

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Zaman ve uzaklık kavramlarının büyük önem taşıdığı 20. yüzyılda, ulaşım en fazla gelişme gösteren bir sektör olarak, gerek yolcu, gerekse yük taşımada büyük rol oynamaktadır. Ulaşım gürültüsü kapsamına giren karayolu gürültüsü, teknolojiye koşut olarak gelişen kara taşımacılığı ile kendini hissettirmiştir ve sonuç olarak, teknolojinin ilerlemesi de beraberinde gürültü kirliliğini getirmiştir. Gürültü kirliliği, bertaraf edilmesi gereken problemlerden biri olarak son yıllarda insan hayatına girmiştir. Gürültü kirliliğine zemin oluşturan faktörler arasında; sanayileşme, plansız kentleşme, hızlı nüfus artışı, bu konuda yeterli eğitimin verilememesi ve ekonomik yetersizlikler vb. konular sayılabilir.

Ulaşım gürültüsü veya diğer bir deyişle trafik gürültüsü; gerçekte havayolu, karayolu ve demiryolu trafiği gürültüsünü kapsamına almaktadır. Çeşitli ülkelerde yapılan araştırmalar bir yerleşim yerinde en önemli, en yaygın ve en çok sayıda kişiyi etkileyen gürültü kaynağının, trafik gürültüsü olduğunu ortaya koymuştur.(1)

Gerçekte çok çeşitli görünümleri olan yol trafiği gürültüsü sorunu, yol planlama ve ulaşım mühendisliği alanlarında önemli bir konu oluşturmakta ve özellikle şehircilik ve bina yapımı uğraş alanlarında, gürültünün doğurduğu rahatsızlık tasarlayıcının göz önünde tutması gereken birçok faktörlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kuşkusuz önlem çalışmasından önce ; gürültü kirliliğinin düzeyleri, yayılma alanı, etkilediği kişilerin sayısı gibi araştırma konularının doğru biçimde saptanması gerekir. Bu çalışmalar tamamlandıktan sonra sorunun çözümünü gerçekleştirecek önlemler; sistemin elemanları olan kaynak ve ortamda alınabilmektedir. Bunlar; taşıtın yapısında üretim sırasında alınabilecek önlemler ve trafik akımı ile yola ilişkin parametrelerde alınacak stratejik kararlar olabildiği gibi , özellikle yeni gelişmekte olan bölgeler ve varolan yerleşmelerde şehirselleşme ve mimarlık açılarından önemli olan çevresel önlemler olarak özetlenebilir. Yeni gelişmeler için “Trafik gürültüsünden etkilenebilecek alanların çok gerekli olmadıkça yerleşme amaçları için kullanılmamaları” genel kuralı uygulanmalıdır.

Son yıllarda gürültüye duyarlı alanlarda yapılan engellerle kontrol çevre korunmasının en olağan çözümü olmuştur. Yol kenarında uzanan gürültü perdelerinin yanısıra , değişik türlerde engeller oluşturulabilmektedir (2,3,4,5).

Yeni Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Avrupa Birliğine giriş sürecinde mevzuat uyumu kapsamında EU Directive/49'a uygun olarak düzenlenmiş ve gürültü haritası hazırlama zorunluluğu getirmiştir (6,7).

Bu çalışmanın amacı, çevre gürültü kirliliğinin incelenmesi, bir yerleşim alanında gürültü haritalarının hazırlanmasına bir örnek oluşturmak ve kentsel alanlarda gürültü kontrolünün tasarım yoluyla çözümüne ilişkin bir uygulama yapmaktır.

BÖLÜM 2

GÜRÜLTÜ TANIMLARI, KAYNAKLARI, İNSANLAR ÜZERİNDEKİ OLUMSUZ ETKİLERİ VE KONTROL ALTINA ALINMASI

Bu bölümde; gürültü tanımları yapılmış, gürültüye neden olan çevresel kaynaklar belirlenmiş, gürültünün insanlar üzerindeki olumsuz etkileri incelenmiş, trafik gürültüsü ayrıntılarıyla ele alınmış, ölçüm yöntemlerinin neler olduğu açıklanmış ve gürültü ölçüm birimleri verilmiştir. Ayrıca gürültü kontrolüyle ilgili neler yapılabileceği ve Avrupa Birliği mevzuatında yer alan gürültü kontrolleri açıklanmıştır.

2.1-Gürültünün Fiziksel Tanımları

Ses: Titreşim yapan bir kaynağın, hava basıncında yaptığı dalgalanmalar ile oluşan ve insanda işitme duygusunu uyaran fiziksel bir olaydır.

Gürültü: Gelişigüzel bir yapısı olan, subjektif olarak istenmeyen ses olarak tanımlanan ses spektrumudur. Akustik açıdan gelişigüzel bir dalga biçimine ve birbiriyle harmonik ilişkisi olmayan birden çok frekans bileşenine sahip, yüksek basınçlı ve basıncı zaman içinde değişebilen, ani veya sürekli karmaşık sesler topluluğuna gürültü adı verilir.

Ses Gücü, W : Birim zaman başına bir gürültü kaynağının yaydığı ve havayla taşınan ses enerjisidir. Birimi Wattır.

Ses Güç Seviyesi, L_w : İncelenilen ses kaynağının yaydığı ses gücünün, referans ses gücüne oranının 10 tabanlı logaritmasının on katıdır. Birimi desibeldir.

A-ağırlıklı ses güç seviyesi; L_{wA} olarak gösterilir.

Frekans ağırlığı veya kullanılan frekans bantının genişliği gösterilmelidir. Referans ses gücü 1 pW (10^{-12} W)'dir.

Ses Basıncı: Ses yayılması sırasında değişen atmosferik basıncın denge basıncına göre farkıdır. Birimi Newton/m² (Pascal) dır.(1N/m²=1Pa=1μbar)

Ses Basınç Düzeyi veya Gürültü Düzeyi: Ses yayılması sırasında değişen atmosferik basıncın denge basıncına göre farkıdır. 0.00002 Newton/m²'lik standart referans ses basınç düzeyine oranlanan ses basınç düzeyinin birimi desibel (dB) dir.

Desibel: Verilmiş bir ses şiddetinin kendisinden 10 kat az diğer bir ses şiddetine oranının 10 tabanına göre logaritmasına eşit ses şiddetine Bel; bunun 1/10'una da desibel denir.

$$\text{Ses Basınç Düzeyi, } L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 = 20 \log \frac{P}{P_0} \dots\dots\dots(2.1.1)$$

tarzında tanımlanır.

Burada :

L_p = Ses Basınç Düzeyi (dB)

p = Ses Basıncı (N/m²)

p_0 = Referans Ses Basıncı *

Frekans: Titreşim yapan bir sistemde bir saniyedeki titreşim sayısıdır. Titreşim sayısı olan frekansın birimi Hertz'dir. Ses frekansı bir sesin tizliğini veya pesliğini belirtir.

Frekans Spektrumu: Gürültü içinde mevcut bulunan farklı frekanslara sahip ses dalgalarına ilişkin ses basınç düzeylerinin analiz edilmesi sonucunda ortaya konulan grafiklerdir.

dB A: İnsan kulağının en çok duyarlı olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir **ses basıncı** birimidir. Gürültü azaltılması veya kontrolünde çok kullanılan dB A birimi, ses yüksekliğinin subjektif değerlendirilmesi ile de ilişkilidir. Gürültü denetimi çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan A-ağırlıklı ses düzeyleri, duyma sisteminin düşük yeğnlikteki seslere karşı davranışını temel almaktadır.

Darbe Gürültüsü: İki kütlelin birbirine çarpması ve sürtünmesi ile ortaya çıkan ve kütleler içinde yayılma yoluyla havaya iletilen gürültüdür.

Eşdeğer Gürültü Düzeyi (Leq): Verilmiş bir süre içinde süreklilik gösteren ses enerjisinin veya ses basınçlarının ölçüm süresi içindeki ortalama değerlerini veren dB A biriminde bir gürültü ölçөгüdür. Simgesi Leq olup aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (1).

$$Leq = 10 \log \frac{1}{10} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}, dBA \dots\dots\dots(2.1.2.)$$

n : Gürültü Sayısı

L_i : Gürültü Düzeyleri, dB A

*TS 187'e göre 2×10^{-5} N/m²'dir.

L_{gündüz} (Gündüz gürültü göstergesi): A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın gündüz sürelerinin tamamına göre belirlenir. Gündüz saatleri 07:00-19:00 arasını kapsar.

L akşam (Akşam gürültü göstergesi): A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın akşam sürelerinin tamamına göre belirlenir. Akşam saatleri 19:00-23:00 arasını kapsar.

L gece (Gece gürültü göstergesi): A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, yılın gece sürelerinin tamamına göre belirlenir. Gece saatleri 23:00-07:00 arasını kapsar.

L gag (Gündüz, akşam, gece gürültü göstergesi): A ağırlıklı uzun dönem ses düzeyi ortalaması olup, rahatsızlık günlük rahatsızlık düzeyini ifade eder, EU Directive 2002/49/EC'de L_{den} olarak ifade edilmiştir (6).

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left\{ 12 * 10^{L_{gündüz}/10} + 4 * 10^{(5+L_{akşam})/10} + 8 * 10^{(10+L_{gece})/10} \right\} \text{ dB(A)}$$

L_{gündüz}: 07.00-19.00 saatleri arasındaki L_{Aeq} düzeyi

L_{akşam} : 19.00-23.00 saatleri arasındaki L_{Aeq} düzeyi

L_{gece} : 23.00-07.00 saatleri arasındaki L_{Aeq} düzeyi

2.2-Gürültü Kaynakları

Çevresel gürültü kaynakları, kaynak ve alıcıların çevresel konumlarına ve yayılma yollarına bağlı olarak iki gruba ayrılabilir;

- Yapı dışı çevre gürültüleri;
 - Ulaşım (karayolu, demir yolu, hava yolu) gürültüleri
 - Endüstri (makine, motor, imalat) gürültüleri
 - Yapım (şantiye) gürültüleri
 - Rekreasyon gürültüsü (spor alanları, çocuk bahçeleri)
- Yapı içi çevre gürültüleri;
 - Yüksek konuşma ve müzik sesleri
 - Ev araçları gürültüleri
 - Ayak sesi, eşya çekme, sürtünme, diğer darbeler
 - Mekanik sistem gürültüleri(havalandırma, asansör vb.) (19).

Çeşitli ses ve gürültü kaynaklarının gürültü seviyeleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1- Çeşitli ses ve gürültü kaynaklarının gürültü seviyeleri (11).

Kaynak	Gürültü düzeyi (dBA)
Fısıltı	30
Normal konuşma	70
Bağırarak konuşma	90
Kamyon kornası	110
Senfoni orkestrası	130
Dört jet motorlu uçak	167

2.2.1 –Ulaşım Gürültüsü

Kent yerleşim alanlarındaki çevresel gürültünün önemli bir kısmı motorlu araç trafiğinden kaynaklanmaktadır. Taşıtlar düzeyinde incelendiğinde, gürültü üretimi dört farklı bölümden oluşmaktadır. Bunlar; taşıtların motorları, egzozları, kornalar ve lastik ile yol ara yüzüdür. Ulaşımın tümü düşünüldüğünde taşıtların aerodinamik gürültüleri etkili olmakta ve toplam gürültü düzeyleri; trafiğin hacmi, araçların tipi ve yol kaplamasının özelliğine göre değişmektedir (8). Küçük araçlardan kaynaklanan gürültünün önemli bir kısmı yol-lastik ara yüzünde oluşurken, büyük araçlarda daha çok egzoz gürültüsü öne çıkmaktadır (25). Şekil 1’de İstanbul’da yapılan alan çalışmaları sonucunda elde edilmiş gürültü düzeyleri ve hoşnutsuzluk ilişkisi verilmiştir.

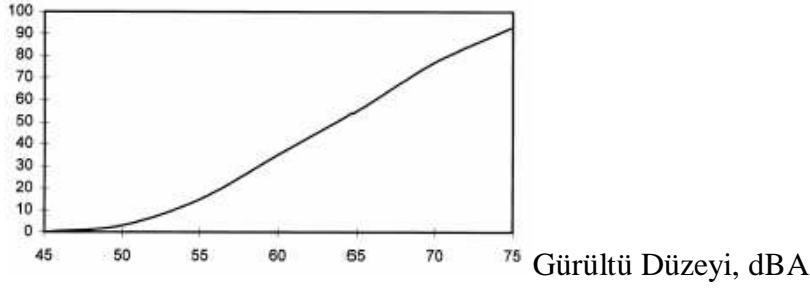
Şekil 1- “İstanbulda yapılan alan çalışmaları sonucunda elde edilmiş gürültü düzeyleri ve hoşnutsuzluk ilişkisi (11).

Şekil 2’de bir kentsel yerleşim alanında 24 saatlik periyotta oluşan trafiğin günlük trafikteki yüzdesinin tipik dağılımı verilmektedir. Görüldüğü gibi günlük trafik akışı içinde sabah 8.00-10.00, öğle 12.00-14.00 ve akşam 16.00-18.00 saatleri arasındaki 6 saatte oluşan trafik yoğunluğu günlük toplam trafik yoğunluğunun yaklaşık %44’ünü oluşturmaktadır.

Şekil 2a ve b- İstanbulda bina dışı çevresel gürültü kaynaklarından ve trafik gürültüsünden olan hoşnutsuzluk puanları ve cevaplayan kişi yüzdeleri(51).

Şekil 3’de ise trafik gürültüsü seviyeleri ve karşılıklı görüşme sonucunda bundan rahatsızlık duyduğunu ifade eden kişiler arasındaki ilişki verilmektedir. Trafik gürültüsü 65 dBA iken insanların yaklaşık %50’si bundan çok rahatsız olduklarını belirtirken 75 dBA’lık gürültüde %90 gibi büyük bir oranda rahatsızlık duyulmaktadır.

%(kişi)



Şekil 3- Açık havadaki trafik gürültüsü seviyeleri ve karşılıklı görüşme sonucundan bundan rahatsızlık duyduğunu ifade eden kişiler arasındaki ilişki (26).

Tablo 2’de ise İstanbul Esenkent’te yapılan bir anket sonucuna göre ulaşım gürültüsünden rahatsızlık duyanların yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 2-Esenkent’te ulaşım gürültüsünden rahatsızlık duyanların yüzdeleri (10).

Ölçme noktası	Anket sayısı	Ulaşım gürültüsünde rahatsız olanlar %	Diğer gürültü kaynakları içinde en fazla ulaşımdan rahatsız olanlar %	İkinci derecede olanlar
1	106	64.2	52.8	11.3
2	107	48.6	45.8	2.8
3	226	27.4	21.7	5.3

Şekil 4a ve b-Trafik gürültüsünden pencerenin açık ve kapalı durumlarında eylemlerin etkilenmesi (Esenkent I-II)(10).

Karayolu ulaşım gürültüleri konusundaki çalışmalar 1970'lerde başlamış olup halen tüm dünyada sürmektedir. Konu ile ilgili bazı örnekler aşağıda verimiştir;

“Zannin (2002), Brezilya'da Curitiba kentinde belirlenen 1000 noktada (yerleşim alanı, şehir merkezi, endüstriyel alan, karışık alanlar, iş merkezleri) L_{eq} , 2 saatlik ölçümlerini gerçekleştirerek bölgenin gürültü kirliliğini değerlendirmiştir. Onuu (2000), Nijerya'da 8 farklı şehir'de belirlenen 60 dan fazla noktada gerçekleştirdikleri L_{eq} ve L_{max} seviyelerini değerlendirmiştir. Li ve diğerleri (2002), CBS destekli yol trafik gürültüsü tahmin modeli gerçekleştirmiştir. Model, yerel çevresel standartlar, araç tipleri ve trafik şartlarını üzerine kurulmuştur. CBS destekli model ile Çin kentlerinde oluşacak kentsel trafik gürültüsü tahmin edilerek değerlendirilebilecektir. Gaja ve diğerleri (2003), İspanya'nın Valencia kentinde 5 yıldır sürekli gerçekleştirilen gürültü ölçümlerini özetlemiştir. Ali ve Tamura (2003) Mısır'ın Greater Cairo kentinde farklı genişlikte, farklı yoğunlukta ve farklı hızda araçların geçtiği 21 noktada eşdeğer gürültü seviyelerini ölçmüşlerdir. Bu noktalarda, öncelikle korna yasağı, ardından korna ve kamyon geçiş yasağı ve son olarak korna, kamyon geçiş yasağı ve gürültülü otobüs yasağı uygulamalarından sonra eşdeğer gürültü seviyelerini ölçerek bu tedbirlerin etkisini değerlendirmişlerdir. İsveç'de yol kenarında bulunan ve gürültüye maruz kalan evlerin fiyatlarının gürültü kirliliğinden dolayı %30 değer kaybettikleri belirlenmiştir (Wilhelmsson, 2000).” (27).

Ülkemizde yapılan çalışmalar ise, Kurra ve Ünal (1985) örnek yerleşim yeri olarak seçilen Yeşilköy ve hava alanı uçuş pistinin tam uzantısı üzerinde yer alan

Sefaköy 'de uçak gürültüsü, Feneryolu ve Suadiye'de demiryolu gürültüsü ve İstanbul –Ankara karayolunun Kartal kesiminde oldukça düzgün bir yapılaşma bölgesi olan Esenkent'te trafik gürültüsü ve 4. Levent Oto sanayi sitesinde ise endüstri gürültüsü ölçümleri yapmışlardır. Ayrıca Kurra ve diğerleri (1981) tarafından kentteki ana cadde ve yolların belirli kesimleri olan Barbaros Buvarı (Balmumcu kesimi), Mecidiyeköy (çevreyolu yakını), Halaskargazi cad. (Şişli-Osmanbey kesimi), Londra Asfaltı (Merter), Millet Cad., Aksaray Atatürk Bulvarı, Bağdat Caddesi (Göztepe kesimi), İncirli caddesi (Bakırköy) ve az gürültülü bölgeler olan Ataköy (2. kısım) ve Haseki (bir yan sokak)'de trafik gürültüsü ölçümleri yapılmıştır (9a).

1982 yılından itibaren Prof. Dr. Selma Kurra yürütücülüğünde çeşitli araştırma projeleri kapsamında yapılan ve gün saatleri (07:00-19:00) veya 24 saatlik uzun süreli ölçümlerin örnek bölgelere ait gürültü düzeyleri sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3-İstanbul'da çevre gürültüsü ölçümü ve analizleri sonuçları

Bölge/alan	Leq (07:00-19:00), dBA	Anket sonuçları: Hoşnutsuzluk dereceleri
Ölçüm bilgileri		
Londra Asfaltı Merter	67.7	88.9
Mecidiyeköy	80.0 (82.4)	100.0
Barbaros bulvarı	76.2 (79.2)	84.7
Bağdat Caddesi	69.8	64.0
Millet caddesi	75.1	78.8
Atatürk Bulvarı	73.2	65.2
Halaskargazi Caddesi	75.4	51.4
Ataköy Caddesi	63.0	61.5
Haseki (ara sokaklar)	68.0	70.0
İncirli caddesi	73.8	72.0
Ankara Asfaltı 1. kesim	71.6	64.2
Ankara Asfaltı 2. Kesim	61.5	48.6
Londra Asfaltı Merter	67.7	88.9
Yenilevent (TEM bağlantısı yakını) 1	78 Leq (24 saat)= 76.1	%90.3
Yenilevent (TEM bağlantısı yakını) 2	73 Leq (24 saat)= 69.5	%100
Yenilevent (TEM bağlantısı yakını) 3	61 Leq (24 saat)= 56.1	%54
Maçka meydanı	75.1 Leq (24h) = 71.9 Leq (max)= 88.2 Leq (gece)= 57.8	-

Esenkent 1 (eski E5- Ankara yolu üzeri)	74.6	-
Esenkent 2 (eski E5- Ankara yolu üzeri)	63.9	-
Esenkent 3 (eski E5- Ankara yolu üzeri)	56.5	-
Uçak gürültüsü ölçümleri		
Bölge/alan	Leq (07:00-19:00), dBA	Anket sonuçları:
Ölçüm bilgileri (Temmuz ve ağustos ayları)	LAX (maksimum düzey), dBA (farklı uçaklar)	Hoşnutsuzluk yüzdeleri
Yeşilköy (İniş hattı) 1,2, 3 bölge ortalaması	93.2 91-98	%81
Florya Şenlökköy (İniş hattı)	85 78-92	%69
Florya (İniş hattı)	93.3 79-99.4	%78
Sefaköy 1 (Kalkış hattı)	95 110.1 100.3 107	%98 %88.2
Sefaköy 2 (Kalkış hattı)	102.2	%100
Sefaköy 3 (Kalkış hattı)	110.7	
Demiryolu gürültüsü ölçümleri		
Bölge/alan	Leq (07:00-19:00), dBA	Anket sonuçları:
Ölçüm bilgileri:	LAX (maksimum düzey), dBA (Farklı tren tipleri için)	Hoşnutsuzluk dereceleri
Küçükyalı	58 83-87	-
Göztepe	61 79-81	-
Ataköy	65 73-89	-
Yenimahalle	56 77-82	-
Feneryolu 1	74.9 77.5-98	-
Feneryolu 2	66.4 73-84	-
Feneryolu 3	79.8 83-98.5	-
Suadiye 1	74.1 82-85	-

Suadiye 2	65.8 63-100	-
Suadiye 3	71.8 78-86	-

Çevresel Gürültünün Değerlendirmesi ve Yönetimi Yönetmeliğine göre kent içinde kabul edilen kabul edilen limit değerleri:

Leq (gündüz: 07:00-19:00) = 65 dBA

Leq (akşam: 19:00-22:00)= 55 dBA

Leq (gece: 22:00-07:00)= 50 dBA

Trafik gürültüsü ölçümleri: Ölçümler ISO 1996 ya göre yollara en yakın binaların dış cephelerinin 1.5 m uzağında yapılmıştır.

2.2.1.1 Karayolu Taşıtlarında İkincil Gürültü Kaynakları

Karayolu taşıtlarında gürültü oluşturan ikincil kaynaklar aşağıda sıralanmıştır;

- Tekerlek-Yol yüzeyi arasında sürtünmeden doğan gürültü
- Motorun içten yanma ve mekanik gürültüsü
- Egsozdan gaz çıkışı sırasındaki gürültü,
- Motora hava emiş gürültüsü,
- Aerodinamik gürültüsü (Havayı hızla yarararak ilerleme sırasında).

Bu konular, daha çok taşıt üreticileri/ tasarımcılarının kontrolündedir. Aşağıda bu ikincil kaynakların katkılarını da içeren ulaşım gürültüleri açıklanacaktır.

2.2.1.2 Ulaşım Gürültüsünü Etkileyen Faktörler

Otoyol gürültüsünü etkileyen fiziksel faktörler şunlardır;

1-Yol ekseninden itibaren mesafe: Yol ekseninden uzaklaştıkça gürültü miktarında azalma meydana gelmektedir. Örneğin çevresindeki arazi ile aynı seviyede ve 96 km/h hızlı 6000 taşıt /şerit-h kapasiteli bir yolda mesafeye bağlı olarak değişim aşağıdaki şekilde olmaktadır (49):

30.5 m 76 dBA

61.0m 71 dBA

152.0 m 62 dBA

Gürültüyü etkileyen faktörlerin başında yer alan yol ile alıcı arasındaki uzaklık tabii ki gürültünün hissedilebilirliği ve etkilerinin az ya da çok olması açısından etkilidir. Önemli ölçüde gürültü azalması sağlamak amacıyla yol ile alıcı arasındaki uzaklığın 30-40 m olması öngörülmektedir. Genel olarak da yol ile alıcı arasındaki mesafenin 2

kat arttırılmasının gürültü düzeyinde uzaklığa bağlı olarak 3 dBA azalma sağlayacağını söyleyebiliriz (28).

2-Taşıt Tipleri:Gürültü emisyonu açısından taşıtların 3 grupta toplanması mümkündür, bu gruplara giren taşıtlar birbirine yakın gürültü oluşturmaktadırlar.

Nelson, trafik gürültüsünü saptamak için geliştirdiği bilgisayar modeline, 6 taşıt grubu kullanmış ancak daha sonra, uygulama kolaylığı açısından yalnızca aşağıda verilen üç grup kullanıldığında hesaplamalarda büyük farklılıklar görülmediğini belirtmiştir;

a)Hafif taşıtlar:Otomobiller, Kamyonetler ve ağırlığı 3000 kg'dan az veya eşit 2 akslı ticari taşıtlar

b)Orta taşıtlar: Boş ağırlığı 3000 kg'dan fazla olan taşıtlar ve otobüsler,

c) Ağır Taşıtlar: 3 veya daha fazla akslı tüm ticari araçlar (13).

Taşıtların dış gürültü limitleri: Belirli tür taşıtların üretebilecekleri en yüksek dış gürültü düzeyleri; taşıt toplam ağırlığı,motor gücü, hız ve ivme koşulları, silindir hacmi,yolcu sayısı gibi faktörlere bağlı olarak değişmekte ve her ülkenin verdiği değerler farklı olabilmektedir.Taşıtların grupları için ülkelerin belirlediği sınır değerler şu aralıktadır:

- Hafif taşıtlar, 70-88 dB(A)
- Otobüsler; 74-93 dB(A)
- Kamyonlar, 75-92 dB(A)
- Motosikletler, 70-90 dB(A)
- Tarım araçları, 84-93 dB(A)

3-Trafik koşulları: Bir trafik akımında taşıt hareketine ilişkin parametrelerin gürültüyü etkileme özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

a) Akım cinsi :Trafik gürültüsü serbest veya serbest olmayan akım koşullarına bağlıdır. Serbest trafik akımı , uzun süre ve mesafede sürekli bir sabit hız ve hacme sahip olan bir akım olarak tanımlanır. Kesikli olmayan bu akım türünü değerlendirmek ve kent dışı trafik koşullarına ilişkin deneysel araştırmalarda simülize etmek nispeten kolay olmaktadır.Serbest olmayan trafiğe genellikle bir veya daha çok kavşağın bulunduğu kent yollarında rastlanmaktadır (8).

Serbest olmayan akımda sinyal sistemleri nedeniyle hız ve yoğunluktaki değişimlere de bağlı olarak değerlendirmede değişkenler arttığı için oldukça karmaşık bir yapı vardır.

b) Trafik hacmi: Bir trafik akımındaki taşıt sayısı, ulaşımdan doğan toplam gürültü yayılımını etkileyen temel faktörlerden birisidir. Trafik çizgisi , yol üzerinde gelişigüzel dağılmış ve akustik olarak farklı güçlere sahip nokta kaynak dizilerinden oluşan bir çizgi olarak kabul edildiğinden toplam akustik enerji taşıt sayısı ile doğrudan orantılıdır.

Özetlenecek olursa; gürültü düzeyleri belli trafik hacimlerine bağlı olarak artmaktadır. Hacimdeki bu artış yığılımlı gürültü düzeyi/zaman dağılımını daha dikleştirecek şekilde gürültü düzeyinde bir azalım izler (16).

Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere eşdeğer gürültü düzeyi(Leq) taşıt/gün değerinin iki katına çıkması ile 1 dBA kadar artış göstermektedir.

Şekil 5-Trafik akımının fonksiyonu olarak Leq değeri(14).

c) Ortalama trafik hızı: Gürültü üretiminde trafik akımının ortalama hızının etkisi, trafik gürültüsü kontrolünde oldukça önemli bir yer tutar. Genel olarak bir trafik akımının ortalama hızındaki bir azalma, gürültü düzeyinde de bir azalmaya neden olmaktadır. Ancak taşıt hızına bağlı gürültü oluşumu , düşük hızlarda taşıtın kısmî gürültü kaynaklarına bağlı olan çok sayıda değişkeni içerdiğinden oldukça karmaşıktır. Değişik tip taşıtların hızı ile gürültü artışı 10-15 dB(A) kadar değişebilmektedir.

Bir trafik akımındaki ortalama taşıt hızının etkisi konusundaki bir çalışma, trafik kompozisyonu, akım türü, sürücü davranışı gibi faktörlerin de incelenmesini gerektiri (8).

Gürültünün alıcıda rahatsızlık düzeyini etkileyen önemli faktörlerden biri olan taşıt hızı arttıkça, sebep olduğu gürültü de artmaktadır. Yaklaşık olarak çevresindeki arazi ile aynı kotta olan bir yoldan 30,5 m mesafede 32 km/h hızla seyreden bir araç 50 dBA gürültü yaratırken, 64 km/h hıza sahip bir araç 58 dBA gürültü yaratmaktadır (8).

Bu konuda pek çok araştırma yapılmıştır, bulunan sonuçlar bir miktar farklılık göstermekle birlikte hızın iki kat artması halinde Leq değeri yaklaşık 6 dB(A) artmaktadır

d)Trafik Kompozisyonu: Bir trafik akamındaki değişik tipteki taşıtların karışımı, trafik kompozisyonu olarak tanımlanır ve toplam akım içinde ağır taşıtların yüzdesi olarak belirtilir(8). Genel olarak ağır taşıt yüzdesindeki artışa bağlı olarak gürültü düzeyi de artmaktadır.

Şehirçi trafiğinde düzensiz trafik akışı ve binalarda sesin yansıması ile 4-10 dB(A)'lık bir artış görülmektedir, özellikle sinyal önlerinde kırmızıdan yeşile geçiş anında bu artışın 18 dB(A)'ya yükseldiği gözlenmiştir. Otoyolda yansıma ve tıkanma azalmasına rağmen yüksek hızdan dolayı sürtünme gürültüsü artmaktadır (24).

4-Lastik Türü: Trafikte akımında kullanılan lastikler, konstrüksiyonu, yüzey şekli, örüntüsü (cepli, dairesel ve uzunluğuna kaburgalı, çelik radyal, çapraz yivli vs.) ve eskime durumuna göre farklılıklar göstermektedir. Aşınmış ve düzlenmiş lastiklerin gürültüyü artırıcı etkisi vardır. Beton yüzeyde yıpranmış lastikler, yeni lastiklere göre 14dB(A) daha gürültülüdür ve en iyi durumun 30-80 km/h hız aralığında dairesel kaburgalı lastikler olduğu şekil 6'da görülmektedir.

Şekil 6a-Ağır taşıtların lastik yol gürültüsünde yüzeyi ve hızının etkisi(8)

Şekil6b-Ağır taşıtların lastik gürültüsünde yol yüzeyi ve hızının etkisi(8)

5-Yolun Özellikleri:Yolun özellikleri aşağıdaki şekilde gruplara ayrılabilir;

a) Yol Genişliği :Trafik hızı ve hacmini belirleyen parametreler olarak yolun geometrik özellikleri, trafik gürültü seviyesini etkiler. Yol genişliği, çeşitli yöntemlerde temel alınan uzaklığı etkilemektedir.

b) Yol Yüzeyi: Karayolu taşıtlarına yol yüzeyi kaplaması ve lastik cinsi gürültüyü büyük oranda etkilemektedir. Belli bir hıza kadar lastik gürültüsü, daha sonra da aerodinamik gürültü etkili olmaktadır. İngiltere’de bu sınır 70-80 km/h olarak bulunmuştur. Lastik yol yüzeyi sürtünmesinden doğan gürültü iki olaya dayanır:

- 1- Lastiğin yola değdiği yüzey üzerindeki yivler tarafından uyarılan radyal ve teğetsel titreşimler,
- 2- Lastiğin yivlerinden içeri ve dışarı hava pompalanması (17).

Yol yüzeyi özelliklerini malzeme ve konstrüksiyonun belirlediği akustik yutuculuk katsayı s₁ belirler ve yol yüzeyi türü gözeneklilik, katkı malzemeleri ve pürüzlülük bakımından tanımlanabilir. Bunların arasında akustik açıdan 6x6 mm kesitli yivli beton yüzeylerin en kötü ve geçirimli bir şose tipinin de en iyi koşullara sahip olduğu belirlenmiştir.

c) Yol Eğimi:Özellikle ağır taşıt üzerinde eğimin etkisi ihmal edilemeyecek kadar yüksektir. Tahminler % 7’lik bir eğimin gürültüyü 5 dB(A) arttırdığını, % 2’den daha

az bir eğimin ise etkili olmadığını göstermiştir. Ağır taşıtların iniş eğiminde de düşük vites kullanımı nedeniyle, düz yola göre daha çok ve daha geniş bir alana gürültü yaydıkları görülmüştür. Şekil7’de Leq düzeyi üzerinde yol eğiminin etkisi verilmiştir.

Şekil 7-Leq düzeyi üzerinde yol eğiminin etkisi (15).

d) Yatay Dönüşler ve Kesişmeler: Yolda yapılması zorunlu olan dönüşler, taşıtlarda ivme değişikliklerine yol açtıkları için hız değişmelerine neden olmaktadır. Ayrıca, dönüşlerde daha büyük bir alan kullanıldığından yakın çevrede gürültünün olumsuz etkileri artmaktadır.

e) Yol Altyapısı: Yol kotunun çevre zemin seviyesinin altında olması durumunda, gerek gürültü düzeyleri ve gerekse ses dalgalarında bozulmalar görülmektedir. Yolun iki tarafındaki toprak setler veya yarmalar, üstlerinden iletilen ses dalgalarını kırarak arkalarında ve hatta uzak mesafelerde önemli bir azalmaya neden olan gürültü engelleri olarak rol oynarlar. Ancak, setlerin yüzey kaplaması yüksek derecede yansıtıcı olduğu zaman, yarmanın eğim açısına bağlı olarak yansıyan ses yolun her iki tarafında belirli noktalarda düzeyi artırabilmektedir. Yükselmiş yollar da gürültü yayılmasında olumsuz koşullar ortaya koymaktadır. Keşisen yollar, taşıtların fren yapma ve kalkış işlemleri nedeniyle yakın çevrelerinde, eşdeğer ses düzeylerinde (Leq) 7 dBA kadar bir artışa neden olmaktadır. Bu artış, sinyalizasyon bulunması durumunda maksimum gürültü düzeyinde 15-20 dBA kadar olabilmektedir (24).

2.2.1.3 Trafik Gürültüsünün Oluşumu, Yayılması ve Gürültü Kaynağı Analizi

Trafik gürültüsünün oluşumu ve yayılmasını iyi modellemek için sistem elemanları olan kaynak, çevre ve kullanıcıya ilişkin özelliklerin iyi bilinmesi gerekmektedir (2).

Trafik gürültüsü özellikleri nedeniyle çeşitli kaynak türleri açısından incelenebilmektedir.

2.2.1.3.1 Nokta kaynak olarak tek taşıt deviniminin modellenmesi

Trafik gürültüsü, gerçekte, akustik olarak nokta kaynak sayılabilen çeşitli güçlerdeki taşıtların bireysel gürültülerinin oluşturduğu bir toplam gürültüdür.

Tek taşıtın gürültü üretimini etkileyen faktörler ise şöyle sıralanabilir:

- Taşıtın cinsi
- Taşıtın modeli
- Taşıtın yaşı
- Kaynak yüksekliği

Gürültü kaynakları boyutları, gürültüye maruz kalanlara olan mesafelere nazaran küçükse böyle kaynaklar nokta kaynak olarak düşünülebilir. Örneğin; bir otobandaki tek başına bir araba nokta kaynaktır. Sanayi kuruluşlarının, hava meydanlarının ve trafikte seyreden her bir vasıtanın gürültüleri bu gruba dahil edilebilir (2).

2.2.1.3.2. Trafik gürültüsünün çizgi kaynak olarak incelenmesi

Bilindiği gibi özelliklerine göre yapışık (coherent) ve ayrık (incoherent) olarak iki gruba ayrılan çizgi kaynaklardan ikincisi; aralarında belirli uzaklıklar bulunan bir çok nokta kaynağın bir doğrultuda dizilmiş bulunması durumunu gösteren trafik gürültüsü ile benzeşmektedir. Çizgiyi oluşturan bütün noktalardan tek bir noktaya ulaşan ses düzeylerinin birleştirilmesi yolu ile bu tür sabit bir kaynağın toplam ses düzeyi saptanabilmektedir. Ancak, taşıtların yer değiştirmeleri nedeniyle gürültü düzeylerinin zamana bağlı olarak değişmesi, yol trafiğinden doğan gürültünün yalnız çizgi kaynak yöntemiyle elde edilemeyeceğini göstermektedir (2).

Çizgi kaynak, türbülanslı bir akışkanı taşıyan boru veya ara mesafeleri yakın olan bir dizi nokta kaynağın tamamı olarak göz önüne alınabilir. Bu grubu otoyolları ve demiryolları ile bir seri makinenin yan ayna bulunduğu fabrikalar dahil edilebilir.

2.2.1.3.3.Trafik Gürültüsü Analizi

Trafik gürültüsünün analiz edilmesi, A)Gürültünün özelliklerine, B)Trafik akımına C)Yola bağlı değişkenlerin incelenmesi ile olanaklıdır (2).

a- Trafik gürültüsü özellikleri

İki açıdan analiz edilebilmektedir:

1-Zamana göre Değişim

Trafik gürültüsü düzeylerinin zamanın her anında yukarıda belirtilen; taşıt akım türü ve yoğunluğuna bağlı olarak değişmekte olduğu gözlenebilir. Ayrıca 24 saatlik periodlar içinde gece saatlerinde büyük düşmeler gösterdiği de bilinmektedir. Bu analizlerde belirli örnek zamanlar için subjektif ölçülerle iyi uyduğundan A ağırlıklı olarak elde edilen trafik gürültüsü düzeylerinin istatistiksel analizi sonucunda, L_{10} , L_{50} ve L_{90} gibi zamanın % 10'unda, % 50'sinde ve % 90'ında aşılan düzeyler trafik gürültüsünü tanımlamakta kullanılırlar.

Şekil 8- Trafik Gürültüsünün zamana göre değişimine bir örnek (10a).

Şekil 9- L_{10} ve L_{90} düzeylerinin zamana göre değişimi(2a).

L_{10} ve L_{90} 'ın zamana göre değişim grafikleri incelenirse, gece saatlerinde 10-15 dBA'lık büyük düşüşler gösterdikleri ve birbirlerine paralel olarak değiştikleri görülmektedir. L_{10} genelde yola yakın mesafelerde gürültünün daha büyük değişimlerini (geçen taşıtlardan daha fazla etkilenecek) belirtir. L_{90} ise daha küçük değişimlerle algılanan sesi (daha büyük uzaklıklarda) belirtir.

2-Frekans Spektrumu

Gürültünün spektral özellikleri ise genellikle taşıtlar için ayrı ayrı incelenerek ortaya konulmuştur. Şekil 10'da görüldüğü gibi hafif taşıtların spektrum düzeyleri; 63-8k Hz, frekans aralıklarında hakim olup, yüksek frekanslarda azalır. Ağır taşıtlarda ise alçak frekanslarda çok daha yüksek ses basınç düzeyleri elde edilmiştir.

Şekil 10-Taşıtların frekans spektrumlarına bir örnek (2a).

b-Trafik akımına bağlı değişkenler

Trafik gürültüsünün oluşumu ve yayılmasında etkili olan trafik koşullarına bağlı değişkenler şunlardır:

- 1-Trafik Akımı Cinsi
- 2-Trafik Hacmi
- 3-Trafik Kompozisyonu
- 4-Ortalama Hız
- 5-Trafik Yoğunluğu
- 6-Ardarda Bulunan Taşıtların Arası

c -Yola Bağlı Değişkenler

Yola bağlı değişkenler şunlardır,

1-Yol Kaplaması Cinsi

2-Yolun Eğitimi

3-Dönemeç ve Kavşaklar

4-Yolun Enine Kesiti

5-Yol Genişliği (2a).

2.2.1.3.4. Trafik Gürültüsünün Yayıldığı Çevrenin analizi

Genel olarak ses dalgalarının, bina dışı çevrede kaynaktan alıcıya doğru hareket ederken çeşitli faktörlerin etkisiyle genlik değişimlerine uğramaları sonucu , alınan ses düzeylerinde farklılıklar olmaktadır. Bu etkenler şunlardır;

- Uzaklık etkeni
- Meteorolojik Etkenler
 - Atmosferik Olaylar
 - Hava basıncı ve sıcaklığı
 - Sıcaklık değişiminin etkisi
 - Rüzgarın etkisi
 - Türbulans
- Coğrafik Etkenler
 - Arazi Topoğrafyası
 - Zeminin Yutuculuğu
 - Ağaçlar
- Yansıtıcı Yüzeyler
- Engeller (2a).

Uzaklık Etkeni

Dalga önünün genişlemesiyle ses enerjisinin yayılımı sonucunda ses düzeyinde azalma olmaktadır. Geometrik yayılma frekanstan bağımsızdır ve bütün koşullarda ses düzeyini önemli bir biçimde etkiler. Dengeli atmosferde ses ışınları düz çizgiler durumunda yayılırlar. Sesin küresel olarak yayıldığı uzaklık nokta kaynağın boyutlarına göre çok büyüktür. Sonuçta; alıcıdaki ses düzeyi uzaklık her iki katına çıktığında 6 dB düşer . Bu durum yalnız nokta veya çizgi kaynağın açık alanda

bulunması durumunda doğrudur. Genelde zemine yakın kaynak için doğru değildir. Çünkü direkt ve zeminden yansıyan ses ışın arasında girişimi olmaktadır (31).

