



**SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ**  
**Sosyal Bilimler Enstitüsü**  
**Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı**

**ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ÇEVRESEL DUYARLILIĞININ**  
**VE KAMU ALTYAPISININ İNCELENMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Vefa Sümeyye KORKMAZ**

**Sivas**  
**Ocak 2023**

**SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ**  
**Sosyal Bilimler Enstitüsü**  
**Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı Başkanlığı**

**ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ÇEVRESEL DUYARLILIĞININ**  
**VE KAMU ALTYAPISININ İNCELENMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Vefa Sümeyye KORKMAZ**

**Tez Danışmanı**  
**Dr. Öğr. Üyesi Esra AYDIN ÜNAL**

**Sivas**  
**Ocak 2023**

## KABUL VE ONAY

Üniversite: : Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ana Bilim Dalı :

Tezin Başlığı : Elektrikli Araçların Çevresel Duyarlılığının ve Kamu Altyapısının İncelenmesi

Savunma Tarihi :

Danışmanı :

Öğrenci ORCID No :

Unvanı - Adı Soyadı

İmza

Jüri Başkanı :

ORCID No :

Üye :

ORCID No :

Üye :

ORCID No :

Oy Birliği

Oy Çokluğu

Vefa Sümeyye KORKMAZ tarafından hazırlanan “Elektrikli Araçların Çevresel Duyarlılığının ve Kamu Altyapısının İncelenmesi” başlıklı tez, kabul edilmiştir. ../.../.....

Prof. Dr. Ahmet ŞENGÖNÜL  
Enstitü Müdürü



## ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü bünyesinde hazırladığım bu Yüksek Lisans tezinin bizzat tarafımdan ve kendi sözcüklerimle yazılmış orijinal bir çalışma olduğunu ve bu tezde;

- 1- Çeşitli yazarların çalışmalarından faydalandığımda bu çalışmaların ilgili bölümlerini doğru ve net biçimde göstererek yazarlara açık biçimde atıfta bulunduğumu;
- 2- Yazdığım metinlerin tamamı ya da sadece bir kısmı, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmışsa bunu da açıkça ifade ederek gösterdiğimi;
- 3- Başkalarına ait alıntılanan tüm verileri (tablo, grafik, şekil vb. de dahil olmak üzere) atıflarla belirttiğimi;
- 4- Başka yazarların kendi kelimeleriyle alıntıladığım metinlerini, tırnak içerisinde veya farklı dizerek verdiğim yine başka yazarlara ait olup fakat kendi sözcüklerimle ifade ettiğim hususları da istisnasız olarak kaynak göstererek belirttiğimi,

beyan ve bu etik ilkeleri ihlal etmiş olmam halinde bütün sonuçlarına katlanacağımı kabul ederim.

İmza

Vefa Sümeyye KORKMAZ



## TEŐEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, anlayışını esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Esra AYDIN ÜNAL'a, maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, bana karşı inançlarını her daim diri tutan, çalışmalarımda yol gösteren sevgili aileme, varlığıyla ve hayalleriyle daima pozitif enerji veren ve motivasyonumu her daim yüksek tutan çok kıymetli minik kardeşim Alp Buğrahan KORKMAZ'a teőekkürü bir borç bilirim.





# İÇİNDEKİLER

<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>i</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>BİRİNCİ BÖLÜM</b> .....	<b>3</b>
<b>1. LİTERATÜR TARAMASI</b> .....	<b>3</b>
1.1. Elektrikli Araçlar .....	3
1.1.1. Elektrikli Araçların Gelişimi .....	4
1.1.2. Elektrikli Araç Türleri .....	9
1.1.3. Elektrikli Araçların Genel Değerlendirmesi .....	12
1.1.4. Dünyada Elektrikli Araç Kullanım Durumu .....	15
1.1.5. Elektrikli Araçların Avantajları ve Dezavantajları .....	16
1.2. Çevresel Duyarlılık ve Yeşil Lojistik .....	18
1.2.1. Yeşil Lojistik ve Sürdürülebilir Kalkınma Kavramları .....	18
1.2.2. Yeşil Lojistiğin Önemi .....	21
1.2.3. Karbon Emisyonu .....	23
1.2.4. Yeşil Lojistiğin Çevresel Duyarlılığı.....	24
1.3. Türkiye'deki Elektrikli Araç Durumu .....	25
1.3.1. Türkiye'de Elektrikli Araçların Gelişimi .....	25
1.3.2. Türkiye'deki Şarj İstasyonları .....	30
1.3.3. Elektrikli Araçların Kamusal Altyapısı .....	33
1.3.4. Elektrikli Araçların Çevresel Duyarlılığı .....	35
<b>İKİNCİ BÖLÜM</b> .....	<b>39</b>
<b>2. ARAŞTIRMANIN METODU</b> .....	<b>39</b>
2.1. Araştırmanın Amacı .....	39
2.2. Araştırmanın Yöntemi .....	40

2.2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS).....	40
2.3. Araştırmanın Kapsamı ve Sınırları .....	49
2.4. Verilerin Toplanması ve Analizi .....	52
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....</b>	<b>53</b>
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>53</b>
3.1. Bulgular .....	53
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>57</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>61</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>71</b>
<b>ÖZ GEÇMİŞ .....</b>	<b>73</b>



## KISALTMALAR

EA	: Elektrikli Araç
EVCS	: Elektrikli Araç Şarj İstasyonu
HEV	: Hibrid Elektrikli Araçlar (Hybrid Electric Vehicle)
PHEV	: Şarjlı Hibrid Elektrikli Araçlar (Plug-In Hybrid Electric Vehicle)
BEV (EV)	: Bataryalı Elektrikli Araç (Battery-Electric Vehicle)
FCV	: Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar (Fuel Cell Vehicle)
ICEV	: İçten yanmalı motorlu araç (Internal combustion engine vehicle)
FC	: Yakıt hücresi
DC	: Doğru akım
REV	: Menzili uzatılmış elektrikli araç
İYM	: İçten Yanmalı Motor
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
TEHAD	: Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği



## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Farklı Elektrikli Araçların Karşılaştırılması .....	10
<b>Tablo 2.</b> Belirli Ülkelerde Elektrikli Otomobil Dağıtımı, 2013-2018.....	15
<b>Tablo 3.</b> Dünya Elektrikli Otomobil Satış Rakamları (Adet) .....	15
<b>Tablo 4.</b> Türkiye Elektrikli Araç Satış Miktarı (Adet) .....	16
<b>Tablo 5.</b> Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı, 2004- 2020..	26
<b>Tablo 6.</b> Türkiye 2019-2020 Motor Hacmine Göre Otomobil Satışları.....	27
<b>Tablo 7.</b> Türkiye 2019-2020 Motor Tipine Göre Otomobil Satışları.....	27
<b>Tablo 8.</b> Dünyada Elektrikli Araç Şarj Noktası Sayısı (2021) .....	31
<b>Tablo 9.</b> Personel Seçim Boyutları ve Kriterleri .....	42
<b>Tablo 10.</b> Saaty'nin İkili Karşılaştırmada Ölçüm Skalası.....	43
<b>Tablo 11.</b> İkili Karşılaştırma Matrisi .....	45
<b>Tablo 12.</b> Ortalama Rastgele İndeks Değerleri .....	45
<b>Tablo 13.</b> Seçim Boyutları ve Kriterlerinin Ağırlıkları .....	47
<b>Tablo 14.</b> Adaylara İlişkin Derecelendirme Sonuçları .....	48
<b>Tablo 15.</b> Şehirde Kamuya Ait Elektrikli Araç Altyapısının Gelişimini Etkileyen Faktörler .....	49
<b>Tablo 16.</b> Karşılaştırmalı Matris (1-6 Uzman).....	53
<b>Tablo 17.</b> Normalize Matris .....	54
<b>Tablo 18.</b> Tutarlılık Dereceleri (CR).....	55
<b>Tablo 19.</b> Kriter Ağırlıkları .....	56



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Elektrikli Araçların Sınıflandırılması.....	12
Şekil 2. Elektrikli Aracın Yapısı .....	14
Şekil 3. Sürdürülebilir Kalkınmanın Üç Temel Boyutu.....	20
Şekil 4. Tersine Lojistik, Ekolojistik ve Yeşil Lojistik Arasındaki İlişki .....	21
Şekil 5. Uluslararası Enerji Ajansı'nın Enerji İstatistikleri .....	25
Şekil 6. 2021(İlk 6 Ay) Satılan Elektrikli Araçlar .....	29
Şekil 7. Türkiye Şarj İstasyonu Haritası.....	32
Şekil 8. Kriterlerin Ağırlıklandırılması İçin AHS Yöntemi.....	40
Şekil 9. Seçim Probleminin Karar Hiyerarşisi .....	43
Şekil 10. EA Altyapı Kriterleri .....	51
Şekil 11. Kriter Ağırlıkları .....	57



## ÖZET

Çevresel sorunlar, ulaşım sektörünü daha çevre dostu teknolojilere geçmeye zorlamaktadır. Ulaşım sektöründen kaynaklanan emisyonların tüm dünyada artan hareketlilik ile küresel sera gazı emisyonları içerisindeki payı giderek artmaktadır. Karayolu taşımacılığı sera gazı emisyonlarında en büyük paya sahip olan alanlardan biridir ve bu alanda küresel anlamda atılacak adımlar büyük bir öneme sahiptir. Bu hususta elektrikli araçlar yeşil bir ulaşım çözümü olarak kabul edilmektedir. Gelişen elektrikli araç teknolojisi, daha fazla mesafe kat etmeyi sağlayacak gelişmiş pillerin ve bu pillerin daha hızlı şarj edilmesini sağlayacak gelişmiş şarj istasyonlarının tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır. Elektrikli araç şarj istasyonlarının yapımı, elektrikli araç endüstrisinin tüm yaşam döngüsü boyunca önem taşımaktadır. Bunun yanında, elektrikli araç şarj istasyonları için uygun bir alan ve kapasite elektrikli araç endüstrisinin sürdürülebilir gelişimini de teşvik etmektedir. Dünya genelinde elektrikli araçların ve şarj altyapısının geliştirilmesine, bataryaların geri dönüşümünün sağlanmasına yönelik çalışmalar yapılmakta ve yeşil bir ekonomiye geçiş desteklenmektedir.

Bu çalışmada fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması ve çevrenin korunması bağlamında büyük bir öneme sahip olan elektrikli araçların gelişimi, çevresel duyarlılığı ve altyapısı dikkate alınmış, alanında uzman kişilere belirli sorular yöneltilerek derinlemesine mülakat yapılmıştır. Daha sonra bu veriler düzenlenmiş, çeşitli analiz birimlerine ayrılarak sentezlenmiş, kriterler belirlenmiş ve çok kriterli karar verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak kriterler arasında ağırlıklandırma yapılmıştır, analiz sonucuna dayanarak önerilere yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli Araç, Yeşil Lojistik, Çevresel Duyarlılık.



## ABSTRACT

Environmental problems force the transportation sector to switch to more environmentally friendly technologies. The share of emissions originating from the transportation sector in global greenhouse gas emissions is increasing with the increasing mobility all over the world. Road transport is one of the areas with the largest share in greenhouse gas emissions, and the steps to be taken globally in this area are of great importance. In this regard, electric vehicles are accepted as a green transportation solution. Developing electric vehicle technology necessitates the design of advanced batteries that will enable to travel more distance and advanced charging stations that will enable faster charging. The construction of electric vehicle charging stations is important throughout the entire life cycle of the electric vehicle industry. In addition, a suitable space and capacity for electric vehicle charging stations also promotes the sustainable development of the electric vehicle industry. Worldwide, efforts are made to develop electric vehicles and charging infrastructure, to recycle batteries, and to support the transition to a green economy.

In this study, the development, environmental awareness and infrastructure of electric vehicles, which are of great importance in terms of reducing dependence on fossil fuels and protecting the environment, were taken into account and in-depth interviews were conducted by asking specific questions to experts in the field. Then, these data were organized, synthesized by dividing into various analysis units, criteria were determined and weighting was made between the criteria using the Analytical Hierarchy Process, one of the multi-criteria decision making techniques, and suggestions were given based on the analysis result.

**Keywords:** Electric Vehicle, Green Logistics, Environmental Awareness.



## GİRİŞ

Dünya genelinde ekonomik büyüme sağlayan en önemli endüstrilerden biri otomotiv sektörü olarak kabul edilmektedir. Günümüzde bir leke gibi şehirlerin üzerine oturan hava kirliliği her geçen gün artmaktadır. Sürdürülebilir akıllı ulaşım politikaları sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik politikaların merkezinde olması gereken en önemli alanlardan biridir. Dünya genelinde artan hareketlilik ile ulaşım sektöründen kaynaklanan salınımların küresel anlamda sera gazı salınımları içindeki payı günden güne artmaktadır. Bu durum, birçok ülkenin ana gündemlerinden biri olan ulaşım modlarının, küreselleşmeye ve teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişmesine, çevresel boyutlar ve sürdürülebilirlik göz önüne alınarak yeniden ele alınmasına neden olmuştur. Mikro ve makro anlamda bu kirliliği önleyecek sistemi ile elektrikli araçlar ne bir gaz salınımı yapmakta ne de petrol gibi sağlıklı ve değerli bir mineral zenginliğinin mazot ve benzin gibi bir zehre dönüşmesine neden olmaktadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında AB tarafından açıklanan Sürdürülebilir ve Akıllı Ulaşım Stratejisi incelendiğinde, sera gazı emisyonlarını 2030'da yüzde 55 azaltmayı ve 2050'de karbon nötr olmayı hedefleyen AB, bu hedef doğrultusunda tüm ekonomik yapısını yeniden şekillendirmektedir. Bu çerçevede 2050 yılına kadar akıllı, uygun fiyatlı, çevre dostu, güvenli, rekabetçi ve erişilebilir bir ulaşım sistemi oluşturularak ulaşım kaynaklı emisyonların %90 oranında azaltılması hedeflenmektedir.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı<sup>10</sup> kapsamında, bütünsel bir yaklaşımla planlı bir şekilde tüm ulaşım modlarının entegrasyonunu sağlayacak ulaşım altyapılarının gerçekleştirilmesi, kent içi ulaşım altyapılarının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Öte yandan, Türkiye Ulaştırma Politikası Belgesi 11'de ise fosil yakıtlı araçların kentsel çevreden aşamalı bir şekilde kaldırılması; alternatif yakıtlı araçların, sera gazı emisyonlarının ve petrole bağımlılığın azaltılmasına katkı sağlayacağı için teşvik edilmesi ve bu araçlara uygun şarj/yakıt doldurma altyapısının geliştirilmesi ana politika alanı olarak belirtilmektedir.

Karayolu taşımacılığı sera gazı emisyonlarında en büyük paya sahip olan alanlardan biridir ve bu alanda küresel anlamda atılacak adımlar, hibrit ve elektrikli

araçların tüm dünyada yaygınlaşmasını hızlandıracaktır. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin de öngördüğü gibi elektrikli araç satışları artmaktadır. Bu çevre dostu ulaşım modunda şarj istasyonlarının en uygun şekilde yerleştirilmesi, elektrikli araç sistemlerinin sürdürülebilir gelişimi için çok önemlidir. Son yıllarda dünyada elektrikli araç teknolojilerinin yaygınlaşması ve birçok ülkenin bu yeni teknolojiye yönelmesi ile elektrikli araçların pazar payı günden güne artmaktadır. Artan bu ilgiyle elektrikli araçlara uyumlu motor sistemlerinin, batarya sistemlerinin, özellikle şarj istasyonu sistemlerinin geliştirilmesiyle birlikte yeni pazar alanlarının ortaya çıktığı görülmektedir. Bu süreçte gerekli altyapının oluşturulması büyük önem arz etmekte olup, elektrikli araç ve şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik planlama ve strateji geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesine katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada, çevre kirliliğinin arttığı günümüz dünyasında elektrikli araçların çevre ile olan ilişkisi ve Türkiye de bulunan elektrikli araç şarj istasyonlarının altyapısı dikkate alınıp derinlemesine mülakat yapılarak alanında uzman kişilere belirli sorular yöneltilmiştir. Alınan cevaplarla bu bağlamda veriler düzenlenmiş çeşitli analiz birimlerine ayrılarak sentezlenmiş, kriterler belirlenmiş ve çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmada elektrikli araçların çevre üzerindeki etkilerini ortaya koymak ve ülkemizde bulunan elektrikli araç çevresel duyarlılık ve kamu altyapısı çok kriterli karar verme tekniklerinden AHS ile analiz edilmiştir.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## 1. LİTERATÜR TARAMASI

### 1.1. Elektrikli Araçlar

Fosil yakıt kaynaklarının tükenmesi ve bununla birlikte petrol fiyatlarındaki artış; ulaşım alanında mevcut teknolojilerin etkinliğinin artırılması çalışmalarını hızlandırmış ve alternatif enerji kaynaklarına yöneliminde artmasına neden olmuştur (Şenlik 2015). Son yıllarda azalmakta olan petrol kaynakları ve artan fosil yakıt kullanımının yol açtığı hava kirliliği ve küresel ısınma sorunları; araç yakıtı, ısıtma, aydınlatma ve daha birçok alanda fosil yakıtların yerine kullanılacak alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesini gerekli kılmıştır (Aydın, Çakmak, Yıldırım 2018).

İçten yanmalı motorlu araçlardan günümüze kadar farklı teknolojilerle donatılmış araçlar üretilmiştir. Teknolojik olarak sıralandığında içten yanmalı motorlu araçları mikro hibrit, yarı hibrit, daha sonra tam hibrit, Plug-in hibrit elektrikli araçlar (PHEA) ve son olarak tamamı elektrikli araçlar izlemektedir (Nelson 2007).

1835 yılında ilk kez Hollanda'da elektrikli araç (EA) modelini Prof. Stratingh ortaya çıkarmıştır (Sayın, Yüksel 2011). Daha sonra 19. yüzyılın sonlarında Amerikan ve Avrupalı şirketler tarafından üretilip satılmıştır. Yapılan çeşitli incelemelerden (1905), 1900'lü yılların başlarında ABD'de benzinli araç sayısının elektrikli araç sayısından daha az olduğu tespit edilmiştir. Ancak o yıllarda geliştirilen elektrikli araçların menzili uzun olmadığı için üreticilerin akıllarında doğal olarak araçların menzilini artırma fikri oluşmuştur. Bu nedenle elektrikli araç motoru ile benzinli araç motorun birleştirilmesi fikri ortaya çıkmış ve böylece ilk hibrit motor yapısı denenmiştir (Şenlik 2015). Ancak 1920-1960 yıllarında benzin fiyatlarındaki düşüş, marş motorunun Charles Kettering tarafından icadı, Amerika'da yolların iyileştirilmesi ile uzun menzilli araçlara olan ihtiyacın artışı, Henry Ford tarafında içten yanmalı motorlu araçların seri üretimi, araç maliyetlerindeki düşüş vb. nedenler ile elektrikli araçlara olan ilgi azalmıştır. Dünya genelinde tüm bu sebeplerden dolayı İYM (İçten

Yanmalı Motor) araçlara olan ilgi hızla artmıştır (Kerem 2014). 1960 yılında İYM'lerden kaynaklı hava kirliliğini önlemek için elektrikli araçların ne kadar önemli olduğu yeniden gündeme gelmiştir. İngiltere, Fransa ve Amerika gibi ülkelerde petrol krizi yaşanmasıyla birlikte elektrikli araç çalışmaları hız kazanmıştır (DEKTMK 2018).

Fosil yakıtlardan alternatif yakıtlara geçiş, mevcut sistemlerin ve altyapı tesislerinin kısıtlı olması nedeniyle beklenen hızda ilerlememektedir. Bunların sebebi üretim potansiyelleri ve teknikleri, motor uyumluluğu, pazarlama ve dağıtımdır. Örneğin depolama sistemleri ve çevre açısından kirletici emisyonlar yaymayan hidrojenin istenilen saflığının elde edilmesi için pahalı ve zor teknikler gerekmektedir. Tüm bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla uygun alternatif yakıtların ve daha verimli alternatif araçların geliştirilme konusu gündeme gelmiştir. Bu nedenle hibrit elektrikli ve tamamı elektrikli araçlara olan ilgi tekrardan artmaya başlamıştır. Benzinli otomobillerin yoğunluğuyla geçen 30 yılın ardından petrol bağımlılığını ve emisyonu azaltmak için çeşitli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Elektrikli tahrik birçok yönden üstün olsa da pillerin düşük enerji yoğunluğu sebebiyle 1970'lere kadar arka planda kalmıştır. Fakat 1970 yılında yaşanan petrol krizi, petrol fiyatlarının artması ve akaryakıt bağımlılığının artması ile yeni teknoloji arayışlarına gidilmiş, elektrikli araçlar (EA) tekrardan gündeme gelmiştir.

Elektrikli araçlar rejeneratif frenleme sayesinde daha uzun fren ömrüne sahiptir ve kinetik enerjinin geri kazanılmasıyla elektrik motoru jeneratör gibi kullanılır, bu sayede kinetik enerji elektrik enerjisine dönüştürülerek piller beslenir ve şarj edilir. Bakım maliyetleri yakıt maliyetleri de dahil olmak üzere geleneksel araçlara göre çok daha düşük seviyededir. (Ünlü vd. 2003).

### **1.1.1. Elektrikli Araçların Gelişimi**

Elektrikli araçların tarihçesi sanılanın aksine çok eskilere dayanmaktadır. Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bazı mucitlere, elektrikli araçların erken icatları ve geliştirilmesi için kredi verilmiştir. 1828'de Macar Ányos Jedlik, kendi tasarladığı bir elektrik motoruyla çalışan küçük ölçekli bir model araba icat etmiştir. 1835'te Hollanda'nın Groningen kentinden Profesör Stratingh tarafından başka bir küçük ölçekli elektrikli araba tasarlanmış ve asistanı Christopher Becker tarafından

üretilmiştir. 1835'te küçük ölçekli bir elektrikli arabada Thomas Davenport tarafından yapılmıştır. Davenport aynı zamanda ilk Amerikan yapımı doğru akım elektrik motorunun mucididir. 1838'de İskoçyalı Robert Davidson, saatte 4 mil (6.4 km/s) hıza ulaşan bir elektrikli lokomotif üretmiştir. 1832 ve 1839 yılları arasında İskoçyalı Robert Anderson, ham elektrikli bir araba icat etmiştir. Bir araçta elektriği depolamak için uygun bir yol sağlayan şarj edilebilir piller, 1840'lara kadar ortaya çıkmıştır (Chan 2013). 1800'lerin sonunda Amerika'da elektrikli araçlara olan ilgi artmış ve ilk ticari uygulama 1897'de New York taksi filosu olmuştur (Sayın, Yüksel 2011).

Büyük Britanya ve Fransa, 1800'lerin sonlarında, elektrikli araçların yaygın gelişimini destekleyen ilk ülkelerdi. 1899'da "La Jamais Contente" adlı Belçika yapımı bir elektrikli yarış arabası, 68 mil/saat kara hızı için bir dünya rekoru kırmıştır (Bellis 2019). 1882 yılında Siemens, Berlin'de Elektromote adında dünyanın ilk elektrikli trolleybüsünü üretmiştir (Singh 2013). 19. yüzyılın sonlarına doğru Fransa, İngiltere ve Amerika'da birçok firma elektrikli araç üretmeye başlamıştır. Bu üreticilerin en önemlisi, Morris ve Salomon'un sahibi olduğu Electric Carriage and Wagon Company'dir. Morris ve Salomon, 1895'te Electrobats adlı 2 oturma koltuğu olan elektrikli bir araç geliştirmişlerdir. 1897'de İngiltere'deki "London Electrical Cab Company" tarafından 15 taksi kullanıma sunulmuştur (Ünlü vd. 2003). 1901 yılında "New York Taxi" şirketi elektrikli araçları taksi olarak kullanmaya başlamıştır (Larminie, Lowry 2003).

1900'de Fransız Elektrootomobil ve 1903'te Krieger elektrikli benzinli araçlar üretilmiş ve hibrit konfigürasyon modeli ilk kez test edilmiştir. Ferdinand Porsche, bu dönemde ilk deneysel hibrit elektrikli aracı (HEA) tasarlamış ve buna Mixt Wagen adını vermiştir. 1900 ile 1912 arasındaki dönemde performansı ve menzili artırma fikri ortaya çıkmaya başlamıştır (Ünlü vd. 2003). Benzinli araçlarda en büyük dezavantaj vites geçişlerindeki zorluk iken buharlı araçlarda, elektrikli araçlardaki gibi şanzıman olmadığından sıkıntı çıkarmasa da soğuk havalarda ilk çalıştırma 45 dakikayı bulabiliyordu. Böylece elektrikli araçlar daha fazla tercih edilmekteydi (Bellis 2019).

