

PAPER DETAILS

TITLE: Metrobüs Sisteminin Enerji Kullanımı ve Çevreye Etkilerinin İncelenmesi, Elektrikli Araçlar ve Trolleybüslerin Kullanım Potansiyellerinin Arastırılması

AUTHORS: Fatih Hayati ÇAKIR,Ömür AKBAYIR

PAGES: 97-102

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/312184>



MAKÜ FEBED
ISSN Online: 1309-2243
<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı 1: 97-102 (2017)
The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University Special Issue 1: 97-102 (2017)

Metrobüs Sisteminin Enerji Kullanımı ve Çevreye Etkilerinin İncelenmesi, Elektrikli Araçlar ve Trolleybüslerin Kullanım Potansiyellerinin Araştırılması^a

Fatih Hayati ÇAKIR^{1*}, Ömür AKBAYIR¹

¹Anadolu Üniversitesi, Ulaştırma Meslek Yüksekokulu, Eskişehir

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author)*: fatihhayaticakir@anadolu.edu.tr

ÖZ

Şehir içi ulaşımda toplu taşımanın önemi giderek artmaktadır. İşyeri, okul, hastane, alışveriş merkezi gibi kamusal alanlara ulaşım mesafeleri şehirlerin gelişmesi ile giderek artmaktadır. Ulaştırma bakanlığı ve belediyelerin halkın ulaşımını sağlarken ulaşımın konforunu, çevreye etkileri ile ulaşım maliyetlerini kontrol altında tutmaları gerekir. Elektrikli araçların ulaşımda kullanılmasının sağladığı pek çok avantaj bilinmektedir. Bu bağlamda metro ve tramvay sistemlerinin geliştirilmesi istenilse de gerek altyapı gerekse inşa süresinin uzun sürmesi raylı sistem ağının yaygınlaşmasını yavaşlatmaktadır. Tüm bu koşullar dünyada otobüslerin ayrıcalıklı yolda gittiği metrobüs sistemini ortaya çıkarmıştır. Uygulama pratiği ve mevcut yol ve altyapının hızlı ve düşük bir maliyetle sisteme entegre edilebilmesi mümkündür. Bu çalışmada İstanbul'da 2007 yılından beri hizmet vermekte olan metrobüs sistemi incelenmiş, elektrikli araçların ya da trolleybüslerin mevcut sisteme entegre edilmesinin çevreye etkileri (Emisyonlar) ve maliyete etkisi (İlk yatırım ve işletme maliyeti) incelenerek kullanım potansiyelleri aktarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Otobüs, Metrobüs, Trolleybüs, Emisyon Analizi, Maliyet Analizi, Ulaştırma Teknolojisi

Examining the Energy Use and Environmental Effect of the Metrobus System, Exploring the Usage Potential of Electric Vehicles and Trolleybuses

ABSTRACT

The importance of public transport in urban transport is increasing rapidly. Transportation distances to public places such as work places, schools, hospitals, shopping malls are increasing with the development of cities. While the Ministry of Transportation and the municipalities are providing transportation for the public, it is necessary to keep the comfort of transportation, environmental effects and transportation costs under control. Many advantages of using electric vehicles in transportation are well known. In this context, although the development of subway and tram systems is required, the long duration of the construction period slows down the spread of the rail system network. All of these conditions bring out the rapid bus transfer system in which the buses go on a privileged path all around the world. In metrobüs (Rapid bus transfer) it is possible to integrate application practice and existing roads, infrastructure with the system quickly with low cost. In this study, the metrobüs system, which has been serving in İstanbul since 2007, has been examined and the effects integration of electric vehicles or trolleybuses into the existing system were discussed. The environmental (Emissions) and the financial effect (initial investment and operation cost) of integration

^a 11 -13 Mayıs 2017 tarihleri arasında Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi tarafından düzenlenen "MESTEK 2017: 4. Ulusal Meslek Yüksekokulları Sosyal ve Teknik Bilimler Kongresi" kapsamında sunulmuştur.

and the usage potentials have been reported.

