



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞEHİR ŞEBEKESİNE
ENTEGRASYONU: MARDİN ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rıdvan KAYA

Danışman
Dr.Öğr.Üyesi Davut SEVİM

Haziran-2022
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Rıdvan KAYA tarafından hazırlanan “Elektrikli Araçların Şehir Şebekesine Entegrasyonu: Mardin Örneği ” adlı tez çalışması 24/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.



TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Rıdvan KAYA

Tarih:24/06/2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞEHİR ŞEBEKESİNE ENTEGRASYONU: MARDİN ÖRNEĞİ

Rıdvan KAYA

**Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Davut Sevim

2022, 59 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ADAK

Dr. Öğr. Üyesi Emrullah ACAR

Dr. Öğr. Üyesi Davut SEVİM

Artan çevresel duyarlılıklar ve enerji fiyatlarının günden güne yükselmesi, insanları farklı arayışlara itmektedir. Özellikle hava kirliliğinin artması ve sera gazı etkileri, insan hayatını önemli derecede etkilemektedir. Dolayısıyla bu etkilerin minimum seviyelere indirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Ulaşım sektörünün ana kirleticisi etmenler arasında yer alması ve dünyanın artmakta olan enerji talebi, ulaşım sektöründe alternatif arayışlara zemin hazırlamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalarda elde edilen temel sonuç, çevresel etkileri ve enerji verimliliği konusunda üstün avantajları olan elektrikli araçların daha etkin kullanılması gerekliliğidir.

Çevreci yapıları, yakıt verimliliği ve basit yapısı sayesinde elektrikli araçlar en ideal ulaşım aracı olarak karşımızda durmaktadır. Araçtan şebekeye doğru bir enerji akışı imkanı sağlaması ile elektrikli araçlar son yıllarda popülerliği artan yenilenebilir enerji kaynaklarının da daha etkin kullanımını sağlamaktadır. Enerji üretiminde kararsız yapıda olan bu kaynakların üretim saatlerindeki üretimi etkin bir şekilde şebekeye yedek güç olarak depolayabilmektedir.

Elektrikli araçlar hareket kabiliyetini sağlamak için enerjisini batarya paketlerinden temin ederler. Bu batarya paketlerinin belirli periyotlarda şarj edilmesi gerekmektedir. Şarj işlemleri farklı profillerde üretilen şarj istasyonları vasıtası ile yapılmaktadır. Elektrikli araç gelişiminin istenilen seviyelerde tutulması için şarj etme sürelerinin kısa sürelerde tutulması istenmektedir. Şarj etme işleminin kısa sürelerde yapılabilmesi için yüksek güç transferinin sağlanması gerekmektedir. Bu durum hızlı şarj istasyonlarını ortaya çıkarmıştır. Dünya genelinde şarj etme işlemi için belli başlı standartlar ve sistemler mevcuttur.

Elektrikli araçların şarj ihtiyacını karşılayan istasyonların şarj işlemi için gereken gücü, şebekeden temin etmektedirler. Özellikle birim zamanda yüksek güç transferi sağlayan şarj istasyonlarının şebekeye bağlanması şebeke üzerinde bozucu etkiler meydana getirmektedir. Dolayısıyla şebekenin enerji kalitesini etkileyebilmektedir. Şebekeye entegre edilen şarj istasyonlarının gerek enerji kalitesi açısından gerekse de harmonik seviyelerinin yasal sınırlar içinde tutulması açısından şebekeyi olumsuz anlamda etkilememesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, elektrikli araçların şebekeye entegrasyonu ile güç akışında meydana gelecek etkiler üzerinde durulmuştur. Elektrikli araç yapılarının şebeke üzerinde oluşturması muhtemel olan etkilerinin incelenmesi amacı ile Mardin ilinin bir bölgesine ait dağıtım trafosu baz alınarak Matlab/Simulink programında bir model oluşturulmuştur. Tasarlanan simülasyonda dağıtım trafosundan beslenen abone sayısı üzerinden araç sayısı tahmin edilerek bu araçların önümüzdeki yıllarda farklı oranlarda elektrikli araç yapısına dönüşümü öngörülerek şebekeye olan etkileri incelenmiştir.

Elektrikli araç varlığının olmadığı ve farklı oranlarda olduğu durumların simülasyonu yapılarak karşılaştırma yapılmıştır. Model oluşturulurken Mardin ilinde kapasite açısından oldukça iyi durumda olan güneş enerjisi santrali sistemi besleyecek şekilde tasarlanmış ve Mardin iline ait ışınlam değerleri sisteme tanıtılarak güneş enerjisinin toplam yük ihtiyacını karşılama kapasitesi analiz edilmiştir. Yapılan çalışma kapsamında farklı hızlardaki şarj istasyon kullanımı ve farklı elektrikli araç sayısı tahminine göre oluşacak güç talebinin trafolar üzerindeki yüklenme değerleri konusu çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler:Batarya, Elektrikli araçlar, Hava Kirliliği, Şarj İstasyonu, Yenilenebilir Enerji



ABSTRACT

MS THESIS

INTEGRATION OF ELECTRIC VEHICLES TO THE CITY NETWORK: THE CASE OF MARDIN

Rıdvan KAYA

**INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES
OF BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Davut SEVİM

2022, 59 Pages

Jury

**Asst. Prof. Dr. Süleyman ADAK
Asst. Prof. Dr. Emrullah ACAR
Asst. Prof. Dr. Davut SEVİM**

Increasing environmental sensitivities and rising energy prices day by day push people to seek different ways. In particular, the increase in air pollution and the effects of greenhouse gases have a significant impact on human life. Therefore, it has revealed the need to reduce these effects to minimum levels. The fact that the transportation sector is among the main polluting factors and the world's increasing energy demand has paved the way for alternative searches in the transportation sector. The main result of the studies on this subject is the necessity of using electric vehicles more effectively, which has superior advantages in terms of environmental effects and energy efficiency.

Thanks to their environmentally friendly structure, fuel efficiency and simple structure, electric vehicles stand before us as the most ideal means of transportation. By providing an energy flow from the vehicle to the grid, electric vehicles also provide more effective use of renewable energy sources, which have increased in popularity in recent years. These sources, which are unstable in energy production, can effectively store the production during production hours as backup power to the grid.

Electric vehicles get their energy from battery packs to provide mobility. These battery packs need to be charged periodically. Charging is done by means of charging stations produced in different profiles. In order to keep the electric vehicle development at the desired levels, it is desired to keep the charging times in a short time. In order for the charging process to be carried out in a short time, it is necessary to provide high power transfer. This situation has revealed fast charging stations. There are certain standards and systems for charging around the world.

The stations that meet the charging needs of electric vehicles obtain the power required for the charging process from the grid. In particular, connecting charging stations that provide high power transfer per unit time to the grid creates disruptive effects on the grid. Therefore, it can affect the energy quality of the grid. Charging stations integrated into the grid should not adversely affect the grid in terms of both energy quality and keeping harmonic levels within legal limits.

In this study, the effects that will occur on the power flow with the integration of electric vehicles into the grid are emphasized. In order to examine the possible effects of electric vehicle structures on the network, a model was created in the Matlab/Simulink program based on the distribution transformer belonging to a region of Mardin province. In the designed simulation, the number of vehicles is estimated over the number of subscribers fed from the distribution transformer, and the effects on the grid are examined by predicting the transformation of these vehicles into electric vehicle structures at different rates in the coming years.

A comparison was made by simulating the situations where there is no electric vehicle and at different rates. While creating the model, the solar power plant in Mardin province, which is in a very good condition in terms of capacity, was designed to feed the system and the radiation values of the province of Mardin were introduced to the system and the capacity of the solar energy to meet the total load requirement was analyzed. Within the scope of the study, the load values on the transformers of the power demand that will occur according to the use of charging stations at different speeds and the estimation of the number of different electric vehicles have been studied.

Keywords: Air Pollution, Battery, Charging Station, Electric Vehicles, Renewable Energy



ÖNSÖZ

Tez çalışmamda ilgi ve yardımlarını eksik etmeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Davut SEVİM' e teşekkür ederim. Bilgi ve birikimlerinden istifade ettiğim Doç. Dr. Ercan İZGİ ve Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ADAK hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her anında destek ve dualarını eksik etmeyen kıymetli eşime ve tüm aileme şükranlarımı sunarım.

Rıdvan KAYA
BATMAN-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı.....	2
1.2. Literatür Özeti.....	2
2. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN GÜNCEL DURUMU	5
2.1. Elektrikli Araçlar	5
2.2. Araçtan Şebekeye Enerji Aktarım(V2G) Teknolojisi.....	8
2.3. Elektrikli Araçların Dünyadaki Güncel Durumu	10
2.4. Elektrikli Araçların Türkiye'de Güncel Durumu	13
2.4.1. Türkiye'de Elektrikli Araç Yasal Düzenlemeleri ve Teşvikler	16
2.4.2. Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG)	19
3. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞARJ ALTYAPISI VE ELEKTRİK ŞEBEKESİNE OLASI ETKİLERİ.....	22
3.1. Kullanılan Şarj Altyapıları.....	22
3.2. Elektrikli Araçların Şebeke Entegrasyonu, Olası Sorunlar ve Kullanım Maliyet Analizi.....	28
4. MARDİN İLİNDEKİ ARAÇ YOĞUNLUĞU, GELECEK ÖNGÖRÜLERİ VE ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKESİNİN MEVCUT DURUMU.....	32
4.1. Mardin İlindeki Araç Sayıları Çevresel ve Ekonomik Etkileri.....	32
4.2. Mardin İlinin Elektrik Tüketim Verileri Ve Mevcut Şebeke Yapısı	38
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	44
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	65

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

kWh	:Kilowattsaat
kVA	:Kilovoltamper
km/s	:Kilometre/saat

Kısaltmalar

AB	:Avrupa Birliği
BTEP	:Bin Ton Eşdeğer Petrol
CO2	:Karbondiyoksit
EA	:Elektrikli Araç
EPDK	:Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
G2V	:Grid to Vehicle
HES	:Hidroelektrik Enerji Santrali
MTV	:Motorlu Taşıtlar Vergisi
ÖTV	:Özel Tüketim Vergisi
TEDAŞ	:Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEP	:Ton Eşdeğer Petrol
TOGG	:Türkiye Otomobil Girişim Grubu
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
V2G	:Vehicle to Grid

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Tamamı Elektrikli Araç Mimarisi	5
Şekil 2 Elektrikli Araçlarda Regeneratif Frenleme	7
Şekil 3 Klasik Şebeke Yapısı.....	8
Şekil 4 Akıllı Şebeke Yapısı.....	8
Şekil 5 Taşıttan Şebekeye(V2G) Enerji Transferi	9
Şekil 6 Küresel Elektrikli Araç Satışları.....	11
Şekil 7 Çin 2019 Ocak-Temmuz Elektrikli Araç Satış Rakamları	11
Şekil 8 2017-2021 yılları arasında Avrupa ülkelerindeki araç satış rakamları.....	12
Şekil 9 2020 Yılı Türkiye Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı	13
Şekil 10 2021 yılı Türkiye elektrikli araç satış rakamları.....	14
Şekil 11 Türkiye EA 2023 Projeksiyonu	15
Şekil 12 TOGG Elektrikli Otomobil.....	20
Şekil 13 Şarj İstasyonu	22
Şekil 14 Kablosuz Şarj İstasyonu	23
Şekil 15 Norveç Batarya Değişim İstasyonu	24
Şekil 16 Kullanılan Şarj Soketleri	26
Şekil 17 Mardin Bin Kişi Başına Otomobil Sayısı	32
Şekil 18 Mardin Ulaşım Ağı Haritası	33
Şekil 19 Türkiye 1990-2018 Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı	33
Şekil 20 Türkiye Ulaşım Sektöründe Kullanılan Enerji	34
Şekil 21 Ulaşım Tipine Göre Tüketilen Enerji (Bin TEP).....	35
Şekil 22 Mardin Hava İzleme İstasyonu Verileri	37
Şekil 23 Mardin Hava Kalitesi Grafiği	38
Şekil 24 Dünya 1974-2019 Elektrik Tüketimi.....	39
Şekil 25 2018 Dünya Ülkeleri Elektrik Tüketimi İlk 10 Ülke.....	39
Şekil 26 Türkiye Elektrik Kurulu Gücü 1980-2020	40
Şekil 27 Türkiye Elektrik Dağıtım Bölgeleri.....	41
Şekil 28 Türkiye Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Dağılımı 2010-2020.....	42
Şekil 29 Türkiye Kişi Başı Elektrik Tüketimi(kWh).....	42
Şekil 30 Mardin Kişi Başı Elektrik Tüketimi(kWh).....	43
Şekil 31 Mesken Yük Profili	44
Şekil 32 EA Şebeke Entegrasyonunun Modellenmesi	45
Şekil 33 Senaryo-1 Mesken Yük Eğrisi.....	46
Şekil 34 Senaryo-1 Toplam Yük Eğrisi.....	47
Şekil 35 Senaryo-1 Faz Akım Eğrisi	47
Şekil 36 Güneş Enerjisi Üretim Eğrisi.....	48
Şekil 37 Dizel Jeneratör Üretim Eğrisi	48
Şekil 38 Senaryo-1 Tüm Yük-Üretim Eğrileri	49
Şekil 39 Senaryo-2 Tüm Yük-Üretim Eğrileri	50
Şekil 40 Senaryo-2 Toplam Yük Eğrisi.....	50
Şekil 41 Senaryo-2 Faz Akım Eğrisi	51
Şekil 42 Senaryo-3 Tüm Yük-Üretim Eğrileri	52
Şekil 43 Senaryo-3 Toplam Yük Eğrisi.....	52
Şekil 44 Senaryo-3 Faz Akım Eğrisi	53
Şekil 45 Senaryo-4 Tüm Yük-Üretim Eğrileri	54
Şekil 46 Senaryo-4 Toplam Yük Eğrisi.....	54
Şekil 47 Senaryo-4 Faz Akım Eğrisi	55
Şekil 48 Senaryo-5 Tüm Yük-Üretim Eğrileri	56

Şekil 49 Senaryo-5 Toplam Yük Eğrisi	56
Şekil 50 Senaryo-5 Faz Akım Eğrisi	57



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Türkiye'de Satılan Elektrikli Araç Şarj Hızları ve Batarya Kapasiteleri	15
Çizelge 2.2 Türkiye'de Satılan Elektrikli Araçların MTV Tutarları	18
Çizelge 2.3 Türkiye'de Satılan Elektrikli Araçların Motor Gücüne Göre ÖTV Oranları.....	18
Çizelge 2.4 Türkiye'de Satılan Elektrikli Araçların Markalara Göre ÖTV Oranları.....	19
Çizelge 3.1 CHAdeMO Standardı	24
Çizelge 3.2 IEC 61851 Standardı	25
Çizelge 3.3 SAE J1772 Standardı.....	25
Çizelge 3.4 Şarj Soketleri ve Güç Aktarım Kapasiteleri	26
Çizelge 3.5 Türkiye'de Aktif Firmalara Göre EA Şarj Maliyetleri.....	28
Çizelge 3.6 Elektrikli ve Fosil Yakıtlı Araç Kullanım Maliyetleri.....	30
Çizelge 4.1 Hava Kalitesi İndeksi.....	36
Çizelge 4.2 Hava Kalitesi Kirlenici Faktörleri ve Limit Değerleri	37
Çizelge 5.1 1000 kVA Trafo Etiket Değerleri	44
Çizelge 5.2 Senaryo Çıktıları.....	57

1. GİRİŞ

Teknolojideki hızlı gelişmeler sayesinde insanlığın daha hızlı ve etkili bir ulaşım ağına sahip olma düşüncesini artırmıştır. Teknolojik ilerlemelere bağlı olarak insanlar dünyanın her yerine daha rahat ve daha konforlu bir ulaşım için bir arayış içine girmiştir. Bu durum ulaşım sektörünün hayatımızda daha etkin bir rol oynamasına sebebiyet vermektedir. Tekerleğin icadı ile hayatımızda yer edinen ulaşım sektörü günümüzde önemli bir konumda yerini almaktadır. Ulaşım sektörünün temel ayağını ulaşım araçları oluşturmakta ve gün geçtikçe daha farklı konseptlerde hayatımıza girmektedir. Ulaşım araçları olarak tasarlanan makineler farklı enerji konseptlerini mekanik enerji formatında kullanarak hareket kabiliyeti sağlamak ve insanların hayatlarını ciddi anlamda kolaylaştırmaktadırlar. Özellikle petrol kaynaklı hareket enerjisi ulaşım araçlarında en çok tercih edilen yöntemdir.

Ulaşım sektöründe önü alınmaz bu ilerleyiş bir dizi sorunları beraberinde getirmektedir. Bunların başında çevre kirliliği ve küresel ısınma yer almaktadır. Özellikle içten yanmalı motorlara sahip ulaşım araçlarının enerji kaynağı olarak kullandıkları petrol ve türevi olan yakıtlar küresel ısınmanın başlıca sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır.

2019 verilerine bakıldığında zaman yaklaşık 2,4 milyar ton eşdeğer petrolün ulaşım sektöründe kullanımı görülmektedir. Bu kullanım neticesinde yaklaşık 33 milyar ton CO₂' in atmosfere karıştığı anlaşılmaktadır [1].

Uluslararası Enerji Ajansı hedefleri doğrultusunda CO₂ salınımının 2050 yılına gelindiğinde %50 azaltılmış olması gerekmektedir [2].

Küresel sera gazları salınımının da çevreyi en çok etkileyen CO₂'in toplam sera gazı salınımının da yaklaşık %75'lik bir orana sahip olduğu görülmektedir. Bu gazların sektörel dağılımında ise ulaştırma %20'lik oranı ile sanayi sektöründen sonra gelmektedir. Her geçen gün daha da gelişme eğiliminde olan insanlığın daha çevreci bir ulaşım sektörü için arayışları sürmektedir. Bu arayış içinde ulaşım sektörünün daha çevreci bir kimliğe ulaşabilmesinin en makul yolu sıfır emisyon değerlerine sahip Elektrikli Araçlardır(EA). Elektrikli araçların yaygınlaşarak günlük yaşamımızda daha etkin rol alması ulaşım sektörünün daha temiz ve daha çevreci bir yapıya bürünmesine imkan tanıyacaktır. Elektrikli araçların içten yanmalı motorlara sahip araçlara göre hem verim hem de çevre kirliliği açısından çok daha iyi bir alternatif olduğu bilimsel çalışmalar ile kanıtlanmıştır [3].

Hayatımıza giren ilk elektrikli araç Robert Anderson 1830'lu yıllarda üretilen araçtır. Elektrikli araçların içten yanmalı motorlara sahip araçlara göre çok daha fazla verimli olması göz önünde bulundurulduğu zaman bu tip araçların ulaşım sektöründe kullanılması hem çevre kirliliği açısından daha iyi olacak hem de daha az enerji tüketimi ile daha yüksek mesafeler kat edilebilecektir [3].

Elektrikli araçlar yapı olarak batarya ve elektrik motoru olma üzere iki kısımdan meydana gelmektedir. Batarya, elektrikli araçlarda hareket kabiliyetini sağlayan enerjiyi temin etmektedir. Elektrik motoru, aracın hareket tahrik sistemini oluşturur. Elektrikli araçların temel prensibi batarya paketlerinin ihtiyaç duyacağı enerji için şarj edilmeleridir. Bu durum araçların sürekli bir şarj edilme ihtiyacını meydana getirmektedir. EA' ların şarj ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için farklı şekillerde şarj edilebilme durumlarını ortaya çıkarmıştır. Şarj hızına ve şarj gerilim seviyelerine göre farklı şekillerde şarj istasyonları hayatımıza girmiştir.

1.1. Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı küresel seviyede etkinliğini artıran elektrikli araçların ve elektrikli araç gelişimine paralel olarak şebekeye olası etkilerinin incelenmesidir. Teknolojik ilerlemeler ve çevresel kaygılar neticesinde araştırmacılar elektrikli araçlar üzerine yoğunlaşmaktadırlar. Bu çalışmamızda elektrikli araçların yapıları şarj teknolojileri ve entegrasyon sorunları ele alınmıştır.

Elektrikli araç gelişimi özellikle batarya teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak gelişimini sürdürmektedir. Elektrikli araç gelişiminin önündeki en büyük engellerden birisi olan menzil mesafesinin artırılmasıdır. Ayrıca diğer engel şarj süresinin kısaltılması için bir dizi ar-ge çalışmaları yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Elektrikli araç şarj lokasyonlarının ulaşılabilir yerlerde olması, EA kullanımı önemli oranlarda etkileyecek hususlardan bir tanesidir. Günümüzde elektrikli araçların büyük bir kısmı şebeke üzerinden şarj işlemini gerçekleştirmekte bu durum da direkt şebeke yüklenmelerine sebebiyet vermektedir. Şarj hızını etkileyen temel parametre şarj esnasında aktarılan birim güçtür. Kısa sürelerde büyük güç miktarlarını aktaran şarj istasyonları hızlı şarj istasyonu olarak adlandırılmaktadır. Şarj süresinin kısaltılabilmesi ve EA ları daha cazip hale getirmek için yapılan birkaç farklı şarj metodu daha vardır. Bunlar kablosuz şarj metotları ve batarya değişim istasyonlarıdır.

Bu çalışmamızda yerli araç serüveni elektrikli araçla başlayacak olan ülkemizde bulunan Mardin iline ait şebeke değerleri incelenecek araç sayıları çevresel ve ekonomik parametreleri irdelenerek mevcut durumda elektrikli araç kullanımının şehir şebekesine olan etkileri incelenmiştir. EA'ların şehir trafiğinde etkin kullanımı sonucunda gerek şebeke üzerinde gerekse çevre üzerinde olan etkileri değerlendirilmiştir. EA şarj istasyonlarının şebekeye olası etkileri Matlab/Simülink programı ile analiz edilerek mevcut araç yoğunluğunun farklı oranlarda EA' lardan meydana gelmesi durumunda şebeke tepkileri analiz edilmiştir. Mardin ilinde şebeke yapısına bağlı olarak EA kullanım alışkanlığının edinilmesi için yapılması gerekenler öneri olarak sunulacaktır.

1.2. Literatür Özeti

Dünyadaki hızlı nüfus artışı ulaşım ağlarının da ciddi anlamda büyümesini beraberinde getirmektedir. Ulaşım ağlarındaki büyüme, bazı problemlerin meydana gelmesine neden olmaktadır. CO2 salınımı ve enerji tüketimindeki sürekli artış bunlardan birkaçıdır.

Dünya petrol tüketiminin yaklaşık %60'ı ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak dünya CO2 salınımının %25,5'i ulaşım sektöründeki petrol kullanımından kaynaklanmaktadır [4]. Bu sorunları minimize etmek için bilim insanları elektrikli araçlar üzerinde çalışmalarına devam etmektedirler. Elektrikli araçlardaki en önemli etken araç şarj cihazlarıdır. Elektrikli araçların enerji taleplerini karşılamak üzere tasarlanan şarj istasyonlarının şehir planlamaları, araç kullanım alışkanlıkları, şarj istasyonunun entegre edileceği mevcut şebeke ve yapılması planlanan yatırımlar göz önüne alınarak tesis edilmelidir.

