



Araştırma Makalesi / Research Article

**KABATAŞ-BAĞCILAR TRAMVAY HATTI ARAÇ GÜRÜLTÜ
ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ***

**KABATAS-BAGCILAR TRAM LINE VEHICLE NOISE MEASUREMENT
AND EVALUATION**

Fırat TOPARLI¹

Yalçın EYİGÜN²

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
firat.toparli@metro.istanbul

Geliş Tarihi / Received
17.03.2021

Kabul Tarihi / Accepted
12.08.2021

Öz

Bu çalışmada, kentiçi raylı sistemlerin gelişimi ve önemi, kentiçi raylı sistem araçlarının özellikleri, bu araçların çevreye yaydığı gürültüler ve bu gürültülerin insan sağlığı üzerindeki etkisi detaylandırılmıştır. Raylı sistemlerin gürültü ölçüm standartlarından ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nden bahsedilmiştir.

Kabataş-Bağcılar tramvay hattında çalışan araçların oluşturduğu gürültüler, raylı sistem gürültü standartlarına ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre ölçülmüştür. Araçlarda yolcuların maruz kaldığı gürültülerin şartnamelerde çoğunlukla belirlenmiş sınırların içerisinde olup olmadığı ölçülmeye çalışılmıştır. T1 Hattı'nda çalışan araçlar incelendiğinde şartnamelerde belirlenen üst limitleri büyük çoğunlukla uyduğu, ancak Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne uymadığı durumlar tespit edilmiştir. Gürültü Kontrol Yönetmeliği ve araç şartnamelerinde belirtilen durumlar kıyaslanmış mevcut farkları ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gürültü, gürültü ölçümleri, kentiçi raylı sistemler, tramvay.

Abstract

In this study, the development and importance of urban rail systems, the characteristics of urban rail system vehicles, the noise emitted by these vehicles to the environment and the effects of these noises on human health are detailed. Noise measurement standards of rail systems and Noise Control Regulation are mentioned.

The noise generated by the vehicles operating on the Kabataş-Bağcılar tram line was measured according to the rail system noise standards and the Noise Control Regulation. It has been tried to measure whether the noises that the passengers are exposed to in the vehicles are within the limits mostly determined in the specifications. When the vehicles operating on the T1 Line are examined, it has been determined that the upper limits determined in the specifications mostly comply, but they do not comply with the Noise Control Regulation. The situations specified in the vehicle specification and Noise Control Regulation were compared and the existing differences were revealed.

Keywords: Noise, noise measurement, urban railway systems, tramway.

*Bu yayın Fırat TOPARLI isimli öğrencinin İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Programındaki Lisansüstü tezinden üretilmiştir.

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, Küçükalyalı, İstanbul, Türkiye. firat.toparli@metro.istanbul, [Orcid.org/0000-0003-2232-2214](https://orcid.org/0000-0003-2232-2214).

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Küçükalyalı, İstanbul, Türkiye. yeyigun@ticaret.edu.tr, [Orcid.org/0000-0001-9931-8294](https://orcid.org/0000-0001-9931-8294).

1. GİRİŞ

Geçtiğimiz on yıllarda insanların kentlere göç etme eğiliminde oldukları görülmektedir. Bu eğilimin temel unsurlarını ekonomi, sosyoloji, teknoloji oluşturmaktadır. Günümüzde gerek ekonomik, gerek teknolojik gerekse siyasal veya sosyolojik nedenlerden dolayı toplumların şehirlerde yaşamayı daha çok tercih ettikleri bilinen bir gerçektir (Baştürk, 2014). İnsanlar kırsal alanlarda bulamadıkları ekonomik refahı ve konforu kentlerde bulmaya çalışmıştır. Kentlere göç tercihi nüfus yoğunluğunu da arttırmıştır. Ulaşım noktasında idarecilerin çözümleri toplu taşıma sistemlerinin yaygınlaştırılması ve cazip hale getirilmesidir. Amaç belirlenmiş sürelerde kitleleri bir noktadan bir noktaya en hızlı ve güvenli şekilde ulaştırmaktır. Kentiçinde trafik kapasitesi, trafik hacmi, trafik yoğunluğu, kentiçi ulaşımda kullanılacak sistemin belirlenmesinde ana verileri oluşturmaktadır. Dünya genelinde bazı farklılıklar gösterse de günümüzde kentlerin ulaşım ihtiyaçlarını büyük oranda lastik tekerlekli araçlar ile raylı sistemler oluşturmaktadır. Türkiye’de kentiçi ulaşımın belkemiğini karayolu sağlamaktadır (Çelik ve ark., 2014). Nüfusun az olduğu kentlerde ulaşım büyük oranda lastik tekerlekli araçlarla sağlanırken, nüfusun çok fazla olduğu kentlerde lastik tekerlekli araçlarla bütünleşik bir şekilde raylı sistemler kullanılmaktadır. Kentiçi raylı toplu taşıma sistemleri 19. yüzyıl sonları-20. yüzyıl başlarında ulaşımda pay edinmeye başlamıştır ve kent içerisinde ulaşımdaki payını her geçen gün arttırmaktadır. 19. yüzyıl ortalarında şehir içi ulaşımında atlı arabalar kullanıldığı için demiryolu ulaşımına fazla rağbet olmamıştır. Daha sonraki yıllarda kişileri şehir içinde daha hızlı, kolay ve ucuz bir biçimde taşıyabilmek amacıyla demiryolları kendini yenilemiş ve küçük birimli hızlı tramvay kent içinde yaygınlaşmıştır (Toprak & Aktürk, 2002). Raylı sistemler günümüze kadar ulaşım ağlarını sürekli olarak geliştirdikleri ve iyileştirdikleri görülmektedir. Özellikle kentiçi nüfusunun artması, şehirlerdeki yeterli alan eksikliği otobüs, otomobil seyahatlerinin konforunu düşürmektedir. Araç sayısındaki fazlalık, karayolu toplu taşımayı kullanan ya da şahsi araçla seyahat eden vatandaşların saatlerce yollarda olmalarına sebebiyet vermektedir. Bu durumun sıklıkla yaşanması vatandaşları kentiçi raylı sistem alternatiflerini kullanmaya teşvik etmektedir. Raylı sistem alternatiflerini kullanan yolcular, yolculukları esnasında gürültüye maruz kalmaktadır.

Bu çalışmada, T1 Bağcılar-Kabataş hattında çalışan tramvay araçlarının yaydığı gürültünün şartnamelerde belirtilen hususları sağlayıp sağlamadığı gürültü ölçüm standartları kullanılarak ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Ayrıca Gürültü Kontrol Yönetmeliği’nin kentiçi raylı sistem araçları için belirlemiş olduğu ölçüm kriterleri kullanılarak gürültü üst sınırlarının Gürültü Kontrol Yönetmeliği’nin belirlemiş olduğu limitler içerisinde olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda karşılaştırma yapılarak tespit edilen eksiklikler dile getirilmiştir.

