4 ses yolu dışında, 4 ses yolu da bariyerin 2 yanından kırılmaktadır. Bu 4 ses yolunun 2'si bir yandan, 2'si diğer yandan ve her biri direk kırılmış ışın ya da kırılmış-yansımış ışındır. Bunlar dışında, her iki yandan, biri yerden, biri düşey

kenardan olmak üzere ikişer kırılmış ışın daha bulunmaktadır, fakat, bunlar çoğunlukla ihmal edilir.



Şekil 2.8 : Yerde sınırlı uzunluktaki bariyer ya da bina etrafında ses ışını yolları (Rossing, 2007)

İki kırılmış-yansımış ışının yansıma açıları bariyer pozisyonundan bağımsızdır. İkisi de bariyerin ya kaynak ya da alıcı tarafında yansıyacaklardır, bu durumda kaynak ve alıcının bariyere göre pozisyonunda bağılırlar. Toplam alan aşağıdaki denklemle tanımlanabilir:

$$P_T = P_1 + Q_S P_2 + Q_R P_3 + Q_S Q_R P_4 + P_5 + Q_R P_6 + P_7 + Q_R P_8 \quad (2.31)$$

Denklemde,

P1-P4: Bariyerin tepesinden kırılmalar

P_i (i=1,2,3,4,5,6,7,8)'yi hesaplamak için kesin kırılma denklemleri olmasına rağmen, kaynak, alıcı ve bariyerin pozisyonundan bağımsız olarak, her kırılmış ışının $\pi/4$ 'luk bir açı kayması yaşayacağını kabul etmek daha kolay bir yöntemdir.

Tek bir bina nedeniyle oluşacak azalmayı tahmin etmek için daha önce söz edilen çift kırılma hesaplamaları kullanılabilir. Yapma çevrede bulunan kaynak veya alıcı için, ISO 9613-2'de (Akustik - Sesin dışarıda yayılırken azalması - Bölüm 2: Genel hesaplama yöntemi) verilen maskeleme ve çoğul yansımaların beraber etkilerini hesaplayan ampirik yöntem kullanılabilir. Bir binanın net azaltımı A_{bina} dB (<10dB) aşağıdaki denklemlerle tanımlanabilir.

$$A_{bina} = A_{bina,1} + A_{bina,2}$$

$$A_{bina,1} = 0,1 B d_0 \quad (2. 32)$$

$$A_{bina,2} = -10 \log [1 - (p/100)]$$

Denklemlerde,

A_{bina} : Toplam bina ses azaltımı

B: Binaların alan yoğunluğu (toplam plan alanı / toplam yer yüzeyi alanı)

d_0 : Binaların arasından geçen kaynaktan alıcıya kırılmış ses uzunluğu

$A_{bina,2}$: Sadece bir karayolunun ya da demiryolunun yakınında, yerleri belirli fakat sürekli olmayan binalar var olduğunda kullanılır

p: Cephe uzunluğunun, karayolu ya da demiryolunun uzunluğuna oranı

Bariyer azaltımında olduğu gibi, bina azaltımı da sadece yer yüzeyi etkisinden daha fazla olduğu tahmin edilmekteyse işin içine katılmalıdır. (Rossing, 2007)

2.1.6.3 Bariyer kütlesi ve malzemeleri

Herhangi bir bariyerin inşa edildiği malzemenin yüzey kütlesi, bariyerin, bariyerin üzerinden aşacak gürültüden daha fazla gürültü engellemesini sağlamak için yeterli olmalıdır. Saçılma etkilerinden dolayı en fazla azaltım 25 dB civarında olabileceği için, 20 ile 50 kg/m² yüzey kütlesi yeterli olacaktır.

Dış mekanda kullanılacak bariyerler birçok farklı malzemeden üretilebilir.

- o Tuğla veya beton blok
- o Şaplanmış ahşap yünü plak
- o Beton plak
- o Ahşap panel
- o Yüksek yoğunluklu rijit polietilen
- o Toprak tümsek

Bariyerin kaynağa ya da alıcıya daha yakın olması oluşan geometriden dolayı daha etkili olmaktadır. Bariyerlerin genellikle enerjiyi yutmadıkları, tekrar yönlendirdikleri ve buna bağlı olarak kaynak tarafında gürültü düzeyinin artabileceği

unutulmamalıdır. Bu nedenle, bazı durumlarda bariyerin kaynak tarafındaki yüzeyini yutucu malzemeler ile kaplamak gerekebilmektedir. (Templeton & Saunders 1987)

2.1.6.4 Ağaç ve yeşilliklerden azaltım

Ağaç ve yeşillikler engel görevi gösterebilmektedir. Ağaçlık bir arazinin sesin üzerinde 3 etkisi olabilir. İlki yer etkisidir. Eğer yerde çürümüş yeşillik tabakası bulunmaktaysa yer yüzeyi etkisi önem kazanmaktadır, çünkü alçak frekanslardaki emicilik artmaktadır. İkinci etki ağaç gövdeleri ve dallarının kaynak alıcı arasındaki ses yolunda ses saçılmasına yol açmasıdır. Üçüncü etki ise yeşilliklerin sürtünme etkisi ile sesi azaltmasıdır. Ağaçlık bir arazide toplam azaltımı yer yüzeyi, büyük silindirler (ağaç gövdeleri) ve küçük silindirler (yeşillikler) işin içine katılarak hesaplanabilmektedir. Şekil tipik bir azaltım-frekans grafiği göstermekte ve yeşilliklerin azaltımını belirtmektedir. Yeşilliklerin azaltımı 1000 Hz'in üzerinde özellikle etkili olmaktadır ve frekansla birlikte artmaktadır.

Yol kenarındaki ağaçlık alan ile aynı uzunluktaki çimlik alan-otlak karşılaştırıldığında ağaçların daha az ses azaltımı sağladığı ortaya çıkmaktadır. Danimarka'daki bir araştırmaya göre, 15-41 m genişlikteki ağaçlık bant A ağırlıklı Leq trafik gürültüsünde 3 dB'lik azaltım sağlamaktadır. İngiltere'de yapılan bir araştırmada, 30 metrelik ladin ağaçları bandı ile aynı kalınlıktaki otlak bandı A ağırlıklı L_{10} 'da trafik gürültüsü azaltımı için karşılaştırılmıştır. Çalışmada en fazla otlakta 6 dB azaltım elde edilmiştir ve otlaktaki en etkili bölümün yola yakın bölümde olduğu bulunmuştur. Hindistan yol kenarındaki bir otlak bandında yapılan çalışmada, alçak frekanslarda en yüksek azaltım (10-16 dB) 315-400 Hz aralığında, yüksek frekanslarda ise en yüksek azaltımın (>20dB) 10000-12500 Hz aralığında gerçekleştiği belirlenmiştir. Karakteristik olarak 3150 Hz'de 24 dB'lik yüksek bir azaltım elde edilmiştir. Bir ağaç bandının etkili olması için yer yüzeyi etkisinin otlağına benzer olması ve saçılmanın yüksek oranda olması gerekmektedir.

Eğer bant yeterince genişse, bunun sonucu olan yer yüzeyi etkisinin daha geniş kapsamı alçak frekansı telafi edebilmektedir. Yapılan bir çalışmada, 100 metrelik kızıl çam ormanı ile açık otlak alanı ile trafik gürültüsü açısından karşılaştırıldığında, A ağırlıklı Leq değerinde 8 dB'lik azaltım farkı bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda, farklı meteorolojik koşullarda hem sayısal hesaplamalar hem de alan ölçümlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Yol çizgi kaynağı, 0.5 metre

yükseklikte nokta kaynaklara ayıran bir model üzerinde sayısal bir parabolik denklem üretilmiş ve yol trafiği gürültüsüne uyarlanmıştır. Farklı meteorolojik durumlarda, ağaçlardan dolayı A ağırlıklı Leq azaltımında, aşağı kıvrılma durumunda 3 dB, homojen durumda 2 dB, yukarı kıvrılma durumunda ise 1 dB azaltım farkı sağlanmıştır. Alıcının kaynaktan en az 100 metre uzakta olması durumunda sayısal tahminlerde ormanın aşağı kıvrılma durumunda 2-6 dB(A) azaltım sağlayacağı bulunmaktadır. Sayısal modeller, yukarı kıvrılma durumda, ormanların uzun mesafelerde sesi arttırabildiklerini göstermektedir, fakat uzun mesafelerde ses uzaklık nedeniyle azaldığı için bu durum sorun oluşturmamaktadır. Homojen meteorolojik koşullarda ise ağaç gövdeleri ve yeşilliklerin sağladığı saçılmanın önemli olduğu belirtilmektedir. (Defrance, Barriere, & Premat, 2002) (Rossing, 2007)

2.2 Karayolu Gürültüsü Göstergeleri

Çevresel gürültü ile ilgili göstergeler enerjiye dayalı, istatistiksel, belirme ve durgunluk göstergeleri olarak gruplanabilir.

2.2.1 Enerjiye dayalı göstergeler (Energy-Based Descriptors)

Eşdeğer sürekli A ağırlıklı ses basınç düzeyi $L_{Aeq,T}$, T süresi boyunca $L_{Aeq,1s}$ değerleri kullanılarak hesaplanabilir.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t=1}^T 10^{L_{Aeq,1s}(t)/10} dt \right] \quad (2.33)$$

L_A , A ağırlıklı ses düzeyidir, insan kulağının aldığı gürültüyü subjektif algılamasının bir indisindir.

Leq: Eşdeğer ses düzeyi, dB

T: L_i 'nin arkaplan gürültüsünün ya da belirlenen bir sınırın üzerine çıktığı andan itibaren altına düştüğü ana kadar geçen süre, sn

Gürültü tanımlanırken ağırlıklandırma, süre, uzaklık ve yeri belirtilmelidir (örn: $L_{Aeq30sn}$).

Genel olarak, zamana dayalı ses düzeyi değişimleri hiçbir matematiksel denklemle ifade edilemez. Sadece zaman örüntüsü üçgen, ikizkenar yamuk vb. olduğu ideal

durumlarda ifade edilebilmektedir. Hava aracı uçuşu, karayolu ya da demiryolu aracı geçişi gibi bir çok akustik olay, için ‘etkili baypas süresi’, t_e , yardımı ile L_{eq} yaklaşık olarak hesaplanabilir. t_e , ses düzeyinin maksimum değerden, L_{max} , 10 dB az olduğu zaman diliminin yarısına eşittir.

Örneğin, toplam zaman T 40 saniye, t_e 5 saniye ve L_{max} 100 dBA ise,

$$L_{Aeq40s} = 10 \log \frac{5 \times 10^{100/10}}{40} = 91 \text{ dBA}$$

Yani,

$$L_{eqT} = 10 \log \frac{t_e \times 10^{L_{max}/10}}{T}$$

L_{eqT} : T süresi içinde eşdeğer ses düzeyi, dB

t_e : Etkili baypas süresi, sn

L_{max} : Maksimum ses düzeyi, dB

T: Gürültü süresi

Bütünleyen ses düzeyi metresi mevcut olmadığı durumlarda, L_{eq} toplama yoluyla da elde edilebilmektedir:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{(10^{L_m^1/10} \times t_e^1) + (10^{L_m^2/10} \times t_e^2) + \dots (T - t_0) \times 10^{L_a/10}}{T} \quad (2.34)$$

L_{eq} : Eşdeğer ses düzeyi, dB

$L_m^1, L_m^2, \dots : t_e^1, t_e^2, \dots$ zaman dilimlerinde gerçekleşen akustik rahatsızlıkların maksimum düzeyleri, dB

$t_e^1, t_e^2, \dots$: Etkili zaman dilimleri, sn

T: Toplam süre, sn

t_0 : rahatsızlıklar arasındaki toplam zaman

L_a : Arkaplan gürültü düzeyi, dB

L_{eq} , düşük arkaplan gürültüsünün bulunduğu bir ortamda yaşana kısa süreli yüksek gürültü düzeyi tepesinin varlığını belirtebilmektedir. Bu gibi durumları aşağıdaki gibi belirtebiliriz:

$$L_{eq} = L_m + 10 \log i$$

L_{eq} : Eşdeğer ses düzeyi, dB

L_m : Maksimum ses düzeyi, dB

i : Yüksek ses düzeyinin gerçekleştiği zaman diliminin toplam zamana yüzde olarak oranı, %

L_{gag} : 24 saatlik A-ağırlıklı eşdeğer ses düzeyi, Gündüz (07:00-19:00 saatleri arasında 7 saatlik bir dönemi kapsar), Akşam (19:00-23:00 saatleri arasında 4 saatlik bir dönemi kapsar ve 5 dB arttırılarak kullanılmalıdır) ve Gece (23:00-07:00 saatleri arasında 8 saatlik bir dönemi kapsar ve 10 dB arttırılarak kullanılmalıdır) eşdeğer ses düzeylerinin ağırlıklandırılarak kullanılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Sıkıntı ve uyku problemleri yaratması açısından akşam ve geceye özgü akustik rahatsızlıklar gündüze göre daha sağlığa zararlı olmaktadır, bu nedenle akşam ve gece ses düzeyleri sırasıyla 5 ve 10 dB arttırılarak kullanılmaktadır.

Yönetmeliklerde çevresel gürültülerin 1 saat ile 24 saat arasında arasında karşılaştırmaları bulunmaktadır. Yapılmış olan akademik çalışmalarda, enerjiye dayalı göstergelerin gürültünün uzun dönem etkileriyle ilişkisi kanıtlanmış, fakat dalgalanan sesleri değerlendirmekteki zayıflıklarına da işaret edilmiştir.

2.2.2 İstatistiksel göstergeler (Statistical Descriptors)

İstatistiksel göstergeler gürültü dağılımını yansıtmak için kullanılmaktadırlar. $L_{AN,T}$ düzeyi, toplam gözlemlenen T süresinde, %N oranında aşılacak A ağırlıklı ses basınç düzeyini belirtmektedir. L_{A10} yüksek düzeyleri karakterize etmek için kullanılırken, L_{A90} arkaplan gürültüsünü belirlemek için kullanılmaktadır.

$L_{AN,T}$ geleneksel olarak uzun sürelerde, örn. 18 saat ya da 24 saat, değerlendirilmektedir. Bazı ülkelerde (özellikle İngiltere) $L_{AN,T}$ göstergesi (örn. $L_{A10,18\text{saat}}$) yasal değerlendirme için de kullanılmaktadır. Uluslararası raporlarda karayolu gürültüsü istatistiksel gösterge değerlendirmeleri için asgari akış oranı (500 araç/saat) ve asgari süre (en az 5 ya da 15 dakika) değerleri önerilmiştir.

Gürültü düzeylerinin diğer bir istatistiksel gösterimi gürültü dağılımıdır; 1 ya da 5 dBA bant genişliğinde oluşumu yüzde olarak göstermektedir.

2.2.3 Belirme göstergeleri (Emergence Descriptors)

Olayları ve maksimum düzeyleri hesaba katan göstergeler, en gürültülü olayların rahatsızlık düzeyine büyük etkisi olması nedeniyle geliştirilmişlerdir. Aşağıda sadece $L_{Aeq,1sn}$ 'den hesaplanan, trafik ile ilgili göstergelerden bahsedilmiştir. $NNE_{L>L\alpha}$, verilmiş bir sınırı, $L\alpha$, aşan gürültü olayı sayısıdır. Maske göstergesi $MI_{L>L\alpha}$, $L_{Aeq,1sn}$ 'nin $L\alpha$ 'yı aştığı kümülatif süredir ve saniye ya da yüzde olarak ifade edilebilir. Bu durumda beliren olayların ortalama süresi $t_{L>L\alpha} = MI_{L>L\alpha}(s) / NNE_{L>L\alpha}$ olarak tanımlanmaktadır. Beliren olayların yoğunluğu, $L_{Aeq,1sn} \geq L\alpha$ gerçekleştiğinde oluşan ortalama ses basınç düzeyi $L_{L>L\alpha}$ ile belirlenebilir. $L\alpha$ sınırı karakterize edilmek istenilen olaylara göre seçilmelidir. Sınır belirli bir düzeyde de sabitlenebilir, örneğin 2000 yılında Paris, Fransa'da yapılan bir çalışmada, kentsel alanlarda 80 dBA, tepe değerlerini incelemek için sınır değer olarak seçilmiştir. Ya da $L_{Aeq,T} + 10$ dBA gibi bir değer de sınır değeri olarak seçilebilmektedir.

2.2.4 Durgunluk göstergeleri (Calmness Descriptors)

Kentsel gürültü kalitesini etkilediği bilinen durgunluk dönemlerini incelemek için NNE ve MI'den göstergeler türetilmiştir. $L_{Aeq,1sn}$ 'nin α 'yı aşmadığı, gürültü olayı sayısı ($NNE_{L<L\alpha}$) ve kümülatif süre ($MI_{L<L\alpha}$) göstergeleri geliştirilmiştir. Sınır değer sabitlenebilir ya da başka bir gösterge ile tanımlanabilir. (Rettinger, 1988) (Can, Leclercq, Lelong, & Defrance, 2008)

2.3 Karayolu Gürültüsünün Ana Karakteristikleri

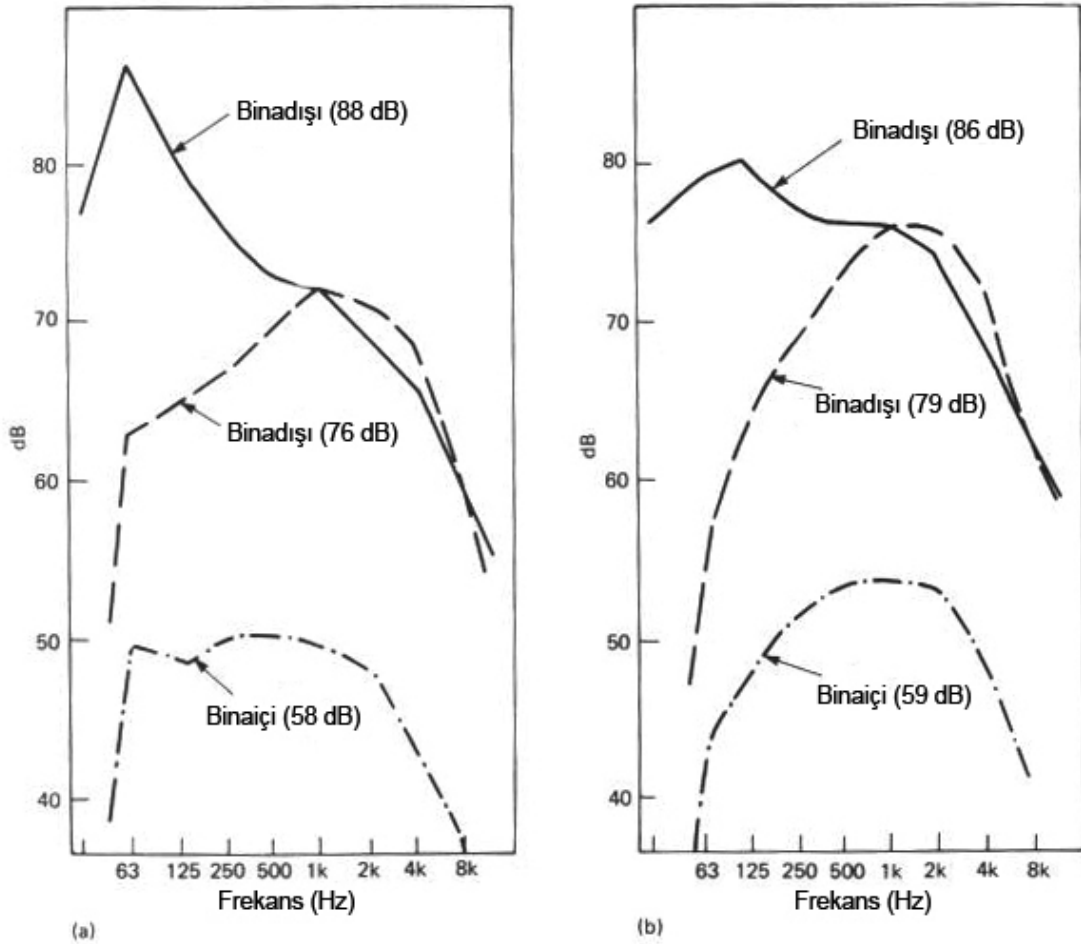
Trafik gürültüsünün oluşması trafik hacmine, trafik akışını oluşturan araçların tipine ve akış tarzına bağlıdır. Gürültü oluştuktan sonra oluşacak ses alanı, yol hizası, zemin topografyası, engeller ve yüzeylerden yansımalar gibi çeşitli yayılım koşullarına bağlı olmaktadır. (Nelson, 1987)

Karayolu trafiği gürültüsünde ana olarak, bir güç kaynağından ortaya çıkan bir gürültü bulunur, bu genellikle hava emici dizel motoru veya benzin motorudur. Gürültü, hava girişi, egzoz, soğutma sistemi, motor strüktürel titreşimleri, su, yakıt ve yağ pompaları ile elektrik ve diğer yardımcı sistemlerden kaynaklanmaktadır. Sıkıştırma ateşlemesi daha fazla itiş gücü gerektirdiği için dizel motorlar benzin motorlarına göre daha fazla gürültü çıkartmaktadırlar. Benzin motorlarının hız aralığı

dizel motorlarından fazladır, daha az gürültülüdürler ve dizelin kokusunu içermedikleri için konfor açısından tercih edilirler. (Crocker, 1998)

2.3.1 Spektral karakteristik

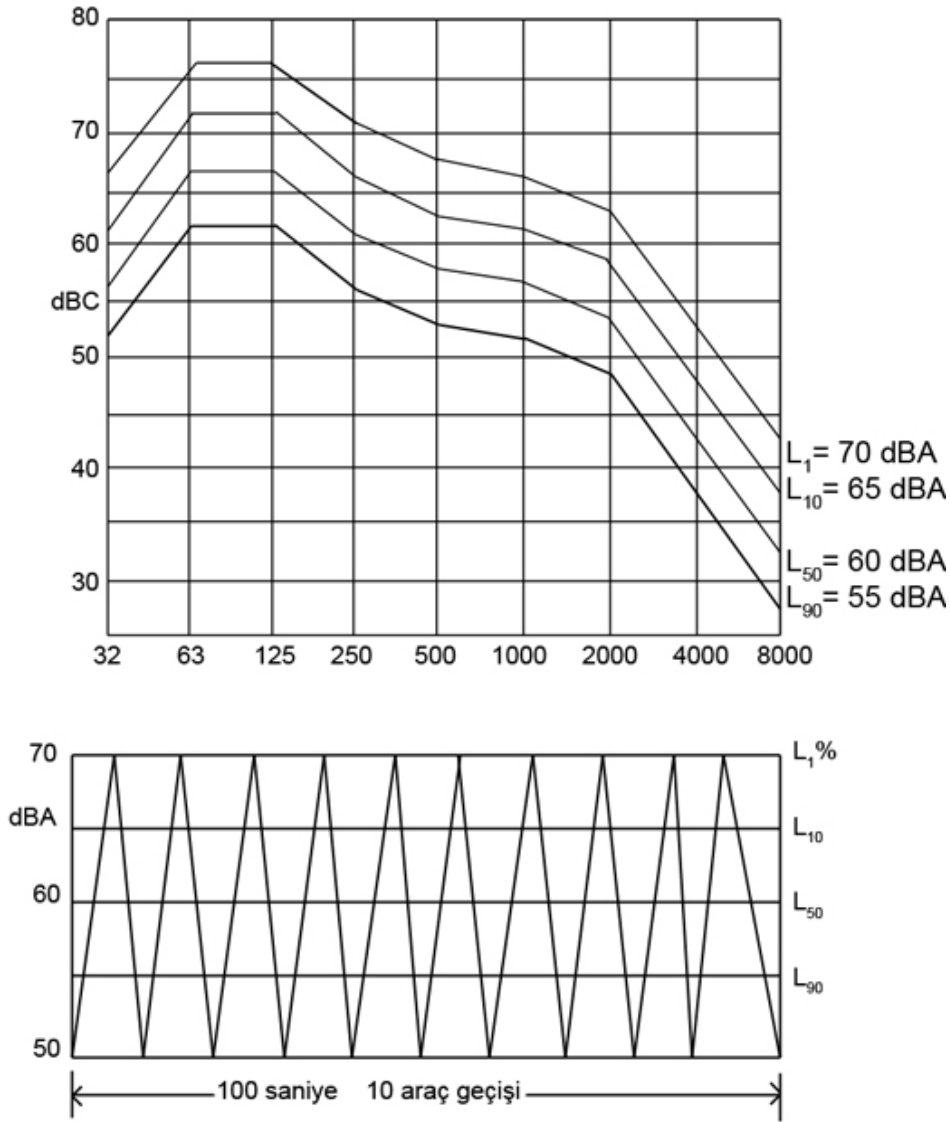
Şekil 2.9’da, bina içi ve bina dışında, şehirde hem kesintili hem de sürekli trafik akışı için tipik oktav bant spektrası verilmiştir. Şehir trafik akışını (60 km/saatten az hızda) gösteren frekans spektrumunda, akustik enerjinin çoğunun 63 Hz oktav bandında olduğu görülebilir. Spektranın bu özelliğinin ana nedeni yüklü araçların egzoz gürültüsüdür. Sabit hızdaki trafikte ise (80 km’den fazla hızlar) binadişı gürültü spektrumu alçak frekanslarda önemli bir tepe özelliği göstermemektedir, bunun nedeni ise araçların sabit hızla, yüksek viteste az yükte çalışmasıdır. Ancak bu hızlarda, lastik-yol yüzeyi gürültüsü ile motor ve millerin gürültüsü yüksek frekanslardaki enerjiyi arttırmaktadır.



Şekil 2.9 : Bina içi ve bina dışında, şehirde (a) kesintili (b) sürekli trafik akışı için tipik oktav bant spektrası (Rettinger, 1988)

Bu spektra A ağırlıklı hale getirildiğinde, her iki durumdaki alçak frekanslı gürültü azalmaktadır ve serbest akan trafik gürültüsü, kesintili trafik gürültüsünü aşmaktadır. Her iki grafikte en altta bulunan eğri bina içi dBA gürültü spektrumunu göstermektedir. Cephe yalıtımının frekansla birlikte artması nedeniyle, kesintili trafik akışında bina içi gürültü spektrumunda alçak frekans sesler yine ağırlıktadır.

Bu örnek hem trafik gürültüsünün özelliğinin hem de cephe azaltımının, hem dinleyici tarafından algılanan sesi, hem de bina içi ve bina dışı gürültüyü etkilediğini göstermektedir. Araç tasarımı, yol tasarımı veya gelişmiş bina yalıtımı tedbirleri de frekansa dayalı olduğu için, farklı gürültü kontrol yöntemlerinin etkinliği de etkilenmektedir. (Nelson, 1987)



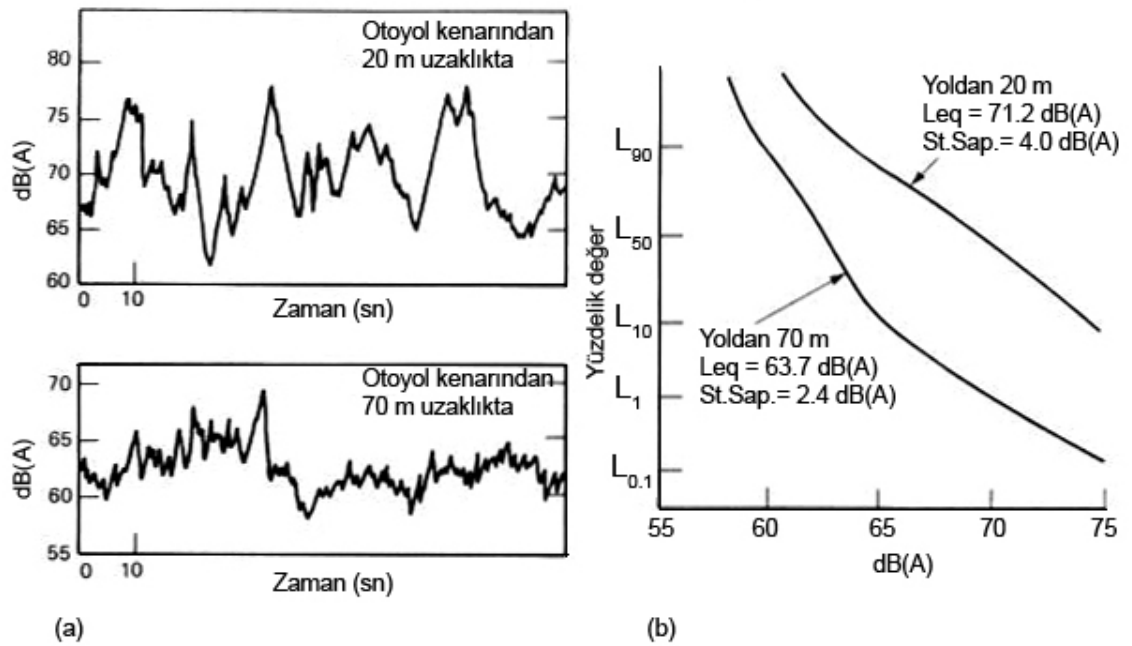
Şekil 2.10 : Yoldan 15 metre uzaklıkta, %5 ağır araç oranı içeren ortalama karayolu trafik spektrumu ve %1, %10, %50 ve %90 yüzdelik gürültü seviyeleri (Rettinger, 1988)

Şehir gürültüsü spektrumu sadece çevreden dolayı değişiklik göstermez, aynı çevrede gün içerisinde de hareket halinde olan kaynaklara ve yol koşullarına bağlı olarak önemli derecede değişiklik gösterebilir. Bu nedenle, yapılması planlanan bir binanın dış duvarının tasarımı için geniş bant ve uzun dönem trafik gürültüsünün karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Gün içindeki çok yüksek gürültü düzeyleri mevcut gürültü spektrumu ile ilgilidir. Örneğin, günde bir kez geçen polis ya da ambulans gürültüsü nedeniyle binalara çok yüksek ses yalıtımı yapmak ekonomik açıdan doğru olmamaktadır, fakat olayın saatte bir tekrarlanması durumunda dış duvar yalıtımı farklı bir şekilde ele alınmalıdır.

Şekil 2.10, şehir içinde ortalama karayolu trafik spektrumunu örneklemektedir. Şekil, %5 ağır araç oranı içeren bir trafikten 15 metre uzaklıkta, farklı yüzdelik gürültü seviyelerini belirtmektedir. (Rettinger, 1988)

2.3.2 Düzey-zaman karakteristikleri

Karayolu trafik gürültüsü, havayolu ve demiryolu gürültülerinin etkileri birleştirildiğinde bile, Amerika, Avrupa ve Dünya'nın çok büyük bir kısmında en önemli akustik rahatsızlık kaynağını oluşturmaktadır. Trafik şeridinden belirli bir uzaklıktaki gürültü, günün saati, trafik akışı, yol durumu, ağır araç oranı, lastik, motor, egzoz, şanzıman vb. tipi gibi bir çok faktöre dayanmaktadır. (Rettinger, 1988)



Şekil 2.11 : Karayolu trafik gürültüsü için (a) anlık zaman çizelgeleri ve (b) ilgili istatistiki dağılımlar (Nelson, 1987)

2.3.1 Spektral karakteristik bölümde anlatılan frekans özelliklerinin yanı sıra, trafik gürültüsü zamana da dayalıdır. Zaman skalası kısa dönem (örn. tekil araçların geçişinde ses basıncının yükselmesine ve düşüşüne bağlı) veya uzun dönem (bir saat, gün, hafta veya daha uzun zaman içinde düzey değişimini gösteren) olabilmektedir. Trafik gürültüsünün fiziksel değerlendirmesinde, hem kısa hem de uzun dönem zamanda düzey dalgalanmaları ele alınmalıdır. (Nelson, 1987) Şehirleşmiş ve bir çok şehir dışı alanda bile saatlik eşdeğer gürültü düzeyi, L_h , gün içinde değişiklik gösterirken, L_{gag} yıl içinde değişiklik göstermektedir. (Rettinger, 1988)

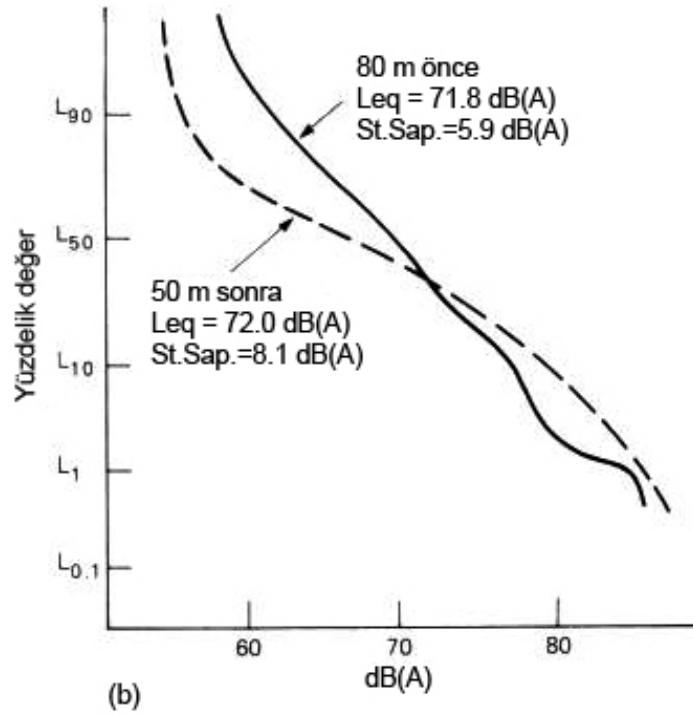
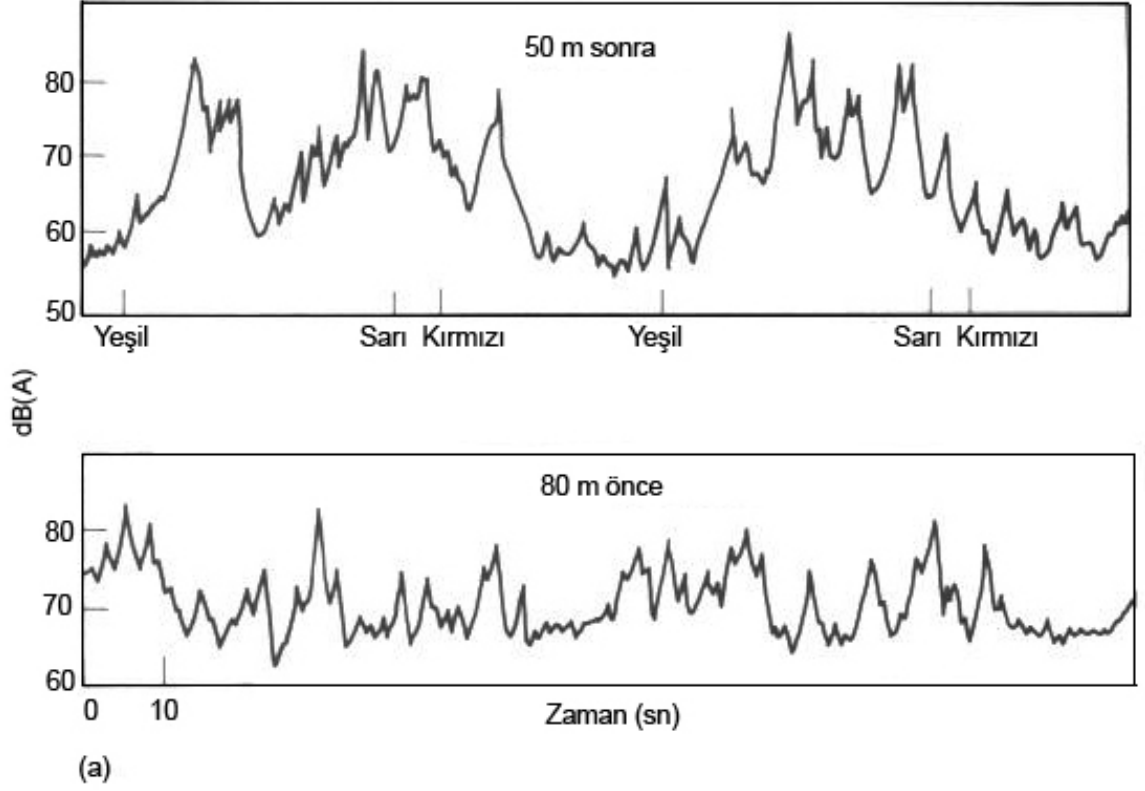
Şekil 2.11.a, bir otoyol kenarına iki farklı uzaklıkta kaydedilmiş tipik trafik gürültü düzeyi-zaman çizelgesini, Şekil 2.11.b ise Gaussian yüzde skalasında bunların karşılığı kümülatif dağılımı göstermektedir. Şekil 2.11, yoldan uzaklık arttıkça, hem bütün yüzdesel düzeylerde tüm gürültü düzeylerinin azaldığını hem de düzeylerdeki değişkenliklerin azaldığını belirtmektedir. İkinci bahsedilen özellik, iki koşuldaki düzey dağılımlarının standart sapmasındaki farktan kaynaklanmaktadır.

Şekil 2.12, tek yönlü bir şehiriçi yolda bulunan trafik ışıklarından 80 m önce ve 50 m sonraki 2 noktada yapılan ölçümlerle elde edilen benzer zaman çizelgelerini ve istatistiki dağılımları göstermektedir. Bu durumda, zaman düzey karakteristikleri ve kümülatif dağılımlar gürültü yayılımı karakteristiğine değil, trafik akış tipine ve sonuç gürültü emisyonuna bağlıdır. Trafik ışıklarından önce araçlar genelde yavaşlamaya, trafik sırası nedeniyle durmaya veya sırada hızlanmaya başlamaktadır. Trafik ışıklarından sonra ise araçlar orta hızda ivmelenmekte ve gürültü, trafik ışığı dönemlerine göre (yeşil, sarı, kırmızı) tekrarlayan değişkenlik göstermektedir. Bu koşullar altında, ortalama yüzdesel düzeyler, her iki durumda da aynı olmasına rağmen, trafik ışıklarından sonraki gürültü grafiği, ışıklardan öncekilere göre çok daha fazla dalgalanmaktadır.

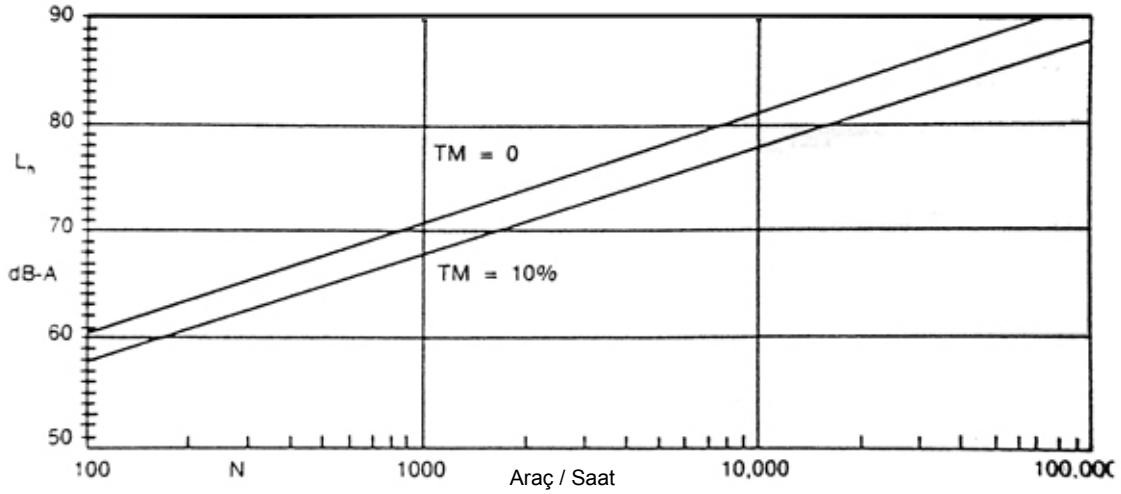
Trafik gürültüsünün saatlik, günlük değişkenliği trafik hacmine ve ağır araçların oranına bağlıdır. Eğer yolun yıllık kullanımı (örn. tatil yolları) farklılaşıyorsa, gürültüde yıllık değişkenlikler de önemli olmaktadır. (Nelson, 1987)

Şekil 2.13, 30 m uzaklıkta, 80 km/saat ile geçen araç sayısına ve %0 ile %10 ağır araç oranına bağlı olarak saatlik trafik gürültüsünün değişimini göstermektedir. Hafta sonları (Cumartesi ve Pazar) genellikle saatlik eşdeğer gürültü düzeyinin 6 dB daha az olduğu varsayılmaktadır.

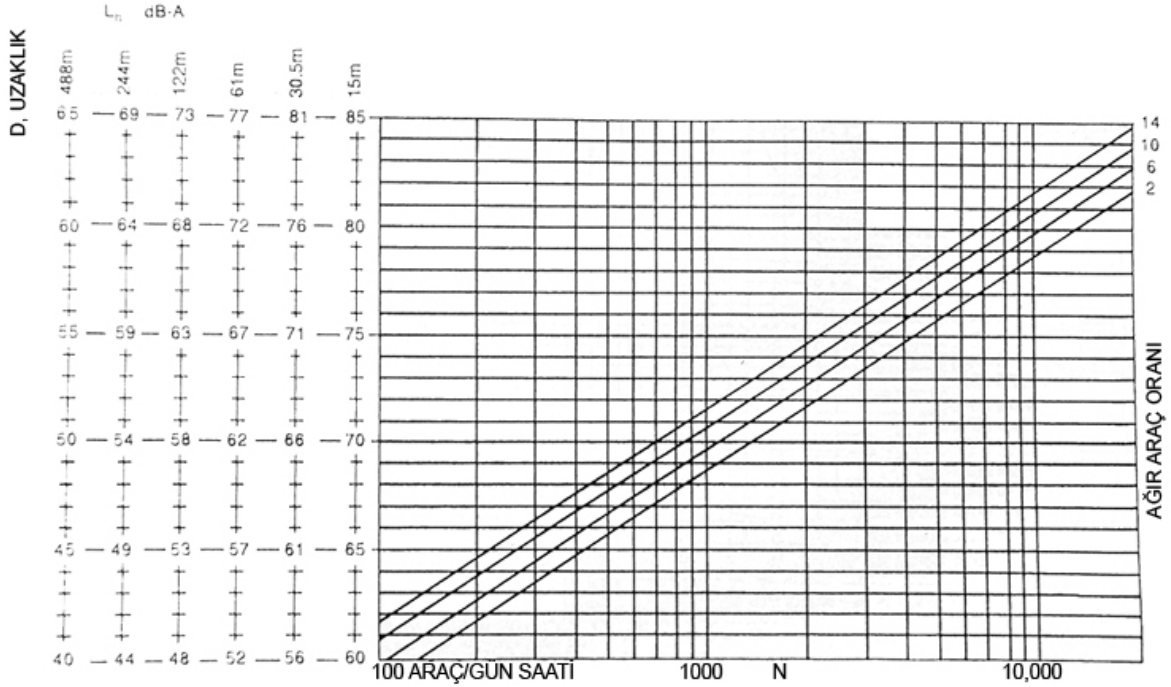
Şekil 2.14, farklı ağır araç oranları ve farklı uzaklıklarda, gündüz saatlik geçen ve 80 km/saat ile seyrettiği varsayılan araç sayısına bağlı olarak saatlik eşdeğer gürültü düzeylerinin değişimi verilmektedir.



Şekil 2.12 : Tek yönlü bir şehiriçi yolda trafik ışıklarından 80 m önce ve 50 m sonra için (a) anlık zaman çizelgeleri ve (b) istatistiki dağılımlar (Nelson, 1987)



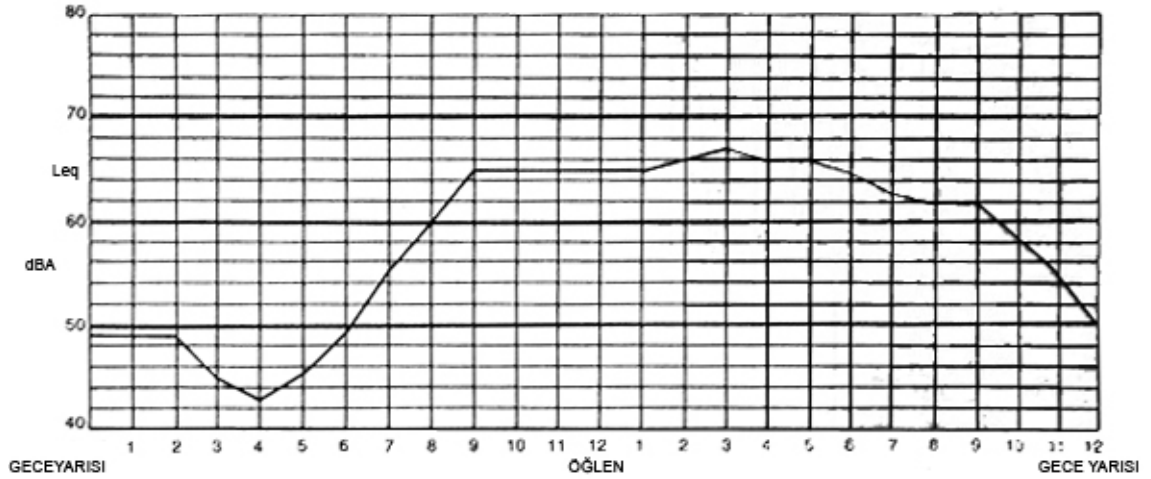
Şekil 2.13 : 30 m uzaklıkta, geçen araç sayısına (80 km/saat hızla) ve %0 ile %10 ağır araç oranına bağlı olarak saatlik trafik gürültüsünün değişimi (Rettinger, 1988)



Şekil 2.14 : Farklı ağır araç oranları ve farklı uzaklıklarda, gündüz saatlik geçen araç sayısına (80 km/saat hızla) bağlı olarak saatlik eşdeğer gürültü düzeylerinin değişimi (Rettinger, 1988)

Şehirlerde gündüz gürültü düzeyleri gece gürültü düzeylerine oranla daha fazladır fakat değişimlerin boyutu nüfus yoğunluğuna bağlıdır. Yüksek yoğunluklu bölgelerde (kilometrekareye 2000 kişiden fazla) L_{eq} gündüz gece farkı 3 dB civarındayken, daha düşük yoğunluklu bölgelerde 12 dB'e kadar çıkabilmektedir.

Şekil 2.15, gündüz saatlik ortalama 1000 araç geçen 4 şeritli bir yoldan 30 metre uzaklıkta, 24 saatlik gürültü etkileme düzeyi ölçümlerini göstermektedir.



Şekil 2.15 : Gündüz saatlik ortalama 1000 araç geçen ve %4 ağır araç oranına sahip 4 şeritli bir yoldan 30 metre uzaklıkta, 24 saatlik gürültü etkileme düzeyi ölçümleri (Rettinger, 1988)

Şekil 2.16, 100 saniyelik bir süre içinde geçen 10 aracın belirli bir uzaklıktaki gürültü tarihçesini göstermektedir. Bu düzeylerin aritmetik ve logaritmik ortalamaları ve eşdeğer düzeyleri verilmiştir:

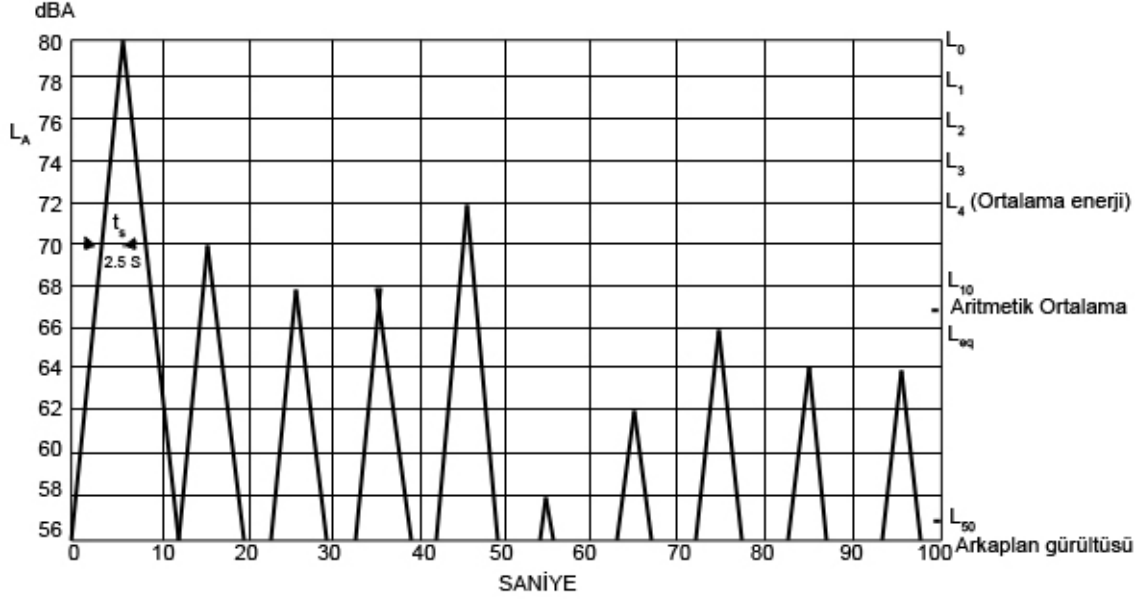
Aritmetik ortalama: $L_A' = 67.2$ dBA

Logaritmik ortalama ya da enerji ortalaması: $L_A'' = 71,75$ dBA

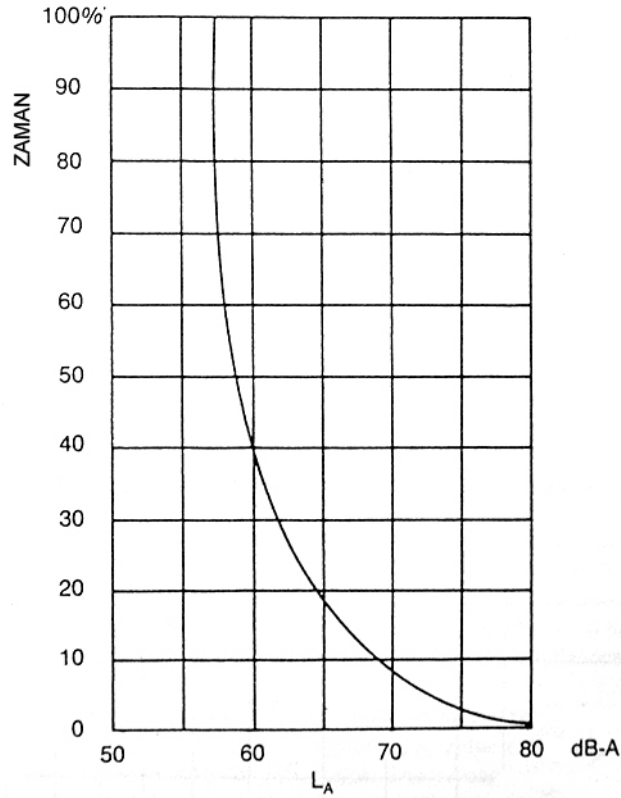
Eşdeğer ses düzeyi: $L_{eq} = 65,73$ dBA

Aritmetik ve logaritmik ortalamalar maksimum A ağırlıklı ses düzeylerinden elde edilirler ve 100 saniyelik zaman diliminin fonksiyonu değildirler. Fakat L_{eq} bu zamanın bir fonksiyonudur.

Yine Şekil 2.16'den, A ağırlıklı yüzdesel ses düzeyleri; 100 saniyelik sürede yüzde 1, 2, 3, 4, 10, 11 ve 50sine eşit ya da aşan ses düzeyleri okunabilmektedir. Şekil 2.17'de ise bu 10 araç geçişinin kümülatif dağılımı verilmiştir.



Şekil 2.16 : Araç geçişi nedeniyle arkaplan gürültüsünün üzerine çıkarak değişim gösteren gürültü düzeyleri (Rettinger, 1988)



Şekil 2.17 : 10 araç geçişinin kümülatif dağılımı (Rettinger, 1988)

Bir akustik olayın standart sapması, σ , aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (L_i - \bar{L})^2}{N}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (L_A(t) - \bar{L})^2 dt}$$

Denklemden,

σ : Standart sapma

L_i : i'inci gürültü düzeyi

$\bar{L}$: Logaritmik ortalama gürültü seviyesi

(Rettinger, 1988)

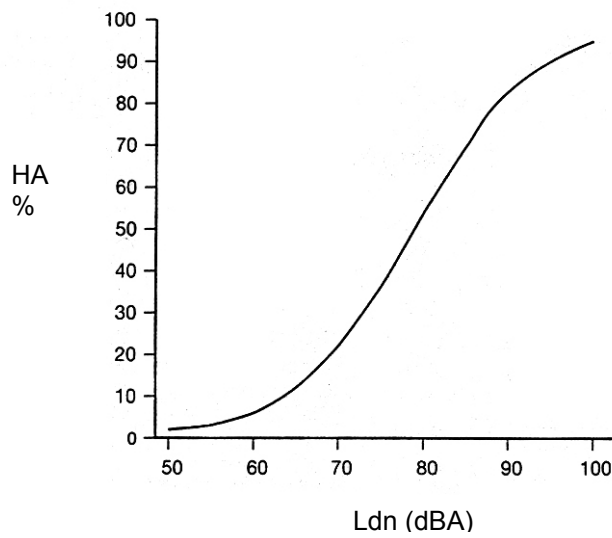
2.4 Karayolu Gürültüsü Doz-Etki İlişkileri

Çevresel gürültü sadece Avrupa'da bile 80 milyon kişiyi kabul edilemez düzeylere ulaşarak etkilemektedir. Tüm çevresel gürültü çeşitleri içinde (karayolu, demiryolu, havayolu, sanayi, şantiye, komşu gürültüsü ve rekreasyon) en yüksek derecede rahatsızlığa karayolu gürültüsü sebep olmaktadır. Karayolu gürültüsü can sıkıntısı, uyku rahatsızlığı, stress ile ilgili bedensel rahatsızlıklar ve konsantrasyon ile kavrama performanslarını etkilemektedir. (Babisch, W. 2006) (WG-HSEA, 2004)

Gürültünün verdiği rahatsızlığı sayısal olarak hesaplamak için bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir. En geniş kabulü gören, Schultz'un (1978) geliştirdiği, kara ve hava araçları gürültüsünün verdiği rahatsızlığı gösteren kriterdir. Daha önceki çalışmalarına dayanarak Schultz, Ldn ve yüksek derecede rahatsız olan insanların yüzdesi (Highly annoyed- %HA) arasında bir bağ kurmuştur. Analiz için sadece aşırı derecede rahatsız olan insanlar kullanılmıştır, böylece gürültüye karşı tepkileri birbirinden çok farklı olmamıştır. Schultz'a göre bu, tepkilerin subjektif yapısını en aza indirir ve gürültü ile rahatsızlıklar arasında açık ve kesin bir bağ kurar. Kryler (1982) ise, Schultz'a bir çok konuda katılmamaktaydı. Özellikle, sadece aşırı rahatsız olanların yerine değişik rahatsızlık derecelerinin kullanılması gerektiğini ve değişik taşımacılık çeşitlerinin değişik gürültü türleri ürettiğini düşünüyordu. Schultz eğrisi ek çalışmalarla yenilenmiştir ve aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

1990'da, Gürültü Federal Komitesi (FICON), havataşıtları gürültüsü üzerine yapılan çalışmaları incelemek için oluşturulmuştur. Komiteye, Çevresel Koruma Ajansı

(Environmental protection Agency), Federal Havacılık Yönetimi (Federal Aviation Administration), Savunma Bakanlığı (The Department of Defence), Şehircilik Bakanlığı (The Department of Housing and Urban Development), Emekli Asker İşleri Departmanı (The Department of Veterans Affairs), Adalet Bakanlığı (The Department of Justice), Tarihi Koruma Konseyi (The Council on Historic Preservation) ve Çevresel Kalite Konseyi (Council on Environmental Quality) 'nden katılım gerçekleşmiştir. Ağustos 1992'de yayınlanan FICON final raporunda, konut alanlarındaki insanların gürültüden etkilenmesi üzerine oluşturulan ortak tablo Çizelge 2.3'te verilmektedir.



Şekil 2.18 : Ldn (dBA) ile yüksek derecede rahatsızlık arasındaki ilişki (Cowan, 1993)

Çizelge 2.2 : Ldn (dBA) ile yüksek derecede rahatsızlık arasındaki ilişki (Cowan, 1993)

Yüksek derecede rahatsız % (%HA)	Ldn (dBA)
2	50
3	55
6	60
12	65
22	70
36	75
54	80
70	85
83	90
95	100

Burada anlatılan çalışmalar ses düzeyi limitlerine (sound level limits) dayanmaktadır, bu nedenle de belirli ortam gürültüsü değerleri olduğu varsayılmalıdır. Özellikle ortam gürültüsünün az olduğu durumlarda (55 dB'den az) yeni gürültü kaynaklarının yarattığı ani değişikliklerin toplam gürültü değerlerine etkisi düşünülmelidir. Kaynağın tabiatı (durağan, kesik kesik, ani) da işin içine katılmalıdır. (Cowan, 1993)

Çizelge 2.3 : Konut alanlarındaki insanların gürültüden etkilenmesi (Cowan, 1993)

L _{dn} (dBA)	Etkiler		Ortalama toplum tepkisi	Alana karşı genel toplum tepkisi
	İşitme kaybı	Rahatsızlık (%HA)		
≥75	Gerçekleşebilir	37	Çok ciddi	Gürültü, toplumsal çevreye ters düşen en önemli faktör
70	Büyük ihtimalle gerçekleşmez	22	Ciddi	Gürültü, toplumsal çevreye ters düşen en önemli faktörlerden biri
65	Gerçekleşmez	12	Önemli derecede	Gürültü, toplumsal çevreye ters düşüyor
60	Gerçekleşmez	7	Orta	Gürültü, toplumsal çevreye ters düşüyor denebilir.
≤55	Gerçekleşmez	3	Az	Gürültü diğer çevresel faktörlerden daha önemli değil

2.4.1 Karayolu gürültüsü gündüz-akşam-gece doz-etki ilişkileri

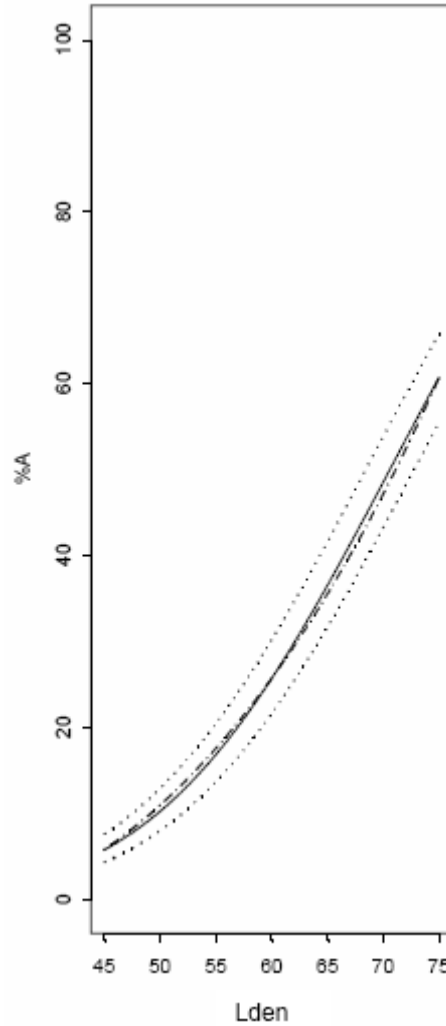
Avrupa Birliği çalışma grubunun ulaşım gürültüsünün doz-etki ilişkileri üzerine raporda, rahatsız olan insanların yüzdesi (%A) ve/veya yüksek derecede rahatsız olan insanların yüzdesi (%HA) göstergelerinin kullanılmasını önermektedir. Bu rahatsızlık göstergeleri çeşitli rahatsızlık derecelendirmelerini 0'dan 100'e değiştirerek ve %A için %50, %HA için %72 sınırları belirlenerek geliştirilmişlerdir. Rapor kesin olarak birini önermese de, ikisinden sadece birinin kullanılmasını karşılaştırılabilirlik açısından uygun görmektedir. %HA daha çok kullanılmasına rağmen çalışma grubu tarafından ilk önce %A seçilmiştir, çünkü %A düşük rahatsızlık düzeylerinde rahatsızlık değişimlerine karşı daha hassastır (%50 ile %72 arasında). (WG2 – Dose/Effect, 2002) Çalışma grubu L_{gag} ile %A ve %HA arasındaki ilişkileri bulması için TNO'yu (Hollanda Uygulamalı Bilimsel Araştırma Organizasyonu) görevlendirilmiştir.

Çizelge 2.4'te çeşitli gürültü düzeylerinde (L_{gag}) %A ve %HA değerleri verilmiştir.

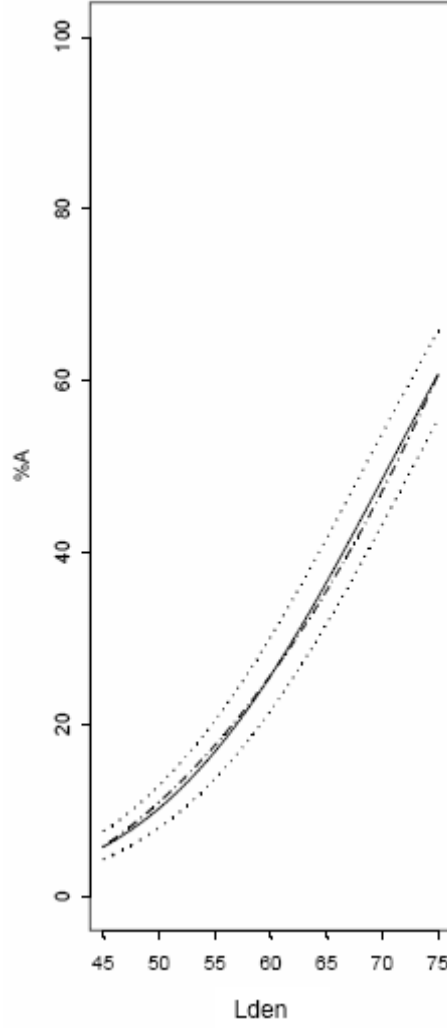
Çizelge 2.4 : Çeşitli gürültü düzeylerinde (Lgag) %A ve %HA değerleri (WG2 – Dose/Effect, 2002)

Lgag (Karayolu)	%A	%HA
45	6	1
50	11	4
55	18	6
60	26	10
65	35	16
70	47	25
75	61	37

Şekil 2.19 ve Şekil 2.20’de, Lgag’ın birer fonksiyonu olarak (%A) ve (%HA) göstergeleri verilmektedir.



Şekil 2.19 : Konuttaki ses etkilenmesinin (Lgag) bir fonksiyonu olarak rahatsız olan insanların yüzdesi (%A). Düz çizgi tahmin edilen eğri, kesikli çizgi çok terimli (polinomial) tahmin eğrisi ve noktali çizgiler %95 emniyet aralıklarını göstermektedir. (WG2 – Dose/Effect, 2002)



Şekil 2.20 : Konuttaki ses etkilenmesinin (L_{gag}) bir fonksiyonu olarak yüksek derecede rahatsız olan insanların yüzdesi (%HA). Düz çizgi tahmin edilen eğri, kesikli çizgi çok terimli (polinomial) tahmin eğrisi ve noktalı çizgiler %95 emniyet aralıklarını göstermektedir. (WG2 – Dose/Effect, 2002)

L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan insanların yüzdesi (%A) ve/veya yüksek derecede rahatsız olan insanların yüzdesi (%HA) göstergelerinin arasındaki ilişkiler aşağıda verildiği gibidir: (WG2 – Dose/Effect, 2002)

$$\%A = 1.795 \times 10^{-4} (L_{gag} - 37)^3 + 2.110 \times 10^{-2} (L_{gag} - 37)^2 + 0.5353 (L_{gag} - 37) \quad 2.36$$

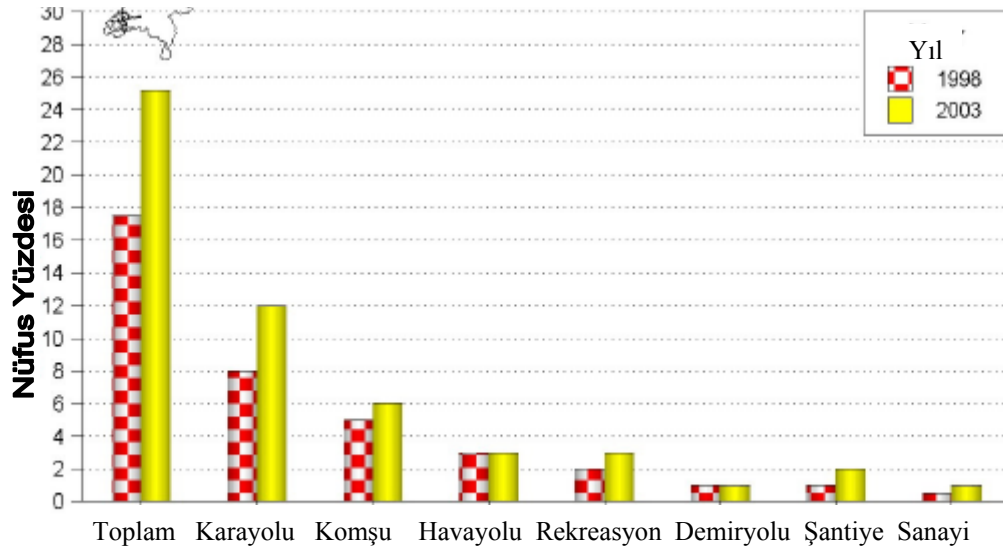
$$\%HA = 9.868 \times 10^{-4} (L_{gag} - 42)^3 - 1.436 \times 10^{-2} (L_{gag} - 42)^2 + 0.5118 (L_{gag} - 42) \quad 2.37$$

Çocuklar ve yaşlılar gibi hassas gruplar için ayrı araştırmalar yapılması gerekmektedir, fakat bu konuda yapılan araştırma sayısı oldukça düşüktür. Mevcut araştırmalarda şehirlerde yaşayan çocukların (yaş 0-14) %5-10'unun yüksek

derecede karayolu gürültüsünden etkilendikleri ve gece karayolu gürültüsünden %5 oranında uyku rahatsızlıkları yaşadıkları belirlenmiştir, fakat henüz gürültü düzeyi ile rahatsızlıklar arasında sayısal bir ilişki kurulabilecek kadar veri toplanamamıştır. (ENHIS, 2007)

2.4.2 Karayolu gürültüsü gece doz-etki ilişkileri

Şekil 2.21, Hollanda'da farklı gürültü kaynakları nedeniyle oluşan uyku rahatsızlıklarını göstermektedir. Bu veriler 1 ile 10 aralığında "... gürültü kaynağından uykunuz ne kadar etkilenmektedir?" sorusuna, 1998-2003 yıllarında rasgele seçilmiş, sırasıyla 4000 ve 2000 kişinin yaptığı bir anketin sonuçlarından elde edilmiştir. Uluslararası kabule uygun olarak en yüksek 3 puanı verenler "yüksek derecede etkilenmekte" kabul edilmişlerdir. Toplam değerlendirme ise 1 ya da daha fazla kaynaktan önemli derecede etkilenen insan sayısından hesaplanmıştır. Bu çalışma Hollanda'da yapıldığı için AB ülkelerinin genelini temsil edemez. Fakat diğer ülkelerde sadece gece gürültüsü ile ilgili yapılmış önemli bir çalışma bulunmamaktadır. END'de komşu ve askeri kaynaklı gürültüler tanımlanmadığı halde bunların da toplam uyku rahatsızlığına katkıda bulunduğu unutulmamalıdır.



Şekil 2.21 : Hollanda'da farklı gürültü kaynakları nedeniyle oluşan uyku rahatsızlıkları (WG-HSEA, 2004)

Lgece, cepheye gelen gürültünün ölçülmesi ya da hesaplanması ile elde edilen bir gürültü göstergesidir. Haritalama amacıyla, 4 metre yükseklikte değerlendirilmektedir. Daha ayrıntılı bir çalışma için değerlendirme yatak odası

cephelerinde yapılmalıdır. İç gürültü düzeyi, cephe yalıtım değeri ve pencere açıklık durumuna göre değişiklik göstereceği için END’de değerlendirme için seçilmemiştir.

Araştırmalar insanların ortalama 7.5 saatlerini yatakta geçirdiğini, bunun daha kısa süresini ise uyku halinde geçirdiğini göstermektedir. Yaş ve genetik etkenler gibi kişisel nedenlerden dolayı uyku süresinde ve uykunun başlangıç-bitiş zamanlarında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu nedenle gece zaman dilimi 8 saat olarak alınmıştır.

LAmaz ve SEL gibi göstergeler, anlık gürültü olaylarını tanımlamak için uygundur. Fakat uzun dönemde gürültüden korunma ele alındığında, olayların niceliği de önemli olmaktadır. Uyuklama, tepki süresi, uyku hapi kullanımı ve sağlık sorunları gibi artçı etkileri tanımlamak, sadece LAmaz veya SEL’in ortalaması alınarak değil, olayların sayısı ve onları gürültü düzeylerinin bilinmesi ile mümkün olabilir. Örneğin tek bir gecenin düzeyi, aşırı durumlar dışında bireyin sağlığını etkilemezken, olayın uzun bir süreye yayılması açıkça etkilemektedir.

Gürültünün uyku üzerindeki etkilerini anlık, kısa dönem ve uzun dönem etkiler olarak ayırmak yararlı olmaktadır. Fakat yol gürültüsünün uyku üzerinde sadece uzun dönem etkisi tanımlanmıştır. Uzun dönemde karayolu gürültüsü kronik rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Bu rahatsızlıklar, bireysel bildirilmiş (kronik) uyku rahatsızlığı, hareketliliğin kronik artışı, uyku hapi kullanımı, hipertansiyon riski artışı ve kalp krizidir. Rahatsızlıkların çoğu (Bireysel bildirilmiş (kronik) uyku rahatsızlığı, hareketliliğin kronik artışı, hipertansiyon riski artışı) hakkında doz etki ilişkisi ya da bir sınır değeri verilecek kadar kanıt bulunmaktadır. (WG-HSEA, 2004)

2.4.2.1 Tekil olaylara anlık tepkiler

END tarafından kapsanan çevresel gürültü kaynaklarında olay sayıları aşırı değişkenlik göstermektedir. Ana havaalanları ve demiryolları az olay sayısı ve olay başına daha yüksek düzeye sahipken ana karayolları daha çok olay sayısına ve daha düşük düzeye sahiptir. Karayollarının uyanma ve uykuda hareketlilik gibi anlık tepkilere sebep olduğu yönünde bir kanıt bulunamamıştır. (WG-HSEA, 2004)

2.4.2.2 Kronik etkiler

Uyku sırasındaki toplam hareketliliğin yaş ile güçlü bir bağı vardır ve uyku sırasında gürültüye maruz kalmanın bir fonksiyonudur. Uyku sırasında toplam hareketlilik 45

yaşında en düşük düzeydedir. Toplam hareketlilik ve $L_{gece,iç}$ ve yaş arasındaki ilişki aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir:

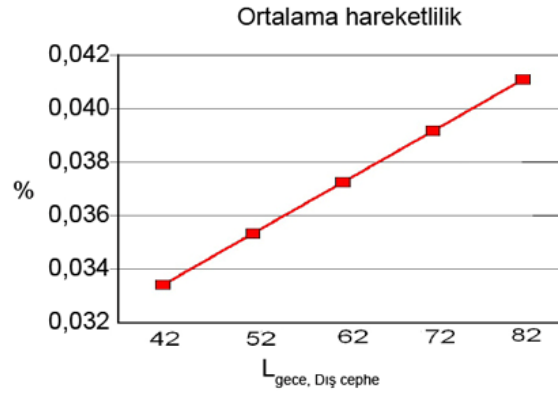
$$\text{Toplam hareketlilik} = 0.0587 + 0.000192 L_{gece,iç} - 0.00133 \text{ Yaş} - 0.0000148 \text{ Yaş}^2 \quad 2.38$$

$$m_{gece} = 0.000192 L_{gece,iç} \quad 2.39$$

Denklemden,

m_{gece} : gürültü sebepli hareketliliğin artışı

$L_{gece,iç} = L_{gece} - 21$ olduğu varsayılırsa; $m_{gece} = 0.000192 L_{gece} - 0.004032$



Şekil 2.22 : Uykuda hareketliliğin artışı (WG-HSEA, 2004)

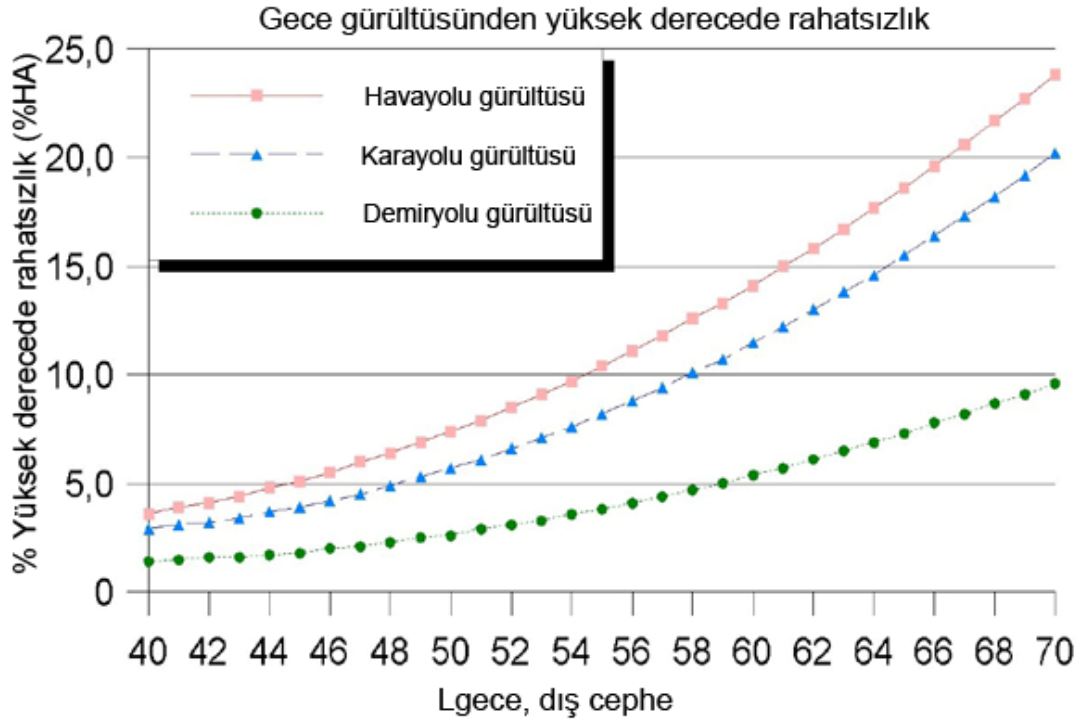
Bireysel bildirilmiş uyku rahatsızlığı, uyku rahatsızlığı hakkında sorular içeren bir anket ile belirlenmektedir. Bireysel bildirilmiş uyku rahatsızlığı ilişkisi 12 araştırmanın 15 farklı veri setindeki 12000'den fazla etkileme-tepki ikilisini temel almıştır.

Şekil 2.23'te verilen eğriler 45-65 dBA aralığındaki L_{gece} (dış, en çok etkilenen cephe) verilerine dayanmaktadır. Fonksiyonlar ise bu eğrinin uzatılarak 40-45 dBA ve 65-70 dBA'lık etkilemenin de katılması ile oluşturulmuştur. Karayolu gürültüsü için formüller aşağıdadır:

$$\begin{aligned} \text{Yüksek derecede uyku rahatsızlığı, \%} &= 20.8 - 1.05 L_{gece} + 0.01486 (L_{gece})^2 \\ \text{Uyku rahatsızlığı, \%} &= 13.8 - 0.85 L_{gece} + 0.01670 (L_{gece})^2 \\ \text{Düşük derecede uyku rahatsızlığı, \%} &= -8.4 - 0.16 L_{gece} + 0.01081 (L_{gece})^2 \end{aligned} \quad 2.40$$

Bu formüller sabit bir hale göre hazırlanmıştır ve önemli bir değişimden hemen sonraki durumu değerlendirmek için kullanılamaz. Formüllerin verileri ortalama bir

nüfusa göre hazırlanmıştır. Hassas gruplar için tedbirler alınmalıdır. Yerel bilgi bulunuyorsa kullanımı teşvik edilmelidir. (WG-HSEA, 2004)



Şekil 2.23 : Gürültüden yüksek derecede rahatsız olan kişilerin yüzdesi (WG-HSEA, 2004)

2.4.2.3 Sağlığa uzun dönemde etkileri

Çeşitli çalışmalar, gürültüye maruz kalma ile hipertansiyon ve kalp-damar hastalıkları arasında bir ilişkiye işaret etmektedir. Bazı yakın zamanda yapılan çalışmalar, gece gürültü etkilemesinin, gündüz etkilemesine göre sağlık etkilerini belirlemekte daha önemli olduğunu göstermektedir. Buna göre, Lgece 50 dBA üzerine çıktığında, gece gürültüsü etkilemesi konusunda tedbir alınmalıdır, END'deki doz-etki ilişkisi yeterli olmamaktadır. (WG-HSEA, 2004)

2.4.2.4 İç / dış farkı

Gece gürültüsü insanları evlerinin içerisindeyken etkilemektedir. Konut sakinleri gece gürültüsünden korunmak için ses yayılım yolunda genellikle en zayıf noktalar olan pencerelere dikkat etmelidir. Pencere tipleri gürültü korunumu açısından büyük farklılıklar göstermektedir.

Genellikle en basit cephelerin ses azaltımı 24 dB'in altında, en etkili cephelerin ses azaltımı ise 45 dB'den fazladır. Orta Avrupa'da genellikle çift cam uygulaması vardır. Bu pencereler rijit ve iyi yalıtılmış çerçevelerin içerisinde bulunmaktadır. Kapalı olduklarında bu pencerelerin ses azaltımı 30-35 dB olmaktadır.

Gece gürültüsü arttığında, konut sakinleri pencerelerini kapatmaya yönelmektedir. Yakın zamandaki iki çalışma, gece karayolu gürültüsü 55 dB'i aştığında, %50'den fazla yatak odası penceresinin kapalı olduğunu göstermektedir. Fakat, kapalı pencereli konut sakinleri gürültüye bağlı uyku rahatsızlıklarında azalma bildirirken, kötü havalandırmaya bağlı uyku rahatsızlıklarında artış olduğunu bildirmişlerdir.

Birçok Avrupalı yatak odası pencerelerini havalandırma sağlamak için hafif açık bırakmak istemekteyken, Dünya Sağlık Örgütü de "Toplum Gürültüsü Hakkında Bildiri"de kişilerin yatak odalarının camları açık uyuyabilmesi gerektiğini belirtmektedir. Farklı açıklıktaki pencerelerin ses yalıtımı konusunda yapılan araştırmalar sonucu, gece ortalama iç-dış ses farkının 21 dB olarak kullanılabileceği bulunmuştur. Gece ortalama iç-dış ses farkında tek cam- çift cam ayrımı yapılmak istendiği takdirde, tek camlı pencerelerde 21.3 dB, çift camlılarda ise 22.2 dB fark verisi kullanılabilir. (WG-HSEA, 2004)

2.4.2.5 Tedbirler ve kontrol yöntemleri

Uyku rahatsızlığını azaltmak için ilk düşünce etkiyi azaltmak olmalıdır, ki bu ya olay sayısını, ya ses düzeylerini, ya da her ikisini de azaltarak gerçekleştirilebilir. Karayolu gürültüsünün etkisi gürültüye duyarlı odaların konutun sessiz cephesine yerleştirilmesi ile azaltılabilir. Zonlama da sessiz kullanım alanlarını gürültülü alanlardan uzaklaştırmak için planlama yetkililerinin kullanabileceği etkili bir yoldur.

Tedbirlerin etkinliğini kanıtlayacak çok az doz-etki çalışması bulunmaktadır. Genel kanı, toplum ile ilişkinin, gece sınırlamaları ve yalıtım gibi önlemlerin uygulanmasında önem kazandığı yönündedir. Eğer havalandırma şartları sağlanabilirse, binaların yalıtılması yararlı olmaktadır. (WG-HSEA, 2004)

3. GÜRÜLTÜ MEVZUATI VE UYGULANMASI

3.1 ABD'nin Gürültü Mevzuatı

Amerika Birleşmiş Devletleri Kanunları (USC) Kongre tarafından kabul edilmiş federal yasalardır. Federal yasalar gürültü kaynakları için çeşitli sınırlandırmalar getirmektedir.

ABD Kanunları Başlık 42 Kamu Sağlığı ve Refahı, Bölüm 65 Gürültü Kontrolü, ya da Gürültü Kontrol Hareketi olarak adlandırılmaktadır. Bu bölümde gürültü, toplum sağlığı ve refahına karşı büyüyen bir tehlike olarak nitelendirilmektedir. Eyaletler ve yerel yönetimlerin gürültü kontrolünde öncelikli görevi ve ticari ürünlerinde gürültü emisyonu kontrolü için federal hareketin gerekliliğinin altı çizilmiştir. Kısım 4903'te Çevre Koruma Ajansı'na (EPA) diğer tüm ajansların gürültü kontrolü ile ilgili yapacakları çalışmaları yönetme yetkisi ve gürültü araştırmaları ile kontrolü hakkında zaman zaman rapor yayımlama görevi verilmiştir.