Ulaşım sektöründe kullanılan araçlar geçmişten günümüze kadar çok farklı şekillerde ve farklı yakıt tipinde karşımıza çıkmıştır. Elektrik enerjisinin kullanılarak araçlara hareket kabiliyetinin sağlanması geçmiş yıllarda yapılan buluşlardandır. Ancak o zamanın getirdiği zorluklar elektrikli araçların iyi bir ulaşım alternatifi olmasını engellemiştir.

Bilinen ilk elektrikli aracın üretimini Robert Anderson 1830lu yıllarda icat etmiştir. Daha sonraki yıllarda Thomas Parker ve Thomas Edison farklı tiplerde elektrikli araç üretimini gerçekleştirmiştir. Ancak özellikle üretim maliyetlerinin çok yüksek oluşu elektrikli araçların o dönemlerde gelişiminin önündeki en büyük engel olmuştur.

1900lu yılların başında ulaşım aracı ihtiyacının giderilmesi maksadı ile Henry Ford tarafından icat edilen içten yanmalı motora sahip T Model otomobil elektrikli araçlara olan tüm rağbeti ortadan kaldırmıştır. Bu aracın gerek menzil gerekse de şarj süresi gibi dezavantajının olmaması çok kısa sürede aracı oldukça popüler bir hale getirmiştir. aynı yılların başında Amerika araç pazarının büyük bir kısmını ele geçirmiştir. Elektrikli Araçların içten yanmalı motora sahip araçlarla olan rekabeti bir süreliğine askıya alınmış oldu.

İçten yanmalı araçların daha güçlü olması, elektrikli araçların yüksek fiyatı, elektrikli araçların sınırlı menzili gibi sebeplerden dolayı içten yanmalı araçlar elektrikli araçlardan daha çok rağbet görmüştür. Bu yüzden Elektrikli araçlar için transistörün keşfine kadar süregelen bu süreç karanlık çağ olarak tanımlanabilir. 1960'lı yıllardan itibaren özellikle 1947 yılında Bell Laboratuvarın da transistörün keşfedilmesinin de etkisiyle GM ve Ford gibi birçok firma tarafından elektrikli araçların geliştirilmesine yönelik çalışmalar başlatılmıştır [5]. Bu çalışmalar 1970'lerin ortalarında dünya genelinde yaşanan petrol krizi sayesinde petrol üretimi yapamayan bir çok ülkenin elektrikli araç araştırmalarına hız vermesini sağlamış ve bu çalışmalar kısa zamanda meyvesini vermeye başlamıştır. Karanlık çağı geride bırakan elektrikli araçlar gelişim sürecini günden güne artırmakta, fiyat ve batarya teknolojilerinde yaşanan olumlu gelişmelere paralel olarak otomotiv sektöründe oyun kurucu olarak ön plana çıkmaktadır.

Elektrikli araçlar, kullandıkları elektrik motorlarının yüksek verimleri sebebi ile içten yanmalı motorlu araçlara oranla %80'e varan enerji tasarrufu sağlarken petrolden bağımsız oluşu, CO2 salınımının olmayışı ve sessiz çalışması gibi özelliklerinden dolayı geleneksel içten yanmalı motorlara sahip araçlara göre eşsiz bir avantaja sahiptir.

Elektrikli araç satışları, son yıllardaki farklı tipte elektrikli araç ve şarj altyapısını destekleyen politikalar sayesinde küresel seviyede hızla artmaktadır.

2021 yılının sonunda, küresel araç stokundaki toplam elektrikli araç sayısı 12 milyonu aşmıştır[6].Yaklaşık aynı sayıda şarj noktası da elektrikli araçların elektrik talebini sağlamak için hizmet vermektedir. Öngörüler, dünya çapındaki toplam elektrikli araç sayısının 2030 yılı itibariyle 120 ila 250 milyon arasında bir seviyeye yükselebileceğini göstermektedir. Günümüzde doğrudan doğruya elektrikli otomobil olarak tasarlanan ilk otomobil TESLA Motors tarafından geliştirilmiş ve 2015 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde satılan elektrikli araçlar içerisinde yaklaşık üçte birlik paya sahip olmuştur.Başta Alman otomobil firmaları olmak üzere birçok bilinen marka hızla elektrikli araç teknolojilerine yatırım yapmaya başlamışlardır. Geleneksel otomobil firmaları bir taraftan ürettikleri fosil yakıtlı otomobillerin elektrikli versiyonlarını satışa çıkarırken diğer taraftan da baştan sona elektrikli olarak tasarlanmış otomobiller geliştirmektedirler.

21.yüzyılda daha çevreci bir ulaşım kaygısı ile üretim kapasitelerini artıran elektrikli araçların gelişiminin önündeki bir takım engellerin aşılmaya başlanması ile yollardaki etkinliğini artırdığına şahit olmaktayız.

Bu engeller uzun şarj süreleri, kısıtlı menzil mesafeleri, şarj istasyon sayılarının yetersizliği, şarj noktalarının ulaşılabilir olmaması olarak karşımıza çıkmaktadır.

Elektrikli araçların şebeke ile bağlantısında bulunulan lokasyondaki yoğunluk, sürüş profili ve entegre edilecek mevcut şebeke yapısı gibi kriterlerin göz önüne alınması gerekmektedir [7].

Elektrikli araçlar enerji kaynağı olarak şebekeyi kullandıkları şebekeden araca(G2V) durumunda yük profilinde bulundukları gibi gerektiği durumlarda kurulacak akıllı şebeke yapısı ile mevcut şebekeyi araçtan şebekeye(V2G) besleyecek pozisyonda da kullanabilmektedirler [8].Yapılan bir çalışmada elektrikli araçların şebeke performansının iyileştirilmesine yardımcı olabileceğini ortaya koymaktadır. Tasarlanan üç fazlı dağıtım sisteminde elektrikli araçların mikro şebekeden beslenirken şarj durumlarının kontrol edilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.Bunun yanı sıra elektrikli araçların mikro şebekelerdeki adalaşma durumlarında şebekeyi destekleyerek kabul edilebilir sınırlar dahilinde çalışmasını sağladığı anlaşılmıştır [9].Hollanda'nın Amsterdam şehrinde yapılan bir çalışmada elektrikli araç katılımının yaratacağı sorunlara ilişkin tasarlanan talep yanıtlama politikası orijinal şarj talebini operasyonel verimliliği ve aşırı yükleme sorunlarını azaltmak için ekonomik ve güvenilir bir yolla yeniden şekillendirmek için önerilmiştir. Önerilen bu politika ile araç şarj operasyonlarında %3 maliyet tasarrufu sağlanmış, paylaşılan veri zenginliği sayesinde koordineli bir şarj işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece şarj hızı ile şarj teknolojisi arasındaki entegrasyon sağlanmıştır [10].

Yapılan bir çalışmada mikro şebekelerdeki etkinliğin artırılması için daha esnek teknolojilerin şebekeye entegre gereksinimi anlaşılmıştır. Önerilen modelde talep yanıt programı ve elektrikli araçlar şebekeye entegre edilmiştir. Bulanık karar verme stratejilerine dayalı bu modelde talep yanıt programının ve elektrikli aracın etkin entegrasyonunun, sırasıyla işletme maliyetini %3,57 ve emisyonu %3,4 oranında azalttığı kanıtlanmıştır [11].

Belçika'da yapılan bir araştırmada elektrikli araçların çoğu mesai saatlerinden sonra şarj edildiğinden, akşamları mevcut pik yük önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Pik yüklerdeki bu artış elektrik sistemlerine zarar verecek seviyelere ulaşabilmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek amacı ile şarj zamanını ayarlamak için programlama zamanlayıcısı(QP) tasarlanmıştır. Bu programlama zamanlayıcısı ile pik yük tepelerinin %95 e varan bir verimlilikle azaltılabildiği kanıtlanmıştır [12].

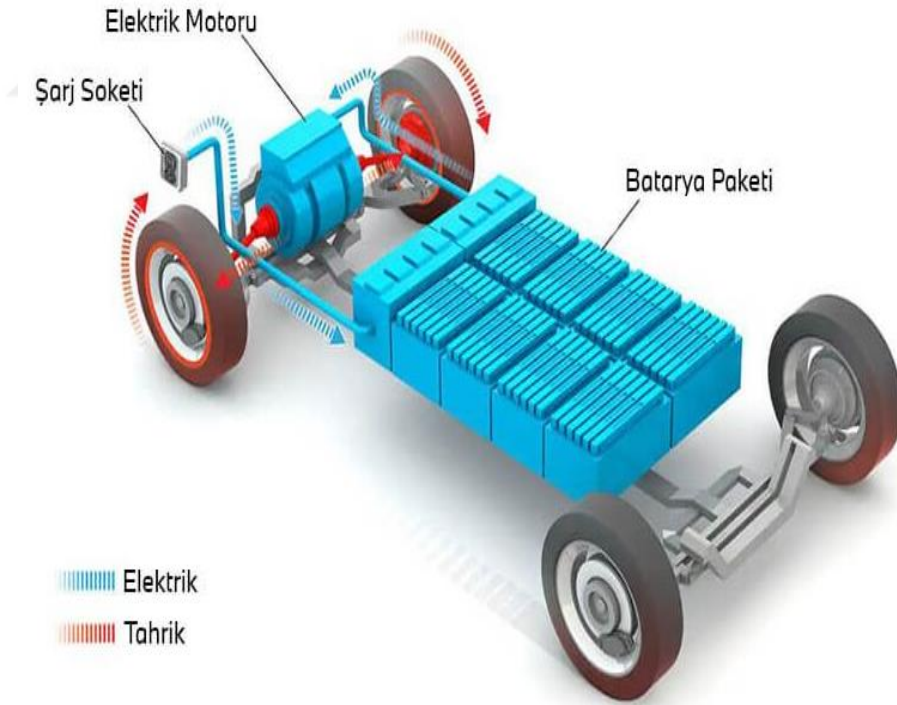
Yollarda yer alan EA sayısının istenilen düzeylere gelebilmesi ancak müşterinin taleplerinin karşılanması ile mümkün olacaktır. Bu talepler, aracın ilk maliyeti, yakıt oranları, servis bakım garantisi ve seyahat sürelerini etkilemeyecek ve yeterli menzil mesafeleri ile acil durumlarda hızlı şarj edilebilmelerini sağlamalıdır.

2. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN GÜNCEL DURUMU

2.1. Elektrikli Araçlar

Günümüzde elektrik enerjisinin hareket kaynağı olarak kullanıldığı karma araç tipleri mevcuttur. Hibrit elektrikli araçlar olarak isimlendirilen bu araçlarda elektrik kaynaklı motor ile içten yanmalı motorun grubunun farklı kombinasyonu sayesinde hareket kabiliyeti sağlanmaktadır. Sadece elektrik motoru bulunan araçlarda ise hareket kabiliyeti tek bir motor tarafından gerçekleştirilmektedir. Hareket kabiliyetini hidrojen den alan yakıt pilli araçlar ise hidrojeni elde etme işlemi esnasında doğalgaz kullanıldığı için sera gazı salınımlarına sebebiyet vermektedirler. Bu durum araçları dezavantajlı kılmaktadır. Hidrojenin daha çevreci bir şekilde elde edilebilmesi ve bu araçların da popüler hale gelebilmesi için çalışmalar yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Elektrikli araçlar ciddi çevresel kaygı ve yakıt stoku endişeleri neticesinde oldukça verimli, tasarruflu ve fosil yakıtsız çalışabilen araçlar olarak tasarlanmıştır. Elektrikli araçlar tüm hareket kabiliyetini elektrik enerjisi ile karşılayan araçlardır. Bu araçlar motorunun bünyesinde bulunan rotor isimli parçanın dönme hareketi sayesinde çalışmaktadır. Bu dönme hareketi elektrik enerjisinin hareket enerjisine dönüşmesine imkân tanımaktadır.

Tek motora sahip tamamı elektrikli olan araçlarda sessiz çalışma ortamı, çevreci kimliği ve özellikle yakıt verimi elektrikli araçları cazip hale getirmektedir. Bu tip araçlar bünyesinde bulunan hareket kabiliyetini sağlayan elektrik motoru ve motorun enerji kaynağı olarak kullanılan batarya paketi dışından kompleks bir ekipmanı olmayan bu araçlar oldukça basit yapıdadırlar.



Şekil 1 Tamamı Elektrikli Araç Mimarisi

Hareketli parça sayısının az olması bakım maliyetlerinin içten yanmalı motorlara göre oldukça düşük seviyelerde olmasına sebebiyet vermekte bu durum da elektrikli araç kullanımı için müşterileri cesaretlendirmektedir. Basit bir yapıdan meydana gelen

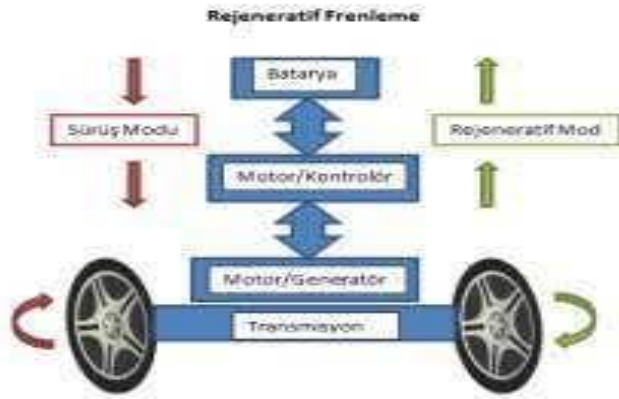
bu araç tipinde elektrik enerjisi yük şeklinde batarya paketlerinde depolanmakta ve hareket işlemi batarya paketlerinin beslediği elektrik motoru sayesinde gerçekleşmektedir.

Elektrikli araçlar ciddi bir enerji tasarrufu sağlamaktadır. İçten yanmalı motoru olan bir aracın tükettiği 1 litrelik benzinin elektrikli araçtaki karşılığı 10 kWh olarak belirlenmiştir. Bir elektrikli araç 100 kilometrelik sürüş mesafesinde yaklaşık olarak 18 kWh ölçüsünde elektrik enerjisi tüketir. Bu da içten yanmalı motor ile karşılaştırıldığında oldukça düşük bir enerji tüketimi anlamına gelmektedir. İçten yanmalı motoru olan bir araç için bunun 6 katı daha fazla yakıt harcaması yapıldığı belirlenmiştir [13].

Elektrikli araçların tercih edilmesinin ana sebeplerinden biri içten yanmalı motorlara sahip araçlara göre daha düşük maliyetlerde seyahat etme imkânı sunmasıdır. Evde şarj edilme durumu ile bu maliyetler oldukça düşük seviyelerde seyretmektedir. 100 kilometrede ortalama 18 kWh elektrik harcayan elektrikli araçlar içten yanmalı motorlu muadillerine göre oldukça ucuz seyahat imkânı sunmaktadır. Şarj süresini kısaltmak amacı ile son yıllarda popüler hale gelen hızlı şarj istasyonlarının normal şarj istasyonlarına göre yaklaşık 3 kat daha pahalı olduğu halde fosil yakıt fiyatlarının küresel düzeydeki fiyatlarına bakıldığı zaman çok daha uygun düzeyde kaldığı görülmektedir. Elektrikli araçlar farklı gerilim seviyelerine ve hızlarına sahip şarj istasyonları tarafından beslenmektedir. Elektrikli araçların en önemli avantajlarından bir tanesi şarj işlemini gerçekleştirdikleri elektrik enerjisini farklı kaynaklardan temin etme özelliğine sahip olmalarıdır. Bu durum klasik enerji santralleri üzerindeki yük talebini düşürerek enerji arzında çok daha çevreci bir yapıda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılmasının önünü açabilmektedir. Böylelikle ulaşım sektöründe fosil yakıtlara olan bağımlılığının önemli miktarlarda düşmesi sağlanabilir ve hayatımızı olumsuz yönde etkileyen egzoz etkilerini en az düzeye indirilebilmektedir.

İçten yanmalı motorlara sahip araçların çevreye verdiği olumsuz etkiler ve bu motorların yakıt kaynağı olarak kullanılan fosil kaynaklı yakıtların dünya genelindeki mevcut kapasitelerindeki azalış ile beraber elektrikli araçların kullanımı yıldan yıla artan bir grafik seyretmektedir. Nitekim bu gelişmeler ışığında araç üreticisi firmaların üretim kapasiteleri içinde elektrikli araçların payı günden güne artmakta ve elektrikli araçlar teknolojisinin daha da geliştirilmesi için yoğun ar-ge çalışmaları yapılmaktadır. Özellikle elektrikli araç satışını direkt olarak etkileyen menzil sorununu ortadan kaldırmak için batarya kapasitelerinin daha çok enerji daha az yer mantığına göre dizayn edilmesi için çalışmalar araç üreticisi firmalar arasında ciddi bir rekabet sahasına dönüşmüş durumdadır. Batarya teknolojisindeki gelişmelere paralel bir şekilde büyümelerini gerçekleştiren elektrikli araçlar firmaların kullandıkları farklı batarya kapasitelerine göre farklı menzil mesafelerine sahip olabilmektedir.

Elektrikli araçlarda kullanılan elektrik motorunun araç performansı ve verimi üzerinde ciddi etkileri bulunmaktadır. Elektrik motorunun benzer özelliklerdeki içten yanmalı motorlara oranla daha sessiz ve daha iyi performanslara sahip olduğu yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konulmuştur. Elektrikli araçlarda kullanılan bazı motorların rejeneratif frenleme mantığı ile seyir esnasında batarya paketlerini şarj edebildiği anlaşılmıştır. Elektrikli araçlarda kullanılmakta olan rejeneratif frenleme bu araçları popüler kılan önemli unsurlardan biridir. Hareket eden aracın durdurulması amacı ile kullanılan fren sistemi bu araçlarda uygulandığı esnada motorun ters yönde çalışması ile elektrik üreterek araç batarya paketlerini şarj etmektedir. Bu işlem aynı zamanda araçların fren balata ve disklerinin ömrünü uzatmaktadır.



Şekil 2 Elektrikli Araçlarda Regeneratif Frenleme

Elektrikli araç motorlarının klasik motorlara göre sunduğu bir dizi avantaj elektrikli araç performansını oldukça ileri düzeylerde artırmaktadır. Bu avantajlar arasında en belirgin olanları küçük boyutlarda sunduğu yüksek güç seçeneği ve zorlu çalışma koşullarındaki güvenilirlik ve sağlamlıktır. Elektrikli araçlarda kullanılan motorlar; doğru akım motorları, asenkron motorlar, anahtarlamalı relüktans motorlar ve sabit mıknatıslı senkron motorlar olarak sıralanmaktadır. Bu motorlar birbirlerine oranla güvenilirlik, performans, verim ve maliyet açısından farklılıklar arz etmektedirler.

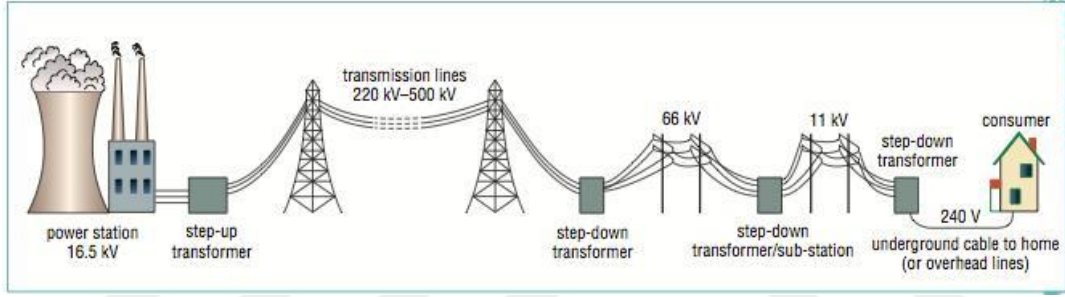
İçten yanmalı motorların veriminin düşük seviyelerde seyretmesi elektrik motoru kullanan elektrikli araçların yüksek verimde çalışması bu araçların tercih edilme sebeplerinden birisidir. Elektrik motoru yüksek verimi sayesinde içten yanmalı motorun yaptığı işi çok daha düşük enerji sarfıyatı gerçekleştirerek yapmaktadır. Belli bir hızdan sonra elektrik motorundaki verim kaybı son teknolojik gelişmelerle ortadan kaldırılmış ve elektrik motoru oldukça cazip hale gelmiştir. Verim açısından içten yanmalı motorlara göre oldukça iyi durumda olan elektrik motoru performans açısından da oldukça ileri düzeydedir. Elektrik motoru tahrik edildiği andan itibaren yüzlerce N/m Tork üretme kapasitesine sahiptir. Birbirlerine oranla farklı avantaj ve dezavantajlar sunan bu motorlar elektrikli araç sektörünün önemli bir aktörü olarak karşımıza çıkmakta ve elektrik araç üreticisi firmalar arasında ciddi bir rekabet alanı oluşturmaktadır. Bu rekabet ortamı ve gelişmekte olan elektrikli araç teknolojisinin karşımıza çok daha geliştirilmiş motor seçeneklerini yakın zamanda çıkaracağı aşîkârdır.

Klasik içten yanmalı motorlarda fosil yakıt araç içinde yakılarak motora hareket kabiliyeti kazandırmaktadır. Elektrikli araçlarda ise enerji araç içinde yer alan batarya paketlerinden karşılanmakta ve bu durum araçta olası bir alevin oluşma ihtimalini minimum seviyede tutmaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre 100 bin içten yanmalı motorlara sahip araçlarda yangın oluşma riski %1,5 iken aynı miktarlardaki elektrikli araçlarda bu riskin %0,025 olduğu ortaya konmuştur. Elektrikli araçların içinde yer alan ağırlıklar sadece elektrik motoru ve batarya paketleridir. Batarya paketlerinin araç içinde homojen şekilde yerleşimi ve motorun neredeyse bir insan ağırlığı kadar hafif olması aracın ağırlık merkezini daha dengeli bir konuma getirmekte bu durum da aracın seyahat esnasında daha güvenli yol almasını sağlamakta aracın savrulma durumunu minimum seviyelere düşürmektedir.