1.1. Kentiçi Raylı Sistemler İncelemesi

Günümüzde hızlı kentleşme, hava kirliliği, enerji ihtiyacı, yoğun nüfus artışı ulaşımı üzerinde durulan en önemli konulardan biri haline getirmiştir. Ulaşım alternatifleri içerisinde bu sorunu raylı sistemlerle çözmeye neredeyse zorunlu hale gelmiştir. Raylı sistem taşımacılığının ilk yatırım maliyeti yüksek olmakla birlikte, çevre kirliliğine diğer ulaşım araçlarından daha az sebep olur. Elektrikli raylı sistem araçları diğer ulaşım tiplerine göre daha çok çevre dostudur (Palacin, 2014). Bununla birlikte en önemli çıktısı olan yolcu taşıma kapasitesi karayolu taşımacılığına kıyasla çok daha yüksektir. Bu koşullar raylı sistem taşımacılığın yaygınlaşmasını ve tercih edilmesini hızlandırmıştır. Kentiçi raylı sistemleri sınıflandırırken en önemli kriter yolcu kapasitesidir. Yolcu kapasitesiyle birlikte;

- Ticari hız,
- Setteki vagon sayısı,
- İvmelenme Özelliği,
- Sinyalizasyon sınıflandırma da önemli bir yer tutar.

Kentiçi raylı sistemler 4 ana başlıkta toplanabilir. Metro, tramvay, hafif metro (LRT), monorail.

1.1.1. Metro

Kendine ait özel bir yolu ve raylı sistem araçları bulunan, hiçbir şekilde diğer sistemler ile yolları kesişmeyen kapalı bir sistemdir. Metroların asıl amacı kalabalık şehirlerdeki ulaşımını yerin altına inşa edilen yollar, tüneller yardımı ile ulaşım sağlamaktır. Fakat zemin etüdünden veya başka nedenlerden kaynaklanan durumlarda, metronun yolları yer üstüne çıkabilmektedir. Kendi içinde kapalı bir yapıdır. Yaygın olarak dünya genelinde büyük şehirlerde kullanılır. Genellikle 2-10 vagon dan oluşan sistemlerdir. Günümüzde 4 vagon dan az metro hatları çok kısıtlıdır. Diğer kentiçi raylı sistem araçlarına kıyasla çok daha fazla yolcu taşır. 90 saniyeye düşen sefer sıklıkları ve 2000 kişiye varan kapasite ile diğer raylı sistemlerden çok daha yüksek performans sahiptir (Arlı, 2010).

1.1.2. Tramvay

Genellikle yer üstünde bulunan havai hattan, (katener hattı) pantograf yardımıyla aktarımı sağlanan 750 VDC gerilimleri ile çalışan raylı sistem araçlarıdır. Tramvaylar çoğunlukla 2 araçlıdır. Yolcu yoğunluğunun fazla olduğu hatlarda 3 araçlı çalıştırılması tercih edilir. Bir saatte, tek bir yönde taşımacılığı, metroya göre daha az olup, 5.000 – 15.000 yolcu sayısı olarak değişmektedir. Çıkabilecek en yüksek hızları genelde 50 km/sa'tir. Diğer raylı sistem araçlarına göre olumsuz tarafı, tramvayların kara yolları ile kesişme bölgelerinin bulunmasıdır. Bundan dolayı tramvaylar tasarlanırken acil fren ivmesi $2,8 \text{ m/s}^2$, hızlanma ivmesi $1,2 \text{ m/s}^2$ – $1,4 \text{ m/s}^2$ olacak şekilde olmasına dikkat edilmektedir. Karayolu ile bütünleşik olmasının en önemli kusuru kazaya karışma ihtimalinin yüksek olmasıdır. Karayolu ile bütünleşik olmasından kaynaklı özellikle karayolu araçlarının kavşak bölgelerinden geçişleri esnasında tramvay ile temas etme durumu söz konusudur. Karayoluna aynı seviyede döşenen raylar üzerinde hareket ettiğinden mevcut karayolu trafik düzenine uymak zorunda olup bu araçlara geçit ve kavşaklarda karayolu araçlarına göre geçiş üstünlüğü sağlanmaktadır (Armstrong & Wright, 1986).

1.1.3. Hafif metro

Esas olarak tramvayın modernleştirilmiş halidir denilebilir. Bu sistemlerin temel amacı, şehir dışındaki banliyö trenlerin duraklarından aldığı yolcuları, şehir merkezine ulaşımını sağlamasıdır. Ancak büyük kentlerde doğrudan kentiçinde ulaşımı sağlamak için kullanılmaktadır. Çıkabileceği en yüksek hızlar, yerleşim yerlerinde 60 km/sa - 80 km/sa olarak değişmektedir. Bir saatte, tek yönde 10.000 – 35.000 yolcu taşımaktadır. Tramvay sistemlerine oranla daha yüksek yolculuk kapasitesine sahip sistemlerdir, saatteki maksimum yolculuk kapasiteleri 35.000 yolcu/yön şeklindedir (Baştuğ, 2014). Dizi halinde çalıştırılan genellikle 2-4 vagonlu yer seviyesinde ya da yükseltilmiş yollarda, karayollarından ayrılmış, kendine ait bir yolu olan kent içi elektrikli ulaşım aracıdır.

1.1.4. Monorail

Kendine ait özel olarak dizayn edilmiş, yüksek seviyeli çelik veya beton kolonlara asılı bir şekilde inşa edilmiş üst yollardan gider. Ray yolu, kapalı bir kutu şeklinde (alttan asılı) veya aracın kapattığı, ata biner gibi üzerinde oturduğu, (üstten giden) olmak üzere iki türlü inşa edilebilir. Hızı 80 km/sa'ti geçmeyecek şekilde sınırlandırılmıştır.

1.2. Gürültü

Gürültü: Gelişigüzel bir yapısı olan bir ses spektrumudur ki, öznel olarak, istenmeyen ses biçiminde tanımlanır (GKY, 1986).

Gürültü ölçen alete sonometre denir. Gürültü ölçümlerinde ibare olarak ses basınç düzeyi kullanılır. Sesin insan kulağına göre şiddetini belirleyen ölçü oranı desibeldir (dB).

Kentçi ulaşım sistemlerde gürültünün ana kaynağı olarak trafik gürültüsü ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte raylı sistem araçlarından kaynaklı oluşan gürültü önemli bir yer edinmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Gürültü Kaynakları Yüzdeleri (MEB, 2011).

Trafik	50%
Raylı Sistemler	18%
Uçaklar	13%
Sanayi	6%
Komşular	3,50%
İnşaat	3%
Açık Hava	2,50%
Diğer Kaynaklar	4%
Önemli Gürültü Kaynakları	

Gürültü ile ilgili kamu bilincinin oluşması, fonksiyonel türüne bağlı olarak çevresel gürültü sınırlayıcı seviyelerinin getirilmesi için mevzuatların oluşmasına neden olmuştur (Tutmez & Baranovskii, 2019). Kentçi ulaşım sistemlerinde özellikle trafik gürültüsünün insan yaşam kalitesi üzerinde ciddi etkileri vardır, bu sebeple mevzuatlara konu olan gürültü üst limitlerinin sağlanıp sağlanmadığı ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Sharaf ve Reyouf 2021 yılındaki yaptığı çalışmada ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) modelini kullanarak Kuveyt'teki bir çevre yolunda trafik gürültü ölçümlerini alarak incelemiştir. Bununla birlikte Türkiye'de de ANN (Artificial Neural Networks, ve ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) metotları kullanılarak birçok çalışma ortaya koyulmuştur. Atalay ve Unal 2017 Yılında yaptıkları çalışmada ANN ve ANFIS metotlarını kullanarak Erzurum'da gürültü ölçümleri alıp değerlendirmeler yapmışlardır.