ABD'deki her eyalet ve şehir kendi gürültü kontrolü mevzuatını uygulamaktadır. Yoğun olarak gürültüyü kaynağında kontrol etme ilkesi uyarınca; zaman zaman arazi kullanımında gürültü sınırları ile kontrol mevzuatı bulunmaktadır. (Url-6)

Çevresel gürültü ve gürültü kaynağı emisyonu ile ilgili Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartları (ANSI) yayınlanmıştır.

3.2 Avrupa'da Gürültü Mevzuatı

Avrupa Çevre Ajansı (EEA), çevre ile ilgili karşılaştırılabilir verileri bir araya getirip dağıtma amacıyla kurulmuştur. Buna göre, uygun ve etkili çevre politikaları oluşturmaları için Avrupa Birliği üye ülkelere gerekli olan temel bilgileri sağlamakta, çevre hakkında güvenilir bilginin yayılmasını da temin etmektedir. Birlik üyesi olmayan ülkelerin de katılımına açık olan Ajans'a Türkiye de dahildir.

Avrupa Birliği Çevre Bakanları, Avrupa Komisyonu ve Avrupa Parlamentosu ile işbirliği yaparak çevre ile ilgili kanunları hazırlarlar ve bunlar üye devlet kanunlarına

entegre edilirler. Kirlilik ve gürültü konusunda hazırlanan Yönergeler halen uygulanmaktadır.

3.2.1 Yeşil kitap (Green Paper)

Avrupa Komisyonu tarafından Kasım 1996'da Gelecek Gürültü Politikası Hakkında Yeşil Kitap (Green Paper on Future Noise Policy (COM(96) 540)) benimsenmiş ve yayımlanmıştır. Bu kitap, hiçbir insanın sağlığına tehdit oluşturacak ya da hayat kalitesini etkileyecek gürültü seviyelerine maruz kalmamasını amaçlayan bir gürültü politikasının geliştirilmesi için atılan ilk adım olmuştur.

Trafik, endüstri ve eğlence nedeniyle oluşan çevresel gürültü, Avrupa'daki yerel çevre problemlerinin en önemlilerinden biridir ve toplumdaki artan şikayetlerin kaynağıdır. Fakat genellikle çevresel gürültüyü azaltmak hava ve su kirliliği gibi diğer çevresel sorunlardan daha az önem taşımıştır. 1993 Beşinci Eylem Programı tarafından üretilen Yeşil Kitap, gürültü politikasının gelecekteki yaklaşımı için toplum katılımını desteklemeyi amaçlamaktadır. Avrupa Birliği'ndeki genel gürültü durumunu ve alınan ulusal önlemleri değerlendirmekte, farklı kaynaklarının yaydığı gürültü hakkında eylem çerçeve programı kapsamında bilgi gelişimi, bilgi karşılaştırılabilirliği ve gelecek planlarını belirtmektedir.

Avrupa Birliği nüfusunun yüzde 20'si, yani yaklaşık 80 milyon kişi, bilim adamları ve sağlık uzmanlarının kabul edilemez bulduğu gürültü seviyelerine maruz kalmakta, rahatsız olmakta, uykuları bölünmekte ve sağlık üzerinde etkilerinden korkulmaktadır. Bunun dışındaki 170 milyon kişi daha gündüz gürültülerinin rahatsızlığa yol açtığı bölgelerde yaşamaktadır.

Uzun yıllar boyunca Avrupa Birliği çevresel gürültü politikası gürültü kaynaklarının gürültü düzeylerini sınırlamak üzerine dayanmıştır. Bu politika ve teknolojinin sayesinde 1970lerden beri araçların gürültü düzeylerinde büyük düşüşler olmuştur. Fakat eğlence sektörünün ve tüm ulaşım araçlarının, özellikle arabaların artışıyla birlikte çevresel gürültü düzeyleri artış göstermiştir.

Bir çok üye ülke hassas bölgelerde gürültü sınırlamaları getirmiştir ve bunlar çoğunlukla yeni arazi kullanımı planlarında kullanılmaktadır. Karşılaştırıldığında üye ülkeler arasında özellikle karayolu, demiryolu ve endüstri gürültüsü sınırlamalarında benzerlikler görülmüştür.

Gürültü etkilenimi konusunda veri eksikliği ve mevcut tedbirlerin eksikliği nedeniyle gürültü azaltımı politikasında yaklaşımın değiştirilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

Yeşil Kitap'ta ileride yapılması planlanan eylemler sıralanmıştır:

1. Çevresel gürültüyü değerlendirme yöntemleri ve bilgi paylaşımını ortaklaşa hala getirebilecek bir yönetmelik önerisi geliştirmek. Bu öneri gürültü haritalama ve kamuyu bilgilendirme konularında bilgi içerebilir. İkinci bir aşamada hedef değerler ve hedeflerin tutturulması için eylem zorunluluğu getirilebilir.
2. Bir sonraki evre karayolu araçlarının, demiryolu araçlarının ve havayolu araçlarının gürültüsünü azaltmak için araştırmalara destek vermek olabilir.
3. Komisyon mevcut yönetmeliği basitleştirmeyi ve bir çok dış ekipmana (şantiye araçları, bahçe araçları, vb.) sınırlama getirmeye planlamaktadır. (Url-1)

3.2.2 Çevresel Gürültü Yönetmeliği (END)

Çevresel Gürültü Yönetmeliği (2002/49/EC) Avrupa Parlamentosu ve Komisyonu tarafından 25 Haziran 2002'de kabul edilmiştir. Yönetmeliğin ana amacı Avrupa Birliği bünyesinde gürültü problemini çözmek için ortak bir zemin oluşturmaktır. Yönetmeliğin prensipleri aşağıda verilmiştir:

1. Üye ülkelerde yetkili otoritelerin L_{gag} ve L_{gece} göstergelerine göre ana karayolu, demiryolu, havaalanı ve yerleşim alanları için stratejik gürültü haritası hazırlamasını sağlayarak çevresel gürültü problemini izlemek. Bu haritalar sayesinde Avrupa'da rahatsız olan ve uykusunda rahatsız olan insanların sayısını belirlenebilecektir.
2. Toplumu gürültü etkilenimi, etkileri ve göstergeleri konusunda bilgilendirmek.
3. Yetkili otoritelerin gerekli yerlerde eylem planları geliştirip uygulamasını sağlamak.
4. Uzun dönemde gürültüden etkilenen insan sayısını azaltmak ve kaynakta gürültü azaltımını benimseyen bir uzun dönem Avrupa gürültü stratejisi geliştirmek.

Çevresel Gürültü Yönetmeliği 2002/49/EC (END), Avrupa Birliği üye ülkelerindeki yetkili kurumların Temmuz 2007'ye kadar 250.000 nüfuslu yerleşimlerde, Temmuz 2012'ye kadar 100.000 nüfuslu yerleşimlerde stratejik gürültü haritaları hazırlamasını gerektirmektedir. (2002/49/EC, 2002)

3.3 Türkiye’de Gürültü Mevzuatı

T.C. Anayasasının 56 maddesinde ‘Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir.’ hükmü yer almaktadır.

Gürültü kirliliğinin kontrol altına alınmasına ilişkin düzenlemeler 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun (5491 Sayılı Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun) 14. maddesinde belirtilen “Kişilerin huzur ve sükununu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde yönetmelikte belirlenen standartlar üzerinde gürültü çıkarılması yasaktır. Fabrika, atölye, işyeri, eğlence yeri, hizmet binaları, konutlar ve ulaşım araçlarında gürültünün asgariye indirilmesi için gerekli önlemler alınır.” hükmü çerçevesinde yapılmıştır.

Çevre Kanunu’nun 14’üncü maddesine istinaden 1986 tarihinde yürürlüğe giren Gürültü Kontrol Yönetmeliği gürültü kontrolünü; kaynak, alıcı ve çevre olmak üzere bütüncül olarak değerlendiren ilk yasal düzenlemedir. Söz konusu Yönetmelik ile, kaynak, alıcı ve çevre gürültüsüne sınırlamalar getirilmiştir. Yönetmeliğin uygulanmasından Valilikler ve Belediyeler sorumlu tutulmuştur

1986 yılından beri yürürlükte olan ve uygulayıcılar açısından darboğazların yaşandığı Gürültü Kontrol Yönetmeliği’nde yaşanan sıkıntılar ve uygulamadaki sorunların giderilmesi amacıyla, Avrupa Birliği uyum süreci içerisinde Ulusal Programda Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB)’nın sorumluluğunda yer alan 25/6/2002 tarihli 2002/49/EC Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Direktifine paralel olarak 01 Temmuz 2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” hazırlanmıştır. Yapılan düzenleme ile AB’nin Çevresel Gürültü Mevzuatı Türk Mevzuatına uyumlu hale getirilmiştir. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’nin 1, 2, 4,7, 8, 9 , 10, 12 nci bölümleri ile tüm eklerinde 2002/49/EC direktifinin gereksinimleri yer almaktadır. (Schulte-Fortkamp, Wellhöfer & Alfons Nolle, 2007)

07 Mart 2008’de, yönetmeliğin yenilenmiş hali resmi gazetede yayımlanmıştır.

Yönetmeliğin amacı, çevresel gürültüye maruz kalınması sonucu kişilerin huzur ve sükununun, beden ve ruh sağlığının bozulmaması için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. Bu amaca yönelik olarak, değerlendirme yöntemleri kullanılarak

Çevresel gürültüye maruz kalma seviyelerinin, hazırlanacak gürültü haritaları ile belirlenmesi, çevresel gürültü ve etkileri hakkında kamuoyunun bilgilendirilmesi ve gürültü haritası sonuçları esas alınarak, çevresel gürültüye maruz kalma seviyelerinin insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere yol amasınn mümkün olduğu ve çevresel gürültü kalitesini korumanın gerekli olduğu yerlerde, gürültüyü nleme ve azaltmaya yönelik eylem planlarının hazırlanması ve bu planların uygulanması uygulamaya konulur. (evre ve Orman Bakanlığı, 2008)

3.3.1 Çevresel gürültü esas ve kriterleri

Gürültü haritalarında L_{gag} ve L_{gece} çevresel gürültü göstergeleri kullanılır. Mevcut gürültü seviyesinin toplum üzerindeki etkilenme derecesi ve gürültünün günlük yaşımda eşıtlı eylemler üzerinde olabilecek zararlı etkileri doz-etki ilişıki kullanarak tespit edilir.

Karayollarından kaynaklanan çevresel gürültü seviyesi izelge 3.1'deki sınır değerleri aşıamaz.

Çizelge 3.1 : Kara Yolu evresel Gürültü Sınır Değerleri (evre ve Orman Bakanlığı, 2008)

Alanlar	Planlanan / Yenilenmiş / Onarılmış yollar			Mevcut yollar		
	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	60	55	50	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak bulunduğu alanlar	63	58	53	68	63	58
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	70	65	60
Endüstriyel alanlar	67	62	57	72	67	62

3.3.2 Stratejik gürültü haritaları ve eylem planları

250.000'den fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanları, yılda 6.000.000'dan fazla aracın geçtiği ana kara yolları, yılda 60.000'den fazla trenin geçtiği ana demir yolları ve yılda 50.000'den fazla hareketin gerçekleştiği ana hava alanları için bir önceki takvim yılındaki durumu gösteren stratejik gürültü haritaları en geç 30/6/2013 tarihine kadar bu tarihten sonra her beş yılda bir, gürültü seviyesinin azaltılması da dahil olmak üzere gürültü ile ilgili hususlar ve gürültünün etkileri ile baş etmeye yönelik eylem planları en geç 18/7/2014 tarihine kadar hazırlanmalıdır.

100.000'den fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanları, yılda 3.000.000'dan fazla aracın geçtiği ana kara yolları, yılda 30.000'den fazla trenin geçtiği ana demir yolları için bir önceki yıldaki durumu gösteren stratejik gürültü haritaları 30/6/2018 tarihine kadar ve bu tarihten sonra her beş yılda bir, eylem planları ise en geç 18/7/2019 tarihine kadar hazırlanmalıdır. Sınır değerlerin aşıldığı durumlar ya da yetkili idarelerce seçilen diğer kriterler olarak tanımlanan öncelikler eylem planında özellikle belirtilmeli ve stratejik gürültü haritalamaları ile tespit edilen en önemli bölgelerde uygulanmalıdır.

Eylem planlarının hazırlanma ve gözden geçirilmesine katılım için önceden ve etkili fırsatların verilmiş olması şartıyla, eylem planlarını hazırlamakla sorumlu kurum ve kuruluşlarca eylem planlarının kamuoyuna danışılması, bu katılım sonuçlarının dikkate alınması ve kamuoyunun alınan karar konusunda bilgilendirilmesi temin edilir.

Çevre Düzeni Planları, Nazım İmar Planları ve Uygulama İmar Planlarının hazırlanması aşamasında alanda akustik planlamanın yapılabilmesi ve yerleşim alanları içindeki sakin alan ve açık arazideki sakin alanların oluşturulması için gürültü haritaları ve eylem planlarının plan eki olarak istenmesi ve plan kararlarına esas olması zorunludur.

Stratejik Gürültü Haritası aşağıdaki verilerden birinin sunuşunu içermelidir:

1. Bir gürültü göstergesi cinsinden mevcut, önceki veya öngörülen bir gürültü durumu,
2. Bir sınır değerinin aşılması,
3. Bir gürültü göstergesinin belirli değerlerine maruz kalan belli bir alandaki konut, okul ve hastanelerin tahmini sayısı,

4. Gürültüye maruz kalan bir alanda ikamet eden tahmini insan sayısı.
5. Stratejik Gürültü Haritaları kamuoyuna coğrafi paftalar, çizelgeler halindeki rakamsal veriler, elektronik form halindeki rakamsal veriler şeklinde sunulabilir.
6. Stratejik Gürültü Haritalarının 4 m. lik bir değer tayin yüksekliği ve 5 dB' lik L_{gag} ve L_{gece} aralıkları ile yapılması zorunludur.
7. Eylem Planları geliştirmek için grafiksel sunumlar, sınır değerlerin aşılmasını gösteren haritalar, fark haritaları ve 4 m'nin haricinde bir yükseklikte hesaplanmış olan bir gürültü gösterge değerini gösteren haritaları içerebilmektedir.

Bir eylem planının asgari olarak sınır değerler, gürültü haritalama sonuçları, gürültüden etkilenen tahmini insan sayısı, kamuoyunun görüşü, gürültü azaltım tedbirleri, uzun vadeli stratejiler, maliyet-fayda değerlendirmelerini içermesi zorunludur.

Çevre ve Orman Bakanlığı'na, karayolu kaynakların bulunduğu alanda yayılan çevresel gürültü seviyesinin zeminden 4 m yükseklikte dB olarak hesaplanmış L_{gag} (55- 59, 60 – 64, 65 – 69, 70 – 74, > 75) değer aralıklarının ve L_{gece} cinsinden hesaplanmış, 50 – 54, 55 – 59, 60 – 64, 65 – 69, > 70 dB değer aralıklarının her birine maruz kalan tahmini sakin sayılarının (bu sayıların en yakın yüz rakamına yuvarlanmış olması zorunludur) verilmesi zorunludur. (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

3.3.3 Gürültü göstergeleri

Gündüz-Akşam-Gece Seviyesi (L_{gag}), Desibel A (dBA) olarak gündüz-akşam-gece seviyelerinin aşağıda verilen denklemle ifade edilmesidir.

$$L_{gag} = 10 \log \frac{1}{24} \left[12 \times 10^{\frac{L_{gündüz}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{akşam} + 5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{gece} + 10}{10}} \right] \quad 3.1$$

Denklemde,

L_{gündüz}: 07.00'den 19.00'a kadar olmak üzere 12 saat, TS 9798 (ISO 1996-2) de tanımlandığı gibi A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup, yılın gündüz zaman diliminin tamamına göre belirlenmiştir.

Lakşam: 19.00'dan 23.00 'e kadar olmak üzere 4 saat, TS 9798 (ISO 1996-2) de tanımlandığı gibi A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup, yılın akşam zaman diliminin tamamına göre belirlenmiştir.

Lgece: 23.00'den 07.00'ye kadar olmak üzere 8 saat, TS 9798 (ISO 1996-2) de tanımlandığı gibi A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesinin enerji ortalaması olup, yılın gece zaman diliminin tamamına göre belirlenmiştir.

Yıl: Ses yayma ve meteorolojik durumlar açısından ortalama bir yıl olan ilgili yıldır.

Denklemden,

Değerlendirilmekte olan konutun cephesinden yansıyan sesin hesaba katılmadığı sesler (bu genel bir kural olarak bir ölçüm halinde 3dB'lik bir düzeltme yapılmasını gerektirir) tesadüfi ses olarak tanımlanır.

Lgag tayin noktasının yüksekliği uygulamaya göre değişir.

1. Bir bina içinde veya civarında gürültüye maruz kalma ile ilgili olarak Stratejik Gürültü Haritası yapmak amacıyla hesaplamalar yapılması durumunda, gürültüye en fazla maruz kalan cephedeki tayin noktasının zeminden $4.0 \pm 0,2$ m (3.8 m ile 4.2 m arası) yukarıda olması zorunludur. Bu amaca yönelik olarak gürültü yayan kaynağa dönük ve en yakın olan dış duvarın gürültüye en fazla maruz kalan cephe olarak kabul edilmesi gereklidir. Başka amaçlar için başka tercihler yapılması mümkündür.
2. Bir bina içinde veya civarında gürültüye maruz kalma ile ilgili olarak stratejik gürültü ölçümleri uygulamak için yapılacak ölçümlerde daha farklı yüksekliklerin de seçilmesi mümkündür. Ancak seçilecek değerlendirme noktasının yüksekliği hiçbir zaman zemine 1.5 m mesafenin altında olmamalı ve ölçüm sonuçları üzerinde 4.0 m.lik eşdeğer yüksekliğe göre düzeltme yapılmalıdır.
3. Akustik planlama ve gürültü bölgeleme gibi başka amaçlar için başka yüksekliklerin seçilmesi mümkündür. Ancak bu yükseklikler hiçbir zaman zeminden 1.5 m yükseklik seviyesinden düşük olmamalıdır. Örneğin;
 - o Tek katlı evlerin bulunduğu kırsal alanlar,
 - o Belirli konut alanları üzerindeki gürültü etkisini indirmeye yönelik yerel tedbirleri tasarlamak,
 - o Sınırlı bir alandaki her bir konutun maruz kaldığı gürültü seviyesini gösteren ayrıntılı bir gürültü haritası hazırlamak.

4. Gece Süresi Gürültü Göstergesinin Tanımı: Gece süresi gürültü göstergesi olan Lgece TS 9798 (ISO 1996-2) de tanımlandığı gibi bir A ağırlıklı uzun dönem ses seviyesi ortalaması olup, gürültü haritalamada yılın gece sürelerinin tamamına göre belirlenmiştir. Bu tanım kapsamında:

- o Gece süresi I-1.1.1 de tanımlandığı gibi sekiz saattir.
- o Yıl ise I-1.1.1 de tanımlandığı gibi, ses yayma ve meteorolojik durumlar açısından ortalama bir yıl olan ilgili yıldır.
- o Tesadüfi ses I-1.1.1-(a) da tanımlandığı gibi işleme alınmalıdır.
- o Tayin noktası Lgag tanımında verildiği gibidir.

Bazı hallerde Lgag ve Lgece ve uygun bulunan hallerde Lgündüz, Lakşam ve Leq'e ilave olarak özel gürültü göstergeleri ile bunlarla ilgili dördüncü bölümde yer alan sınır değerlerin kullanılması yararlı olabilir. İlave gürültü göstergelerine bazı örnekler aşağıda verilmiştir,

1. İncelenmekte olan gürültü kaynağı ilgili zaman süresinin sadece çok kısa bir bölümünde faaliyet gösterir, (Örneğin, bir yılın gündüz süreleri toplamının veya bir yılın akşam süreleri toplamının veya bir yılın gece süreleri toplamının % 20'sinden daha az)
2. Bir veya daha fazla süre içindeki gürültü yaratan olay sayısı ortalaması çok düşüktür, (Örneğin, gürültü yaratan olay sayısının saatte birden daha az olması; gürültü yaratan bir olayın beş dakikadan daha kısa bir süre içinde sona eren gürültü olarak tanımlanması mümkündür. Buna örnek olarak geçen bir uçak veya trenin çıkardığı gürültü sayılabilir.)
3. Gürültünün düşük frekanslı içeriğinin güçlü olması,
4. Gürültünün zirveye çıkması durumunda gece süresi boyunca koruma için, LAmax veya SEL,
5. Yılın belirli bir bölümünde veya hafta sonunda ek koruma,
6. Gündüz süresi boyunca ek koruma,
7. Akşam süresi boyunca ek koruma,
8. Farklı kaynaklardan yayılan gürültülerin kombinasyonu,
9. Açık arazide sakin alanlar,
10. Bir gürültünün güçlü tonal bileşenler içermesi,
11. Çok kısa sürede etki yapma özelliği olan gürültü.

Sınır değerler ilgili tablolarda 4 kategoride verilen alanlarda yer alan ve gürültü kaynağına en yakın konut, hastane, okul, işyeri ve/veya diğer yapıların dışında sağlanması gereken değerlerdir. (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

3.3.4 Gürültü göstergeleri için değerlendirme yöntemleri

TS 9798 (ISO 1996 – 2) ve TS 9315 (ISO 1996 – 1) standartlarında belirtilen prensiplere uygun şekilde ölçümlerin yapılması ile bir yapı cephesi veya bir başka yansıtıcı eleman önünde yapılan ölçüm verileri, bu cephe veya elemandan yansımaların yol açtığı artıştan arındırmak amacıyla düzeltilmesi zorunludur (Bu işlem genel bir kural olarak, ölçülen değerde 3 dB düzeltme yapılmasını gerektirmektedir).

Yerleşim alanı gürültü haritasının ve eylem planlarının hazırlanması safhasında Lgündüz ve Lgag için aşağıda yer alan seviye ayarlamaları yapılabilir. Sadece her bir kaynak bazında değerlendirme yapılacaksa seviye ayarlamasına gerek yoktur.

1. Endüstri için : 0
2. Karayolu için : 0
3. Uçak için : 3
4. Demiryolu için:-3 eklenerek seviye ayarlaması yapılır.

Gürültüye hassas yapıların inşaat izni, yapı kullanım izni safhasında, yapılar için getirilen iç ortam gürültü seviyesi sınır değerini sağlayacak şekilde mekanları çeviren yapı elemanlarında (duvar, döşeme, tavan, merdiven evi ve diğer) uygulanacak ses azaltım oranının hesaplanmasında aşağıdaki sıralanan standartlar çerçevesinde değerlendirme yapılabilir.

TSEN 12354-1: Binaların Akustiği- Binaların Akustik Performansının Elemanların Performansından Hesaplanması – Bölüm 1: Odalararasında Havada Yayılan Sesin Yayılımı

TSEN 12354-2: Binaların Akustiği- Binaların Akustik Performansının Elemanların Performansından Hesaplanması – Bölüm 2: Odalararasında Darbe Sesin Yayılımı

TSEN 12354-3: Binaların Akustiği- Binaların Akustik Performansının Elemanların Performansından Hesaplanması – Bölüm 3: Dışarıdaki ses karşı havada yayılan sesin yalıtımı

TSEN 12354-4: Binaların Akustiği- Binaların Akustik Performansının Elemanların Performansından Hesaplanması – Bölüm 4: İçerideki sesin dışarıya iletimi

Belirlenen yalıtımın uygulanıp uygulanmadığı Akustik-Yapılarda ve yapı elemanlarında ses yalıtımının ölçülmesi konulu TSEN veya TS ISO 140 standart serisinden faydalanılabilir. Çok katlı yapı elemanlarının ses geçiş kaybı hesaplamasında ise geçerliliği bilimsel olarak kanıtlanmış bir yöntem seçilebilir ya da ulusal veya uluslararası akreditasyon belgesine sahip laboratuvarlarca yapılmış test sonuçları kullanılabilir. Hesap ve ölçüm sonuçlarının, 1/3 oktav bantlarda ses geçiş kaybı değerleri (dB biriminde) ve ISO 717'ye göre R_w değerinin verilmesi gerekir.

Gürültünün topluluklar üzerindeki etkilerini tayin etmek için doz-etki ilişkileri kullanılmalıdır. Doz-etki ilişkileri, rahatsızlık ile kara yolu, demir yolu, hava yolu trafik gürültüleri ve endüstriyel gürültü için L_{gag} değeri arasındaki ilişkiyi, uyku bozulması ile kara yolu, demir yolu, hava yolu trafik gürültüleri ve endüstriyel gürültü için L_{gece} değeri arasındaki ilişkiyi göstermek zorundadır. Gerekli olması halinde gürültüye karşı özel yalıtımlı konutları, sakin bir cephesi olan konutları, farklı iklimler / farklı kültürler, topluluk içindeki incinebilir gruplar, ses tonu yüksek endüstriyel gürültü, ani etki yapan endüstriyel gürültü ve diğer özel durumlar için özel doz-etki ilişkileri kurulması mümkündür. (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008)

3.4 Gürültü Tahmin Yöntemleri

Stratejik gürültü haritaları hazırlama ve diğer kaynaklar için gürültü değerlendirmesinde kullanılan gürültü göstergeleri, hesaplama ve ölçüm yolları ile belirlenebilir. Tahminler için sadece hesaplama yöntemi kullanılmalıdır. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC) EK II'de gürültü göstergeleri hesaplama yöntemleri verilmiştir. Bu yöntemlerin L_{gag} ve L_{gece} tanımlarına adapte edilmesi zorunludur.

Çevresel Gürültü Yönetmeliği'nde (END) gürültü tahmini konusunda bulunan bazı maddeler Türkiye'nin Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bulunmamaktadır. END'in EK 1'inde akşam zaman diliminin gerekli görülürse 1 ya da 2 saat azaltılarak bu zamanın gündüz ya da gece zaman dilimlerine eklenebileceği belirtilmiştir.

Aşağıda Avrupa Birliği ve Türkiye’de kabul gören gürültü hesaplama yöntemleri anlatılmıştır.

3.4.1 Endüstriyel gürültü hesaplama yöntemi

Endüstriyel gürültü için, TS ISO 9613 – 2: Akustik - Açık Havada Ses Yayılışının Zayıflatılması, Kısım 2: Genel Hesaplama Yöntemleri standardı kullanılmalıdır. Bu yöntem için uygun gürültü yayma verileri (girdi verisi), aşağıdaki yöntemlerden birine göre yapılacak ölçümler ile elde edilir:

ISO 8297 :Akustik – Çevredeki Ses Basınç Düzeylerinin Değerlendirilmesi İçin Çok Kaynaklı Endüstriyel Tesislerde Ses Güç Düzeylerinin Belirlenmesi – “Mühendislik Yöntemi”.

TS EN ISO 3744: Akustik -Ses Basıncı Mühendislik Yöntemi Kullanarak Yansıtıcı Bir Düzlem Üzerindeki Tamamen Açık Bir Alanda Ses Güç Düzeylerinin Belirlenmesi.

TS EN ISO 3746:1995 Akustik –Yansıtıcı Bir Düzlem Üzerindeki Gürültü Kaynaklarının Ses Gücü Düzeylerinin Örtüşen Ölçüm Yüzeyi Kullanarak Belirlenmesi.

3.4.2 Hava aracı gürültüsü hesaplama yöntemi

Hava aracı gürültüsü için, 1997 tarihli ECAC. CEAC Doc 29 Sivil Hava Limanları Etrafındaki Gürültü Konturlarını Hesaplamak İçin Standart Yöntem Hakkındaki Rapor kullanılmalıdır. Farklı uçuş yolu modelleme yöntemleri arasından ECAC.CEAC Doc 29 belgesinin 7.5 inci bölümünde değinilen segmentasyon tekniği kullanılmalıdır.

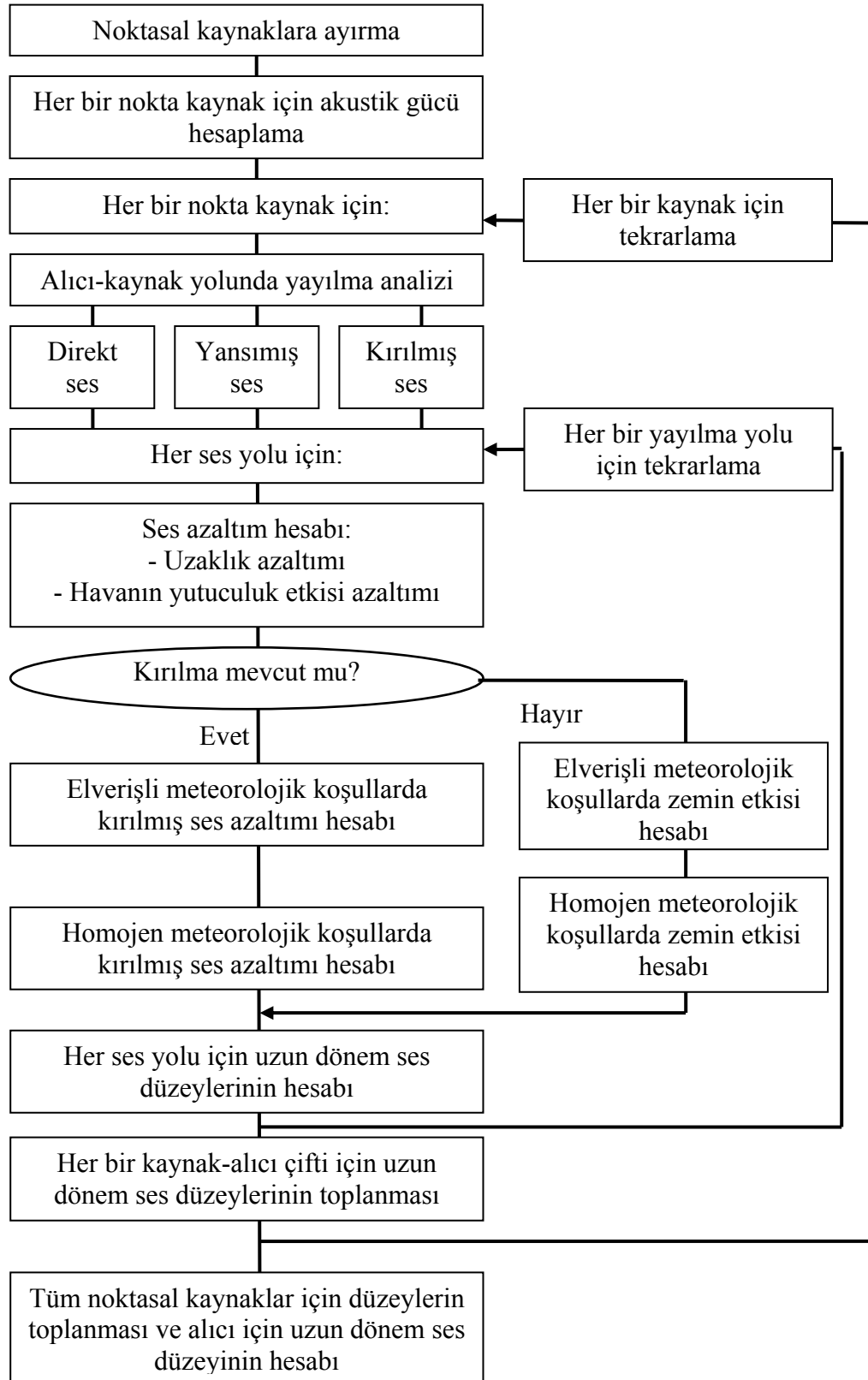
3.4.3 Demiryolu gürültüsü hesaplama yöntemi

Demiryolu gürültüsü için, Hollanda ulusal hesaplama yöntemi “Reken - Meervoorschrift Railverkeer slawaai” 96 kullanılmalıdır.

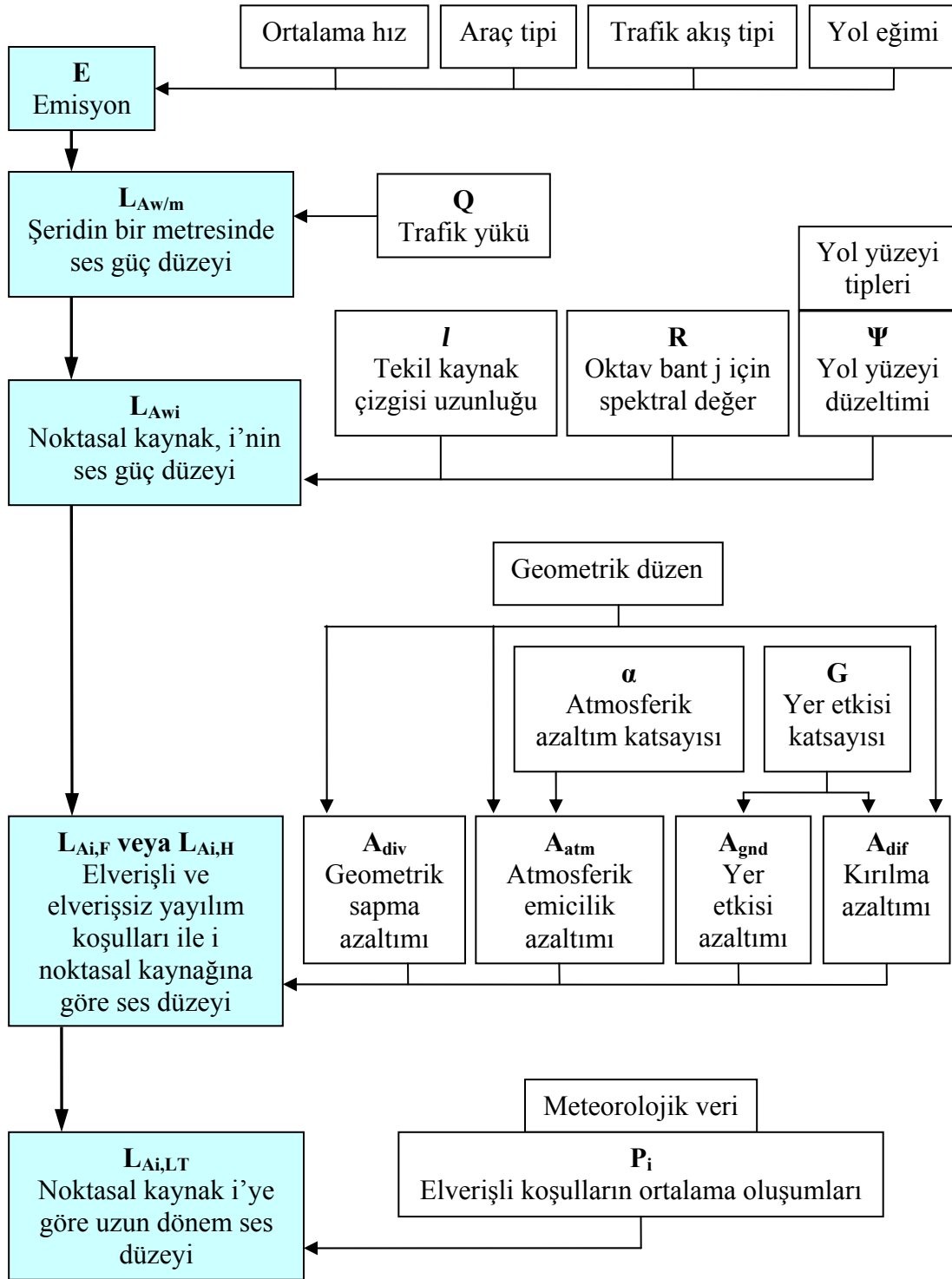
3.4.4 Karayolu trafiği gürültüsü hesap yöntemi (NMBP Routes-96)

Karayolu trafiği gürültüsü için, Fransız ulusal hesaplama yöntemi olan “NMPB – Routes – 96 (SETRA – CERTU – LCPC –CSTB)” ve Fransız standardı olan “XPS 31- 133” kullanılmalıdır. Emisyonlarla ilgili veri girdileri için bu belgelerde “Guide

du bruit des transports terrestres, fasciculeprevision des niveaux sonores CETUR 1980 kılavuzu kullanılmalıdır.



Şekil 3.1 : NMPB Routes-96 hesaplama yöntemi için iş akış şeması



Şekil 3.2 : NMPB Routes-96 hesaplama yöntemi için veri şeması (Lang, 2003)

“NMPB-Routes-96 Meteorolojik Etkileri içeren Yeni Fransız Karayolu Trafik Gürültüsü Yöntemi (Bruit des Infrastructures Routiers Methode de calcul incluant les effets météorologiques)” bir yolun 800 metreye kadar olan çevresinde ve en az 2 m yukarındaki ses düzeylerini hesaplamak için bir grup Fransız uzman tarafından

geliştirilen detaylı bir prosedürü anlatmaktadır. 2001’de, NMPB ile aynı yöntemi anlatan Fransız standardı XP S31-133 “Akustik – Karayolu ve demiryolu trafiği gürültüsü – Serbest alanda meteorolojik etkileri içeren ses azaltımı hesabı (Acoustique – Bruit des infrastructures de transports terrestres – Calcul de l’atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques) yayımlanmıştır. (Lang, 2002)

Hesaplama yöntemi için hazırlanan iş akış şeması Şekil 3.1’de verilmiştir. Hesaplama da kullanılacak verilerin şeması Şekil 3.2’de verilmiştir.

3.4.4.1 Gürültü göstergesi

NMPB-Routes-96 ve Fransız standardı XP S31-133’da yolların yakınında ses emisyonunu tanımlamak için kullanılan temel değer, uzun-dönem eşdeğer sürekli A-ağırlıklı ses basınç düzeyidir. Yöntemlerde hesap için gün içinde iki zaman dilimi, gündüz (06:00-22:00) ve gece (22:00-06:00) belirtilmiştir.

Uzun-dönem eşdeğer gürültü düzeyi, yıllık trafik akışını ve yıl boyunca hakim olan meteorolojik koşulları (rüzgarın ve sıcaklığın dikey değişimleri) kapsamaktadır. Uzun dönem ses düzeyine bağlı meteorolojik koşulların detaylı şekilde ele alınması yanında iki çeşit ses yayılımı tanımı ve bunların oluşma yüzdelerini bir Fransa haritası üzerinde gösterilmesi de yer almaktadır.

END’in 3., 5. maddeleri ile Ek-1’e ve ÇGDY Yönetmeliğinin 4., 19. maddeleri ile Ek-1’e göre L_{gag} (gündüz-akşam-gece gürültü göstergesi), $L_{gündüz}$ (gündüz gürültü göstergesi), $L_{akşam}$ (akşam gürültü göstergesi), L_{gece} (gece gürültü göstergesi) stratejik gürültü haritalamada kullanılacak çevresel gürültü göstergeleridir. L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece} ’ye değerleri kullanılarak hesaplanır:

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

Denklemden, $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$ ve L_{gece} , TS ISO 1996-2’de tanımlanan, tüm yılın gündüz, akşam ya da gece dönemlerindeki uzun dönem ortalama ses düzeyleridir. (ISO 1996-2, 2008)

ISO 1996-2’de uzun dönem ortalama ses düzeyi, eşdeğer sürekli A-ağırlıklı ses basınç düzeyidir ve ortalama hem kaynak emisyonundaki değişikliklere hem de ses

yayılımını etkileyen meteorolojik koşullara bağlıdır. Karayolu trafiği verileri geçen araç sayısına göre alınabilirken meteorolojik koşulların değişkenliği ve buna bağlı ses yayılımı değişikliklerini ele almak daha zordur. ISO standartları bu konuda detaylı bilgi vermemektedir çünkü hesaplamalara değil ölçümlere dayanmaktadırlar.

Sonuç olarak, END ve NMPB'nin kullandığı temel değerler aynı olmasına rağmen zaman dilimleri farklıdır, fakat bu, hesaplama modelinin uygulanışını değiştirmez.

Alıcıda tüm ses yolları için toplam uzun dönem eşdeğer ses düzeylerinin bulunması için her bir oktav bantta, tüm noktasal kaynakların ve sanal kaynakların etkisi toplanır.

$$L_{eq,uzundönem} = 10 \log \left[\sum_i 10^{L_i/10} + \sum_{i'} 10^{L_{i'}/10} \right] \quad 3.3$$

Denklemden,

i: Tüm gerçek noktasal kaynaklar

i': Tüm sanal kaynaklar

Alıcıda uzun dönem eşdeğer ses düzeyinin tüm oktav bantları kapsayacak şekilde toplanması için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$L_{Aeq,uzundönem} = 10 \log \left[\sum_{j=1}^6 10^{L_{eq(j)}/10} \right] \quad 3.4$$

Denklemden,

j: 125-4000 Hz arasındaki 6 adet oktav banttır.

(Lang, 2002)

3.4.4.2 İmisyon noktası

NMPB'de alıcı noktasının yerden yüksekliğinin en az 2 metre olması gerektiği belirtilmiştir. END'de imisyon noktası yüksekliği 4 metre olarak tanımlanmıştır, bu nedenle uygunluk açısından hesaplamada yükseklik 4 metre olarak seçilebilir. Alıcı noktalar bina cephelerinden 2 metre uzaklıkta yer almalıdır. Bina cephesinin yansıma etkisini hesaba katmak için, hesaplanan değerlere 3 dBA eklenerek sonuç düzey $L_{Aeq,uzundönem}$ elde edilir. (Lang, 2002)

3.4.4.3 Kaynak

NMPB’de kaynak, ses emisyonuna göre değil, geometriye göre tanımlanmıştır. Ses emisyonuna göre hesaplamak için Guide du Bruit (1980)’de verilen veriler kullanılmalıdır. EN 1793-3’e göre ses emisyonu, öngörölmüş oktav bant spektrumunda, metrede bir A-ağırlıklı ses gücü ile tanımlanmaktadır. (TS EN 1793-3, 2002)

Kaynağın yeri detaylı olarak belirtilmiştir ve çizgisel kaynaktan noktasal kaynaklara dönüştürme ilkesi kullanılmaktadır. Model, yolu ya da yolun tekil şeritlerini eşaçılı olarak temel nokta kaynaklara ayırmaya (genellikle 10° veya daha az) veya sabit aralıklarla ayırmaya (genellikle 20 metreden daha az, ama her halükarda şeritle alıcı noktası arasındaki dikey mesafenin yarısından az) dayanmaktadır. Nokta kaynak, yol ortasında ve yol yüzeyinden 0,5 m yukarıda yer alır. Her şeridin orta aksı veya her yön için bir aks veya tüm yol için tek bir aks kabul edilebilmektedir. Tüm yol için tek bir aks olanağı, yol genişliği çok fazla değilse ve alıcı noktaları çok uzakta ise olabilir. Önerilen her şeridin ortasında olmasıdır bu durumda kırılmalar daha sağlıklı hesaplanabilir.

Her çizgisel kaynak, noktasal kaynaklara ayrılırken istenilen kesinliğe bağlı olarak akustik homojen kesitlere ayrılmalıdır. Akustik homojen kesitlerde, yol kesitinin aynı olması (şerit sayısı, yol genişliği vb.), trafiğin aynı olması ve ses emisyonunun değişmemesi gereklidir. Noktasal kaynaklara ayırmada iki farklı yöntem uygulanabilir. İlki eşaçılı bölmektir, buna göre alıcı noktasının yolu görmekte olduğu açı, 10° veya daha küçük aralıklara bölünür ve alıcıdan gönderilen çizgilerin çizgisel kaynağı kestiğı noktalar seçilir. İkinci yöntem çizgisel kaynağın eşit uzaklıktaki aralıklara bölünmesidir, fakat iki noktasal kaynak arasındaki uzaklık, çizgisel kaynak ve alıcı arasındaki en yakın uzaklıktan küçük olmalıdır ki bu genelde 20 metreden az olmaktadır. (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4)

Bir noktasal kaynağın oktav bant ses gücü L_{AW} (dBA), aşağıdaki denklem ile bulunabilir:

$$L_{AW} = L_{AW/m} + \Psi + 10\log(l) + R(j) \text{ dBA} \quad 3.5$$

Denklemde,

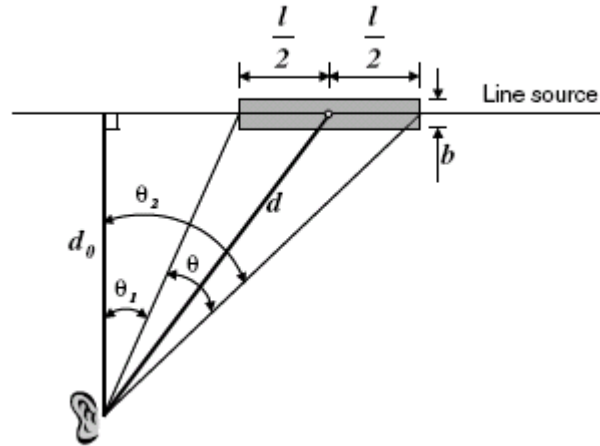
L_{AW} : Frekansa bağlı ses güç düzeyi (dBA)

LAW/m: Bir metredeki ses güç düzeyi (dBA)

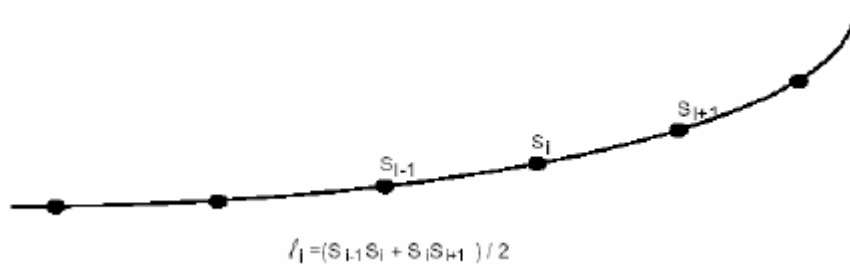
Ψ : Yol yüzeyi düzeltmesi (Tablo 3.3 ve 3.4)

l: Noktasal kaynak için uzunluk

R(j): EN 1793-3 standardında verilen 1/3 oktav bant spektrumundan hesaplanmış A-ağırlıklı trafik gürültüsü spektrumu (Çizelge 3.2)



Şekil 3.3 : Çizgisel kaynağın noktasal kaynaklara ayrılması (Lang, 2003)



Şekil 3.4 : Noktasal kaynağın uzunluğunun hesaplanması (Lang, 2003)

Çizelge 3.2 : Normalleştirilmiş A ağırlıklı oktav bant trafik gürültüsü spektrumu (Lang, 2003)

j	Oktav-bant (Hz)	R(j) (dBA)
1	125	-14,5
2	250	-10,2
3	500	-7,2
4	1000	-3,9
5	2000	-6,4
6	4000	-11,4

Bir metredeki ses güç düzeyi araç emisyonu ve geçen araç sayısına bağlıdır:

$$L_{Aw/m} = 10 \log_{10} \left(10^{0,1(Ehv+10 \log_{10}(Qhv))} + 10^{0,1(Ehv+10 \log_{10}(Qhv))} \right) + 20 \text{ dBA}$$

3. 6

Denklemden,

LAW/m: Bir metredeki ses güç düzeyi (dBA)

EVL & EPL: Hafif ve ağır araçların ses emisyon düzeyleri

QVL & QPL: Hafif ve ağır araçların saatlik geçiş sayıları

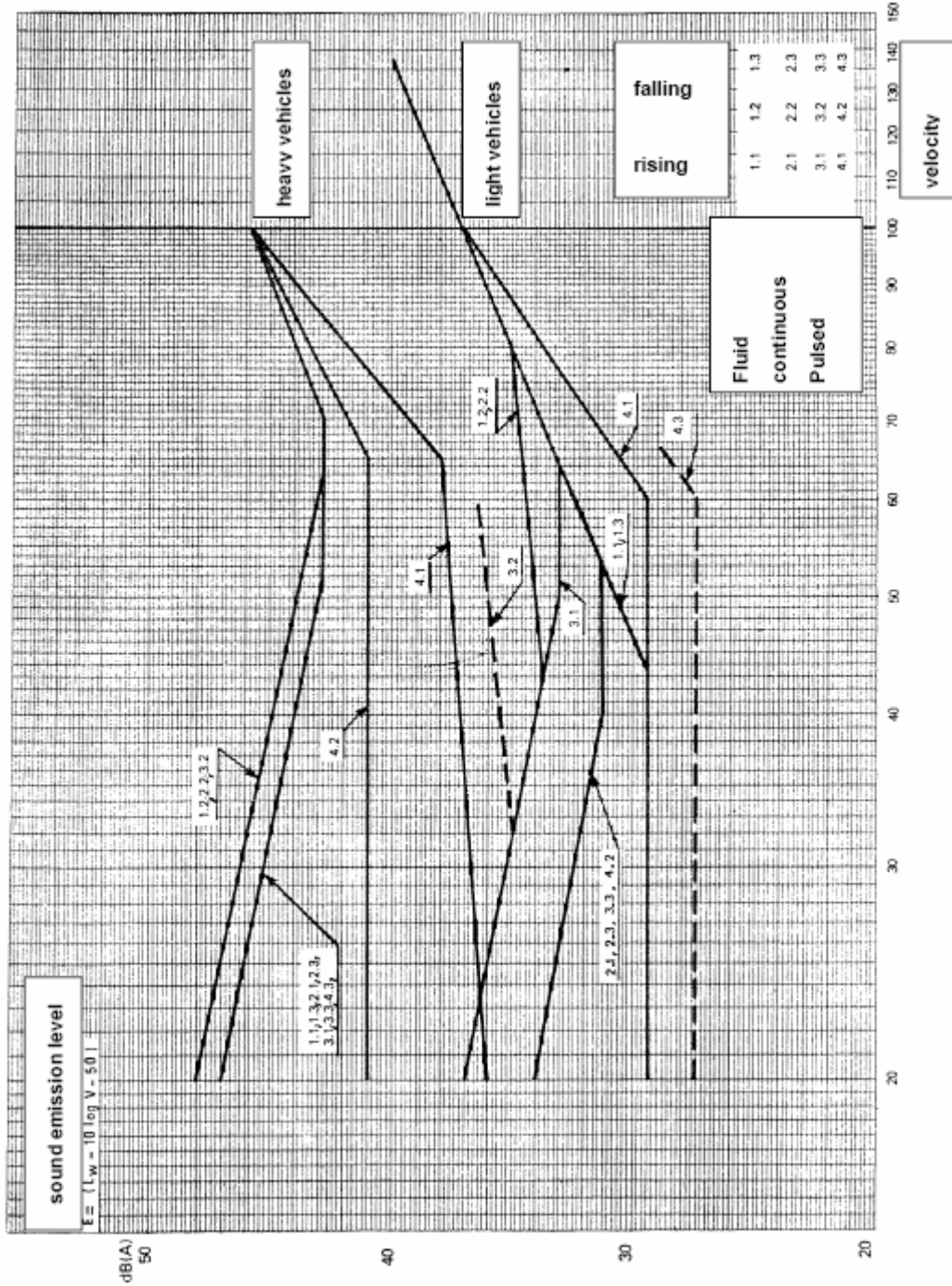
Her noktasal kaynak için akustik emisyon orijinal dokümanda verilen Abaque 4.2 (Şekil 3.5) Çizelge 3.3'te verilen formül tablosuna çevrilmiştir. (DEFRA, 2005)

Çizelge 3.3 : Farklı trafik akışı koşullarında hızla göre gürültü emisyonu (Lang, 2003)

Hafif Araç	Eğim	v	E ₀	a	Hafif Araç	Eğim	v	E ₀	a
Akıcı	Düz veya aşağı	v<44	29,4	0	Farklılaşmamış darbeli	Düz veya aşağı	v<40	34	-9,3
		v≥44	22	21,6			40≤v<53	32,1	0
	Yukarı	v<43	37	-10		Yukarı	v≥53	22	21,6
		43≤v<80	32,1	4,8			v<43	37	-10
Hızlanan darbeli	Düz	v≥80	22	21,6	Yavaşlayan darbeli	Düz	43≤v<80	32,1	4,8
							v≥80	22	21,6
	Yukarı	v<50	37	-10		Yukarı	v<60	29,4	0
		50≤v<64	33	4,8			60≤v<100	13	34,3
	Aşağı	v≥64	22	21,6		Aşağı	v≥100	22	21,6
Ağır Araç	Düz veya aşağı	v<32	37	-10	Farklılaşmamış darbeli	Düz veya aşağı	v<40	34	-9,3
		v≥32	34	5,2			40≤v<53	31,2	0
	Yukarı	v<40	34	-9,3		Yukarı	v≥53	22	21,6
		40≤v<53	31,2	0			v<60	27,4	0
	Aşağı	v≥53	22	21,6		Aşağı	v≥60	11,3	33,8
Ağır Araç	Eğim	v	E ₀	a	Ağır Araç	Eğim	v	E ₀	a
Akıcı	Düz veya aşağı	v<51	47	-10,3	Farklılaşmamış darbeli	Düz veya aşağı	v<51	47	-10,3
		51≤v<70	42,8	0			51≤v<70	42,8	0
	Yukarı	v≥70	32,3	19,4		Yukarı	v≥70	32,3	19,4
Hızlanan darbeli	Düz veya aşağı	v<63	48	-10,4	Yavaşlayan darbeli	Düz	v<65	36	3,9
		63≤v<70	42,8	0			v≥65	16,7	41,7
		v≥70	32,3	19,4			v<65	41	0
	Yukarı	v<63	48	-10,4		Yukarı	v≥65	27,9	25,7
		63≤v<70	42,8	0					
		v≥70	32,3	19,4					
Ağır Araç	Düz veya aşağı	v<51	47	-10,3	Farklılaşmamış darbeli	Düz veya aşağı	v<51	47	-10,3
		51≤v<70	42,8	0			51≤v<70	42,8	0
	Yukarı	v≥70	32,3	19,4		Yukarı	v≥70	32,3	19,4

Çizelge 3.3, farklı trafik akışı koşullarında bir aracın saatlik hareketine göre LAeq ses düzeyini belirtmektedir ve yapılan çok sayıda ölçüme dayanmaktadır. Şekil 3.5,

akustik emisyonunu (E) araç hızına (hafif ve ağır araçlar için farklı fonksiyonlar), trafik akış tipine (dört trafik akış tipi: akıcı, darbeli, hızlanan, yavaşlayan) ve yol profiline (üç profil: yukarı, aşağı ve düz) dayandırmaktadır.



Şekil 3.5 : Farklı trafik akışı koşullarında bir aracın saatlik hareketine göre $L_{eq(1\text{saat})}$ (E) ses emisyonu (Lang, 2003)

Şekil ve tablodaki temel kavram, araçların yaydığı güç düzeyinin E'yi belirleyen bazı faktörlerin bilinmesi ile bulunabileceğidir:

$$E = L_W - 10 \log_{10}(V) - 50 \text{ dBA} \quad 3.7$$

Denklemde,

V: Ortalama araç hızı (km/saat)

Tablo 3.2'yi kullanarak E'yi elde etmek için Denklem 3.7 kullanılmalıdır:

$$E = E_0 + a \log (v/v_0) \quad 3.8$$

Denklemde,

v: Araç hızı (km/saat)

v_0 : Referans araç hızı (20 km/saat) (20 km/saatin altındaki tüm araç hızları da 20 km/saat kabul edilir.)

%2'den fazla eğimi olan yollar aşağı ya da yukarı eğimli sayılmaktadır ve düzeltme gerektirmektedir.

Mevcut yol yüzeyi düzeltmeleri ve önerilen yol yüzeyi düzeltmeleri Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'te verilmiştir. (Lang, 2003)

Çizelge 3.4 : Mevcut yol yüzeyi düzeltmeleri (Lang, 2003)

Yol Yüzeyi Kategorileri	Gürültü Düzeyi Düzeltmesi, dBA	
	$v < 80$ km/saat	$v > 80$ km/saat
Gözenekli yüzey	-1	-3
Yumuşak asfalt	0	
Çimento, Beton ve Oluklu asfalt	2	
Kaldırım taşı	4	

Çizelge 3.5 : Önerilen yol yüzeyi düzeltmeleri (Lang, 2003)

Yol Yüzeyi Kategorileri	Gürültü Düzeyi Düzeltmesi, dBA		
	0-60 km/s	61-80 km/s	81-130 km/s
Gözenekli yüzey	-1	-2	-3
Yumuşak asfalt (beton veya macun)	0		
Çimento beton ve Oluklu asfalt	2		
Yumuşak dokulu kaldırım taşı	4		
Kaba dokulu kaldırım taşı	4		

Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'te verilen yol yüzeyi kategorileri aşağıdaki gibi açıklanabilmektedir:

1. Yumuşak asfalt (beton veya macun): EN ISO 11819-1’de tanımlanan referans yol yüzeyidir. Yoğun, yumuşak dokulu, asfalt beton ya da taş-macun asfalt, azami 11-16 mm parçacıklı yüzeydir.
2. Gözenekli yüzey: en az %20 boşluk hacmine sahip yüzeydir. Yüzey beş yıldan yaşlı olmamalıdır. Yaşlanması durumunda boşluklar dolduğu için gözeneklerin emiciliği azalmaktadır.
3. Çimento beton ve oluklu asfalt: hem çimento beton, hem de iri taneli asfalt içermektedir.
4. Yumuşak dokulu kaldırım taşı: Taşlar arasında 5 mm’den az uzaklık olan kaldırım taşlarıdır.
5. Kaba dokulu kaldırım taşı: Taşlar arasında 5 mm ya da daha fazla uzaklık olan kaldırım taşlarıdır.

(Lang, 2003) (European Commission, 2003)

3.4.4.4 Ses yayılımı

NMPB’de, ses yayılımı hesabı 125-4000 Hz oktav bantları arasında yapılmaktadır.

ISO 9613-2 geometrik yöntemine göre kaynak ile alıcı arasındaki tüm ses enerjisi yayılma yolları belirlenmelidir. Yayılma yolları hem yatay hem de düşeyde, ayrıca direkt ve yansımali olarak araştırılmalıdır. Düşey objelerden yansıma yolları (15°’den daha az eğimli ses ışınları) sanal kaynak yöntemine göre bulunmalı, zeminden olan tüm yansımalar ise direkt yayılım yolu olarak kabul edilmelidir. (Lang, 2003)

Meteorolojik koşulların ses yayılımı üzerinde etkisi

Atmosferde yüksekliğe göre hava sıcaklığı azalmakta veya artmaktadır. Hava sıcaklığı ve rüzgar hızındaki dikey değişimler ses hızında olumlu ya da olumsuz etki yaratırlar. Meteorolojik koşullara göre, genel olarak, 3 çeşit ses yayılım durumu ayırt edilmiştir: homojen yayılım (ses ışınları düz), sesin yayılmasına elverişli (ses dalgalarının aşağıya kırılması) ve sesin yayılmasına elverişsiz (ses dalgalarının yukarıya kırılması).

Gerçekte, çok sayıda farklı termal ve aerodinamik etkiler mümkündür, bunlar da kaynaktan uzaklaştıkça ses düzeyinde önemli değişimlere neden olmaktadır. Zemin etkileri de ses dalgalarının şeklinden etkilenmektedirler. Çizelge 3.6, meteorolojik

koşulların ses üzerindeki olası etkilerini özetlemektedir. Bu tablo, meteorolojik faktörlere göre uzun menzilde ses düzeyinin niteliksel değişimini vermektedir.

NMPB bu etkileri göz önüne alarak uzun dönem ses düzeylerini iki geleneksel yayılım yöntemi ile hesaplamaktadır; elverişli ve homojen koşullar. Bu 2 koşulun oluşumu gündüz-gece, kaynak-alıcı yönü ve araziye göre değişmekle birlikte, ortalama uzun dönem ses düzeyleri oluşturmak için 2 farklı koşulda 2 farklı ses düzeyi hesaplanarak birleştirilir.

NMPB’de, kaynak ile alıcı arasındaki uzaklık 100 metreyi aştığı andan itibaren meteorolojik koşulların etkilerinin ölçülebilir olduğu belirtilmiştir. Elverişli ses yayılımı oluşumunun kabulü için aşağıdaki koşullar verilmiştir:

- o Az yeşillikli düz arazi (tekil ağaçlar kabul edilebilir)
- o Çim kaplı yer (en uygun bitki örtüsü yüksekliği: 10 cm)
- o Büyük su yüzeyinin bulunmaması (göl, nehir vs.)
- o Açık yayılım alanı: Yayılım bölgesine oranla büyük boyutlu (yüzey veya yükseklik) obje bulunmaması; Çok sayıda küçük obje bulunmaması (dağınık objeler kabul edilebilir)
- o Arazinin maksimum yüksekliği: 500 m

Bir arazinin yukarıda verilen koşulları sağlamaması durumunda aşağıdaki olasılıklar belirtilmiştir:

- o Mevcut yerel meteorolojik verilerin kullanılması (Tablo 3.5’de verilen sistem kullanılabilir ve mikro-meteorolojide uzman gerektirmektedir)
- o Özellikle proje gereklilikleri için meteorolojik yerel veri toplama
- o Fazladan değerler kullanmak; elverişli koşulların yüksek oranda yaşandığının kabul edilmesi, böylece uzun dönem ses düzeyinin insanların korunumu için en yüksek seviyede tahmin edilmesi (Herhangi bir yön için: Gece %100 elverişli koşul; Gündüz %50 elverişli koşul seçilebilir)

END ve ÇGDY’in stratejik gürültü haritalama amacıyla karayolu trafik gürültüsü hesaplama tanımlarına göre NMPB’nin uygulanması için elverişli koşulların yüzdesinin ele alınması gerekmektedir. Yukarıda verilen koşulların NMPB’de uygulanması düşünüldüğünde:

- o Yöntem sadece geçici bir yöntem olarak kullanılmalıdır, yani karışık ve pahalı olmamalıdır

- o NMPB’de anlatılan meteorolojik veriler sadece 500 metrenin altındaki bazı düz araziler için kullanılabilir ve dağlık ülkeler için kullanılamaz

Bu nedenlerden dolayı, en iyi çözüm END-geçici (END-interim) yönteminde sabit değerler seçmek olacaktır:

- o Gece dönemi için %100 elverişli koşul
- o Gündüz dönemi için %50 elverişli koşul
- o Akşam dönemi için %75 elverişli koşul kabul edilebilir (Meteorolojik açıdan kış mevsiminde akşam dönemi gece, yaz mevsiminde akşam dönemi gündüz kabul edilebilir, bu nedenle hesaplamalarda %75 kullanılabilir)

Çizelge 3.6 : Meteorolojik faktörlere göre uzun menzilde ses düzeyinin niteliksel değişimi (Lang, 2003)

	U1	U2	U3	U4	U5
	Kaynaktan alıcıya güçlü rüzgar (3-5 m/s); rüzgarüstü	Rüzgarüstü hafif rüzgar (1-3 m/s) veya hafif rüzgarüstü güçlü rüzgar	Rüzgarsız veya yan rüzgar	Hafif rüzgaraltı ortalama rüzgar veya 45° güçlü rüzgar	Rüzgaraltı
Gündüz; Güneşli; Kuru yüzey; Hafif rüzgar		- -	-	-	
T1 ile aynı ama en azından biri geçerli değil	- -	-	-	Z	+
Gün doğuşu veya batışı veya (bulutlu; rüzgarlı; az nemli)	-	-	Z	+	+
Gece ve (bulutlu veya rüzgarlı)	-	Z	+	+	++
Gece; Açık hava; Hafif rüzgar		+	+	++	

	Mümkün olmayan meteorolojik durum
- -	Çok güçlü azaltıma neden olan, yukarı çok kırılan ses ışınları (elverişsiz durum)
-	Güçlü azaltıma neden olan, yukarı kırılan ses ışınları (elverişsiz durum)
Z	Meteorolojik etkenlerden etkilenmeyen düz ses ışınları (homojen durum)
+	Ses düzeyinde hafif yükselmeye neden olan aşağı kırılmış ses dalgaları (elverişli durum)
++	Ses düzeyinde yükselmeye neden olan aşağı çok kırılmış ses dalgaları (elverişli durum)

Uzun dönem düzeyi $L_{uzundönem}$, elverişli ses yayılımı koşulları için hesaplanmış L_F ve homojen ses yayılımı koşulları için hesaplanmış L_H ’in oransal toplamı ile elde edilir. Bu toplamı yansıtan aşağıdaki denklem, bir alıcıdaki uzun dönem ses düzeyinin her

bir kaynağın katkısını içerdği gözününe alınarak, sadece bir kaynak - bir alıcı çifti için uygulanmalıdır.

$$L_{uzundönem} = 10 \log \left[p \cdot 10^{L_F / 10} + (1 - p) \cdot 10^{L_H / 10} \right] \quad 3.9$$

Denklemden,

$L_{uzundönem}$: Uzun dönem ses düzeyi

p : Elverişli ses yayılımı için meteorolojik koşulların uzun dönemde oluşumu yüzdesi

L_F : Elverişli ses yayılımı koşulları için hesaplanmış ses düzeyi (Denklem 3.9)

L_H : Homojen ses yayılımı koşulları için hesaplanmış ses düzeyi (Denklem 3.10)

Bir kaynaktan bir alıcıya bir yol üzerinden elverişli koşullarda ulaşan ses düzeyi oktav bantlara göre aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$L_F = L_{AW} - A_{div} - A_{atm} - A_{grd,F} - A_{dif,F} \quad 3.10$$

Denklemden;

L_F : Elverişli ses yayılımı koşulları için hesaplanmış ses düzeyi

L_W : Kaynağın ses gücü

A_{div} : Uzaklık farkından kaynaklanan ses azaltımı

A_{atm} : Havanın yutuculuğundan kaynaklanan ses azaltımı

$A_{grd,F}$: Elverişli koşullarda zemin etkisinden kaynaklanan ses azaltımı

$A_{dif,F}$: Elverişli koşullarda kırılmadan kaynaklanan ses azaltımı

Bir kaynaktan bir alıcıya bir yol üzerinden homojen koşullarda ulaşan ses düzeyi oktav bantlara göre aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$L_H = L_{AW} - A_{div} - A_{atm} - A_{grd,H} - A_{dif,H} \quad 3.11$$

Denklemden;

L_H : Homojen ses yayılımı koşulları için hesaplanmış ses düzeyi

L_W : Kaynağın ses gücü

A_{div} : Uzaklık farkından kaynaklanan ses azaltımı

A_{atm} : Havanın yutuculuğundan kaynaklanan ses azaltımı

$A_{grd,H}$: Homojen koşullarda zemin etkisinden kaynaklanan ses azaltımı

$A_{dif,H}$: Homojen koşullarda kırılmadan kaynaklanan ses azaltımı

(Lang, 2003)

Uzaklık azaltımı

Geometrik uzaklaşmadan kaynaklanan ses azaltımı küresel yayılım yöntemi ile hesaplanır. Kaynaktan uzaklaştıkça ses düzeyi azalır, noktasal kaynaklara dönüştürdüğümüz kaynakta açık alan uzaklık azaltımı aşağıdaki denklemde verilmiştir. (Lang, 2003)

$$A_{div} = 20 \log (d) + 11 \quad 3.12$$

Denklemde,

A_{div} : Uzaklık farkından kaynaklanan ses azaltımı

d : Kaynak ile alıcı arasındaki direkt uzaklık (metre), aralarında obje bulunmamalıdır.

Atmosferik yutum

Havanın ses yutuculuğuna bağlı ses azaltımı A_{atm} geleneksel yolla hesaplanır. NMPB’de 15°C ve %70 nem için hava azaltım katsayısı kullanılmaktadır ama her ülke ve şehir için değişiklik gösterecektir. Çizelge 3.7, genellikle Avrupa’da karşılaşılan hava koşullarına bağlı olarak atmosfer azaltım katsayıları vermektedir. (Lang, 2003)

Havanın yutuculuğu, A_{atm} , aşağıdaki denklemle de hesaplanabilmektedir.

$$A_{atm} = \alpha d / 1000 \quad 3.13$$

Denklemde,

A_{atm} : Havanın yutuculuğundan kaynaklanan ses azaltımı

α : Havanın ses yutuculuk katsayısı (dB/km). α ’nın 125’ten 4000’e kadar olan oktav bantlardaki değerleri Çizelge 3.8’de verilmektedir.

Çizelge 3.7 : Sıcaklık ve bağıl neme göre atmosferik emilim katsayıları (dB/km)
(Lang, 2003)

Sıcaklık	Bağıl nem	Frekans (Hz)					
°C	%	125	250	500	1000	2000	4000
0	40	0,43	0,92	2,63	9,00	29,8	75,2
	50	0,41	0,82	2,08	6,83	23,8	71,0
	60	0,40	0,78	1,78	5,50	19,3	63,3
	70	0,39	0,76	1,61	4,64	16,1	55,5
	80	0,38	0,76	1,51	4,06	13,8	48,8
	90	0,37	0,76	1,45	3,66	12,1	43,2
5	40	0,47	0,92	2,10	6,48	22,7	72,5
	50	0,46	0,89	1,82	5,08	17,5	60,2
	60	0,44	0,89	1,69	4,29	14,2	50,2
	70	0,42	0,90	1,64	3,80	12,0	42,7
	80	0,39	0,90	1,63	3,50	10,5	37,0
	90	0,37	0,90	1,64	3,31	9,39	32,7
10	40	0,52	1,04	1,98	5,07	16,8	59,0
	50	0,49	1,05	1,90	4,26	13,2	46,7
	60	0,45	1,05	1,90	3,86	11,0	38,4
	70	0,41	1,04	1,93	3,66	9,66	32,8
	80	0,38	1,02	1,97	3,57	8,76	28,7
	90	0,35	1,00	2,00	3,54	8,14	25,7
15	40	0,54	1,23	2,18	4,51	13,1	45,7
	50	0,48	1,22	2,24	4,16	10,8	36,2
	60	0,43	1,18	2,31	4,06	9,50	30,3
	70	0,38	1,13	2,36	4,08	8,75	26,4
	80	0,34	1,07	2,40	4,15	8,31	23,7
	90	0,31	1,02	2,41	4,25	8,07	21,7
20	40	0,52	1,39	2,63	4,65	11,2	36,1
	50	0,45	1,32	2,73	4,66	9,86	29,4
	60	0,39	1,23	2,79	4,80	9,25	25,4
	70	0,34	1,13	2,80	4,98	9,02	22,9
	80	0,30	1,04	2,77	5,15	8,98	21,3
	90	0,27	0,97	2,71	5,30	9,06	20,2

Çizelge 3.8 : α 'nın 125'ten 4000'e kadar olan oktav bantlardaki değerleri (Lang, 2003)

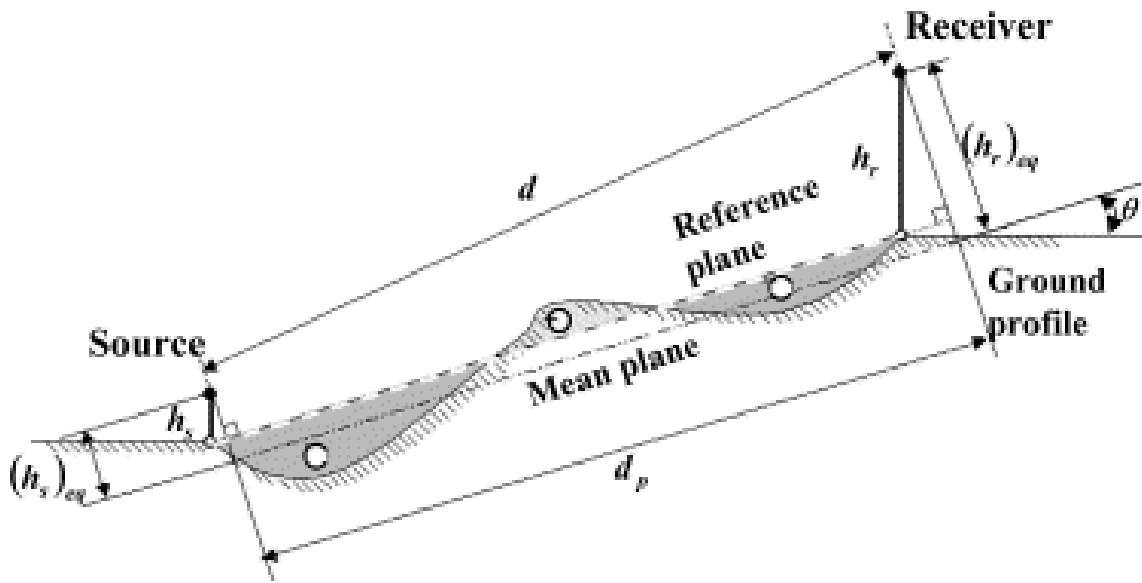
Oktav band orta frekansları (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α (dB/km)	0.38	1.13	2.36	4.08	8.75	26.4

Zemin etkisi

Zeminden yansıyan ses ve kaynaktan alıcıya direk yayılan sesin ilişkisinden oluşan zemin etkisi ses azaltımı A_{grd} , meteorolojik etkilere bağlı olarak iki farklı şekilde incelenir. Elverişli koşullar için ses azaltımı $A_{grd,F}$ ISO 9613-2'de verilen yöntemle hesaplanır. Homojen koşullar için ses azaltımı $A_{grd,H}$ zemin etkisi katsayısı G ($G=0$ tamamen yansıtıcı yüzey - yol yüzeyi, beton vb; $G=1$ tamamen yutucu yüzey –

çimen, çalı, ağaç) ile hesaplanır. Eğer G sıfır olursa, yani yansıtıcı bir yüzeyse, $A_{\text{grd,H}}$ -3 dB olur, yani 3 dB artış olur. Konut alanlarında G'nin 0,5 verilmesi uygun görülmektedir. (DEFRA, 2005)

Bir yayılım yolundaki arazi rölyefini hesaba katmak için gerçek yüksekliğin (h) yerine eşdeğer yükseklik değeri (z) kullanılarak hesap yapılır. Eşdeğer yükseklik, kaynak ile alıcı arasında olduğu kabul edilen ortalama bir düzleme göre hesaplanır ve bu düzlem engebeli bir arazide arazi eğimini belirten ve yükseklikleri ortalayan sanal bir düzlemdir. Şekil 3.6'da verildiği üzere, eşdeğer yükseklik, sanal ortalama düzleme dikey uzaklıktır.



Şekil 3.6 : Eşdeğer yükseklik ve ortalama sanal düzlem (Lang, 2003)

Tüm yayılma yolları için elverişli meteorolojik koşullarda zemin sebebiyle oluşan azalmalar aşağıdaki gibi elde edilebilmektedir:

$$A_{\text{grd},F} = A_{s,F} + A_{m,F} + A_{r,F} \quad 3.14$$

Denklemden,

$A_{s,F}$, $A_{m,F}$, $A_{r,F}$: Sırasıyla kaynak, orta bölge ve alıcı bölgesinde zemin etkisi nedeniyle oluşan ses azaltımı değerleri, aşağıdaki denklemler yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}
A_{ground,F} &= G_s a(h_s) - 3 q (1 - G_m) + G_r a(h_r) - 3 & \text{at 125 Hz} \\
A_{ground,F} &= G_s b(h_s) - 3 q (1 - G_m) + G_r b(h_r) - 3 & \text{at 250 Hz} \\
A_{ground,F} &= G_s c(h_s) - 3 q (1 - G_m) + G_r c(h_r) - 3 & \text{at 500 Hz} \\
A_{ground,F} &= G_s d(h_s) - 3 q (1 - G_m) + G_r d(h_r) - 3 & \text{at 1000 Hz} \\
A_{ground,F} &= -1.5 (1 - G_s) - 3 q (1 - G_m) - 1.5 (1 - G_r) & \text{at 2000 Hz} \\
A_{ground,F} &= -1.5 (1 - G_s) - 3 q (1 - G_m) - 1.5 (1 - G_r) & \text{at 4000 Hz}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a(h_s) &= 1.5 + 3.0 \exp[-0.12(h_s - 5)^2] \left[1 - \exp(-d/50) \right] \\
&\quad + 5.7 \exp(-0.09h_s^2) \left[1 - \exp(-2.8 \cdot 10^{-6} d^2) \right] \\
b(h_s) &= 1.5 + 8.6 \exp(-0.09h_s^2) \left[1 - \exp(-d/50) \right] \\
c(h_s) &= 1.5 + 14.0 \exp(-0.46h_s^2) \left[1 - \exp(-d/50) \right] \\
d(h_s) &= 1.5 + 5.0 \exp(-0.9h_s^2) \left[1 - \exp(-d/50) \right] \\
q &= 0 & \text{for } d \leq 30 (h_s + h_r) \\
q &= 1 - 30 \frac{(h_s + h_r)}{d} & \text{for } d > 30 (h_s + h_r)
\end{aligned} \tag{3.15}$$

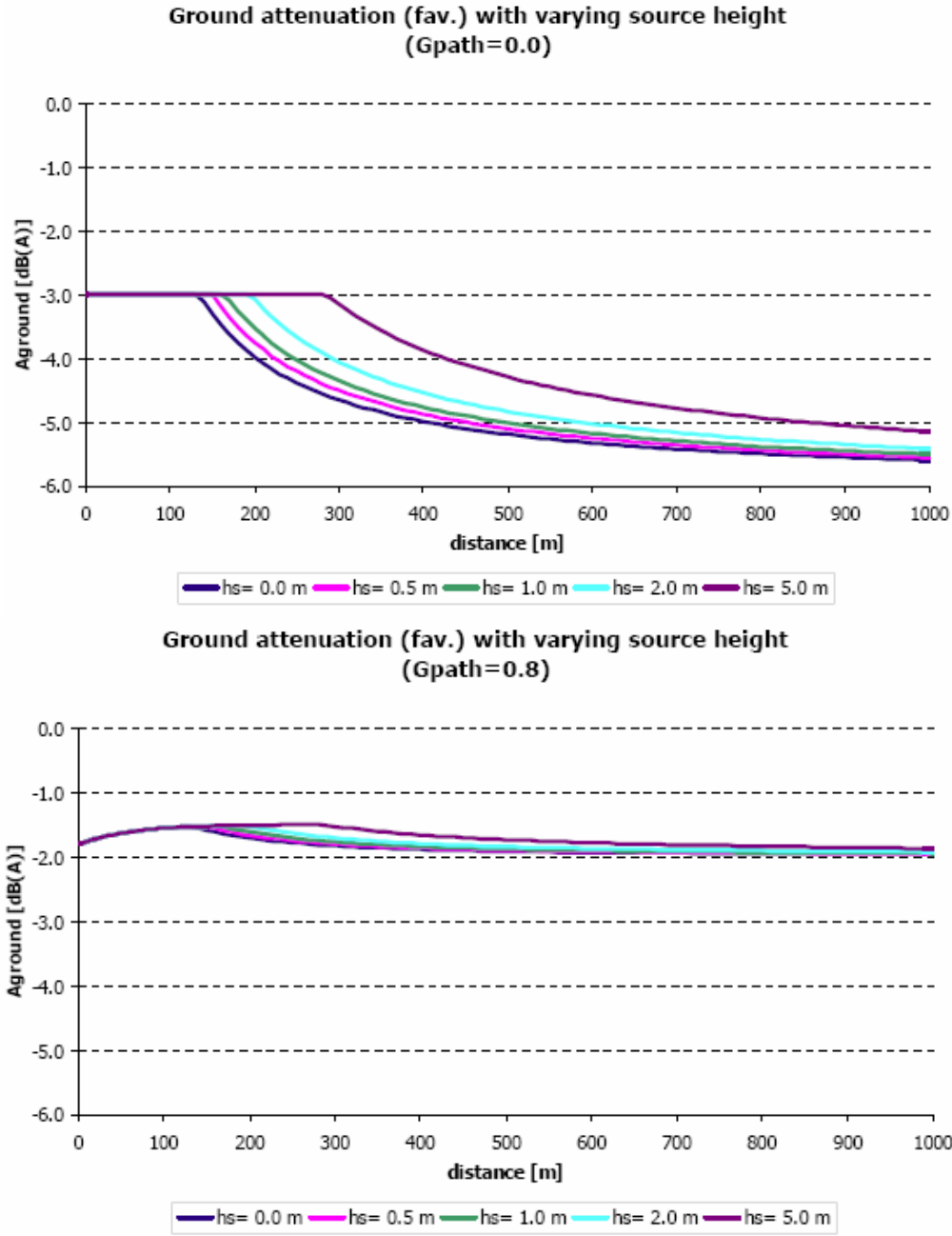
G_s, G_m, G_r : Sırasıyla kaynak, orta bölge ve alıcı bölgesinde yutucu zemin payı

XPS 31-133’de, kaynağa yakın zemin her zaman yansıtıcı kabul edilir ($G_s=0$) ve orta ve alıcı bölgeler tek bir zemin yüzeyi parametresine ($G_m = G_r = G_{path}$) indirgenir. Denklemden h_s yerine h_r yerleştirilmelidir.

Yüksek zemin yutuculuklarında kaynak yüksekliğinin öneminin azaldığı Şekil 3.7’de görülmektedir.

