

Çevrenin Yeşillendirilmesinde Elektrikli Araçların Rolü: Beklentiler ve Zorluklar

Oluwayemi-Oniya Aderibigbe, Trynos Gumbo

(Dr. Oluwayemi-Oniya Aderibigbe, Johannesburg Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Johannesburg, Güney Afrika, oboniya@uj.ac.za)

(Prof. Trynos Gumbo, Johannesburg Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Johannesburg, Güney Afrika, tgumbo@uj.ac.za)

1 ÖZET

Elektrikli araçlar (EV'ler) olarak da bilinen elektrikli otomobiller, geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara (ICEV'ler) kıyasla daha küçük bir ekolojik ayak izine sahiptir. Üretimlerinin belirli yönleri karşılaştırılabilir, azaltılmış veya farklı çevresel etkilere sahip olsa da, minimum veya hiç egzoz borusu emisyonu yayma avantajına sahiptirler. Ayrıca, petrole olan bağımlılığı azaltmaya, sera gazı emisyonlarını düşürmeye ve hava ve çevre kirliliğinin neden olduğu sağlık etkilerini hafifletmeye yardımcı olurlar. Son yıllarda, kentsel karbondioksit (CO₂) emisyonlarını azaltmak için bir araç sundukları için elektrikli araçların akıllı şehirlere dahil edilmesine yönelik gözle görülür bir araştırma odağı olmuştur. Sonuç olarak, sınırlı sayıda çalışma, çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmek ve yapısal çevrenin ilerlemesine katkıda bulunmak için elektrikli araçların yaygın entegrasyonunu geliştirmeye çalışmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, elektrikli araçların sürdürülebilir bir kentsel ulaşım sistemini teşvik etmedeki ve çevre dostu bir ekosistemi desteklemedeki etkisine ilişkin mevcut literatürü araştırmayı amaçlamaktadır. Bunu başarmak için çalışmada, hakemli dergilerden ve konferans makalelerinden ilgili bilgilerin çıkarılmasını içeren Prisma metodolojisi kullanılacaktır. Bu araştırma çalışmasının sonuçları, politika yapıcılara ve karar alıcılara iklim değişikliği ile mücadele ve elektrikli araç pazarının verimliliğini artırma çabalarında yardımcı olacak değerli politika çıkarımları sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araçlar, Ulaşım Planlaması, Akıllı Şehirler, Sürdürülebilirlik, Hareketlilik

2 GİRİŞ

Ulaşım, hem ekonomik ilerleme için bir katalizör hem de istihdam fırsatları yaratıcısı olarak modern uygarlığın önemli bir ayağıdır (Krishna, 2021). Ancak, yadsınamaz önemine ve getirdiği avantajlara rağmen, Ritchie'nin (2020) gözlemleri endişe verici bir gerçeğin altını çizmektedir: ulaşım sektörü, karbondioksit emisyonlarına en büyük ve en hızlı katkıda bulunan sektörlerden biri olarak ortaya çıkmakta ve 2020'de toplam küresel CO₂ emisyonlarının yüzde 16,2'sini oluşturmaktadır. Değirmenci ve Breitner (2017) tarafından da vurgulandığı üzere, bu endişe verici eğilim insan refahına ve çevreye zarar vermektedir.

Sendek-Matysiak (2019), bu acil soruna yanıt olarak, hava kirliliği endişelerinin ele alınması ve karayolu taşımacılığı için ham petrole olan aşırı bağımlılığın azaltılması gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu dönüşümün sağlanması, sürdürülebilir sosyoekonomik ilerleme ilkeleriyle uyumlu yenilikçi hareketlilik kavramlarının benimsenmesini gerektirmektedir. Uluslararası ölçekte ülkeler, ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltma zorunluluğu ile boğuşmaktadır. Alternatif enerji kaynakları, halihazırda ulaşım filolarının/araçlarının yaklaşık yüzde 92'sine güç sağlayan fosil yakıtların yerini almak için umut verici adaylar olarak ortaya çıkmıştır (Khalili vd., 2019).

Bu manzara içerisinde elektrikli araçlar (EV'ler), uluslara fosil yakıtlara bağımlı araçlardan elektrik gibi daha çevre dostu enerji alternatiflerine geçiş yapma fırsatı sunan bir umut ışığı olarak ortaya çıkmaktadır. Bunu yaparak, iklim değişikliğinin küresel sahneyi saran olumsuz sonuçlarını etkili bir şekilde ele almaktadırlar. Sun ve diğerleri (2023), iklim değişikliğini 2°C'nin altında sınırlamaya odaklanmanın, ülkeleri dönüştürücü önlemler almaya teşvik ettiğinin altını çizmektedir. CO₂ dahil olmak üzere sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltmak için, tüm sektörlerde düşük karbonlu teknolojilerin geniş çapta benimsenmesi çok önemli hale gelmektedir (Lamb ve ark., 2021). Elektrik gibi belirli sektörlerde ilerleme kaydedilirken, ulaşım alanı zorlu engellerle karşı karşıyadır (Xu vd., 2021). Hao ve diğerleri (2016) tarafından yapılan araştırma, karayolu taşıtlarını birincil emisyon kaynağı olarak vurgulamakta ve 2050 yılına kadar binek araç filosunun iki katına çıkacağını öngörmektedir. Tüm enerji sektörleri karbonsuzlaştırma talebiyle boğuşurken, sera gazı emisyonlarına önemli katkısı göz önüne alındığında, ulaştırma sektöründeki emisyonların ele alınması özellikle önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, fosil yakıtlara dayanmayan elektrikli araçlar gibi alternatif ulaşım türlerinin benimsenmesi zorlayıcı bir zorunluluk haline gelmektedir.

Bir elektrikli araç (EA), bataryalarda veya alternatif depolama sistemlerinde depolanan elektrik enerjisinden güç alarak kendisini hareket ettirmek için bir veya birden fazla elektrik motoruna bağımlı olmasıyla karakterize edilir (Rudatyo & Tresya, 2021). Hava kalitesinden iklim değişikliğine ve kentsel genişlemeye (Haddadian vd., 2015) kadar ulaşımda artan çevresel, ekonomik ve enerji sorunlarını ele alma potansiyeline sahip olan elektrikli araçlar, geleneksel benzinli veya dizel araçlara kıyasla en aza indirgenmiş sera gazı ve kirlletici emisyonlarıyla öne çıkmaktadır (Ehrenberger vd., 2019). Dahası, elektrikli araçların entegrasyonu, enerji ve ulaştırma sektörleri arasındaki uçurumu kapatma potansiyeline sahiptir. Bu entegrasyon, akıllı şehirlerde zengin veri üretmekte ve ileriye dönük işletmeler için yeni beklentiler ve iş modelleri ortaya çıkarmaktadır. Böylece, elektrikli araçları benimseyen şirketler yalnızca rekabet güçlerini artırmakla kalmıyor, aynı zamanda stratejik konumlarını da güçlendiriyor. Çalışmamızın özü, elektrikli araçların sürdürülebilir planlamadaki rolünü incelerken, aynı zamanda başarılı entegrasyonlarını engelleyen bariyerleri tespit etmek etrafında dönmektedir.

3 KAVRAMSAL SINOPSİS

Son yıllarda, Elektrikli Araçların (EA) akıllı şehirlere entegrasyonuna odaklanan belirgin bir araştırma yörüngesi ortaya çıkmıştır. Bu stratejik hareket, elektrikli araçların kentsel karbondioksit (CO₂) emisyonlarının azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunma ve böylece çevresel etkinin azaltılmasına yardımcı olma potansiyelinden kaynaklanmaktadır.