Gürültünün belirli bir yapısı yoktur. İçerdiği öğelerle kişiyi bedensel ve ruhsal olarak olumsuz etkiler. İşitme sağlığını bozar. İş performansını olumsuz etkiler, çevrenin sakinliğini ve hoşnutluğunu yok eder. Çevreye önemli derece de rahatsızlık verir. İnsan gürültüye uyum sağlamada zorlanmaktadır. Gürültü insan sağlığını bozmasının yanında, birçok kayba sebebiyet olur. Gerek gerçek hayatta gerekse laboratuvar ortamlarındaki deneylerde gürültünün insanları psikolojik ve davranışsal açıdan birçok rahatsızlığa sevk ettiği kanıtlanmıştır (Kryter, 1984). Gürültü, insan sağlığı açısından yüksek risk taşımaktadır; gürültü rahatsızlığı neticesinde kişilerde stress, huzursuzluk, baş ağrısı, konsantrasyon eksikliği, kardiyovasküler rahatsızlıklar, uykusuzluk gibi psikolojik ve fizyolojik etkiler ortaya çıkarmaktadır (Yener, 2017).

1.2.1. Raylı sistemlerde gürültü kaynakları

Raylı sistemlerde gürültü konusu son zamanlarda üzerinde çok durulan konuların başında gelmektedir. Kısa zaman aralığında başlayıp biten gürültüye nazaran raylı sistem araçlarının gürültüsü uzun süren karaktere sahiptir. İnsan organizması, ani değişikliklere daha hassas davranır. Bu sebeple raylı sistem gürültüsü ani değişiklikten kaynaklı gürültüler kadar rahatsızlık vermez.

Ulaşım araçları içerisinde çevre gürültüsü etkisi bakımından, en az rahatsızlık veren ulaşım sistemi raylı sistemlerdir. Günümüzde şehir içi toplu taşımacılıkta kullanılan raylı sistem araçlarının birçoğu elektrikli. Bu sebeple çevreye yayılan gürültü daha azdır. Raylı sistemlerde iki önemli gürültü kaynağı vardır. Araç gürültüsü; tren kornası, elektrik motorları, dizel motoru, diğer ekipman gürültüsü (klima gibi), tekerlek-ray etkileşiminden kaynaklanan gürültüler; yuvarlama, darbe etkisi, kızaklama (kayma) raylı sistemlerdeki gürültü kaynaklarıdır.

Raylı sistem araçlarında klimalar, yardımcı güç sistemleri ve tahrik motorları sürekli gürültü oluştururlar. Elektrikli lokomotifler dizellere göre daha sessizlerdir. Ancak elektrikli lokomotiflerde ısınan ekipmanları soğutmak için kullanılan büyük fanlar, düşük hızlarda yüksek gürültü üretirler. Ulaşım araçları arasında raylı sistem araçları önemli ölçüde düşük gürültü kirliliği açısından çevre dostu olarak tanımlanır ancak, son yıllarda karayolu trafiğinden sonra Avrupa’da ikinci en baskın çevresel gürültü kirliliği kaynağı haline gelmiştir (EU, 2002). Raylı sistemlerden kaynaklı oluşan gürültü birçok ülkede son yıllarda mevzuatlara konu olmuş ve raylı sistem gürültüsü ile ilgili mevzuatların yazılmasına neden olmuştur.

Raylı sistemlerin çevreye yaydığı gürültüler belirli seviyenin altında olması gerekmektedir. Gürültü seviyesinin üst limitleri yazılan araç şartnamelerinde belirtilir. Raylı sistem standartları dışında birçok ülke kendi yönetmeliklerini yayınlar. Yayınlanan yönetmeliklerdeki eksiklikler birçok akademisyeni araştırmaya yöneltmiştir. Wosniacki ve Zannin 2021 yılında yayınladıkları çalışmada Ponto Grossa’da (Brezilya) ISO 1996-1 (2016) ve NBR 16425-1 (2016a) gürültü ölçüm standartlarını kullanarak ölçümler gerçekleştirmiş ve yönetmelikle uyumu karşılaştırılmıştır. Gürültü Kontrol Yönetmeliği Türkiye’de gürültü üst sınırlarını belirtmiştir. Bu çalışmada, Türkiye’de raylı sistem teknik şartnamelerinde referans gösterilen ISO 3095 standardı kullanılarak ölçümler alınmış ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği’nin belirlemiş olduğu ölçüm yöntemleri ile yapılan gürültü ölçümleri kıyaslanmıştır. Bu bağlamda bu çalışma bir ilktir. Gürültü Kontrol Yönetmeliği’nin eksikliklerini ve şartnamelerle atıfta bulunulan ISO 3095 ile tutarsızlığının ortaya koyulması açısından önemlidir. Ayrıca bu çalışma, Türkiye’de raylı sistem araçları için yazılacak olan teknik şartnameleri de yönlendirmesi açısından önemli olacaktır.

Raylı sistemlerin çevreye yaydığı gürültüler belirli seviyenin altında olması gerekmektedir. Gürültü seviyesinin üst limitleri yazılan araç şartnamelerinde belirtilir. Raylı sistem standartları dışında birçok ülke kendi yönetmeliklerini yayınlar. Gürültü Kontrol Yönetmeliği Türkiye’de gürültü üst sınırlarını belirtmiştir.

1.3. Gürültü Ölçüm Standartları

Raylı sistem araçları dış gürültü ölçümleri alınırken uluslararası kabul edilen ISO 3095 standardı kullanılmaktadır. Bu standarda değinmekle birlikte, Gürültü Kontrol Yönetmeliği de aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır. Raylı sistem araçlarında şartnameler hazırlanırken uluslararası kabul gören standartlara atıfta bulunarak gürültü değerleri belirlenir. Bu standartlar raylı sistemlerde araç içi ve araç dışı gürültü ölçümlerinin hangi şartlar altında nasıl alınması gerektiğini belirler. Ölçümün kaç defa tekrar edileceği, hangi noktalardan ölçümlerin alınması gerektiği, mikrofونun konumuna kadar açık bir şekilde belirtilmektedir.

1.3.1. ISO 3095 standardı

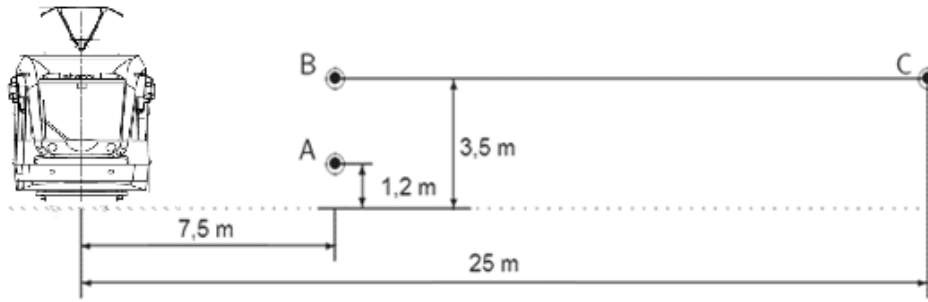
ISO 3095 (Acoustics-Railway Applications-Measurement of Noise Emitted by Railbound Vehicles), 2013 Third Edition (Raylı Sistem Araçların Yaydığı Gürültü Ölçüm Standardı) standardı uluslararası standartlardan biri olan araç dışı gürültü ölçümlerinin nasıl yapılması gerektiğini ifade eden bir standarttır. Demiryolu dış gürültüsüne hem açık yol boyunca hem de depolar, duraklar, istasyonlar ve diğer bekleme yerlerinin içinde ve çevresinde gürültünün nasıl

ölçülmesi gerektiğini ortam ve araç şartlarının ne olması gerektiğini, ölçüm araç ve gereçlerinin kısıtlarını belirler. Bu standartla araç tekeri yuvarlanma gürültüsü, darbe gürültüsü, çekiş gürültüsü, frenleme sesi, korna sesi ve yardımcı ekipman ve diğer bileşenlerden gelen gürültülerin ölçüm kriterlerini belirtir. Bu kriterlere aşağıda değinilmiştir.