Keywords: Electric Bus, Metrobus, Trolleybus, Emission Analysis, Cost Analysis, Transportation Technology

GİRİŞ

Şehirlerin gelişimi ile birlikte toplu taşımanın önemi de giderek artmaktadır. Okul, hastane, iş yeri alış veriş merkezi gibi kamusal alanlara ulaşımın sağlanabilmesi için planlamaların yapılması gerekmektedir. Kamusal alanlar ile yaşam alanları arasındaki mesafelerin giderek artması toplu taşıma olanaklarının yeni yaşam alanlarına ulaşımını sağlaması gerekmektedir. Toplu taşımanın istenen etkiyi sağlayamaması kişisel araç kullanımını artırmaktadır. Kentlerin düzenli gelişiminin sağlanmasında toplu taşıma güzergâhlarının ve imkânlarının belirlenmesi de önemli rol oynamaktadır. Yerleşim yerlerinin cazibesinde önemli merkezlerle olan ulaşımın kolay olması önemli bir role sahiptir. Ülkemizde ise gerek nüfus yoğunluğu gerekse sahip olduğu imkânlar ile İstanbul ulaşımında farklı sistem ve teknolojilerin ilk uygulama noktası olmaktadır. Bu bağlamda 2007 yılında kullanılmaya başlanan metrobüs sistemi de bu duruma örnektir.

Metrobüs olarak adlandırılan sistem temel olarak ayrılmış yollarda özel durakları olan lastik tekerli araçların çalıştığı bir organizasyondur. Toplu ulaşım sistemleri arasında tramvay ile otobüsün arasında konumlandığı söylenebilir. Ülkemiz için nispeten yeni olan metrobüs sistemlerinin kullanımı dünyada giderek yaygınlaşmaktadır. Bu trendin temel nedenleri arasında metrobüs sisteminin performansı, sunduğu yolculuk konforu, kolay ve kademeli olarak inşa edilebilmesi, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin uygun olması, yüksek taşıma oranlarına ulaşılabilmesi sayılabilir (Costa ve Fernandes, 2012). Metrobüs ya da literatürdeki adıyla BRT (Bus rapid transfer) lastik tekerlekli araçlar ile raylı sistem ulaşımının konforu ile otobüslerin esnekliğinin bir araya getirildiği bir sistemdir (Levinson ve ark., 2002). Metrobüs esnek, lastik tekerlekli hızlı ulaşım aracıdır ve bu araç özel olarak tasarlanmış istasyonlar, araçlar, hizmetler, ayrılmış yollar ile bütünleşmiş bir sistemdir. Metrobüs sistemleri şehirlerin ulaşım ihtiyaçları göz önüne alınarak tasarlanmaktadır. Literatüre baktığımız zaman metrobüs sistemlerinin hafif raylı sistemler ile karşılaştırıldığı görülmektedir. Hafif raylı sistemler ile kıyaslandığı zaman metrobüs sistemleri kullanım esnekliği, inşasının daha kolay olması, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin daha uygun olması ile öne çıkmaktadır. İstanbul örneğinde olduğu gibi ayrılmış yol uygulaması bulunduğu durumlarda oldukça olumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Geleneksel olarak otobüsler şehrin yoğun caddelerinde gitmekte ve belirli aralıklar ile konulan duraklardan yolcu almaktadır. Otobüs ile ulaşımında görülen sorunların pek çoğu metrobüs sisteminde çözülmüştür (Vuchic, 2002). Örneğin trafik sorunu ayrıcalıklı yollar ile çözülmüş, inme binme bekleme süreleri ise ön ödemeli duraklar ile giderilmiştir. Metrobüs sisteminin başlıca üstünlükleri ise şu şekilde sayılabilir (Levinson ve ark., 2002):

- Geleneksel otobüs sistemlerine göre yakıt tasarrufu ve emisyonları düşürmektedir.
- Raylı sistemlere kıyasla inşası daha kısa sürede yapılabilir ve kademeli olarak devreye alınabilir.
- Belirlenen bir rota için ilk yatırım ve işletme maliyetleri raylı sistemlere göre daha düşüktür.
- Karmaşık sinyalizasyon sistemleri olmaksızın kontrol edilebilir. Kullanım açısından bir otobüsün esnekliğine sahip olması rota tasarımını kolaylaştırmaktadır.
- Yüksek taşıma oranlarına ulaşılabilir. 10 000 yolcu/saat.
- Diğer raylı sistem araçları ve diğer ulaşım araçlarına entegrasyonu kolaydır.
- Mevcut şehir yollarına entegre edilebilir. Daha hızlı ulaşım sağlayarak toplu taşıma kullanımını teşvik eder.