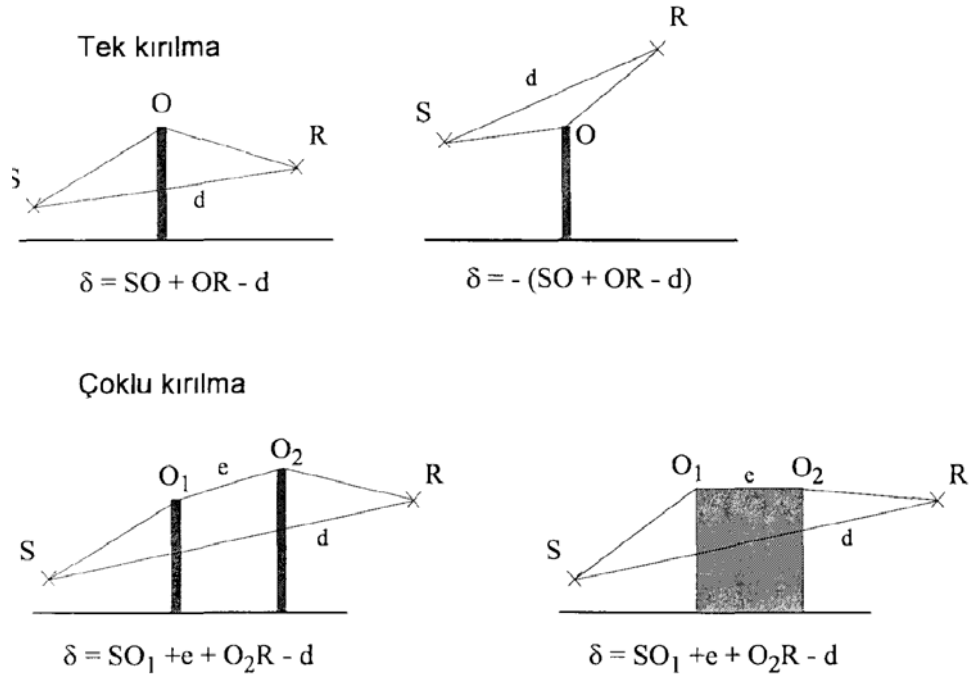
Kırılma

İki tip ses yayılımı için kırılmaya bağlı ses azaltımı hesabı yöntemde anlatılmıştır. Kırılmanın etkili olduğu durumda zemin etkisi kırılmaya bağlı ses azaltımının içindedir ve zemin etkisinin tekrar hesaplanması gerekmez. Ayrıca bu hesaplamada eşdeğer yükseklik kullanılarak düz olmayan arazi etkisi de hesaplanmış olur. Hesaplama prosedürü sayesinde ince-kalın engeller, binalar, doğal-yapma tümsekler, toprak setler, yol kesişimleri ve viyadüklerin de kırılması için içine katılabilir.



Şekil 3.7 : 2 farklı zemin yutuculuğunda, kaynak yüksekliği ve uzaklığa bağlı olarak zemin etkisi (dBA) (Lang, 2003)

İlk adımda, kırılmanın gerçekleşip gerçekleşmediği belirlenmelidir. Kaynak-alıcı arasındaki direkt mesafe ile engelin üstünden yol farkı, δ , 500 Hz’de $-\lambda/20$ ile karşılaştırılmalıdır (500 Hz için $\lambda/20 = -0.034$ m); eğer mesafe farkı daha az ise, kırılma hesabı yapmaya gerek kalmayacaktır. (Şekil 3.8) (Lang, 2003)



Şekil 3.8 : Direkt ve kırılmalı mesafe farkı hesabı (Lang, 2003)

Yansımalar

Dikey engellerdeki yansımalar, sanal kaynakların (sanal kaynak, engel yüzeyinin düzlemine gerçek kaynak ile aynı uzaklıktadır) yardımı ile elde edilir. Bir engelin dikey sayılması için dikey düzlemde 15°'lik bir açıyı aşmaması ve aşarsa 3 boyutlu hesaplama yapılması gerekmektedir. Hesaplamalarda engelin yutuculuk katsayısı kullanılmalıdır, fakat dalga boyuna oranla küçük boyutlu engellerin yansımalar hesaplamalarında göz ardı edildikleri unutulmamalıdır.

Dikey engellerin yutuculukları ile ilgili bir bilgi mevcut değilse, Çizelge 3.9'da önerilen değerler kullanılabilir. (Lang, 2003)

Çizelge 3.9 : Dikey engellerin ses yutuculukları ile ilgili önerilen değerler, α_r (Lang, 2003)

Malzeme	Önerilen α_r
Tamamen yansıtıcı duvar	0
Düz duvar, yansıtıcı gürültü engeli	0,2
Yapılı duvar (örn. balkonlu bina)	0,4
Yutucu duvar veya gürültü bariyeri	0,6
Yüksek derecede yutucu duvar veya gürültü bariyeri	0,8

3.5 Karayolu Gürültüsü ile ilgili Standartlar

TS 9315 ISO 1996-1 (2005, Akustik – Çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - Bölüm 1: Temel büyüklükler ve değerlendirme işlemleri), TS

ISO 1996-2 (2008, Akustik-Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2- Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi) ve TS ISO 9613-2 (2006, Akustik – Sesin Dışarıda Yayılırken Azalması – Bölüm 2: Genel Hesaplama Yöntemi) karayolu gürültüsünün hesaplanması için yöntemde ve yönetmelikte geçen standartlardır. Bunlar dışında TS 10713 (1993, Şehiriçi Yollar - Trafik Gürültüsü Tespit ve Önlemleri), TS 2214 (1991, Akustik-Hareket Halindeki Karayolu Taşıtlarının Çıkardığı Gürültünün Ölçülmesi-Kılavuz Metot), TS ISO 5130 (2008, Akustik-Sabit Durumda Çalışan Karayolu Taşıtlarının Çıkardığı Gürültünün Ölçülmesi - Kılavuz Metot) ve TS 9798 (1992, Akustik – Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2 – Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi) standartları da karayolu gürültüsü ile ilgilidir ve yürürlüktedir.

3.5.1 TS 9315 ISO 1996-1 Akustik - Çevre Gürültüsünün Tarifi, Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi - Bölüm 1: Temel Büyüklükler ve Değerlendirme İşlemleri

TS 9315 ISO 1996-1 Akustik - Çevre Gürültüsünün Tarifi, Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi - Bölüm 1: Temel Büyüklükler ve Değerlendirme İşlemleri, (Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures) Eylül 2005’te yürürlüğe konulmuştur.

Standartta zaman ağırlıklı ve frekans ağırlıklı ses basınç seviyeleri, aşma seviyesi - N yüzdesi, tepe noktası, sese maruz kalma seviyesi (E); tek olay, tekrarlı tek olay, devamlı ses gibi terimler tanımlanmıştır.

Ölçüm raporunda olması gerekenler, referans zaman aralığı, kullanılan cihazlar, derecelendirme seviyesi, ses kaynaklarına ilişkin bilgi, saha değerlendirmesine ilişkin bilgi, rahatsızlık tepkisinin hesaplanmasının sonuçları, hava şartlarına ilişkin bilgi ve belirsizliklerdir.

Farklı ses kaynakları, ses karakteri, gündüz vakti vb’ne bağlı gürültü rahatsızlığındaki farklılıklardan dolayı, düzenlemeler ölçülen veya tahmin edilen seviyelere ilâve edilmelidir. (Çizelge 3.10)

Çizelge 3.10 : Ses kaynak kategorisi ve gündüz vaktine bağlı tipik seviye ayarlamaları

Tip	Özellik	Seviye Ayarlaması dB
Ses kaynakları	Kara yolu trafiği	0
Ses karakteri	Düzenli anî ortaya çıkan ses	5
	Oldukça anî ortaya çıkan ses	12
	Önemli tonlar *	3 ila 6
Zaman periyodu	Akşam	5
	Gece	10
	Haftasonu gündüz vakti	5
* Önemli ses perdesi içeriğinin varlığı tartışma konusuysa, bu durumda ISO 1996-2 ses perdesinin varlığını doğrulamak için kullanılması gereken ölçme işlemlerini sağlar.		

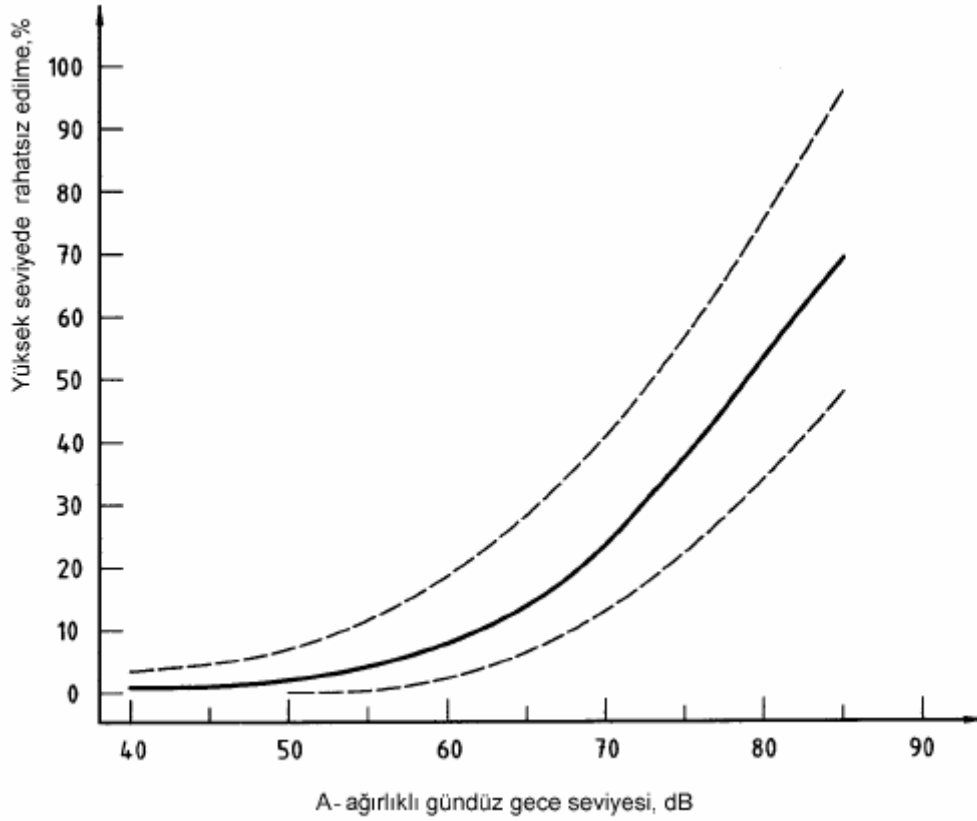
Basitliği ve tarihî önemi dolayısıyla Schultz eğrisi, serbest saha şartları için tayin edilmiş gündüz/gece ses seviyesinin bir fonksiyonu L_{dn} olarak kara yolu trafik gürültüsünden yüksek derecede rahatsızlık duyan (HA) insanların yüzdesini tanımlamak için bir eğri olarak alınmıştır. Şekil 3.9'daki kesintisiz hat Schultz eğrisini gösterir. Çeşitli saha çalışmalarından elde edilen gruplandırılmış sonuçların % 90'ı grafikteki kesikli çizgiyle gösterilen bölgeye düşecektir.

Şekil 3.9'da gösterilen Schultz eğrisine dair denklem aşağıda verilmiştir:

$$HA = 100 / [1 + \exp(10,4 - 0,132L_{dn})] \% \quad \mathbf{3.16}$$

Denklem,

- Yıllık ortalama gibi sadece uzun vadeli çevre seslerine uygulanabilir.
- Hafta sonları, tek mevsim veya “yoğun günler” gibi daha kısa zaman periyotlarıyla kullanılmamalıdır. Aksine yıllık ortalama veya bazı diğer uzun vadeli periyotlar kullanılmalıdır.
- Kısa süreli inşaat projelerinden kaynaklanan kara yolu trafiğindeki artış gibi kısa vadeli çevre seslerine uygulanmaz.
- Sadece mevcut durumlara uygulanabilir, gelecek tahminlerinde kullanılamaz.



Şekil 3.9 : A ağırlıklı gündüz gece seviyesinin bir fonksiyonu olarak kara yolu trafik gürültüsünden yüksek derecede rahatsız olan insanların yüzdesi

3.5.2 ISO 1996-2 Akustik -Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi

Kısım 2 - Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi

ISO 1996-2: 2008 Akustik-Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2- Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi (Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels) standardı, çevresel gürültüyü değerlendirmek için ses basınç düzeylerinin direk ölçüm, hesaplama ile ölçüm sonuçlarından tahmin yürütme veya sadece hesaplama ile belirlenmesini anlatmaktadır. Tüm ağırlıklandırma ve tüm frekans bantlarında kullanılabilir.

Mikrofon, rüzgarlık, kablo ve kaydediciler IEC 61672-1:2002’de anlatılan Tip 1 ve Tip 2 standartlarına uygun olmalıdır. Dış ölçümlerde mutlaka rüzgarlık kullanılmalıdır.

3.5.2.1 Ölçüm belirsizliği

Ölçüm belirsizliği belirleme yöntemleri Çizelge 3.11’de verilmiştir. Burada ölçüm belirsizliği, ‘birleştirilmiş standart belirsizliğin’ kapsama faktörü 2 ile çarpılması ile %95’lik bir kapsama olasılığı sağlayan ‘genişletilmiş belirsizlik’ olarak belirtilmiştir. Tablo sadece A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses basınç düzeyleri için kullanılabilir. Maksimum düzeyler, frekans bant düzeyleri ve gürültünün tonal bileşenleri için daha yüksek belirsizlikler beklenebilir. Test raporlarında ‘kapsama olasılığı’ mutlaka ‘genişletilmiş belirsizlik’ ile birlikte belirtilmelidir.

Çizelge 3.11 : LAeq için ölçüm belirsizliği

Standart belirsizlik				Birleştirilmiş standart belirsizlik σ_t	Genişletilmiş ölçüm belirsizliği
Ölçüm aletleri nedeniyle ^a	İşletim koşulları nedeniyle ^b	Hava ve yer koşulları nedeniyle ^c	Arka plan gürültüsü nedeniyle ^d		
1,0 dB	X dB	Y dB	Z dB	$\sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$ dB	$\pm 2,0 \times \sigma_t$ dB
a. Tip 1 ölçüm aletleri içindir. Tip 2 veya yönlendirilmiş mikrofonların kullanımında belirsizlik büyür. b. Tekrarlama koşullarında (aynı ölçüm prosedürü, aynı aletler, aynı teknisyen, aynı yer) en az 3, tercihen 5 ölçüm sonucundan elde edilecek değerdir. Uzun dönem ölçümlerinde daha fazla tekrar yapılmalıdır. Bu standartta karayolu gürültüsü için tavsiyeler verilmiştir. c. Değer ölçüm uzaklığı ve hava koşullarına bağlıdır. Basitleştirilmiş meteorolojik koşullar kullanılan bir yöntem EK A’da verilmiştir (Bu durumda $Y = \sigma_m$). Uzun dönem ölçümlerde meteorolojik koşulların ayrı ele alınması ve sonra birleştirilmesi, yer koşullarının da eklenmesi gereklidir. d. Bu değer ölçülmüş toplam değerler ve arkaplan gürültüsü farkına göre değişiklik göstermektedir.					

3.5.2.2 Hava koşulları

Hava koşulları, incelenen durumu yansıtacak şekilde seçilmelidir. Özellikle incelenmesi amaçlanmadığı sürece, karayolu yüzeyi kuru olmalı, yer yüzeyi karla, buzla kaplı ya da donmuş, suyla dolmuş olmamalıdır.

Ses basınç düzeyleri hava koşullarına göre değişiklik gösterir. Aşağıdaki denklem yumuşak yer yüzeyi için makuldür, eğer yer yüzeyi sert ise, daha uzun mesafeler kabul edilebilir.

$$\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0,1$$

3. 17

Denkleimde,

h_s : Kaynak yüksekliği

h_r : Alıcı yüksekliği

r : Kaynak ve alıcı arasındaki uzaklık

Farklı hava koşullarını temsil eden kısa dönem ölçümler, hava durumu istatistikleri ile birleştirilerek hesaplanabilir. Yıllık uzun dönem ortalama gürültü seviyelerini belirlemek için kaynak emisyonundaki ve ses yayılımındaki değişimleri de göz önüne almak gereklidir.

3.5.2.3 Ölçüm prosedürü

Ölçüm süresi gürültü emisyonunun ve yayılımının tüm önemli değişimlerini içerecek şekilde seçilmelidir. Eğer gürültü tekrarlanıyorsa, ölçüm süresi en az üç periyodu (veya daha fazla, tam sayı periyodu) içermelidir. Eğer bu kadar bir sürenin sürekli ölçümü gerçekleştirilemiyorsa, ölçümler tam bir periyodu oluşturacak şekilde periyot parçalarından oluşmalıdır.

Normalde gürültü haritalamada ızgara noktalarındaki gürültü hesaplanmaktadır, fakat özel durumlarda eğer ölçüm yapılıyorsa, seçilen alanın ızgara noktası yoğunluğu, ilgili çalışmanın mekansal çözünürlüğüne ve gürültü düzeyi değişimine bağlıdır. Bu değişim, kaynak ve büyük engellerin mevcudiyetinde en büyük halini aldığı için, bu alanlarda ızgara noktası yoğunluğu yüksek olmalıdır. Genel olarak, ardışık ızgara noktaları arasında gürültü düzeyi farkı 5 dB'den fazla olmamalıdır, gerekirse aralara ızgara noktaları eklenmelidir.

Leq'nun normal ölçümü için, eğer trafik yoğunluğu düşük veya arkaplan gürültüsü yüksek ise, Leq düzeyleri tekil olay ölçümleri, L_E 'den hesaplanmalıdır. Kısa dönem ortalamalar için, eğer denklem 2 geçerli değil ise, yayılım yolundaki hava koşulları değişimlerinin ortalanması için en az 10 dakika ölçüm yapılmalıdır. Eğer denklem 2 karşılanıyorsa, 5 dakikalık ölçümler yeterli olmakta, fakat mutlaka sürenin kaynak işletim zamanına uyması gerekmektedir.

Ses etkilenim düzeyi, L_E , ölçerken, tüm önemli gürültü katkılarını içerecek kadar uzun ölçüm yapılmalı ve ölçülen olay geçiş olayı ise, ses basınç düzeyi, maksimum düzeyin en az 10 dB altına düşene kadar ölçüm yapılmalıdır.

L_{max}, hızlı (F) veya yavaş (S) ölçüm koşulunda ölçülmelidir. Hızlı ölçüm insan algısına daha çok hitap ederken, yavaş ölçüm tekrarlanabilirliği geliştirmektedir.

3.5.2.4 Ölçüm Sonuçlarının değerlendirilmesi

Mümkünse tüm ölçümler referans konumunda, yani serbest alanda yer yansımaları dışında tüm yansımaları çıkararak elde edilmelidir.

Her mikrofon pozisyonu ve her kaynak işletim koşulu için L_E veya L_{eqT} ölçümlerinin enerji ortalamaları belirlenmelidir.

Her mikrofon pozisyonu ve her kaynak işletim koşulu için aşağıdaki veriler belirlenmelidir:

1. maksimum
2. aritmetik ortalama
3. enerji ortalaması
4. standart sapma
5. L_{max}'in ölçülmüş değerlerinin istatistiksel dağılımı

Tekil mikrofon pozisyonları kullanıldıysa (hareketli mikrofon değil), eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi ortalaması aşağıdaki denklemdeki şekilde hesaplanmalıdır.

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_{eqj}/10} \text{ dB} \quad 3.18$$

Denklemde,

n: Mikrofon pozisyonu sayısı, 3 ya da daha büyük

L_{eqj}: j pozisyonundaki eşdeğer sürekli ses basınç düzeyi, dB

Eğer ölçümler farklı zamanlarda farklı trafik koşullarında gerçekleştirilmişse L_{eq} değerleri ülkelere uygun hesaplama yöntemlerine göre referans trafik koşullarına dönüştürülmelidir.

3.5.2.5 Kaydedilecek ve raporlanacak bilgiler

Aşağıdaki bilgiler kaydedilmeli ve raporlanmalıdır.

1. Ölçümlerin zamanı, günü ve yeri
2. Ölçüm aletleri ve kalibrasyonu

3. Ölçülmüş ve mümkünse düzeltilmiş ses basınç düzeyleri (L_{eqT} , L_E , L_{max}), A ağırlıklı (mümkünse ayrıca C ağırlıklı) ve tercihen oktav bantlı
4. Ölçülmüş yüzde N aşma düzeyi ($L_{N,T}$)
5. Ölçüm belirsizliği ile kapsama olasılığı
6. Arka plan gürültüsü
7. Zaman dilimi
8. Ölçüm alanının yer yüzeyini, yer yüzeyinin durumunu ve yükseklikleri içeren ayrıntılı tanımı
9. Her kategoride araç geçiş sayılarını da içeren işletim koşulları
10. Rüzgar hızı, rüzgar yönü, bulutluluk, sıcaklık, barometrik basınç, nem ve yağışlılığı içeren meteorolojik koşullar ve rüzgar ile sıcaklık sensorlarının yerleri
11. Ölçülen değerleri diğer koşullara çevirmek için kullanılan tahmin yöntemleri

3.5.3 TS ISO 9613-2 Akustik - Sesin Dışarıda Yayılırken Azalması - Bölüm 2:

Genel Hesaplama Yöntem

TS ISO 9613-2 Akustik – Sesin Dışarıda Yayılırken Azalması – Bölüm 2: Genel Hesaplama Yöntemi (Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation) Şubat 2006’da yürürlüğe girmiştir.

Kullanılan eşitlikler, noktasal kaynaklardan sesin azalmasında kullanılan eşitliklerdir. Dolayısıyla, kara yolu ve demir yolu trafiği veya sanayi bölgesi gibi genişletilmiş gürültü kaynakları, her birisinin belirli ses gücüne ve yönlenmeye sahip olduğu bir bölümler kümesi ile gösterilmelidir. Bir bölüm içindeki temsilî bir noktadan kaynaklanan ses için hesaplanmış azalma, bölümün tamamındaki ses azalmasını temsil etmek için kullanılır. Her birisi merkezinde noktasal bir kaynakla temsil edilen, doğrusal bir kaynak, doğru bölümlerine, alan kaynağı ise, alan bölümlerine ayrılır.

3.5.3.1 Meteorolojik şartlar

Meteorolojik şartlar, kaynaktan alıcıya doğru esen rüzgâr için, baskın ses kaynağının merkezi ile belirtilen alıcı bölgesinin merkezini birleştiren $\pm 45^\circ$ ’lik bir açı dahilindeki rüzgâr yönü ve yerden 3 - 11 metre yükseklikte ölçülen yaklaşık 1 m/s ve 5 m/s arasındaki rüzgâr hızı olmasıdır.

3.5.3.2 Temel eşitlikler

Azalma terimi, A , aşağıdaki denklemde verilmektedir:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \quad 3. 19$$

Bu denklemde,

A_{div} : Geometrik sapmaya bağlı azalma

A_{atm} : Atmosferik yutuculuğa bağlı azalma

A_{gr} : Zemin etkisine bağlı azalma

A_{bar} : Bir engele bağlı azalma

A_{misc} : Muhtelif diğer etkilere bağlı azalma

3.5.3.3 Geometrik sapma (A_{div})

Bir noktasal ses kaynağından serbest alanda küresel yayılmayı açıklayan ve azalmayı sağlayan geometrik sapma, dB cinsinden aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$A_{div} = [20\log(d/d_0) + 11] \text{ dB} \quad 3. 20$$

Bu denklemde,

d: Kaynaktan alıcıya kadar olan mesafe, m

d_0 : Referans uzaklık (=1m) (ses güç seviyesi ile ses basınç seviyesi arasındaki ilişkiyi kurar)

3.5.3.4 Atmosferik yutuculuk (A_{atm})

Metre cinsinden d mesafesi boyunca yayılma sırasında, atmosferik yutuculuğa bağlı dB cinsinden azalma aşağıdaki denklemde verilmiştir:

$$A_{atm} = \alpha d / 1000 \quad 3. 21$$

Bu denklemde,

α : dB/km cinsinden orta frekanstaki her bir oktav bant için atmosferik azalma katsayısı (Çizelge 3.12)

d: Kaynaktan alıcıya kadar olan mesafe, m

Çizelge 3.12 : Gürültünün oktav bantları için, atmosferik azalma katsayısı, α

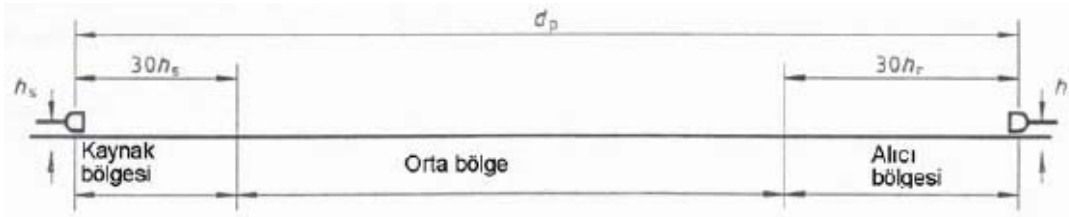
Sıcaklık °C	Bağıl nem %	Atmosferik azalma katsayısı, α , dB/km							
		Anma merkez bant frekansı, Hz							
		63	125	250	500	1 000	2000	4000	8000
10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117
20	70	0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,6
30	70	0,1	0,3	1,0	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3
15	20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,2	88,8	202
15	50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129
15	80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,8

3.5.3.5 Zemin etkisi (A_{gr})

Genel hesaplama yöntemi

Zemin azalması, A_{gr} esas itibariyle kaynaktan alıcıya doğrudan yayılan ses ile zemin yüzeyinden yansıtılan sesin girişiminin bir sonucudur.

Aşağı doğru kavisli yayılma yolu (rüzgâr yönünde), bu azalmanın, öncelikle kaynağa ve alıcıya yakın zemin yüzeyleri tarafından belirlenmesini sağlar. Zemin etkisinin hesaplandığı bu yöntem sadece, yatay veya sabit bir eğime sahip yaklaşık düz zemine uygulanabilir. Zemin azalması ile ilgili üç farklı bölge Şekil 3.10'da gösterilmiştir:



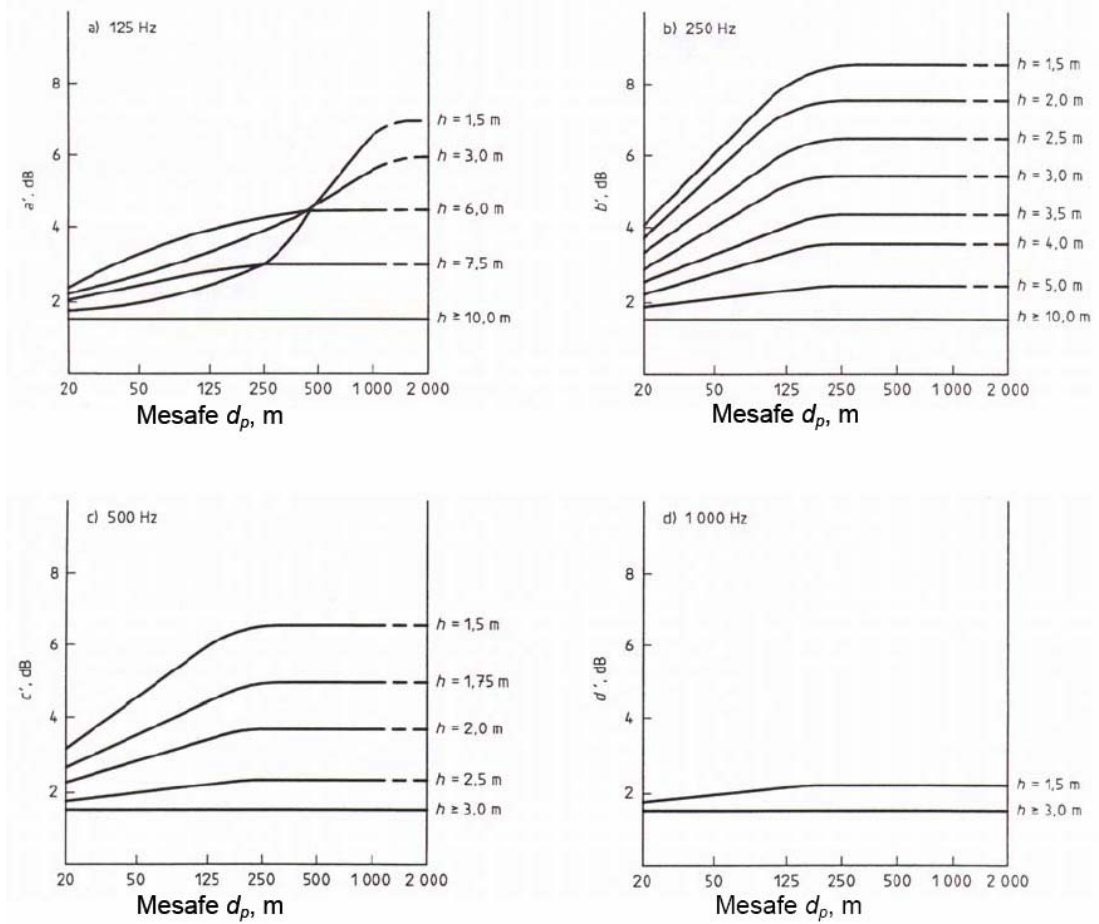
Şekil 3.10 : Zemin azalmasının belirlenmesi için üç farklı bölge

Kaynak bölgesi: Kaynaktan alıcıya doğru, en fazla d_p mesafesi kadar uzatılabilen $30 h_s$ 'lik bölüm (h_s , kaynak yüksekliği ve d_p , zemin düzlemine izdüşümü alınmış kaynaktan alıcıya kadar olan mesafe),

Alıcı bölgesi: Alıcıdan kaynağa doğru, en fazla d_p mesafesi kadar uzatılabilen $30 h_r$ 'lik bölüm (h_r , alıcı yüksekliği),

Orta bölge: Kaynak ve alıcı arasında kalan bölüm. $d_p < (30 h_s + 30 h_r)$ ise, kaynak ve alıcı bölgeleri çakışır ve herhangi bir orta bölge oluşmaz.

Bu şekle göre zemin azalması, orta bölgenin büyüklüğüne bağlı değilken büyük ölçüde kaynağın ve alıcının özelliklerine bağlıdır.



Şekil 3.11 : Zemin azalması, Agr üzerinde kaynaktan alıcıya kadar olan mesafenin, d_p ve kaynaktan alıcıya kadar olan yüksekliğin, h etkisini temsil eden a' , b' , c' ve d' fonksiyonları (Çizelge 3.13'deki eşitliklerden hesaplanmıştır)

Her bir zemin bölgesinin akustik özellikleri, bir zemin faktörü, G ile hesaba katılır. Yansıtma yüzeyinin üç kategorisi aşağıdaki şekilde belirtilir:

1. Sert zemin: Kaldırım, su, buz, beton ve düşük gözenekliliğe sahip diğer bütün yüzeyleri kapsar. Genellikle sanayi bölgelerinde yer alan sıkıştırılmış zemin de sert olarak değerlendirilebilir. Sert zemin için, $G = 0$ alınır.
2. Gözenekli zemin: Çim, ağaç veya başka bitki örtüsü ile kaplı alanlar ile tarım alanı gibi bitkilerin yetişmesi için uygun diğer bütün toprak yüzeyleri kapsar. Gözenekli zemin için, $G = 1$ alınır.
3. Karışık zemin: Yüzey, sert ve gözenekli zeminlerden oluşuyorsa, G 0 ilâ 1 arasında değişen değerler alır. Değerin kesirli kısmı, gözenekli bölgeyi gösterir.

Belirli bir oktav bant için zemin azalmasını hesaplamak amacıyla, önce Çizelge 3.13'teki ifadeler kullanılarak G_s zemin faktörüyle belirlenen kaynak bölgesi için A_s , G_r zemin faktörüyle belirlenen alıcı bölgesi için A_r ve G_m zemin faktörüyle belirlenen orta bölge için A_m bileşen azalmaları hesaplanır. Çizelge 3.13'teki a' , b' ,

c' ve d' fonksiyonları, Şekil 3.11'deki eğrilerden doğrudan elde edilebilir. Oktav bant için toplam zemin azalması, aşağıdaki denklemden elde edilmelidir:

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m$$

3. 22

Çizelge 3.13 : Zemin azalma katkılarını, A_s , A_r ve A_m oktav bantlarında hesaplanmasında kullanılacak ifadeler

Anma merkez bant frekansı	A_s veya A_r ¹⁾ dB	A_m dB
Hz		
63	-1,5	$3q$ ²⁾
125	$-1,5 + G \times a'(h)$	$-3q(1 - G_m)$
250	$-1,5 + G \times b'(h)$	
500	$-1,5 + G \times c'(h)$	
1000	$-1,5 + G \times d'(h)$	
2000	$-1,5(1 - G)$	
4000	$-1,5(1 - G)$	
8000	$-1,5(1 - G)$	
Notlar		
$a'(h) = 1,5 + 3,0 \times e^{-0,12(h-5)^2} (1 - e^{-d_p/50}) + 5,7 \times e^{-0,09h^2} (1 - e^{-2,8 \times 10^{-6} \times d_p^2})$		
$b'(h) = 1,5 + 8,6 \times e^{-0,09h^2} (1 - e^{-d_p/50})$		
$c'(h) = 1,5 + 14,0 \times e^{-0,046h^2} (1 - e^{-d_p/50})$		
$d'(h) = 1,5 + 5,0 \times e^{-0,9h^2} (1 - e^{-d_p/50})$		
1) A_s 'yi hesaplamak için, $G = G_s$ ve $h = h_s$ olarak alınır. A_r 'yi hesaplamak için, $G = G_r$ ve $h = h_r$ olarak alınır. Farklı zemin yüzeylerindeki G değerleri için Madde 7.3.1'e bakılmalıdır.		
2) $q = 0$, $d_p \leq 30(h_s + h_r)$ olduğunda ve		
$q = 1 - \frac{30(h_s + h_r)}{d_p}$, $d_p > 30(h_s + h_r)$ olduğunda,		
Burada, d_p metre cinsinden, yer düzlemlerine izdüşüm olarak alınan kaynaktan alıcıya kadar olan mesafedir.		

A-ağırlıklı ses basınç seviyeleri için alternatif hesaplama yöntemi

Aşağıdaki belirli şartlar altında:

1. Alıcının bulunduğu konumda sadece A-ağırlıklı ses basınç seviyesi ile ilgileniliyorsa,
2. Sesin yayılması, çoğunluğu gözenekli yüzey üzerinde veya büyük bir kısmı gözenekli olan karışık zemin üzerinde gerçekleşiyorsa,
3. Ses saf tonlu değilse,

4. Her türlü şekle sahip zemin yüzeyleri için,
Zemin azalması aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir:

$$A_{gr} = 4,8 - (2h_m / d) [17 + (300 / d)] \geq 0 \text{ dB} \quad 3.23$$

Denklemde,

h_m : Yayılma yolunun zemin üzerindeki ortalama yüksekliği, m,

d : Kaynaktan alıcıya kadar olan mesafe, m

Denklem 3.31 kullanılarak zemin azalması hesaplanırken, yönlendirme düzeltmesi, D_C kaynağa yakın zeminden yansımalarından dolayı, kaynağın ses güç seviyesindeki görünür artışı dikkate almak için, dB cinsinden D_Ω terimini de ihtiva etmelidir.

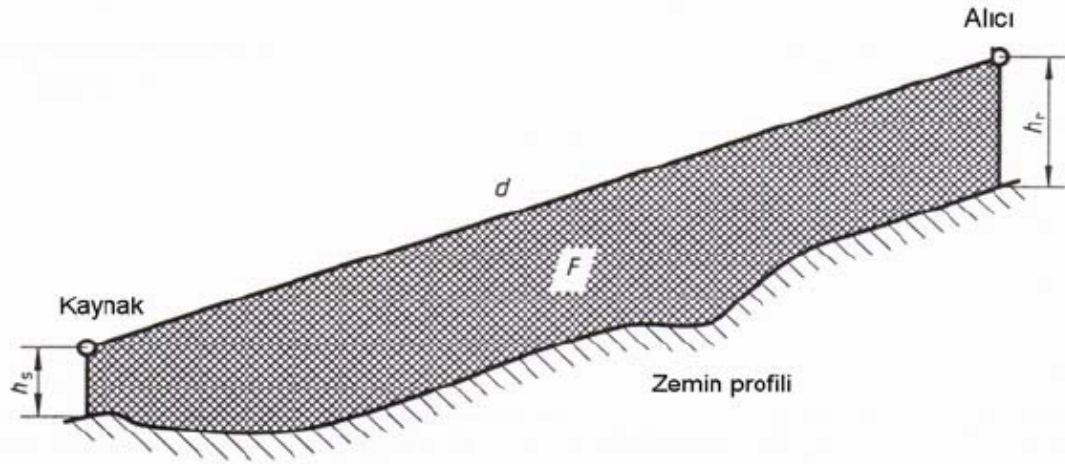
$$D_\Omega = 10 \log \left\{ 1 + \left[d_p^2 + (h_s - h_r)^2 \right] / \left[d_p^2 + (h_s + h_r)^2 \right] \right\} \text{ dB} \quad 3.24$$

Denklemde,

h_s : Kaynağın zeminden olan yüksekliği, m,

h_r : Alıcının zeminden olan yüksekliği, m,

d_p : Yer düzlemine izdüşüm olarak alınan kaynaktan alıcıya kadar olan mesafe, m



$h_m = F/d$; burada F alandır.

Şekil 3.12 : Ortalama yüksekliğin değerlendirilmesi yöntemi

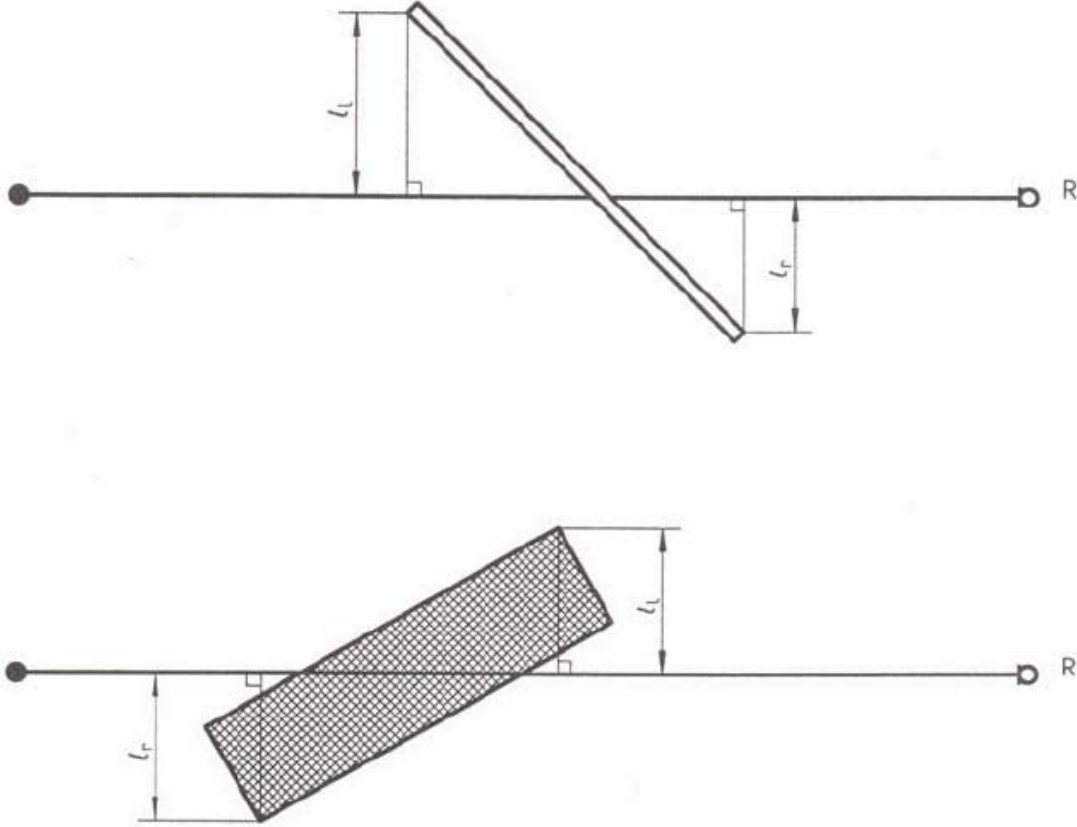
3.5.3.6 Engel (A_{bar})

Bir nesne, aşağıdaki özellikleri taşıyorsa engel olarak dikkate alınmalıdır:

1. Yüzey yoğunluğu en az 10 kg/m^2 olmalı,

2. Büyük çatlakları ve açıklıkları bulunmayan kapalı bir yüzeye sahip olmalı,
3. Kaynak – alıcı hattına dik olan nesnenin yatay boyutu, oktav bant için anma merkez bant frekansta, akustik dalga boyundan, λ , daha büyük olmalıdır. Başka bir ifadeyle, $l_l + l_r > \lambda$ 'dır. (Şekil 3.13)

Bu şartları sağlayan her bir nesne, düşey kenarlara sahip bir engelle gösterilmelidir. Engelin üst kenarı, eğimli olabilen düz bir doğrudur.



Bir nesnenin, SR doğrusuna dik olan yatay boyutunun dalga boyundan daha büyük olduğu durumda, $(l_l + l_r > \lambda)$, bir eleme engeli olacağı değerlendirilir.

Şekil 3.13 : Kaynak (S) ve alıcı (R) arasındaki iki engelin düzlemsel görünüşü

Bu standardın amaçları bakımından, bir engelden kaynaklanan azalma, A_{bar} , ilâve kaybı ile verilmelidir. Bir engelin üst kenarı üzerinde ve düşey kenarın etrafındaki kırılmanın her ikisi de önemli olabilir (Şekil 3.14). Rüzgâr yönünde ses yayılımı için, üst kenarın üzerindeki kırılmanın etkisi, dB cinsinden aşağıdaki denklemle hesaplanmalıdır:

$$A_{bar} = D_z - A_{gr} > 0 \quad 3.25$$

Düşey kenarın etrafındaki kırılma ise aşağıdaki denklemle hesaplanmalıdır:

$$A_{bar} = D_z > 0$$

3. 26

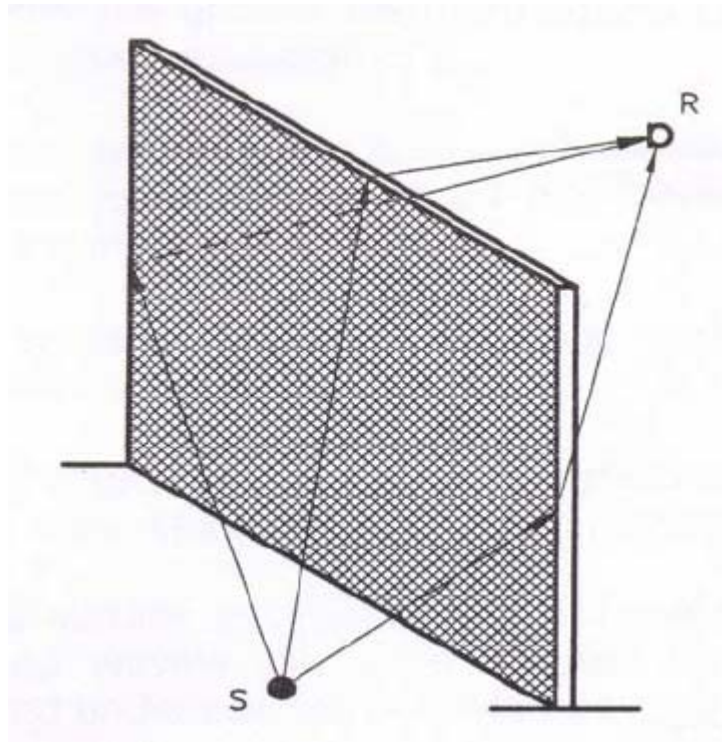
Denklemlerde,

D_z : Her bir oktav bant için engel azalması

A_{gr} : Engelin yokluğu durumunda, zemin azalması (örneğin, eleme engeli kaldırılmış olduğunda)

Karayolunun çukur bir bölümünden yayılan ses için, $A_{bar} = D_z - A_{gr} > 0$ 'de belirtilene ilâve olarak, zemin yüzeyinden dolayı, çukur bölgenin dışındaki zemin yüzeyi boyunca da azalma olabilir.

Engel azalmasını, D_z , hesaplamak için, ses kaynağından alıcıya doğru sadece tek önemli ses yayılma yolunun bulunduğu kabul edilir. Bu kabul geçerli değilse, diğer yayılma yolları (Şekil 3.14) için ayrı hesaplamalar gerekir ve değişik yollardan alıcıya ulaşan ses basıncı kareleri toplanır.



Şekil 3.14 : Bir engeldeki farklı ses yayılma yolları

Engel azalması, D_z , bu yol için, dB cinsinden aşağıdaki denklem ile hesaplanmalıdır:

$$D_z = 10 \log [3 + (C_2 / \lambda) C_3 z K_{met}] \text{ dB}$$

3. 27

Denklemde,

C_2 : 20'ye eşittir ve zemin yansımalarının etkisini içerir. Özel durumlarda, zemin etkileri, zahiri kaynaklarla ayrı ayrı dikkate alındığında $C_2 = 40$ 'tır.

C_3 : Tek kırılma için 1'e eşittir: $C_3 = \left[1 + (5\lambda/e)^2 \right] / \left[(1/3) + (5\lambda/e)^2 \right]$

Çift kırılma için, Şekil 3.16'ya bakılmalıdır.

λ : Oktav bandın anma merkez bant frekansındaki sesin dalga boyu, m

z : Kırılmış ve direk olarak yayılan seslerin yol uzunlukları arasındaki fark, m

$$z = \left[(d_{ss} + d_{sr})^2 + a^2 \right]^{1/2} - d$$

Denklemden,

d_{ss} : Kaynaktan ilk kırılma kenarına kadar olan mesafe, m

d_{sr} : İkinci kırılma kenarından alıcıya kadar olan mesafe, m

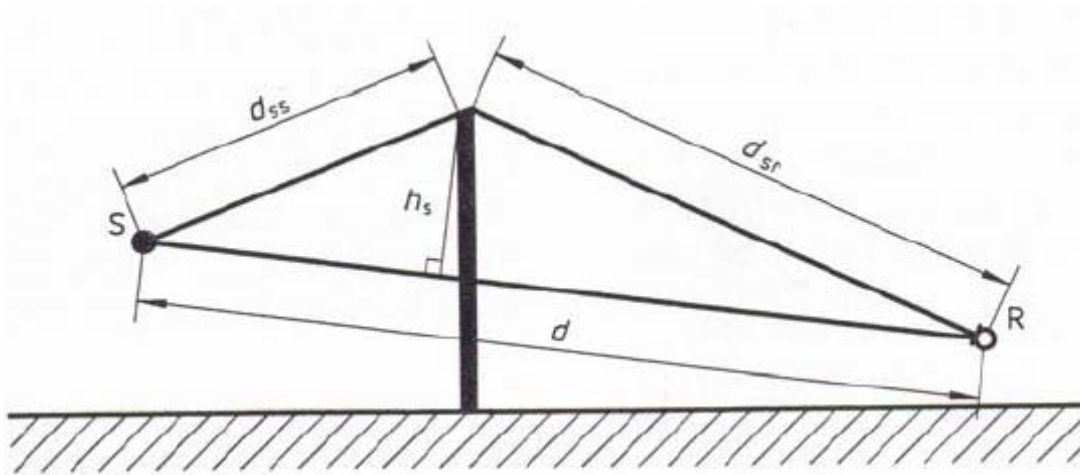
a : Kaynak ve alıcı arasındaki engel kenarına paralel olan bileşen mesafesi, m

K_{met} : Meteorolojik etkilerin düzeltme faktörü,

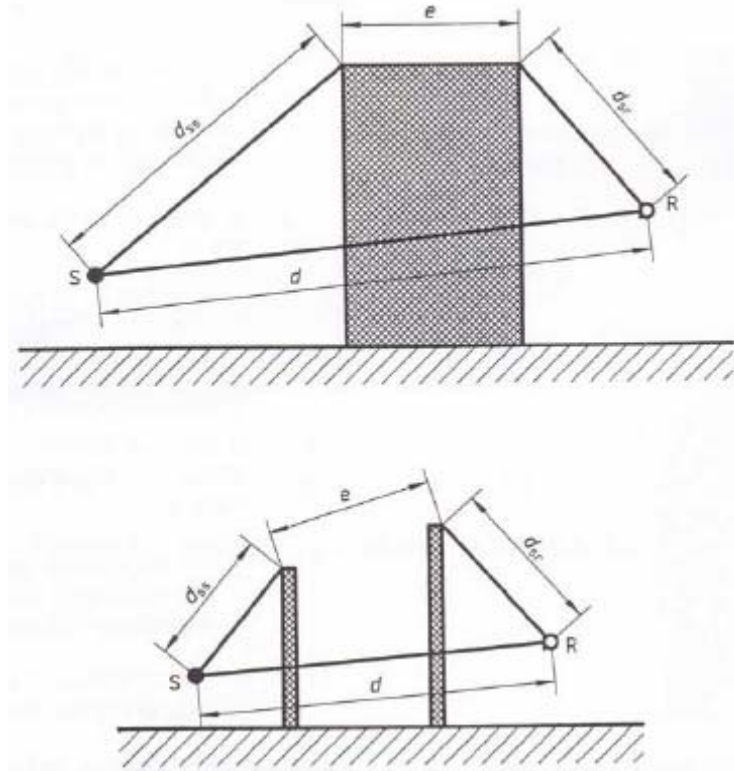
e : Çift kırılma durumunda iki kırılma kenarı arasındaki mesafe, m

Kaynak S ve alıcı R arasındaki görüş hattı, engelin üst kenarının üzerinden geçerse z negatif bir değer alır. Şekil 3.16'da gösterildiği gibi çift kırılma için, yol uzunluk farkı, z , aşağıdaki denklemle hesaplanmalıdır:

$$z = \left[(d_{ss} + d_{sr}e)^2 + a^2 \right]^{1/2} - d \quad 3.28$$



Şekil 3.15 : Tek kırılma için yayılma uzunluk farkının belirlenmesindeki geometrik büyüklükler



Şekil 3.16 : Çift kırılma için yayılma uzunluk farkının belirlenmesindeki geometrik büyüklükler (İkiden fazla engele ait engel azalması, diğerlerinin etkisi dikkate alınmadan en etkin iki engel seçilerek yaklaşık olarak hesaplanabilir.)

Meteorolojik şartlar için düzeltme faktörü, K_{met} , aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmalıdır:

$$K_{met} = \exp \left[- (1/2000) \sqrt{d_{ss} d_{sr} d / (2z)} \right] \quad z > 0 \text{ için} \quad 3.29$$

$$K_{met} = 1 \quad z \leq 0 \text{ için}$$

Engellerin etrafındaki yanal kırılma için, $K_{met} = 1$ olduğu kabul edilmelidir.

Herhangi bir oktav banttaki engel azalması, D_z , tek kırılma durumunda (ince engeller) 20 dB'den ve çift kırılma durumunda (kalın engeller) 25 dB'den daha büyük olacak şekilde hesaba katılmamalıdır.

3.5.3.7 Yansımalar

Bu standartta, yansımalar zahiri kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Bu yansımalar, dış tavanlardan ve alıcıdaki ses basınç seviyesini artırabilen binaların ön cepheleri gibi, az veya çok düşey yüzeylerden oluşur. Zeminden kaynaklanan yansımaların etkisi, A_{gr} 'nin hesaplamasında kullanıldığından, burada dahil edilmemiştir.

Bir engele ait yansımalar, aşağıdaki şartları karşılayan bütün oktav bantlar için hesaplanmalıdır:

1. Şekil 3.17’de gösterildiği gibi, bir ayna yansıması oluşturulabilmeli,
2. Engelin yüzeyi için ses yansıma katsayısının büyüklüğü 0,2’den büyük olmalı,
3. Aşağıdaki eşitlikteki ilişkiye uymak amacıyla, düşünülen oktav bandının anma merkez bant dalga boyu, λ , (m cinsinden) için, yüzey yeterince büyük olmalıdır:

$$1/\lambda > \left[2/(l_{\min} \cos \beta)^2 \right] [d_{s,o} d_{o,r} / (d_{s,o} + d_{o,r})] \quad \mathbf{3.30}$$

Denklemden,

λ : Sesin, oktav bandın merkez bant frekanstaki

$d_{s,o}$: Kaynak ve engel üzerindeki yansıma noktası arasındaki mesafe

$d_{o,r}$: Engel üzerindeki yansıma noktası ve alıcı arasındaki mesafe,

β : Geliş açısı (Şekil 3.17), radyan

$l_{\min}$: Yansıtma yüzeyinin (Şekil 3.17) en düşük boyutu (uzunluk veya yükseklik)

Verilen bir oktav bant için bu şartlardan herhangi biri karşılanamadığında, yansımalar dikkate alınmamalıdır. Gerçek kaynak ve zahirî kaynak ayrı ayrı değerlendirilir. Zahirî kaynağın, $L_{W,im}$, ses güç seviyesi aşağıdaki denklemle hesaplanmalıdır:

$$L_{W,im} = L_W + 10 \log(\rho) + D_{Ir} \quad \mathbf{3.31}$$

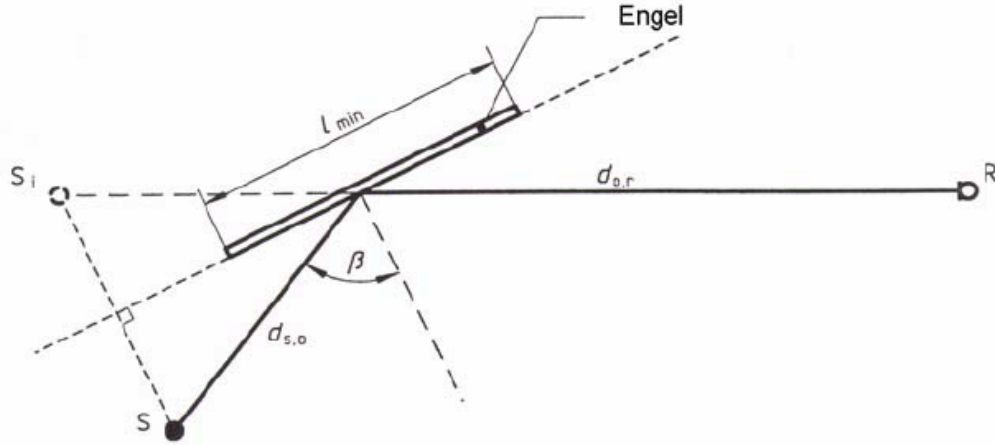
Denklemden,

ρ : Engel yüzeyinde β açısındaki ses yansıma katsayısı ($\geq 0,2$) (Şekil 3.17),

D_{Ir} : Zahirî alıcı doğrultusunda kaynağın yönelme indeksi

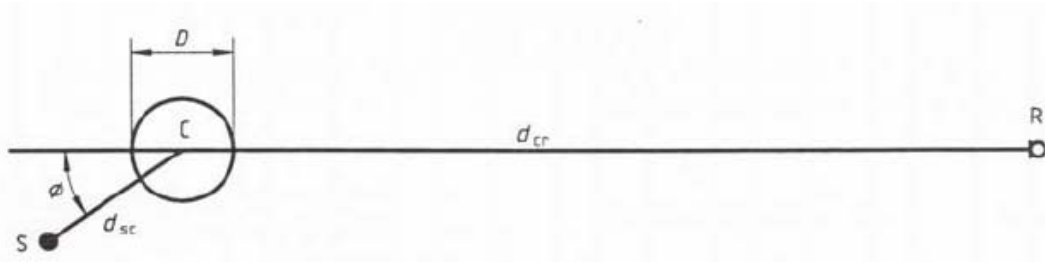
Ses yansıma katsayısıyla ilgili belirli veriler mevcut değilse, bu değer Çizelge 3.14 kullanılarak tahmin edilebilir.

Zahirî ses kaynağı için azalma terimleri, yansıtılan sesin yayılma yoluna göre belirlenmelidir.



Geliş açısı β 'nın yansıma açısına eşit olduğu durumda, engelden yansıma ile elde edilen ve kaynağı (S) ve alıcıyı (R)'yi birleştiren bir $d_{s,o} + d_{o,r}$ yolu mevcuttur. Yansıtılan sesin, zahirî kaynaktan, S_i , geldiği görülmektedir.

Şekil 3.17 : Bir engelden ayna yansıması



Şekil 3.18 : Bir silindir için ses yansıma katsayısının tahmini

Çizelge 3.14 : Ses yansıma katsayısının, ρ , tahminleri

Nesne	ρ
Düz sert duvarlar	1
Pencereleri ve küçük ilâveleri veya bölmesi olan bina duvarları	0,8
Yüzeyinin % 50'si açıklıklardan, donanımlardan veya boru hatlarından oluşan fabrika duvarları	0,4
Sert yüzeyli silindirler (tanklar, silolar)	$\frac{D \sin(\phi / 2)}{2d_{sc}} *$ D: Silindirin çapı d_{sc}: Kaynaktan silindirin, C, merkezine kadar olan mesafe ϕ : SC ve CR doğruları arasındaki açının tümleyeni
Açık donanımlar (borular, kuleler, vb)	0
* Bu ifade, sadece kaynaktan silindire kadar olan mesafenin, d_{sc} , silindirden alıcıya kadar olan mesafeden, d_{cr} , çok küçük olduğu durumda uygulanır (Şekil 3.18).	

3.5.3.8 İlâve azalma tipleri (A_{misc})

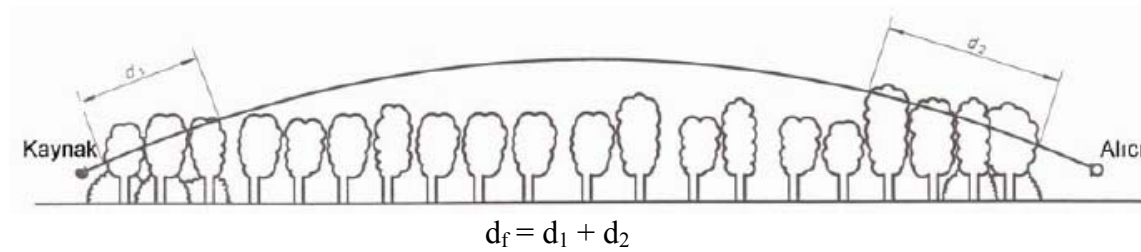
A_{misc} terimi, azalmanın hesaplanmasının genel yöntemlerle yapılamayan diğer etkenlerden kaynaklanan azalma katkılarını kapsar. Bu katkılar, aşağıdaki hususları içerir:

1. Sesin yeşil alan boyunca yayılırken azalması, A_{fol}
2. Sesin bir sanayi bölgesinde yayılırken azalması, A_{site}
3. Sesin yerleşim bölgesinde yayılırken azalması, A_{hous}

Azalmaya bu ilâve katkıların hesaplanması için, Şekil 3.19’da gösterildiği gibi, rüzgâr yönünde kavisli yayılma yolu 5 km yarıçaplı bir dairenin bir yayı çizilmek suretiyle gösterilebilir.

Yeşil alan (A_{fol})

Ağaçlardan ve çalılklardan oluşan yeşil alan, arasından bakıldığında kısa mesafeden görüşün mümkün olmaması gibi, yayılma yolu boyunca görüşü tamamıyla tıkayacak kadar yeterli yoğunlukta ise, küçük miktarda bir azalma sağlar. Azalma, Şekil 3.19’da gösterildiği gibi, kaynağa, alıcıya veya her ikisine de yakın olan bitki örtüsünden kaynaklanabilir. Alternatif olarak, d_1 ve d_2 mesafeleri ile ilgili bölüm, yayılmanın yere göre 15° ’lik açılarla olacağı şekilde belirlenebilir.



d_1 ve d_2 ’yi hesaplamak için, yarıçapın 5 km olduğu kabul edilebilir.

Şekil 3.19 : Azalmanın, yeşil alan boyunca yayılma mesafesiyle, d_f , doğrusal olarak artışı

Çizelge 3.15 : Yoğun yeşil alanda d_f mesafesi boyunca yayılmaya bağlı bir oktav bant gürültüsünün azalması

Yayılma mesafesi, d_f m	Anma merkez bant frekansı Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$10 \leq d_f \leq 20$	Azalma, dB 0	0	1	1	1	1	2	3
$20 \leq d_f \leq 200$	Azalma, dB 0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12

Çizelge 3.15'teki ilk satır, toplam yol uzunluğu 10 m ila 20 m arasında ve ikinci satır 20 m ilâ 200 m arasında olan yoğun bitki örtüsünden beklenen azalmaları verir. 200 m'den daha uzun yoğun yayılma yolları için, 200 m için verilen azalma kullanılmalıdır.

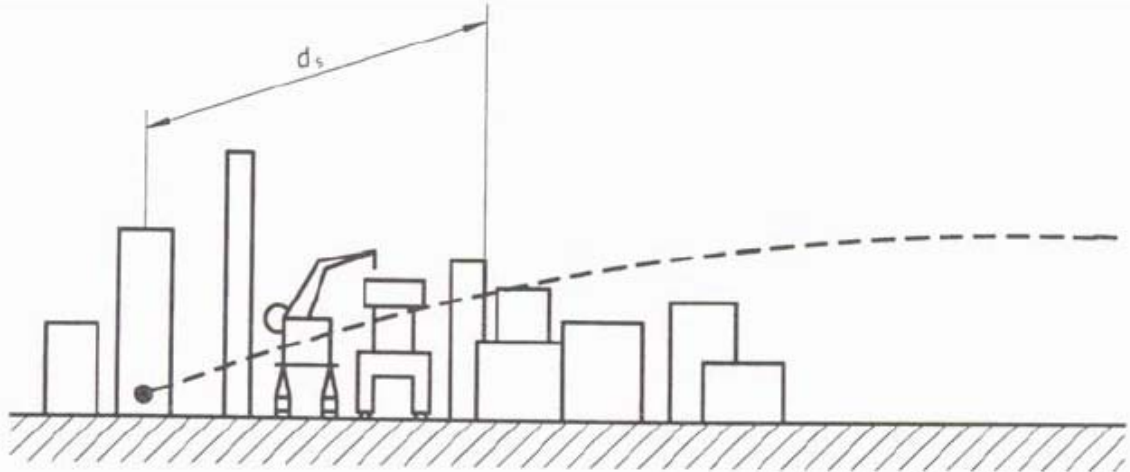
Sanayi bölgeleri (A_{site})

Sanayi bölgelerinde bir azalma, A_{bar} altında hesaba katılmadığında, A_{site} olarak veya ses kaynağı radyasyon özelliği olarak tarif edilebilen, sesin donanımlardan veya diğer nesnelerden saçılarak dağılması yoluyla oluşabilir. Donanımlar terimi, muhtelif boruları, vanaları, kutuları, yapısal elemanları, vb. ihtiva eder.

A_{site} değeri, büyük ölçüde bölgenin tipine bağlı olduğundan, ölçmeler yoluyla tayin edilmesi tavsiye edilir. Ancak, bu azalmaya dair bir tahminde bulunmak için Çizelge 3.16'daki değerler kullanılabilir. Bu azalma, donanımların arasından (Şekil 3.20) kavisli yolun, d_s , uzunluğuyla en fazla 10 dB olacak şekilde doğrusal olarak artar.

Çizelge 3.16 : Sanayi tesislerindeki donanımların arasından yayılırken, bir oktav bant gürültüsünün azalma katsayısı

Merkez bant frekansı, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A_{site} , dB/m	0	0,015	0,025	0,025	0,02	0,02	0,015	0,015



Şekil 3.20 : Azalmanın, A_{site} , sanayi tesislerindeki donanımların arasından, yayılma mesafesiyle, d_s , doğrusal olarak artışı

Yerleşim bölgeleri (A_{haus})

Kaynak veya alıcı ya da her ikisinin yerleşim bölgelerinde bulunduğu, azalma, evlerden kaynaklanan elemeden dolayı meydana gelecektir. Ancak, bu etki büyük ölçüde, evler arasında yayılma ve yakınlardaki diğer evlerden yansımalar yoluyla telafi edilebilir. A_{haus} 'u oluşturan eleme ve yansımaların birleşik etkisi, A_{bar} ve

yansımalar ile ilgili işlemler uygulanarak, en azından prensip olarak özel bir durum için hesaplanabilir. A_{hous} değeri çok fazla duruma bağlı olduğundan, böyle bir hesaplama, uygulamada doğrulanması gerekebilir. Özellikle, hesaplamanın doğruluğunda zorlanılan birden fazla yansımanın olması durumunda daha faydalı bir alternatif sahada veya modelleme yoluyla etkinin ölçülmesi olabilir.

10 dB'i aşmaması gereken A-ağırlıklı azalma için, A_{hous} , yaklaşık bir değer aşağıdaki gibi de hesaplanabilir. Bu durumda, iki ayrı katkı bulunmaktadır:

$$A_{\text{hous}} = A_{\text{hous},1} + A_{\text{hous},2} \quad \mathbf{3.32}$$

$A_{\text{hous},1}$ için ortalama bir değer (dB cinsinden), aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$A_{\text{hous},1} = 0,1Bd_b \text{ dB} \quad \mathbf{3.33}$$

Denklemde,

B: Evlerin toplam plan alanının bölgenin toplam alanına (evlerin alanı dahil) bölünmesi suretiyle bulunan yayılma yolu boyunca binaların yoğunluğu,

d_b : Şekil 3.19'da gösterilen benzer işlemle belirlenen, sesin yerleşim bölgelerinden yayılma yolunun uzunluğu, m

A_{hous} değeri, evlerin arasındaki koridor şeklindeki bir boşluktan aşağıya alıcıya doğru, doğrudan engelsiz bir görüş çizgisine sahip küçük bir kaynak durumunda sıfıra eşit olarak ayarlanmalıdır.

Karayolunun yanında, iyi tanımlanmış bina sıraları bulunuyorsa, ilâve terim, $A_{\text{hous},2}$, dahil edilebilir (binaların ortalama yüksekliğiyle aynı konumdaki bir engelin ilâve kaybından daha küçük olması şartıyla):

$$A_{\text{hous},2} = -10 \log[1 - (p/100)] \text{ dB} \quad \mathbf{3.34}$$

Burada, $p \leq \% 90$ 'dır (binaların ön yüzeylerinin uzunluğunun, yakınlardaki karayolunun toplam uzunluğuna yüzde olarak oranı).

3.5.4 TS 10713 Şehiriçi Yollar - Trafik Gürültüsü Tespit ve Önlemleri

TS 10713 Şehiriçi Yollar - Trafik Gürültüsü Tespit ve Önlemleri, Şubat 1993'te yürürlüğe girmiştir.

Trafik gürültüsünün sonometre ile ölçümünde, trafik gürültü seviyesi L_{10} olarak dB(A) cinsinden ifade edilmelidir. Trafik gürültüsü ölçümü, yol kenarında kenar taşından en az 3 m uzaklıkta ve 1,20-1,50 m yükseklikte, gürültünün etkilediği alıcı noktada bina varsa bu binanın 1 m önünde yapılmalıdır.

Ölçülen veya hesaplanan trafik gürültüsünde, çevredeki arazi kullanma şekline göre kirlilik yaratmayan, kabul edilebilir gürültü seviyeleri Çizelge 3.17'de verilmiştir. Gürültü seviyesinin çizelgedeki değerleri aşması halinde uygun önlemler alınmalıdır.

Çizelge 3.17 : Kabul Edilebilir (Rahatsızlık Yaratmayan) Gürültü Üst Seviyeleri db(A) Olarak

Kullanım Sınıfı	L_{10} Gürültü Seviyesi	Açıklama
A	50 (İçerde)	Konut, otel, toplantı salonu, okul, cami kütüphane, hastane
B	60 (Dışarda)	Sessizliğin önemli olduğu açık hava tiyatrosu, açık hava konser-gösteri-toplantı alanları
C	65 (Dışarda)	Konut, otel, toplantı salonu, okul, cami kütüphane, hastane
D	70 (Dışarda)	B ve C sınıfına girmeyen yerler, iş merkezleri

3.5.5 TS 2214 Akustik-Hareket Halindeki Karayolu Taşıtlarının Çıkardığı Gürültünün Ölçülmesi-Kılavuz Metot

TS 2214 “Akustik-Hareket Halindeki Karayolu Taşıtlarının Çıkardığı Gürültünün Ölçülmesi-Kılavuz Metot” standardı, Aralık 1991'de yürürlüğe girmiştir.

Bu standarda, hareket halindeki araçlarda yapılan deneyler esas alınmıştır. Ölçmelerin genellikle şehir içindeki normal kullanma şartları altında yapılması ve böylece aktarma organları vb. gürültüsünü de kapsamaları esas kabul edilmiştir, ölçmeler aynı zamanda normal kullanma şartlarına uygun en yüksek gürültü seviyesi veren ve tekrarlanabilir gürültü meydana getiren taşıtları kapsamalıdır. Bu sebeple belirli bir hızdan tam gaza geçişte, tam gaz ivmesini ölçmek için bir deney belirlenmiştir.

Deney yeri, esas olarak kuru yüzey ve aşırı lastik gürültüsüne sebebiyet vermeyecek bir yapıda olmalıdır. Yol merkezinin civarında 50 m 'lik bir yarıçap içindeki alan, çitler köprüler veya binalar gibi büyük yansıtıcı nesnelerden uzakta olmalıdır. Rüzgar hızı, mikrofon yüksekliğinde 5 m/s' yi aşıyorsa deneylerin yapılmaması tavsiye edilir. Fon gürültüsü, deneye tabi tutulan taşıtın çıkardığı gürültüden en az 10 dB düşük olmalıdır.

Taşıtın her iki tarafında en az iki ölçme yapılmalıdır. Genel ses seviyeli karakterin dışında, bir ses tepe değeri açıkça gözlenirse, ölçmeden vazgeçilir. Daha yüksek ses basınç seviyesi veren taşıt tarafında yapılan ardışık iki ölçme arasındaki farklılıklar 2 dB'i aşmıyorsa, sonuçların geçerli olduğu kabul edilmelidir. Bu ölçmelerle elde edilen en yüksek değer, sonuç olarak alınmalıdır.

3.5.6 TS 9798 Akustik - Çevre Gürültüsünün Tanımlanması Ve Ölçülmesi

Kısım 2 - Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi

TS 9798 Akustik-Çevre Gürültüsünün Tanımlanması Ve Ölçülmesi Kısım 2-Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi (Acoustics-Description and Measurement of Environmental Noise Part 2-Acquisition of Data Pertinent To Land Use) Ocak 1992'de yürürlüğe girmiştir.

Uzun vadeli ortalama değerlendirme seviyesinin ve uzun vadeli eşdeğer A-ağırlıklı ses basınç seviyelerinin ölçümleri, göz önüne alınan çevrenin akustik tarifi için uygun olan bina dışında yerleşimlerde yapılmalıdır. Ölçüm konumları bir harita üzerinde belirtilmelidir.

Dışarıda bina yanlarında yapılan ölçümlerde, ölçümler bir binanın maruz kaldığı gürültünün önemli olduğu yerlerde yapılmalıdır. Tercih edilen ölçüm konumları duvarlardan 1 m - 2 m uzakta, ilgili taban seviyesinden 1,2 m - 1,5 m yukarıda olmalıdır. Yansımaların etkisinin en aza indirilmesi istendiği takdirde ölçümler, mümkünse herhangi bir yansıma yapısından en az 3,5 m uzakta veya açık bir pencerenin 0,5 m önünde yapılmalıdır. Mikrofonların yükseklikleri deney raporunda belirtilmelidir.

Genel olarak, komşu ızgara noktaları arasındaki ses basınç seviyelerinde fark 5 dB'den daha büyük olmamalıdır. Daha yüksek farkların elde edildiği durumlarda ara ızgara noktaları kullanılmalıdır.

Referans zaman aralıkları, trafik yoğunluğu ve sanayi fabrikalarında çalışma saatleri gibi kaynağın araştırılması sırasında değişimler tipik insan faaliyetlerini kaplayacak şekilde belirtilmelidir.

Akustik veri, ölçüm zaman aralığı sırasında aşağıdaki iki metottan biri ile elde edilebilir:

Numune Alma Teknikleri: Eşdeğer sürekli A-ağırlıklı ses basınç seviyesi ve değerlendirme seviyesi, uzun vade değerleri, referans zaman aralığı içindeki ölçüm zaman aralıklarının numunelerinden hesaplanır. Bu durumda, toplam ölçüm zaman aralığı sadece referans zaman aralığının bir parçası olur ve hiçbir ölçümün yapılmadığı aralıklarla ayrılmış bir kaç belirgin zaman aralıklarından meydana gelecektir.

Mevcut çevre gürültüsü ölçüm sonuçları ve ilgili faaliyetlerden gelen gürültü hesap sonuçlarıyla ilgili rapora ek olarak, gürültü bölgesi cinsinden bir veri de yararlı olabilir. 5 dB'in katları olan bölgeler arasındaki sınırları belirleyen tesviye eğrileri kullanılır. Kullanılan tesviye eğriler için atıflar, desibel cinsinden üst ve alt gürültü sınırları vermek suretiyle yapılmalıdır.

Farklı bölgeler, göz önüne alınan alanın bir haritası üzerinde renk ya da tarama şeklinde gösteriliyorsa, renklerin (veya taramanın) ve tarif edilen sınıfların kombinasyonu Çizelge 3.18'e uygun olmalıdır.

Çizelge 3.18 : Gürültü bölgelerine göre renkler ve taramalar (5dB Genişlik)

Gürültü Bölgesi (dB)	Renk	Tarama
35 altı	Açık yeşil	Küçük noktalar, düşük yoğunluk
35-40	Yeşil	Orta büyüklükte noktalar, orta yoğunluk
40-45	Koyu yeşil	Büyük noktalar, yüksek yoğunluk
45-50	Sarı	Yatay çizgiler, düşük yoğunluk
50-55	Kovu sarı	Yatay çizgiler, orta yoğunluk
55-60	Turuncu	Yatay çizgiler, yüksek yoğunluk
60-65	Zincifre	Çapraz tarama, düşük yoğunluk
65-70	Kızıl	Çapraz tarama, orta yoğunluk
70-75	Açık mor	Çapraz tarama, yüksek yoğunluk
75-80	Mavi	Geniş yatay şeritler
80-85	Koyu mavi	Tamamen siyah

4. GÜRÜLTÜ HARİTALAMA PRENSİPLERİ, AVRUPA VE TÜRKİYE’DE GÜRÜLTÜ HARİTALAMA ÇALIŞMALARI VE EYLEM PLANLARI

Gürültü haritalarının ana kullanımları, yerel, bölgesel veya ulusal düzeyde gürültü problemlerini tanımlamak ve sayılara dökmek; bu problemler hakkında kamuyu ve politikacıları bilgilendirmek; şehir planlama ve trafik planlama için nesnel bir temel oluşturmak; çevresel gürültü eğilimlerini izlemek; gürültü azaltımı için amaç ve hedef oluşturmak; gürültüyü kontrol etmek ve azaltmak için yerel, bölgesel ve ulusal planlamayı etkin hale getirmek ve mevcut kaynaklardan oluşan gürültünün azaltımı için eylem planları oluşturmaktır. (Yılmaz-Demirkale & Aşçıgil, 2007)

4.1 Gürültü Haritalama Prensipleri

Yayınlanan mevzuatların haricinde gürültü haritalamada Avrupa Komisyonu’nun yayımladığı “Good Practice Guide” en önemli yol gösterici belgedir. Mevzuatlar gürültü haritalama kullanılacak yöntemleri verse de, yöntemlerin uygulanması için kullanılması gereken verilerin nasıl toplanacağına dair Yönerge içermemektedir. Avrupa Komisyonu’nun yayımladığı “Good Practice Guide”, veri toplama ve işleme yöntemleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler içermektedir.

Çizelge 4.1 : Saatlik tepe akışı değerinden günlük, akşamlik ve gecelik trafik akışı verileri elde edilmesi için dönüştürme katsayıları örneği (WG-AEN, 2006)

Yol trafik akışı	Metropolitan / Ana yollar	Ara yollar
Qgündüz – 12 saatlik akış	= Qtepe x 12	= Qtepe x 0,7 x 12
Qakşam – 4 saatlik akış	= Qtepe x 0,7 x 4	= Qtepe x 0,5 x 4
Qgece – 8 saatlik akış	= Qtepe x 0,2 x 8	= Qtepe x 0,1 x 8

Çizelge 4.2 : YÖNERGE 2: Karayolu trafik akışı (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Gündüz, akşam gece trafik akışı	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Saatlik trafik akışı	Gündüz, akşam gece dönemleri için toplamak	< 0,5 dB	Orta
Gündüz ve gece trafik akışı	Örneklere göre dağılım uygulamak	1 dB	Orta

Sadece hafta içi trafik akışı	Haftasonu gündüz, akşam, gece için trafik akışı saymak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Örnek yollar seçerek haftasonu saymak ve benzer yollara uygulamak	< 0,5 dB	Yüksek
	Farklı yol tipleri için kabul edilmiş trafik akış istatistikleri kullanmak	< 0,5 dB	Az
	Hafta içi verisini haftasonu da kullanmak	1 dB	Az
24 saatlik trafik akışı	Örneklere göre dağılım uygulamak (%70 gündüz, %20 akşam, %10 gece)	1 dB	Az
7 gün (ya da daha fazla için) trafik akışı	Günlere eşit dağıtmak ve gün içi dağıtım uygulamak	1 dB	Az
Trafik akışı verisi mevcut değil	Gündüz, akşam, gece trafik akışı saymak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Örnek yollar seçerek saymak ve benzer yollara uygulamak	2 dB	Yüksek
	Tipik yol tipleri için kabul edilmiş trafik akış verisi kullanmak	4 dB	Az

Çizelge 4.3 : YÖNERGE 3: Ortalama karayolu trafik hızı (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Gündüz, akşam gece hızı	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Saatlik hız	Gündüz, akşam gece dönemleri için ortalamasını almak	< 0,5 dB	Az
Gündüz ve gece trafik akışı	Gündüz ve akşam için gündüz verisini, gece için gece verisini kullanmak	< 0,5 dB	Az
18 veya 24 saatlik hız	Veriyi gündüz ve akşam için kullanmak, gece için hız limitini kullanmak	< 0,5 dB	Az
Sadece hafta içi hız	Hafta içi verisini haftasonu da kullanmak	< 0,5 dB	Az
	Hız verisinin mevcut olmaması durumundaki yöntemleri kullanmak		
Hız verisi mevcut değil	Radar ya da benzer teknolojilerle ölçüm yapmak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Belirli bir uzaklıkta, bir aracın yolculuk zamanını ölçerek hız hesaplamak	< 0,5 dB	Yüksek
	Ortalama araç akışında araç sürerek hızı belirlemek	1 dB	Yüksek
	Hız limitini kullanmak	2 dB	Orta
	Benzer yollardaki verilerden tahmin etmek	2 dB	Az

Çizelge 4.4 : YÖNERGE 4: Ağır araç oranı (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Gündüz, akşam gece oran	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Saatlik oran	Saatlik oranların gündüz, akşam, gece için ortalamasını almak	< 0,5 dB	Orta
Gündüz ve gece oranları	Gündüz ve akşam için gündüz verisini, gece için gece verisini kullanmak	< 0,5 dB	Az
	Örneklere ve kabul edilmiş istatistiklere göre dağılım uygulamak	< 0,5 dB	Orta
24 saatlik oran	Kabul edilmiş istatistiklere göre dağılım uygulamak	< 0,5 dB	Orta
	Tüm yollarda trafik saymak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Örnek yollar seçerek saymak ve benzer yollara uygulamak	< 0,5 dB	Yüksek
	Kabul edilmiş dağılım oranları kullanmak	1 dB	Orta
Sadece hafta içi oranı	Haftasonu gündüz, akşam, gece için trafik saymak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Örnek yollar seçerek haftasonu saymak ve benzer yollara uygulamak	< 0,5 dB	Yüksek
	Farklı yol tipleri için kabul edilmiş trafik akış istatistikleri kullanmak	< 0,5 dB	Az
	Hafta içi verisini haftasonu da kullanmak	1 dB	Az
Oran verisi mevcut değil	Gündüz, akşam, gece trafik saymak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Örnek yollar seçerek saymak ve benzer yollara uygulamak	< 0,5 dB	Yüksek
	Tipik yol tipleri için kabul edilmiş trafik verisi kullanmak	1 dB	Az
	Kabul edilmiş veriler kullanmak	2 dB	Az

WG-AEN (Çalışma grubu – Gürültüden etkilenme değerlendirmesi) uzun dönem trafik akışı, kompozisyon ve hız ölçümlerinin gerçek veriler olarak kullanılmasını ya da uzun dönem gündüz, akşam, gece verileri için dönüştürme katsayıları oluşturulmasında kullanılmasını tavsiye etmektedir. Yerleşimlerde, farklı yol tipleri için farklı katsayılar hesaplanması gerekebilir. Saatlik tepe akışı değerinden (Qtepe) günlük, akşamlık ve gecelik trafik akışı verileri (Qgündüz, Qakşam, Qgece) elde edilmesi için dönüştürme katsayıları örneği (Centre d'études sur les réseaux, les

transports, l'urbanisme et les constructions publiques' – Fransa, sadece büyük şehirlerde uygulanabilir) Çizelge 4.1’de verilmiştir. (WG-AEN, 2006)

Çizelge 4.5 : YÖNERGE 5: Yol yüzey tipi (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet	
Akustik yol yüzeyi parametreleri ölçümle belirli	Kullanılabilir	< 0,5 dB		
Akustik yol yüzeyi ölçümü gerçekleştirilecek	(CPX) Yakınlık ölçümü: Kalite değişimleri ve yaş etkilerini içerir, ISO 11819-2	< 0,5 dB	Yüksek	
	(SPB) İstatistiki geçiş ölçümü: Tüm yol için geçerlidir, ISO 11819-1	< 0,5 dB	Çok yüksek	
Yol yüzeyinin fiziksel özellikleri		1 dB	Orta	
Sadece görsel veriye dayalı yol yüzeyi	Yüzey	Düzeltilme	1dB	Az
	Düzensiz kaldırım taşı	4,8		
	Düzenli kaldırım taşı	3,1		
	Çimento beton/Bozuk asfalt	1,1		
	Pürüzsüz asfalt	0,0		
	Drenaj asfaltı	-2,7		
	Gözenekli, düşük gürültü asfalt	-3,5		
Sadece yol tipi	Yolları farklı kategorilere ayırarak her tip için en muhtemel yol yüzeyi tipini belirlemek	2 dB	Az	
Veri mevcut değil	Tüm yolları yoğun asfalt varsaymak (düzeltme 0 dB)	3 dB	Az	

Çizelge 4.6 : YÖNERGE 6: Yol birleşimlerinde hız değişimleri (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Yol parçalarında azalan ve artan trafik	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Trafik ışıklarının olduğu yol birleşimleri	Eğer trafik yönü biliniyorsa, yolu parçalara ayırmak: Azalan: 3 * Hız limiti (birleşimden önce, m) Artan: 2 * Hız limiti (birleşimden sonra, m)	< 0,5 dB	Yüksek
	Eğer trafik yönü bilinmiyorsa, sürekli akış varsaymak	1 dB	Az
Veri mevcut değil	Alan çalışması ile trafik ışıklarını belirleme ve 2. yöntemi uygulama	< 0,5 dB	Yüksek

	Hava fotoğrafları ile trafik ışıklarını belirlemek ve 2. yöntemi uygulamak	< 0,5 dB	Orta
	Bilgisayar algoritması ile trafik ışıklarını belirlemek ve 2. yöntemi uygulamak	< 0,5 dB	Az
	Sürekli akış varsaymak	1 dB	Az

Çizelge 4.7 : YÖNERGE 7: Yol eğimi (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Tüm yol parçaları için yol eğimi	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Topografya modeli	Yol eğimini topografya modelinden hesaplamak	< 0,5 dB	Orta
Tepe, tünel ve viyadüklerin yeri	Tepe, tünel ve viyadüklerin yeri bilindiğinde, gözlem ile aşağıdaki eğimlerden birini seçmek	< 0,5 dB	Az
	Gözlem		
	Az		
	Orta		
	Dik		
	Eğim ve yükseklik ölçmek	< 0,5 dB	Yüksek
Veri mevcut değil	Eğim ve yükseklik ölçmek	< 0,5 dB	Yüksek
	%0 eğim kabul etmek	3 dB	Az

Çizelge 4.8 : YÖNERGE 11: Kaynağa yakın yer yüksekliği (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Geçit ve toprak setleri de içeren dijital topografya modeli	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Yolun GPS yüksekliği	Yol yüksekliğini ölçmek ve topografya modeli ile karşılaştırarak toprak set ve geçitlerin yükseklik bilgilerini belirlemek	< 0,5 dB	Orta
	Ölçüm ya da gözlem ile ses yayılımı sağlayacak objeleri belirlemek	< 0,5 dB	Orta
Yol kesitleri	Yol kesitinden yüksekliğini belirlemek	1 dB	Orta
Toprak set için standart yükseklik	Yol	2 dB	Az
	Ana yol		
	Yerel yol		
Veri mevcut değil	Kaynakların 1,5 metre yükseklikteki toprak set üzerinde olduğunu varsaymak	> 5 dB	Az

Alanı 250 m²'den veya genişliği 3 m'den az olan bölgelerde yer yüzeyi tipi farklılaşmasının hesaplamaya katılmamasını tavsiye edilmektedir. Gürültü haritalamada tünellerde oluşan gürültünün hesaba katılmaması ve tünel açıklığının yansıtıcı yüzey olarak atanmasını tavsiye edilmektedir.