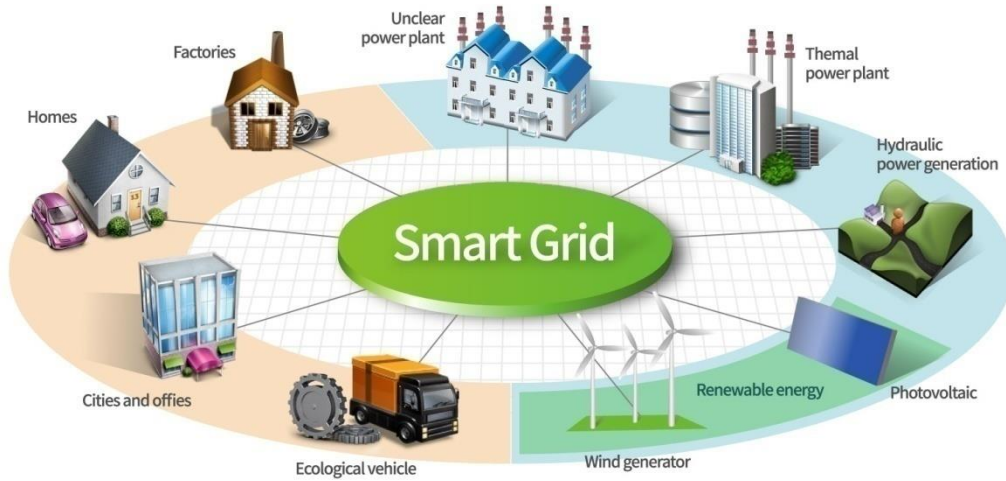
2.2. Araçtan Şebekeye Enerji Aktarım(V2G) Teknolojisi

Gelişen teknolojiye bağlı olarak güç sistemlerinin de kendini çağa uygun bir şekilde yenilemesi önü alınmaz bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut elektrik şebekelerinin gelişen teknolojik değişimlere cevap vermesi oldukça zor bir hale gelmiştir. Bu yüzden geleneksel şebekelerin çağın ihtiyaçlarına uygun bir şekilde internet tabanlı olacak şekilde revize edilmesi ihtiyacı hâsıl olmuştur. Teknolojik gelişmeler internet tabanlı olacak şekilde klasik şebeke sistemine entegre edilerek ortaya çıkarılan yeni şebeke modeli Akıllı Şebeke olarak isimlendirilmektedir. Akıllı şebeke kavramı mevcut elektrik dağıtım şebekelerinin iletişim sistemleriyle entegre edilmiş halidir. Enerji üretiminin en ucuz yöntemi enerji tasarrufunu etkin bir şekilde yapmaktır. AB ülkeleri ve aday ülkeler, Avrupa Birliği'nin belirlemiş olduğu 20-20-20 hedefini (2020 yılında enerjinin %20'si yenilenebilir kaynaklardan üretilecek, %20 CO2 emisyonu azalacak ve enerji tüketimi %20 azaltılacak) gerçekleştirmek üzere klasik şebeke yapılarını akıllı şebeke yapılarına dönüştürmektedir.

Akıllı şebeke kavramı enerjinin son kullanıcıya ulaşımındaki her aşama için sürdürülebilir, verimli ve bilgiyle donatılmış bir şebeke yapısıdır.



Şekil 3 Klasik Şebeke Yapısı



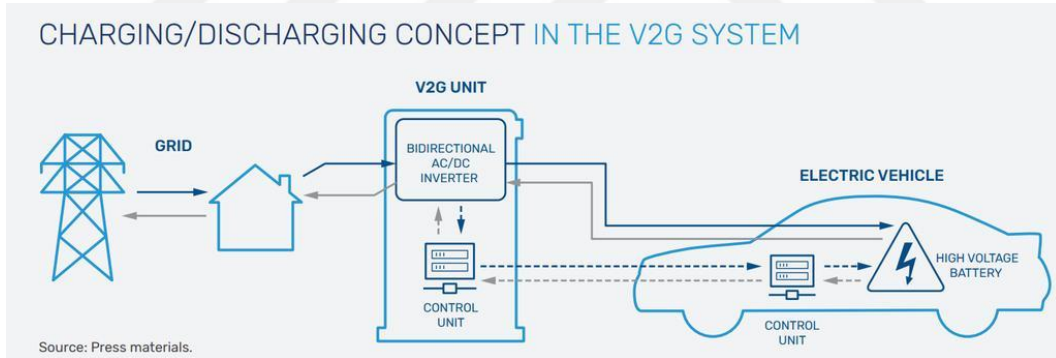
Şekil 4 Akıllı Şebeke Yapısı

Akıllı şebekelerde enerji kaynakları çeşitlendirilmekte ve klasik enerji üretim santrallerine alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kaynakları sisteme entegre edilebilmektedir. Enerji üretim ve dağıtımının standart halinden farklı olarak bu yapının dağıtık bir şekilde gerçekleşmesi ancak akıllı şebeke yapıları ile mümkün

olabilmektedir. Bu şekilde bir enerji üretim ve dağıtım yapısı şebeke de farklı adalanmaların oluşmasına imkan tanımakta ve şebekedeki herhangi bir arıza durumunda sadece ilgili yerin enerjisiz kalmasını sağlamaktadır. Akıllı şebeke yapıları ile enerji üretim ve tüketimi anlık olarak dengede tutulacak ve dağıtım sistem sayesinde yenilenebilir enerji kaynaklı üretimin sisteme entegre edilmesi daha kolay olacaktır. Oyun kurucu olarak karşımıza çıkan yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin özellikle rüzgar ve güneş enerjisinin üretimlerinin öngörülemez olması akıllı şebeke yapısını zorlayan konuların başında gelmektedir. Üretim vakitleri öngörülemez bu enerji kaynaklarının sisteme entegrasyonu ancak üretim yaptıkları esnada fazla üretilen enerjinin bir yerde depolanarak daha sonra üretimlerin kesinti yaşadığı saatlerde sisteme geri aktarılması ile mümkün olabilmektedir.

Son zamanlarda hayatımıza giren akıllı şebeke yapısı sayesinde çift yönlü enerji aktarımına sahip olarak tasarlanan elektrikli araçlar yenilenebilir kaynaklı enerjinin fazla üretim yaptıkları saatlerde üretilen bu enerjiyi batarya paketlerinde depolayabilmekte ve ihtiyaç duyulan anlarda geri şebekeye aktarabilmektedir. Elektrikli araçların bu şekilde bir enerji depolama aygıtı olarak kullanılacağı sistemlerde yenilenebilir enerji kaynaklı üretimler sisteme aktif bir şekilde entegre edilebilmekte bu da geleneksel enerji santralleri üzerindeki yükün ciddi oranlarda azalmasına yardımcı olabilmektedir.

Araçtan taşıta(V2G)olarak isimlendirilen elektrikli araçların sisteme aktif bir şekilde katıldığı bu konsept sayesinde enerji üretiminin yetersiz kaldığı durumlarda elektrikli araçlar batarya paketleri sayesinde enerji talebine destek olabilmektedir. Bu sistemin aktif bir şekilde kullanılabilmesi ancak EA şarj zamanları ile talep tarafının beraber planlanması ile mümkün olabilmektedir.



Şekil 5 Taşıttan Şebekeye(V2G) Enerji Transferi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili yapısı sebebi ile enerji üretimi azaldığında da elektrikli araçlar şebekeye aldıkları enerjiyi geri vererek enerji talebine destek olabilirler. Buradaki en önemli konu defalarca tekrarlanırsa da elektrikli araçların şarj zamanlarının talep yönetimi ile beraber planlanmasıdır [15]. Elektrikli araçlar bu şekilde bir bağlantı durumunda elektrik şebekesine bir enerji dağıtım elemanı olarak destek olabilmektedir. Yapılan araştırmalar neticesinde elektrikli araçların yaklaşık yüzde 95'lik bir oranda park durumunda bekledikleri görülmüştür. Bu durum elektrikli araçların hemen hemen her anlarında V2G şeklinde şebeke ile bağlantı kurabileceklerini ve ihtiyaç anında şebekenin enerji depolama elemanı olarak hizmet sunabileceklerini göstermektedirler [16].

Elektrikli araçlar V2G teknolojisi ile pik güçteki artışların azaltılması, reaktif güç desteği, frekans ve gerilim desteği gibi hizmetleri her an şebeke ile bağlantı kurarak sunabilirler. Pik güç tıraşı, spinning reverse, gerilim ve frekans düzenlemeleri gibi

yardımcı hizmetleri gerektiğinde şebekeye sunabilirler [17].V2G teknolojisi sayesinde EA kullanıcıları akıllı şebeke desteği sayesinde kurabildikleri çift yönlü enerji aktarımını enerji fiyatlandırmasında kendi lehlerine olacak şekilde koordine edebilmekte fiyat tarifesinin düşük olduğu gece tarifesinde araçlarını şarj ederek fiyat tarifesinin daha yüksek olduğu puant zamanlarda şebekeye satabilmekte ve kar edebilmektedirler. Bu şekilde bir enerji transferinin gerçekleşebilmesi için mutlaka akıllı şebeke yapılarının kurulması çift yönlü bir haberleşme imkânının olması ve elektrikli araçların şarj zamanlarının talep yönetimi ile beraber planlanması gerekmektedir.

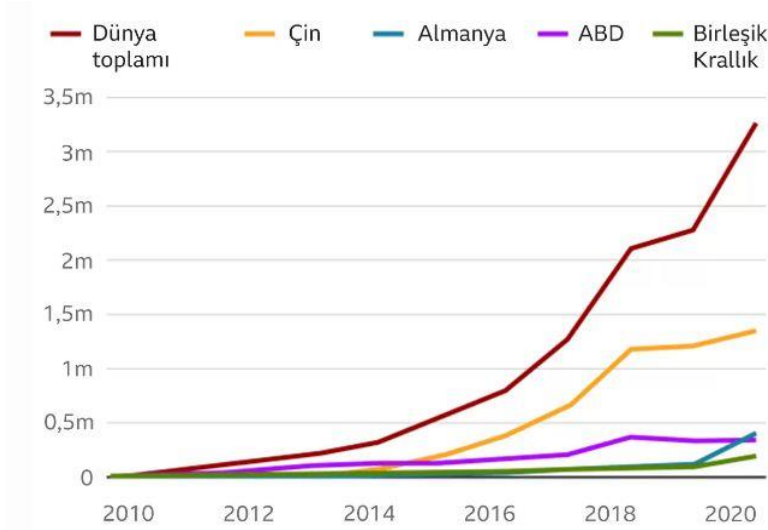
Elektrikli araç teknolojisi özellikle Avrupa Birliği'nin belirlemiş olduğu 20-20 hedefinin (2020 yılında enerjinin %20'si yenilenebilir kaynaklardan üretilecek, %20 CO2 emisyonu azalacak ve enerji tüketimi %20 azaltılacak) uygulanabilmesi için hem CO2 salınımı düşürmek hem de yenilenebilir enerji kaynaklarını sisteme en aktif haliyle entegre etmek için akıllı şebeke yapılarının olmazsa olmazı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu entegrasyon ancak akıllı şebeke sistemleri ve V2G konsepti ile mümkün olacaktır.

2.3. Elektrikli Araçların Dünyadaki Güncel Durumu

Dünyadaki küresel fosil kaynaklı yakıt rezervlerinin tükeneceği öngörüsü hızlı bir kullanımdan kaynaklanmaktadır. Nitekim yapılan araştırmalarda bu yakıtların yakın zamanda sona ereceği öngörülmektedir. Fosil yakıtların yapı itibari ile yandıkları esnada ortaya çıkardıkları zararlı gazlar insan hayatını olumsuz etkileyip ve ciddi anlamda çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir. Teknolojik gelişmelerin önünün alınamadığı bu çağda insanlık ciddi bir enerji iştahına sahip olmuştur. Enerjiye olan talebin her geçen gün biraz daha arttığı ve çevresel duyarlılıkların zirve yaptığı bu zamanlarda dünyanın önde gelen devletleri başta olmak üzere tüm dünya fosil kaynaklı yakıtlara alternatif aramakta ve daha çevreci bir enerji, sanayi ve ulaşım konsepti oluşturulmak istenmektedir. Bu konseptin oluşturulabilmesinin en önemli adımlarından biri, fosil kaynaklı yakıtlara olan bağımlılığı azaltan ve çevreci yapısı sayesinde elektrikli araçların etkin kullanımı olacaktır. Ülkeden ülkeye farklılık arz eden bir dizi çalışma sonucunda küresel anlamda elektrikli araç sayısı yollardaki etkinliğini hem sayıca hem de performans olarak artırmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyini bünyelerinde bulundurdıkları elektrikli araç sayısı ile ölçmek mümkün olabilmektedir.

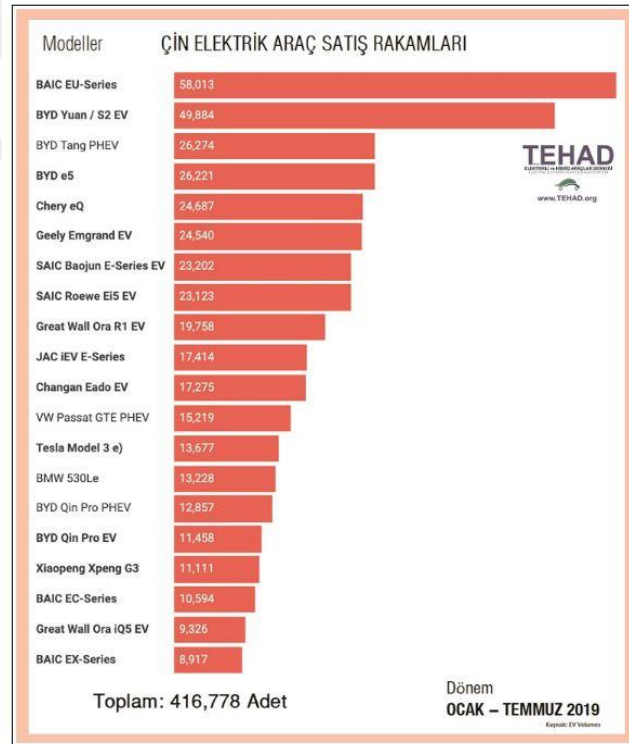
Gelişmiş ülkelerin başını çektiği elektrikli araçlara olan yatırım ve ilginin her geçen yıl daha da artması beklenmekte ve yakın gelecekte ciddi bir araç sayısının yollardaki yerini alacağı öngörülmektedir. Bu konuda en büyük atılımlar Çin Halk Cumhuriyeti tarafından gerçekleştirilmiştir. Üretici konumunda olan ülkelerin bu konuda daha ciddi çalışmalar yaptığı ortadadır.

2018-2019 dünya genelinde elektrikli araç satışına bakıldığında zaman toplam araç satışı içinde %2'lik bir dilime sahiptir. Ancak 2021 yılı satış rakamlarında bu oranın %10 düzeyine kadar yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu durum elektrikli araçların ciddi bir anlamda büyüme kapasitesine sahip olduğu anlaşılmıştır[18]. Özellikle batarya sektöründeki olumlu gelişmelere paralel bir şekilde elektrikli araç pazarı her geçen gün daha yüksek rakamlara ulaşmaktadır. Çinin başını çektiği gelişmiş ülkelerde araç sayısı her geçen gün artan bir grafik seyretmektedir.



Şekil 6 Küresel Elektrikli Araç Satışları

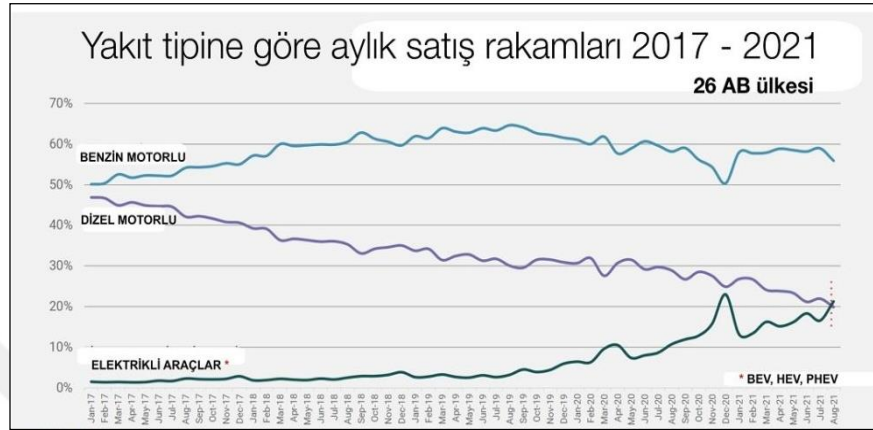
Elektrikli araç satışları ile ilgili dünyanın her bölgesinden ciddi miktarlarda satış haberleri gelmektedir. Sektörün en büyük pazarı olan Çin de farklı marka ve modellerde satış ciddi rakamlara ulaşmış durumlardadır. Sadece 2019 Ocak-Temmuz döneminde 416.778 adet elektrikli araç satışı Çin de yapılmıştır [19].



Şekil 7 Çin 2019 Ocak-Temmuz Elektrikli Araç Satış Rakamları

Elektrikli araç satışlarındaki önemli kriterlerden biri olan cazip fiyat seçeneği sayesinde Çin Devlet şirketi SAIC'in ABD'li General Motors ortaklığıyla ürettiği Hong Guang Mini adlı araç Ocak ayında EA sektörünün önemli markası olan Tesla'nın satışlarını ikiye katlamıştır [20]. Norveç yıl içerisinde toplam araç payı içerisinde en çok Elektrikli araç satış oranını yakalayan ülke konumundadır. 2020 yılı araç satış pazarının

% 54,3 lük kısmı elektrikli araçlardan oluşan Norveç biz dizi teşvik ve vergilendirmelerle 2026 yılına kadar tüm araçların elektrikli araç olmasını sağlamaya çalışmaktadır. Avrupa pazarı Ağustos ayı otomotiv satış rakamlarına göre 2017 yılından itibaren ilk kez Elektrikli otomobil satış rakamları dizel otomobil satış rakamlarını geçti. 26 Avrupa ülkesinden gelen rakamlar, dizel satışlarının artık ciddi oranda düştüğü, elektrikli araçların istikrarlı bir şekilde satış rakamlarını artırdığı Şekil 2' de göstermektedir [21]. Elektrikli araçlardaki bu artış batarya teknolojisindeki gelişmelere paralel bir şekilde seyretmektedir.



Şekil 8 2017-2021 yılları arasında Avrupa ülkelerindeki araç satış rakamları

Elektrikli araç satışlarının bu şekilde artması şüphesiz devletlerin bir dizi teşvik ve kolaylığı hayata geçirmesiyle mümkün olmaktadır. Batarya teknolojilerindeki olumlu gelişmeler, elektrikli araç satışında yapılan teşvikler elektrikli araçları cazip kılan unsurlardır. Devletler ortaya koydukları emisyon hedeflerine ulaşabilmek için ulaşım sektörü kaynaklı emisyonu minimum düzeye çekmeye çalışmaktadır. Almanya devlet tarafından elektrikli araç kullanımını artırmak için 2021 yılında verilen teşvikler yaklaşık olarak 3 milyar euroyu aşmış durumdadır. Bu durum kullanıcıların elektrikli araçlara yönelmesini hızlandırmış ve ülkenin hedef koyduğu emisyon değerlerine ulaşımını kolaylaştırmıştır. İngiltere’de emisyon hedeflerine ulaşabilmek için bir dizi kararlar almış ve ülkede 2022’den sonra yapılacak tüm konut, iş yeri ve diğer ticari binaların inşaatlarında elektrikli araç şarj istasyonları kurmanın zorunlu olacağını açıklamıştır. Ülke 2030 yılına kadar dizel, benzin ve LPG gibi fosil yakıt kullanan araçların üretimi sonlandıracağını taahhüt etmiştir [22]. Özellikle batarya teknolojisindeki rekabet ortamının maliyetlere olumlu yansması ve fosil yakıtlardan bağımsız bir ulaşım tercihi kullanıcıların elektrikli araçlara olan yönelimini artırmakta bu da araç üreticisi firmaların daha fazla elektrikli araç çalışmalarına yönelmesine sebebiyet vermektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre, 2015 yılında 86 olan elektrikli araç modeli sayısı 2020’de 368’e çıkmıştır. Bu göstergeler oluşan rekabet ortamını sayısal verilerle özetlemektedir.

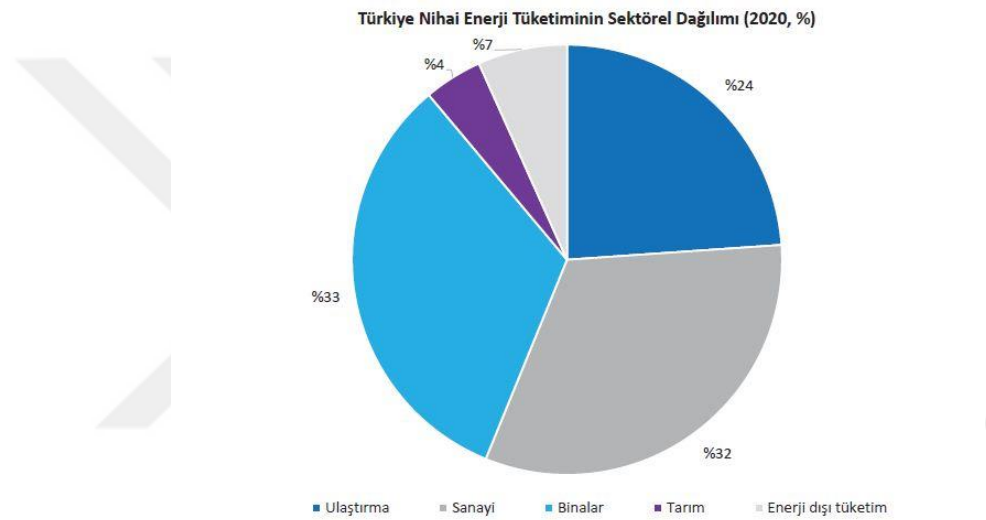
Elektrikli araç sektörünün 2021 yıllık ortalamasının ise yüzde 8-9 seviyesinde gerçekleşmiştir. 2025’te de bu oranın yüzde 23 ila 29 arasında olacağını öngörülmektedir. Çin ve Avrupa elektrikli araç satışlarında önde gitmektedir. ABD’deki tüketicilerin daha uzun menzilli araçlar tercih etmesi elektrikli araçların yaygınlaşmasını engellemektedir[23].

Başta Alman otomobil firmaları olmak üzere birçok bilinen marka hızla elektrikli araç teknolojilerine yatırım yapmaya başladılar. Geleneksel otomobil firmaları

bir taraftan ürettikleri fosil yakıtlı otomobillerin elektrikli versiyonlarını satışa çıkarırken diğer taraftan da baştan sona elektrikli olarak tasarlanmış otomobiller geliştirmektedirler. Volkswagen yıllardır sattığı Golf modelini e-Golf adıyla elektrikli olarak satarken, aynı zamanda ID3 adlı modelini sadece elektrikli olarak tasarlayıp satışa sunmuştur. Bunun yanı sıra yine birçok otomotiv firması elektrikli araçların üretimini ve piyasaya satışını gerçekleştirmektedir.

2.4. Elektrikli Araçların Türkiye'de Güncel Durumu

Genç ve dinamik nüfus yapısı ile Türkiye her geçen gün artan ulaşım sektörünün yakıt tedarikinin çok büyük bir kısmını fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Ülkenin enerji tüketim haritasına bakıldığında zaman içinde tüketilen enerjinin yaklaşık üçte birlik kısmının ulaştırma sektöründe kullanıldığı görülmektedir [24].