Meteorolojik Etkenler

Gürültünün açık havada yayılımında etkili 2 meteorolojik değişken vardır. Bunlar rüzgar ve sıcaklık değişimleridir. Zeminden olan yükseklik ile beraber sıcaklık derecelerinin atması durumunda (ses dalgalarının hızı sıcaklıkla arttığından) ses ışınları zemine doğru eğilir. Ters durumda (zemine yakın hava tabakalarının sıcaklığı arttığında) ise zemine yakın ses ışınları yukarı doğru kırılır.

Ses dalgalarının yayılmasını etkileyen meteorolojik etkenler aşağıda verilmektedir .

1-Sıcaklık Etkisi

Açık alanda zemin düzeyinde kabul edilebilir sıcaklık değişimi (yükseklikle havanın sıcaklık derecesinin değişimi) çoğunlukla mevcuttur, bu gradyan atmosfer ile zemin arasındaki ısı değişikliğiyle oluşmaktadır. Bu gradyan sabit negatif olduğunda sıcaklık yükseklikle artar. Bu duruma ise pozitif sıcaklık gradyanı “inversiyon” adı verilir . Negatif sıcaklık gradyanı gündüz saatlerinde bulunur, gün boyunca toprak sol-air radyasyonu alır. Zemin yüzeyi ile ilişkide emilen ısı, konveksiyonla daha yükseklerle iletilir. Zeminden yükseldikçe sıcaklık düşer ve zeminden atmosferin yüzeye yakın katmanına doğru bir akım başlar. Pozitif sıcaklık gradyanı gece zamanı mevcuttur.

Gece batışından kısa bir süre önce zemin radyasyon ve kondüksiyon yoluyla hızla soğur, gün boyunca ısı alan atmosfer katmanı güneş batışından sonra ısı verici duruma geçer ve zemine doğru bir akım başlar. Yani zeminden yükseldikçe sıcaklık artar . Yazın negatif sıcaklık, kışın ise pozitif sıcaklık gradyan egemendir .

2- Rüzgar Etkisi

Açık alanda zemin üzerine kabul edilebilir büyüklükte konvektif hava devinimi hemen her zaman mevcuttur. Konvektif hava devinimi devingen hava ile zemin arasındaki sürtünme nedeniyle oluşmaktadır. Kuramsal ve deneysel sonuçlar rüzgar hızının zemin üzerinden yüksekliğin logaritmasıyla arttığını göstermişlerdir. Rüzgar esme yönüne ses ışınları eğilir.

Sıcaklık ve rüzgar gradyanlarının neden olduğu en önemli akustik etki zemin varlığında akustik gölge bölgelerinin oluşumudur. Bu gradyanlar nedeniyle sesin hızı zemin üzerinden artan yükseklikte değişir ve ses dalgaları kaynaktan zemine doğru veya zeminden yukarı doğru kırılmaya başlar. Böyle koşullar altında içine direkt

olarak ses ışınlarının giremediği akustik gölge bölgeleri oluşabilir. Bu gölge bölgelerinin sınırları kesin değildir, ses enerjisi gölge bölgesi içinde kırılır ve türbülans nedeniyle bu bölgede saçılır. Zemine yakın rüzgar gradyanı genellikle her zaman pozitifdir, yani rüzgar hızı yükseklikle artar. Sonuç olarak gölge bölgesi genellikle kaynaktan rüzgarüstü bölgesine doğru oluşur. Gölge bölgesi iki biçimde oluşabilir;

- Kaynaktan yayılan tek ses ışını gölge bölgesini oluşturur. (Sabit hız gradyanı nedeniyle)
- Ses ışınlarının kesişmesi sonunda birçok ses ışınını gölge sınırını oluşturur. (Yükseklikle ters hız gradyanı nedeniyle)(Şekil 11).

Şekil 11-Ses yayılımında meteorolojik faktörlerin etkisi(19).

2.2.1.4 Trafikten Kaynaklanan Gürültü Düzeyleri İçin Kabul Edilen Sınır Değerler

Sınır değerlerinin tesbiti oldukça önemli bir konu olup, burada bir taraftan yerleşim yerlerinin aşırı göç almadan korunması bir yandan da belirlenen sınır değerlerin gerçekleşebilir olması amaçlanmalıdır. Sınır değerler ne kadar düşük tutulmaya çalışılırsa gürültüden korunma önlemlerine ilişkin maliyetler de o kadar artmaktadır.

a) Ülkelerde kabul edilen sınır değerler farklılık göstermektedir. Örneğin U.S.A'da eyaletten eyalete değişirken, Japonya'da gündüz 55-70 dB, gece 45-60 dB, Rusya'da önemli yerleşim merkezlerinde 50 dB, Fransa'da gündüz 60, gece, 40 dB değerlerinin aşılmaması istenmektedir.

Alman-Emisyondan Korunma kanununun 16. kararnamesinde (12 Haziran 1990) şu değerler belirlenmiştir :

- Hastane, okul, senatoryum, yaşlı bakımevleri gibi binaların bulunduğu kesimlerde gündüz 57 dB(A), gece 47 dB(A),
- Yalnızca konut bölgelerinde ve küçük yerleşim yerlerinde gündüz 59 dB(A), gece 49 dB(A),
- Çekirdek bölgede, kırsal kesim ve karışık bölgelerde gündüz 64 dB(A), gece dB(A),
- Sanayi bölgelerinde gündüz 69 dB (A), gece 59 dB(A).

b) Türkiye'de ulaşım gürültüsü için kabul edilen sınır değerler

Ülkemizde Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin 11. maddesinde yayınlanan kamuya açık yerlerde çalıştırılan motorlu karayolu taşıtlarının dış gürültü seviyesi ile ilgili olarak Sanayi ve Ticaret Bakanlığınca hazırlanan dış gürültü seviyeleri Tablo 4' te verilmiştir

Tablo 4- Azami Dış Gürültü Seviyeleri (18).

Motorlu Araç Tipi	Azami Dış Gürültü Seviyeleri
	dB(A)
M2/N1 AYA(*) ≤ 2 ton	78+1(**)
M2/N1 2 ton < AYA ≤ 3,5 ton	79+1(**)
M2/M3 Motor gücü < 150 KW	80
M2/M3 Motor gücü ≥ 150 KW	83
N2/N3 Motor gücü < 75 KW	81
N2/N3 75 KW ≤ Motor gücü < 150 KW	83
N2/N3 Motor gücü ≥ 150 KW	84

(*)**AYA**:Azami Yüklü Ağırlık

(**) Sıkıştırma ateşlemeli ve direk enjeksiyonlu motorlarda 1 dB(A) eklenecektir

Tablo 5'te trafik gürültüsü içinde tanımlanan bölgeler ve belirlenen değerler dB(A) verilmiştir.

Tablo 5- Karayolu çevresel gürültü sınır değerleri(6).

Alanlar	Yenilenmiş/Onarılmış yollar		Mevcut yollar	
	Lgündüz (dBA)	Lgece (dBA)	Lgündüz (dBA)	Lgece (dBA)
Kırsal alanlar	55	45	60	50
Gürültüye duyarlı alanlar(eğitim, kütür ve sağlık alanları),yazlık yerleşim alanları ve kamp yerleri	60	50	65	55
Yerleşim alanları	63	53	68	58
İş alanları ve yerleşim alanları	65	55	70	60
Endüstriyel alanlar	67	57	72	62

2.2.2- Endüstri gürültüsü

Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan gürültü de önemli bir gürültü kaynağıdır. Sanayi bölgelerindeki her türlü makine,teçizat, soğutma, ısıtma, arıtma, enerji odaları, üretim bandı, hava yastığı, kompresör vs. den kaynaklanan ve sınır değerleri aşan gürültüler endüstri gürültüsünü oluşturur.

Gürültünün çevresindekilere verdiği zararı engellemek amacıyla, gürültünün yaratıldığı ortamın özelliğine, çevredeki insanların gürültü ortamında bulunma

sürelerine ve koşullarına bağlı olarak, değişik gürültü düzeyleri sınır değer olarak belirlenmiştir. İşyerlerinde maruz kalma sürelerine göre izin verilebilir gürültü seviyeleri Yönetmelikle belirlenmiştir. Gürültü konusunda yapılan denetimlerde işçilerin koruyucu araç ve gereç kullanımları teşvik edilmektedir.

Çeşitli endüstriyel işyerindeki gürültü ölçümleri Tablo 6' da gösterilmiştir.

Tablo 6- Endüstriyel tesisler için Çevresel Gürültü Sınır Değerleri(6).

Alanlar	Lgündüz(dBA)	Lgece(dBA)
Endüstriyel alanlar(sanayi bölgeleri)	70	60
Endüstri ve yerleşimin birlikte olduğu alanlar(ağırlıklı endüstriyel)	68	58
Endüstri ve yerleşimin birlikte olduğu alanlar(ağırlıklı yerleşim)	65	55
Kırsal alanlar ve yerleşim alanları	60	50

2.2.3- Yapım (Şantiye) Gürültüsü

Yapım gürültüsü diğer gürültü kaynaklarına göre, süreklilik göstermez, fakat olduğu zaman da önemli derecede rahatsız edicidir. Bina ve yol inşaatları sırasında kullanılan makina ve cihazlar ile yapılan işlemlerin meydana getirdiği gürültü yakın çevrelerde ve özellikle yaz aylarında rahatsızlık vermektedir. İnşaat yapılan mahallerde ve şantiyelerde izin verilebilir gürültü düzeyleri Yönetmelikte belirtilmiştir*. Yapım Gürültüleri de iki grupta incelenebilir:

- 1.Yapımda kullanılan araç ve makinaların yaydığı gürültüler
- 2.Yapım alanı ve şantiyeden çevreye yayılan gürültüler (43).

2.2.4.-Yerleşim Alanlarında Oluşan Gürültü

Yerleşim Bölgeleri Gürültü Sınır Değerleri Tablo 7'de verilmektedir. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği' ne göre, gürültüye duyarlı alanlar ve gelecekte yapılacak planlamalar için temel kriter 35 dBA alınır.

*Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği

Tablo 7- İç mekan Gürültü Düzeyi Sınır Değerleri(6).

Kullanım Alanı		L _{eq} (dBA)	Zaman Dilimi (h)
Kültürel Tesis Alanları	Tiyatro salonları	30	Sürekli
	Sinema salonları	30	Sürekli
	Konser salonları	25	Sürekli
	Konferans salonları	30	Sürekli
Sağlık Tesis Alanları	Yataklı tedavi kurum ve kurumları, dispanser, poliklinik, bakım ve huzur evleri ve benzeri.	35	Sürekli
	Dinlenme ve tedavi odaları	25	Sürekli
Eğitim Tesisleri Alanları	Okullarda derslikler, okul öncesi binaların içi, laboratuvarlar, özel eğitim tesisleri, özürülüler tesisler ve benzeri.	35	Ders sırasında
	Spor salonu, yemekhane	55	Faaliyet süresince
	Okul öncesi yatak odaları	30	Uyku sırasında
Turizm Yerleşme Alanları	Otel, motel, tatil köyü, pansiyon ve benzeri yatak odası	30	Uyku sırasında
	Konaklama tesislerindeki restoran	35	Yemek süresince
Sit Alanları	Arkeolojik, doğal, kentsel, tarihi ve benzeri.	55	Sürekli
Ticari Yapılar	Büyük ofis	35	Çalışma sırasında
	Toplantı salonları	35	Çalışma sırasında
	Büyük daktilo veya bilgisayar odaları	60	Çalışma sırasında
	Oyun odaları	60	Oyun süresince
	Özel büro (uygulamalı)	50	Çalışma süresince
	Genel büro (hesap, yazı bölmeleri)	60	Çalışma süresince
	İş merkezleri, dükkanlar ve benzeri.	60	Çalışma süresince
	Ticari depolama	45	Faaliyet süresince
	Lokantalar	45	Çalışma süresince
Kamu Kurum Kuruluşları	Ofisler	45	Çalışma süresince
	Laboratuvarlar	45	Çalışma süresince
	Toplantı salonları	35	Çalışma süresince
	Bilgisayar odaları	45	Çalışma süresince
Spor Alanları	Spor salonları ve yüzme havuzları	55	Faaliyet süresince
Konut	Yatak odaları (şehir içinde)	40	Gece

Alanları			süresince
	Yatak odaları (şehir dışında)	35	Gece süresince
	Oturma odaları (şehir içinde)	55	Gündüz-akşam süresince
	Oturma odaları (şehir dışı)	40	Gündüz-akşam süresince
	Oturma odaları (şehir kenarı)	45	Gündüz-akşam süresince
	Servis bölümleri (mutfak) (şehir içi, dışı ve şehir kenarı)	60	Faaliyet süresince

2.2.5-Havaalanında Oluşan Gürültüler

Günümüzde büyükşehirlerde uçaklar ve havaalanları gürültüye katkıda önemli bir yer tutmaktadır. Uçak gürültüsü diğer ulaşım araçlarına göre çok yüksek düzeylidir.

Örneğin, bir jet uçağından yaklaşık 30 kw= 3.107mw kadar bir akustik güç yayılır insan sesi 1mw'den daha azdır. Uçağın 150 m yükseklikten geçişinde gürültü düzeyi 105 dBA'ya ulaşmaktadır (2).

İkinci Dünya Savaşı sonrasında, uçak teknolojisindeki gelişmeye paralel olarak havaalanı -uçak - gürültüsü problemi kendini göstermeye başlamıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle daha sessiz uçaklar kullanılmaya başlansa da uçak hareket sayısındaki artış, havaalanı yakınında bulunan yerleşimlerde rahatsız edici bir unsur olarak görülmektedir (32).

Uçak gürültüsünde, gürültü yayılımını etkileyen değişkenlerin çokluğu ve karmaşıklığı nedeniyle araştırmalar, analitik yöntemler yerine ölçüm çalışmalarında yoğunlaşmıştır.yalnızca tekil gürültü olayının incelenmesi bile bilgisayardan yararlanmayı gerektirecek boyutta işlemleri kapsamaktadır (20).

2.2.6 Demir yolu gürültüleri

Yerleşmelerin içinden veya çok yakınından geçen, yolcu ve yük taşımacılığında önemli bir yeri olan raylı sistemler, kara ulaşımı gürültüsü kadar yaygın olmamakla birlikte, gürültü özellikleri nedeniyle büyük rahatsızlık kaynağı olmayadrlar.

Ana hat ve özel raylarda, trenlerin gidiş ve gelişleri sırasında yayılan gürültüler;

- Lokomotif Gürültüsü
- Vagonların Gürültüsü

- Uyarma işaretlerinin sesleri

Olmak üzere 3 grupta toplanabilir.

Lokomotifin çalışması esnasında değişikses titreşimleri yayılır ki bunlar;

- Makinenin kılıfından yayılan gürültüler
- Fren sesleri
- Aero dinamik gürültüsü
- Tekerlek-Demiryolu sürtünme sesleridir (20).

Şekil 12-Karayolu ve Demiryolunda yaklaşık aynı ortalama değerde gürültü dağılımı(33).

Şekil 12’de yoldan 25 m mesafe ve yaklaşık 12 dakikalık bir zaman bölümünde aynı ortalama ses değerinde karayolu ve demiryolu trafiğinin tipik ses dağılımı görülmektedir. Burada örnek alınan karayolu tipik bir şehir arteri olup, sinyalizasyondan dolayı trafik akış düzeninde aralıklar görülmektedir. Bu kesimin günlük ortalama trafiği 16000 taşıt ve uygulanabilen hız 50 km/h’tır. Demiryolu için ise bir toplu yerleşim merkezindeki dört katlı bir kesim ele alınmış olup, günde 400 tren işlemektedir. Ve uygulanabilir hız 120 km/h’tır. Şekilden demiryolu trafiğinde 80-90 dB(A) arasında değişen uç değerlerin meydana geldiği ve bunların etkisinin çok kısa olduğu görülmektedir. Ses şiddeti 60 dB(A) yı geçen sürelerin toplam süreye oranı %10 civarında olmasına karşılık, karayolunda 60 dB(A) yı geçen süreler, toplam sürenin %80’ini bulmaktadır. Ayrıca demiryolunda toplam sürenin %75’i ≤ 50 dB(A) iken, karayolunda 50 dB(A) değerine hiç inilmemektedir.

2.3. Gürültünün İnsanlar Üzerindeki Olumsuz Etkileri

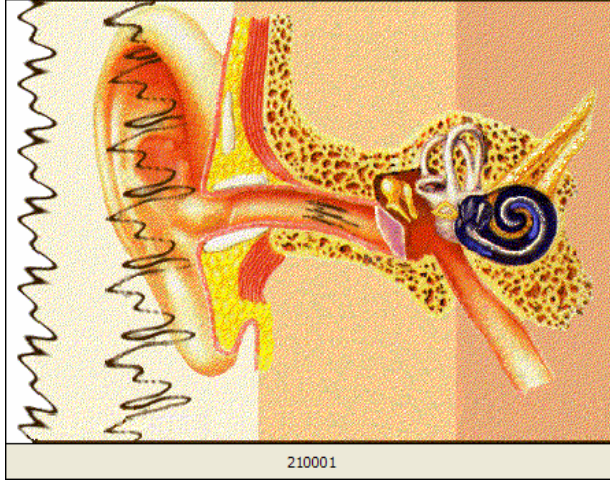
Zararlı Etkiler: İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler anlamı taşıyacaktır.

Rahatsızlık: Alan araştırmaları vasıtasıyla belirlenen toplumsal gürültü rahatsızlığının derecesi anlamı taşıyacaktır.

Gürültüden Etkilenme: Gürültünün, insan sağlığı ve konforu üzerindeki etkileri, işitme hasarları şeklinde görülen fiziksel etkileri, vücut aktivitesinde görülen fizyolojik etkileri, sıkıntı, rahatsızlık, öfkelenme, sinirlilik ve diğer davranış bozuklukları gibi psikolojik etkiler ve iş veriminin azalması, işitilen seslerin anlaşılabilmesi gibi görülen performans etkileri olarak 4 grupta toplanabilir(6).

İnsan kulağının duyabileceği ses düzeyi 0-130 dB arasında değişmekte olup, 130 dB ağrı sınırındadır. Basınçları aynı fakat frekansları farklı olan sesler, insan kulağıyla farklı algılanmaktadır. Örneğin; 50 dB düzeyindeki iki sesten 70 Hz frekanslı olanı ancak işitilebilirken 1000 Hz frekanslı olanı yüksek bir ses olarak algılanmaktadır. Frekansı da değişken olarak Kabul eden ses değerlendirme ölçütü yeğlilik ve bunun birimi de Phon’dur

Sesin gürültü olarak algılanması bir yandan o sesin düzeyine ve yeğliliğine, diğer yandan insanın fizyolojik ve psikolojik özelliklerine bağlıdır. Ulaştırma sistemlerinde konforlu bir seyahat için üst gürültü düzeyi 65 dB, tahammül bölgesi 65-75 dB, rahatsızlık bölgesi ise 75-120 dB olarak kabul edilmektedir.



Şekil 13-İnsan kulağının yapısı (19).

Gürültünün insanlar üzerindeki etkisini anlamak için kulağın yapısı hakkında biraz bilgi sahibi olmak gerekir.

Kulak Kepçesi, anten gibi çalışır ; ses dalgalarını dış kulak yoluna doğru yönlendirir ve yoğunlaştırır.Ses dalgasının zara gelmesi ile birlikte zar titreşir.Zarın arkasında kemikçikler vardır. Bunlardan birincisi **çekiçtir** ve zara yapışıktır. Çekicinin başı **örsle** eklem yapar. Örs te üzengi kemikçığıne uzanarak onunla eklem yapar. **Orta kulağın görevi**, havadaki ses titreşimlerini katı maddeye ilerleyen ses titreşimine çevirmektir.Oval penceredeki titreşimler bu kez **salyangoz(koklea)** içindeki sıvıları ve diğer anatomik oluşumları titreşime sokar.Koklea zarının adı **baziler** zardır. Baziler zarın titreşimleri ses dalgasının spektral analizini yapar.Sıvı ortamdaki hareketler tüylü hücreleri uyarırlar Uyarılmış tüylü hücreler titreşimleri elektrik akımına çevirirler. Bu elektrik akımı artı ve eksi olarak 30 bin liften oluşan işitme siniri ile beyne taşınır.

3 dB'lik artış kulağın fark edebileceği en hafif ses artış düzeyidir. 0 dB, ses olmadığının göstergesi değil, sadece normal bir kişinin ses algılama düzeyidir (21).

2.3.1. İşitme Sistemine Etkileri (Fiziksel Etki)

Gürültünün işitme sistemine etkileri geçici ve kalıcı olarak iki ayrı bölümde incelenebilir. Geçici etkilerin en çok karşılaşılanı geçici işitme (duyma) eşiği kayması veya duyma yorulması olarak bilinen işitme duyarlılığındaki geçici kayıptır.

a-Akut işitme kaybı

Kulak ağrısı 120 dB'den itibaren başlar, çınlama, uğultu ortaya çıkar. Antioksidan Edaravone ilk 24 saatte verildiğinde, akusik travmada tedavi edici özelliğe sahiptir (21)

b-Kalıcı işitme kaybı

Etkileşimin çok fazla olduğu ve işitme sisteminin eski özelliklerine kavuşmadan tekrar gürültüden etkilendiği durumlarda işitme kaybı kalıcı olmaktadır. Kalıcı işitme kaybı başlangıçta 4000 Hz ile 6000 Hz. arasında oluşur, ilerleme halinde ise bu aralık dışındaki hem alçak hem de yüksek frekanslara da yayılır.(24) İşitme kaybının kalıcı yada geçici olması ve kaybın derecesi, etkisinde kalınan gürültünün düzeylerine, frekans içeriklerine ve etkilenim süresine bağlı olarak hesaplanabilir (21).

2.3.2. Fizyolojik Etkiler

Günümüzde gürültü, kişilerde en önemli stres kaynaklarından biridir. Ani olarak duyulan gürültü düzeyleri kişilerin

- kalp atışlarında (nabzında),
- solunum hızında,
- kan basıncında,
- metabolizmasında,
- görme keskinliğinde ve hatta
- derisinin elektrik direncinde değişiklikler oluşturmaktadır.

Ayrıca

-Kalp enfarktüsü (Stres hormonu kalpte kan akımının aalmasına neden olur ve kalp kası enfarktüs riskini artırır; ancak kronik gürültünün MI yapma riski yoktur.) (21).

-Kadın hastalıkları

-Uykusuzluk

sorunlarının da yaşanmasına neden olabilir. 50 dBA'lık bir sesin kesinlikle uykunun kalitesini ve süresini etkilediği, ani seslere olan uyanmaların kalp atışsayısını arttırdığı ve gürültülü çevrelerde uyku ilacı tüketiminin yaygınlaştığı saptanmıştır. Özellikle yaşlılar ve hastalar uyku bölen gürültüye karşı daha duyarlıdır (22). Ani gürültü ile bozulan uyku iş etkinliğini ve performansını da bozar.

2.3.3. Psikolojik Etkiler

Bulunan ortamda, fonksiyonlar için belirlenmiş gürültü düzeylerini aşan gürültünün etkisinde kalan kişiler rahatsız, tedirgin ve sinirli olmakta, tedirginlik ve sinirlilik hali gürültünün etkisi kalktıktan sonra devam edebilmektedir. Bu etkiler;

-Davranış bozuklukları

-Aşırı sinirlilik (agresyon, şiddet)

-Stres (Uyku sırasındaki uçak veya ağır vasıta gürültüsü beyinde algılanır ve buna bağlı olarak stres hormonu salgılanır.)

-Anksiyete, kızgınlık, üzüntü hali

-Depresyon

-Bulimia

-İnsomniya

-Cinsel isteksizlik olarak belirtilmektedir (21).

2.3.4. Performans Etkileri:

Gürültünün performans etkileri şu şekilde sıralanabilir;

-İş veriminin düşmesi

-Konsantrasyon bozukluğu

-Hareketlerin yavaşlaması

-Okuma hızının düşmesi

-Çocuklarda konuşmanın gecikmesi

sayılabilir (21).

Etkisinde kalınan gürültü nedeniyle belli bir frekans aralığında oluşan kalıcı işitme kaybı diğer frekanslardaki seslerin duyulmasını ve algılanmasını engellemez, ancak bir takım fonksiyonların engellenmesine neden olabilir. Gürültünün iş verimliliği ve üretkenlik ile ilgili etkileri konusunda yapılan araştırmalar, karmaşık işlerin yapıldığı ortamların sessiz, basit işlerin yapıldığı ortamların ise biraz gürültülü olması gerektiğini göstermiştir. Ortamda yapılması istenen işler ve ortamın fonksiyonları verimli bir şekilde yürütülebilmesi için izin verilebilecek gürültü düzeylerinin sınırlarını belirlemek üzere uygulamada Gürültü Sınıflandırma (Avrupa Ülkeler) ve Gürültü Ölçütü (ABD ve Kanada) adlarına ölçütler geliştirilmiş bunlara paralel olarak A- ağırlıklı düzeyler de önerilmiştir. Özetle, ortamda belli bir iş ya da fonksiyon için belirlenen arka plan gürültüsünden fazla gürültü düzeylerinin etkisinde kaldığı durumlarda, iş verimliliği düşmektedir (17).

Şekil 14-Ses basınç düzeyleri (12).

2.4. Gürültü Kontrolü ve Teknikleri

Yukarıda 2.3.'te açıklanan gürültünün olumsuz etkileri nedeniyle insan ve çevre sağlığını tehdit eder duruma gelmesini önlemek amacıyla uygulamaya konulması gereken bir çok önlem vardır. Bu önlemler gürültünün ;

1. Gürültüyü kaynakta kontrol altına almak,
2. Gürültüyü kaynakla alıcı arasındaki alanda(çevrede) kontrol altına almak,
3. Gürültüyü alıcıda, gürültüye maruz kalan kişide(kullanıcıda) kontrol altına almak.

2.4.1. Kaynakta Kontrol

Kaynağın tek taşıt, araç, cihaz veya makine olması durumunda, tasar ve üretim aşamasında ele alınacak bir sorundur (2).

Gürültüyü kaynaktan kontrol altına almak için temel kural, gürültünün kaynaktan azaltılmasıdır. Bu şekilde, kaynağın gürültüsünden bütün çevre korunmuş olur. Gürültü azaltımı için en etkili yol budur.

Kaynağında kontrol;

- Yapısal tasarım ve yapım
- İşletme ve çalıştırılma(işleme tekniği, işleme zamanı ve süreler olarak)
- Bakım ve onarımı kapsar (19).

Taşıta Üzerinde Alınabilecek Önlemler;

- Motor ve motor kılıfında
- İletimde, hava-fan ve soğutma sisteminde,
- Egzoz ve lastiklerde sessizleştirme sağlanması

Taşıta gürültüsüne karşı en etkili mücadele yollarından biri motor ve sürtünme gürültüsünü bir tür kapsülleme ile hapsederek etrafa yayılmasını azaltmaya çalışmaktır. Ancak bu ideal gibi görünen çözümde uygulama sırasında teknik zorluklar ve aksaklıklar meydana gelebilmektedir.

Karayolu taşıtlarında sürtünme gürültüsü büyük önem taşımaktadır. Ancak henüz 80 km/h'in üstündeki hızlarda hakim sürtünme gürültüsünü hissedilir derecede azaltan bir teknik geliştirilememiştir (24). Motor gürültüsünün sesini azaltmak için aynı demiryollarında olduğu gibi "kapsülleme" çalışmaları vardır, bu teknikle motor gürültüsünü 6-8 dB(A) kadar azaltmak mümkün olmaktadır(24). Motor gürültüsünü azaltma çalışmaları mevcut motor gürültüsü sürtünme gürültüsüne eşit veya yakın ise anlamlı olacaktır. Almanya , İngiltere ve diğer ülkelerde ağır veya hafif taşıtların gürültü düzeyinde belirli bir azalmayı amaçlayan bazı deneyler yapılmış ve krank kutusu, motor kılıfı, iletim sistemi, paneller,vites, yakıt pompası ve turbo cihazında gürültü azaltıcı önlemler L₁₀ düzeyinde 10 dB(A) 'ya yakın bir azaltım sağlanmıştır (24).

2.4.2.Çevrede Kontrol

Trafik gürültüsü için şehircilik ve mimarlık açısından en geçerli ve ekonomik kontrol sistemi, çevrede gerçekleştirilmesi durumudur. Gürültünün yayılmasında etkili olan çevresel faktörlerin değiştirilebilir olanlarında gerekli düzenlemelerin

yapılması veya bazı olanaklardan (gölge bölgeleri) yararlanılması ile sözkonusu faktörlerin olumsuz etkilerini azaltmak gibi genel çözümlere gidilebilir.

Trafik gürültüsü kontrolunun yapılacağı çevreye ilişkin 3 ölçek, küçükten büyüğe doğru şöyle sıralanabilir:

1-Yapı Elemanı Planlaması,

2-Bina Planlaması,

3-Şehir Planlaması.

Şehir Planlama ölçeğinin üç alt bölümü vardır:

1-Yerleşmelerin konumlandırılması,

2-Yolların biçimlendirilmesi,

3-Komşuluk Ünitesi (bina grubu) planlaması (2).

Kapalı mekanlarda gürültüyü kaynakla alıcı arasındaki alanda kontrol altına alma yöntemleri:

Endüstriye (kapalı mekanlara) ait iş yerlerinde, gürültünün yayılma alanında kontrol altına alınması:

1- Alan müsait ise, makinelerin birbirlerine olan uzaklıklarının ayarlanması yolu ile,

2- Duvar, taban ve tavan yüzeylere ses yutucu malzemeler yerleştirilmesi ile,

3-Yapısal olarak ses kırıcı engel ve duvar uygulamaları ile yapılabilir.

Ulaşım Kaynaklı Çevresel Gürültüyü Çevrede Azaltma Önlemleri;

Ulaşımından kaynaklanan gürültüyü azaltmak için uygulanan önlemleri 2 grupta incelemek mümkündür. Bunlar;

1-Trafik akımında önlem:

Hacim sınırlandırması

Motosiklet kullanımının kontrolü,

Ağır taşıt kullanımının kontrolü,

Hız kontrolü,

Serbest akımın sağlanması

Trafiğin yeniden düzenlenmesi,

2-Yolda önlem:

Uygun yüzey kaplaması,

Uygun eğim,

Uygun kurp yarıçapı verilmesi,

Yol seviyesinin çökertilmesi,

Tünel yapımı,

Üst geçitlerle kesişmenin önlenmesi.

Trafik gürültüsünün çevrede kontrolü için planlama yöntemleri:

1-Kent planlamasında:

- Uygun arazi kullanım kararları,
- Topografik olanaklardan yararlanma,
- Yola minimum uzaklıkların bırakılması,

2-Yerleşmelerin planlanmasında:

- Gürültüye duyarlı olanlar için uygun yer seçimi,
- Tampon alanların bırakılması,
- Yapıların otoyollara göre en uygun şekilde konumlandırılması,
- Yönlendirilmesi
- Ses yutucu zemin kaplamalarının kullanımı,
- Karşılıklı yansımaların önlenmesi.

3-Bina Tasarımında:

- Fonksiyonul hacimlerin bina içinde yer ve yönleri,
- Dış duvarların uygun tasarlanması,

4-Yapı elemanı tasarımında:

- Dış yapı elemanlarında uygun malzeme seçimi,
- Uygun konstrüksiyon seçimi (3).

Bu çalışmada söz konusu önemlerden taşıt ve yol üzerinde uygulanabilecek fiziki olarak gürültüyü azaltma yöntemleri üzerinde durulacaktır.

A-Yol üzerinde ve yakınında başvurulacak önlemler

Bu tür önlemler taşıttan birkaç metre mesafede alındığı için maliyet direkt taşıt üzerinde alınan önlemlere göre daha fazla olup, bunları şu şekilde gruplandırmak mümkündür.

1-Yol kesitinde alınabilecek önlemler

2-Yolun yanlarında toprak tepeciklerin (sed) oluşturulması ile sesin azaltılması önlemi,

3-Yol kenarında sesten korunma duvarlarının yapılması önlemi,

4-Bitkilendirme,

5-Binalarda ve pencerelerde ses izolasyonu (3).

B- Yol kesitinde önlemler

Yolu üstten kapama veya sarma önlemi (yolun kapsüllenmesi)

Yolun üstten kapatılması veya tamamen sarılması ile oluşturulan tünelde hiç şüphesiz gürültü istenilen miktarda azaltılabilir. Bu tünel üzerinde istenirse bina yapılabilir ve bu binalarda da ses izolasyonu yapılır. Etrafını binayla çevirmeye yalnızca kötü kesitler, kötü şekillendirme ve havalandırılmayan kesimlerde izin verilir.

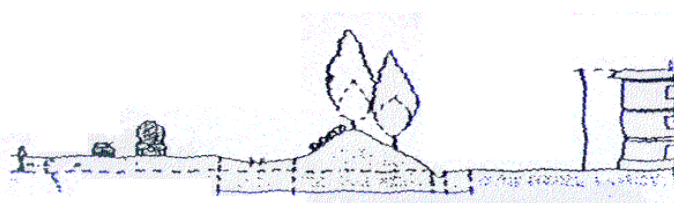
Tamamen kapatılan sarılan ve etrafı binayla çevrilen bir tünel yatırım ve işletme açısından ekonomik olmayacağı açıktır. Karayolu tüneli için ışıklandırma ve havalandırma için milyonlar tutarında yıllık işletim masrafı gerektirir (24). Sarmaya görsel açıdan hoş bir şekil vermek zordur ve hava hareketini de engeller (Şekil.10). Bir tarafı açık bırakılan kapama ve sarmada havalandırma ve aydınlatma açısından tasarruf sağlanırken amaçlanan 20 dB(A) lık azaltma gerçekleştirilemez (24). Gürültü engelleri Bölüm 2.5'te ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Şekil 15-Yolun Kapsüllemesi Örnekleri (3).

C- Bitkilendirme

Sesi sönümlendirmenin en iyi yollarından biri de sönümlendirmedir. Şevlerde yetiştirilen ses absorbe edici bodur bitkiler enine doğrultuda hızlı büyümediği , görüş açısını kapamadığı ve fazla bakım istemediği için oldukça elverişlidir. Ağaç veya koruların ses azaltma performansları yeşil kuşağın genişliğine , yüksekliğine, yoğunluğuna, ağaç ve yaprak türüne bağlıdır. Ölçüm değerleri iyi bir bitkilendirmenin 10-16 dB(A) kadar azalma sağlayabildiğini göstermektedir (3).

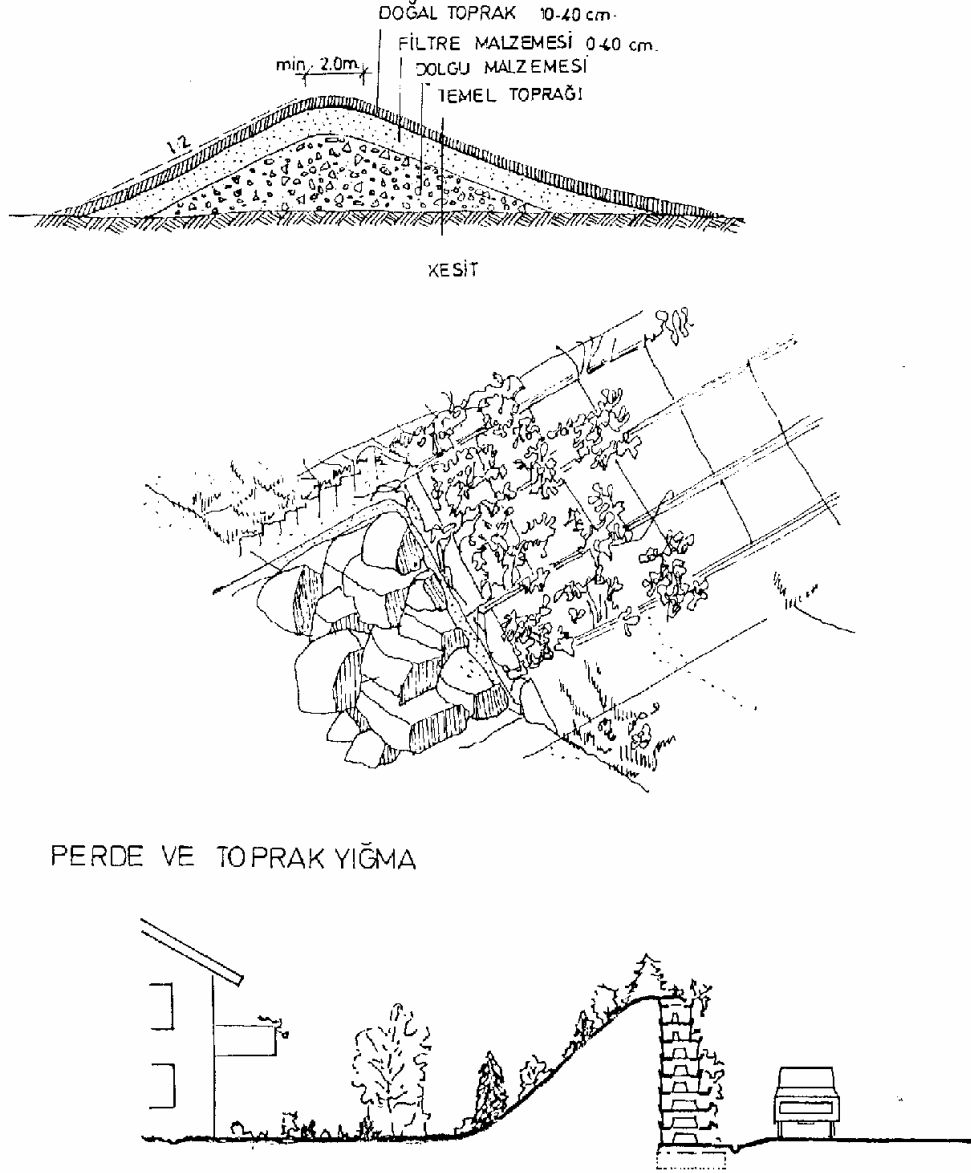
Ulaşım yollarında görüş açıklığını kapamayacak ve yol emniyetini bozmayacak şekilde yapılan bitkilendirme ortalama 8 dBA gürültü azaltılması sağlanmaktadır. Bitki türü seçiminin ve uygulama şeklinin dikkatli yapılması gerekmektedir. Bitki grubunun ortalama genişliği, yüksekliği, yoğunluğu ,ağaç ve yaprak türlerine göre ses azaltma performansları değişir. Ölçüm değerleri, doğru tür bitkilerle ve iyi planlanmış bir uygulama ile 16 dBA ya varan azalmanın sağlanabileceğini göstermiştir. Ancak doğru ve standart bir bitki türüne bağlı olarak azaltım hesaplama yöntemi bulunmamaktadır. Yol kotunun çevre kotundan düşük olması gürültü açısından önemli bir avantaj sağlarken böyle bir yol şevinin bitkilendirilmesi bu avantajı arttırmaktadır. Şekil 16'da görüldüğü gibi set ve bitki birlikte uygulanabilir.