Çizelge 4.9 : YÖNERGE 12: Geçitler ve toprak setler (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Geçit ve toprak setlerin dijital bilgisi	Geçit ve toprak set bilgilerini dijital modele aktararak 3 boyutlu modelde dikkatlice kontrol etmek	< 0,5 dB	Orta
Geçit ve toprak setlerin pozisyon ve yüksekliklerinin belirli olması fakat dijital modelde bulunmaması	Geçit ve toprak setlerin çevre bilgisini dijital modele dikkatlice aktarmak	< 0,5 dB	Orta
Geçit ve toprak setlerin pozisyon ve yüksekliklerinin belirli olmaması	Yerinde araştırma yaptıktan sonra:		
	Pozisyon ve yükseklik bilgisi toplamak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Resmi kaynaklardan kağıt üzerinde veri alarak geçit ve toprak setlerin çevre bilgisini dijital modele dikkatlice aktarmak	< 0,5 dB	Orta
	Yüksekliği belirleyip hava fotoğraflarından yararlanarak çevre bilgisini dijital modele dikkatlice aktarmak	1 dB	Orta
	Alan araştırması ile pozisyon ve yükseklik belirledikten sonra çevre bilgisini dijital modele dikkatlice aktarmak	1 dB	Az
	Geçitlerde önemli bir kaynak bulunmadığı takdirde geçitleri yok saymak	1 dB	Az

Çizelge 4.10 : YÖNERGE 13: Yer yüzeyi tipi (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Yansıtıcı ve emici yüzeyler	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Arazi kullanımı sınıflandırması	GIS'teki arazi kullanımı haritaları için sınıflandırmak (1,0 tamamen emici)	1 dB	Orta
Şehir, banliyö ve kırsal sınıflandırması	Şehri tamamen yansıtıcı, banliyöyü %50 yansıtıcı, kırsalı tamamen emici varsaymak	2 dB	Az
Veri mevcut değil	Tümünü yansıtıcı yüzey seçmek	3 dB	Az

Çizelge 4.11 : YÖNERGE 14: Yollara yakın bariyer yükseklikleri (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Yola göre bariyer yüksekliği	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Bariyer bitiş yüksekliği	Yola göre yüksekliği bulmak için çıkartmak	< 0,5 dB	Orta
	Kesitten bariyer yüksekliği hesaplamak	< 0,5 dB	Orta
Gözlem ile bariyer yüksekliği	Yola göre bariyer yüksekliği gözlemlemek	1 dB	Orta
	Alçak, orta, yüksek gibi sınıflandırarak yükseklik atamak	2 dB	Az

Çizelge 4.12 : YÖNERGE 15: Bina yüksekliği (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Bina yükseklikleri	Kullanılabilir	< 0,5 dB	
Kat sayısı	Ortalama kat yüksekliği ile kat sayısı çarpmak	1 dB	Orta
Veri mevcut değil	Yüksekliği hesaplamak için hava fotoğrafları kullanmak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Arazide kat sayıp ortalama kat yüksekliği ile çarpmak	1 dB	Yüksek
	Hava fotoğrafları kullanarak kat sayıp ortalama kat yüksekliği ile çarpmak	1 dB	Orta
	Bina tipleri için sabit bina yüksekliği kullanmak	2 dB	Az
	Tüm binalar için sabit yükseklik kullanmak	3 dB	Az

END’e göre, “sessiz cephe, Lden değeri binanın en yüksek Lden değerine sahip cepheden en az 20 dB daha az olan cephedir”. Sessiz cephenin 55 dB’den az gürültüye maruz kalması gerektiği önerilmektedir. Izgara aralıkları 10 metreyi geçmemelidir. Dar yollarda karşılıklı binaların bulunduğu bölgelerde ızgara aralıkları 2 metreye kadar inebilir. (WG-AEN, 2006)

Çizelge 4.13 : YÖNERGE 16: Bina ve bariyerler için ses azaltım katsayısı α_r (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Ses azaltım katsayıları	Kullanılabilir	< 0,5 dB	Orta
Veri mevcut değil	Ses azaltım katsayısı ölçmek	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Ulusal tanımlanmış katsayıları kullanmak	2 dB	Az
	Kabul edilmiş katsayıları kullanmak	1 dB	Az

	Yapısı	Önerilen ar		
	Tamamen yansıtıcı (cam, çelik, vb.)	0,0		
	Düz duvar ya da yansıtıcı gürültü bariyeri	0,2		
	Girintili çıkıntılı duvar (balkonlu, vb.)	0,4		
	Yutucu duvar ya da gürültü bariyeri	0,6 veya üreticiden		

Çizelge 4.14 : YÖNERGE 17: Yayılıma elverişli meteorolojik koşulların oluşma oranı (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet	
Yerel meteorolojik veri	Kullanılabilir	< 0,5 dB	Çok yüksek	
Ulusal yönetmelik, standart ya da kabul edilmiş veriler	Kullanılabilir	2 dB	Orta	
Veri mevcut değil	Kabul edilmiş değerleri kullanmak:		3 dB	Az
	Zaman dilimi	Yılda ortalama oluşma olasılığı		
	Gündüz	%50 yayılıma elverişli koşul		
	Akşam	%75 yayılıma elverişli koşul		
	Gece	%100 yayılıma elverişli koşul		

Çizelge 4.15 : YÖNERGE 18: Nem ve sıcaklık (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Gerçek nem ve sıcaklık verileri	Kullanılabilir	< 0,5 dB	Az
Veri mevcut değil	Nem ve sıcaklık verisi toplamak	1 dB	Çok yüksek
	Ulusal kabul edilmiş veri kullanmak (XP S 31-133 standardı 15°C ve %70 nisbi nem)	3 dB	Az

Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6, Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12, Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16, Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18’de verilerin toplanması ve işlenmesi için yönergeler verilmiştir.

Çizelge 4.16 : YÖNERGE 19: Konut binalarına nüfus verisi atamak (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Her binadaki kişi sayısı	Tekil nüfus verisini toplam nüfus verisine dönüştürmek: - Ulusal istatistiklerden alandaki doğru toplam nüfusu belirle - Toplam kayıtlı nüfusu hesapla = binadaki kişi sayısı * bina sayısı - Normalleştirme katsayısı hesapla = toplam kayıtlı nüfus / doğru toplam nüfus - Binadaki gerçek kişi sayısını hesapla = binadaki kişi sayısı * normalleştirme katsayısı	1 dB	Orta
Haritalama alanındaki kişi sayısı	- Her konut binasındaki kişi sayısını belirle - Toplamı ulusal istatistiklerle karşılaştır - Eğer gerekiyorsa “Tekil nüfus verisini toplam nüfus verisine dönüştürmek” yöntemini uygula	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Eğer konut katları toplam alanı biliniyorsa, - Hesapla = konut katları toplam alanı / nüfus - Binanın konut katı alanını hesapla = GIS’ten bina alanı * Kat sayısı (Kat sayısı için GIS kullan, alan çalışması yap ya da bina yüksekliğinden hesapla) - Binadaki kişi sayısı = Binanın konut katı alanı / kat alanı / nüfus - Ulusal istatistiklerle karşılaştır ve eğer gerekiyorsa “Tekil nüfus verisini toplam nüfus verisine dönüştürmek” yöntemini uygula	1 dB	Orta
	Eğer konut katları toplam alanı bilinmiyorsa, - Ulusal istatistiklerden “kat alanı / nüfus” verisini elde et (Mevcut değilse, “veri mevcut değil” yöntemlerine bak) - Binanın konut katı alanını hesapla = GIS’ten bina alanı * Kat sayısı (Kat sayısı için GIS kullan, alan çalışması yap ya da bina yüksekliğinden hesapla) - Binadaki kişi sayısı = Binanın konut katı alanı / kat alanı / nüfus - Ulusal istatistiklerle karşılaştır ve eğer gerekiyorsa “Tekil nüfus verisini toplam nüfus verisine dönüştürmek” yöntemini uygula	2 dB	Orta
Veri mevcut değil	- Her binadaki nüfusu say - Ulusal istatistiklerle karşılaştır ve eğer gerekiyorsa “Tekil nüfus verisini toplam nüfus verisine dönüştürmek” yöntemini uygula	< 0,5 dB	Çok yüksek
	- Araştırma yaparak farklı tip binalarda (ayrık, blok, farklı kat sayılı, vb.) yaşayan kişi sayısı ortalamalarını belirle - Ulusal istatistiklerle karşılaştır ve eğer gerekiyorsa “Tekil nüfus verisini toplam nüfus verisine dönüştürmek” yöntemini uygula	3 dB	Orta

Çizelge 4.17 : YÖNERGE 20: Konut binalarındaki konut ünitesi sayısı ve konut ünitesi başına düşen nüfusu belirlemek (WG-AEN, 2006)

Gerekli bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Konut binalarındaki konut ünitesi sayısı	Tüm binalardaki tüm konut ünitelerini saymak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Mevcut dijital kayıtları kullanmak	2 dB	Çok yüksek
	Aşağıdaki bilgilere göre tahmin yapmak: - Boyutu ve yeri: bina yüksekliği, kat sayısı, kat alanı, arazi kullanımı - Bina tipi (arazi araştırması yaparak): ayrık, yarı ayrık, teraslı, çok katlı yerleşimler	3 dB	Orta
	Aşağıdaki bilgilere ve istatistiki verilere göre tahmin yapmak: - Kişi başına düşen yaşama alanı - Konut başına düşen yaşama alanı - Belirli bir alandaki kişi sayısı - Belirli bir alandaki konut sayısı	1 dB	Orta
Konut ünitesi başına düşen nüfus	Tüm konut ünitelerindeki tüm kişileri saymak	< 0,5 dB	Çok yüksek
	- “Konut binalarındaki konut ünitesi sayısı” yöntemlerini kullan - “Konut binalarına nüfus verisi atamak” yöntemlerini kullan		

Çizelge 4.18 : YÖNERGE 21: Çok amaçlı kullanımı olan binalarda, konut ünitelerindeki kişilere gürültü düzeyi atanması (WG-AEN, 2006)

Mevcut bilgi	Uygulanabilir yöntem	Hata payı	Maliyet
Konut binasının içindeki konut ünitelerinin yerleri biliniyor	Bina cephelerindeki gürültü düzeylerine göre her konut ünitesinin her cephesi için düzey belirle. Buna göre her konut ünitesi için en yüksek düzeyde gürültüye maruz kalan cephesini belirle.	< 0,5 dB	Çok yüksek
	Izgara noktalarındaki gürültü düzeylerine göre her konut ünitesinin her cephesi için düzey belirle. Buna göre her konut ünitesi için en yüksek düzeyde gürültüye maruz kalan cephesini belirle.	1 dB	Yüksek
Konut binasının içindeki konut ünitelerinin yerleri bilinmiyor	Bina cephesindeki en yüksek gürültü düzeyine sahip cepheyi her konut ünitesi için en yüksek düzeyde gürültüye maruz kalan cephe olarak ata.	3 dB	Orta

	Izgara noktalarındaki gürültü düzeylerine göre her konut ünitesi için en yüksek düzeyde gürültüye maruz kalan cepheyi belirle.	3 dB	Az
--	--	------	----

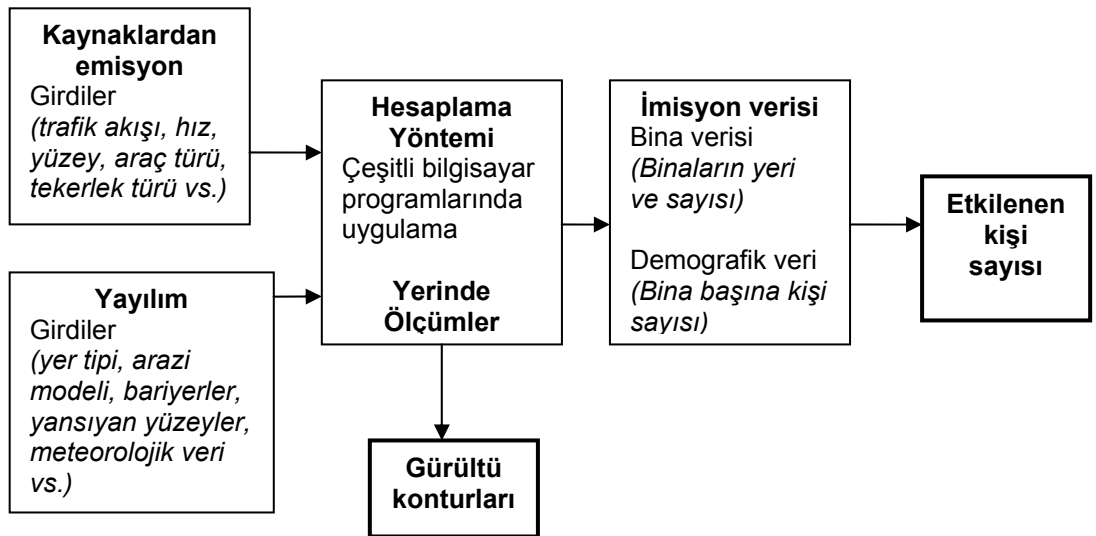
4.2 Avrupa’da Gürültü Haritalama Çalışmaları

Çevresel Gürültü Yönetmeliği 2002/49/EC (END)’e göre Avrupa Birliği üye ülkelerindeki yetkili kurumların, Temmuz 2007’ye kadar 250.000 nüfuslu yerleşimlerde, Temmuz 2012’ye kadar 100.000 nüfuslu yerleşimlerde stratejik gürültü haritaları hazırlaması gerekmektedir.

2002/49/EC Çevresel Gürültü Yönetmeliği üç ana prensibe dayanmaktadır:

1. Uyum (gürültü göstergeleri, gürültü değerlendirmesi, hesaplama yöntemleri, ölçüm yöntemleri, izleme, strateji ve mevzuat)
2. Gürültü haritaları oluşturacak şekilde gürültü hakkında bilgi toplamak
3. Halkı mevcut gürültü durumu, strateji ve gürültü azaltımı finansmanı konularında bilgilendirmek.

Gürültü haritaları Avrupa ülkelerinde 1970lerden beri üretilmektedir. Fakat, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi hakkındaki bu yönetmelik (END), Avrupa’da gürültü haritalama prosedürünü uyumlu hale getirmek ve çevresel gürültüye karşı halk sağlığını korumak için Avrupa düzeyinde gerçekleştirilen ilk teşebbüstür.



Şekil 4.1 : Modelleme ile gürültü haritalamanın kavramsal şeması

Avrupa düzeyinde bazı kapsamlı raporlar hazırlanmıştır:

1. DEFRA (İngiltere Çevre, Yiyecek ve Kırsal İşler Bakanlığı) tarafından hazırlanan ve çeşitli Avrupa ülkelerinde gürültü mevzuatının durumu ile ulusal, bölgesel ve yerel ölçekte gürültü haritalama girişimlerini içeren “Gürültü Ortamı Değerlendirmesi: İngiltere ve Avrupa uygulamalarının gözden geçirilmesi” adlı rapor
2. Harmonoise projesine bağlı Imagine projesinin gürültü haritalama sırasında çeşitli ülkelerde edinilen tecrübelerini toplayan rapor
3. Avrupa Komisyonu çalışma gruplarının raporları (Örneğin Good Practice Guide)
4. Gürültü hakkında mevzuat hazırlamaya yardımcı çeşitli raporlar

Gürültü haritalama süreci, yöntem seçimi, ölçümler, modelleme, verilerin tanımlanması, emisyon değerlerinin hesaplanması (gürültü konturları, gürültü ızgaraları, vs.) ve gürültüden etkilenen kişi sayısının belirlenmesini içermektedir. Eğer modelleme yöntemi seçilmiş ise, çok çeşitli verilerin toplanması gerekmektedir. Bu veriler, gürültü kaynakları-emisyon, gürültü yayılım, emisyon olarak gruplandırılabilir. (Şekil 4.1)

Aşağıda, çeşitli Avrupa ülkelerindeki karayolu gürültü haritalaması çalışmaları ve sonuçları irdelenmiştir.

4.2.1 Almanya

Almanya Berlin’de gürültü haritaları üzerine ayrıntılı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Ayrıca Augsburg ve Filder şehirlerinin de karayolu gürültü haritaları verilmiştir.

4.2.1.1 Berlin verileri

Berlin karayolu ağı yaklaşık 5,140 km’dir. Trafik gürültü seviyeleri bu alanın 1,302 km’si için onaylanmıştır. Bu seçilen alan, ana karayollarını, şehir içi alanı, 50 km/saat hız sınırına sahip olan tüm yolları ve tüm tramvay ağını kapsamaktadır.

“Ana Yol Ağı” trafik gürültü haritasında, hesaplanmış gündüz (06:00-22:00) ve gece (22:00-06:00) gürültü düzeylerini belirtilmektedir. Hesaplamalar tüm Almanya’da kullanılan RLS 90 yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.

Hesaplamaların esası bir yolun ortalama günlük trafik hacmine dayanmaktadır. 1998’de belirlenen ve yaygın trafik anketlerine dayanan değerde, kamyon trafiğinin

tüm trafik hacmine oranındaki mevsimsel dalgalanmaları da hesaba katılmaktadır. (Ripoll, A., 2005)

Bina parametreleri – binaların yoldan uzaklıkları, bina tipleri (açık-kapalı), yükseklikleri ve cephe tipleri (düz-girintili çıkıntılı) – Otomatik Berlin Emlak Haritası’ndan (2001) elde edilmiştir.

Yol parametreleri – yol yüzeyi, yolun bir girintide ya da toprak set üzerinde olması, gürültü engellerinin varlığı (duvar- toprak set), açık şerit sayısı, izin verilen azami hız – 2003 sonbaharında tüm ağ boyunca yerinde tespit ile elde edilmiştir. Yukarıda belirtilen parametrelerin tümünü tam anlamıyla içermek için, 1302 km’lik yol ağı 7494 parçaya ayrılmıştır. Bu parçalarda özellikle binaların yoldan uzaklıkları incelenmiştir.

Binaların gündüz ve gece gürültü seviyelerinin yanında, binalardan bağımsız olarak, planlama yapmak amacıyla, yol kenarlarından 25 m uzaklıkta gürültü seviyeleri de hesaplanmıştır.

Kaçınılmaz bir şekilde, gürültü haritaları sadece kendi harita parçalarında bulunan bilgileri içermektedirler. 1:50000 ölçekte, örneğin trafik sinyallerinin etkisi doğru olarak gösterilemez. (Ripoll, A., 2005)

4.2.1.2 Berlin gösterge ve haritaları

Gürültü haritaları (Şekil 4.2), 5 dB(A)’lık seviye sınıfları ile, trafik gürültüsünden etkilenen bina cepheleri ile yol arasındaki bölgede, yerden 3,5 m yukarıdaki emisyon değerlerini gösterirler. Çizelge 4.19, Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21 karayolu gürültüsünden etkilenen alan, konut, konut sakini, okul ve hastane sayılarını özetlemektedir.

Çizelge 4.19 : L_{gag} ’a göre karayolu gürültüsüne maruz kalan konut sakini sayısı (Url-7)

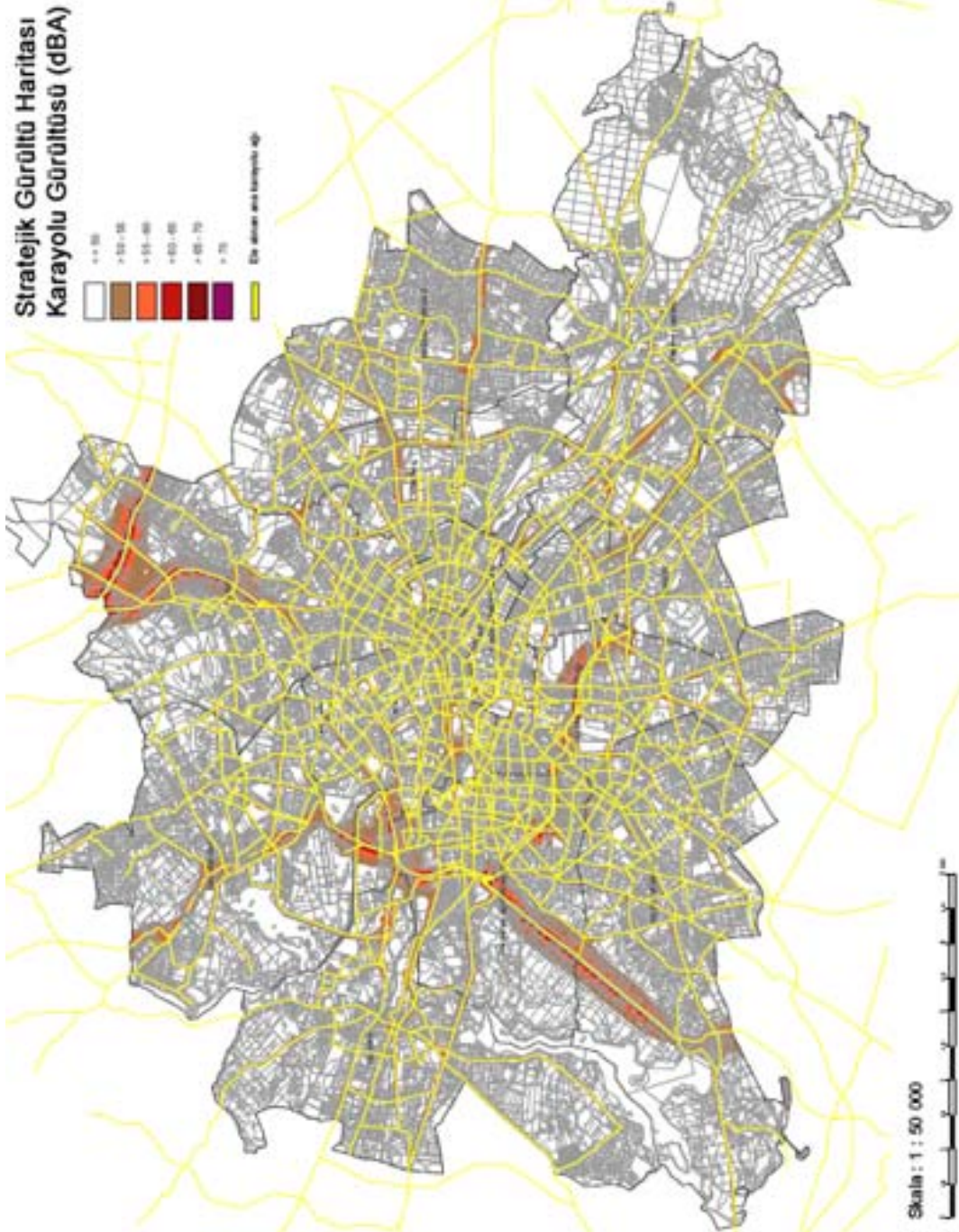
L_{gag} dBA	>55 - 60	>60 - 65	> 65 - 70	> 70 - 75	> 75
Kişi sayısı	220200	155000	140200	112600	20800

Çizelge 4.20 : L_{gece} ’ye göre karayolu gürültüsüne maruz kalan konut sakini sayısı (Url-7)

L_{gece} dBA	>50 - 55	>55 - 60	> 60 - 65	> 65 - 70	> 70
Kişi sayısı	183800	146400	135300	56300	1400

Çizelge 4.21 : L_{gag} (dBA) Karayolu gürültüsüne maruz kalan alanlar, konutlar, okullar ve hastaneler (Url-7)

	Toplam	>55	> 65	> 75
Alan, km ²	891,7	277,4	97,7	21,5
Konut sayısı	1881800	359300	151500	11500
Okul binası sayısı	2483	442	95	1
Hastane binası sayısı	762	140	34	0



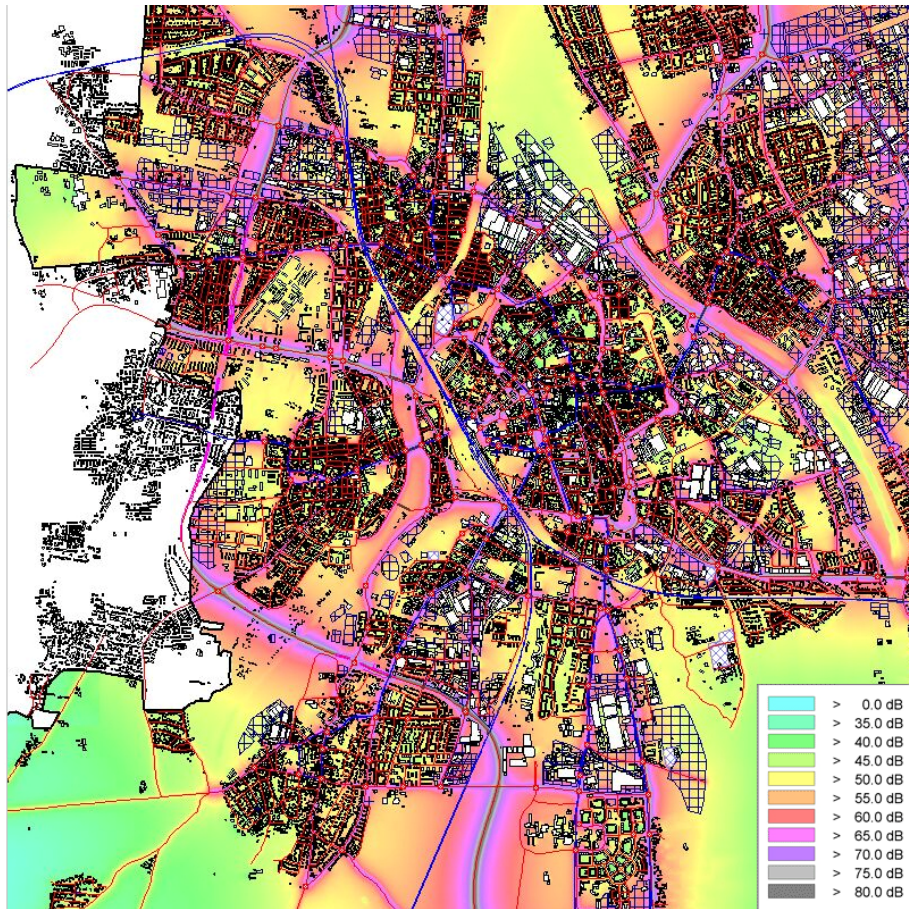
Şekil 4.2 : Berlin Karayolu Gürültü Haritası L_{gag} (Url-7)

Gürültü haritalarının yeni sürümünde, bölgenin kod numarasına göre bölgenin yer aldığı ilçe, cadde adı, yolların çift yönlü araç trafiği bilgileri, yolların çift yönlü, gündüz ve gece belediye otobüsü trafiği bilgileri, yolların çift yönlü, gündüz ve gece tramvay sayısı bilgileri, yol merkezinden binalara olan uzaklık, tramvay yolu merkezinden binalara olan uzaklık, binalarda genel seviye değerlendirmesi parametrelerine ulaşılabilmektedir. (Ripoll, A., 2005)

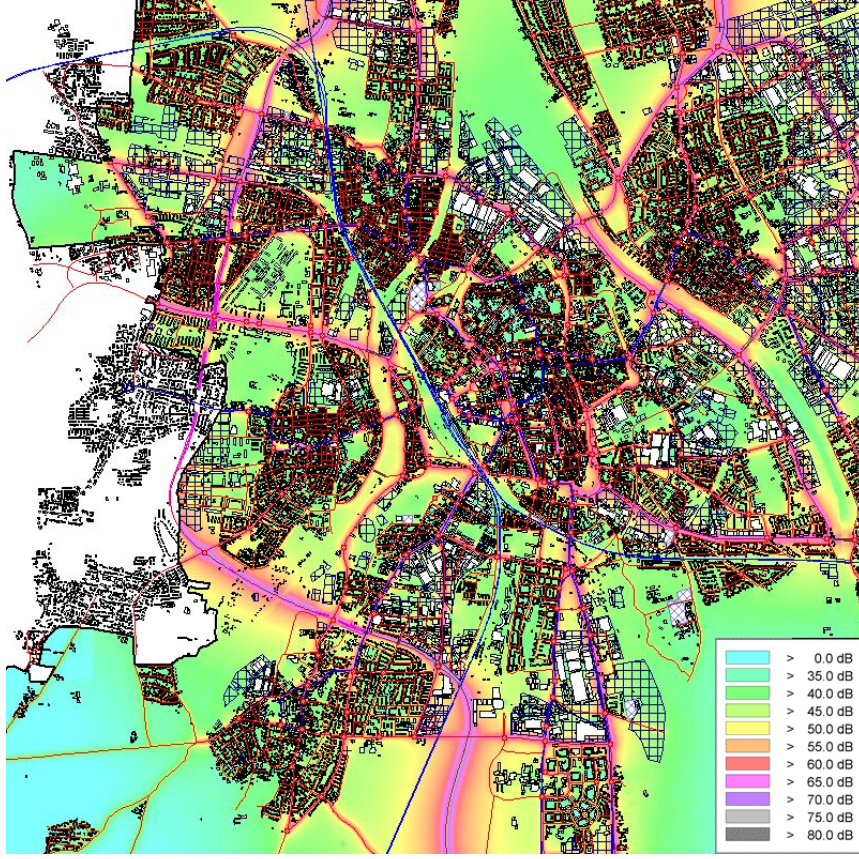
4.2.1.3 Berlin’de çıkarılan sonuçlar

Berlin belediyesindeki gürültü uzmanlarına göre gürültü hesabının en zor ve en pahalı kısmı gerekli bilgilerin toplanması olmuştur. Bina yükseklikleri, kat sayısına göre hesaplanmak zorunda kalınmış, trafik sayımı gündüz ve gece için ayrı olarak değil, 24 saatlik yapılmıştır. Hesap yapılan alanın büyüklüğü nedeniyle basitleştirilmiş “uzun düz parça” modeli seçilerek trafik gürültüsü sadece yol kenarındaki cepheler için hesaplanmıştır. (Ripoll, A., 2005)

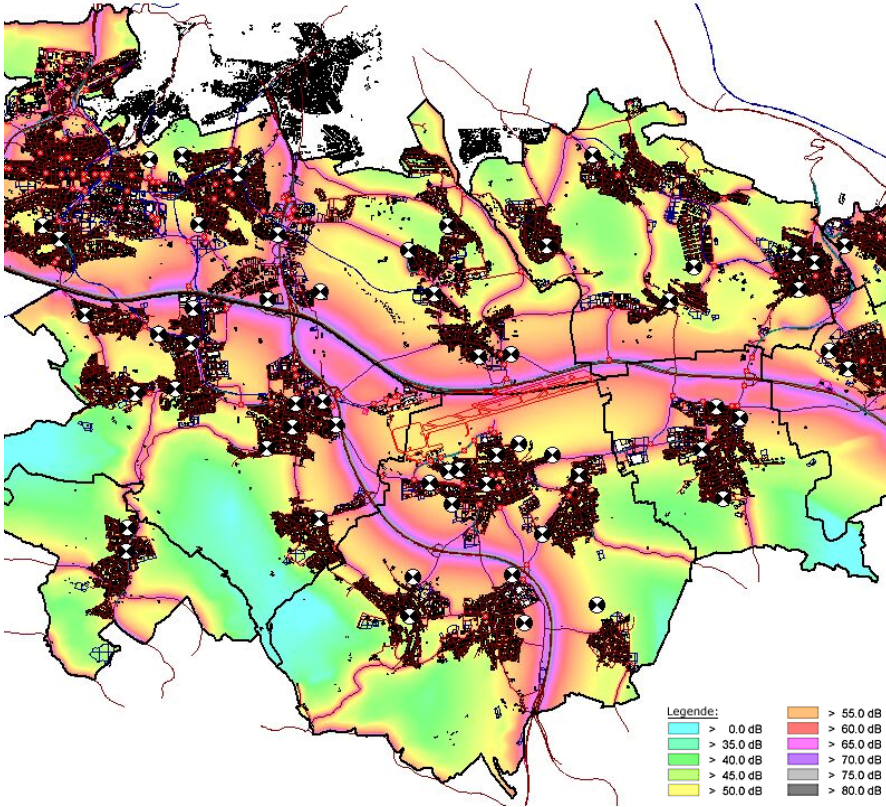
4.2.1.4 Augsburg ve Filder gürültü haritaları



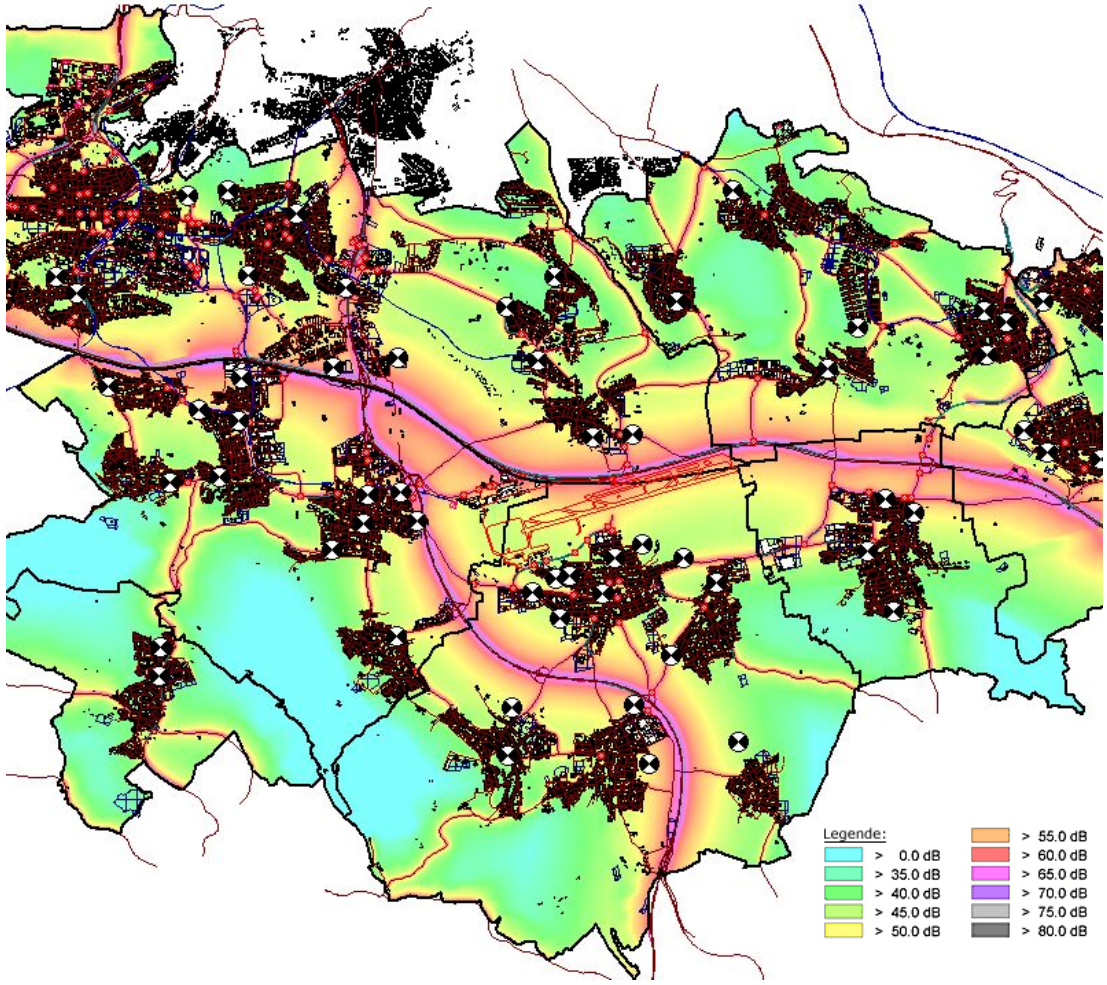
Şekil 4.3 : Augsburg karayolu gürültü haritası (Lgündüz) (Url-5)



Şekil 4.4 : Augsburg karayolu gürültü haritası (Lgece) (Url-5)



Şekil 4.5 : Filder karayolu gürültü haritası (Lgündüz) (Url-4)



Şekil 4.6 : Filder karayolu gürültü haritası (Lgece) (Url-4)

Augsburg, Bavyera eyâletinin güney-batısında yer almaktadır, Münih ve Nürnberg'den sonra Bavyera eyaletinin en kalabalık şehridir. 2005 nüfus sayımında şehrin nüfusu 262.140 olarak tespit edilmiştir.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te Augsburg, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da Filder şehirlerinin karayolu gürültü haritaları verilmektedir.

4.2.2 İngiltere

İngiltere'nin bir çok yerleşim alanında gürültü haritalama çalışması gerçekleştirilmiştir. Bunlardan Birkenhead, Blackpool, Bournemouth, Brighton, Bristol, Coventry, Hull, Leicester, Liverpool, London, Manchester, Nottingham, Portsmouth, Preston, Reading, Sheffield, Southampton, Southend, Teesside, The Potteries, Tyneside, West Midlands ve West Yorkshire yerleşimlerinin gürültü haritalarına internet üzerinden posta kodu girilerek ulaşılabilir. Londra ve

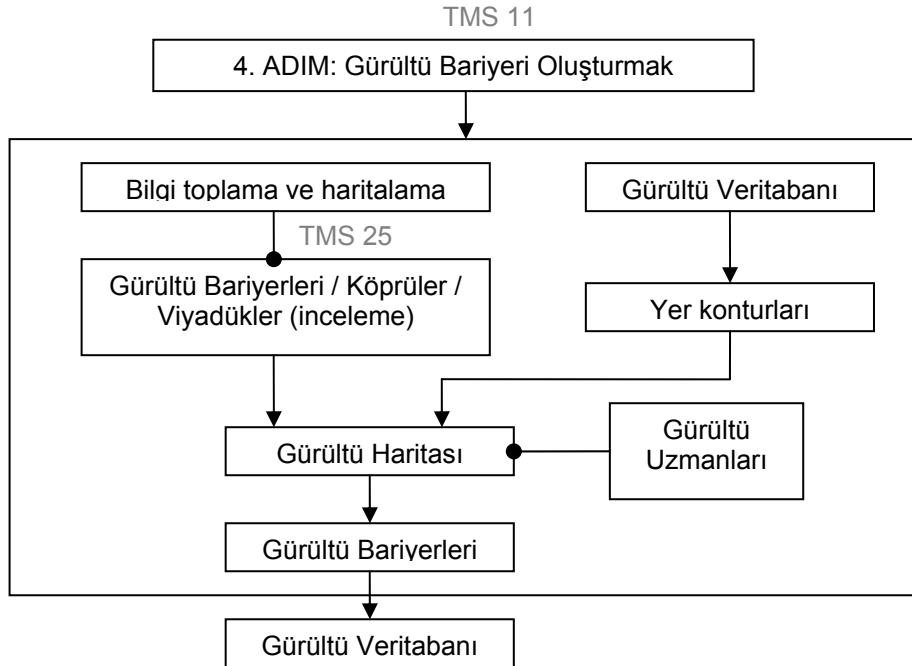
Birmingham gürültü haritalarının hazırlanma süreci hakkında bilgi aşağıda verilmiştir. (Url-2)

4.2.2.1 Londra

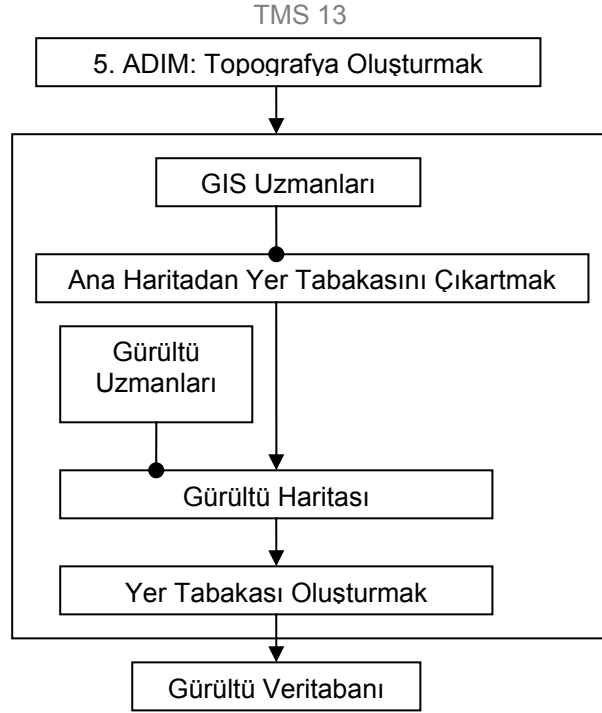
Londra Karayolu Gürültü Haritası, İngiltere hükümetinin ulusal çevresel gürültü stratejisinin bir parçasıdır ve Londra karayolu trafik gürültü seviyeleri konusunda bilgi vermektedir. Diğer tip gürültüler için projeler planlanmakta veya yapılmaktadır. Londra gürültü haritalanması için genel çalışma şeması aşağıdadır. (Ripoll, A., 2005)

4.2.2.2 Londra verileri

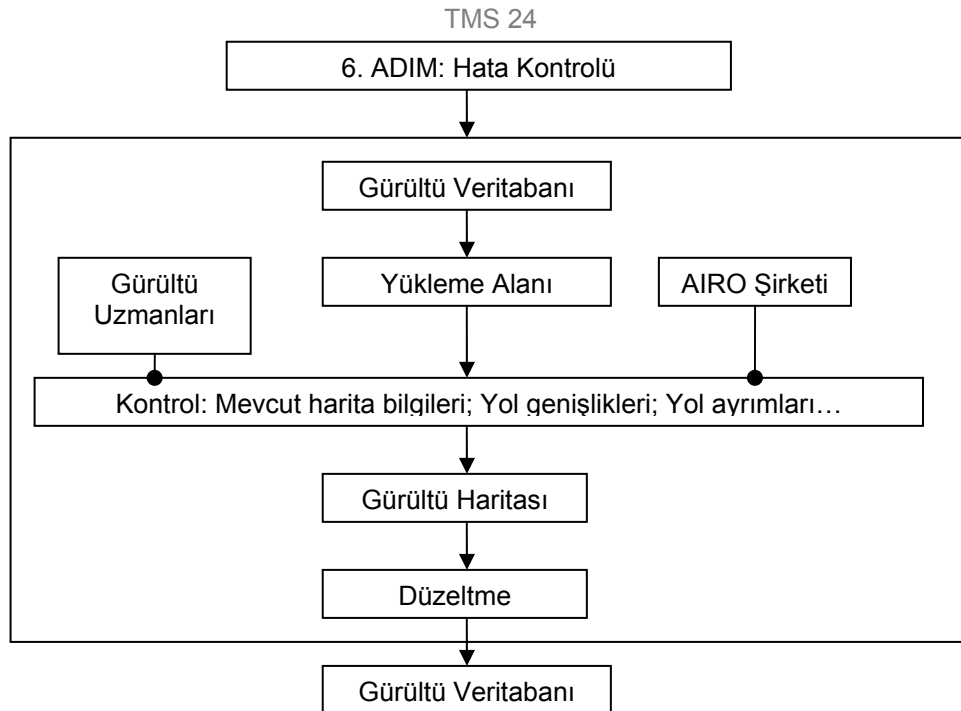
Londra Atmosferik Emisyon Envanteri'nde (LAEI), yolların konumu ve trafik akışının ayrıntıları hakkında ilk tahminleri verilmektedir. Bu bilgi, gerekli coğrafi doğruluğun ve trafik akımının gürültü hesabında kullanılabilmesi için başka bir formata dönüştürülmektedir. 520 km yolun (120578 yol parçası, 21100 farklı trafik akışı) merkez çizgileri LAEI veritabanından alınıp yol genişlikleri ana haritadan hesaplanmıştır. Ağ, yoğun yolları belirtmektedir, yol parçalarında en fazla 171800 (18 saat) araç akışı bulunmaktadır. Hesaplama kullanılan araç hızları saatte 20 km'den (en az 20 km/saat verisi girilmiştir) 106 km'ye değişmektedir. Toplam 120 km'lik 2300 gürültü bariyeri bulunmaktadır. (Ripoll, A., 2005)



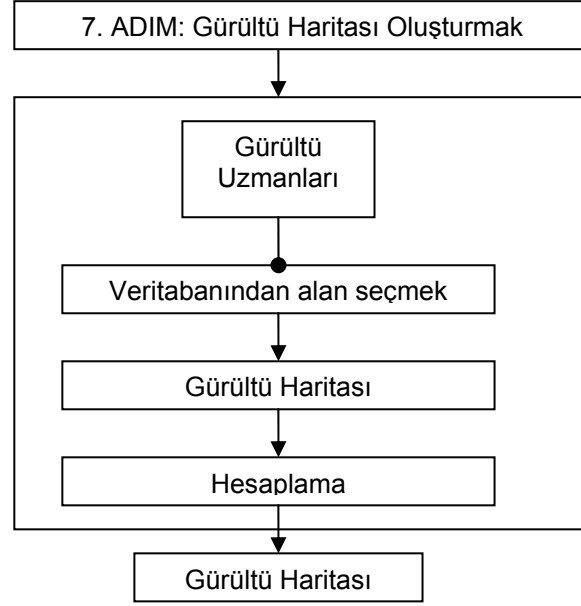
Şekil 4.7 : a: Londra Gürültü Modeli Oluşturma Adımları – Gürültü Bariyeri Oluşturmak (Ripoll, A., 2005)



Şekil 4.5.b : Londra Gürültü Modeli Oluşturma Adımları – Topografya Oluşturmak (Ripoll, A., 2005)



Şekil 4.5.c : Londra Gürültü Modeli Oluşturma Adımları – Hata Kontrolü (Ripoll, A., 2005)



Şekil 4.5.d : Londra Gürültü Modeli Oluşturma Adımları – Gürültü Haritası Oluşturmak (Ripoll, A., 2005)

Projenin gerekliliklerinden biri tüm modellenen yollar ve ana yollar için gürültü seviyesi bilgisi edinmektir. Ana yollar, Londra Yol Ağı için Ulaşım’a (TLRN) dahil ve otobanlar olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.22, gürültü yayılım modelinde gerekli veri gruplarını ve alınan kaynakları belirtmektedir.

Çizelge 4.22 : Yol parametrelerinin verileri ve kaynakları (Ripoll, A., 2005)

Gerekli girdi parametreleri	Kullanılan mevcut veri
Yol genişliği	OS Ana Haritası
Yol merkez çizgisi	OSCAR Mülk Yöneticisi
Yol trafik akışı	Londra Atmosfer Emisyon Envanteri
Trafik akışı çevirim faktörleri	Ulusal Trafik İstatistikleri
Yol tipi (ana/diğer)	Londra Yol Ağı için Ulaşım (TLRN)
Yol tipi (tek / çift yönlü)	Gözlem
	Yeni veri kaynağı
Yol yüzey tipi	İlçelerden istendi
Gürültü bariyerleri	İlçelerden istendi

Yollar, Yıllık Ortalama Günlük Trafik (AADT) akışına göre kategorize edilmiştir:

- o 16438 < akış sağlayan ana yollar,
- o 8219 < akış < 16438 sağlayan ana yollar,
- o Akış < 8219 sağlayan ana yollar,
- o 16438 < akış sağlayan diğer yollar,

- o 8219 < akış < 16438 sağlayan diğer yollar,
- o Akış < 8219 sağlayan diğer yollar,

Yol yüzeyi bilgileri Londra ilçelerinden istenmiştir. Aşağıda verilen her yol yüzeyi tipine göre düzeltme faktörü atanmıştır: (Ripoll, A., 2005)

- o Taranmış beton
- o Dokulu beton
- o Sessiz beton
- o Yüzeyi düzenlemiş beton
- o Yüzeyi düzenlenmiş sıcak dökülmüş asfalt
- o Gözenekli asfalt
- o İnce döküm asfalt
- o Taş macun asfalt

Yolların kuru, rüzgarın yoldan alıcıya estiği varsayılmıştır. Ana haritadan topografya eğrileri alınmıştır falan daha ayrıntılı olması için hava fotoğraflarından yol ve bentlerin yükseklikleri elde edilmiştir. Topografya modeli deniz seviyesinden 4 m – 267 m yükseklikte, 1,1 milyon noktalı 28000 eğri içermektedir. Buna göre üretilen 3 boyutlu modelin topografya yüzeyi yumuşak- ses emici olarak atanmıştır.

Gürültü bariyerlerinin gürültü haritalarında önemli yerleri vardır ama ince oldukları için haritada çoğu zaman yer almamışlardır. Bu nedenle yol ağı boyunca bariyerleri yeri ve yüksekliği fotogrametri yöntemi ile belirlenmiştir. Çizelge 4.23, gerekli veri gruplarını ve alınan kaynakları belirtmektedir. (Ripoll, A., 2005)

Çizelge 4.23 : Gürültü yayılım parametresi verileri ve kaynakları (Ripoll, A., 2005)

Gerekli girdi parametreleri	Kullanılan mevcut veri
Eğim yeri ve genişliği Sert topografya Yerinde bilgi toplama için çıktılar	OS Ana Haritası
Doğal topografya	Yer formu PROFILE
	Yeni veri kaynağı
Yapay topografya Yükseltilmiş yol ve köprüler Demiryolu topografyası	Fotogrametrik Londra Yol Ağı için Ulaşım (TLRN)
Gürültü bariyeri bilgileri	İlçelerden istendi

Bina tipleri konut, okul ve hastaneler olarak ayrılmıştır. Çizelge 4.24, gürültü imisyon parametreleri için gerekli veri gruplarını ve alınan kaynakları belirtmektedir.

Çizelge 4.24 : Gürültü imisyon parametrelerinin verileri ve kaynakları (Ripoll, A., 2005)

Gerekli girdi parametreleri	Kullanılan veri
Nüfus yoğunluğu	Census
Bina tipi	Address-Point
Hane halkı sayısı	
Bina konturları	OS Ana Haritası

Bu projede GIS ile çalışabilen WS Atkins Noise Map 2000 SE bilgisayar programı kullanılmaktadır. Veri Noise Map 2000'e girildiğinde otomatik olarak tanınmakta ve birden fazla bilgisayarda çalışabilmektedir. Programa girilmesi gereken ana özellikler:

Gürültü kaynağı: Araç akışı, Ağır araç oranı, Ortalama araç hızı, Yol yüzeyi

Gürültü yayılım yolu: Kaynaktan alıcıya uzaklık, Yerden kaynak noktasına ortalama yükseklik, Yer yüzeyinin akustik özelliği, Kaynaktan alıcıya görüş açısı, Bariyerlerin yarattığı yol farkı, Kaynağa yakın yansıtıcı yüzeyler (Ripoll, A., 2005)

4.2.2.3 Londra gösterge ve haritalar

Hesaplamalar Karayolu Trafik Gürültüsü Hesabı (CRTN) yöntemine göre, $L_{A10(18\text{saat})}$ veya $L_{A10(1\text{saat})}$ hesaplanmıştır. Bu proje için sonuçlar Ulaşım Araştırma Laboratuvarı (TRL) tarafından geliştirilen prosedüre ve END'e göre, $L_{\text{gündüz}}$, $L_{\text{akşam}}$, L_{gece} ve L_{gag} olarak değiştirilmiştir. Hesaplar 10 metre aralıklı, 4 metre yükseklikte bir ızgara ile yapılmıştır. (Şekil 4.8)

4.2.2.4 Londra'da karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar

Birmingham gürültü haritası tecrübesi, Londra gürültü haritasının hazırlanmasında en büyük zorluklardan birinin gerekli bilgiyi toplamak olacağını göstermiştir. Londra projesi sırasında gerekli veritabanlarını tanımlamak, elde etmek ve açıklarını kapatmak için çok zaman ve işgücü kullanılmıştır. Ver kazanımının çoğu, yol özelliklerini, yani sesin yoldan yayılımını tanımlamak ile ilgili olmuştur.

Londra belediyesinin yardımıyla yol yüzey tipleri belirlenmiştir, böylece daha sessiz yollar oluşturmak gürültü politikası olarak kullanılabilir. Eğer yol tipleri kesin olarak

bilinemeseydi, haritalama yolu ile bu politikanın etkisini tahmin etmek mümkün olamazdı.

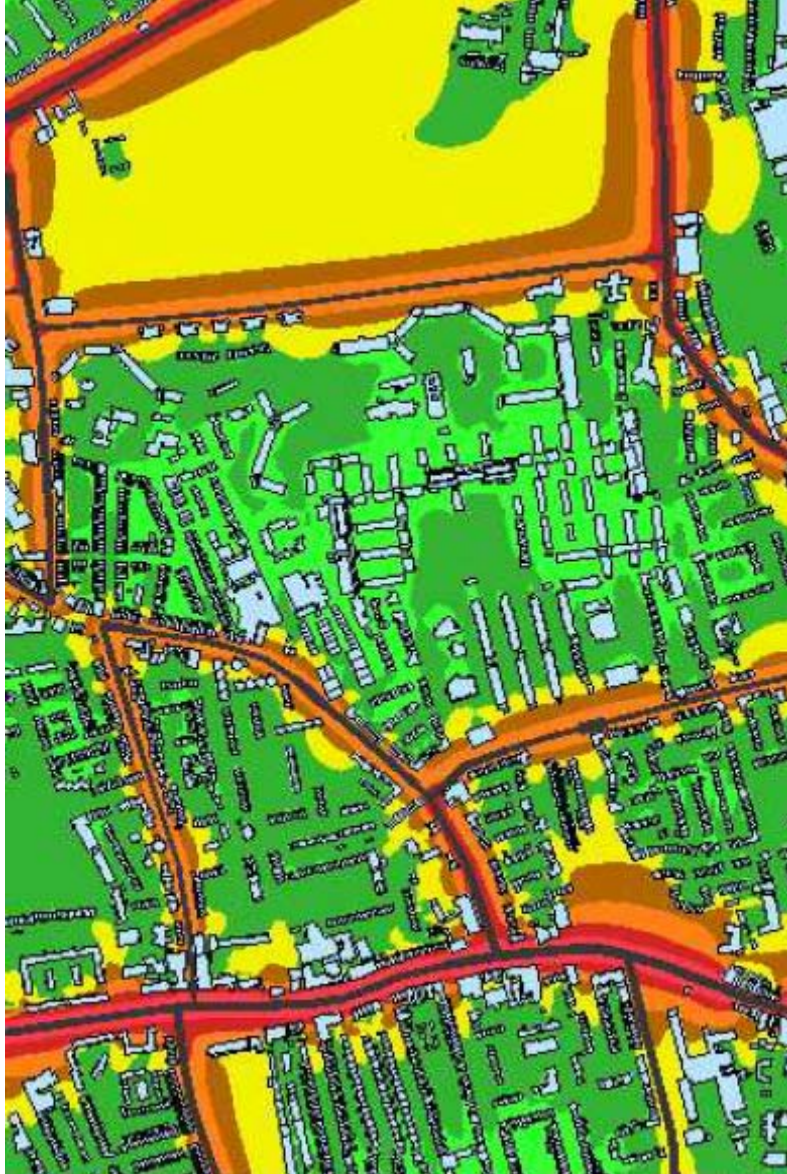


Şekil 4.8 : a. Londra Gürültü Haritaları - Londra’da bir gürültülü bölge ayrıntısı (Ripoll, A., 2005)

Veriler konusunda başka bir önemli konu da mevcut bilgiyi değiştirerek gerekli forma getirmek ve tüm veritabanlarını birleştirerek Londra’nın 3 boyutlu dijital modelini yapmak olmuştur. Buna, yol ile bina bilgilerinin doğru aktarımı ve topografya üzerine oturması da dahildir. İlerideki haritalamalarda bu işlemin daha etkin olması için neler yapılabileceği araştırılmalıdır.

Gece gürültüleri, gündüz trafik akışlarından ampirik formülle elde edilen tahminlerdir. Ampirik formülde kullanılan yol tipi sınıflandırması ile ilgili bir sorun,

sonuçlardan grlebilmifltir. “Anayol” ve “diğler yollar” olarak ayrılan yol tipi sınıflandırmalarına göre haritalama yapıldığında, bazı bölgelerde uyumsuzluk (rneğın Kuzey evre Yolu’nun M1 ile bağılantı bölgesi) gözlemlenmiştir. Bu nedenle ileride yollar otoyol olup olmamalarına göre değıl, akustik açıdan anayola benzeyip benzememelerine göre sınıflandırılmalıdırlar.



şekil 4.6.b : Londra Gürültü Haritaları - Londra’da bir sessiz bölge ayrıntısı (Ripoll, A., 2005)

Bu haritalama sonucunda bölgesel sonuçlar incelenirken stratejik haritalamanın hata payı konusuna dikkat edilmelidir. Bilgi toplanması için maliyet-fayda ilişkisi dşnlmek zorunda kalınmıştır. Londra Karayolu Trafıği Gürültü Haritası projesinin başlamasından bu yana, toplanan coğrafi verilerin sayısı ve kalitesi

artmıştır. Böylece uygun maliyetle ilerideki stratejik haritaların kapsamı artabilecektir. (Ripoll, A., 2005)

4.2.2.5 Birmingham

Birmingham, 330 km²'lik alanı ve 1 milyon nüfusu ile İngiltere'nin ikinci büyük şehridir. Şehir, İngiltere'nin yol ağının merkezindedir ve diğer tüm büyük şehirlere demiryolu ile bağlıdır. Birmingham Çevresel Hizmet Departmanı için amaç, stratejik planlama ve gürültü azaltım aracı olarak kullanılabilecek ve bir çok çevresel gürültü problemi için günlük kararlara yardımcı olabilecek Birmingham şehri gürültü haritaları hazırlamaktır. (Ripoll, A., 2005)

4.2.2.6 Birmingham verileri

Birmingham şehrinin içindeki ve hemen dışındaki toplam 880 km yol, normal bir iş gününde 24 saatte 2000 araçlık çift yönlü bir trafiği taşımaktadır. Bu 880 km, 1,900 farklı yol bölümüne ayrılmıştır. Her bir yol bölümü için, danışmana (Joint Data Team), Excel dosyası formatında, trafik akışı (24 saat, çift yön), hız ve ağır araçların verileri sağlanmıştır. Ayrıca, benzer veriler şehrin batı kanadını çevreleyen M5 otoyolu için de sağlanmıştır. Yollar Çizelge 4.25 'te görüldüğü üzere 4 sınıfa ayrılmıştır. (Ripoll, A., 2005)

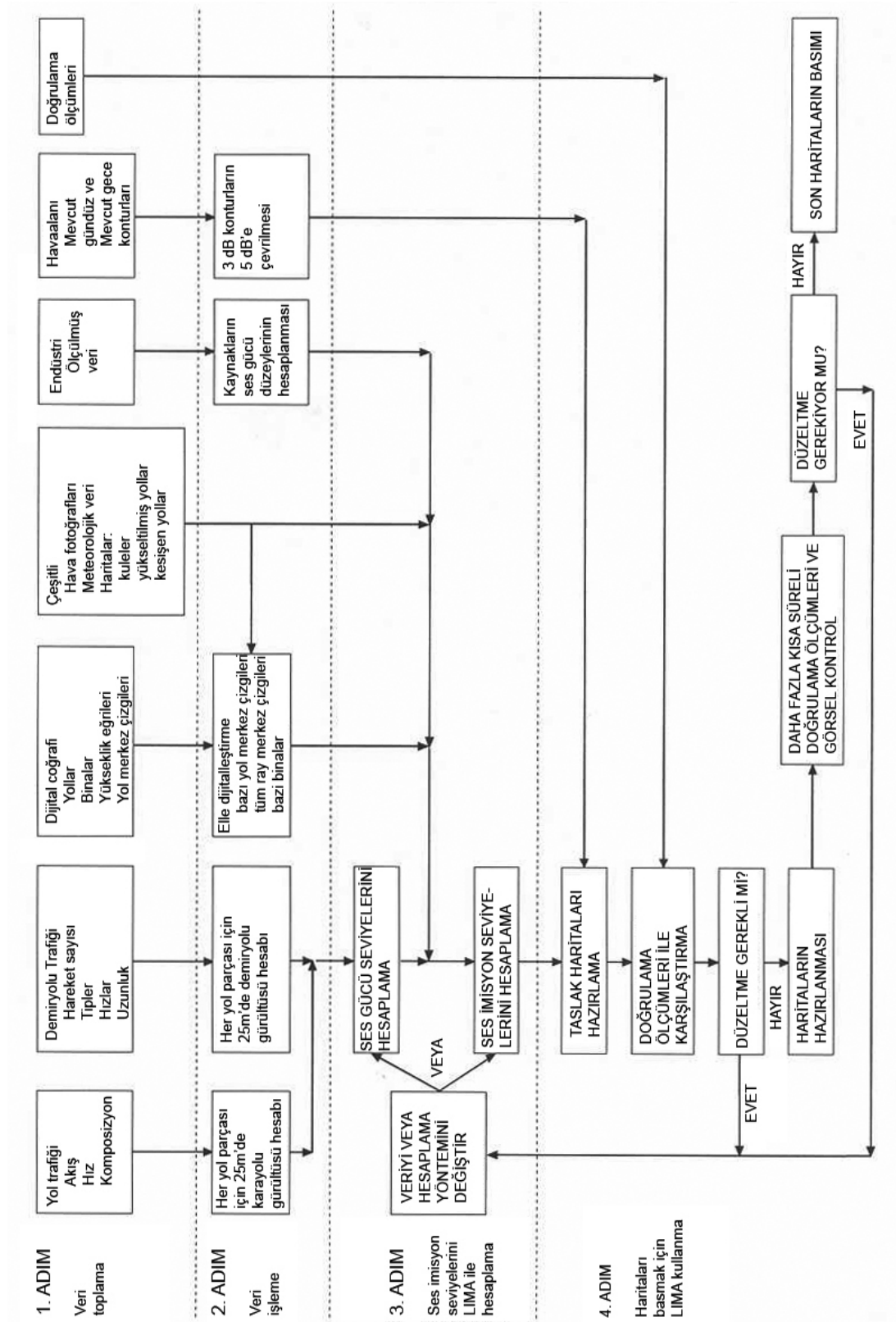
Çizelge 4.25 : Birmingham şehri yol sınıflandırması (Ripoll, A., 2005)

	Yol / Otoyol çeşidi	Gündüz süresince (07:00-23:00) trafik akışı yüzdesi
Sınıf 1	Çift şerit	% 93.0
Sınıf 2	A yolları	% 93.0
Sınıf 3	B yolları	% 94.7
Sınıf 4	Sınıflandırılmamış, şehir merkezi yolları dahil	Yollar % 94.8
Otoyollar		% 91.7

Modellenen trafik hızı, ölçülmüş hıza değil, yolculuk sürelerine dayandırılmıştır. Ölçülen hız ile modellenen hız karşılaştırıldığında, akan trafikte ölçülenin ortalama %30 daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, tüm model hızlara, en yüksek izin verileden en fazla 8 km/saat yüksek olacak şekilde %30 artırım yapılmıştır.

Yeterli veri olmadığı için gece zaman dilimlerinde ağır vasıta oranının ve araç hızının gündüz ile aynı olduğu varsayılmıştır. Şehir merkezi yolları için hız bilgisi olmaması dolayısıyla gündüz ve gece araç hızı 50 km/saat olarak kabul edilmiştir.

Yapılan bir başka kabul ise tüm yol yüzeylerinin doku derinliği 0.98 mm geçirimsiz bitüm olmasıdır.



Şekil 4.9 : Birmingham gürültü haritalarının hazırlanmasında atılan ana adımların akış şeması (Ripoll, A., 2005)

1900 yol bölümü 20880 parçaya ayrılmıştır. Eğimleri girilmiş, %6'dan fazla eğimi olanlara CRTN¹'ye1 göre %6 eğim verilmiştir.

Her yol parçası için sağlanan veriler ve CRTN'de verilen prosedür kullanılarak kaynaktan 25 m ötede L_{A10} gürültü seviyesi hesaplanmıştır. Bu gürültü seviyesi, LIMA programın yayılım modeli gereğince kullanılarak, her yol parçasının ses güç düzeyi/metre (L_{WA}/m) oranı hesaplanmıştır. LIMA programında karayolu trafiği gürültüsü için Alman standardı RLS90 yöntemi uygulanmıştır. Daha önce hesaplanan L_{A10} ile RLS90'ın kullandığı L_{Aeq} değerleri arasında bir ilişki kurulmuştur: (Ripoll, A., 2005)

$$P \leq 30 \text{ ise, } L_{Aeq} = L_{A10} - 3.6 (30-P) / 30$$

$$P > 30 \text{ ise, } L_{Aeq} = L_{A10} \quad (4.1)$$

Formülde;

P: Ağır araçların (3 tonun üzerindeki araçların) tüm araç sayısı içinde yüzdesi

L_{A10} : Belirli bir zaman dilimi içerisinde, %10'u aşılan gürültü düzeyi, dBA

Aşağıda yer alan veriler Birmingham Ekonomik Gelişme Başkanlığı'ndan (EDD) elde edilmiştir:

- o 500 x 500 metrelik 1360 adet kareden oluşan ve Birmingham ile yakın çevresindeki tüm binaları, karayollarını, demiryollarını ve açık kamu alanlarını kapsayan dijital harita
- o Tüm Birmingham'ı kapsayan ve 9 ayrı kareden oluşan dijital yükseklik konturları
- o Yolun orta hizası dijital verisi
- o Şehrin 1:50000 ölçekli Bitmap resmi
- o Birmingham sınırının dijital konumu

Bitmap resminin açılımla bu bilgilerin tümü Ulusal Aktarım Formatında (NTF) elde edilmiştir. Bu formatı LIMA tanıyamadığı için tüm veriler DXF formatına çevrilmiştir.

Gsm operatörlerinden binaların gerek yükseklik bilgilerini alma girişimleri başarısızlıkla sonuçlanınca bu bilgiler şehrin hava fotoğraflarından çıkartılmıştır.

¹ 1988'de, İngiltere Ulaştırma Bakanlığı tarafından çıkarılmış Calculation of Road Traffic Noise – Karayolu Trafik Gürültüsü Hesabı (CRTN - ISBN 0 11 550847 3)

Biyolojik ve Çevresel Bilimler (BESD) hava kirliliği bölümünden, Excel formatında 1993'ten 1997'ye, rüzgar hızı, yönü ve sıcaklık meteorolojik verileri alınmıştır.

Birmingham 1:25000 ölçekli haritası, mahal sınırlarını, önemli bariyerleri ve yol parapetlerini, yükseltilmiş yolları, kavşakları ve 21 sanayi sitesinin yerini göstermektedir.

500 x 500 metrelik karelerden oluşan dijital veriler, veri çeşitlerine göre (bina, yol, vs.) filtrelenerek 1 x 1 km'lik karelere dönüştürülmüşlerdir. LIMA programı kullanılarak köprüler, yükseltilmiş yollar ve kesişimler de oluşturulmuştur. Dijital ortamda binalar poligon haline getirilmiştir. Yol yüzeyinden en fazla 0.5 metreye yükselen parapetler hesaba katılmamıştır. (Ripoll, A., 2005)

LIMA programında kullanılan ses yayılım modeli ISO 9613-2'de anlatılan yöntemeye dayanmaktadır. Bu model, Birmingham'da çeşitli gürültü kaynaklarının A ağırlıklı ses gücü düzeylerinden, 10 x 10 metre ızgarada alıcı noktalarının uzun vadeli ses imisyon düzeylerini $L_{Aeq(T)}$ olarak hesaplamak için kullanılmıştır.

Başta, model, sesin yayılımına uygun (rüzgar yönünde) meteorolojik koşullarda $L_{Aeq(T)}$ hesaplamak için kullanılmıştır. Hesaplama yönteminde kullanılan ve LIMA'da modellenen faktörler aşağıdadır:

- o Kaynağın yönlenişi
- o Geometrik sapmalara göre azaltım
- o Havanın yutuculuğuna göre azaltım
- o Yer etkisine göre azaltım
- o Bina, bariyer, duvar gibi engellerin azaltımı

LIMA programındaki hesaplamalar oktav bantla değil, A ağırlıklı ses güç düzeyleri ile yapıldığı için, yer etkisi için, ISO 9613'ün 7.3.2 no'lu bölümünde anlatılan alternatif yöntem kullanılmıştır. Hava yutuculuğu içinse karayolu trafiğinde 1 km'de 4 dB azaltım olduğu kabul edilmiştir. (Ripoll, A., 2005)

4.2.2.7 Birmingham gürültü ölçüm verisi

Ses imisyon kontur haritası oluşturmak için en az birer haftalık, yerden 4 m yukarıda çeşitli ölçümler yapılmıştır. Harita oluşturacak danışmana bunların yanında uzun vadeli eksi ölçüm verileri de sağlanmıştır.

Birmingham'ın ilk gürültü haritalarında alıcılar 10 metre aralıkla yerleştirilmiştir, yani 10 x 10 metrelik ızgara oluşturulmuştur. (Ripoll, A., 2005)

4.2.2.8 Birmingham göstergeler ve haritalar

LIMA programı $L_{Aeq(uzun\ dönem)}$ ses imisyon düzeylerini hesapladıktan sonra, her 10 x 10 metrelik kare için ayrı sonuç dosyaları oluşturmuştur. Bu sonuç dosyaları, x ve y koordinatları, yükseklik ve gündüz ile gece için ses imisyon verilerinden oluşmaktadır. Bu sonuçlar gündüz ve gece için ayrı grafik dosyaları oluşturmakta kullanılmışlardır. Kontur çizimi sürecinde LIMA programı ızgara verilerini yumuşatarak çizmiştir.

Gürültü Etki Kategorisi Haritaları dışındaki tüm haritalar 5 dBA bant genişliklerinde üretilmiştir. Her bant için kullanılan renkler, DIN 18005 Bölüm 2'den alınmıştır ve 30 dBA'ya eşit veya daha az olan bölgeler için açık bir yeşil tonu eklenmiştir. (Ripoll, A., 2005)

4.2.2.9 Birmingham'da karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar

Birmingham Gürültü Haritalama Projesi başlamadan önce BESD'deki personelin akustik, elektronik ve modern bilgisayar teknolojisi konularında derin bilgileri olmasına rağmen, gürültü modelleme teknikleri hakkında hiçbir tecrübeleri yoktu. Konu hakkında bilgisi olan bir danışman tutulduğu halde, projenin tamamlanması 10 ay sürdü. İngiltere'de modern gürültü modelleme teknikleri hakkındaki bilginin durumu göz önüne alındığında, herhangi bir yerel otoritenin danışman yardımı almadan benzeri bir projeyi tamamlaması neredeyse imkansızdır.

Projenin başarısı için projenin ilk dönemlerinden itibaren elinde bilgi olan diğer bölümlerle işbirliği içine girmek ve verileri edinmek gereklidir. (Ripoll, A., 2005)

4.2.3 Fransa

Fransa'da END uyarınca yerleşim bölgeleri için gürültü haritaları oluşturulmuştur.

4.2.3.1 Paris

Paris'in gürültü haritaları oluşturulmuştur. İlçelerine göre ayrılan gürültü haritalarına Paris Belediye'sinin sayfasından ulaşılabilir. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de Paris'in merkezinden seçilen bir bölgenin karayolu gürültü haritaları verilmektedir.

4.2.3.2 Lyon

Lyon bölgesinin şehir planlamasını yapan organizasyon olan Greater Lyon, “GIpSyNOISE” isimli, gürültü seviyeleri ve etkilenen nüfusu hesaplayacak GIS tabanlı bir LIFE Çevre projesine başlamıştır. Proje Fransa Ekoloji ve Sürdürülebilir Gelişim Bakanlığı ile Avrupa Birliği tarafından desteklenmektedir. “GIpSyNoise”, GIS:ArcView8.3’ün (ESRI) gürültü yayılım hesaplarıyla, Cadna-A’nın (Datakustik) ızgarada gürültü hesabını birleştirmektedir. Kullanıcı, GIS’i arayüzdeki menülerle kullanırken, Cadna-A ArcView’a tamamen bütünleştirilmiştir. (Ripoll, 2005)



Şekil 4.10 : Paris merkezi karayolu gürültü haritası (Lgag) (Url-8)



Şekil 4.11 : Paris merkezi karayolu gürültü haritası (Lgece) (Url-8)

4.2.4 İsveç

Stockholm şehri, gürültü izlemelerine 1970lerin başlarında başlamıştır. Başlarda karayolu ve demiryolu gürültü haritalarının hazırlanmasına önem verilirken, son yıllarda belediye tüm şehri END'e uygun olarak GIS tabanlı haritalamaya başlamıştır.

4.2.4.1 Stockholm verileri

Karayollarının dijital haritaları Arcview formatında bulunmasına rağmen, trafik akışı, hızı ve ağır araç yüzdesi bilgileri kağıt üzerindedir ve dijitalleştirilmesi gerekmektedir.

Stockholm Belediyesindeki Ulaşım Departmanı, ana yollar için Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu (AADT) yol trafik akışı verisi sağlamıştır. Değerler İsveç Yol Yönetimi tarafından arazide 2000-2001 yıllarında hesaplanmıştır. Veriler

önceleri sadece hafta içi için bulunmakta iken, daha sonra hafta sonu günlerine de uyarlanmıştır.

L_{gag} 'ı hesaplamak için trafik akışının %72'sinin gündüz, %20'sinin akşam ve %8'inin gece döneminde gerçekleştiği varsayılmıştır. Ortalama hız ve ağır araç yüzdesi verileri Ulaşım Departmanı'nın 1994'te gerçekleştirdiği bir araştırmadan elde edilmiştir. (Ripoll, 2005)

Engelleri de içeren dijital topografya haritası yerel Çevre Departmanı'ndan edinilmiştir. Modelin izin verdiği tek meteoroloji verisi kaynaktan alıcıya 3 m/sn hızla esen sabit rüzgardır. (Ripoll, 2005)



Şekil 4.12 : Stockholm'un karayolu gürültü haritası (Ripoll, 2005)

Binaların taban alanları hakkında bilgi olmasına rağmen yükseklikleri hakkında bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle çeşitli kabuller yapılmıştır:

Taban alanı 20 m²'den az olan tüm binaların yüksekliği 3 m'dir.

Taban alanı 20 m²'den fazla olan tüm binaların yüksekliği 7 m'dir.

Belirli yüksek binalara, ortalama alınarak 20 m yükseklik atanmıştır.

Stockholm Belediyesi'nde her binanın değil, bina bölgelerinin (yaklaşık 150 bina içeren bölgeler) nüfus dağılımı bulunmaktadır. (Ripoll, 2005)

Stockholm şehrinin karayolu gürültü haritalaması için İskandinav Hesaplama Modeli -1996 (Nordic Calculation Method) kullanılmıştır.

4.2.4.2 Stockholm harita ve göstergeleri

2x2 m ve 4x4 m ızgaralı, $L_{eq}(24\text{saat})$ ve L_{den} 'i gösteren gürültü haritaları üretilmiştir. Haritalar, pencere yalıtımları ve gürültü bariyerleri bir bilgisayar sistemine girilerek gürültü düzeyleri, pencere sayısı, gürültü azaltım ve sonuçlar tek bir programda toplanmıştır. (Şekil 4.12)

4.2.4.3 Stockholm'de karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar

Binaların yüksekliği, binalarda yaşayan sayısı ve verilerin dijital ortamda bulunmaması gibi sorunlar nedeniyle girdi verilerinin toplanması hesaplamaların yapılmasından daha uzun sürmüştür. (Ripoll, 2005)

4.2.5 Avusturya

1.6 milyon yaşıyanı ile Viyana belediyesi, aynı zamanda federal bir devlettir. Avusturya'da, gürültü ile ilgili yasama yetkisi, hem federal hükümette, hem de biri Viyana şehri olan toplam 9 adet federal devlet hükümetinde bulunmaktadır. Tümünün, çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi ile ilgili 2002/49/EC yönetmeliğini tutarlı sonuçlar verecek şekilde uygulaması için teknik Yönergeler geliştirilmiştir.

Otoyollar, demiryolları, havayolları ve bazı sanayi bölgeleri Avusturya federal hükümetinin sorumluluğundayken, otoyollar dışındaki diğer tüm yollar ve diğer sanayiler federal devlet hükümetlerinin sorumluluğundadır. 2012'ye kadar yıllık trafik yoğunlukları ne kadar olursa olsun tüm otoyolların ve havaalanlarının gürültü haritaları çıkarılmak zorundadır. (Ripoll, 2005)

4.2.5.1 Viyana verileri

Ana yollar ve yol parçalarının trafik yoğunluğu hem hafif hem de ağır araçlar için mevcut olmasına rağmen, gündüz-akşam-gece dönemleri için ayrı veriler mevcut değildir. Bu nedenle hesap yönteminde verilen standart değerler kullanılmalıdır.

Yerel yönetimdeki “Şehir Gelişimi ve Planlaması” biriminde tüm şehir için bir trafik modeli oluşturulmuştur. Trafik bilgisayar programı (VISUM) yardımı ile otomatik ve manüel sayım bilgileri birleştirilmiştir. Tüm yollar için günlük trafik yoğunluğu

verileri mevcut olmadığı için yollar, yerel yönetim birimlerinden “Trafik organizasyon ve teknik trafik sorunları” ile birlikte 6 kategoriye ayrılarak trafik yoğunlukları tahmin edilmiştir. Ağır araç bilgileri ve benzeri konularda bilgi mevcut olmadığı için RVS 3.02 hesaplama modelinde 4 farklı yol tipi için verilen standart değerler kullanılmıştır.

Viyana’daki yol ağı toplam 2800 km’dir; bunun yaklaşık 1000 km’si için günlük trafik yoğunluğu verisi mevcuttur, kalanı ise daha küçük yollarıdır. Yol ağının 51 km’si federal hükümetin yetki alanına giren otoyollardır. Otoyollar dışındaki yolların 287 km’sinin yıllık akışı 6 milyon araçtan fazladır, 191 km’si ise 3 ile 6 milyon araç arasındadır. (Ripoll, 2005)

En az 1 metre karelik alanlar için yutuculuk verisi (yutucu alanlar ve yansıtıcı alanlar) bulunmaktadır. Gürültü haritaları hesaplanırken en az 10 metre karelik alanlar göz önüne alınacaktır. Cephelerin yutuculuğu için 0,8 yansıtıcılık katsayısı kabul edilmiştir.