Araç normal çalışma koşullarında olmalı ve sabit hızda test için tekerlekleri normal koşullarda normal trafikte en az 3000 km (veya tramvay ve metrolar için 1000 km) normal koşullarda çalışmış olmalıdır. Tekerlek yüzeyinde apleti denilen aşınmalar, yığılmalar olmamalıdır. ISO 3095'e göre ölçüm şartları için çevre koşulları önemli yer edinmektedir. Özellikle testin kabul edilebilir olması için test yapılacak çevrede kar, uzun bitki örtüsü gibi ses emici maddeler; su, buz, asfalt veya beton gibi yansıtıcı örtüler bulunmamalıdır. Test esnasında gürültü yayılma yolunda hiçbir emici malzeme olmamalıdır.

Her ölçüm pozisyonu, rayın üst yüzeyinin 1,2 m ve 3,5 metre yukarısında, pistin merkez hattından 7,5 metre mesafede yer almalıdır.

Ölçüm süresi 20 saniyedir, ancak ölçü şartlarının sürekli stabil kalmadığı durumlarda 5, 15 saniye arasında ölçüm alınabilir bu durum da raporda belirtilir. Ölçüm noktaları aşağıda Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. EN 3095 Mikrofon Konumları (ISO 3095, 2013).

1.3.2. Gürültü kontrol yönetmenliği

Yönetmenliğin amacı; kişilerin huzur ve sükununu beden ve ruh sağlığını gürültü ile bozmayacak bir çevrenin geliştirilmesini sağlamaktır (GKY, 1986). Bu amaca uygun olarak gürültü ile ilgili terimlerin tanımı ile gürültü kontrolünün uygulanacağı sınırların belirlenmesi esaslarını kapsar. Gürültü Yönetmenliği, 9 Ağustos 1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 14. Maddesi hükmüne dayanılarak hazırlanmıştır (GKY, 1986). Yönetmenlik belediye ve mücavir alan sınırları içinde ve dışındaki alanlarda uygulanır. Yönetmenliğin, kendi yetki alanları içerisindeki uygulanmasından, mahallin en büyük mülki amirleri belediyeler ve köy tüzel kişilikleri sorumludur. Mahallin en büyük mülki amiri, belediyeler ve köy tüzel kişilikleri teknik konularda Mahalli Çevre Kurullarının görüşünü alabilirler ve yardım isteyebilirler.

Yönetmenlikte raylı sistem araçları gürültüsünün en fazla kaç Leq (dBA) olması gerektiği belirtilmiştir. Yer altı istasyonlarında, yer üstü istasyonlarında, platformlar için, duran ve kalkan araçlar için, çalışır durumda bekleyen araçları için limit değerler yönetmelikte belirtilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Raylı Sistem Araçları Gürültü Üst Limitleri (GKY, 1986).

Yeraltı İstasyonları	Leq (dBA)	Yerüstü İstasyonları	Leq (dBA)
Gişeler, Merdivenle, Koridorlar	55	Platformlar (platform kenarından 1.8 m.de)	70
Platformlar (platform kenarından 1.8 m.de)		Duran-kalkan trenler	75
Duran ve Kalkan Trenler için	80	Çalışır durumda bekleyen trenler	65
Geçen trenler için	85		
İstasyon içinde vantilasyon sistemi	55		

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İştirak Şirketi, Metro İstanbul A.Ş. tarafından işletilen T1 Tramvay Hattı'nda çalışan Alstom Tramvay Araçları ve Bombardier Tramvay Araçları gürültü ölçümleri için kullanılmıştır. Svantek Svan 971 Tip 1 cihazı gürültü ölçümlerinde kullanılmıştır. Raylı sistem standartlarından biri olan ISO 3095 gürültü standardı gürültü ölçümlerinde uygulanmıştır. Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nin raylı sistemler başlığında ifade edilen ölçüm yöntemleri gürültü ölçümlerinde kullanılmıştır.

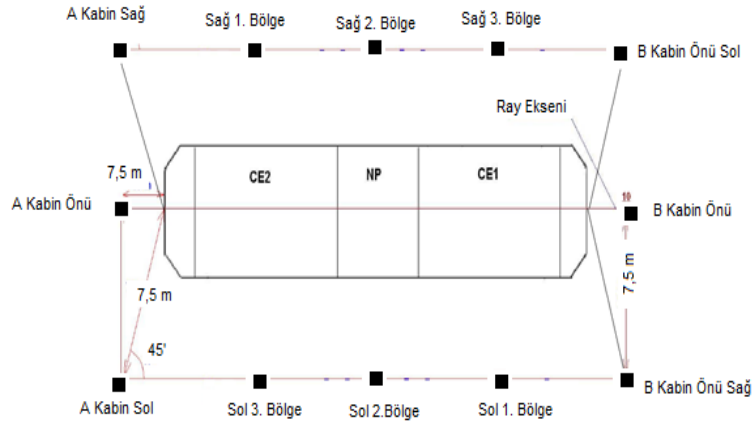
2.2. Yöntem

Bu çalışmada T1 Bağcılar-Kabataş hattında çalışan 814, 754, 828, 704 numaralı araçların ISO 3095 ve Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre gürültü ölçümleri alınmıştır. Alstom Tramvay Araçları Teknik Şartnamesi kıyaslama için örnek şartname olarak kullanılmıştır. Araç şartnameleri hazırlanırken gürültü üst sınırları şartnameyi yazan kişilerce belirlenir. Çoğunlukla uluslararası kabul gören bazı standartlara atıfta bulunulur. Üst sınırlar belli başlı kilometrelere göre değişim gösterebilirler ölçüm için standartlar referans gösterilir. Aşağıda Alstom Teknik Şartnamesi'nde yazan bazı bilgiler paylaşılmıştır.

Alstom Tramvay Araçları Teknik Şartnamesi'nde, "Dış Gürültü Ölçümleri ISO 3095'e göre yapılacaktır. Tüm yardımcı ekipmanlar ayı anda çalışırken araçtan yayılan gürültü seviyesi aşağıdaki belirtilen seviyeyi geçmeyecektir (Alstom Teknik Şartname, 2007).

- Araç sabit, boş 70 dBA

Alınan ölçümlerde, ölçüm mesafesinin ve ölçüm yüksekliğinin gürültü şiddetine etkisi karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Araçların farklı bölgelerinden ölçümler alınarak, ilgili bölgelerdeki ekipmanların gürültü şiddetine etkisi ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Ölçüm alınan örnek noktalar aşağıda Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Araç Dışı Ölçüm Noktaları

7,5 metre uzaklıkta alınan ölçümler dışında 1,2 metre yükseklikte ve 1,8 metre uzaklıkta ölçümler alınmıştır. Bu değerler kıyaslanmıştır.

3. UYGULAMA

Araç dışında ilk ölçümler 17 Eylül Perşembe günü saat 07:30'da alınmaya başlanmıştır. İlgili zamanda rüzgar hızı 3,6 km/sa olarak ölçülmüştür. Hava parçalı bulutlu, sıcaklık 18 °C, nem %83, basınç 1015,0 mb'dır. Basınç ve nem değerleri ilgili tarihteki hava durumu raporundan alınmıştır. Ölçümler raylı sistem standardı olan ISO-3095'e göre yapılmıştır. Bunun dışında Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen hususlara göre de ölçümler alınmıştır. Ölçümler Metro İstanbul'un Zeytinburnu Yerleşkesindeki Araç Parklanma Alanı'nda yapılmıştır. Araç park edildikten sonra etrafında 30 metreye kadar her hangi bir engel mevcut değildi.