Maliyet açısından kent içi ulaşım sistemlerine bakıldığında ise metronun kilometre başına ortalama maliyetinin 65-200 Milyon \$, hafif raylı sistemlerin maliyeti 20-65 Milyon \$ (Acar, 2005) arasında değişmektedir. Dünyadaki metrobüs uygulamalarını incelersek ise km başına en yüksek maliyet 12,5 Milyon \$ ile Bogota Kolombiya'da rapor edilmiş olup İstanbul için belirtilen ortalama maliyet 8,9 Milyon \$ olarak bildirilmiştir (Yazici ve ark., 2013). Yolcu taşıma kapasiteleri de değerlendirildiği zaman metrobüsün ilk yatırım maliyeti olarak diğer alternatiflere göre maliyeti daha uygun olduğu söylenebilir.

Dünyadaki metrobüs uygulamalarını incelersek metrobüslerin genel olarak nüfusun şehir merkezlerinde yoğunlaştığı Güney Amerika ve Uzak doğuda kullanıldığı görülmektedir (URL-1, 2017). Başlıca metrobüs projeleri ise Brezilya'da Coritiba, Sao Paulo, Ekvator'da Quito, Kolombiya'da Bogota, Meksika'da Mexico City, Leon, Guadalajara, Endonezya'da Jakarta, Çin'de Pekin,

Hindistan'da ise Ahmetabad şehirleridir (Yazici ve ark., 2013).

Ulaştırma sistemlerinde araçlarda farklı yakıt teknolojilerinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir (Yavuz ve ark., 2015). Güncel çalışmalar alternatif yakıt olarak elektrik kullanımını artırmayı amaçlamaktadır. Elektrikli araçlar yanında hibrit araçlar da özellikle şehir içi uygulamalarında giderek yaygınlaşmaktadır. Dünyadaki metrobüs uygulamaları genel olarak dizel yakıtlar ile çalışmaktadır. Örneğin İstanbul'daki metrobüslerde Euro III ve Euro IV emisyon standardındaki dizel motorlar tercih edilmiştir (Yazici vd., 2013). Uygulaması üzerine çalışılan başlıca teknolojiler ise CNG (Compressed Natural Gas), Elektrik-Dizel hibrit araçlar, Elektrikli otobüsler (Bataryalı), Elektrikli otobüsler hattın güç alan (Trolleybüs), Alkol bazlı yakıtlarla çalışan (Ethanol), hidrojen bazlı yakıtlar ile çalışan ve diğer Alternatif yakıt teknolojileridir (Yavuz ve ark., 2015). Bu teknolojilerden CNG ülkemizde de farklı şehir içi otobüslerinde kullanılmaktadır (URL-3, 2017). Bu teknolojilerden operasyonel olarak kendini ispatlayan başlıca uygulama elektrik teknolojisinin kullanımıdır. Mevcut batarya teknolojisi maliyet ve enerji kapasitesi ile kent içi ulaşım sistemlerinde güvenilir bir alternatif olamamaktadır. Uygulanabilir görülen ise trolleybüs sistemlerindeki gibi hattın elektrik alan araçlardır. Bu tarz uygulama için ise bir elektrik iletim ve dağıtım altyapısı kurulmalıdır. Bu yatırımın yapılabilmesi için güzergâhların belirli bir süre kullanımı, yolcu kapasitesi gibi farklı faktörler gereklidir. Bu bağlamda metrobüs güzergâhlarının yakın tarihte değişmesinin beklenmemesi önemli bir yolcu potansiyelinin olması alternatif teknolojilere yatırım yapılması ihtimalini de artırmaktadır. Kolombiya Bogota'daki metrobüslerde hibrit (Dizel elektrik) otobüsler kullanılmaya başlanmıştır (URL-2, 2017). Bu çalışmada İstanbul'daki metrobüs sisteminde kullanılabilecek alternatif enerji yöntemleri değerlendirilmiş ve mevcut hatların elektrifikasyonu üzerinde durulmuştur. Yöntemlerin etkinliği uygulanabilirlik, maliyet, çevreye etki açısından değerlendirilmiştir.