Gürültü haritalarının hesaplanması için dijital topografya modeli gereklidir. Bina verisi içeren bir topografya modeli yerel yönetimde bulunmaktadır. (Ripoll, 2005)

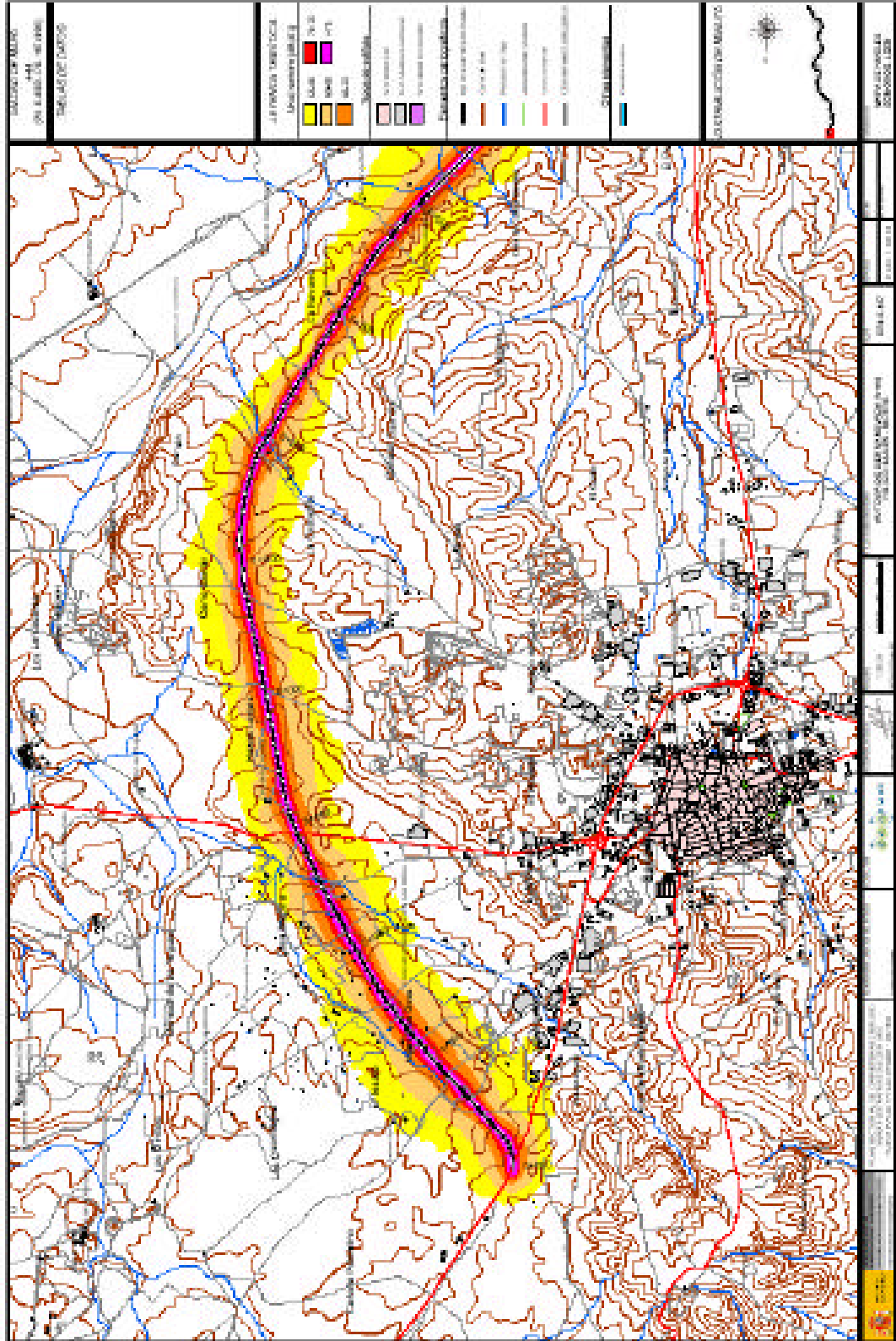
Bina bilgileri 0,01 metrelik hata payı ile bina çevre çizgilerini ve yoğun bölgelerde 0,1 ile daha az yoğun bölgelerde 0,5 metrelik hata payı ile bina ve saçak yüksekliklerini göstermektedir. Yüzeydeki fazla detaylı bilgilerin (çıkıntı, cumba gibi) hesaplama süresini yarar sağlamadan arttıracığı ve 0,25 metrede bir tesviyenin uygun olacağı varsayılmaktadır.

Viyana şehri nüfus verisi yönetim birimlerinde kat ve bina tabanlı olarak bulunmaktadır. (Ripoll, 2005)

Karayolu gürültü hesaplaması “RVS 3.02 teknik kuralı –Çevresel Koruma-Gürültüden Korunma” tahmin yöntemi ile yapılmıştır. Datakustik GmbH’den CADNA-A programı kullanılmıştır. 2,5 x 2,5 km’lik parçalar hesaplanarak, yüksek yoğunluklu bölgeler için daha küçük alanlar hesaplanmıştır. Çıktı 5 dB’lik aralıklarla renklendirilmiş ve etkilenen insan sayısı tüm Viyana şehri için belirlenmiştir. (Ripoll, 2005)

4.2.5.2 Viyana harita ve göstergeleri

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’te Viyana’nın gürültü haritaları verilmektedir.



Şekil 4.15 : İspanya’da ana karayolu gürültü haritalaması örneği, Lgag (Aspuru, Segues, Rubio & Vazquez, 2006)

Madrid ve Vitoria-Gasteiz’da daha önce gürültü haritalama konusunda yapılan çalışmalar aşağıda anlatılmaktadır.

4.2.6.1 Madrid

Madrid’de, gürültü haritalama sürecinden önce, uygun tekniğin seçilmesi için araştırma yapılmıştır. Sonuç olarak belediyenin Çevre ve Şehir Servisleri Birimi, 30 istasyonda Akustik Kirlilik İzleme Ağı kurulmuştur. Sistem, edinilen bilgileri, bölgeye akustik yayılım ilkelerine göre dağıtmaktadır. Böylece gürültü haritaları daha hızlı bir şekilde güncellenmektedir. (Ripoll,2005)

4.2.6.2 Madrid ölçüm ve hesap yöntemleri

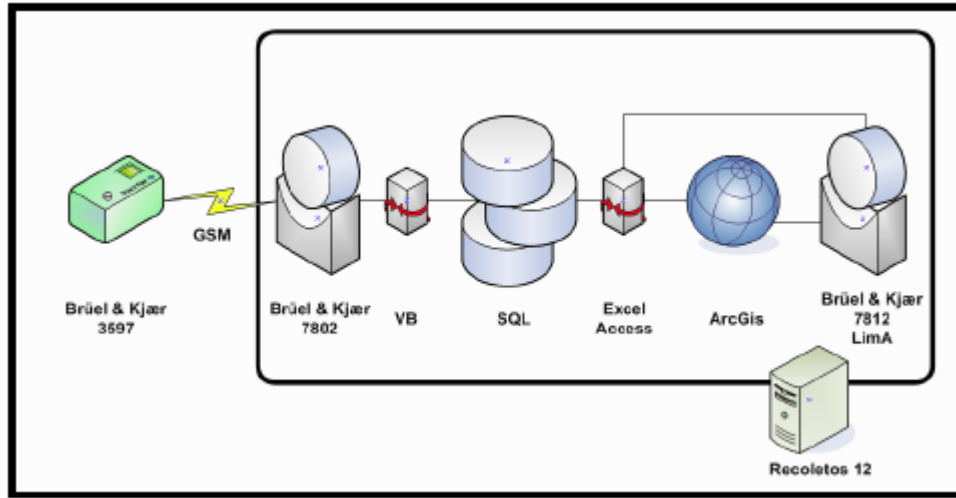
Madrid için gürültü haritalama aracına “Madrid’in Akustik Haritasını Dinamik Güncelleme Sistemi” (SADMAM) ismi verilmiştir. SADMAM, gürültü ölçüm sistemi (B&K 3597 modeli ve B&K 4184 mikrofon), GPS’li veri toplama sistemi ve sunucuya bilgi göndermek için telekomünikasyon sistemi içeren 3 araçtan oluşmaktadır. Veriler GSM mobil telefon sistemi ile Veri İşleme İstasyonuna gönderilmektedir. B&K 7802 veri iletişimi ve veri toplama ile sorumludur. Veriler alındığında, doğrulanır ve bir veri tabanında saklanır. Mobil istasyonlarda gürültü verilerinin dışında ölçüm özellikleri, alan tanımı, gürültü kaynakları da raporlanmaktadır.

Akustik Kirlilik İzleme Ağından elde edilen verinin tarihi analizi yıllık ortalama değerlerin elde edilmesinde kullanılmıştır. Mobil ağdan elde edilen kısa dönem (en az 4 saatlik) ölçümler ise eski verilerin üzerine eklenerek yeni yıllık veriler ortaya çıkarılır. Ölçülen gürültü seviyeleri işlendikten sonra, dijital model yardımı ile haritalama süreci devam eder. Seçilen sistem B&K LIMA 7812C modelidir.

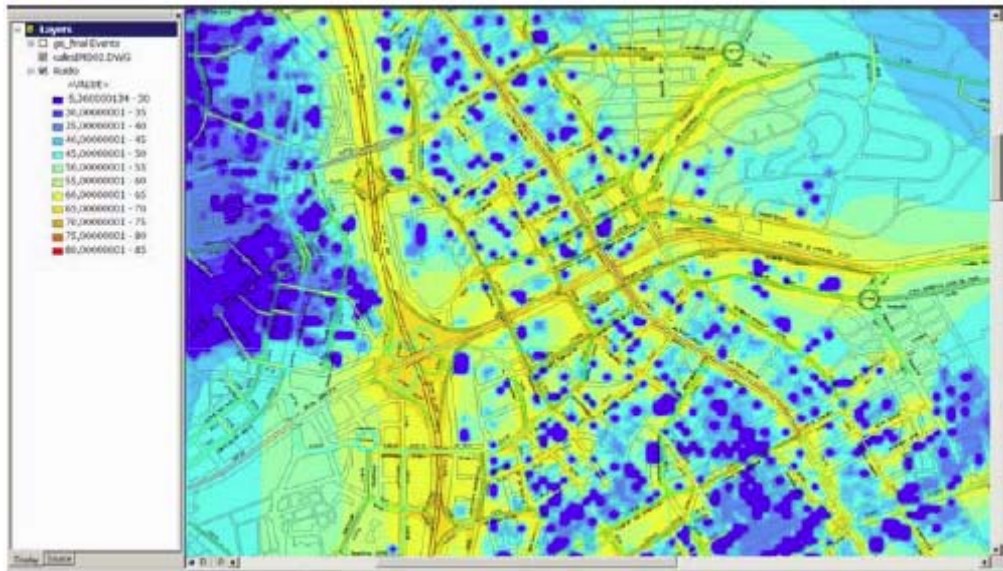
Dijital harita 1/1000 ölçeğinde, 65000 Hektar alanı kapsayan, 117 katmanlı, DXF dosyalarından oluşan bir haritadır. Üç değişik ızgara genişliğinde (50, 25 ve 10 metre) haritalar üretilmiştir. (Ripoll,2005)



Şekil 4.16 : SADMAM mobil istasyonlarındaki ekipmanın bir fotoğrafı (Ripoll,2005)



Şekil 4.17 : SADMAM işleme şeması (Ripoll,2005)



Şekil 4.18 : Gürültü verisi ile GIS birleşimine bir örnek (Ripoll,2005)

4.2.6.3 Vitoria-Gasteiz

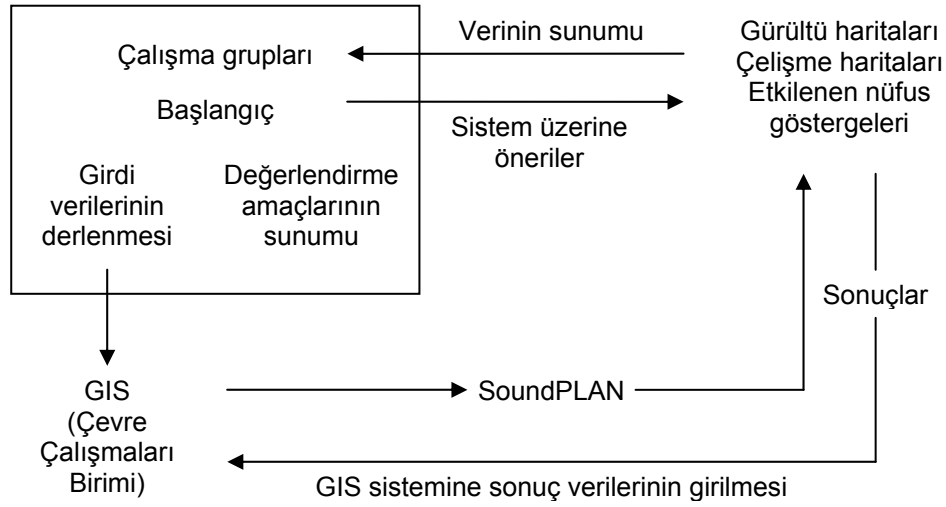
Vitoria-Gasteiz, İspanya'nın kuzeyindeki Bask özerk bölgesinin idari başkentidir. Vitoria-Gasteiz Belediyesi Çevre Birimi, Çevre Çalışmaları birimi ve modelleri hazırlamak için Uygulamalı Akustik şirketi birlikte çalışarak gürültü haritalama çalışmalarını başlatmışlardır.

Buna paralel olarak Çevre Birimi, yılda 3-4 kez gürültü haritalama takip toplantıları düzenlemektedir. Bu toplantıların amacı gürültü haritalama konusundaki tarafları ve

ilgili belediye birimlerini bir araya getirerek girdi verilerini ve tarafların ürettikleri gürültü etkilerini paylaşmaktır.

Vitoria-Gasteiz belediyesi, gürültü haritalamanın sadece veri toplama çalışması değil, ilgili tüm birimlerin gürültü kalitesinin sağlamakta, gürültü engellemekte ve planlamada kullanabileceği bir yönetim aracı olmasını amaçlamaktadır. (Ripoll,2005)

Aşağıdaki şema Vitoria-Gasteiz gürültü haritalama prosedürünü özetlemektedir.



Şekil 4.19 : Gürültü haritalama iş şeması (Ripoll,2005)

4.2.6.4 Vitoria-Gasteiz verileri

Şehircilikte Ulaşım Birimi şehirleşmiş alanların çoğu için günlük trafik kapasitesi verisine sahiptir. Kavşaklarda bulunan yüz adetten fazla trafik sayma istasyonu ile her 15 dakikada bir sayım yapılmaktadır. Trafik teknisyenlerinin tavsiyesine göre, ortalama günlük trafik yoğunluğu Mayıs ve Temmuz aylarından birer haftalık ortalama veriye göre hesaplanmıştır.

Diğer yollarda trafik sayım istasyonları olmadığı için yakınlığa veya uzantılarına göre benzer karakterdeki yolların trafik yoğunlukları, ağır araç oranları, hız, yol yüzey tipi ve trafik sistemi tahmin edilmiştir.

Tüm yollar, ortalama günlük yoğunluk, ağır araç sayısı ve her yol tipi için belirlenen ortalama hız bilgileri ile birlikte GIS'e işlenmiştir. (Ripoll,2005)

Haritacılık Biriminden elde edilen 3 boyutlu 1/500 ölçeğindeki harita topografyayı, bariyer ve bina yüksekliklerini kapsamaktadır.

Cephedeki imisyon haritaları her binada yaşayanlarla karşılaştırılarak gürültü göstergeleri hesaplanmaya başlanmıştır. Sicil ve kadastro bilgilerinden oluşturulan nüfus verisi, bina ve kat tabanlı olarak belediyenin GIS verilerinde bulunmaktadır. (Ripoll,2005)

SoundPLAN akustik modelleme programında, END'in tavsiye ettiği NMPB-Routes-96 karayolu gürültüsü hesaplama yöntemi kullanılmıştır.

4.2.6.5 Vitoria-Gasteiz harita ve göstergeler

Yerden 4 metre yükseklikte oluşturulmuş konturlu Lgag ve Lgece gürültü haritaları ve her bir gürültü kaynağı için gürültü imisyon verilerini içeren haritalar kamu bilgisine sunulmuştur. Diğer haritalar iç değerlendirme amacıyla yapılmıştır ve genellikle mahalle düzeyinde, çok daha ayrıntılı ve tek ya da bütünleşik kaynak etkisi göstermektedirler.

İki tip gösterge üretilmiştir. İlk gösterge (B8) istenen gürültüden daha fazlasına (Lgag > 65 dBA) günde 24 saat maruz kalan ve istenen gürültüden fazlasına (Lgece > 55 dBA) gece boyunca maruz kalan nüfus alt göstergeleri içermektedir. İkinci tip gösterge, yerel gürültü yönetimi göstergesidir ve belediyedeki gürültü değerlendirmesi ve yönetimi sürecine yardımcı olur. (Ripoll,2005)

4.2.6.6 Vitoria-Gasteiz'da karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar

Karşılaşılan ana sorun tüm birimlerden veri derlenmesi olmuştur. Birimler veri paylaşımının önemini kavrayamamış ve ne paylaşımında ne de doğru formatta veri aktarımında yeterince istekli olmamışlardır. Gürültü haritalama sadece Çevre Biriminin görevi olarak görülmemeli, gürültü haritalama ve şehir planlamada yararlı bir araç olarak ele alınmalıdır. Yüksek önem ölçüm işine değil, gürültü kaynaklarının davranışı ve çevresindeki arazi kullanımlarına verilmelidir. Şehir planlamadaki tarafların ve yönetmelik hazırlayanların yardımları ile gürültüden etkilenen kişi sayısı azaltılabilir.

Gürültü haritalama, sadece bir ölçüm işi olarak amaçlanmazsa, beklenenden çok daha fazla zaman ayrılması gereken karmaşık bir süreç olduğu anlaşılabilir. (Ripoll,2005)

4.2.7 Çek Cumhuriyeti

Prag şehrinin gürültü haritası oluşturmada uzun bir geçmişi vardır. 1984 yılından beri gürültü haritalama çalışmaları bulunmaktadır.

4.2.7.1 Prag ölçüm ve hesap yöntemleri

Prag'da gürültü verileri ölçümle, hesap modelleri ile ya da her ikisi de birlikte kullanılarak elde edilmiştir. Ölçüm yöntemi daha doğru veriler sağlamasına rağmen geniş alanlarda oldukça maliyetlidir. Hesap yöntemleri ise girdi verisine fazlasıyla bağlıdır, fakat planlanan gelişmeleri modellemede çok yararlıdır.

1984'ten beri IOZIP adı verilen Çevresel Bilgi Sistemi, 1994'ten beri SZU adı verilen Kamu Sağlığı ile Alakalı Çevresel Ölçüm sistemleri her yıl birkaç kez şehirde 24'er saatlik ölçümler gerçekleştirmektedir. Ölçüm noktaları hem gürültülü hem sakin bölgelerden seçilmiştir.

2000-2001 yıllarında Prag'da Karayolu Trafiki Gürültü Haritası Hazırlama Projesi modelleme ve GIS teknolojisi ile gerçekleştirilmiştir. Hesaplama için HLUK+MAPA (Gürültü ve Harita) programı kullanılmış, haritalandırma için bilgiler GIS sistemine aktarılmıştır.

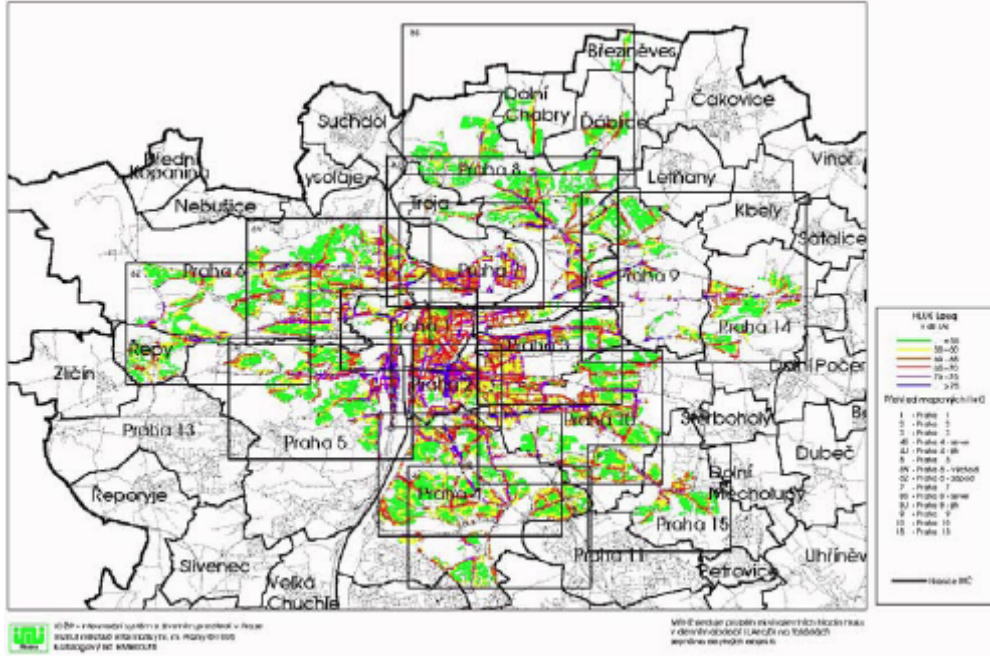
Matematik model tarafından kullanılan ana bilgi GIS sisteminde bulunan yol yüzey tipi, cephe yutuculuk katsayıları, bina yükseklikleri, çalı ve ağaç yükseklikleri, duvarların yer ve yükseklikleridir. Bu bilgiler GIS'ten HLUK programına aktarılmıştır.

Yol verisi Prag şehri Ulaşım Mühendisliği Enstitüsü'nden elde edilmiştir.

L_{Aeq} değerleri tüm Prag'da toplam 85.907 hesap noktası içeren bir ızgara sistemi ile hesaplanmıştır. Hesaplama noktaları yerden 4 metre yükseklikte, binaların yola bakan cephelerinden 2 metre uzakta belirlenmiştir, yolların 120 metre çevresi göz önüne alınmıştır. (Ripoll,2005)

4.2.7.2 Prag göstergeler ve haritalar

Prag şehri Belediye Enformatik Enstitüsü yıllardır gerçekleştirdiği projelerle aşağıdaki gürültü haritalarını üretmiştir:



Şekil 4.20 : Prag'da gürültü ağırlığı dağıtım haritası (Ripoll,2005)

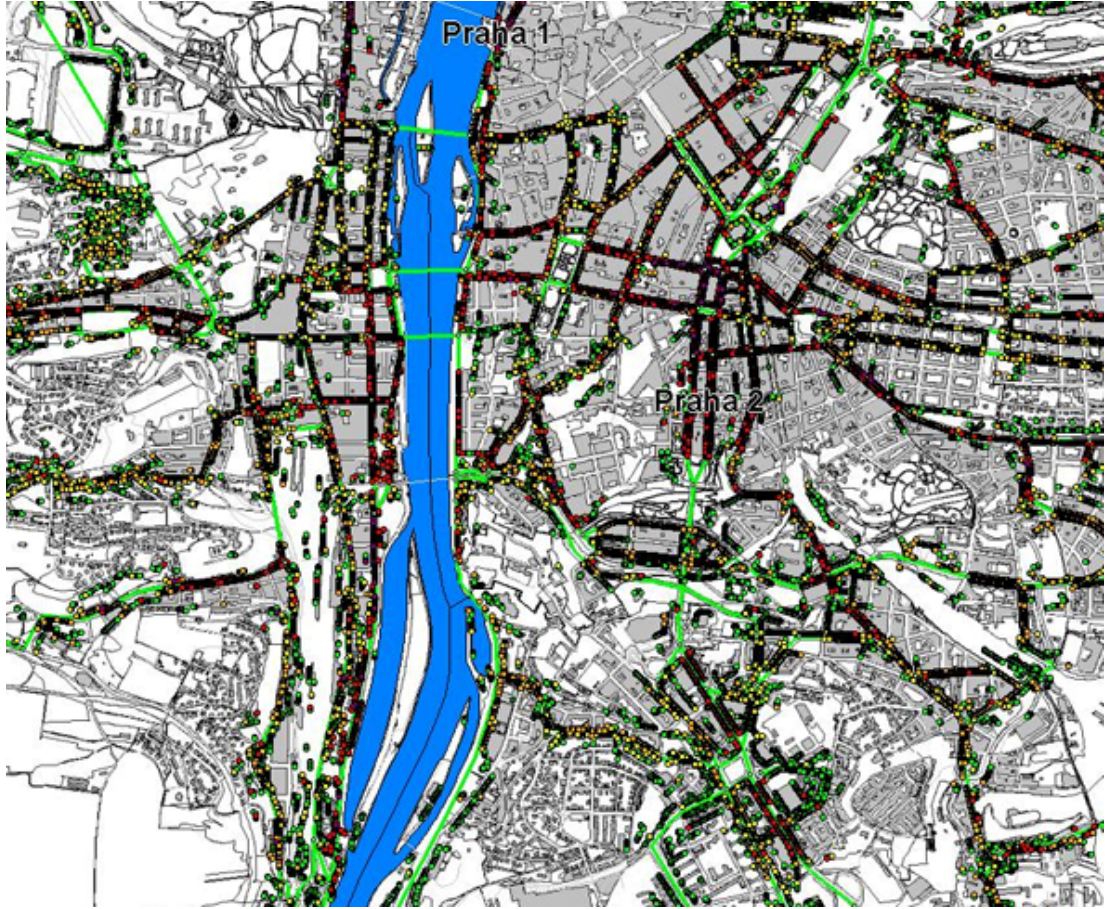


Şekil 4.21 : Gürültüden etkilenen insan sayısı haritası (Ripoll,2005)

Yol trafiği gürültü haritası (HMAD), 1976 - 1996 yılları arasında her 5 yılda bir, 500 bölgesel bir ağda, kısa dönemli ölçümlere dayanarak, seçili yol ağlarının eşdeğer gürültü düzeylerini göstermektedir.

Gürültü ağırlığı dağıtım haritaları (NLDM), özellikle konut ve diğer korunan binaların cephelerinde, gündüz eşdeğer gürültü düzeyini (L_{Aeq}) 5 dBA'lık kontur

2002’de, Prag’da karayolu ve tramvay trafiği gürültüsü haritası, hesaplama yöntemleri kullanarak, Ulaşım Geliştirme Birimi, Bilişim Birimi, Prag Toplu Taşıma şirketi ve yollardan sorumlu Teknik Yönetim’in işbirliği ile oluşturulmuştur. Haritalar özellikle konut ve diğer korunan binaların cephelerinde, gündüz eşdeğer gürültü düzeyini (L_{Aeq}) 5 dBA’lık kontur çizgileri ile göstermektedir. Prag’da hesaplama yöntemi ile elde edilen karayolu gürültü haritalarından örnekler Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’te verilmiştir.



Şekil 4.23 : Prag karayolu gürültü haritası (Lgece) (Url-9)

4.2.7.3 Prag’da karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar

Prag’da yapılan çalışmalar bir matematik modeline bağlı olarak doğru gündüz ve gece gürültü haritaları çıkartmanın mümkün olduğunu göstermektedir. En iyi yöntemin ise hem simülasyon ve matematiksel yöntemlerin, hem de tamamlayıcı gürültü ölçümlerinin birlikte kullanılması olduğu anlaşılmıştır. (Ripoll,2005)

4.2.8 İrlanda

İrlanda, Dublin'deki Gürültü Haritalama Projesinin amaçları, şehir meclisine ve halka Dublin'deki gürültü probleminin boyutlarını gürültü seviyeleri ve sorunlu bölgeler kullanarak göstermek, gürültü azaltımı için gerçekçi hedefler konmasına yardımcı olmak ve planlama için etkin bir yol ortaya koymaktır.

4.2.8.1 Dublin verileri

Trafik kaynaklarıyla ilgili çoğu veriyi yerel yönetimler sağlamaktadır. Karayolu ile ilgili aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

Ağır araç trafiği oranının gündüz ve gece aynı olduğu

Tüm şehirde yol yüzeyinin aynı olduğu

Araçların ortalama hızının şehir içi hız limiti olan 50 km/saat olduğu

Şehir meclisi trafik sistemi verilerinin ve araç sayımlarının yıllık trafik akışı verisini temsil ettiğini

Trafik akış verisi bulunmayan yolların saatte 50 araç geçişine sahip olduğuna

1305 adet karayolu kaynağı, tahmin modeline işlenmiştir. Trafik akışı olarak adlandırılan, 24 saatte, birer saatlik dönemler olarak geçen araç sayısı bilgisi modele konulmuştur. Bu bilgiye çeşitli kaynaklardan ulaşılmıştır: 1) 8:00 – 18:30 arasında yapılan manüel sayım; 2) şehir meclisinin otomatik trafik sayımları; 3) birer saatlik manüel sayımların istatistikler kullanılarak tüm saatlere yayılması. Hiç bir verinin bulunmadığı durumlarda programın en az olarak kabul ettiği saatte 50 araç verisi kullanılmıştır. Ağır araç yüzdesi manüel sayım sonuçları ile hesaplanmıştır. Farklı yol türlerine göre yüzdeler çıkarılarak veriler tüm yollara uygulanmıştır. (Ripoll,2005)

Şehrin düz olduğu varsayılmıştır, bu nedenle hiç bir yükseklik verisine ihtiyaç duyulmamıştır. Gürültü seviyelerini hesaplamak için CRTN (Calculation of Road Traffic Noise, Ulaştırma Bakanlığı, 1988 sürümü) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde meteorolojik verilere ihtiyaç olmadığı için kullanılmamıştır. (Ripoll,2005)

Binaların tümü, özel bir şirketten alınan bina yükseklik bilgileri ile birlikte modele işlenmiştir. Bu bilgiler için bina kat sayıları ortalama kat yükseklikleri ile

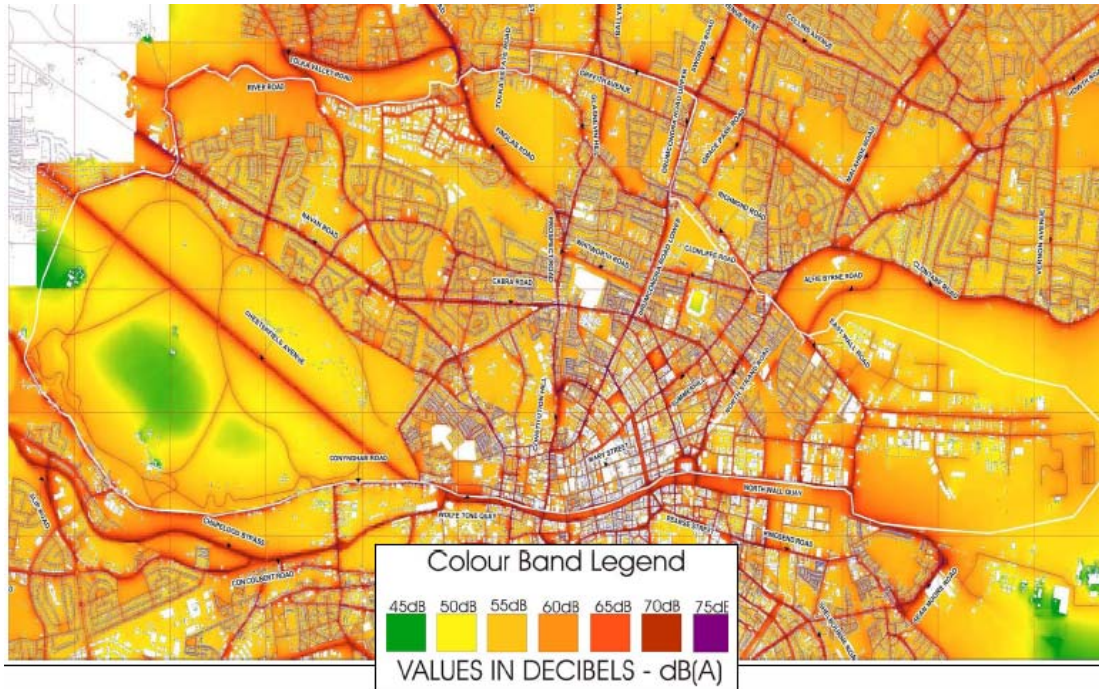
çarpılmıştır. Kesin bir yöntem olmamasına rağmen, modelde önemli bir yanlışlığa yol açmayacaktır. Nüfus dağılımı da özel bir şirketten sağlanmıştır.

Alıcı yükseklikleri END'in çalışma gruplarında tavsiye edildiği üzere 4 metre yüksekliğe yerleştirilmiştir. Bu yükseklikte, alçak bahçe duvarları, sokak mobilyaları ve benzeri elemanların etkileri belirli bir ölçüde azalmaktadır. (Ripoll,2005)

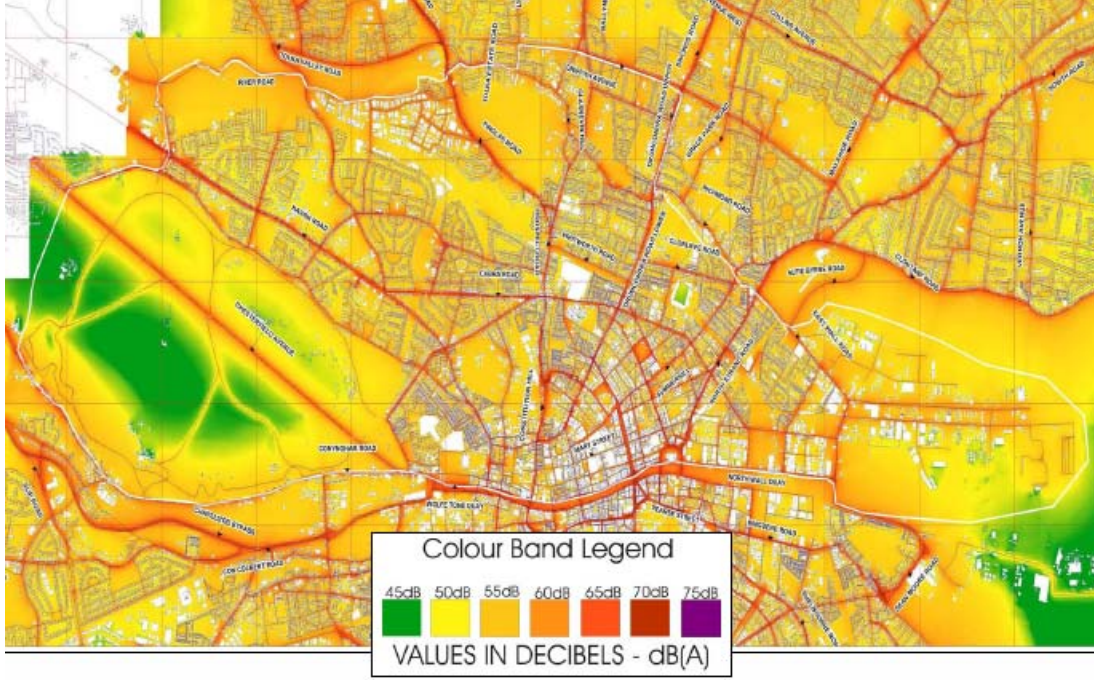
Hesaplamalar Predictor programında, CRTN yöntemi ile yapılmıştır. Her 10 metrede bir yerleştirilen alıcılar sayesinde yaklaşık 4 milyon adet noktada gürültü seviyeleri 146 günde (3.504 saat) hesaplanmıştır. GIS sistemi ile gürültü modeli çıktıları, nüfus yoğunlukları, toprak kullanım verileri ve trafik akışı bilgileri tek bir veritabanı içine konarak kullanımı kolay hale getirilmiştir. Tüm hesap ve istatistik analizler GIS programı ile yapılmıştır. (Ripoll,2005)

4.2.8.2 Dublin gösterge ve haritaları

Dublin'de çıkartılan karayolu gürültü haritaları Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'te verilmektedir.



Şekil 4.24 : Dublin karayolu gürültüsü haritası (Lgündüz) (Url-10)



Şekil 4.25 : Dublin karayolu gürültüsü haritası (Lgece) (Url-10)

4.2.8.3 Dublin’de karşılaşılan sorunlar ve çıkarılan sonuçlar

Gürültü uzmanlarına göre END’in belirsiz olduğu birçok kısım bulunmaktadır. Gürültü haritalama ile bilgi toplama uzun zaman ve maddi kaynak gerektirmektedir. Karşılaşılan ana sorun veri (toprak kullanımı, bina yüksekliği, bina başına düşen kişi sayısı, trafik hızı, şerit kalınlığı, topografya, yer yüzeyi bilgileri, vs.) yokluğu olmakla birlikte, buna bağlı olarak birçok genel kabul yapılmak zorunda kalınmıştır. (Ripoll,2005)

4.3 Türkiye’de Gürültü Haritalama Çalışmaları

“Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” (2002/49/EC) Avrupa Birliği uyum sürecinde ortaya çıkan ortak tutum belgesi uyarınca T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulmuştur.

Türkiye’de gürültü haritalama, kısa süre öncesine kadar sadece üniversitelerde küçük ölçeklerde gerçekleştirilmekteydi ve eylem planları üzerine hiçbir çalışma yapılmamıştı. Bu konularda deneyim az olduğu için Türk idaresi Avrupa Komisyonu’na “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nin (2002/49/EC) (Environmental Noise Directive - END) hayata geçirilmesini amaçlayacak bir eşleştirme projesi (Twinning Project) için

başvurmuştur. Üye ülkeler arasında yapılan bir eleme sonucunda Almanya ile “Çevre ve Orman Bakanlığı’nın gürültü yönetimi konusunda kapasitesini artırma” (Strengthening the capacity of the Ministry of Environment and Forests in the field of noise management) adında bir eşleştirme projesi başlatılmıştır.

Eşleştirme projeleri Avrupa Birliği üyesi ülkeler ile üyeliğe aday ülkelerin idareleri arasında, AB mevzuatını uygulamaya geçirmek için yapılan ortak çalışmalardır. Avrupa Birliği ülkesinden kısa dönem uzmanlar, yararlanan ülkedeki idari çalışanlara konunun ele alınış şeklini ve işleme tarzını öğretirler. Türkiye henüz aday ülke olmamasına rağmen eşleştirme projelerinden birçok alanda yararlanabilmektedir, örneğin son 4 yılda çevre konusunda beş proje başlatılmıştır.

Gürültü üzerine olan bu eşleştirme projesi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ile Alman Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı’nın ortak projesidir. Mart 2006’da başlayan projenin süresi 21 aydır. Amacı “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”ni (2002/49/EC) tamamen uygun hale getirmek ve uygulamak olan proje, aşağıdaki başlıkları ele almaktadır.

- o Türkiye’de sorumlulukların paylaşımı ile ilgili bir araştırma raporu
- o Avrupa ve Türk mevzuatlarının karşılaştırılarak açıklarının bulunması
- o Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve beş pilot bölgede stratejik gürültü haritalarında gürültü maruziyetinin gösterilmesi
- o Pilot bölgelerde eylem planlarının oluşturulması
- o Kamuyla bilgi paylaşımı
- o Gürültü, etkileri ve önlemleri hakkında bilgi transferi
- o Yönetmeliğin uygulamaya geçirilmesinde insan ve mali kaynak, eğitim ve ekipman gereklilikleri ile zaman tablosu oluşturulması
- o Yönetmeliğin uygulamaya geçirilmesinin maliyeti

Yönetimde, gürültü, gürültü etkileri, gürültü azaltımı ve gürültü mevzuatı ile ilgili bilgi yeterince gelişmemiştir. Bu konuda Ankara (ODTÜ) ve İstanbul’daki (İTÜ, Bahçeşehir) üniversitelerde sertifika eğitimleri verilmekte ve deneyim artmaktadır. Bilginin paylaşımı için eşleştirme projesinde iki farklı yöntem izlenmiştir, çalıştaylar ve geziler. Çalıştaylar, Alman, İngiliz, Hollandalı, Portekiz ve Avusturyalı uzmanlar tarafından Avrupa Birliği gürültü mevzuatı, gürültü değerlendirme yöntemleri, doz-

etki ilişkileri, sessiz alanlar, akustik planlama ve gürültü azaltımı konularında gerçekleştirilmiştir.

Çalıştaylarda edinilen teorik bilgiyi derinleştirmek ve gürültü yönetimi, gürültü azaltımı ve gürültü haritalama konularının uygulanışını görmek için geziler düzenlenmiştir. Bu gezilerden iki tanesi, Birmingham/Londra ve Budapeşte, özellikle gürültü haritalama alanındaki deneyimi aktarmak için düzenlenmiştir. Birmingham hem gürültü haritalama konusunda uzun bir geçmişi olduğu için, hem de İngiltere'nin veri toplama ve yönetimi hakkında farklı bir yaklaşımı (merkezi veri bankası, yerel gürültü haritalama) olduğu için seçilmiştir. Romanya ise Avrupa Birliği'ne yeni üye olduğu ve gürültü haritalamaya yeni başladığı için Türkiye'ye çok benzemektedir.

Almanya'ya yapılan gezilerde gürültü azaltım önlemleri incelenmiştir. Leverkusen (kimyasal fabrikası), Duisburg (demir çelik fabrikası) ve Bergkamen (enerji işletmesi) şehirlerinde endüstri gürültüsü incelenmiştir. Münih ve Augsburg'da gürültü haritalama çalışmaları ve trafik gürültüsüne karşı önlemler üzerine çalışılmıştır. Bu önlemler aşağıdaki başlıklarda özetlenebilir:

- o Çeşitli tip gürültü bariyerleri (bazıları ısılelektriksel elemanlar ile bütünleşik)
- o Gürültü azaltım tünelleri
- o Tek ve çift tabaka açık gözenekli asfalt
- o Otoyollarda hızın 80 km/saat ile sınırlandırılması
- o Trafik hızı azaltma, 30 km zonları
- o Özel kaldırımlar, yol daraltımı, otoparklar
- o Otobüs şeritleri
- o Camla kapatılmış balkonlar
- o Konutların önünde engel olarak ofis binalarının konumlandırılması
- o Bina aralıklarının cam ile kapatılması
- o Binalarda mekan yerleşimi (yaşama ve uyuma hacimlerinin yola bakmaması)
- o Düşük gürültülü araç lastikleri

Örnek olması açısından, beş Büyükşehir Belediyesi gürültü haritalama için pilot bölge seçilmiştir. İstanbul'da havayolu, Ankara'da demiryolu, Bursa'da endüstri,

Adana ve İzmir’de ise karayolu gürültüsü haritalama çalışması yapılması kararlaştırılmıştır.

Bu bölgelerin her birine, kısa dönem bir Alman uzman, bilgisayar, gürültü haritalama bilgisayar programı ve program eğitmeni tahsis edilmiştir. Kullanılan hesaplama yöntemleri END’de ve yönetmelikte tavsiye edilen yöntemlerdir.

Gürültü haritalama çalışmasında ilk basamak veri toplanması ve yönetimidir, fakat en büyük problemlerden birini oluşturmuştur. Çoğu kez veriler eksikti ya da doğru forma değiştirilmesi gerekmektedir. Veriler yönetim birimleri içerisinde dağılmış olduğu için tümünün toplanarak işlenmesi uzun zaman almıştır. Projedeki ikinci basamak girdi verileri kullanılarak gürültü haritalarının hazırlanmasıydı. İlgili bilgisayar programının eğitimi verildiği halde gürültü haritalama işlemi de uzun sürmüştür. Ama sonuçta uzmanların da yardımıyla proje sonucunda beklenen gürültü haritaları hazırlanmıştır. Eşleştirme projesinden sonra daha fazla deneyim edinmek ve tüm yerleşimlerde gürültü haritası üretmek pilot bölge yönetiminin elindedir. (Irmer, Öncüer, Saral & Yükcel, 2007)

4.3.1 İzmir örneği

Avrupa Birliği Eşleştirme Projesi kapsamında İzmir’de karayolu gürültü haritası hazırlama çalışmaları yapıldı. 2,8 milyon nüfuslu ve 800.000 araçlı şehirde daha önce yapılan gürültü ölçümleri sadece şikayet üzerine yapılmıştır. (Wiechers, 2007)

4.3.1.1 İzmir verileri

Şehrin gürültü haritasının hazırlanmasından önce Konak’ta 2 x 2 kilometre karelik bir bölgenin haritası çıkartılmıştır. Bölgedeki yüksek yoğunluklu trafik ve nüfus nedeniyle imisyon problemleri beklenmektedir.

Pilot bölgede yapılan gürültü haritası kapsamında sayısal haritalar, trafik verileri, yol bilgileri ve nüfus verileri temel veri olarak alınmıştır.

Pilot Bölgede trafik verileri için; İzmir Büyükşehir Belediyesi/Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı/Çevre Koruma ve Kontrol Şube Müdürlüğü’ne bağlı gürültü denetimi ekibi tarafından 16 caddede yapılan saatlik araç sayımları, İzmir Büyükşehir Belediyesi/Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı/Çevre Koruma ve Kontrol Şube Müdürlüğü ve Dokuz Eylül Üniversitesi/Çevre Mühendisliği Bölümü

arasındaki protokol kapsamında 8 caddede yapılan 24 saatlik araç sayımları kullanılmıştır.

Program kapsamında pilot alandaki caddelerle ilgili Yol tipi/şerit sayısı, Yol yüzeyi, Trafik akış tipi(sürekli akıcı, fasıllı sürekli akıcı, fasıllı hızlanmalı akıcı, fasıllı yavaşlamalı akıcı) bilgileri manuel olarak girilmiştir. (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008)

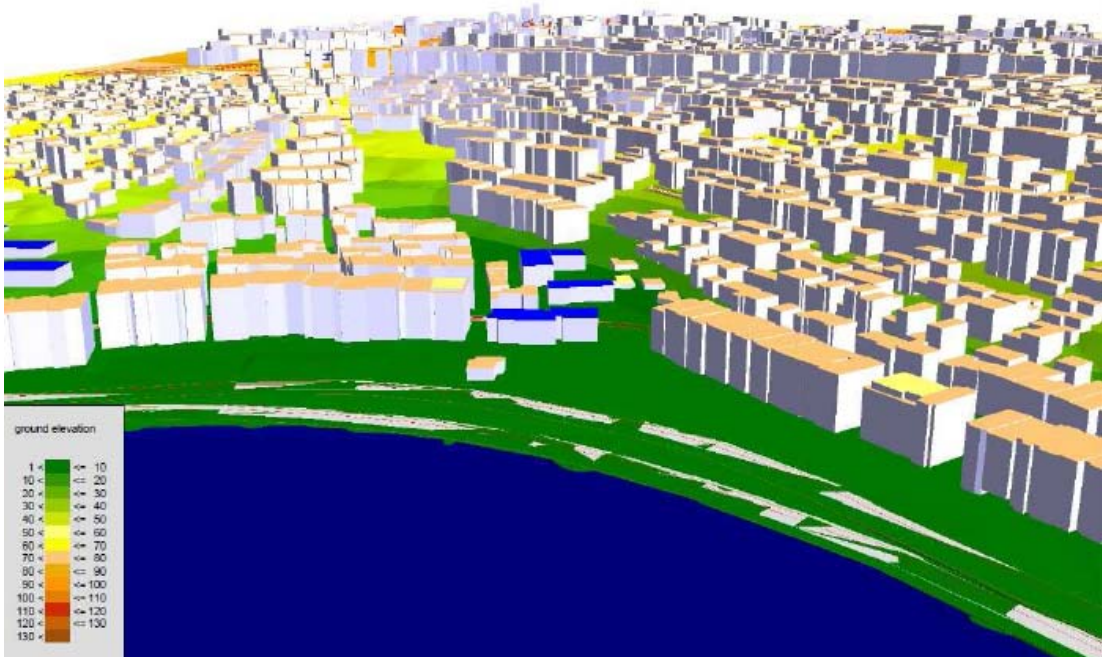
Çizelge 4.26 : Pilot bölge trafik verileri (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008)

Cadde Adı	Tarih	Ağır Vasıta Sayısı	Hafif Vasıta Sayısı	Yol Şerit Sayısı	Zaman Dilimi
Mithatpaşa Caddesi	08.02.2007	1083	22552	2	24 sa. sayım
İnönü Caddesi	10.01.2007	4195	31298	4	24 sa. sayım
Mustafa Kemal Paşa Sahil Bulv.	08.02.2007	2955	54699	6	24 sa. sayım
Halide Edip Adıvar Caddesi	29.01.2007	2231	51255	6	24 sa. sayım
Milli Egemenlik Caddesi	09.11.2006	139	1017	2	11.00-12.00
Eşrefpaşa Caddesi	18.01.2007	2633	29927	4	24 sa. sayım
Saim Çıkırkçı Caddesi	09.01.2008	105	650	2	16.00-17.00
Eski İzmir Caddesi	09.01.2008	127	610	2	16.00-17.00
Ordu Caddesi	18.01.2008	100	630	2	16.00-17.00
Yıldız Caddesi	18.01.2008	104	322	2	16.00-17.00
Mızraklı Caddesi	18.01.2008	136	544	2	16.00-17.00
Faruk Akar Karasu Caddesi	22.01.2008	18	102	2	16.00-17.00
Polat Caddesi	22.01.2008	157	1080	2	16.00-17.00
Türbe Caddesi	22.01.2008	28	132	2	16.00-17.00
Hasan Tahsin Caddesi	30.10.2007	66	1250	4	16.00-17.00
Filiz Caddesi	30.10.2007	24	430	2	16.00-17.00
Ulu Önder Caddesi	30.10.2007	107	766	2	16.00-17.00
Şükrü Saraçoğlu Caddesi	26.04.2007	13	289	1	16.00-17.00
Halil Rıfat Paşa Caddesi	30.07.2007	14	120	2	09.00-10.00
Şehit Nihat Bey Caddesi	30.04.2007	3	41	1	16.00-17.00
Fevzi Paşa Bulvarı	10.03.2007	2756	42318	4	24 sa. sayım
Ali Rıza Avni Bulvarı	26.04.2007	168	2137	4	09.00-10.00
Yeşildere Caddesi	19.03.2007	6680	101223	6	24 sa. sayım
Yeşillik Caddesi	19.03.2007	6643	76148	6	24 sa. sayım

Pilot bölgede yapılan çalışmalar sırasında kullanılan sayısal haritalar 1/5000 ölçekli 6 adet paftadan oluşmakta olup, İzmir Büyükşehir Belediyesi Harita Müdürlüğü'nden

temin edilmiştir. Elde edilen veriler içerisinde bize gerekli olan harita katmanları(yol bilgileri, arazi bilgisi, bina bilgileri v.b) seçilip dxf ara yüzü ile AutoCad dosyasına dönüştürülmüş ve soundplan ile uyumlu hale getirilmiştir. Program içerisinde arazi bilgileri kullanılarak sayısal zemin modeli oluşturulmuştur.

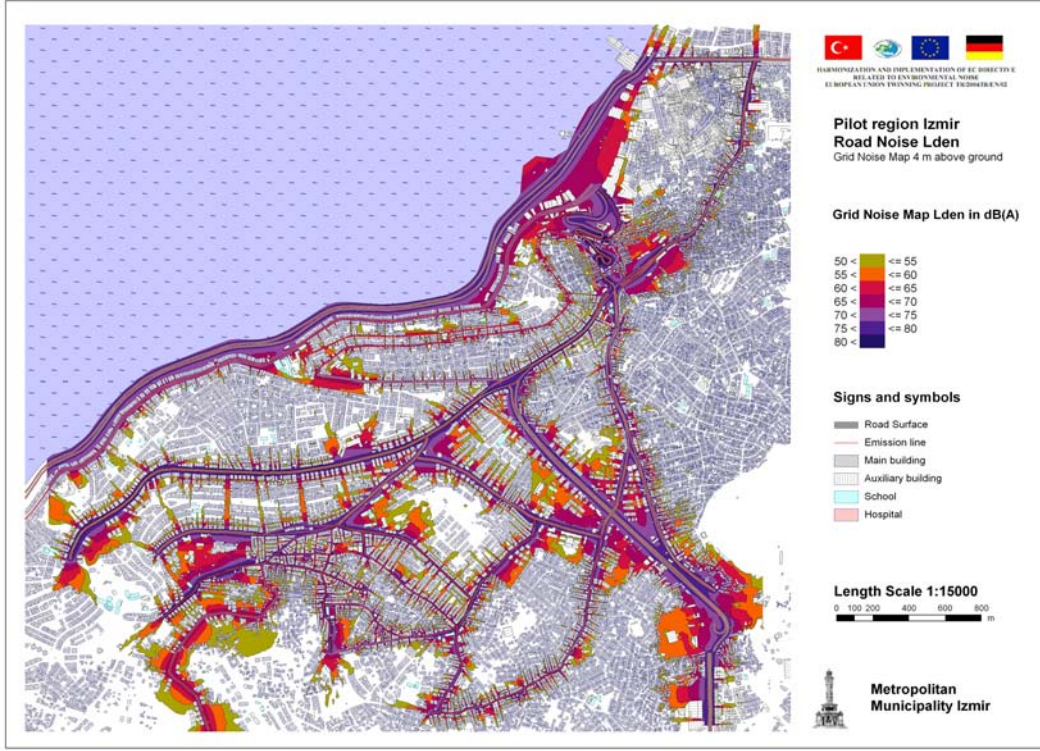
Pilot bölge kapsamında bulunan muhtarlıklardan alınan bilgilerden bölgedeki yapılarda bulunan hane sayıları ve bu hanelerde yaşayan kişi sayısına göre ortalama olarak bir hanede yaşayan kişi sayısı hesap edilmiştir. Alınan veriler doğrultusunda konut başına düşen kişi sayısı 3.6 olarak hesaplanmış ve programa aktarılmıştır. (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008) SoundPLAN programına yolların merkez çizgileri, yol genişlikleri, şerit sayısı, kaldırım tipi ve trafiği emisyon karakteri (trafik hacmi, ağır araç oranı ve hızı) işlenmiştir. Oluşturulan model Şekil 4.26’da görülmektedir ve topografya deniz seviyesinden 100 metreye kadar yükselmektedir.



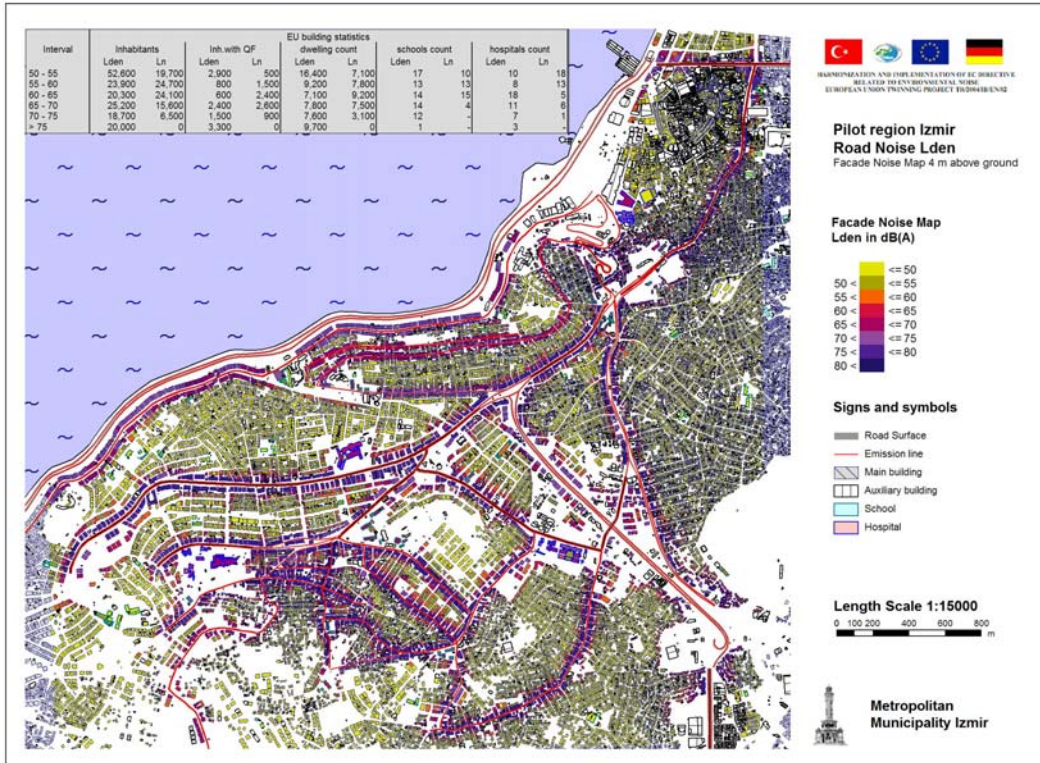
Şekil 4.26 : İzmir dijital modeli (Wiechers, 2007)

Çevre ve Orman Bakanlığı’nın “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği” (2002/49/EC) uyarınca karayolu gürültüsü hesaplanması için “Fransız NMPB-Routes-96” yöntemi, SoundPLAN bilgisayar programında kullanılmıştır. (Wiechers, 2007)

4.3.1.2 İzmir gösterge ve haritaları



Şekil 4.27 : İzmir Lgag ızgara karayolu haritası (Wiechers, 2007)



Şekil 4.28 : İzmir Lgece cephe gürültü haritası (Wiechers, 2007)

Yerden 4 metre yükseklikte 10 x 10 metrelik bir ızgarada L_{gag} ve L_{gece} göstergeleri hesaplanmıştır ve 5 dBA'lık gürültü bantları ile haritalandırmışlardır (Şekil 4.27 ve Şekil 4.28).

Çizelge 4.27 : L_{gag} karayolu trafiği gürültüsüne maruz kalanlar (Wiechers, 2007)

		km2	Konut	Kişi	Okul	Hastane
	> 55	1,4	15.100	51.300	5	4
	> 65	0,9	8.900	30.300	3	1
	> 75	0,3	2.000	7.000	0	0

Çizelge 4.28 : İzmir pilot bölgesi ızgaralı gürültü haritası(L_{gag} ve L_n)/istatistik verileri (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008)

EU building statistics												
Alan adı	Boyut	Aralık	Toplam		Sessiz cephe dahil		Konut sayısı		Okul sayısı		Hastane sayısı	
	[km ²]		Lden	Ln	Lden	Ln	Lden	Ln	Lden	Ln	Lden	Ln
Pilot Bölge	12,291	40 - 45	87,000	66,000	800	11,800	28,500	21,400	23	23	0	12
		45 - 50	100,200	31,600	7,000	7,300	32,600	10,300	31	11	10	5
		50 - 55	54,300	21,700	14,300	4,700	17,600	7,000	15	13	10	20
		55 - 60	24,400	26,100	4,100	9,000	7,900	8,300	12	18	5	19
		60 - 65	22,200	26,100	5,500	11,900	7,100	8,200	14	14	22	7
		65 - 70	27,000	15,400	11,600	11,000	8,600	4,900	20	11	17	8
		70 - 75	20,700	6,600	9,100	5,200	6,500	2,100	13	0	8	1
		> 75	19,400	0	14,700	0	6,100	0	6	0	4	0

Çizelge 4.29 : İzmir pilot bölgesi cephe gürültü haritası(L_{gag} ve L_n)/istatistik verileri (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2008)

Aralık	Sakinler		Konut sayısı		Okul sayısı		Hastane sayısı	
	Lden	Ln	Lden	Ln	Lden	Ln	Lden	Ln
50 - 55	52,600	19,700	16,400	7,100	17	10	10	18
55 - 60	23,900	24,700	9,200	7,800	13	13	8	13
60 - 65	20,300	24,100	7,100	9,200	14	15	18	5
65 - 70	25,200	15,600	7,800	7,500	14	4	11	6
70 - 75	18,700	6,500	7,600	3,100	12	0	7	1
> 75	20,000	0	9,700	0	1	0	3	0

Kişilerin yüksek gürültü seviyelerine maruz kaldıkları görülebilmektedir. Bu, özellikle gece saatleri için geçerlidir, ana yollar sadece gece 1'den sabah 5'e kadar göreceli olarak sessiz kalabilmektedir. Bu durumun ana nedeni yol boyunca tekil evlerin sıralanmış olmasının ikinci ve üçüncü sıralara kadar gürültünün yayılmasına sebep olmasıdır.

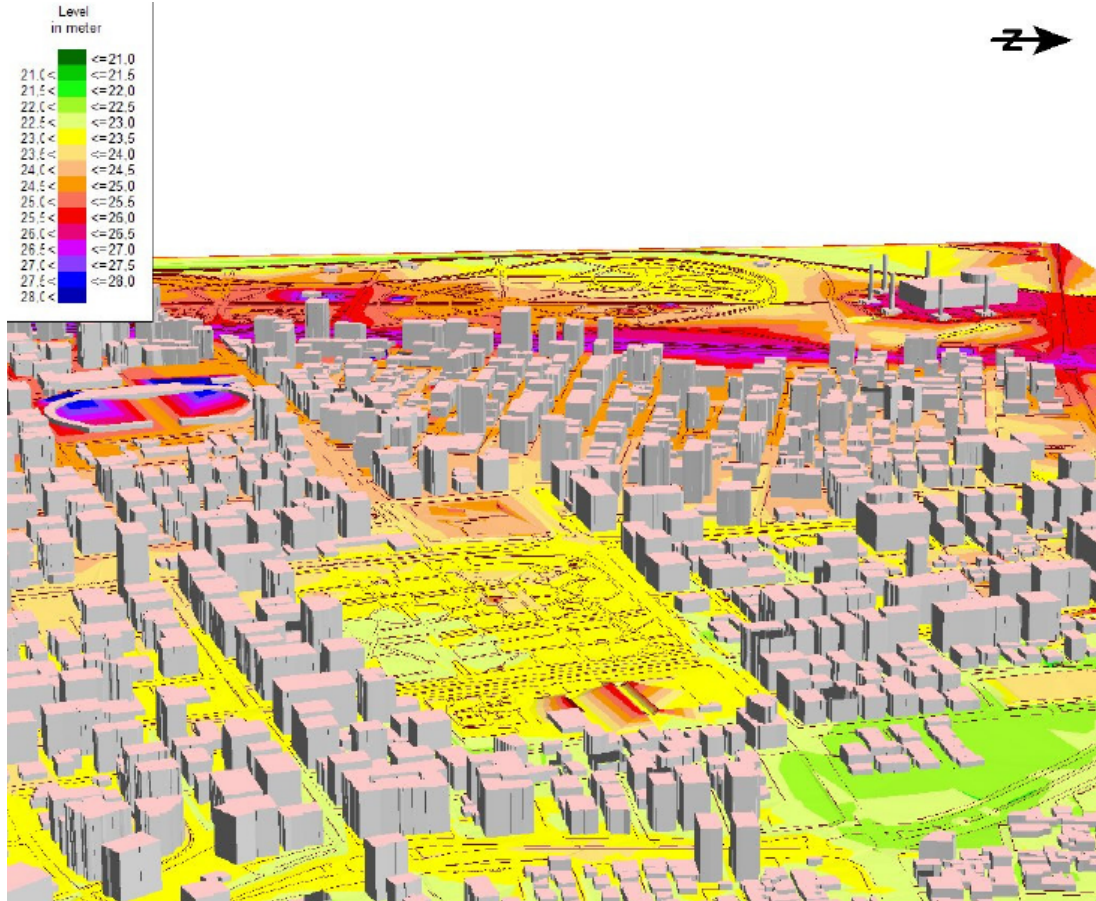
Çizelge 4.30 : Örnek Trafik Akım Sayım Cetveli (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)

4. ve 9. Noktalar Arası Trafik Akım Sayım Cetveli Güney-Kuzey										
Zaman	Ağır Vasıta Sayısı (Otobüs-Yolcu sayısı>17)					Hafif Vasıta Sayısı (Otomobil, Kamyonet, Minibüs vb.)				
	Pzts	Salı	Çarş	Perş	Cuma	Pzts	Salı	Çarş	Perş	Cuma
Gündüz 12 Saat 07:00- 19:00	297	303	291	288	294	15.240	14.118	13.922	14.586	13.746
Akşam 4 Saat 19:00- 23:00	56	21	47	48	53	2.815	1.745	2.993	3.242	3.372
Gece 8 Saat 23:00- 07:00	26	24	22	28	29	1.628	1.745	1.498	1.439	1.575
4. ve 9. Noktalar Arası Trafik Akım Sayım Cetveli Kuzey-Güney										
Zaman	Ağır Vasıta Sayısı (Otobüs-Yolcu sayısı>17)					Hafif Vasıta Sayısı (Otomobil, Kamyonet, Minibüs vb.)				
	Pzts	Salı	Çarş	Perş	Cuma	Pzts	Salı	Çarş	Perş	Cuma
Gündüz 12 Saat 07:00- 19:00	381	387	361	378	393	14.882	14.903	14.705	14.856	14.648
Akşam 4 Saat 19:00- 23:00	63	61	65	62	59	2.443	2.408	2.337	2.476	2.226
Gece 8 Saat 23:00- 07:00	29	32	31	29	33	898	885	8.679	769	726

Çizelge 4.31 : D-400 Yol Özellikleri (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)

4. Nokta (Turhan Cemal Beriker Bulvarı (D400))	
Yol tipi/şerit sayısı	Bulvar (Duble Yol) (Çift Yönlü) / 3 Şerit
Yol eğimi	1%
Yol yüzeyi	Bitümlü sıcak karışım (Asfalt)
Trafik akış tipi (sürekli akıcı, fasıllı sürekli akıcı, fasıllı hızlanmalı akıcı, fasıllı yavaşlamalı akıcı)	Fasıllı Sürekli Akıcı
Trafik ışıkları	Sabah Programına geçiş saati 06:00 – 24:00 Gece fasıllıya geçiş saati 24:00 Gece 24:00 sonrası flaşlı

Pilot bölgede hesaplamada kullanılacak olan sayısal haritalar Seyhan İlçe Belediyesinden temin edilmiştir. Söz konusu haritalar dxf formatında ve Seyhan Bölgesi toplam 9 paftadan oluşmaktadır. Hesaplanması planlanan pilot bölgemiz ise 4 paftanın kesişiminden oluşmaktadır. Mevcut GIS verisi ile dijital yer modeli oluşturulmuştur. Hesaplama aşamasında pilot bölgeyi teşkil eden 4 mahallenin nüfus bilgileri, Muhtarlıktan temin edilmiş ve hesaplamada güncel veri kullanılmıştır.

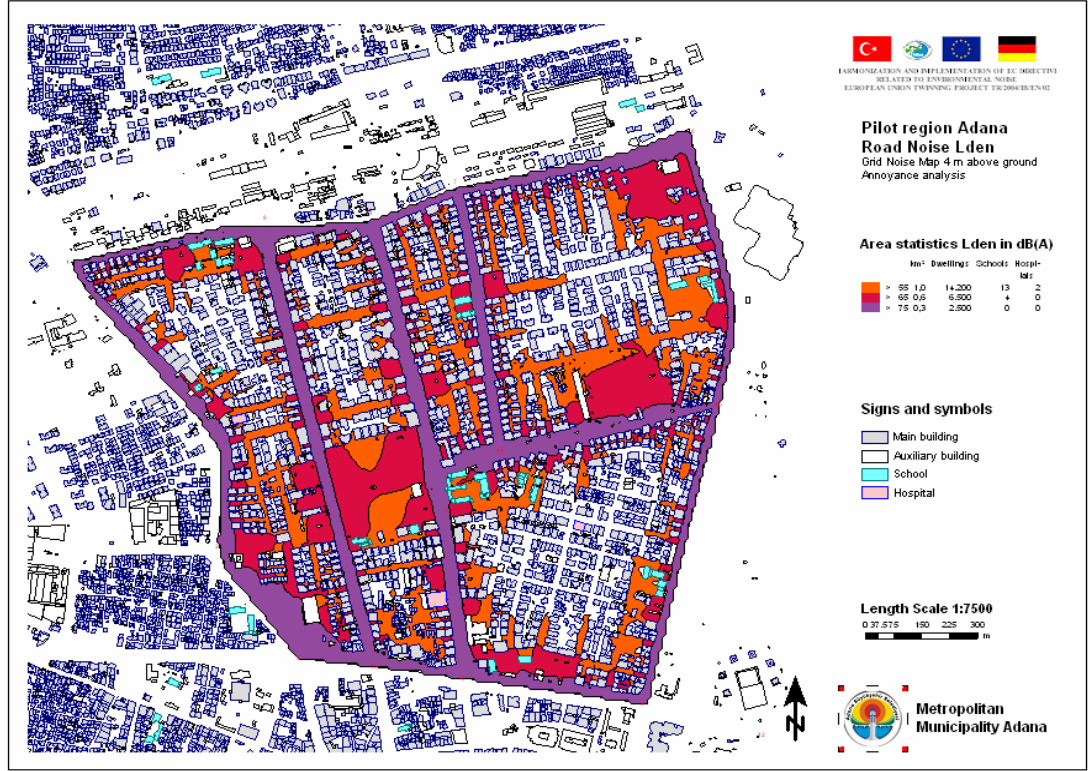


Şekil 4.30 : 3 boyutlu gürültü haritalama alanı (Langer, 2007)

Karayolu gürültü haritalaması için NMPB hesap yöntemi ve Soundplan programı kullanılmıştır. (Langer, 2007)

4.3.2.2 Göstergeler ve haritalar

Pilot bölge için temin edilen veriler yazılım programına aktarılıp, Lgag (Gündüz-Akşam-Gece olmak üzere maruz kalınan ortalama yıllık gürültü düzeyi) ve Lgece (Gece maruz kalınan ortalama yıllık gürültü düzeyi) gürültü haritaları hazırlanmıştır. Söz konusu haritalar ve sonuç tabloları aşağıda verilmiştir.

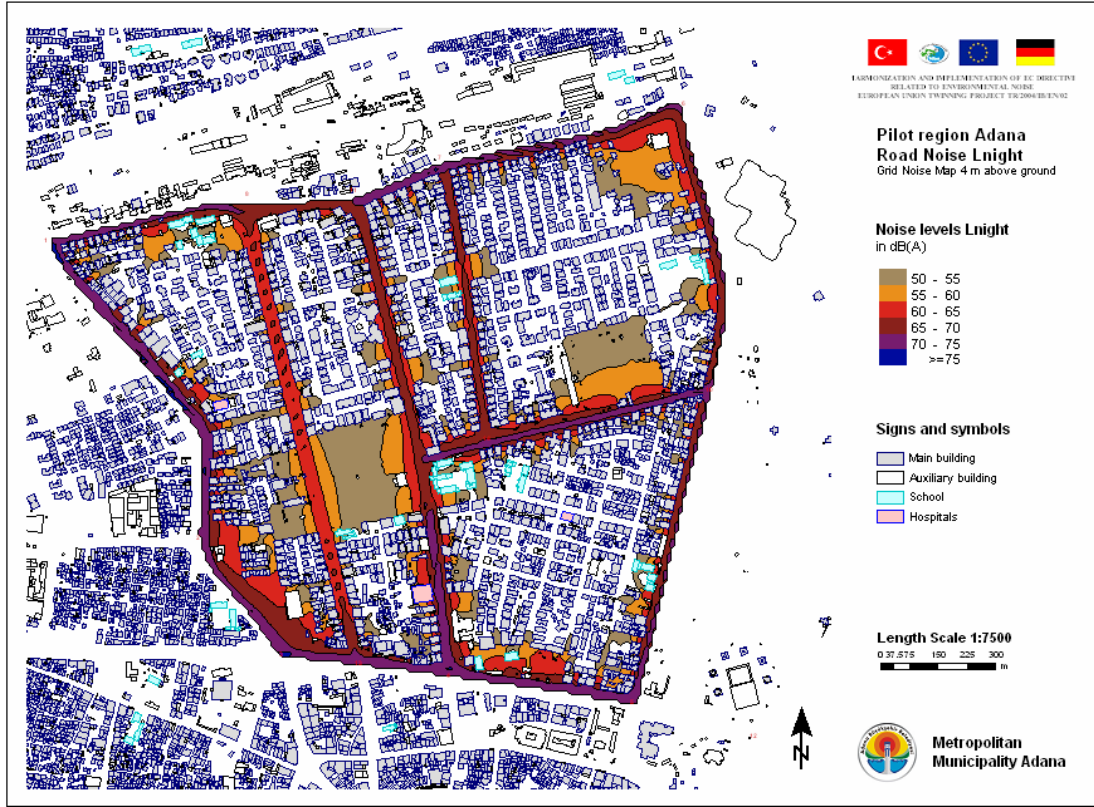


Şekil 4.31 : Karayolundan Kaynaklanan Çevresel Gürültü Haritası (Lgag) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)

Çizelge 4.32 : Pilot Bölgenin Gürültü Düzeyi (Lgag) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)

Gürültü düzeyi		Lden (Noise level Day/Evening/Night)				
İçinde dB(A)		Toplam	QF dahil	Konutlar	Okul	Hastane
	55 - 60	16.900	14.200	3690	2	0
	60 - 65	12.000	10.400	2620	1	1
	65 - 70	10.300	8.900	2252	2	0
	70 - 75	9.600	8.800	2105	4	0
	>= 75	6.300	5.900	1380	5	1

Bu haritaya göre seçilen pilot bölgede 70 dB(A) ve üzerindeki gürültüye maruz kalan kişi sayısı 15.900, okul sayısı 9 ve hastane sayısı 1'dir.

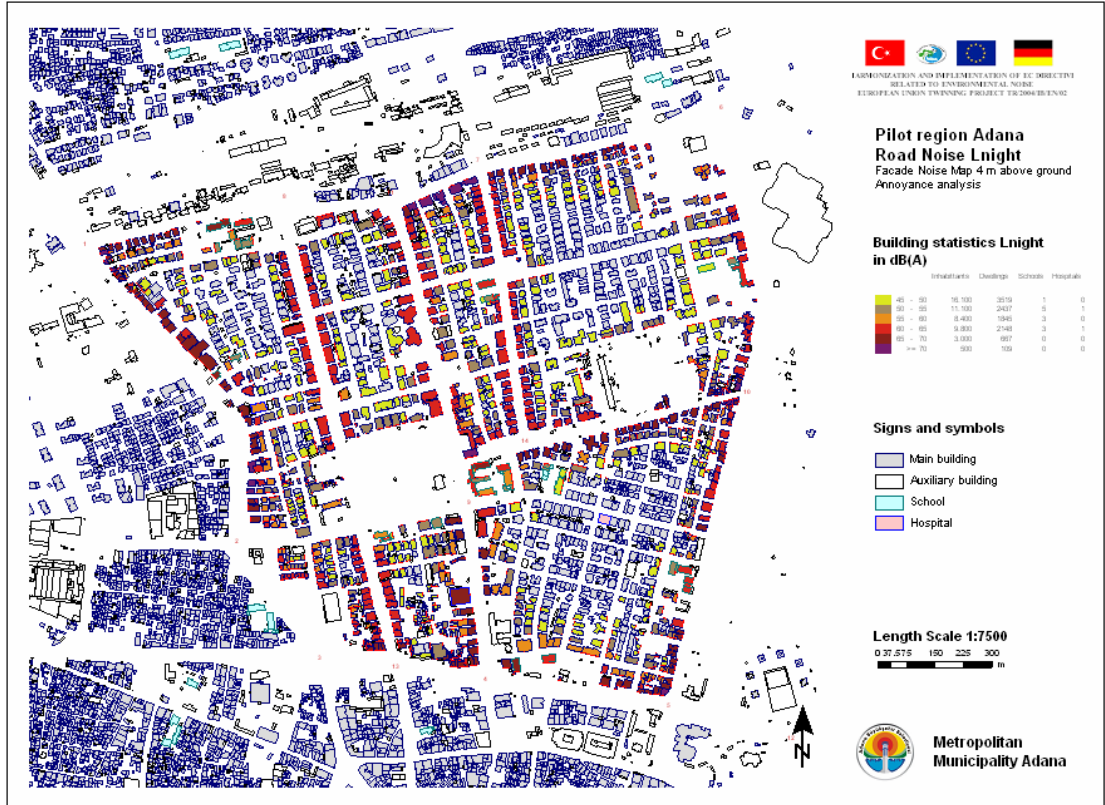


Şekil 4.32 : Karayolundan Kaynaklanan Çevresel Gürültü Haritası (Lgece) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)

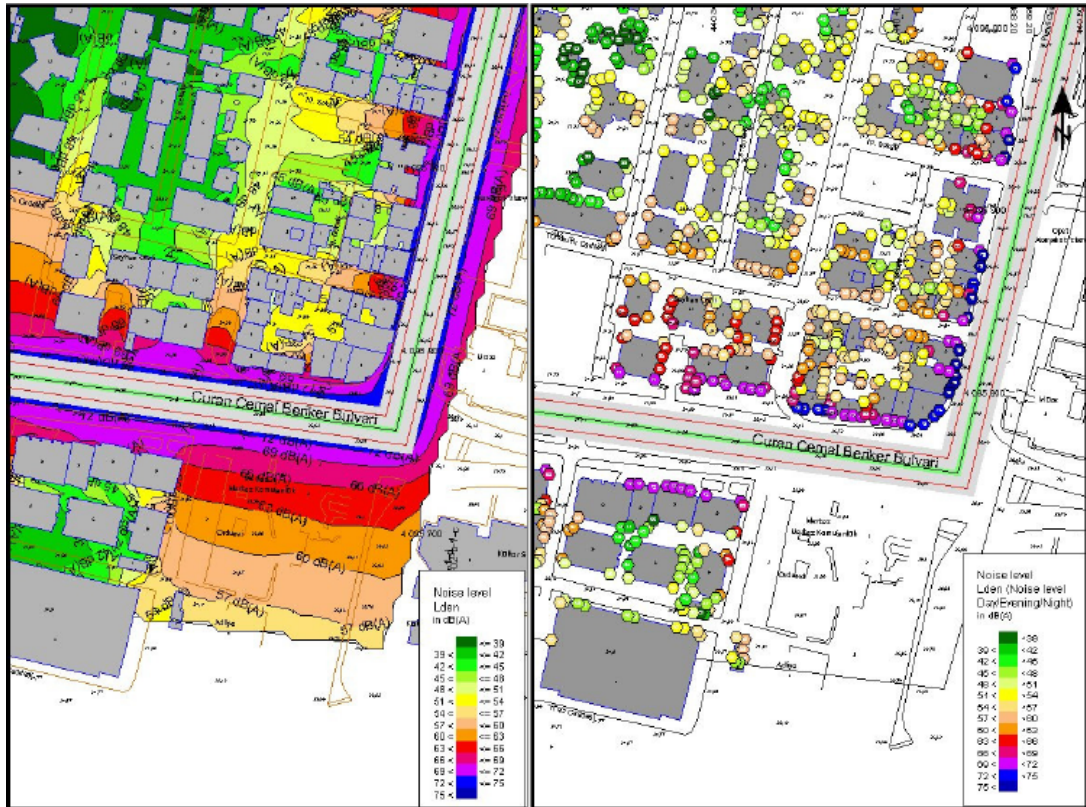
Çizelge 4.33 : Pilot Bölgenin Gürültü Düzeyi (Lgece) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)

Alan m2	Sakin	Aralık	AB Bina İstatistikleri									
			Toplam Sakin		Sessiz Cephe İle		Konut Sayısı		Okul Sayısı		Hastane Sayısı	
			Lgag	Lgece	Lgag	Lgece	Lgag	Lgece	Lgag	Lgece	Lgag	Lgece
1.787.040	118.000	45-50	31.100	16.100	200	3.400	6.800	3.500	-	1	1	-
		50-55	30.800	11.100	6.400	3.800	6.700	2.400	2	5	-	1
		55-60	16.900	8.400	2.800	4.800	3.700	1.800	1	3	1	-
		60-65	12.000	9.800	3.200	7.600	2.600	2.100	4	3	-	1
		65-70	10.300	3.000	5.300	2.500	2.300	700	4	-	-	-
		>70	15.900	500	12.700	400	3.500	100	3	-	1	-

Bu haritaya göre seçilen pilot bölgede gece zaman diliminde 70 dB(A) ve üzerindeki gürültüye maruz kalan kişi sayısı 500, daire sayısı ise 100'dür.



Şekil 4.33 : Karayolundan Kaynaklanan Cephe Gürültü Haritası (Lgece) (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)



Şekil 4.34 : Yakın plan İzgara gürültü haritası ve Cephe gürültü haritası (Adana Büyükşehir Belediyesi, 2008)

4.4 Eylem Planları

Gürültü eylem planları, gürültüyü azaltarak ve gürültüden korunarak, sakinlerin yüksek gürültüden etkilendiği alanlarda gürültü durumunu iyileştirmeyi ve kentsel ya da kırsal çevrelerde nispeten sessiz alanları korumayı amaçlamaktadır. Bunların sonucunda, gürültü eylem planları, sakinlerin sağlık ve huzurunu korumayı, yaşam ve yerleşim kalitesini arttırmayı ve ayrıca ele alınan bölgenin işyerleri ve turizm için çekiciliğini arttırmayı amaçlamalıdır. İdeal olarak, eylem planı oluşturmak; gürültü haritalamanın sonuçları neticesinde gürültü sıcak noktaları ile müdahale önceliklerini belirleyen nitel ve nicel değerlendirmeyi; yerel otoritelerin ilgili tüm departmanlarını, menfaat sahiplerini ile yerel toplumu kapsayıp koordinasyon içerisinde çözüm üretmeyi ve uygulamayı; eylem planlamasını diğer yerel stratejiler ve planlarla bağdaştırmayı amaçlayan iyi yapılanmış ve açık bir süreç olmalıdır.

Eylem planı, gürültü azaltım hedefleri belirlemeli ve bunlara ulaşmak için alınacak önlemleri açıklamalı, kısa, orta ve uzun dönem önlemleri için özellikleri ve zaman çizelgesini belirlemelidir. Plan, sorumlu kurumları sıralamalı, önlemlerin alınması halinde beklenen maliyeti tahmin etmelidir. Eylem planı gürültü problemlerinin açıklamaları ve haritalarının yanı sıra, seçilen önlemlerin ayrıntılı açıklamalarını da içermelidir. Gürültü eylem planlaması bazı temel kuralları izlemektedir:

Katılımcı yaklaşım: Gürültünün toplum bazında nicel değerlendirmesini, önlemlerin seçimini içermektedir.

İşbirliği yaklaşımı: Tüm menfaat sahiplerinin durumu değerlendirmesini, çözümler üretmesini ve önlemleri uygulamasını içermektedir.

Açık yaklaşım: Gürültü azaltımını temiz hava, arazi kullanımı ve ulaşım gibi diğer planlara bağlamaktadır.