3.1. 1,2 Metre Yükseklikte Alınan Ölçümler

Metro İstanbul Araçları'ndan olan ve T1 hattında çalışan Alstom Marka Tramvay araçlarından rastgele seçilen 814 numaralı araçta araç dışı ölçümler alınmıştır. ISO-3095'e göre alınan ölçümler aşağıda Tablo 3'te paylaşılmıştır.

Tablo 3. 814 Araç Dışı Gürültü Ölçümleri 7,5 Metre

814 7,5 METRE 1,2 METRE KLİMALAR AÇIK				
	1. ÖLÇÜM	2. ÖLÇÜM	3. ÖLÇÜM	Ortalama
A Kabin Önü	58,4	57	58,1	59
A Kabin Sağ	60,6	60	60,3	60
A Kabin Sol	58,7	58,9	58,2	59
Sağ 1.Bölge	59,5	58,6	59,1	59
Sağ2.Bölge	59,2	59,2	58,8	59
Sağ 3.Bölge	61,3	61,1	60,9	61
B Kabin Önü Sol	60,8	60,4	60,5	61
B Kabin Önü	56,6	56,5	56,7	57
B Kabin Önü Sağ	59,8	60,1	59,8	60
Sol 1.Bölge	61,5	61,1	60,9	61
Sol 2.Bölge	59,5	59,9	59,6	60
Sol 3.Bölge	58,5	58,9	59	59

814 Numaralı araçta elde edilen ölçümler şartnamelerde yazılan üst limit 70 dBA'in altında ölçülmüştür. Ortalama 60 dBA'dır. Ölçümler bakanlığın açıklamış olduğu yönetmeliğe göre de alınmıştır. 814 numaralı araçta 1,8 metre uzaklıkta ve 1,2 metre yükseklikte alınan ölçümler aşağıdaki gösterilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. 814 Araç Dışı Ölçümleri 1,8 Metre

814 1,8 METRE 1,2 METRE KLİMALAR AÇIK				
	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	Ortalama
A Kabin Önü	59,9	61	60	60
A Kabin Sağ	64,1	65,2	64,9	65
A Kabin Sol	69,2	69	69	69
Sağ 1.Bölge	63,1	63	63,3	63
Sağ2.Bölge	60,2	60,4	61,1	61
Sağ 3.Bölge	62,1	63,3	62,7	63
B Kabin Önü Sol	64,6	64,9	64,8	65
B Kabin Önü	59,6	59,3	59,1	59
B Kabin Önü Sağ	65,7	65,5	65,4	66
Sol 1.Bölge	63,6	63,6	63,2	63
Sol 2.Bölge	62,1	62,1	62	62
Sol 3.Bölge	64,9	64	63,3	64

Çevre Bakanlığının Gürültü Yönetmeliği'nde alınan ölçümlere göre A kabin sağ, A kabin Sol, B Kabin Önü sol, B kabin Önü sağ gürültü şiddetleri 65 dbA ve üzerinde ölçülmüştür (Tablo3). Bakanlığın belirttiği platformdan itibaren 1,8 metrede çalışan trenler için belirttiği üst sınır olan 65 dBA'in üzerinde değerlerdir. Tablo 3 incelendiğinde ölçüm değerlerinin farklılık gösterdiği görülmektedir. Araçların ilgili bölgelerinde farklı ekipmanlar olduğundan ölçüm değerleri farklı çıkmıştır. B Kabin sol gürültü şiddeti 69 dBA ölçülmüş olup en yüksek değerdir, Tablo 3'te bu değer görülmektedir. Bunun sebebi ilgili bölgede yardımcı güç sisteminin olmasıdır. Yardımcı güç sistemini soğutan fanlar bu bölgededir.

Metro İstanbul araçlarından T1 Hattında çalışan Bombardier Tramvay Araçlarından rastgele seçilen 754 numaralı araçta 1,2 metre yükseklikte ölçümler alınmıştır.

754 numaralı araçta alınan ölçümler ISO-3095 standardına göre alınmıştır, ayrıca bakanlığın yayınlamış olduğu yönetmeliğe göre de ölçümler alınmıştır. ISO-3095 standardına göre 754 numaralı araçta 7,5 metre uzaklıkta ve 1,2 metre yükseklikte alınan ölçümler aşağıda Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. 754 Araç Dışı Gürültü Ölçümleri 7,5 Metrede

754 7,5 METRE 1,2 METRE KLİMALAR AÇIK				
	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	Ortalama
A Kabin Önü	57,1	56,6	56,7	57
A Kabin Sağ	58,7	58,8	58,4	59
A Kabin Sol	59,6	59,5	59,2	59
Sağ 1.Bölge	61,7	61,7	61,8	62
Sağ2.Bölge	63	63,2	63	63
Sağ 3.Bölge	65,9	64,9	64,8	65
B Kabin Önü Sol	60,4	60,9	60,6	61
B Kabin Önü	57,4	57,4	57,3	57
B Kabin Önü Sağ	58,7	58,8	58,8	59
Sol 1.Bölge	62,4	62,4	62,3	62
Sol 2.Bölge	64	63,9	64,1	64
Sol 3.Bölge	64,2	64,2	64,5	64

7,5 Metrede alınan ölçümler incelendiğinde en yüksek değer 65 desibel olarak ölçülmüştür. Şartnamelerde 70 desibel olarak belirtilen maksimum değer in altındadır. Sağ 3. Bölge’de en yüksek değer in çıkma sebebi ilgili kısımda yardımcı güç sistemi ve bu sistemi soğutan fanların bu bölgede olmasıdır.

Çevre Bakanlığının Gürültü Yönetmeliği’ne göre de belirtilen 1,8 metre uzaklıkta alınan ölçümler aşağıda Tablo 6’da gösterilmiştir.

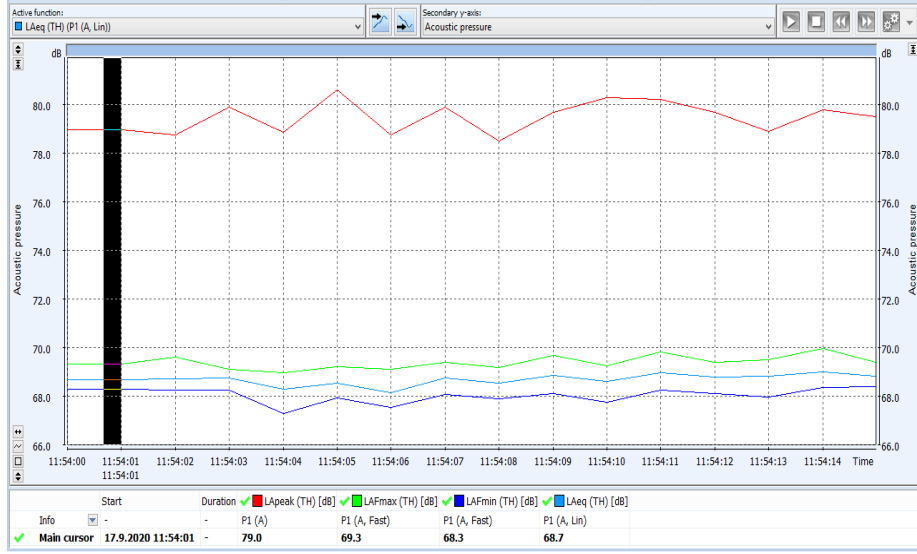
Tablo 6. 754 Araç Dışı Ölçümleri 1,8 Metrede