3.1 Elektrikli Araçların Tarihsel Gelişimi

Anderson ve Anderson tarafından 2005 yılında yürütülen çalışmada, elektrikli araçların (EA) evrimsel yörüngesi belirginleşmekte ve gelişimleri, her biri ilerlemelerine önemli ölçüde katkıda bulunan çeşitli bilim insanlarını içeren işbirlikçi bir çaba olarak izlenmektedir. EA'ların tarihsel zaman çizelgesi üç farklı döneme ayrılabilir: 1890'dan 1929'a kadar uzanan ve yaklaşık 1895'ten 1905'e kadar pazardaki erken hakimiyetleriyle belirginleşen bir başlangıç dönemi; 1930'dan 1989'a kadar bir ara aşama; ve 1990'dan günümüze kadar çağdaş yıllar. Elektrikli araçların kökenleri, erken tarihlerinin başlangıcını işaret eden bataryaların ortaya çıkışına dayanmaktadır. 1821 yılında İngiliz kimyager Michael Faraday dünyanın ilk elektrik motorunu tanıtmış, bunu 1822 yılında İngiliz matematikçi ve fizikçi Peter Barlow'un Faraday'ın motorunu bir tekerleği döndürmek için pratik olarak uygulaması izlemiştir. Faraday tarafından 1831 yılında dünyanın öncü dinamosu olan "Faraday disk"i "nin yaratılması, mekanik yollarla elektrik enerjisi üretmenin temelini atmıştır.

Bu ileriye dönük ivme, 1835 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin New England eyaletinde elektrik motoruyla çalışan bir drifter inşa edilmesi ve 1838 yılında elektrikli bir lokomotifin halka tanıtılması gibi kayda değer yeniliklerle devam etti. 1841'de Davidson daha büyük Galvani lokomotifini tasarladı; ancak tek kullanımlık pillerin engelleyici maliyeti ve demiryolu işçilerinin direnişi nedeniyle bu buluş başarılı olmadı. Eşzamanlı olarak, 1832 ve 1839 yılları arasında Robert Anderson aküyle çalışan atsız bir araba tasarladı. Ne yazık ki, şarj edilebilir pillerin yokluğu bu buluşun pazara ulaşmasını engelledi. Daha verimli ve pratik bir akülü araba geliştiren Hollandalı kimya profesörü Sibrandus Stratingh'in çabalarıyla önemli bir atılım gerçekleşti. Bu araç gelişmiş bir performans sergilese de gürültü, duman ve rahatsızlık gibi sorunlar devam etti. Zamanla, Belçikalı bilim adamı Gaston Plante pillerin yeniden şarj edilmesi sorununu ele aldı ve pillerin tükendikten sonra yeniden şarj edilememesi sınırlamasını etkili bir şekilde aştı. Bu, 1881 yılında şarj edilebilir pillerle çalışan ilk elektrikli aracın başarılı bir şekilde yaratılmasına yol açtı.

Böylece, elektrikli araçların (EA) evrimi, bilim adamları ve mucitlerin bir dizi önemli katkısı kapsadı ve şarj edilebilir pille çalışan otomobillerin gerçekleştirilmesiyle sonuçlandı. 1881 yılında Gustave Trouve, Fransa'da üç tekerlekli bir elektrikli aracı halka tanıtmıştır. Ardından, 1882'de bir İngiliz şirketi şarj edilebilir piller üretmeye başlarken, Amerika'da Thomas Edison nikel-demir kullanan yenilikçi bir pil türü üzerinde çalıştı. 1910 ve 1925 yılları arasında akü teknolojisinde önemli ilerlemeler kaydedildi: akü depolama kapasitesi %35 arttı, hizmet ömrü %300 iyileşti ve bakım maliyetleri %63 düştü. Elektrikli araçların atlı arabalara veya içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla daha temiz, kokusuz, sessiz, çalıştırılması daha kolay, daha az karmaşık ve daha kullanışlı olduğu kanıtlanmıştır (Burton, 2013). 1894 yılında Henry Morris ve Pedro Salom'un ortak çalışması sonucunda iki kişilik bir ulaşım aracı olan "elektrobat" ortaya çıkmıştır. Potansiyelinin farkına varan Philadelphia Elektrik Depolama Pil Şirketi'nin başkanı Isaac Leopold Rice, Morris ve Salom ile ortak bir girişim önerdi. Daha sonra

Elektrikli Araç Şirketi (EVC) kuruldu ve hem batarya hem de elektrikli araç üretimine odaklandı. Ticari olarak uygulanabilir ilk elektrikli araç Hartford, Connecticut'taki Columbia fabrikasında üretildi ve Mayıs 1897'de tanıtıldı. Kısa bir süre sonra Newport'ta şarj altyapısı için bir servis istasyonu açıldı. Columbia, 1897'den 1899 yazına kadar hem yerel hem de uluslararası pazarlar için birkaç yüz elektrikli araç üretti.

3.2 Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Elektrikli Araçların Benimsenmesine Genel Bakış

Lambert (2022), elektrikli araçların ilerlemesinin dünya çapında gelişmiş ülkelerin çoğunda ivme kazandığını belirtmektedir. Halihazırda, küresel yollar 16 milyondan fazla elektrikli araçtan (EV) oluşan bir filo ev sahipliği yapmakta ve bu araçların yüzde 90'ı Çin, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunmaktadır. Özellikle gelişmiş olarak sınıflandırılan çeşitli ülkeler, elektrikli araçların yaygın olarak benimsenmesi yönünde kayda değer bir ilerleme göstermiştir. Fortuna (2019), tamamı Avrupa ülkesi olan elektrikli araç pazar payı açısından önde gelen 15 ülkeyi tanımlamaktadır. Norveç, 2021'in ilk yarısında yüzde 82,7'lik etkileyici bir pazar payı ile ön plana çıkarken, onu İzlanda (%55,6), İsveç (%39,9), Finlandiya (%28,3), Danimarka (%26,8), Almanya (%22,1), Hollanda (%19,7), Lüksemburg (%18,3), İsviçre (%18,2), Avusturya (%17,2), Fransa (%15,5), Portekiz (%15,4), Belçika (%15,3), Birleşik Krallık (%14,9) ve İrlanda (%13,4). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) elektrikli araç pazar payı açısından ilk 15 ülke arasında yer almazken, Çin ve Avrupa'nın ardından üçüncü en büyük pazar konumundadır. Özellikle, 2020 yılına gelindiğinde Avrupa, 2012 yılından bu yana satış büyümesi açısından küresel elektrikli araç pazarına hakim olma konusunda istikrarlı bir rekora sahip olan Çin'in yerini almıştır (Perkins, 2021).

Ayrıca, içten yanmalı motorlu araçlardan (ICEV'ler) ekolojik açıdan daha sürdürülebilir elektrikli araçlara geçiş, dünya genelinde birçok gelişmiş ülkede kabul görmüştür. Carranza ve diğerleri (2014), D'Egmont (2015) ve Olson (2018) gibi akademisyenler, Norveç'te elektrikli araçların benimsenmesi üzerine çalışmalar yürütmüş ve ülkenin elektrikli araçların ICEV'lere göre yüksek maliyetleri ve yetersiz şarj altyapısı gibi engellerle karşılaştığını, ancak bu zorlukların stratejik teşvikler ve yeterli şarj ağları kurmak için iyi tanımlanmış bir planla aşılabileceğini ortaya koymuştur. Avrupa'da elektrikli mobilitayı inceleyen bir çalışmada Biresselioglu ve diğerleri (2018) şarj altyapısının yetersizliği, artan elektrikli araç fiyatları, uzayan şarj süreleri, elektrikli araçların artan elektrik tüketimi ve batarya hammaddelerinin kıtlığı gibi yaygın elektrikli araç kullanımının önündeki engelleri tespit etmiştir. Greene ve diğerleri (2014) Amerika Birleşik Devletleri'nde elektrikli araçlara geçişi incelemiş ve geçişi engelleyen faktörler arasında elektrikli araç teknolojisinin çevreleyen belirsizliklerin ve hükümet düzenlemelerinin sınırlı etkisinin yer aldığı sonucuna varmıştır. Ayrıca, elektrikli araçlarla ilgili belirsizlikleri ele almak ve böylece politika formülasyonu için bir temel sağlamak için gelecekteki çalışmaların önemini vurgulamışlardır. Vassileva ve Campillo (2017), İsveç'te elektrikli araçların benimsenmesinin önündeki engelleri inceledikleri çalışmalarında, sağlam bir teşvik yapısının olmamasının potansiyel bir engel teşkil ettiği sonucuna varmışlardır. Genel olarak, gidişat nettir: gelişmiş ülkelerin çoğu, fosil yakıtı bağımlı araçlara önemli bir alternatif olarak elektrikli araçları benimseme yoluna girmektedir.