MEVCUT DURUM

Bu kısımda İstanbul'da faaliyet gösteren metrobüs sistemi incelenmiştir. Kullanılan araçlar dizel yakıt kullanmakta ve emisyon seviyesi olarak Euro III ve IV araçlardan oluşmaktadır. Tablo 1 metrobüs sisteminde kullanılan araçların özelliklerini kısaca ifade etmektedir.

Tablo 1 Metrobüs sistemindeki araç özellikleri (Yazici ve ark., 2013)

	Evo Capacity	Evo Citero	ATC Phileas
Araç Sayısı	250	50	50
Boyutları (En-Boy-Yükseklik (m))	19,5*2,55*2,95	18*2,55*3,16	26*2,55*3,08
Yakıt Teknolojisi	Dizel Euro IV	Dizel Euro III	Dizel Euro III
Azami yolcu kapasitesi	193	136	230

Metrobüs hattının çalışma özelliklerini inceleyecek olursak toplam hat uzunluğu 42 km'dir. Duraklar arasındaki ortalama mesafe 1,2 km'dir. Yoğun saatlerde ortalama 15-20 saniyede bir metrobüs sefer yapmaktadır. Gün içi daha az yoğun olan saatlerde ise 45-60 saniyede bir araç sefer yapmaktadır. Gece 01:00 dan 05:00 a kadar ise 30 dakika bir sefer yapılmaktadır. Gün içinde toplam 3300 sefer yapılmaktadır. Araçların ortalama hızı 40 km/saat düzeyindeyken günlük 600 000 in üstünde yolcu taşınmaktadır (Yazici ve ark., 2013). Metrobüslerin raporlanan ortalama yakıt tüketim değeri ise 0,5997 lt/km'dir (Ayaz ve ark., 2011). Şekil 1' de İstanbul'da kullanılan metrobüs aracı gösterilmiştir.



Şekil 1. İstanbul'daki metrobüs hattı

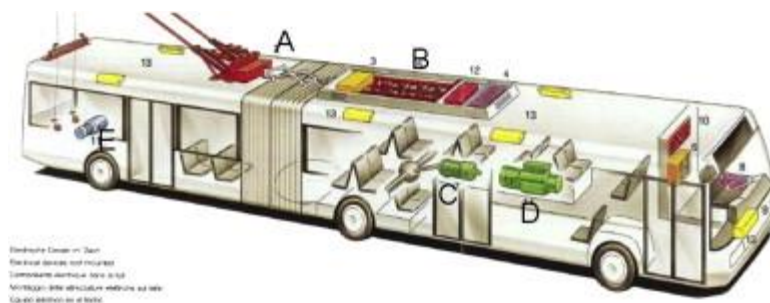
METODOLOJI

Enerji Maliyeti Analizi

Bu veriler ışığında hat incelendiği zaman durak sayısının fazla olması, araç kalkışı ve durması sırasında fazlaca enerji kaybı olduğu söylenebilir bu bağlamda mevcut işletme koşullarında elektrikli motorların kullanılmasının avantajlı olacağı düşünülmektedir. Elektrik motoru kullanımının sağladığı başlıca avantajlar (Kühne, 2010):

- Emisyon üretmemesi
- Sefer sırasında daha sessiz olması
- Doğrudan tekere tahrik verilebilir olduğu için aktarma organlarına ihtiyaç duyulmaması
- Daha düşük bakım maliyeti, daha uzun kullanım ömrü
- Frenleme enerjisinin geri kazanılabilir olması
- Rejeneratif frenleme ile daha düşük balata-teker aşınması
- Boşta çalışma sırasında daha az enerji kaybı
- Yenilenebilir enerji kaynakları ile kullanımının daha uygun olması