754 1,8 METRE 1,2 METRE KLİMALAR AÇIK				
	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	Ortalama
A Kabin Önü	57,3	57,4	57,4	57
A Kabin Sağ	58,8	58,3	58	58
A Kabin Sol	59,8	60,5	59,8	60
Sağ 1.Bölge	62,3	62,2	62,4	62
Sağ2.Bölge	63,8	63,9	63,8	64
Sağ 3.Bölge	68,5	68,7	68,7	69
B Kabin Önü Sol	62,8	62,5	62,3	63
B Kabin Önü	57,4	57,8	57,1	57
B Kabin Önü Sağ	60	59,9	59,9	60
Sol 1.Bölge	63,4	63,5	63,9	64
Sol 2.Bölge	65	64,9	65,1	65
Sol 3.Bölge	64,2	64,1	64,4	64

Ölçümlerde en yüksek değer 68,7 desibel çıkmıştır. Ortalama alınıp yuvarlandığından 69 desibel olmaktadır. Yönetmeliğin duran araçlar için belirlemiş olduğu maksimum 65 desibelin üzerinde ölçüm alınmıştır. Burada yönetmeliğe uygun olmayan durum söz konusudur. Tablo 5 ve Tablo 6 karşılaştırıldığında Tablo 5’te ölçülen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi 1,8 metre uzaklıkta alınan ölçümlerin gürültü kaynağına daha yakın olmasından kaynaklıdır. Gürültü kaynağına yaklaştıkça gürültü şiddeti artmaktadır. Tablo 4 ve Tablo 5 incelendiğinde en

çok gürültünün Sağ 3.Bölge de ölçüldüğü görülmektedir. Bunun sebebi ilgili bölgede hem yolcu klimasının varlığı hem de yardımcı güç sisteminin bu bölgeye yakın olmasıdır. Yolcu klimaları ve yardımcı güç sistemi fanları araçlarda en çok gürültü yayan ekipmanlardır.

754 Numaralı araçta gürültü ölçüm cihazından alınan grafik aşağıda paylaşılmıştır (Şekil 3).

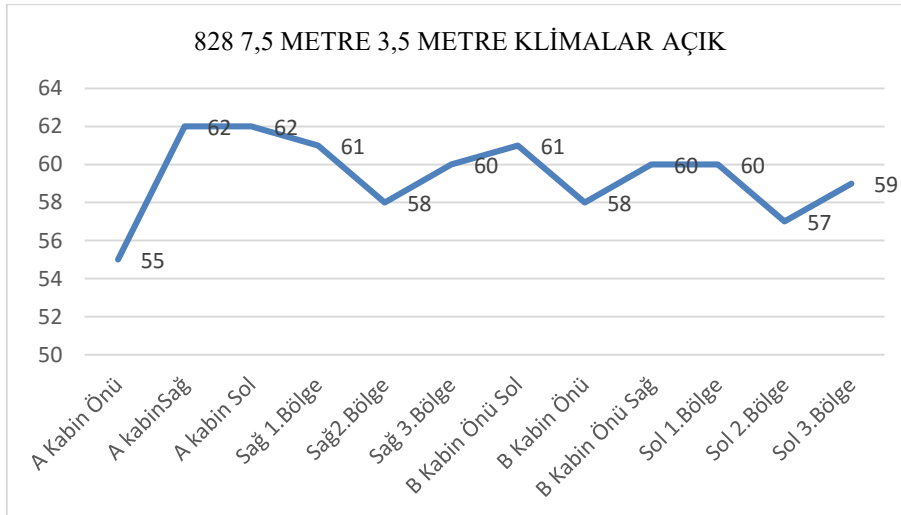


Şekil 3. Ölçüm Cihazı Grafiği 68,7 Desibel

LAeq değeri 68,7 desibeldir. Burada minimum değer 68,3 desibel, maksimum değer 69,3 desibel olarak ölçülmüştür.

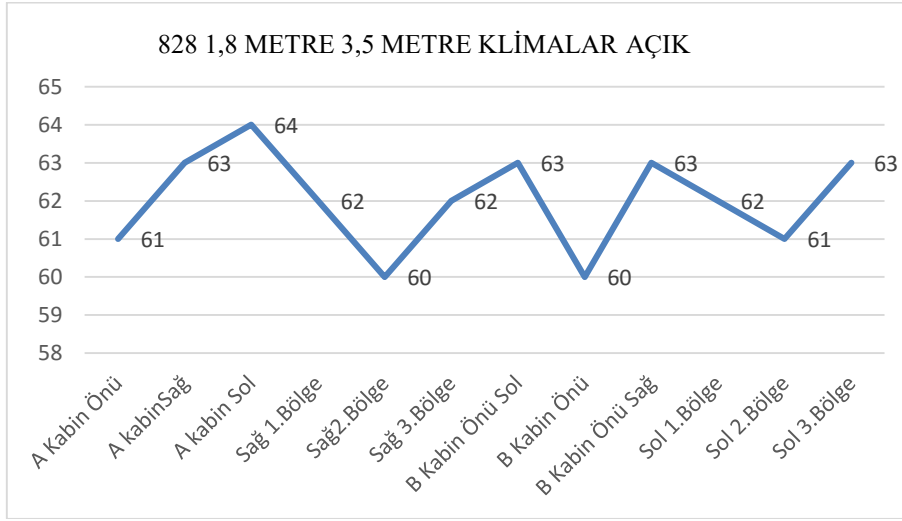
3.2. 3,5 Metre Yükseklikte Alınan Ölçümler

3,5 Metre yükseklikte alınan ölçümler Metro İstanbul Zeytinburnu Yerleşkesi Araç Parklanma Alanı'nda alınmıştır. İlk etapta Metro İstanbul'a ait T1 hattında çalışan araçlardan olan 828 numaralı Alstom Tramvay Aracı'nda ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler ISO-3095 standardında belirtilen 7,5 metre uzaklıkta ve 3,5 metre yükseklikte alınmıştır. Ölçümlerde en yüksek değerler makinist kabin kliması ile yolcu kliması arasında kalan bölgelerde kabin önlerinde ölçülmüştür (Şekil 4). 828 numaralı araçtan alınan gürültü ölçümleri incelendiğinde araç şartnamelerinde belirtilen limitlerin sağlandığı görülmüştür.