3.3 Gelişmekte olan ülkelerde elektrikli araçların benimsenmesi.

2015 ve 2020 yılları arasında, "diğer ülkelerdeki" (Çin, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri hariç) yeni elektrikli araç (EA) satışlarına ilişkin pazar payı verileri %2'nin altında kalarak, başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere birçok ülkenin EA'yı benimseme arayışında karşılaşmaya devam ettiği yaygın zorlukların altını çizmektedir (IEA, 2021). Asif ve diğerleri (2021) tarafından açıklandığı üzere, iyi kurulmuş bir pazar yapısının, ağ altyapısının ve sağlam ekonominin yetersizliği, gelişmekte olan ülkelerde elektrikli araçların benimsenmesindeki gecikmenin başlıca açıklamasıdır.

Prakash ve arkadaşları (2018), gelişmekte olan bir ülke olan Hindistan'ın elektrikli araçların yaygın olarak benimsenmesi konusunda karşılaştığı engelleri araştırmış ve diğer faktörlerin yanı sıra yetersiz şarj altyapısı, devlet teşviklerinin yokluğu ve müşteri özelliklerini kapsayan engelleri tespit etmiştir. Benzer şekilde, Asadi ve diğerleri (2021) elektrikli araçların benimsenmesini etkileyen faktörleri araştıran bir çalışma yürütmüş ve menzil kaygısı, satış sonrası destek ve şarj altyapısının yetersizliğinin Malezya'nın elektrikli araç benimseme yolculuğunda ilerlemenin önündeki başlıca engeller olduğunu ortaya koymuştur. Bigot (2020) dikkatleri Rusya'ya çevirmiş ve elektrikli araçların yavaş entegrasyonunu ortaya çıkarmış, bunu da öncelikle elektrikli araçların yüksek maliyetine, sert kış koşullarına ve şarj altyapısındaki eksikliğe bağlamıştır. Cesaret verici bir şekilde Bigot, Rusya'nın şarj altyapısının genişlemesi ve gelecekte bu engeli aşmaya hazır olması nedeniyle umut verici bir gidişat olduğunu da ortaya koymuştur.

Habich-Sobiegalia ve diğerleri (2018), Brezilya'da elektrikli araç satın alma niyetlerini araştıran bir çalışma sonucunda, elektrikli araçların içten yanmalı motorlu araçlara (ICEV'ler) kıyasla yüksek maliyetini ve dağıtımlarını desteklemek için kamu altyapısının yetersizliğini tespit etmiştir. Moeletsi (2021), Güney Afrika'nın Gauteng kentindeki elektrikli araç engellerini incelediği araştırmasında, insanların elektrikli araç edinme konusundaki isteksizliğine katkıda bulunan başlıca faktörleri, yani yüksek satın alma fiyatını ve yüksek batarya masraflarını ortaya koymuştur.

Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkelerde elektrikli araçların benimsenme hızı tartışmalı bir şekilde yavaş olsa da, bu alandaki araştırmalar hala yetersizdir (Asif ve ark., 2021), gelişmekte olan birkaç ülke elektrikli araç entegrasyonu için iddialı hedefler ve uzun vadeli stratejiler belirlemiştir. Örneğin Hindistan, 2030 yılına kadar tüm ICEV'leri elektrikli araçlarla değiştirmek için cesur bir hedef belirlemiştir (Chhikara vd., 2021; Das vd., 2019). Malezya 2030 yılına kadar 125.000 şarj istasyonu kurmayı hedeflerken, Tayland 2036 yılına kadar 1,2 milyon operasyonel elektrikli araç ve 690 şarj istasyonuna sahip olma hedefiyle kapsamlı bir elektrikli araç politikası ortaya koymuştur (Schröder vd., 2021). Afrika'da, Güney Afrika iddialı bir şekilde küresel elektrikli araçların %1'ini oluşturmayı hedeflemektedir (Wilberforce, 2021). Sonuç olarak, gelişmekte olan ülkelerdeki elektrikli araçların benimsenme hızının gelişmiş ülkelerdeki benzerlerinin gerisinde kaldığı açıktır, ancak bu açığı kapatmak için çeşitli girişimler ve stratejik planlar başlatılmıştır.

4 METODOLOJİ

Elektrikli araçların (EA) çevresel sürdürülebilirlikteki rolü ve benimsenmesinin önündeki potansiyel engellere ilişkin inceleme Prisma yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kapsamlı bilgi toplamak için, çalışma konuyla ilgili en son akademik literatürden yararlanılmış ve seçilen ülkelerden vaka çalışmaları ile desteklenmiştir. Bu vaka çalışmaları, metodolojinin tanımlanması ve ana uygulama test ortamlarının belirlenmesi için önemli bilgi kaynakları olarak hizmet etmiştir. Önerilen çok katmanlı yaklaşımın temel amacı, elektrikli araçların benimsenmesinin fosil yakıtlara dayalı araçlara kıyasla etkisini değerlendirmek ve özellikle daha yeşil bir çevrenin korunmasına ve elde edilmesine katkısına odaklanmaktır. Çalışma ayrıca, elektrikli araçların yaygın olarak benimsenmesini engelleyen engelleri ve zorlukları belirlerken, elektrikli araçların beklentilerini de araştırmıştır.

5 BULGULAR

Bu bölümde elektrikli araçların çevreye katkıları, beklentileri ve zorlukları hakkında bilgi verilmektedir.

5.1 Çevrenin Yeşillendirilmesinde Elektrikli Araçların Beklentileri

İklim değişikliği ve sera gazı emisyonları son yıllarda giderek daha ciddi bir hal almış ve ulaştırma bu tehlikeye en büyük katkıyı yapan unsurlardan biri olarak tanımlanmıştır. Ulaşım her ülkenin ayrılmaz bir parçası olmakla birlikte, sera gazlarına önemli bir katkıda bulunduğu da inkar edilemez. Buradan hareketle, özellikle otomobil bağımlılığının yüksek olduğu şehirlerde ve ülkelerde bunu azaltmanın yollarının belirlenmesi gerekmektedir. Çevre sorunlarına en büyük katkıyı yapan fosil yakıt kullanan otomobillere olan bağımlılığı azaltmanın ve çevrenin yeşillendirilmesini arttırmanın yollarından biri de elektrikli araçların kullanılmasıdır. Aşağıda, elektrikli araçların yeşil bir çevreye ulaşmadaki bazı artıları/beklentileri yer almaktadır.

- **Enerji Tasarrufu:** Elektrikli araçlar özellikle düşük hızlarda ve sürüş dinamiklerinin sık sık değiştiği durumlarda enerji tasarrufunda etkilidir. Bu özellik, şehirleri elektrikli araçların benimsenmesi için ideal bir hedef pazar haline getirmektedir. Gelecekte elektrik üretiminin daha çevreci olması beklendiğinden, elektrikli araçlar sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. İklim değişikliği konusunda süregelen küresel söylem göz önüne alındığında, bu çok önemli bir husus haline gelmektedir. Özellikle ulaşım sektörü, Avrupa Birliği'nin sera gazı emisyonlarının beşte birinden fazlasını oluşturmaktadır ve emisyon artışı yaşayan tek sektördür. İçten yanmalı motorlardaki iyileştirmeler sayesinde kat edilen kilometre başına emisyonların azaltılması için hala potansiyel mevcut olsa da, emisyonların %50'nin üzerinde azaltılması için elektrikli araçlar gibi yeni teknolojik çözümlerin uygulanması gerekmektedir. Konvansiyonel araçlarla karşılaştırıldığında, elektrikli araçlar mevcut ortalama elektrik arzına göre yaklaşık %50 daha düşük emisyon sergilemektedir. Ayrıca, daha yeşil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu yoluyla elektrik üretiminin karbon yoğunluğu azalmaya devam ettikçe ek çevresel faydalar elde edilebilir.
- **Toplumsal ve çevresel maliyet:** Tseng ve diğerleri (2013) tarafından hazırlanan bir raporda, bir otomobilin kullanım ömrüyle ilişkili toplam emisyon maliyetlerinin üç ana emisyon kaynağını kapsadığı belirtilmiştir: yukarı akış