1916 yılında "Woods Motor Araç Şirketi" tarafından HEA üretilmiştir (Ünlü vd. 2003). 1920'lerde Amerikanın, şehirleri birbirine bağlayan daha iyi bir yol sistemine sahip olması nedeniyle daha uzun menzilli araçlara ihtiyaç duyulmaya

başlanmıştır. Teksasta ham petrolünün keşfi ile benzinin fiyatı düşmüş böylece ortalama tüketici için uygun hale gelmiştir. Elektrikli marş motorunun 1912'de Charles Kettering tarafından icat edilmesi el krank ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Henry Ford tarafından içten yanmalı motorlu araçların seri üretimine başlanması, bu araçları 500 ila 1.000 \$ fiyat aralığında yaygın olarak kullanılabilir ve uygun hale getirmiştir. Buna karşılık, daha az verimli üretilen elektrikli araçların fiyatı artmaya devam etmiştir. 1912'de elektrikli bir roadster 1.750 dolara satılırken, benzinli bir araba 650 dolara satılmıştır (Bellis 2019).

Elektrikli araçlar 1935'te neredeyse tamamen ortadan kaybolmuştur. 30 yıl boyunca, elektrikli araçlar, teknolojik olarak çok az ilerleme ile bir tür karanlık çağa girmiştir. Bol, ucuz benzin ve içten yanmalı motorlardaki sürekli iyileştirme, alternatif yakıtlı araçlara olan talebi engellemiştir. 1960'ların sonlarında ve 1970'lerin başlarında hızlı bir şekilde artan petrol fiyatları, benzin kıtlığı ve artan emisyon ABD'yi yabancı petrole olan bağımlılığını azaltmaya ve yerli yakıt kaynakları bulmaya itmiştir. 1990 Temiz Hava Yasası Değişikliği, 1992 Enerji Politikası Yasası artı California Hava Kaynakları Kurulu tarafından yayınlanan yeni ulaşım emisyonları düzenlemelerine geçiş, ABD'nin elektrikli araçlara yeniden ilgi duymasına yardımcı olmuştur. Avrupalı, Amerikalı ve Japon otomobil üreticileri elektrikli ve hibrit araç projelerine çeşitli yatırımlar yapmışlardır (Sayın, Yüksel 2011).

60'ların başında, Boyertown Auto Body Works, İngiltere'den Smith Delivery Vehicles, Ltd. ve Electric Battery Company'nin Exide Bölümüyle birlikte Batronic Truck Company'yi kurmuştur. İlk Batronic elektrikli kamyon 1964'te Potomac Edison Company'ye teslim edilmiştir. Bu kamyon 25 mil hıza, 62 mil menzile ve 2.500 pound yük kapasitesine sahiptir. Batronic, 1973'ten 1983'e kadar, kamu hizmeti endüstrisinde kullanılmak üzere 175 ticari kamyonet üretmek ve pille çalışan araçların yeteneklerini göstermek için General Electric'le birlikte çalışmıştır. Batronic aynı zamanda 1970'lerin ortalarında yaklaşık 20 yolcu otobüsü geliştirmiş ve üretimini yapmıştır (Bellis 2019).

Otomobil firmaları, 1970'lerde Japonya'da örnek model elektrikli araçlar üzerine çalışmalar yapmışlardır. Yapılacak bu çalışmalar için 1971-1976 yılları arasında Japonya hükümeti mali destek sağlamıştır. Çalışmalarla geliştirilen ilk

araçlarda kurşun asit bataryalarıyla birlikte DA sürücü kullanılmış olup, araçlarda 1980'lerden itibaren AA sürücüler kullanılmaya başlanmıştır (Şenlik 2015).

Hükümetler, elektrikli araçların çevre dostu olmalarından dolayı 1980'li yıllarda resmi kaynaklardan ekonomik olarak destek vermeye ve bu araçlara duyulan ilgiyi artırmaya başlamışlardır (Ünlü vd. 2003). Birçok otomobil üreticisi firma, 1970 – 1986 yılları arasında yaşanan petrol savaşlarının sonucunda elektrikli araç üretmeye başlamıştır. İlk olarak 'Think City' adındaki elektrikli araç Ford otomobil firması tarafından 1999 yılında üretilerek piyasaya sunulmuştur. Nissan firması, Ford firmasının bu atağından sonra geliştirdikleri batarya teknolojilerini kullanarak 'Altra Ev' adını verdikleri ve bir batarya ile uzun mesafeler gidebilen hibrit aracı piyasaya sunmuştur. Böylece aynı yıl içerisinde oluşan rekabetin sonucunda Peugeot firması da 'Peugeot 106 Electric' otomobilini geliştirerek üretimini yapmış ve kullanıcılarına sunmuştur. Elektrikli hibrit otomobil çalışmaları bu tarihten sonra tam olarak bir pazar haline gelmiş ve otomobil üreticisi olan şirketler arasında rekabetler yaşanmaya başlamıştır (Enerjibes 2018).

Otomobil üreticilerinin elektrikli araçlar hakkında yaptığı çalışmaların sonucunda 2000'lere yaklaşıırken Toyota firması 'Prius' adını verdikleri ilk seri üretim hibrit aracı geliştirmiştir ve bu araç dünya genelinde kullanılmaya başlanmıştır. Artan benzin fiyatları ve karbon kirliliğiyle ilgili endişelerden dolayı geliştirilen Prius son yıllarda en çok satılan hibrit araç haline gelmiştir. Yapılan araştırmalara göre 2000'li yılların başında geliştirilen hibrit ve elektrikli araç teknolojisi ile dünya genelinde 123.000 hibrit veya elektrikli aracın kullanıldığı belirlenmiştir. Elektrikli araçların bu denli gündeme oturmasında etkili olan diğer bir etken ise Tesla Motors'un o yıllarda tek şarjla 330 km'den fazla yol gidebilecek lüks bir elektrikli otomobil üreteceğini duyurması olmuştur. Tesla Motors 2008 yılında üzerinde çalıştığı Tesla Roadster'ı ilk kez müşterilerine sunmuştur ve bu başarı diğer otomobil firmalarını da teşvik etmiştir. Ardından tamamı elektrikli Nissan LEAF ve hibrit bir otomobil olan Chevy Volt 2010 yılında piyasaya sürülmüştür. İlk zamanlar sadece kiralanan daha sonra ise 2010 yılının sonunda bireysel olarak kullanıcılara satılan Nissan Leaf, geliştirilmiş lityum bataryası sayesinde o yıllardaki araçlara göre daha uzun menzile sahip olduğu için çok tercih edilmiştir ve dünya genelinde büyük satış rakamlarına ulaşmıştır. Elektrikli araçları yaygınlaştırmak için dünyada petrol rezervleri

konusunda önemli bir payı olan Rusya Federasyonu, 2015 yılında önemli bir karar alarak tüm benzin istasyonlarına elektrikli araç şarj cihazlarının takılmasını zorunlu hale getirmiştir. Aynı yıl Çin'de elektrikli ve hibrit araç satışları toplamda 200 bine ulaşmış, Çin'den Türkiye'ye ithal edilen Omnia, Jmstar Cabrio, Fulu ve Yogomo gibi bütçesi düşük elektrikli araçlar Türkiye'deki kullanıcılar tarafından ilgi görmeye başlamıştır (DEKTMK 2018).

2010 yılından sonra elektrikli araç satışları hızlanmış ve sadece binek otomobillerin değil, ticari araçların ve pick-up'ların da daha ekonomik ve çevre dostu olması nedeniyle tüm dünyada hızlı bir yayılım göstererek elektrikli araç üretimine olan talep her geçen gün artmıştır. Bununla birlikte yeni pil teknolojileri geliştirerek araçların güç, enerji ve performansının artırılması ve maliyetin düşürülmesi olumlu yönde elektrikli araçların her geçen gün yaygınlaşmasını tetiklemektedir. Güncel gelişmeler ışığında, kullanıcıların elektrikli araç satın almak istediklerinde daha fazla seçeneğe sahip olmaları, çok eski bir geçmişe sahip olan ancak kalıcı olarak kullanılmayan elektrikli araçların bundan sonra aktif olarak kullanılacağını ve kullanımlarının giderek yaygınlaşacağını göstermektedir (Aydın, Çakmak, Yıldırım 2018).

Elektrikli otomobil endüstrisinin son on yılda kaydettiği dev adımlar, özel hareketliliğin artık geleneksel içten yanmalı motorlu taşıtların (ICEV) egemenliğinde olmayacağı bir gelecek tasavvur etmemize izin vermektedir. Uluslararası ajanslar ve finans şirketleri, mevcut teknolojik gelişme hızı (artan özerklik, şarj süresinin azalması, pil fiyatlarının düşmesi) ve geçici politikaların benimsenmesi göz önüne alındığında, hafif hizmet tipi pilli elektrikli araçların (BEV) ve plug-in hibrit elektrikli araçların (PHEV) pazar payının 2030 yılına kadar Avrupa, ABD ve Çin'de %40'a (EV30@30 senaryosu) yaklaşması (IEA, 2018) ve 2040 yılına kadar küresel olarak %55'e ulaşması beklenmektedir (BNEF 2018).

Bu eğilim genellikle doğası gereği olumlu olarak görülse de elektrikli araçların gerçek sürdürülebilirliği hakkında önemli bir tartışma vardır (Larcher, Tarascon 2015; Needell, McNerney, Chang, Trancik 2016; Tessum, Hill, Marshall 2014; Yang, Xie, Deng, Yuan 2018).

En belirgin endişe enerji üretimiyle ilgili: EA'lar geleneksel fosil kaynaklarının yakılmasından elde edilen enerjiyle çalıştığı sürece, bunların yayılması kirliliğin (yakıtın türüne ve enerji üretim sürecinin verimliliğine bağlı olarak) egzoz borularından bacalara aktarılması anlamına gelecektir (Larcher, Tarascon 2015; Onat, Küçükvar, Tatari 2015; van Vliet, Brouwer, Kuramochi, van den Broek, Faaij 2011). Pillerin yaşam döngüsü, üretimleri önemli çevresel etkilere ve enerji maliyetlerine sahip olabilecek çeşitli metallerin (örneğin lityum, alüminyum, bakır) çıkarılmasını ve işlenmesini gerektirdiğinden (Notter vd. 2010), geri dönüşüm ve bertaraf edilmesi önemli lojistik ve çevresel sorunlara işaret ettiğinden, sorunlu olarak kabul edilir (Richa, Babbitt, Gaustad, Wang 2014). Yine de gelecekte elektrikli araçların tüm enerji talebinin yenilenebilir kaynaklarla (özellikle güneş ve rüzgâr) karşılandığından emin olmak gibi (van Vliet vd. 2011), sağlam politikalarla birleştirilen teknolojik ilerlemenin bu sorunları aşamalı olarak çözmemize yardımcı olacağına dair bir güven vardır (Yang vd. 2018).

Bununla birlikte, önemine rağmen neredeyse hiç bahsedilmeyen başka bir sorun sınıfı daha vardır. Bu da EA'ların arazi kullanımı üzerindeki etkileridir (Ahmadian vd. 2018; Sevtsuk , Davis 2019). EA'lar, tıpkı geleneksel muadilleri gibi, yer kaplar, yer kaplayan altyapılar gerektirir ve noktadan noktaya mobiliteye izin vererek, daha düşük yoğunluklu yerleşimleri tercih eder, bu nedenle geçirimsiz yüzeylerin büyük ölçüde genişlemesine ve genellikle yayılma olarak adlandırılan bir tür oturma düzenine olanak tanır (Burchfield, Overman, Puga, Turner 2006; Glaeser, Kahn 2004).

Gelecekte elektrikli araç kullanımının artmasına neden olacak faktörler aşağıda özetlenmiştir:

- Şehirlerdeki hava kirleticilerinin azaltılması,
- Küresel ölçekte sera gazı oluşumunun ortadan kaldırılması,
- Ulaşımında maliyetlerinin düşürülmesi,
- Fosil yakıt kullanımının azaltılması (Ünlü vd. 2003).

### **1.1.2. Elektrikli Araç Türleri**

Elektrikli araçlar güç takviyesi ve yürütme cihazları dikkate alındığında, üç farklı tipte sınıflandırılabilir: Tam elektrikli araç (PEV), hibrit elektrikli araç (HEV) ve yakıt hücreli elektrikli araç (FCEV) (Chan, Chau 2001; Chau 2010, 2014). Tamamen elektrikli araçlarda sadece elektrik motorları kullanılmaktadır. Bataryaların beslenmesi ve şarj olması için araçta bulunan elektrik motoru jeneratör olarak kullanılmakta ve bataryalar ürettiği elektrik enerjisi ile beslenmektedir (Ertaç 2008). Herhangi bir içten yanmalı motoru yoktur, tam donanımlı bir elektrik motoru ve motorun ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlayabilecek bir batarya ile donatılmıştır ve emisyon oranı sıfırdır (Sayın, Yüksel 2011).

**Tablo 1.** Farklı Elektrikli Araçların Karşılaştırılması

<i>Türler</i>	<i>PEV</i>	<i>HEV</i>	<i>FCEV</i>
Enerji bölümü	Elektrik makinesi	Elektrikli makine, dahili yanmalı motor (ICE)	Elektrikli makine
Enerji kaynakları	Pil, ultrakapasitör	Pil, ultrakapasitör, ICE ünitesi	Yakıt pili
Enerji takviyeleri	Elektrik ve güç sistemi	Elektrik ve güç sistemi, benzin istasyonu	Hidrojen-nide

Tablo 1, farklı EA'ların kısa bir sınıflandırmasını göstermektedir. PEV, yalnızca güç depolama ünitesinden gelen elektrikle beslenirken, PEV'nin yürütülmesi yalnızca bir elektrik motoru tarafından sağlanır. HEV'in sürüş sistemi, elektrik motoru ve içten yanmalı motoru birleştirirken, güç kaynakları hem elektrik hem de benzin veya dizel içermektedir. FCEV bir elektrik motoruyla çalıştırılır ve hidrojen, metanol, etanol veya benzin kullanılarak doğrudan veya dolaylı olarak çalıştırılabilir.

Pilli elektrikli araç (BEV) olarak adlandırılan PEV'de, enerji depolama kapasitesi tamamen pil teknolojisine bağlıdır. PEV'nin sıfır deşarj emisyonu önemli bir avantaj olmalıdır, çünkü elektrik enerjisi yalnızca araca monteli aküden sağlanmaktadır. Öte yandan, PEV'in yerleşik akü teknolojisinin mevcut durumu üzerindeki sınırlamalar, aynı ekonomik ve sürüş gereksinimleri altında ICEV'den daha az çekici olmasını sağlamaktadır. Yüksek güç yoğunluklarında ancak düşük enerji yoğunluklarına sahip piller daha uzun şarj süresine neden olmaktadır, hızlı şarj teknolojilerinde bile tam şarj için bir saatten birkaç saate kadar süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, PEV'nin temel zorlukları sınırlı sürüş menzili, yüksek başlangıç maliyeti ve şarj altyapılarının olmamasıdır (Hannan vd. 2014). Pratik

uygulama için, pilin PEV içindeki boyutu ve konumu da standartlaştırılmalıdır (Chau, Li 2014).

FCEV'ler sıfır yol kenarı emisyonları nedeniyle tercih edilmektedir. Kimyasal fabrikalardan ve yol reformcularından kaynaklanan emisyonları da içeren genel emisyonlar hesaba katıldığında bile, FCEV hala rekabetçi görünmektedir. Yakıt hücresi (FC), ana güç tedarikçisidir ve FCEV için kritik teknoloji, kimyasal reaksiyon yoluyla doğru akım (DC) elektrik enerjisi üreten bir elektrokimyasal cihazdır. FC'de beş ana bileşen vardır: anot, anot katmanı, elektrolit, katot ve katot katalizör katmanı. FC kaynaklarının uygun paralel/seri bağlantısı ile arabayı sürmek için gerekli miktarda güç üretilmektedir. Sürüş menzili açısından ICEV ile karşılaştırılabilir, bu nedenle 200 W'lık küçük ölçekli tesislerden 500 kW'lık küçük enerji santrallerine kadar çok çeşitli FC'lerin uygulanmasıyla sonuçlanmaktadır. Bununla birlikte, yüksek başlangıç maliyeti ve yakıt ikmal istasyonlarının eksikliği, FCEV'in başarısı için hala önemli zorluklar olarak kabul edilmektedir (Rao, Wang 2011). Ayrıca, FC'lerin besleme elektriği sürekliliği, EA'larda kullanılan geleneksel pillerden daha az güvenilirdir.

BEV ve FCEV'nin en önemli avantajı 'sıfır emisyon' ve dolayısıyla azaltılmış hava kirliliğidir. Ancak, BEV ve FCEV'nin 'sıfır emisyonu', tüm işleme sırasındaki emisyonlar göz önüne alındığında mutlak değildir. Ancak "kirliliğe en çok katkıda bulunan kişi olarak neyin kritik olduğu ve nasıl olduğu" pek tartışılmayan konulardır. Örneğin, kirliliğe katkıda bulunanlar, yakıt hücresi ve pil (veya FC'ler için elektrokimyasal tesis) üretilirken kimyasal kirlenmeyi, araç üretimi sırasındaki emisyonları, hurda pil işlemlerinden kaynaklanan kirliliği vb. içermektedir. HEV, ICEV ve BEV özelliklerini birleştirmektedir. HEV'in sürüş güç kaynakları hem benzin/dizel hem de elektrik içermektedir; tahrik motora ve elektrik motoruna dayanmaktadır. Farklı yakıt ikmal veya yeniden doldurma önlemlerine göre, HEV'ler, geleneksel HEV'ler veya şebekeye uyumlu HEV'ler olarak sınıflandırılabilir. Kombinasyonun seviyelerine bağlı olarak, geleneksel HEV üç tipe daha da geliştirilebilir: Mikro, hafif ve tam HEV. Şebekeye uyumlu HEV, takılabilir hibrit elektrikli araç (PHEV) veya menzili uzatılmış elektrikli araç (REV) olabilir (Chau, Li 2014). **Şekil 1**, enerji kaynağına ve yürütme cihazına göre farklı EA kategorilerini göstermektedir.

Benzin/Dizel	ICEV	Motor
	Mikro HEV	
Elektrik	Hafif HEV	Elektrikli Motor
	Tam HEV	
	PHEV	
	REEV	
	BEV	
Enerji	FCEV	Yürütme
	Araç Tipi	

**Şekil 1.** Elektrikli Araçların Sınıflandırılması

HEV'i hem elektrik hem de benzin tahrik ettiğinden, HEV'in sürüş menzili ICEV'inkiyle karşılaştırılabilmektedir. HEV'nin ekonomik pratikliği, mevcut pil teknolojisinin durumu nedeniyle PEV'den daha fazla avantaj sağlıyor gibi görünmektedir. Ancak, HEV'de motor ve benzin ihtiyacı ortadan kaldırılmadığından sıfır emisyon yoktur. Elektrik jeneratörü ve motorun kombinasyonu, üretim sürecinin karmaşıklığını ve başlangıç maliyetini artırmaktadır. Bu nedenle, HEV için zorluklar, aynı zamanda tasarım karmaşıklığını azaltırken optimum bir verimlilik elde etmek için bu iki tahrik cihazını koordine etmeye odaklanmaktadır (Wong 2013). EA'ların genel gelişiminden geçen ve hem ekonomiyi hem de teknolojiyi göz önünde bulunduran HEV, önümüzdeki birkaç on yılda gelişme ve hâkim olma potansiyeline sahiptir.

### 1.1.3. Elektrikli Araçların Genel Değerlendirmesi

Gelişen elektrikli araç teknolojisi, daha fazla mesafe kat etmeyi sağlayacak gelişmiş pillerin ve bu pillerin daha hızlı şarj edilmesini sağlayacak gelişmiş şarj istasyonlarının tasarlanmasını zorunlu kılmıştır (Aydın, Çakmak, Yıldırım 2018).

Çevre dostu alternatif enerji kullanımında öne çıkan elektrikli araçları; tamamı elektrik motorlu araçlar, hibrit elektrikli araçlar (İYM ve elektrik motoru birlikte) ve yakıt hücreli olan (bataryalı ya da bataryasız) araçlar olmak üzere üç başlık altında incelendiği bir önceki bölümde belirtilmiştir. Tamamen elektrikli araçlar, üretilen veya depolanan tüm itici güçleri elektrik olarak kullanmaktadır. Ana güç kaynağına ek olarak bu araçlarda yardımcı güç kaynakları da bulunmaktadır. Özellikle hızlanırken ve yokuş tırmanırken kısa sürelerde yardımcı güç kaynakları yüksek güç sağlamak için gerekmektedir. Yüksek güç yoğunluğu ile hızlanma veya yokuş tırmanma, yüksek

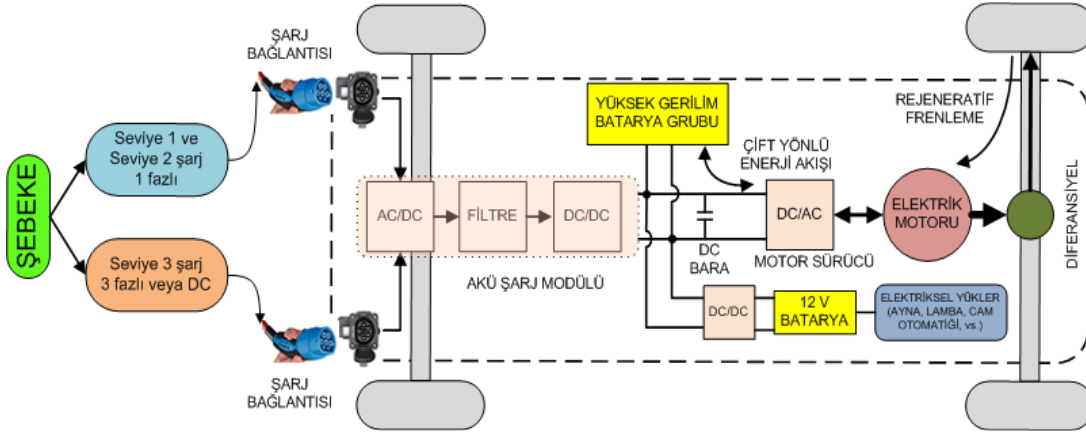
enerji yoğunluğu ise uzun süre sürüş menzili gereksinimlerini sağlayan tasarım parametrelerindedir. Hibrit elektrikli araçlarda da elektrik motoru ile içten yanmalı motorlar birlikte kullanılmaktadır.

Hibrit bir elektrikli araç; enerji depolama ve enerji dönüşüm sistemleri, güç ünitesi ve araç tahrik sistemlerinden oluşmaktadır. Enerjiyi depolamak için ana seçenekler; bataryalar, volanlar ve süper kapasitörlerdir. Enerji depolamak adına kullanılan en yaygın sistem bataryalar olmasına rağmen alternatif enerji depolama alanlarında da araştırmalar devam etmektedir. Araçta kullanılan bataryalar, içten yanmalı motor tarafından üretilen elektrik veya frenleme esnasında geri kazanılan enerji ile şarj edilmektedir. Birincil sürücü olan içten yanmalı motor yüksek hızlı sürüşler için kullanılırken ivmelenme, yokuş tırmanma ve diğer yüksek güç gerektiren durumlarda elektrik motoru kullanılmaktadır. Hibrit elektrikli araçların üstün yönleri uzun menzile sahip olmaları ve şarj özellikleri ile enerji kaynaklarını çeşitlendirmeleridir. Yakıt pilleri, yakıtın ürettiği kimyasal enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürerek geleneksel teknolojilerden çok daha düşük emisyon ve daha yüksek verimlilik üretmektedir. Son yıllarda farklı uygulamalarda kullanılmaya başlanan yakıt pillerinin gelecekte daha da yaygınlaşması beklenmektedir.

Yakıt pilinin özellikleri ve bileşenleri bataryaya kısmen benzese de bazı yönlerden bataryadan farklıdır. Yakıt hücresi bir enerji dönüşüm sistemidir ve bu sistem elektrolara oksitleyici ve yakıt verildiği sürece enerji dönüşüm süreci devam edebilmektedir. Buna örnek olarak, hidrojen yakıtı kullanan araçlarda elektroliz işlemini tersine çeviren bataryalar kullanılmaktadır. Bu tür araçların yakıt hücreleri, oksijen ve hidrojeni suya çevirerek elektrik enerjisi üretmektedir. Çevresel olarak bakıldığında yalnızca su üretir ve toplam oluşan etki kullanılan metanolün ve hidrojenin nasıl üretildiğine bağlı olarak değişmektedir (Şenlik 2015).

Hibrit elektrikli araçlar günümüzde kullanıcılar tarafından daha fazla ilgi görmektedir. Çünkü bu tür araçlarda hem içten yanmalı motor hem de elektrik motoru birlikte bulunmakta, aracın pilinin bittiği durumlarda içten yanmalı motor ile devam edilebilmektedir. Fakat yakıt pilli elektrikli araçlar ise oksijen ve hidrojenin reaksiyonundan yararlanarak enerji üretmekte olup tamamı elektrikli araçların

bataryası gibi uzun süreli şarja ihtiyaç duymadan enerji üretebilmektedir. (Aydın, Çakmak, & Yıldırım, 2018).



Şekil 2. Elektrikli Aracın Yapısı

Büyük araç üreticileri özellikle 1990'lı yıllarda elektrikli araçların batarya ve menzil sınırlamalarını aşmak için hibrit elektrikli araçlar geliştirmeye başlamış ve elektrikli araçların geliştirilmesi için batarya teknolojisinin de geliştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Şenlik 2015).