Şekil 16- Set + Bitkilendirme

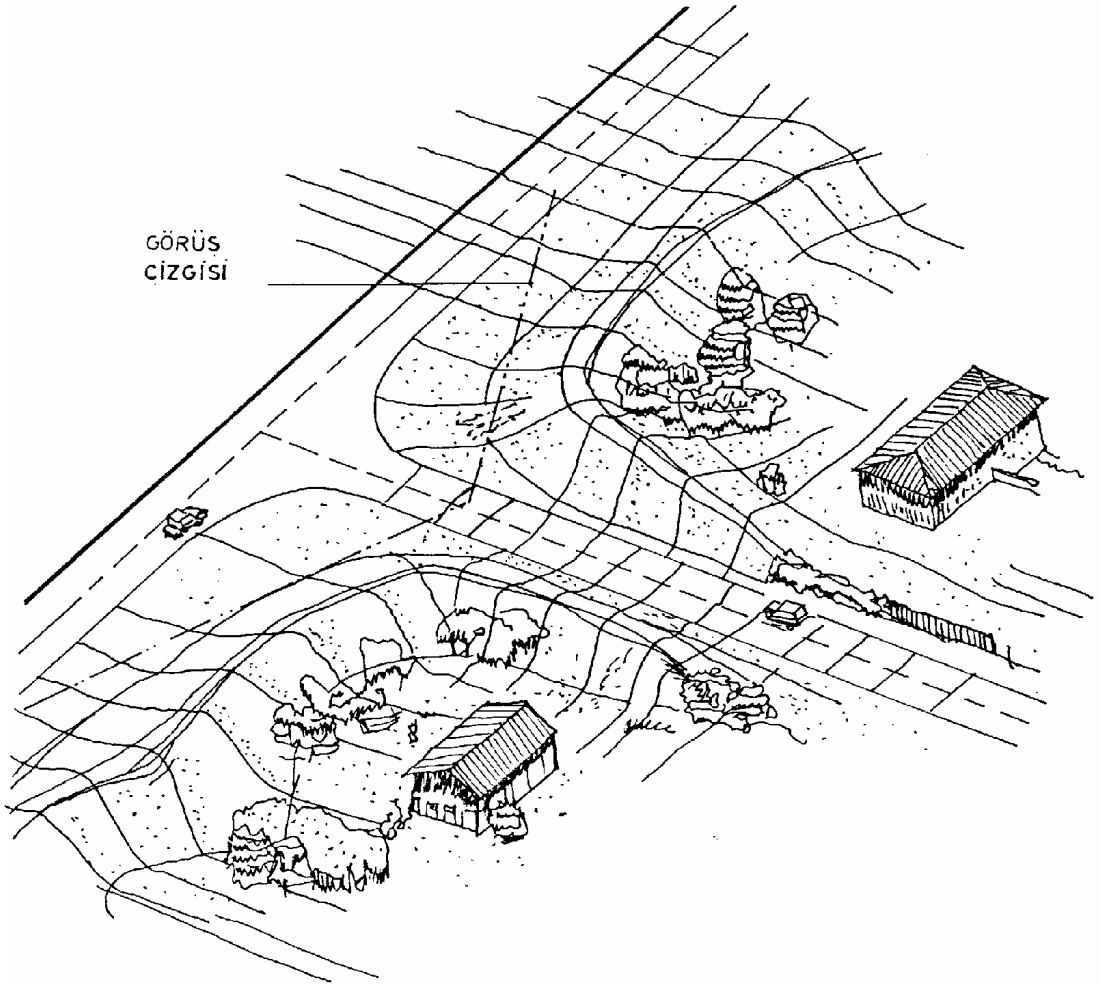
Gürültüye karşı alınabilecek önlemler, teknik ve biyolojik olarak ikiye ayrılır. Biyolojik önlemlerin esasını, bitkilerin gürültüyü azaltma özelliklerinden yararlanma oluşturmaktadır. Böylece gürültü kaynağı ile konutlar veya dinlenme yerleri arasında çalılardan ve orman ağaçlarından oluşan bitki topluluklarıyla gürültüye karşı konulmaktadır. Hatta birçok ülkede “Gürültüden Koruma Ormanları” ayrılmaktadır. Gürültüye karşı alınacak önlemlerden bir grubunu da yasal sınırlamalar

oluşturmaktadır. Örneğin kent içinde gürültülü inşaat faaliyetlerinin, uçak iniş-kalkışlarının belirli zaman aralıklarında yapılması zorunluluğu konmuştur (44). Şekil 17a, b ve c’de perde ve toprak yığma engellerle ilgili örnekler verilmiştir.



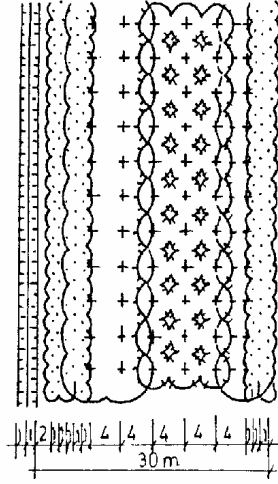
Şekil 17a- Toprak yığma engelleri (8)

TOPRAK YIĞMA ENGELLER

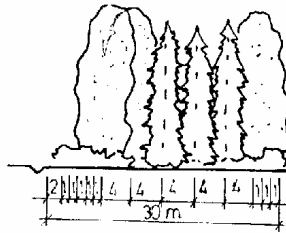


Şekil 17b-Toprak yığma engeller (8).

YESİL KUSAKLAR



PLAN



Şekil 17c- Bitkilendirme (8).

2.4.3.Kullarıncıda(Alıcıda) Kontrol

Alıcının insan olduğu durumlar için, endüstriyel işyerlerinde kulaklıklar ile özel koruma önlemleri alınabildiği gibi, arka plan gürültüsünü arttırarak maskeleyme yoluyla da söz konusu gürültünün etkisini azaltılabilir. Ancak, trafik gürültüsünün nitelikleri açısından, alıcı için bu tür kontrol sistemleri söz konusu olamaz.

Gürültünün alıcıda kontrol altına alınması: Sesin kaynakta ve yayıldığı ortamda azaltılamaması halinde gürültüye maruz kalan kişi üzerinde koruyucu tedbirlere başvurulur . Bu tedbirleri şöyle sıralayabiliriz:

1. Gürültüye maruz kalan kişiyi tecrit etmek,
2. İdari tedbirlerle gürültü kontrolü,
3. Gürültüye maruz kalma süresini azaltmak veya gürültülü yerlerde rotasyonla çalışma,
4. Kişisel kulak koruyucuları kullanmak,

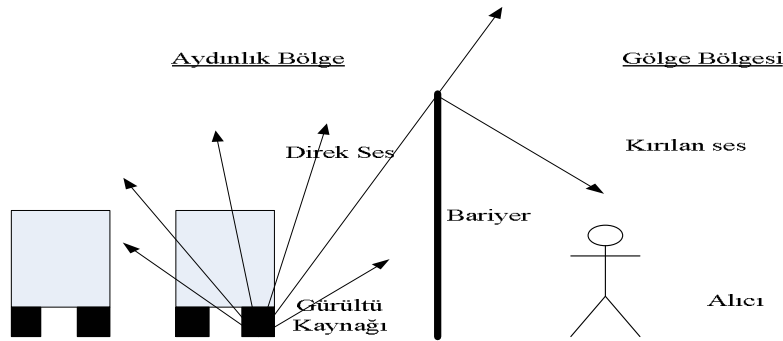
Kullarıncıda kontrol;

- 1.Kullanıcının eğitimi
- 2.Kişisel korunma
- 3.Etkilenme süresi kontrolü
- 4.Yakın çevrede maskeleye işlemleri yapılmalıdır(19).

2.5. Gürültü Engelleri

Kırılma Olayı

Bir ortamda, bir dalga hareketinin varolması durumunda, bir t anındaki dalga önünün her noktası, küresel dağılımlar veren ikincil kaynaklar olarak düşünülebilmekte ve daha sonra $t+\Delta t$ anındaki ilk kaynağın dalga önü, ikincil kaynakların o andaki dalga önlerinin teğeti olmaktadır” şeklinde belirtilebilen Huygens kuramı, eklenen bir kaç varsayımla, serbest alanda ses yayılmasını açıklamaktadır. Fresnel; 1918 de ikincil dalgaların, Young’un süperpozisyon prensiplerine göre girişim yapacaklarına ilişkin postulatını, Huygens kuramına katarak, kırılmış dalgaların genliklerinin hesaplanmasını olanaklı kıldı (2). Şekil 18’de kırılma olayı gösterilmektedir.



Şekil 18-Kırılma olayı (19).

-Engelin verdiği azaltım değerini etkileyen faktörler (2);

Engelin ses geçiş kaybı

Engelin uzunluğu

Engelin kalınlığı

Engelin yüzey yutuculuğu

Engelin ucunun kama biçimli olması

Sesin engele geliş açısı

Engelin kaynağa ve alıcıya göre konumu

Paralel engeller

Binalar

-Gürültü Kaynağına İlişkin Faktörler;

Kaynağın türü

Kaynağın yöneltim özellikleri

Kaynağın frekans spükturumu

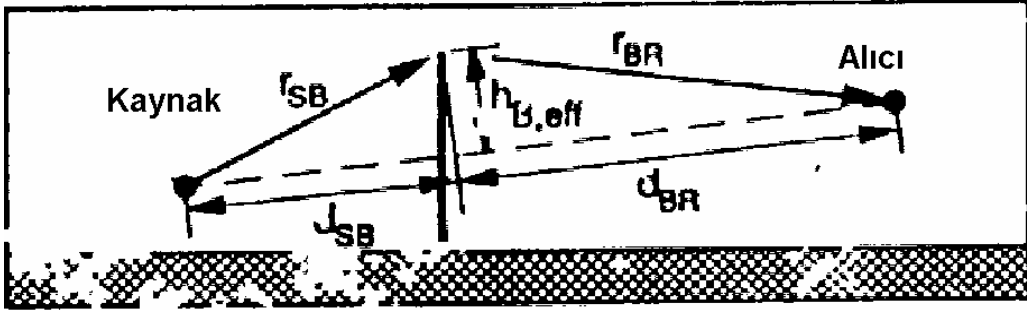
Gürültü düzeylerinin zamana göre değışimi

-Çevreye İlişkin Faktörler;

Zemin etkisi

Rüzgar etkisi

Şekil 19'da engel geometrisi ve grafiksel yöntemle engel azaltımının saptanmasına ilişkin bir örnek verilmiştir.



Şekil 19- Engel geometrisi ve grafiksel yöntemle engel azaltımının saptanması.

Engel tiplerine ilişkin örnekler Ek-5'te verilmiştir.

Şekil 20- Gürültü perdesi yerleştirildiğinde karayolundan kaynaklanan gürültünün yayılması (OECD Gürültü Raporu)

Yeterli bir kütlesi olan ve gözenekli olmayan duvarlar, kaynak ile alıcı arasına yerleştirildiklerinde ses dalgalarının kırılması olayı nedeniyle gürültüyü önemli ölçüde zayıflatırlar.

Gürültü engeli/ perdesi/ bariyeri gibi isimler altında tanımlanan bu elemanlar; geçirme, yansıma ve kırınım yoluyla ses azaltımını sağlamaktadır. Engel tasarımı ile özellikle iletim yani geçirme yoluyla bariyerin içinden geçerek giden orijinal ses dalgasının oranı azalmaktadır (28). Bunların dışında sesin gürültüye maruz kalan alıcıya ulaşana kadar perdede dolaşmasının yanı sıra ses perdesinin içerisinden de iletilir. İletilen miktar perdenin yapıldığı malzemeye, sesin frekansına, ses spektrumuna ve etki açısına bağlıdır. Ayrıca gürültü perdeleri yüksek frekanslı gürültünün azaltılmasında daha etkilidir (24).

Gürültü perdelerinin performansı, alçak frekans seslerinin kırılması ile sınırlandırılmış olduğundan, perdenin ses yalıtım özelliklerinin çok yüksek olmasına gerek yoktur. 10kg/m^2 'lik yüzey kütlesine sahip engeller genellikle yeterli olduğu belirtilmekle birlikte TSEN 1793-1 standardında kütlenin 25 kg/m^2 olması öngörülmüştür (23). Gürültü engellerinin önemli bir özelliği de; max.(peak) gürültü düzeylerini, arka plan gürültüsüne göre daha fazla azaltmalarıdır. Böylelikle gölge bölgelerindeki bir noktada L_{eq} değerleri üzerinde önemli derecede etkileri görülmektedir (2a).

Şekil 21-Gürültü engeli yerleştirilmesiyle gürültüdeki azalma (OECD Gürültü raporu)

Trafik gürültüsü dışında çeşitli gürültü kaynaklarına karşı da korunma aracı olarak kullanılabilen engeller üç grupta toplanabilir:

a. Doğal Engeller Arazi dalgalanmaları (engebeleri), doğal tepeler, trapezoid formlu toprak yığınları ve ağaçlar bu gruba girmektedirler.

b. Yapma Engeller Yol kenarında boydan boya uzanan masif parmaklık ve perde duvarları, çökertilmiş yolların, üçgen kesitli engel türüne giren eğik istinat duvarları, yükseltilmiş yolların bordürleri ve yatay uzantıları yola paralel sıra evler, birkaç ev sırasının oluşturduğu çok sıralı engeller bu gruba giren ve farklı ölçülerde engelleme etkilerinin bulunduğu elemanlardır.

c. Her İkisinin Kombinasyonu Toprak yığıma üzerinde yapma bir engel/perde tasarımı bu gruba girer(45).

Gürültü engeli olarak birkaç sıra ağaç kullanılabileceği gibi farklı malzemeler de kullanılabilir. Gürültü perdesi uygulamasında gürültüyü azaltan asıl etken sesin alıcıya doğrudan ulaşmayarak dolaylı yoldan ulaşmasıdır. Bu nedenle engel malzemesi için isteğe ve amaca bağlı olarak farklı malzemeler kullanılabilir. Gürültü engellerinin ses iletimi dışındaki diğer bir etkisi olan kırınımında, engelin üstünden geçen akustik enerjinin bir kısmı aşağıya doğru kırılır. Kırınımın sebebi, engelin üstünden aşağıya doğru ve perdenin iki yanından arkasına doğru Huygens ilkelerine göre seslerin yön değiştirmesidir ancak bu aslında azalımı uğramasıdır. İyi ses yutucu engel yüzeyi seçimiyle özellikle karşısındaki alanı etkileyen yansıma miktarı minimize edilebilir.

Doğal perdelerin kullanımında kullanılacak bitkilerin yüksekliği, yaprakların türü, bölgedeki iklime uygunluğu gibi faktörler de önem taşır. Bunlar dahilinde örnekleyecek olursak, kırsal kesimlerde yoldan geçen yüksek hızda araba ve kamyonların meydana getirdiği gürültüyü azaltmak için en etkin yol ağaç ve çalılarından oluşan daha geniş şeritler oluşturmakken, kent içinde orta hızda seyreden araçların gürültüsünü azaltmak için yine ağaç ve çalılarından oluşan genişliği daha az olan şeritler oluşturmaktır. Ağaç ve çalı perdesi gürültü kaynağına ne kadar yakın ve korunacak alana da ne kadar uzaksa o derecede optimal sonuç sağlanır. Doğal perdeler dışında kullanılan yapay perdelerde kullanılan malzeme genellikle beton, ahşap, metal (alüminyum veya galvanize boyalı çelik)dir. Çoğunlukla yapay perdeler bitkilendirilerek gürültünün daha çok azaltılması ve trafikten kaynaklanan hava kirletici emisyonların, partikül ve ağır metallerin de absorpsiyonu sağlanabilmektedir.

Sesin yayılmasını önleyen doğal engellerin bulunmadığı kesimlerde yapay sedler ve gürültü perdeleri kullanılır.

En çok rastlanan 7 tip gürültü perdesi bulunmaktadır. Bunlar;

- Düz tip absorbe edici (a,b, ve c tipi)
- Düz tip ses engelleyici (a ve b tipi)
- Y-tipi absorbe edici ,
- Açılı tip absorbe edici duvar tipleridir (8).

Şekil 22-Gürültü Perdesi Tipleri (3).

Bu tiplerin özellikleri biraz farklılık göstermekle birlikte alınan sonuçlar birbirine yakındır. Absorbe edici tipler ile Y-tipinde biraz daha fazla azaltma sağlanabilmektedir.

Gürültü engellerinin uygulanmasında şekil, renk ve dayanıklılık önem taşır Şekil 23a'da karayolunda Şekil 23b'de ise demiryolunda gürültü engellerinin uygulama şekli görülmektedir.

Şekil 23ab-Karayolu ve Demiryolunda gürültü engeli uygulaması (3).

Ses azaltıcı duvar yola oldukça yakın yapılabildiği için yol üst yüzeyinden itibaren yüksekliği de sete göre azdır. Karayolunda kullanılan ses azaltıcı duvarlar , demiryolu için uygun değildir, çünkü demiryolunda ses kaynağına yakın yapılmakta ve bu şekilde etkisi arttırılmaktadır. Ray üst seviyesinde 2m yükseklikteki bir duvarla yolcular açısından önemli bir rahatsızlık yaratılmadan gürültünün yan alanlara

yayılması azaltılabilir. Demiryolu için bir gürültü perdesinin şu özellikleri taşıması gerekmektedir (23):

1-Ses azalması 100-500 Hz arasında en az 20 dB , 500-3200 dB arasında ise en az 30 dB olmalıdır. Yani ses azaltıcı duvarla trenlerin seyir gürültüsünün tutulan kısmının duvarın üzerinden geçen kısmından daha fazla olması gerekir.

2-Gürültü perdesinin trene bakan yüzeyinin, duvar ve taşıt yüzeyleri arasındaki yansımının azaltılması için sesi absorbe edici olması gerekir. Başka bir deyimle duvarın sesi azaltma etkisi artırılmalıdır.

3- Gürültü perdesi mümkün olduğu kadar hatta yakın yapılmalıdır.

4-Demiryolu trafik emniyetini etkilememelidir.

5-Duvar konstrüksiyonu, rüzgar basıncı ve trenin aerodinamik etkileri karşısında yeterince stabil olmalıdır.

6-Duvar konstrüksiyonu aşınma rüzgar etkileri ve eskimeye karşı dayanıklı olmalıdır.

Tam bir ses gölgesinin oluşturulması; engelin, kaynağa ve alıcıya olabildiği kadar yaklaştırılması ile olanaklıdır.

Engellerin gölge bölgeleri dışındaki noktalarda bir etkileri bulunmadığından yol kenarında tasarlanacak perdelerin arkalarında yer alan yüksek binaları ve alıcıları koruyamadıkları bir gerçektir. Aynı zamanda, kaynak ile alıcı arasında bulunmaları görsel kaygılarla istenmeyebilir. Bu nedenle gürültü engeli olarak binaların tasarlanması –ancak, bu binaların dış duvarlarındaki akustik açıdan zayıf noktalar için gerekli önlemlerin alınması durumunda olanaklıdır (2a).

Gürültü engellerinin temel tasarım kriterlerini akustik ve akustik olmayan etkenler olarak sıralayabiliriz. Akustik etkenlerden bazıları, gürültü perdesinin yoldan alıcıya kadar uzanan görüş çizgisini kırarak kadar uzun olması, gürültü perdesinin uzunluğunun yaklaşık olarak alıcıyla perde arasındaki mesafenin 4 katı, yoğunluğunun da 20 kg/m^2 olması sayılabilir (28). Bir gürültü perdesinin dizayn aşamasında rol oynayan önemli akustik etkenler yola göre yüksekliği ve bulunduğu yerdir. Yoldan sabit bir uzaklıkta perdenin yüksekliğinin artırılması gürültü azaltım değerini de artıracaktır. Engel yüksekliği sabit olduğunda engelin alıcıya yakın ya da gürültü kaynağına doğru daha yakın yerleştirilmesi gürültüyü azaltma etkinliğini artırır. Fakat uygulamada yerleştirileceği bölgenin arazi koşullarından yararlanılarak yerinin saptanması da olanaklıdır. Perdenin uzunluğu; yol türü çizgisel kaynaklar varsa bitim kenarlarındaki kırılmalarla arkasına ses ulaştığından çok önemlidir.

Akustik olmayan etkenlerin başında ise estetik görünüm, çevreye uyum, bakım, rüzgar ve kazalara karşı dayanıklılık, yapım maliyeti gibi etkiler sayılabilir. Gürültü perdesinin boyutları çevresindeki yapılarla orantılı olmalıdır (24). Küçük ve müstakil yerleşim alanının kenarında uzun bir gürültü perdesi güneş ışınlarını gölgeleyerek iklimi de etkileyebilecektir. Gürültü perdeleri dizayn edilirken sürücülerin normal hızlarda araç kullanırken gürültü perdesinin şeklini, yüzeyini görsel olarak kavrayabilmeleri dikkate alınarak dizayn edilmelidir.

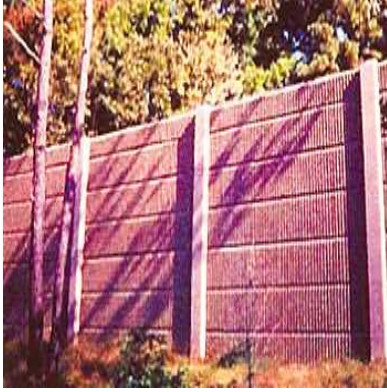
Trafik gürültüsünün kontrolü amacıyla belirli bir performansı gösterecek engellerin tasarlanmasında; engelin strüktürel açıdan dengeli ve emniyetli bulunması, sürücüler üzerinde etkili olabilecek görünüşü ve yüksek engellerin gün ışığını keserek yollarda tehlikeli gölgeler oluşturması veya koruduğu bölgeler için doğal aydınlatma olanağını zayıflatması gibi olumsuz yan etkileri, gözönünde tutulmalıdır (2b).

2.6. Gürültü Engeli Uygulama Örnekleri

2.5'te belirtilen gürültü engellerinin tasarım ilkelerine uygun olarak yapılmış, çeşitli malzemelerin kullanıldığı bazı örnekler aşağıdaki fotoğraflarda verilmektedir.



Fotoğraf 1- Metal + taş duvar örneği



Fotoğraf 2- Metal dikme + tuğla duvar rneği



Fotoğraf 3- Metal ereve + taş duvar rneği



Fotoğraf 4- Tuğla duvar rneği (Ses yutucu-rezonatör tipi)



Fotoğraf 5- Beton duvar örneği (Prefabrike elemanlar)



Fotoğraf 6- Cam tuğla + beton duvar örneği



Fotoğraf 7- Metal konstrüksiyonlu duvar örneği



Fotoğraf 8- Pervaze metal konstrüksiyonlu duvar örneği



Fotoğraf 9- Metal konstrüksiyon + beton duvar örneği



Fotoğraf 10- Rezonatör tipli beton blok duvar uygulamaları

2.7. Gürültü Kontrolü Mevzuatı Kavramının Açıklanması

Gürültü kontrolü; insanları etkisi altında kaldıkları gürültünün zararlı etkilerinden korumak için alınabilecek tüm önlemleri içerir. Bunlar;

- Gürültü niteliğine sahip sesleri kabul edilebilir düzeye indirmek
- Akustik özelliğini değiştirmek veya etki süresini azaltmak
- Hoşa giden başka bir sesle maskelemek

gibi yöntemler ile sakıncalı etkilerini tamamen veya kısmen yok etme sürecidir.

Gürültü azaltımı;

$$NR = L - L_{ölçüt} \text{ dB}$$

NR (Noise Reduction): Frekansa bağlı toplam gürültü azaltımı düzeyi, dBA

L : Kontrol edilecek gürültü düzeyi, dB

$L_{ölçüt}$ = Ölçüt düzey , dB (Bkz Şekil 24-Gürültü Kriter Eğrileri)

Tablo 8- Uygulanabilecek Gürültü Kriter Eğrilerine İlişkin Değerler (19).

Uygulanabilecek Gürültü Kriter Eğrilerine Eğrilerine İlişkin Değerler	
Mekan fonksiyonu	NCB
Çok iyi dinlenme koşulları için:	
Büyük oditoryumlar, tiyatrolar vb...	<20
Kayıt stüdyoları vb...	<25
Küçük oditoryumlar, konferans salonları vb...	<30
Uyuma ve dinlenme için:	
Yatak odaları oteller ve moteller	25-40
İyi dinlenme koşulları için:	
Özel ofisler, sınıflar vb...	30-40
Karşılıklı konuşma ve radyo dinleme için:	
Oturma odaları vb...	30-40
Diğer fonksiyonlar için:	
Geniş ofisler, kafeteryalar vb...	35-45
Lobiler, laboratuvar alanları vb...	40-50
Atölyeler, mutfaklar vb....	45-55

Bu önlemler teknik ve yönetsel içerikli olabilir. Bir taşıttan yayılan gürültüyü denetlemek için uygun susturucunun tasarımı ve imalatı, yapıların ses yalıtımının artırılması gibi teknik önlemlerin yanısıra, trafik gürültüsünü denetlemek amacıyla hız kontrolü ve sinyalizasyon düzenlemeleri gibi idari önlemler bu türden önlemlere örnek olarak gösterilebilir (28). Bu da daha yeni teknolojiyle daha sessiz araçların kullanımının yaygınlaştırılması ve mevcut araçların gürültü engelleyici ekipmanlara sahip olması ile mümkündür.

Şekil 24-Gürültü Kriteri Eğrileri (19).

Karayolu Ulaşım Kaynaklarında Gürültü Kontrolü

Karayolu ulaşım kaynaklarına ilişkin gürültü kontrolü, taşıtlar, ulaşım yolları ve ulaşım akımı gözönüne alınarak sağlanılabilir (19).

A)Taşıtlara ilişkin önlemler

- Motor yapısı ve işleyişinde alınabilecek önlemler
- Radyatör, fan, iletim sistemi ve frenlerde önlemler,
- Egzost susturucularının kontrolü
- Uygun lastik tipi seçimi
- Taşıt içi gürültü kontrolü,
- Taşıtın düzgün bakım ve onarımı,
- Ulaşımında kullanılacak taşıtlar için yaş limitlerinin konulması

B)Ulaşım yollarına ilişkin önlemler

- Yol kaplamasının belirli yol kesimleri için, uygun tipte seçilmesi
- Yol genişliklerinin yeterliliği
- Yol eğiminin ayarlanması
- Kavşak, dönemeç ve ışıkların düzelmesi
- Çökertilmiş ve yükseltilmiş yol strüktürlerinin uygun tasarımı

C)Ulaşım akımına ilişkin önlemler

- Duraksız akımın sağlanması
- Ulaşım hacminin belirli yollar için sınırlandırılması
- Ağır taşıt hacminin belirli yollar için sınırlandırılması
- Ortalama hızın uygun saptanması ve denetimi.

Trafik kaynaklı gürültü için alınması gereken önlemlerden biri de hafif raylı sistemlere geçmektir. Ancak hafif raylı sistemlerin ilk yatırım maliyetleri yüksek olduğu için ikinci plana atılmıştır. Halbuki, uzun vadede hem çevre etkilerinin trafiğe nazaran daha avantajlı olması hem yakıt tasarrufu açısından otomobillere göre daha ekonomiktir. Ayrıca bu sistem hem insanların bireysel taşımacılıktan toplu taşımacılığa yönlendirilmesinde ön ayak olur hem de gürültünün etkisini en aza indirir.

Trafiğin gürültü etkisinin azaltılması için alınacak önlemlerin yanında tüm işlemler mevzuat açısından değerlendirilmeli, yerleşim ve sanayi bölgelerinin gürültü haritaları çıkarılmalı ve yasal düzenlemelerle karşılaştırılmalıdır. Bu aşamada mevzuattaki eksiklikler giderilmeli, alınan önlemlerin devamlılığının sağlanması için de denetim mekanizmasının gelişmesi gerekmektedir.

Bu konuda alınabilecek önlemler 5 grupta toplanabilir (22).

1-Acil önlemler: Yönetmeliğin öngördüğü bazı yasak ve kısıtlamaların acilen uygulanması, uygulamanın denetimi ve yaptırımların arttırılması.

2-İşyerlerinde kulak sağlığı taramaları ve gürültü ölçmeleri yaparak belirli süreler içinde önlem alınmasının sağlanması, örneğin gürültülü makina ve araçlar için yönetmeliğin zorunlu kıldığı gürültü belgelerinin istenmesi

3-Kentin gürültü haritalarının çıkarılması buna göre minimum gürültülü bölgelere gürültüye çok duyarlı yapıların (hastane, otel vs.) yapılması

4-Yeni yapılarda ve mevcut yapıların iyileştirilmesinde ses yalıtımının aranması bu amaçla imar yönetmeliklerine gerekli maddelerin eklenmesi.

5-Eğitim çalışmaları:Gürültü kirliliğinin zararlı etkilerini topluma anlatan yayımlar yapılması,İşyerlerinde işçilerin gürültüden korunması eğitimi, gürültü yapıcılarına karşı yasal başvuruların kolaylaştırılması eğitimi.

2.7.1. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği

Ülkemizde gürültü konusu ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmış ve ilk olarak 11 Aralık 1986 tarih ve 19308 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Gürültü Kontrol Yönetmeliği” 9 Ağustos 1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun 14’üncü maddesi hükmüne dayanılarak hazırlanmıştır.Daha sonra bu yönetmelik Avrupa Birliğinin öngördüğü standartlara göre revize edilerek 1 Temmuz 2005 ve 25862 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır.

Yönetmelik;

- 1- Genel Hükümler,
- 2- Görev, Yetki ve Sorumluluklar,
- 3- Kaynakların Ses Düzeyleri,
- 4- Çevresel Gürültü Esas Kriterleri,
- 5- Çevresel Titreşim Esas Kriterleri,
- 6- Planlama Aşamasında Temel Kriterler,
- 7- Stratejik Gürültü Haritalama Esas ve Kriterleri,
- 8- Eylem Planları,
- 9- Kamuoyu Bilgilendirme, Verilerin Toplanması ve Raporlama,
- 10- Harita ve Eylem Planı Onay Prosedürü,
- 11- Gürültü Kontrolü İzin Belgesi ve Değerlendirme Kriterleri,
- 12- Ölçüm Haritalama ve Değerlendirme,
- 13- Yeterlilik Belgesi Değerlendirme Kriterleri,

14- Şikayelerin Değerlendirilmesi,Denetim, Teşvik ve İdari Yaptırımlar, ve
15- Çeşitli ve Son Hükümler

olmak üzere onbeş ayrı bölümden oluşmaktadır.

Genel Hükümler bölümünde ses ve gürültü ile ilgili tanımlar amaç ve kapsamı ve genel ilkeler, ikinci bölümde görev, yetki ve sorumluluklar yer almaktadır. Yönetmeliğin üçüncü bölümü karayolu, havayolu, demir yolu, su yolu, taşıma araçları ile endüstriyel tesislerde, ev aletlerinde ve makinalardan yayılan gürültüyü denetleyici hükümleri içermektedir. Dördüncü bölümde çevresel gürültü göstergeleri ve bu göstergelerin uygulanması ve değerlendirilmesi, yerleşim bölgeleri için getirilen gürültü ölçütleri yer almaktadır. Trafik gürültüsü, endüstri, şantiye, uçak ve demiryolu gürültülerinin değerlendirilmesi, düzenlenen tablolar yardımıyla bu bölümde verilen ilkeler doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, kapalı mekanlarda izin verilebilecek üst sınır gürültü düzeyleri, mekandan beklenen fonksiyonlara göre belirlenmiş ve çeşitli yapı tipleri için gürültüye duyarlı etkinlik alanları tanımlanmıştır. Bu bölümde yeraltı ve yerüstü metro istasyonlarında oluşacak gürültü düzeyleri, değişik çalışma koşullarına bağımlı olarak sınırlandırılmıştır.

Beşinci bölümde yerleşim alanlarında çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri, altıncı bölümde gürültüye maruz kalma kategorileri ve planlama aşamasında uyulması gereken zorunlu kriterler, yedinci bölümde stratejik gürültü haritalama esasları, sekizinci bölümde eylem planları hazırlama esasları, dokuzuncu bölümde kamuoyunun bilgilendirilmesi ve katılımın sağlanmasına ilişkin esaslarla verilerin bakanlık tarafından toplanması ve kullanılmasına ilişkin bilgiler, onuncu bölümde stratejik gürültü haritaları ve eylem planları onay prosedürü, inceleme ve değerlendirme komisyonunun oluşturulması, onbirinci bölümde gürültü kontrolü izin belgesine tabi işlemler, izin belgesi talabının değerlendirilmesi, açılma ve çalışma ruhsatı,işletmenin faaliyetlerinin sona ermesi veya el değiştirme işlemleriyle izin alınması zorunlu olmayan gürültü kaynaklarını işletenlerin yükümlülükleri anlatılmıştır. Onikinci bölümde çevresel gürültüyü, titreşimi ve akustik yalıtımı değerlendirme esasları ile darbe gürültüsü ölçüm esasları ve ölçümler için yapılacak harcamalardan bahsedilmiştir.Onüçüncü bölümde yeterlik belgesi talebinde aranan kriterler ve inceleme ve denetleme komisyonundan bahsedilmiş, ondördüncü bölümde şikayetlerin değerlendirilmesi, yaşanan sorunların hangi merciiye

aktarılması gerektiği ve bu mercilerin alması gereken önlemlerden ve son bölümde yürürlükten kaldırılan yönetmelikten bahsedilmiştir.

Bu Yönetmelikte, çeşitli sınırlama ve yasaklar getirilmiş; bunların denetimi ve gerekli izinlerin verilmesi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın imar mevzuatları, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü, 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu, 5442 sayılı İl İdaresi Kanunu, 1580 sayılı Belediyeler Kanunu ve 3030 sayılı Büyükşehir Yönetimi Hakkındaki Kanun hükümlerine göre yapılacağı, bunlarla ilgili denetim ve izinlerin, mahallin en büyük mülki amiri ve onların yetkili kılacağı belediyeler ve köy tüzel kişilikleri tarafından uygulanacağı belirtilmektedir. Yönetmeliğin ihlal edilmesi durumunda, fabrika, atölye, işyeri ve eğlence yeri sahiplerine mahallin en büyük mülki amiri tarafından bir aylık düzeltme süresi verileceği, düzeltmenin olmaması durumunda müesseselerin kısmen veya tamamen süresiz olarak kapatılacağı da bu Yönetmelikte yer almaktadır. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi'ne göre, gürültü kaynağı olarak belirlenen makina, araç, gereç ve ulaşım araçlarını ve benzerlerini imal edenler, satanlar, kullananlar ve işletenler, yönetmelikte belirlenen en yüksek ses düzeylerini aşp aşmadıklarının denetlenebilmesi amacı ile, düzenli gürültü ölçümlerini yaptırarak belgelendirmek zorundadırlar.

2.7.2. ÇED (Çevresel Etki Değerlendirme) Yönetmeliği

Ülkemizde ÇED Yönetmeliği ilk olarak 07.02.1993 tarih ve 21489 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiş, daha sonra yapılan revizyon çalışmalarıyla 16.12.2003 tarih ve 25318 sayılı ÇED Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir;

Bahsedilen ilk ÇED yönetmeliğinde yetkili kurum Çevre Bakanlığı olarak yer almışken halen yürürlükte olan 16.12.2003 tarih ve 25318 sayılı ÇED Yönetmeliğinin uygulanmasında Çevre ve Orman Bakanlığı yetkili kılınmıştır.

Bu Yönetmeliğin amacı, Çevresel Etki Değerlendirmesi sürecinde uyulacak idari ve teknik usul ve esasları düzenlemektir. Bu Yönetmelik;

a) Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu ile Çevresel Etki Değerlendirmesi Ön Araştırma Raporunun hangi tür projeler için isteneceği ve içereceği konuları,

b) Çevresel Etki Değerlendirmesi sürecinde uyulacak idari ve teknik usul ve esasları,

c) Çevresel Etki Değerlendirmesi için Kapsam Belirleme ve İnceleme değerlendirme komisyonunun oluşturulması ile ilgili çalışmaları,

d) Yönetmelik kapsamına giren projelerin işletme öncesi, işletme sırası ve işletme sonrası dönemde izlenmesi ve denetlenmesini,

e) Çevresel etki değerlendirme sisteminin, çevre yönetiminde etkin ve yaygın biçimde uygulanabilmesi ve kurumsal yapısının güçlendirilmesi için gerekli eğitim çalışmalarını, kapsar.

ÇED'e Tabi Projeler ;Bu Yönetmeliğin 7. Maddesinde

a) EK-I listesinde yer alan projeler ile,

b) EK-II listesinde bulunup ÇED Gereklidir kararı verilen projeler,
için ÇED Raporu hazırlanması zorunludur.

EkIII 'te yayınlanan, projenin tanımı ve amacı belirlenirken, proje konusu, yatırımın tanımı, süresi, hizmet amaçları, önem ve gerekliliği, projenin fiziksel özelliklerinin, inşaat ve işletme safhalarında kullanılacak arazi miktarı ve arazinin tanımlanması, Önerilen projeden kaynaklanabilecek önemli çevresel etkilerin genel olarak açıklanması (su, hava, toprak kirliliği, gürültü, titreşim, ışık, ısı, radyasyon vb.) Yatırımcı tarafından araştırılan ana alternatiflerin bir özeti ve seçilen yerin seçiliş nedenlerinin belirtilmesi gerekmektedir (39).

2.7.3. Avrupa Birliği Mevzuatı

Avrupa Birliğinin Çevre Politikaları

Avrupa Birliği çevre konusunda politika üretmeye 1972 yılında eylem planlarıyla başlamıştır. Bu dönem içerisinde atıkların geri dönüşümü, su, hava ve gürültü kirliliği ile ilgili minimum standartların oluşturulması ve yasal zeminin oturtulması gerçekleştirilmiştir. Ancak, yasal zeminin oluşturulması kirliliğin önlenmesini sağlayamadığından çevre konusu özellikle Amsterdam Antlaşması'yla Topluluk programları arasına alınmıştır. Bu amaçla 1 Ocak 1993 tarihinde yürürlüğe giren Sürdürülebilir Çevre için Beşinci Çerçeve Programı oluşturulmuştur (53). Sanayi, enerji, turizm, ulaşırma ve tarım gibi diğer sektörleri de kapsayan bu programla birlikte AB'de yürütülen tüm çalışma ve programlar çevre boyutunu da gözönüne almak zorunluluğunda bırakılmıştır. 2001 yılından beri uygulanmakta olan Çevre için 6. Çerçeve Programı ise 2010 yılına kadar çevre ile ilgili Topluluk önceliklerini ortaya koymaktadır.

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 yönergeler halen uygulanmakta olup, çevre politikası ve özellikle doğal kaynakların korunması ile ilgili yönetmelikler (atık yönetimi ve temiz teknolojiler) de uygulanmaktadır.

Avrupa birliği 1996 da Green Paper'a dayalı olarak EU Directive 2002/49/EC de gürültü haritalarının hazırlanması esaslarını ortaya koymuş ve üye ülkelerin mevcut durum haritalarına dayalı olarak gerekli planlama ve gürültü kontrol stratejilerini belirlemesini zorunlu kılmıştır (7).

Avrupa Çevre Ajansı ise, çevre ile ilgili karşılaştırılabilir veriyi biraraya getirip dağıtma amacıyla kurulmuştur. Buna göre, uygun ve etkili çevre politikaları oluşturmaları için Topluluk ve üye ülkelere gerekli olan temel bilgileri sağlanmaktadır. Ayrıca, çevre hakkında güvenilir bilginin yayılmasını da temin etmektedir. Birlik üyesi olmayan ülkelerin de katılımına açık olan Ajans'a Türkiye de dahildir(40).

AB stratejisi, çeşitli gürültü kaynağı makinelerde (motosiklet, uçak, bina dışında kullanılan makineler, çim biçme makinesi vs) izin verilebilir en yüksek gürültü seviyesini de belirlemek şeklindedir. 1996 tarihli Yeşil Kitapçık'ta bu stratejinin gürültü emisyonunun kaynağında azaltılması ve gürültüyle mücadelede Topluluk programlarına uygunluğun geliştirilmesi öngörüldü. 2000 yılı tarihli Topluluk Yönergesi de gürültü atmosferi yönetimi ve değerlendirmesini içermektedir.

Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO), OECD ile birlikte gürültü kirliliği önlenmesi konusuna ilgi göstermekte, konut bölgeleri için LAeq:55 dBA sınırının aşılmasını önermektedir.

Avrupa Birliği ülkeleri, teknik düzenlemelerin, standartların ve uygunluk değerlendirme yöntemlerinin uyumlaştırılmasının, söz konusu teknik engellerin aşılmasında en önemli araç olarak görmektedir. Avrupa Birliği'nin ortak düzenlemeler getirmesinde; temel olarak güvenli ürün ve ürünlerin serbest dolaşımı kavramlarının hayata geçirmesini hedeflenmektedir. İnşaat sektörü ile ilgili olarak yayımlanan 89/106/EEC "Yapı Malzemeleri Direktifi" kapsamında yapılan güvenli ürün tanımında yapı işlerinde kullanılacak ürünlerin sağlaması gereken temel gereklilikler ortaya konulmuştur. Bu temel gereklilikler ürünün; insan sağlığı, can ve mal güvenliği, hayvan ve bitki yaşamı, çevrenin korunması açısından sahip olması

gereken asgari koşulları tanımlamaktadır ve yapı malzemeleri ile ilgili olarak bu temel gereklilikler; “mekanik mukavemet ve denge”, “yangın emniyeti”, “hijyen-sağlık ve çevre”, “kullanım emniyeti”, “gürültüden korunma” ve “enerji tasarrufu-ısı tutma” olarak 6 başlıkta değerlendirilmektedir. Malzemeler ancak, bu yönetmelik hükümlerini karşılaması durumunda “CE işareti” ile Avrupa Birliği sınırları içerisinde piyasaya arz edilebilir.

Avrupa Birliğine üye ülkelerde yapı malzemelerinin, farklı ülkelerde farklı test prosedürlerine ve sınıflandırmasına tabii olması ticari anlamda çeşitli zorlukların doğmasına neden olmuştur. Bu yüzden standart farklılıklarından kaynaklanan teknik engellerin ortadan kaldırılmasına yönelik olarak EFTA çalışmaları başlatılmıştır.