Elektrik enerjisinin ulaştırma sektöründe en yaygın olarak kullanıldığı alan raylı sistem araçlarıdır. Otomobil ve diğer lastikli araçlarda kullanımı için batarya teknolojileri geliştirilmekle birlikte řu aşamada kullanımı hibrit motorlarla kısıtlı kalmıştır. Bu bağlamda elektrikli otobüslerin pratik kullanımı belirli hatlara döşenen katener sistemi ve bunlardan güç alan pantograf sistemi ile donatılan trolleybüslerdir. Trolleybüsler ile diğer araçlar aynı hatta sefer yapabilmektedir. Trolleybüslerin kullanımının geleneksel otobüslerden çok farklı olmaması da ayrıca bir avantajdır. Örneğin Boston da trolleybüs sistemi metrobüs sistemi olarak kullanılmaktadır (Kühne, 2010). Benzer bir uygulama yine Kolombiya'nın Bogata kentinde de mevcuttur (Díez ve ark., 2012). şekil 2'de modern trolleybüs için konsept araç tasarımını göstermektedir.



Şekil 2. Modern trolleybüs için konsept araç tasarımı (Kühne, 2010)

Bu tasarımda A ile ifade edilen kısım katener bağlantısının olduğu pantograf kısmını, B ile ifade edilen kısım havalandırma ve güç kontrol ünitelerini içermektedir. C ile ifade edilen 170kW güce sahip üç fazlı AC motoru ifade etmektedir. Bu motor frenleme enerjisini tekrar kullanmaya uygundur. D ile gösterilen kısım da kompresörü ifade etmektedir. Araçtaki pnömatik sistemlere basınç sağlaması planlanmıştır. E ile ifade edilen kısımda ise acil durum bataryasını ifade etmektedir. Bahsedilen araç konsepti Almanya'nın Solingen kenti için önerilmiştir (Kühne, 2010). Bu çalışmanın sonuçları göstermektedir ki özellikle frenleme enerjisinin geri kazanıldığı trolleybüs uygulamalarında dizel araçlara göre daha ekonomik olduğu 2006 yılı verilerine göre gösterilmiştir. Maliyet konusunda trolleybüsler ile dizel motorları kıyaslayan bir diğer çalışmada trolleybüslerin yakıt maliyeti açısından oldukça verimli olduğunu ortaya koymuştur (Brown, 2001). 1 litre dizel yakıtın enerji eş değeri yaklaşık olarak 11,1 kWh olarak belirtilmiştir (Smil, 2012). Metrobüsler özelinde yapılan raporlanan yakıt tüketim değeri ise 0,5997 lt/km'dir (Ayaz ve ark., 2011). Dolayısıyla birim kilometre başına elektrik ihtiyacı yaklaşık olarak 6,656 kWh dir. Trolleybüsler için Dizel yakıt fiyatı 4,64 tl olarak, 1 kWh fiyatı da 0,32 TL (orta gerilimli sanayii için) olarak alınırsa dizel kullanımında km başına yaklaşık 2,78 tl, elektrik kullanımında ise 2,13 tl olarak hesaplanmıştır. Mevcut işletme koşullarında rejeneratif frenleme ve daha verimli araç teknolojilerinin getireceği avantajlar ihmal edildiği durumda dahi elektrik kullanımı ile %30'a yakın tasarruf sağlanması mümkün görünmektedir. Örneğin ABD'nin Seattle şehrinde metrobüslere yakın kapasitedeki (18m) elektrikli trolleybüsler için raporlanan km başı enerji tüketim değeri 4,325 kWh dir (Nelson\Nygaard Consulting Associates Inc. | B-2, 2014). Bu değere göre ise %35 oranında tasarruf sağlanması mümkündür.