Elektrik motorunun gerek tamamı elektrikli araçlarda gerekse hibrit elektrikli araçlarda frenleme sırasında jeneratör gibi çalışarak bataryayı şarj ettiğinin önemini belirtmek gerekmektedir. Nikel metal hidrit (NiMH) batarya, yüksek enerji yoğunluğu ve çevresel avantajları nedeniyle elektrikli ve hibrit elektrikli araçlarda en yaygın kullanılan bataryalardan biridir. Bunun en önemli nedeni, NiMH bataryaların düşük çalışma sıcaklıklarında çok az kapasite düşüklüğü göstermesinin yanında kurşun-asit batarya sisteminden daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmasıdır. Li-iyon batarya teknolojisinden önce geliştirilmiş olan NiMH batarya teknolojisi erken dönem hibrit elektrikli araçlarında tercih edilmiştir (Chehab, Serrao, Guezennec, Rizzoni 2006).

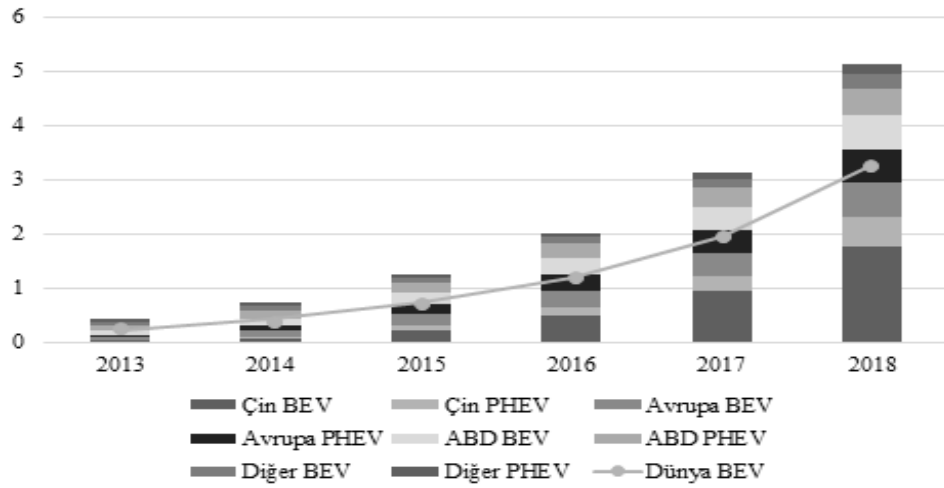
Elektrikli araçlar piyasada satışa sunulduğunda, geleneksel araçlarda olduğu gibi bakım ve onarım için gerekli servis istasyonları bulunmalıdır. Önemli sayıda elektrikli araç piyasaya çıktığında, araç üreticilerinin tüketicinin taleplerini karşılayacak kadar eğitilmiş teknik personele sahip olması ve araçta bir problem olduğunda aracın bakım ve onarımlarının yapılabileceği servislere ihtiyaç

duyulmaktadır (Ünlü vd. 2003). Elektrikli araçların içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla yakıt maliyeti ve bakım maliyeti oldukça azdır (Leitman, Brant 2008).

Elektrikli araç şarj istasyonlarının yapımı, elektrikli araç endüstrisinin tüm yaşam döngüsü boyunca önem taşımaktadır. Bunun yanında, elektrikli araç şarj istasyonları için uygun bir alan ve kapasite sadece ilgili paydaşları değil, aynı zamanda EA endüstrisinin sürdürülebilir gelişimini de teşvik edecektir. Dünyada elektrikli araç kullanım durumu ile ilgili bilgiler çalışmanın bu bölümünde yer almaktadır.

#### 1.1.4. Dünyada Elektrikli Araç Kullanım Durumu

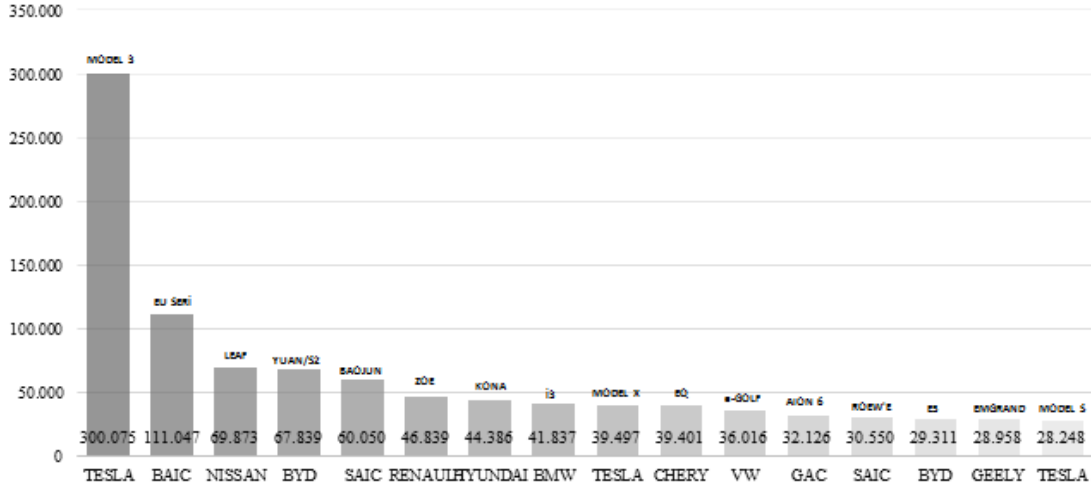
**Tablo 2.** Belirli Ülkelerde Elektrikli Otomobil Dağıtımı, 2013-2018.



**Kaynak:** Global EV Outlook 2019, 2020

Elektrikli otomobil dağıtımı son on yılda hızla büyümekte ve küresel elektrikli binek otomobil stoğu 2018'de bir önceki yıla göre %63 artışla 5 milyonu geçmektedir. Çin'de 2017'de %39 oran ile yoldaki elektrikli otomobiller toplam 2,3 milyon idi, 2018'de bu oran yaklaşık %45'e çıkarılmıştır. Buna karşılık, Avrupa küresel filonun %24'ünü, ABD ise %22'sini oluşturmaktadır.

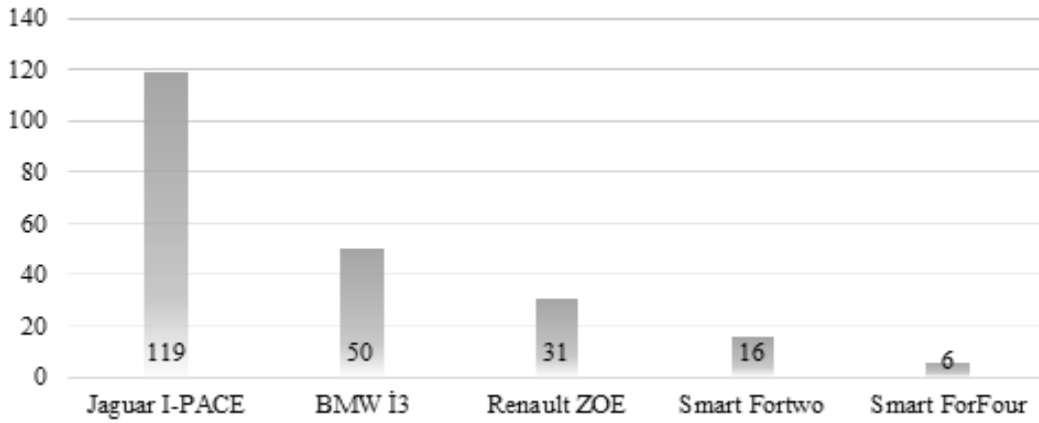
**Tablo 3.** Dünya Elektrikli Otomobil Satış Rakamları (Adet)



**Kaynak:** International Energy Agency,2020.

Son yıllarda dünyanın en çok satan elektrikli otomobili Tesla Model 3 olmakla birlikte Ekim 2019'da dünya genelinde 13.359 adet, yıllık ise 221.274 adet satışa ulaşmıştır. **Tablo 3**'te adet türünden dünya elektrikli otomobil satış rakamları verilmiştir. Türkiye'de henüz satışı bulunmayan Tesla Model 3'ü 111.047 adet ile BAIC EU SERİ takip etmektedir.

**Tablo 4.** Türkiye Elektrikli Araç Satış Miktarı (Adet)



**Kaynak:** International Energy Agency,2020.

Tablo 3'te verilen dünya rakamlarına kıyasla Türkiye'deki elektrikli satış miktarı ve modelleri sınırlı kalmaktadır.

### 1.1.5. Elektrikli Araçların Avantajları ve Dezavantajları

Artan çevre kirliliğinin ve sera gazı emisyonlarının en gözle görülür sonucu olan küresel ısınmaya karşı önlem alınmasının artık kaçınılmaz olması, elektrikli araçlara

yönelmemizin ve hatta bir noktada onlara ihtiyaç duymamızın ana nedenidir (Clarke 2017). Elektrik enerjisiyle çalışan ve sıfır emisyon ile küresel ısınmaya engel olan elektrikli araçlar insanlık adına umut verici bir gelişmedir. Elektrikli araçların emisyonları azaltmada olduğu kadar sessizliğiyle büyük şehirlerde yaşayan insanların devamlı maruz kaldığı gürültü kirliliğini azaltmada da olumlu yönde etkisinin olacağı yadsınamaz bir gerçektir (Civlez, Kasımay 2018). Ayrıca elektrikli araçlarda hareketli eleman sayısı fazla olmadığından yağ değişimine veya ayar yapılmasına gerek olmaması avantajları arasındadır (Şenlik 2015). Elektrikli araç talebindeki artış nedeniyle üretim miktarının artmasına bağlı olarak yedek parça bulunabilirliğinin artması ve maliyetlerin düşmesi ihtimali yüksektir (Özbay, Közkurt, Dalcalı, Tektaş 2020). Öte yandan pillerde kullanılan lityumun doğada sınırlı miktarda bulunan bir element olması ve elektrikli araçların pillerinin belirli bir ömre sahip olması, çevrecilik ve sürdürülebilirlik konularında kafalarda soru işaretlerini artırmaktadır. Fakat pillerin ömrü ve geri dönüşüm teknolojisinin gelişmekte olması bu soruna bir çözüm olarak düşünülebilmektedir (Civlez, Kasımay 2018).

Elektrikli araçlara ilgi günden güne artsa da hala önemli sorunları vardır. Uzun şarj süresi, şarj istasyon altyapısının yetersizliği, ilk alış maliyetlerinin yüksek olması, yetersiz menzil ve bataryalarının ağırlığı EA'ların en önemli problemlerindedir (Birer 2020). Toplam sistemin maliyetini belirlediği için bataryanın ömrü ve gücü elektrikli araç uygulamalarında en önemli birimdir (Bitsche, Gutmann 2004). Yüksek tork ve beygir gücü elektrikli araçlarda inanılmaz başarı sağlasa da uzun süre yüksek performans için elverişli değildir. Örneğin, yüksek bir performansla uzun süre kullanılan elektrikli araçların bataryaları aşırı ısınıp zarar görebildiği için Nürburgring tur rekoru hala benzinli otomobillere aittir. Yarış için üretilmesine rağmen Formule E araçları dahi yakın bir geçmişte 45 dakikalık yarışı tamamlayamadığından yarışın ortasında pilotlar araç değiştirerek ikinci araca geçmişlerdir. Elektrikli araçların pilleri çok ağır olduğu için virajlarda savrulma ve uzun frenleme mesafeleri gibi sorunlara sebep olmaktadır. Buna ek olarak yüksek tork ve ağırlık bir araya geldiğinde aracın lastikleri çok çabuk aşınmaktadır. 15-20 bin km sonra elektrikli araç lastikleri yıpranabilmektedir. Öte yandan elektrikli araçların sayısının her geçen gün artmasıyla birlikte elektrikli şarj istasyonlarında da artış olması gerekmektedir. Araçların hızlı şarj edilebilmesi için iyi bir elektrik altyapısına sahip olmak şarttır. Fakat birçok ülkenin

elektrik altyapısı bunu kaldıracabilecek durumda değildir ve bu hususta yatırımların yapılması zaman alacaktır. Aynı anda birçok aracın şarj edilebileceği hızlı şarj istasyonlarını kurmak için sistemi besleyecek ciddi bir elektrik altyapısının kurulması gerekmektedir (Birer 2020).

Türkiye'de ve yurt dışında elektrikli araçlar için çeşitli teşvikler verilmesine rağmen diğer içten yanmalı motorlu araçlarla aynı hatta bazen daha yüksek fiyatlara satılmaktadır. Ayrıca elektrikli araç sahiplerinin pil ömrüyle ilgili endişeleri de araçların yaygınlaşmasına engel teşkil etmektedir. Özellikle şehirlerarası kullanımda elektrikli araçların menzilinın kısa olması ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Günümüz koşulları düşünüldüğünde şarj süreleri çok uzundur ve şarj istasyonlarının sayısı yetersizdir. Araçta konfor için tercih edilen radyo ve klima gibi aksesuarlar enerjisini aracın bataryasından aldığı için aracın hızlı bir şekilde şarjının bitmesine neden olmaktadır. Ayrıca araç sahibinin yanında şarj ekipmanlarını da taşıması gerekmektedir. Bu sorunlar sebebiyle mevcut lityum iyon pil teknolojisi ile hızlı şarj kavramı ortaya çıkmış ve şarj süresi 30 dakikaya düşürülmüştür (Civlez, Kasımay 2018).

Diğer bir sorun olan pillerin ağırlığı alternatif olarak yeni bir teknoloji olan katı hal pilleri karşımıza çıkmaktadır. Bu piller hacim olarak daha yüksek kapasiteli, daha hafif, daha küçük ve daha ucuzdur. Herhangi bir kaza durumunda mevcut lityum iyon piller çok ciddi yangınlara neden olabilirken, katı hal piller böyle bir durumda sistemi kapatıp ve yangın riskini azaltmaktadır. Katı hal pili olan bir elektrikli araç, tüm soğutma elemanları çıkarılmış durumdayken daha küçük ve daha ucuz bir pil ile daha uzun menzile gidebilmektedir (Vandervell 2017).

## **1.2.Çevresel Duyarlılık ve Yeşil Lojistik**

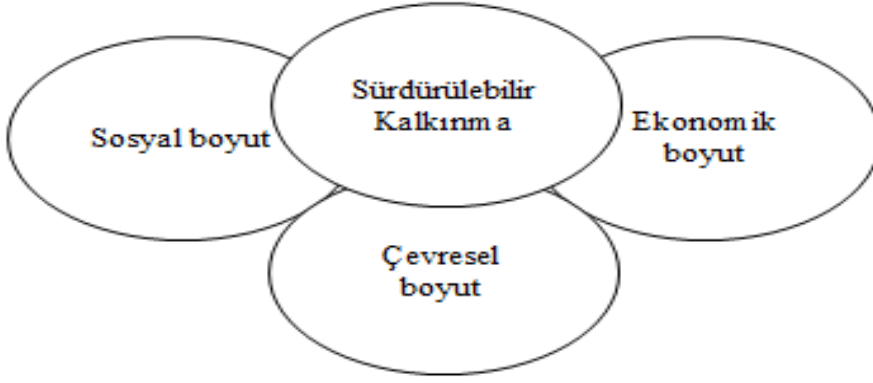
### **1.2.1. Yeşil Lojistik ve Sürdürülebilir Kalkınma Kavramları**

Lojistik, amacı maliyetleri en aza indirmek ve karı en üst düzeye çıkarmak olan eylemler olarak görülmektedir. Bu terim daha çok şirketleri sergileyen iş alanlarında ve finansal raporlarda kullanılmıştır. Fakat, uzun yıllar lojistik terimi, "Yeşil" kelimesi eklenerek "Yeşil Lojistik" ile kullanılmıştır. Çevre ve toplum maliyetlerini içeren terim, henüz finansal raporlar üzerinde yer almamıştır.

Yeşil ekonomi, insan ve ekosistem hizmetlerinin sürekliliği için yenilenebilir enerji, dönüştürülebilir atık, finansal süreklilik ve eko-inovasyon içeren ekonomik faaliyetler ve sistemler olarak tanımlanabilir (Allen, Clouth 2012). Azaltma amacıyla geliştirilen sürecin yönetimine yeşil lojistik adı verilmektedir (Bolat, Bayraktar, Öztürk, Turan 2011). Tüketicilerin çevreye olan duyarlılığından dolayı işletmeler kendilerini yenilenme ve yeşil olma yönünde diğer firmalarla rekabet içinde bulmuştur (Karaca 2013). Çevresel konularda rekabet avantajı elde etmek isteyen şirketler birleşme yoluna gitmişlerdir (Tiwari, Tripathi, Srivastava, Yadav 2011). Yeşil bina olarak inşa edilen depolar, su ve elektrik gibi maliyetlerden önemli ölçüde tasarruf etme imkânı sağlamakta ve atıkların değerlendirilmesinde etkili olabilmektedir. Enerji kullanımı ile ilgili yapılmış güneş enerjisi projeleri de bulunmaktadır (Taha, Tokur, Gülbahar 2016).

Rodrigue ve diğerleri (2012)'ne göre “yeşil lojistik” terimi, nakliye, paketleme, malzeme taşıma ve atık yönetimine odaklanan, yük dağıtımının enerji ve çevresel ayak izini azaltan tedarik zinciri yönetimi stratejileri ve uygulamaları olarak tanımlanırken, Mesjasz-Lech'e (2011) göre, yeşil lojistik, amacı müşteri talebini karşılamak veya aşmak olan menşe noktası ile tüketim noktası arasındaki ürün ve bilgilerin ileri ve geri akışının eko-verimli yönetimi ile ilgili tüm faaliyetlerdir.

Lee ve Klassen (2008) yeşil lojistiği, çevresel sorunları dikkate alan, müşterilerin ve tedarikçilerin çevresel performansını değiştirmek için tedarik zinciri yönetimine entegre eden bir organizasyon faaliyeti olarak tanımlarken, Sibih & Eglese (2009), yeşil lojistiği Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi olarak tanımlamaktadır. Yeşil lojistik faaliyetleri arasında farklı dağıtım stratejilerinin çevresel etkisinin ölçülmesi, lojistik faaliyetlerde atıkların azaltılması ve arıtımının yönetilmesi, enerji kullanımının azaltılması, yer almaktadır. Sürdürülebilir kalkınma açısından yeşil lojistik, “çevresel ve sosyal faktörleri göz önünde bulundurarak, ürünlerin sürdürülebilir bir şekilde üretilmesi ve dağıtılması” olarak tanımlanabilir (Sibih, Eglese 2009).



**Şekil 3.** Sürdürülebilir Kalkınmanın Üç Temel Boyutu

Sürdürülebilir Kalkınmanın üç temel boyutu yeşil lojistiğe uygulanabilir (Şekil 3). Daha önce yeşil lojistik tanımlarında da belirtildiği gibi, geçmişte şirketler, yük taşımacılığı, depolama, paketlenme, malzeme taşıma ve veri toplama ve yönetimini içeren lojistik faaliyetlerini, sadece parasal terimlere atıfta bulunan minimum maliyetle müşteri gereksinimlerini karşılamak için koordine ediyorlardı (Nowakowska-Grunt 2008). Şimdi, çevre bir endişe haline geldiği için maliyet faktörü olarak kabul edilmektedir. Bazı şirketler, özellikle iklim değişikliği, kirlilik ve gürültü gibi çevresel sorunlarla ilişkili lojistik dış maliyetlerini zaten hesaba katmışlardır. Bu nedenle yeşil lojistik, bu dış faktörleri azaltma ve çevresel, ekonomik ve sosyal hedefler arasında daha sürdürülebilir bir denge sağlama yollarını inceleme çabaları olarak tanımlanır (Şekil 3). “Yeşil” lojistik alanındaki tüm çabalar bu nedenle sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkıda bulunmaya odaklanmıştır (Hans 2011). Şirketleri lojistik hizmetlerini yeşillendirmeye zorlayan temel olarak iki neden vardır. Bunlardan birincisi pazarlama talebi, ikincisi çevre endişesidir. Son günlerde tüketicilerin çoğu satın almak için yeşil ürünleri tercih etmektedir. Hatta zincirdeki her türlü faaliyete karşı çok bilinçlidir ve bu gezegenin daha uzun bir yaşam sürdürebilmek adına daha güvenli hale gelmesi için yeşil olmasını istemektedir. Alan McKinnon (2010) tarafından yeşil lojistik için temel itici güçlerle ilgili yapılan bir araştırma, yeşil lojistiğin şirketler tarafından benimsenmesinde alternatif ağ geliştirmenin en önemli faktörken iyi ilişkileri yönetmenin en önemli faktör olduğunu bulmuştur. Bu nedenle, şirketlerin lojistik yönetimi yoluyla yeşil imajlarını geliştirmelerinin temel amacı, çevreye yardımcı olmak değil, sadece halkla ilişkilerini geliştirmektir. Genellikle

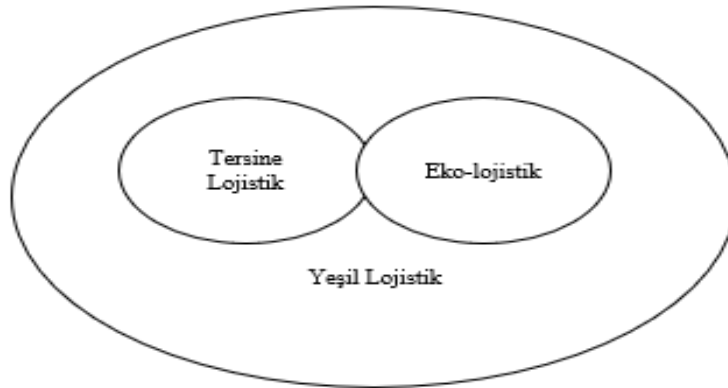
şirketler, yeşil mesajlaşma konusunda itibar ve marka koruması için kolay bir yol izlerler (Alan McKinnon 2010).

### 1.2.2. Yeşil Lojistiğin Önemi

Sosyal, çevresel ve ekonomik faydalar elde etmek amacıyla işletmeler tedarik zincirlerinde bir dizi yeşil uygulamalar gerçekleştirmektedir. Bununla birlikte yeşil uygulamalar, zayıf çevre yasaları ve düzenlemeleri açısından müşteri bilinci ve yönetim desteklerinin eksikliği nedeniyle sistemlere genellikle büyük maliyetler katmaktadır (Khan vd. 2016; Halkos, Skouloudis 2018).

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesi sırasında, tedarik zinciri üyeleri önemli ve farklı roller oynamaktadır. Bunlar arasında toplum aktivistleri, hükümet düzenleyicileri, uluslararası rakipler ve sivil toplum örgütleri bulunmaktadır. Bunların tümü, firmaların çevresel sürdürülebilirliğini korumak için belirli bir düzeyde taahhüt altına girmeyi tetikleyen faktörlerdir (Hassini vd. 2012).

"Yeşil" lojistik, lojistik süreçlerin doğru bir şekilde yürütülmesini sağlarken doğal çevre üzerindeki her türlü olumsuz etkilerini de en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Yeşil lojistik, hem "yeşil" lojistik faaliyeti hem de yeşil lojistik yönetimi, standardizasyonu ve kontrolüne yardımcı olan sosyal faaliyetleri içeren çok seviyeli bir kavramdır (Zheng, Zhang 2010). Yeşil lojistik ve ekolojistik genellikle özdeş kavramlar olarak görülmesine rağmen, yeşil lojistik kavramının ekolojistiğinkinden biraz daha geniş olduğu ve tersine lojistikle karşılaştırıldığında çok daha geniş olduğu görülmektedir. Her üç kavram da birbiriyle yakından ilişkilidir ve döngüsel ekonomide kullanılmaktadır (Şekil 4).



**Şekil 4.** Tersine Lojistik, Ekolojistik ve Yeşil Lojistik Arasındaki İlişki

1.2.1. bölümde bahsedilen yeşil lojistik tanımlarının bu kavramın sadece doğal kaynakların korunmasına hizmet etmediğini, aynı zamanda doğal kaynaklar ve ürünler ile tüketiciler arasında bir köprü oluşturduğunu ve ekonomi sistemindeki döngüyü kapatmak için bir araç olduğunu da ortaya koymaktadır. Bu nedenle yeşil lojistik, döngüsel ekonomideki ekonomik döngünün verimliliğini belirleyecektir. Şirketler tarafından döngüsel ekonomi konseptinin gerçekleştirilmesindeki önemli yeşil lojistik faaliyetler arasında aşağıdaki çevre dostu faaliyetler yer almaktadır:

- Yeşil ambalaj
- Yeşil ulaşım
- Depolama
- İşlem akışı

Yukarıda belirtilen faaliyetler tersine lojistik ve atık lojistiği ile desteklenmektedir. Endüstrinin üretim faaliyetinin bir parçası olan malzeme akışı ve şirketlerin endüstriyel sistemlerindeki buna bağlı enerji akışı döngüsel ekonomi sisteminin etkinliği için kilit öneme sahiptir. Döngüsel ekonomi ve endüstriyel ekolojinin ayrılmaz bir gereği, şirketler arasında malzemelerin verimli akışını ve geri dönüşümünü sağlamaktır. Amaç, ürünlerin tesliminde yer alan şirketlerin üretim sistemlerindeki lojistik süreçlerini kolaylaştırmak, üretim lojistiğini rasyonelleştirmek ve döngüsel ekonomi sistemine katılan şirketlerin tedarik zincirlerini verimli bir şekilde yönetmektir. Bununla birlikte, döngüsel ekonomi sistemi ve buna katılan şirketler, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenecektir:

- Siyasi ve yasal faktörler
- Pazar faktörleri
- Kültürel ve sosyal faktörler
- Teknik ve teknolojik faktörler
- Doğal faktörler

Yukarıdaki faktörlerin, atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüşümü konusunda ticari kuruluşları desteklemesi arzu edilmektedir. Ancak tüketildikten sonra ekonomik sistemde yeniden değerli bir malzeme haline gelebilecek olan firmaların ürünleri tercih edilmekte ve çevre dostu olarak kabul edilmektedir. Mineral kökenli

malzemeler ve organik kaynaklar genellikle üretim sistemlerine geri dönüştürülmüş malzemeler olarak geri döner (Seroka-Stolka, Ociepa-Kubicka 2019).