Şekil 4. 828 Araç Dışı Ölçümleri 7,5 Metre

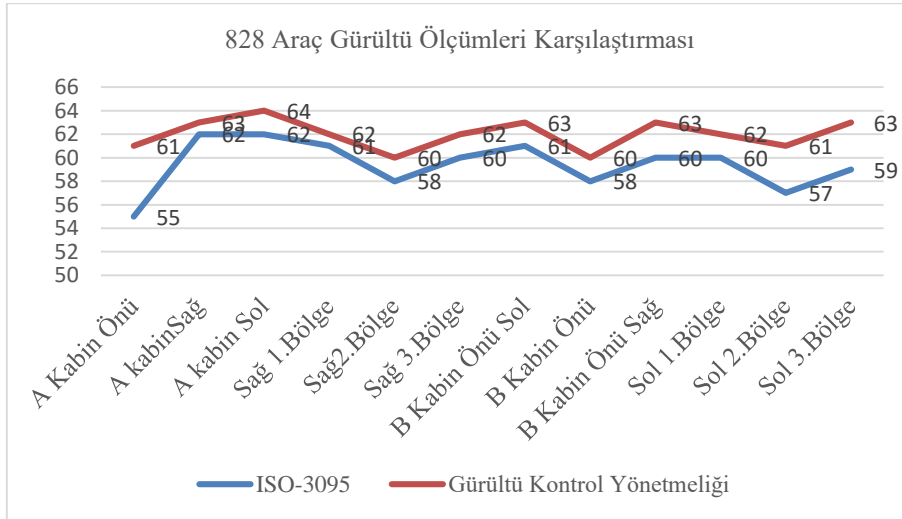
Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nin belirtmiş olduğu kriterlere göre de ölçümler 828 numaralı araçta alınmıştır. Alınan ölçüm değerleri Şekil 5'te paylaşılmıştır.



Şekil 5. 828 Araç Dışı Ölçümleri 1,8 Metre

828 numaralı araçta ölçümler ortalama 62 desibel ile 63 desibel arasında yoğunluk göstermiştir. (Şekil 5). En yüksek alınan ölçüm 1. Ölçümde A Kabin Sol tarafta alınmıştır. 63.6 desibel olarak kayıt edilmiştir. Ortalama değer alındığında ve yuvarlama yapıldığında 64 desibel olarak ölçülmüştür. Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre sınıra yakın ölçüm alınsa da Yönetmeliğe aykırı bir durum söz konusu değildir.

Şekil 4 ve Şekil 5 verileri birleştirilip Şekil 6 oluşturulmuştur. Şekil 6'da görüleceği üzere Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre alınan ölçümler EN-3095 standardına göre alınan gürültü şiddetinden daha fazla ölçülmüştür. Aracın bazı bölgelerinde 6 desibel farklar ölçülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. 828 Araç Gürültü Ölçümleri

Metro İstanbul Zeytinburnu Yerleşkesi Araç Parklanma Alanı'nda, Metro İstanbul araçlarından olan ve T1 Hattı'nda çalışan Bombardier tramvay araçlarından olan 704 numaralı araçta gürültü ölçümleri alınmıştır. Alınan ölçümler ISO-3095 standardına göre 7,5 metre uzaklıkta ve 3,5 metre yükseklikte alınmıştır. İlgili alanda 30 metreye kadar herhangi bir engel mevcut değildir.

Tablo 7. 704 Araç Dışı Ölçümleri 7,5 Metre

704 7,5 METRE 3,5 METRE KLİMALAR AÇIK				
	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	Ortalama
A Kabin Önü	57,7	57,4	57,2	57
A Kabin Sağ	58,8	58,8	58,8	59
A Kabin Sol	59,5	59,4	58,7	59
Sağ 1.Bölge	61,2	61,1	60	61
Sağ 2.Bölge	61,4	61,5	61,5	61
Sağ 3.Bölge	63,1	63	63,1	63
B Kabin Önü Sol	58,6	58,7	58,4	58
B Kabin Önü	56,1	56,5	56,4	56
B Kabin Önü Sağ	57,6	57,6	57,3	58
Sol 1.Bölge	61,5	61,6	61,5	61
Sol 2.Bölge	64,2	64,1	64	64
Sol 3.Bölge	65	65,2	65,4	65

Yukarıda Tablo 7’de paylaşılan 704 numaralı araçta yapılan, 7,5 metre ve 3,5 metre mesafede alınan ölçümler ISO-3095’e göre alınmıştır. Alınan ölçümlere göre 7,5 metre mesafede şartnamelerde yazılan 70 desibel maksimum gürültü şiddetinin altında ölçümler ölçülmüştür.

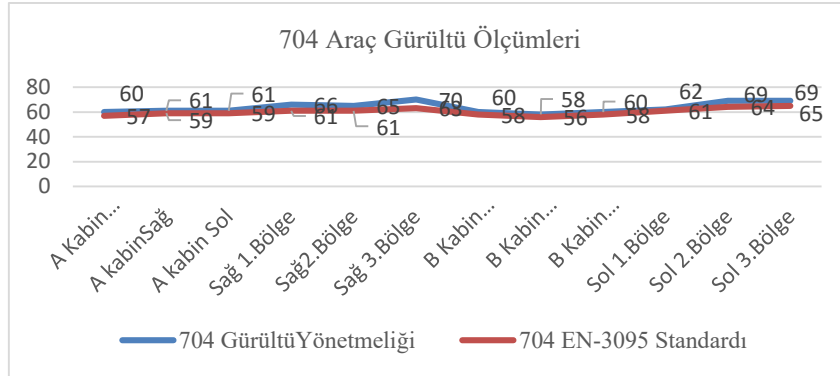
Tablo 8. 704 Araç Dışı Ölçümleri 1,8 Metre

704 1,8 METRE 3,5 METRE KLİMALAR AÇIK				
	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	Ortalama
A Kabin Önü	60,4	60,5	60,4	60
A Kabin Sağ	61,4	61	61	61
A Kabin Sol	61	61	60,9	61
Sağ 1.Bölge	65,6	65,8	65,6	66
Sağ 2.Bölge	65,2	64,9	65,5	65
Sağ 3.Bölge	70,5	70,2	70,5	70
B Kabin Önü Sol	60,2	60,3	60,2	60
B Kabin Önü	58,9	57,7	57,9	58
B Kabin Önü Sağ	59,8	59,8	59,1	60
Sol 1.Bölge	63	62,6	61,3	62
Sol 2.Bölge	68,7	69,1	68,3	69
Sol 3.Bölge	68,7	69,2	69,8	69

Çevre Bakanlığı Yönetmeliği’ne göre alınan ölçümler yukarıda Tablo 8’de paylaşılmıştır. En yüksek değer yolcu klima ile makinist kabin kliması arasında kalan bölgelerde ölçülmüştür. Klimaların araçlarda önemli gürültü kaynaklarından biri olduğu bu ölçümlerde de ortaya çıkmıştır. Ölçümler, ISO-3095’e göre alınan ölçümlerle kıyaslandığında yaklaşık olarak 4 desibel gürültü şiddeti artış göstermiştir (Tablo 7 ve Tablo 8).

Çevre Bakanlığının Yönetmeliği’ne göre 1,8 metre uzaklıkta ve 3,5 metre yükseklikte alınan ölçümler yönetmeliğin üzerinde ölçülmüştür. Araçtaki gürültü seviyesi klimalar maksimum kuvvette açıkken belirtilen 65 desibel limitinin önemsenmeyecek derecede üzerindedir. Tablo 6 da bu durum görülmektedir. Ayrıca ölçülen 70,5 desibel değeri şartnamelerde belirtilen 70 desibelin de üzerindedir.

704 Numaralı aracın Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde ölçülen gürültü değerlerinin ortalaması ile (Tablo 7) EN-3095 standardına göre alınan ölçümlerin ortalaması (Tablo 6) karşılaştırılmış olup aşağıda Grafik 4'te gösterilmiştir. Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre alınan ölçümler EN-3095 standardına göre alınan ölçüm değerlerine göre daha yüksek çıktığı Grafik 4'de görülmektedir. Aracın bazı bölgelerinde ölçülen farklar 5 desibele kadar çıkmaktadır.