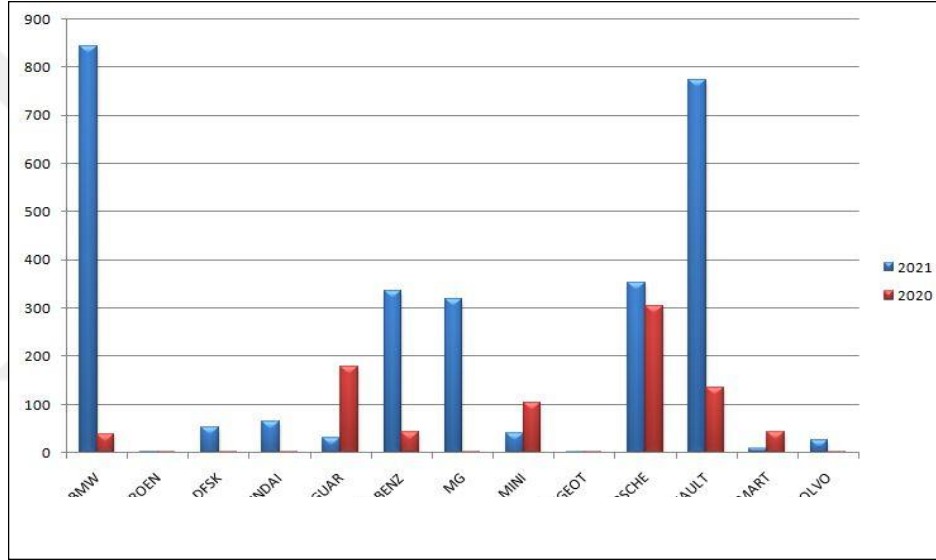


Şekil 9 2020 Yılı Türkiye Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı

Ülkemiz özellikle fosil yakıt kaynaklı enerji tedarikinde önemli ölçüde dışa bağımlı bir durumdadır. Dışa bağımlılığın azaltılması amacı ile enerjinin fosil yakıt kaynaklı bileşenler yerine yenilenebilir kaynaklı bileşenlerden elde edilmesi ülkemizin hedeflerinden bir halindedir. Ulaştırma sektörünün harcadığı enerji miktarı göz önünde bulundurulduğu zaman bu sektörün enerji kaynağı olarak daha çevreci ve daha verimli bir hale getirilmesi bir zorunluluktur. Bu bağlamda en avantajlı çözüm olarak elektrikli araç kullanımı karşımıza çıkmaktadır. Ulaşım sektöründe yerel kaynakların etkin kullanılması ve fosil yakıtlara olan bağımlılığının azaltılması enerjide dışa bağımlı olan ülkemiz için önemli bir konudur. Buna ek olarak çevresel duyarlılıklar, AB adaylığı süreci ve Kyoto Anlaşmasının düzenlemeleri göz önüne alındığında ülkemizin ihtiyacı olan elektrik enerjisinin büyük bir kısmını yenilenebilir kaynaklardan elde etmeyi hedeflemektedir. Sürdürülebilir bir kent yaşamını geliştirmek ve emisyonları kontrol etmek için, elektrikli araçların kullanımı ülke genelinde artırılmalıdır [25].

Elektrikli araçların ülkemizde günümüz şartlarında kullanımı henüz yaygınlaşmış durumda değildir. Yerli ve milli araç TOGG' un 2022 yılında üretime başlayacak olması bu sektörün oldukça hareketleneceğini göstermektedir. Ülkemizde yapılan bir araştırmada müşterilerin büyük bir kısmının elektrikli araç kullanabileceğini gözler önüne sermiştir. Yapılan araştırma sonucunda ülkemizde elektrikli araç kullanımı

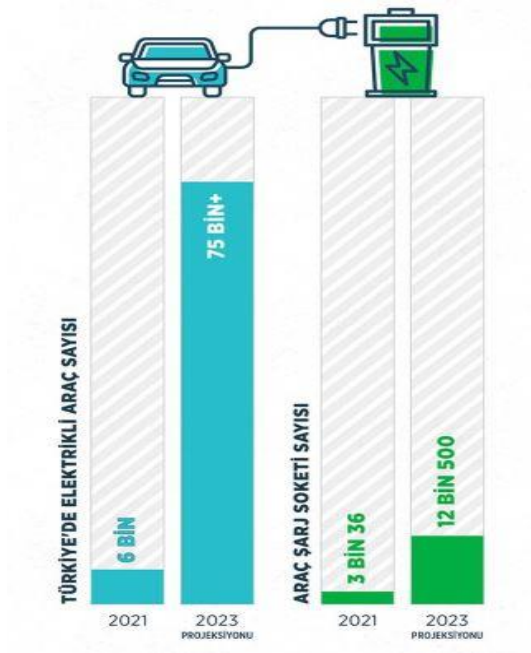
konusunda kararsız kalanların önemli bir kısmının araçların ihtiyaç duyulan her an şarj istasyonlarına erişiminin olmayacağı ve vergi teşviklerinin yetersiz olduğu endişesi taşıdığı görülmektedir [26]. Ülkemizde elektrikli araçların pazar içindeki payı günden güne artış göstermektedir. Dünya genelinde elektrikli araçlara olan bu yönelim ülkemizde de hissedilmeye başlanmıştır. Özellikle yerli araç TOGG un elektrikli bir araç olacak olması, konunun ülkemiz gündeminde daha çok kalmasını sağlamıştır. Böylece insanların bu konuya dönük talep ve sorularında artışlar meydana gelmiştir. EA talepleri, 2021 satış rakamlarında geçmiş yıllara nazaran kendini oldukça güçlü bir şekilde hissettirmiştir. Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneğinin yayınlamış olduğu verilere göre 2021 yılında Türkiye'deki farklı marka ve modelde toplam elektrikli otomobil satışı 2849 adet olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılına oranla yaklaşık yüzde 237 lik bir büyüme oranı meydana gelmiştir. Totalde ülkemizde 7 bin civarında elektrikli araç yollarda gezmektedir. Özellikle 2023 yılında TOGG yerli otomobilin seri üretime başlayacak olması yollardaki elektrikli araç sayısına ciddi bir ivme katacağı öngörülmektedir.



Şekil 10 2021 yılı Türkiye elektrikli araç satış rakamları

Ülkemiz, otomotiv sektörü için genç iş gücü ve gelişmiş sanayisi sayesinde tercih edilen bir lokasyon konumundadır. Hali hazırda Toyota, Ford, Hyundai, Tofaş ve Renault markalı araçların farklı fosil yakıtlı modelleri ülkemizde üretilmekte ve dünya pazarına ihraç edilmektedir. Elektrikli araç olarak ise Renault firmasının Fluence ZE modelindeki aracı ülkemizde üretilmektedir. Toyota firması ise Hibrit araç üretimini ülkemizde yapmaktadır.

İlerleyen yıllarda Ford ve TOGG markalı elektrikli araçların da ülkemizde üretimlerinin yapılacağı açıklanmıştır. Ülkemizde araç üretiminin dışında mevcut araçların elektrikli araçlara dönüşümünü gerçekleştiren firmalar da bulunmaktadır. DMA, Oto ve ZY traktör firmaları, araçların elektrikli araçlara dönüşümüne öncülük etmektedir. Tüm bu gelişmeler, ülkemizin elektrikli araç sayısını artıracak ve bu artışa paralel olarak şarj istasyon sayısında da önemli artışlar öngörülmektedir. EPDK tarafında yapılan açıklamalarda 2023 yılında 75 bini aşkın elektrikli aracın yollarda 12 bin 500 adet şarj soketinin şarj işlemine hazır halde olması öngörülmektedir [27].



Şekil 11 Türkiye EA 2023 Projeksiyonu

Çizelge 2.1 Türkiye'de Satılan Elektrikli Araç Şarj Hızları ve Batarya Kapasiteleri

Araç Modeli	Şarj Süresi	Şarj Hızı	Batarya
<u>Porsche Taycan</u>	%5-80: 22,5 dk	270 kW	93,4 kWh
<u>Mercedes EQS</u>	%10-80: 31 dk	200 kW	108 kWh
<u>BMW iX</u>	%10-80: 35 dk	200 kW	105,2 kWh
<u>Skywell ET5</u>	%20-80: 32 dk	100 kW	72 kWh
<u>Renault ZOE</u>	%0-80: 70 dk	50 kW	52 kWh
<u>Hyundai Kona Elektrik</u>	%10-80: 47 dk	100 kW	64 kWh
<u>Volvo XC40 Recharge</u>	%0-80: 40 dk	150 kW	75 kWh
<u>MG ZS EV</u>	%0-80: 40 dk	100 kW	44,5 kWh
<u>XEV iEV7s</u>	%20-80: 60 dk	37 kW	40 kWh
<u>BMW iX3</u>	%10-80: 32 dk	150 kW	80 kWh
<u>SERES 3</u>	%20-80: 30 dk	100 kW	52,5 kWh
<u>Mercedes EQA</u>	%10-80: 30 dk	100 kW	66,5 kWh
<u>Mercedes EQC</u>	%10-80: 40 dk	110 kW	80 kWh
<u>Mini Cooper SE</u>	%5-80: 35 dk	50 kW	32,6 kWh

Elektrikli araç kullanımı başlangıç seviyesinde olan ülkemizde bu araçların şarj ihtiyaçları için ev ortamı veya iş ortamında şarj edileceği ve bu şarjın AC şekilde yapılacağı öngörülmektedir. Ancak bu durumun araç yoğunluğu arttıkça değişeceği ve hızlı şarj ünitelerinin de ülkemizde özellikle uzun mesafeler arasında yoğunlaşacağı tahmin edilmektedir. Araç şarjları için hizmet veren firmalardan alınan verilere göre yakın zamanda hızlı şarj istasyonlarının ülkemizin her noktasında erişilebilir olacağı anlaşılmaktadır.

2.4.1. Türkiye'de Elektrikli Araç Yasal Düzenlemeleri ve Teşvikler

Ülkemizde gelişim çağında olan elektrikli araçlar yerli aracın da elektrikli modelde üretilecek olması ile gündemi yoğun bir şekilde meşgul etmektedir. Yakın zamanda ciddi bir artış göstermesi beklenen elektrikli araçlar için ülkemizdeki ilgili kuruluşlar gerek araçların satışı gerekse de şarj altyapıları için bir takım çalışmalar yapmaktadır.

Hazine ve Maliye Bakanlığının 12.03.2021 tarihinde açıklamış olduğu Ekonomi Reformları Paketinde elektrikli araç altyapısının hayata geçirileceği ve hizmet araçları ile toplu taşıma filolarının elektrikli araç yapılarından müteşekkil olmasının teşvik edileceği reform paketinde iki temel hedef olarak gösterilmiştir. Bu hedefler ülkemizin sanayideki yeşil dönüşümünün gerçekleşmesinin ana unsurlarından olarak belirlenmiştir.

Maliye Bakanlığının yayımlamış olduğu Reform paketine göre ülkemizdeki elektrikli araçların şarj altyapısını kurmak ve ilgili düzenlemeleri yapmak için Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bu konuda ana sorumlu tayin edilmişlerdir. Ayrıca reform paketinde bu konu için Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na, Hazine ve Maliye Bakanlığı'na, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na, Türk Standartları Enstitüsü'ne ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'na ilgili kurum ve kuruluşlar arasında yer verilmiştir. Reform paketine göre şarj istasyon altyapılarının 31.12.2021 tarihi ile hayata geçirilmiş olması gerektiği tespit edilmiştir.

EPDK tarafından elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulması işletilmesi ve şarj hizmetlerinin güvenli ve kesintisiz bir şekilde sunulması amacı ile bir takım hususların belirlendiği Şarj Hizmeti Yönetmeliği Taslağı hazırlanarak kamuoyunun görüş ve değerlendirmelerine açık tutulmuştur. 4 Şubat 2022 tarihine kadar kamuoyundan görüş ve değerlendirme alan EPDK'nın yakın zamanda yönetmeliğin son halini yayımlaması beklenmektedir.

25.03.2021 tarih ve 31434 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Otopark Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Otopark Yönetmeliği ile elektrikli araç otopark yerinin bulunacağı alanlar yeni yapıların otopark alanları dâhil edilerek genişletilmiş ve sayı artırılmıştır. Buna göre:

- Yönetmeliğin 5 inci maddesinin birinci fıkrasına eklenen (j) bendi ile; zorunlu otopark adedi 20 ve üzeri olan yeni yapılacak yapılara ilişkin yapı ruhsatı başvurularında zorunlu otopark alanlarının 1 adetten az olmamak üzere en az %5'inin, ilgili standartlara göre şarj ünitesi dâhil elektrikli araçlara uygun olarak düzenlenmesi şartı aranacaktır.
- Yönetmeliğin 6'ncı maddesinin beşinci fıkrası şu şekilde değiştirilmiştir: Yeni yapılacak olan bölge ve genel otoparklar ile AVM'lere ait otoparklarda en az %10 oranında otopark yerinin ilgili standartlara göre elektrikli araçlara uygun olarak (şarj ünitesi dâhil) düzenlenmesi şartı aranacaktır. 30.000 m²'den büyük AVM'lerde kurulacak şarj ünitelerinden en az birinin, 70.000 m² den büyük AVM'lerde ise en az

ikisinin ilgili standartlara göre hızlı şarj kapasitesine sahip olması gerekir. İhtiyaca göre elektrikli araç otopark yeri sayısının artırılması hususunda idarelerce karar alınabilir.

- Yönetmeliğin 6'ncı maddesinin beşinci fıkrasında yer alan “%10” oranı, 01/01/2023 tarihine kadar “%5” olarak uygulanacaktır. Bu tarihe kadar hızlı şarj kapasitesi zorunluluğu aranmayacaktır [28].

Otopark yönetmeliğinde yapılan bu değişikliklerin elektrikli araç kullanımı ve yaygınlaşması için önemli bir adım olduğu anlaşılmaktadır. Bunun dışında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı da İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmeliğinde yaptığı değişiklik ile elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumunun yakın zamanda artış göstereceğini göstermiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 09.06.2020 tarih ve 31150 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik'te alan “Gayri Sıhhi Müesseseler Listesi” kısmının “C) Üçüncü Sınıf Gayrisıhhi Müesseseler” başlıklı bölümünün “1-Enerji Sanayii” başlıklı alt bölümü değiştirilerek otoparklar, alışveriş merkezlerinin otopark alanı olarak ayrılmış yerlerinde, akaryakıt istasyonlarında veya yetkili idarece uygun görülecek ve imar planında bu amaca ayrılmış olan diğer yerlerden müstakil olarak kurulacak elektrikli araç şarj istasyonlarının işyeri açma ve çalışma ruhsatına tabi olacağı, bu istasyonların otoparklar, alışveriş merkezleri veya akaryakıt istasyonlarında kurulması halinde kurulu bulunan işyerinin ana faaliyeti baz alınarak düzenlenen işyeri ruhsatında tali faaliyet olarak belirtileceği düzenlenmiştir [29].

Bu yönetmelik 17.04.2021 tarih ve 31457 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılması Dair Yönetmelik ile elektrikli araç şarj istasyonları için bir takım değişikliğe uğramıştır. Bu değişiklikler;

- Elektrikli araç şarj istasyonu işletmecisi (mevcut işyerinden) farklı bir halde mevcut ruhsata tali bir düzenleme söz konusu olmayacak, bu durumda elektrikli araç şarj istasyonu için ayrı bir işyeri açma ve çalışma ruhsatı alınması gerekecektir.
- Aynı yetki alanı içerisinde yetkili idarece, müstakil olarak kurulacak istasyon adresinden başka bir yerde bulunan ve buradan yönetilebilen ve yetkili idarenin uygun göreceği yerlerde bulunan elektrikli araç şarj üniteleri, istasyonları için tek bir işyeri açma ve çalışma ruhsatı düzenleyecektir.
- Bunun dışında, elektrik enerjisi ile çalışan araçların elektrik ihtiyacını temin edebilmeleri için otoparklarda, alışveriş merkezlerinin otopark alanı olarak ayrılmış yerlerinde, akaryakıt istasyonlarında veya yetkili idarece uygun görülecek ve imar planında bu amaca ayrılmış olan diğer yerlerde müstakil olarak kurulacak elektrikli araç şarj istasyonlarının işyeri açma ve çalışma ruhsatına tabi olduğu hükmünde bir değişiklik yapılmamıştır.
- Ayrıca mevcut elektrikli şarj istasyonlarının bu Yönetmelik hükümlerine göre 31/07/2021 tarihine kadar işyeri açma ve çalışma ruhsat alması gerektiği hükmünde de bir değişiklik yapılmamıştır [30].

2022 yılı itibariyle yaklaşık %25 zam oranı ile artış gösteren MTV ödemeleri ocak ve temmuz aylarında yapılmaktadır. Ülkemizde Elektrikli araç kullanımını teşvik etmek için 2018 yılına kadar bu araçlar MTV'den muaf tutulmakta idi. Ancak 2019 yılı itibari ile bu araçlardan da MTV alınmaya başlanmıştır. Aynı muadildeki içten yanmalı motora sahip araçlardan alınan motorlu taşıt vergisinin %25 oranında vergi elektrikli araç kullanıcılarından alınmaktadır. 2000 lira MTV ödeyen aynı segment ve yaştaki içten yanmalı motora sahip araca göre elektrikli araçtan 500 TL MTV alınmakta ve bu durum EA sürücülerine kullanım maliyeti açısından avantaj sağlamaktadır. Ülkemizdeki an kullanılmakta olan Elektrikli araçlardan alınan MTV oranlarının 2022

yıldındaki tutarları araç model ve markasına göre değişiklik arz etmekte ve bu rakamlar Tablo 2’ de sıralanmaktadır.

Çizelge 2.2 Türkiye’de Satılan Elektrikli Araçların MTV Tutarları

Elektrikli Araç Modeli	MTV Tutarı
BMW iX xDrive40	15.658 ₺
BMW iX3	6.085 ₺
Hyundai Kona 100 kW	1.212 ₺
Hyundai Kona 150 kW	2.866 ₺
MG ZS EV	1.212 ₺
2022 MG ZS EV	1.910 ₺
Renault ZOE	687 ₺
Skywell ET5	2.866 ₺
SERES 3	1.910 ₺
Porsche Taycan	15.658 ₺
Mercedes EQC	15.658 ₺
Mercedes EQA	2.866 ₺
Jaguar I-Pace	15.658 ₺
BMW i3	2.866 ₺

Karbon emisyon etkisini düşük seviyelere düşürmek için etkili yöntemlerden biri olarak karşımızda duran elektrikli araçların kullanımını popüler hale getirmek için ülkemizde yapılan uygulamalardan biri, araç satışlarında alınan özel tüketim vergisinin elektrikli araçlardan içten yanmalı motora sahip muadillerine göre daha düşük seviyelerde alınmasıdır. Uzun yıllar boyunca bu araçların kullanımını cazip hale getirmek için ÖTV oranları % 15 ve altında alınmıştır. 2021 yılında bu araçlardan alınan ÖTV oranı yapılan birkaç düzenleme ile yaklaşık %60 seviyelerine kadar çıkarılmıştır. Ancak içten yanmalı motorlara sahip araçlarda ÖTV oranlarının %220 seviyelerine kadar alındığı göz önüne getirildiği zaman ÖTV oranlarında kullanıcılarına ciddi bir avantaj sağladığı görülmektedir. Ülkemiz yollarında motor gücüne göre elektrikli araçlardan alınan 2022 yılına ait ÖTV oranları tablo 3’ te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Türkiye’de Satılan Elektrikli Araçların Motor Gücüne Göre ÖTV Oranları

Motor Gücü	ÖTV Oranı
85 kW (115 HP) ve Altı	%10
85-120 kW (115-163 HP) Arası	%25
120 kW (163 HP) ve Üstü	%60

Ülkemizde tabloda görüleceği üzere ÖTV oranları belirlenirken tek kriter olarak motor gücünün alınması orta segment araçlar ile lüks araçların aynı vergiyi ödemelerine sebebiyet vermektedir. Araç bedelinden bağımsız sadece motor gücüne göre alınan ÖTV adaletsiz bir durumu ortaya çıkarmaktadır. Özellikle TOGG un yollara çıkması ile bu durum tekrar gözden geçirilmesi öngörülmektedir. TOGG otomobilinin motor gücüne bakıldığı zaman %60 ÖTV oranı ile satılacağı anlaşılmaktadır. Ülkemizde markaya göre elektrikli araçlardan alınan 2022 yılına ait ÖTV oranları tablo 4’ te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4 Türkiye'de Satılan Elektrikli Araçların Markalara Göre ÖTV Oranları

Elektrikli Otomobil Modeli	ÖTV Oranı
Porsche Taycan	%60
Hyundai Kona 100 kW	%25
Hyundai Kona 150 kW	%60
Skywell ET5	%60
MG ZS EV	%25
Renault ZOE	%10
BMW iX3	%60
BMW iX	%60
SERES 3	%25
XEV iEV7s	%10
Mercedes-Benz EQS 580	%60

2.4.2. Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG)

Uluslararası anlamda ses getirebilecek muadilleri ile rekabet edebilecek yerli bir otomobil üretme amacı ile ülkemizin beş firmasının ortaklığı ile TOGG kurulmuştur. Üretim aşamasına 2022 yılı sonunda geçmesi beklenen TOGG un elektrikli aracının yıllık üretimin 175.000 adet olması beklenmektedir. Ülkemizin hayalini kurduğu yerli ve milli aracı üretme hedefini gerçekleştirmek üzere 2018 yılında kurulan TOGG bu hedef doğrultusunda çağın şartlarına paralel tamamı elektrikli olacak şekilde farklı segmentlerde araç üretimini gerçekleştireceğini ve yakın tarihte bu araçların yollardaki yerini alacağı açıklanmıştır.



Şekil 12 TOGG Elektrikli Otomobil

Türkiye'nin şartlarına uygun olarak yüksek menzil ve hızlı doldurulabilen batarya ile öne çıkan otomobilin şu an için 2 farklı motor seçeneği bulunuyor. Birinci seçenekte 200 beygir güç üretebilen motor ve 0'dan 100 km/s hıza 7,6 saniyede ulaşıyor. İkinci seçenekte ise 400 beygir güç üretebilen motorla 0'dan 100 km/s hıza 4,8 saniyede ulaşıyor. Kısacası her iki model de Türkiye'de şu anda yollarda olan fosil yakıtlı muadillerinden çok daha hızlı olacak. Yerli otomobilin bataryasında da motor gücünde olduğu gibi iki farklı seçenek yer alıyor. İlk seçenekte araç tek şarj ile 300 km gidebilecek. İkinci seçenekte ise yerli otomobilin menzili 500 km kadar çıkacak. Aynı zamanda aracın içerisinde yer alan rejeneratif frenleme teknolojisi sayesinde sürücüler fren yaptıkça enerji geri kazanımıyla batarya şarj olabilecek. Yerli otomobilin bataryasının %80 şarja ulaşması için 30 dakikadan az bir süre yeterli olacaktır.

Yerli otomobilin bir diğer önemli özelliği ise internet bağlantısıdır. Akıllı telefonlardan alışık olduğumuz 4.5G teknolojisinin yanı sıra 5G teknolojisiyle de internete bağlanabilecek olan araç, uzaktan müdahale edilmesine ya da sürücülere haber verilmesine olanak tanıyacaktır. TOGG, dünyanın en büyük batarya üreticilerinden biri olan Çinli Farasis ile Li-Ion (Lityum İyon) piller konusunda anlaştığını ve bu anlaşma ile Farasisin, bataryayı Türkiye'de üreteceğini açıklamıştır [31].