### **1.2.3. Karbon Emisyonu**

Çevreye duyarlı bakış açısının her geçen gün yaygınlaşması ve daha geniş kitleler tarafından sesinin duyulmasının yanı sıra fosil yakıtların azalması ve küresel ısınma gibi insanların hayatını ciddi şekilde etkileyecek faktörler, yeni teknolojik arayışlarda elektrikli araçların en büyük destekçileri haline gelmiştir.

Her geçen yıl trafikte kullanılan araç sayısında ve bu araçlardan kaynaklı zararlı gazlardaki artış ve bununla birlikte küresel ısınma, otomobil şirketlerini ve yetkilileri fabrikadan çıkan gaz salınımlarını azaltma, elektrikli araçlar geliştirme gibi hava kirliliğinde azalmayı sağlayacak sıfır emisyonlu ve fosil yakıtlara göre daha ucuz ulaşım sağlayacak önlemler almaya yöneltmiştir (Aydın, Çakmak, Yıldırım 2018).

Emisyonlar, bölgesel ve hatta küresel ölçekte çevreye büyük zararlar vermektedir. Benzin, dizel veya diğer yanıcı yakıtlar tamamı elektrikli araçlarda kullanılmaz, çünkü elektrik üretimi için gereken enerji yakıtın yanmasından değil, enerji depolama sistemine sahip bataryalardan elde edilmektedir. Bu sebeple tamamı elektrikli araçlarda yakıt tüketilmediğinden emisyon salınmaz ve bu araçlara "sıfır emisyonlu araçlar" denmektedir (Leitman, Brant 2008). Araçtaki bataryaların şarj edilmesi için gerekli olan elektrik üretiminde az miktarda emisyon olmasına rağmen, tamamı elektrikli araçlarda tüm yakıt döngüsü boyunca konvansiyonel araçlara göre daha az toksik ve ozon tabakasına daha az zarar veren emisyonların salındığı görülmektedir (Ünlü vd. 2003).

Elektrikli araçlar CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmanın yanında büyük şehirlerde yaşayanların maruz kaldığı gürültü kirliliğini de büyük ölçüde azaltmakta; temizliği, sessizliği ve kullanım kolaylığı nedeniyle özellikle tercih edilmektedir (Sayın, Yüksel 2011).

Trafikteki emisyonlardan kaynaklanan karbon monoksit ve azot oksit oranları büyük şehirlerin çoğunda istenilen standartların üzerindedir. Amerika ve Almanya'da yapılan araştırmalar, havadaki küçük partiküllerin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğunu göstermiştir. Tüm İYM türleri (benzinli, LPG'li, dizel vb.) yüksek

miktarda partikül salmaktadır. Özellikle LPG'li veya benzinli motorlara göre dizel motorların daha fazla partikül saldığı gözlemlenmiştir. Atmosferdeki kirletici emisyonların ve karbondioksit gazı miktarının artan araç sayısı nedeniyle hızla artması, dolayısıyla sera etkisi ve iklim değişikliği sorunları kullanılabilir farklı yakıt seçeneklerini gündeme getirmiştir (Ünlü vd. 2003).

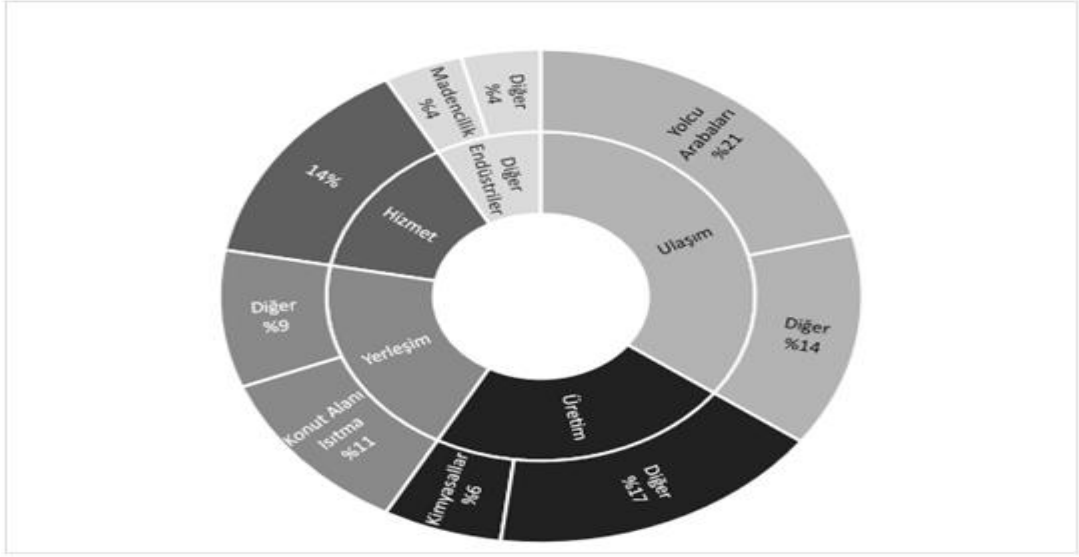
Son yıllarda araçların mevcut fosil yakıt tüketimini ve dolayısıyla araçlardan kaynaklanan zararlı gaz emisyonlarını azaltmak için elektrikli araç teknolojisinin geliştirilmesi ve elektrikli araçların yaygın olarak kullanılması politikası birçok ülkede aktif bir şekilde uygulanmaktadır (Aydın, Çakmak, Yıldırım 2018).

27 AB üye ülkesinin AB'yi 2050 yılına kadar iklim açısından nötr ilk kıtaya dönüştürmeyi hedeflediği Avrupa Yeşil Anlaşması olarak bilinen mutabakatta, aynı zamanda emisyonları 2030 yılına kadar 1990 seviyelerine kıyasla en az %55 oranında azaltmak da hedeflenmektedir (Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021).

#### **1.2.4. Yeşil Lojistiğin Çevresel Duyarlılığı**

Lojistik, 90'lı yıllarda şirketlerin büyüme hedeflerine yön veren en önemli unsurlardan biri olmuştur. Ancak lojistik artık karar verme süreçlerinde önemli bir yere sahiptir. 1990'lar bazı firmalar tarafından "Çevreciliğin On Yılı" olarak tanımlanmıştır. Çevre sorunlarının sosyal sorunlarla karşılaştırıldığında ön planda olduğu anlaşılmıştır. Lojistik maliyetleri her geçen gün artmakta ve şirket yönetenleri, şirket çıkarlarının daha önemli olduğunu düşünerek, lojistik kararlarının "çevre dostu" olmasına özen göstermektedirler (Türker 2020).

Karayolu taşımacılığının hakimiyeti ile ilgili bir diğer sorun da sektörün kullandığı toplam birincil enerjiyi artıran teknolojinin enerji verimliliğinin düşük olmasıdır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın enerji istatistiklerine göre 2019 yılında ulaştırma sektörü toplam küresel nihai enerjinin %35'ini tüketmiştir (IEA,2019). Ulaştırma sektörünün toplam nihai enerjinin %31,4'ünü tükettiği ve karayolu taşımacılığının ulaştırma sektörünün toplam nihai enerji tüketiminin %81'ini oluşturduğu Avrupa gibi gelişmiş bölgelerde taşımacılığın payı biraz daha yüksektir ((European Commission 2009).



**Şekil 5.** Uluslararası Enerji Ajansı'nın Enerji İstatistikleri

Türkiye'de ulaştırma sektörü toplam nihai enerjinin %23,7'sini tüketirken, ulaştırma enerjisinin %94'ü karayolu taşımacılığı tarafından tüketilmiştir (ETKB 2020). ICE daha yüksek teorik verime ulaşabilse de geleneksel bir motorun ortalama enerji verimliliği benzinli motorlar için yaklaşık %18 ve dizel motorlu motorlar için yaklaşık %22'dir (EEA 2009). Konvansiyonel otomobillerin diğer bölümlerindeki sürtünme, ısı ve gürültü kayıpları dikkate alındığında, konvansiyonel araçların kuyudan tekerleğe verimliliği %12-15'e düşmektedir (Hacker vd. 2009). Bu, ham petrolde depolanan enerjinin %94'ünün karayolu taşımacılığı sektörünün enerji tedarik zinciri sırasında ısı, gürültü ve diğer yan ürünler olarak israf edildiği anlamına gelmektedir. Uzmanların kanıtlanmış rezervlerin ancak 50 yıl civarında petrol sağlayabileceğini söylediği günümüz dünyasında, böylesine verimsiz bir teknolojinin daha verimli alternatiflerle değiştirilmesi gerekmektedir.

### 1.3. Türkiye'deki Elektrikli Araç Durumu

#### 1.3.1. Türkiye'de Elektrikli Araçların Gelişimi

Elektrikli araç endüstrisi gelişmekte olan endüstrilerden biri olarak, çevrenin ve kaynakların korunmasında büyük öneme sahiptir. Çalışmada, enerji ve çevre arasındaki ilişkiye dayanarak otomobil endüstrisini geliştirme ve yeni ekonomik büyüme hızını artırmaya katkı sağlamak hedeflenmektedir. Elektrikli araçlar sıfır

emisyona yeni enerji ürünleridir, şarj istasyonları ise elektrikli aracın gelişimi için temel gereksinimdir. Şarj istasyonlarının uygun konumu, maliyete katlanan bireylerin ilgi odağı olacaktır. Bu nedenle, elektrikli araç şarj istasyonlarının yeri, enerji potansiyelinin ortaya çıkarılması ve yatırım açısından gelir seviyesi üzerinde doğrudan bir etki yaratacaktır.

Eurostat'a göre, Türkiye'deki elektrikli araçların sayısı 2019'da 1.176 iken bu sayıya TEHAD'ın (Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneği) 2020 ve 2021'de satılan araçlara ilişkin verileri de eklendiğinde, Türkiye'de 2021 itibarıyla 4.869 adet elektrikli araç bulunmaktadır.

**Tablo 5.** Trafikte Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı, 2004- 2020

Yıl	Toplam	Benzin	(%)	Dizel	(%)	LPG	(%)	Elektrikli-		Bilinmeyen	
								Hibrit (2)	(%)	(3)	(%)
2004	5 400 440	4 062 486	75,2	252 629	4,7	793 081	14,7	-	-	292 244	5,4
2005	5 772 745	3 883 101	67,3	394 617	6,8	1 259 327	21,8	-	-	235 700	4,1
2006	6 140 992	3 838 598	62,5	583 794	9,5	1 522 790	24,8	-	-	195 810	3,2
2007	6 472 156	3 714 973	57,4	763 946	11,8	1 826 126	28,2	-	-	167 111	2,6
2008	6 796 629	3 531 763	52,0	947 727	13,9	2 214 661	32,6	-	-	102 478	1,5
2009	7 093 964	3 373 875	47,6	1 111 822	15,7	2 525 449	35,6	-	-	82 818	1,2
2010	7 544 871	3 191 964	42,3	1 381 631	18,3	2 900 034	38,4	-	-	71 242	0,9
2011	8 113 111	3 036 129	37,4	1 756 034	21,6	3 259 288	40,2	47	0,0	61 613	0,8
2012	8 648 875	2 929 216	33,9	2 101 206	24,3	3 569 143	41,3	228	0,0	49 082	0,6
2013	9 283 923	2 888 610	31,1	2 497 209	26,9	3 852 336	41,5	436	0,0	45 332	0,5
2014	9 857 915	2 855 078	29,0	2 882 885	29,2	4 076 730	41,4	525	0,0	42 697	0,4
2015	10 589 337	2 927 720	27,6	3 345 951	31,6	4 272 044	40,3	889	0,0	42 733	0,4
2016	11 317 998	3 031 744	26,8	3 803 772	33,6	4 439 631	39,2	1 160	0,0	41 691	0,4
2017	12 035 978	3 120 407	25,9	4 256 305	35,4	4 616 842	38,4	1 685	0,0	40 739	0,3
2018	12 398 190	3 089 626	24,9	4 568 665	36,8	4 695 717	37,9	5 367	0,0	38 815	0,3
2019	12 503 049	3 020 017	24,2	4 769 714	38,1	4 661 707	37,3	15 053	0,1	36 558	0,3
2020(1)	12 598 885	3 041 995	24,1	4 813 165	38,2	4 689 549	37,2	17 749	0,1	36 427	0,3

**Kaynak:** TÜİK, Ulaştırma İstatistikleri, 2020.

\*Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

(1) Veriler şubat ayı sonu itibarıyla.

(2) Elektrikli, benzin-elektrik ve dizel-elektrik otomobilleri kapsamaktadır.

(3) Yakıt türü bilinmeyenler, ruhsat işlemlerinde yakıt türü boş bırakılan veya sehven hatalı veri girişi yapılan otomobilleri kapsamaktadır.

- Bilgi yoktur.

Türkiye’de 2011 yılına kadar elektrikli ve hibrit araçlar “yakıt türü bilinmeyen” kategorisinde yer almaktaydı, 2011 yılından itibaren oranların artması ile ayrı kategorize edilmeye başlanmıştır. Yakıt cinsine göre toplam trafiğe kayıtlı araçlar içerisinde 0,1 (**Tablo 5**) orana sahip olan elektrikli-hibrit araçlar günümüzde artan oranla devam etmektedir.

**Tablo 6.** Türkiye 2019-2020 Motor Hacmine Göre Otomobil Satışları

Motor Hacmi	Motor Cinsi	2019' Mart Sonu		2020' Mart Sonu		Değişim	ÖTV %	KDV %
		Adet	Pay	Adet	Pay			
≤1600cc	B/D	64.921	94,35%	94.224	94,57%	45,1%	45, 50, 60	18
1601cc-≤2000cc	B/D	1.789	2,60%	1.638	1,64%	-8,4%	100, 110	
≥2001cc	B/D	225	0,33%	158	0,16%	-29,8%	160	
≤85 kW	ELEKTRİK	16	0,02%	64	0,06%	300,0%	3	
86kW-≤120kW	ELEKTRİK	0	0,00%	0	0,00%		7	
≥121kW	ELEKTRİK	27	0,04%	43	0,04%	59,3%	15	
≤1600cc	HİBRİT	42	0,06%	39	0,04%	-7,1%	45, 50, 60	
1601cc-≤1800cc (<=50KW)	HİBRİT	0	0,00%	0	0,00%		110	
1601cc-≤1800cc (>50KW)	HİBRİT	1.731	2,52%	2.950	2,96%	70,4%	45, 50, 60	
1801cc-≤2000cc	HİBRİT	30	0,04%	420	0,42%	1300,0%	110	
2001cc-≤2500cc (<=100KW)	HİBRİT	0	0,00%	82	0,08%		160	
2001cc-≤2500cc (>100KW)	HİBRİT	30	0,04%	11	0,01%	-63,3%	110	
>2500cc	HİBRİT	1	0,00%	1	0,00%	0,0%	160	
<b>Toplam</b>		<b>68.812</b>	<b>100,00%</b>	<b>99.630</b>	<b>100,00%</b>	<b>44,8%</b>	<b>Vergi Oranları</b>	

**Kaynak:** TÜİK, Motorlu Kara Taşıtları , 2020.

**Tablo 7.** Türkiye 2019-2020 Motor Tipine Göre Otomobil Satışları

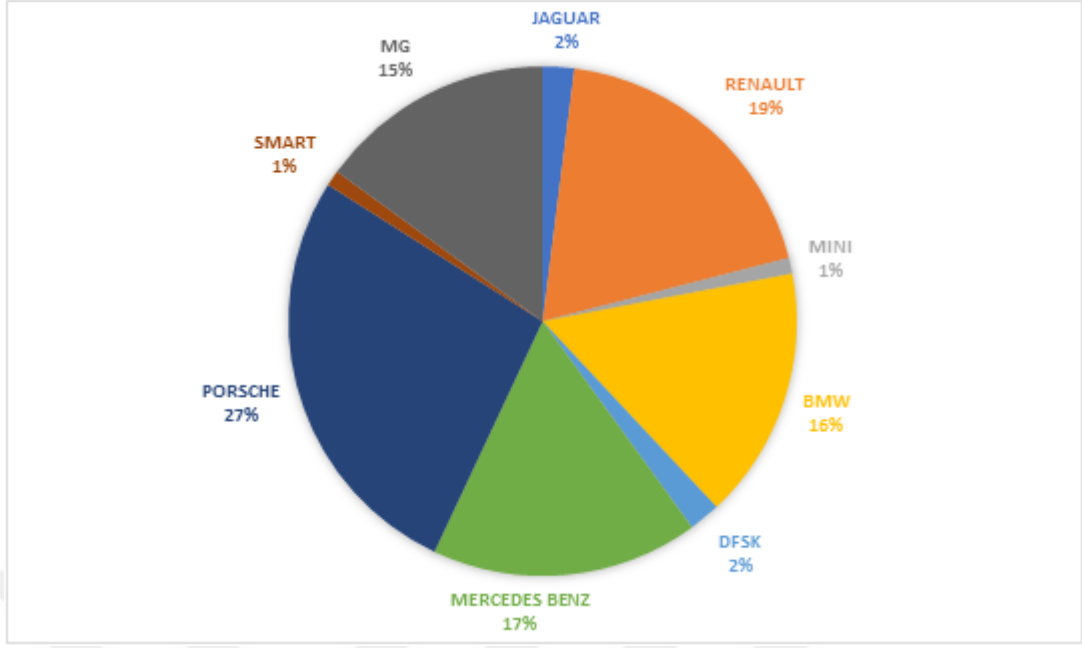
Motor Tipi	2019' Mart Sonu		2020' Mart Sonu		Değişim
	Adet	Pay	Adet	Pay	
Benzin	27.227	39,57%	46.381	46,55%	70,35%
Dizel	37.384	54,33%	44.694	44,86%	19,55%
Otogaz	2.324	3,38%	4.945	4,96%	112,78%
Hibrit	1.834	2,67%	3.503	3,52%	91,00%
Elektrik	43	0,06%	107	0,11%	148,84%
<b>Toplam</b>	<b>68.812</b>	<b>100,00%</b>	<b>99.630</b>	<b>100,00%</b>	<b>44,79%</b>

**Kaynak:** TÜİK, Motorlu Kara Taşıtları , 2020.

2020 yıl mart ayı sonunda motor tipine göre otomobil satışları incelendiğinde %46,55 pay (46.381 adet) ile birinci sırada benzinli otomobil satışları yer alırken,

%44,86 pay (44.694 adet) ile ikinci sırada dizel otomobil satışları, ardından %4,96 pay ile üçüncü sırada otogazlı, %3,52 pay ile dördüncü sırada hibrit ve 0,11 pay ile beşinci sırada elektrikli otomobiller yer almaktadır (Tablo 7).

Bu alandaki ilk çalışmalar; bir proje kapsamında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) ve ülkemizdeki ilk otomobil fabrikasının 2002 yılındaki iş birliği ile konvansiyonel hafif ticari aracın elektrikli hibrit olarak tahrik sisteminin geliştirilmesini içermektedir. Türkiye'nin ilk lityum iyon akülü otomobilini hayata geçirmek için çalışan TÜBİTAK MAM'da elektrikli ve hibrit araç sistemleri ile ilgili projeler sonuçlandırılmıştır. Ülkemizde elektrikli otomobil ve çevre ekipmanlarının geliştirilmesine yönelik araştırmalar çeşitli üniversitelerde gerek bağımsız projeler olarak gerekse sanayi-üniversite iş birliğinde yürütülmektedir. Elektrikli araç üretimi ve satışı konusunda faaliyet gösteren Türkiye'deki ilk otomobil fabrikalarından biri 2011 yılının sonlarına doğru elektrikli araçların ihracatına başlamıştır. Aracın elektrik motoru senkron tip motor olup; yavaşlama anında enerji geri kazanım sistemi, lityum iyon pillerin şarj edilmesini ve aracın şehir içinde daha da ekonomik olmasını sağlamaktadır. Ev tipi şarj cihazı ile 6-8 saatte şarj olabilen ve 185 kilometre yol kat edebilen araç, 2012 yılında yurt içinde satışa sunulmuştur. Türkiye'de 2012 yılının son aylarında ise farklı bir otomobil firması lityum iyon pil ile 150 hp güç üretebilen bir elektrikli araç kullanıma sürmüştür. Ayrıca Türkiye'de satışa sunulan diğer elektrikli araç, 8 saatte şarj olabilen lityum iyon pil ile her şarj başına 160 km yol kat edebilmektedir (Şenlik 2015).



**Şekil 6.** 2021(İlk 6 Ay) Satılan Elektrikli Araçlar

2021 yılının ilk 6 ayında Türkiye pazarında satılan hibrit ve tam elektrikli araç sayısı 2020'nin tamamında satılandan daha fazla sayıya ulaşmıştır. 2021 yılının ilk 6 ayında 894 adet elektrikli araç satılırken 2020 yılının ilk 6 ayında 173 adet satış gerçekleşmiştir. 2020'nin ilk 6 ayında 4.698 adet satılan hibrid araçlar, 2021 yılının ilk 6 ayında 11.851 adete ulaşmıştır (TEHAD 2021).

Türkiye’de yerli bir otomobil markası bulunmadığından otomobil üretimi yapılan fabrikalarda yabancı ortaklar ile elektrikli otomobil tasarımları yapılmış, prototipleri üretilmiştir. Öncesinde; güneş enerjisi ile çalışan ve nerdeyse her üniversitenin yapabildiği kısa menzilli elektrikli araçlar ve deniz araçları üretilmeye başlanmıştır. Güneş enerjisi ile çalışan ilk araç ODTÜ’de 2003 yılında yapılmıştır. Daha sonrasında diğer üniversitelere de yayılan elektrikli araç üretimi; İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından ciddi bir üniversite desteği almış, güneş enerjisi ile çalışan ve her defasında bir öncekinden daha uzun menzilli olan araç üretilmiştir. Binek otomobil olarak Bursa Renault fabrikasında 2011 yılında geliştirilip üretilmiş elektrikli “Fluance” modeli İspanya ve Avrupa’ya gönderilmiş, uzun süre test edilmiştir. Sonrasında Ford “Focus” markası ile Koç grubunun fabrikalarında geliştirdiği elektrikli otomobiller üretilmiş, fakat altyapısının gelişmemesi sebebiyle seri üretime geçilememiştir. Benzer şekilde elektrikli araç üretimi yapan Toyota firması da altyapı

sorunu sebebiyle seri üretime geçmemiştir. Günümüzde geliştirilen altyapı ile Avrupa kıtası başta olmak üzere dünya genelinde elektrik istasyonları kurulmuş ve elektrikli araçlar etkin olarak kullanılmaya başlanmıştır (Enerjibes 2018).

Günümüzde daha uzun mesafeler kat edebilen ve daha kısa sürede şarj edilebilen araç tasarımı konusunda birçok çalışma yapılmakta ve çalışmalar etkin bir şekilde devam etmektedir. Türkiye'de son yıllarda araçlar için verimli akü ve şarj istasyonlarının geliştirilmesi konusunda farklı çalışmalar yapılmakta ve pazar payının büyüklüğü nedeniyle bu konuya ilgi her geçen gün artmaktadır. Elektrikli araçların dünyada ve ülkemizde yaygınlaşmasıyla birlikte, trafikte hızlı şarj sağlayabilecek kolay erişilebilir şarj istasyonları bulma sorunu yanında gidilebilir mesafe (etkin menzil) ve hızlı şarj sorunu ortaya çıkmıştır. Ne yazık ki ülkemizdeki şehirlerde bu sorun her geçen gün büyümektedir. Özellikle bu şarj istasyonlarına ulaşımın zorluğu ve istasyonların şehrin bazı bölgelerine uzak olması çözülmesi elzem olan önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır (Aydın, Çakmak, Yıldırım 2018).