araç bileşenlerinin üretimi ve bertarafı, egzoz çıkışı ve yukarı akış enerji üretimi. Toplu olarak, bu üç emisyon maliyeti kategorisi genellikle aracın kullanım ömrü boyunca toplumsal ve çevresel maliyet olarak adlandırılır. Özellikle, sürüş döngüsü sırasındaki egzoz emisyonları, insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri olan hava kirleticilerin salınımına katkıda bulunur. Michalek ve diğerleri (2011) tarafından yürütülen kapsamlı bir çalışma, benzin tüketimine dayalı olarak çok çeşitli araç türlerinde araç emisyonlarına odaklanmıştır. Çalışma, elektrikli araçlar (EV'ler) hariç olmak üzere, sera gazlarının (GHG'ler) egzoz borusu emisyonlarının çoğu araç tipi için toplam yaşam boyu sera gazı emisyonlarının %50'sinden fazlasını oluşturduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, bu emisyonların ölüm ve hastalık dahil olmak üzere sağlık sonuçları üzerinde önemli bir etkisinin yanı sıra çevre üzerinde görüş mesafesinin azalması, mahsul kaybı, ormanların bozulması, doğal kaynakların değer kaybetmesi ve malzeme amortismanı gibi olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Bu nedenle, elektrikli araçların toplumsal ve çevresel maliyet açısından en az maliyete sahip olduğu düşünülmektedir.

- **Gürültü Kirliliğinde Azalma:** Hatt ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yapılan araştırmaya göre, elektrikli araçlar (EA'lar) gazla çalışan (içten yanmalı motorlu) araçlara göre belirgin avantajlar sunarak kullanıcılarına fayda sağlamaktadır. Özellikle, Noel ve arkadaşları tarafından 2018 yılında vurgulandığı gibi, ulaşım ve elektrik uzmanları, elektrikli araçların en önemli üç avantajı olarak gürültü azaltma ve gelişmiş performansı belirlemiştir.

Önemli bir fayda, elektrikli araçlarla ilişkili gürültü seviyelerindeki azalmadır. Bu özellik, bireyler için daha keyifli bir sürüş deneyimine katkıda bulunur ve topluluklar içinde düşük gürültü seviyelerinin korunmasına yardımcı olur. Elektrikli araçlar, gürültü kirliliğini en aza indirerek hem sürücüler hem de yakınlardaki sakinler için daha sessiz ve huzurlu bir ortam sunar.

- **Daha Az Bakım:** Elektrikli araçlar, fosil yakıt kullanan araçlara kıyasla daha az bakım gereksinimi ve ekonomik tasarruf gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Egbue ve Long (2012) ve Noel ve diğerleri (2018) tarafından yapılan çalışmalar bu avantajların altını çizmektedir. Lin ve Sovacool'a (2020) göre, elektrikli araç kullanıcıları, öncelikle yakıt masraflarının olmaması ve ucuz elektriğin mevcudiyeti nedeniyle daha düşük bakım ihtiyaçları ve daha düşük işletme maliyetleri bildirmiştir.

Elektrikli araç sahiplerinden sahip oldukları aracın avantajlarını değerlendirmeleri istendiğinde, "daha az bakım" hem parasal hem de zaman tasarrufu anlamına geldiği için ikinci en popüler fayda olarak ortaya çıkmıştır (Egbue & Long, 2012). Bakım ihtiyacının azalması sadece mali tasarruflara katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda sahiplerin zamanlarını daha verimli bir şekilde ayırmalarına da olanak tanır. Yukarıda belirtilenlerden yola çıkarak, elektrikli araçların kirlilik gibi çeşitli çevresel sorunların azaltılması ve insan sağlığının genel olarak iyileştirilmesi yoluyla yeşil bir çevre elde edilmesinde çok önemli olduğu söylenebilir.

5.2 Elektrikli Araçların kullanımı/benimsenmesinin önündeki engeller

Elektrikli araçların çevrenin yeşillendirilmesindeki rolüne rağmen, dünyanın hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerinde etkin bir şekilde benimsenmesini engelleyen çok sayıda engel bulunmaktadır. Aşağıda kullanımının önündeki engellerden bazıları yer almaktadır:

- **Yüksek Satın Alma Maliyeti:** Yüksek ilk satın alma maliyeti, elektrikli araçların (EA) küresel bir ülke yelpazesinde yaygın olarak benimsenmesinin önünde önemli bir caydırıcı unsur olarak durmaktadır. Örneğin Sidabutar (2020), Endonezya'da elektrikli araç kullanımına odaklanan bir çalışmada, ülkedeki tipik otomobil satın alma kapasitesinin 200 milyon Rupiah civarında olduğunu vurgulamıştır. Buna kıyasla, Endonezya'da mevcut en uygun fiyatlı elektrikli araç olan DFSK Gelora E, 480 milyon Rupiah'lık bir fiyat etiketi taşımaktadır; bu miktar, ortalama otomobil satın alma gücünü yüzde 200'den fazla aşmaktadır. Sonuç olarak, bu mali tutarsızlık Endonezya'daki tüketicileri tercihlerini içten yanmalı motorlu araçlardan yana kullanmaya zorluyor. Elektrikli araçların yüksek maliyeti, özellikle elektrikli araç üretiminde önemli bir bileşen olan Çin'den pil ithalatına dayanan gelişmekte olan ülkelerde belirgin olan yüksek pil fiyatlarından kaynaklanmaktadır (Umah, 2021).
- **Şarj altyapısının/istasyonlarının yetersiz olması:** Raksodewanto (2020) tarafından da vurgulandığı üzere, sağlam bir şarj altyapısının olmaması, elektrikli araçların yaygın olarak benimsenmesinin önünde önemli bir engel teşkil etmektedir. Elektrikli araçlar için birincil enerji kaynağının sağlanmasında temel teşkil eden şarj istasyonları, bu araçların benimsenmesini kolaylaştırmada vazgeçilmez bir rol oynamaktadır. Ancak mevcut altyapı, öngörülen 25.000 gazlı araç şarj istasyonu hedefine ulaşmaktan uzaktır.

istasyonlarının 2030 yılına kadar kurulması hedeflenmektedir. Halihazırda sadece 200 adet faal şarj istasyonu bulunmakta olup, bu durum özellikle Endonezya gibi gelişmekte olan ülkelerde öne çıkan yüksek kurulum maliyetleri nedeniyle ciddi bir eşitsizlik olduğunu ortaya koymaktadır.

Menzil kaygısı ve yeterli şarj altyapısının olmaması gibi ikiz zorluklar, elektrikli araç (EA) sahipleri arasında sıklıkla stres ve tedirginliğe yol açmaktadır. Uzun mesafeli yolculuklar yapma ihtimali, özellikle kentsel alanların ötesindeki bölgelerde gezinirken bu endişeleri artırmaktadır. 2017 yılında She ve arkadaşları tarafından aydınlatılan bir endişe. EV sahiplerinin oteller gibi bilmedikleri yerlere güvenmek zorunda kalmaları, genellikle şarj tesislerine erişim için başvuruda bulunmalarını gerektirdiğinde çıkmaz daha da yoğunlaşmakta, böylece stres ve belirsizliği artırmaktadır. Endonezya bağlamında, kurulu şarj altyapısı, benzin istasyonlarının hacmine kıyasla oldukça önemsiz kalmaktadır. Bu dengesizlik, muhtemel Endonezyalı elektrikli araç alıcılarını, ülkenin elektrikli araçlara geçiş için henüz kapsamlı bir hazırlık yapmadığı sonucuna varmaya sevk etmektedir (Jati, 2021).