Ölçülebilir yaklaşım: Nitel gürültü azaltım hedefleri belirlemekte, alınacak önlemlerle beklenen azaltımı belirlemekte ve sonuçları takip etmektedir.

Eylem planı oluşturma adımı Şekil 4.35'te verilmiştir.

Başlangıç: Sorumluluklar ve yeterlilikler		
Sınır değerlerin, yasal çerçevenin ve gürültü durumunun değerlendirilmesi		
Menfaat sahiplerini katmak	Sıcak noktaları belirlemek ve analiz etmek	Topluma danışmak
	Azaltım tedbirleri ve uzun dönem stratejileri belirlemek	
	Planı hazırlamak	
	İzlemek ve raporlamak	
	Eleştiri ve revizyon	

Şekil 4.35 : Eylem planı oluşturma adımları (SILENCE Project, 2008)

Eylem planı adımlarından sıcak noktaların belirlenmesi ile birlikte sessiz alanların da belirlenmesi gerekmektedir.

Sıcak noktaların belirlenmesinde tüm kaynakların etkileri göz önüne alınmalıdır. Çoğu Avrupa ülkesinde sıcak noktalar “sınır değerlerin aşıldığı, yüksek nüfus yoğunluğu olan bölgeler” ya da “gürültü düzeylerinin çok yüksek olduğu bölgeler” olarak tanımlanmaktadır. Yaklaşımları yerleşimin yapısına veya şikayetlere dayanmaktadır. Silence projesinde sıcak noktaları belirlemek için farklı yöntemler önerilmiştir. Bunlar gürültüden yüksek derecede etkilenen insan sayısını bulmak, yüksek ve orta derecede etkilenen insan sayısını bulmak veya hassas kullanımlar ya da hassas insan gruplarını bulmaktır.

Sessiz alanlar parkları, konut alanlarını, hastane alanlarını, oyun alanlarını veya mezarlıkları kapsayabilir ve korunmaları gerekmektedir. Tüm ülkelerin veya yerel yönetimlerin sessiz alan sınır değerlerini kendileri belirlemeleri gerekmektedir. Örneğin Almanya Hamburg’da sessiz alanlar “büyük açık alanlar”, “şehir merkezindeki nispeten sessiz açık alanlar”, “sessiz patikalar” ve “kentsel vahalar” olarak ayrılmıştır.

Bir diğer adım gürültü azaltım tedbirleri ve uzun dönem stratejileridir.

Gürültü azaltımı farklı sınıflara ayrılabilir. Önlemler sırasıyla kaynakta, yolda ve en sonunda başarısız olduğu halde alıcıda alınmalıdır. Gürültüyü kaynakta azaltma tedbirleri, az gürültülü yol yüzeyi, trafik yönetimi, trafik yavaşlatması, az gürültülü tekerlekler, az gürültülü araçlar veya sürücü tavrı olabilmektedir. Gürültü yayılımı üzerine tedbirler, arazi kullanımı planlaması ve yönetimi, gürültü engelleri, binaların gürültü bariyeri olarak kullanılması, tüneller veya yeşil alanlar olabilmektedir. Alıcıda tedbirleri arasında ise ses yalıtımı veya bina tasarımı sayılabilir. Teknik tedbirlerin yanı sıra, gürültü vergisi, gürültü cezası, sessiz araçlar için teşvik, ulaşım gereğinin azaltımı, farkındalığın artırılması gibi sosyoekonomik önlemler de alınabilir.

Uygun gürültü azaltım tedbiri seçimi için gürültü azaltım etkisi, diğer politikalara pozitif ve negatif etkileri, maliyetler ve toplumsal kabul kriterleri göz önüne alınmalıdır. Gürültüyü azaltmak ve önlemek için uzun dönem stratejileri arasında toplum farkındalığını arttırma, arazi kullanımı planlaması ve bina tasarımı, daha az gürültülü ulaşım kaynakları seçimi, sürücü davranışı düzenlemesi, şikayet yönetimi, az gürültülü yol yüzeyi, yol yüzeyi bakımı, gürültü bariyerleri ve tüneller, bina yalıtımı, toplu ulaşım filosunun yenilenmesi, az gürültülü çöp araçları, gürültülü araç kontrolleri, trafik yönetimi (trafik hacmi, kompozisyonu, hızı, sürüş stili), hız limiti azaltması, tümsek yerleşimi, yol alanının yeniden tasarımı, kavşak tasarımı, ve kamyon yasağı sayılabilir. Arazi kullanımı planlaması ve bina tasarımı, gürültüye az duyarlı binaların gürültü bariyeri olarak kullanılması, konut binasının kendisinin gürültü yayılımını engellemesi, gürültü bariyeri ve binaların birlikte kullanımı, uzaklık, gürültü zonlaması, yeni yollar tasarlanması, bina şekli ve mekan organizasyonu, yeşil alan tasarımı şekillerinde gerçekleştirilebilir.

Gürültü bariyerleri toprak yığınları, ahşap, çelik, alüminyum, beton, taş bloklar, akrilik levha veya kauçuk şilte gibi bir çok malzemeden üretilir. Basit bariyerler dışında farklı bariyer tipleri bulunmaktadır. Emici bariyerlerin emici yüzleri trafiğin bulunduğu yöne yerleştirildiğinde ilk oluşan sesi emerek yansımaları engellemektedirler, fakat basit bariyerlerden daha pahalıdırlar. Başlıklı bariyerlerin üst kısımları ses yayılımını engelleyecek şekilde şekillendirilmişlerdir. Açılı ya da dağıtıcı bariyerler ses yukarı veya hassas alandan uzağa yansıtan bariyerlerdir. Bentler ve toprak yığınları diğer bariyerlere ek olarak kullanılabilmektedirler.

Oldukça pahalı olan kabuk bariyerler ise yolun üst kenarlarını ya da tamamen üstünü kaplamakta, yüksek ses azaltımı sağlamaktadırlar.

“Çevre ve Orman Bakanlığı’nın gürültü yönetimi konusunda kapasitesini artırma” projesi kapsamında karayolu gürültüsü için İzmir ve Adana illeri pilot bölgelerinde oluşturulan eylem planları Eklerde verilmiştir. (SILENCE Project, 2008)

5. ZİNCİRLİKUYU MASLAK AKSININ KARAYOLU GÜRÜLTÜ HARİTASININ HAZIRLANMASI

Bu bölümde, karayolu gürültü haritalandırılması, 7 km uzunluğundaki Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksının örneği üzerinden incelenecektir. Kaynaklar, ulaşım aksını oluşturan Büyükdere Caddesi ve ona bağlanan ana karayollarını içermektedir.

5.1 Bölge Tanıtımı

İstanbul'da, Avrupa yakasında, Zincirlikuyu Maslak ulaşım aksı, Zincirlikuyu, Levent, 4. Levent, Sanayi, Harp Akademileri ve Maslak bölgelerinden geçmektedir. Haritalandırılacak olan alan, güneyde Yıldız Kavşağı'ndan başlayarak, Gayrettepe, Balmumcu, Nispetiye, Levent, Ortabayır, Emniyet Evleri, Konaklar, Sanayi, Yeşilce ve Ayazağa Mahallerinden bölümler içermekte, kuzeyde Atatürk Oto Sanayi Sitesi'nde sonlanmaktadır. Bölge İstanbul'un merkezi iş alanı konumundadır ve merkezi iş alanının bu aksın ilerlemeye Maslak yönünden devam edeceği konusunda genel kanı bulunmaktadır. Zincirlikuyu, Levent, 4. Levent, Sanayi ve Maslak bölgelerinde farklı tiplerde ticari yapılar bulunmaktadır. A tipi ofisler, B tipi ofisler, alışveriş merkezleri, konuttan dönüştürülmüş işyerleri ve endüstri yapıları bölgede sıkça bulunmaktadır ve yüksek maliyetli/kıralı A tipi ofis sayıları her geçen gün artmaktadır. Bölge, merkezi iş alanı olmasının yanı sıra içerisinde konut bölgeleri bulundurmaktadır. Zincirlikuyu ve 4. Levent bölgelerinde apartman tipi konutlar bulunmakta, Levent bölgesinde müstakil konutlar ve rezidanslar bulunmaktadır. Apartman tipi ve müstakil konutlar ile Büyükdere Caddesi arasında çoğunlukla işyeri binaları konumlanmıştır. Haritalandırılacak bölgenin içerisinde ayrıca okullar, hastaneler, askeri bölge ve İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak kampusu yer almakta, D100 ve E-80 karayolları ile bağlantısı bulunmaktadır. Büyükdere Caddesinin yoğun trafiği Taksim-4. Levent metro hattıyla ve bu hattın yakında Maslak'a bağlanmasıyla azaltılmaya çalışılmaktadır. Fakat bölgede sürekli artan yapılaşma beraberinde artan trafik yükünü getirmektedir. Bölgede trafik yükünden dolayı oluşan gürültünün etkisi incelenmelidir.

5.2 Yöntem

Çalışmada öncelikle haritalandırılacak alan belirlenmiştir. Haritalanacak alan belirlenmesi için, ön hesaplamalar yapılarak hem ilgili karayolunun gürültüsünün etkisini kaybedeceği, hem de meteorolojik faktörlerin etkili olacağı bir uzaklık belirlenmiştir. Büyükdere Caddesi'nin karayolu gürültüsü, etkisini bölgedeki farklı bina yoğunluğu ve yüksekliklerinden dolayı farklı uzaklıklarda kaybedecektir. Hiç bina bulunmadığı durumda 300 metrede 15 dB azaltım olacaktır, fakat yerleşim olan bölgelerde binaların engel etkisi nedeniyle çok daha artmaktadır. 250 km uzaklıkta meteorolojik etkiler devreye girmektedir. (Lang, 2002) Bu etkiler gözönüne alınarak, caddenin her iki tarafından 300'er metre olmak üzere 600 metre genişlikte, 6,97 km uzunluğunda, toplam 4,2 km²'lik bir harita alanı belirlenmiştir.

Haritalanacak bölgenin 1/5000 ve 1/1000 paftaları İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden dijital ortamda elde edilerek AutoCAD programında düzenlenmiştir. Mevcut veriler ayıklanmış, toplanan veriler ile karşılaştırılarak doğrulanmış ve toplanan veriler gerektiğinde eklenmiştir. Veri toplama çalışmaları ayrıntılı olarak 5.3 Veri Toplama bölümünde anlatılmıştır.

SoundPLAN gürültü haritalama programında, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne uygun olarak, karayolu gürültü haritalanması standardı NMPB - Routes - 96 ve L_{gag} değerlendirme yöntemi seçilmiştir. AutoCAD programında derlenen arazi yükseklik verileri SoundPLAN programına DXF dosyası olarak aktarılmış, programda yükseklik eğrileri ve ardından sayısal zemin modeli (SZM) hesaplanmıştır. AutoCAD programında derlenen bina konumu, boyutları ve kat sayısı verileri SoundPLAN programına DXF dosyası olarak aktarılmış, programda kat yükseklikleri girilerek bina yükseklikleri hesaplanmıştır. Bina kullanım amaçları ayrı AutoCAD katmanları ve ayrı SoundPLAN cog-dosyaları olarak SoundPLAN programına aktarılmıştır. Sonuç olarak 3 boyutlu bir model elde edilmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Şehir Rehberi internet sitesinden elde edilen uydu fotoğrafı koordinatlara uygun olarak SoundPLAN programına aktarılmıştır. (Url-3) Uydu fotoğrafı üzerinden bina konumları kontrol edilmiş, karayolları hesaplanan sayısal zemin modeli üzerine çizilmiş ve karayolu verileri girilmiştir.

Oluşturulan 3 boyutlu model konutlar ve ofisler olarak iki ayrı şekilde ele alınmış, bir modele nüfus verisi için sadece konut nüfus verileri atanırken diğerine sadece ofis nüfus verileri atanmıştır. Model karayolu verileri açısından da iki farklı şekilde ele alınmış, bir modelde sadece Büyükdere Caddesi'nin verileri kullanılırken, diğer modelde Büyükdere Caddesi ve tüm ana caddeler birlikte ele alınmıştır. Büyükdere Caddesi'nin gürültüsünün etkisinin çevredeki yollara göre ne kadar baskın olduğu, eylem planlaması yapılırken gözönüne alınması gereken önemli bir faktördür.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Ek VI'ya göre, zeminden 4 m yükseklikte L_{gag} cinsinden hesaplanmış 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB ve L_{gece} cinsinden hesaplanmış 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70dB değer aralıklarının her birine maruz kalan tahmini sakin sayılarının (en yakın yüz rakamına yuvarlatılmalı) verilmesi zorunludur. Hazırlanan modeller için, 10 metre aralıklarla 4 metre yükseklikte ızgaralı gürültü haritaları hesaplanmıştır. Ayrıca her ofis binasının her katının her cephesine birer alıcı yerleştirilerek cephe gürültü haritaları hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları, gürültü haritası ve etkilenen alan, kişi ve bina verileri olarak derlenmiştir.

5.3 Veri Toplama

Gürültü haritalamada en önemli adım veri toplanmasıdır. Bunun için en önemli yol gösterici kaynak Avrupa Komisyonu'ndan "Good Practice Guide"dır. Çizelge 5.1'de "Good Practice Guide"a göre çalışmada uygulanan veri toplama yöntemleri verilmiştir. (WG-AEN, 2006)

Topografyayı oluşturmak için İstanbul Büyükşehir Belediyesi 1/1000 haritalarındaki yükseklik bilgileri kullanılmıştır. Haritalarda, yükseklik bilgilerinin metre ve cm verilerinin ayrı yazılması nedeniyle tüm yükseklik bilgileri SoundPLAN programının tanıyabileceği şekilde yeniden yazılmıştır.

Bina konumları ve plandaki boyutları İstanbul Büyükşehir Belediyesi haritalarından alınmıştır. Bina kat sayıları İstanbul Büyükşehir Belediyesi 1/1000 haritalarında bulunmasına rağmen, teker teker yerinde kontrol edilmiştir, hatalar AutoCAD programı üzerindeki dosyada düzeltilmiştir. Kat yükseklikleri gözlemlerden ve genel kurallardan elde edilmiş, konut binalarında 2,80 m, ofis binalarında 4,00 m olarak kabul edilmiştir. Yükseklikleri tam olarak bilinen binaların (örn. Metrocity ofis

binaları, Kanyon binaları vs.) yükseklik değerleri ve kat sayılarına göre kat yüksekliği atamaları yapılmıştır. Binaların kullanım amaçları tüm binaların gözlemlenmesinden elde edilmiş, konut, ticari, endüstri, okul, hastane, otel, askeri, depo, otopark ve spor olarak ayrılmıştır. Varolan açık alanlar, açık spor alanları, açık park alanları ve açık otopark alanları olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 5.1 : Good Practice Guide’a göre Büyükdere Caddesi’nde uygulanan veri toplama yöntemleri

Konu	Mevcut bilgi	Uygulanan yöntem	Hata Payı
Bina yüksekliği	Kat sayısı	Ortalama kat yüksekliği ile kat sayısı çarpmak	1 dB
Yer yüzeyi tipi	Yansıtıcı ve emici yüzeyler	Yansıtıcı ve emici yüzeylerin modele girilmesi	< 0,5 dB
Yol eğimi	Topografya modeli	Yol eğimini topografya modelinden hesaplamak	< 0,5 dB
Karayolu trafik akışı (Büyükdere Cad., D100,E80)	Saatlik trafik akışı	Gündüz, akşam gece dönemleri için toplamak	< 0,5 dB
Karayolu trafik akışı (Diğer caddeler)	Veri mevcut değil	Gündüz, akşam, gece trafik akışı saymak	< 0,5 dB
Ortalama karayolu trafik hızı (Büyükdere Cad., D100,E80)	Saatlik hız	Gündüz, akşam gece dönemleri için ortalamasını almak	< 0,5 dB
Ortalama karayolu trafik hızı (Diğer caddeler ve ağır araçlar)	Veri mevcut değil	Belirli bir uzaklıkta, bir aracın yolculuk zamanını ölçerek hız hesaplamak	< 0,5 dB
Ağır araç oranı	Veri mevcut değil	Gündüz, akşam, gece trafik saymak	< 0,5 dB
Yol yüzey tipi	Sadece görsel veriye dayalı yol yüzeyi	Yol yüzeyi tipine göre düzeltme atama	1dB
Yayıma elverişli meteorolojik koşulların oluşma oranı	Veri mevcut değil	NBPM yöntemine göre gündüz %50, akşam %75, gece %100 yayıma elverişli koşul kabulü	3 dB
Sıcaklık ve nem	Veri mevcut değil	Ulusal kabul edilmiş veri kullanmak (XP S 31-133 standardı 15°C ve %70 nisbi nem)	3 dB
Konut binalarına nüfus verisi atamak	Veri mevcut değil	Araştırma yaparak farklı tip binalarda yaşayan kişi sayısı ortalamalarını belirlemek, ulusal istatistiklerle karşılaştırmak	3 dB

Konut binalarına nüfus bilgisi atamak için mahalle muhtarları ile görüşülmüştür. Mahallelerdeki konutlar muhtarlık bilgilerine göre gruplandırılarak kişi başına düşen metrekare değerleri belirlenmiştir. Bir çok yerde kişi başına 30 metrekare düştüğü varsayılmış, müstakil konutlarda 60 metrakare, rezidanslarda ise 100 metrekare kabul edilmiştir.

Ticari binalar ofis binaları ve sanayi binaları olarak ikiye ayrılmıştır. Haritalanan bölgenin merkezi iş alanı olduğu göz önüne alınarak, ofis binalarında gündüz saatleri süresince gürültüden etkilenen çalışanların sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle aynı model üzerinde konut binalarına nüfus atanmadan, sadece ofis binalarına nüfus atanarak ayrı bir hesaplama yapılmıştır. Bunun için Merkezi İş Alanlarında A sınıfı ofis binaları üzerine yapılan uluslararası bir araştırmanın verileri göz önüne alınmış, buna göre çalışan sayısı 12 metrekare/kişi atanmıştır. (Ataselim, 2008) Bunun dışında çalışan sayısı bilinen (örn. İş Kule, Garanti Bankası, Tekfen Tower, Sabancı Center, Kanyon Ofis Kulesi, Metrocity) binaların verileri özel olarak girilmiştir. Bu çalışmada üretim yapılan binalarda çalışan sayısı belirlenemeyeceği ve sanayi gürültüsünün etkin olduğu düşünüldüğü için sanayi binalarına nüfus verisi girilmemiştir.

Yansıtıcı ve emici yer yüzeyleri konum ve özellikleri gözlem yolu ile elde edilerek AutoCAD haritasına çizilmiş, SoundPLAN programında yutuculuk/yansıtıcılık verileri girilmiştir.

Büyükdere Caddesi, D-100 ve E80 yollarının hafif araç (<3,5 ton) trafik akışı ve ortalama araç hızları İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Verilerin çoğunluğu Temmuz 2007- Temmuz 2008 tarihleri arasında toplam 12 aylık değerleri içermektedir. Sadece 2 adet sensörün (255 nolu sensör Şubat 2008-Temmuz 2008 ve 258 nolu sensör Ağustos 2007-Eylül 2007 ayları arasında çalışmadığı için) 12 aylık verisi kullanılamamıştır. Ortalama hız 120 km/saati aştığı durumlarda limit değer olan 120 km/saat, 20 km'nin altına düştüğü zaman 20 km/saat kullanılmıştır. (Lang, 2002) Ağır taşıt oranları için alanda yapılan sayımlardan yararlanılmış ve saatlik sayımlardan gündüz-akşam-gece ağır araç yüzdeleri hesaplanmıştır. Buna göre ortalama ağır taşıt yüzdeleri Büyükdere Caddesi'nde gündüz %5, akşam %4, gece %3,5'tur. Ağır taşıt hızları en yüksek 80 km/saat alınmış, hafif taşıt hızlarının düşük olduğu saatlerde bu değer, alanda yapılan sayımlar da göz önüne alınarak 50 km/s ve 30 km/s olarak seçilmiştir.



Şekil 5.1 : Topografya yükseklikleri, binalar ve ana yollar ile oluşturulan 3 boyutlu model

Diğer caddeler için her saat 5'er dakika boyunca hafif araç akışı, ağır araç akışı, hafif araç hızı ve ağır araç hızı verileri toplanmıştır. 24 saatlik veriler gündüz, akşam ve gece saatlerine göre ayrılarak trafik akışı ve hızı verileri hesaplanmıştır.

Tüm ana yolların trafik akışı verileri EK A'da verilmektedir.

Yol yüzeyleri gözlem yoluyla belirlenmiş ve Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen düzeltmelere göre sınıflandırılmıştır. (WG-AEN, 2006) Neredeyse ele alınan tüm yol yüzeyleri, pürüzsüz asfalt sınıfına girmektedir. Bazı bölgelerde bozuk asfalta rastlanmıştır.

Köprülerin konumları, yükseklikleri ve gündüz, akşam, gece zaman dilimleri için trafik akış tipleri, alanda yapılan gözlemler sonucu çıkarılmıştır.

SoundPLAN simülasyon programında oluşturulan 3 boyutlu model Şekil 5.1'de verilmiştir.

5.4 Kabuller

Veri toplanması sırasında karayolları eğimlerinin tespitinde, oluşturulan sayısal zemin modeli kabul edilse de, köprülerin verileri ayrıca toplanmış ve modele işlenmiştir.

Meteorolojik koşullar için NMPB - Routes - 96 yöntemine göre, gündüz zaman diliminde (07:00-19:00) %50, akşam zaman diliminde (19:00-23:00) %75, gece zaman diliminde (23:00-07:00) %100 yayılıma elverişli koşul kabul edilmiştir. XP S 31-133 standardına göre sıcaklık ve nem değerleri 15°C ve %70 nisbi nem olarak kabul edilmiştir. (WG-AEN, 2006)

5.5 Haritalar

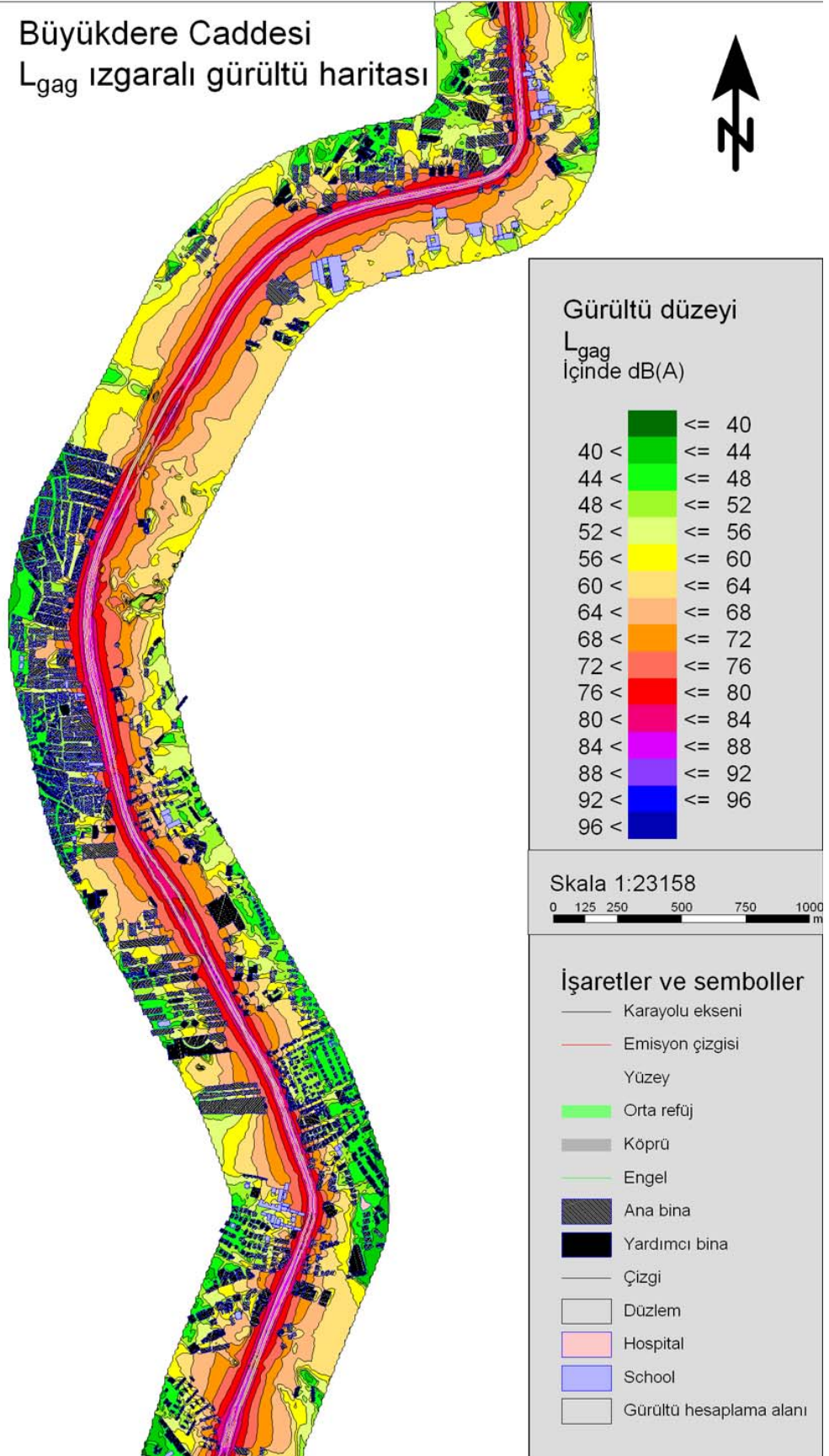
Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Ek VI'ya göre, zeminden 4 m yükseklikte L_{gag} cinsinden hesaplanmış 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB ve L_{gece} cinsinden hesaplanmış 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70dB değer aralıklarının her birine maruz kalan tahmini sakin sayılarının (en yakın yüz rakamına yuvarlatılmalı) verilmesi zorunludur. Girilen bilgiler sonucunda 10 metre aralıklarla 4 metre yükseklikte ızgaralı gürültü haritaları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2 : 4 m yükseklikte sadece Büyükdere Caddesi için hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sayısal sonuçları

Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Km ²	Konut binaları		Konut sakinleri		Okul	Hastane
L _{gag}	50-54	0,4	100	133	3700	3716	6	0
	55-59	0,5	100	74	3200	3229	9	0
	60-64	0,7	0	31	2500	2493	14	0
	65-70	0,5	0	40	2500	2502	16	0
	70-74	0,4	0	13	700	691	18	0
	>75	0,6	0	22	1.100	1053	9	1
L _{gündüz}	50-54	0,5	100	73	2900	2893	9	0
	55-59	0,7	0	37	2400	2417	13	0
	60-64	0,5	0	36	2500	2510	19	0
	65-70	0,4	0	24	1400	1382	19	0
	70-74	0,3	0	13	700	693	6	1
	>75	0,4	0	10	400	439	4	0
L _{akşam}	50-54	0,4	100	71	2900	2850	9	0
	55-59	0,7	0	45	2600	2568	13	0
	60-64	0,5	0	38	2600	2574	19	0
	65-70	0,4	0	25	1500	1489	19	0
	70-74	0,3	0	12	600	614	7	1
	>75	0,4	0	10	400	439	3	0
L _{gece}	50-54	0,6	0	48	2700	2721	13	0
	55-59	0,5	0	35	2400	2361	17	0
	60-64	0,4	0	29	1600	1568	19	0
	65-70	0,3	0	14	800	796	6	1
	70-74	0,3	0	9	400	426	6	0
	>75	0,2	0	2	100	91	0	0

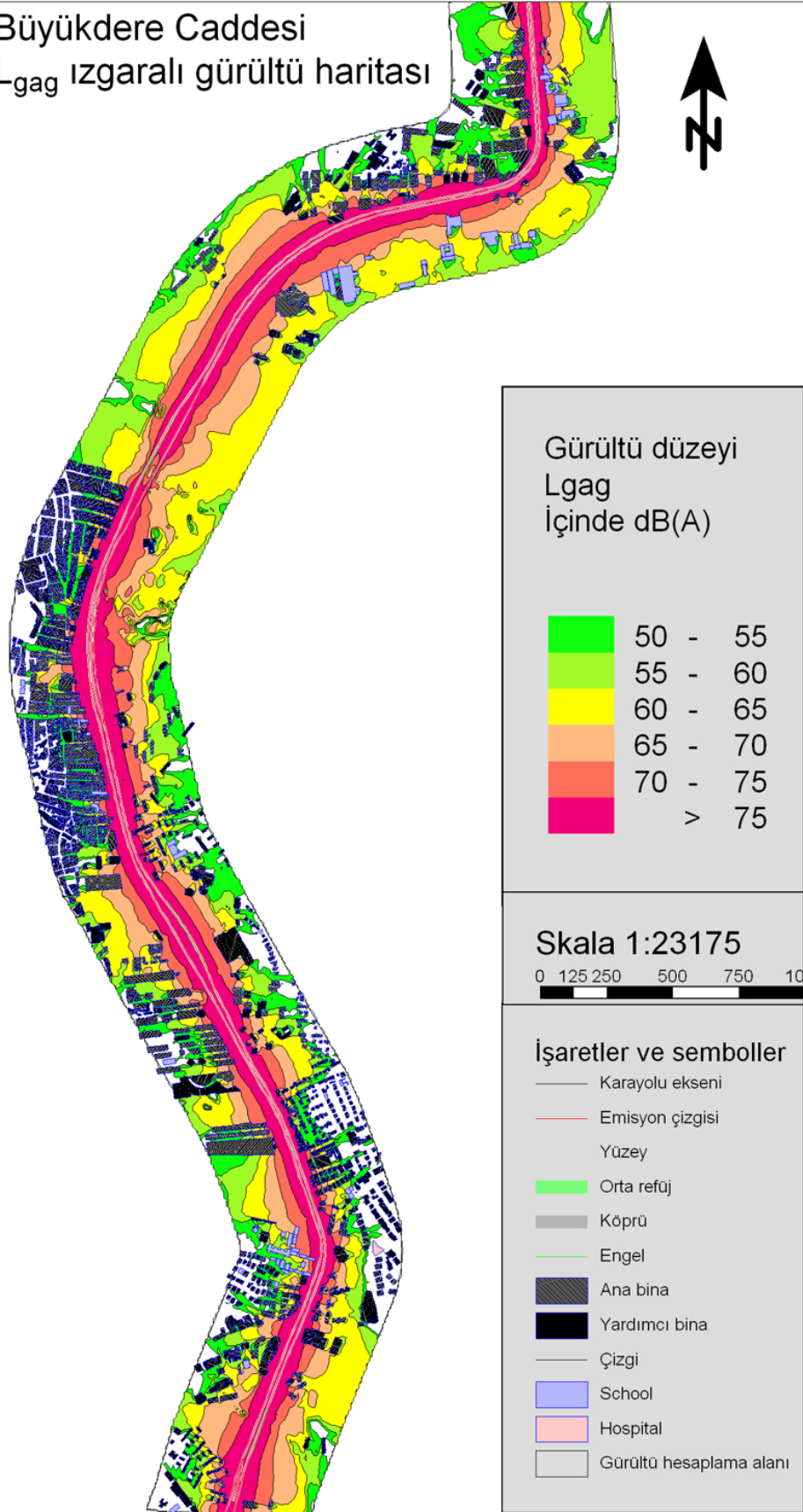
Konutlar için hesaplanmış L_{gag}, L_{gündüz}, L_{akşam}, ve L_{gece} değerleri, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB aralıklarında gürültüden etkilenen km², okul ve hastane sayıları ile etkilenen konut ve konut sakinleri hem gerçek sayıları ile, hem de en yakın yüze yuvarlanmış halde, sadece Büyükdere Caddesi'nin etkisi için Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Büyükdere Caddesi
L_{gag} ızgaralı gürültü haritası



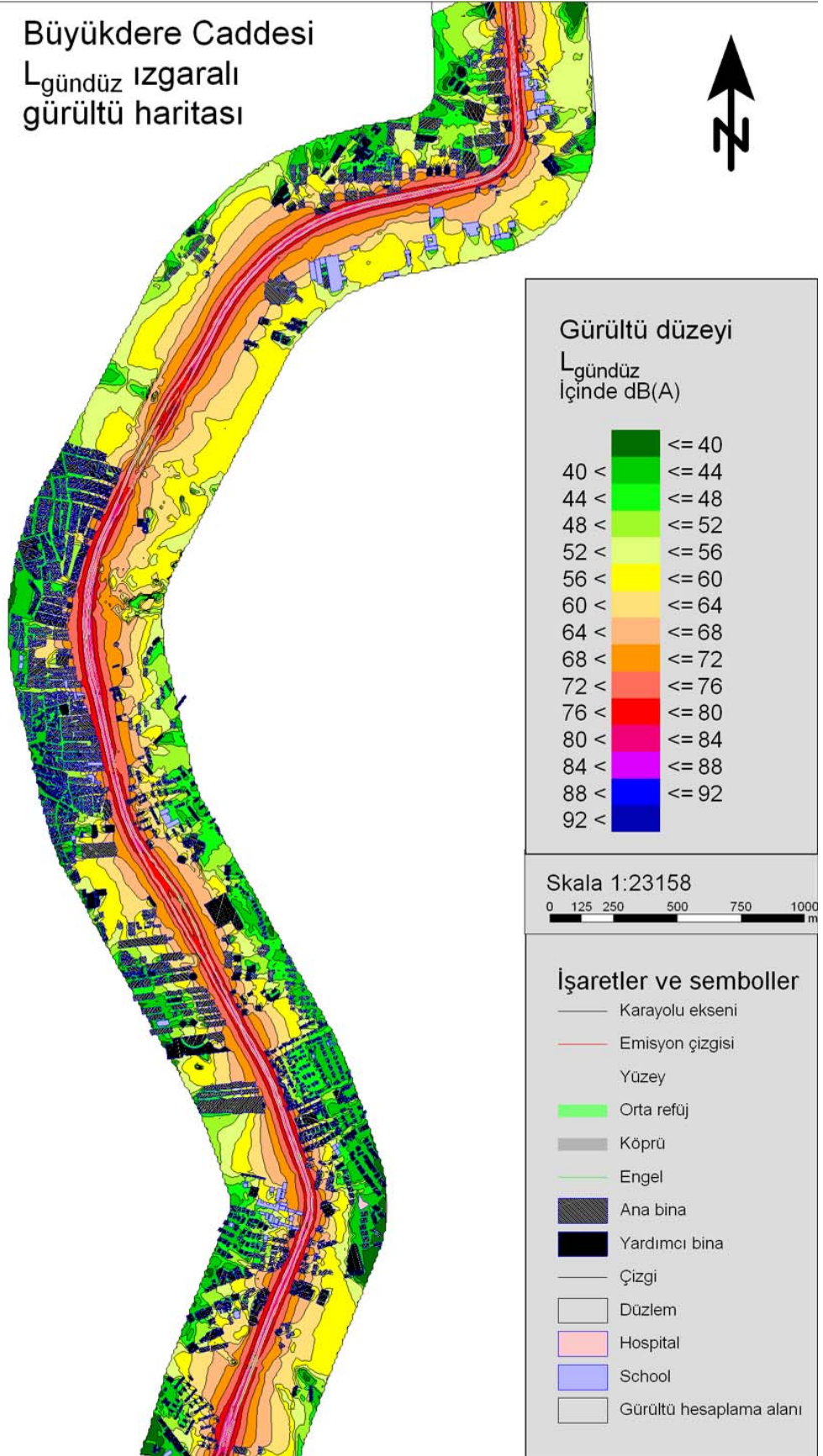
Şekil 5.2 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Büyükdere Caddesi
L_{gag} ızgaralı gürültü haritası



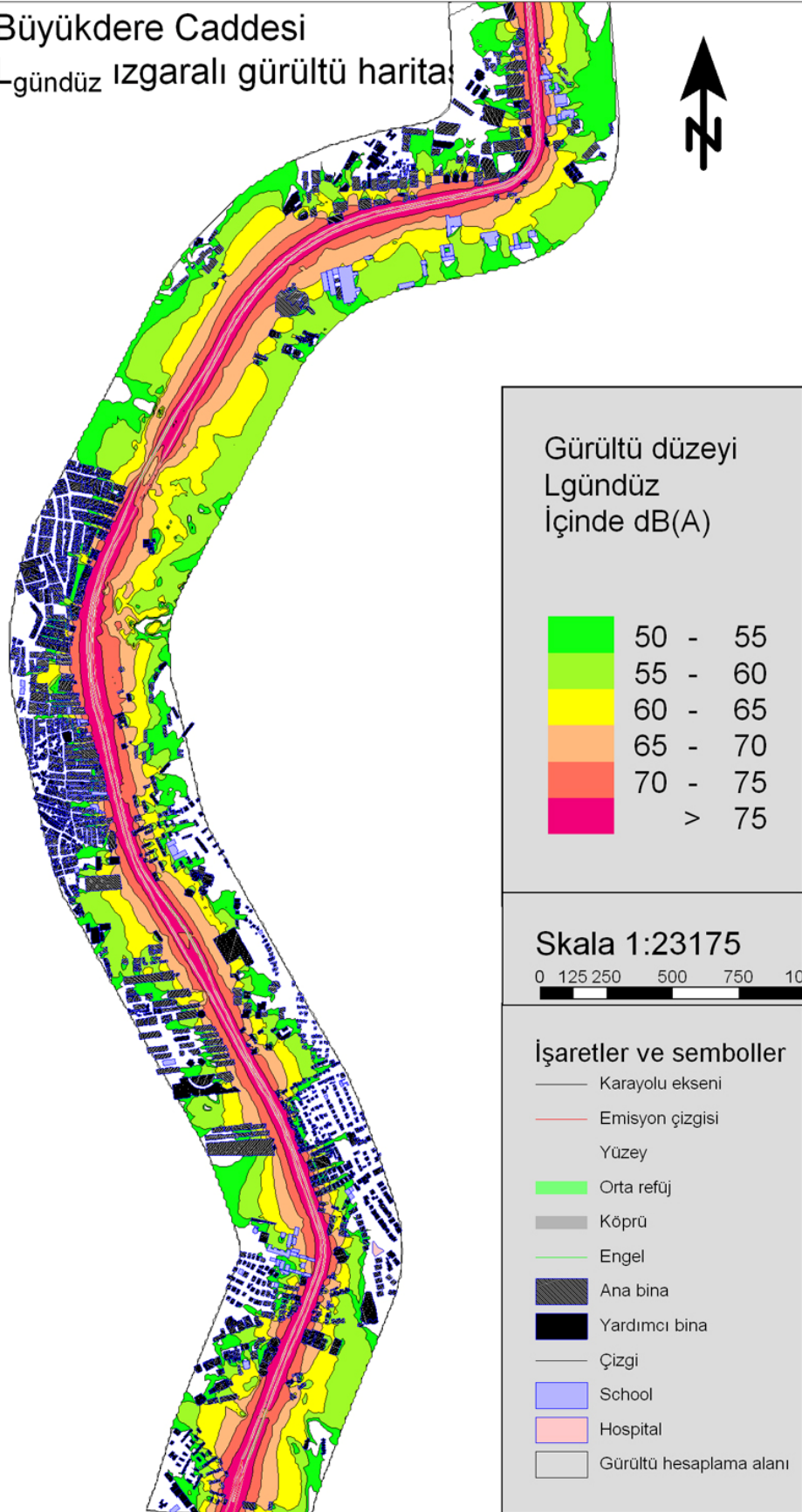
Şekil 5.3 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 24 saatlık Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Büyükdere Caddesi
L_{gündüz} ızgaralı
gürültü haritası



Şekil 5.4 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 12 saatlik Gündüz zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Büyükdere Caddesi
L_{gündüz} ızgaralı gürültü haritası



Şekil 5.5 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 12 saatlık Gündüz zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Çizelge 5.2’de görüldüğü üzere, etkilenen konut binaları ve konut sakinleri yönetmeliğe göre en yakın 100 rakamına yuvarlanmalıdır. Fakat bu yuvarlama nedeni ile bir çok aralıkta etkilenen bina sayısı sıfır görünmektedir. Konut sakinleri ise nicesel olarak fazla olmaları nedeni ile bu etkinin dışında kalmışlardır. Bu durumda sadece bina sayılarına bakarak karar verilmesinin doğru olmayacağı açıkça görülmektedir.

Çizelge 5.2’de, gündüz ve akşam zaman dilimlerindeki gürültü aralıklarından etkilenen km^2 , konut, konut sakinleri, okul ve hastane sayılarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Gece zaman diliminde ise tüm aralıklarından etkilenme sayıları düşmektedir.

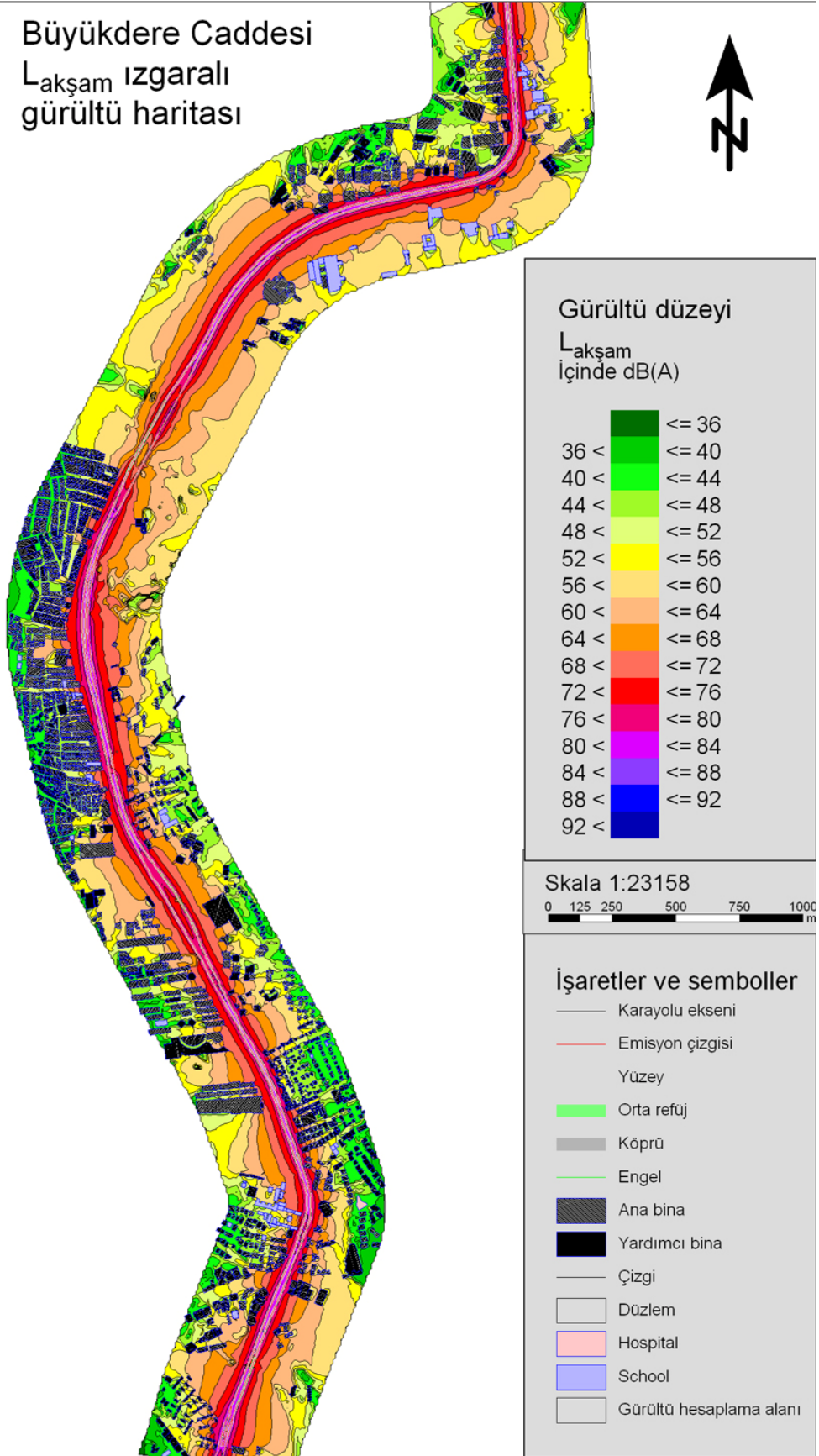
Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’te sadece Büyükdere Caddesi’nin etkisi için 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış L_{gag} değerleri, 4 dB genişliğinde ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası verilmiştir.

Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’te sadece Büyükdere Caddesi’nin etkisi için 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış $L_{\text{gündüz}}$ değerleri, 4 dB genişliğinde ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası verilmiştir.

Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de sadece Büyükdere Caddesi’nin etkisi için 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış $L_{\text{akşam}}$ değerleri, 4 dB genişliğinde ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası verilmiştir.

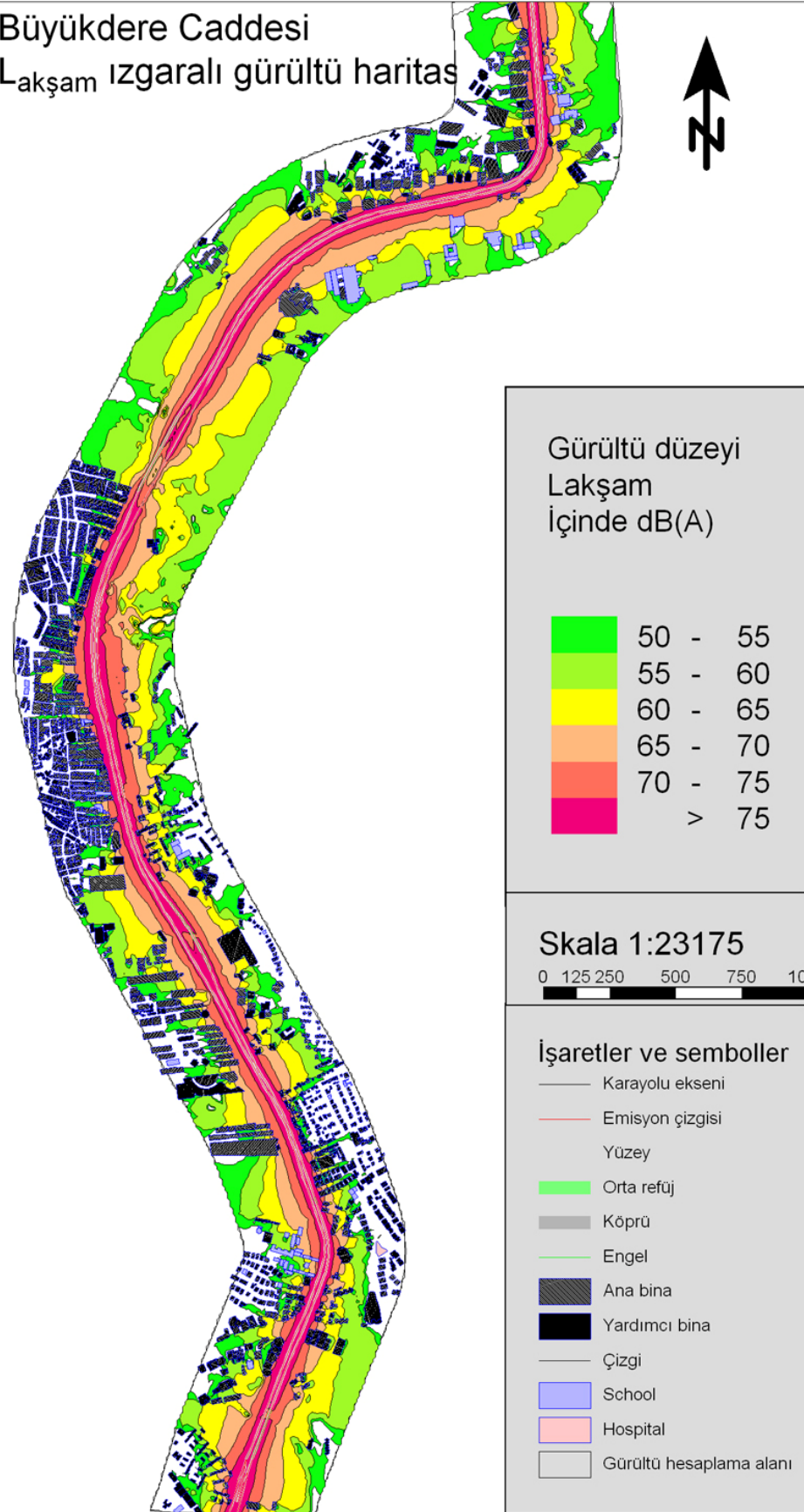
Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da sadece Büyükdere Caddesi’nin etkisi için 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış L_{gece} değerleri, 4 dB genişliğinde ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası verilmiştir.

Büyükdere Caddesi
L_{akşam} ızgaralı
gürültü haritası



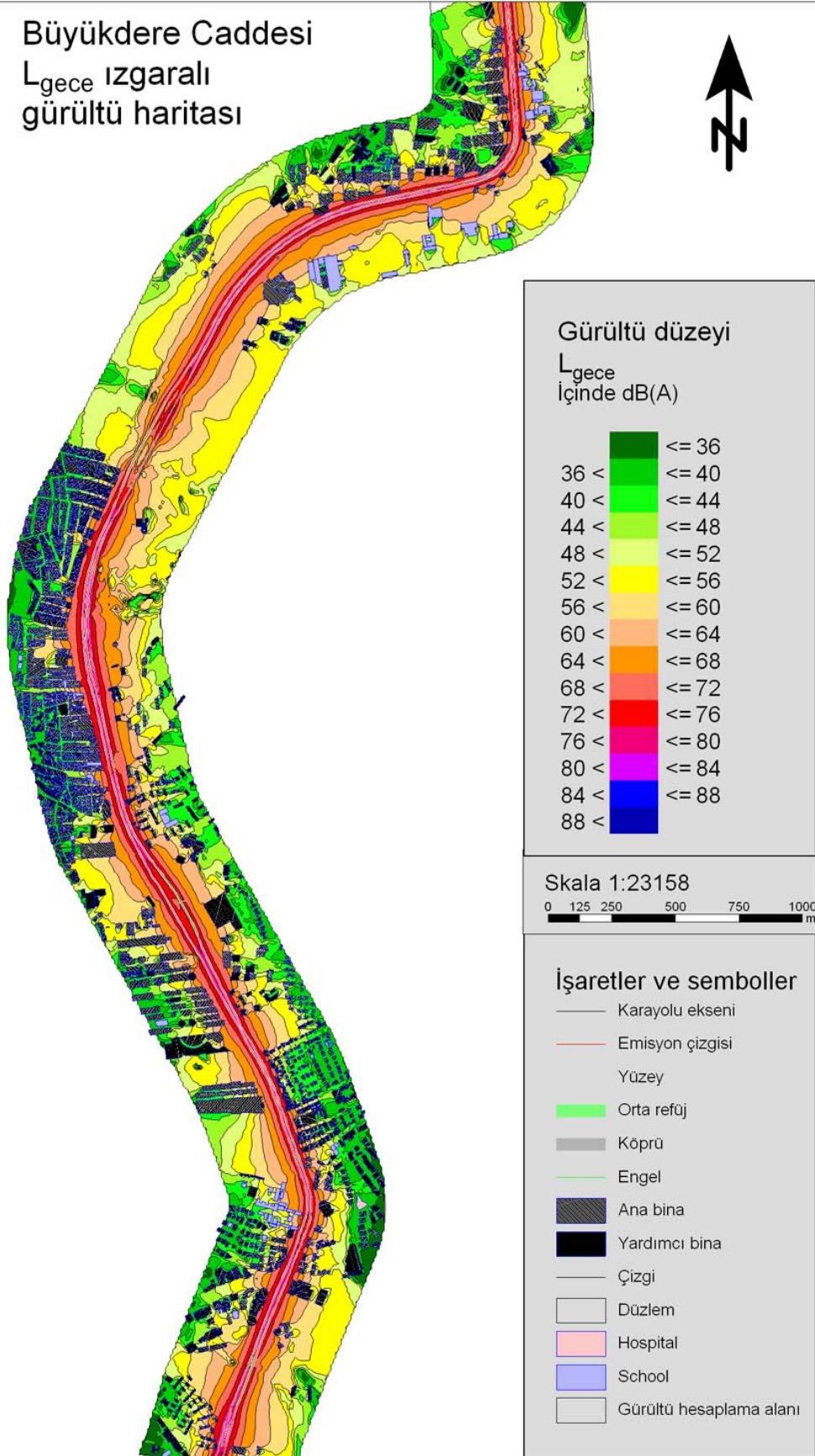
Şekil 5.6 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 4 saatlik Akşam zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Büyükdere Caddesi
Lakşam ızgaralı gürültü haritası



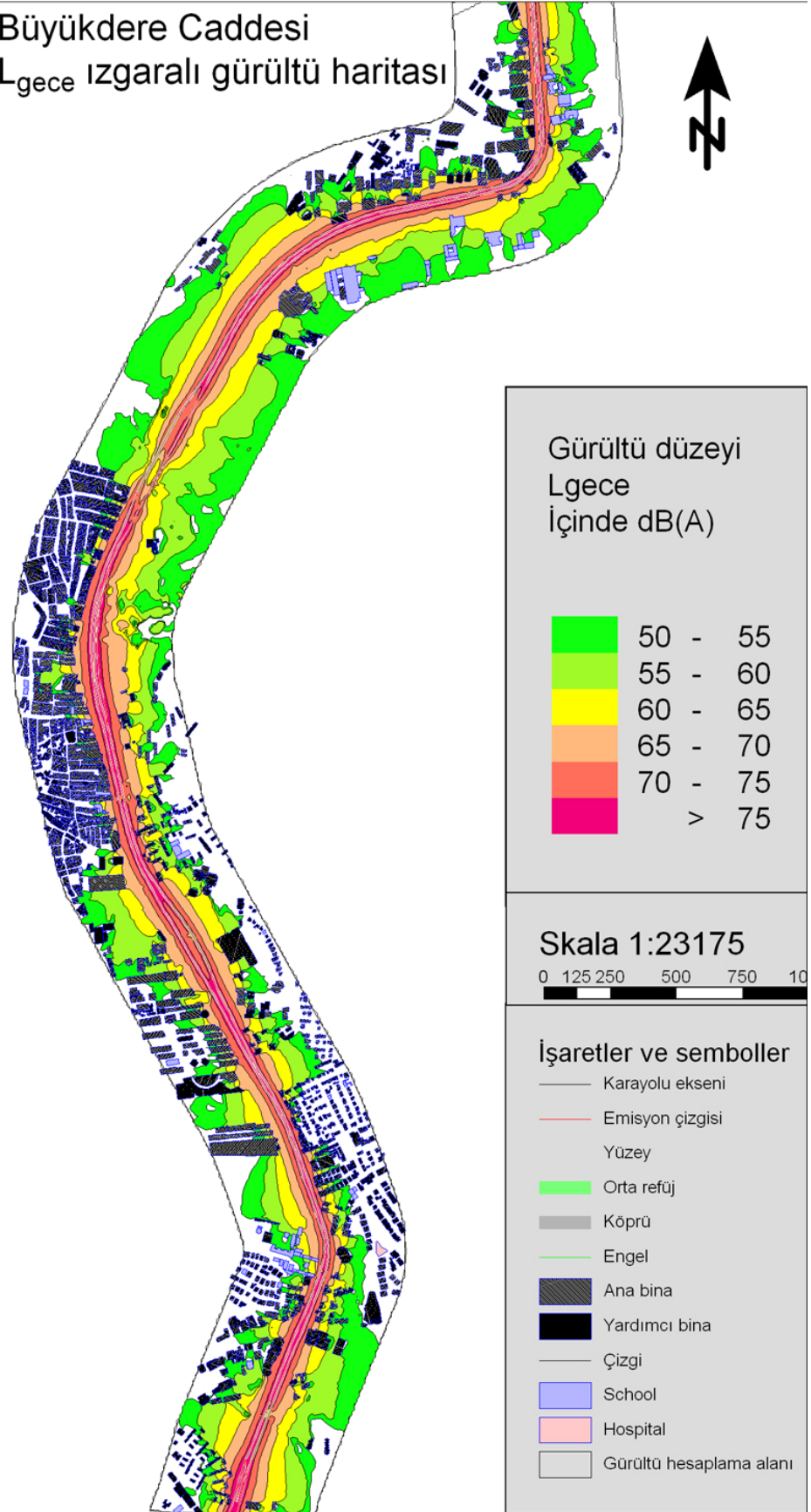
Şekil 5.7 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 4 saatlik Akşam zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Büyükdere Caddesi
 L_{gece} ızgaralı
gürültü haritası



Şekil 5.8 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 8 saatlik Gece zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Büyükdere Caddesi
L_{gece} ızgaralı gürültü haritası



Şekil 5.9 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin 8 saatlik Gece zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

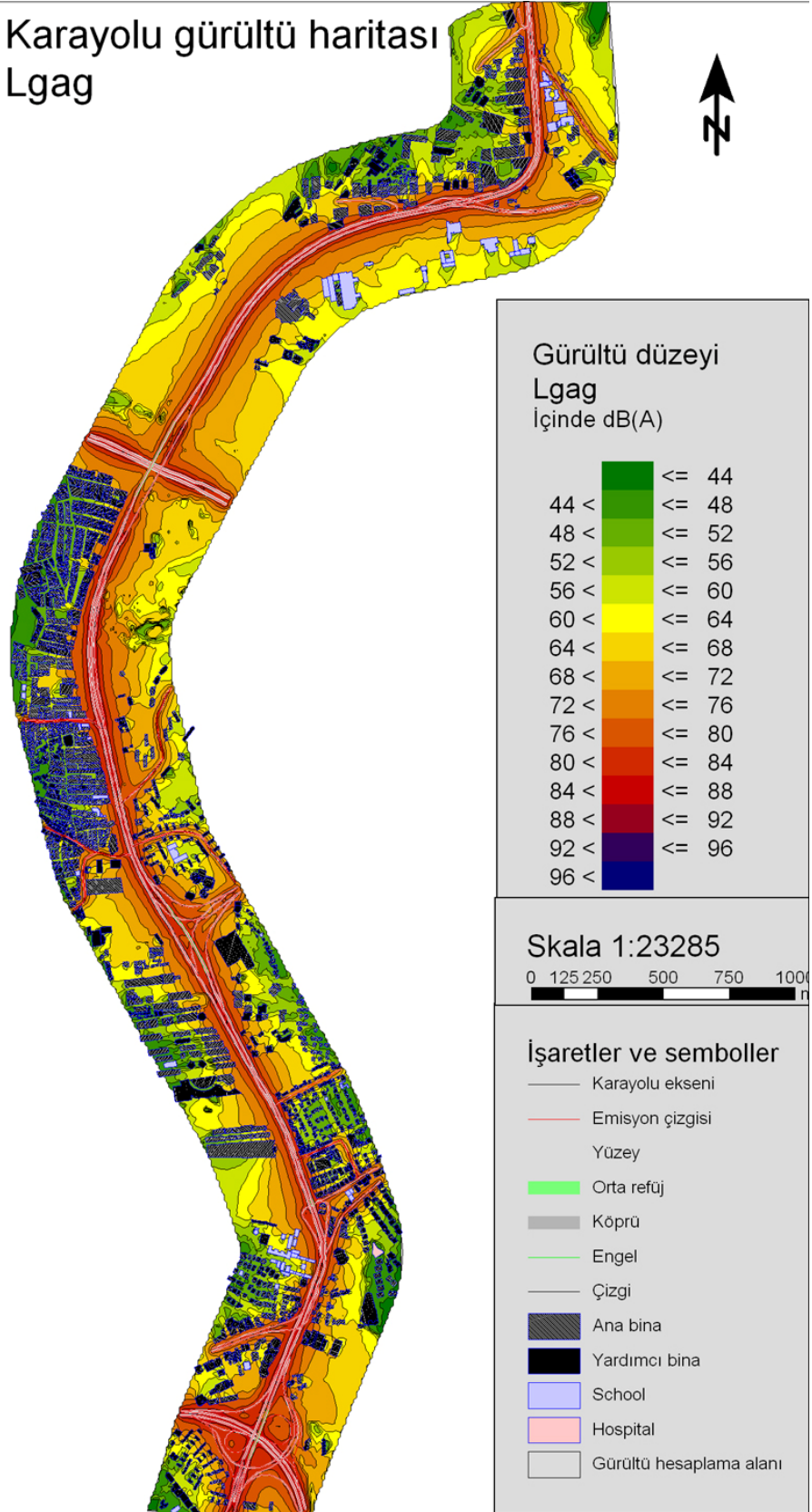
Konutlar için hesaplanmış L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, ve L_{gece} değerleri, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB aralıklarında gürültüden etkilenen km^2 , konut, konut sakini, okul ve hastane sayıları hem gerçek sayıları ile, hem de en yakın yüze yuvarlanmış halde, tüm ana yolların etkisi için Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3 : 4 m yükseklikte tüm ana caddeler için hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sayısal sonuçları

Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Km^2	Konut binaları		Konut sakinleri		Okul	Hastane
L_{gag}	50-54	0,3	100	139	3300	3267	6	1
	55-59	0,3	100	96	3000	3017	9	0
	60-64	0,5	100	75	3400	3447	8	0
	65-70	0,6	100	51	2500	2500	16	0
	70-74	0,5	100	61	2500	2490	19	0
	>75	1,0	100	62	3300	3343	19	1
$L_{gündüz}$	50-54	0,3	100	107	2800	2786	9	0
	55-59	0,5	100	80	3100	3123	9	0
	60-64	0,6	100	66	3300	3293	14	0
	65-70	0,5	100	55	2200	2230	15	0
	70-74	0,5	0	45	2400	2409	15	1
	>75	0,6	0	46	2000	2028	12	0
$L_{akşam}$	50-54	0,3	100	86	3300	3336	11	0
	55-59	0,5	100	63	2800	2792	16	0
	60-64	0,6	0	48	2400	2361	17	0
	65-70	0,5	0	39	1600	1573	14	0
	70-74	0,5	0	21	1000	1029	10	1
	>75	0,5	0	9	400	370	1	0
L_{gece}	50-54	0,4	100	83	3600	3649	6	0
	55-59	0,6	100	52	2200	2248	12	0
	60-64	0,6	100	68	3000	2982	19	0
	65-70	0,5	0	46	2000	2005	19	0
	70-74	0,4	0	25	1600	1584	8	1
	>75	0,3	0	6	700	668	0	0

Çizelge 5.3'te de görüldüğü üzere, etkilenen konut binaları ve konut sakinleri sayısı en yakın 100 rakamına yuvarlanması nedeni ile bazı aralıklarda etkilenen bina sayısı sıfır olmaktadır. Bu durumda yine sadece bina sayılarına bakarak karar verilmesinin doğru olmayacağı açıkça görülmektedir. Gündüz ve akşam zaman dilimlerindeki gürültü aralıklarından etkilenen km^2 , konut, konut sakinleri, okul ve hastane sayılarının birbirine çok yakın olduğu, gece zaman diliminde ise tüm aralıklarda etkilenme sayılarının düştüğü görülmektedir.

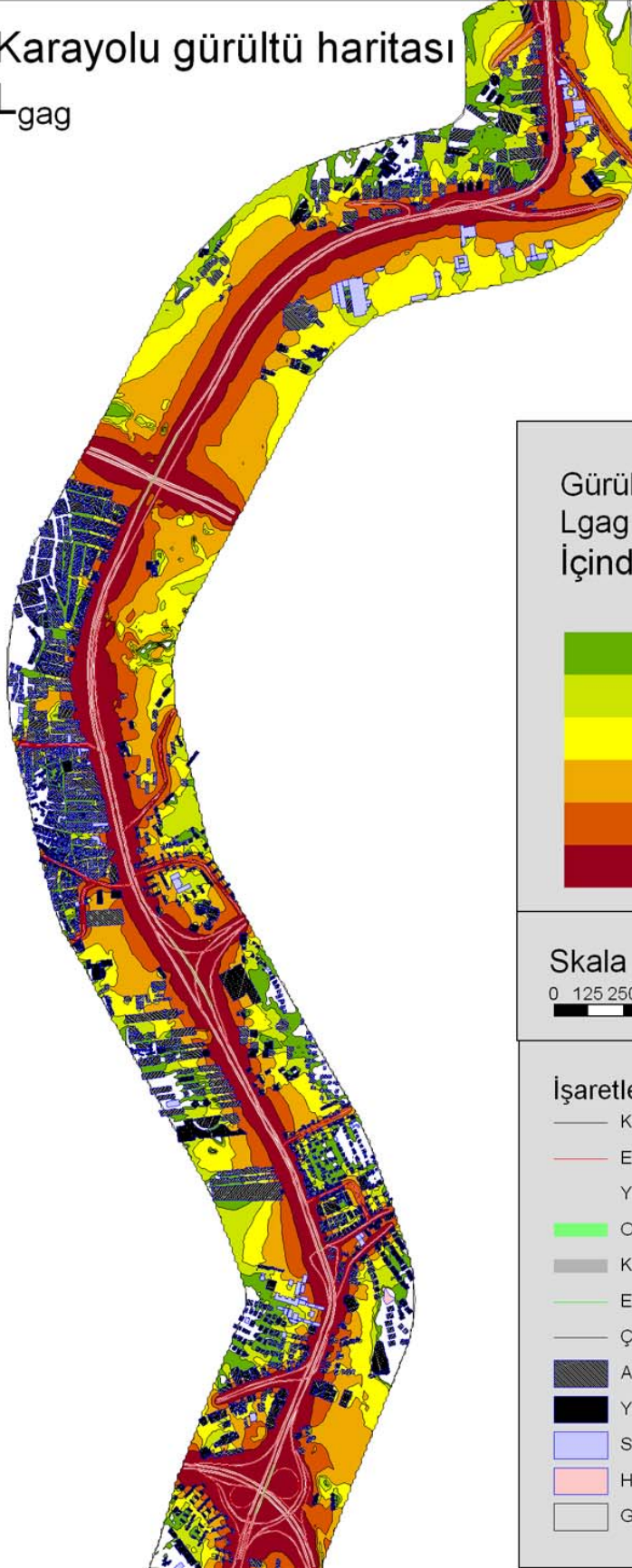
Karayolu gürültü haritası L_{gag}



Şekil 5.10 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Karayolu gürültü haritası

L_{gag}



Gürültü düzeyi
 L_{gag}
İçinde dB(A)

	50 - 55
	55 - 60
	60 - 65
	65 - 70
	70 - 75
	≥ 75

Skala 1:23177

0 125 250 500 750 1000

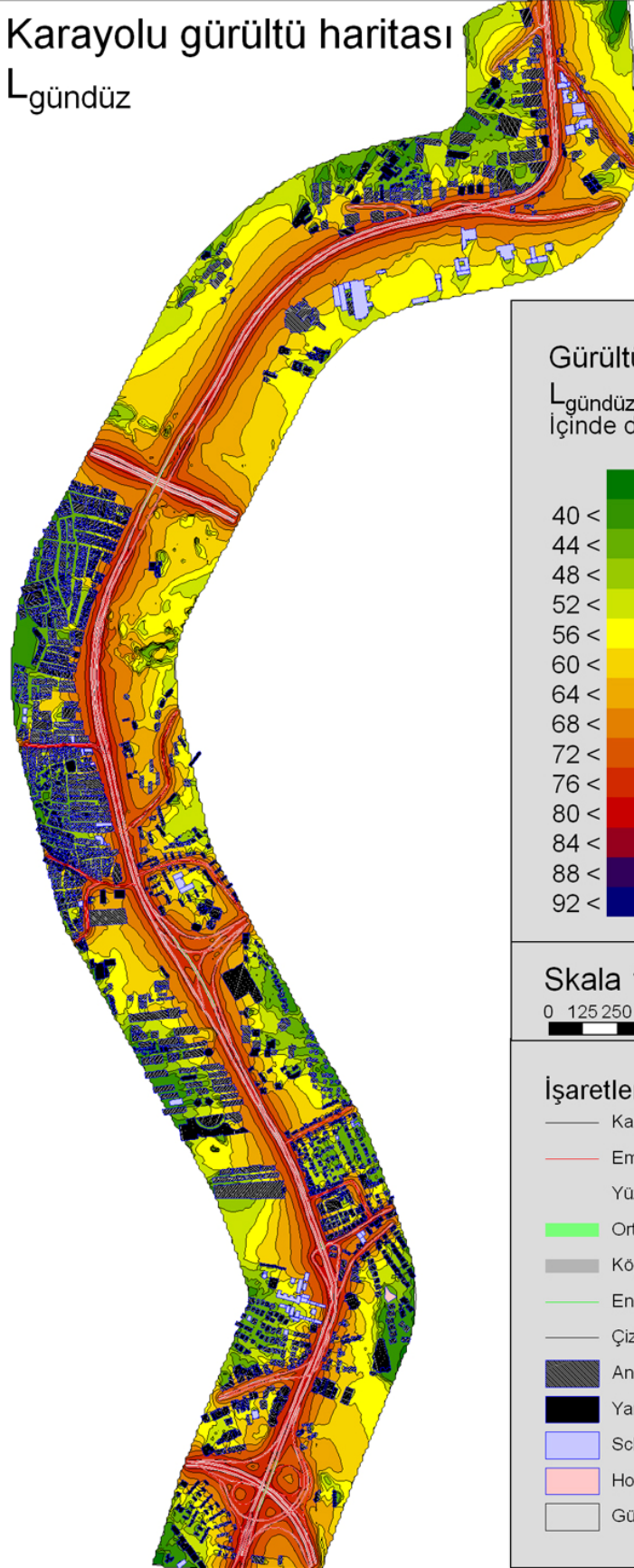
İşaretler ve semboller

—	Karayolu ekseni
—	Emisyon çizgisi
	Yüzey
	Orta refüj
	Köprü
	Engel
—	Çizgi
	Ana bina
	Yardımcı bina
	School
	Hospital
	Gürültü hesaplama alanı

Şekil 5.11 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Karayolu gürültü haritası

$L_{gündüz}$



Gürültü düzeyi

$L_{gündüz}$
içinde dB(A)

≤ 40
$40 < \leq 44$
$44 < \leq 48$
$48 < \leq 52$
$52 < \leq 56$
$56 < \leq 60$
$60 < \leq 64$
$64 < \leq 68$
$68 < \leq 72$
$72 < \leq 76$
$76 < \leq 80$
$80 < \leq 84$
$84 < \leq 88$
$88 < \leq 92$
$92 <$

Skala 1:23285

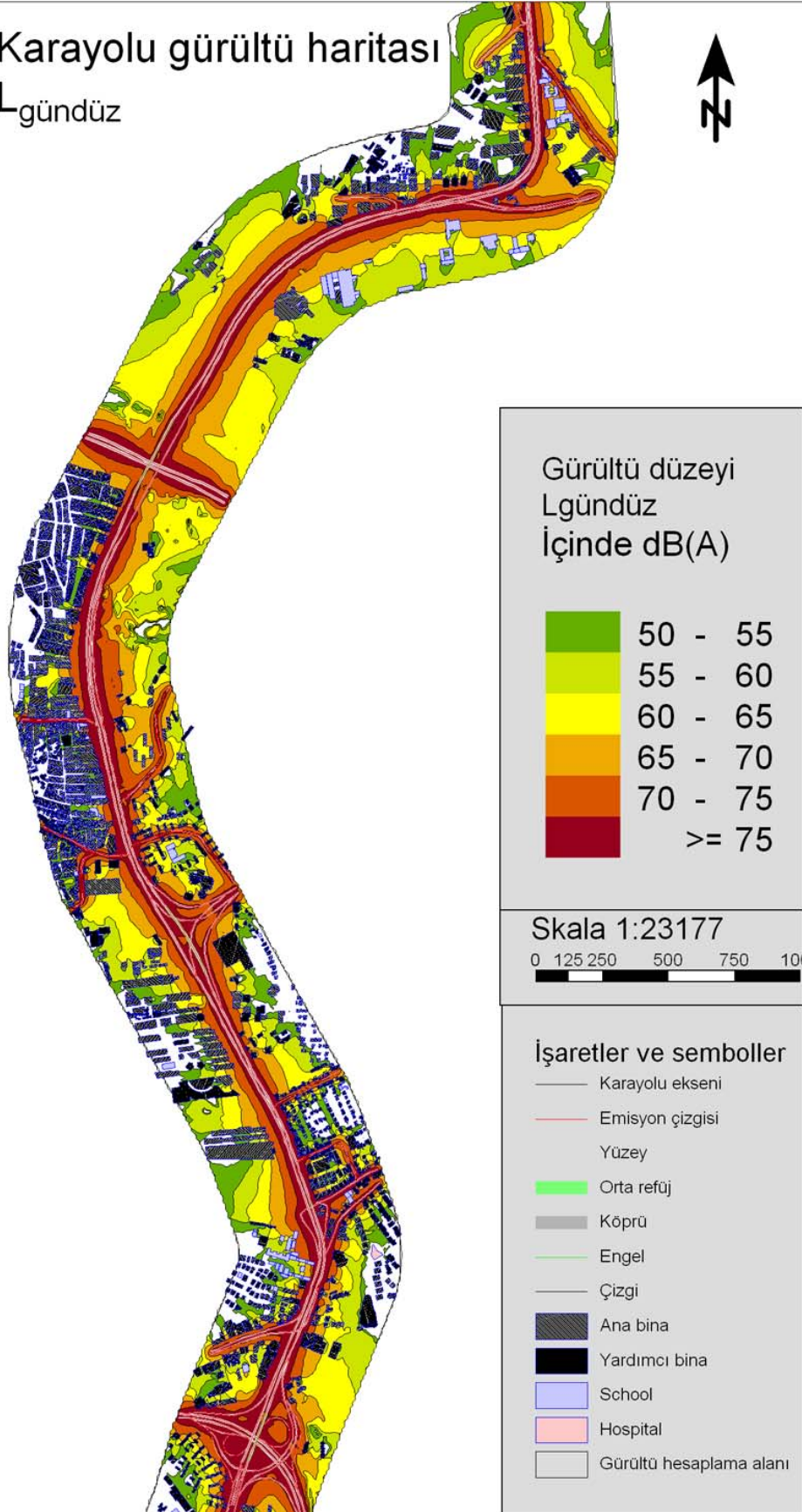
0 125 250 500 750 1000 m

İşaretler ve semboller

—	Karayolu eksen
—	Emisyon çizgisi
	Yüzey
—	Orta refüj
—	Köprü
—	Engel
—	Çizgi
■	Ana bina
■	Yardımcı bina
■	School
■	Hospital
■	Gürültü hesaplama alanı

Şekil 5.12 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 12 saatlik Gündüz zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Karayolu gürültü haritası L_{gündüz}



Şekil 5.13 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 12 saatlik Gündüz zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de tüm ana yolların etkisi için 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış L_{gag} değerleri, 4 dB genişliğinde ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası verilmiştir.

Şekil 5.12 ve Şekil 5.13’te tüm ana yolların etkisi için 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış $L_{gündüz}$ değerleri, 4 dB genişliğinde ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası verilmiştir.

Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’te sadece tüm ana yolların etkisi için 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış $L_{akşam}$ değerleri, 4 dB genişliğinde ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası verilmiştir.

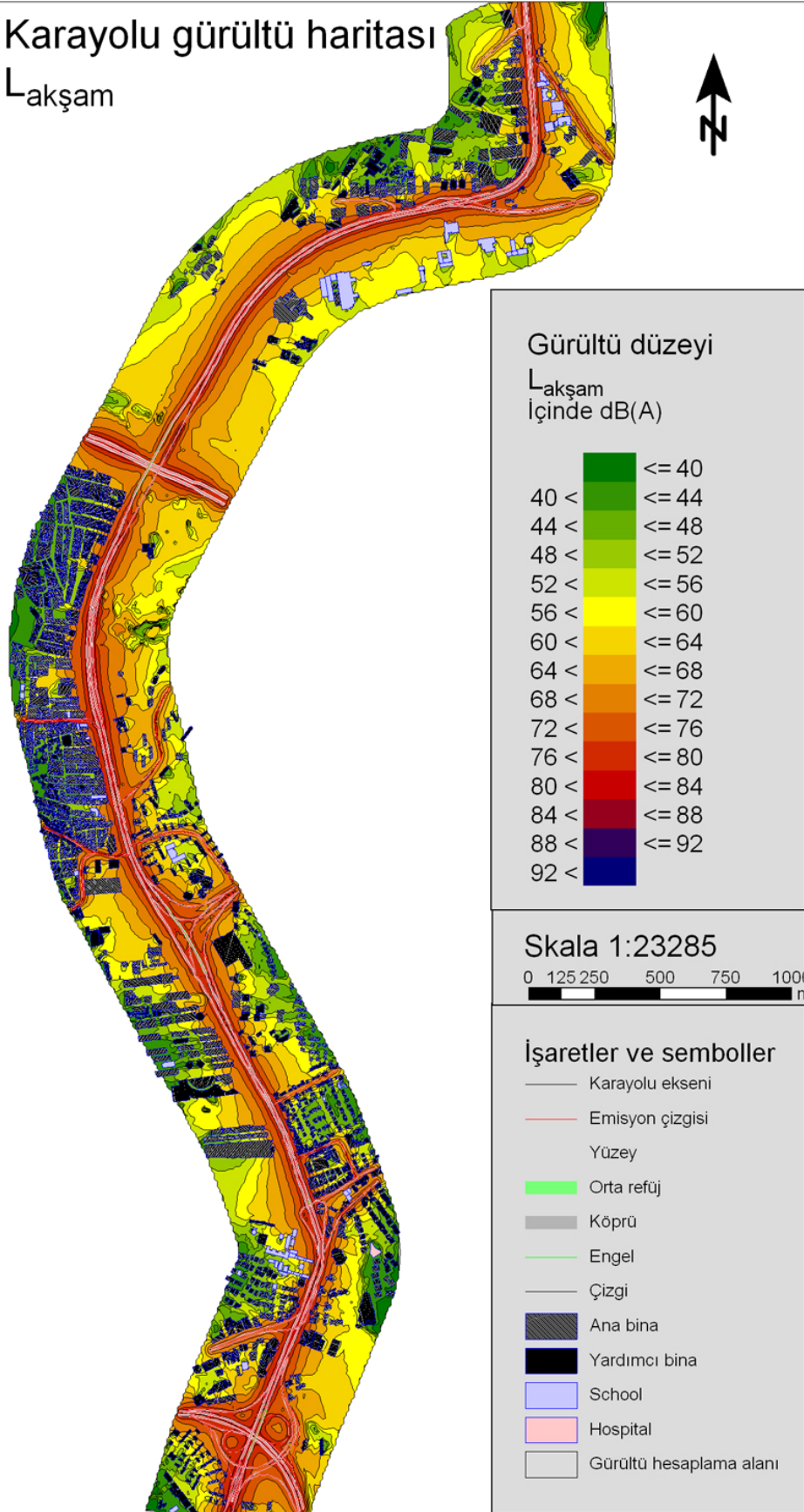
Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’de tüm ana yolların etkisi için 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış L_{gece} değerleri, 4 dB genişliğinde ve Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası verilmiştir.

Ofisler için hesaplanmış $L_{gündüz}$ değerleri, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB aralıklarında gürültüden etkilenen ofis ve ofis çalışanı sayıları hem gerçek sayıları ile, hem de en yakın yüze yuvarlanmış halde, sadece Büyükdere Caddesi’nin etkisi için Çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4’e göre örneğin 75 dBA’nın üzerinde gürültüye maruz kalan ofis binası sayısı 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıkla hesap yapıldığında 76 adet çıkarken, cephelere gelen gürültüye göre hesap yapıldığında 18 adet çıkmaktadır. 75 dBA’nın üzerinde gürültüye maruz kalan ofis çalışanı sayısı ise, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıkla hesap yapıldığında 25680 adet çıkarken, cephelere gelen gürültüye göre hesap yapıldığında 1626 adet çıkmaktadır. Aynı durum diğer gürültü aralıklarında da geçerlidir.