### **1.3.2. Türkiye'deki Şarj İstasyonları**

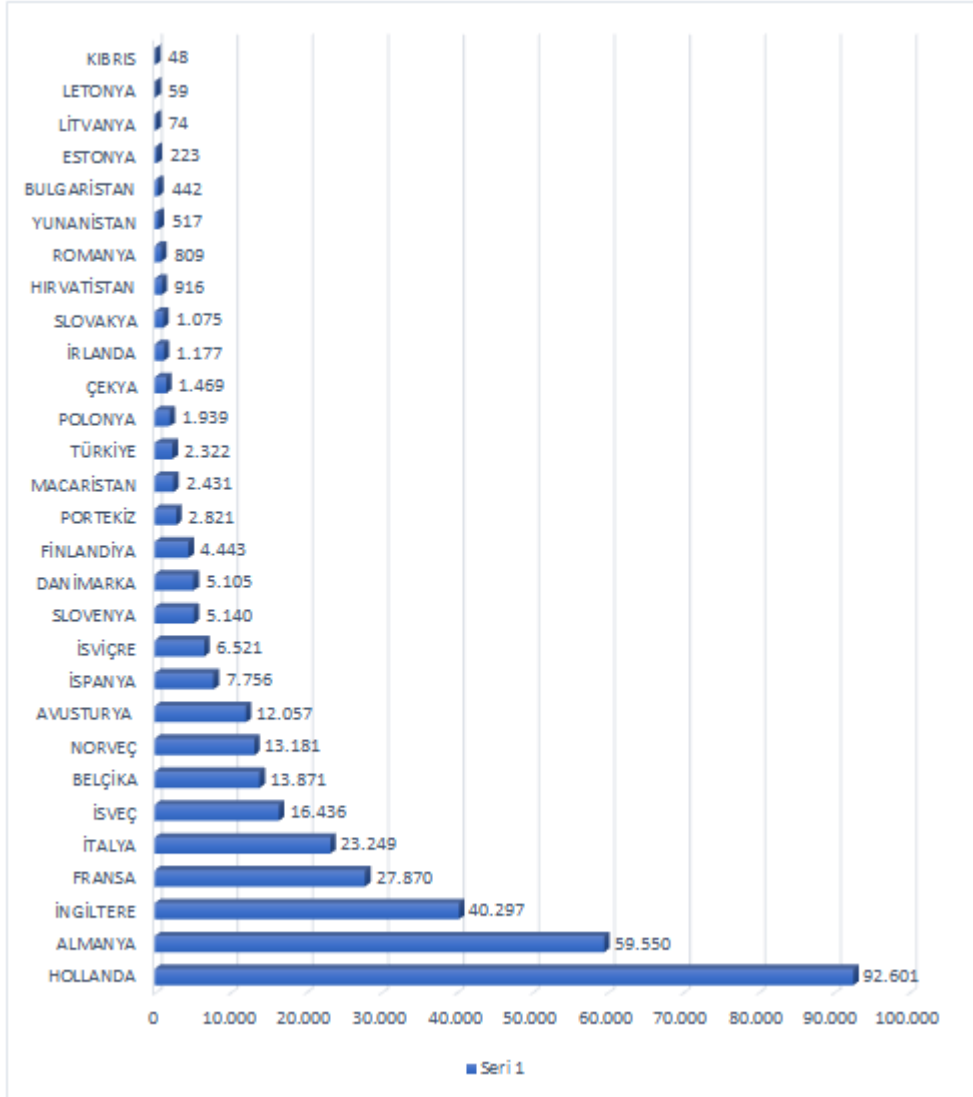
Şarj yeri, aracın şarj için bağlandığı yeri temsil eder. Şarj yeri farklı detay seviyeleri ile modellenilebilir. Örneğin, dağıtım ağındaki her bir EA için tam bir coğrafi konum veya şarj edilen bir miktarda EA'nın bulunduğu belirli bir yerleşim yeri, endüstriyel, kentsel veya kırsal alan olabilir veya şarj etme fırsatlarına sahip olduğu tanımlanmış herhangi bir yerde olabilir.

Elektrikli araçlar 1880'lerden beri dünyada kullanılmaktadır. İlk zamanlar benzinli araçlarla rekabet eden elektrikli araçlar, benzinli araçların seri üretime geçmesiyle ve çok düşük fiyatlara satılması ile piyasadan çekilmiştir. 1990'lı yıllarda fosil yakıtların çevreye verdiği zararlı etkiler nedeniyle elektrikli araçlar yeniden gündeme gelmiştir (Sezen, İşler 2017). Günümüzde çevre dostu ve daha yüksek yakıt tasarruflu araçlara olan artan talep sayesinde otomotiv şirketleri ve araç kullanıcıları hibrit ve elektrikli araçlara odaklanmaktadır. Bu araçlar aynı zamanda araç performansını, yakıt ekonomisini, emisyonları, yolcu konforunu ve güvenliğini iyileştirmek için elektrik enerjisi taleplerinin karşılanmasını da sağlamaktadır.

Hızlı ekonomik gelişme ve doğal kaynakların tükenmesi sonucunda enerji kıtlığı ve iklim değişikliği, mevcut dünyanın sürdürülebilir gelişimi için ciddi sorunlar

haline gelmiştir. Gelecekte gerçekleşecek olan, kentleşme gelişimi ve otomobillere yönelik artan talep, ulaşım sektöründe enerji tüketimi ile karbon emisyonlarında artışı da beraberinde getirecektir.

**Tablo 8.** Dünyada Elektrikli Araç Şarj Noktası Sayısı (2021)



Elektrikli araçlar, bir tür yeni çevre dostu ulaşım aracı olarak, çevre kirliliği ve fosil kaynak kullanımıyla ilgili sorunların çözümünde etkili bir yoldur. Bu nedenle, birçok ülkede elektrikli araçların benimsenmesini teşvik etmek için kayda değer kaynaklar ayrılmıştır. Aynı zamanda, elektrikli araç üreticilerini ve alıcılarını sübvans etmek, şarj istasyonları ve postalar inşa etmek ve vergi indirimleri ve parasal olmayan diğer teşvikler sunmak için önemli miktarda yatırım yapılmaktadır.

Gelişen elektrikli araç piyasasından geri kalmamak için Türkiye’de de adımlar atılmaya başlanmıştır. Türkiye’de illerle karşılaştırıldığında, İstanbul elektrikli araçlar için altyapı gelişimi konusunda yeterli düzeye sahiptir. Aynı zamanda elektrikli araç satışlarının büyük bir çoğunluğu İstanbul içerisine gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle İstanbul şarj istasyonu kurulumu için potansiyel bir yatırım alanıdır.



**Şekil 7.** Türkiye Şarj İstasyonu Haritası (TEHAD 2022)

Bugün Türkiye’de şarj istasyonu pazarında 18 firma faaliyetlerine devam etmektedir. Ülkemizdeki 582 şarj soketinden 122’si CCS ve CHAdeMO standartlarına sahip ünitelerdir. Bu üniteler, “hızlı şarj” dediğimiz şarj yöntemini destekleyen DC aktarımı gerçekleştirmektedir. Bu istasyonlarda yapılan şarj, elektrikli otomobilin %80 şarj seviyesine 45 dakikada ulaşmasını ve şarj olan otomobil modeline bağlı olarak 200 km menzile sahip olmasını sağlamaktadır. Ek olarak Türkiye genelinde halka açık ve özel kullanım (ev tipi) yaklaşık 800 ile 900 arasında şarj istasyonu olduğu tahmin edilmektedir (TEHAD 2019).

Elektrikli araç enerji sağlayıcısı olarak elektrikli araç şarj istasyonu (EVCS) elektrikli araç endüstrisinin gelişiminin temelidir. Verimli, kullanışlı ve ekonomik EVCS, tüketici satın alma ve endüstri gelişimini teşvik etme isteğini artırabilir. EVCS inşaatının ön çalışması olarak EVCS yer seçimi, EVCS’nin hizmet kalitesi ve

operasyonel verimliliği üzerinde önemli etkileri olan tüm yaşam döngüsü boyunca oldukça önemlidir. Bu nedenle, optimal EVCS bölgesini belirlemek için uygun yöntem kullanılması gerekir (Frade vd. 2011; Sadeghi-Barzani vd. 2014). Sonuç olarak, elektrikli araç şarj istasyonu yer seçiminin ekonomik, sosyal, teknolojik ve çevresel yönleri içermektedir.

### **1.3.3. Elektrikli Araçların Kamusal Altyapısı**

Devletler elektrikli araçların dünyada yaygınlaşmasını sağlamak için farklı yöntemler kullanmaktadır. Bunlar arasında çevre dostu araçlardan alınan vergilerin düşürülmesi ve bu araçlara teşvik verilmesi ya da geleneksel fosil yakıt kullanan araçlardan alınan vergilerin artırılması ön plana çıkmaktadır. Elektrik motorlu araçlara uygulanan vergi indirimi ülkemizde bu araçların fiyatını ulaşılabilir seviyeye getirmiş olsa da devlet desteğinin devam etmesi gerekmektedir. Bu amaçla elektrik motorlu araçların kamu sektöründe kullanılması, kamunun akaryakıt maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlayacaktır. Çevreye saygılı bu yeni ulaşım türünün başarısı, toplum tarafından kabul görmesi, yasaların uygun duruma getirilmesi ve gereken altyapı çalışmalarının tamamlanması gibi faktörlere bağlıdır. Bu durum araçların teknolojik dönüşümünün yanında kültürel politik, sosyal ve ekonomik bir değişimi de beraberinde getirmektedir (Şenlik 2015).

19. yüzyılın sonundan itibaren otomotiv sektöründeki birçok üretici firma da yaygınlaştırılmayan ve kısmen ticarileşen bu teknolojinin geliştirilmesine büyük bütçeler ayırmaktadır. Ancak pil teknolojisinin henüz istenilen düzeyde olmaması elektrikli araçların ticarileştirilmesinde karşılaşılan bir sorundur ve bu sebeple elektrikli araçlarla ilgili birçok çalışma bataryaya odaklanmaktadır (Sayın, Yüksel 2011).

ABD Enerji Bakanlığı'nın sağladığı destek ile 1980'lerin ortalarında ETX-1 aracı geliştirilmiş ve bu araçta gelişmiş ileri AA tahrik sistemi kullanılmıştır. ETX-1 aracının AA tahrik sistemi 1988 yılında geliştirilmiş, araçta sodyum- sülfür piller kullanılmıştır. Ardından, AA tahrik sistemi olan, 160 km menzilli ve 96 km/h hıza sahip, sodyum- sülfür pilleri de içeren iki adet ETX-2 numune modeli üretilmiştir. Avrupa'nın önemli otomobil üreticileri firmaları 1988 yılına kadar tasarlayıp geliştirdikleri elektrikli araçların testlerini yapmışlardır. Aynı dönemde Japonya'da

AA sürücülerle birlikte kurşun-asit ve nikel-demir piller ile asenkron ve senkron tahrik motorları kullanılmıştır. Elektrikli araçlara olan ilgiyi artırmak amacıyla özellikle 2000'li yılların başında birçok ülkede alım fiyatını destekleyici teşvikler uygulanmaya başlanmış, farklı hedefler ve programlar tanımlanarak altyapı, insan kaynakları ve finansman ile desteklenmiştir. 2012 yılında elektrikli araçların geleceği için önemli olan batarya maliyetlerinde önemli düşüşler yaşanmıştır. Ayrıca bir İsveç şirketin 2012 yılında geliştirdiği şarj cihazı ile pilleri 1,5 saatte şarj etmek mümkün hale gelmiştir (Şenlik 2015).

Elektrikli araçlar en basit şekilde hızlı veya normal şarjlı araçlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Normal şarj tipinde 22 kW'a kadar destekler ve şarj süresi ortalama 3 saattir. Hızlı şarj ise genel olarak toplu alanlarda araçların daha hızlı bir şekilde şarj edilebilmesi için geliştirilmiştir ve istasyonlarının gücü 50 kW ile 120kW arasında değişmekte olup bu sayede şarj süresi yarım saate düşmektedir (Enerjibes 2018).

Kablosuz şarj yöntemi son zamanlarda üzerinde yoğun olarak çalışılan bir yöntemdir ve yöntemde indüktif şarj adı verilen manyetik bir yol kullanılmaktadır. Özetle, şarj cihazındaki bir bobinden araç içindeki bobine bir elektrik akımı gerçekleşmektedir ve bunun için de aracın şarj cihazı üzerinde durması yeterli olacaktır. Diğer ve farklı bir yöntem ise "QuickDrop" adı verilen pil değiştirme yöntemidir. Bu yöntemde öncelikle sistem tarafından pil değişim istasyonunda verilecek tanımlama bilgileri kontrol edilir ve aracın altı temizlenip kurutulur. Otomasyon kontrollü hidrolik sistem, araçtaki boşalmış bataryayı çıkarır ve diğer şarjlı bataryayı araca monte eder. Araçtan indirilen boşalmış piller sistem üzerinden test edilerek soğutuculu şarj ünitesine aktarılır. Boşalmış bataryalar 3 fazla beslenen 50 kW enerji ile 30 dakikada tam olarak şarj olmaktadır (Yazıcı, Özdemir 2013). Fakat bataryaların değişim istasyonlarında sürekli olarak bulunması ve bu nedenle de araç sayısından daha fazla batarya üretiminin yapılması gerekmektedir. Böyle bir durumda maliyet oldukça artacak ve araç fiyatlarına da ek bir maliyet olarak yansımaktadır. V2G (vehicle to grid) konsepti de geliştirilen bir diğer yöntemdir (Newmotion 2018). V2G teknolojisi aracın bataryasını hem şarj hem de deşarj edilebilen iki yönlü bir şarj istasyonu olarak düşünebilir. Burada araçtaki fazla enerji kullanılmayınca şebekeye geri döndürülerek şebekenin arz-talep dengesi sağlanmakta ve sistem esnek hale gelmektedir. Bu yeni şarj sisteminin bir örneği, Hollanda'da V2G teknolojisini

kullanarak elektrik şebekesini dengeleyen ilk otomobil olan Mitsubishi Outlander Phev'dir (Douris 2017). Son yıllarda üreticiler, elektrikli araçların altyapı, batarya ve menzil sorunlarını çözmek için yoğun çaba sarf etmektedirler (Şenlik 2015).

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 15.06.2022'de Elektrikli Taşıt Şarj Sistemi Teknik Şartnamesi yayınlanmıştır. Şartname kapsamında şarj sistemlerinin şebekeye bağlanmasını sağlayan alçak gerilim elektrik tesisatının; tasarımı, kurulması, devreye alınması ve doğrulanması ile ilgili gereklilikleri, konum seçimini ve bakımı kapsar. Belgede, öncelikle can güvenliğinin göz önüne alındığı elektrikli taşıt şarj istasyonları ile ilgili TSE, CENELEC, IEC tarafından yayınlanan güncel standartlar ve ilgili yönetmeliklere atıf yapılmıştır (ÇŞB Resmî Gazete 2022).

#### **1.3.4. Elektrikli Araçların Çevresel Duyarlılığı**

Çevresel sorunlar, ulaşım sektörünü daha çevre dostu teknolojilere geçmeye zorlamaktadır. Bu hususta elektrikli araçlar yeşil bir ulaşım çözümü olarak kabul edilmektedir (Chan C. 2002). 1980'lerde devletler çevresel avantajları nedeniyle elektrikli araçlara ilgi duymaya başlamış ve elektrikli araç programlarına resmi kaynaklardan finansal destek sağlamaya başlamışlardır (Şenlik 2015).

Elektrikli araçlar sıfır emisyonlu araçlardır ve atmosferimize toksik bileşikler yaymamaktadırlar. EA'lar için güç üreten enerji santralleri bile, benzinle çalışan araçlarla ilgili emisyonlara kıyasla daha yüksek bir standartta (daha düşük seviyede toksik emisyon anlamına gelir) tutulmaktadır. Öte yandan içten yanmalı bir araca giren ve çıkan her şey zehirlidir ve bu araçlar hala gezegendeki en az verimli mekanik cihazlar arasında sınıflandırılmaktadır. İçten yanmalı motorlu araçların yarattığı çevre sorunlarının en önemlileri şunlardır:

- Yabancı petrole bağımlılık (çevresel ve ulusal güvenlik riski)
- Sera etkisi (atmosferik ısıtma)
- Zehirli hava kirliliği
- Verimsizliğinden kaynaklanan atık ısı (Leitman, Brant 2008).

30 Aralık 2020 tarih ve sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türkiye Çevre Ajansının Kurulması ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun'da

yapılan değişlikle, Çevre Kanunu'nun 3/h maddesi hükmü; Çevrenin korunması ve iyileştirilmesi, kirliliğin önlenmesi ile ilgili genel ilkelere elektrikli araçların teşviki de eklenmiştir. Bu kanunla ülkemizdeki elektrikli araçların sayısında hızlı bir artış olacağı gözlemlenmektedir. Petrol veya türevi yakıtların kullanılmadığı elektrikli araçlar, lityum iyon ve benzeri piller vasıtasıyla elektrik motoruna güç aktarımını temin eden sistemlerle çalışır. Böylece de CO2 emisyonlarının azalması beklenmektedir. Fakat elektrikli araçların üretimine, kullanımına ve kullanım sonrasında bakıldığında emisyon kirliliğini tam olarak önlemedikleri, kullanılan bataryalardan kaynaklanan önemli bir çevresel etkisinin olduğu görülmektedir. Elektrikli araçlarda oluşan, sayıları her geçen gün artan ve kullanım ömrünü tamamlamış pillerin geri dönüşümü için de teknoloji aynı doğrultuda geliştirilmelidir. Avrupa Birliği'nin atık pil ve akümülatörler yönetmeliği, söz konusu pil ve akümülatörlerin kullanımdan sonra çevreye zarar verilmeyecek şekilde imha edilmesini amaçlamaktadır. Elektrikli araç pilleri de bu yönetmelik kapsamında olup, yakılmaları veya düzenli depolama alanlarına atılarak imha edilmeleri yasaktır. Çevre sağlığının korunması için söz konusu atık pillerin ulaşılabilir hedefler çerçevesinde toplanması gerekmektedir. Fakat hemen hemen %99 oranında geri dönüştürülebilir olanağı olan Li-ion pillerin düzenli depolama sahalarına yaklaşık %95'inin gönderildiği belirtilmektedir (Temizel 2021).

Ülkemizde uygulanan mevzuat (Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği) kapsamında elektrikli araç aküleri için herhangi bir ifade bulunmamaktadır. Pb, Ni ve Hg içeren pillerin "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" kapsamında "kesinlikle tehlikeli atık" olarak kabul edildiği düşünöldüğünde, bu kimyasalları içeren pillerin de tehlikeli atık olarak değerlendirilmesi gerektiği düşünölmektedir (ÇŞB 2005).

Elektrikli araçların mevzuattaki teknolojik gelişmeleri ve kullanımları göz önüne alındığında, araçlarda ömrünü tamamlamış pillerin geri kazanımı/imhasına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir (Temizel 2021).

Bazı araştırmacılar pilleri kullandıktan sonra geri dönüştürmenin en uygun yöntem olduğunu düşünürken, bazıları bu pilleri yeniden üretim sürecine dahil etmenin yeni pil üretmekten daha avantajlı ve ekonomik olduğunu belirtmektedir (Ramoni, Zhang 2013).

Elektrikli araçlar, İYM ile çalışan araçlara kıyasla egzoz gazı emisyonlarından kaynaklanan çevre kirliliğini önleyebilen tek ulaşım aracı olarak yüzyıla damgasını vurmaktadır. Günümüzde özellikle kış aylarında şehirlerin üzerine bir leke gibi oturan hava kirliliği, kendini çok fazla göstermektedir. Mikro ve makro düzeydeki bu kirliliği önleyecek sistemleriyle elektrikli araçlar, ne 'gezegenin kanı' olan petrol gibi sağlıklı ve değerli bir madeni zenginliğin, mazot ve benzin haline gelerek zehre dönüşmesine ne de herhangi bir gaz salınımına neden olmaktadır. Elektrikli araçların çalışması için yakıtta değil elektriğe ihtiyacının olması, ülkemizdeki petrol fiyatlarına bakıldığında cebimize olan katkısını ortaya koymaktadır.

Makro anlamda şehirlerdeki hava kirliliğinin azalmasına bağlı olarak küresel ısınmayı engelleyen elektrikli araçlar, yaşamı destekleyen ve hayatı kolaylaştıran kullanımları ile modern çağın bireyleri olarak huzuru ve konforu beraberinde getirmektedir. Öte yandan elektrikli araç bilincinin her geçen gün artmasıyla şarj istasyonlarında da artış gözlemlenmektedir (Pilotcar 2021).

Elektrikli araçlar yalnızca en modern ve verimli ulaşım biçimleri olmakla kalmayacak aynı zamanda günümüzde karbon ayak izimizi azaltmaya da yardımcı olacaktır (Leitman, Brant 2008).



## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. ARAŞTIRMANIN METODU

#### 2.1.Araştırmanın Amacı

Dünya genelinde ekonomik büyüme sağlayan en önemli endüstrilerden biri otomotiv sektörü olarak kabul edilmektedir. Günümüzde bir leke gibi şehirlerin üzerine oturan hava kirliliği her geçen gün artmaktadır. Mikro ve makro anlamda bu kirliliği önleyecek sistemi ile elektrikli araçlar ne bir gaz salınımı yapmakta ne de petrol gibi sağlıklı ve değerli bir mineral zenginliğinin mazot ve benzin gibi bir zehre dönüşmesine neden olmaktadır. Çevreye saygılı bu ulaşım türünün şarj istasyonlarının en uygun şekilde yerleştirilmesi, elektrikli araç sistemlerinin sürdürülebilir gelişimi için çok önemlidir. Bu çalışmada fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması ve çevrenin korunması ile gündeme gelen elektrikli otomobillerin gelişimi, çevresel duyarlılığı ve altyapısı incelenmeye çalışılmıştır.

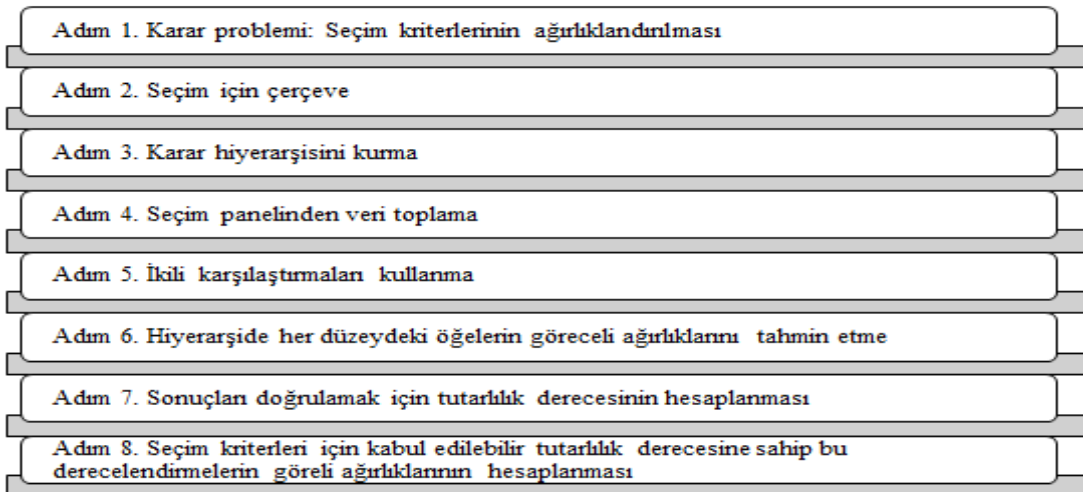
Bu çalışmanın amacı çevre kirliliğinin arttığı günümüz dünyasında elektrikli araçların çevre ile olan ilişkisinin ve Türkiye de bulunan elektrikli araçların kamusal altyapısının incelenmesidir. Çalışmada hedef, elektrikli araçların çevre üzerindeki etkilerini ortaya koymak, ülkemizde bulunan elektrikli araçların kamu altyapısının nitel ve nicel araştırma teknikleri kullanılarak incelenmesi ve literatüre katkıda bulunmaktır. Çalışma Türkiye’de son yıllarda gündemde bulunan elektrikli araçların çevresel duyarlılığı ve kamu altyapısının incelendiği nadir çalışmalardan biri olacaktır. Bugüne kadar yapılan çalışmaların çoğunda elektrikli araçlar mühendislik yönüyle incelenmiştir, çevreyle ilişkisi ve kamu altyapısı bakımından literatürde boşluk bulunmaktadır. Bu bağlamda çalışmamız literatüre katkıda bulunacak ve daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır.

## 2.2. Araştırmanın Yöntemi

Elektrikli araçların çevresel duyarlılık ve kamu altyapısı açısından inceleneceği bu çalışmada nitel ve nicel teknikler kullanılmıştır. Çalışmada Türkiye’de bulunan elektrikli araçların altyapısı dikkate alınıp derinlemesine mülakat yapılarak alanında uzman kişilere belirli sorular yöneltilmiştir. Alınan cevaplarla bu bağlamda veriler düzenlenmiş, çeşitli analiz birimlerine ayrılarak sentezlenmiş, kriterler belirlenmiş ve çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada var olan kitap, dergi, makale, tez çalışmaları ve araştırmaların konu ile ilgili kısımları okunmuş, incelenmiş ve çalışmada değerlendirilmiştir. Ülkemizde bu alanda bulunan kaynakların yanı sıra yabancı kaynaklardan da yararlanılmıştır. Konu ile ilgili yayınlanmış kitap, makale ve bazı araştırma sonuçları ile verilere ulaşılmıştır.