- EA'larda kullanılan lityum iyon bataryanın güvenliği ve performansı, hem satın almanın önündeki önemli engellerdir hem de EA satın alındıktan sonra bir zorluk teşkil etmektedir. Bireyler arasında endişe uyandıran belirli bir husus, elektrikli araçlardaki (EA'lar) lityum iyon pillerin performansdır; bunun başlıca nedeni, gazla çalışan araçların hızlı yakıt ikmali sürecine kıyasla uzun şarj süresidir (Lin ve Sovacool, 2020). Bir elektrikli araçtaki bataryayı şarj etmek birkaç saat sürebilir ve bu da kullanıcılar için potansiyel bir rahatsızlık teşkil eder. Şarj süresine ek olarak, güvenlik, öncelikle batarya ile ilgili olayların doğasında var olan riskler nedeniyle, elektrikli araçların benimsenmesiyle ilgili bir başka önemli endişeyi temsil etmektedir. Özellikle bir kaza durumunda batarya yangınları veya patlama vakaları, geçerli güvenlik endişeleri olarak tanımlanmıştır (She vd., 2017; Hatt vd., 2020). Elektrikli araçların ve batarya sistemlerinin güvenliğinin sağlanması, yaygın kabul ve benimseme için kilit bir husus olmaya devam etmektedir.
- Bir elektrikli aracın satın alındıktan sonraki performansı ve güvenilirliği de elektrikli araçların yaygın olarak benimsenmesinin önündeki önemli engellerden biridir. Örneğin, elektrikli araç kullanıcıları ve uzmanları arasında endişe yaratan bir husus, özellikle lityum iyon pilin değiştirilmesiyle ilgili yüksek maliyet göz önüne alındığında, pilin dayanıklılığı ve potansiyel değiştirme ihtiyacıdır. Bununla ilgili olarak Lin ve Sovacool (2020), bataryanın daha sık şarj edilmesi ve daha uzun şarj süreleri gerektirebileceğinden, özellikle kış mevsiminde güvenilirlik sorununu vurgulamıştır.
- Model çeşitliliğinin olmaması: Araştırmalar, elektrikli araçların fiyat aralığı ve mevcut özellikler açısından sınırlamalarla karşı karşıya olduğunu ve çeşitlilik eksikliğine yol açtığını göstermiştir. Tüketicilerin elektrikli araçlarını kendi özel ihtiyaçlarına göre özelleştirmeleri için seçenekler sınırlıdır. Örneğin, bazı elektrikli araç modelleri, aileleri olan bireyler için çok küçük ve kullanışsız olabilmekte ve onların gereksinimlerini karşılayamamaktadır. Buna ek olarak, mevcut elektrikli kamyon modelleri bulunmadığından, özellikle çekme kapasitesine ihtiyaç duyanlar için işlevsel çeşitlilikte gözle görülür bir eksiklik vardır (Haddadian ve ark., 2015).

5.3 Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik

Sürdürülebilir bir kentsel ulaşım sisteminin oluşturulması; hareketlilik, erişilebilirlik, satın alınabilirlik, sosyal eşitlik, verimlilik, güvenlik, emniyet, rahatlık, düşük karbon ayak izi, konfor ve hem insanlar hem de çevre ile uyumlu bir şekilde bir arada yaşama dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere birçok yönün geliştirilmesini kapsamaktadır. Bu vizyona ulaşmak, kentsel hava kirliliğinin azaltılması, iklim değişikliği ile mücadele, trafik kazalarının azaltılması, aşırı motorizasyonun kontrol altına alınması, toplu taşıma hizmetlerinin güçlendirilmesi, yaya ve bisiklet kültürünün teşvik edilmesi ve marjinalleşmiş kent nüfuslarının, kadınların, yaşlıların, engelli bireylerin, gençlerin ve çocukların farklı gereksinimlerinin kabul edilmesi gibi çeşitli zorlukların ele alınması için kapsamlı bir yaklaşım gerektirmektedir.

Kentsel ulaşımın ya da hareketliliğin sadece izolasyonun ötesine geçtiğini, boyutlarının kentsel varoluşun diğer çeşitli yönleriyle karmaşık bir şekilde iç içe geçtiğini kabul etmek çok önemlidir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) (2010), ulaşım sektörünün fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan küresel karbondioksit (CO₂) emisyonlarına en fazla katkıda bulunan ikinci sektör olduğunu altını çizmektedir. Bu payın yüzde 23 gibi önemli bir kısmı ulaşımdan kaynaklanmakta olup, karayolu taşımacılığı yüzde 73 gibi önemli bir paya sahiptir ve bunu uluslararası deniz taşımacılığı ve havacılık takip etmektedir. Çelişkili bir şekilde, ulaştırmanın küresel iklim değişikliği azaltım girişimlerindeki rolü diğer sektörlerle kıyasla orantısız bir şekilde sınırlı kalmaktadır. Bu sektörler arasında

Çevresel kaygıların başında gelen kentsel hava kirliliği, birçok bölgeye gölge düşüren yaygın bir tehlike olarak ortaya çıkmaktadır.

	PM10 (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
DSÖ Hava Kalitesi Kılavuzları:	20	20	40
Pekin	89	90	122
Delhi	150	24	41
Tokyo	40	18	68
Seul	41	44	60
Meksika Şehri	51	74	130
Bangkok	79	11	23
Londra	21	25	77
New York	21	26	79
Paris	11	14	57
Şanghay	73	53	73
Santiago	61	29	81
Sao Paulo	40	43	83

Tablo 1: Seçilmiş şehirlerdeki hava kirliliği. Kaynak: Dünya Bankası, 2009

Tablo 1, Dünya Bankası'nın dünya çapında hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki belirli şehirlerdeki hava kirliliği seviyelerine ilişkin kapsamlı değerlendirmesini sunmaktadır. Verilerden çarpıcı bir eğilim ortaya çıkmaktadır: gelişmekte olan ülkelerdeki şehirler, gelişmiş muadillerine kıyasla sürekli olarak daha yüksek seviyelerde çeşitli hava kirlleticileri sergilemektedir. Bu gözleme rağmen, sadece bir avuç şehir, hava kalitesini sağlamak için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen tavsiye edilen eşik değerlere uymayı başarmaktadır. Küresel şehir manzarasında, karayolu taşımacılığı sektörü, diğer zararlı maddelerin yanı sıra yüksek karbon monoksit ve hidrokarbon seviyelerinin yanı sıra kentsel hava kirlleticilerine birincil katkıda bulunan sektör olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, bu emisyonlar bir dizi solunum ve kardiyovasküler rahatsızlığın tetiklenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bir dizi epidemiyolojik araştırma, ulaşımdan kaynaklanan kirliticileri astım, bronşit, kalp krizi ve felç gibi rahatsızlıklarla kesin olarak ilişkilendirmiştir. Kentsel hava kirliliğinin tehlikelerine karşı özellikle savunmasız olanlar arasında bebekler, yaşlılar ve kronik solunum yolu rahatsızlıklarından muzdarip bireyler yer almaktadır. Örneğin, Majumdar (2010) tarafından bildirildiği üzere, 1999-2009 yılları arasında Hindistan'ın Bangalore kentindeki çocukların yüzde 25,6'sında astım görülmüştür. Ayrıca, Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) (2008) göre, hava kirliliği küresel çapta yaklaşık 2 milyon erken ölümlle ilişkilendirilmektedir ve karayolu taşımacılığı, dış ortam hava kirliliğini şiddetlendirmedeki rolü nedeniyle bu korkunç bilanço'ya önemli bir katkıda bulunmaktadır.