Şekil 7. 704 Araç Gürültü Ölçümleri

4. SONUÇ

T1 Hattı'nda çalışan araçlar incelendiğinde şartnamelerde belirlenen üst limitleri büyük çoğunlukla uydugu, ancak Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne uymadığı durumlar tespit edilmiştir. Araç teknik şartnamelerinde gürültü şiddetleri üst sınırı belirlenip, raylı sistem standartlarından olan ISO-3095 standardına göre ölçüm yapılması istenmektedir. Standartlar ölçümün hangi yükseklikte, hangi şartlar altında, hangi uzaklıkta yapılması gerektiğini net bir şekilde ifade etmektedir. Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde ise kentiçi raylı sistemler için ölçüm uzaklığı ifade edilmiş olup, hangi yükseklikte, hangi şartlar altında, ölçümlerin nasıl alınması gerektiği açık bir şekilde ifade edilmemiştir. Çok yüzeysel bir şekilde ölçüm uzaklığı ve gürültü üst sınırı belirtilmiştir. Tramvay gürültü ölçümlerinde ölçülen değerlerin araç şartnamesinde belirtilen üst sınırları çoğunlukla sağladığı ancak Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nin üst sınırlarını sağlamadığı ortaya koyulmuştur. Ölçüm yüksekliğinin ve ölçüm mesafesinin gürültü şiddetlerini önemli derecede etkilediği ortaya koyulmuştur. Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde platformdan 1,8 metre uzakta duran ve kalkan trenler için gürültü üst sınırı 75 dBA olarak belirtilmiştir. Şartnamelerde aracın hızına bağlı olarak ISO 3095'e göre genellikle 75 dBA belirlenmiştir. Standartta ölçüm 25 metrede de yapılmaktadır. 25 metre de alınan ölçüm ile 1,8 metre de alınan ölçümlerde bariz gürültü farkları söz konusu olacaktır. Şartnameyi sağlayan aracın Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ni sağlamadığı durumlar olacaktır. Bu karışıklığın giderilmesi elzemdir.

ISO-3095 standardında gürültü kontrol yönetmeliğinde belirtilen ölçüm uzaklığı yer almamaktadır. Bu durum Gürültü Kontrol Yönetmeliği'yle ölçülen gürültü şiddetleri ile kıyaslama yapılmasına olanak sağlamamaktadır. Bu problemlerin önüne geçmek için Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde kentiçi raylı sistem araçları için düzenleme yapılabilir. Düzenlemede; araç dışı gürültü şiddetlerinde ISO 3095'e atıfta bulunularak aşağıdaki ifadeler yer alabilir.

“Ölçümler ISO 3095'e göre alınması gerekmektedir. Ölçümler aşağıdaki sınırları geçemez”

“-Araç sabitken, camlar ve kapılar kapalı kapalıyken, yardımcı tüm ekipmanlar aynı anda klima ve havalandırma fanları çalışırken 65 dBA,

-Normal işletmede ve belirtilen hatta, ondülasyonsuz rayda, 50 km/sa’te denk herhangi bir hızda, herhangi bir ivmelenmede veya frenleme konumunda dış gürültü seviyesi 75 dBA. “

Aşağıda Tablo 9’da örnek ölçüm mesafeleri ve gürültü üst sınırları belirtilmiştir. Gürültü Kontrol Yönetmeliği’nde Tablo 9’da ifade edilen ölçüm mesafeleri ve gürültü şiddetleri üst değerleri yer alabilir.

Tablo 9. Raylı Sistem Araçları Dış Ortam Gürültü Şiddeti Üst Sınırları

RAYLI SİSTEM ARAÇLARI DIŞ ORTAM GÜRÜLTÜ ŞİDDETİ ÜST SINIRLARI		
Araç Sabit	1,2 Metre Yükseklik	3,5 Metre Yükseklik
Araçtan 7,5 Metre Uzaklıkta	65 dBA	65 dBA
Araçtan 25 Metre Uzaklıkta	65 dBA	65 dBA
50km/sa hızda	1,2 Metre Yükseklik	3,5 Metre Yükseklik
Araçtan 7,5 Metre Uzaklıkta	75 dBA	75 dBA
Araçtan 25 Metre Uzaklıkta	75 dBA	75 dBA

Bu konu üzerine yeterli kaynak bulunmamaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi adına bu konu üzerine akademik çalışmalar yapılmalı, yapılan bu çalışmalar raylı sistem işletmeciliği yapan kurum ve kuruluşlarla paylaşılmalıdır.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye katkıları eşit orandadır.

Teşekkür

Yazarlar çalışmada kullanılan verilerin temini için Metro İstanbul A.Ş.’ye teşekkürlerini sunar.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

Alstom Teknik Şartnamesi, (2007). Kabataş-Zeytinburnu-Bağcılar hattı tramvay araçları ve makinist simülatörü teknik şartnamesi. *Alstom*. 18.

Atalay, A., Unal, A. ve Codur M.Y. (2017). Performance evaluation of the ANN and ANFIS models in urban traffic noise prediction. *Fresenius Environmental Bulletin*. 20(6), 4254-4260.

Arlı, V. (2010). Kent içi raylı sistemler, *Teknik Dergi, EMO Antalya Şubesi Yayını*, 2. http://www.emo.org.tr/ekler/2c1c8c7efa8da3f_ek.pdf?dergi=629 adresinden 31 Mayıs 2020 tarihinde alınmıştır.

- Armstrong ve Wright, (1986). Urban transit systems guidelines for examining options. *World Bank Technical Paper*, Washington, USA.
- Baştuğ, G. (2014, Eylül). *Kentiçi raylı toplu taşıma sistemleri incelemesi ve dünya örnekleri ile karşılaştırılması* [Ulaştırma ve Haberleşme Tezi]. Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı. Ankara.
- Çelik, E., Aydın, N. ve Gümüş, A.T. (2014), A multiattribute customer satisfaction evaluation approach for rail transit network: A real case study for Istanbul, Turkey. *Transport Policy*. 36.
- European Union (EU) (2002). Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/49/oj> adresinden 10 Eylül 2020 tarihinde alınmıştır.
- Gürültü Kontrol Yönetmeliği (1986, Aralık, 11). *Resmi Gazete*.
- ISO 3095 (2013, Ağustos, 31). Acoustics- Railway Applications -Measurement of Noise Emitted by Railbound Vehicles.
- Kryter, K. D. (1984). Physiological, psychological and social effects of noise. *NASA Reference Publication*, California.
- MEB, (2011), Çevre Sağlığı ve Gürültü Kirliliği. *Milli Eğitim Bakanlığı*. 850CK0036.
- Palacin, R. (2014). Rail Systems; Environmental Performance; Energy Consumption, Noise Pollution, Mobility. *Transport Problems*. 9 (Special Edition), 4.
- Sharaf, A. ve Reyouf, A. (2021). Roadway traffic noise modelling in the hot hyper arid Arabian Gulf region using adaptive neuro-fuzzy interference system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 97. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102917>
- Toprak, R. ve Aktürk, N. (2002). Raylı ulaşım sistemlerinin neden olduğu gürültü ve çevresel etkileri, *Türkiye Mühendislik Haberleri*.417, 33.
- Tutmez, B. ve Baranovskii, A. (2019). Quantifying uncertainty in railway noise. *Measurement*. 137, 1-6.
- Wosniacki Gustavo, G. ve Zannin Paulo, H. T. (2021). Framework to manage railway noise exposure in Brazil based on field measurements and strategic noise mapping at the local level. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143721>
- Yener, H. M. (2017). *Ulaşımdan kaynaklı gürültü rahatsızlığı : İzmir örneği* [Yüksek Lisans Tezi]. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.