### 2.2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

AHP, bir sistemin hiyerarşik bir temsilidir. Bu hiyerarşi, genel hedefin kümeler, alt kümeler vb. olarak son seviyeye kadar ayrıştırılmasını temsil eden birkaç seviyeden oluşan sistem yapısının bir soyutlamasıdır. Kümeler veya alt kümeler kuvvetler, nitelikler, kriterler, faaliyetler, hedefler vb. olabilir. **Şekil 8’de** örnek bir sektör de öğeleri ağırlıklandırmak için sekiz adımlı bir yöntem sunulmaktadır. AHS'nin fonksiyonlarını açıklamak üzere yöntemin adım adım açıklaması yapılacaktır.



**Şekil 8.** Kriterlerin Ağırlıklandırılması İçin AHS Yöntemi

#### **Adım 1. Karar problemi: Seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması**

Karar problemi, tüm süreci yönlendirdiği için net bir şekilde tanımlanmalıdır. AHS'yi kullanmadan önce, kullanıcılar bunun çalışma amaçlarına uygun bir yöntem olduğundan emin olmalıdır. Sorunlarının ne olduğunu ve neden AHS'nin kullanılması gerektiğini açıkça açıklamalıdır. Aşağıda, çalışılacak problemi içeren çalışma örneğinin kısa bir arka planı bulunmaktadır.

Bu örnek, yeni Güneydoğu Asya Geliştirme Bölümü için bir Pazarlama Müdürü işe almak üzere bir ilan yayınlayan NetSearch (Uluslararası) Company Limited ile ilgilidir. Doğru adayı seçmek üzere bir dizi kriteri ağırlıklandırmak için AHS kullanımını içermektedir. AHS yöntemi, kriterlere ağırlık verilmesine yardımcı olmaktadır.

Bir ağırlıklandırma aracının yokluğunda, kaynakların nispi ağırlıklarının ölçülmesi kabul edilebilir (Saaty 1994). Bu genellikle karar vericiler ve/veya uzmanlar tarafından yapılan öznel yargılara dayanır. Basit bir yöntem, her öğeyi mutlak bir derecelendirme ölçeğine göre tahmin etmek ve daha ağır olanların temel öğeler olduğu nispi ağırlığını elde etmek için ağırlığını toplama bölerek tüm kümedeki diğer öğelerle karşılaştırmaktır. Ancak bu kadar basit bir derecelendirme yöntemi, cevaplayıcıların cevaplarını keyfi, yanlışlıkla veya dikkatsizce vermelerini engelleyemez; ayrıca yöntem, yanıtlayanların gerçek uzmanlar olup olmadığını belirleyemez. Başka bir deyişle, geleneksel derecelendirme yöntemi, yanıtların tutarsızlığını filtreleyemez.

AHS, ağırlıklandırma ve önceliklendirmede karar vericilerin önyargılı görüşlerini ortaya çıkarabilen yapılandırılmış bir yöntemdir. Basit derecelendirme yöntemine göre iki avantajı vardır. İlk olarak, AHS, görece ağırlıklarına ilişkin bir yargı formüle etmek için iki nesneyi aynı anda karşılaştırarak ikili bir karşılaştırma sürecini benimser. Yeterli bir ölçümle, bu yöntem daha yüksek düzeyde tutarlılık elde etmek için daha doğrudur (daha az deneysel hata ile), çünkü yanıtlayanların cevaplarını vermeden önce tam olarak düşünmelerini gerektirir. Genellikle, bir kişi bir durumu ne kadar çok bilirse, bu kişiden beklenebilecek sonuçlar o kadar tutarlı olur.

Ayrıca, AHS yöntemi, tutarsız yanıtları tarayabilen tutarlılık testini kullanır. Tutarsızlık, tercihlerin geçişkenliğinin olmamasını ifade eder (Saaty 1980). Anketi dolduran ancak yargılarını mantıklı bir şekilde oluşturamayanlar, tutarlı karşılaştırmalar yapamayacaklardır.

## Adım 2. Seçim için çerçeve

Bir problemin karmaşıklığını farklı düzeylere veya bileşenlere ayırtırmak ve bileşenlerin ilişkilerini sentezlemek AHS'nin altında yatan kavramlardır. Bu örnekte, bir problemin ayrıştırılması, benzer kriterlerin farklı gruplarda toplanmasına atıfta bulunurken, ilişkilerin sentezi bunların sistematik bir şekilde bütünleştirilmesidir.

Bu örnekte şirket, Tablo 9' da gösterildiği gibi dört seçim boyutu ve ilişkili kriterler belirlemiştir. Bu kriterlerin, değerlendirme ve karşılaştırma için adayların geçmişine ilişkin gerekli bilgileri toplaması beklenmektedir. Ancak bu kriterlerin önem derecesi belirlenememiştir. Bu boyutların ve kriterlerin görelı ağırlıklarını hesaplamak için AHS'yi kullanılmıştır.

**Tablo 9.** Personel Seçim Boyutları ve Kriterleri

Seçim boyutu	Seçim kriterleri
Sorumlu çalışma bölgesi ile ilgili bilgiler	Güneydoğu Asya bölgesi ile ilgili iş deneyimi Güneydoğu Asya bölgesi ile ilgili bilinen diller Güneydoğu Asya bölgesi ile ilgili yaşam deneyimi
İş pozisyonu ile ilgili bilgiler	Pozisyonla ilgili iş deneyimi Pozisyonla ilgili eğitim geçmişi
Adayın önceki çalışmasına ilişkin bilgiler	Önceki pozisyonlardaki performans Önceki üstlerden referans
Mülakatlar ve diğer değerlendirmeler	Yüz yüze görüşme Değerlendirme sonuçları

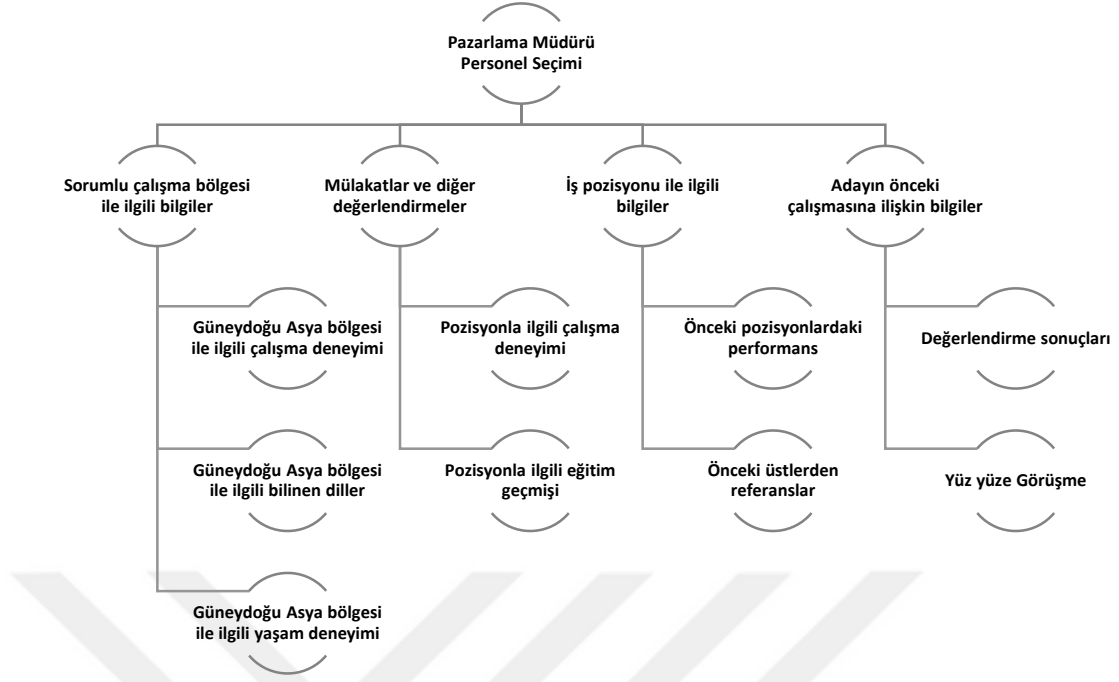
## Adım 3. Karar hiyerarşisini kurma

Karar hiyerarşisinin şematik bir temsili Şekil 9'de gösterilmiştir. Böyle bir hiyerarşi zinciri, problemin sistemini temsil eder. Hiyerarşinin oluşumu, AHS kullanılarak bir problemin çözülemeyeceği iki varsayıma dayanmaktadır:

(1) Hiyerarşideki bir düzeyin her bir ögesinin, bitişik düzeylerdeki öğelerle ilişkili olması beklenir. AHS, iki bitişik seviyenin elemanları arasındaki etkileşimi tanıır.

(2) Aynı düzeyde farklı grupların öğeleri arasında varsayımsal bir ilişki yoktur.

Bu, ilk adımda bahsedilen, bir sorunun açıkça tanımlanması gerektiğini yineler. Şekil 2'de gösterildiği gibi, bu hiyerarşi üç seviyeden oluşur ve sıfır seviyesinden, yani bu örneğin temel sorunu olan doğru kişinin seçiminden başlar. Daha sonra birinci seviyeyi oluşturan dört personel seçim boyutuna bölünür. Boyutların her biri ile ilişkili kriterler ikinci seviyeyi oluşturur.



**Şekil 9.** Seçim Probleminin Karar Hiyerarşisi

#### **Adım 4. Seçim panelinden veri toplama**

Veriler, karar probleminde aktif olarak yer alan doğrudan sorgulama uzmanları tarafından elde edilir. Karar hiyerarşisinin öğelerine ağırlık atamak için yararlı olan verileri toplamak için bir anket tasarlanmıştır. Bu, 5. adımda açıklanacak olan ikili karşılaştırma matrisinin kullanılmasını içerir. Bu örnekte, şirketin dört kilit üyesi (yani genel müdür, genel müdür yardımcısı, yeni Güneydoğu Asya kalkınma bölümünün direktörü ve müdür insan kaynakları bölümü) karar hiyerarşisinin öğelerine (yani seçim boyutları ve kriterleri) ağırlıklar atamaktan sorumluydu.

AHS yaklaşımının, AHS sürecinde yer alacak çok sayıda uzmanı içermesi gerekmeyen sübjektif bir metodoloji olduğu belirtilmektedir. Elbette, akademik bir araştırmada küçük bir örneklem ancak çok kaba bir tablo sunabilir. Ancak önemli iş kararlarında, şirketin kilit yöneticilerinden oluşan küçük bir grubun görüşleri güvenilir ve faydalı sonuçlar elde etmek için yeterlidir. Bazen, bazı çok önemli iş kararları, anketi dolduracak tek kişi olan, genellikle şirketin genel müdürü olan yalnızca bir kişinin takdir yetkisini içerir.

**Tablo 10.** Saaty'nin İkili Karşılaştırmada Ölçüm Skalası

Önem yoğunluğu (1)	Tanım (2)	Açıklama (3)
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit katkıda bulunur
3	Orta derecede önem	Deneyim ve yargı birini diğerine biraz daha fazla tercih eder
5	Güçlü önem	Deneyim ve yargı birini diğerine güçlü bir şekilde tercih eder
7	Çok güçlü önem	Bir faaliyet kuvvetle tercih edilir ve baskınlığı pratikte gösterilir
9	Mutlak önem	Birinin diğerine göre önemi, mümkün olan en yüksek sırada teyit edilir
2,4,6,8	Ara değerler	Yukarıda sıralanan öncelikler arasındaki uzlaşmayı temsil etmek için kullanılır
Yukarıdaki sıfır olmayan sayıların karşılıkları		Aktivite $i$ aktivite ile karşılaştırıldığında kendisine atanan yukarıdaki sıfır olmayan sayılardan birine sahipse, o zaman $j$ , $i$ ile karşılaştırıldığında karşılıklı değere sahiptir.

Kaynak: Saaty (1980)

### Adım 5. İkili karşılaştırmaları kullanma

Karar hiyerarşisinin her bir seviyesinin unsurları, ikili karşılaştırma kullanılarak derecelendirilir. Saaty'nin iki öğe arasındaki önem yoğunluğunu derecelendirmek için kullanılan ölçüm ölçeği benimsenmiştir; bu, Tablo 9'da gösterilmektedir (Saaty 1980). Tüm öğeler, öncelik ölçeği ikilisiyle karşılaştırıldıktan sonra, ikili bir karşılaştırma veya yargı matrisi oluşturulur. Tablo 10, o düzeyde dört öğeli bir düzeyin öncelik derecesinin bir örneğini göstermektedir. Bu matris dört satır ve dört sütundan oluşur (yani bir 4 6 4 matrisi). Bu tabloda A elemanı B elemanına baskın olduğu için A satırı B sütununa 3 tamsayı, B satırı A sütununa karşılıklı (yani 1/3) girilir. C'nin ağırlık olarak eşit olması beklenir, her iki pozisyona da "1" atanır. Aynı eleman satır ve sütunda karşılaştırıldığında da "1" atanır.

### Adım 6. Hiyerarşideki her düzeydeki öğelerin göreceli ağırlıklarını tahmin etme

İkili karşılaştırma matrisi geliştirildikten sonra, matristeki bir öncelik vektör (yani bir uygun veya öz vektör) hesaplanır ve daha sonra toplamı yüzde 1,0 veya 100 olacak şekilde normalleştirilir. Bu, matrisin her bir sütununun öğelerini o sütunun toplamına bölerek (yani sütunu normalleştirerek) yapılır; daha sonra, elde edilen her satırdaki elemanları toplayarak ("bir satır toplamı" elde etmek için) ve bu toplamı satırdaki eleman sayısına bölerek ("öncelik veya göreceli ağırlık" elde etmek için) öz vektör elde edilir. Tablo 10'da gösterildiği gibi, numunenin elementlerinin nispi ağırlıkları sütun 6'da listelenmiştir.

**Tablo 11.** İkili Karşılaştırma Matrisi

Seviye	A	B	C	D	Göreceli Ağırlık
-1	-2	-3	-4	-5	-6
A	1	3	1	9	0,41
B	1/3	1	1/3	4	0,148
C	1	3	1	8	0,398
D	1/9	1/4	1/8	1	0,044
CR değeri					0,006

**Adım 7. Sonuçları doğrulamak için tutarlılık derecesinin hesaplanması**

İnsanların soruları cevaplarken çoğu zaman tutarsız oldukları bilinmektedir ve bu nedenle AHS'nin önemli görevlerinden biri de tahmin edilen vektörün tutarlılık düzeyini hesaplamaktır. Tutarlılık oranı (CR), ikili karşılaştırmadaki tutarlılığı ölçmek için kullanılır. Saaty (1994), farklı matrislerin boyutları için kabul edilebilir CR değerleri belirlemiştir; CR değeri:

- (1) 3'e 3 matris için CR değeri 0,05'tir;
- (2) 4'e 4 matris için 0,08; ve
- (3) Daha büyük matrisler için 0.1.

Tutarlılık seviyesi kabul edilebilir aralığa düşerse, ağırlık sonuçları geçerlidir. Crowe et al. (1998), tutarlılık oranını hesaplamak için Kanada ve Sullivan'dan (1989) uyarlanan bir prosedür sağlamıştır:

$$a_{ij} = 1 \quad \text{için} \quad i = j, \quad \text{where} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad \text{ve} \quad a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \text{için} \quad i \neq j$$

(1) Aşağıdaki ikili karşılaştırma matrisi A ile tahmini çözüm vektörü B'yi çarparak yeni bir C vektörü hesaplayın.

**Tablo 12.** Ortalama Rastgele İndeks Değerleri

Size of matrix (1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random average CI (2)	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Kaynak: Saaty (1980)

Matematiksel olarak,  $C [c_i]$  vektörünü elde etmek için  $A [a_{ij}]$ ,  $B$  vektörü  $[b_j]$  matrisini çarpma denklemi şöyledir:

$$C_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} b_j \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

(2)  $C$  vektörünü  $B$  vektöründeki karşılık gelen elemanına bölerek öz vektör  $D$ 'yi hesaplayın.

(3)  $D$  vektöründeki sayıların ortalamasını alarak maksimum özdeğeri ( $\lambda_{max}$ ) hesaplayın.

(4)  $n$  boyutundaki bir matris için tutarlılık indeksini ( $CI$ ) aşağıdaki formüle göre hesaplayın:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

(5) Tutarlılık oranını ( $C_r$ ) şu formülü kullanarak hesaplayın:

$$I = \frac{\lambda - n}{n - 1} \rightarrow C_r = \frac{CI}{RI}$$

$$C_r = \left[ \frac{(\lambda_{max} - n)}{(r(n - 1))} \right] \cdot 100\% = C_r < 0.10$$

Burada  $RI$ , matris boyutu,  $n$  için rastgele indekstir. Tablo 12, 500'lük bir örneklem büyüklüğü kullanılarak 1'den 10'a kadar olan matrisler için rastgele indekslerin yaklaştırılmasıyla elde edilen bir rastgele indeks tablosudur (Saaty, 1980).

Tablo 11'e tekrar bakıldığında, numunenin  $C_r$  değeri 0.006'dır ve bu, 4'e 4 matris ile kabul edilebilir değerden çok daha küçüktür.  $C_r$  kabul edilebilir değerden büyükse, bu ampirik olarak tercihlerin aşırı geçişsizliğini ortaya çıkarır.  $C_r$ , yanıtlayanların soruları cevaplarırken tutarlılığına ilişkin çok iyi bir tahmin sağlar.

Seçim problemi ile ilgili olarak, tüm karşılaştırma matrislerinin kabul edilebilir tutarlılığa sahip olduğu gösterilmiştir. Bu anketlerin kabul edilebilir tutarlılığa sahip olduğu birden fazla anket varsa, daha sonra her bir hiyerarşi düzeyindeki öğelerin ağırlığına ilişkin birleşik yargıları elde etmek için bir araya getirildiler. Kullanılabilir anket olmaması veya daha fazla kullanılabilir anket gerektiren araştırma gibi bazı

durumlarda, “döngü” prosedürlerinin uygulanması (Şekil 8'de gösterildiği gibi) düşünülebilir. Bu prosedürler şunları içerir:

(1) Kullanılabilir bir anket yoksa, tutarlılığı artırmak için Saaty (1980) tarafından yargısal revizyon için önerilen aritmetik yöntemler kullanılacaktır. Ancak bu yöntemler, yanıtlayanların beklediği ilk mantığı bozabilir. Bu nedenle, bu yöntemlerin kullanımı özel dikkat gerektirebilir. Örneğin, orijinal tutarlılık testinin sonuçları kabul edilebilir tutarlılıktan çok uzaksa, bu yöntemler benimsenemez. Kullanırken, başlangıçtaki ikili karşılaştırmaların ayarı mümkün olduğunca küçük olmalıdır.

(2) Aritmetik yöntemler uygun değilse,  $C_r$  değerlerini azaltmak için başka bir başvuru, ikili karşılaştırma yaparken yargıların kalitesini iyileştirmek için tercihleri yeniden tahmin etmektir (yani, Şekil 8'de gösterildiği gibi Adım 5'e geri dönün). Bu, katılımcılardan başka bir dizi cevap vermelerini istemektir.

(3) İkinci prosedür başarısız olursa, son çare, benzer unsurları daha anlamlı bir öznitelik şeması altında gruplayarak problemin daha doğru bir şekilde yapılandırılabilmesi için 3. adıma geri dönmektir. Başka bir deyişle, karar hiyerarşisini yeniden geliştirmek ve başka bir cevap dizisinin elde edilebilmesi için alternatif sorular oluşturmak gerekebilir.

Tablo 13, seçim probleminin sonuçlarını göstermektedir. Tablonun 2. ve 3. sütunları, sırasıyla seçim boyutlarının ve ilgili kriterlerin görece ağırlıklarını gösterir. Sütun 4, adaylar için puanları hesaplamaya hazır olan tüm seçim kriterlerinin nihai görece ağırlıklarını gösterir.  $C_r$  değerlerinin de kabul edilebilir tutarlılığa sahip olduğu gösterilmiştir.

**Tablo 13.** Seçim Boyutları ve Kriterlerinin Ağırlıkları

Seçim boyutları ve kriterleri	Seçim boyutu matrisinin görece ağırlığı	Dört kriter matrisinin görece ağırlığı	Her seçim kriteri için nihai ağırlık	Kriter matrisinin CR değeri
Sorumlu çalışma bölgesi ile ilgili bilgiler				
1. Güneydoğu Asya bölgesi ile ilgili çalışma deneyimi	0,16	0,5	0,08	
2. Güneydoğu Asya bölgesi ile ilgili bilinen diller		0,31	0,05	
3. Güneydoğu Asya bölgesi ile ilgili yaşam deneyimi		0,19	0,03	0,001

İş pozisyonu ile ilgili bilgiler				
4. Pozisyonla ilgili çalışma deneyimi	0,34	0,53	0,18	na
5. Pozisyonla ilgili eğitim geçmişi		0,47	0,16	
Adayın önceki çalışmasına ilişkin bilgiler				
6. Önceki pozisyonlardaki performans	0,25	0,6	0,15	na
7. Önceki üstlerden referanslar		0,4	0,1	
Mülakatlar ve diğer değerlendirmeler				
8. Yüz yüze görüşme	0,25	0,6	0,15	na
9. Değerlendirme sonuçları		0,4	0,1	
Seçim boyut matrisinin CR değeri =	0,0011			
Tüm seçim kriterlerinin toplam ağırlığı =			1	

Not: na = uygulanamaz. Denklemin sınırlaması nedeniyle iki elemanlı bir matris için CR değeri hesaplanamadı. Bununla birlikte, iki elemanlı bir matris mükemmel bir tutarlılığa sahiptir.

### Adım 8. Seçim kriterleri için kabul edilebilir tutarlılık derecesine sahip bu derecelendirmelerin göreceli ağırlıklarının hesaplanması

Adayların puanlarını hesaplamak için kullanılan bu örneğin tüm seçim kriterlerinin göreceli ağırlıkları hesaplanmıştır (Tablo 13'de gösterildiği gibi). Panel, bir başvuru havuzu arasından pozisyona seçilmek için en uygun olması beklenen üç adayla görüştü. Her bir kriter için puan verdiler (her kriter için ayrı ölçeklere dayalı olarak her kriter için 10 puan) ve her aday için nihai puanı hesapladılar. Her aday için nihai puanı hesaplama formülü aşağıda gösterilmiştir:

$$\text{Nihai puan} = 0.08(X1) + 0.05(X2) + 0.03(X3) + 0.18(X4) + 0.16(X5) + 0.15(X6) + 0.10(X7) + 0.15(X8) + 0.10(X9)$$

Burada X1 ila X9, sırasıyla kriter 1 ila 9 için bireysel ölçeklere dayalı puanlardır.

**Tablo 14.** Adaylara İlişkin Derecelendirme Sonuçları

Aday	Kriter No									Final Skor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	6	5	6	8	8	6	7	7	7	6.98
B	5	5	5	9	8	8	8	8	8	7.70
C	9	8	9	7	7	6	7	7	7	7.12

Tablo 13, her aday için derecelendirme sonuçlarını listelemektedir. Tabloda, B adayını en yüksek final puanına sahip olduğu için panel yeni pozisyon için B adayını

seçmiştir. AHS yöntemini kullanılmamış olsaydı ve ağırlıklı olmayan ortalama puanları basitçe hesaplamış olsaydı, C adayı tercih edilirdi (*ağırlıksız ortalama puan*  $A = 6.67$ ;  $B = 7.11$ ;  $C = 7.44$ ). AHS yöntemi, seçim paneline iş için doğru adayı seçme konusunda daha objektif bir yaklaşım kazandırmıştır.