Ülkemizin yerli aracı olarak üretime geçmesi için çalışmalar yapılan TOGG'un ihtiyaç duyacağı batarya paketlerinin de yerli imkânlarla karşılanması amacı ile TOGG ve Farasis işbirliği ile Siro Enerji firması kurulmuştur. İki firmanın eşit ortaklığıyla kurulan Siro Enerjinin gerek TOGG markasının batarya sistemleri gerekse de diğer araçların batarya sistemlerinin üretim ve tedariki için hizmet vermesi planlanmaktadır. 2021 Aralık ayında yayımlanan Resmi Gazete ile kurulumu ilan edilen Siro Enerji Pil Fabrikasının yıllık 20 GWh üretim kapasitesine sahip olacağı açıklanmıştır. 2023 yılında seri üretime geçmesi planlanan fabrikanın yıllık 250-300 bin adet elektrikli araç batarya paketini üretmesi hedeflenmektedir. Kurulan bu fabrika ile beraber yerli otomobildeki yerlilik oranının üst düzeye çıkarılması bunun yanı sıra batarya

teknolojinde kullanılan madenlerin yerli imkânlarla işlenip ekonomiye kazandırılması hedeflenmektedir.

Elektrikli araç gelişiminin en önemli aşamalarından biri şarj istasyon altyapısının kuruludur. Yakın zamanda seri üretime geçmesi beklenen TOGG otomobilinin kendi şarj istasyon ağını kuracağı ve bu amaçla TOGG Şarj İstasyonları A.Ş. isimli bir şirketin kurulduğu ilan edilmiştir. Hem yerli TOGG otomobili hem de ülkemizde kullanılan diğer marka elektrikli araçların şarj hizmetleri, kurulan bu şirket tarafından sağlanacaktır. Şarj işlemleri için TOGG ID uygulamasının etkin bir şekilde kullanımı planlanmaktadır. TOGG un kendine özgü olan bu şarj istasyonları ile kullanıcılar özel şarj hizmetleri alabilecek ve kendi yaşam alanlarında TOGG tarafından geliştirilecek Wallbox tipinde şarj istasyonlarını kullanabileceklerdir.



3. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ŞARJ ALTYAPISI VE ELEKTRİK ŞEBEKESİNE OLASI ETKİLERİ

3.1. Kullanılan Şarj Altyapıları

Elektrikli araç sisteminin temel bileşenlerinden biri şarj ihtiyacını karşılayan şarj istasyonlarıdır. EA larda bulunan batarya paketlerinin belirli zaman dilimlerinde ve ihtiyaç duyulan anlarda şarj edilmesi gerekmektedir. Şarj istasyonları şarj esnasında aktarılan birim güç veya şarj işleminin gerçekleştiği gerilim seviyesine göre farklılık arz etmektedir. Birim zamanda aktarılan güç miktarına göre temel olarak yavaş, normal ve hızlı olmak üzere üç farklı tipte şarj istasyonları bulunmaktadır. Şarj işleminin gerçekleştiği gerilim çeşidine göre ise şarj istasyonları temelde AC Şarj istasyonu ve DC Şarj istasyonu olarak iki kısımda incelenmektedir.



Şekil 13 Şarj İstasyonu

Elektrikli araçlarda bulunan batarya paketleri, yükü DC şeklinde depolamak üzere tasarlanmışlardır. Bu şekilde bir tasarımın neticesinde DC şarj istasyonları ile yapılan şarj işlemleri herhangi bir güç dönüşüm işlemine gerek duymayarak yüksek miktarlarda gücü kısa sürelerde transfer etme kapasitesine sahiptirler. Bu tip şarj istasyonları genel itibari ile yüksek güç transferi ve kısa şarj süresine ihtiyaç duyulacak yoğun lokasyonlarda veya şehirlerarası ulaşım yollarında tercih edilmektedir. İnsanların en fazla vakit geçirdikleri ev ortamlarında ise düşük güç aktarma potansiyeline sahip şebekeye yüklenmenin olmadığı uzun şarj sürelerindeki yavaş şarj istasyonları tesis edilmektedir. İnsanların günlük vakitlerinin bir kısmını geçirdiği işyeri, AVM, eğlence merkezleri vb. gibi yerlerde ise daha kısa şarj sürelerine sahip normal şarj istasyonları kurulmaktadır.

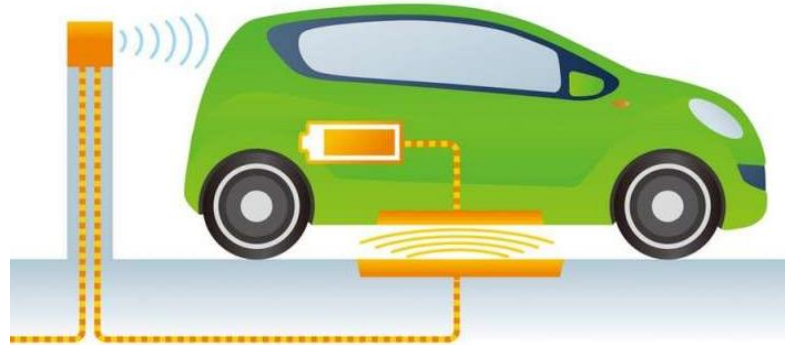
Elektrikli araç şarj istasyonları kullanım tipine göre de farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. İnsanların kendi evlerinin elektrik sistemine entegre ettiği şarj

istasyonları bireysel şarj istasyonu olarak isimlendirilmektedir. Bu istasyon tiplerinde şarj esnasında değil normal aylık periyotlarda elektrik faturalarına dâhil olacak şekilde bir ücretlendirme yapılmaktadır. Aynı ortamı paylaşan bir kısım insanın; sadece o ortamı paylaşan kişilerin kullanımı için tesis edilen şarj istasyonlarına ortak kullanım şarj istasyonu denilmektedir. Halkın ortak kullanımında olan alanlarda herkesin erişebileceği şekilde konumlanan ve ödeme yöntemi herkese açık olan istasyonlara halka açık şarj istasyonu denilmektedir.

Şarj işlemleri araç içinde veya araç dışında yapılabilir. Araç içi şarj sistemlerinde batarya paketleri elektrik şebekesi üzerinden ile AC gerilim ile şarj edilmekte ve çift yönlü bir bağlantı kurulabilmektedir. Araç içinde yer alan şarj sistemlerinde birim zamanda transfer edilen güç miktarı 3,5 kW'tan düşük ve şarj hızları yavaştır. Araç dışı şarj sistemlerinde ise şebeke ile bağlantı araç dışında bulunan şarj istasyonu üzerinden kurulmakta ve batarya paketlerine direkt kullanacakları gerilim transfer edilmektedir. Güç aktarım kapasitesi 20 kW'tan büyük olduğu için bu tip şarj sistemleri hızlı şarj istasyonları olarak ta isimlendirilmektedir.

Şarj sistemleri araç içi veya istasyon içinde (araç dışı) yer alabilmektedir. Bazı araçlar araç dışı şarj sistemleri ile uyumlu olsa da elektrikli araçlar genellikle araç içi şarj sistemlerine sahiptirler. Araç içi iki yönlü akü şarj sistemleri doğrudan AC elektrik şebekesine bağlanmaktadır. Bu sistemlerde yavaş şarj gerçekleşmektedir ve genellikle 3,5 kW altı güçlerde tasarlanmaktadır. İstasyon içi şarj sistemlerinde ise şarj sistemi araç dışında yer almakta ve doğrudan akü gerilimine ulaşmaktadır. Bu sistemler aküyü hızlı bir şekilde şarj etmek için kullanılmaktadır. Bu sistemlerin güç kapasitesi ise 20 kW üzerindedir [32].

Kablolu bağlantı kuran şarj sistemleri dışına enerjinin kablosuz bir şekilde araca transferini gerçekleştiren kablosuz şarj istasyonları da mevcuttur. Ancak güç iletim esnasındaki verimin oldukça düşük olması ve istasyon maliyetlerinin çok yüksek olması bu tip istasyonların gelişimini engellemiştir.



Şekil 14 Kablosuz Şarj İstasyonu

Elektrik araç gelişiminin önündeki en büyük engel olan şarj sürelerinin kısaltılması amacı ile tasarlanan bir diğer istasyon tipi de batarya değişim istasyonlarıdır. Bu tip istasyonlarda araçlar batarya şarjına ihtiyaç duyacağı vakitlerde en yakın istasyondan kendi bataryalarını şarjı tam olan başka bir batarya ile

değiştirebilecektir. Bu konu ile ilgili akademik ve endüstriyel çalışmalar devam etmektedir. 2022 yılının ilk aylarında Norveç'te kurulan batarya değişim istasyonunun yakın zamanda Avrupa'da yaygınlaşacağı öngörülmektedir.



Şekil 15 Norveç Batarya Değişim İstasyonu

Ana hatları ile şarj istasyonları bu şekilde birbirinden ayrılrsa da Elektrikli araçların kullanıldığı ülkelere göre şarj istasyonlarında da yapısal farklılıklar görülmektedir. Ülkeden ülkeye farklılık arz eden bu durumlar ilgili ülke veya ülkelerin şarj standardı olarak karşımıza çıkmaktadır. Şarj İstasyonları araçların ihtiyaç duyduğu enerjinin şebeke üzerinden en güvenli ve kesintisiz olarak araca aktarımını gerçekleştiren cihazdır. Amerika, Avrupa ve Uzak doğu ülkelerinin başını çektiği bir takım şarj istasyon standardı araçların şarj edildiği gerilim tipine göre farklılık arz etmektedir. Japonya'nın benimsemiş olduğu CHAdeMO standardı elektrikli araçların direk doğru akım ile şarjına olanak tanıyan hızlı şarj istasyonlarıdır. CHAdeMO standardını benimseyen istasyonlarda anlık 62,5 kW a kadar bir enerji transferi mümkün olabilmektedir [33].

Çizelge 3.1 CHAdeMO Standardı

Şarj Yöntemi	Anma Gerilimi(VDC)	Maksimum Akım(A)	Maksimum Güç (kW)
CHAdeMO	500	125	62,5

Avrupa Birliği ülkelerinin benimsediği şarj istasyon standardı ise Uluslararası Elektronik Komisyonu tarafından yayınlanan standartlardır. Bu standartlar içinde hangi

elektriksel kurallar dâhilinde şarj istasyonlarına bağlanacağı IEC 61851 standardı ile tanımlanmıştır [34].

Çizelge 3.2 IEC 61851 Standardı

Şarj Yöntemi		Faz Sayısı	Anma Gerilimi(V)	Maksimum Akım(A)
AC	MOD 1	1	≤ 250	≤ 16
		3	≤ 480	
	MOD 2	1	≤ 250	≤ 32
		3	≤ 480	
	MOD 3	1	≤ 250	≤ 250
		3	≤ 480	
DC	MOD 4	-	≤ 1000	≤ 400

Amerika'nın benimsemiş olduğu şarj istasyon standardı ise Otomotiv Mühendisleri Topluluğu tarafından yayınlanan SAE J1772 standardıdır [35].

Çizelge 3.3 SAE J1772 Standardı

Şarj Yöntemi		Anma Gerilimi(V)	Maksimum Akım(A)	Maksimum Güç(kW)
AC	Seviye-1	120	12	1,44
			16	1,92
	Seviye-2	208-240	>20	19,2
			≤ 80	
DC	Seviye-1	200-500	80	40
	Seviye-2	200-500	200	100

Elektrikli araç üretiminin lider markası olan Tesla firması ise kendi araçları için tasarlamış olduğu SuperCharger olarak isimlendirilen şarj istasyonları ile şarj işlemini doğru akım şeklinde yapmakta ve şarj sürelerini oldukça düşürmektedir. 2020 yılında Tesla firmasından yapılan açıklamaya göre ülkemizde de yakın zamanda 10 farklı noktaya SuperCharger hızlı şarj istasyonlarının kurulacağını ifade etmiştir. Bu şarj istasyonları ile elektrikli araçlar 25-34 dakika süresinde batarya paketlerinin yüzde 80 oranında şarj edilebileceği açıklanmıştır [36]. Avrupa ve Amerika'da DC hızlı şarj istasyonu olarak CCS COMBO istasyonu kullanılmaktadır. Son teknoloji ile donatılan bu istasyon tipinde şarj işlemleri kısa sürede yapılmakta ve araç ile istasyon arasında

sağlıklı bir bilgi akışı kurulmaktadır. DC şarj işlemleri dünya genelinde Japonya CHAdeMO, Tesla SuperCharger ve CCS COMBO başta olmak üzere farklı şekillerdeki şarj soketleri ile farklı hızlarda yapılmaktadır. Bu şarj istasyonlarının bilgi akışını ve güvenliği sağlamak amacı ile üretilen farklı tiplerde şarj soketleri bulunmaktadır.

Çizelge 3.4 Şarj Soketleri ve Güç Aktarım Kapasiteleri

Şarj Soketi	Şarj Hızı	Kullanıldığı Ülkeler
CCS Combo 2	350 kW	Türkiye, Avrupa
CCS Combo 1	350 kW	ABD, Kanada
Tesla Şarj Soketi	250 kW	ABD, Kanada
CHAdeMO	400 kW	Japonya, Türkiye vb.
GB/T	250 kW	Çin, Hindistan
Type 1 – SAE J1772	22 kW	ABD, Japonya
Type 2 – SAE J3068	22+ kW	Tüm Dünya
ChaoJi	900 kW	Çin, Japonya



Şekil 16 Kullanılan Şarj Soketleri

Elektrikli araç satış oranlarına ve yollardaki aktifliğine bakıldığı zaman ciddi anlamda elektrikli araç pazarına sahip olan Çin'de takriben 210.000 adet şarj istasyonunun aktif bir şekilde hizmet verdiği görülmektedir [37].

2020 yılı verilerine bakıldığı zaman çevreci bir ulaşım ağını tercih eden ve CO2 emisyon hedeflerine ulaşmak isteyen Avrupa'da elektrikli araç şarj altyapısının 285.800 adet şarj istasyonu ile bu yolda sağlam adımlar attığı görülmektedir. Elektrikli araç oranı bakımından en iyi ülke konumunda Hollanda bulursa da İstasyon sayısı açısından liderlik Norveç ülkesindedir. Avrupa Komisyonu'nun önerisine göre otoyollarda 60 km de bir şarj istasyonuna erişimin sağlanması gerekmektedir. Kilometre başına şarj istasyonu sayısı ile Hollanda dünyada üstünlüğü elinde tutmaktadır. Elektrikli araç gelişimine paralel bir şekilde şarj istasyonlarında da ciddi artışlar gözlenmektedir [38]. Amerika' daki verilere bakıldığı zaman ise 41.400 adet şarj istasyonu ve düşük oranlarda hızlı şarj istasyon sayısı ile Avrupa'nın gerisinde kaldığı gözlemlenmektedir [39].

Ülkemizde 2021 verilerine göre 3 bin 457 şarj istasyonu bulunmakta ve bunların 818'ini özel kullanım amaçlı şarj istasyonları oluşturmakta, 2 bin 639'u halka açık olarak yer almaktadır. Türkiye'nin her ilinde en az bir şarj ünitesi yer almakta ve şarj istasyonu sayısı bakımından en yüksek oran yaklaşık 600 civarında şarj istasyonu ile İstanbul'da bulunmaktadır. Ülkemizde şarj altyapısının tüm ülke genelinde düzenli bir şekilde tesis edilebilmesi için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) gerekli düzenlemeleri yapmaktadır. Türkiye'de G-Charge (Gersan), Voltrun, Yeşil Güç (Greenway), Zorlu Energy Solutions (ZES) ve Sharz gibi firmalar örnek olarak verilebilir [40].

Elektrikli araç şarj hizmeti açısından ülkemizde en gelişmiş şarj ağını ZES firması kurmuş durumdadır. Yerli imkânlarla şarj istasyonu gelişiminde ise Voltrun ve Gersan firmaları öne çıkmaktadır. Gersan firması, G-Charge markası ile ülkemizin ilk yerli şarj istasyonları üretimini gerçekleştirmektedir. G-Charge şarj istasyonları 22 kW güç aktarma kapasitesine sahip Tip-2 AC Şarj soketlerini şarj işleminde kullanmaktadır. TOGG, Tesla ve Kalyon gibi firmalar da 2022 yılı itibari ile ülkemizde şarj altyapısına yatırım yapacaklarını ilan etmişlerdir.

Elektrikli araç şarj hizmeti için yatırım yapan ve yatırım yapacağını ilan eden firmalar aşağıda sıralanmıştır.

- Eşarj
- Sharz.net
- ZES (Zorlu Energy Solutions)
- Voltrun
- Gersan – G-Charge
- Tesla Supercharger
- Togg Şarj İstasyonları
- Kalyon EV Charging

Bu firmaların bir kısmının DC şarj hizmeti bulunmamaktadır. Bu da hızlı şarj işleminin ilk etapta tüm firmalar tarafından yapılmayacağını göstermektedir. Ülke

genelinde devreye alınan şarj istasyonları farklı hızlarda bulunmaktadır. Ülkemizde bulunan en hızlı güç aktarım kapasitesine sahip istasyon 350 kW güç aktarım hızına ulaşan Porsche Türkiye tarafından devreye alınan İstanbul Park'ta bulunan istasyondur. Bunun yanı sıra 320 kW güç aktarım kapasitesine sahip diğer istasyon ise Doğuş Oto Kartal şubesinde bulunmaktadır. Büyüme potansiyeli oldukça yüksek olan Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Sektörü şimdiden şarj hızlarına göre farklı fiyat seçenekleri sunmaktadır. Sektörde etkinliği bilinen firmalardan alınan şarj ücretlerinin karşılaştırıldığı tablo aşağıda verilmiştir. Tabloya göre ülkemizde en ucuz fiyatlarda şarj işlemini gerçekleştiren firma Eşarj firması olmuştur. Şarj hızını direkt olarak etkileyen şarj işleminin DC şekilde yapılabilmesi ülkemizde ZES ve EŞARJ firmaları tarafından devreye alınan şarj istasyonları ile gerçekleştirilmektedir. Şarj sürelerini ciddi anlamda kısaltan DC şarj istasyonlarındaki şarj işlemi diğer istasyonlara göre daha pahalı olmaktadır. Şarj işlemleri ödemeleri konusunda firmalar tarafından farklı tarifeler ve fiyatlamalar oluşmuş durumdadır. Özellikle TOGG un devreye girmesi ile bu şarj işlem ücretlerinin de belirli bir standarda bağlanacağı öngörülmektedir.

Çizelge 3.5 Türkiye'de Aktif Firmalara Göre EA Şarj Maliyetleri

Şarj Soketi Hızı	ZES	Eşarj	Sharz.net	Voltrun	Gersan
AC 7,4 kW	0,49 ₺/dk	0,50 ₺/dk	1,25 ₺/dk	1,22 ₺/dk	0,95 ₺/dk
AC 7,4-11 kW	0,77 ₺/dk	0,80 ₺/dk	1,25 ₺/dk	1,22 ₺/dk	0,95 ₺/dk
AC 22 kW	1,05 ₺/dk	1,15 ₺/dk	1,25 ₺/dk	1,22 ₺/dk	0,95 ₺/dk
DC 50 kW	3,2 ₺/dk	3,3 ₺/dk	—	—	—
DC 50-90 kW	5,3 ₺/dk	3,3 ₺/dk	—	—	—
DC 90+ kW	7,1 ₺/dk	3,3 ₺/dk	—	—	—

3.2. Elektrikli Araçların Şebeke Entegrasyonu, Olası Sorunlar ve Kullanım

Maliyet Analizi

Elektrikli araçların batarya paketleri gereksinim duyduklarında şarj işlemine tabi tutulmaları gerekmektedir. Bu şarj işlemleri yapılırken genellikle şebeke kaynaklı şarjlarda kullanılan alternatif akım araç içi veya araç dışı şarj dönüşüm elemanlarında doğru akıma dönüştürülür. Akımın bu dönüşüm sürecinde güç elektroniği elemanları aktif bir şekilde görev almaktadır. Güç elektroniği elemanlarından tristörün aktif kullanıldığı bu işlemde harmonik bozulmaların olduğu ve bu bozulmaların %101,81 oranına kadar çıktığı gözlemlenmiştir [41]. Yapılan incelemelerde Sinyal Genişlik Modülasyonunun(PWM) tristörlü dönüşüme göre harmonik bozulmalarında çok daha az miktarda bozulma meydana getirdiği anlaşılmıştır [42].

Belirli bir planlama dâhilinde yapılmayan EA şarj işlemlerinin akım ve gerilim de dengesiz bir durumu ortaya çıkarabileceği görülmekte ve güç kalitesinin bozulabileceği anlaşılmaktadır. Akım ve gerilim dengesizliğinin kabul edilebilir sınırlar

dışına çıkabilmektedir. EA gelişiminin önündeki engel olan şarj sürelerinin kısaltılabilmesi amacı ile şarj işlemlerinin DC şeklinde yapılması şarj süresini kısalttığı gibi birim zamanda transfer edilen güç miktarını yüksek seviyelere çıkarmaktadır. DC şarj istasyonlarına aynı anda birden çok aracın farklı soketlere bağlanarak şarj işlemini gerçekleştirmesi elektrik şebekesinin yük ihtiyacını karşılayamayacak kadar yüklenmesine sebebiyet verebilecektir. Yüksek güç ihtiyacı olan araçların aynı anda şarj istasyonlarına bağlanması, mevcut elektrik şebekesi üzerinde ciddi sorunlar oluşturabilmektedir. Yüksek güç ihtiyacından kaynaklı yük talebinin artması sorunların temelini oluşturmaktadır.

Otomotiv firmalarının satış verilerine bakıldığı zaman EA sayısının ciddi bir artış içinde olduğu ve bu durumun belirli bir planlama dâhilinde olmadığı sürece kısa sürede şebeke üstünde kendini ek yük olarak gösterecektir. Bu durumun şebeke elemanlarına zararlar vereceği ön görülmektedir. Özellikle şebekenin önemli parametresi olan trafolarla ciddi bir yoğunluğun yaşanacağı ve trafo faydalı ömrünün azalacağı öngörülmektedir [43].

Klasik şebeke yapıları elektrikli araçlara göre tasarlanmamıştır. Bu yüzden EA şarj işlemlerinin mutlaka bir plan dâhilinde yürütülmesi gerekmektedir. Araç şarjı yapılırken o lokasyondaki faz dağılımları belirli bir şekilde yapılmalı bir fazın tek kullanılması şebeke üzerinde ciddi bir faz dengesi kaybına sebebiyet verecektir. Böylece dağıtım şebekesinin çökmesine neden olabilmektedir. Özellikle DC şarj istasyonları şarj esnasında şebekeden birim zamanda ciddi miktarlarda güç talebinde bulunmaktadır. Bu durum dağıtım şebekesinin aktif güç kaybını yükseltmektedir. Bu aktif güç kaybının önüne geçebilmek için şarj istasyonlarının bir planlama dâhilinde uygun lokasyonlara konumlandırılması ve güçlerinin transfer kapasitelerine uygun seçilmesi gerekmektedir.