Karayolu gürültü haritası

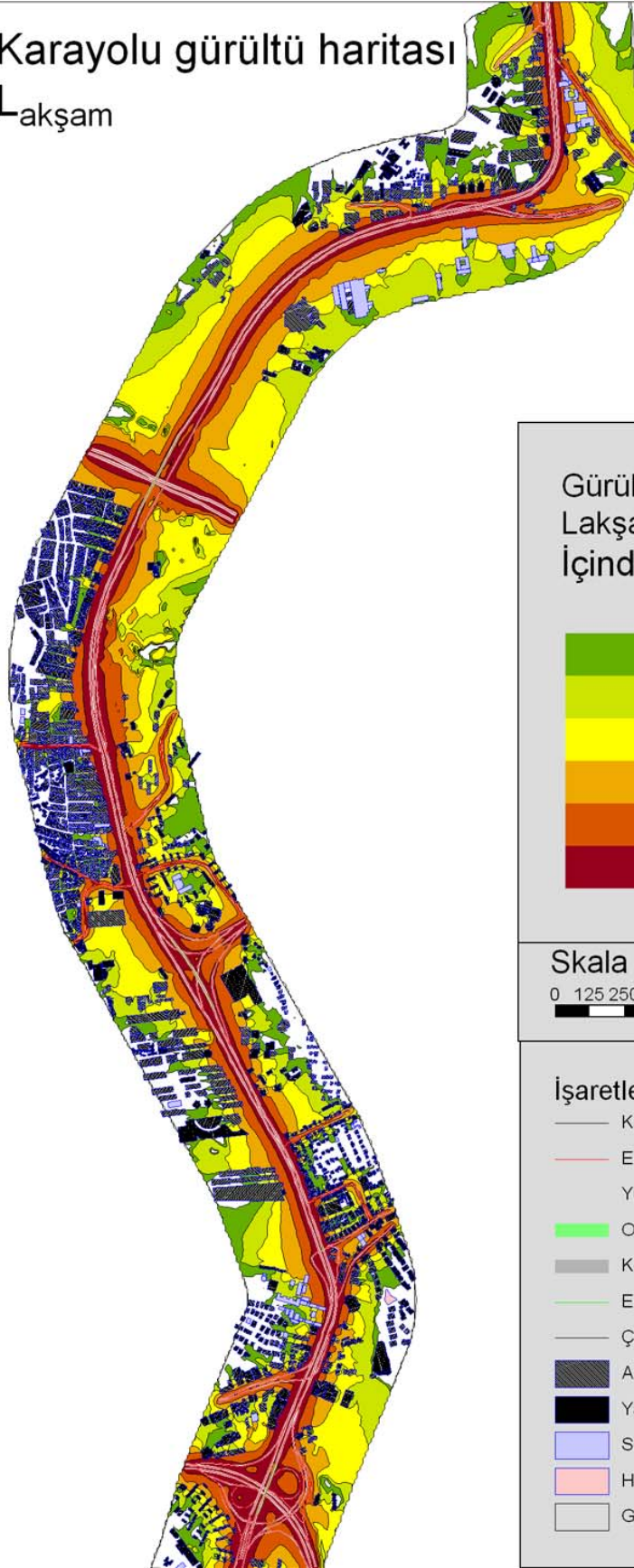
L_{akşam}



Şekil 5.14 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 4 saatlik Akşam zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Karayolu gürültü haritası

Lakşam



Gürültü düzeyi
Lakşam
İçinde dB(A)

50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
≥ 75

Skala 1:23177

0 125 250 500 750 1000

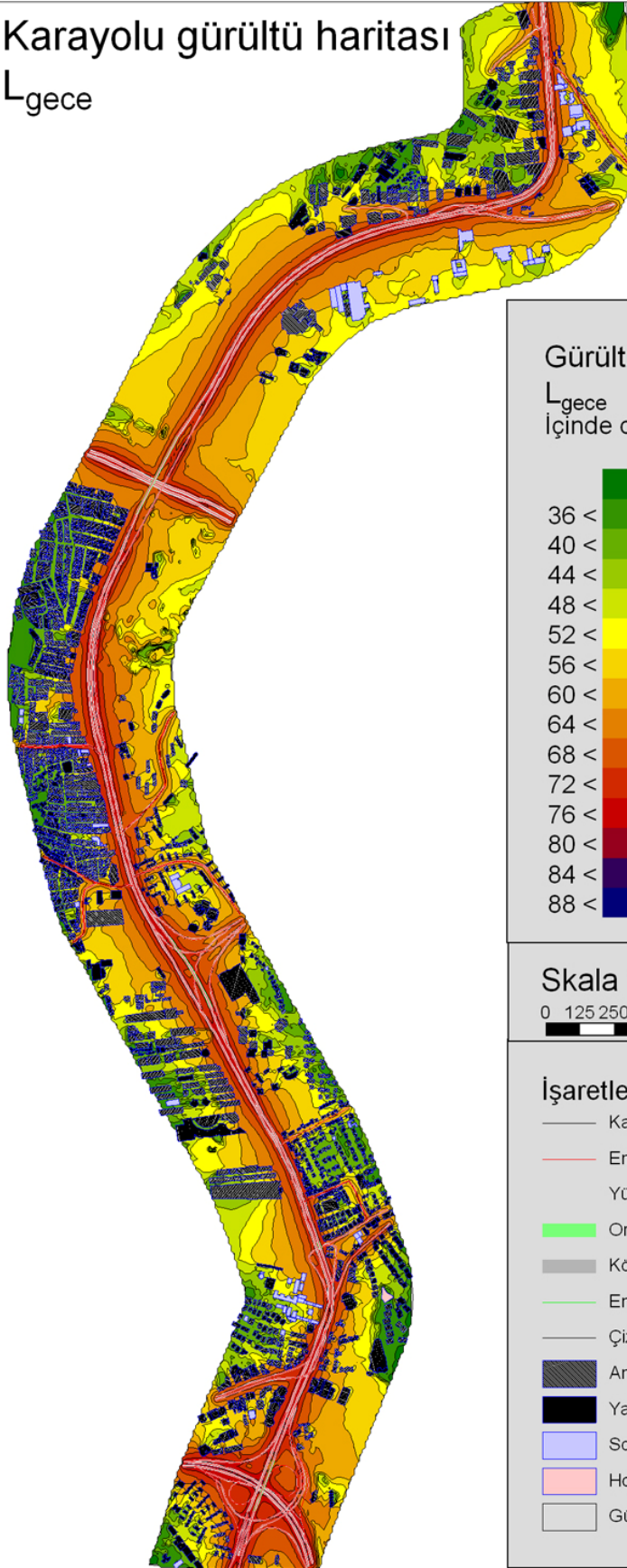
İşaretler ve semboller

- Karayolu eksen
- Emisyon çizgisi
- Yüzey
- Orta refüj
- Köprü
- Engel
- Çizgi
- Ana bina
- Yardımcı bina
- School
- Hospital
- Gürültü hesaplama alanı

Şekil 5.15 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 4 saatlik Akşam zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Karayolu gürültü haritası

L_{gece}



Gürültü düzeyi

L_{gece}
içinde dB(A)

≤ 36	≤ 36
$36 <$	≤ 40
$40 <$	≤ 44
$44 <$	≤ 48
$48 <$	≤ 52
$52 <$	≤ 56
$56 <$	≤ 60
$60 <$	≤ 64
$64 <$	≤ 68
$68 <$	≤ 72
$72 <$	≤ 76
$76 <$	≤ 80
$80 <$	≤ 84
$84 <$	≤ 88
$88 <$	

Skala 1:23285

0 125 250 500 750 1000 m

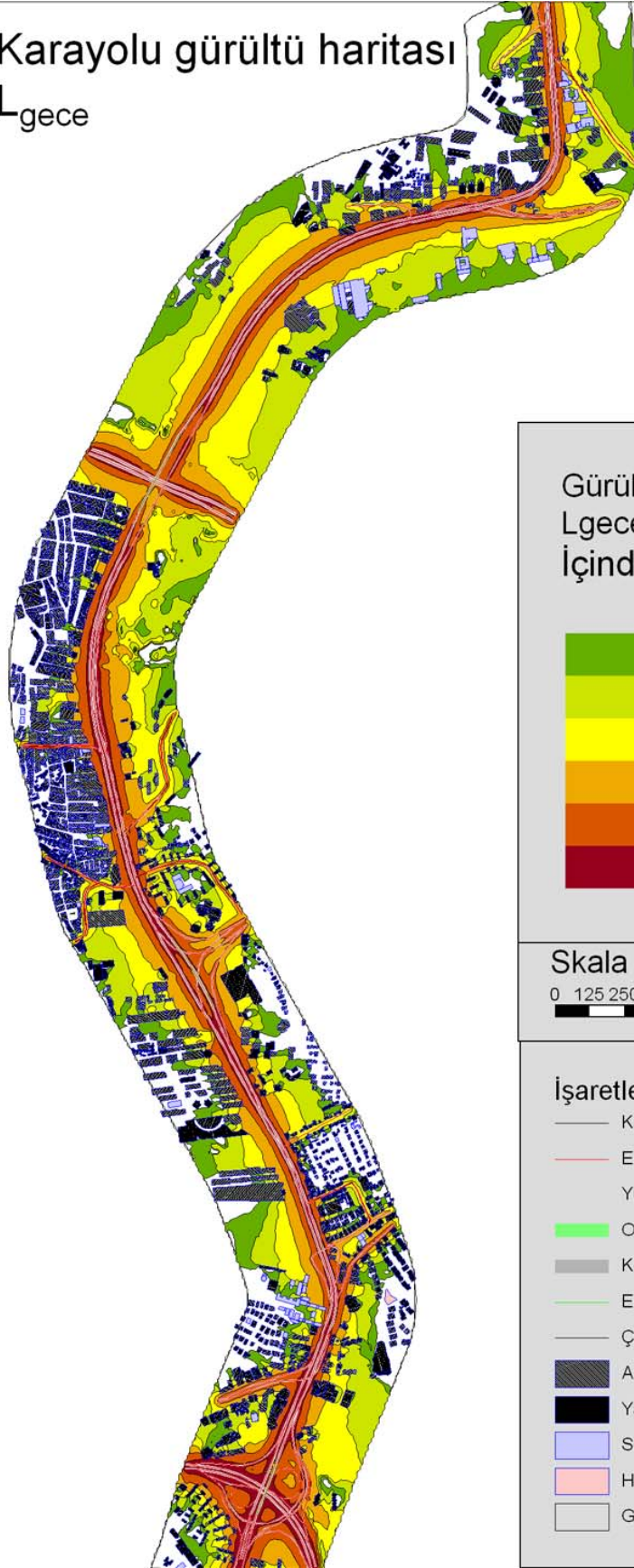
İşaretler ve semboller

—	Karayolu eksen
—	Emisyon çizgisi
	Yüzey
—	Orta refüj
—	Köprü
—	Engel
—	Çizgi
■	Ana bina
■	Yardımcı bina
■	School
■	Hospital
■	Gürültü hesaplama alanı

Şekil 5.16 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 8 saatlik Gece zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Karayolu gürültü haritası

L_{gece}



Gürültü düzeyi
 L_{gece}
İçinde dB(A)

50 - 55
55 - 60
60 - 65
65 - 70
70 - 75
≥ 75

Skala 1:23177

0 125 250 500 750 1000

İşaretler ve semboller

- Karayolu eksenı
- Emisyon çizgisi
- Yüzey
- Orta refüj
- Köprü
- Engel
- Çizgi
- Ana bina
- Yardımcı bina
- School
- Hospital
- Gürültü hesaplama alanı

Şekil 5.17 : Bölgedeki tüm ana caddelerin 8 saatlik Gece zaman dilimindeki etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, ÇGDY'ye göre 5 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Şekil 5.18’de sırasıyla Zincirlikuyu, Levent ve Maslak’taki ofis binalarının Büyükdere Caddesi’nden etkilenen cephe gürültü haritaları, etkilenen ofis binası ve ofis çalışanı sayıları verilmektedir.

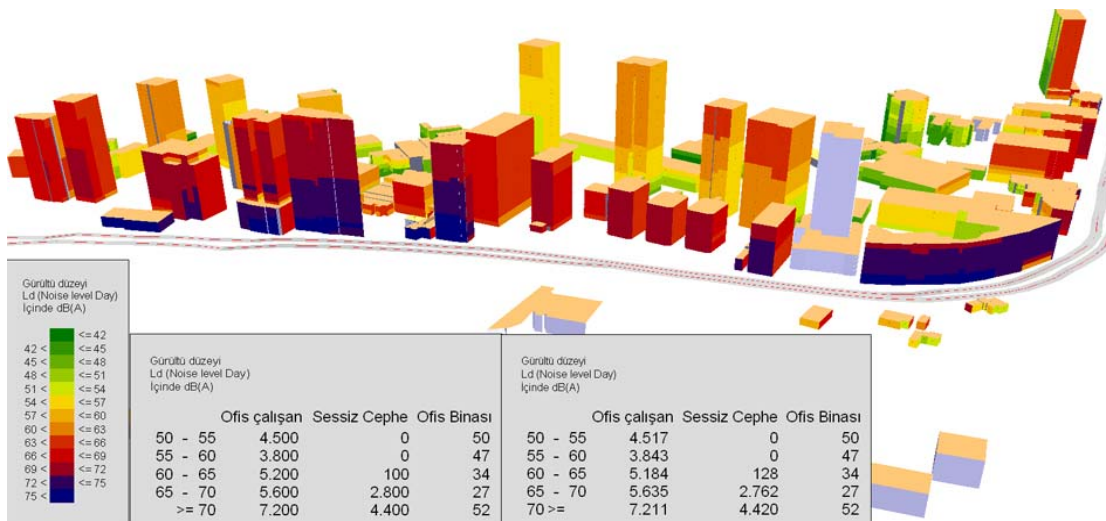
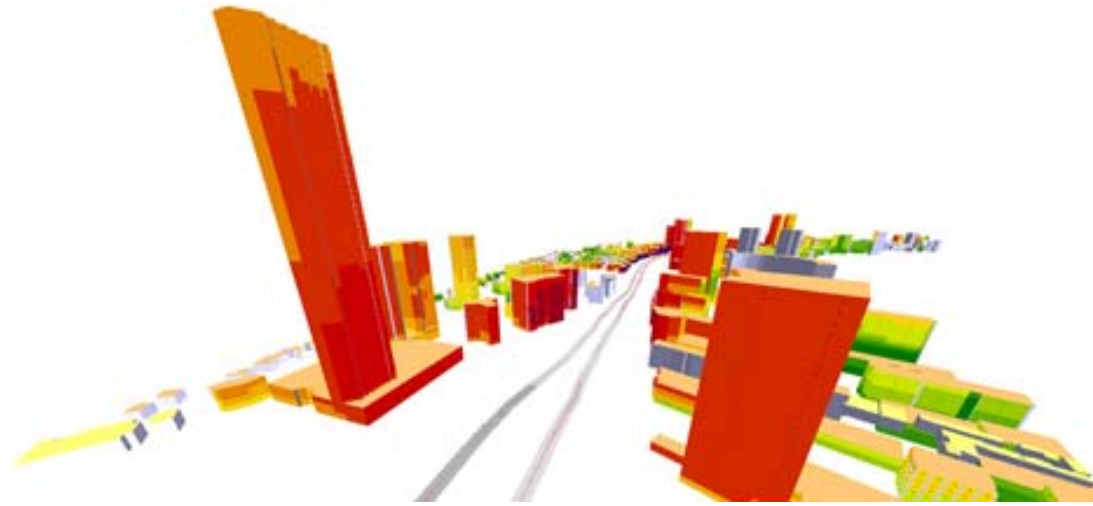
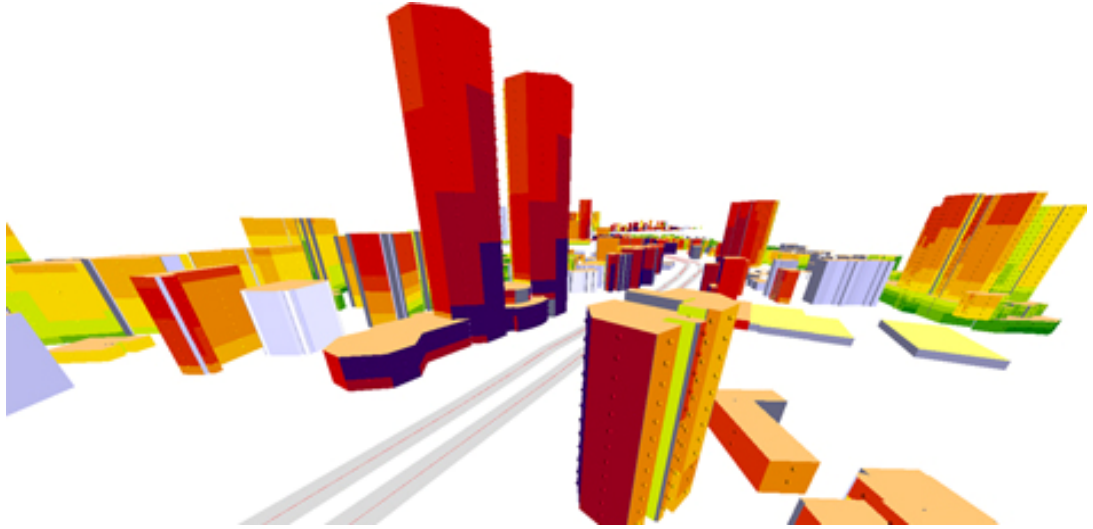
Tüm ana yolların etkisi altında ofisler için hesaplanmış $L_{gündüz}$ değerleri, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB aralıklarında gürültüden etkilenen ofis ve ofis çalışanı sayıları hem gerçek sayıları ile, hem de en yakın yüze yuvarlanmış halde Çizelge 5.5’te verilmiştir. Çizelge 5.5’e göre örneğin 75 dBA’nın üzerinde gürültüye maruz kalan ofis binası sayısı 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıkla hesap yapıldığında 107 adet çıkarken, cephelere gelen gürültüye göre hesap yapıldığında 44 adet çıkmaktadır. 75 dBA’nın üzerinde gürültüye maruz kalan ofis çalışanı sayısı ise, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıkla hesap yapıldığında 24119 adet çıkarken, cephelere gelen gürültüye göre hesap yapıldığında 3597 adet çıkmaktadır. Aynı durum diğer gürültü aralıklarında da geçerlidir.

Şekil 5.19’da sırasıyla Zincirlikuyu, Levent ve Maslak’taki ofis binalarının tüm ana yollardan etkilenen cephe gürültü haritaları verilmektedir.

Sadece Büyükdere Caddesi’nin etkisi sonucunda 29 adet okul ve 1 adet hastane binası 65 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerini, 48 adet okul ve 1 adet hastane binası 60 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır değerini, 48 adet okul ve 1 adet hastane binası 55 dBA’lık gece zaman dilimi sınır değerini aşmaktadır. 26 adet konut binası ve 1316 adet konut sakini 68 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerini, 66 adet konut binası ve 3529 adet konut sakini 63 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır değerini, 70 adet konut binası ve 3710 adet konut sakini 58 dBA’lık gece zaman dilimi sınır değerini aşmaktadır.

Çizelge 5.4 : Sadece Büyükdere Caddesi için hesaplanan, ofis cephe gürültü haritası ve 4 metre yükseklikte hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sonuçlarının karşılaştırılması

		Izgaralı gürültü haritası				Cephe gürültü haritası		
Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Ofis binaları		Ofis çalışanı		Ofis binaları	Ofis çalışanı	
$L_{gündüz}$	50-54	100	121	25400	25450	50	4500	4517
	55-59	100	96	22000	22014	47	3800	3843
	60-64	100	82	20200	20151	34	5200	5184
	65-70	100	55	24400	24384	27	5600	5635
	70-74	100	75	36100	36070	35	5600	5585
	>75	100	76	25700	25680	18	1600	1626



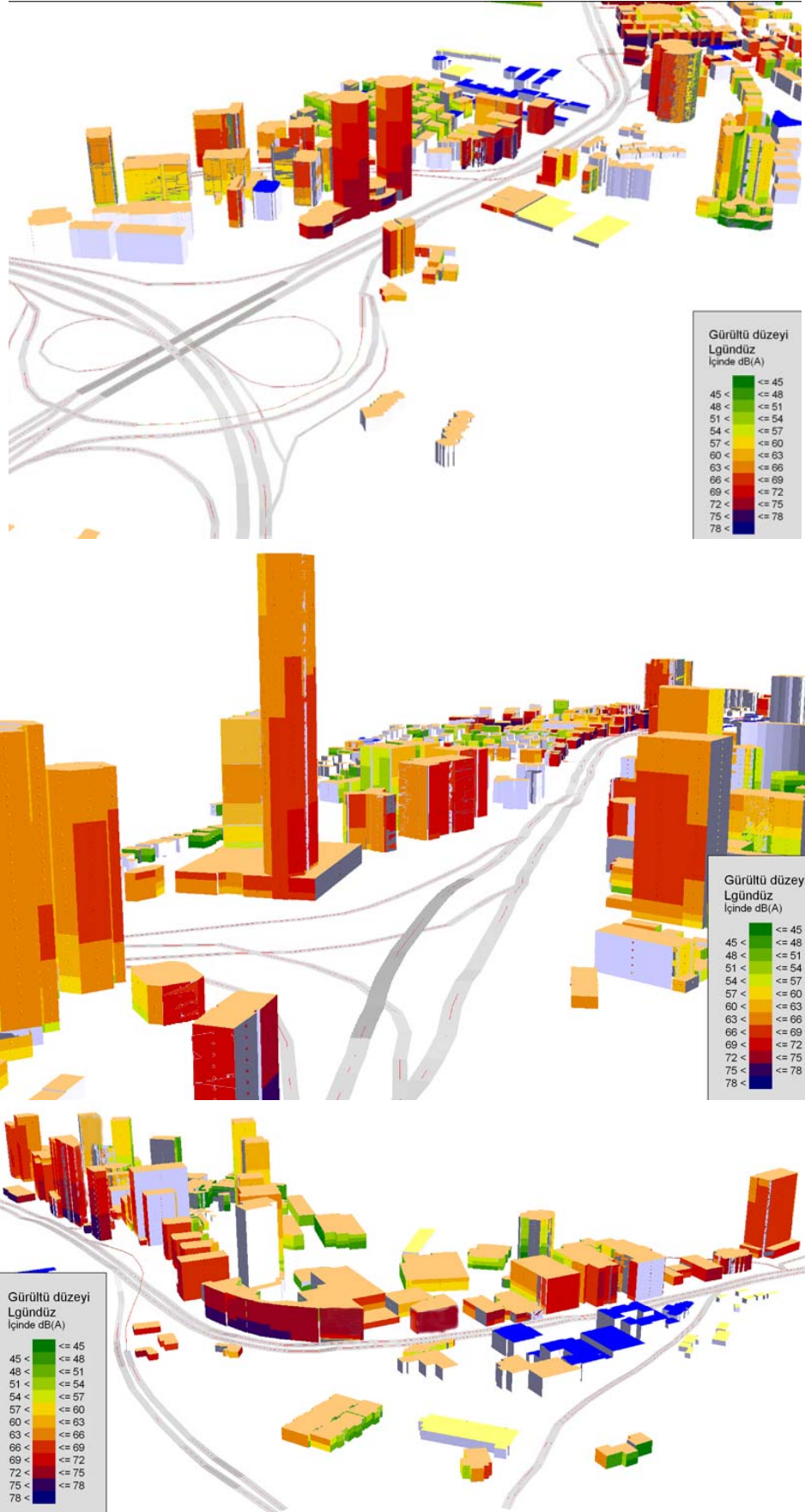
Şekil 5.18 : Sırasıyla Zincirlikuyu, Levent ve Maslak'taki ofis binalarının Büyükdere Caddesi'nden etkilenen cephe gürültü haritaları, etkilenen ofis binası ve ofis çalışanı sayısı

Çizelge 5.5 : Tüm ana caddeler için hesaplanan, ofis cephe gürültü haritası ve 4 metre yükseklikte hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sonuçlarının karşılaştırılması

Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Izgaralı gürültü haritası				Cephe gürültü haritası		
		Ofis binaları		Ofis çalışanı		Ofis binaları	Ofis çalışanı	
L _{gündüz}	50-54	100	135	31100	31102	28	2600	2550
	55-59	100	114	28700	28668	43	3300	3279
	60-64	100	98	25700	25719	41	4800	4807
	65-70	100	91	24200	24163	42	6700	6680
	70-74	100	103	28600	28582	63	7300	7322
	>75	100	107	24100	24119	44	3600	3587

Sadece Büyükdere Caddesi'nin etkisi sonucunda ticaret ağırlıklı bölgeler için olan gündüz zaman dilimi 70 dBA sınır değerini aşan ofis binası sayısı 4 metre yükseklikteki ızgaralı hesaba göre 151, cephe haritası hesabına göre 53 adet, ofis çalışanı sayısı 4 metre yükseklikteki ızgaralı hesaba göre 61750, cephe haritası hesabına göre 7211 adettir. Sadece Büyükdere Caddesi'nin etkisi sonucunda sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerlerinin sayıları Çizelge 5.6'da verilmektedir.

Tüm ana caddelerin etkisi sonucunda 42 adet okul ve 1 adet hastane binası 65 dBA'lık gündüz zaman dilimi sınır değerini, 42 adet okul ve 1 adet hastane binası 60 dBA'lık akşam zaman dilimi sınır değerini, 58 adet okul ve 1 adet hastane binası 55 dBA'lık gece zaman dilimi sınır değerini aşmaktadır. 109 adet konut binası ve 5208 adet konut sakini 68 dBA'lık gündüz zaman dilimi sınır değerini, 144 adet konut binası ve 6775 adet konut sakini 63 dBA'lık akşam zaman dilimi sınır değerini, 166 adet konut binası ve 8075 adet konut sakini 58 dBA'lık gece zaman dilimi sınır değerini aşmaktadır. Ticaret ağırlıklı bölgeler için olan gündüz zaman dilimi 70 dBA sınır değerini aşan ofis binası sayısı 4 metre yükseklikteki ızgaralı hesaba göre 210, cephe haritası hesabına göre 107 adet, ofis çalışanı sayısı 4 metre yükseklikteki ızgaralı hesaba göre 52701, cephe haritası hesabına göre 10909 adettir. Tüm ana yolların etkisi sonucunda sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerlerinin sayıları Çizelge 5.7'de verilmektedir.



Şekil 5.19 : Sırasıyla Zincirlikuyu, Levent ve Maslak'taki ofis binalarının tüm ana caddelerden etkilenen cephe gürültü haritaları

Çizelge 5.6 : Sadece Büyükdere Caddesi'nin etkisine göre, sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerleri

	Sınır değer	Okul	Hastane	Sınır değer	Konut binası	Konut sakini
Lgündüz	>65 dBA	29	1	>68 dBA	26	1316
Lakşam	>60 dBA	48	1	>63 dBA	66	3529
Lgece	>55 dBA	48	1	>58 dBA	70	3710
	Sınır değer	Ofis binası (ızgara)	Ofis çalışanı (ızgara)	Sınır değer	Ofis binası (cephe)	Ofis çalışanı (cephe)
Lgündüz	>70 dBA	151	61750	>70 dBA	53	7211

Çizelge 5.7 : Tüm ana caddelerin etkisine göre, sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerleri

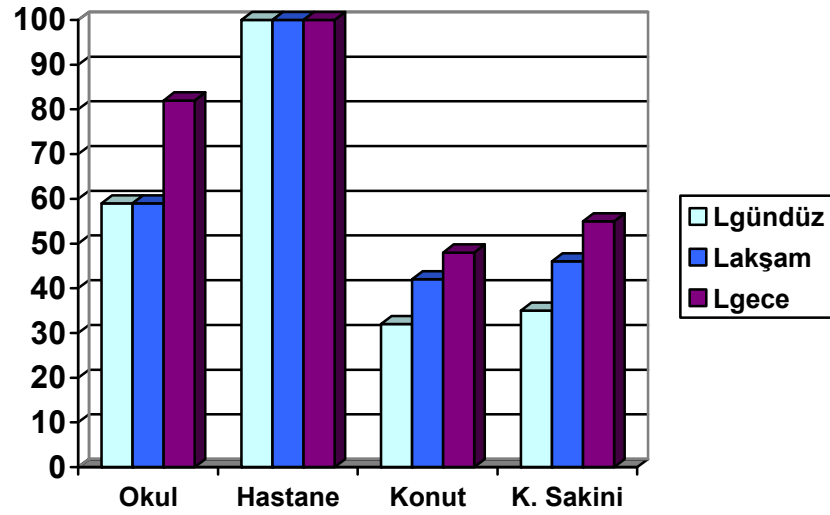
	Sınır değer	Okul	Hastane	Sınır değer	Konut binası	Konut sakini
Lgündüz	>65 dBA	42	1	>68 dBA	109	5208
Lakşam	>60 dBA	42	1	>63 dBA	144	6775
Lgece	>55 dBA	58	1	>58 dBA	166	8075
	Sınır değer	Ofis binası (ızgara)	Ofis çalışanı (ızgara)	Sınır değer	Ofis binası (cephe)	Ofis çalışanı (cephe)
Lgündüz	>70 dBA	210	52701	>70 dBA	107	10909

5.6 Değerlendirme

Haritalanan bölgede 345 konut binası, 617 ofis binası, 71 eğitim binası ve 1 hastane binası bulunmaktadır. 14.798 konut sakini ve 163.091 ofis çalışanı olduğu tahmin edilmektedir. Buna göre ÇGDY Yönetmeliği'nde verilen sınır değerlerinin üzerinde gürültüden etkilenen bina ve sakin yüzdeleri Çizelge 5.8'de verilmiştir. Gündüz zaman diliminde okulların %59'u, hastanelerin tümü, konut binaların %32'si ve konut sakinlerinin %35'i sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenmektedirler. Akşam zaman diliminde okulların %59'u, hastanelerin tümü, konut binaların %42'si ve konut sakinlerinin %46'sı sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenmektedirler. Gece zaman diliminde okulların %82'si, hastanelerin tümü, konut binaların %48'i ve konut sakinlerinin %55'i sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenmektedirler. Sınır değerlerin üzerinde gürültüden yüzdelik etkilenme oranları grafik olarak Şekil 5.20'de ifade edilmiştir.

Çizelge 5.8 : Tüm ana caddelerin etkisine göre, sınır değerleri aşan hassas kullanım, konut ve ofis yüzdeleri

	Sınır değeri	Okul	Hastane	Sınır değeri	Konut binası	Konut sakini
Lgündüz	>65 dBA	%59	%100	>68 dBA	%32	%35
Lakşam	>60 dBA	%59	%100	>63 dBA	%42	%46
Lgece	>55 dBA	%82	%100	>58 dBA	%48	%55
	Sınır değeri	Ofis binası (ızgara)	Ofis çalışanı (ızgara)	Sınır değeri	Ofis binası (cephe)	Ofis çalışanı (cephe)
Lgündüz	>70 dBA	%34	%32	>70 dBA	%17	%7



Şekil 5.20 : Sınır değerlerin üzerinde gürültüden yüzdelik etkilenme oranları

Çizelge 5.9 : L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı

Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Toplam konut sakini	%A	A	Toplam konut sakini	%HA	HA
L_{gag}	50-54	3267	%11	359	3267	%4	131
	55-59	3017	%18	543	3017	%6	181
	60-64	3447	%26	896	3447	%10	345
	65-70	2500	%35	875	2500	%16	400
	70-74	2490	%47	1170	2490	%25	623
	>75	3343	%61	2039	3343	%37	1237
Toplam		Rahatsız sakin sayısı		5882	Yüksek derecede rahatsız sakin sayısı		2917

L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan insanların yüzdesi (%A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların yüzdesi (%HA) göstergelerinin arasında verilen ilişkilere göre (WG2 – Dose/Effect, 2002) L_{gag} 'dan rahatsız olan ve yüksek derecede rahatsız olan insanların sayısı Çizelge 5.9'da hesaplanmıştır. Bu hesaplama göre bölgede gürültüden rahatsız olan sakin sayısı 5882 adet, yüksek derecede rahatsız olan sakin sayısı ise 2917 olarak tahmin edilebilir.

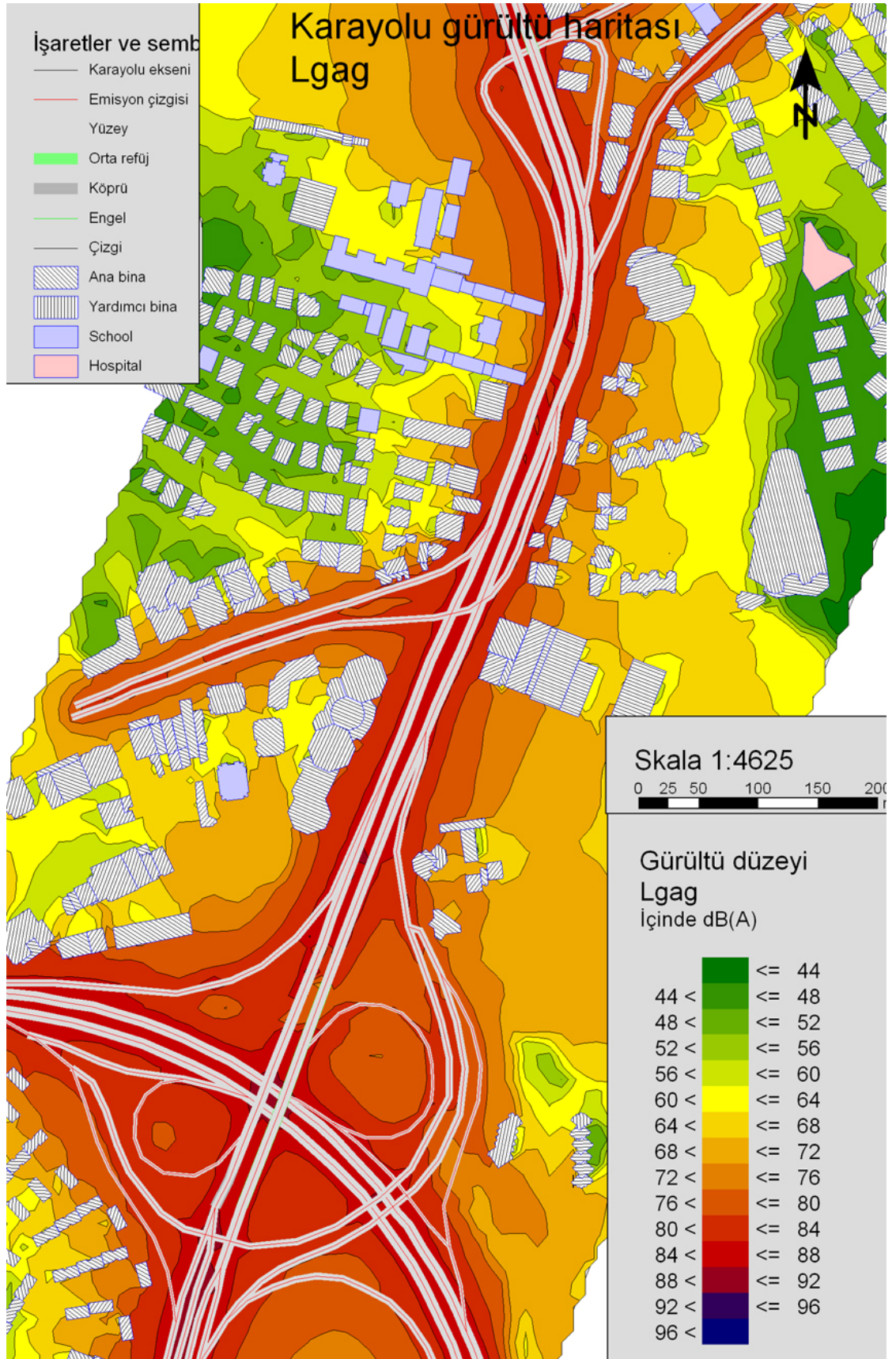
Şekil 5.21, Şekil 5.22, Şekil 5.23, Şekil 5.24, Şekil 5.25, Şekil 5.26 ve Şekil 5.27'de ayrıntılı gürültü haritaları verilmiştir.

Zincirlikuyu bölgesi ayrıntılı incelendiğinde Yıldız Kavşağı'nın güneydoğusunun askeri bölge, güneybatı ve batısının konut bölgesi (Gayrettepe), kuzeyinin ise işyeri ağırlıklı bölge olduğu görülmektedir. Yıldız Kavşağı'nın güneybatısındaki konut binaları yola dik yerleştiği için karayolu gürültüsü iç bölgelere kadar ulaşmaktadır. Batısındaki konut binaları ve kuzeyindeki ofis binaları ise karayoluna çok yakın konumlandıkları için (aralarında sadece kaldırım bulunmaktadır) yüksek düzeyde ($L_{gag} < 80\text{dBA}$) gürültüden etkilenmektedirler.

Levent bölgesinde, Büyükdere Caddesinin batısında planlanmış alışveriş, ofis ve konut kompleksleri, yola dik biçimde konumlanmıştır. Yoldan geriye çekilmiş olan binaların daha az karayolu gürültüsünden etkilendikleri görülmektedir. Binaların boyutlarının büyük olması dolayısıyla gürültü yan cephelerinin arkalarında ve arka cephelerinde önemli ölçüde azalmaktadır.

Levent bölgesinde, Büyükdere Caddesinin doğusunda, 2 veya 3 katlı müstakil konutlar inşa edilmiş, fakat ana caddelere yakın olanlar zamanla işyeri olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ana caddelere cepheleri olan işyeri binaları istenenin üzerinde gürültü düzeylerinden etkilenmelerine rağmen, ara sokaklarda bulunan konutları gürültüden koruma görevini de yerine getirmektedirler.

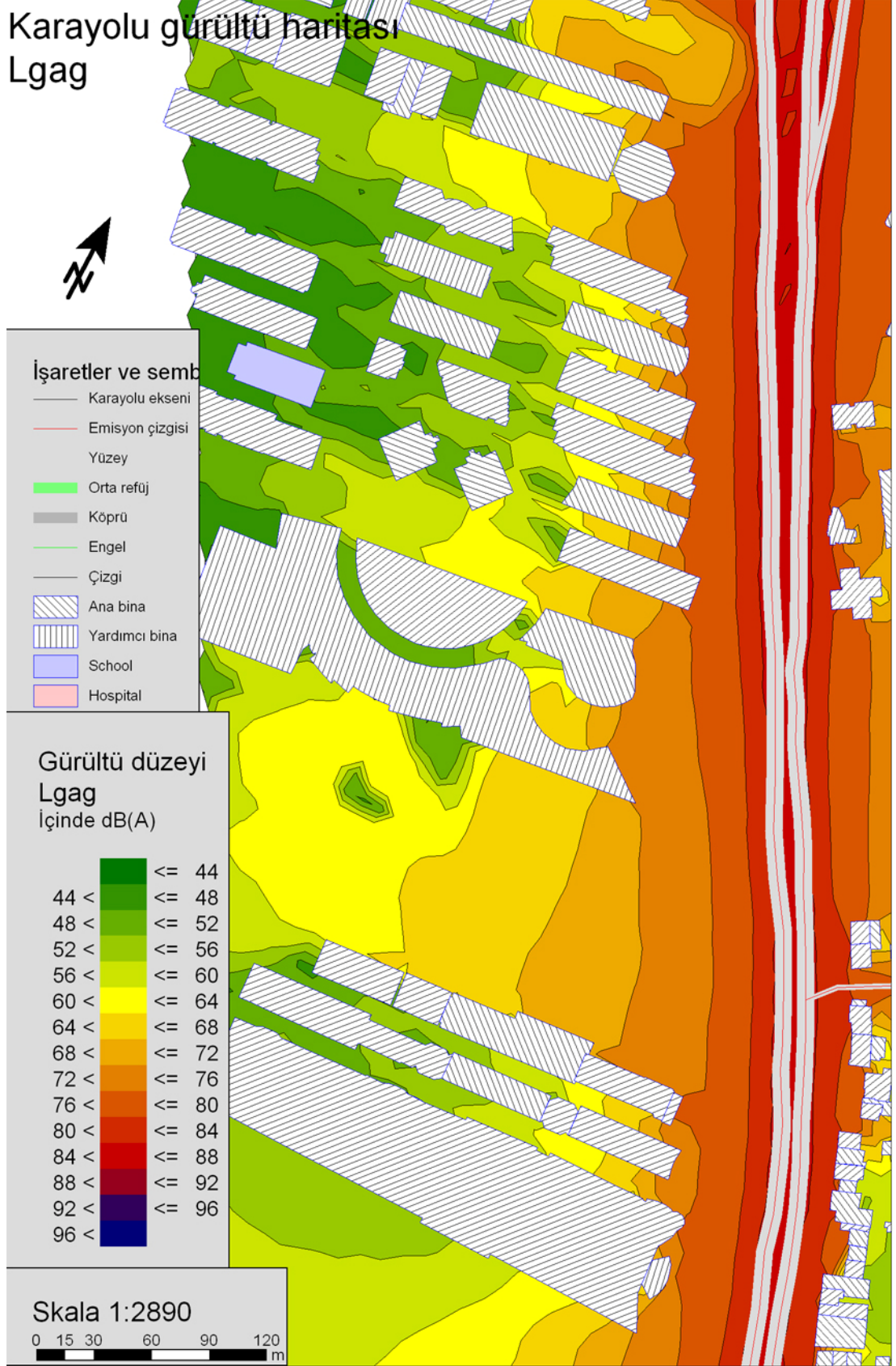
Levent bölgesinde, Büyükdere Caddesinin doğusunda, Büyükdere Caddesi'ne bakan binalar az katlı olmalarına rağmen çevredeki tek bitişik nizam yapılaşmayı oluşturmuşlar ve böylece iç bölgelerdeki müstakil konut alanı için gürültü engeli görevi görmüşlerdir.



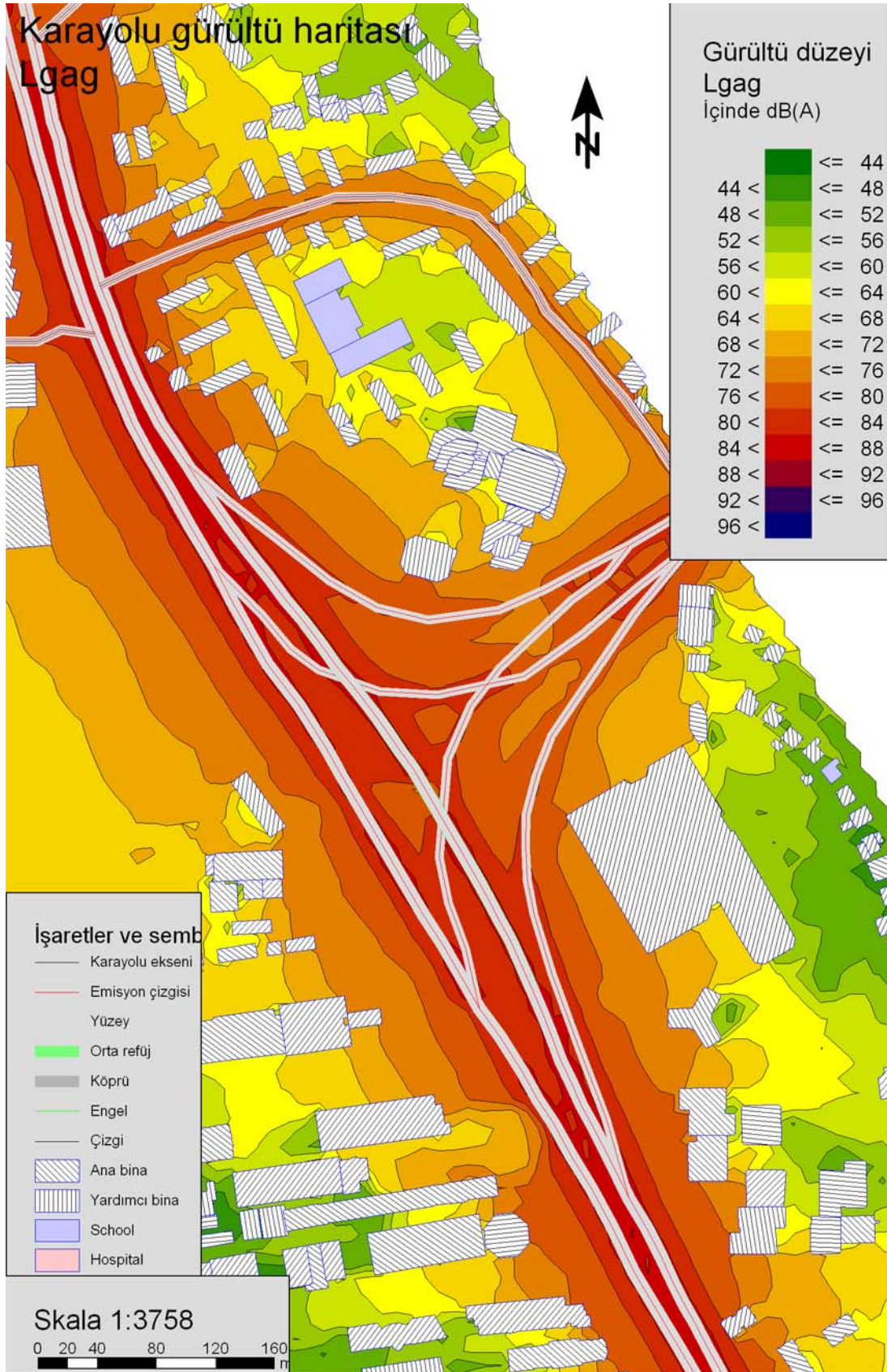
Şekil 5.21 : Zincirlikuyu'daki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası



Şekil 5.22 : Levent batı bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası



Şekil 5.23 : Levent doğu bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası



Şekil 5.24 : Levent (Beşiktaş-TEM bağlantısı) bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

Beşiktaş - TEM bağlantı yolunun güneyinde İş Bankası kuleleri, kuzeyinde Sabancı kuleleri yer almaktadır. Büyükdere Caddesi'nden uzağa yerleşmiş olmalarına rağmen bağlantı yolunun da gürültü etkisiyle alt katları sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenmektedirler. Üst katlara çıkıldığında ise Lgündüz değerleri sınır değerlerinin altına düşmektedir.

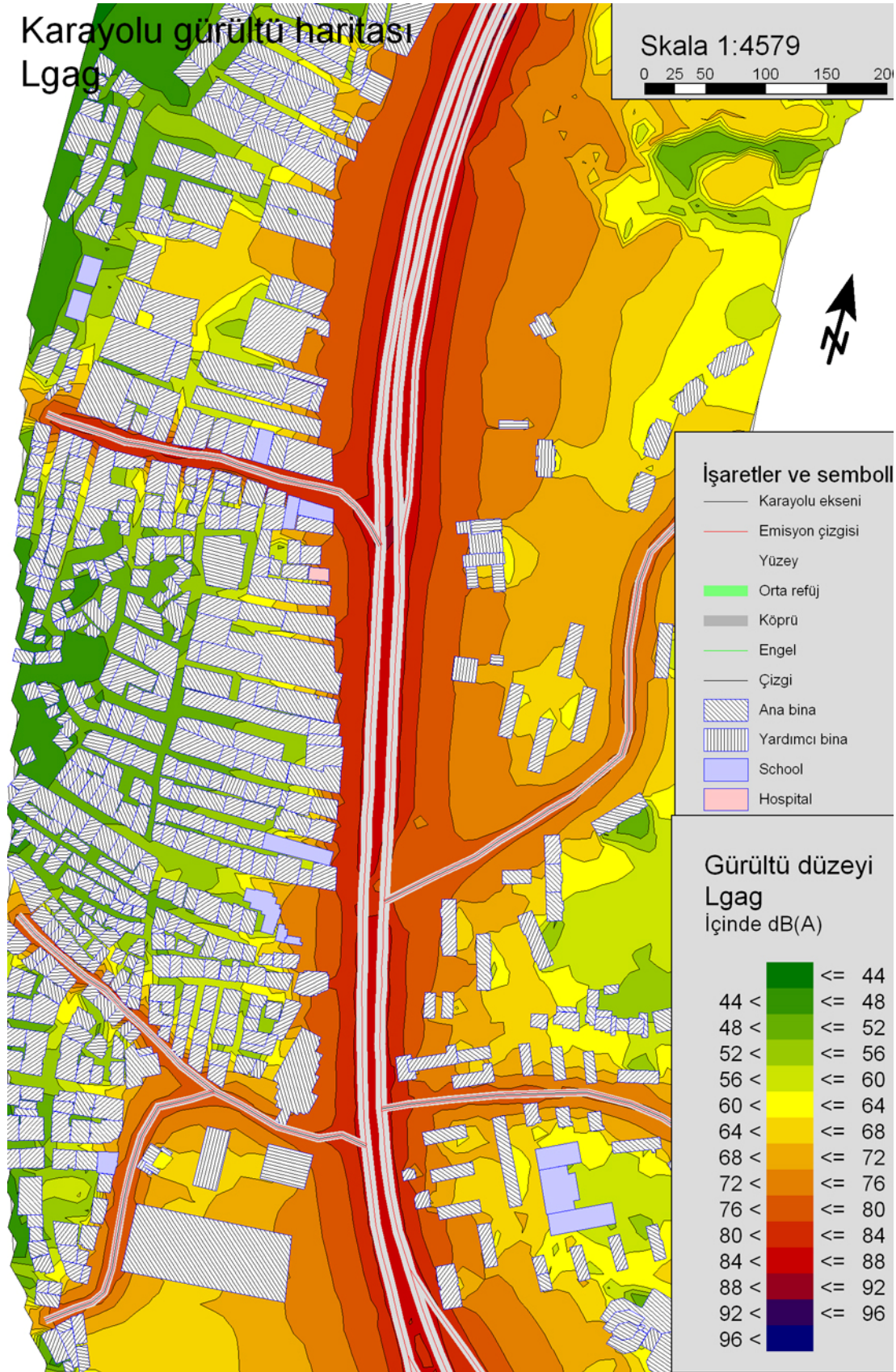
4. Levent bölgesinde, Büyükdere Caddesi'nin batısında yeralan Emniyet Evleri ve Yeşilce mahalleleri konut bölgeleridir, fakat Büyükdere Caddesi'ne yakın olan alanlarında binalar ofis ve üretim atölyesi olarak kullanılmaktadır. Böylece konutlar Büyükdere Caddesi'nin gürültüsünden etkilenmemekte, fakat atölyelerden oluşan endüstri gürültüsüne maruz kalmaktadır.

E-80 (TEM) otoyolunun Büyükdere Caddesi ile kesişiminin güneybatısında Sanayi mahallesi, güney doğusunda askeri bölge bulunmaktadır. Sanayi mahallesinin ana yollara yakın binaları karayolu gürültüsünden etkilenmekte, fakat bitişik nizam yerleşimden dolayı iç bölgelere gürültü ulaşmamaktadır.

Maslak bölgesinde Büyükdere Caddesi'nin doğusunda İstanbul Teknik Üniversitesi kampüsü, doğusunda çok katlı işyeri binaları bulunmaktadır. İstanbul Teknik Üniversitesi kampüsü binalarının yoldan uzak yerleşmiş olmaları etkilendikleri gürültü düzeyini düşürmesine rağmen sınır düzeyin üzerinde kalmaktadırlar. Maslak'taki çok katlı işyeri binalarının Büyükdere Caddesi kenarına yerleşmiş olanları, yola çok yakın konumlanmış olduklarından dolayı yüksek gürültü düzeylerinden etkilenmektedirler. Ancak çok yüksek katlı binaların en üst katları sınır değerinin altında kalmaktadır. Yoldan uzak binalar ise önlerindeki binaların engel oluşturması sayesinde gürültüden korunmaktadırlar.

Maslak'ın İstinye bağlantısında bulunan ve yola çok yakın yerleşmiş olan eğitim binaları, hassas kullanım alanları olmalarına rağmen oldukça yüksek gürültü düzeylerinden etkilenmektedirler.

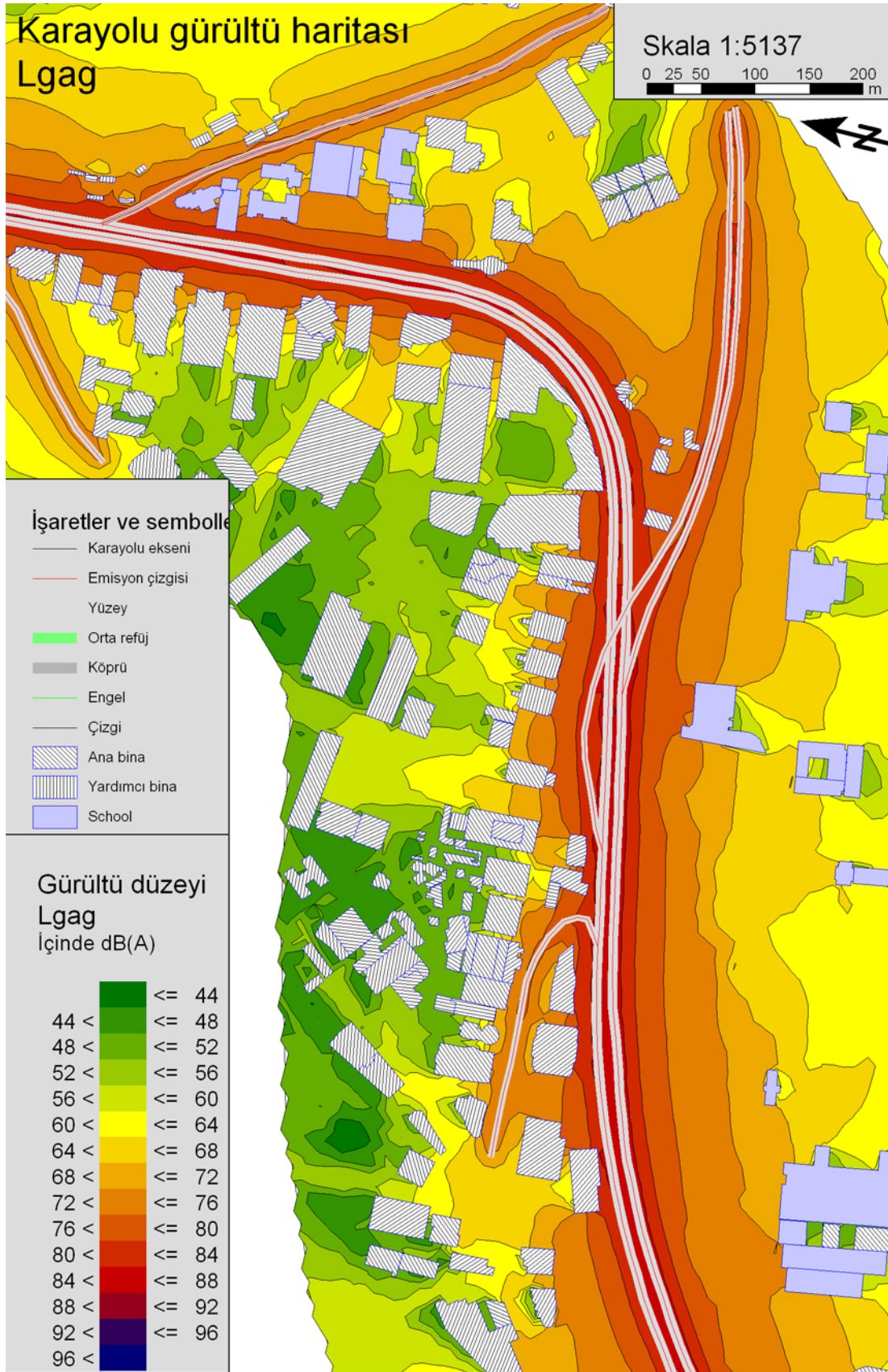
Zincirlikuyu - Maslak karayolu ulaşım hattının gürültüsünden bir çok bina etkilenmektedir. Bir eylem planı oluşturularak çevresel gürültünün kontrolünün sağlanması zorunludur.



Şekil 5.25 : 4. Levent ve Emniyetevler bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası



Şekil 5.26 : Sanayi Mahallesi bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası



Şekil 5.27 : Maslak bölgesindeki tüm ana caddelerin 24 saatlik Gündüz, Akşam ve Gece etkisinin, 4 metre yükseklikte, 10 metre aralıklara hesaplanmış, 4 dB genişliğinde gürültü bölgeleri ile ifade edilmiş ızgaralı gürültü haritası

5.7 Ölçümler

Gürültü ölçümleri için, yıllık araç sayımları ay ve saat olarak incelenmiş, yıllık ortalamalara en uygun ayların Aralık ve Ocak, L_{gündüz} ortalamalarına en uygun saatlerin ise 10:00-13:00 arasındaki saatler olduğu belirlenmiştir.

Bu çıkarımlara uygun olarak 8 Ocak 2009 günü ve 27 Ocak 2009 günü 10:00-13:00 saatleri arasında 12 adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. TS ISO 1996-2 standardındaki koşulların sağlanması nedeni ile ölçüm süresi 5 dakika olarak seçilmiştir.

Kullanılan ölçüm düzeneği, B&K 2260 Ses ve Frekans Analizörü, mikrofon ve rüzgarlık standartta belirtilen şartlara uygundur ve kalibre edilmiştir. (TS ISO 1996-2)

Ölçüm sırasında geçen araç sayısı sayılmamış, hafif ve ağır (>3500kg) araçlar ayrılmamış ve araç hızları ile yol yüzeyi tipi not edilmemiştir. (TS ISO 1996-2)

Hava koşulları, incelenen durumu yansıtabilecek şekilde seçilmiştir, karayolu yüzeyi kurudur. (TS ISO 1996-2) Ölçüm sırasında meteorolojik koşullar Çizelge 5.10'da verilmektedir. Veriler İstanbul Kireçburnu istasyonundan alınmıştır.

Çizelge 5.10 : Ölçüm sırasındaki meteorolojik koşullar

Gün: 08 Ocak 2009 (parçalı bulutlu)				
Saat	Sıcaklık (°C)	Nem %	Rüzgar Hızı (m/s)	Rüzgar Yönü (°)
10:00	7.8	73.7	2.9	238
11:00	7.6	74.3	3.1	233
12:00	8.0	73.3	2.4	238
Gün: 27 Ocak 2009 (parçalı bulutlu)				
Saat	Sıcaklık (°C)	Nem %	Rüzgar Hızı (m/s)	Rüzgar Yönü (°)
10:00	16.1	56.6	2.5	244
11:00	16.6	57.9	2.9	224
12:00	15.8	58.8	2.7	238

Rüzgar hızı 5 m/s'nin altında ve ölçüm için uygundur. (TS ISO 1996-2) XP S 31-133 standardına göre sıcaklık ve nem değerleri 15°C ve %70 nisbi nem olarak kabul edilmiştir. (WG-AEN, 2006) 08 Ocak 2009 tarihli ölçümün nem değerleri ve 27 Ocak 2009 tarihli ölçümün sıcaklık değerleri kabullere uymaktadır. Her iki durumda da havanın yutuculuğu artmakta, bu nedenle gürültü düzeyi düşmektedir. Hesaplanan gürültü değerleri ile ölçülen gürültü değerleri arasında meteorolojik veriler nedeniyle

farklar olacağı tahmin edilebilir. En önemli fark ise hakim rüzgar yönü nedeni ile oluşabilir.

Kireçburnu istasyonu yükseklik açısından modellenen bölgeye uymamaktadır, fakat en yakın istasyondur. Ölçümler sırasında meteorolojik verilerin ölçüm anında yapılacak iklimik ölçümlerle belirlenmesi doğru olacaktır.

8 Ocak 2009 günü 10:00-13:00 saatleri arasında 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu ölçümler gerçekleştirilmiştir. 27 Ocak 2009 günü 10:00-13:00 saatleri arasında 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 nolu ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler gerçekleştirilirken seçilen noktalar özellikle sıcak noktalar ve sessiz alanlardır. Bunun dışında farklı kaynaklara yakın noktalar ve benzer kaynaklara farklı uzaklıklarda noktalar seçilerek modelin yol akışı ve çevre yapılar konularında güvenilebilirliği sınanmıştır. Ölçüm noktaları, yapılaşmanın yoğun olduğu bölgeler arasında eşit dağıtılmaya çalışılmıştır. Büyükdere Caddesi'nin trafik verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Kontrol Merkezi otomatik sayım verilerinden alındığı için doğru ve güvenilir olarak kabul edilmiştir. Diğer yol kaynağı verileri ise günlük sayımlar üzerinden kabul edildiği için gürültü ölçümleri ile kontrol edilmeleri önem taşımaktadır. Bu nedenle sadece Büyükdere Caddesi'ne çeşitli uzaklıkta noktalar değil, farklı yol kaynakları da ölçüm için seçilmiştir. Kaynaklara farklı uzaklıklarda ölçüm noktaları seçilerek dikdörtgen prizma şeklinde modellenen binaların cephe özellikleri ve çatı şekilleri gibi modellenmeyen fakat yayılıma etki eden özelliklerinin hesap ile ölçüm arasında yaratacağı fark sorgulanmıştır. Seçilen noktaların yer bilgileri ve kısaca neden seçildikleri Çizelge 5.11'de betimlenmiştir.

Ölçüm noktalarının özellikleri özetlendiğinde yarısı ana kaynak kabul edilen Büyükdere Caddesi'nin farklı bölgelerinde, diğer yarısı ise farklı bölgelerdeki diğer yol kaynakları üzerindedir. Beşi okul, biri hastane ve tümünde çeşitli konut bölgeleri olmak üzere sekiz ölçüm noktası hassas bölgelerde seçilmiştir. Beş ölçüm noktasının yakınında park veya mezarlık gibi sessiz alanlar bulunmaktadır. Çoğu ölçüm noktasında ise çevre bina bilgileri önem taşımakta ve çevrede yüksek gürültüye maruz kalan yüksek sayıda çalışan bulunduğu tahmin edilmiştir.

Tüm ölçüm noktalarının dağılımı uydu fotoğrafı üzerinde Şekil 5.28'de verilmiştir.

Çizelge 5.11 : Ölçüm noktalarının özellikleri

Ölçüm Noktası	Konumu	Harita	Seçilme nedeni
1.	Kore Şehitleri Caddesi (Gayrettepe dönüşüne yakın)		Şişli Büyükdere Caddesi'nin kaynak bilgisi; çevre bina bilgisi
2.	Aytar caddesi (Etiler'e gidiş)		Aytar Caddesi'nin kaynak bilgisi; çevre bina bilgisi; hassas kullanım (Konut ve okul)
3.	Büyükdere Caddesi, Eski HSBC binası yakını		Ana kaynak Büyükdere Caddesi bilgisi; sıcak nokta (yüksek çalışan sayısı); sessiz alan yakını (mezarlık)
4.	Levent Caddesi		Levent Caddesi'nin kaynak bilgisi; çevre bina bilgisi; hassas kullanım (Konut)

5.	İTÜ Maslak kampüsü öğrenci girişi		Ana kaynak Büyükdere Caddesi bilgisi; sıcak nokta (yüksek çalışan sayısı); hassas kullanım (Okul); sessiz alan
6.	Büyükdere Caddesi, 4. Levent, Yeniçeri Sokak, Ticaret Odası İlköğretim Okulu köşesi		Ana kaynak Büyükdere Caddesi bilgisi; hassas kullanım (Okul); sessiz alan (Park)
7.	Levent Çarşı, Gonca Sokak		Gonca Sokak'ın kaynak bilgisi; çevre bina bilgisi; sessiz alan (Park)
8.	Levent Metro Çıkışı (Metrocity – Zincirlikuyu Mezarlığı arası)		Ana kaynak Büyükdere Caddesi bilgisi; sıcak nokta (yüksek çalışan sayısı); sessiz alan yakını (mezarlık)

9.	Levent, Akçam Sokak		Akçam Sokak'ın kaynak bilgisi; çevre bina bilgisi; hassas kullanım (Konut)
10.	Eski Büyükdere Caddesi, Özel Levent Hastanesi önü		Ana kaynak Büyükdere Caddesi bilgisi; hassas kullanım (Hastane), Sıcak nokta
11.	Büyükdere Caddesi, Özel Fmv Ayazağa Işık İlkokulu önü		Ana kaynak Büyükdere Caddesi bilgisi; sıcak nokta (yüksek çalışan sayısı); hassas kullanım (Okul)
12.	Büyükdere Caddesi, Zincirlikuyu, Anadolu Meslek Lisesi önü		Ana kaynak Büyükdere Caddesi bilgisi; hassas kullanım (Okul)

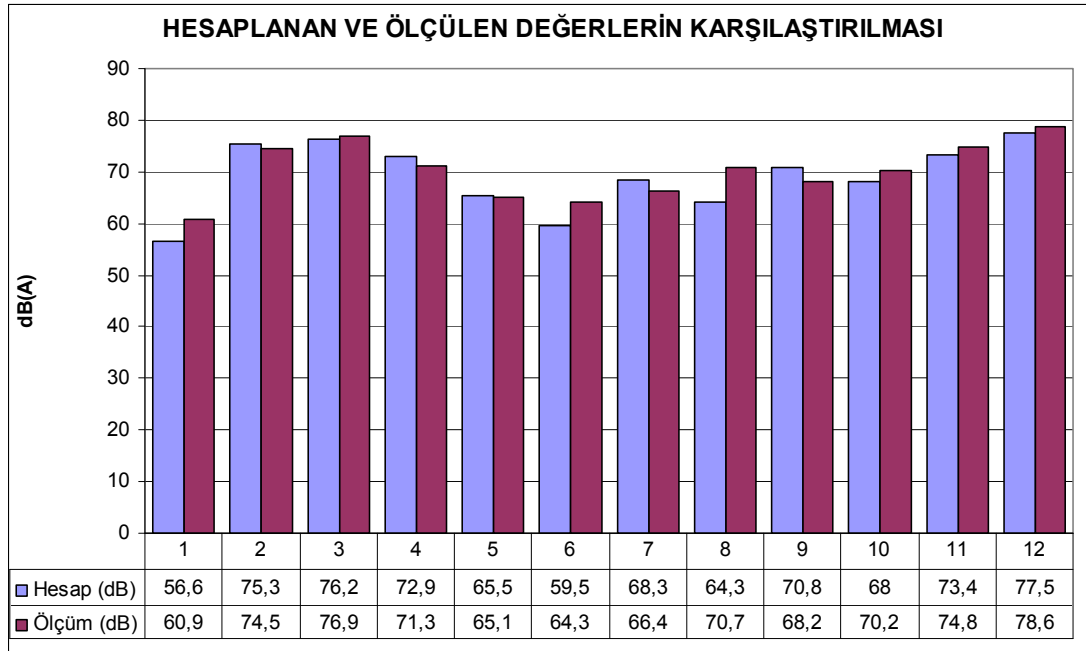


Şekil 5.28 : 12 adet ölçüm noktasının uydu fotoğrafı üzerinde dağılımı

12 adet ölçüm noktasında 150 cm yükseklikte ölçülen ve 150 cm yükseklikte SoundPLAN simülasyon programında hesaplatılan gürültü değerleri Çizelge 5.12 ve Şekil 5.29’da karşılaştırılmıştır.

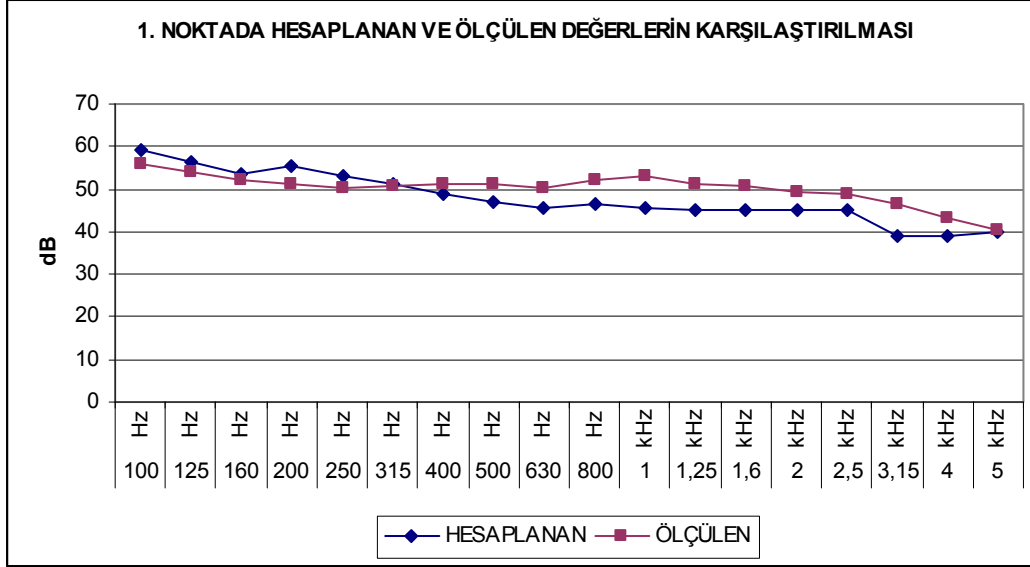
Çizelge 5.12 : 12 adet ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin karşılaştırılması

Ölçüm noktası	Hesaplanan Değer (dB)	Ölçülen Değer (dB)	Hesaplanan – Ölçülen Değer (dB)
1.	56,6	60,9	-4,3
2.	75,3	74,5	0,8
3.	76,2	76,9	-0,7
4.	72,9	71,3	1,6
5.	65,5	65,1	0,4
6.	59,5	64,3	-4,8
7.	68,3	66,4	1,9
8.	64,3	70,7	-6,4
9.	70,8	68,2	2,6
10.	68,0	70,2	-2,2
11.	73,4	74,8	-1,4
12.	77,5	78,6	-1,1

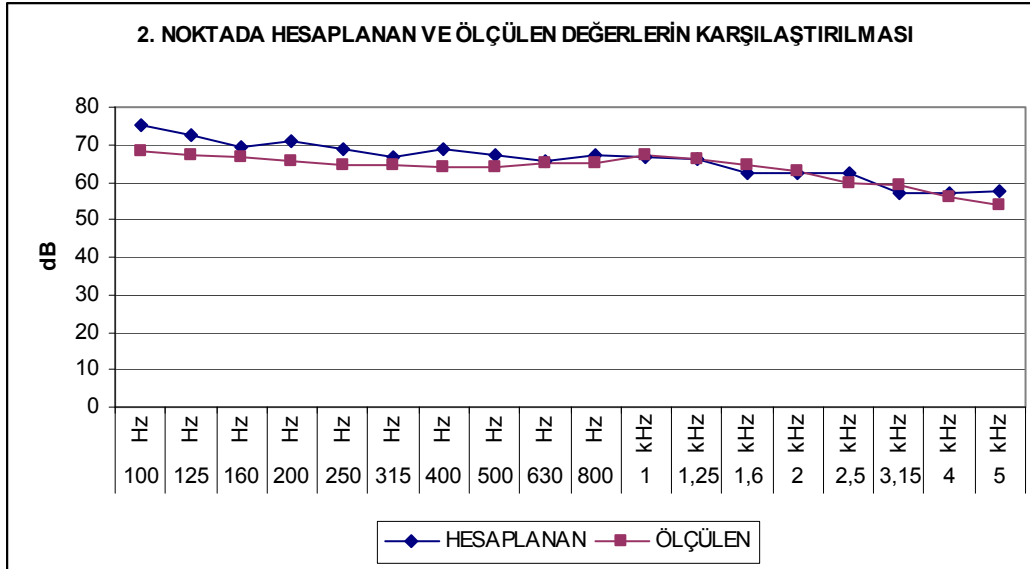


Şekil 5.29 : 12 adet ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin karşılaştırılması

12 adet ölçüm noktasında 150 cm yükseklikte ölçülen ve 150 cm yükseklikte SoundPLAN simülasyon programında hesaplatılan gürültü değerleri frekans analizi ile karşılaştırılarak Şekil 5.30, Şekil 5.31, Şekil 5.32, Şekil 5.33, Şekil 5.34, Şekil 3.35, Şekil 5.36, Şekil 5.37, Şekil 5.38, Şekil 5.39, Şekil 5.40 ve Şekil 5.41’de verilmiştir.



Şekil 5.30 : 1. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi



Şekil 5.31 : 2. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi

Birinci ölçüm noktası, Kore Şehitleri Caddesi üzerinde, Büyükdere Caddesi’nin Gayrettepe ayrımı yönünde bulunmaktadır. Modellenen Şişli Büyükdere Caddesi’ne

50 metre uzaklıkta bulunmaktadır. Üzerinde bulunduğu Kore Şehitleri Caddesi ise modellenmemiştir. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, Şişli Büyükdere Caddesi'nin otomatik sayım verileri alınmış olan Büyükdere Caddesi'nden farklı bir yol kaynağı olması ve çevre bina yapılaşmasının etkisinin model ile karşılaştırılmak istenmesidir.

Birinci ölçüm noktasında, ölçülen gürültü düzeyi hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyinde 4.3 dB daha yüksektir. Ölçüm sırasında, modellenen en yakın kaynak olan Şişli Büyükdere Caddesi'nden (Gayrettepe ayrımı), geçen araç sayısı kaydedilmiştir. Ölçüm sırasında geçen araç sayısı hesaplanan modele girilen araç sayısından %70 daha fazladır. Bu durumda ölçüm sırasında hesaplanandan 2.3 dB daha yüksek gürültü düzeyi oluşması beklenebilir. Ayrıca hesaplamada ölçüm noktasının üzerinde bulunduğu Kore Şehitleri Caddesi modellenmemiştir. Ölçüm sırasında Kore Şehitleri Caddesi'nden geçen az sayıda aracın ölçülen gürültü düzeyinin artmasına neden olduğu düşünülebilir. Ölçümü ayrıca meteorolojik şartların etkilediği varsayılabilir.

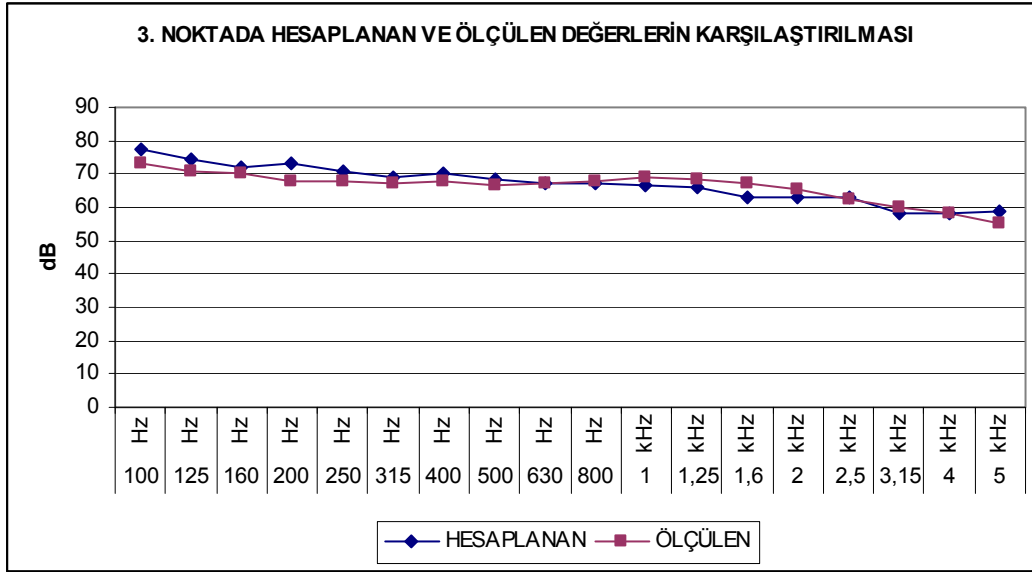
İkinci ölçüm noktası, modellenen Aytar Caddesi üzerinde, Büyükdere Caddesi'nin Etiler ayrımında bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, Aytar Caddesi'nin otomatik sayım verileri alınmış olan Büyükdere Caddesi'nden farklı bir yol kaynağı olması ve bölgede hassas kullanımlar olan konut ve okul (Özel Yıldız İlkokulu ve Lisesi) binalarının bulunması, bu nedenle sıcak nokta kabul edilmesidir.

İkinci ölçüm noktasında, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyi, ölçülen gürültü düzeyinden 0,8 dB daha yüksektir. Aytar Caddesi'nden ölçüm sırasında geçen araç sayısı modelde kullanılan araç sayısına oldukça yakındır. Ölçüm noktasının kaynağa yakın olması ve bu nedenle çevre binalardan etkilenmemesi de sapmanın az olmasını sağlamıştır.

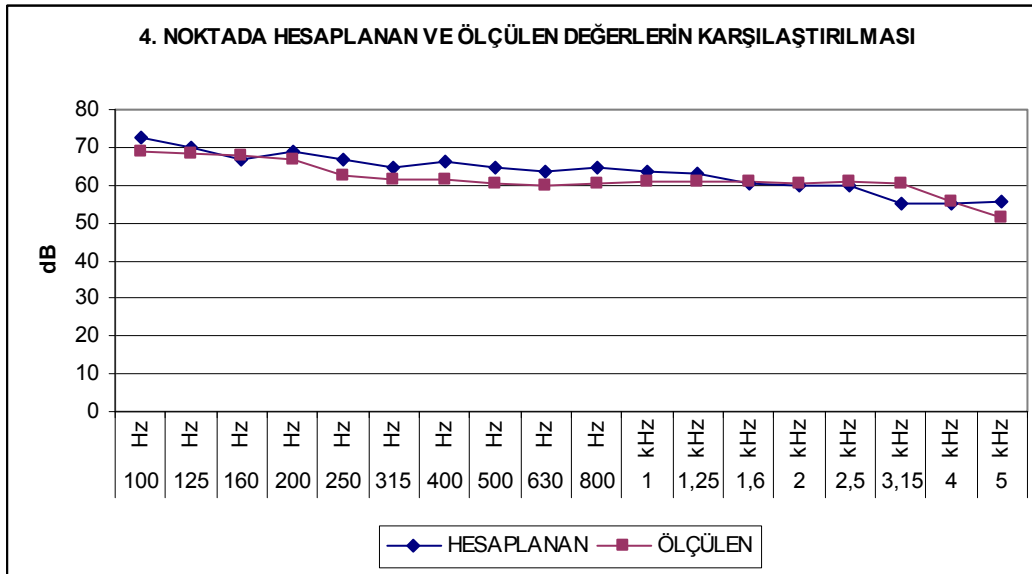
Üçüncü ölçüm noktası, modellenen Büyükdere Caddesi üzerinde, eski HSBC binası yanında bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, bu çalışmada ana kaynak kabul edilen Büyükdere Caddesi'nin üzerinde bulunması, bölgede çok yoğun çalışan sayısı bulunması nedeniyle sıcak nokta kabul edilmesi ve hemen karşısında sessiz alan (Zincirlikuyu Mezarlığı) bulunmasıdır.

Üçüncü ölçüm noktasında, ölçülen gürültü düzeyi, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyinden 0,7 dB daha yüksektir. Büyükdere Caddesi'nden ölçüm sırasında geçen araç sayısı modelde kullanılan araç sayısına oldukça yakındır. Ölçüm noktasının

kaynağa yakın olması ve bu nedenle çevre binalardan etkilenmemesi de sapmanın az olmasını sağlamıştır.



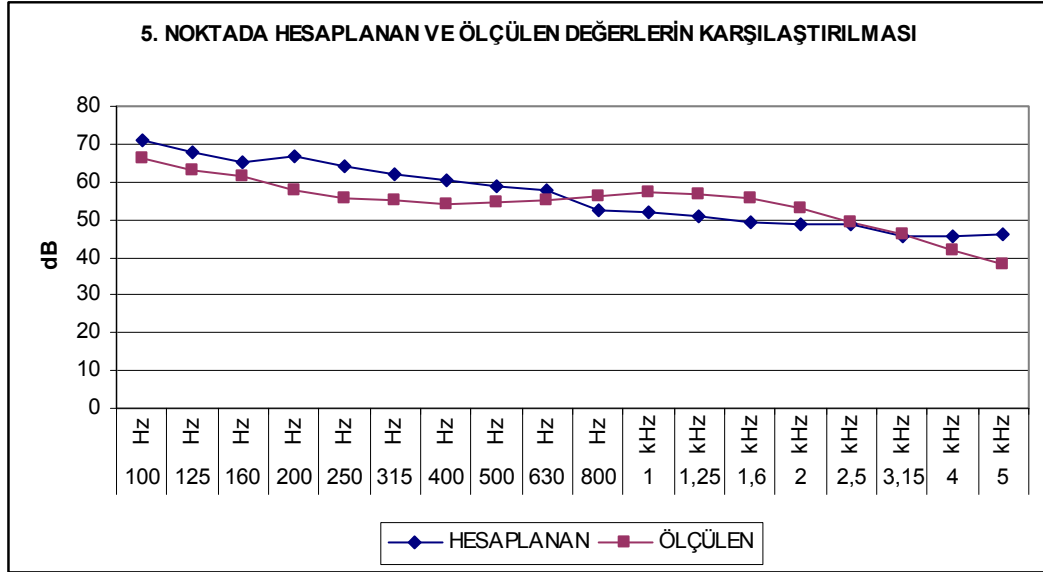
Şekil 5.32 : 3. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi



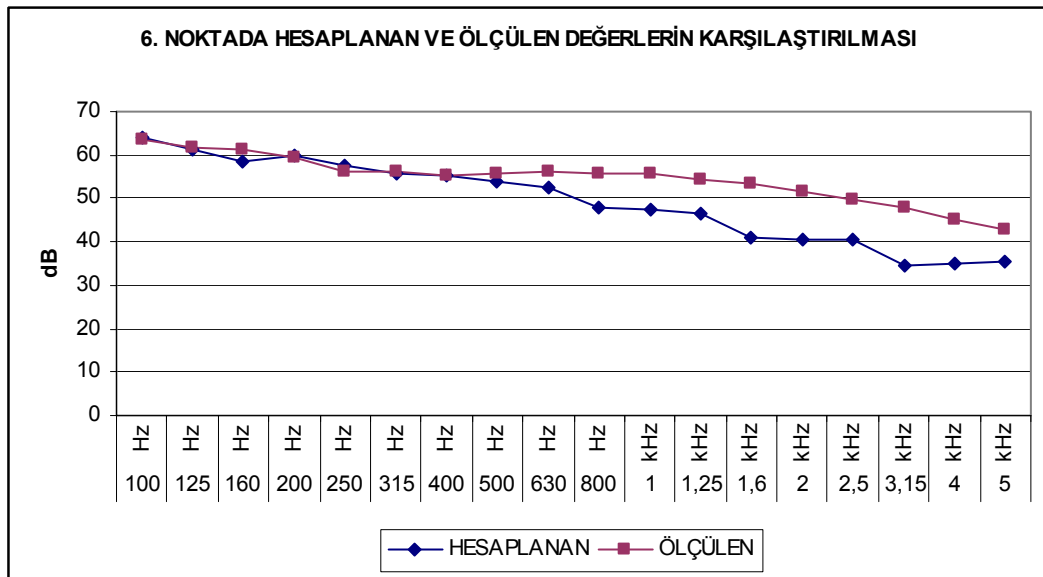
Şekil 5.33 : 4. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi

Dördüncü ölçüm noktası, modellenen Levent Caddesi'nde bulunmaktadır. Büyükdere Caddesi'ne ise 60 metre uzaklıkta bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, Levent Caddesi'nin otomatik sayım verileri alınmış olan Büyükdere Caddesi'nden farklı bir yol kaynağı olması ve bölgede hassas kullanımlar olan konut binalarının bulunması, bu nedenle sıcak nokta kabul edilmesidir.