Avrupa Komisyonu'nun amaçları iki ana başlıkta toplanmaktadır (41):

- 1) Gürültü politikalarında yeni bir yapılanmaya gitmek.
- 2) Gürültüyü kaynağında azaltmak. (Özellikle gürültü haritalarının çizilerek yerleşim alanlarının belirlenmesi; imar izni verilebilecek, ses yalıtımı zorunluluğu getirilen ve yalıtımın kullanıcıların tercihine bırakıldığı bölgelerin saptanması konunun en önemli parçasıdır.)

Hollanda'da, gürültü seviyesi 50 dBA'dan yüksek olan yerlere inşaat yapılmasını yasaklamıştır. İngiltere'de ise, yerel yönetimlere, gürültülü ekipmanlara el koyma ve haddinden fazla ses çıkartanlara para cezası verme yetkisi tanınmıştır.

89/106/EEC “Yapı Malzemeleri Direktifi” kapsamında yapılan güvenli ürün tanımında yapı işlerinde kullanılacak ürünlerin sağlaması gereken temel gerekliliklerden birisinin de “gürültüden korunma” olması AB'nin bu konuya verdiği önemi gösteren bir başka örnektir. Bu temel gerek; insanlar tarafından kullanılan veya yakınında insanların bulunduğu tüm yapılarla ilgilidir. Bu kişilerin sağlığı ve uyuma, dinlenme, çalışma vb. yaşamsal faaliyetlerinin maruz kaldıkları gürültü seviyesinden etkilenecekleri gerçeği, Direktifte bu temel gereğin oluşturulmasına neden olmuştur.

Avrupa'da ses yalıtımı ile ilgili ölçüm ve hesaplama prosedürlerine yönelik standart hazırlıkları büyük ölçüde tamamlanmıştır. AB'de oluşturulan ölçüm standartlarının bir kısmı AB teknik mevzuatına uyum çalışmaları kapsamında birebir tercüme edilerek Türk Standardı olarak yayımlanmıştır.

AB 'de çalışmaları tamamlanarak yayımlanan ve yapı elemanlarının akustik performanslarının hesaplanmasına dair yaklaşımlar getiren EN 12354-1,2,3,4,5 ve 6 standart serisinin ivedilikle uyumlaştırılması gerekmektedir.

Avrupa evre Ajansı (EEA), Avrupa nüfusunun yaklaşık yüzde 65'ini oluşturan 450 milyon insanın, 55 dBA'nın, 10 milyon insanın da 75 dBA'nın üzerinde gürültüyle karşı karşıya olduğuna işaret etmiştir.(41)

Avrupa lkelerinde, gürültüden şikayet ederek, sokaklarının gürültü haritasını çıkartmak için başvuru yapan semt sakini sayısı 2002 yılında 250.000'i aşmıştır.(41)

Ülkemizde Durum:

OECD'ye ye ülkeler kapsamında yapılan gürültü araştırma sonuçlarını yayınlamış, ülkemiz ye olmasına karşın yeteri kadar araştırma yapılmaması nedeniyle raporda yer almamıştır.

BÖLÜM 3

Bu bölümde ulaşımdan doğan çevre gürültü kirliliğinin düzeylerinin saptanması için kullanılan ölçüm ve hesaplama yöntemleri incelenmiş ve çalışmada kullanılan hesaplama yöntemi olan NMBP Routes-96 Hesaplama Yöntemi açıklanmıştır.

ÇEVRE GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİ SAPTANMASI

Gürültü Göstergeleri Değerlendirme Yöntemleri

Yukarıda Bölüm 2’de verilen çevresel kaynaklar için gürültü değerlendirmesinde kullanılan gürültü göstergeleri biriminde, gürültü düzeylerinin elde edilmesi ve bir çevrede stratejik gürültü haritaları hazırlanması gerek hesaplama, gerekse ölçüm yöntemleri ile gerçekleştirilebilir. Aşağıda bu yöntemler açıklanacaktır.

3.1. Hesaplama Yöntemleri

Ulaşım ve endüstri kaynaklı çevresel gürültü düzeyinin tayin edilmesinde “Çevresel Gürültünün Yönetimi ve Değerlendirilmesi Yönetmeliği” ve EU Directive 49 aşağıdaki yöntemlerin ve standartların kullanılmasını öngörmektedir.

a) Endüstriyel Gürültü İçin: TS ISO 9613 – 2: Akustik - Açık Havada Ses Yayıllışının Zayıflatılması, Kısım 2: Genel Hesaplama Yöntemleri,

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 Gücü Düzeylerinin Belirlenmesi – “Mühendislik Yöntemi”(6).

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

TS EN ISO 3746 : 1995 Akustik –Yansıtıcı Bir Düzlem Üzerindeki Gürültü Kaynaklarının Ses Gücü Düzeylerinin Örtüşen Ölçüm Yüzeyi Kullanarak Belirlenmesi(6).

b) Hava Aracı Gürültüsü İçin : 1997 tarihli ECAC. CEAC Doc 29 Sivil Hava Limanları Etrafındaki Gürültü Konturlarını Hesaplamak İçin Standart Yöntem. (farklı uçuş yolu modelleme yöntemleri arasından ECAC.CEAC Doc 29 belgesinin 7.5 inci bölümünde değinilen segmentasyon tekniği kullanılacaktır)(6).

c) Karayolu Trafiki Gürültüsü İçin : Fransız ulusal hesaplama yöntemi olan “NMPB – Routes – 96 (SETRA – CERTU – LCPC –CSTB)”

Emisyonlarla ilgili veri girdileri için bu belgelerde “Guide du bruit des transports terrestres, fasciculeprevision des niveaux sonores CETUR 1980 kılavuzu(6).

d) Demiryolu Gürültüsü İçin : Hollanda ulusal hesaplama yöntemi “Reken – Meervoorscrift Railverkeer slawaai” 96(6).

3.1.1. « NMBP Routes-96 » Hesaplama Yöntemi

3.1.1.1.Yöntemin amacı ve temel niteliği

Yöntem amacı motorlu trafik yollarının ses düzeylerinin; fiziksel çevrenin tüm etkili faktörlerini ve özellikle meteorolojik koşulları da dikkate alarak hesaplanmasıdır.

Yöntemin özelliği; ulaşım yollarının kenarlarından 250 m ve daha fazla uzaklıklarda olan gürültü yayılımının çeşitli fiziksel özelliklerini ve çevrenin meteorolojik koşullarını da dikkate alarak hesaplanmasına olanak sağlar.Yöntem Avrupa Birliği mevzuatına uygun olarak hesap yapar. Laeq biriminde günün iki ayrı zaman dilimi için gürültü düzeyleri saptanır :

$L_{Aeq}(22:00pm-06:00am)$ ve $L_{Aeq}(06:00am-22:00pm)$.

Gürültü düzeyi hesaplamaları 125 Hz to 4 kHz, arasında oktav bandlarda yapılır ve çizgisel kaynakları noktasal kaynaklara dönüştürme ilkesi kullanılır. Çok sayıda işlem gerektirdiğinden, bilgisayar kullanımı büyük kolaylık sağlar.Elde edilen gürültü düzeyi, emisyon (çevresel) düzeyidir.

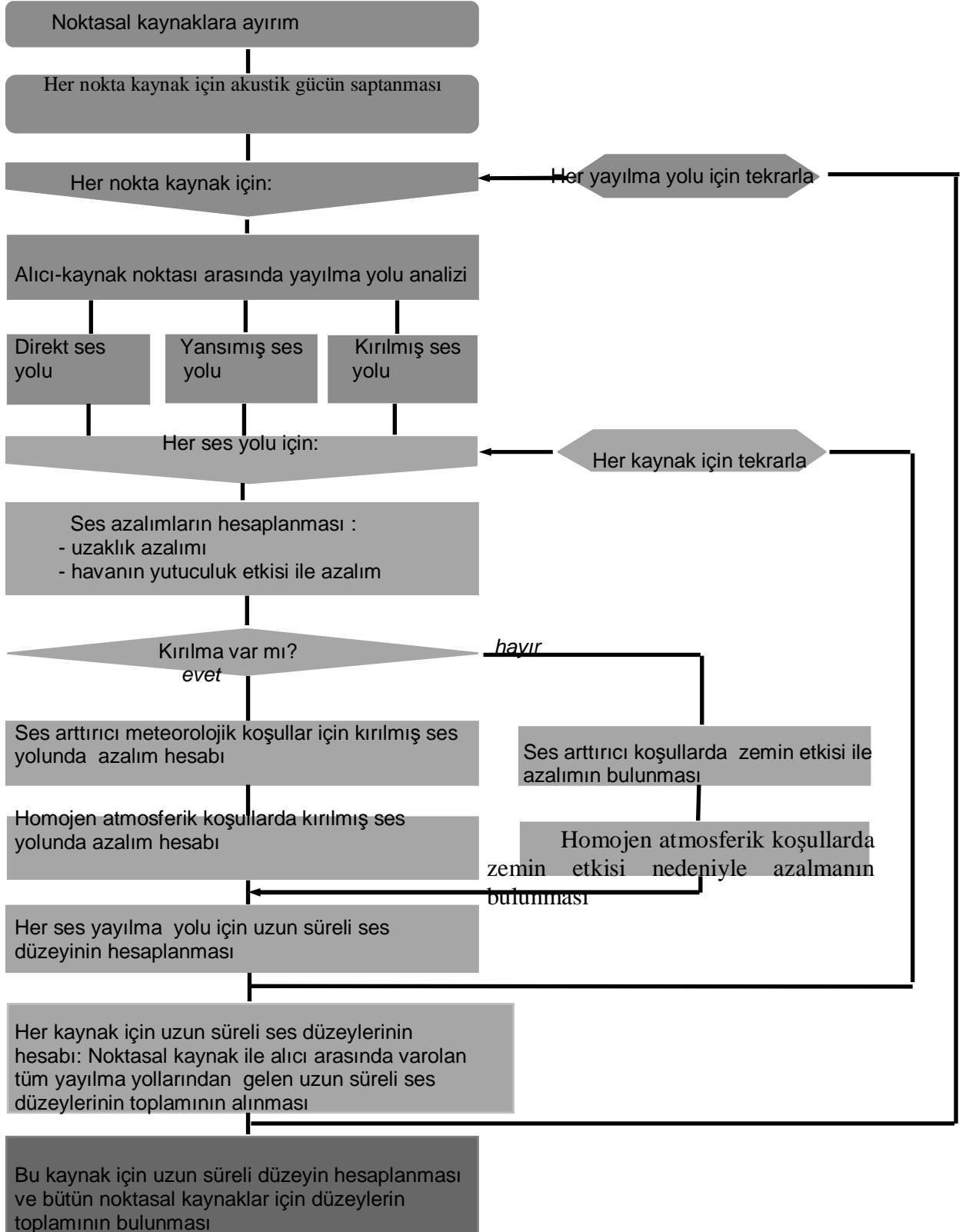
Yöntem; ulaşım yolu kenarından itibaren 800m. uzaklık içinde ve yerden en az 2 m. yükseklikteki alıcı noktaları için uygulanabilir. Yöntemin geçerliliği kaynaktan olan uzaklık ve zeminden olan yükseklik arttıkça artmaktadır.

Bu yöntem ISO 9613-1 ve 2'ye uygun olarak uygulanmıştır.

Söz konusu yöntemde ses dalgalarının yayılımında, çevresel etmenlerin etkisi ayrıntılı olarak hesaplara katılmaktadır.

Yöntemin akış diyagramı şekil 25'te verilmiştir (29).

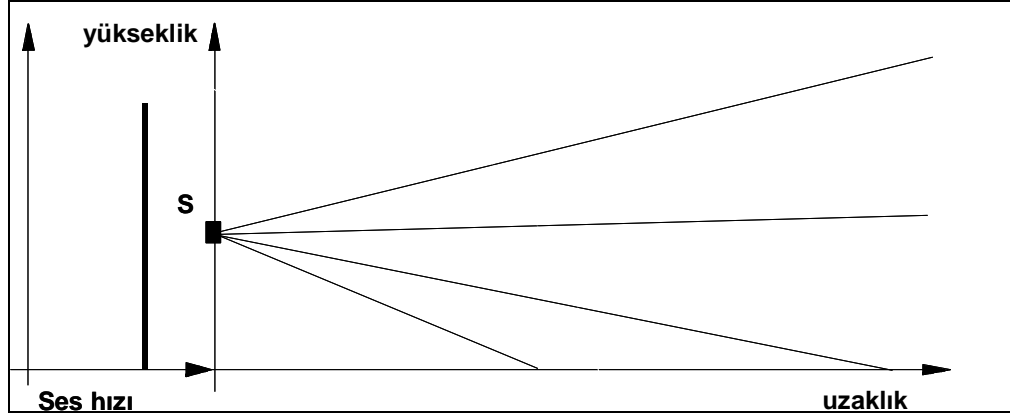
.
Yöntemin uygulama sınırı: Yoldan dik olarak 800m. uzaklık içinde ve en az 2m olan alıcı noktaları . Yöntemin geçerliliği alıcı noktasının yerden yüksekliği ve kaynaktan olan uzaklığı arttıkça artmaktadır.



Şekil 25-Hesaplama yöntemine ilişkin akış diyagramı (11).

3.1.1.2.Meteorolojik koşulların yöntemde kullanımı:

Homojen atmosfer koşulları: Bu koşullarda akustik enerji düzgün ışınlar halinde yayılır.



Şekil 26- Homojen durumdaki yayılma (29).

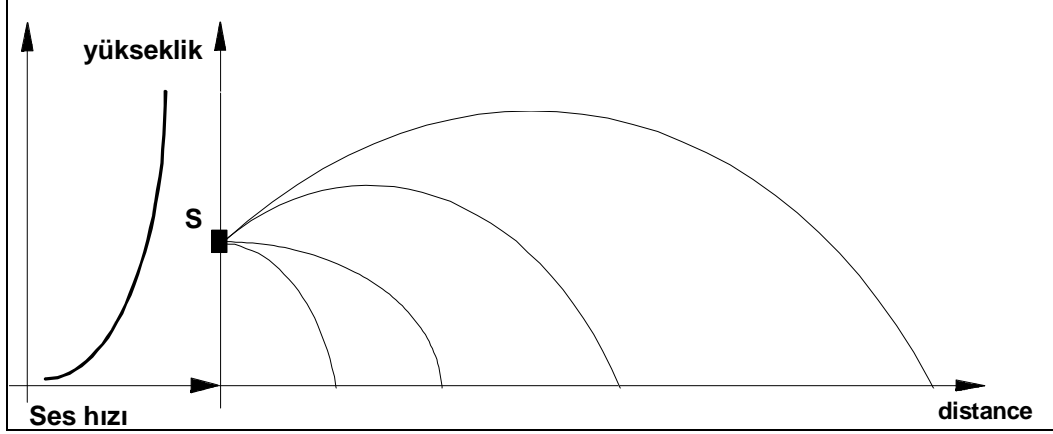
Bilindiği üzere ses dalgalarının hızları sıcak ortamda daha fazladır. Atmosfer tabakalarında yüksekliğe bağlı olarak sıcaklık dereceleri değişmektedir. Rüzgarın bulunması ise kimi zaman ses yayılımını artırıcı kimi zaman azaltıcı etki yapar.

Belli bir bölgede (alanda) sıcaklık değişimi ve rüzgar etkileri aynı oranda ve zamanda birlikte görülebilir. Özellikle mikro düzeydeki bu meteorolojik etkilerin görülmemesi oldukça az rastlanan bir durumdur. Meteorolojik etkilerin bulunmadığı durumlar şunlardır:

- Rüzgar hızı sıfıra eşit olduğunda ve her yükseklikte hava sıcaklığı sabit olduğunda: Bu durum genellikle güneşin doğmak üzere olduğu veya batmak üzere olduğu ya da gökyüzünün çok kalın bir bulut tabakası ile kaplı olduğu gündüz vakitlerinde çok kısa bir zaman aralığında meydana gelir.
- Termal ve aerodinamik etkilerin(sıcaklık değişimi ve rüzgar) birbirini dengeledikleri zaman: Bu olay, örneğin gece, gökyüzünün açık olduğu zaman, rüzgarın yayılmanın ters yönünde esmesi veya gündüz ve güneşli bir gökyüzünde, rüzgarın yayılma yönünde güçlü bir şekilde esmediği zamanlarda görülür. Bununla beraber, bu faktörlerin birbirlerini dengelemesi, her yükseklikte de ortaya çıkmayabilir. Bu durumlar ses ışınlarının düz bir çizgi şeklinde yol almasına sebep olur.

Bu olaya “homojen durum” denir yani gürültü yayılımlarının homojen ortamlarda olduğunu gösterir.

Ses yayılımını arttıran atmosferik koşullar: Bir kaynaktan yayılan ses ışınlarının zemine doğru eğilmesi (kırılması) nedeniyle homojen koşullara göre belli bölgelerde ses enerjisi artar. Bu durum iki nedenle ortaya çıkar:

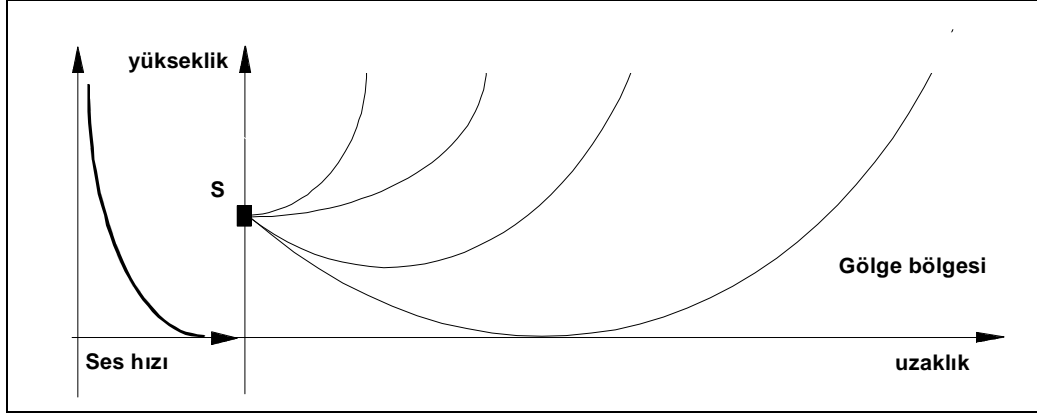


Şekil 27- Sesi arttırıcı meteorolojik koşullarda ses yayılımı (29).

Termal nedenler: Gece açık havada yeryüzü ısıyı yansıttığı için daha kolay soğur ve hava sıcaklığı yükseğe çıkıldıkça daha çok artar.

Aerodinamik nedenler: Zemin sürtünmesi nedeniyle rüzgar hızı yükseklikle artar. Rüzgarın olması durumunda gerçek sesin yayılma hızı; ses hızı ile rüzgar hızının cebirik toplamı ile elde edilir. Rüzgarın doğrultusu, sesin yayılma doğrultusuyla aynı olduğunda ses düzeyi; meteorolojik etkilerin olmadığı duruma nazaran daha uzun mesafe alır. Bu tür durumlar ses yayılmasını ve ses düzeylerini arttırıcı durumlar olarak kabul edilir. Örneğin gün içerisinde , bulutlu bir havada sesin yayılma yönünde esen bir rüzgarla birlikte yayılma, 1,5 m/s ve güneşli bir günde ise 3 m/s olarak ölçülmüştür.

Ses yayılımını azaltan atmosferik koşullar: Işınların havaya doğru yükselmesi (kırılması) nedeniyle homojen koşullara göre ses enerjisi azalır.



Şekil 28- Sesi azaltıcı meteorolojik koşullarda ses yayılımı (29).

Termal nedenler: Öncelikle yükseklik azaldıkça sıcaklık da azalır. Bu olay gün içinde meydana gelir. Güneş yeryüzünü ısıtır ve sonra atmosferin en alt katmanına ısıyı transfer eder. Böylece sıcaklık, yere yaklaştıkça artar ve sonuçta yükseklik arttıkça ses hızı azalır.

Aerodinamik nedenler: Yayılma doğrultusuna ters doğrultuda esen bir rüzgar varsa, gerçek yayılma hızı; ses hızından rüzgar hızının çıkarılması ile bulunur. Bu nedenle; yayılma yönünde ses hızı, yükseklik arttıkça azalır. Ses ışınları Şekil 28’de görüldüğü gibi yukarı doğrudur. Gölge bölgesinde ses düzeyi uzun mesafede meteorolojik etkilerin olmaması durumuna göre daha azdır. Bu bölgeye ancak türbülanslar ve kırılma nedeniyle çok az miktarda ses girebilir. Bu durumlara sesi azaltıcı durumlar diyoruz.

3.1.1.3. Uzun süreli ses düzeyinin hesaplanması:

Bu yöntem yukardaki iki tür yayılımın hesaplanmasını öngörmektedir:

- 1) Koşulların tamamen ses arttırıcı olması durumundaki ses düzeyleri; L_F . Bu durumda hesaplanan düzeyleri aşırı durumu belirttiği için (matriste ++ bölgeleri) yüksek olacaktır.
- 2) Koşulların homojen olması durumundaki ses düzeyleri; L_H .

Yoldan 250m içindeki alıcı noktaları için bölgeye ilişkin gerçek meteorolojik koşulların alınması gerekir. Sesi azaltıcı durum için hesap yapılmaz.

Uzun süreli ses düzeyi; L_F ve L_H in ağırlıkları oranında toplamalarının alınması ile aşağıdaki gibi elde edilir:

$$L_{LT} = 10 \lg [p \cdot 10^{L_F/10} + (1-p) \cdot 10^{L_H/10}]$$

p : Ses arttırıcı meteorolojik koşulların olma yüzdesi (p; 0 ve 1 arasında). Alıcıdaki uzun süreli seviye her kaynağın uzun süreli katkılarının enerji toplamını veren bu formül her kaynak alıcı çifti için uygulanmalıdır.

3.1.1.4. Meteorolojik parametre değerlerinin belirlenmesi ve hesaplarda kullanımı

Meteorolojik verilerin kullanımında gerekli doğruluk iki biçimde sağlanır:

1. Planlanacak bir yol durumunda sadece ses arttırıcı durum gözönüne alınırsa kriterin sağlanması garanti edilmiş olur.
2. Ses arttırıcı ve homojen durumda ses düzeyleri farkı fazla değilse meteorolojik faktörlerin öneminin olmadığı anlaşılabilir.

Mevcut meteorolojik verileri kullanarak ses arttırıcı durumları saptamak:

Güneşli günleri ve bulutlu günlerin sayısını belirlemek ve rüzgar hız ve yönlerini belirlemek gerekir. En az 10 yıl optimum 30 yıl gerekir. Bu veriler matriste U_i ; T_i matrisine girilir.

Diğer bir yaklaşım: Gece saatleri için %100 ses arttırıcı durum Kabul etmek gündüz ise %50 kabul etmektir.

3.1.1.5. Yöntemin Genel Adımları

Hesaplamalarda aşağıdaki adımlar uygulanır:

- 1) Ses kaynaklarını noktasal kaynaklara ayırma
- 2) Her kaynağın ses güç düzeyinin hesaplanması
- 3) Her kaynak ve alıcı noktası için yayılma yollarının saptanması (direkt, yansımış ve kırılmış yollar);
- 4) Her yayılma yolunda:
 - a. Ses arttırıcı koşullarda azalım değerinin hesaplanması

b. Homojen koşullarda azalım değerinin hesaplanması

c. (a) ve (b) deki koşullara göre hesaplanan gürültü düzeylerinden ve ses arttırıcı koşulların tekraralanma sıklığından yararlanılarak uzun süreli gürültü düzeylerinin hesaplanması;

5) Her yol için uzun süreli ses düzeylerinin toplanması ve alıcı noktasında toplam ses düzeyinin elde edilmesi.

Bir S_i ses kaynağının gücü L_{Awi} bilindiğinde bir R alıcı noktasında oktav band ses basınç düzeyleri (eşdeğer gürültü düzeyleri olarak) aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

Ses arttırıcı durumda(S_i,R) yolu için ses düzeyi:

$$L_{i,F} = L_{Awi} - A_{i,F} \quad [3.1]$$

$A_{i,F}$: ses arttırıcı koşulda tüm ses azalımlarının toplamı

$$A_{i,F} = A_{div} + A_{atm} + A_{grd,F} + A_{dif,F} \quad [3.2]$$

A_{div} : Dalga sapması nedeniyle azaltım (uzaklık azaltımı)

A_{atm} : havanın ses yutuculuğu nedeniyle azaltım

$A_{grd,F}$: Ses arttırıcı koşulda zemin etkisi nedeniyle

$A_{dif,F}$: Ses arttırıcı koşulda kırılma etkisi nedeniyle azaltım

Homojen durumda (S_i,R) yolu için ses düzeyi:

$$L_{i,H} = L_{Awi} - A_{i,H} \quad [3.3]$$

$A_{i,H}$: Homojen koşulda toplam azalma değeri:

$$A_{i,H} = A_{div} + A_{atm} + A_{grd,H} + A_{dif,H} \quad [3.4]$$

$A_{grd,H}$: Homojen durumda zemin etkisi nedeniyle azaltım

$A_{dif,H}$: Homojen durumda kırılma etkisi nedeniyle azaltım

(Si,R) yolu için uzun vadeli ses düzeyi hesabı:

i inci noktasal kaynak için homojen ve ses arttırıcı koşullarda yukarda hesaplanan her iki değerin belirli bir ağırlık uygulaması ile toplamalarının alınmasıdır.

$$L_{i,LT} = 10 \lg \left(p_i 10^{L_{i,F}/10} + (1 - p_i) 10^{L_{i,H}/10} \right) \quad [3.5]$$

p_i : Ses arttırıcı durumların gözlemlendiği zaman yüzdesi (ilerde açıklanacaktır)

Alıcı noktasında (R) tüm izler için toplam uzun süreli ses düzeylerinin bulunması:

Belirli bir oktav bantta tüm noktasal kaynakların ve sanal kaynakların etkisi gözönüne katılarak toplam eşdeğer enerji düzeyi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$L_{eq, LT} = 10 \lg \left[\sum_i 10^{0.1L_{i,LT}} + \sum_{i'} 10^{0.1L_{i',LT}} \right] \quad [3.6]$$

i tüm noktasal kaynaklar denotes all the point sources

i' : Sanal kaynaklar (yansıma etkileri)

Alıcı noktası R de uzun süreli ses düzeyi: dB(A):

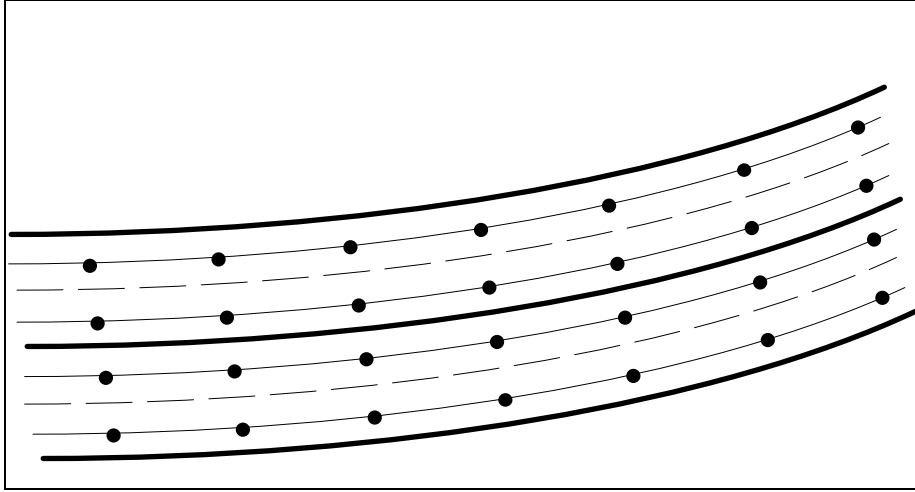
Oktav band düzeylerinin toplanması ile elde edilir:

$$L_{Aeq, LT} = 10 \lg \left[\sum_{j=1}^6 10^{0.1L_{eq, LT}(j)} \right] \quad [3.7]$$

j : 125- 4000 Hz arasında oktav bantlar

Kaynakların tanımlanması:

Gerçekte yol strüktürü belirli sayıda çizgisel kaynakların toplamından oluşur. Bu çizgisel kaynakların sayısı ve yerleri istenen doğrulukla ilgilidir. İstenirse her izin orta aksında bir çizgisel kaynak kabul edilebilir veya her yön için bir aks veya tüm yol için tek bir aks kabul edilebilir. Sonuncu seçim yol genişliği çok fazla değilse ve alıcı noktaları çok uzakta ise olabilir. Önerilen her şeridin ortasında olmasıdır bu durumda kırılmalar daha sağlıklı hesaplanabilir.



Şekil 29- Çift yönlü bir yolda kaynakların optimal yerleri (11).

Kaynakları elemanter noktalara bölmek:

Her çizgisel kaynak aşağıdaki kurallara uygun olarak bir grup noktasal kaynak gibi düşünülebilir ve akustik olarak homojen kesitlere ayrılır. Yol parçalarının saptanmasında; yol kesitinin aynı olduğu (iz sayısı, yol genişliği vd) , trafiğin aynı olduğu ve ses emisyonunun değişmediği ilkesi uygulanır.

İki farklı yaklaşım vardır:

Eşaçılı bölme sistemi: Alıcı noktasının yolu gördüğü açı; örneğin 10 derecelik aralıklara bölünür ve alıcıdan gönderilen ışınların kaynak çizgisini kestiği noktalar esas alınır.

Kaynak noktaları eşit aralıklı olarak yeralacak biçimde seçilir. Kural; iki kaynak arası uzaklığın çizgi kaynak-alıcı arası en yakın uzaklığın yarısından küçük olmasıdır. Genelde noktasal kaynaklar arası uzaklık 20m den az alınır.

Alıcı noktaları çizgisel kayanağa çok yakın ise ve görüş kısmen engelleniyorsa kaynak istenildiği gibi de bölünebilir.

Not: Eşaçılı bölümlenmede kaynak parçalarının ses güçleri eşit olmayabilir.

Ses emisyon verilerinin modele girilmesi

Bir elemanter kaynağın oktav band ses gücü L_{Awi} (dB(A)); aşağıdaki bağıntı ile elde edilebilir: (Ref: "le Guide du Bruit des Transports Terrestres" ("Prévision des niveaux sonores", CETUR, 1980, abaci 4.1 and 4.2)

$$L_{wi} = [(E_{VL} + 10\lg Q_{VL}) \oplus (E_{PL} + 10\lg Q_{PL})] + 20 + 10\lg(l_i) + R(j) \quad [3.8]$$

E_{VL} ve E_{PL} : Hafif ve ağır taşıtların ses emisyon düzeyleri (Ref den elde edilecek)

Q_{VL} ve Q_{PL} : Hafif ve ağır taşıtların incelenilen bir periyot içinde saatlik geçiş sayıları

l_i : i inci noktasal ses kaynağı için kaynak çizgisi uzunluğu

$R(j)$: EN 1793-3 standardına göre Tablo 9' da verilen standartlaştırılmış A ağırlıklı yol trafik gürültüsü değerleri

Formülde toplama sembolü; desibel toplamayı ifade etmektedir.

Tablo 9- Standartlaştırılmış A ağırlıklı yol trafik gürültüsü değerleri (11).

j	oktav band	R(j) dB(A)
1	125 Hz	-14
2	250 Hz	-10
3	500 Hz	-7
4	1 kHz	-4
5	2 kHz	-7
6	4 kHz	-12

3.1.1.6.Gürültü Yayılımının Analizi

Alıcı noktalar

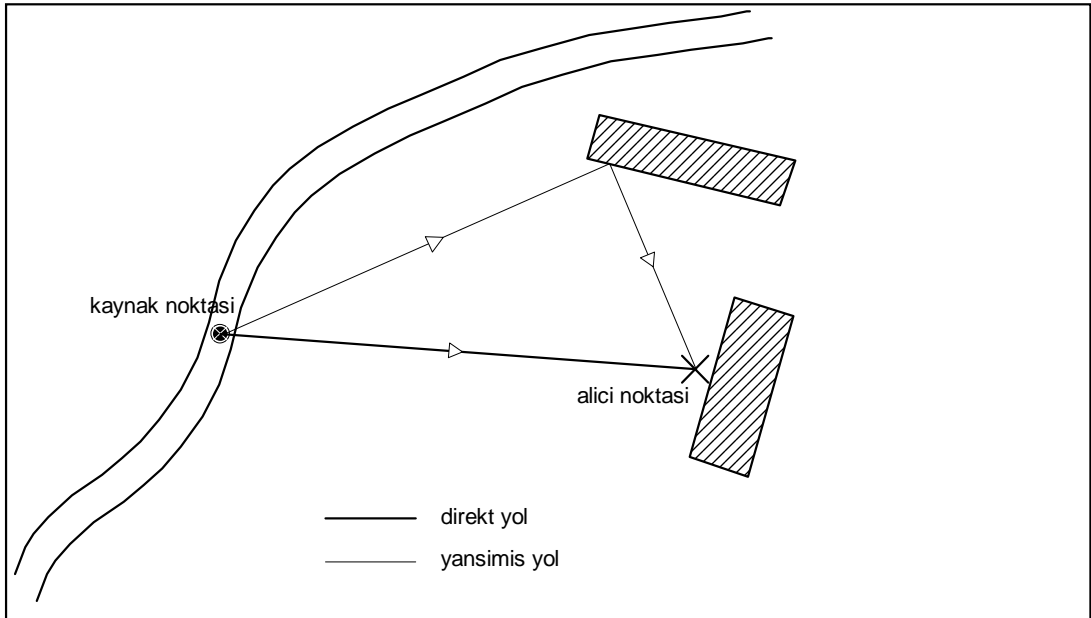
Alıcı en az yerden 2m yükseklikte olmalı ve net yüksekliği 0.5 m doğrulukla saptanmalıdır. Yöntemde hesaplamalar serbest alan koşullarına göre yapılmaktadır. Alıcı noktaların bina cephelerinden 2m uzaklıkta olduğu var sayılmaktadır. Cephe duvarının etkisini hesaba katmak için; hesaplanan değerlere +3 dB(A) eklenerek sonuç düzey $L_{Aeq,LT}$ bulunur.

Elemanter yayılma yolları

ISO 9613-2 standardında verilen geometrik yöntemle göre kaynak ile alıcı nokta arasında ses enerjisinin tüm yayılma yolları araştırılır. Bu yayılma yolları arazinin yatay düzlem, sonra düşey düzlem üzerindeki izdüşümünde belirlenir. 2 tipte yayılma izi bulunabilir (Şekil 30):

Kaynak alıcı arasındaki direkt yollar (Yatay kesitte (planda) düz çizgiler olarak görülür) Kırılmalar ve yansımalar da bu yollara eklenebilir.

Düşey objeler üzerinden olan yansımış yollar (ki 15^0 den az eğimli ses ışınları) ise sanal kaynak yöntemine göre bulunur. Zeminden olan yansımaların da tümü düz kabul edilir.



Şekil 30- Direkt ve yansımış ses yolları (29).

Bir elemanter yayılma yolu üzerinde hesaplamalar

Geometrik sapmanın bulunması: (Uzaklığa bağlı ses azalımı)

Ses düzeyinin yayılma uzunluğuna bağlı olarak azalmasıdır. Bir noktasal ses kaynağı için açık alanda azalım (dB) aşağıdaki gibi bulunur:

$$A_{div} = 20 \log(d) + 11 \quad [3.9]$$

d : Kaynak alıcı arasındaki direkt uzaklık, m (arada bir obje yokken)

Atmosferik azalımın hesaplanması:

d yayılma uzunluğu boyunca atmosferik azalım aşağıdaki gibi hesaba katılır:

$$A_{atm} = \alpha d/1000 \quad [3.10]$$

d : alıcı kaynak arası direkt uzaklık, m

α : Havanın ses yutuculuk katsayısı (dB/km) : Oktav bandlardaki değerler aşağıda Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10- Her oktav bantta hava yutuculuk katsayısı (29).

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

α değerleri; ISO 9613-1 e göre; 15 °C sıcaklıkta ve %70 bağıl nem koşulunda verilmiştir.

Zemin etkisinin hesaplanması:

Zemin etkisi nedeniyle olan azaltım; direkt ve zeminden olan yansımış ses dalgalarının girişimi nedeniyle olur. Fiziksel olarak yayılmanın olduğu zemin cinsine (ses yutuculuğuna) bağlıdır. Ancak yayılma sırasındaki hava koşulları ile de ilişkilidir. Çünkü ışınlardaki zeminden olan yüksekliğe göre eğrilme bazı durumlarda zemin etkisinin ihmal edilecek derecede az olmasına veya tersine artmasına neden olabilir. Bu yöntemde zemin etkisinin hesabı için aynı ilkelere dayanan iki farklı yaklaşım kabul edilmiştir. Ses arttırıcı koşullarda hesaplama yöntemi ISO 9613-2 da önerilen yaklaşımdır.

Zeminlerin akustik özellikleri porozitelerine bağlıdır. Yoğun toprak daha çok ses yansıtıcıdır , gözenekli olanlar ise daha ses yutucudur. Yöntemde zeminin akustik ses yutuculuğu boyutsuz bir katsayı olan ve 0-1 arasında değişen G katsayısı ile gösterilmiştir. 0: tamamen ses yansıtıcı, 1 ise tamamen ses yutucu zeminkeri belirtir. Yayılma yolu üzerinde farklı zemin türleri varsa G ; eşdeğer yutuculuğu belirtmek üzere herhangi bir değeri alabilir. Bu durumda G yayılma yolu üzerinde ses yutucu kısımların oranını belirtir. (Tablo 11).

Tablo 11-Zemin tiplerinin ses yutuculuk katsayıları (29).

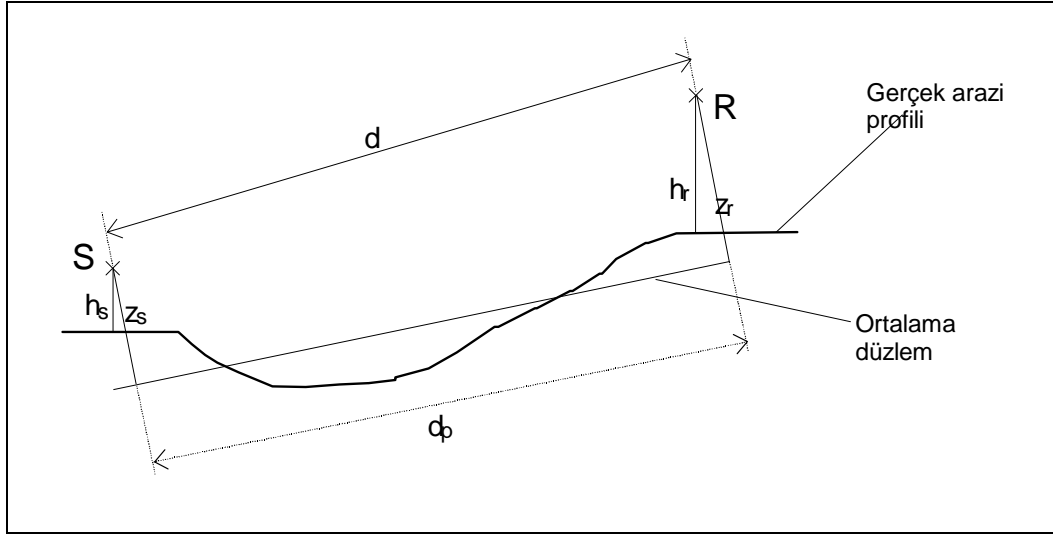
Zemin tipi	G (birimsiz)
Yutucu zemin (çimen, çalılık, ağaçlar vd)	1
Yansıtıcı zemin (Yol yüzeyi, beton vd) reflecting ground	0

Zeminden olan etkin yüksekliğin belirlenmesi

Yayılma yolunda bulunan zeminin gerçek durumunu hesaba katabilmek için zeminden olan gerçek yükseklik yerine eşdeğer yükseklik kavramı tanımlanmıştır. Zeminden olan gerçek yükseklik h ile etkili yükseklik z sembolü ile belirtilir. Eşdeğer yükseklikler kaynak ve alıcı arasında kabul edilen bir ortalama düzleme göre belirlenir. Bu düzlem engebeli arazi durumunda arazi profilini belirten sanal bir

düzlemdir. (Şekil 31). Eşdeğer yükseklik bu ortalama düzleme olan dikey (ortogonal) uzaklıktır.

Eşdeğer kaynak yüksekliği z_s ve eşdeğer alıcı yüksekliği bu yöntemle belirlenir.



Şekil 31- Zeminden olan eşdeğer yükseklikler (29).