Bu sorunlarla etkin bir şekilde mücadele etmek için, şehirlerin küresel azaltım hedefleriyle uyumlu, kolektif eylemlerin gerekli olduğunu kabul etmeleri zorunludur. Yalnızca tek bir yaklaşıma dayanmak yerine çeşitlendirilmiş bir dizi önlemin benimsenmesi çok sayıda avantaj sağlar. Bu çok yönlü strateji şunları kapsamaktadır:

İtme ve Çekme yaklaşımı:

Bireylerin ulaşım alanında kendilerini "nerede" konumlandırmaları gerektiği -etkili bir şekilde onları nerede "yönlendirmek" gerektiği- ve hangi modların onların katılımını garanti ettiği merceğinden çıkmazın incelenmesi, "itme ve çekme" yaklaşımı olarak adlandırılan metodolojik bir perspektif oluşturmaktadır. Bu yaklaşım, kentsel ulaşım stratejilerinin yalnızca halkı toplu taşıma ve motorsuz alternatifleri tercih etmeye teşvik etmekle kalmayıp aynı zamanda onları otomobil ve benzeri ulaşım türlerinin sınırlarından nazikçe uzaklaştıracak taktikler geliştirmesi gerektiğinin altını çizmektedir. "Çekme" boyutuna ulaşmak için toplu taşımada övgüye değer bir hizmet standardı sunmak, toplu taşıma ve motorsuz ulaşım türlerine hizmet veren sağlam altyapılar inşa etmek ve bu türlerin kullanılabilirliğini artıran politikalar uygulamak gerekir. Aynı zamanda, bireylerin "araç kullanımından uzak tutulduğu" bir senaryoya ulaşmak için araç bağımlılığını caydırmak üzere tasarlanmış politikaların yürürlüğe konması gerekmektedir. Bu tür politikalar, yakıt sübvansiyonlarının sona erdirilmesini, otomobil sahipliği ve kullanımıyla ilgili ücretlerin belirlenmesini ve bu modların kullanımından kaynaklanan toplam maliyetleri artıran önlemlerin kapsamlı bir şekilde uygulanmasını kapsamaktadır. Kritik olarak, bu ücretlerden elde edilen gelir, sürdürülebilir kentsel ulaşım alternatiflerini güçlendirmeye yönlendirilmelidir.

Toplu Taşıma, Motorsuz Ulaşım, Ulaşım Talep Yönetimi ve Transit Odaklı Gelişim: Sürdürülebilir kentsel ulaşımın uygulanmasına yönelik alternatif bir bakış açısı, tanımlanan dört önlemin kullanılmasına dayanmaktadır. Toplu Taşıma, bu yaklaşımın önemli bir boyutunu temsil etmekte ve kapsamlı toplu taşıma ağlarının kurulmasını kapsayan sağlam toplu taşıma sistemlerinin oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu çerçevede, Otobüs Hızlı Transit (BRT) sistemi ortaya çıkmıştır

Son yıllarda tercih edilen bir çözüm olarak, makul uygulama maliyetleri, hızlandırılmış kurulumu, olağanüstü hizmet kalitesi ve etkileyici yolcu kapasitesi ile ünlüdür ve böylece araç sıklığını azaltmaktadır. Ayrıca, metrolar ve hafif raylı sistemler gibi diğer hızlı ve ekolojik açıdan zararsız kentsel yolcu taşıma sistemleri de tamamlayıcı ulaşım modları olarak benimsenmeli ve böylece çok modlu ulaşım sistemlerinin kurulması teşvik edilmelidir.

Örneğin, çoğunluğu sanayileşmiş ülkelerde bulunan 116 şehir kendi metro sistemlerini işletmekte ve günlük 155 milyon kişiye hizmet vermektedir. Ayrıca, dünya genelinde yaklaşık 400 hafif raylı sistem faaliyet göstermekte olup, 200'den fazla sistem de planlama aşamasındadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki birçok mega şehir de yatırımlarını kentsel hafif raylı sistem ağlarının kurulması, iyileştirilmesi ve genişletilmesine yönlendirmektedir. Metro ve kentsel hafif raylı sistemlerle ilgili zorlu inşaat ve bakım masraflarına rağmen, bu sistemler ekonomik, sosyal ve çevresel spektrumlarda önemli ve geniş kapsamlı faydalar sunmaktadır. Alternatif olarak "Aktif Ulaşım" olarak da adlandırılan Motorsuz Ulaşım, yaya ve bisiklet modlarının yanı sıra bunlarla ilgili altyapı, politika ve eğitim girişimlerini kapsamaktadır. Son zamanlarda bu modlar, ulaşım emisyonlarını azaltma ve insan refahını destekleme konusundaki belirgin yararları nedeniyle kayda değer bir ilgi görmüştür (Godefrooij vd., 2009).

Transit Odaklı Gelişim: Bu kavram, toplu taşıma koridorları boyunca yoğunlaştırılmış kentsel gelişimi destekleyen politikalarla karakterize edilen bir kentsel tasarım stratejisi ile ilgilidir (Cervero, 1998). Bu yaklaşımın altında yatan mantık, toplu taşıma ağlarının konutları, işyerlerini, eğitim kurumlarını, rekreasyon alanlarını ve sağlık tesislerini kapsayan önemli kentsel merkezlere hızlı bağlantı sağladığı kentsel düzenler yoluyla enerji verimliliği ve ulaşım etkinliğinde önemli kazanımlar elde etme potansiyeline dayanmaktadır.

Kaçın, Değiştir, İyileştir Çerçevesi:

- **Önlemek:** İlk strateji, gereksiz seyahatleri azaltmaya ve yolculuk mesafelerini en aza indirmeye odaklanmaktadır. Bu, arazi kullanımı ve ulaşım planlamasının sorunsuz bir şekilde entegre edilmesini, karma kullanımlı gelişmelerin teşvik edilmesini ve bireysel seyahat sıklığını azaltmak için bilgi ve iletişim teknolojilerinden (ICT) yararlanılmasını gerektirir. Stratejik uygulama, erişilebilirliği etkili bir şekilde artırarak seyahat mesafelerini ve sürelerini kısaltabilir. Kapsamlı kentsel gelişim ana planları aracılığıyla konutlar, işyerleri ve ticari merkezler arasında yakınlık sağlanması çok önemli bir unsurdur. Ayrıca bu yaklaşım, BİT'in daha önce fiziksel seyahat gerektiren faaliyetlerin yerini alma potansiyelinden faydalanmaktadır. Derin sosyal, ekonomik ve çevresel faydalar sağlama potansiyeli göz önüne alındığında, kapsamlı uygulaması kentsel ulaşım dinamiklerini önemli ölçüde dönüştürebileceğinden "Kaçın" stratejisi önceliklidir.
- **Vardiya:** Bir sonraki strateji, daha sürdürülebilir ulaşım modlarına geçişi kolaylaştırmaya adanmıştır. Bu, otomobil ve motosiklet kullanıcılarının kamusal ve motorsuz alternatiflere yönelmelerini teşvik etmeyi gerektirir. Bir dizi seyahat talep yönetimi aracından yararlanan strateji, hem şehirlerarası yolcu hem de kargo taşımacılığının daha da geliştirilmesini düzenler. Ayrıca, mevcut toplu taşıma ve motorsuz ulaşım kullanıcılarını koruyan ve sürdürülebilirliğin desteklenmesindeki rollerini kabul eden bir ortam yaratır. Doğru bir şekilde uygulandığında "Vardiya" yaklaşımı, sürdürülebilir kentsel ulaşımı tesis etmek için en güçlü ikinci yol olarak öne çıkmaktadır. Kaçınma ve Vardiya stratejileri bir kentte sinerji yarattığında, sürekli iyileştirmeler mümkün olsa da, dönüştürücü değişimin temeli atılmış olur.
- **İyileştirme:** Son strateji, kentsel ulaşım zorluklarını ele almak için teknolojik bir bakış açısını benimseyerek ulaşım uygulamalarını ve teknolojilerini yükseltmeyi amaçlayan politikalar etrafında dönmektedir. Bu, yakıt kalitesinin iyileştirilmesini, araç yakıt verimliliği standartlarının geliştirilmesini, araç emisyon düzenlemelerinin yapılmasını, araç muayene ve bakım (I&M) protokollerinin uygulanmasını ve gelişmiş ulaşım yönetimi için bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanan "akıllı ulaşım sistemlerine" geçişi kapsamaktadır. Bu strateji aynı zamanda kapsamlı bir dönüşüm için yük taşımacılığı teknolojilerinin ve lojistiğin iyileştirilmesinin aciliyetinin altını çizmektedir.