Elektrikli araç sistemlerinin şebekeyi destekleyebilecek bir yapıda olduğu son araştırmalarda ortaya konmuştur. Çift yönlü haberleşme sisteminin kurulabildiği şarj istasyonlarında elektrikli araç ihtiyaç duyulan anlarda şebekeyi V2G şeklinde besleyebilme özelliğine sahiptir. Bu durum özellikle fosil kaynaklı yakıtların önemli bir alternatifi olarak gösterilen üretim vakitleri kararsız yapıda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme entegrasyonu için önemli bir özelliktir. Enerji depolayabilme kabiliyetine sahip olan EA yapıları bu kaynakların enerji üretimi esnasında fazla üretilen enerjiyi depolayarak ihtiyaç anında sistemi çift yönlü besleyebilecek durumdadır. EA 'lar sayesinde şebeke pik durumunda iken desteklenebilir. EA'lar şarj işlemlerini pik saatler dışına kaydırarak pik yükü tıraşlayabilmektedir.

EA 'ların çift yönlü şebeke ile alışveriş kurması şebekeyi birçok açıdan destekleyici bir unsurdur. Şebekenin ihtiyaç duyacağı güç EA tarafından şebekeye aktararak şebekeye aktif güç desteği verilebilir ve güç kaybının önüne geçilebilir. Çift yönlü bir şarj durumunda EA şebekeye reaktif güç desteği sağlayarak güç faktörünün limit sınırlarda tutulması sağla. Bu sayede güç sistemindeki verimi artırmaya yardımcı olur. Tüm bu özelliklerin kullanılabilmesi sağlıklı bir iletişim altyapısının kurulması ile mümkün olabilmektedir.

Ulaşım sektöründeki büyümeye karşılık fosil yakıt rezervlerindeki azalma ve fosil yakıt fiyatlarının bazı devletlerin tekelinde olması, fiyatların her geçen gün artış

göstermesi dünyanın elektrikli araçlara olan yönelimini etkileyen diğer hususlardan biridir. Ulaşım sektörünün talep ettiği enerji miktarları her geçen gün devasa rakamlarda ve fosil kaynaklı yakıtların bunu karşılaması mümkün görünmemektedir. En iyi enerji üretimi enerjinin tasarrufudur ilkesinden hareketle verimleri içten yanmalı motorlara sahip araçlara göre oldukça iyi durumda olan elektrikli araç kullanımı kullanım maliyetleri açısından da insanlara diğer fosil yakıtlı araçlara göre oldukça kolaylık sağlamaktadır. Bu durumu aynı markanın nerdeyse aynı modeldeki elektrikli ve içten yanmalı motorlu otomobillerinin aynı km başı maliyetlerinin analizi sonucunda çok rahat bir şekilde görmekteyiz.

Çizelge 1 Elektrikli ve Fosil Yakıtlı Araç Kullanım Maliyetleri

Marka	Renault ZOE E-Tech	Renault Clio 1.0 TCe 90 bg
Motor Tipi	Elektrikli	Benzin
Batarya Kapasitesi	80 kW	-
Şehir Dışı Yakıt Tüketimi(100 km)	-	4.1-4.2 Litre
Şehir İçi Yakıt Tüketimi(100 km)	-	6.1-6.3 Litre
Depo Kapasitesi		42 Litre
Menzil	395 km	-
Model	2022	2022

Renault marka hemen hemen aynı modeldeki araçların teknik verilerinden elde edilen bilgiler ışığında bir otomobilin elektrikli ve içten yanmalı motora sahip versiyonun ekonomik kullanımı açısından değerlendirmesi yapılabilir. Renault marka elektrikli araç olan Zoe E-Tech in batarya paketi 80 kW'lık kapasiteye sahiptir. Ev tipi 16 A akım aktarım kapasitesine sahip bir yavaş şarj istasyonu üzerinden beslenen bir Elektrikli araçta şarj esnasında yaklaşık %10-15 aralığında bir kayıp güç olacağı öngörüsünden hareketle bu aracın tam şarj işlemi için şebekeden $80 \times 1,15 = 92$ kW'lık bir gücün çekilmesi gerekmektedir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu kademeli tarifeyle 1 Ocak'tan itibaren mesken aboneleri için aylık 150 kWh kadar olan tüketim miktarları için nihai fiyat kWh başına 1 lira 37 kuruş, aylık tüketimi 150 kWh üzeri olan mesken aboneleri için ise kWh başına 2 lira 6 kuruş uygulanacağını açıklamıştır. Ortalama tüketim değeri olarak 1 lira 71 kuruş alınacaktır. Bu doğrultuda Renault Zoe E-Tech marka bir elektrikli otomobilin batarya paketlerinin tam şarj durumuna geçmesi için ödemesi gereken bedel $92 \text{ kW} \times 1,71 \text{ TL} = 157,32 \text{ TL}$ olmaktadır. Renault Zoe aracın tam şarj durumunda gidebileceği mesafe 395 km olmakta ve bu değer km başına 0,40 TL maliyet olarak hesaplanmaktadır. İçten yanmalı motora sahip Renault Clio araç modeli şehir içi kullanımda yaklaşık 6,2 lt benzin harcamaktadır. 2022 mart ayı benzin fiyatları ortalama 21 TL olarak hesaplandığı zaman şehir içi kullanım bedeli 100 km için $6,2 \text{ lt} \times 21 \text{ TL} = 130,2 \text{ TL}$ maliyetinde olmaktadır. Km başına içten yanmalı aracın ulaşım maliyeti 1 lira 30 kuruş olmaktadır.

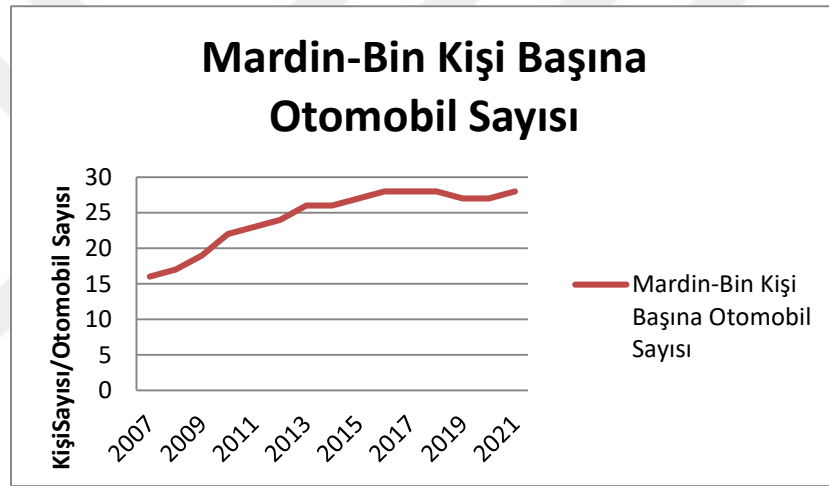
Faydalı motor verimi sayesinde yakıtı çok verimli bir şekilde hareket yeteneğine dönüştüren elektrikli araçların kullanım maliyeti açısından da içten yanmalı motorlara sahip araçlardan yaklaşık 3-4 kat daha uygun olduğu anlaşılmaktadır.



4. MARDİN İLİNDEKİ ARAÇ YOĞUNLUĞU, GELECEK ÖNGÖRÜLERİ VE ELEKTRİK DAĞITIM ŞEBEKESİNİN MEVCUT DURUMU

4.1. Mardin İlindeki Araç Sayıları Çevresel ve Ekonomik Etkileri

Mardin İli, Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde yer alan 8.779 m² yüzölçümüne sahip 6 Aralık 2012 tarihli Resmi Gazete ile Büyükşehir statüsü kazanmış bir şehirdir [44]. Mardin Anadolu kültüründen aldığı miras ile tarihi süreç içinde farklı uygarlıklara ev sahipliği yapmıştır. Farklı dini görüşlere sahip kültürleri bir arada tutarak yüzyıllarca bir arada yaşamalarını mümkün kılmıştır. Son yayımlanan TÜİK verilerine göre şehrin nüfusu 862.757 kişi, nüfus artış hızı ise binde 9,4 olmuştur. TÜİK 2021 verilerine göre Mardin'e kayıtlı motorlu araç sayısı 79.586, otomobil sayısı ise 24.529 adet olmuştur. Bin kişi başına düşen araç sayısı nüfus artışına rağmen artan bir grafik seyretmiştir [45].



Şekil 17 Mardin Bin Kişi Başına Otomobil Sayısı

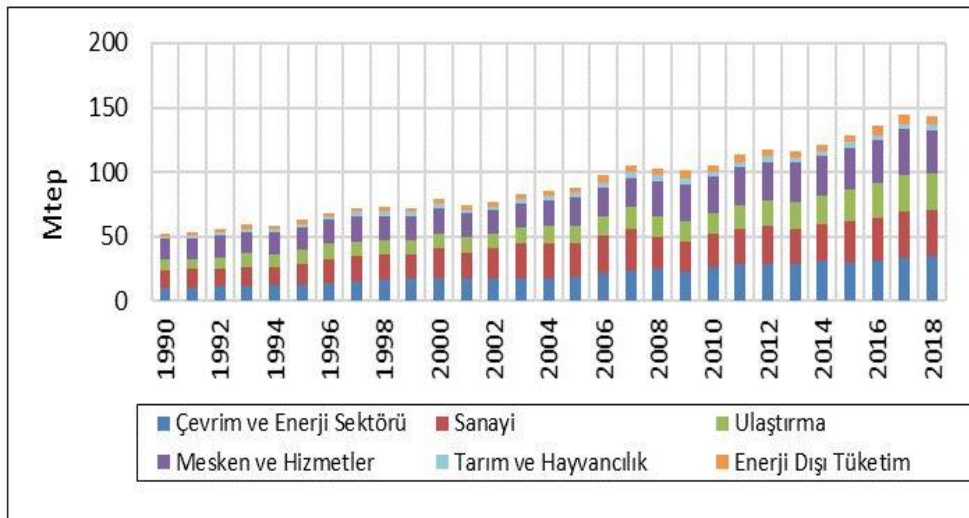
Gelecek öngörülerine bakıldığında zaman ise araç sayısında Mardin ilinin her geçen gün daha büyük bir araç filosuna sahip olacağı öngörülmektedir. Özellikle en yoğun nüfuslu iki ilçe olan Artuklu ve Kızıltepe arasında araç satış bayilerinin her geçen gün sayısal anlamda arttığı görülmektedir. Bunun yanı sıra yerel yöneticilerden alınan bilgilere göre iki büyük ilçeye iki büyük galericiler sitesi yapımının planlandığı ve bu durumların da araç sayılarının artışına sebebiyet vereceği anlaşılmaktadır. Bin kişi sayısına düşen araç sayısının artan nüfusa rağmen yine artış eğiliminde olacağı öngörülmektedir. Her geçen gün yapılan ulaştırma altyapıları insanların satın alma gücünün artması ve araçlara erişimin maddi anlamda da ciddi olarak banka ve kredi kuruluşlarınca desteklenmesi bu iddiayı desteklemektedir.

Mardin bulunduğu jeopolitik konumu sayesinde çeşitli ulaşım güzergâhlarının da ortak noktası olmuştur. E-24 karayolu vasıtası ile Şanlıurfa'ya D-950 karayolu ile Diyarbakır'a bağlanmaktadır. İl içindeki karayolu uzunluğu 266,2 km'si bölünmüş yol olmak üzere toplam 815 km'dir [46]. İlçeler arası ulaşım bu yollarla sağlanmaktadır.



Şekil 18 Mardin Ulaşım Ağı Haritası

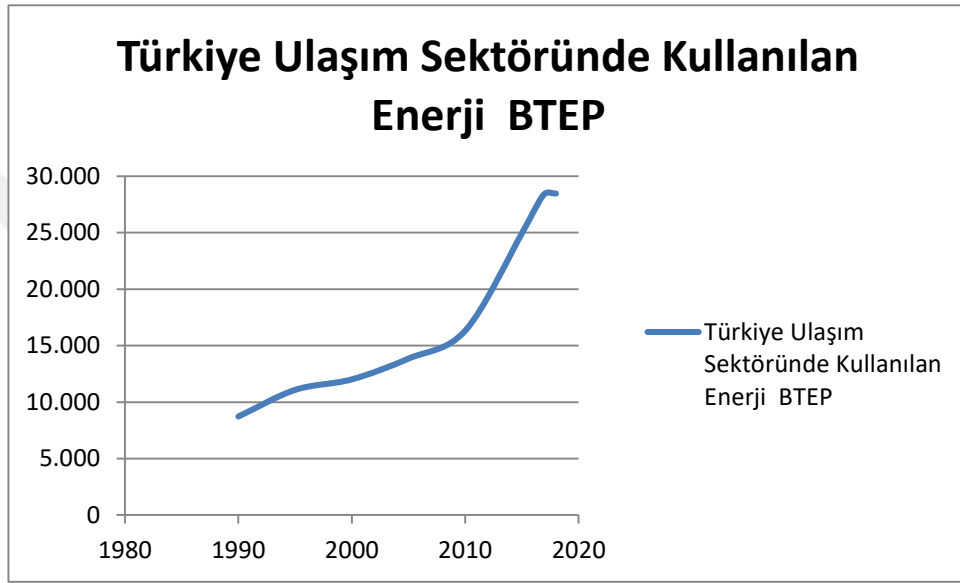
Günümüz dünyasının karşılaştığı temel problemlerden bir hava kirliliğidir. Endüstri, enerji ve nüfus ve ulaşım sektörlerinin gelişiminin ortaya çıkardığı bu sorun her geçen gün insan sağlığına olan tehdidini artırmaktadır. Hava kirliliğinin temel sebebi yabancı maddelerin atmosfere girmesidir. Bu sorun yerel, bölgesel ve küresel seviyelerde farklı sorunların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Hava kirliliği temel olarak doğal ve yapay kaynaklar olmak üzere iki çeşitten meydana gelmektedir. Hava kirliliğine sebebiyet veren yapay kaynaklar içinde ulaşım önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizin 2018 enerji verilerine bakıldığında yaklaşık 143,666 bin TEP (Ton Eşdeğer Petrol) enerji tüketiminin olduğu ve yıldan yıla artan bir enerji tüketiminin söz konusu olduğu gözlemlenmektedir. Sektör bazlı enerji tüketiminde ise sanayi sektörü başı çekmektedir. Ulaşım sektörü %19,8 oran ile ciddi bir enerji tüketimi gerçekleştirmektedir [47].



Şekil 19 Türkiye 1990-2018 Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı

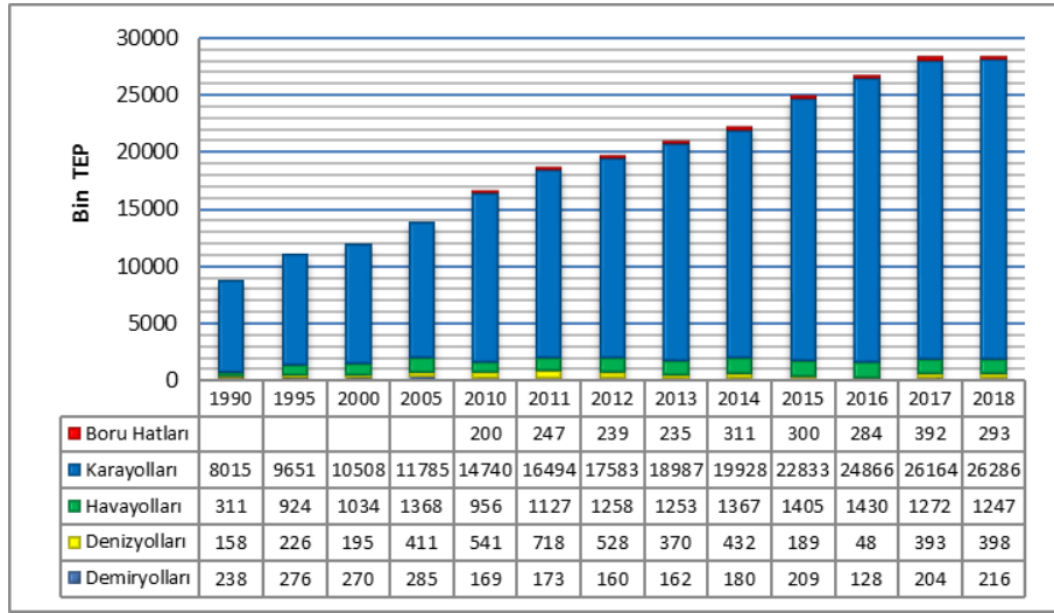
2018 yılı verilerine, ulaşım sektörü için tüketilen toplam enerji miktarı 1990 yılına oranla, %226,1 artarak 28,441 bin TEP (Ton Eşdeğer Petrol) olmuştur. Bu tüketim değerlerinin içinde 28.148 bin TEP enerjinin %93,4'ü karayolu, %4,4'i havayolları, %1,4'ü denizyolları ve %0,8'si demiryolları ulaşımı için kullanılmıştır[48].

Ülkemizde ulaştırma sektöründe kullanılan enerji miktarında düzenli bir şekilde artış olduğu gözlemlenmektedir.1990 - 2018 yılları arasındaki tüketim değerlerine bakıldığı zaman karayollarında tüketilen enerjinin %228 oranında artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Havayolları ulaşımı için kullanılan enerji miktarı ise %301 oranında artış göstermiştir.



Şekil 20 Türkiye Ulaşım Sektöründe Kullanılan Enerji

Yine 2017 verilerine göre Avrupa ülkelerinde ulaşım sektörü için harcanan enerjinin miktarının yaklaşık %73'ü karayolu ulaşımında kullanılmıştır[49].



Şekil 21 Ulaşım Tipine Göre Tüketilen Enerji (Bin TEP)

Gerek Dünyada gerekse ülkemizde aktif şekilde kullanılan araçlara bakıldığında zaman bunların ezici çoğunluğunun içten yanmalı motorlara sahip olduğu ve yakıt olarak motorin, benzin, LPG v.s. gibi petrol ürünleri kullanılmaktadır. Ülkemizde Ocak 2019-Aralık 2020 trafik kaydı yapılan araç değerlerine bakıldığında içten yanmalı motorlara sahip araçların üstün bir şekilde satıldığı gözlemlenmektedir. Özellikle insan yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde kullanılan ulaşım araçları hava kalitesini ciddi seviyelerde bozmakta ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Kent yaşamını olumsuz etkileyen ulaşım araçlarından kaynaklı zararlı egzoz gazları hava kirliliğini oluşturan ana neden olarak karşımıza çıkmaktadır. Artan nüfus ve satın alma gücü yollarda zararlı egzoz gazı salınımı yapan ulaşım araçlarının sayısını her geçen gün artırmaktadır. İçten yanmalı motorlara sahip olan bu ulaşım araçları kullanımlarının yoğun olduğu bölgelerde çevreye çok ciddi zararları olan karbon monoksit(CO), azot oksit(NOx), hidrokarbonlar(HC) ve kurşun (Pb) gazlarını salmaktadır. Hava kalitesinin yaşanabilir seviyelerde tutulabilmesi için bu gaz salınımlarının kontrol altına alınması ve Tablo-3 te gösterilen değerler aralığına çekilmesi gerekmektedir. Bunun için bir dizi tedbirlerin bir an önce hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.1 Hava Kalitesi İndeksi

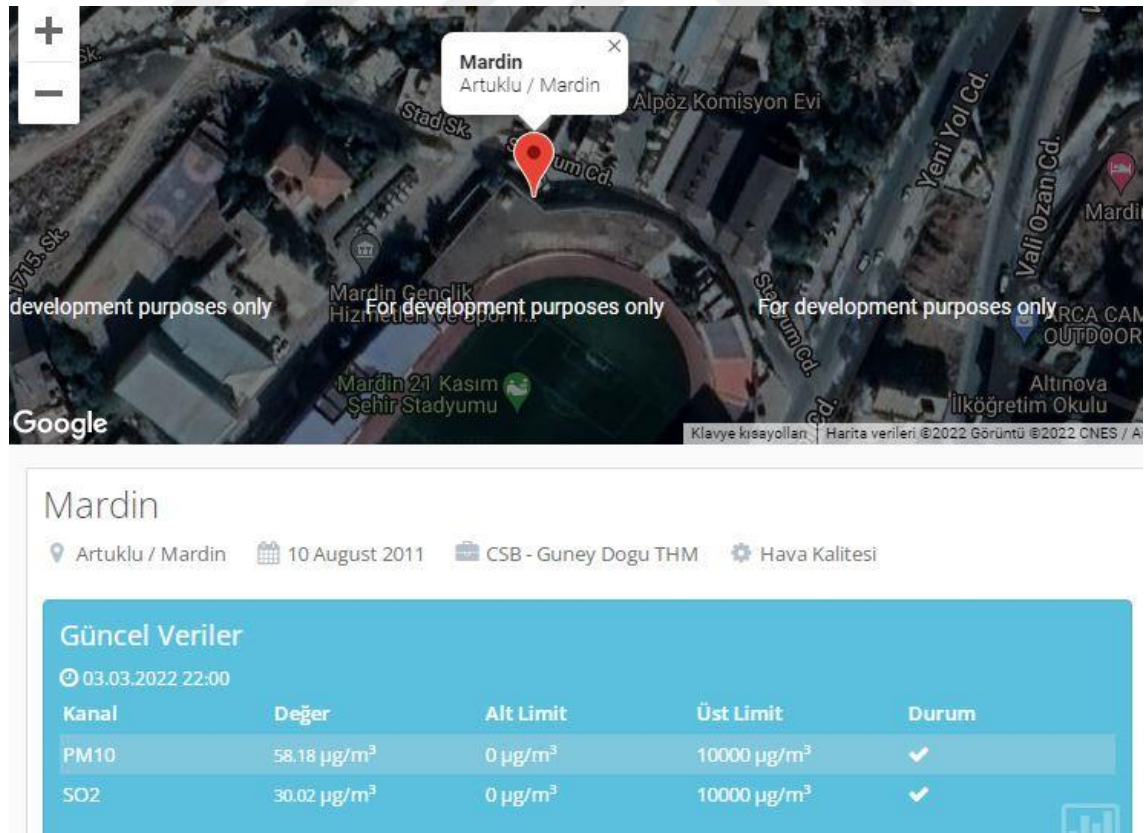
Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerleri	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renk Kodlaması	Anlamı
Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..	..hava kalitesi koşulları..	..bu renkler ile sembolize edilir..	..ve renkler bu anlama gelir.
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirlleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101- 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Hava Kalitesi İndeksi hazırlanırken partikül maddeler (PM10), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃) olmak üzere 5 kirleticili faktör değerleri göz önünde bulundurulmaktadır. Bunların belirli seviyelerde tutulması havaya karışım oranlarının belirli seviyelere çekilmesi ülkelerin başlı hedefleri arasındadır.