Ortalama düzlem; kaynak ve alıcı arasındaki arazi profili için istatistiksel analiz yapılarak bulunur. Eşdeğer yükseklik negatif olduğu yerlerde (düzlemin altında kalan noktalar için) eşdeğer yükseklik 0 alınabilir.

Zemin etkisi NMBP yönteminde ses arttırıcı ve homojen koşullar için ayrıntılı olarak hesaplanabilmektedir.

Tüm yayılma yolları için ses arttırıcı koşullarda zemin nedeniyle olan azalmalar aşağıdaki gibi elde edilebilir:

$$A_{\text{grd},F} = A_{S,F} + A_{m,F} + A_{r,F} \quad [3.11]$$

$A_{S,F}$, $A_{m,F}$, $A_{r,F}$: Sırasıyla kaynak, orta bölge ve alıcı bölgesinde zemin etkisi nedeniyle olan azalım değerleri Yöntemde verilen bir Tablodan yararlanılarak hesaplanmaktadır.

Kırılma ile azalmanın hesaplanması

Kaynakla alıcı arasındaki bir elemanın görüş hattının üzerine çıkan bir yükseklikte olması durumunda ses enerjisinin kırılma nedeniyle azalımı ses düzeylerinin hesaplanmasında gözönüne alınır. Yayılma yolu yeterli bir yükseklikte bulunan engelin üstünde bulunuyorsa kırılma hesabına gerek yoktur. Uygulamada 500 Hz de hesaplanan δ değeri ; $-\lambda/20$ ile karşılaştırılır. (Bu değer; 500 Hz de -0.034 m dir). Eğer $\delta < -0.034$ m ise kırılma hesabı yapılmaz. $\delta > -0.034$ m ise;

aşağıdaki gibi kırılma hesabı her oktav bantta yapılır. Kırılma hesaplamaları NMBP yönteminde:

- . Değişik zemin koşulları
- . İki farklı meteorolojik koşulda (ses arttırıcı ve homojen durum)
- . Tekli veya çoklu engel durumlarında

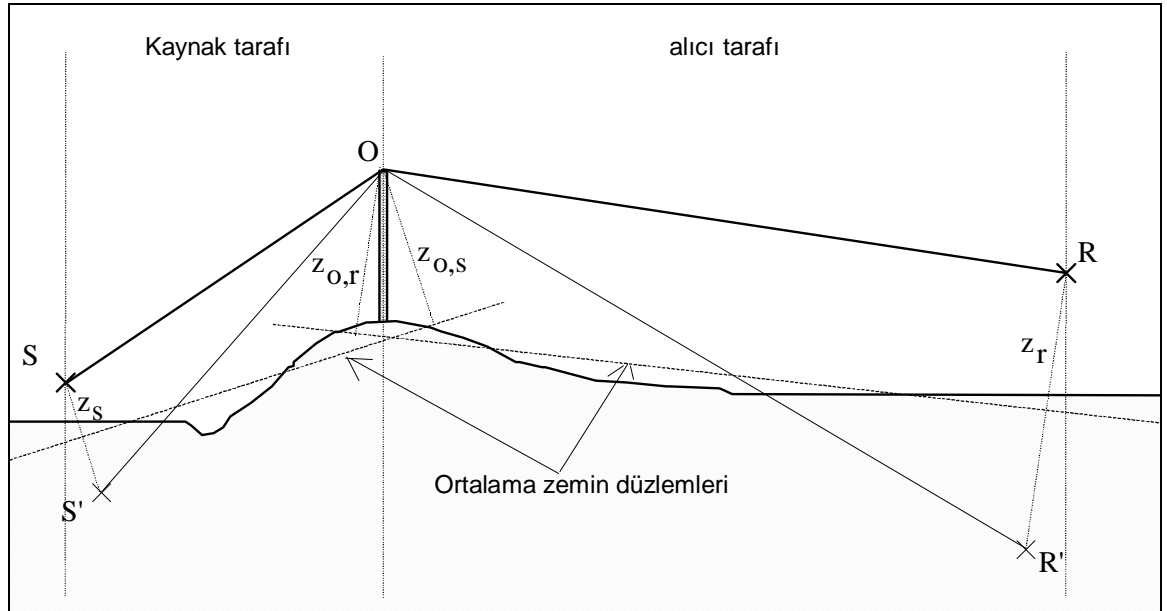
ayrı yöntemlerle yapılır ve ince ve kalın engeller, binalar, doğal veya yapma toprak yığmalar, setlerin kenarları, yarmalar ve viyadükler nedeniyle olan kırılmalara uygulanabilir.

Genel ilkeler;

Kırılma ile ilgili genel yöntem Şekil 32’de verilmiştir. Bu yöntem ses yayılma yolunu iki bölüme ayırmaktadır: Kaynak tarafı ve alıcı tarafı.

Hesaplanacak değerler şunlardır:

- Kaynak tarafı zemin etkisi: $\square_{\text{grd}}(S,O)$,
- Alıcı tarafı zemin etkisi: $\square_{\text{grd}}(O,R)$,
- S farklı kırılma: S ve R arası: $\square_{\text{dif}}(S,R)$,
- S' (sanal kaynak) ve R arası: $\square_{\text{dif}}(S',R)$
- S ve R' (sanal alıcı) arası: $\square_{\text{dif}}(S,R')$



Şekil 32- Kırılma nedeniyle azalımın hesaplama ilkeleri

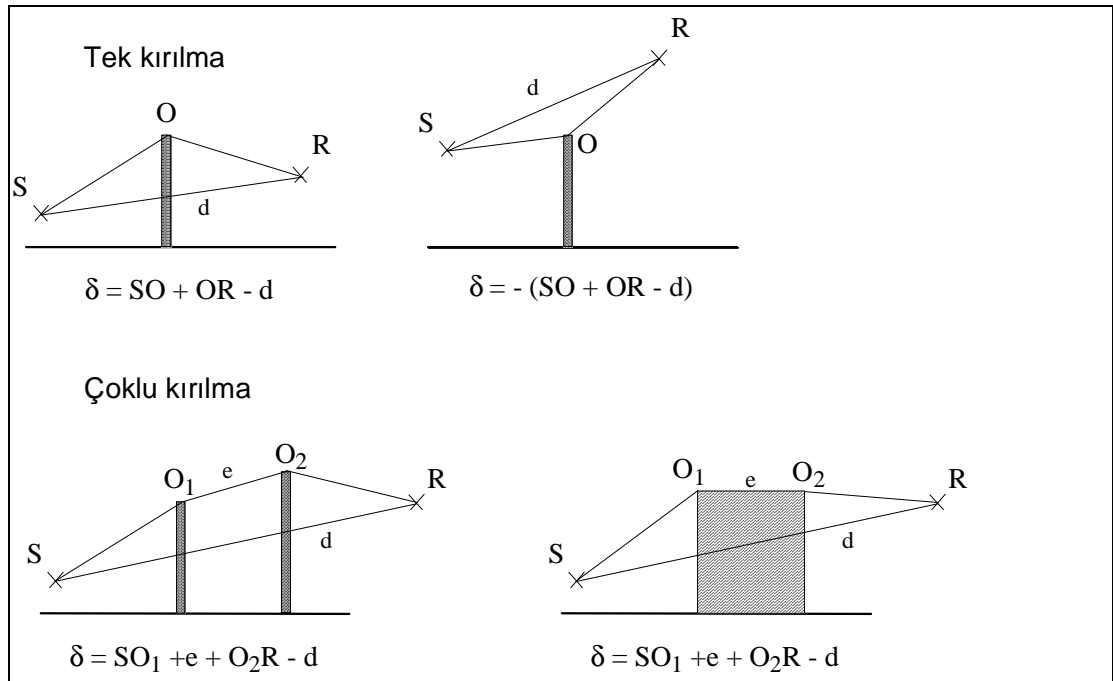
Zeminin düzgün olmaması nedeniyle eşdeğer yükseklikler kullanılır.

- S kaynak
- R alıcı
- S' kaynak tarafı ortalama düzleme göre sanal kaynak
- R' alıcı tarafı ortalama zemin düzlemine göre sanal alıcı

- O kırılma noktası
 z_S kaynak tarafı ortalama düzlemi üzerinde eşdeğer kaynak yüksekliği
 $z_{O,S}$ kaynak tarafı ortalama düzlemi üzerinde eşdeğer kırılma noktası yüksekliği
 z_R alıcı tarafı ortalama zemin düzlemi üzerinde eşdeğer alıcı yüksekliği
 $z_{O,R}$ alıcı tarafı ortalama zemin düzlemi üzerinde eşdeğer kırılma noktası yüksekliği

Yol farkının hesaplanması:

Yol farkı δ nın hesaplanmasında homojen koşullar ve ses artırıcı koşullar ayrı ayrı gözönüne alınmıştır. Homojen koşullarda yol farkı hesabı Şekil 33' de verilmektedir.



Şekil 33- Homojen koşullarda yol farkının hesaplanması (O, O₁ ve O₂ : kırılma noktalarıdır).

Kırılmadan dolayı olan azaltımın A_{dif}

Kırılma nedeniyle kaynak ve alıcı tarafında ses azalimleri ayrı ayrı hesaba katılarak kırılmadan dolayı azaltım elde edilir:

$$A_{dif} = \Delta_{dif}(S,R) + \Delta_{grd}(S,O) + \Delta_{grd}(O,R) \quad [3.16]$$

$\Delta_{dif}(S,R)$: S ve R arasında kırılmadan dolayı azaltım değeri, dB

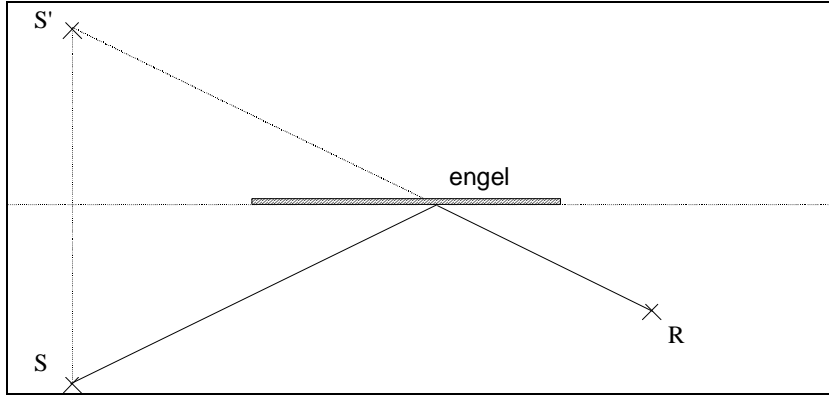
$\Delta_{grd}(S,O)$: Kaynak tarafında zemin etkisi nedeniyle azaltım (kaynak tarafında kırılmaya göre düzeltilmiş değer)

$\Delta_{grd}(O,R)$: Alıcı tarafında zemin etkisi nedeniyle azaltım (alıcı tarafında kırılmaya göre düzeltilmiş değer)

Bu değerler yöntemde ayrı ifadelerle verilmektedir.

DüŖey engellerden olan yansımalar

DüŖey yüzeylelerden (bina yüzeyleleri ve gürültü perdeleri gibi) olan yansımalar sanal kaynak yöntemine göre bulunur. Buradaki engel; eğimi düŖeyden 15°den daha az eğimli yüzeyleydir. Ŗekil 34.



Ŗekil 34- Sanal kaynak yöntemine göre geometrik yansıma

S: kaynak
S': sanal kaynak
R: alıcı

Ses, kaynak özellikleri ile birlikte ölçüm yerinin mesafesi ve ortamın akustiğine bağılıdır. Serbest bir alanda ses gücü uzaklığın karesi ile orantılı olarak azalır.

$$L_{(r)} = L_0 - 20 \log \frac{r}{r_0}$$

L_r , r mesafesindeki ses

L_0, r_0 mesafesindeki ses

Örnek: $r=2r_0$, yani mesafenin iki katına çıkması durumunda azalma miktarı,

$$20 \log \frac{2r_0}{r_0} = 20 \log 2 = 20 \times 0.3 = 6 \text{ dB} \text{ olmaktadır.}$$

Mesafenin 4~8 kat artması ile sesin yarısı kadar duyulabildiği gözlenmiştir (3).

Bütün olasılıkları topladığımızda, gözlemlenen meteorolojik faktörlere göre Tablo 12'de ses seviyesinin uzun mesafedeki nitelik değişimleri gösterilmiştir.

Tablo 12- Ses seviyesinin uzun mesafedeki nitelik değişimleri gösterilmiştir(29).

U1:	Yayılmının tersine esen güçlü rüzgar(3 veya 5 m/s)	T1:	Gündüz vakti ve güçlü ışımalar ve kuru yüzey ve çok fazla olmayan rüzgar
U2:	Orta halli veya zayıf tersten esen rüzgar (1 veya 3 m/s)	T2:	T1 de görülen durumun aynısı fakat bunlardan birinin doğru olmadığı durumlar
U3:	Sıfır rüzgar veya enine esen rüzgar	T3:	Gün doğumu veya gün batımı veya (bulutlu hava ve rüzgarlı ve çok önemli olmayan yüzey)
U4:	Orta halli veya yayılma yönünde esen güçlü rüzgar veya 45 ⁰ lik açıyla esen rüzgar	T4:	Gece ve (bulutlu veya rüzgarlı)
U5:	Yayıлма yönünde esen güçlü rüzgar	T5:	Gece ve açık gökyüzü ve zayıf rüzgar

Tablo 13- Gürültü seviyesinde meteorolojik faktörlerin etkisini niteliksel olarak gösteren tablo (29).

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

Tablo13'te görüldüğü gibi 5 tip yayılma vardır.Bunlar;

(— —): Çok güçlü azalma yaratacak güçlü yukarı doğru yayılan akustik ışınlar tersine durumlar da denir.(Ses azaltıcı koşullar)

(Yorum: Ses dalgaları ne kadar çok yukarı istikamette yayılırsa o kadar akustik özelliklerini kaybederler.)

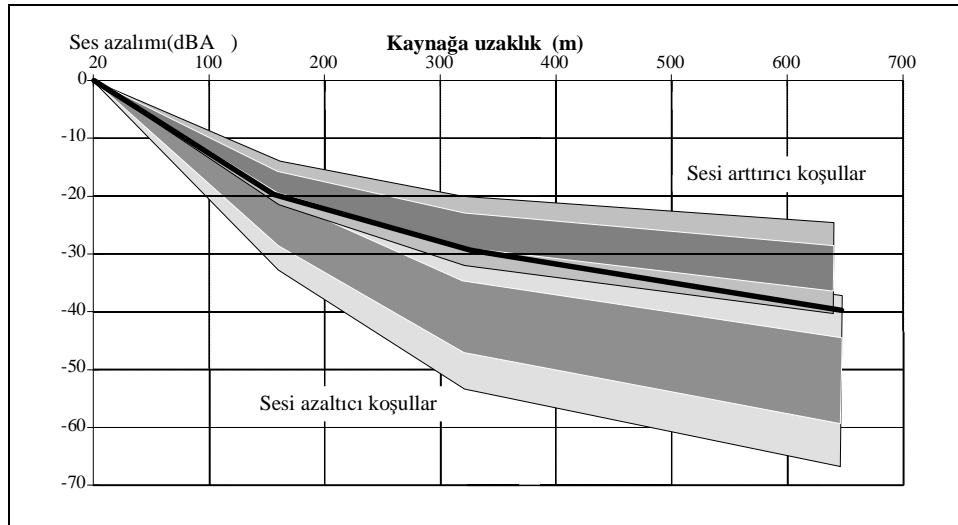
(—): Oldukça fazla azalmaya denk gelen akustik ışınların yukarı doğru hareketi (Sesi azaltıcı koşullar)

(Yorum: 1 ile aynı fakat o kadar güçlü değil , daha az güçlü)

(Z): Düz yayılan akustik ışınlara denk gelen sıfır meteorolojik etkiler.(Homojen durumlar)

(+): Aşağı doğru hareket eden akustik ışınlara denk gelen orta halli olarak ortam ses seviyesi. (Sesi azaltıcı koşullar)

(+ +): Güçlü bir biçimde aşağıya doğru yönelen akustik ışınmalara denk gelen ses seviyesindeki güçlü artışlar. (Sesi arttırıcı koşullar)



Şekil 35- Kaynağa olan uzaklığa göre ses azalması(29).

Taranmış gri bölge mümkün olmayan meteorolojik olayları gösterir.

Görölmelidir ki, sesi arttırıcı koşulda ses düzeyinin standart sapması çok daha küçüktür, başka bir deyişle düzeylerler daha az dağımıktır. Şekil 35 düz bir yer düzleminin üzerinde kaynak-alıcı mesafesinin konumuna göre ölçölmüş ses azalmasını göstermektedir. Grafikte kaynak yüksekliği 6 m ve alıcı yüksekliği 1.5 m

alınmıştır ve azalma; homojen durumlarda, ses arttırıcı ve azaltıcı durumlarda olmak üzere 3 koşul için belirtilmiştir (11).

3.2. Çevre Gürültüsü Ölçüm Yöntemleri ve Analiz Sistemleri

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği EK I de açıklanan gösterge tanımlarına uygun olarak TS 9315 (ISO 1996 – 1) ve TS 9798 (ISO 1996 –2) standartlarında belirtilen ilkelere uygun şekilde ölçümler yapılmalıdır. Bu ilkeler aşağıda verilmektedir;

Ölçüm konumlarının sayısı ve yerleşimi:

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.

Ölçüm konumlarının sayısı ve yerleşimi, göz önüne alınan çevre için gerekli hacimsel ayırma gücüne bağlıdır.

Mikrofon konumu:

Dışarıda bina yanlarında yapılan ölçümlerde, ölçümler bir binanın maruz kaldığı gürültünün önemli olduğu yerlerde yapılmalıdır. Başkaca belirtilmedikçe, 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.

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 gerektirir)(6).

Referans Zaman Aralığı:

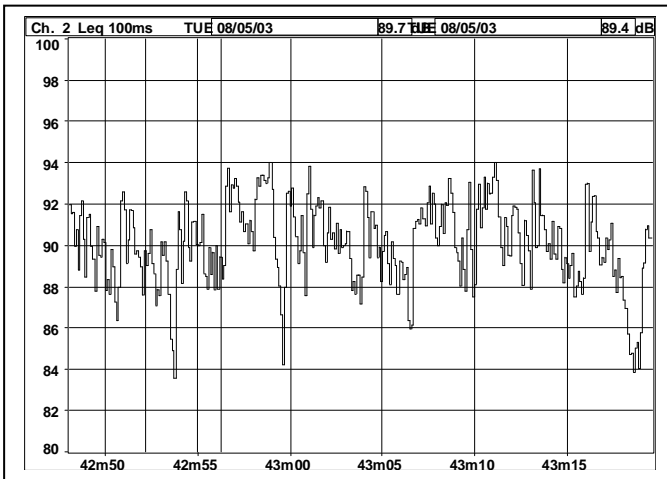
Referans zaman aralıkları, trafik yoğunluğu ve sanayi fabrikalarında çalışma saatleri gibi kaynağın araştırılması sırasında değişimler tipik insan faaliyetlerini kaplayacak şekilde belirtilmelidir.

Uzun vadeli ortalama değerlendirme seviyesinin ve uzun vadeli ortalama ses seviyesinin saptanması:

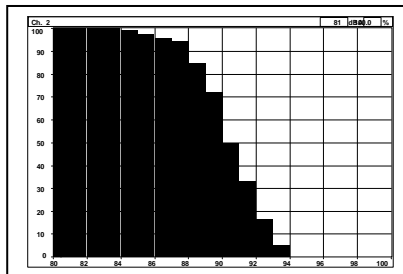
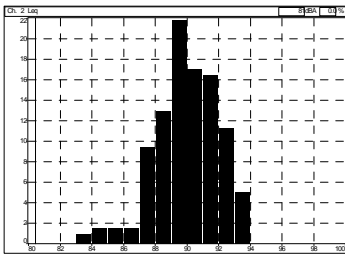
Genelde bu büyüklükler ölçümlerden ve/veya hesaplamalardan elde edilirler. Sonuçlar, tarif edilmiş bir yerleşimde ses basınç seviyesini temsil etmelidir. Cihaz, mikrofona konumlarının sayısı, ölçüm zaman aralıklarının süresi ve sayısı gibi kullanılan ölçüm teknikleri arazi kullanımıyla ilgili sonuçların önemine ve ses kaynakları ve alıcıların tabiatına bağlıdır. Tarif edilmiş bir yerleşimde alınan gürültü için tipik olmayan harici gürültüleri de kapsayan sonuçları gerekliyse ayrı bir biçimde belirtilmelidir. Kullanılan cihaz TS 8535'de tarif edilen ses seviyesi ölçme cihazının özelliklerini kapsayan tercihen Tip 1'e, yoksa en azından Tip 2'ye uymalıdır

Şekil 36 ve 37 kullanılabilecek ölçüm sistemlerine ilişkin örnekler vermektedir.

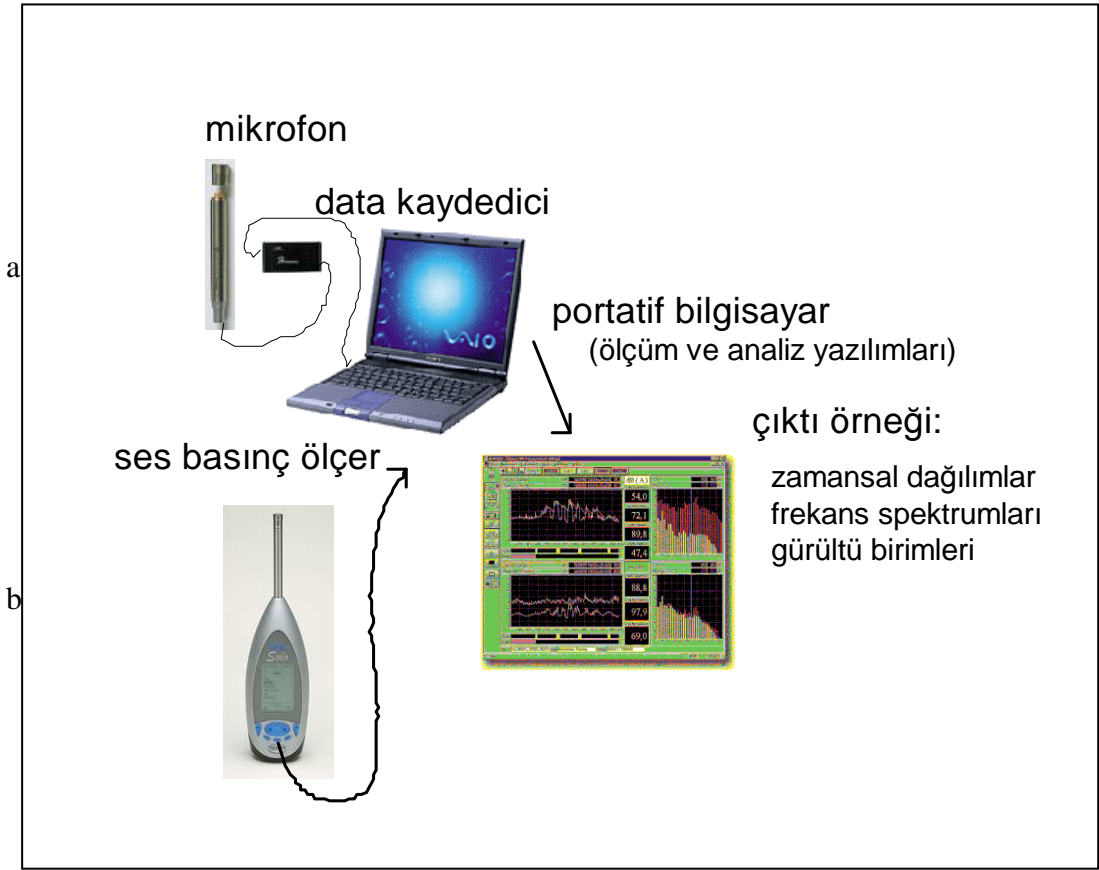
Sürekli kayıt örneği



İstatistiksel analiz örneği (Gürültünün zamana göre değişim analizleri)



Şekil 36-Sürekli kayıt örneği ve istatistiksel analizi

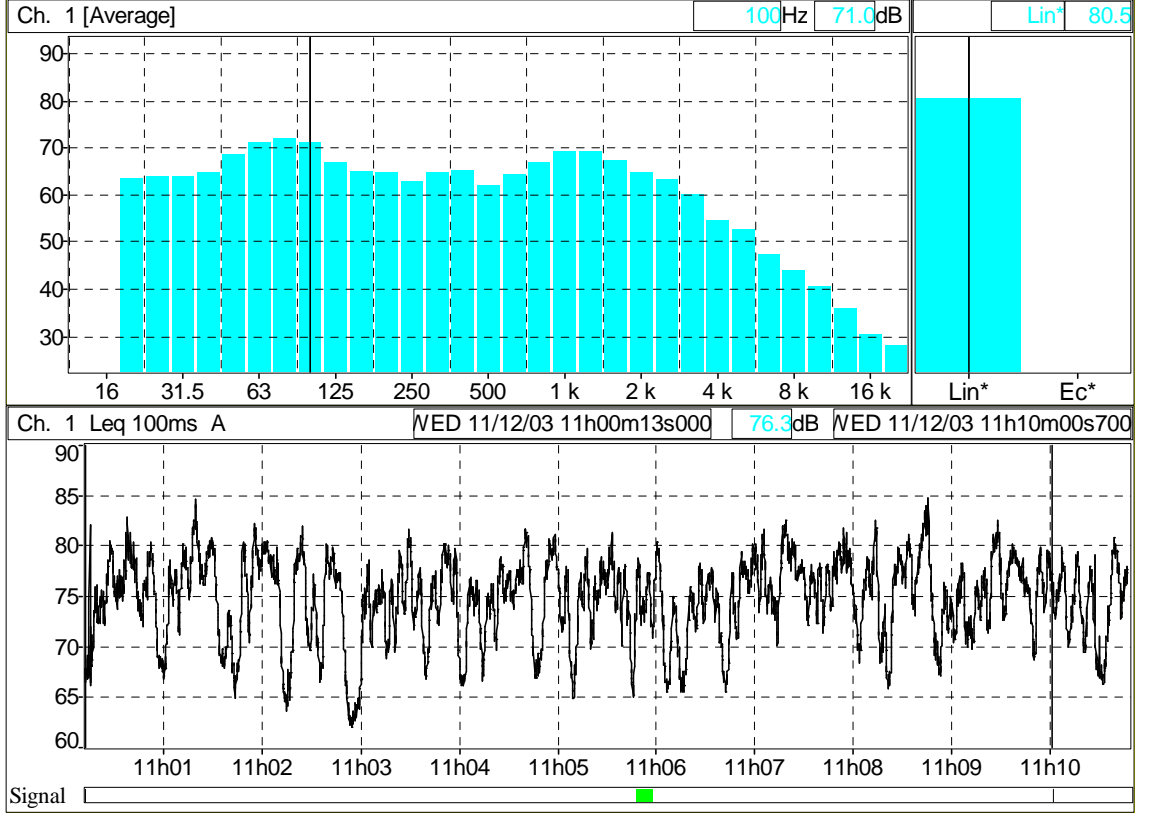


Şekil 37-Çevre gürültüsü ölçüm sistemlerine örnekler

37 a.Doğrudan bilgisayar ve uygun yazılım kullanılarak ölçüm, kayıt ve analizlerin anında yapılması

37 b. Sinyal depolayan, taşınabilir sonometre (integrated sound level meter) kullanılarak ölçüm yapılması ve laboratuvarlarda analiz

10 DAKİKALIK GÜRÜLTÜ DEĞİŞİMLERİNE ÖRNEK

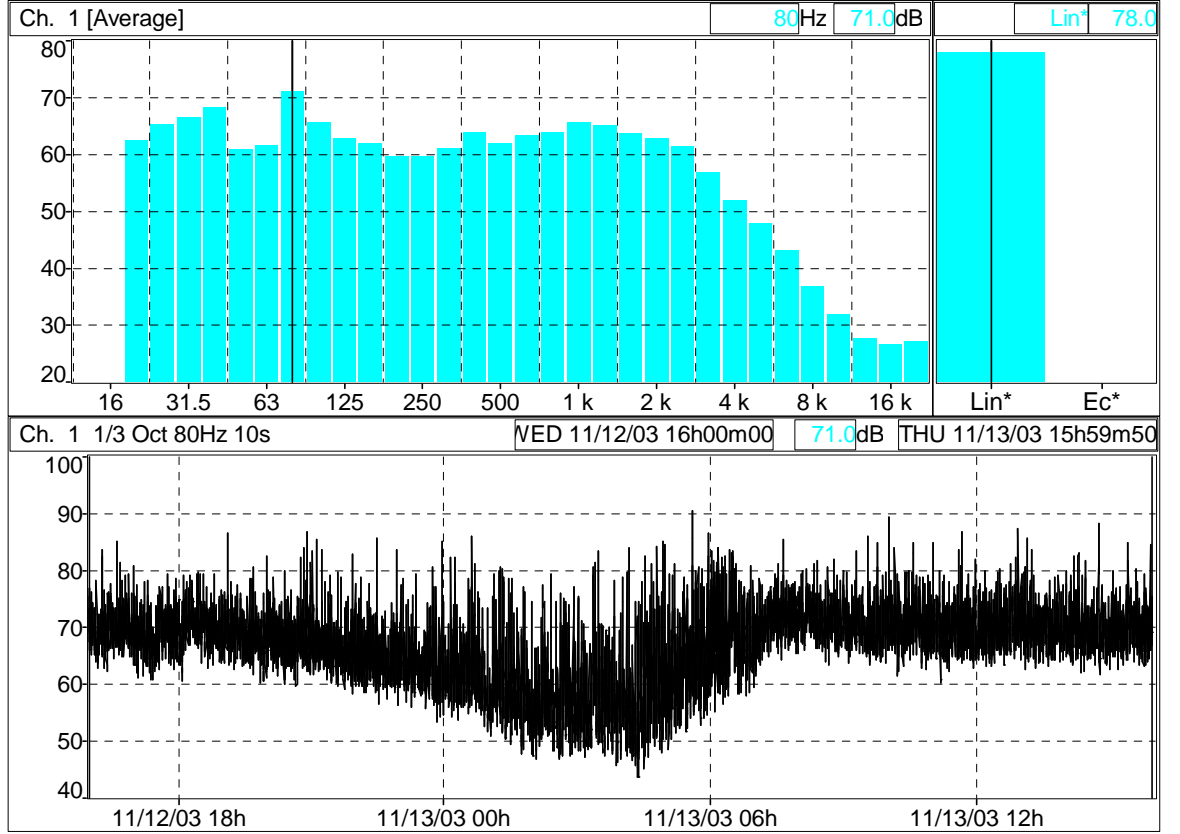


Şekil 38-a-Tipik gün saatinde kısa süreli (10 dakika) analizler (10)

a.Ortalama trafik gürültü spektrumu

b. Zamansal fonksiyon

24 SAATLİK GÜRÜLTÜ DEĞİŞİMLERİNE ÖRNEK



Şekil 38b-24 saatlik gürültü analizlerine örnekler(10).

- 24 saatlik ortalama trafik gürültüsü spektrumu
- 24 saatlik gürültünün zamansal fonksiyonu (zamansal değişim grafiği)

3.3. Gürültü Haritaları ve Kullanım Alanları

Gürültü haritası, belli bir bölgeye ya da bir kente ait akustik bilginin, belli bir sistem içinde, ayrıntılı olarak, eş düzey eğrileri, renklendirme sistemi ve/ya da sayısal değer olarak plan ya da kesitte yer alması biçiminde tanımlanabilir. Gürültü haritalarının, pek çok kullanım alanı söz konusudur. Günümüzde pek çok ülkede, özellikle yeni planlama kararlarının alınmasında son derece önemli bir araç durumunda olan gürültü haritalarının başlıca kullanım alanlarını aşağıdaki gibi özetlemek olanaklıdır (35):

- Gürültü probleminin bölgesel, genel, ulusal ve uluslararası ölçekte tanımlanması: Gürültüden etkilenmenin boyutlarının ortaya konmasında, etkilenen alanın büyüklüğü, etkilenen yapı ve kişi sayısı benzeri verilere, gürültü haritaları yardımı ile

kolayca ulaşılabilir. Bu konuda, Avrupa ülkelerini kapsayan bir çalışmada, hazırlanan ayrıntılı gürültü haritaları yardımı ile, söz konusu ülkelerde yaşayan toplam 371 602 000 kişi den %32'sinin 55 LAeq, %13'ünün ise, 65 LAeq zerindeki gürültülerden etkilendiği belirlenmiştir(47). Bu durum, gürültü kirliliğinin uluslararası ölçekte, önemli bir sorun olduğu gerçeğini açıkça ortaya koymaktadır.

- Toplum ve yönetim birimlerini gürültü konusunda bilgilendirme: Gürültü haritaları yardımı ile, gürültüden ciddi biçimde etkilenen bölge ve yapılar belirlenerek, yetkili kişi, kurum ve kuruluşların konuya daha ciddi bir biçimde yaklaşması sağlanabilir.

- Ulaşım ile ilgili yeni düzenlemelere gidilmesi konusunda bilgi oluşturma: Ulaşım akslarından etkilenen bölgeler için getirilebilecek önlemlerin (ağır taşıtlar için yolun belli saatlerde trafiğe kapatılması gibi) saptanması konusunda, gürültü haritalarından yararlanılabilir.

- Açık hava kullanım alanlarında ya da yapılarda gereken önlemlerin saptanması: İşleve yönelik izin verilen gürültü düzeylerinin aşılması durumunda, yapıya ya da bölgeye yönelik alınması gereken önlemler konusunda ayrıntılı bilgi, gürültü haritalarından sağlanabilir.

- Kent planlama -özellikle trafik yollarının planlanması- konusunda veri oluşturma: Mevcut yerleşimlerde yapılacak yeni planlamalarda ve yeni kent bölgelerinin tasarımı, gürültü haritaları önemli veri durumundadır. Özellikle işleve yönelik uygun yer seçiminde gürültü haritalarının kullanımı çok yaygındır. Ayrıca, ulaşım arterleri için de, en sağlıklı planlama, gürültü haritaları yardımı ile kolaylıkla yapılabilir.

- Olası gelişmelerin oluşturacağı gürültü konusunda önceden tahmin yapabilme: Araç sayısı, trafik yoğunluğu benzeri ulaşıma ait özellikler ile, yerleşime yönelik tasarlanan gelişmeler, gürültü haritalarına işlenerek, gelecekte gürültüden etkilenme konusunda ayrıntılı bilgilere ulaşılabilir.

- Gürültü yönetmelik ve standartlarında gereken düzeltmelerin, eklemelerin yapılabilmesinde veri oluşturma: Gürültüden etkilenmenin, gürültü haritaları yardımı ile geniş perspektifte ortaya konması ile, gerekli yaptırımların yasa ve yönetmelikler çerçevesinde yer alması ve gelişmelerle birlikte, gerektiğinde, bu yaptırımlarda değişikliklere gidilmesi olanaklıdır.

3.4.Gürültü Haritalarının Elde Edilmesi:

Gürültü haritalarının hazırlanma tekniği şu aşamaları kapsar;

- İstenen duyarlılığa ve arazinin fiziksel görünümüne bağlı olarak arazi haritası veya vaziyet planı üzerinde bir karolaj sistemi uygulanır ve tüm düğüm noktalarında gürültü düzeyleri ölçüm veya hesaplama ile saptanır. Özellikle gürültü değişken ise uzun süreli ölçüm gerekir,
- Düğüm noktalarının yapılara isabet ettiği yerlerde en yakın yapı dışı nokta seçilir. Daha sonra enterpolasyonla eş gürültüye sahip noktalar belirlenir ve bunları birleştiren eğriler elde edilir,
- Bu eğriler her dB'de olabileceği gibi 5 dB'lik aralıklarla da olabilir ve yalnızca planla değil, mikrofon noktaları 3. boyutta da değiştirilebiliyorsa kesit olarak da elde edilebilir.
- ISO 1996-2 (TS 9798)'de eğrilerin arasındaki alanların boyanacağı renkler esas alınarak haritaların hazırlanması gerekir. Ancak yapı adaları, yapılar, parklar, eğitim merkezleri ve tüm kent dokusu konturların ve eş gürültüye sahip alanların altında renkler görünebilir olmalıdır.
- Bir çevredeki gürültü düzeylerini göstermekte çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Örneğin; yalnızca yol kenarlarında ölçülen gürültü düzeyleri esas alınarak hazırlanmış ve ulaşım yollarının trafik datalarına, dolayısı ile gürültü düzeylerine bağlı olarak farklı renklerde boyanmış haritalar da mevcuttur.
- Gürültü haritaları için yapılacak ölçümler uzun zaman alan ve maliyeti yüksek çalışmalardır. Bu nedenle ilgilenilen yerleşim bölgesinin gürültü koşullarının tahmin yöntemleri ile saptanması olanaklıdır (Örneğin 3.1.1'de açıklanan NMBP Yöntemi). Sesin açık ortamlarda yayılmasına ilişkin teoriler yardımıyla ve yansıtıcı yüzeyler, engeller, saçıcı köşeler, yutucu zemin gibi çeşitli fiziksel elemanların ve atmosferik koşulların ses azaltım ve artış etkileri de hesaba katılarak hazırlanan bu yöntemlerin bazıları hesaplara dayalı analitik yöntemler, ölçüm sonuçlarına dayalı ampirik yöntemler veya

bilgisayar simülasyonları olabilir. Bu yöntemlerin kullanımı için kaynak ve çevreye ilişkin dataların ayrıntılı olarak tanımlanması (örneğin koordinatları ile) gerekebilir. Kısmi ölçmelerle elde edilen referans düzeylerin, tahmin yöntemleri ile birlikte kullanılması, daha sağlıklı ve ölçüm zamanını azaltan bir yöntem olarak önerilebilir. Kent içinde bazı gürültü düzeyi izlemeleri; sabit cihazlar ve modern aracılığı ile sürekli olarak yapılmalıdır(6).

BÖLÜM 4

Bu bölümde İstanbul'da karayolu ulaşım gürültüsünden etkilenen bir örnek bölgede gürültü haritasının elde edilmesi süreci açıklanmaktadır. Bu amaçla yapılan ön çalışmalar kapsamında arazi yapısı ve nüfus bilgileri incelenmiş, bölgede yapılan ölçümlerin sonuçları ve elde edilen bulgular verilmiştir.

ÖRNEK BİR BÖLGEDE GÜRÜLTÜ ANALİZLERİ VE GÜRÜLTÜ HARİTASININ ELDE EDİLMESİ

Türkiye'de gürültü haritalarının elde edilmesi konusunda günümüze kadar yayımlanmış az sayıda çalışma yapılmış olup, bunlar içinde, gelişmiş bir bilgisayar programı ve uluslararası standart hesaplama yöntemleri kullanılarak hazırlanan bir örnek, İstanbul Boğaziçi ve Fatih köprülerine yönelik olarak yapılan çalışmadır (54a). Daha sonra 1/1000 ölçekteki TEM-4. Levent Kesimi haritaları da elde edilmiştir (54b).

Bu çalışmada, İstanbul Bahçeşehir TEM otoyolu çevresinin gürültü haritasının oluşturulması amaçlanmıştır. Bölgede çevreye ve trafik gürültüsüne ait veriler saptandıktan sonra ve bilgisayar destekli bir program yardımı ile gündüz ve gece saatleri için gürültü haritaları elde edilmiştir. Haritalar ile belirlenen gürültü düzeyleri, Türkiye'de yürürlükte olan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" değerleri ve uluslararası standartlarda önerilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Yapıların işlevlerine bağlı olarak yapılan değerlendirmelerde, çoğunun kabul edilebilir düzeylerin üzerindeki gürültü ortamında yer aldığı görülmüştür.

Aşağıdaki bölümlerde, öncelikle kullanılan yöntem ve sonuçların değerlendirilmesine yer verilmiştir.

4.1.Bölgenin tanıtımı

Gürültü haritalarının hazırlanmasını ve değerlendirilmesini örneklemek amacı ile, İstanbul'da karayolu trafik gürültüsünün etkili olduğu bölgelerden biri olan Bahçeşehir TEM Otoyolu ve çevresi seçilmiştir. Ek 1'de bölgenin 1/5000 ölçekli haritası verilmektedir. TEM Otoyolunun Bahçeşehir giriş köprüsünden Edirne yönüne doğru yaklaşık 700 metrelik bölümü ile Bahçeşehir meydanı ve bitişindeki Esenkent konutlarının bir kısmını kapsayan yaklaşık 500 m genişliğindeki ve yaklaşık 3000 nüfuslu yerleşim alanı örneklenmek üzere belirlenmiştir. Söz konusu

alandaki konut , alışveriş merkezi, halka açık yüzme havuzu benzeri değişik yapılar ile parkların yer alması, bu bölgenin seçiminde belirleyici olmuştur.