Emisyon Analizi

Emisyonlar ve çevreye etkilerini incelersek elektrikli motorların avantajlarını trolleybüs sistemleri de taşımaktadır. Bunun yanında elektrik üretiminde yenilenebilir kaynaklar kullanıldığı takdirde hemen hemen emisyon üretmemektedir (Brown, 2001; Díez ve ark., 2012). Ulaştırma da kullanılan araçlarda gözlemlenen başlıca emisyon maddeleri egzoz ölçümleri ile belirlenmektedir. Başlıca maddeler ise, HC (Hidrokarbonlar yanmamış yakıt), CO (Karbon monoksit), CO₂ (Karbon dioksit), NO_x (Nitrojen oksitler), SO_x (Sülfür oksitler), partiküller ve diğer maddelerdir. Tablo 2'de ise kent içi ulaşımda kullanılabilecek yakıt türleri için emisyon değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Farklı yakıtların emisyon değerleri (Falvo, Lamedica, & Ruvio, 2012)

	NO _x (g/km)	HC(g/km)	CO(g/km)	Partiküller(g/km)
Dizel	20,98	1,47	4,53	1,69
Hibrit	4,11	0,38	1,48	0,36
Metan	10,85	1,47	1,82	-
LPG	7,85	1,4	1,4	
Trolleybüs	2,88			0,36

Metrobüs üzerine yapılan bir çalışmada elektrifikasyon işlemi yapıldığı takdirde emisyonların önemli ölçüde azaltılabileceği de raporlanmıştır (Ayaz vd., 2011). Dizel araçlar için farklı türdeki emisyonların toplam değeri yaklaşık 28,67 g/km'dir. Trolleybüsler için ise bu değer yaklaşık 3,27 g/km'dir. Metrobüs ölçüğü ve boyutu düşünüldüğü takdirde sistemin elektrifikasyonun emisyonların düşürülmesine önemli ölçüde katkısı olacağı düşünülmektedir.

Kullanılması önerilen trolleybüs sisteminde kullanım şartları değerlendirildiğinde harici güç ünitesine ihtiyaç duyacağı düşünülmektedir. APU (Auxiliary power unit) sisteminin elektrik depolayabilen bir batarya olması mümkün görülse de bir dizel motor olması hat emniyeti açısından daha uygun görülmektedir.

Hatların Elektrifikasyonu ve Araçların Maliyet Analizi

Bu kısımda mevcut hatların elektrifikasyonun maliyeti üzerinde durulmuştur. Gerçekçi bir maliyet analizi yapılması için hat tasarımının ayrıntılı şekilde yapılması gereklidir. Mevcut metrobüs sisteminin trolleybüs sistemine dönüştürülmesi için ciddi maliyet kalemlerinden biri de hatların elektrifikasyonu olacaktır. Ön görülen kullanım ömründe batarya teknolojilerinin bu altyapıya ihtiyaç duymayacak şekilde geliştirilebilmesi olasıdır. Bu çalışmada temel maliyet unsurları ve literatürden bulunan yaklaşık maliyetlere yer verilecektir. Bu kapsamda Costanzo şehri için yapılan çalışmadan faydalanılmıştır