Çizelge 2 Hava Kalitesi Kirletici Faktörleri ve Limit Değerleri

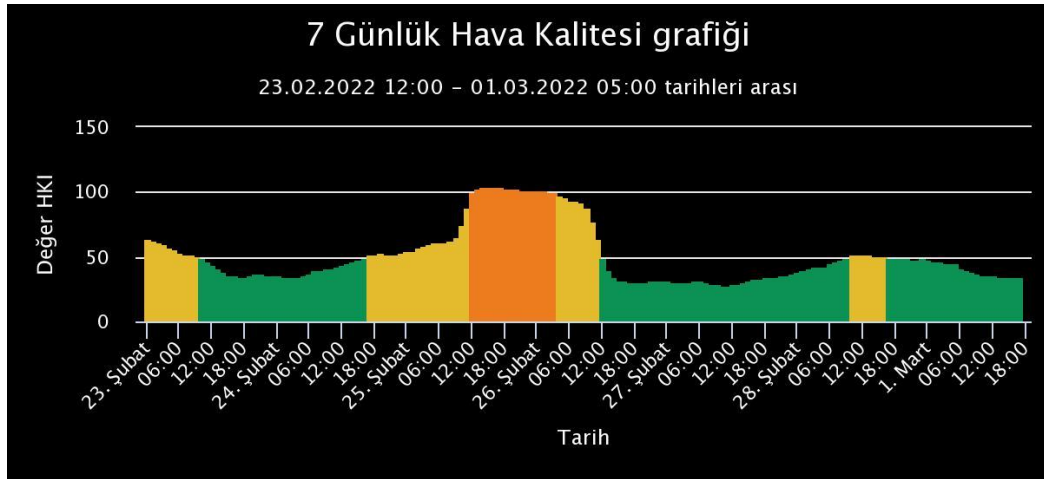
İndexs	HKİ	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM10 [µg/m ³]
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 - 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 - 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101 – 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 – 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201 – 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

İçten yanmalı motorlara sahip araçlar PM10(Toz Partikül Madde) ve CO (Karbonmonoksit) salınımlarına sebebiyet vermektedir. Atmosferde bulunan PM10 solunum sistemlerine etki ederek insanları zehirlemektedir. CO aynı şekilde solunum yolunu kullanarak akciğerlere ulaşmakta ve kan dolaşımına dâhil olarak insan sağlığına etki etmektedir. Mardin'de bulunan hava izleme istasyonundan alınan verilere göre ölçümü yapılabilen PM10 değerlerinin günlük limit değerinin üstünde olduğu görülmektedir. Mardin istasyonunun ortalama PM₁₀ değeri 58,18 µg/m³ olup, günlük sınır değer olan 50 µg/m³'ün üzerindedir.[50]



Şekil 22 Mardin Hava İzleme İstasyonu Verileri

Mardin iline ait 7 günlük hava kalitesi indeksi Şekil 23'te verilmiştir [51].



Şekil 23 Mardin Hava Kalitesi Grafiği

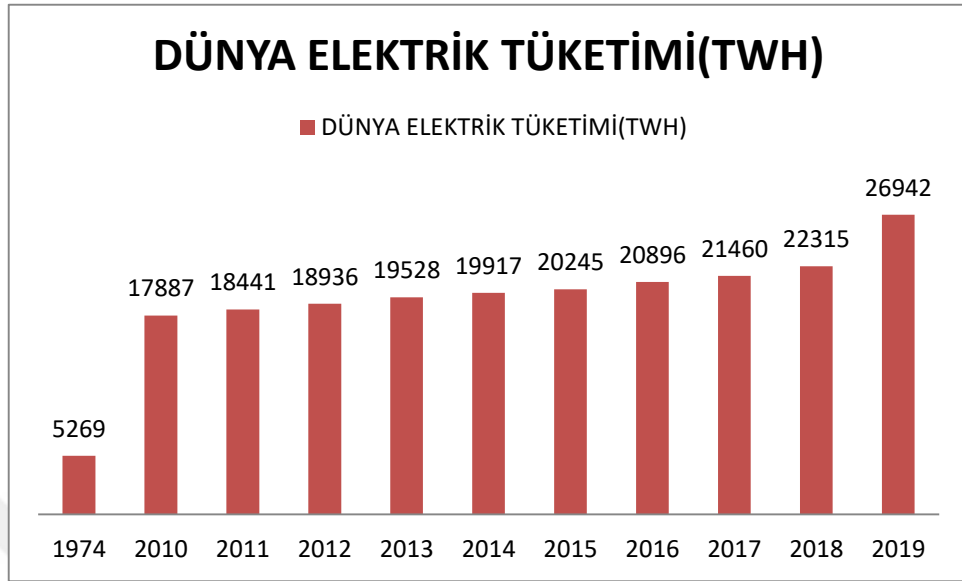
Mardin iline ait hava kalitesi indeks grafiğine bakıldığında zaman haftanın neredeyse yarısının hava kalitesi açısından iyi olmadığı gözlemlenmektedir. Hava kalitesinin yaşanabilir iyi seviyelerde olması için ulaşım araçlarından atmosfere salınan zararlı gazların mutlaka azaltılması gerekmektedir. Bunun en etkili çözüm yolu zararlı gaz salınımı olmayan elektrikli araç kullanımının şehir trafiğinde kullanım yüzdesinin artırılmasıdır. EA teknolojisi verimi ve çevreci yapısı ile alternatif bir ulaşım aracı olarak karşımızda dursa da bunlara hareket kabiliyeti sağlayacak olan elektrik enerjisinin geleneksel enerji santrallerinden temin edilmesi kirlilik anlamında bir şeyi değiştirmeyecektir. Geleneksel santraller dünyadaki hava kirliliğinde ana etmenlerden biridir. Bu yüzden çevreci bir ulaşımına sahip olabilmek için sadece EA kullanımı yetmez, bu araçları da yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik santrallerinden şarj etmek gerekmektedir.

İstanbul ili için yapılan elektrikli araç kullanımı değerlendirmesine göre; şehirde elektrikli araç kullanımının toplam araç kullanımı içindeki oranı %2 olduğu takdirde CO₂ emisyonu 157 bin ton, %5 olduğu takdirde CO₂ emisyonu 393 bin ton, %10 olduğu takdirde CO₂ emisyonu 787 bin ton azalacağı ifade edilmiş ve bu azalma sayesinde ekonomik getirinin olacağı tespit edilmiştir [52]. Ortalama bir aracın atmosfere yayacağı CO₂ miktarı km başına yaklaşık 164,7 gram olarak hesaplanmıştır. Mardin ilindeki trafiğe kayıtlı araç sayısına bakıldığında zaman bu araçların hesaplamaya dâhil edildiği zaman ciddi miktarlarda salınımın önüne geçileceği anlaşılmaktadır. Bu araçların tamamının elektrikli araç versiyonuna dönüşümü gerçekleşirse km başına 13,10 ton CO₂ salınımının önüne geçilecektir. Bu durumda taşıtlardan kaynaklı hava kirliliği sorununun ortadan kalkacağı anlaşılmaktadır. Trafiğe kayıtlı araç sayısı 79.586 adet olan Mardin ilinde de gerek hava kalitesinin iyileştirilmesi gerekse fosil kaynaklı yakıtlara olan bağımlılığın düşürülmesi amacı ile elektrikli araç kullanımının yaygınlaşması gerektiği gün gibi ortadadır.

4.2. Mardin İlinin Elektrik Tüketim Verileri Ve Mevcut Şebeke Yapısı

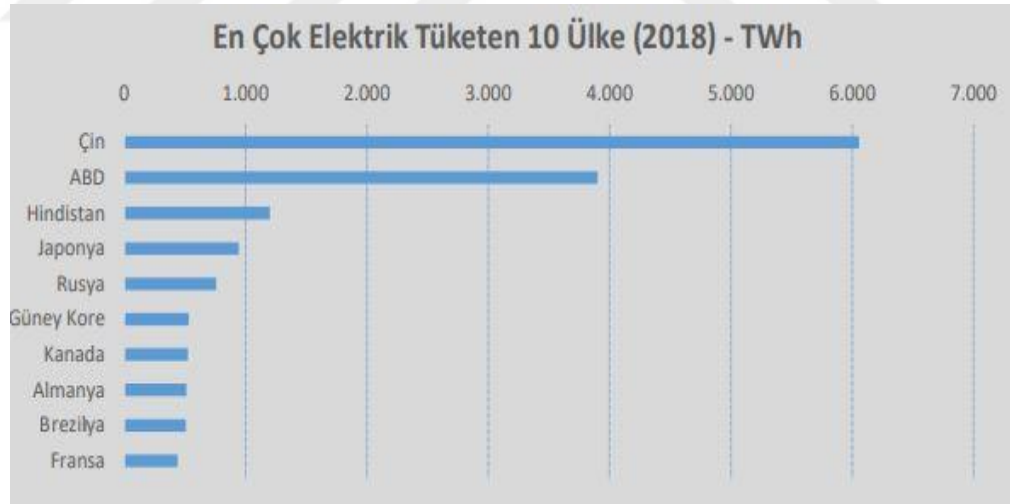
Teknolojik gelişmeler, sanayi, ulaşım ve endüstri sektörlerindeki büyümeler gittikçe artan insan nüfusu elektrik tüketim verilerinin artmasına sebep olmuştur. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerine paralel bir şekilde seyreden elektrik tüketimi özellikle gelişmiş ülkelerde ciddi seviyelerde seyretmektedir. Gelişmekte olan ülkeler arasında

yer alan ülkemizde de elektrik enerjisine olan talep her geçen gün artmaktadır. Küresel krizlerin olduğu yıllar dışında elektrik enerjisi tüketiminde düzenli bir artış olduğu uluslararası enerji ajansının yayınlamış olduğu verilerden anlaşılmaktadır [53].



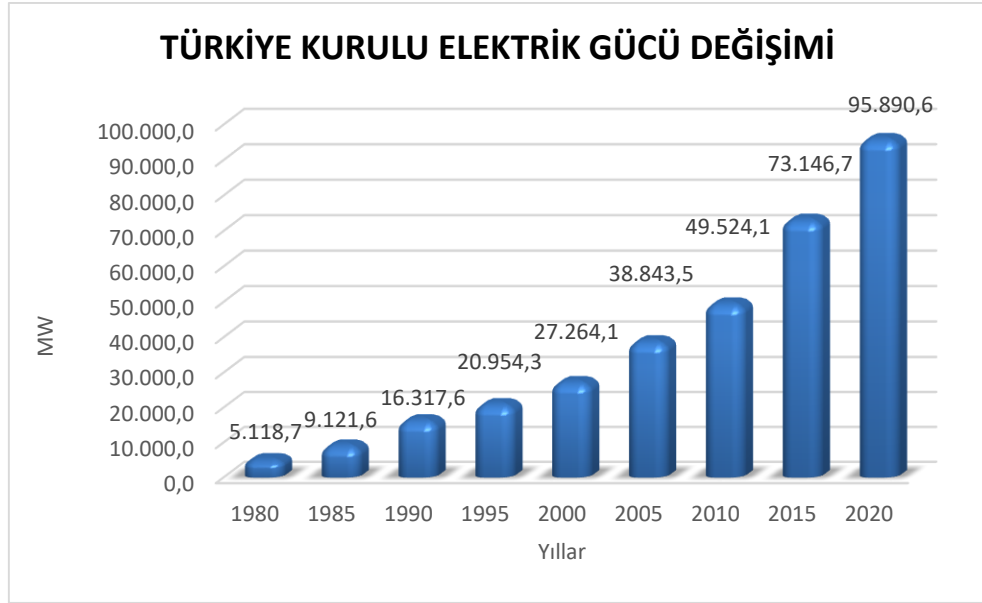
Şekil 24 Dünya 1974-2019 Elektrik Tüketimi

Ülke bazında toplam elektrik tüketiminde gelişmiş ülkeler ve yoğun nüfuslu ülkelerin tüketim bazında önde oldukları görülmektedir.



Şekil 25 2018 Dünya Ülkeleri Elektrik Tüketimi İlk 10 Ülke

Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye, sanayi, ulaşım, endüstri ve teknolojiye hamleleri ile adından söz ettirmektedir. Sürekli bir artış içinde olan nüfusa paralel bir şekilde gerek elektrik üretim kapasitesi gerekse de elektrik tüketimi sürekli artmaktadır. Enerjide dışa bağımlı bir durumda olan ülkemiz bu bağımlılığı azaltmanın yollarını bulmaya çalışmaktadır. Son yıllarda elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı artmakta ve ithal enerji kaynaklarının oranı düşürülmeye çalışılmaktadır.



Şekil 26 Türkiye Elektrik Kurulu Gücü 1980-2020

Küresel düzeyde elektrik iletim ve dağıtım hatları 80 milyon km yi aşan bir hat uzunluğundan meydana gelmektedir. Elektriğe gün geçtikçe artan talep sonucu mevcut hatların daha da uzaması yenilenmesi ve teknolojik gelişmelere paralel bir şekilde dönüşüm yaşaması kaçınılmazdır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının son tüketici tarafında üretim kaynağı olarak kullanılmaya başlanması dağıtım şebekesinin bu sistemleri taşıyabilecek şekilde revize edilmesine sebebiyet vermektedir. Mevcut dağıtım şebekelerindeki yetersizlikler yenilenebilir enerji yatırımlarını sekteye uğratabilmektedir.

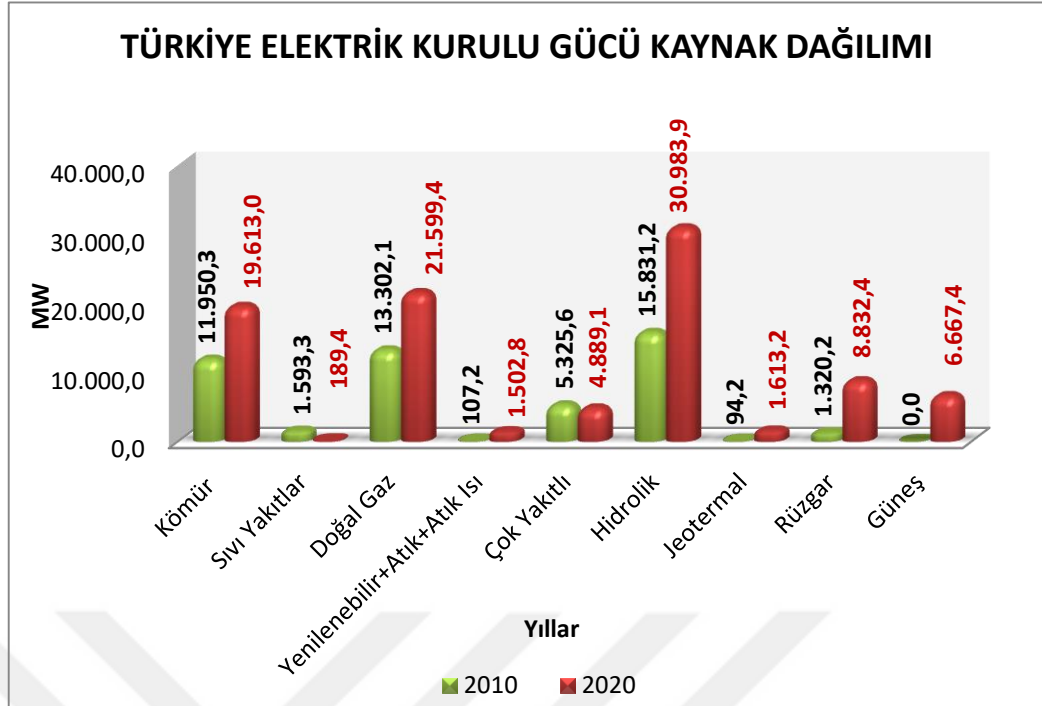
Akıllı şebekelere olan talebin her geçen gün artması elektrik şebeke elemanlarının dijitalleşmesi yeni yatırımlar ve planlamaları zaruri kılmaktadır. Bu yatırım ve planlamaların büyük bir çoğunluğunun ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde yapılması beklenmektedir. Bu ülkelerde hem enerjiye olan talep hem de teknolojik hamleler paralel bir büyüme göstermektedir. Artan dünya nüfusu ve gelişmişlik seviyeleri enerji tüketimini beraberinde artırmaktadır. Bu paralel büyümeler neticesinde gerek iletim gerekse de dağıtım hatlarının büyümeyi kaldırabilecek seviyelerde olması bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde de elektrik dağıtım sektörünün serbest bir piyasa ekonomisine geçişi bu büyüme kapsamında değerlendirilmektedir. Ülkenin dağıtım sistemi dağıtım bölgelerine bölünerek özelleştirilmiş ve kamuya ait elektrik işletmeleri özel sektör tarafından elektrik dağıtım ve satışı için yeniden yapılandırılmıştır. Bu karar doğrultusunda; TEDAŞ, 02.04.2004 tarihinde Özelleştirme Yüksek Kurulu kararı ile özelleştirme kapsam ve programına alınmış ve Türkiye, 21 elektrik dağıtım bölgesine ayrılmıştır. Farklı firmalar tarafından işletilen dağıtım bölgeleri bölgesel olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 27 Türkiye Elektrik Dağıtım Bölgeleri

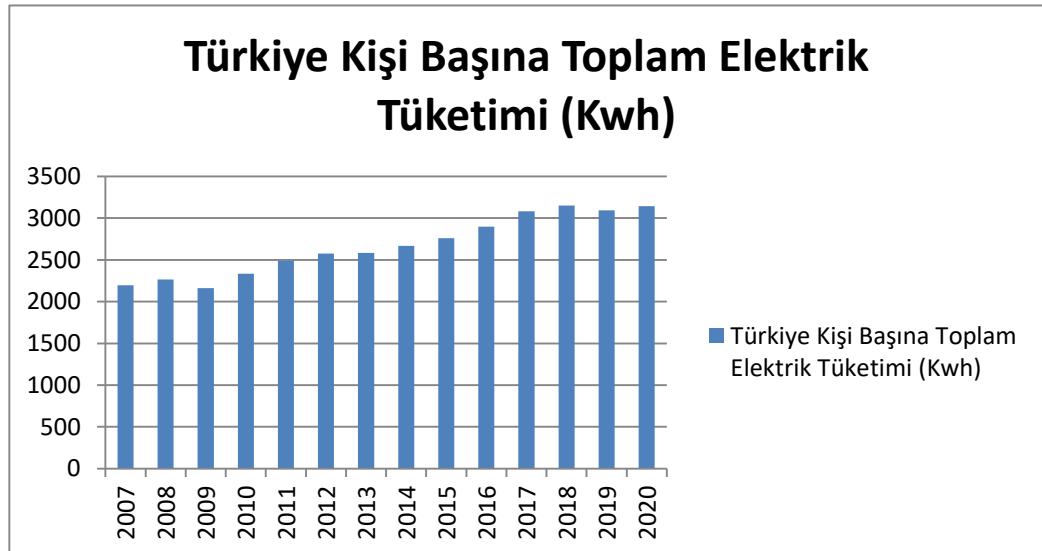
Mardin ilinin de aralarında bulunduğu Diyarbakır, Şanlıurfa, Batman, Siirt ve Şırnak olmak üzere toplam 6 ilin elektrik dağıtım ve perakende satış işlemlerini Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş. yapmaktadır. Kurumdan alınan verilere göre bölge genelinde toplam 1.389.628 adet abonesi olan dağıtım şirketi kayıp kaçak oranı bakımından en yüksek orana sahip dağıtım şirkettir.

Ülkemiz enerjide olan dışa bağımlılığını en düşük seviyelere indirmek için son yıllarda özellikle alternatif enerji kaynaklarına yönelmiştir. Ülkede kurulması planlanan iki adet Nükleer santral bunun en bariz örneklerinden biridir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güç içerisindeki payının artırılması için devlet tarafından bir dizi teşvikler hayata geçirilmiş ve bu sistemlerin ürettikleri enerjinin satın alma garantisi verilmiştir. Yerli kömür kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmayı planlayan ülkemizde HES yatırımları da her geçen gün kurulu güç içindeki payını artırmaktadır. 2010 ve 2020 yılı karşılaştırıldığı zaman kurulu gücün kaynak dağılımında hidrolik, rüzgar ve güneş gibi kaynakların on yıl içinde yüzdesel olarak çok ciddi oranlarda artış gösterdiği ancak doğalgaz ve sıvı yakıtlar gibi dışa bağımlı durumda olduğumuz kaynakların daha az oranlarda arttığı görülmektedir.



Şekil 28 Türkiye Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Dağılımı 2010-2020

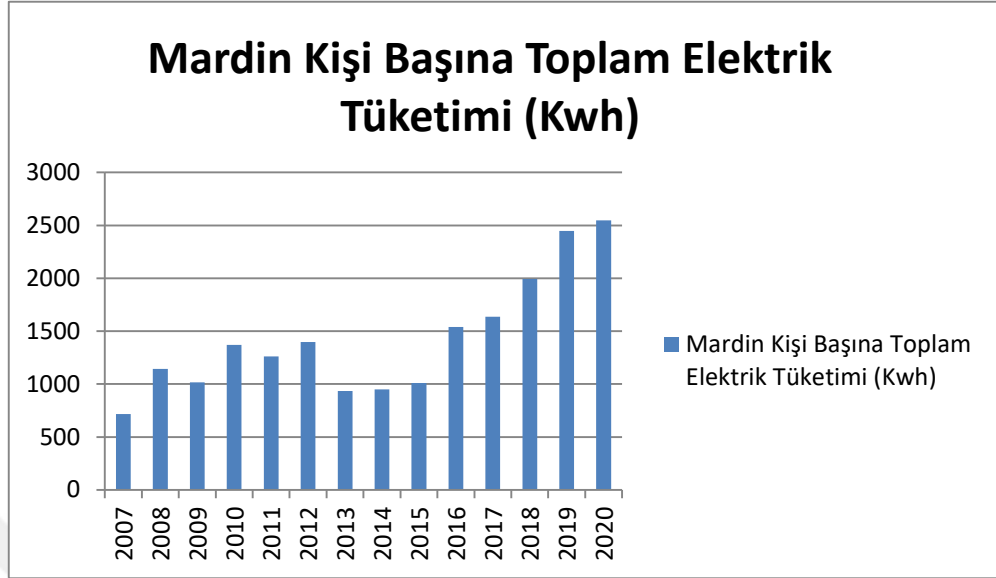
Türkiye nüfusu yıllardır süregelen düzenli bir artış içindedir. Ülkemiz gelişmekte olan ülkeler sınıfında olup sanayi, ulaşım ve endüstri sektörlerinde bir büyüme kapasitesi içindedir. Bu gelişim ve nüfus artışı elektrik tüketimini de beraberinde artırmaktadır. Türkiye kişi başı elektrik tüketim tablosuna bakıldığında zaman 2019 yılında tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 virüsünün sebep olduğu sektörlerdeki kapanmaya paralel enerji tüketiminde bir düşüş olduğu onun dışındaki hemen hemen tüm yıllarda kişi başı enerji tüketiminde artışlar olduğu görülmektedir.



Şekil 29 Türkiye Kişi Başı Elektrik Tüketimi(kWh)

Mardin ilinin nüfusu Türkiye nüfusuna benzer bir artış göstermektedir. Yıllardır artış eğiliminde olan nüfusa paralel olarak elektrik enerjisi tüketimi de artış eğilimindedir. Mardin kişi başı elektrik tüketim tablosuna bakıldığında zaman 2013 yılında

elektrik tüketiminde önemli oranda azalma olduğu anlaşılmaktadır. Elektrik enerjisine olan bu talebin şehir içinde özellikle elektrikli araç kullanımı ile de önemli oranlarda artış göstereceği tahmin edilmektedir.



Şekil 30 Mardin Kişi Başı Elektrik Tüketimi(kWh)

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Mardin ilinin gelişmişlik düzeyi en yüksek olan bölgesi Ravza bölgesi olup yaklaşık olarak her meskenin bir adet araca sahip olduğu görülmektedir. Bölgede yaklaşık olarak 300 adet otomobil varlığının olacağı öngörülmektedir.