### 2.3.Araştırmanın Kapsamı ve Sınırları

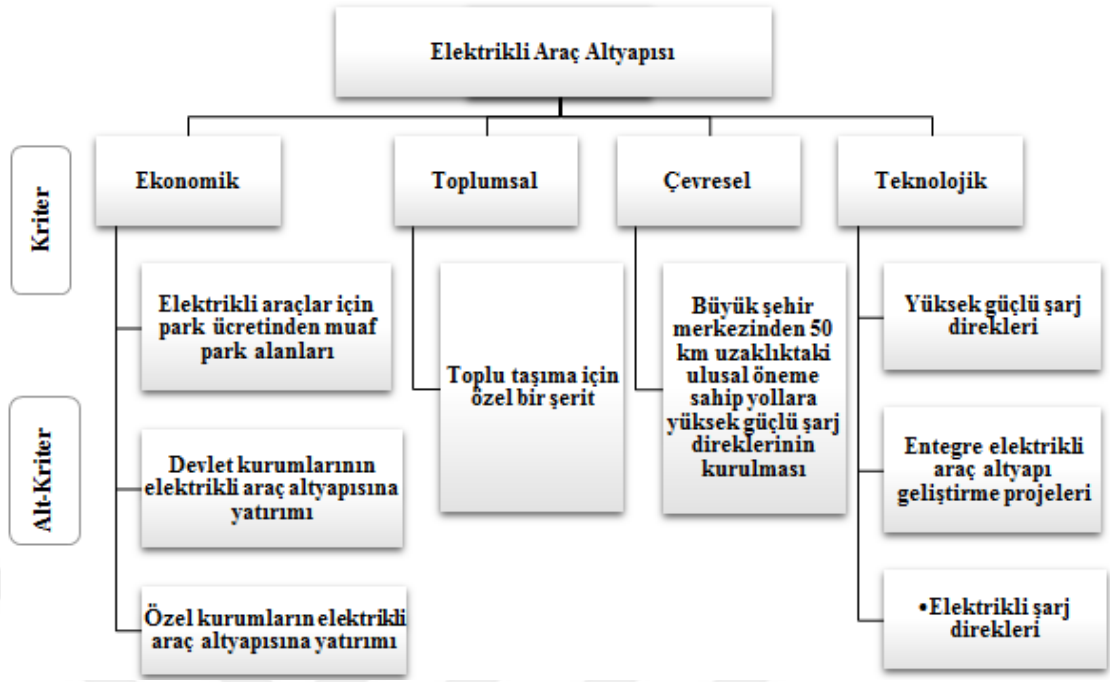
Elektrikli araç endüstrisi gelişmekte olan endüstrilerden biri olarak, çevrenin ve kaynakların korunmasında büyük öneme sahiptir. Çalışmada, enerji ve çevre arasındaki ilişkiye dayanarak otomobil endüstrisini geliştirme ve yeni ekonomik büyüme hızını artırmaya katkı sağlamak hedeflenmektedir. Elektrikli araçlar sıfır emisyonlu yeni enerji ürünleridir, kamusal altyapı ve şarj istasyonları ise elektrikli aracın gelişimi için temel gereksinimdir. Bu nedenle, elektrikli araç altyapısı ve çevresel duyarlılığı, enerji potansiyelinin ortaya çıkarılması ve yatırım açısından gelir seviyesi üzerinde doğrudan bir etki yaratacaktır.

Değerlendirme kriterleri optimal alternatifleri belirlemek için çok önemlidir. EA kullanımı için gerekli konumlandırmaların doğal özelliklerini kapsamlı bir şekilde yansıtmak için bir değerlendirme endeks sistemi oluşturmak önemlidir (Ji, Huang, & Sun, 2015). Bu çalışmada, EA çevresel duyarlılığı ve altyapısı için değerlendirme endeksi sistemi sürdürülebilirlik perspektifinden oluşturulmuştur. Bu nedenle EA için değerlendirme endeksi sistemi ekonomik, toplumsal, çevresel ve teknolojik olmak üzere dört boyutu içermektedir. Ayrıca, yukarıdaki dört kritere bağlı olan alt kriterler aşağıdaki prosedür ile belirlenmektedir: ilk olarak, elektrikli araç altyapı ve şarj istasyonuna ilişkin akademik literatürler, fizibilite araştırma raporları toplanmakta ve incelenmektedir. İkincisi, çevre, ekonomi, toplum, elektrik enerjisi sistemi ve ulaşım sistemi alanlarındaki uzmanlar, ilk değerlendirme alt kriterleri sistemini gözden geçirmektedir, daha sonra mesleki ve deneyimlerine göre hayati alt kriterleri belirlenir; son olarak, uzmanların yorumlarına göre, EA için daha az önemli alt kriterler silinmekte ve değerlendirme endeks sistemi oluşturulmaktadır.

**Tablo 15.** Şehirde Kamuya Ait Elektrikli Araç Altyapısının Gelişimini Etkileyen Faktörler

<b>Faktör</b>	<b>Boyut</b>	<b>Referans</b>
1. Toplu taşıma için ayrılmış A şeridinin elektrikli araçlar tarafından da kullanılmasına izin verilen şehirdeki sokaklar	Şehirdeki tüm sokakların bir parçası	Ulusal mevzuat
2. Elektrikli araçlar için otopark ücretinden muaf park yerleri ve alanlar	1000 kişi başına düşen park yeri sayısı	Ulusal mevzuat
3. Yüksek güçlü şarj direklerinin geliştirilmesi	1000 kişi için erişim noktası sayısı	Ulusal mevzuatta kabul edilen Avrupa Birliği mevzuatı
4. Elektrikli şarj direklerinin geliştirilmesi	1000 kişi için erişim noktası sayısı	Ulusal mevzuatta kabul edilen Avrupa Birliği mevzuatı
5. Elektrikli araçlar için altyapıya devlet kurumlarının yatırımı	1000 kişi başına Euro	Palevičius vd. (2018)
6. Elektrikli araçlar için altyapıya özel kuruluşların yatırımı	1000 kişi başına Euro	Palevičius vd. (2018)
7. Entegre elektrikli araç altyapı geliştirme projeleri	1000 kişi başına avro cinsinden erişim yollarının ve altyapısının inşaatı	Palevičius vd. (2018)
8. Büyük şehir merkezine 50 km mesafedeki ulusal öneme sahip yollarda yüksek güçlü şarj direklerinin kurulması	1000 kişi için erişim noktası sayısı	Ulusal mevzuatta kabul edilen Avrupa Birliği mevzuatı

2011 yılında, Avrupa Komisyonu tarafından Tek bir Avrupa Ulaştırma Sisteminin geliştirilmesine yönelik Avrupa Ulaştırma Politikasına ilişkin Beyaz Kitap yayınlanmıştır. 2050 yılına kadar Avrupa Komisyonu'nun ulaştırma politikası alanındaki girişimleri için bir gündem oluşturmayı hedeflemektedir. Beyaz Kitap, belgede belirtilen hedeflere ulaşmak için önümüzdeki on yıl içinde her bir Avrupa Birliği üye devleti tarafından alınacak 40 özel girişimi kapsamaktadır. Elektrikli araç kamu altyapısının gelişimini etkileyen, adı geçen Politikaya uygun olarak yukarıdaki sekiz kriter oluşturulmuştur.



Şekil 10. EA Altyapı Kriterleri

Şekil 10, bu çalışmada kullanılacak olan EA altyapısı için son değerlendirme indeks sistemini (8 alt kriter dahil) göstermektedir. EA altyapısı için ekonomi kriterlerine bağlı üç alt kriter, toplum kriterlerine bağlı bir alt kriter, çevresel kriterlere bağlı bir alt kriter, teknoloji kriterlerine bağlı üç alt kriter aşağıda özetlenmiştir.

#### Ekonomik

- **K1: Kamu Yatırımları:** Elektrikli araçlar için altyapıya devlet kurumlarının yatırımlarını ifade etmektedir.
- **K2: Park Alanları:** Elektrikli araçlar için otopark ücretinden muaf park yerleri ve alanlarını ifade etmektedir.
- **K3: Özel Kurum Yatırımları:** Elektrikli araçlar için altyapıya özel kuruluşların yatırımları ifade etmektedir.

#### Toplumsal

- **K4: EA için özel bir şerit:** Toplu taşıma için ayrılmış emniyetli bir şeridinin elektrikli araçlar tarafından da kullanılmasına izin verilen şehirlerdeki sokakları ifade eder.

#### Çevresel

- **K5: Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri:** Büyük şehir merkezinden 50 km uzaklıktaki ulusal öneme sahip yollara yüksek güçlü şarj direklerinin kurulmasını ifade etmektedir.

Teknolojik

- **K6: Yüksek güçlü şarj direkleri:** Şehirlerde yüksek güçlü şarj direklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları ifade etmektedir.
- **K7: Projeler:** Entegre elektrikli araç altyapı geliştirme projelerini ifade etmektedir.
- **K8: Elektrikli şarj direkleri:** Şehirlerde elektrikli şarj direklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları ifade etmektedir.

#### **2.4.Verilerin Toplanması ve Analizi**

Şehirdeki elektrikli araçların kamu altyapısının gelişimini etkileyen sekiz faktörün bir listesi, bu çalışmanın yazarı tarafından uzman inceleme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur ve ilgili bakanlıklarda görev yapan ulaştırma, yol ve inşaat mühendisleri, enerji ve çevre alanındaki araştırmacılardan oluşan bir grup uzmana danışılarak gerçekleştirilmektedir. 10 yıldan az olmayan iş deneyimlerinin süresine, bölüm başkanlığından daha az olmayan pozisyonlara ve yüksek lisanstan daha az olmayan akademik derecelerine göre seçilmişlerdir. Seçilen uzmanlara EK 1’ de yer alan anket uygulanarak veriler toplanmıştır. Aynı zamanda çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak toplanan veriler analiz edilmiştir.

# ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1.Bulgular

Elektrikli araçların çevresel duyarlılığının ve kamu altyapısının incelenmesi üzerine 6 uzman ile yapılan anket çalışmalarında ulaşılan karşılaştırmalı matris, normalleştirilmiş ağırlıklar, tutarlılık analizi ve kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Kriterlerin göreceli önceliklerini hesaplamak üzere 6 uzmana ait karşılaştırmalı matris Tablo 16’da gösterilmektedir. Seçim problemi ile ilgili olarak, tüm karşılaştırma matrislerinin kabul edilebilir tutarlılığa sahip olması gerekmektedir. Bu anketlerin kabul edilebilir tutarlılığa sahip olduğu birden fazla anket varsa, daha sonra her bir hiyerarşi düzeyindeki öğelerin ağırlığına ilişkin birleşik yargıları elde etmek için bir araya getirilmektedir. Daha önce kullanılabilir anket olmaması veya daha fazla kullanılabilir anket gerektiren araştırma gibi bazı durumlarda, “döngü” prosedürlerinin uygulanması gerektiği Şekil 8’de gösterilmiştir.

**Tablo 16.** Karşılaştırmalı Matris (1-6 Uzman)

U1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,00	7,00	3,00	1,00	9,00	5,00	3,00	5,00
K2	0,14	1,00	0,33	0,14	0,33	0,20	0,11	0,20
K3	0,33	3,00	1,00	0,11	3,00	1,00	1,00	1,00
K4	1,00	7,00	9,00	1,00	5,00	1,00	5,00	3,00
K5	0,11	3,00	0,33	0,20	1,00	0,11	0,33	0,14
K6	0,20	5,00	1,00	1,00	9,00	1,00	3,00	3,00
K7	0,33	9,00	1,00	0,20	3,00	0,33	1,00	1,00
K8	0,20	5,00	1,00	0,33	7,00	0,33	1,00	1,00
U2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,00	9,00	5,00	1,00	9,00	9,00	9,00	9,00
K2	0,11	1,00	1,00	0,11	0,33	0,33	0,20	1,00
K3	0,20	1,00	1,00	0,20	0,20	0,33	1,00	0,20
K4	1,00	9,00	5,00	1,00	7,00	9,00	9,00	7,00
K5	0,11	3,00	5,00	0,14	1,00	1,00	1,00	1,00
K6	0,11	3,00	3,00	0,11	1,00	1,00	1,00	1,00
K7	0,11	5,00	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00	1,00
K8	0,11	1,00	5,00	0,14	1,00	1,00	1,00	1,00
U3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,00	1,00	0,20	0,14	3,00	3,00	1,00	1,00
K2	1,00	1,00	0,11	0,14	0,14	0,33	0,20	0,20
K3	5,00	9,00	1,00	1,00	7,00	9,00	7,00	5,00
K4	7,00	7,00	1,00	1,00	9,00	7,00	7,00	9,00
K5	0,33	7,00	0,14	0,11	1,00	3,00	1,00	1,00

**Tablo 16.** Karşılaştırmalı Matris (1-6 Uzman) (Devami)

<b>K6</b>	0,33	3,00	0,11	0,14	0,33	1,00	1,00	0,33
<b>K7</b>	1,00	5,00	0,14	0,14	1,00	1,00	1,00	0,33
<b>K8</b>	1,00	5,00	0,20	0,11	1,00	3,00	3,00	1,00
<b>U4</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	1,00	9,00	7,00	1,00	9,00	7,00	9,00	5,00
<b>K2</b>	0,11	1,00	1,00	0,14	0,33	0,11	1,00	0,33
<b>K3</b>	0,14	1,00	1,00	0,11	1,00	0,33	1,00	0,33
<b>K4</b>	1,00	7,00	9,00	1,00	9,00	5,00	9,00	9,00
<b>K5</b>	0,11	3,00	1,00	0,11	1,00	0,11	1,00	0,11
<b>K6</b>	0,14	9,00	3,00	0,20	9,00	1,00	1,00	1,00
<b>K7</b>	0,11	1,00	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00	0,33
<b>K8</b>	0,20	3,00	3,00	0,11	9,00	1,00	3,00	1,00
<b>U5</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	1,00	7,00	9,00	1,00	7,00	7,00	3,00	9,00
<b>K2</b>	0,14	1,00	1,00	0,14	0,20	1,00	0,33	1,00
<b>K3</b>	0,11	1,00	1,00	0,14	1,00	1,00	0,20	1,00
<b>K4</b>	1,00	7,00	7,00	1,00	7,00	9,00	3,00	9,00
<b>K5</b>	0,14	5,00	1,00	0,14	1,00	1,00	0,20	1,00
<b>K6</b>	0,14	1,00	1,00	0,11	1,00	1,00	0,20	1,00
<b>K7</b>	0,33	3,00	5,00	0,33	5,00	5,00	1,00	9,00
<b>K8</b>	0,11	1,00	1,00	0,11	1,00	1,00	0,11	1,00
<b>U6</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	1,00	7,00	1,00	9,00	7,00	9,00	0,14	5,00
<b>K2</b>	0,14	1,00	1,00	5,00	5,00	7,00	0,20	1,00
<b>K3</b>	1,00	1,00	1,00	9,00	7,00	9,00	0,20	3,00
<b>K4</b>	0,11	0,20	0,11	1,00	1,00	1,00	0,11	0,33
<b>K5</b>	0,14	0,20	0,14	1,00	1,00	3,00	0,14	1,00
<b>K6</b>	0,11	0,14	0,11	1,00	0,33	1,00	0,11	0,14
<b>K7</b>	7,00	5,00	5,00	9,00	7,00	9,00	1,00	9,00
<b>K8</b>	0,20	1,00	0,33	3,00	1,00	7,00	0,11	1,00

U1: Uzman1vb.

K1: Kriter1 vb.

**Tablo 17.** Normalize Matris

<b>U1</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	0,30	0,18	0,18	0,25	0,24	0,56	0,21	0,35
<b>K2</b>	0,04	0,03	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01
<b>K3</b>	0,10	0,08	0,06	0,03	0,08	0,11	0,07	0,07
<b>K4</b>	0,30	0,18	0,54	0,25	0,13	0,11	0,35	0,21
<b>K5</b>	0,03	0,08	0,02	0,05	0,03	0,01	0,02	0,01
<b>K6</b>	0,06	0,13	0,06	0,25	0,24	0,11	0,21	0,21
<b>K7</b>	0,10	0,23	0,06	0,05	0,08	0,04	0,07	0,07
<b>K8</b>	0,06	0,13	0,06	0,08	0,19	0,04	0,07	0,07
<b>U2</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	0,36	0,28	0,19	0,35	0,44	0,40	0,39	0,42
<b>K2</b>	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,05
<b>K3</b>	0,07	0,03	0,04	0,07	0,01	0,01	0,04	0,01
<b>K4</b>	0,36	0,28	0,19	0,35	0,34	0,40	0,39	0,33
<b>K5</b>	0,04	0,09	0,19	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>K6</b>	0,04	0,09	0,12	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>K7</b>	0,04	0,16	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>K8</b>	0,04	0,03	0,19	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>U3</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>

**Tablo 17.** Normalize Matris (Devamı)

<b>K1</b>	0,06	0,03	0,07	0,05	0,13	0,11	0,05	0,06
<b>K2</b>	0,06	0,03	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>K3</b>	0,30	0,24	0,34	0,36	0,31	0,33	0,33	0,28
<b>K4</b>	0,42	0,18	0,34	0,36	0,40	0,26	0,33	0,50
<b>K5</b>	0,02	0,18	0,05	0,04	0,04	0,11	0,05	0,06
<b>K6</b>	0,02	0,08	0,04	0,05	0,01	0,04	0,05	0,02
<b>K7</b>	0,06	0,13	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,02
<b>K8</b>	0,06	0,13	0,07	0,04	0,04	0,11	0,14	0,06
<b>U4</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	0,35	0,26	0,27	0,36	0,23	0,45	0,35	0,29
<b>K2</b>	0,04	0,03	0,04	0,05	0,01	0,01	0,04	0,02
<b>K3</b>	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02
<b>K4</b>	0,35	0,21	0,35	0,36	0,23	0,32	0,35	0,53
<b>K5</b>	0,04	0,09	0,04	0,04	0,03	0,01	0,04	0,01
<b>K6</b>	0,05	0,26	0,12	0,07	0,23	0,06	0,04	0,06
<b>K7</b>	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,02
<b>K8</b>	0,07	0,09	0,12	0,04	0,23	0,06	0,12	0,06
<b>U5</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	0,34	0,27	0,35	0,34	0,30	0,27	0,37	0,28
<b>K2</b>	0,05	0,04	0,04	0,05	0,01	0,04	0,04	0,03
<b>K3</b>	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	0,03
<b>K4</b>	0,34	0,27	0,27	0,34	0,30	0,35	0,37	0,28
<b>K5</b>	0,05	0,19	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	0,03
<b>K6</b>	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03
<b>K7</b>	0,11	0,12	0,19	0,11	0,22	0,19	0,12	0,28
<b>K8</b>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,01	0,03
<b>U6</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>
<b>K1</b>	0,10	0,45	0,11	0,24	0,24	0,20	0,07	0,24
<b>K2</b>	0,01	0,06	0,11	0,13	0,17	0,15	0,10	0,05
<b>K3</b>	0,10	0,06	0,11	0,24	0,24	0,20	0,10	0,15
<b>K4</b>	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,06	0,02
<b>K5</b>	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,07	0,07	0,05
<b>K6</b>	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,06	0,01
<b>K7</b>	0,72	0,32	0,57	0,24	0,24	0,20	0,50	0,44
<b>K8</b>	0,02	0,06	0,04	0,08	0,03	0,15	0,06	0,05

**Tablo 18.** Tutarlılık Dereceleri (CR)

Uzman1	0,09891
Uzman2	0,09163
Uzman3	0,10682
Uzman4	0,10948
Uzman5	0,04816
Uzman6	0,10876

Yukarıda daha önce belirtildiği gibi anket uygulanırken uygulanan kişi soruları cevaplarken bazen tutarsız yanıtlar verebilmektedir, bu nedenle AHS'nin önemli görevlerinden biri de tahmin edilen vektörün tutarlılık düzeyini hesaplamaktır.

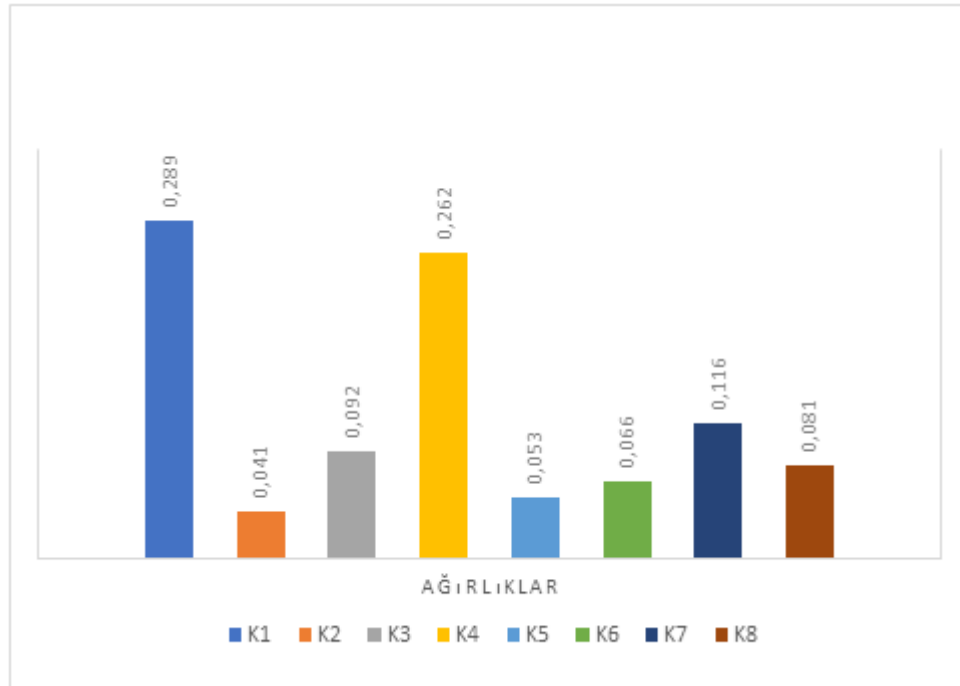
Tutarlılık oranı (CR), ikili karşılaştırmadaki tutarlılığı ölçmek için kullanılır. Çalışma için uygulanan 9 anketten 3'ü tutarlılık düzeyini sağlamadığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Tablo 18'de görüldüğü gibi 6 uzmana ait anketler tutarlılık düzeyini sağladığı için kriter ağırlıklandırma aşamasına dahil edilmiştir.

**Tablo 19.** Kriter Ağırlıkları

KRİTER	Ağırlıklar	Sıralama
Kamu Yatırımları	0,289	1
Park Alanları	0,041	8
Özel Kurum Yatırımları	0,092	4
EA için özel bir şerit	0,262	2
Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri	0,053	7
Yüksek güçlü şarj direkleri	0,066	6
Projeler	0,116	3
Elektrikli şarj direkleri	0,081	5

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Çözümlerin detaylı incelenmesinden sonra kriterlere göre elde edilen sonuçlar Tablo 19 ve Şekil 11'de verilmiştir. Görüldüğü gibi uzman incelemelerine göre elektrikli araçların çevresel duyarlılık ve kamu altyapısını en çok (K1: 0,289) elektrikli araçlar için devlet kurumlarının yatırımları kriterinin etkilediği görülmektedir. Toplu taşıma için ayrılmış emniyetli bir şeridinin elektrikli araçlar tarafından da kullanılmasına izin verilen şehirlerdeki sokaklar (K4: 0,262), entegre elektrikli araç altyapı geliştirme projeleri (K7: 0,116), elektrikli araçlar için altyapıya özel kuruluşların yatırımları (K3: 0,092), şehirlerde elektrikli şarj direklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar (K8: 0,081), şehirlerde yüksek güçlü şarj direklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar (K6: 0,066), büyük şehir merkezinden 50 km uzaklıktaki ulusal öneme sahip yollara yüksek güçlü şarj direklerinin kurulması (K5: 0,053) ve elektrikli araçlar için otopark ücretinden muaf park yerleri ve alanları (K2: 0,041) kriterleri sırasıyla son konumdadır. Dolayısıyla elektrikli araç çevresel duyarlılık ve kamu altyapısını etkileyen en önemli faktörler kamu yatırımları ve EA için özel bir şerit kriterleridir.



Şekil 11. Kriter Ağırlıkları

Uzman görüşleri doğrultusunda kamu yatırımları, özel kurum yatırımları, EA için özel bir şerit gibi kriterler altyapının oluşturulmasında büyük öneme sahiptir. Anket görüşmeleri esnasında yapılan yorumlar da dikkate alındığında kamu, özel kurum yatırımı ya da bu konuya yönelik projeler geliştirilmeden park alanlarının önem taşımayacağı belirtilmiştir.

Kamu kapsamında ifade edilen devlet kurumlarının yatırımları en önemli düzeye sahip kriterdir. Türkiye’de Anadolu Grubu, BMC, Turkcell, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Zorlu Grubu ortaklığında Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG) adı altında 2018’de elektrikli otomobil üretimi girişimi başlatılmıştır. Dönem Sanayi ve Teknoloji Bakanı aracın minimum yüzde 51 yerlilik oranıyla piyasaya çıkacağını ve bu oranın 2025'te minimum yüzde 65 yerliliği yakalayacağı hedefini belirtmiştir. Dolayısıyla özel ve devlet kurumları yatırımları başlatmış, iş birliği içerisinde sürece katkı sağlamaktadır.

Toplu taşıma için ayrılmış emniyetli bir şeridin elektrikli araçlar tarafından da kullanılmasına izin verilmesi kriteri ise ağırlık düzeyi olarak ikinci sırada yer almaktadır. Buna bağlı olarak mevcut durum incelendiğinde Türkiye’de sadece İstanbul’da metrobüs hattı için oluşturulmuş özel bir şerit bulunmaktadır, fakat bu hattın güvenlik bakımından elektrikli araçlara kullanılması durumu söz konusu değildir. Şehir içine yeni bir özel şerit oluşturulması ise İstanbul’da bulunan trafik yoğunluğunu artıracığından, şehirlerarası kullanılan yollarda pilot denemeler yapılması fayda sağlayacaktır. Yukarıda belirtildiği gibi Türkiye’de herhangi bir toplu taşıma için ayrılmış özel şeride sahip şehir bulunmamaktadır. Dolayısıyla elektrikli araçlar yatırımlar ile yaygınlaştırıldığında şerit için altyapının yeniden oluşturulması gerekmektedir.