Genel olarak, elektrikli araçların sürdürülebilir ulaşım planlamasına ulaşmadaki başarı oranı muazzam olsa da, özellikle elektrikli araçların benimsenme ve kullanım oranının düşük olduğu dünyanın gelişmekte olan ülkelerinde sürdürülebilir planlamayı teşvik edecek başka önlemlerin araştırılmasına ihtiyaç vardır.

6 SONUÇ

Ulaşım, bireyleri, yerleri, malları ve hizmetleri birbirine bağlayan, toplumsal büyümeyi teşvik eden, yaşam kalitesini artıran ve ekonomik canlılığı besleyen çok önemli bir kanaldır. Bununla birlikte, aynı zamanda sera gazı emisyonlarına kayda değer bir katkıda bulunmaktadır. Buna karşılık, küresel arenada daha yeşil enerji kaynaklarına yönelerek ve fosil yakıtla çalışan araçlardan elektrikli alternatiflere geçiş yaparak bu zorlukların üstesinden gelmek için aktif bir şekilde çaba sarf edilmektedir. Bununla birlikte, elektrikli araçların (EV'ler) yaygın olarak benimsenmesi, özellikle gelişmekte olan ülkelerde karmaşık bir zorluk olmaya devam etmektedir. Yetersiz şarj altyapısı, yüksek elektrikli araç maliyetleri ve sınırlı kamu bilinci gibi engeller, elektrikli araçların hızla benimsenmesini engellemektedir. Bu ülkeler, elektrikli araçların benimsenmesindeki en önemli katalizörleri ve engelleri ayırt ederek, bu engelleri aşmak ve elektrikli araçların manzaralarına entegrasyonunu desteklemek için stratejik yollar çizebilirler. Ayrıca, karayolu, demiryolu ve havayolu gibi diğer modlarla birlikte aktif seyahat/toplu taşıma kullanımı gibi tüm ulaşım modlarının entegrasyonu gibi alternatif sürdürülebilir ulaşım yöntemleri. Ayrıca, yollarımızda fosil yakıt kullanan araçların tamamen ortadan kaldırılmasını önlemek için, fosil yakıtlı araçları yenilenebilir enerji kullanımına uyarılmanın yollarının üretilmesi gerekmektedir. Bu, yol kullanıcılarının/motorcuların insan yaratıcılığının ötesinde olmayan tek bir yol yerine farklı seçeneklere odaklanmalarını sağlayacaktır.

7 REFERANSLAR

- Anderson, C.D., & Anderson, J. (2005). Elektrikli ve Hibrid Otomobiller: Bir Tarihçe. Amerika Birleşik Devletleri: McFarland, 2005, s. 189.
- Asadi, S., Nilashi, M., Samad, S., Abdullah, R., Mahmoud, M., Alkinani, M. H., & Yadegaridehkordi, E. (2021). Malezya'da tüketicilerin elektrikli araçları benimseme niyetini etkileyen faktörler. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124474. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124474>
- Asif, M., Jajja, M. S. S., & Searcy, C. (2021). Elektrikli Araçların Teşvik Edilmesinin Öncülleri Üzerine Bir Literatür İncelemesi: Gelişmekte Olan Ülkelerdeki Değer Zincirleri için Dersler. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/tem.2021.3099070>
- Bigot, S. (2020). Rusya'daki elektrikli otomobiller hakkında bilinmesi gereken 8 şey. *Eurasia Network*. <https://eurasianetwork.eu/2017/08/19/7-things-to-know-about-electric-cars-in-russia/>
- Bireselioglu, M. E., Demirbag Kaplan, M., & Yilmaz, B. K. (2018). Avrupa'da elektrikli mobilite: Karar verme süreçlerindeki motivasyon kaynakları ve engeller üzerine kapsamlı bir inceleme. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 109, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.01.017>
- Burton, N. (2013). Elektrikli Otomobillerin Tarihi. Ramsbury, İngiltere: Crowood.
- Carranza, F., Paturet, O., & Salera, S. (2014). Norveç, elektrikli araçlar için en başarılı pazar. *Proceedings of the 2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27)*. <https://doi.org/10.1109/EVS.2013.6915005>
- Chhikara, R., Garg, R., Chhabra, S., Karnatak, U., & Agrawal, G. (2021). Hindistan'da elektrikli araçların benimsenmesini etkileyen faktörler: Keşifsel bir çalışma. *Ulaşım Araştırmaları Bölüm D: Transport and Environment*, 100, 103084. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103084>
- D'Egmont, R. (2015). Elektrikli Araçlar: Engellerin Aşılmasında Norveç Deneyimi. *Bellona Europa*, 32(0), 2-5. https://bellona.org/assets/sites/4/Bellona-EV-Brief_The-Norwegian-Success-Story1.pdf
- Das, M. C., Pandey, A., Mahato, A. K., & Singh, R. K. (2019). Karma verilerin değerlendirilmesiyle elektrikli araçların karşılaştırmalı performansı. *Opsearch*, 56(3), 1067-1090. <https://doi.org/10.1007/s12597-019-00398-9>
- Değirmenci, K., & Breitner, M. H. (2017). Elektrikli araçlar için tüketici satın alma niyetleri: Yeşil, fiyat ve menzilden daha mı önemli? *Ulaştırma Araştırmaları Bölüm D: Transport and Environment*, 51, 250-260. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.01.001>
- Egbue, O., & Long, S. (2012). Elektrikli araçların yaygın olarak benimsenmesinin önündeki engeller: Tüketici tutumları ve algıları üzerine bir analiz. *Enerji Politikası*, 48, 717-729
- Fortuna, C. (2019). Elektrikli Araçların Daha Fazla Benimsenmesini İstiyorsak, Kitleleri Eğitmemiz Gerekliyor. *CleanTechnica*. <https://cleantechnica.com/2019/03/31/if-we-want-to-see-more-ev-adoption-we-need-to-educate-the-masses/>
- Godefrooij, T., Pardo, C.F., & Sagaris, L. (eds) (2009). *Bisikletli Kapsayıcı Politika Geliştirme: Bir el kitabı*. Eschborn. Greene, D. L., Park, S., & Liu, C. (2014). ABD'de elektrikli araçlara geçişin analizi *Futures*, 58, 34-52. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2013.07.003>
- Habich-Sobiegalla, S., Kostka, G., & Anzinger, N. (2018). Çin, Rusya ve Brezilya vatandaşlarının elektrikli araç satın alma niyetleri: Uluslararası karşılaştırmalı bir çalışma. *Journal of Cleaner Production*, 205, 188-200. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.318>
- Haddadian, G., Khodayar, M., & Shahidehpour, M. (2015). Elektrikli Araçların Küresel Olarak Benimsenmesinin Hızlandırılması: Engeller ve Etkenler. *Electricity Journal*, 28(10), 53-68. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2015.11.011>
- Hao H., Geng Y., & Sarkis J. (2016) Küresel binek otomobillerin karbon ayak izi: 2050'ye kadar senaryolar. *Energy* 101:121-131. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2016.01.089>
- Hatt, K., Wilson, B & Butt, P. (2020). Guelph Şehrinde Elektrikli Araç Kullanımının Faydaları ve Önündeki Engeller. Guelph, ON: Community Engaged Scholarship Institute. <https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/handle/10214/8902>
- IEA. (2021). *Global EV Outlook 2021 - Pandemiye rağmen hedefleri hızlandırmak*. Global EV Outlook 2021, 101. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ed5f4484-f556-4110-8c5c-4ede8bcba637/GlobalEVOutlook2021.pdf>
- Jati, G. (2021). Hükümetin Elektrikli Araç Altyapısı Hedefi Hala Menzil Kaygısı Yaratıyor. Temel Hizmetler Reformu Enstitüsü. <https://iesr.or.id/en/the-governments-electric-vehicle-infrastructure-target-is-still-creating-range-anxiety>