Dördüncü ölçüm noktasında, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyi, ölçülen gürültü düzeyinden 1,6 dB daha yüksektir. Levent Caddesi'nden ölçüm sırasında geçen araç sayısı modelde kullanılan araç sayısına oldukça yakındır. Ölçüm noktasının kaynağa yakın olması ve bu nedenle çevre binalardan etkilenmemesi de sapmanın az olmasını sağlamıştır. Levent Caddesi üzerinde bulunan ağaçların, az katlı binaların cephe ayrıntılarının ve çatı geometrilerinin modellenememesinin ölçüm ile arasında fark yarattığı tahmin edilebilir.



Şekil 5.34 : 5. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi



Şekil 5.35 : 6. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi

Beşinci ölçüm noktası, modellenen Büyükdere Caddesi üzerinde, İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak Kampüsü öğrenci girişinde bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, bu çalışmada ana kaynak kabul edilen Büyükdere Caddesi'nin üzerinde bulunması, bölgede (Maslak) çok yoğun çalışan sayısı bulunması nedeniyle sıcak nokta kabul edilmesi ve okul bölgesi olmasıdır.

Beşinci ölçüm noktasında, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyi, ölçülen gürültü düzeyinden 0,4 dB daha yüksektir. Büyükdere Caddesi'nden ölçüm sırasında geçen araç sayısı modelde kullanılan araç sayısına oldukça yakındır. Ölçüm noktasının kaynağa yakın olması, ölçüm noktasının etrafında bina bulunmaması da sapmanın az olmasını sağlamıştır.

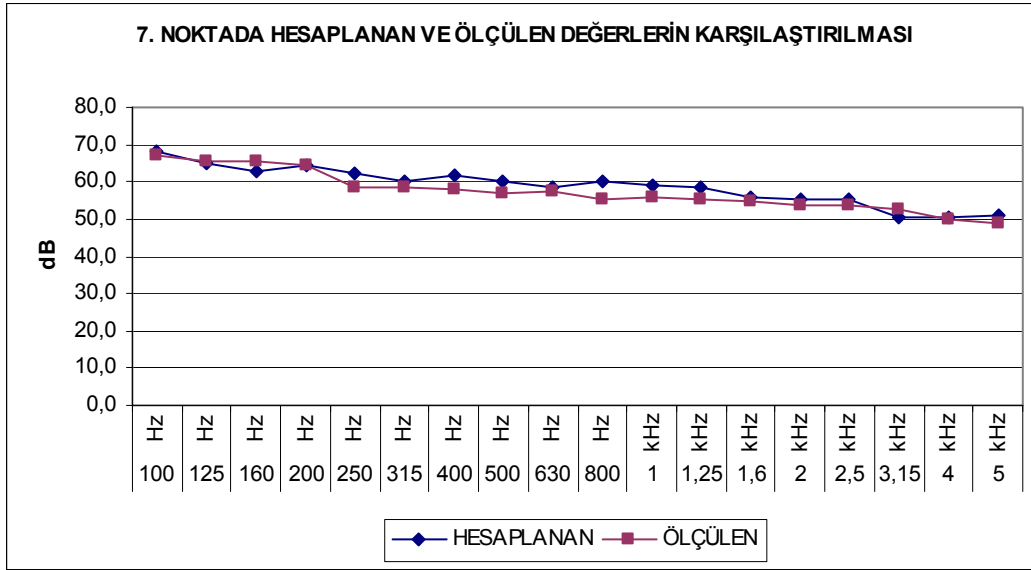
Altıncı ölçüm noktası, modellenen 4. Levent'te, Büyükdere Caddesi üzerinde, Ticaret Odası İlköğretim Okulu köşesinde bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, bu çalışmada ana kaynak kabul edilen Büyükdere Caddesi'nin üzerinde bulunması, bölgede hassas kullanım olan okul (Ticaret Odası İlköğretim Okulu) binasının ve önünde bir çocuk parkının (sessiz alan) bulunmasıdır.

Altıncı ölçüm noktasında, ölçülen gürültü düzeyi, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyinden 4,8 dB daha yüksektir. Büyükdere Caddesi'nden ölçüm sırasında geçen araç sayısı modelde kullanılan araç sayısına oldukça yakındır. Ölçüm noktası yakınında çocuk parkı ve ilköğretim okulu bulunmaktadır. Frekans analizinde, yüksek frekanslardaki ölçüm sonuçlarının hesaplanandan yüksek olduğu görülmektedir. Park ve okuldan kaynaklı toplum gürültüsü ölçümde etkili olmuştur.

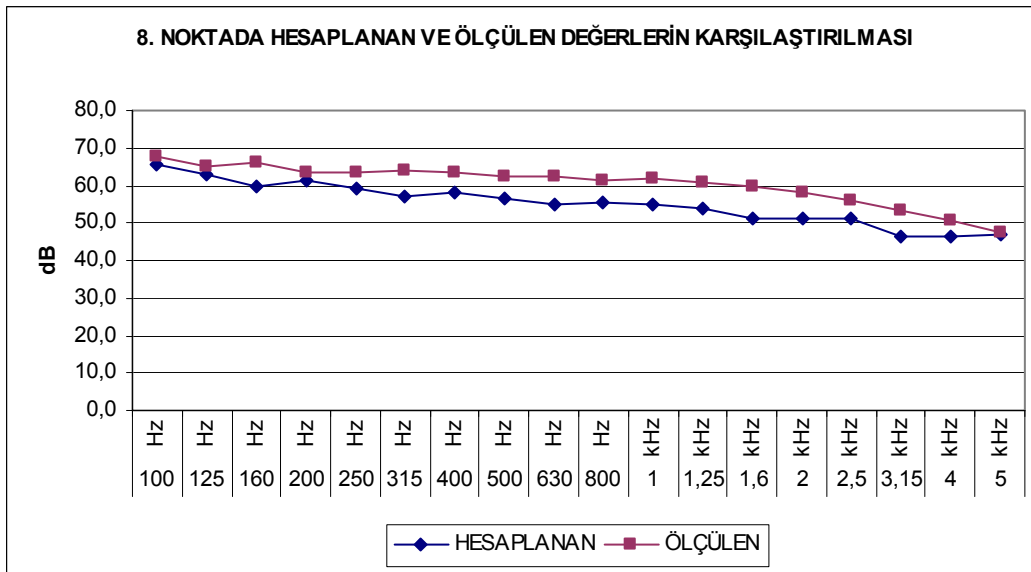
Yedinci ölçüm noktası, Levent Çarşı bölgesinde, modellenen Gonca Sokak'ta bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, Gonca Sokak'ın otomatik sayım verileri alınmış olan Büyükdere Caddesi'nden farklı bir yol kaynağı olması, çevre bina yapılaşmasının etkisinin model ile karşılaştırılmak istenmesi ve sessiz alan (park) bulunmasıdır.

Yedinci ölçüm noktasında, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyi, ölçülen gürültü düzeyinden 1,9 dB daha yüksektir. Gonca Sokak'tan ölçüm sırasında geçen araç sayısı modelde kullanılan araç sayısına oldukça yakındır. Ölçüm noktasının kaynağa yakın olması ve bu nedenle çevre binalardan etkilenmemesi de sapmanın az olmasını sağlamıştır. Gonca Sokak ve çevresinde bulunan ağaçların, az katlı binaların cephe

ayrıntılarının ve çatı geometrilerinin modellenememesinin ölçüm ile arasında fark yarattığı tahmin edilebilir.



Şekil 5.36 : 7. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi



Şekil 5.37 : 8. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi

Sekizinci ölçüm noktası, modellenen Büyükdere Caddesi üzerinde, Metrocity ile Zincirlikuyu Mezarlığı arasındaki metro çıkışında bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, bu çalışmada ana kaynak kabul edilen Büyükdere Caddesi'nin üzerinde bulunması, bölgede çok yoğun çalışan sayısı bulunması nedeniyle sıcak nokta kabul edilmesi ve yanında sessiz alan (Zincirlikuyu Mezarlığı) bulunmasıdır.

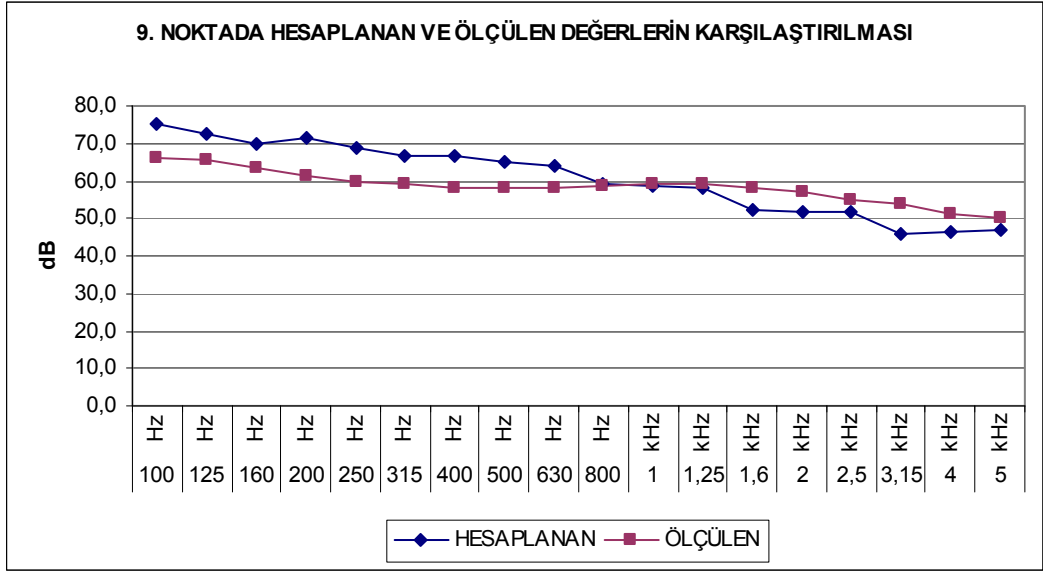
Sekizinci ölçüm noktasında, ölçülen gürültü düzeyi, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyinden 6,4 dB daha yüksektir. Ölçüm sırasında Büyükdere Caddesi'nden geçen araç sayısı hesaplanan modele girilen araç sayısından %40 daha fazladır. Bu durumda ölçüm sırasında hesaplanandan 1,5 dB daha yüksek gürültü düzeyi oluşması beklenebilir. Gerçekte bulunan metro girişi etrafı ve Zincirlikuyu Mezarlığı duvarlarının modellenmemesi sonucu farklı sonuç çıktığı varsayılabilir. Ölçüm sırasında ölçüm noktasının konumu nedeniyle güneybatıdan yüksek hızda rüzgar almakta olduğu için ölçümü meteorolojik şartların etkilediği varsaymak doğru bir yaklaşım olacaktır.

Dokuzuncu ölçüm noktası, Güneş Sokak üzerinde, Akçam Sokak yönünde bulunmaktadır. Modellenen Akçam Sokak'a 15 metre uzaklıkta bulunmaktadır. Üzerinde bulunduğu Güneş Sokak ise modellenmemiştir. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, Akçam Sokak'ın otomatik sayım verileri alınmış olan Büyükdere Caddesi'nden farklı bir yol kaynağı olması, çevre bina yapılaşmasının etkisinin model ile karşılaştırılmak istenmesi ve bölgede hassas kullanımlar olan konut binalarının bulunmasıdır.

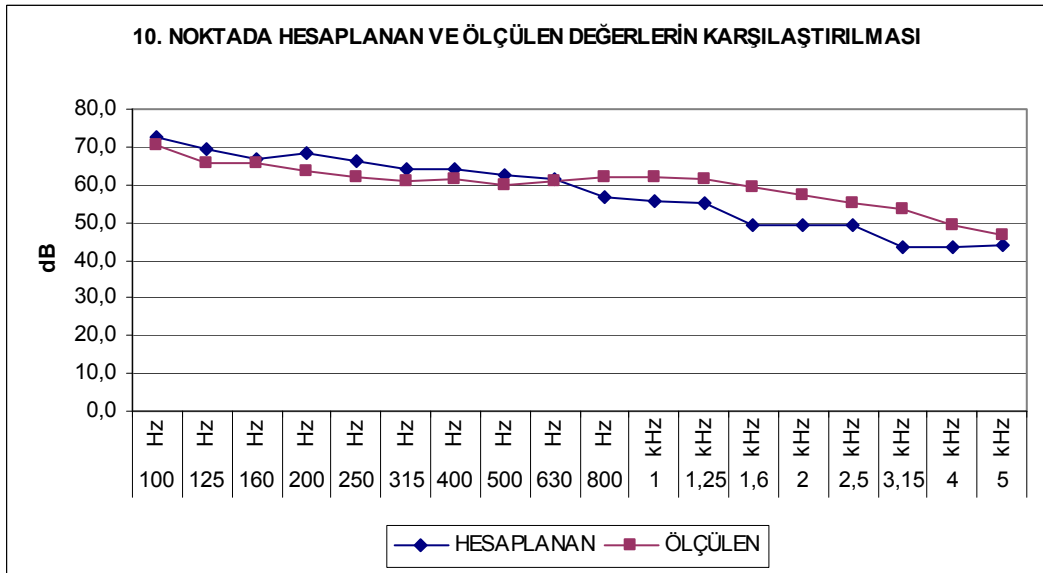
Dokuzuncu ölçüm noktasında, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyi, ölçülen gürültü düzeyinden 2,6 dB daha yüksektir. Ölçüm noktasının kaynağa yakın olması ve bu nedenle çevre binalardan etkilenmemesi de sapmanın az olmasını sağlamıştır. Ölçüm noktası çevresinde bulunan ağaçların hesap ile ölçüm arasında fark yarattığı tahmin edilebilir. Ölçümü ayrıca meteorolojik şartların etkilediği varsayılabilir.

Onuncu ölçüm noktası, modellenen Büyükdere Caddesi üzerinde, Özel Levent Hastanesi önünde bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, bu çalışmada ana kaynak kabul edilen Büyükdere Caddesi'nin üzerinde bulunması ve bölgede yüksek gürültüye rağmen hassas kullanım olan hastane binasının bulunması nedeniyle sıcak nokta kabul edilmesidir.

Onuncu ölçüm noktasında, ölçülen gürültü düzeyi, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyinden 2,2 dB daha yüksektir. Büyükdere Caddesi'nden ölçüm sırasında geçen araç sayısı modelde kullanılan araç sayısına oldukça yakındır. Ölçüm noktasının kaynağa yakın olması ve bu nedenle çevre binalardan etkilenmemesi de sapmanın az olmasını sağlamıştır. Ölçümü meteorolojik şartların etkilediği varsayılabilir.



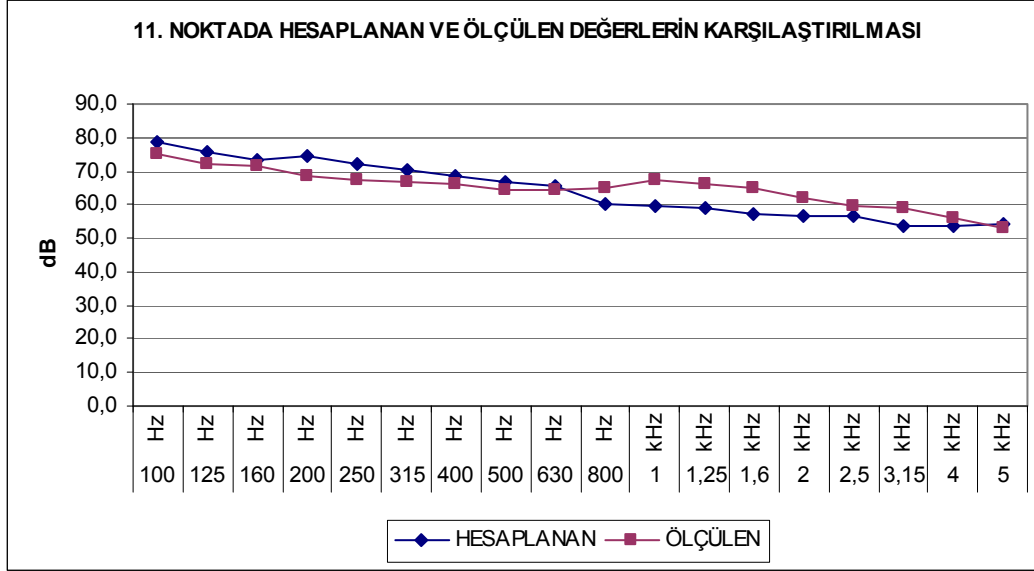
Şekil 5.38 : 9. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi



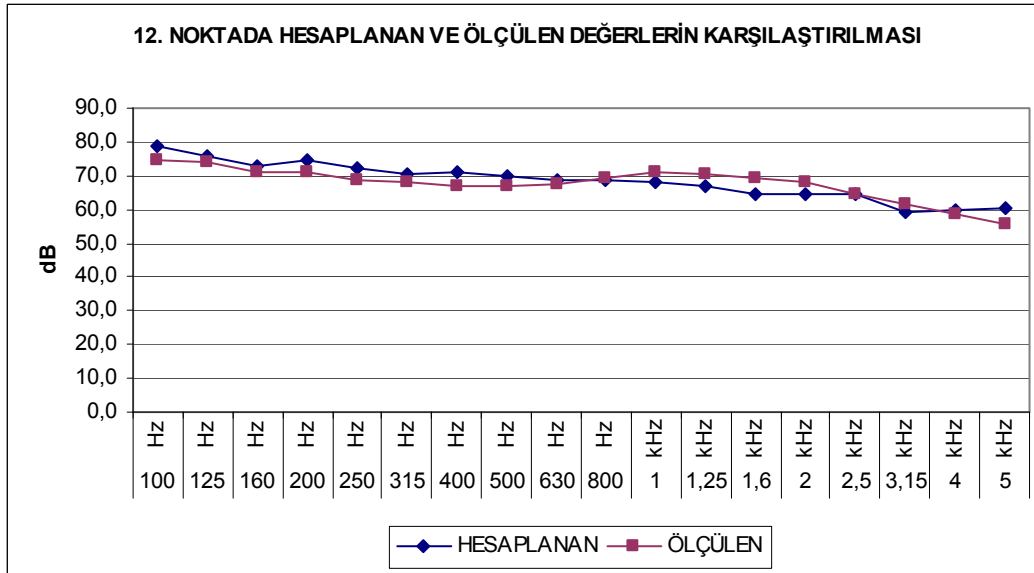
Şekil 5.39 : 10. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi

Onbirinci ölçüm noktası, modellenen Büyükdere Caddesi üzerinde, Özel FMV Ayazağa Işık İlkokulu girişinde bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri, bu çalışmada ana kaynak kabul edilen Büyükdere Caddesi'nin üzerinde bulunması, bölgede (Maslak) çok yoğun çalışan sayısı bulunması nedeniyle sıcak nokta kabul edilmesi ve en önemlisi hassas kullanım olan okul (Özel FMV Ayazağa Işık İlkokulu) bölgesi olmasıdır.

Onbirinci ölçüm noktasında, ölçülen gürültü düzeyi, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyinden 1,4 dB daha yüksektir. Büyükdere Caddesi'nden ölçüm sırasında geçen araç sayısı modelde kullanılan araç sayısına oldukça yakındır. Ölçüm noktasının kaynağa yakın olması ve bu nedenle çevre binalardan etkilenmemesi de sapmanın az olmasını sağlamıştır. Ölçümü meteorolojik şartların etkilediği varsayılabilir.



Şekil 5.40 : 11. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi



Şekil 5.41 : 12. ölçüm noktasında ölçülen ve hesaplatılan gürültü değerlerinin frekans analizi

Onikinci ölçüm noktası, modellenen Büyükdere Caddesi üzerinde, Zincirlikuyu, Anadolu Meslek Lisesi önünde bulunmaktadır. Ölçüm noktasının seçilme nedenleri,

bu çalışmada ana kaynak kabul edilen Büyükdere Caddesi'nin üzerinde bulunması ve hassas kullanım olan okul (Anadolu Meslek Lisesi) bölgesi olmasıdır.

Onikinci ölçüm noktasında, ölçülen gürültü düzeyi, hesaplanan $L_{gündüz}$ gürültü düzeyinden 1,1 dB daha yüksektir. Büyükdere Caddesi'nden ölçüm sırasında geçen araç sayısı modelde kullanılan araç sayısına oldukça yakındır. Ölçüm noktasının kaynağa yakın olması ve bu nedenle çevre binalardan etkilenmemesi de sapmanın az olmasını sağlamıştır.

Ölçülen ve hesaplanan gürültü değerleri arasında farklar 0,4 dB ile 6,4 dB arasında değişmektedir. Kaynağın yanında yapılan ölçümlerde hesaplanan ile ölçülen değerler arasında farklar minimuma inerken, kaynaktan uzaklaştıkça farkların arttığı gözlemlenmiştir. Bu durumda binaların cephe özelliklerinin ve ağaç, duvar gibi çevre elemanlarını modele yansıtılamamasının gürültü hesabını etkilediği sonucuna ulaşılabilir. Diğer ölçümlerde farkların artmasına neden olan özellikler toplanan kaynak bilgisinin ölçüm anındaki kaynak bilgileriyle uyum göstermemesi ve lokal meteorolojik özellikler olmuştur.

5.8 Çevresel Gürültü Kontrolü

Karayolu trafiği nedeniyle ortaya çıkan çevresel gürültü, eylem planlaması yapılarak azaltılmalıdır. Bunun için öncelikle problem belirlenmiş, sıcak noktalara ve sessiz alanlara karar verilmiş, bundan sonra ise ağırlıklı olarak yayılım yolunda kontrole gidilmiştir.

5.8.1 Sıcak Noktalar ve Sessiz Alanlar

Zincirlikuyu Maslak ulaşım aksı boyunca okul ve hastanelerin çoğu, konutlar ve ticari alanların ise bir kısmı sınır değerlerin üzerinde gürültüye maruz kalmaktadır. Eylem planlamasında ilk olarak sıcak noktalar belirlenmiş, bunun için bölgedeki hassas kullanımların yüksek gürültü düzeylerinden etkilendiği bölgeler seçilmiştir. Bu bölgelerden en önemlileri, Zincirlikuyu'daki Yapı Meslek Lisesi, Maslak'ta Işık Üniversitesi ve İstanbul Teknik Üniversitesi bölgeleri, çeşitli noktalarda eğitim ve sağlık binaları ile Zincirlikuyu'da, Etiler ayrımında, Levent Caddesi'nde ve 4. Levent'te bağlanan yollar üzerinde bulunan konut bölgeleridir. Çok katlı ofis binaları da çalışan kişi sayısının fazla olması nedeniyle öncelikli gürültü azaltımı gerçekleştirilmesi gereken noktalardandır.

Sessiz alanlar için gürültüye hassas bölgelerin yanı sıra, Zincirlikuyu mezarlığı ve sokak aralarında bulunan parklar da (özellikle Levent ve Emniyet Evler semtlerinde) seçilmiştir.

5.8.2 Gürültü azaltımı

Gürültü azaltımında öncelik kaynak azaltıma verilmelidir. Gürültüyü kaynakta azaltma tedbirleri, az gürültülü yol yüzeyi, trafik yönetimi, trafik yavaşlatması, sessiz tekerlekler, sessiz araçlar veya sürücü tavrı olabilmektedir. Kaynak gürültü azaltım önlemlerinden trafik yönetimi ve sessiz araç kullanımı bu tez çalışmasının konusunun dışında kalmaktadır.

Daha az gürültülü yol yüzeyi seçeneği düşünüldüğünde ise gözenekli yol kaplaması seçeneğinin pahalı olması ve kullanım süresinin kısa olması nedeniyle ülkemize kullanımı tercih edilmemektedir.

Gürültünün yayılım yolunda azaltılması için ilk düşünülmesi gereken önlem arazi kullanımı planlamasıdır. Yapılaşmış bu bölgede gürültüye bağlı arazi kullanımı planlaması için geç kalınmış olsa da;

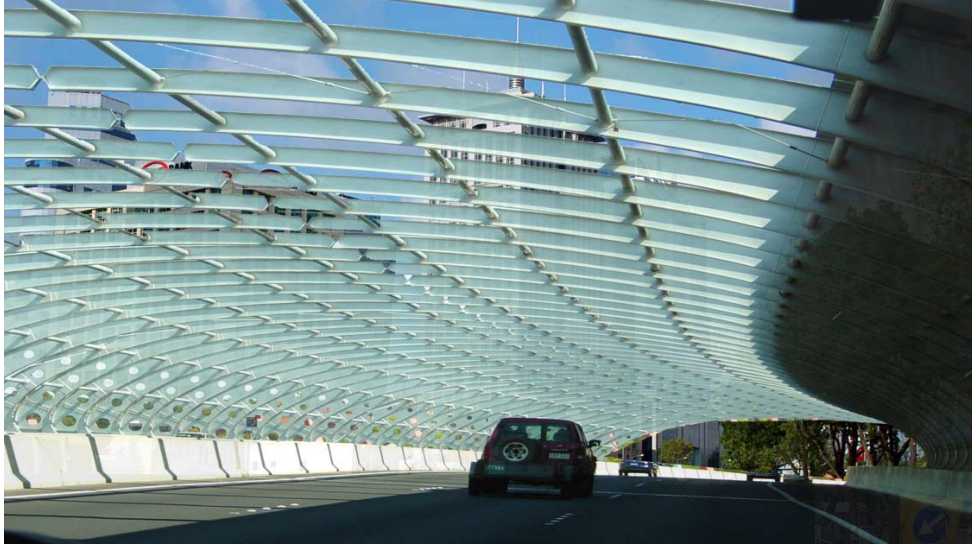
- Yol kenarına sanayi, alışveriş merkezi gibi kullanımların bitişik nizam olarak yerleştirilmesi, böylece bu binaların gürültü engeli oluşturması desteklenebilir,
- Büyükdere Caddesinde ve ona bağlanan ana yolların üzerinde hassas kullanımların azaltılması önerilebilir,
- İmar planlarında özellikle Zincirlikuyu ve Maslak bölgelerinde yeni yapılacak binaların yoldan (örneğin 150 metre) geriye çekilmesi şart koşulabilir.

Gürültünün yayılım yolunda azaltılması için, gürültü engelleri, yapılaşmış bölgelerde uygulanabilir çözümlerden en önemlisidir. Büyükdere Caddesi'ne cephesi olan tüm okul, hastane, konut ve ticari yapıların caddeye bakan cephelerine 4 metre yükseklikte alıcılar yerleştirilmiş ve sınır değerleri girilmiştir. En makul gürültü engeli boyutlarını belirlemek için SoundPLAN'ın Engel Modülü kullanılmıştır.

5.8.2.1 Engel önerisi 1

İlk engel önerisi için Büyükdere Caddesi'nin iki yanında, engel yerleştirilebilecek yerler belirlenmiştir. Engel konumları gerektiğinde yaya geçişine izin verecek şekilde yerleştirilmiş, en yüksek 10 metre olması düşünülmüştür. Engel modülünde

hesaplama yapılarak alıcılardaki gürültünün sınır değerlere düşürülmesi için gerekli olan minimum engel yükseklikleri hesaplanmıştır. Gürültünün sınır değerlerin altına düşmesinin mümkün olmadığı yerlerde, tünel uygulamalarına gidilmiştir. Büyükdere Caddesi üzerine binaların yola bitişik olup yaya geçişine bile yer kalmadığı noktalarda engel tasarlanamamıştır. Büyükdere Caddesine bağlanan yollarda ise yol, yaya kaldırımı ve bina ilişkileri ayrılamaz olduğu için engel uygulamasına gidilememiştir.



Şekil 5.42 : Örnek ses yansıtıcı tünel uygulaması (Url-11)



Şekil 5.43 : Yola çok yakın binalar için cam engel uygulaması (Url-12)

Engel önerisinde kaplama malzemesi olarak ses yansıtıcı malzemeler seçilmiştir. Bu malzemeler yer yer beton, taş, cam ve akrilik olarak tasarlanmıştır. Malzemelerin örnek uygulamaları Şekil 5.42, Şekil 5.43, Şekil 5.44 ve Şekil 5.45'te verilmiştir.

Çelik ve camdan oluşan tüneller yol-yaya ilişkisinin bulunmadığı yerlerde, örneğin Sabancı ve İşkule binalarının önünde ve Sanayi mahallesi ile Maslak arasında kullanılması öngörülmüştür. Özellikle Zincirlikuyu ve Maslak bölgelerinde binaların yola çok yakın olması nedeniyle akrilik ya da cam engeller kullanılması tasarlanmıştır. Diğer engeller için cam, beton, taş ve çelik karışımı engeller tasarlanmasının uygun olacağı öngörülmüştür.

Engel önerisi 1 için 10 metre aralıklarla 4 metre yükseklikte ızgaralı gürültü haritaları hesaplanmıştır. Konut ve ofisler için hesaplanmış L_{gag}, L_{gündüz}, L_{akşam}, ve L_{gece} değerleri, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB aralıklarında gürültüden etkilenen km², konut, konut sakini, okul ve hastane sayıları ile gündüz zaman diliminde gürültüden etkilenen ofis ve ofis çalışanı sayıları hem gerçek sayıları ile, hem de en yakın yüze yuvarlanmış halde Çizelge 5.13 ve Çizelge 5.14'te verilmiştir.



Şekil 5.44 : Görüş hizası saydam engel uygulaması



Şekil 5.45 : Enerji üreten saydam engel uygulaması (Url-13)

Çizelge 5.13 : 4 m yükseklikte engel önerisi 1 için hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sayısal sonuçları

Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Km ²	Konut binaları		Konut sakinleri		Okul	Hastane
L _{gag}	50-54	0,3	100	146	3600	3647	7	1
	55-59	0,4	100	83	2700	2728	16	0
	60-64	0,5	100	84	3800	3783	16	0
	65-70	0,6	100	54	2900	2906	17	0
	70-74	0,5	100	51	2700	2670	11	0
	>75	0,8	0	50	2200	2159	9	1
L _{gündüz}	50-54	0,4	100	99	2600	2606	14	0
	55-59	0,5	100	81	3500	3526	13	0
	60-64	0,6	100	77	3600	3617	22	0
	65-70	0,5	0	47	2700	2746	9	0
	70-74	0,4	0	38	1400	1429	7	1
	>75	0,6	0	38	1500	1491	8	0
L _{akşam}	50-54	0,4	100	83	2500	2534	14	0
	55-59	0,5	100	85	4200	4165	17	0
	60-64	0,7	100	57	2800	2772	19	0
	65-70	0,5	100	53	2700	2665	11	0
	70-74	0,4	0	37	1300	1317	7	1
	>75	0,5	0	19	1000	980	3	0
L _{gece}	50-54	0,5	100	75	3600	3555	16	0
	55-59	0,6	100	67	3100	3143	24	0
	60-64	0,6	100	60	2900	2858	15	0
	65-70	0,4	0	40	1900	1880	5	0
	70-74	0,3	0	18	1100	1111	3	1
	>75	0,3	0	1	0	37	0	0

Çizelge 5.14 : Engel önerisi 1 için hesaplanan, 4 metre yükseklikte hesaplanan ofis ızgaralı gürültü haritası sonuçları

Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Izgaralı gürültü haritası			
		Ofis binaları		Ofis çalışanı	
L _{gündüz}	50-54	100	86	20800	20841
	55-59	100	98	20800	20754
	60-64	100	132	34100	34128
	65-70	100	89	29400	29357
	70-74	100	127	41400	41353
	>75	100	110	16400	16429

Çizelge 5.15’te sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerlerinin sayıları verilmektedir.

Çizelge 5.15 : Engel önerisi 1’e göre, sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerleri

	Sınır değer	Okul	Hastane	Sınır değer	Konut binası	Konut sakini
L _{gündüz}	>65 dBA	24	1	>68 dBA	91	4090
L _{akşam}	>60 dBA	40	1	>63 dBA	124	5744
L _{gece}	>55 dBA	47	1	>58 dBA	148	7493
	Sınır değer	Ofis binası (ızgara)		Ofis çalışanı (ızgara)		
L _{gündüz}	>70 dBA	237		57782		

Çizelge 5.16 : Engel önerisi 1’e göre, L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı

Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Toplam konut sakini	%A	A	Toplam konut sakini	%HA	HA
L _{gag}	50-54	3647	%11	401	3647	%4	146
	55-59	2728	%18	491	2728	%6	164
	60-64	3783	%26	983	3783	%10	378
	65-70	2906	%35	1017	2906	%16	465
	70-74	2670	%47	1255	2670	%25	668
	>75	2159	%61	1317	2159	%37	799
Toplam		Rahatsız sakin sayısı		5464	Yüksek derecede rahatsız sakin sayısı		2620

Engel önerisi 1’in sonucunda, Çizelge 5.15’e göre, 24 adet okul ve 1 adet hastane binası 65 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerini, 40 adet okul ve 1 adet hastane binası 60 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır değerini, 47 adet okul ve 1 adet hastane binası 55 dBA’lık gece zaman dilimi sınır değerini aşmaktadır. 91 adet konut binası ve 4090 adet konut sakini 68 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerini, 124 adet konut binası ve 5744 adet konut sakini 63 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır

değerini, 148 adet konut binası ve 7493 adet konut sakini 58 dBA'lık gece zaman dilimi sınır değerini aşmaktadır.

Engel önerisi 1'in sonucunda, Çizelge 5.15'e göre, ticaret ağırlıklı bölgeler için olan gündüz zaman dilimi 70 dBA sınır değerini aşan ofis binası sayısı 237, ofis çalışanı sayısı 57782 adettir. Çizelge 5.16'da engel önerisi 1'e göre, L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı verilmektedir. Rahatsız olan konut sakini sayısı 5464, yüksek derecede rahatsız olan konut sakini sayısı ise 2620 olarak tahmin edilmektedir.

5.8.2.2 Engel önerisi 2

İkinci engel önerisi için, birinci engel önerisinin bir benzeri yapılmıştır. Bu engel önerisinde kaplama malzemesi olarak ses yutucu ve saçıcı malzemeler seçilmiştir ve bazı engellerin üst kısımları kaynağa doğru kırılmıştır. Gerekli görülen yerlerde tüneller arttırılmıştır. Engeller için farklı kompozit ses yutucu elemanlar kullanılmıştır.



Şekil 5.46 : Saçıcı beton bloklar içerisinde bitki yetiştirme (Url-14)



Şekil 5.47 : Beton duvar üzerine ses yutucu kaplama (Url-15)

İçerisinde bitki de yetiştirilebilecek beton bloklar, hali hazırda beton istinat duvarı olarak inşa edilmiş duvarların üzerine uygulanabilecek saçıcılar olarak düşünülmüştür. Yer yer kompozit ses yutucu engellerin kullanımı öngörülmüştür.



Şekil 5.48 : Ahşap görünümlü kompozit ses yutucu duvar örneği (Url-15)



Şekil 5.49 : Kompozit ses yutucu duvar örneği (Url-15)

Engel önerisi 2 için 10 metre aralıklarla 4 metre yükseklikte ızgaralı gürültü haritaları hesaplanmıştır. Konut ve ofisler için hesaplanmış L_{gag} , $L_{gündüz}$, $L_{akşam}$, ve L_{gece} değerleri, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75dB aralıklarında gürültüden etkilenen km^2 , konut, konut sakini, okul ve hastane sayıları ile gündüz zaman diliminde gürültüden etkilenen ofis ve ofis çalışanı sayıları hem gerçek sayıları ile, hem de en yakın yüze yuvarlanmış halde Çizelge 5.17 ve Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.17 : 4 m yükseklikte engel önerisi 2 için hesaplanan ızgaralı gürültü haritası sayısal sonuçları

Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Km ²	Konut binaları		Konut sakinleri		Okul	Hastane
L_{gag}	50-54	0,4	200	152	4300	4270	8	1
	55-59	0,5	100	114	3800	3761	24	0
	60-64	0,6	100	93	4700	4742	19	0
	65-70	0,6	0	30	1600	1588	9	0
	70-74	0,4	0	37	1600	1627	8	0
	>75	0,7	0	34	1500	1526	8	1
$L_{gündüz}$	50-54	0,5	100	120	3500	3531	21	0
	55-59	0,6	100	98	4100	4056	21	0
	60-64	0,6	100	59	3000	2968	10	0
	65-70	0,4	0	32	1800	1783	7	0
	70-74	0,3	0	26	1300	1279	7	1
	>75	0,5	0	31	800	836	7	0
$L_{akşam}$	50-54	0,5	100	108	3500	3473	22	0
	55-59	0,6	100	99	4700	4733	20	0
	60-64	0,6	0	34	1800	1829	11	0
	65-70	0,4	0	36	1600	1572	9	0
	70-74	0,3	0	27	1300	1321	6	1
	>75	0,4	0	13	400	356	3	0
L_{gece}	50-54	0,5	100	104	4800	4753	19	0
	55-59	0,6	100	51	2200	2207	18	0
	60-64	0,5	0	36	1800	1838	9	0
	65-70	0,4	0	31	1200	1206	7	1
	70-74	0,3	0	8	700	729	3	0
	>75	0,3	0	0	0	0	0	0

Çizelge 5.18 : Engel önerisi 2 için hesaplanan, 4 metre yükseklikte hesaplanan ofis ızgaralı gürültü haritası sonuçları

		Izgaralı gürültü haritası			
Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Ofis binaları		Ofis çalışanı	
$L_{gündüz}$	50-54	100	89	22000	22006
	55-59	100	109	29800	29811
	60-64	100	123	27200	27164
	65-70	100	86	20900	20857

	70-74	100	111	42100	42138
	>75	100	110	12100	12051

Çizelge 5.19’da sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerlerinin sayıları verilmektedir. Engel önerisi 2’nin sonucunda, Çizelge 5.19’a göre, 21 adet okul ve 1 adet hastane binası 65 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerini, 29 adet okul ve 1 adet hastane binası 60 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır değerini, 37 adet okul ve 1 adet hastane binası 55 dBA’lık gece zaman dilimi sınır değerini aşmaktadır. 71 adet konut binası ve 2904 adet konut sakini 68 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerini, 91 adet konut binası ve 3691 adet konut sakini 63 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır değerini, 148 adet konut binası ve 4413 adet konut sakini 58 dBA’lık gece zaman dilimi sınır değerini aşmaktadır. Ticaret ağırlıklı bölgeler için olan gündüz zaman dilimi 70 dBA sınır değerini aşan ofis binası sayısı 221, ofis çalışanı sayısı 54189 adettir. Çizelge 5.20’de engel önerisi 2’ye göre, L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı verilmektedir. Rahatsız olan konut sakini sayısı 4631, yüksek derecede rahatsız olan konut sakini sayısı ise 2097 olarak tahmin edilmektedir.

Çizelge 5.19 : Engel önerisi 2’ye göre, sınır değerleri aşan hassas kullanımlar, konutlar ve işyerleri

	Sınır değer	Okul	Hastane	Sınır değer	Konut binası	Konut sakini
$L_{gündüz}$	>65 dBA	21	1	>68 dBA	71	2904
$L_{akşam}$	>60 dBA	29	1	>63 dBA	84	3691
L_{gece}	>55 dBA	37	1	>58 dBA	91	4413
	Sınır değer	Ofis binası (ızgara)		Ofis çalışanı (ızgara)		
$L_{gündüz}$	>70 dBA	221		54189		

Çizelge 5.20 : Engel önerisi 2’e göre, L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı

Zaman dilimi	Gürültü (dBA)	Toplam konut sakini	%A	A	Toplam konut sakini	%HA	HA
L_{gag}	50-54	4270	%11	470	4270	%4	171
	55-59	3761	%18	677	3761	%6	226
	60-64	4742	%26	1232	4742	%10	474
	65-70	1588	%35	556	1588	%16	254
	70-74	1627	%47	765	1627	%25	407
	>75	1526	%61	931	1526	%37	565
Toplam		Rahatsız sakin sayısı		4631	Yüksek derecede rahatsız sakin sayısı		2097

5.8.2.3 Engel önerilerinin değerlendirilmesi

Çizelge 5.21’de engel önerisi 1’in mevcut gürültüden etkilenme değerlerini yüzde kaç azalttığı belirlenmiştir. Engel önerisi 1’in sonucunda, mevcut duruma göre, 65 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerinin üzerinden okullar %43 daha az, 60 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır değerinin üzerinden okullar %5 daha az, 55 dBA’lık gece zaman dilimi sınır değerinin üzerinden okullar %19 daha az etkilenmektedirler. Engel önerisi 1’in sonucunda, mevcut duruma göre, 68 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerinin üzerinden konut binaları %17, konut sakinleri %21 daha az, 63 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır değerinin üzerinden konut binaları %14, konut sakinleri %15 daha az, 58 dBA’lık gece zaman dilimi sınır değerinin üzerinden konut binaları %11, konut sakinleri %7 daha az etkilenmektedirler. Engel önerisi 1’in sonucunda, mevcut duruma göre, 70 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerinin üzerinden ofis binaları %25, ofis çalışanları %34 daha az etkilenmektedirler.

Çizelge 5.21 : Engel önerisi 1’e göre, sınır değerleri aşan hassas kullanım, konut ve ofis sayılarının yüzdelik azalmaları

	Sınır değer	Okul	Hastane	Sınır değer	Konut binası	Konut sakini
L _{gündüz}	>65 dBA	%43	%0	>68 dBA	%17	%21
L _{akşam}	>60 dBA	%5	%0	>63 dBA	%14	%15
L _{gece}	>55 dBA	%19	%0	>58 dBA	%11	%7
	Sınır değer		Ofis binası (ızgara)		Ofis çalışanı (ızgara)	
L _{gündüz}	>70 dBA		%25		%34	

Engel azaltımının hassas kullanım, konut, ofis ve sakin sayılarını ne kadar azalttığına bakıldığında, ara sokaklara engeller yerleştirilemediği için hassas kullanımlar ve konutlarda gürültü yeteri kadar azaltılamadığı yorumu yapılabilir. Öte yandan Büyükdere Caddesi’nin etrafına konumlanmış işyeri binaları için gürültü engelleri çok etkili olmuştur. L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı karşılaştırıldığında ise, rahatsız olan insan (A) sayısında %7, yüksek derecede rahatsız olan insanlar (%HA) sayısında %10 düşüş olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.22’de ise engel önerisi 2’nin mevcut gürültüden etkilenme değerlerini yüzde kaç azalttığı belirlenmiştir. Engel önerisi 2’nin sonucunda, mevcut duruma göre, 65 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerinin üzerinden okullar %50 daha

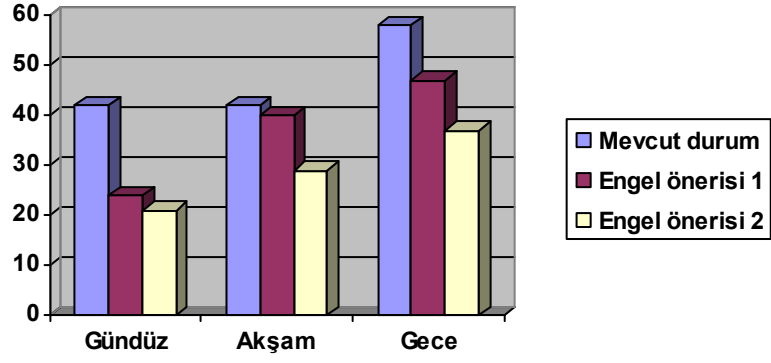
az, 60 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır değerinin üzerinden okullar %31 daha az, 55 dBA’lık gece zaman dilimi sınır değerinin üzerinden okullar %36 daha az etkilenmektedirler. Engel önerisi 1’nin sonucunda, mevcut duruma göre, 68 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerinin üzerinden konut binaları %35, konut sakinleri %44 daha az, 63 dBA’lık akşam zaman dilimi sınır değerinin üzerinden konut binaları %42, konut sakinleri %46 daha az, 58 dBA’lık gece zaman dilimi sınır değerinin üzerinden konut binaları %45, konut sakinleri %45 daha az etkilenmektedirler. Engel önerisi 2’nin sonucunda, mevcut duruma göre, 70 dBA’lık gündüz zaman dilimi sınır değerinin üzerinden ofis binaları %30, ofis çalışanları %39 daha az etkilenmektedirler.

Çizelge 5.22 : Engel önerisi 2’ye göre, sınır değerleri aşan hassas kullanım, konut ve ofis sayılarının yüzdeler azalmaları

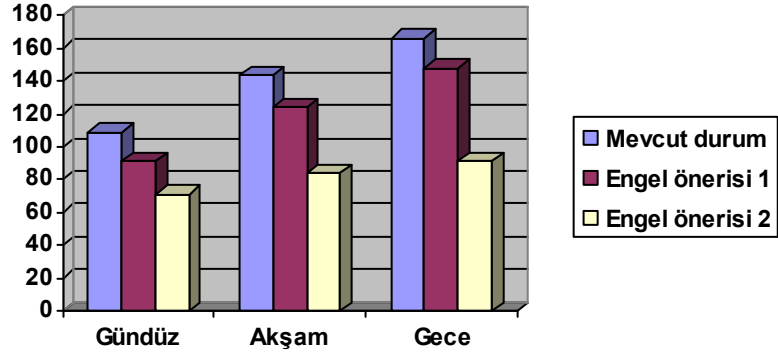
	Sınır değer	Okul	Hastane	Sınır değer	Konut binası	Konut sakini
$L_{gündüz}$	>65 dBA	%50	%0	>68 dBA	%35	%44
$L_{akşam}$	>60 dBA	%31	%0	>63 dBA	%42	%46
L_{gece}	>55 dBA	%36	%0	>58 dBA	%45	%45
	Sınır değer	Ofis binası (ızgara)		Ofis çalışanı (ızgara)		
$L_{gündüz}$	>70 dBA	%30		%39		

Hassas kullanımlar ve konutlarda gürültü azaltımı 1. engel önerisine göre, yutucu engeller sayesinde oldukça iyileşmiştir. L_{gag} karayolu gürültüsü ile rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan insanların (%HA) sayısı karşılaştırıldığında ise, rahatsız olan insan (A) sayısında %21, yüksek derecede rahatsız olan insanlar (%HA) sayısında %28 düşüş olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar engellerin yutuculuğunun ve şekillerinin önemini gözönüne sermektedir.

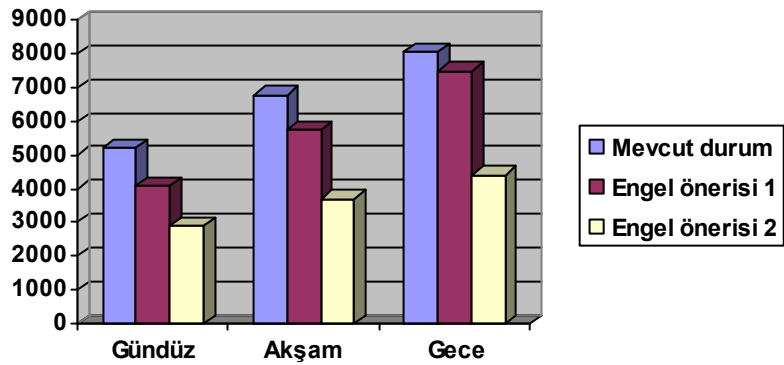
Şekil 5.50, Şekil 5.51 ve Şekil 5.52’de sırasıyla bölgede sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenen okul, konut binası ve konut sakini sayılarının değişimi verilmektedir. Etkilenen hastane sayısında değişim gözlemlenmemiştir. Etkilenen konut ve konut sakini sayısında ise özellikle ikinci engel önerisinin gece zaman diliminde etkili azaltım gözlenmektedir.



Şekil 5.50 : Bölgede sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenen okul sayılarının grafiksel gösterimi



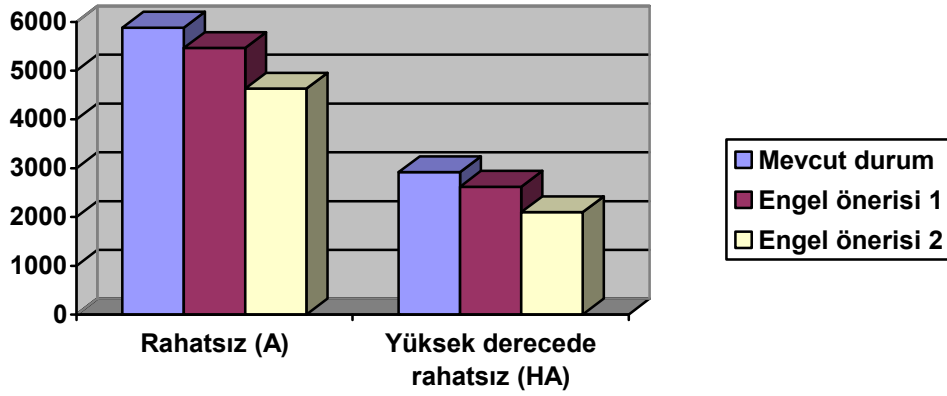
Şekil 5.51 : Bölgede sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenen konut binası sayılarının grafiksel gösterimi



Şekil 5.52 : Bölgede sınır değerlerin üzerinde gürültüden etkilenen konut sakini sayılarının grafiksel gösterimi

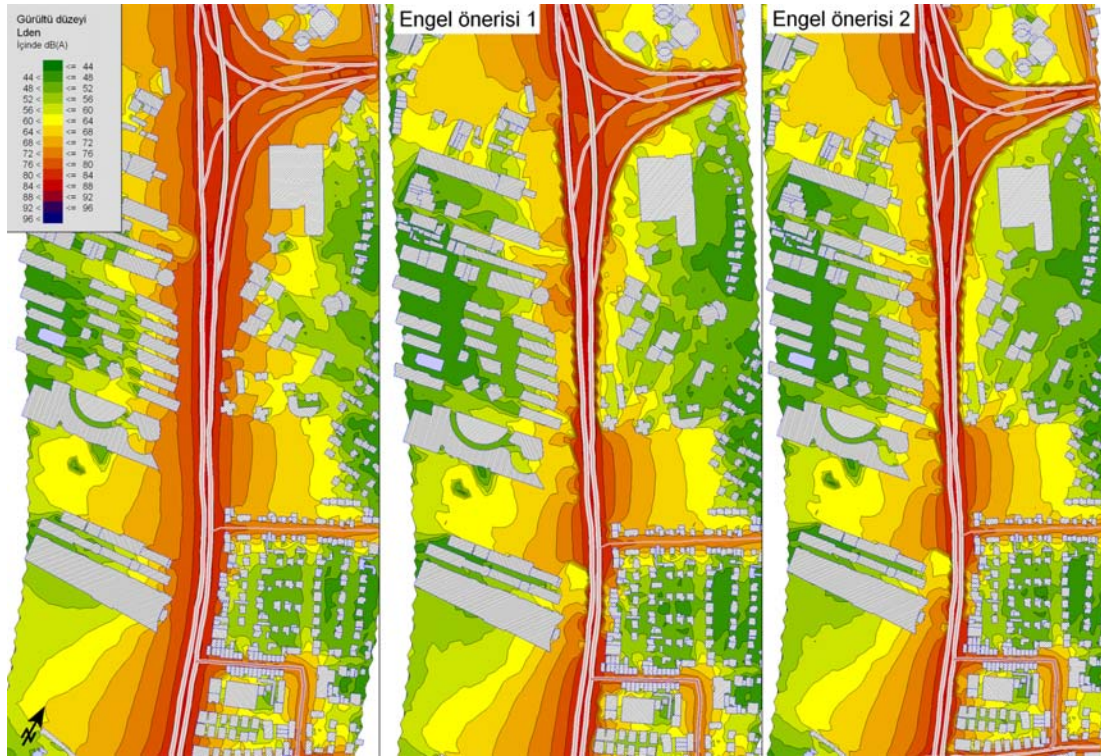
Şekil 5.53'te ise gürültüden rahatsız olan ve yüksek derecede rahatsız olan kişilerin sayısındaki değişim grafik olarak verilmiştir. İkinci engel azaltımı önerisinde engel

metrekaresinde fazla artış olmamasına rağmen yutucu engeller seçilmesi sayesinde azaltımın en az birinci öneri kadar yüzdelik azaltım sağladığı söylenebilir.

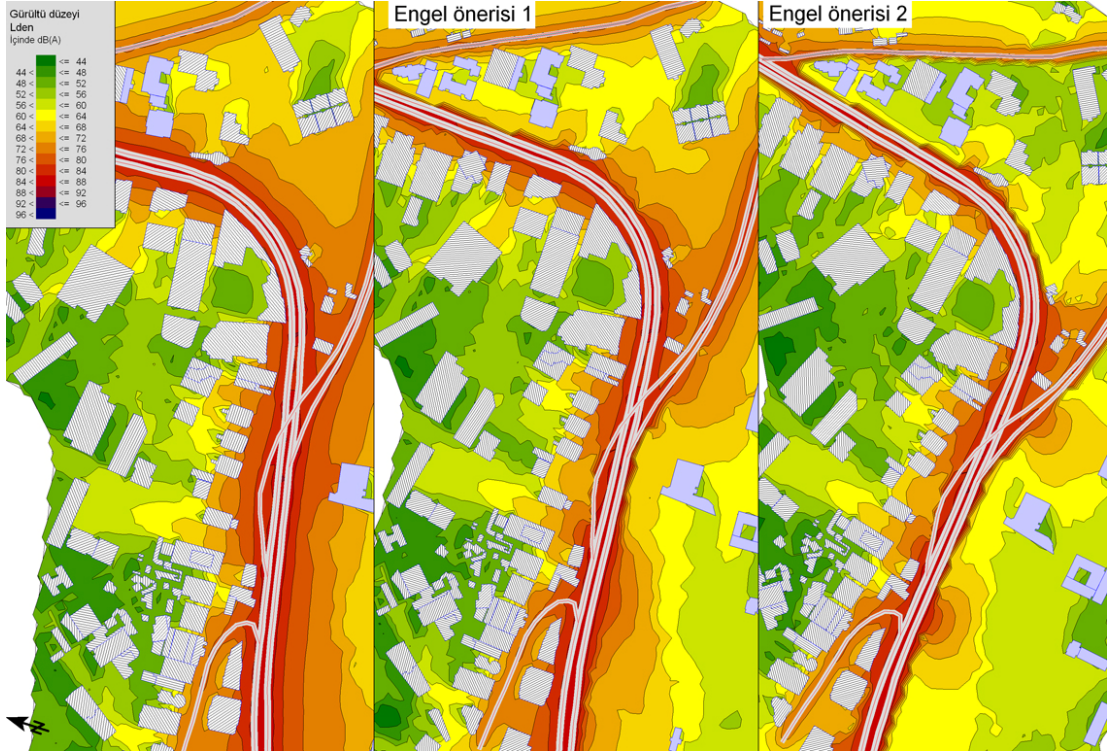


Şekil 5.53 : Bölgede gürültüden rahatsız olan (A) ve yüksek derecede rahatsız olan (HA) kişi sayılarının grafiksel gösterimi

Şekil 5.54 ve Şekil 5.55’te mevcut durum, engel önerisi 1 ve engel önerisi 2’nin gürültü haritalarının karşılaştırılması verilmektedir.



Şekil 5.54 : Levent bölgesinde mevcut durum, engel önerisi 1 ve engel önerisi 2’nin sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 5.55 : Maslak bölgesinde mevcut durum, engel önerisi 1 ve engel önerisi 2'nin sonuçlarının karşılaştırılması

Şekillerde gürültü engellerinin yaya geçişine izin vermek için sürekli olmamasının etkisi açıkça görülmektedir. Levent bölgesinde Metrocity binası önüne yerleştirilen parçalı engellerin etkileri Şekil 5.54'te verilen gürültü haritalarında görülmektedir. Şekil 5.55'te İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak kampüsü öğrenci girişinde, giriş nedeniyle engelde bırakılan boşluğun etkisi açıkça görülmektedir. Engel yerleştirilen bölgelerde, engel arkasında 20 dB'e kadar düşüş yaşanabilirken, engel kesildiğinde mevcut hale dönülmektedir. Yutucu engeller kullanıldığında ise, engellerin kesilmelerinde oluşan etki azalmakta, gürültü azaltımı artmaktadır. Yutucu engel kullanımı gerekliliği özellikle sürekli engel yapılamayan bölgelerde açıkça görülmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, karayolu gürültü haritalaması, teorik olarak incelenmiş ve İstanbul'da Zincirlikuyu Maslak ulaşım aksı üzerinden örneklenmiştir. Öncelikle gürültünün serbest alanda yayılması, karayolu gürültü göstergeleri, karayolu gürültü karakteristikleri ve doz-etki ilişkileri verilmiş, Dünya'da ve Türkiye'de çevresel gürültü üzerine mevzuatlar incelenmiştir. Avrupa Birliği sürecinde yürürlüğe giren, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"ne (2002/49/EC) göre, Haziran 2013'e kadar yılda altı milyondan fazla aracın geçtiği ana kara yollarının ve iki yüz elli binden fazla yerleşik nüfusu olan yerleşim alanlarının gürültü haritaları çıkartılmalıdır. Çalışmanın 4. bölümünde gürültü haritalama prensipleri, Avrupa ve Türkiye'deki gürültü haritalama çalışmaları ve eylem planları üzerinde durulmuştur. 5. bölümde ise İstanbul'da bulunan Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksının karayolu gürültü haritalarının hazırlanma süreci, sonuçları, doğrulama ölçümleri ve çevresel gürültü kontrol önerileri sunulmuştur.

Gerçekleştirilen Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksının karayolu gürültü haritalama süreci sonucunda, İstanbul'un en yoğun karayolu aksını taşıyan bu 4,2 kilometrekarelik bölgede onlarca okul binasının, yüzlerce konut ve ofis binasının, binlerce konut sakininin ve onbinlerce ofis çalışanının "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde gündüz, akşam ve gece saat dilimleri için verilen gürültü sınır değerlerini aştıkları belirlenmiştir. Ortalama olarak bölgede bulunan okul binalarının %65'i, hastanelerin %100'ü, konut binaların %40'ı, konut sakinlerinin %45'i verilen sınır değerlerin üzerinde gürültüye maruz kalmaktadır. Bölgede L_{gag} 'a göre gürültüden rahatsız olan sakin sayısı 5882 adet, yüksek derecede rahatsız olan sakin sayısı ise 2917 olarak tahmin edilmiştir.

Ticaret ağırlıklı bölgeler için olan gündüz zaman dilimi 70 dBA sınır değerini aşan ofis binası yüzdesi, 4 metre yükseklikte ızgaralı gürültü haritası sonucuna göre %34, cephe haritası sonucuna göre %17; ofis çalışanı yüzdesi, 4 metre yükseklikteki ızgaralı gürültü haritası sonucuna göre %32, cephe haritası sonucuna göre %7'dir.

Gerçekleştirilen araştırma, veri toplama, gürültü haritalandırma ve çevresel gürültü kontrol önerileri çalışmalarından aşağıdaki sonuçlar çıkartılmıştır.

- o İstanbul'un en yoğun karayolu trafiğini taşıyan Zincirlikuyu - Maslak ulaşım aksı çevresindeki tüm binalar için gürültü açısından büyük problem oluşturmaktadır.
- o Bölgede karayolu gürültüsü baskın olsa da, sanayi alanları mevcut olduğu için mutlaka stratejik gürültü haritalama çalışması da gerçekleştirilmelidir.
- o Özellikle Avrupa'daki gürültü haritalama çalışmalarından ve bu tez çalışmasından edinilen tecrübelerle bakılarak gürültü haritalamada sağlıklı verilerin elde edilebilmesi için İstanbul'daki bir çok karayolunun elektronik sayımının gerçekleştirilmesi, bina biçimi, cephesi, yüksekliği, kullanımı ve nüfusu bilgilerinin, güncel olarak Coğrafi Bilgi Sistemlerine işlenmesi gerektiği sonucu varılmaktadır. Bu güncel bilgilerin bulunması gürültü haritalama çalışmalarının gerçekleştirilmesinin birinci şartı olmalıdır.
- o Dünya'da bulunan doz-etki araştırmaları Türkiye için de gerçekleştirilmelidir.
- o Çalışan insanların her gün en az 8 saatlerini işyerlerinde geçirdikleri düşünüldüğünde işyerleri için en azından $L_{gündüz}$ verilerinin toplanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği"nde ayrıntılı olarak belirtilmesi gerekmektedir.
- o Ofislerin etkilendiği gürültü için ayrıntılı bir çalışmaya gidilmiş, hem 4 metre yükseklikte ızgaralı, hem de her cephe ve katta cephe gürültü haritası çıkartılmıştır. Bu haritaların sonucunda yüksek katlı binaların bulunduğu alanlarda yönetmeliğin öngördüğü 4 metrelik hesaplama yüksekliğinin yüksek hata payına sahip sonuçlar verdiği bulunmuştur. Bu noktada yönetmeliğin istediği haritaların doğru sonuçlar elde etmek için yeterli olmadığı görülmektedir.
- o Arazi kullanımı planlamasında gürültü tahminlerinin gözönüne alınması zorunludur.
- o Gürültü azaltımı için engel tasarımı ve uygulanması özellikle yapılaşmış bölgelerde oldukça pahalı bir süreçtir. Engel uygulamalarında yutucu yüzeyli engeller, eğik engeller ve tünel tipi uygulamalar büyük yarar sağlayacaktır.
- o Eylem planlama önemli, uzun ve farklı disiplinlerin bir arada çalışmasını gerektiren bir süreçtir. Bölgede eylem planlamaya kaynak ve yayılım yolu

üzerinden devam edilmeli, gerektiği takdirde ise alıcı binalarda yalıtım tedbirleri alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- 2002/49/EC**, 2002. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities.
- Adana Büyükşehir Belediyesi**, 2008. Adana İli Trafik Gürültüsü Eylem Planı, Nisan 2008.
- Aspuru, Segues, Rubio & Vazquez**, 2006. The Process of Strategic Noise Mapping of Spanish Major Roads (EGRA): First Results Already Available, Euromoise 2006, Finland.
- Ataselim, M.**, 2008. Ofis maliyetleri İstanbul'da son 5 yılın rekorunu kırdı, Sabah Gazetesi, 13.03.2008.
- Babisch, W.**, 2006. Transportation noise and cardiovascular risk. WaBoLu-Hefte, 01/06, Umweltbundesamt, Berlin.
- Brüel&Kjær**, 2001. Environmental Noise, Brüel&Kjær Sound & Vibration Measurement A/S.
- Can, A., Leclercq, L., Lelong, J. & Defrance J.**, 2008. Capturing urban traffic noise dynamics through relevant descriptors, Applied Acoustics, Article in Press.
- Cowan, J.P.**, 1993. Handbook of Environmental Acoustics, Wiley-Interscience.
- Crocker, Malcolm J.**, 1998. Handbook of Acoustics, Ed. by Wiley&Sons.
- Çakılçioğlu, M.**, 2004. İstanbul Merkezi İş Alanının Gelişimi/Değişimi, Dünya Şehircilik Günü 28. Kolokyumu, Değişen-Dönüşen Kent ve Bölge, ODTÜ, 8-10 Kasım.
- Çevre ve Orman Bakanlığı**, 2008. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC), Resmi Gazete Tarihi: 07.03.2008 Resmi Gazete Sayısı: 26809.
- DEFRA**, 2005. WG-AEN's Good Practice Guide And The Implications For Acoustic Accuracy: Error Propagation Testing of XPS 31-133, DEFRA Research Project.
- Defrance, J., Barriere, N. & Premat, E.**, 2002. Forest as a meteorological screen for traffic noise. Proc. 9th ICSV, Orlanda.
- ENHIS**, 2007. HIA for children in proximity to traffic noise, European Environment and Health Information System.
- European Commission**, 2003. Commission Recommendation of 6 August 2003 concerning the guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road traffic noise and railway noise and related emission data, Official Journal of the European Union.

- Irmer V., Öncüler B., Saral S. & Yücel H.,** 2007. Noise Mapping in Turkey – Implementation of the Environmental Noise Directive, Proceedings of Internoise 2007; 28-31 August 2007, İstanbul, Turkey.
- ISO 3891,** 1978. Acoustics – Procedure for Describing Noise Heard on the Ground, *International Standard Organization*.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi,** 2008. İzmir Pilot Bölgesi - Trafik Kaynaklı Karayolu Gürültüsü Eylem Plan Taslağı, Nisan 2008.
- Kim, K.S., Park, S.J. & Kweon, Y.J. ,** 2007. Highway traffic noise effects on land price in an urban area, Transportation Research Part D 12, 2007, 275-280.
- Lang, J.,** 2002. Road Traffic Noise-Description of the Calculation Method; Adaptation and Revision of the Interim Noise Computation Methods for the Purpose of Strategic Noise Mapping, AR-INTERIM-CM, Wölfel Meßsysteme.
- Lang, J.,** 2003. Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping, Final Report, EUROPEAN COMMISSION, DG Environment, AR-INTERIM-CM, Wölfel Meßsysteme.
- Langer D.,** 2007. Mapping of Road Traffic Noise in Adana, Turkey, Proceedings of Internoise 2007; 28-31 August 2007, İstanbul, Turkey.
- Larsson, C.,** 1997. Atmospheric Absorption Conditions for Horizontal Sound Propagation, Applied Acoustics, vol 50, no 3, pp 231-245.
- Lim, Y.T., Ko, Y.S.,** 2003. Estimating the value of traffic noise in Bucheon new town. Proc. East. Asia Soc. Transport. Stud. 4, 1495–1505.
- Nelson, P.M.,** 1987. Transportation Noise Reference Book, Butterworth&Co, University Press, Cambridge.
- NMPB-Routes-96,** 1997. Bruit des infrastructures routières – Méthode de calcul incluant les effets météorologiques, CERTU.
- Rettinger, M.,** 1988. Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control, Tab Books.
- Ripoll, A.,** 2005. State of the art of noise mapping in Europe, European Topic Centre Terrestrial Environment, European Environment Agency, 16 August 2005.
- Rossing, T.D.,** 2007. Springer Handbook of Acoustics, Springer Science+Business Media, LLC New York.
- Sabah Gazetesi,** 2007. Trafik 1,5 Milyar Dolar Kaybettirdi, <http://www.sabah.com.tr>, 18.01.2007.
- Schulte-Fortkamp, B., Wellhöfer, A. & Nolle, A.,** 2007. Çevresel Gürültü Direktifinin Türkiye’de Uygulanmasına Yönelik Eğitim İhtiyacı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Silence Project,** 2008. Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans, Recommendations from the SILENCE Project, 2008.

- Templeton, D. & Saunders, D.**, 1987. Acoustic Design, The Arcitectural Press: London.
- TUİK**, 2007. İl ve cinsiyete göre şehir-köy nüfusu ve nüfus yoğunluğu, <http://www.tuik.gov.tr>.
- TS 10713**, 1993. Şehiriçi Yollar - Trafik Gürültüsü Tespit ve Önlemleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS 2214**, 1991. Akustik-Hareket Halindeki Karayolu Taşıtlarının Çıkardığı Gürültünün Ölçülmesi-Kılavuz Metot, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS 9315 ISO 1996-1**, 2005. Akustik – Çevre gürültüsünün tarifi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi - Bölüm 1: Temel büyüklükler ve değerlendirme işlemleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS 9798**, 1992. Akustik – Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2- Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS EN 1793-3**, 2002. Yol Trafik Gürültüsünü Azaltan Sistemler – Akustik Performansın Tayini İçin Deney Metodu – Bölüm 3: Normalleştirilmiş Trafik Gürültü Spektrumu (Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 3: Normalized traffic noise spectrum), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS ISO 1996-2**, 2008. Akustik-Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2- Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS ISO 5130**, 2008. Akustik-Sabit Durumda Çalışan Karayolu Taşıtlarının Çıkardığı Gürültünün Ölçülmesi - Kılavuz Metot, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS ISO 9613-2**, 2006. Akustik – Sesin Dışarıda Yayılırken Azalması – Bölüm 2: Genel Hesaplama Yöntemi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Uras, G.**, 2007. 100 m2 daire İstanbul'da 1.5 milyon, New York'ta 1.1 milyon \$, Milliyet Gazetesi, 05.12.2007.
- Url-1** <<http://ec.europa.eu/environment/noise/greenpap.htm>>, alındığı tarih 05.07.2008.
- Url-2** <<http://noisemapping.defra.gov.uk/cara/wps/portal/noise>>, alındığı tarih 06.12.2008.
- Url-3** <<http://sehirrehberi.ibb.gov.tr>>, alındığı tarih 02.02.2008.
- Url-4** <<http://www.laermkarten.de/filder/index.php4?lang=de>>, alındığı tarih 06.12.2008.
- Url-5** <<http://www.noiserus.com/augsburg/index.php4?lang=en>>, alındığı tarih 06.12.2008.
- Url-6** <<http://www.nonoise.org/lawlib.htm>>, alındığı tarih 11.08.2008.
- Url-7** <<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ei705.htm>>, alındığı tarih 06.12.2008.

- Url-8** <http://www.v1.paris.fr/fr/environnement/bruit/carto_jour_nuit/>, alındığı tarih 06.12.2008.
- Url-9** <[http://envis.praha-mesto.cz/\(tcfaa4454ccaza55camdi155\)/default.aspx?ido=6193&sh=-1037975365](http://envis.praha-mesto.cz/(tcfaa4454ccaza55camdi155)/default.aspx?ido=6193&sh=-1037975365)> , alındığı tarih 06.12.2008.
- Url-10** <<http://www.dublincity.ie/WATERWASTEENVIRONMENT/NOISEMAPSANDACTIONPLANS/Pages/default.aspx>>, alındığı tarih 06.12.2008.
- Url-11** <http://en.wikipedia.org/wiki/Noise_barrier>, alındığı tarih 25.12.2008.
- Url-12** <http://www.cdnarchitect.com/asf/principles_of_enclosure/environmental_mediation/environmental_mediation.htm>, alındığı tarih 25.12.2008.
- Url-13** <http://www.gammasolar.com/solar.asp?page_name=company> , alındığı tarih 06.12.2008.
- Url-14** <<http://www.journalofcommerce.com/article/id23547>>, alındığı tarih 25.12.2008.
- Url-15** <<http://www.durisol.com>>, alındığı tarih 25.12.2008.
- WG2 – Dose/Effect**, 2002. EU’s Future Noise Policy, Position Paper on Dose Response Relationships Between Transportation Noise and Annoyance, European Commission Working Group on Dose and Effect.
- WG-AEN**, 2006. Position Paper, Final Draft, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version 2; European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN); 13th January 2006.
- WG-HSEA**, 2004. Position paper on dose-effect relationships for night time noise, European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects.
- Wiechers G.**, 2007. Mapping of Road Traffic Noise in İzmir, Turkey, Proceedings of Internoise 2007; 28-31 August 2007, İstanbul, Turkey.
- Yılmaz-Demirkale, S. & Aşçıgil, M.**, 2007. Sağlıklı Kentler ve Yapılarla İlgili Türkiye’nin Gürültü Politikası, TESKON 2007, 25-28 Ekim 2007, İzmir.

EKLER

EK A : Trafik akışı verileri

EK A

Çizelge A.1 : Trafik akışı ve hızı verileri

YOL AYRINTILARI	HAFİF/AĞIR AKIŞ/HIZ	GÜNDÜZ (07:00-19:00)	AKŞAM (19:00-23:00)	GECE (23:00-07:00)
Zincirlikuyu – Maslak hattı (Sensor bilgileri)				
Barbaros Bulvarı Sensor ts259 Beşiktaş – Zincirlikuyu yönü Balmumcu – Tat Towers	Hafif akış	1601	1340	409
	Hafif hız	99	108	127
	Ağır akış	80	53	14
	Ağır hız	80	80	80
Barbaros Bulvarı Sensor 259 Zincirlikuyu – Beşiktaş yönü Tat Towers – Balmumcu	Hafif akış	3434	3096	911
	Hafif hız	171	123	32
	Ağır akış	82	78	106
	Ağır hız	50	50	80
Büyükdere Caddesi Sensor ts258 Zincirlikuyu – Levent yönü Tat Towers – Kanyon	Hafif akış	3216	2920	1077
	Hafif hız	44	50	66
	Ağır akış	161	117	38
	Ağır hız	30	30	30
Büyükdere Caddesi Sensor 258 Levent – Zincirlikuyu yönü Kanyon – Tat Towers	Hafif akış	3138	2755	964
	Hafif hız	54	52	72
	Ağır akış	157	110	34
	Ağır hız	30	30	50
Büyükdere Caddesi Sensor 257 Levent – Maslak yönü Kanyon – Mövenpick	Hafif akış	2641	2449	879
	Hafif hız	77	80	100
	Ağır akış	132	98	31
	Ağır hız	50	50	80
Büyükdere Caddesi Sensor 256 Maslak – Levent yönü Mövenpick – Kanyon	Hafif akış	2423	2308	930
	Hafif hız	43	66	100
	Ağır akış	121	92	36
	Ağır hız	30	50	80
Büyükdere Caddesi Sensor 255 Levent – Maslak yönü Mövenpick – TEM	Hafif akış	3466	3014	974
	Hafif hız	74	76	97
	Ağır akış	173	121	34
	Ağır hız	50	50	80
Büyükdere Caddesi Sensor 254 Maslak – Levent yönü TEM – Mövenpick	Hafif akış	3500	2833	843
	Hafif hız	57	67	94
	Ağır akış	175	113	30
	Ağır hız	30	30	80
Büyükdere Caddesi Sensor ts264 Levent – Maslak yönü TEM – İstinye Dönüşü	Hafif akış	3824	3418	929
	Hafif hız	74	78	104
	Ağır akış	191	137	33
	Ağır hız	50	50	80
Büyükdere Caddesi Sensor 264 Maslak – Levent yönü İstinye Dönüşü – TEM	Hafif akış	2282	1713	568
	Hafif hız	59	61	96
	Ağır akış	114	69	20
	Ağır hız	30	30	80
Büyükdere Caddesi Sensor ts265 Maslak – Hacıosman yönü İstinye Dönüşü – Atatürk Sny.	Hafif akış	1498	1043	350
	Hafif hız	64	90	109
	Ağır akış	75	42	12
	Ağır hız	50	80	80
Büyükdere Caddesi Sensor 265 Hacıosman – Maslak yönü Atatürk Sanayi – İstinye Dön.	Hafif akış	2927	2819	804
	Hafif hız	62	65	87
	Ağır akış	146	113	28
	Ağır hız	30	30	50
Ana yollar (Sensor bilgileri)				
D100 Sensor 15	Hafif akış	3757	2818	1261
	Hafif hız	60	74	105

Boğaziçi Köprüsü – Mecidiyeköy	Ağır akış	188	113	44
	Ağır hız	50	50	80
D100 Sensor 16 Çağlayan – Zincirlikuyu	Hafif akış	4016	3124	1281
	Hafif hız	94	74	115
	Ağır akış	201	125	45
	Ağır hız	80	50	80
	Hafif akış	2725	2730	1050
D100 Sensor 79 Mecidiyeköy– Boğaziçi Köprüsü	Hafif hız	75	56	117
	Ağır akış	136	137	37
	Ağır hız	50	30	80
	Hafif akış	1956	1906	541
TEM bağlantısı Sensor 59 Beşiktaş – FSM	Hafif hız	81	80	83
	Ağır akış	98	76	19
	Ağır hız	50	50	50
	Hafif akış	1936	1388	451
TEM bağlantısı Sensor ts59 FSM – Beşiktaş	Hafif hız	72	76	78
	Ağır akış	97	56	16
	Ağır hız	50	50	50
	Hafif akış	3876	3326	831
TEM Sensor 13 Hasdal – FSM	Hafif hız	96	95	118
	Ağır akış	194	133	29
	Ağır hız	80	80	80
	Hafif akış	3706	2771	1089
TEM Sensor 152 FSM – Hasdal	Hafif hız	106	108	117
	Ağır akış	185	111	38
	Ağır hız	80	80	80
	Hafif akış	892	534	120
Ana yollar (Sayım sonuçları)				
Barbaros Bulvarı Kavşağı	Hafif hız	80	60	80
	Ağır akış	28	12	8
Barbaros Bulvarı – Boğaziçi Köprüsü	Ağır hız	50	50	50
	Hafif akış	1024	1551	225
Barbaros Bulvarı Girişi	Hafif hız	80	80	80
	Ağır akış	43	66	12
Barbaros Bulvarı – D100 Mecidiyeköy	Ağır hız	50	50	50
	Hafif akış	1870	1203	490
Barbaros Bulvarı Kavşağı	Hafif hız	80	80	80
	Ağır akış	103	57	74
Büyükdere Caddesi – D100 Mecidiyeköy	Ağır hız	50	50	50
	Hafif akış	2944	612	840
Barbaros Bulvarı Kavşağı	Hafif hız	50	50	80
	Ağır akış	108	36	76
D100 Mecidiyeköy – Büyükdere Caddesi	Ağır hız	30	30	50
	Hafif akış	1197	1278	453
Şişli Büyükdere Caddesi	Hafif hız	50	50	80
	Ağır akış	62	39	33
Mecidiyeköy – Zincirlikuyu yönü	Ağır hız	30	30	50
	Hafif akış	1806	1002	445
Şişli Büyükdere Caddesi	Hafif hız	50	50	80
	Ağır akış	86	36	20
Zincirlikuyu – Mecidiyeköy yönü	Ağır hız	30	30	50
	Hafif akış	2160	1683	480
Aytar Caddesi	Hafif hız	50	50	80
	Ağır akış	78	36	14
Büyükdere Caddesi – Etiler	Ağır hız	30	30	50
	Hafif akış	1908	369	124
Nispetiye Caddesi	Hafif hız	50	50	50
	Ağır akış	182	53	10
Etiler – Büyükdere Caddesi				

	Ağır hız	30	30	30
Nispetiye Caddesi	Hafif akış	1192	231	75
Zincirlikuyu'dan giriş	Hafif hız	50	50	50
	Ağır akış	114	33	6
	Ağır hız	30	30	30
Nispetiye Caddesi	Hafif akış	3100	600	194
Zincirlikuyu'ya giriş	Hafif hız	50	50	50
	Ağır akış	296	86	16
	Ağır hız	30	30	30
Levent Caddesi	Hafif akış	733	357	65
Levent Mahallesi –Büyükdere Caddesi	Hafif hız	50	50	50
	Ağır akış	56	18	3
	Ağır hız	30	30	30
Akarsu Caddesi ve İnönü Caddesi	Hafif akış	1013	504	89
	Hafif hız	50	50	50
	Ağır akış	112	52	8
	Ağır hız	30	30	30
Org. İzzettin Aksular Caddesi ve Akçam Sokak	Hafif akış	879	423	95
	Hafif hız	50	50	50
	Ağır akış	82	24	9
	Ağır hız	30	30	30
Sultan Selim Caddesi	Hafif akış	1923	927	290
Büyükdere Caddesi – Sanayi Mahallesi	Hafif hız	50	50	50
	Ağır akış	209	78	27
	Ağır hız	30	30	30
Maslak Ayazağa Köyü Yolu	Hafif akış	970	429	86
	Hafif hız	50	50	50
Maslak (Park Plaza) – Büyükdere Caddesi	Ağır akış	35	15	5
	Ağır hız	30	30	30
İstinye Bayırı Caddesi	Hafif akış	1207	591	140
Çift yön	Hafif hız	80	80	80
	Ağır akış	70	30	15
	Ağır hız	50	50	50
İTÜ Kavşağı Bağlantı Yolu	Hafif akış	1005	411	67
Çift yön	Hafif hız	80	80	80
	Ağır akış	61	31	2
	Ağır hız	50	50	50
Kazım Karabekir Caddesi	Hafif akış	843	402	123
	Hafif hız	80	50	80
Maslak (Nurol Plaza) – Büyükdere Caddesi	Ağır akış	28	10	11
	Ağır hız	50	30	50

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Mine Aşcigil
Doğum Yeri ve Tarihi: 19.08.1983 Fatih
Adres: Dr. Şakir Paşa Sok. No:15 Kadıköy 34710 İST.
Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

- Yılmaz-Demirkale S., **Ascigil M.**, Ateş E.G., 2009: A study on the computer aided acoustic analysis of Basilica Cistern, a cultural heritage in Istanbul, *Proceedings of 4th International Building Physics Conference*, 15-19 June 2009, Istanbul, Turkey. (Bildiri kabulü)
- **Ascigil M.**, Yılmaz-Demirkale S., 2008: Karayolu Gürültü Haritalarının Hazırlanması Üzerine bir Çalışma, İstanbul Büyükdere Caddesi Örneği, 8. *Ulusal Akustik Kongresi*, 27-28 Kasım 2008, Antalya.
- Yılmaz-Demirkale S., Beşiktepe-Karaman D., **Ascigil M.**, 2008: İnşaat Sektöründe Şantiye Gürültüsünün Değerlendirilmesi: Bir Konut Şantiyesi Örneği, 8. *Ulusal Akustik Kongresi*, 27-28 Kasım 2008, Antalya.
- Yılmaz-Demirkale S., Gürel N., **Ascigil M.**, 2008: İlköğretim Okullarının Akustik Performansının Değerlendirilmesi, İstanbul'da bir İlköğretim Okulu Örneği, 8. *Ulusal Akustik Kongresi*, 27-28 Kasım 2008, Antalya.
- Yılmaz-Demirkale S., **Ascigil M.**, 2008: Avrupa Birliği Sürecinde Türkiye'nin Gürültü Politikası, V. Yapıda Yeni Ürünler Fuarı, 13-16 Mart 2008, İstanbul.
- Yılmaz-Demirkale S., **Ascigil M.**, 2007: Sağlıklı Kentler ve Yapılarla İlgili Türkiye'nin Gürültü Politikası, TESKON 2007, 25-28 Ekim 2007, İzmir.
- Tamer-Bayazıt N., **Ascigil M.**, 2007: Sağlıklı ve Yaşanabilir Çevreler için Akustiğin Önemi, TESKON 2007, 25-28 Ekim 2007, İzmir.
- Yılmaz-Demirkale S., **Ascigil M.**, Akcadag M., 2007: Acoustical Project of Zorlu Plaza Conference Hall in İstanbul. *Proceedings of Inter-Noise 2007*, 28-31 August 2007, Istanbul, Turkey.