Bu bölgede bulunan yapılar; Esenkent'teki ortalama 5 katlı apartmanlar, Bahçeşehir girişindeki 3 katlı villalardan, ortalama 6 katlı apartmanlardan ve tek katlı 2000 m²'lik bir alış-veriş merkezinden oluşmaktadır.

4.2. Gürültü Kaynaklarının, TEM otoyolu ve Çevrenin Tanıtımı
Ek-1' de verilen ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden sağlanan dijital haritada da görüldüğü üzere gidiş-dönüş yönünde 5'er şeride ve 1,5 m emniyet şeridine sahip TEM otoyolunun toplam genişliği 33 m'dir. Yolda sabah ve akşam saatlerinde daha yoğun olmak üzere sürekli bir akış vardır. Geçen araçların sayıları ve akslarıyla ilgili bilgiler Ek-2'de verilmiştir. Hesaplama yaparken TEM otoyolunu Bahçeşehir ana kapı girişine bağlayan köprü ve üzerindeki kavşağın, TEM'e paralel yan yolun ve iç yolların etkisi hesaba katılmıştır.

Gürültü haritası çıkarılacak bölgenin otoyola en yakın ortalama uzaklığı 100 m'dir.

Arazi topoğrafyası; otoyola göre yerleşmenin bulunduğu yükseklik (kot) 0-40 m arasında değişmektedir.

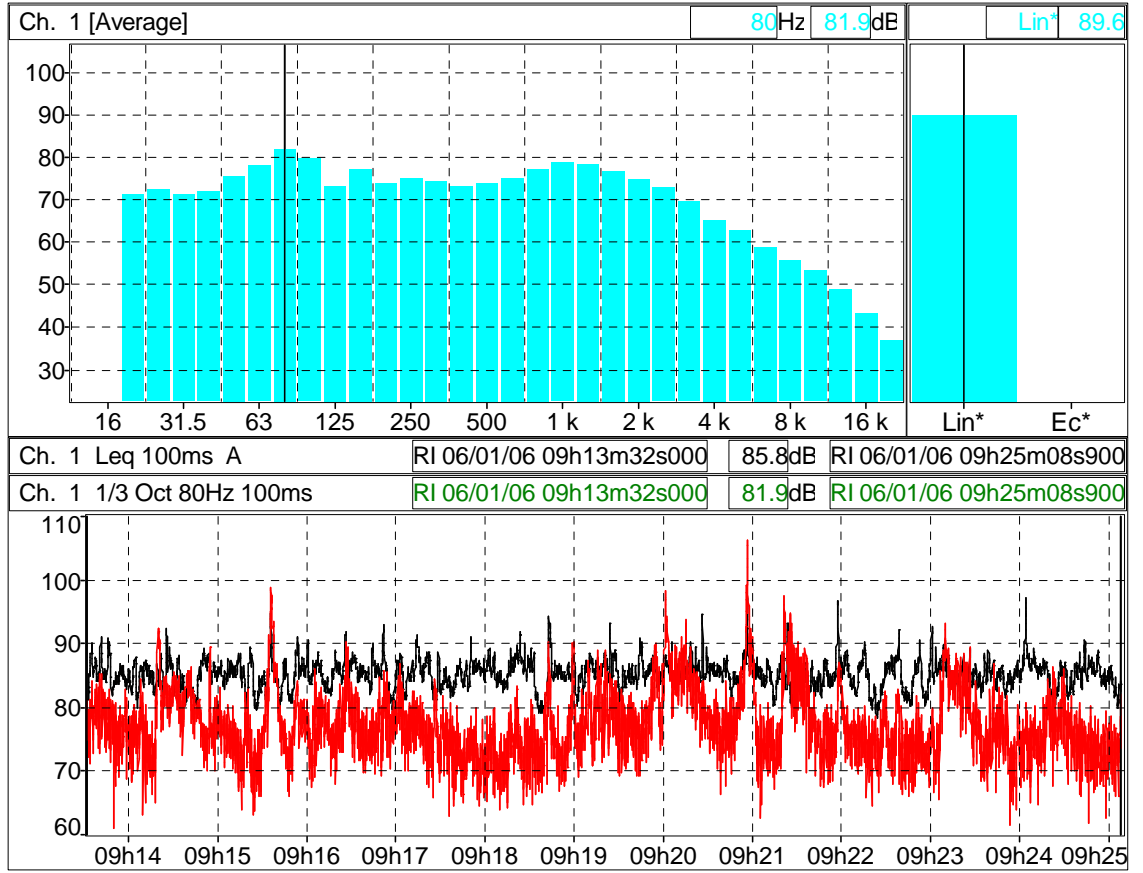
Bitki örtüsü; bölgedeki açık alanlar yumuşak toprak ve çim etkili olan toplu ağaçların bulunduğu bir bitki örtüsüne sahiptir.

Bölgenin meteorolojik verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmış olup Ek-3'te verilmiştir.

4.3.Gürültü Ölçüm Çalışmaları

Bölgede Harita 1'de verilen 3 adet noktada gürültü ölçümleri yapılmıştır. Kullanılan ölçme sistemi Şekil 37'de verilen "Senfoni" sistemidir. Çift mikrofon kullanılarak aynı anda kayıtlar yapılmıştır. Gündüz, akşam ve gece için gürültü düzeyleri Şekil 39 a, b, c, d ve e'de verilmektedir.

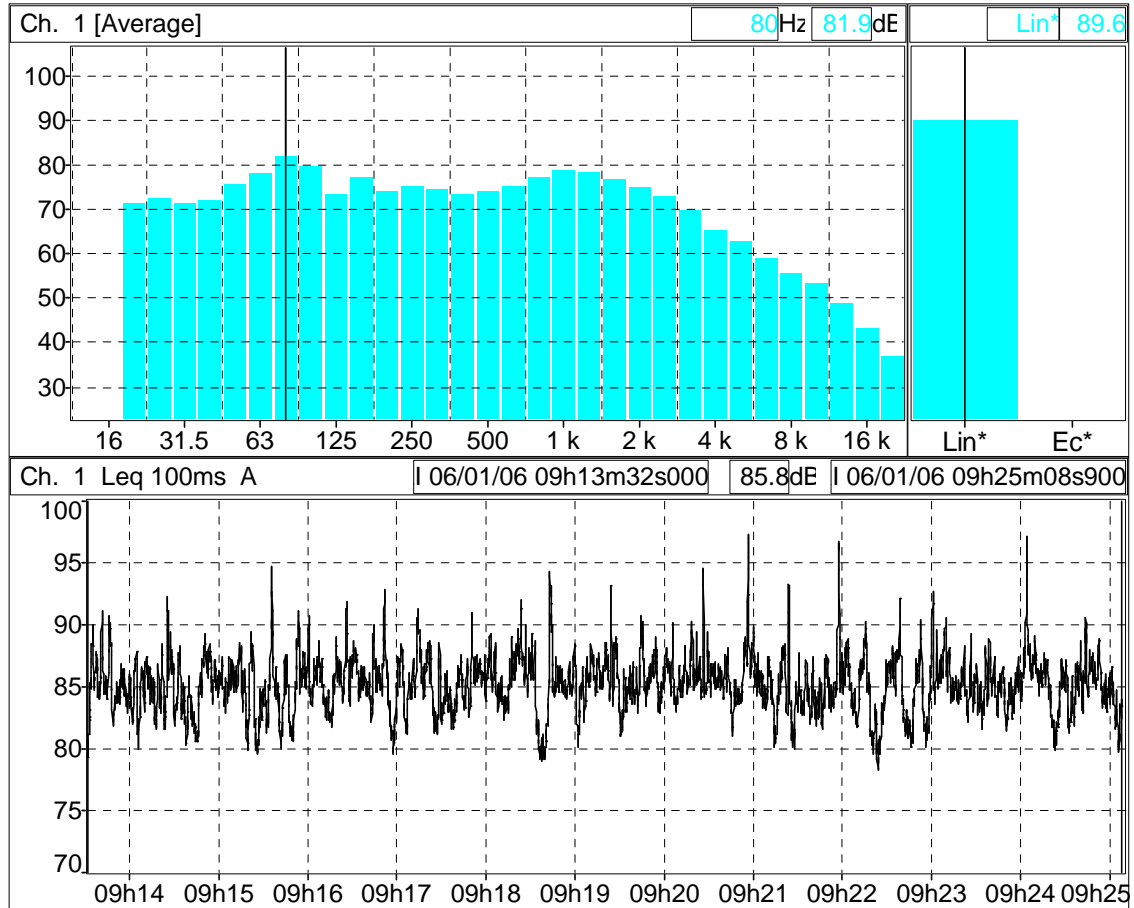
TEM GÜRÜLTÜSÜ ÖLÇÜMLERİ VE ANALİZLERİ



Şekil 39a- Örnek çift data analizi grafiği:

Leq, dBA zamansal dağılımı

Ortala spektrumda elde edilen en yüksek enerjili tonun (80 Hz) zamansal dağılımı



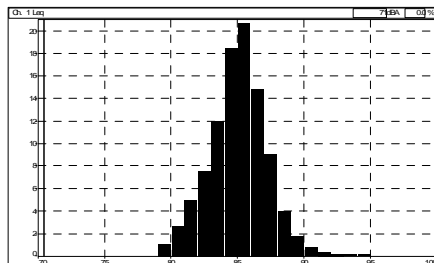
Şekil 39b-Örnek sürede ortalama spektrum ve Leq, dBA zamansal dağılımı

Tablo 14a'da 1. ölçüm noktasındaki Leq değeri verilmiştir.

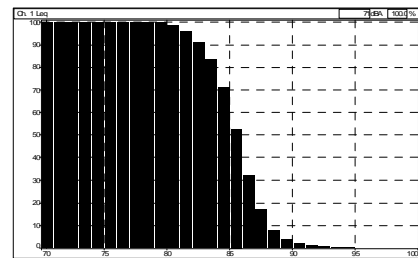
Tablo 14a- Ölçüm noktası 1 de Leq,dBA ölçüm analizi tablosu

File	tem-yani-sabah_060106_091332cc					
Start	06.01.06 09:13:32:000					
End	06.01.06 09:25:09:000					
Channel	Type	Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
Ch. 1	Leq	A	dB	85.8	78.2	97.1

Amplitude Distribution

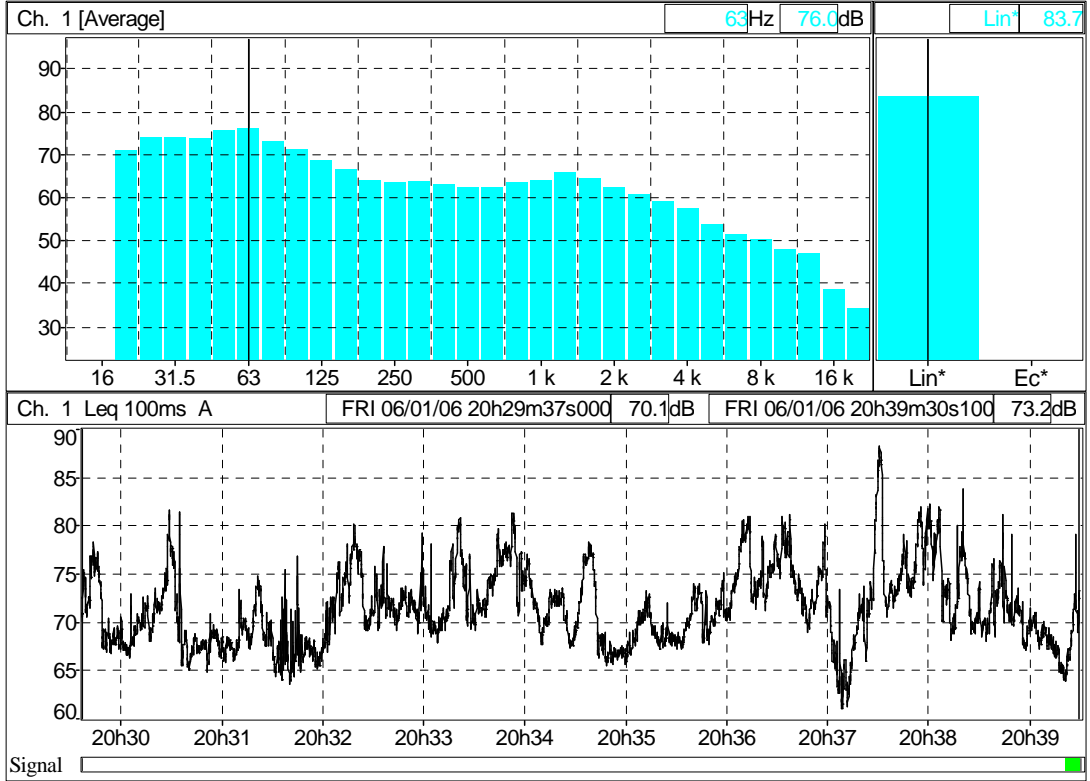


Cumulative Distribution



Channel	Type	Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
Ch. 1	Leq	A	dB	85.8	78.2	97.1

Şekil 39c- TEM Otoyolunda1 noktasında yapılan ölçümün zamansal ve spektral analizi (8düzey dağılımı histogramı ve yığılımlı dağılımı)



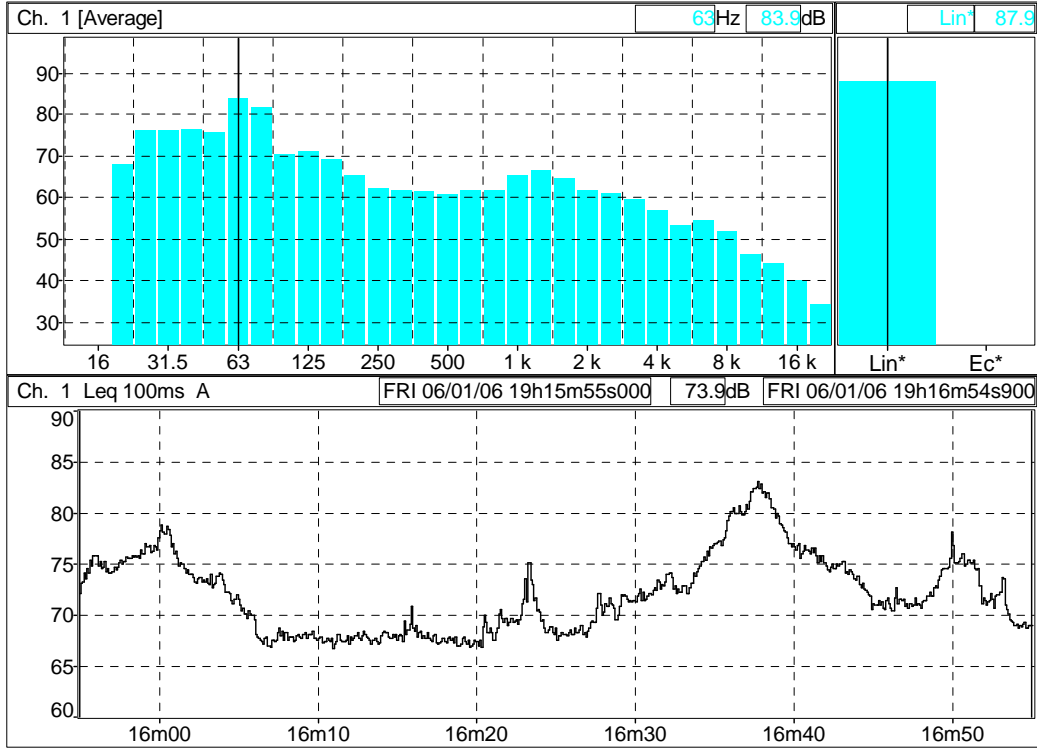
Şekil 39d- Ölçüm noktası 2 de akşam ölçümleri

Tablo 14b. Ölçüm noktası 2 de ölçme koşulları

File	aksamvillax_060106_202937					
Comments	saat830itibariyle10dk					
Start	20:29:37:000 06 Ocak 2006 Cuma					
End	20:39:30:200 06 Ocak 2006 Cuma					
Elementary duration	100ms					
Total periods	5932					
Channel	Type	Wght	Min.	Max.	Min.	Max.
Ch. 1	Leq	A	60	90		
Ch. 1	Multispectra 1/3 Oct RC	Lin	20	100	20Hz	20kHz

Tablo 14c. Ölçüm noktası 2 de Leq,dBA analizi

File	aksamvillax_060106_202937					
Start	06.01.06 20:29:37:000					
End	06.01.06 20:39:30:200					
Channel	Type	Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
Ch. 1	Leq	A	dB	73.6	61.0	88.1



Şekil 39e-Ölçüm noktası 3 te öğle saatleri ölçüm analizleri (Yanyol bitimi)

Tablo 14d- 3. Noktasında Ölçüm sonuçları

File	yanyolbitimi oglen_060106_094853					
Start	06.01.06 09:48:53:000					
End	06.01.06 10:00:43:200					
Channel	Type	Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
Ch. 1	Leq	A	dB	68.0	61.3	78.6

SONUÇLARIN ÖZETİ

Ölçüm noktası 1

File	tem-yani-sabah_060106_091332cc					
Start	06.01.06 09:13:32:000					
End	06.01.06 09:25:09:000					
Channel	Type	Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
Ch. 1	Leq	A	dB	85.8	78.2	97.1

Ölçüm noktası 2

File	aksamvillax_060106_202937					
Start	06.01.06 20:29:37:000					
End	06.01.06 20:39:30:200					
Channel	Type	Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
Ch. 1	Leq	A	dB	73.6	61.0	88.1

Ölçüm noktası 3

File	yanyolbitimi oglen_060106_094853					
Start	06.01.06 09:48:53:000					
End	06.01.06 10:00:43:200					
Channel	Type	Wght	Unit	Leq	Lmin	Lmax
Ch. 1	Leq	A	dB	68.0	61.3	78.6

Ölçüm noktaları ve ölçüm saatleri

Nokta no 1: TEM yanı sabah ölçümü 09:13

Nokta no 2: Villa balkonundan ölçüm 20:29

Nokta no 3: Yan yol oglen ölçümü 12:00

4.4.Gürültü Hesaplamaları, Gürültü Haritaları ve Değerlendirilmesi

4.4.1.Yöntem ve Kabuller

Çalışmada, uluslararası kullanımı oldukça yaygın olan CADNA simülasyon programından yararlanılmıştır(52). Program Datakustik firması tarafından Münich Almanya'da geliştirilmiştir. Söz konusu programın, istenilen noktalarda hesapların yapılması, gürültü haritalarının hazırlanması ve engel tasarımının yapılması gibi çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Programda temel verilerden olan kaynak ses düzeylerinin (emission) değişik standartlara (RLS 90 / NMPB-Routes-96,RVS 3.02, CRNTN , STL-86 gibi) bağlı olarak hesaplanması olanaklıdır . Amaca uygun olan hesaplama yönteminin seçiminin ardından hesaplamalar için;

- günün zaman dilimine bağlı olarak,
- ulaşım yoğunluğu,
- ağır taşıt yüzdesi,
- taşıtların ortalama hızları,
- yol kaplamasının cinsi,
- yolun eğimi,
- şerit sayısı benzeri veriler programa girilmektedir.

Kaynak ses düzeylerinin hesap yolu ile belirlenmesi dışında, doğrudan programa girilmesi de olanaklıdır. Çevreye ilişkin olarak ise, arazi eğimi, zemin cinsi, yeşil alanların özellikleri, engel niteliğinde olan yükseltiler (duvar, tepe gibi), yapıların yükseklikleri ve yansıtıcılık özellikleri benzeri, gürültü düzeyini etkileyebilecek tüm verilerin girilmesi gereklidir. Bu çalışmada, Bahçeşehir TEM yolu çevresinin gürültü haritalarının hazırlanmasına yönelik olarak yapılan başlıca veri ve kabuller aşağıda yer almaktadır.

- Kaynak ses düzeylerinin (emisyon değerlerinin) hesaplanmasında, daha fazla veriyi değerlendirip meteorolojik etkenleri de dikkate alarak hesaplama yapan EU Directive 49 ve yeni yönetmeliğin önerdiği, NMPB-Routers-96 (France) standardı kullanılmıştır.
- Seçilen bölgeye yönelik olarak 1/1000 ölçekli vaziyet planları İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden sağlanmış ve "Dxf" dosyası olarak programa aktarılmıştır. (Ek-1) Her yapıya ve her farklı alana ilişkin özellikler bu plan üzerinden tanımlanarak programa girilmiştir.
- Yollara ve araç sayısına ilişkin veriler Karayolları Genel Müdürlüğü'nden ve meteorolojiye ilişkin veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir ayrıca ölçme ve gözlem yardımı ile belirlenmiştir. Bölgede temel gürültü kaynağı durumunda olan Bahçeşehir TEM otoyolu'nda yapılan gözlemlere göre, araç yoğunluğu yılın değişik zamanlarına göre önemli bir ayırım göstermeksizin sabah 06.00-12.00 arasında ortalama 40000 araç, öğlen 12.00-18.00 arasında ortalama 30000 araç, akşam 18.00-24.00 arasında ort. 28000 araç gece 24:00-06:00 arasında ortalama 3000 araç'tır.(Ek-2) Çalışmada gündüz saatlerine ilişkin harita, trafiğin en

yoğun olduğu saatler olan sabah 08:30 ve, geceye yönelik harita ise, 24.00-06.00 saatleri arasındaki zaman dilimi göz önüne alınarak oluşturulmuştur.

- Haritaların renklendirilmesi, 5 dBA aralıklarla, DIN18005 (2) standardına uygun olarak yapılmıştır.(Tablo 15)
- Harita yüksekliği zeminden 5 m, seçilen grid aralıkları 20 m alınmıştır.
- Seçilen bölgede , gündüz ve gece saatleri için elde edilen gürültü haritaları, 1/5000 ölçekli olarak hazırlanmıştır.

Gürültü haritalarının değerlendirilmesinde kullanılan kriterler; Gürültü Kirliliğinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinde öngörülen limit değerleridir. (Ek-4)

Tablo15- Gürültü Bölgelerine Göre Renkler ve Taramalar (5dB Genişlik)(36).

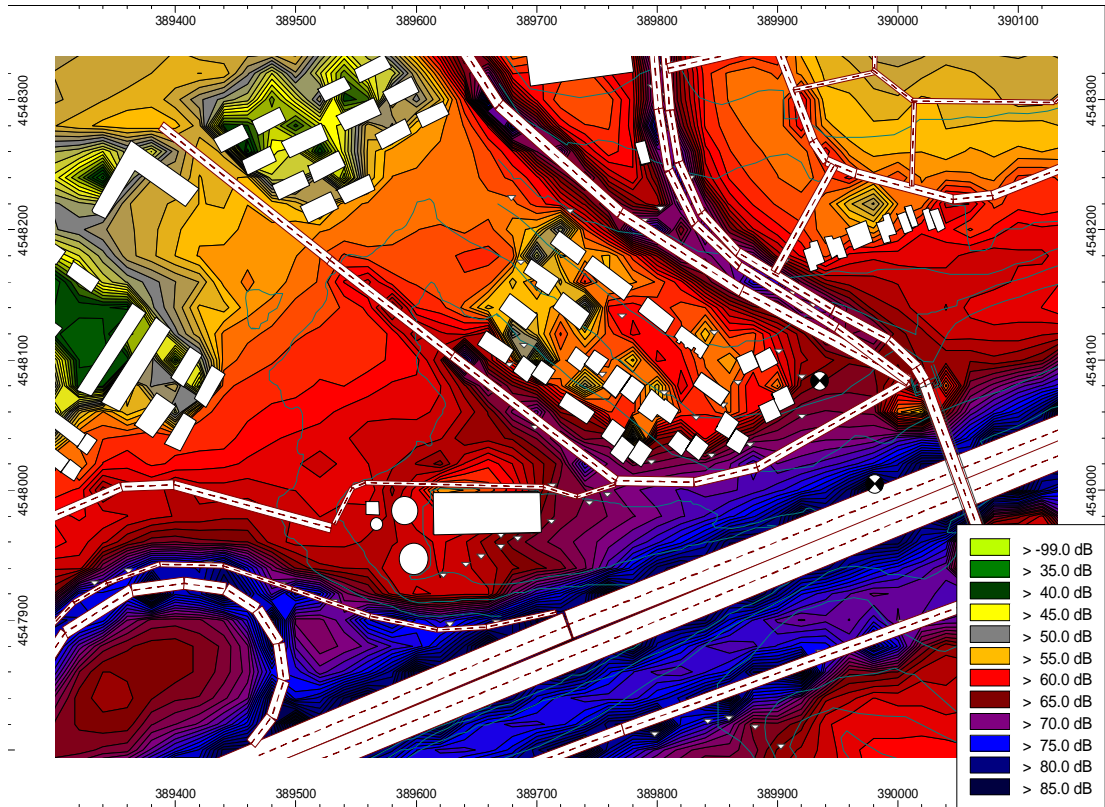
Gürültü Bölgesi dB	Renk	Tarama
35 altı	Açık yeşil	Küçük noktalar, düşük yoğunluk
35-40	Yeşil	Orta büyüklükte noktalar, orta yoğunluk
40-45	Kovu yeşil	Büyük noktalar, yüksek yoğunluk
45-50	Sarı	Yatay çizgiler, düşük yoğunluk
50-55	Kovu sarı	Yatay çizgiler, orta yoğunluk
55-60	Turuncu	Yatay çizgiler, yüksek 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

4.4.2.Gündüz Saatleri Haritaları

Bu bölümde elde edilen gürültü haritaları yer almaktadır. Ek-1’de başlangıçta sağlanan bölgeye ilişkin dijital harita verilmiştir. Değişik tekniklerin tanıtımı amacıyla yatay düzlem için 3 adet gürültü haritası hazırlanmıştır:

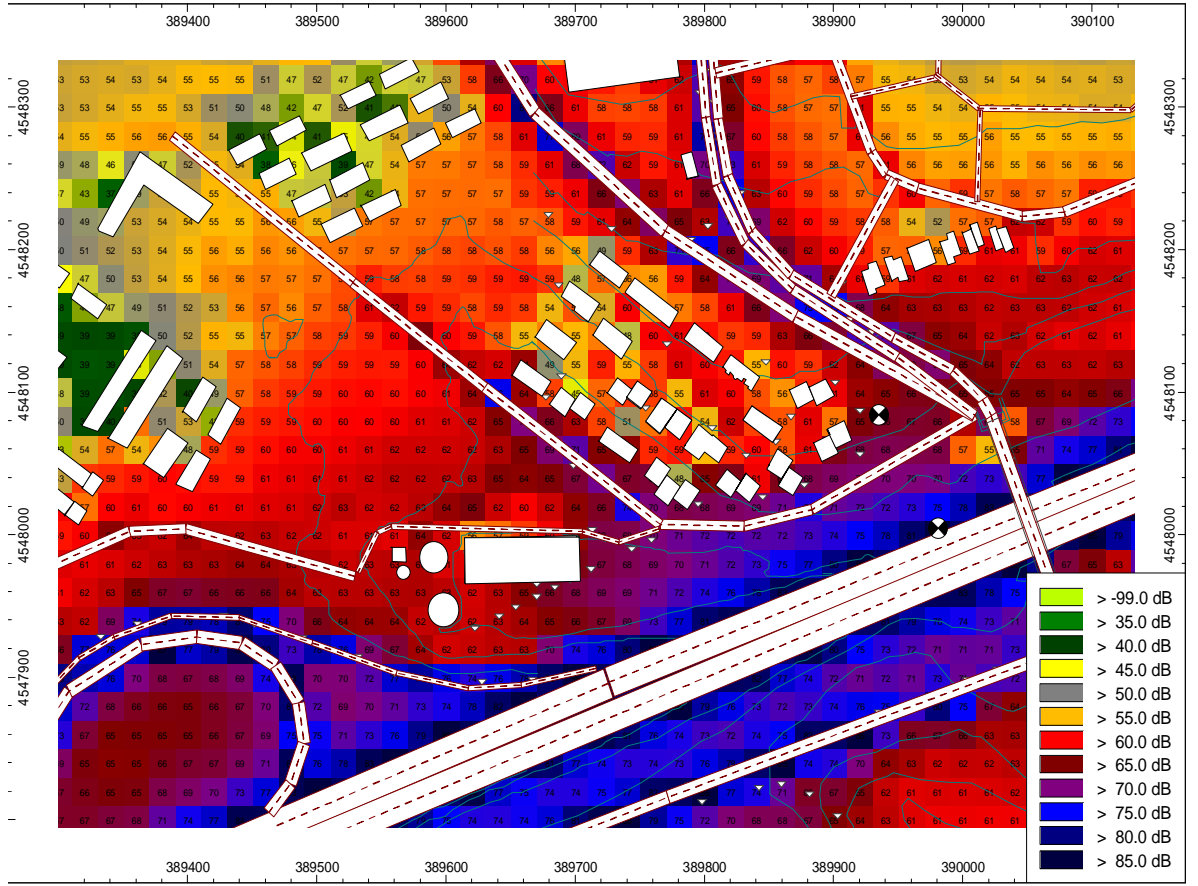
Harita 1a: Gündüz saatleri gürültü konturlarını, Harita 1b ve 1c, seçilen gridlere bağlı olarak gürültü düzeylerini göstermektedir. Ölçüm noktaları sembollerle harita üzerinde gösterilmiştir. Harita 1d ve 1e seçilen bir arazi/yol kesiti için düşey düzlemde gürültü dağılımını iki farklı teknikle göstermektedir.

Hesaplama sonuçlarına ilişkin tablolar da hazırlanmıştır. Tablo 16’ da her yol kesimi için ulaşım verileri ve gece-gündüz için hesaplanan ses güçleri verilmiştir. Tablo 17’de ise; çevredeki yapılara ilişkin bilgiler verilmektedir.

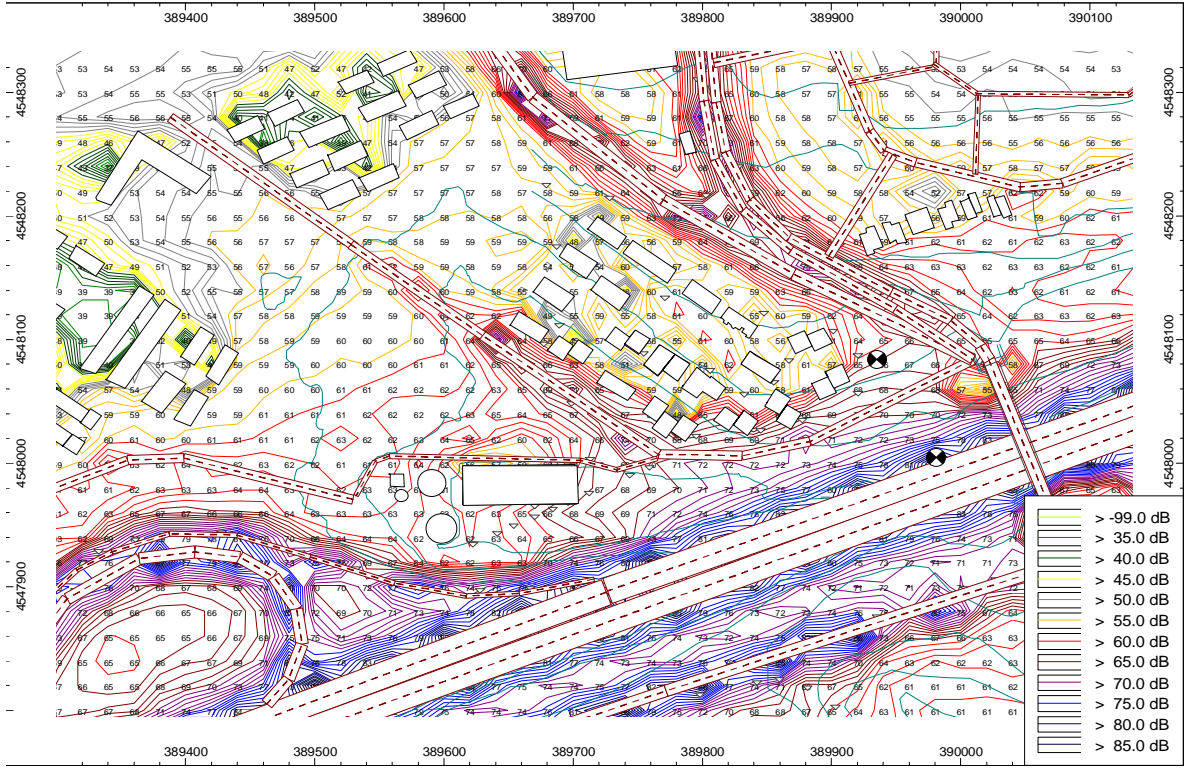


Θ-Ölçüm noktaları

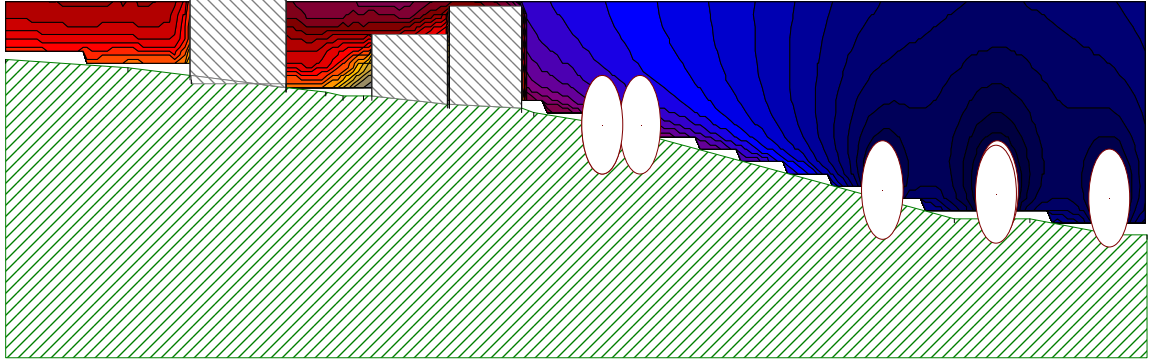
Harita 1a-Bahçeşehir-TEM Otoyolu Gündüz Saatleri(07:00-19:00) Gürültü haritası



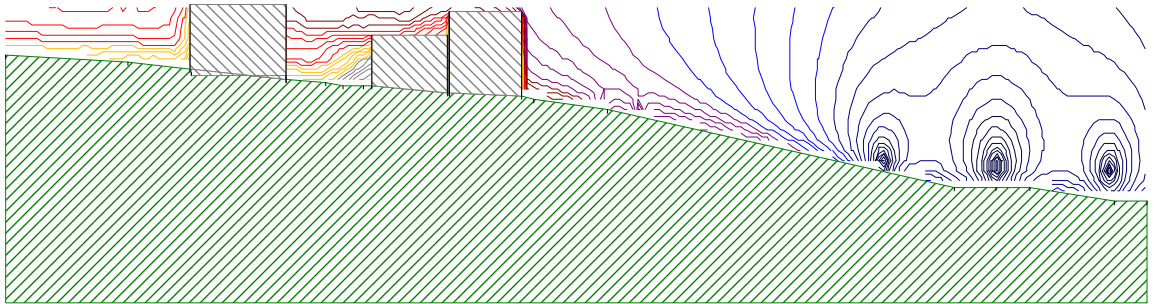
Harita 1b- Bahçeşehir-TEM Otoyolu Gündüz Saatleri(07:00-19:00) Gürültü haritası



Harita 1c- Bahçeşehir-TEM Otoyolu Gündüz Saatleri(07:00-19:00) Gürültü haritası



Harita 1d-Bahçeşehir –Tem yolu Gürültü haritası-Gündüz saatleri-Kesit Görüntü

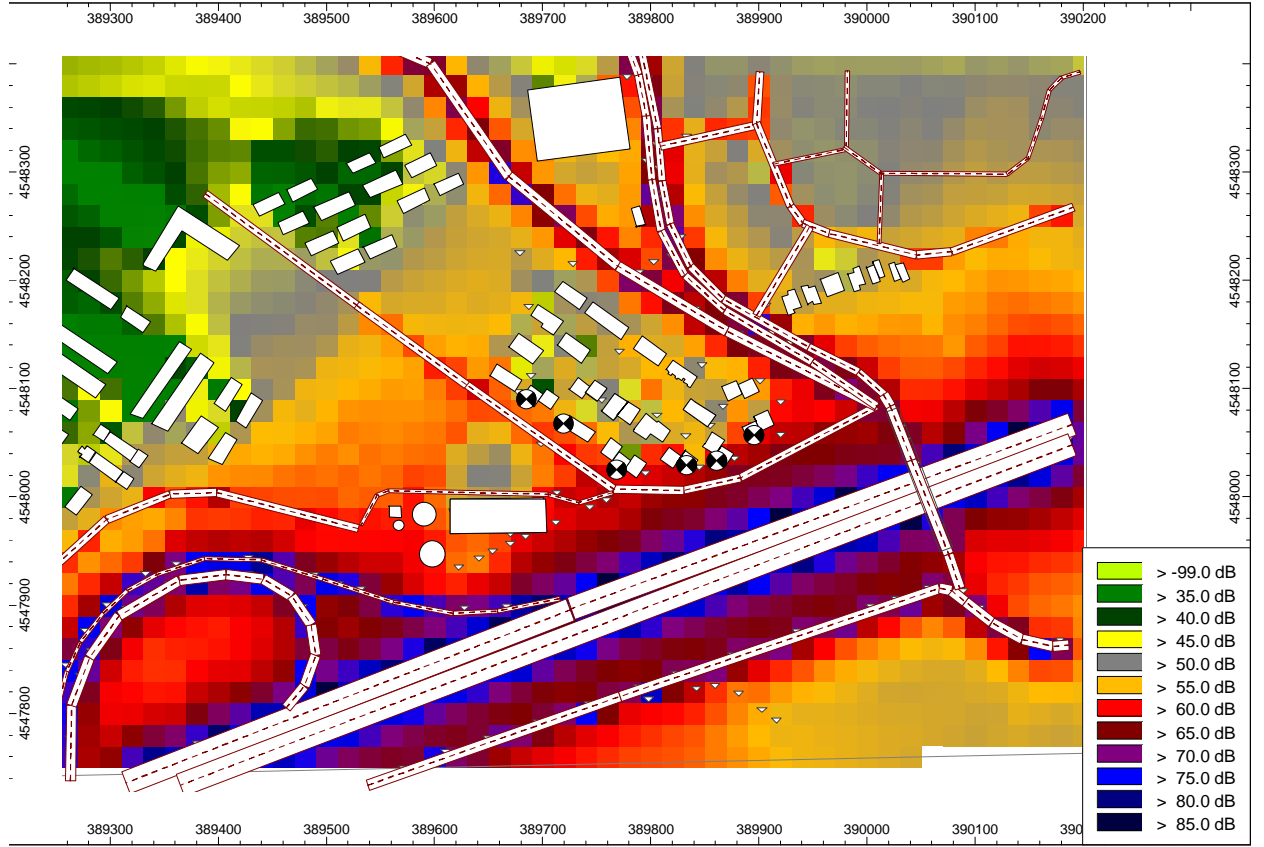


Harita 1e-Bahçeşehir –Tem yolu Gürültü haritası-Gündüz saatleri-Kesit Görüntü

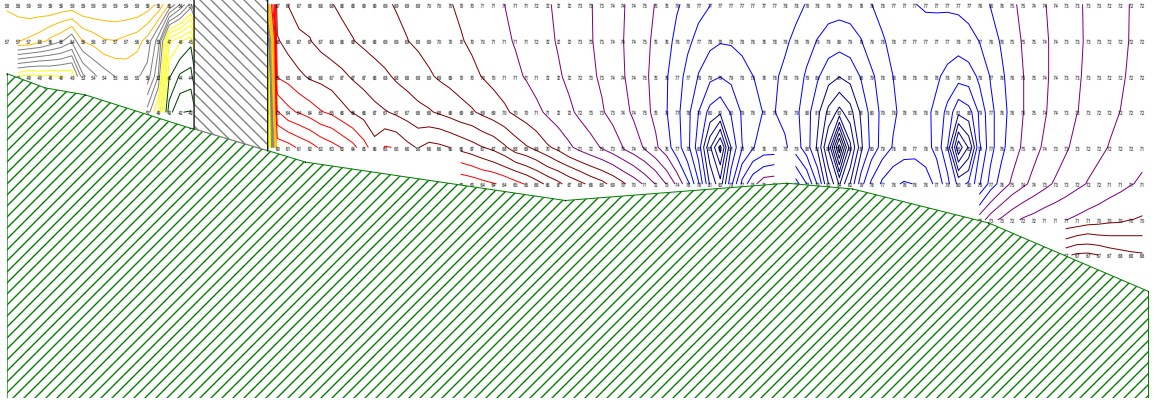
4.4.3.Gece Saatleri Haritaları

Aynı bölgede gece saatleri (23:00-06:00) için saptanan ulaşım dataları ve meteorolojik koşullar kullanılarak gürültü haritaları hazırlanmıştır:

Harita 2a, gece saatlerinde planda belirtilen konturları, 2b ise kesitteki gürültü konturlarını göstermektedir.