(Falvo vd., 2012). Ayrıca mevcut hatlarda kullanılan araçların da trolleybüslere dönüştürülmesi de mümkündür. Literatürde bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar mevcuttur (Bartłomiejczyk ve Fundacja, 2012). Dönüşüm maliyeti kullanılacak sistemlere göre değişkenlik göstermekle birlikte Polonya'da yapılan çalışmanın raporuna göre yeni araç alımına göre dönüşüm maliyetine göre 3 te 1 düzeyindedir (Bartłomiejczyk ve Fundacja, 2012). Farklı kaynaklardan alınan değerlere göre ortalama kilometre başına raporlanan elektrifikasyon maliyeti yaklaşık olarak 0,350 Milyon \$ olarak belirlenmiştir (Bjorklund, 2000; Fuller, 2006). Bu maliyet değeri İstanbul metrobüs hattının km baş maliyetine oranla göre oldukça makul bir değerdir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İstanbul'daki metrobüs hattı incelenmiş, dünyadaki benzer uygulamalar araştırılarak ve mevcut hatlarının elektrifikasyonu üzerinde durulmuştur. Kent içi ulaşımında sürdürülebilir ve çevreci ulaşım teknolojinin geliştirilmesi için elektrikli araçların potansiyeli yüksektir. Yapılan çalışma sonucunda metrobüs sisteminin elektrifikasyonu ve elektrikli otobüslerin devreye alınması ile yakıt maliyetlerinin, emisyon değerlerinin ve çevreye olan olumsuz etkilerin azaltılabileceği saptanmıştır. Elektrikli araçların devreye alınması ile yolcu konforunun artacağı ve bakım maliyetlerinin azalacağı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında ilk yatırım maliyetlerinin temel çerçevesi aktarılmakla birlikte daha detaylı incelenmesi için daha derin bilgiye ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Acar, İ. H. (2005). Kentlerimiz İçin "Metrobüs" Çözümleri. 6. Ulaştırma Kongresi, İstanbul.
- Ayaz, R., Nakir, İ., Durusu, A., Akca, H., Tanrıoven. M. (2011). A Comparison of Metrobus System and Trolleybus System Considering Energy Costs and CO₂ Emission: A Case Study for Istanbul. SET2011, 10th International Conference on Sustainable Energy Technologies, İstanbul
- Bartłomiejczyk, M., Rozwoju, F. (2012). Conversion of a Diesel Engine Bus into a Trolleybus. Sopot: Zakład Poligrafii Fundacji Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego.
- Bjorklund, S. (2000). New Concepts for Trolley Buses in Sweden. Stockholm: KFB, Swedish Transport and Communications Research Board. <http://www.kfb.se/pdf/R-00-70.pdf>.
- Brown, K. (2001). The Benefits of Clean, Quiet, Emission-Free Transit Service: Promoting the Trolleybus in Vancouver.
- Costa, A., Fernandes, R. (2012). Urban Public Transport in Europe: Technology Diffusion and Market Organisation. Transportation Research Part A: Policy and Practice 46 (2): 269–84.
- Díez, A.E., Díez, I.C., Lopera, J. A., Bohorquez, A., Velandia, E., Albarracin, A., Restrepo, M. (2012) Trolleybuses in Smart Grids as effective strategy to reduce greenhouse emissions. İçinde 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference, 1–6.
- Falvo, M.C., Lamedica, R., Ruvio. A. (2012). An environmental sustainable transport system: A trolley-buses Line for Cosenza city". İçinde Automation and Motion International Symposium on Power Electronics Power Electronics, Electrical Drives, 1479–85.
- Fuller, J.R. (2006). Trolleybuses –transport of the future. sunulan Eurobus Expo 2006 Conference by, Salzburg.
- Kühne, R. (2010). Electric Buses – An Energy Efficient Urban Transportation Means. Energy 35 (12): 4510-13.
- Levinson, H., Zimmerman, S., Clinger, J., Rutherford, G. (2002). Bus Rapid Transit: An Overview. Journal of Public Transportation 5 (2): 1–30.
- Nelson\Nygaard Consulting Associates Inc. (2014). Seattle Route 48 Electrification Study Business Case. <https://www.seattle.gov/transportation/docs/23rd/SEATTLE%20Route%2048%20Electrification%20Study%20Report%20FINAL.pdf>.
- Smil, V. (2012). Energy: a beginner's guide. Oneworld Publications.
- URL-1 (2017). https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_bus_rapid_transit_systems&oldid=761847813. (Erişim Tarihi: 31 Ocak 2017)
- URL-2 (2017). <http://www.bogota.gov.co/content/llegan-al-sistema-transmilenio-los-primeros-buses-h%C3%ADbridos>. (Erişim Tarihi: 30 Ocak 2017)
- URL-3 (2017). <http://www.ankara.bel.tr/haberler/avrupann-en-evreci-filosu-ankarada/>. (Erişim Tarihi: 30 Ocak 2017)
- Vuchic, V. R. (2002). Urban public transportation systems. University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, USA.
- Yavuz, M., Oztaysi, B., Cevik Onar, S. Kahraman, C. (2015). Multi-Criteria Evaluation of Alternative-Fuel Vehicles via a Hierarchical Hesitant Fuzzy Linguistic Model. Expert Systems with Applications 42 (5): 2835–48.
- Yazici, M. A., Levinson, H.S., Ilicali, M., Camkesen, N., Kamga, C. (2013). A Bus Rapid Transit Line Case Study: İstanbul's Metrobüs System. Journal of Public Transportation 16 (1): 153-157.