- Khalili, S., Rantanen, E., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2019). İklim kısıtlı bir dünyada enerji talebi ve sera gazı emisyonları üzerindeki etkileri ile küresel ulaşım talebi gelişimi. *Energies*, 12(20). <https://doi.org/10.3390/en12203870>
- Krishna, G. (2021). Tematik analiz yoluyla elektrikli araçların benimsenmesinin önündeki engellerin anlaşılması ve tanımlanması. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100364>
- Lamb W.F, Wiedmann T., Pongratz J., Andrew R., Crippa M., Olivier J.G.J., Wiedenhofer D., Mattioli G, Al Khourdajie A., House J., Pachauri S., Figuerola M., Saheb Y., Slade R, Hubacek K., Sun L., Ribeiro S.K., Khennas S., De La Rue Du Can S., & Minx J. (2021) 1990'dan 2018'e kadar sektörlere göre sera gazı emisyonlarının eğilimleri ve itici güçleri üzerine bir inceleme. *Environ Res Lett* 16(7): 073005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ABEE4E>
- Lambert, F. (2022, Şubat 2). Elektrikli araç devrimi hız kazanırken elektrikli araçların küresel pazar payı 2021'de iki kattan fazla arttı. *Electrek*. <https://electrek.co/2022/02/02/global-market-share-of-electric-cars-more-than-doubled-2021/>
- Lin, X., & Sovacool, B. K. (2020). Buz üzerinde nişler arası rekabet mi? İzlanda'da elektrikli araca geçişin sosyo-teknik itici güçleri, faydaları ve engelleri. *Çevresel İnovasyon ve Toplumsal Geçişler*, 35, 1-20.
- Majumdar, S. (2010). Bangalore'da giderek daha fazla çocuk astıma yakalanıyor. *DNA*. (http://www.dnaindia.com/bangalore/report_more-and-more-kidsfalling-prey-to-asthma-in-bangalore_1342244) adresinden edinilebilir
- Michalek, J.J., Chester, M., Jaramillo, O., Samaras, C., Shiau, C.S. & Lave, L.B. (2011). Plug-in araç yaşam döngüsü hava emisyonlarının ve petrolün yer değiştirmesinin faydalarının değerlemesi. *Proceedings of the National Academy Sciences* 108 (40), 16554-16558.
- Moeletsi, M. E. (2021). Güney Afrika'da elektrikli araçların benimsenmesinin önündeki sosyo-ekonomik engeller: Gauteng eyaleti vaka çalışması. *World Electric Vehicle Journal*, 12(4), 1-11. <https://doi.org/10.3390/wevj12040167>
- Noel, L., Zarazua de Rubens, G., Kester, J., & Sovacool, B. K. (2018). Emisyonların ve ekonominin ötesinde: Elektrikli araçların (EA'lar) ve araçtan şebekeye (V2G) ortak faydalarını yeniden düşünmek. *Transport Policy*, 71, 130-137.
- Olson, E. L. (2018). Elektrikli araçların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasında lider pazar öğrenmesi. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3279-3288. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.318>
- Perkins, R. (2021). Avrupa, 2020'de elektrikli araç satış büyümesinde Çin'i geride bırakıyor. *S&P Global*. <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/coal/012021-europe-overtakes-china-in-ev-sales-growth-in-2020>
- Prakash, S., Dwivedy, M., Poudel, S. S., & Shrestha, D. R. (2018). Hindistan otomotiv sektöründe elektrikli araçların kitlesel olarak benimsenmesinin önündeki engellerin modellenmesi: Yorumlayıcı Yapısal Modelleme (ISM) yaklaşımı. 2018 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2018, 458-462. <https://doi.org/10.1109/IEA.2018.8387144>
- Raksodewanto, A. A. (2020). Elektrikli Otomobil ile Geleneksel Otomobilin Karşılaştırılması [Membandingkan mobil listrik dengan mobil konvensional], 89-92. <http://technopex.iti.ac.id/ocs/index.php/tpx20/tpx20/paper/viewFile/331/192>
- Ritchie, H. (2020). Sektör sektör: küresel sera gazı emisyonları nereden kaynaklanıyor? *OurWorldInData*. <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- Rudaty, & Tresya, R. (2021). Endonezya'da Elektrikli Araç Politikalarının Oluşturulması, Türleri ve Fiyatları. *Uluslararası Demokrasi ve Ulusal Dayanıklılık Konferansı (ICDNR 2021)*. <http://dx.doi.org/10.2991/assehr.k.211221.016>
- Schröder, M., Iwasaki, F., & Kobayashi, H. (2021). ASEAN'da Elektromobilitenin Teşviki: Devletler, Otomobil Üreticileri ve Uluslararası Üretim Ağları. ASEAN ve Doğu Asya Ekonomik Araştırma Enstitüsü (ERIA). <https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/2021-03-Promotion-Electromobility-ASEAN/Promotion-of-Electromobility-in-ASEAN.pdf>
- Sendek-Matysiak, E. (2019). Sürdürülebilir kalkınma ilkelerine uygun yeni bir mobilite konsepti olarak elektrikli otomobiller. *Mühendislikte Hesaplamalı Teknolojiler (TKI'2018) AIP Conference Proceedings* 2078, 020026-1-020026-6; <https://doi.org/10.1063/1.5092029>
- She, Z. Y., Sun, Q., Ma, J. J., & Xie, B. C. (2017). Akülü elektrikli araçların yaygın olarak benimsenmesinin önündeki engeller nelerdir? Tianjin, Çin'de kamuoyu algısı üzerine bir anket. *Transport Policy*, 56, 29-40.
- Sidabutar, V. T. P. (2020). Endonezya'da elektrikli araçların geliştirilmesi üzerine bir çalışma: beklentiler ve kısıtlamalar. [Kajian pengembangan kendaraan listrik di Indonesia: prospek dan hambatanya]. *Jurnal Paradigma Ekonomika*, 15(1), 21-38. <https://doi.org/10.22437/paradigma.v15i1.9217>
- Sun, D., Kyere, F., Sampene, A.K., Asante, D. & Kumah, N.Y.G. (2022). Çevre kirliliğinin azaltılmasında elektrikli araçların rolü üzerine bir araştırma: önde gelen beş ekonomiden kanıtlar. *Environmental Science and Pollution Research* (2023) 30:18244-18259. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23386-x>
- Tseng, H.K., Wu, J.S. & Liu, X (2013). Sürdürülebilir bir ulaşım sistemi için elektrikli araçların satın alınabilirliği: Ekonomik ve çevresel bir analiz. *Enerji Politikası* 61 (2013) 441-447.
- Umah, A. (2021). Endonezya'da elektrikli otomobillerin hala pahalı olmasının nedeni bu. [Ini lho Alasan Mobil Listrik Masih Mahal di RI]. *CNBC*. <https://www.cnbcindonesia.com/news/20210921093008-4-277837/ini-lho-alasan-mobil-listrik-masih-mahal-di-ri>
- Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) (2010). 2009 Yıllık Raporu - Yeşil Ekonomiye Yakalamak. UNEP, Nairobi Wilberforce
- W, C. (2021). Elektrikli araçlar pazarı İstihbarat Raporu. *GreenCape*. <https://www.readkong.com/page/electric-vehicles-market-intelligence-report-greencape-2289456>
- Dünya Bankası (2009). Dünya Kalkınma Göstergeleri 2009. Dünya Bankası, Washington, D.C.
- Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (2008). Hava kalitesi ve sağlık. DSÖ çevrimiçi makalesi. (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/index.html>) adresinde mevcuttur
- Vassileva, I., & Campillo, J. (2017). Elektrikli araçların benimsenmesinin önündeki engeller: İsveç'teki erken uygulayıcılardan deneyimler. *Energy*, 120, 632-641. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.119>
- Xu B., Sharif A., Shahbaz M., & Dong K. (2021) Elektrikli araçlar CO2 emisyonlarını etkili bir şekilde ele aldı mı? Sekiz lider ülkenin kantil üzerine kantil regresyon yaklaşımı kullanılarak analizi. *Sustain Prod Consum* 27:1205-1214. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.03.002>