Harita-2a- Bahçeşehir –Tem yolu Gürültü haritası-Gece Haritası



Harita-2b- Bahçeşehir –Tem yolu Gürültü haritası-Gece saatleri-Kesit görüntü

4.3'te açıklanan gürültü ölçüm çalışmaları (zaman yetersizliği nedeniyle iki adet referans noktasında yapılmasına karşın hesaplama sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Tablo 18'de görüldüğü gibi günün 3 farklı kesiminde yapılan ölçümler, hesap sonuçlarına oldukça yakın değerler vermektedir. Ancak 2. noktada ölçümler sırasında yol yapım çalışmaları da sürdürüldüğünden ölçüm düzeyleri 5 dB yüksek çıkmıştır. Kuşkusuz bu karşılaştırmaların daha çok sayıda referans noktası seçilerek yapılması gerekir.

Tablo 16- Gürültü Kaynakları Analiz Tablosu(52)

Name	M. ID	Ses Gücü		Trafik Verileri		Kullamlantaşıtl verileri			En Yüksek hız	SCS	Yol Eğimi	Trafik Akımı
		Gündüz (dB A)	Gec (dB A)	Günlük Taşıtl Sayısı	Yol Tipi	Günlük Taşıtl	Day	Night				
TEM Edirne Yönl	yol	95.6	88.2	51314	Federal Road				100	100 RQ 33	0.0	Sürekli Akım
TEM Edirne Yönl	yol	95.6	88.2	51314	Federal Road				100	100 RQ 33	0.0	Sürekli Akım
TEMMahmutbeyYön	yol	95.5	88.1	50000	Federal Road				100	100 RQ 33	0.0	Sürekli Akım
sağaspanyuvarlak	yol	84.4	77.0	6000	Federal Road				80	80 RQ 14	0.0	Sürekli Akım
Yanyol	yol	93.1	85.7	28934	Federal Road				100	100 RQ 16	0.0	Sürekli Akım
Yanyol	yol	75.0	70.8	900	Motor way				50	50 RQ 15.5	0.0	Sürekli Akım
yançıkşyolu	yol	79.3	71.9	1000	Federal Road				100	RQ 16	0.0	Sürekli Akım
bşehirdençikş	yol	77.2	73.0	1500	Motor way				50	50 RQ 15.5	0.0	Sürekli Akım
bşehiregirişmigrosy anı	yol	77.2	73.0	1500	Motor way				50	50 RQ 15.5	0.0	Sürekli Akım
bağlantı	yol	67.2	63.0	150	Motor way				50	50 RQ 15.5	0.0	Sürekli Akım
sağdangelenyuvarlak	yol	87.1	79.7	7200	Federal Road				100	100 RQ 16	0.0	Sürekli Akım
havuz yanı	yol	64.5	60.3	80	Motor way				50	50 RQ 15.5	0.0	Sürekli Akım
köprü	yol	80.2	76.1	3000	Motor way				50	50 RQ 16	0.0	Sürekli Akım

Tablo 17-İncelenilen Bölgede Hesaplamalara Katılan Yapıların Fiziksel Özellikleri(52)

İsim	M	Bina tipi	RB	Kişi /dai re	Ses yayılımı	Yükseklik
						(m)
A1		Building		4		6.00
A5		Building		4		9.00
A2		Building		4		6.00
A3		Building		4		9.00
A4		Building		4		6.00
A7		Building		4		6.00
B2		Building		4		6.00
B3		Building		4		6.00
B6		Building		4		6.00
A6		Building		4		6.00
B1		Building		4		6.00
C2		Building		4		9.00
C3		Building		4		6.00
C4		C4		4		9.00
B8		Building		4		9.00
B9		Building		4		9.00
B10		Building		4		6.00
B11		Building		4		9.00
A8		Building		4		9.00
A9		Building		4		6.00
A10		Building		4		9.00
A11		Building		4		6.00
migros		building		4		10.00
01		Building		4		12.00
03		Building		4		7.00
09		Building		4		15.00
B4		Building		4		9.00
B5		Building		4		6.00
B5		Building		4		6.00
B5		B5		4		6.00
B5		B5		4		6.00
B5		B5		4		6.00
B5		B5		4		6.00
4b3		Building		4		18.00
4b2		building		4		18.00
4b1		building		4		12.00
B5		B5		4		6.00
4b5		building		4		15.00
4b4		Building		4		15.00
4b7		Building		4		18.00
4b8		Building		4		21.00
4b12		Building		4		15.00
4b11		Building		4		18.00
4b10		Building		4		15.00
4b9		Building		4		15.00

4b16	Building	4	12.00
4b14	Building	4	18.00
4b16	Building	4	15.00
4b13	Building	4	15.00
4b19	Building	4	12.00
4b18	B5	4	18.00
4b18	Building	4	15.00
4b17	B5	4	15.00
4b6	Building	4	12.00
4b6	Building	4	6.00
4b6	Building	4	9.00
4b6	Building	4	6.00
1	Building	4	15.00
2	Building	4	18.00
3	Building	4	15.00
4	Building	4	15.00
5	Building	4	15.00
6	Building	4	18.00
6	Building	4	15.00
7	Building	4	12.00
8	Building	4	15.00
9	Building	4	15.00
11	Building	4	15.00
12	Building	4	15.00
13	Building	4	15.00
15	Building	4	15.00
14	Building	4	18.00
10	Building	4	18.00
10	Building	4	18.00
19	Building	4	18.00
20	Building	4	15.00
18	Building	4	18.00
16	Building	4	18.00
17	Building	4	15.00
21	Building	4	15.00
22	Building	4	3.00
23	Building	4	15.00
24	Building	4	15.00
25	Building	4	18.00
26	Building	4	3.00
25	Building	4	18.00
27	Building	4	18.00
okul	Building	4	9.00
villa1	Building	4	9.00
v2	Building	4	9.00
okul	Building	4	9.00
okul	Building	4	9.00
okul	Building	4	9.00
v3	Building	4	6.00
v7	Building	4	9.00
v6	Building	4	9.00
v5	Building	4	9.00

v4	Building	4	9.00
v8	Building	4	6.00
v10	Building	4	9.00
v11	Building	4	9.00
v12	Building	4	9.00

Tablo 18-Ölçüm sonuçları ve haritaların karşılaştırılması

	Ölçüm Sonucu Leq dBA	Harita Leq dBA
1.nokta(sabah-09:13)	85.8	85.0
2. nokta(akşam-20:30)	73.6	68.0
3. Nokta (öğlen12:00)	68.0	67.0

4.4.4.Değerlendirme Ölçütleri

Gürültünün insan sağlığı ve davranışları üzerindeki olumsuz etkileri günümüze değin yapılan bir çok çalışma ile ortaya konulmuştur. Teknolojik gelişmeye ve nüfus artışına koşutluk göstererek artan gürültü, insanları gerek yapı dışında, gerekse yapı içinde durum ve koşullara göre değişen oranlarda etkilemekte ve bu etkilenmenin sonuçları, kimi zaman ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Gürültüden etkilenme konusunda OECD'nin 1996 yılında yayımladığı raporda, gürültünün 55-60 LAeq dolaylarında rahatsızlık oluşturmaya başladığı, 60-65 LAeq arasında rahatsızlığın belirgin bir biçimde arttığı, 65 LAeq üzerinde ise önemli sağlık problemlerine ve davranış bozukluklarına yol açtığı belirtilmektedir (47).

Avrupa Komisyonu “Beşinci Çevre Eylem Programı” kapsamında, gürültüden ortalama etkilenmenin 65 LAeq altında kalması, hiçbir noktada, hiçbir zaman gürültünün 85 LAeq üzerine çıkmaması ve sakin bölgelerde 55 LAeq'nun aşılmasına yönelik olarak, bazı hedefler ortaya koymuştur. İncelenen bölgede, ağırlıklı olarak, konutlar yer almaktadır. Bu nedenle, hesaplanan düzeyler; konut bölgeleri için nevcut yönetmelikte verilen sınır değerlere göre değerlendirilmiştir. Bkz. Çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimi yönetmeliği.

4.4.5. Değerlendirmeler

- Harita 1-a,b,c de görüldüğü gibi, gündüz saatlerinde yapıların yoldan uzak olan kısımları, gürültü düzeyinin, kabul edilebilir düzey olan 55 LAeq'nun altında olduğu bölgelerde yer almaktadır. Aşılması gereken düzey olan 65 LAeq

üzerindeki gürültüden ise, yapıların oldukça önemli bir bölümü etkilenmektedir. Kabul edilebilir düzeyler içinde kalan yapıların, Bahçeşehir TEM yolundan oldukça uzak ve diğer yollardan da fazla etkilenmeyen bölgelerde kaldığı görülmektedir.

- Gece koşulları açısından yapılan belirlemelere göre Harita 2a ve b'de yapıların çoğu gece için WHO tarafından verilen sınır değer olan 45 LAeq'unun aşılmadığı bölgelerde yer almaktadır. Yol kenarına yakın olan yapıların ise, kabul edilemez düzey olan 55 LAeq üzerindeki gürültüden etkilenmektedir.

Yukarıda yapılan belirlemeler göz önüne alındığında, incelemeye alınan bölgenin önemli bölümünde, özellikle gündüz saatleri için, kabul edilebilir dış gürültü sınırlarının aşıldığı ve yapıların yüksek gürültü düzeylerinden etkilendiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle incelenilen alanda sosyo akustik bir alan araştırması yapılmamakla birlikte İstanbul için daha önce yapılan bir çalışma(8); kişilerin % 75'inin 65 dBA ve üzerindeki gürültüden çok rahatsız olduğunu ve % 25'ininde rahatsız olduğunu göstermiştir. Kent ölçeğinde yeni düzenlemelere gidilmedikçe (yeni trafik düzenlemesi, yol kenarında engel kullanımı gibi), Bahçeşehir TEM otoyoluna 100 m yakınlıktaki konutlarda rahatsızlığın giderilemez olduğu görülmektedir.

4.5. Gürültü Kirliliği Önlem Çalışması

İncelenilen alanda gürültü seviyesi istenilen ya da yönetmelikte belirtilen sınırları aştığından alıcı ile kaynak arasına bir gürültü engeli tasarımı yapılmıştır.

4.5.1.Gürültü Engeli Uygulama İlkeleri

Daha önce 2.5'te de belirtildiği gibi genel olarak engel (perde) elemanlarının ses geçirimsizlik performanslarının (ses geçiş kaybı değerleri) hesaplanması gerekir. Hesaplar perdenin içinden ses geçişine ilişkin olup kullanılacak malzemeye ve konstrüksiyona bağlıdır. İstenilen alanda kullanılacak engeller için aşağıda belirtilen sistemler öngörülebilir:

- Betonarme taşıyıcı strüktür (Dolgu malzemesi: a.Betonarme b. Diğer uygun malzeme)
- Çelik taşıyıcı strüktür (Dolgu kısımları: a. Metal levhalı b. Ahşap panolu)
- Ahşap taşıyıcı strüktür (Dolgu kısımları: ahşap esaslı malzeme)
- Hafif beton ünitler (toprak + yeşil örtü birlikte)

- Engellerin stabilite, rüzgar, nem, dayanıklılık vd. açılardan EN 1793-1,2 ve 3 standardına uygun olarak konstrüksiyonel özelliklerinin saptanması ve uygulama detaylarının hazırlanması gerekir;
- Perdeler üzerinde kaçış kapılarına ilişkin her malzeme türü için ayrı tasarım yapılmalı ve uygulama detayları verilmelidir.
- Elemanlar modüler ve prefabrikasyona uygun olarak tasarlanabilir. Her durum için modüllerin sızdırmaz birleşim detayları verilmelidir.

Bu çalışmada özel bir tasarım yapılmamakla beraber Ek 5'te daha önce TEM için kullanılan standartta belirtilen engel konstrüksiyonları kullanılabilir. Ancak yapılacak engelin geometric açıdan –ses kırılma ilkelerine uygun olarak tanımlanması (yükseklik, uzunluk, konum) ve daha sonar engelli durumda ses haritalarının yeniden hazırlanması gerekir. Aşağıda bu çalışma açıklanacaktır.

4.5.2.Gürültü Engeli Tasarımı ve Yeni Gürültü Haritası

Gürültü kontrol amacıyla tasarlanan engellerin özellikleri şunlardır:

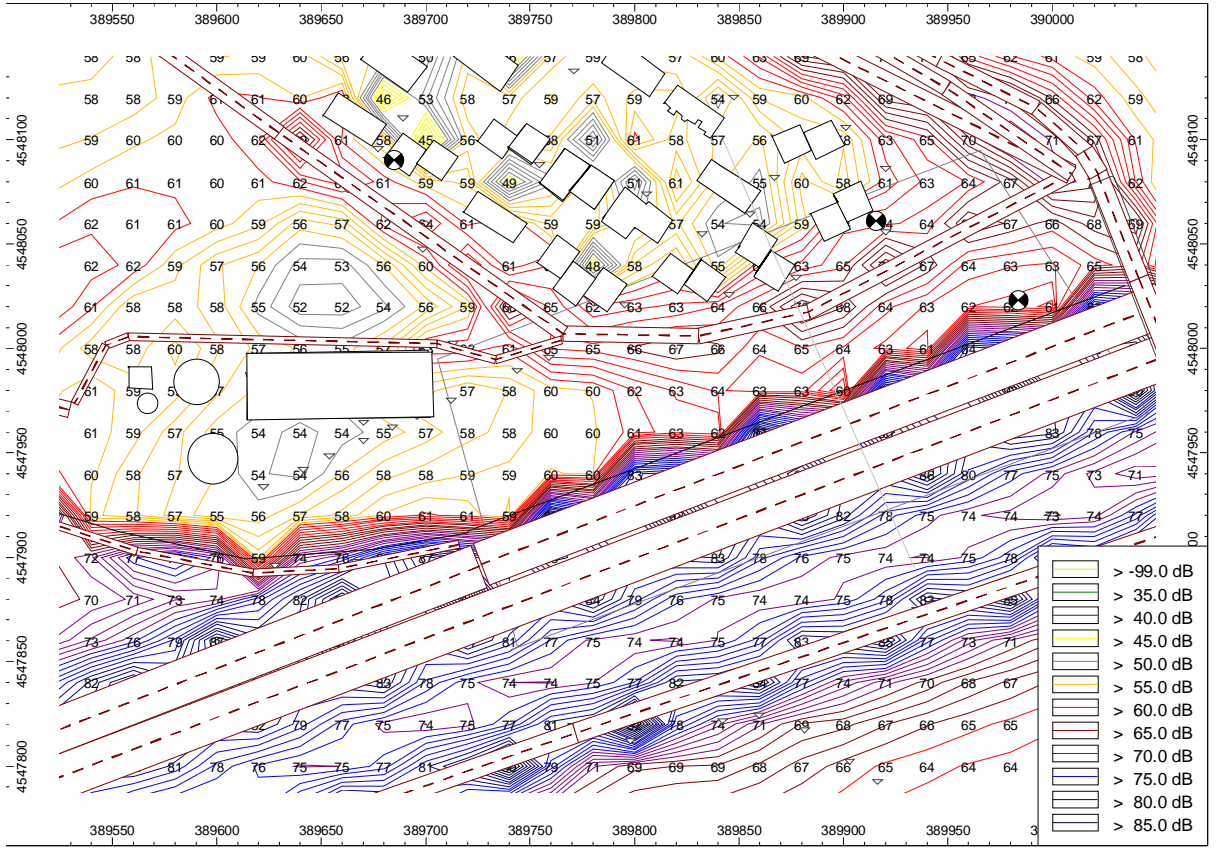
Yer: TEM yol kenarına paralel, konut bölgesi tarafında, yol kenarına 1.5 m uzaklıkta.

Uzunluk: 1070 m. (Bu uzunluk mevcut haritaya uygun seçilmiştir. Gerçekte daha uzun alınması gerekir.)

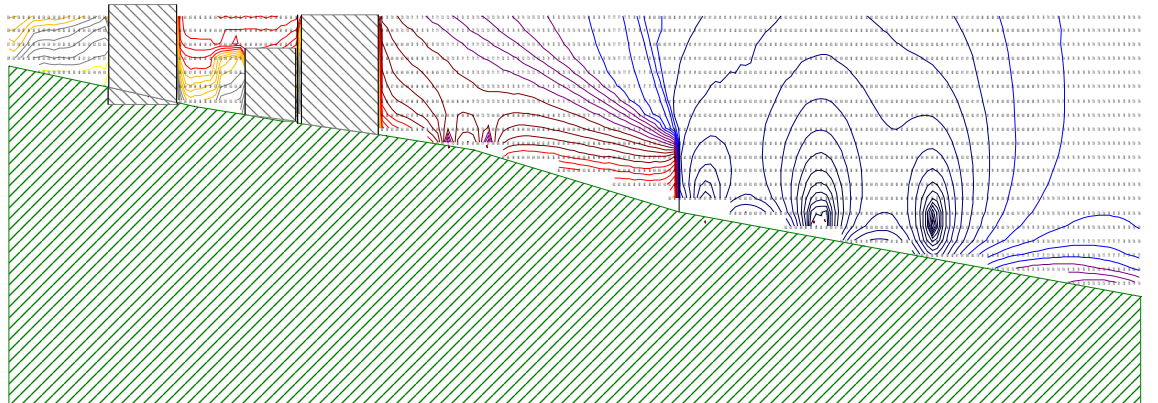
Genişlik: 0.20 m

Yükseklik: Zeminden 5 m.

Harita 3a ve 3b 'de mevcut bölgede gürültüden en çok etkilenen yapılar gözönüne alınarak engel tasarımı yapıldıktan sonra elde edilen gürültü haritası gösterilmiştir. Gürültü konturlarının incelenmesinden anlaşılacağı gibi daha önce da anlaşılacağı gibi TEM otoyolu kenarında yapılan ölçümler Leq 80-85 dBA civarını göstermekte ve yola en yakın konutlarda 70 dBA ölçülmekte iken engel tasarlandıktan sonra yola en yakın konutlarda gürültü düzeyi 55 dBA'ya inmiş durumdadır. Sonuç olarak gürültü düzeyinde yaklaşık 10-15 dBA'lık bir düşüş elde edilmiştir, bu durum; Yönetmelikte belirtilen gündüz yerleşim bölgeleri gürültü düzeyi olan 55-60 LAeq düzeyinin sağlandığını, bundan dolayı bariyer tasarımının amaca ve kriterlere uygunluk sağladığını ve yeterli olduğunu göstermektedir.



Harita 3a-Bahçeşehir-TEM Otoyolu engel Tasarımlı Gürültü haritası



Harita 3b-Bahçeşehir-TEM Otoyolu engel Tasarımlı Gürültü haritası-Kesit Görüntü

BÖLÜM 5

SONUÇ

Bireylerin içinde buldukları mekanlarda işlevlerini işitsel açıdan konforlu ortamlarda gürültüden etkilenmeden sürdürebilmeleri, gürültü kontrolü konusuna planlı bir biçimde yaklaşmayı gerektirir. Oysa ülkemizde kent, bölge ve yapıya yönelik planlama kararlarının alınmasında gürültü konusuna gereken önem verilmemekte, bunun sonucunda kişilerin büyük çoğunluğu gerek yapı dışında, gerekse yapı içinde gürültüden olumsuz yönde etkilenmektedir. Hemen hemen her bölgesinde gürültü olgusunun varlığının hissedildiği İstanbul'da, kişilerin gürültüden etkilenme durumunu ortaya koymak amacı ile yapılan çalışmalar, sorunun varlığının boyutlarını açıkça ortaya koymaktadır. Konuya yönelik olarak İstanbul'da yer alan toplu konutların değerlendirildiği bir çalışmada, değişik gürültü bölgelerinde yer alan ve farklı gelir düzeyindeki kesimlerden seçilen örnekler üzerinde yapılan incelemelerde, konutlarda yaşayan kişilerin büyük bölümünün dış gürültüden olumsuz yönde etkilendiği sonucu ortaya çıkmıştır (47).

Bu çalışmalar değerlendirildiğinde:

- İşleve yönelik uygun yer seçiminde genellikle dış gürültü düzeylerinin göz önüne alınmadığı;
- Gürültü kaynağı ile yapı ya da dış kullanım alanları (park, bahçe vb.) arasında gürültünün etkisini azaltmak amacı ile önlem alınması (gürültü engeli vb.) yoluna gidilmediği;
- Yapıların çoğunda TEM otoyolundan gelecek gürültüye karşı alınmış bir yalıtım önlemi bulunmadığı görülmektedir. Sıralanan bu etkenler aslında çevresel gürültü kontrolünde izlenmesi gereken adımlardır. Konuya makro (kent ve bölge planlama) ölçekte yaklaşılması en etkili ve ekonomik yoldur. Oysa ülkemiz örneğinde olduğu gibi çevreye karşı duyarlılığın ve çevre bilincinin tam olarak oluşmadığı ülkelerde, gürültü denetiminin ağırlığı büyük oranda yapılara yüklenmekte, çoğu yapıda ise ekonomik giderlerin yükselmesinden ötürü bu konu göz ardı edilmektedir. Sonuç olarak kişiler buldukları gürültülü ortamlarda fizyolojik ve psikolojik açıdan olumsuz yönde etkilenmektedir.

Akustik konforu sağlamaya y6nelik koşullar değişik ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklerde ayrıntılı olarak yer almaktadır. S6z konusu standart ve yönetmelikler, kent 6lçeğinde değişik işlevli yapıların yer alabileceği b6lgeleri, dış g6r6lt6 d6zeyi sınırları ile sınıflandırırken, yapı içinde aşılmaması gereken g6r6lt6 d6zeylerini de belirler. Ayrıca, gelişmiş 6lkelerin 6oğunun ulusal standartlarında ya da yapı yönetmeliklerinde, yapı elemanlarında sağlanması gereken ses yalıtım değerleri de yer almaktadır.

Bu 6alıőmada; 6evresel g6r6lt6 kaynakları, 6evrede yayılmasına etkili fakt6rler, g6r6lt6 saptanmasına ilişkin y6ntemler; 6l66m 6alıőmaları, hesaplama y6ntemleri ve alınacak g6r6lt6 6nlemleri konuları 6ncelikle incelenmiştir. Daha sonra Avrupa Birliği Mevzuatına (Directive 49) g6re yenilenen 6evresel G6r6lt6n6n Değerlendirilmesi ve Y6netimi Y6netmeliği'ne g6re hazırlanması gereken g6r6lt6 haritaları konusunda 6rnek bir b6lgede uygulama yapılmıştır. Hazırlanan g6r6lt6 haritaları sonucunda alıcıda 80 dBA 6l66len g6r6lt6 d6zeyinin uygun bir engel (g6r6lt6 perdesi) tasarımı yapıldıktan sonra mevzuattaki kriterlere uygun olarak 65 dBA'ya azaltılabileceği g6r6lmektedir.

6lkemizde temel planlama kararlarında g6r6lt6 etkenine yeterince 6nem verilmemesinin nedenlerinden biri olarak konuyla ilgili yeterli verilerin bulunmayıőı d6ő6n6lebilir. Bu a6ıdan, g6r6lt6 haritalarının kullanımının konuya ayrıntılı, hızlı ve sağlıklı yaklaőımı sağlayacağı a6ıktır. 6rneğin, bir yapı i6in se6ilen yerin g6r6lt6 a6ısından uygun olup olmadığı g6r6lt6 haritaları yardımı ile kolaylıkla yapılabilir. Ayrıca, yapının etkileneceği g6r6lt6 d6zeyi haritalar yardımı ile belirlenip, işlevi g6z 6n6ne alınarak, yapı kabuğunda sağlanması gereken ses yalıtım değerleri belirlenebilir. Kent 6lçeğinde g6r6lt6 haritalarının hazırlanarak g6r6lt6 kirliliğinin boyutlarının ortaya konması, toplumun g6r6lt6 kirliliği ile savaőının gerekliliği konusunda bilin6lenmesinde yardımcı olacağı gibi, y6netimlerin de konuya daha duyarlı yaklaőmaları gerektiği ger6eğini a6ık bir Şekilde ortaya koyabilir. Bu bağlamda, gelişmiş 6lkelerde olduğu gibi 6lkemizde de bu konuda 6alıőmaların baőlatılması, yaygınlaştırılması ve desteklenmesi konusunda ilgili kişi, kurum ve kuruluőlara 6nemli g6revler d6őmektedir. Bu a6ıdan, bu tez kapsamında 6rneklenen 6alıőmanın 6teki kent b6lgeleri i6in de yapılarak, planlama kararlarında değerlendirilmesinin son derece yararlı olacağı d6ő6n6lmektedir.

KAYNAKLAR

1-Community Noise, WHO yayını, 1995.

2a- S.Kurra, “Binalarda Gürültü Engeli Olarak Faydalanmada Trafik Gürültüsüne İlişkin Kriter Birimlerinin Saptanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem”, Basılmış Doktora Tezi, İTÜ. Mimarlık Fakültesi, Baskı Atölyesi, 1978 (100 sayfa ile sınırlı)

2b- S. Kurra, M.Morimoto ve Z.Maekawa, “Annoyance from Transportation Noise Sources: A simulated-environment study for road, railway and aircraft noises, Part 1: Overall annoyance”, *Journal of Sound and Vibration*, 220(2), Feb.1999.s.251-278.

3- S. Kurra (Proje Yürütücüsü), “Recommendations for TEM Traffic Noise Control”, (T.C.Karayolları Genel Md./UN-ECE için TEM projesi çerçevesinde hazırlanan taslak standart), TEM/CO/TEC/WP50, İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri, Kasım 1986, (İngilizce ve Türkçe rapor: “TEM Gürültüsü Kontrolü Taslak Standardı”)

4- S.Kurra, “Noise Generation from Trans-European Motorways and Noise Control by Barrier Design”, the International Conference on Traffic Noise Protection, 14-16 Haziran 1988, Prag, Çekoslovakya.

5- Maekawa, Z., Fujiwara,K., Ando, Y., “Nooise Control by Barriers” Part 1 Applied Acoustics, V.10,n,2, 1977, s.147-159

6- Çevre Bakanlığı, “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”, 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete.

7-Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002.

8- S.Kurra (Proje yürütücüsü), Gedizoğlu, E., Yayla, N., ve Yılmaz, S., “Traffic Noise Analysis and Standard Proposal for Trans-European Motorways, İstanbul, 1984. (TEM)”,(T.C.Karayolları Genel Müdürlüğü için Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (ECE) tarafından koordine edilen TEM Projesi çerçevesinde

Türkiye adına hazırlanmıştır). İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri, Mart 1985 (İngilizce ve Türkçe rapor: “Trans-Avrupa Kuzey Güney Karayolu için Gürültü Analizleri ve Standart Önerisi”).Rapor "Final Recommendations for TEM Traffic Noise Analysis" adı altında UNDP/ECE tarafından bastırılmıştır. TEM/CO/TEC/16, 5 February, 1988

9a- S.Kurra (Proje Yürütücüsü), N.Aksugür ve A.Arık, "İstanbulda Çevre Gürültüsü Koşullarının Saptanması ve Gürültü Denetimi Ölçütlerinin Belirlenmesi", TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No.524/A, Şubat 1981, İstanbul,

9b- S.Kurra ve N.Aksugür, “Analysis of Environmental Noise and Determination of Highest Acceptable Noise Levels with Regard to Noise Control in Istanbul”, The International Conference on Noise Control Engineering (Inter-Noise 83), 13-15 Temmuz 1983, Edinburgh, s.671-677

10a- S. Kurra (Proje yürütücüsü), Y.Ünal, “İstanbul'da Yapılan Gürültü Kirliliği Analizleri Yardımıyla Gürültü Ölçütlerinin Saptanması ve Gürültü Kontrolü Yönetmelik Taslağı”, (TC.Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı için İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri kapsamında hazırlanmıştır) Ocak 1985

10b- S.Kurra, “Analysis of Traffic Noise Problems in Developing Countries with Reference to a Case Study in Residential Areas”, 5th International Congress on Noise as a Public Health Problem", (Noise '88), 21-25 Ağustos 1988, Stockholm, İsveç, davetli bildiri, s.215-223.

11- Calixto, A., Diniz, F.B., Zannin, P.H.T., (2003) “The statistical modeling of road traffic noise in an urban setting”, Cities, Vol. 20, No. 1, s. 23–29

12- Türk Akustik Derneği-Yıldız Teknik Üniversitesi, “Gürültü ile Savaşım Sempozyumu”, Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu, İstanbul, 1997

13-P.M. Nelson and R. Piner, “Classifying Road Vehicles for the Prediction of Road Traffic Noise” Transport and Road Research Laboratory, Report 1997, LR 752., Great Britain.

14-Ingemansson and S. Ljunggren, "Bullerproblem Vid Trafficleder Bygghorsknigen Rapport", s. 12-20, 1970.

15-Anon, "Calculation of Road Traffic Noise", Dept of Environment, HMSO, London, 1975.

16-D.R. Jhonson and E.G. Sounders, "The Evaluation of Noise from Freely Flowing Traffic", J. Sound. Vib., 7(2), 1968, s.287-309

17-U. Sandberg, "A Road Surface for Reduction of Tire Noise Emission", Proceedings of Inter-Noise 79, Warsaw, V.II, s.517.

18-Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, "Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu ile İlgili Yönetmelik", (200/14/AT), 22 Ocak 2003 tarih ve 25001 sayılı Resmi Gazete.

19- Bahçeşehir Üniversitesi Teknoloji Geliştirme Birimi, "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi(ÇGDY), A Tipi Sertifika Programı : Şikayetlerin Değerlendirilmesi, İzin, İzleme, Denetim ve Yaptırım Prosedürü", Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 2006.

20-Kurra, S., "Çevre ve Yapı Tasarımında Kent Gürültüsü Kontrolü ve İstanbul Örneği", Doçentlik Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Mart, 1982.

21-Ömür, M., Bahçeşehir Üniversitesi Teknoloji Geliştirme Birimi, "A Tipi Sertifika Programı : Şikayetlerin Değerlendirilmesi, İzin, İzleme, Denetim ve Yaptırım Prosedürü", Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 2006 .

22-Türkiye Çevre Koruma ve Yeşillendirme Kurumu, "İstanbul'un Çevre Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu", İ.T.Ü. Maçka Kampüsü, 1990.

23-Türk Standardı, TS EN-1793-1, "Yol Trafik Gürültüsünü Azaltan Sistemler-Akustik Performansın Tayini İçin Deney Metodu", 2002.

23-Özdamar, A., Baltacı, A., Ege Üniversitesi Kampüsünde Gürültü Analizi,Ege Üniversitesi Araştırma Projesi Raporu, No:98-Müh-031, s.22, İzmir, 2000.

24-Öztürk, Z, Otoyol ve Demiryolunun Önemli Çevre Etkilerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi ,İTÜ İnşaat Fakültesi,1994.

25-Baaj, M.H., El-Fadel, M., Shazbak, S.M., Saliby, E., (2001) “Modeling noise at elevated highways in urban areas: a practical application”, Journal of Urban Planning and Development, 169.

26-Bendtsen, H., (1999) “The Nordic prediction method for road traffic noise”, The Science of the Total Environment, s.235

27-Nas, B., Berktaş, A., Ertuğrul T., Aygün, A., Çevre Problemlerinin Çözümünde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı, Coğrafi Bilgi Sistemleri bilişim günleri, Selçuk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 30-31 Ekim 2002

28- Dülgeroğlu, A., Trafik ve Çevre Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, 1991.

29-The French National Computation Method, NMPB-Routes-96(SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), Prediction of Road Traffic Noise, 1996.

30-Bies, D., A., and Hansen, C.,H.,Engineering Noise Control , Theory and Practise , Secord Edition,Department of Mechanical Engineering University of Adelaide , South Australia.1996.

31-Dinç. S.,Hava alanı çevresinde arazi kullanım planlaması için uçak gürültüsü ölçütlerinin saptanmasında kullanılabilecek bir yöntem.; İTÜ Mimarlık Fakültesi., 1986

32- Türkmen Ç., Havaalanı Gürültüsünün Konut Alanları Üzerindeki Etkileri Ve Çözüm Yolları, KTÜ, Mimarlık Fakültesi, Ocak ,1998

33-Willenbrink,L.,; NeuereErkenntnisse zur Schallabstrahlung von Schienenfahrzeugen”, ETR (28)5, 1979

34-Yücel, M., Çevre ve Doğa Koruma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, Adana.

35-Frage C 137- “ Forschungs und Versuchsamt des Internationalen Eisenbahnverbandes”,- Larm im Eisenbahnvesen, Utrecht, 1981

36- Ataş, A., Şahin, E., Belgin, E., Aktürk, N., “Endüstriyel Gürültünün İşitme Eşikleri Üzerindeki Etkileri”, 5. Ergonomi Kongresi, İstanbul, s: 261-269, 1995.

37- Brüel & Kjaer, Noise Control, Principles and Practice, 1st Ed., Naerum, Denmark, 1982.

38-Devlet Planlama Teşkilatı, Kent içi Ulaşım Özel İhtisas Komisyonu Raporu , Altıncı Beş Yıllık kalkınma Planı

39- Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Yönetmeliği., 6.6.2002 tarih ve 24777 sayılı Resmî Gazete.

40- Avrupa Komisyonu Türkiye Delegasyonu, <http://wwwdeltur.ccc.eu.int> , Mart 12, 2005.

41- Ses Yalıtımı, <http://www.izoder.com>, Mart 18,2005.

42- Öztürk, Z., 1992.Sesten Koruma Duvarları Hakkında Bir Çalışma, İTÜ Dergisi, Cilt 50 Sayı4,1998.

43-Akustik Derneği Eğitim Semineri, “Çevre, yapı ve endüstride Akustik Sorunlar ve Gürültü Kontrolü” İTÜ Mimarlık Fakültesi, 31 Mayıs-3 Haziran 1994, İstanbul, s.36.

- 44-Prof. Dr. Çepel, N., “Peyzaj Ekolojisi” Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekolojisi Ana Bilim Dalı, İstanbul, 1994, s.172.
- 45-Prof. Dr. Kurra S.,Arş. Gör.Tamer N., “TEM Gürültüsünden Etkilenme Analizleri ve Bulgular” İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Fiziksel Çevre Kontrolü Birimi Bildirisi, s.103.
- 46-. Kurra, S., 2000, Köprüler, Yollar ve Çevre Kirliliği , 5. Ulusal Akustik Kongresi, İstanbul;95-103.
- 47-Akdağ Yüğrük,N., Mimarlık Dergisi,2003, Eylül-Ekim, ISSN 1300-4212, Sayı:313
- 48- Türk Standardı, TS 9798, “ Akustik-Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2-Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi “, Ocak 1992.
- 49- Petek, E., “Gürültü Üzerine Bir İnceleme”, Bayındırlık Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, 1978.
- 50-Akustik Derneği, “1. Ulusal Gürültü Kongresi”, Uludağ üniversitesi Kongre ve Konferans Merkezi, Uludağ, 1994
- 51-Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, “Türkiye’nin Çevre Sorunları”, 1989.
- 52-Cadna A, Computer Aided Noise Analisis Software for Environmental Engineering, 2000.
- 53- European Commision Green Paper: Future Noise Policy, Acta Acustica, vol 83, 1997 s 181-190.
- 54a- S. Kurra, “Köprüler, Çevre Yolları ve Gürültü Kirliliği”, 5. Ulusal Akustik kongresi , TAS İstanbul, Mayıs 2000, Bildiri Kitabı, s.95-104.
- 54b- TEM Otoyolu 4. Levent bağlantısı için gürültü haritalarının elde edilmesi ve gürültü engeli tasarımı”, Bahçeşehir Üniversitesi,Kasım 2003 (Avrasya AŞ. İçin hazırlanmıştır.)