Ulusal öneme sahip yollarda şarj direkleri, yüksek güçlü şarj direkleri, elektrikli şarj direkleri gibi kriterler genelde aynı kategoride değerlendirilmiştir. Mevcut durumda belirtilen şarj direkleri sadece nüfus yoğunluğu en yüksek 4- 5 ilde yer almakta, altyapının geliştirilmesi bakımından şarj direklerinin yatırımlar ile artırılması gerekmektedir. Şarj istasyonlarındaki bölgesel yoğunluğun illerdeki elektrikli araç satışı ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Şarj istasyonlarının yetersizliği nedeni ile araç satışının az ya da hiç yapıldığı illere yatırım ve projeler ile

şarj direkleri kurulmalıdır. Böylece altyapının gelişimi ile elektrikli araç kullanımı oranı artacak, çevreye karşı duyarlılık çevre kirliliği, karbon salınımı vb. gibi olumsuz taşıt etkileri de giderilecektir.

Çalışma sonucunda ortaya çıkan en yüksek ağırlığa sahip kriter kamu yatırımları idi, Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı kamu yatırımlarının sektörlere göre dağılımına bakıldığında son dört yılda yüzde 20 ile 30 arasında bir oran ile en yüksek paya ulaştırma sektörü sahiptir. Dolayısıyla gelişmişlik düzeyi arttıkça kamu ulaştırma altyapı yatırımları daha çok teknolojik alanlara kanalize edilecek, böylece elektrikli araçların şu an mevcutta bulunmayan birçok altyapı eksikliği giderilecektir.

Nüfus yoğunluğu en yüksek olan ilk 3 ile bakıldığında kamu yatırımları artırılarak devam etmekte, özel yatırımlar daha çok şarj istasyonları olarak karşımıza çıkmaktadır. Elektrikli araç park alanı kriterine bakıldığında bahsi geçen büyük illerde dahi bulunmamaktadır. Çalışma neticesinde ise park alanlarının önem düzeyi en son sıradadır. Özellikle büyük şehirlerde ciddi bir problem olan park alanları konusunda da elektrikli araçlara ayrılmış belirli bir park alanının oluşturulması gereklidir. Elektrikli araçlar için elzem olan özel bir şerit belirli ülkelerde bulunmasına rağmen ülkemizde mevcut değildir ve geleceğin ulaşım kaynağı olacak olan bu araçlar için özel bir şeridin oluşturulması gerekmektedir.

Ülkemizde özellikle şarj istasyonları konusunda özel kurumların çeşitli yatırımları bulunsa da genel anlamda yatırımlar ve geliştirilmesi öngörülen projeler açısından oldukça geride kalmış bulunmaktadır ve gerekli yatırımların yapılması büyük bir önem arz etmektedir. Ülkeler bazında bakıldığında da elektrikli araçların yüksek güçle şarj edilebilmesi için en önemli etkenlerden birinin elektrik üretimi olduğu görülmektedir. Aynı anda çok fazla aracın şarj edilebilmesi için birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de ciddi bir elektrik altyapısının oluşturulması gerekmektedir. Mevcut durumda teşvik edilmeye çalışılan sıfır emisyonlu elektrikli araçlar için vergi oranlarında iyileştirme yapılması ve ilk alım ücretlerindeki yüksek miktarların düşürülmesi kullanıcılar tarafından büyük bir öneme sahiptir.

Sonuç olarak şarj istasyonlarının yoğun bulunduğu bölgelerde özel şeritlerin pilot olarak denenmesi önerilmektedir. Ülkemizde geliştirilmesi planlanan ve

alışmalarına başlanan lityum iyon bataryalar kamunun daha büyük desteği ile hızlandırılmalıdır. Geliştirilecek olan bataryalar ülkemizde üretimine başlanılan elektrikli araç için büyük bir avantaj sağlamaktadır. Dolayısıyla dışa bağımlılık azalacak, aynı zamanda milli gelir elde edilecektir. Bir sonraki aşamada ise yeni kriterler önem düzeyine göre eklenebilir, Türkiye ya da gelişmiş ülkelerden alternatifler belirlenerek literatüre yeni katkılar da bulunulabilir.



## KAYNAKÇA

- Agata, Mesjasz-Lech (2011). Forecasting of Demand for Direct Production Materials as the Element of Supply Logistics of Thermal Power Plants”. *LogForum* 7(2): 51-61
- Ahmadian Ehsan, Byrd Hugh, Sodagar Behzad, Matthewman Steve, Kenney Christine & Mills Glen (2018). “Energy and the Form of Cities: the Counterintuitive Impact of Disruptive Technologies”. *Architectural Science Review*, 62(2): 145–151.
- Aydın Metin Mutlu, Çakmak Recep ve Yıldırım Mehmet Sinan (2018). “Şehirçi Otoparklarda Elektrikli Araç (EA) Şarj İstasyonlarının Kurulumu için Gerekli Tasarım Aşamalarının Belirlenmesi”. *International Congress on Energy and Architecture*, 900-915.
- Bellis, Marry (2019). “Thought Co”. Erişim Tarihi: 19 Haziran 2022. <https://www.thoughtco.com/history-of-electric-vehicles-1991603>.
- Birer, Gürkan Caner (2020). “Elektrikli Araçlar”. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 30-45.
- Bitsche Otmar & Gutmann Guenter (2004). “Systems for Hybrid Cars”. *Journal of Power Sources*, 8-15.
- BNEF (2018). *Electric Vehicle Outlook: 2018*. London: Bloomberg New Energy Finance.
- Bolat Hür Bersam, Bayraktar Demet, Öztürk Merve ve Turan Neslihan (2011). “A Model Proposal for the Vehicle Routing Problem in the Green Logistics Chain”. *XI. Within the Production Research Symposium*. 536–548
- Burchfield Marcy, Overman Henry, Puga Diego & Turner Matthew (2006). “Causes of Sprawl: A Portrait From Space”. *The Quarterly Journal of Economics*, 121(2): 587–633.
- Cabala, Pawel (2010). “Using the Analytic Hierarchy Process in Evaluating Decision Alternatives”. *Operations Research and Decisions*, 5-23.

- Cameron Allen & Stuart Clouth (2012). *A Guide Book to the Green Economy; Issue 1: Green Economy, Green Growth, and Low-Carbon Development – History, Definitions and A Guide to Recent Publications*. New York: UN Division for Sustainable Development.
- Chan, C.C. & Chau, K.T. (2001) *Modern Electric Vehicle Technology*, Oxford: Oxford University Press.
- Chan, C.C. (2002). “The State of the Art of Electric and Hybrid Vehicles”. *Proceedings of the IEEE*, 247-275.
- Chan, C.C. (2013). “The Rise & Fall of Electric Vehicles in 1828–1930: Lessons Learned”. *Proceedings of the IEEE*, 206-212.
- Chang Da-Yong (1996). “Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP”. *European Journal of Operational Research*, 95(3): 649-655.
- Chau, K.T. (2010). “Hybrid Vehicle in Ramadhas”. (Ed. A.S.). *Alternative Fuels for Transportation*. Boca Raton: CRC Press. 361–391.
- Chau, K.T. (2014). “Pure Electric Vehicles”. in Folkson R. (Ed.). *Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance: Towards Zero Carbon Transportation*. Elsevier: Woodhead Publishing. 655–684.
- Chehab Zakaria, Serrao Lorenzo, Guezennec Yann & Rizzoni Giorgio (2006). “Aging Characterization of Nickel: Metal Hydride Batteries Using Electrochemical Impedance Spectroscopy”. *ASME 2006 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 343-349.
- Cheng Eddie & Li Heng (2001). "Analytic Hierarchy Process: An Approach to Determine Measures for Business Performance". *Measuring Business Excellence*, 5(3): 30-37.
- Civlez Meltem ve Kasımay Zeynep İrem (2018). “Elektrikli Araçlar”. *Dünya Enerji Konseyi, YET*, 1-19.

- Clarke, Sean (2017, Aralık 21). How Green are Electric Cars? The *Guardian*, Retrieved from. <https://www.theguardian.com/football/ng-interactive/2017/dec/25/how-green-are-electric-cars>.
- Crowe Thomas, Noble James & Machimada Jeevan (1998). "Multi-attribute analysis of ISO 9000 registration using AHP", *International Journal of Quality & Reliability Management*, 15(2): 205-22.
- ÇŞB (2005). Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. *Resmî Gazete*, Tarih: 14.03.2005, Syı: 25755.
- ÇŞB (2022). Elektrikli Taşıt Sarj Sistemi Tesisatı Genel Teknik Şartnamesi. *Resmî Gazete*, Tarih: 15.06.2022, Sayı: 31867.
- Davis Diane E. & Sevtsuk Andres (2019). "Future of Streets". (Ed. L. D'Acci). *The Mathematics of Urban Morphology. Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology* In. Cham: Birkh Auser. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-12381-9\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12381-9_29).
- DEKTMK. (2018). *Elektrikli Araçlar*. Dünya Enerji Komitesi Türk Milli Komitesi. Erişim Tarihi: 19 Haziran 2022. <https://www.dunyaenerji.org.tr/elektrikli-araclar/>.
- Douris, Constance (2017). *Electric Vehicle-To-Grid Services Can Feed. Stabilize Power Supply*. Forbes.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi-DEKTMK (2018). "Elektrikli Araçlar". Erişim Tarihi: 15 Haziran 2022. <https://www.dunyaenerji.org.tr/elektrikli-araclar/>
- Efendigil Tuğba, Ömüt Semih ve Kongar Elif (2008). "A Holistic Approach for Selecting A Third-Party Reverse Logistics Provider in the Presence of Vagueness". *Computers & Industrial Engineering*, 54(2): 269-287.
- Enerji Enstitüsü (2017). "Tesla'dan Türkiye için Yakında 10 Yeni Supercharger İstasyonu". Erişim Tarihi: 27 Haziran 2022. <https://enerjiensitüsü.org/2017/05/04/tesladanturkiye-icin-yakinda-10-yeni-supercharger-istasyonu/>



CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF%21%21/ahptutorial%20%281%29.pdf

Hacker Florian, Harthan Ralph, Matthes Felix & Zimmer Wiebke (2009), *Environmental Impacts and Impact on the Electricity Market of A Large Scale Introduction of Electric Cars in Europe: Critical Review of Literature*, ETC/ACC Technical Paper 2009/4. Netherlands: the European Topic Centre on Air and Climate Change, Bilthoven.

Halkos George & Skouloudis Antonis (2018). "Corporate Social Responsibility and Innovative Capacity: Intersection in A Macro-Level Perspective". *J. Clean. Prod.* 182: 291e300

Hassini Elkafi, Surti Chirag & Searcy Cory (2012). "A Literature Review and A Case Study of Sustainable Supply Chains With A Focus on Metrics". *Int. J. Prod. Econ.* 140(1): 69e82.

IEA (2018). *Global EV Outlook 2018: Towards Cross-Modal Electrification*. Paris: International Energy Agency.

International Energy Agency (2008). *Key Energy Statistics*. Paris: OECD/IEA.

Ittmann, Hans (2011). *Green Supply Chains – A New Priority for Supply Chain Managers CSIR Built Environment*.

Ji Yao, Guo H. Huang & Wei Sun (2015). "Risk Assessment of Hydropower Stations Through An Integrated Fuzzy Entropy-Weight Multiple Criteria Decision Making Method: A Case Study of the Xiangxi River". *Expert Systems with Applications*, 42(12): 5380-5389.

Canada John R. & William G. Sullivan (1989). *Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems*. NJ: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Karaca, Şükran (2013). "Elik Investigation of Consumers Attitudes Towards Green Products İncel". *Ege Academic Review*, 13(1): 99–111.

- Kerem, Alper (2014). “Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri”. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1-13.
- Kirti Richa, Callie W. Babbitt, Gabrielle Gaustad & Xue Wang (2014). “A Future Perspective on Lithium-Ion Battery Waste Flows From Electric Vehicles. Resources”. *Conservation and Recycling*, 83: 63–76.
- Larcher Dominique & Tarascon Jean Marie (2015). “Towards Greener and More Sustainable Batteries for Electric Energy Storage”. *Nature Chemistry*, 7, 19–29.
- Larminie James & Lowry John (2003). *Electric Vehicle Technology Explained*. England: John Wiley & Sons Ltd. Publication.
- Lee Su Yol & Klassen Robert D. (2008). Drivers and Enablers That Foster Environmental Management Capabilities in Small- and Medium- Sized Suppliers in Supply Chains”. *Production and Operations Management Society*, 17(6): 573-586.
- Leitman Seth & Brant Bob (2008). *Build Your Own Electric Vehicle*. USA: the McGraw-Hill Companies Second Edition.
- Nelson Paul, Amine Khalil & Rousseau Aymeric (2007). “Advanced Lithium-Ion Batteries for Plug-in Hybrid-Electric Vehicles”. Argonne National Laboratory. Erişim Tarihi: 20 Haziran 2022. [www.transportation.anl.gov/pdfs/HV/461.pdf](http://www.transportation.anl.gov/pdfs/HV/461.pdf).
- Nelson, Paul (2007). “Advanced Lithium-Ion Batteriesfor Plug-in Hybrid-Electric Vehicles”. *Argonne National Laboratory*, 1-18.
- Notter Dominic, Gauch Marcel, Widmer Rolf, Wäger Patrick, Stamp Anna, Zah Rainer & Althaus Hans-Jörg (2010). “Contribution of Li-ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles”. *Environmental Science & Technology*, 44: 6550–6556.
- Nowakowska-Grunt, Joanna (2008). “Impact of Lean Management on Logistics Infrastructure in Enterprises”. *Advanced Logistic systems*, 2(1): 71-74

- Özbay Harun, Közkurt Cemil, Dalcalı Adem ve Tektaş Mehmet (2020). “Geleceğin Ulaşım Tercihi: Elektrikli Araçlar”. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 34-50.
- Piecyk Maja & McKinnon Alan (2010). “Forecasting the Carbon Footprint of Road Freight Transport in 2020”. *International Journal of Production Economics*, 128(1): 31–42.
- Pilotcar (2021). “Elektrikli Araçların Çevreye Katkıları Nedir Nasıldır”. Erişim Tarihi: 12 Haziran 2022. <https://pilotcar.com.tr/blog/elektrikli-araclarin-cevreye-katkilari-nedir-nasildir>.
- Prakash Chandra & Barua Mukesh Kumar (2015). “Integration of AHP-TOPSIS Method for Prioritizing the Solutions of Reverse Logistics Adoption to Overcome Its Barriers Under Fuzzy Environment”. *Journal of Manufacturing Systems*, (37): 599-615.
- Ramoni Monsuru Olalekan & Hong-Chao Zhang (2013). “End-of-Life (EOL) Issues and Options for Electric Vehicle Batteries”. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 881-891.
- Rao Zhonghao & Wang Shuangfeng (2011). “A Review of Power Battery Thermal Energy Management”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9): 4554–4571.
- Rodrigue Jean-Paul, Slack Brian & Comtois Claude (2001). “Green Logistics”. (Ed. A. M. Brewer, K. J. Button & D. A. Hensher). *Handbook of Logistics and Supply-Chain Management* In. Pergamon, 339-350.
- Saaty, Thomas L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, Thomas L. (1994). “How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process”, *Interfaces*, 24(6): 19-43.
- Sadeghi-Barzani Payam, Rajabi-Ghahnavieh Abbas & Kazemi-Karegar Hosein (2014). “Optimal Fast Charging Station Placing and Sizing”. *Applied Energy*, (125): 289-299.

- Sar Khan Dong, Qian-li Yu Zhang (2016). Research on the Measuring Performance of Green Supply Chain Management: in the Perspective of China”. *Journal of Engineering Research in Africa*, 27: 167e178.
- Sayın Ali Abdullah ve Yüksel İbrahim (2011). “Elektrikli Renault Fluence Aracı,Lityum İyon Bataryasının Modellenmesi ve Batarya Yönetimi”. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 52(615): 75-82.
- Sbihi Abdelkader & Eglese Richard (2007). *The Relationship Between Vehicle Routing and Scheduling and Green Logistics - A Literature Survey*. Lancaster University: the Department of Management Science.
- Seroka-Stolka Oksana & Ociepa-Kubicka Agnieszka (2019). “Green Logistics and Circular Economy”. *Transportation Research Procedia*, 39: 471-479, ISSN 2352-1465, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.049>.
- Sezen Bülent ve İşler Ali Ulvi (2017). “Elektrikli Araçların Mevcut Durumu, Tercih Edilme ve Edilmeme Sebepleri”. *Turkish Journal of Marketing*, 82-103.
- Singh Madan (2013). “Green Energy for Metropolitan Transport. *International Journal on Power Engineering and Energy (IJPEE)*: 338-342.
- Sun, Chia-Chi (2010). “A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods”. *Expert Systems with Applications*, 37(12): 7745-7754.
- Şenlik, İrfan (2015). “Uyuyan Devrim: Elektrikli Araçlar”. *Elektik Mühendisliği Dergisi*, 64-67.
- Taha Emin, Tokur İzzet ve Gülbahar Ferhat (2016). *Sustainability in Logistics Sector Yeşil Lojistik*, İstanbul: MÜSİAD.
- TEHAD (2019). “Türkiye’deki Şarj İstasyonu Sayısı Elektrikli Otomobili Yakaladı”. Erişim Tarihi: 19 Mayıs 2022. <http://tehad.org/2019/03/25/turkiyedeki-sarj-istasyonu-sayisi-elektrikli-otomobili-yakaladi/>
- Temizel, Ömür (2021). “Günümüzün Yeni Trendi Çevreye Duyarlı Elektrikli Araçlar”. Erişim Tarihi: 11 Haziran 2022. <https://www.cevremuhendisligi.org/index.php/sss/sss-iklim-degisikligi/87->

haberler/yazar-ot/1573-gunumuzun-yeni-trendi-cevreye-duyarli-elektrikli-araclar.

Tessum Christopher W., Hill Jason D. & Marshall Julian D. (2014). “Life Cycle Air Quality Impacts of Conventional and Alternative Light-Duty Transportation in the United States”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(52): 18490–18495.

Tıwarı Sandeep, Tripathı Durgesh Manı, Srıvastava Upasana & P.K. Yadav (2011). “Green marketing – Emerging Dimensions”. *Journal of Business Excellence*, 2(1): 18–23.

Ticaret Bakanlığı (2021). *Yeşil Mutabakat Eylem Planı*. Ankara: Ticaret Bakanlığı.

TUİK (2020). “Motorlu Kara Taşıtları”. Erişim Tarihi: 25 Haziran 2022. <http://www.tuik.gov.tr/OncekiHBArama.do>

TUİK (2020). “Ulaştırma İstatistikleri”. Erişim Tarihi: 23 Haziran 2022. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1051](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1051).

Türker, Yunus Emre (2020). *İşletmelerde Yeşil Lojistiğe İlişkin Tutum ile Yeşil Lojistik Uygulamaları Kullanımı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*. İstanbul Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Ünlü Namık, Karahan Şeyma, Tür Okan, Uçarol Hamdi, Özsu Eren, Yazar Azmi, Turhan Levent, Akgün Fehmi ve Tırıs Mustafa (2003). *Elektrikli Araçlar*. Gebze-Kocaeli: TÜBİTAK – Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü.

van Vliet Oscar, Brouwer Anne Sjoerd, Kuramochi Takeshi, van den Broek Machteld & Faaij André (2011). “Energy Use, Cost and CO2 Emissions of Electric Cars”. *Journal of Power Sources*, 196: 2298–2310.

Vandervell, Andy (2017). “What is a Solid-State Battery? the Benefits Explained”. Erişim Tarihi: 19 Haziran 2022. <https://www.wired.co.uk/article/what-is-solid-state-battery-toyota-dyson>.

Vandervell, Andy (2017). “Wired”. Erişim Tarihi: 19 Haziran 2022. <https://www.wired.co.uk/article/what-issolid-state-battery-toyota-dyson>.

- Wong, Tien Y. (2013) the *Eye and Diabetes*. Henry Stewart Talks, Item Citation.
- Yang Fan, Xie Yuanyuan, Deng Yelin & Yua Chris (2018). “Predictive Modeling of Battery Degradation and Greenhouse Gas Emissions Form U.S. State-Level Electric Vehicle Operation”. *Nature Communications*, 9: 24-29.
- Yang Jiaqin & Lee Huei (1997). “An AHP Decision Model for Facility Location Selection”. *Facilities*, 15(9/10): 241-54.
- Yazıcı Vehbi ve Özdemir Engin (2013). “Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri”. *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*. Kocaeli. 288-292.
- Zachary A. Needell, Mc Nerney James, Chang Michael T. & Trancik Jessika E. (2016). Potential for Widespread Electrification of Personal Vehicle Travel in the United States. *Nature Energy*, 1: 16112.
- Zheng Liwen & Zhang Juan (2010). “Research on Green Logistics System Based on Circular Economy”. *Asian Social Science*, 6(11): 116.

## EKLER

### EK 1: Anket Formu

<b>ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ÇEVRESEL DUYARLILIĞININ VE KAMU ALTYAPISININ İNCELENMESİ</b>										
<p>"Aşağıdaki değerlendirmelerde, elektrikli araç çevresel duyarlılık ve kamu altyapısının incelenmesinde kullanılan kriterlerin önemini göz önünde bulundurarak, soldaki kriterleri sağdaki ilgili kriterlere göre düşününüz. Lütfen yalnızca daha önemli olduğunu düşündüğünüz taraftaki kriterleri seçin ve 3-9 arasındaki katsayıyı kullanarak önem düzeyine karar veriniz. Her iki kriterin de eşit derecede önemli olduğunu düşünüyorsanız lütfen 1'i seçiniz. (Örneğin, "Park alanları"nın "Kamu yatırımları"ndan daha çok öneme sahip olduğunu düşünüyorsanız sol tarafta 7 veya 9'u işaretleyebilirsiniz. )</p>										
	SAĞ TARAFTAN DAHA ÖNEMLİ				EŞİT ÖNEM	SOL TARAFTAN DAHA ÖNEMLİ				
	ÖNEM DÜZEYİ					ÖNEM DÜZEYİ				
Park Alanları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Kamu Yatırımları
Park Alanları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Özel Kurum Yatırımları
Park Alanları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	EA için özel bir şerit
Park Alanları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri
Park Alanları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Yüksek güçlü şarj direkleri
Park Alanları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Projeler
Park Alanları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Elektrikli şarj direkleri
Kamu Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Özel Kurum Yatırımları
Kamu Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	EA için özel bir şerit
Kamu Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri
Kamu Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Yüksek güçlü şarj direkleri
Kamu Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Projeler
Kamu Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Elektrikli şarj direkleri
Özel Kurum Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	EA için özel bir şerit
Özel Kurum Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri
Özel Kurum Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Yüksek güçlü şarj direkleri
Özel Kurum Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Projeler
Özel Kurum Yatırımları	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Elektrikli şarj direkleri

EA için özel bir şerit	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri
EA için özel bir şerit	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Yüksek güçlü şarj direkleri
EA için özel bir şerit	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Projeler
EA için özel bir şerit	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Elektrikli şarj direkleri
Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Yüksek güçlü şarj direkleri
Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Projeler
Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Elektrikli şarj direkleri
Yüksek güçlü şarj direkleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Projeler
Yüksek güçlü şarj direkleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Elektrikli şarj direkleri
Projeler	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Elektrikli şarj direkleri

	<b>1.Ekonomik</b>	
<b>K1</b>	Kamu Yatırımları	Elektrikli araçlar için altyapıya devlet kurumlarının yatırımlarını ifade etmektedir.
<b>K2</b>	Park Alanları	Elektrikli araçlar için otopark ücretinden muaf park yerleri ve alanlarını ifade etmektedir.
<b>K3</b>	Özel Kurum Yatırımları	Elektrikli araçlar için altyapıya özel kuruluşların yatırımları ifade etmektedir.
	<b>2.Toplumsal</b>	
<b>K4</b>	EA için özel bir şerit	Toplu taşıma için ayrılmış emniyetli bir şeridinin elektrikli araçlar tarafından da kullanılmasına izin verilen şehirlerdeki sokakları ifade eder.
	<b>3.Çevresel</b>	
<b>K5</b>	Ulusal Öneme Sahip Yollarda Şarj Direkleri	Büyük şehir merkezinden 50 km uzaklıktaki ulusal öneme sahip yollara yüksek güçlü şarj direklerinin kurulmasını ifade etmektedir.
	<b>4.Teknolojik</b>	
<b>K6</b>	Yüksek güçlü şarj direkleri	Şehirlerde yüksek güçlü şarj direklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları ifade etmektedir.
<b>K7</b>	Projeler	Entegre elektrikli araç altyapı geliştirme projeleri ifade etmektedir.
<b>K8</b>	Elektrikli şarj direkleri	Şehirlerde elektrikli şarj direklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları ifade etmektedir.

## ÖZ GEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Vefa Sümeyye KORKMAZ

Uyruğu : T.C.

Doğum Tarihi ve Yeri :

e-posta :

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	Akdeniz Üniversitesi	2016
Yüksek Lisans	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	-

### İŞ TECRÜBESİ

Tarih	Kurum	Görev
-------	-------	-------

### YABANCI DİL BİLGİSİ

Yabancı Dilin Adı KPDS ( ) ÜDS ( ) TOEFL ( ) IELTS ( )