EK 1- Bölgeye İlişkin İstanbul Büyükşehir Belediyesinden Sağlanan Dijital Harita

EK 2a-Hesaplama Kullanan Trafik Verileri**AVCILAR-İSTANBUL YÖNÜ**

TARİH	ARAÇ	3,20<akslı	3,20>akslı	3 akslı	4-5 akslı	6 akslı	TOPLAM
		1.sınıf	2.sınıf	3.sınıf	4. sınıf	5. sınıf	
02.01.2006pzt	OGS	16924	1878	43			18845
	KGS	650	63	5			718
	MANUEL	6916	1244	661	550		9371
							28934
04.01.2006çrş	OGS	16583	1900	53			18536
	KGS	623	59	7			689
	MANUEL	5876	1174	739	590	1	8380
							27605
07/01/2006cmt	OGS	14138	1428	39			15605
	KGS	487	35	4			526
	MANUEL	7220	1146	507	450		9323
							25454

EDİRNE-MAHMUTBEY YÖNÜ

03.10.2005	OGS	27860	3872	74			31806
	KGS	1338	799	683	812	21	3653
	MANUEL	14118	3091	1689	1772	4	20674
							56133
05.10.2005	OGS	27015	3877	77			30969
	KGS	1201	859	732	887	23	3702
	MANUEL	11352	2890	1964	1935	10	18151
							52822
08.10.2005	OGS	22607	2906	67			25580
	KGS	1289	691	625	618	18	3241
	MANUEL	12635	2535	1451	1395	5	18021
							46842

MAHMUTBEY-EDİRNE YÖNÜ

03.10.2005	OGS	26320	3506	62			29888
	KGS	1221	655	520	654	15	3065
	MANUEL	12530	2980	1589	1256	6	18361
							51314
05.10.2005	OGS	26530	3564	63			30157
	KGS	1125	753	735	865	25	3503
	MANUEL	11509	1765	1874	1983	18	17149
							50809
08.10.2005	OGS	22598	2906	67			25571
	KGS	1161	691	625	589	29	3095
	MANUEL	11364	2379	1362	1287	8	16400
							45066

EK 2b-Saatlere Göre Araç Sayısı
MAHMUTBEY

	06:00-12:00	12:00-18:00	18:00-24:00	24:00-06:00
03.10.2005	42500	34600	30500	3251
05.10.2005	40600	30600	28600	3600
08.10.2005	38700	27200	24630	2048

EK 3-Hesaplama Kullarılan Meteorolojik Veriler

İSTASYON ADI : FLORYA

AYLIK ORTALAMA SICAKLIK (°C)

YIL	OCAK	SUBA	MART	NİSA	MAYI	HAZI	TEMM	AGUS	EYLÜ	EKİM	KASI	ARAL
2005	6.7	5.8	7.1	12.1	16.7	20.8	24.6	28.5	26.3	18.0	10.5	8.2

AYLIK MINİMUM SICAKLIK (°C)

YIL	OCAK	SUBA	MART	NİSA	MAYI	HAZI	TEMM	AGUS	EYLÜ	EKİM	KASI	ARAL
2005	-1.0	-4.0	-2.0	1.0	7.8	13.0	15.8	20.8	19.4	12.0	8.4	3.2

AYLIK ESME SAYILARINA GÖRE HAKİM RÜZGAR ve YONU (7-14-21 Ölçümlerinden)

YIL	OCAK	SUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
2005	20 NNE	18 NNW	17 NNE	15 NNE	19 NE	35 NE	35 NE	33 NE	19 NE	15 NNE	19 NNE	20 NNE

AYLIK ORTALAMA NEM (%)

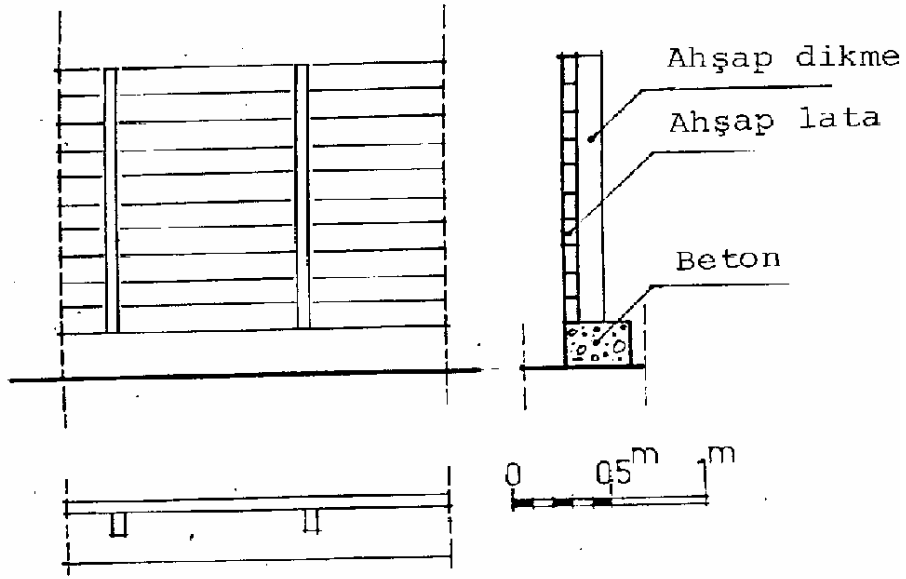
YIL	OCAK	SUBA	MART	NİSA	MAYI	HAZI	TEMM	AGUS	EYLÜ	EKİM	KASI	ARAL
2005	80.6	77.8	71.8	67.3	73.3	62.7	68.4	67.5	70.2	75.3	79.8	82.5

EK 4- Dünya Sağlık Teşkilatı tarafından çevre gürültüsü için yayınlanan kılavuzda (guideline) belirtilen limit değerleri [1]

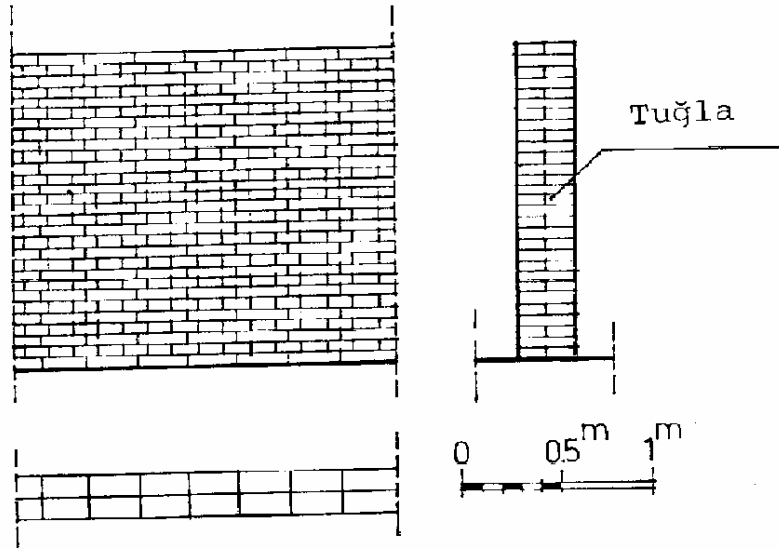
Çevre türü	Kritik sağlık etkisi	L_{eq} , dBA	Zaman (saatler)	L_{Amax} (hızlı tepki) dB
Bina dışı açık alanlar	Ciddi rahatsızlık gündüz ve akşam	55	16	-
	Orta derece rahatsızlık gündüz ve akşam	50	16	-
Konutların içi	Konuşma anlaşılabilirliği ve orta derece rahatsızlık gündüz ve akşam	35	16	-
Yatak odalarının içi	Uyku bozukluğu gece	30	8	45
Yatak odalarının dışı	Uyku bozukluğu, pencere açıkken (dış değer)	45	8	60
Okullarda derslikler, okul öncesi binaların içi	Konuşma anlaşılabilirliği, bilgi aktarımının ve mesaj alışverişinin güçlüğü	35	Ders sırasında	-
Okul öncesi yatak odaları	Uyku bozukluğu	30	Uyku zamanı	45
Okul oyun alanları (dışarda)	Rahatsızlık (dış kaynak için)	55	Oyun sırasında	-
Hastane yatak odaları, iç mekanlar	Uyku bozukluğu (gece)	30	8	40
	Uyku bozukluğu gündüz ve akşam	30	16	-
Hastane tedavi odaları iç mekanlar	Dinlenme ve tedavi ile girişim	(1)		
Endüstri ve ticari	İşitme bozunumu	70	24	110
Törenler festivaller ve eğlence olayları	İşitme bozunumu (Yılda 5 kezden fazla maruz kalınırsa)	100	4	110
Anons sistemleri, içerde ve dışarda	İşitme bozunumu	85	1	110
Kulaklıkla dinlenen müzik (headphone/earphone)	İşitme bozunumu (açık alan değeri)	85 (4)	1	110
Darbe sesleri (oyuncaklar, havai fişekler ve yangın alarmları)	Büyükler için işitme bozunumu	-	-	140 (2)
	Çocuklar için işitme bozunumu	-	-	120 (2)
Park ve koruma alanlarında	Sakinliğin bozulması	(3)		

- (1) Olabildiğince düşük seviye
- (2) Tepe düzey kulaktan 100mm de ölçülen (L_{Amax} fast değil)
- (3) Mevcut sakin dış alanlar korunmalı ve gelen sesin arkaplan sesine oranı çok düşük tutulmalıdır.
- (4) Headphone altında ve açık alan düzeylerine adapte edilmiş

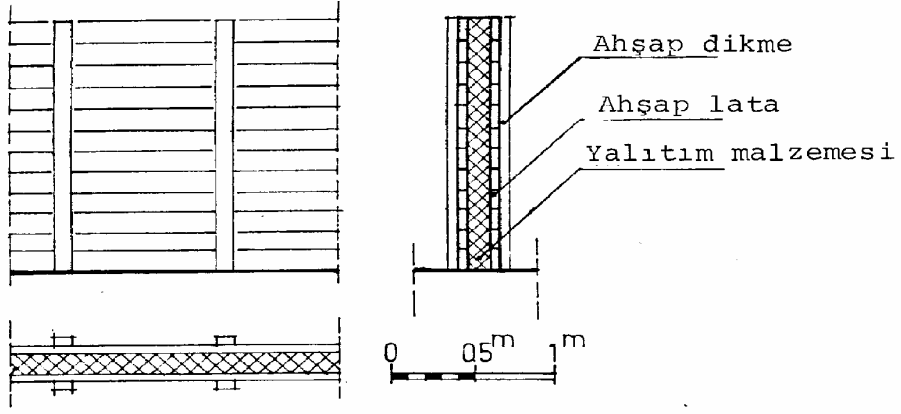
EK 5
ENCEL TÜRLERİNE İLİŞKİN ÖRNEKLER



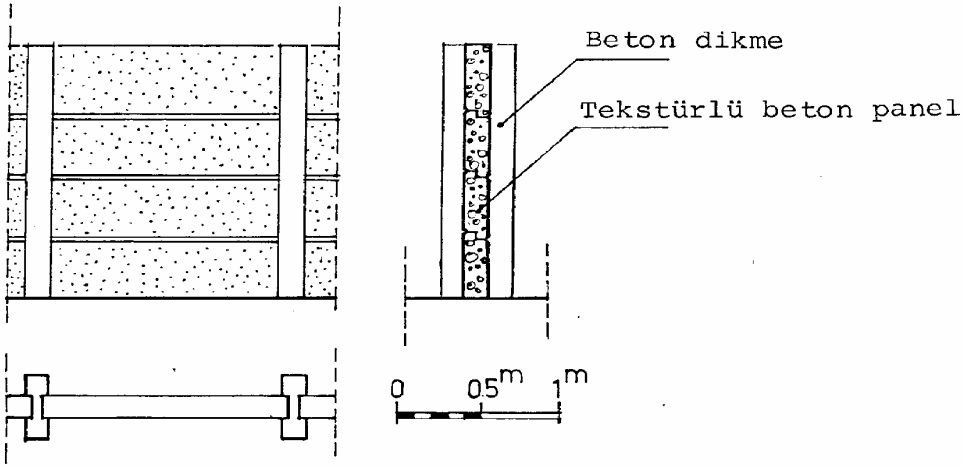
NO.1 - AHŞAP PANEL



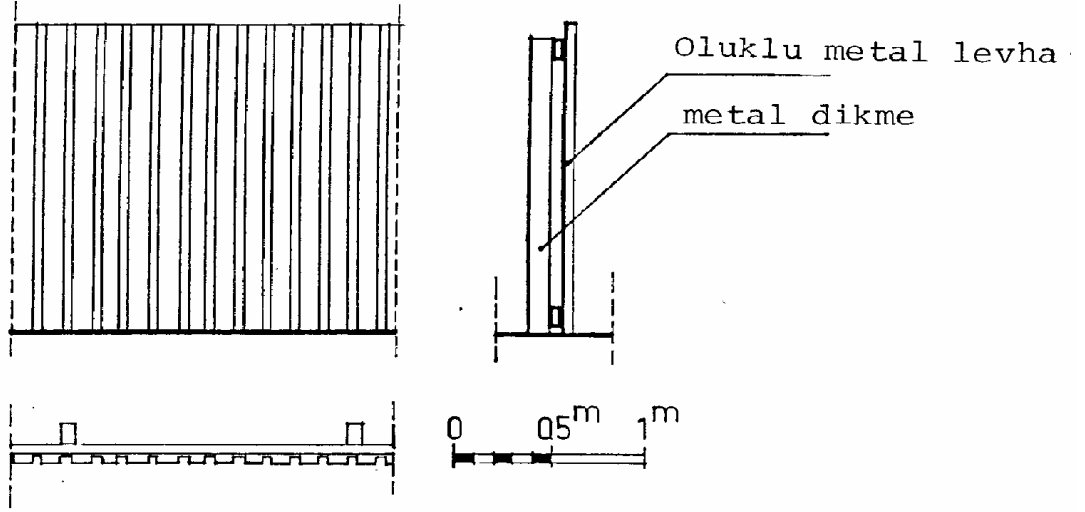
NO.2 - MASİF TUĞLA DUVAR



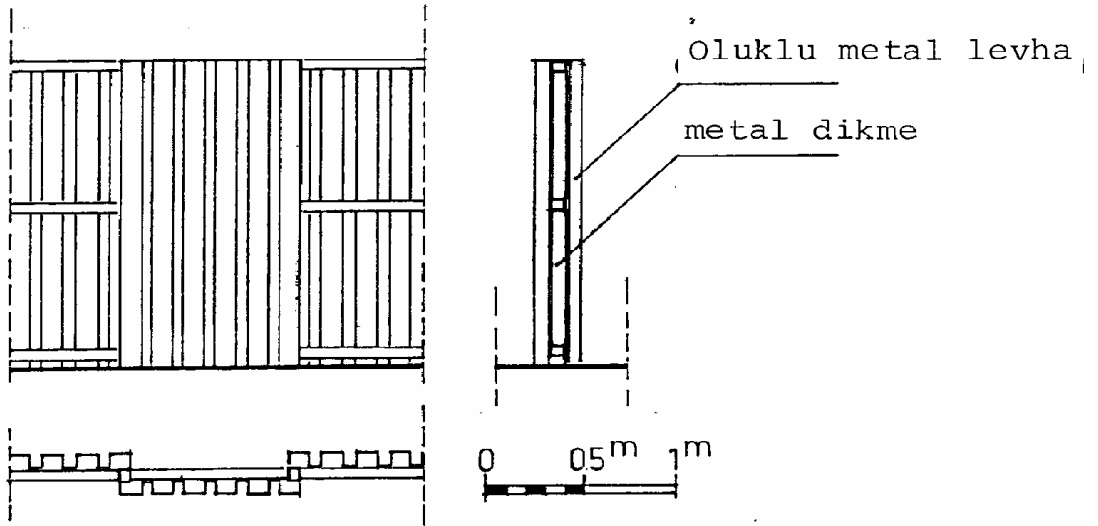
NO.3 - ÇİFT TABAKALI VE ARASI YALITIMLI AHŞAP KONSTRÜKSİYON



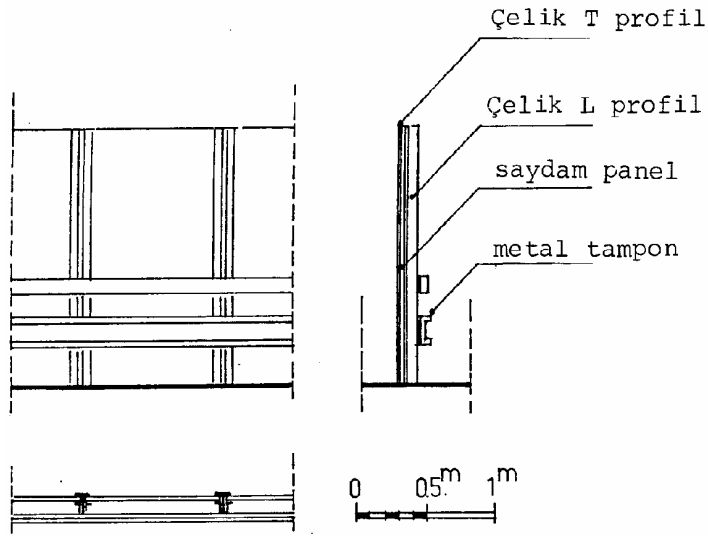
NO.4 - ÜZERİ TEKSTÜRLÜ BETON PANELLER



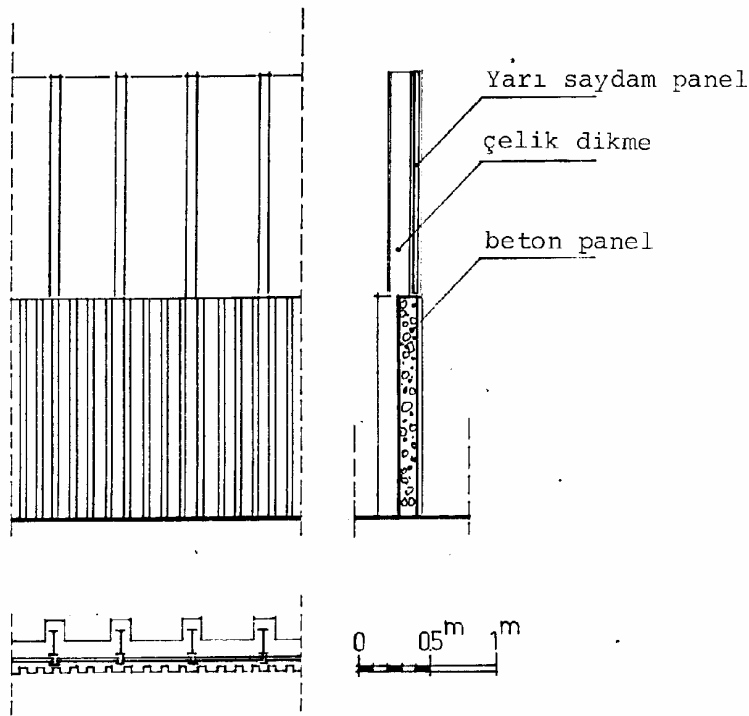
NO.5 - OLUKLU METAL LEVHALAR



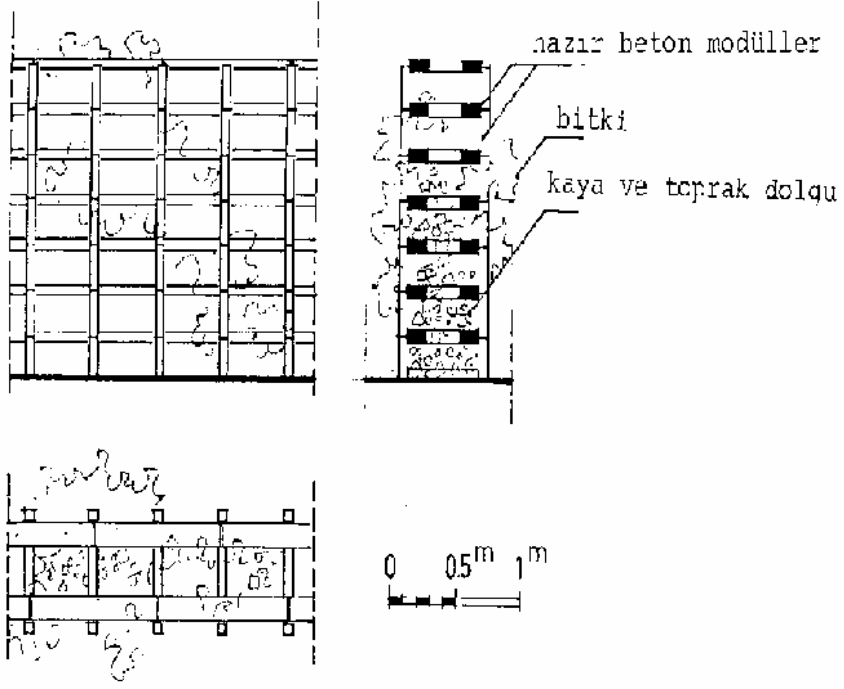
NO.6 - ŞAŞIRTMALI YERLEŞTİRİLMİŞ METAL LEVHALAR



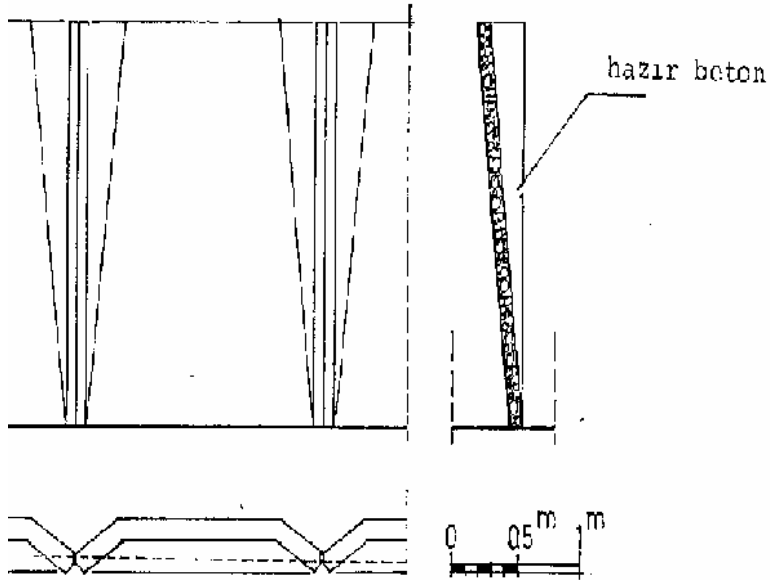
NO.7 - PLASTİK PANELLER



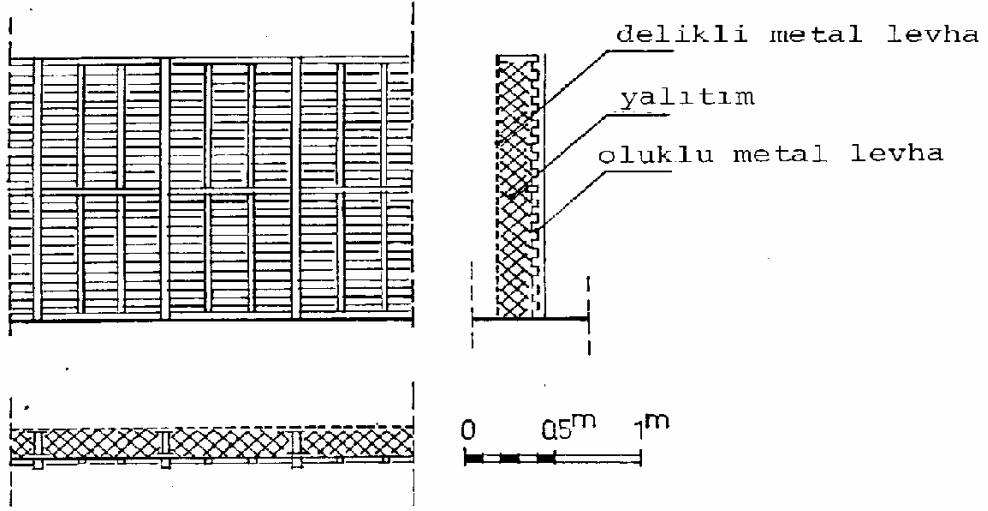
NO.8 - BETON VE PLASTİK PANEL (KOMPOZİT PANEL)



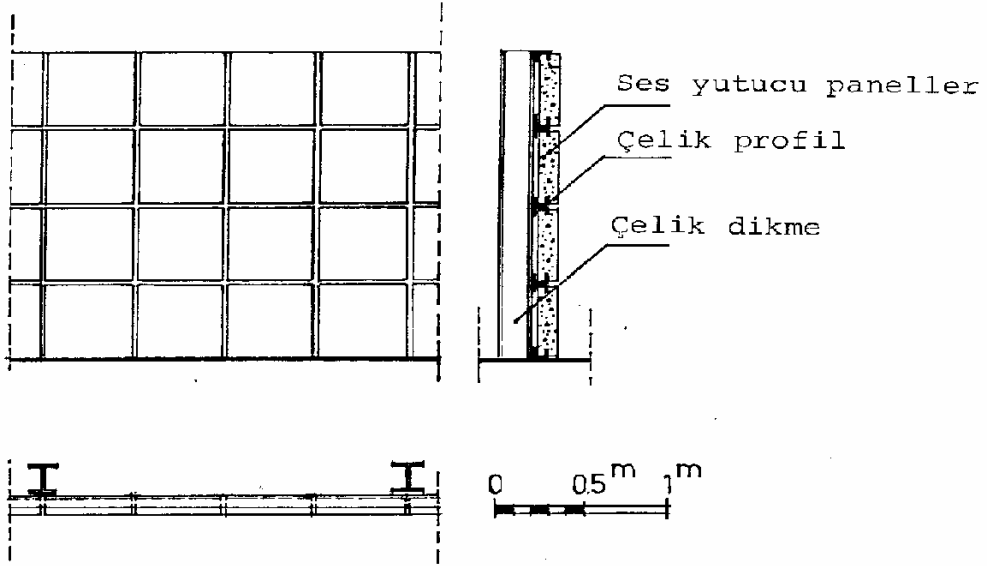
NO.9 - ARASI YEŞİLENDİRİLMİŞ HAZIR BETON ELEMANLAR



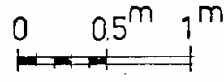
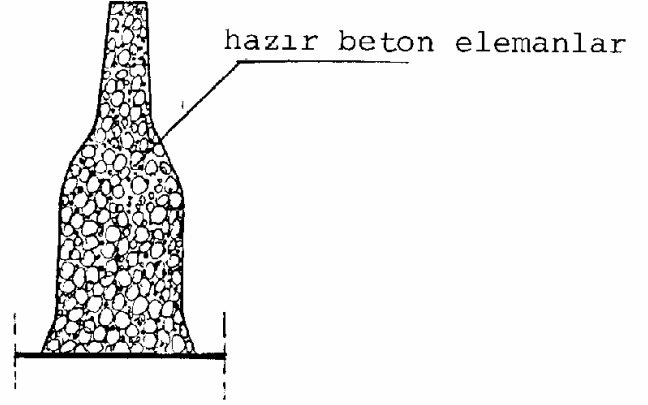
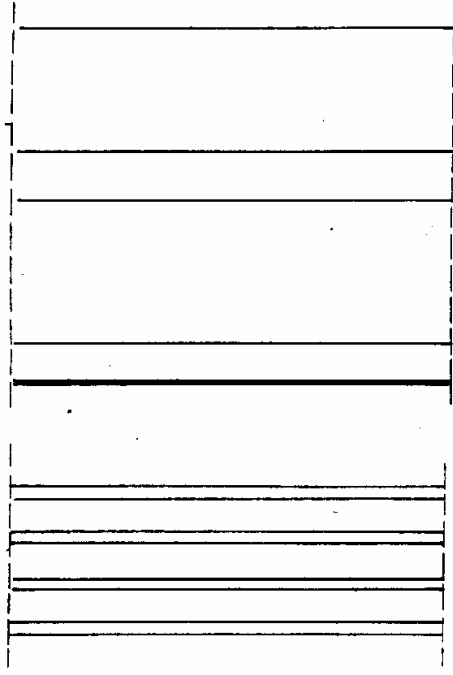
D.20 - HAZIR BETON PANELELER



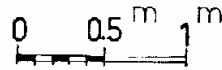
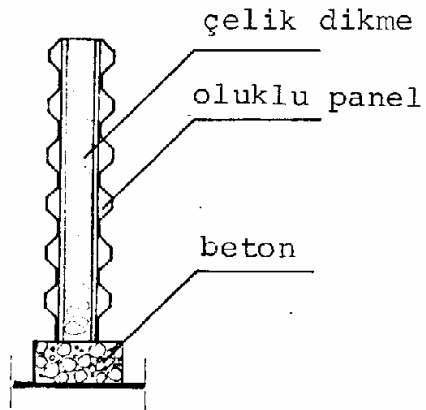
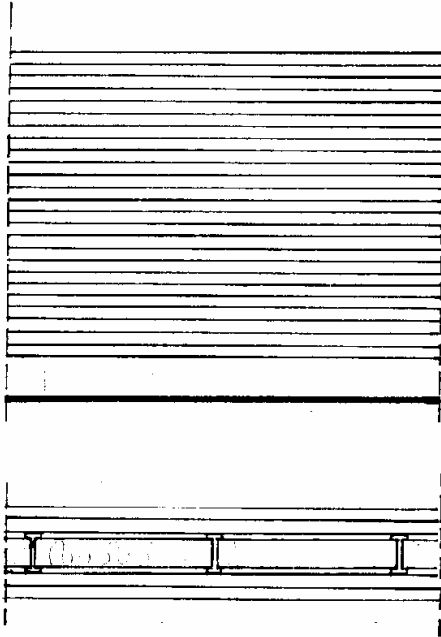
NO.11-ARKASI YALITIMLI DELİKLİ METAL PANELLER



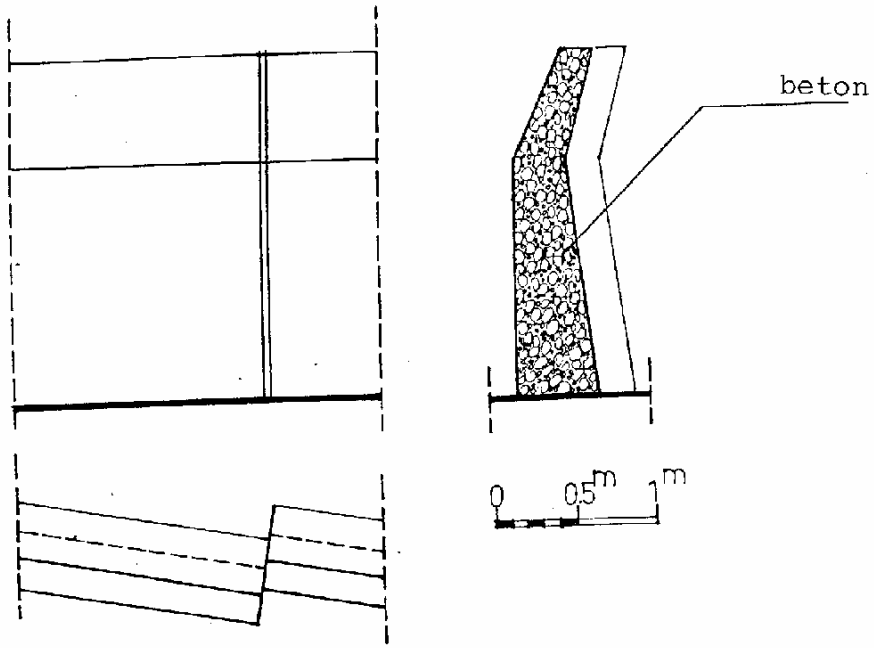
NO.12 - ÖZEL SES YUTUCU PANELLER (ÇELİK STRÜKTÜRLÜ)



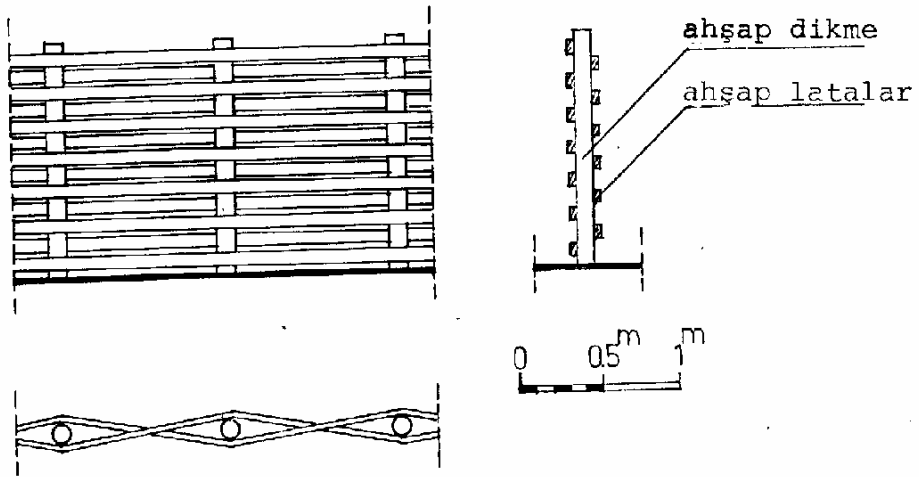
NO.13 - PREFABRIKE BETON ELEMANLAR



NO.14 - ÇELİK STRÜKTÜRLÜ OLUKLU METAL PANELLER



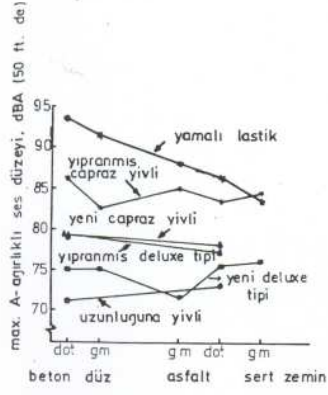
NO.15 - EĞİK YÜZEYLİ, KAYDIRILMIŞ BETON PANELLER



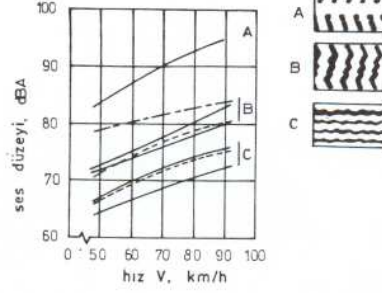
NO.16 - SEPET ÖRGÜLÜ AHŞAP PANELLER

FOTOKOPI YAPIŞTIRMA ŞEKİLLERİN TARANMASI

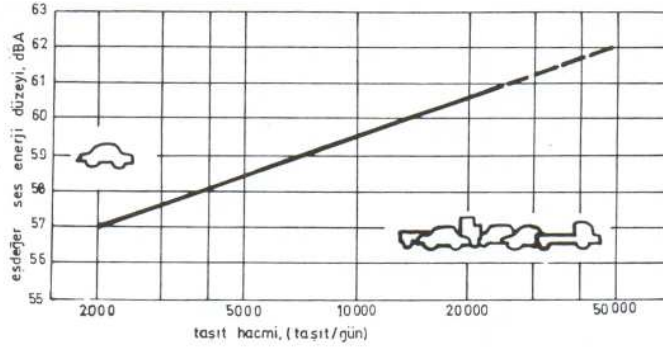
32



Şekil 6 a : Ağır taşıtların lastik gürültüsünde yol yüzeyi ve hızın etkisi

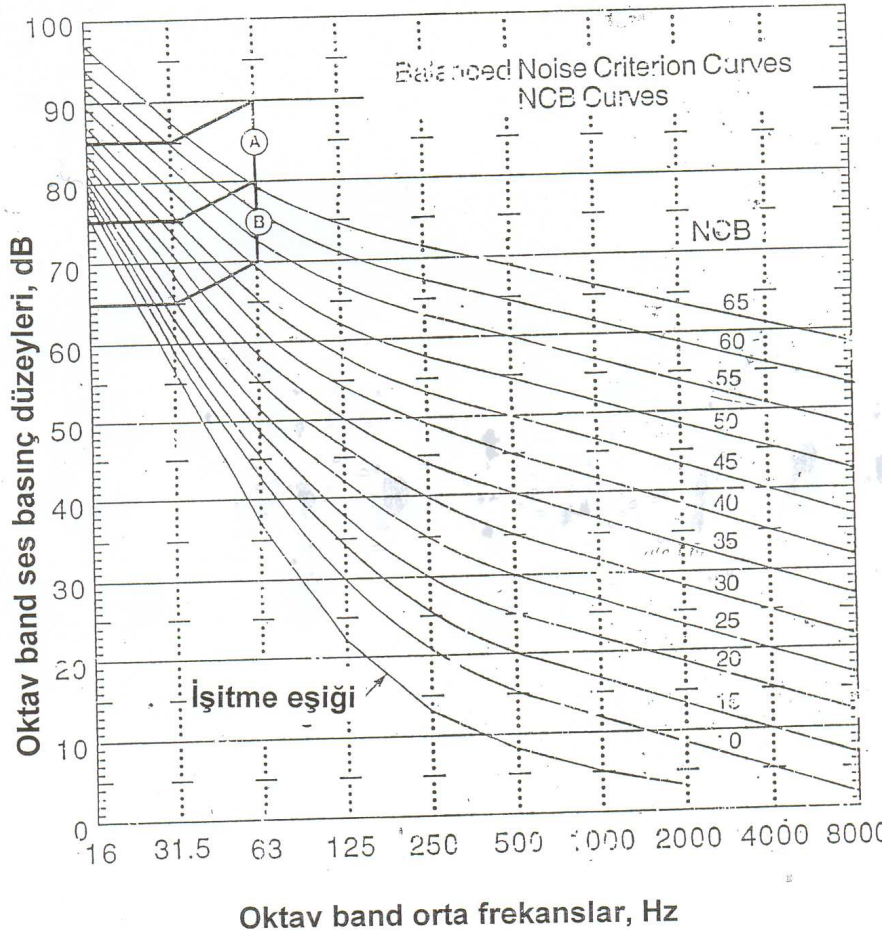


Şekil 6 b : Ağır taşıtların lastik gürültüsünde yol yüzeyi ve hızın etkisi

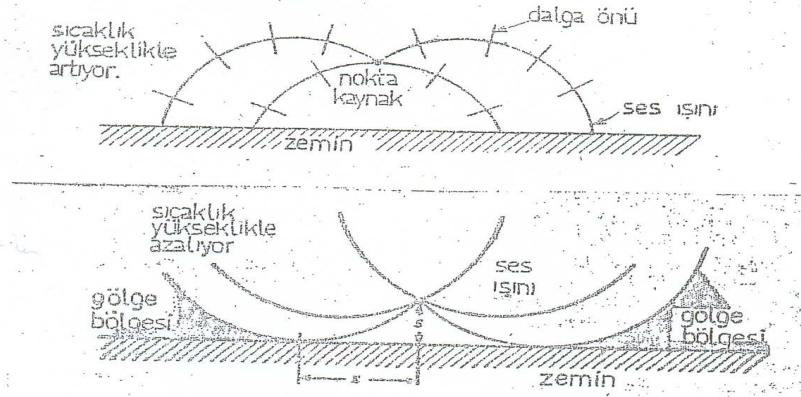


Şekil 6 c : Trafik akımının fonksiyonu olarak L_{eq} değeri 2^a .

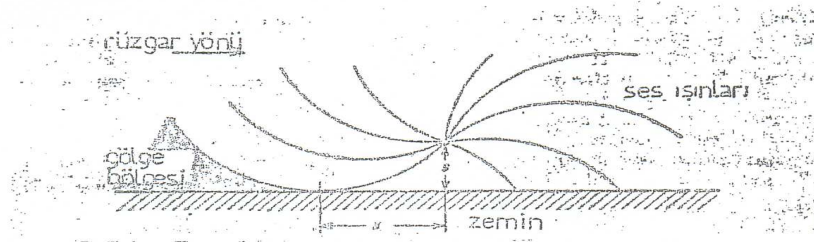
ŞEKİL 18- GÜRÜLTÜ KRİTERİ EĞRİLERİ (NCB)



SES YAYILIMINDA METEOROLOJİK FAKTÖRLERİN ETKİSİ

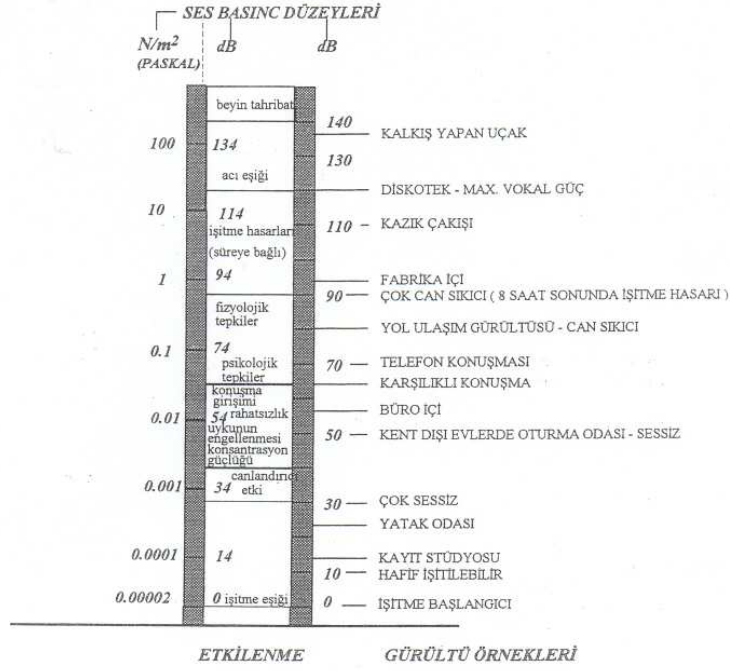


Sıcaklık değişimlerinin etkisi

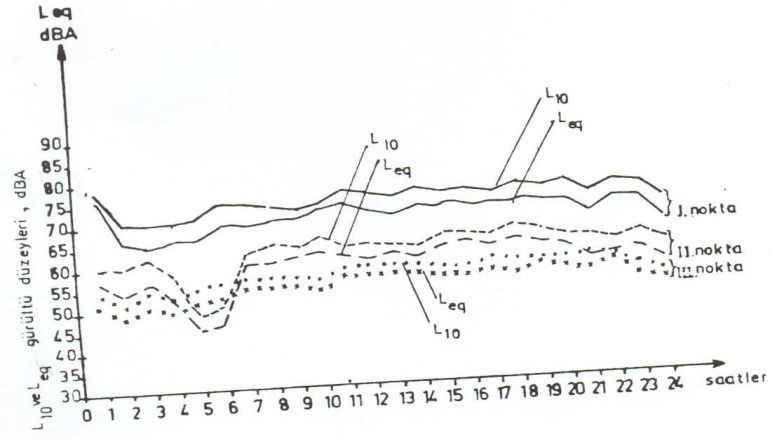


Rüzgarın etkisi

Şekil 11 - Ses yayılımında Meteorolojik Faktörlerin Etkisi:

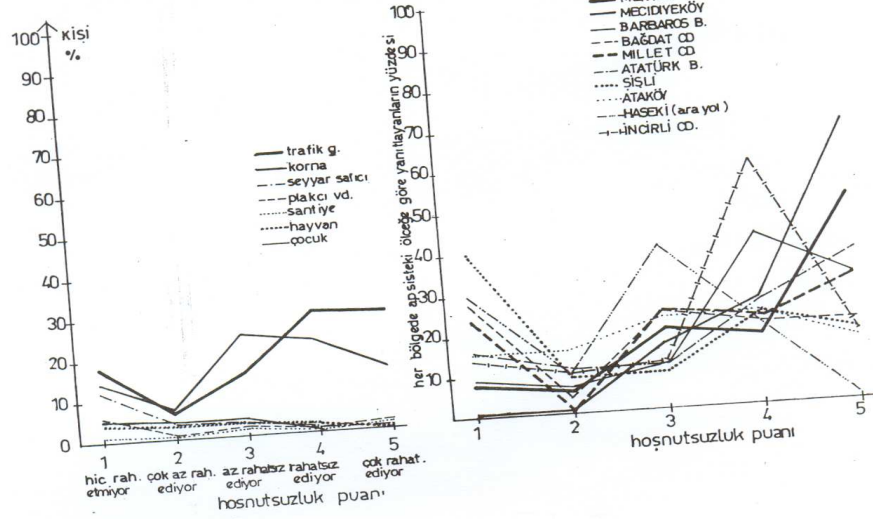


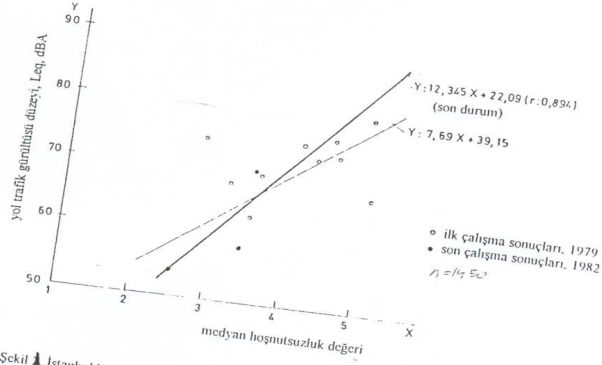
Şekil 13 Ses basıncı, basınç düzeyi ilişkisi , bazı gürültü örnekleri ve etkilenme diyagramı



Sekil 8: Esenkente saatlik gürültü düzeyleri.

Sekil 2a ve b
İstanbul'da Bina Dışı Çevresel Gürültü Kaynaklarından ve
Trafik Gürültüsünden Olan Hoşnutsuzluk Puanları ve
Cevaplayan Kişi Yüzdeleri





Şekil 11 İstanbul'da yapılan alan çalışmaları sonucunda elde edilmiş gürültü düzeyleri ve hoşnutsuzluk ilişkisi