Örnek alınan bölgenin dağıtım transformatörünün; nominal güç değeri ‘1000 kVA’, sekonder gerilimi ‘0,4 kV’ tur. Dağıtım transformatörünün, ideal doluluk sınırı olarak seçilen ‘yüzde seksen (%80)’ doluluk oranının aşılmadığı gözlemlenmiştir. Dicle Elektrik AŞ den alınan verilere göre trafodan 300 adet mesken abonesi beslenmektedir. Bir meskenin yük eğrisi kurumdan alınan verilere göre aşağıda gösterilmiştir.



Trafonun pik tüketim değeri 325 kW/h tür. Dağıtım trafosunun en yüksek doluluk oranı, yaklaşık ‘%34,4’ olarak kaydedilmiştir. Dağıtım trafosunun etiket değerleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.1 1000 kVA Trafo Etiket Değerleri

GÜÇ (kVA)	KAYIPLAR (W)		Boşta Akım (%)	Bağıl K.D. Gerilim (%U _k)	Cos φ =1	
	Boşta (Demir)	Yükte (Bakır) (75 oC)			Verim (%)	G.Düş. (%)
1000	1450	8900	1,4	6	98,98	1,06

Avrupa Komisyonu’nun üye ülkeleri, elektrikli araç kamusal şarj altyapılarına rehberlik eden iki ana kriteri bulunmaktadır. 2020 itibarıyla 10 elektrikli araç için 1 şarj noktası önerilmektedir[54]. Ayrıca, ana otobanlarda her 60 km’de bir şarj cihazının bulunması önerilmektedir[55].

Bu kriterler göz önüne alındığında mevcut trafo bölgesinde bulunan araçların tamamının elektrikli araç olması durumunda tek araç şarj etme kapasitesine sahip 30 adet şarj istasyonunun bulunması gerekmektedir.

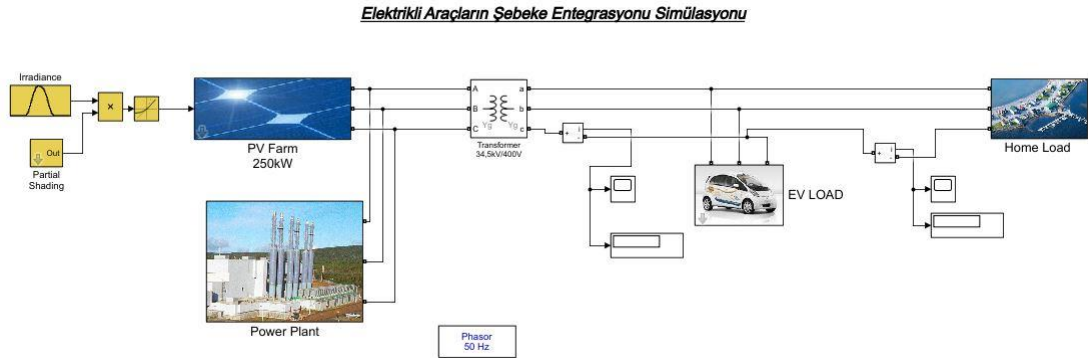
Mevcut durumda ülkemizde şarj istasyon profillerine bakıldığı zaman 11 kW güç transfer kapasitesine sahip Seviye-2 Şarj İstasyon tipi ve 50 kW güç transfer kapasitesine sahip DC şarj istasyon tipi yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Elektrikli araçlar şebekeye yük olarak entegre edilmekte ve bu yük bağlantısı sonucunda

şebekeden daha yüksek miktarlarda güç talep edilmektedir. Elektrikli araçların yük olarak müdahil olması mevcut transformator doluluğunu da belirli seviyelerde artırmaktadır. Bu çalışmamızda benzetim bölgesinde yer alan toplam otomobil sayısının farklı oranlarda elektrikli araçlardan meydana gelmesi sonucu güç değerlerinde oluşacak değişimler analiz edilecektir. Bu analiz yapılırken iki farklı şarj istasyon tipinin kullanımının güç değerlerine nasıl bir etki göstereceği analiz edilecektir. Dağıtım trafosundan abonelere doğru olan kısmın kurumdan alınan tüketim verilerine göre yapılan benzetim çalışmasında dağıtım trafosunu besleyen sistemler ihmal edilerek bu sistemler yerine Mardin ilinde kapasite bakımından oldukça iyi bir durumda olan güneş enerjisi kaynaklı bir güneş enerjisi santrali ve buna paralel çalışan dizel jeneratör sisteme eklenmiştir. Mardin ilinin solar radyasyon değerleri sisteme tanıtılmış ve güneş enerjisi üretimi belirtilen lokasyona göre uyarlanmıştır.

Elektrikli araçların istenilen olumlu çevresel etkilerinin hissedilebilmesi için hareket kabiliyetini sağlayan elektrik enerjisinin de temiz ve çevreci enerji kaynaklarından temin edilmesi gerekmektedir. Bu husus göz önünde bulundurulduğu zaman güneş enerjisi ile yapılacak bir beslemenin en ideal durum olacağı anlaşılmaktadır. Simülasyonda güneş enerjisi üretimi etkin iken üretilen enerjinin tamamı şebekeden talep edilen güç için kullanılır. Güneş enerjisi üretiminin tüketimi karşılamadığı durumlarda dizel jeneratör şebekeyi desteklemekte, güneş enerjisi üretiminin olmadığı zaman aralıklarında sistemi beslemektedir. Mesken yükleri normal bir mesken tüketimine benzer bir grafikte seyreder. Farklı araç kullanıcı profilleri serbest bir şekilde şarj işlemini düzensiz saatlerde gerçekleştirmektedir.

Elektrik altyapısındaki; saatlik değişimlerin gözlemlenilmesi adına, modelleme için bir günlük zaman periyodu ($24 \times 60 \times 60$ sn.) seçilmiştir. Simülasyonlar Matlab/Simulink programında yapılacak ve trafo üzerinden geçen yükün farklı senaryo durumlarına göre etkileri simüle edilecektir.

Yapılan Simülasyonun modellenmesi Matlab/Simulink programında aşağıdaki gibi yapılmıştır.



Şekil 32 EA Şebeke Entegrasyonunun Modellenmesi

Bölgedeki elektrikli araç oranı ve şarj istasyon tiplerine göre 5 farklı Senaryo altında elektrikli araçların şebekeye olan etkilerinin simülasyonu yapılacaktır.

Senaryo-1:

Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Varlığının Olmadığı Durum

Senaryo-2

11kW Şarj İstasyonu ile Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Sayısının Yarısının Şarj Edilmesi Durumu

Senaryo-3

11kW Şarj İstasyonu ile Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Sayısının Tamamının Şarj Edilmesi Durumu

Senaryo-4

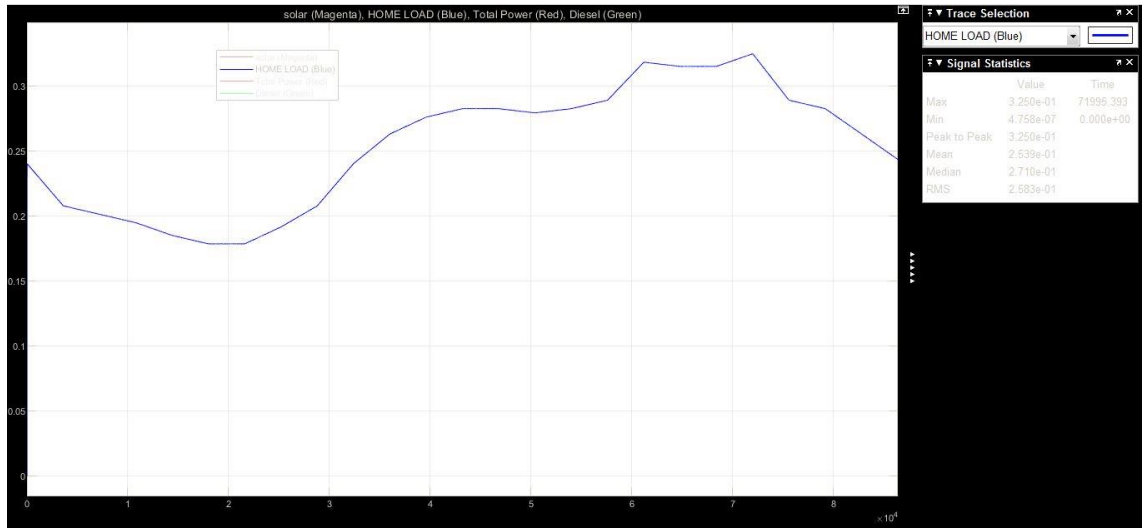
50kW Şarj İstasyonu ile Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Sayısının Yarisının Şarj Edilmesi Durumu

Senaryo-5

50kW Şarj İstasyonu ile Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Sayısının Tamamının Şarj Edilmesi Durumu

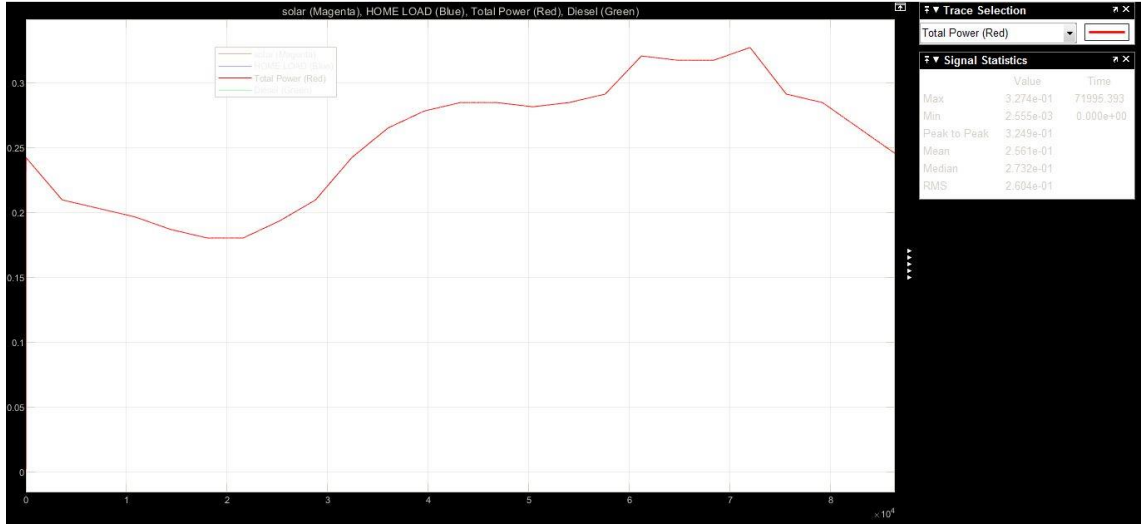
Senaryo-1

Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Varlığının Olmadığı Durum



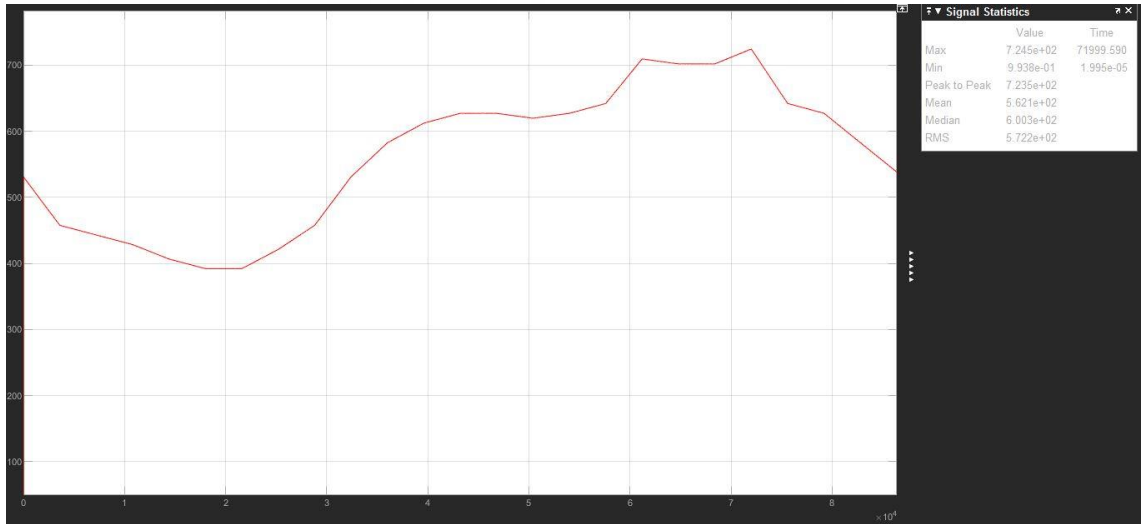
Şekil 33 Senaryo-1 Mesken Yük Eğrisi

Senaryo 1' e ait meskenlerin sistemden talep ettikleri güç eğrisi Şekil 33' te gösterilmiştir. Güç eğrisine bakıldığı zaman gece saatlerinde talep azalmakta ve insan hareketliliğin başladığı 06:00 saatinden sonra gün içinde güç talebi artan bir grafik seyretmektedir. Gün içinde artan güç talebi saat 17:00-21:00 saatleri arasında gün içindeki en yüksek talep seviyelerine çıkmaktadır. 19:00 da 325kW/h ile gün içindeki pik seviyesine ulaşılmaktadır. Pik seviyesine ulaşan güç talebi gecenin ilerleyen saatlerinde azalan bir grafik seyretmekte bu durum elektrikli cihaz kullanımının azalmasına paralel oluşmaktadır.



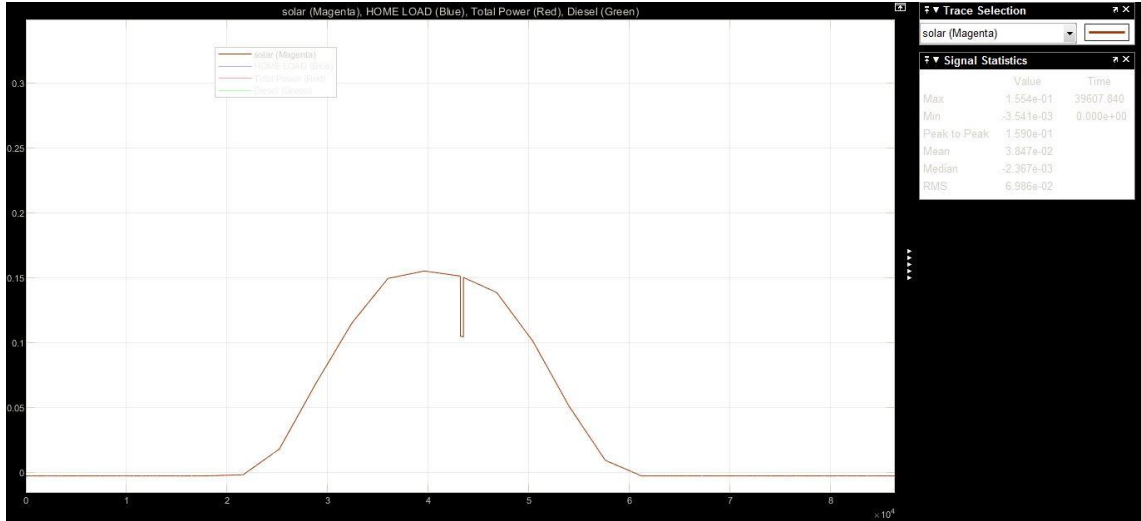
Şekil 34 Senaryo-1 Toplam Yük Eğrisi

Senaryo 1' e göre sistemden talep edilen tüm yük eğrisi Şekil 34' te gösterilmiştir. Dağıtım trafosu üzerinden sadece mesken abonelerinin beslendiği senaryo durumu olduğu için mesken yüklerine ilaveten sistemin kendi kayıpları da bu grafikte gösterilmektedir. Dağıtım trafosundan çekilen toplam güç 17:00-21:00 saatleri arasında en yüksek seviyeye çıkmaktadır. 19:00 da 327,5kW/h ile gün içindeki pik seviyesine ulaşılmaktadır. Pik seviyesine ulaşan güç talebi gecenin ilerleyen saatlerinde azalan bir grafik seyretmekte bu durum elektrikli cihaz kullanımının azalmasına paralel oluşmaktadır. Pik gücünün çok küçük bir kısmı sistem içerisinde kaybolan güç olarak toplam güç eğrisinin içinde yer almaktadır.



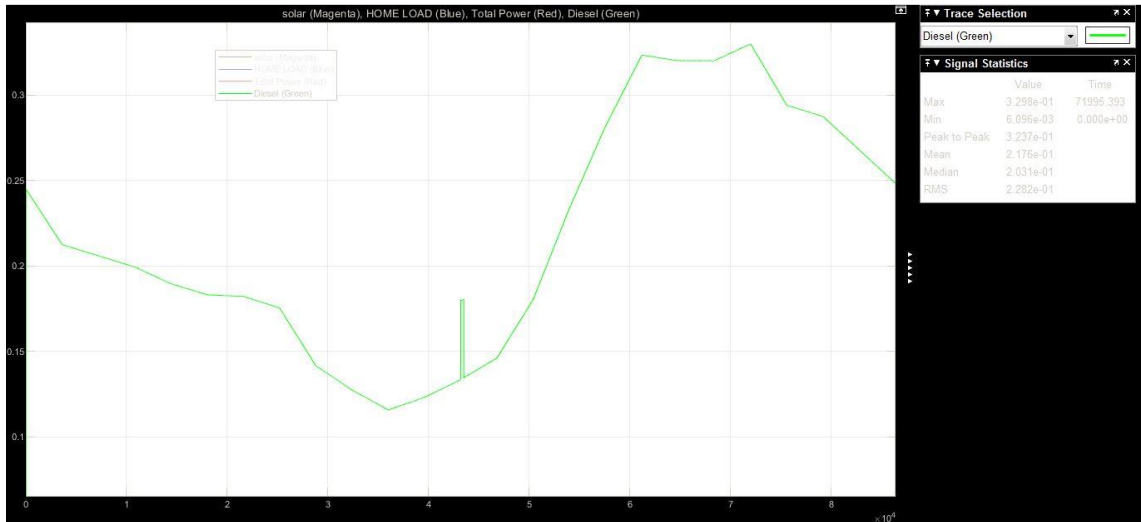
Şekil 35 Senaryo-1 Faz Akım Eğrisi

Senaryo 1' e göre bir fazdan çekilen akım eğrisi Şekil 35'te gösterilmiştir. Yük eğrisine paralel bir grafik çizen akım eğrisinde pik yük saatlerinde maksimum akımın çekildiği görülmektedir. Yük eğrisine paralel ilerleyen akım eğrisinde de saat 19:00 seviyelerinde maksimum akımın çekildiği ve bu değer 724 Amper olduğu gösterilmiştir. Hane halkı kullanıcılarının kullanımlara bağlı olarak sistemden çekilen akım miktarı pik yük saatinden sonraki saatlerde azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.



Şekil 36 Güneş Enerjisi Üretim Eğrisi

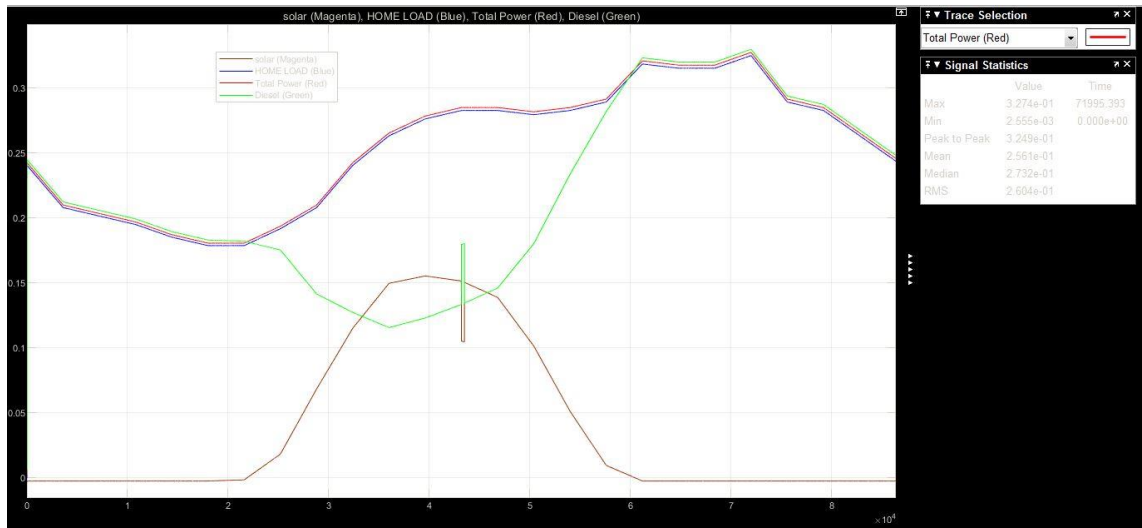
Senaryo 1' e göre sistemi besleyen güneş enerjisi üretim grafiği Şekil 36' de gösterilmektedir. Sisteme tanıtılan ilgili lokasyondaki solar radyasyon ve güneşlenme saatlerine paralel bir şekilde güneşlenmenin oluşmaya başladığı günün ilk saatlerinden itibaren güneş enerjisinin enerji üretimine başladığı ve üretilen bu enerjinin sistemin güç ihtiyacını karşılamaya başladığı görülmektedir. Solar radyasyon değerlerinin maksimum seviyelerde seyrettiği öğle saatlerinde güneş enerjisi kaynaklı güç üretiminin pik yaptığı ve 155kW/h enerji üretimini gerçekleştirdiği görülmektedir. Üretim eğrisinde görülen yaklaşık 20 dakikalık güç üretimindeki ani düşüşün kısmi gölgelenmeden kaynaklı olduğu anlaşılmaktadır. Solar radyasyon değerlerinin öğle saatlerinden itibaren düşüş göstermesine paralel olarak güç üretiminde de düşüş olduğu görülmektedir. 17:00 saatlerinden sonra güneşin batmaya başlamasına bağlı olarak güç üretiminin durduğu grafikten anlaşılmaktadır.



Şekil 37 Dizel Jeneratör Üretim Eğrisi

Senaryo 1' e göre sistemi besleyen dizel jeneratöre ait üretim eğrisi Şekil 37' de gösterilmektedir. Enerjiye talep olan her saatte dizel jeneratörün sisteme enerji aktardığı ve üretim tüketimi dengede tuttuğu görülmektedir. Güneş enerjisi kaynaklı üretim

gerçekleştiği zaman dizel jeneratör üretimini azaltmakta ve sistemin toplam yük ihtiyacı öncelikli olarak güneş enerjisinden karşılanmakta yetersiz olduğu durumlarda dizel jeneratör güneş enerjisini desteklemektedir. Grafiklere bakıldığı zaman güneş enerjisi üretiminin maksimum olduğu öğle saatlerinde dizel jeneratörden talep edilen gücün minimum seviyelere düştüğü görülmektedir. Dizel Jeneratör üretim eğrisinde görülen yaklaşık 20 dakikalık güç üretimindeki ani yükselişin kısmi gölgelenmeden kaynaklı olarak güneş enerjisindeki ani düşüşün şebekeyi enerjisiz bırakmamak için sistemin verdiği reaksiyon olduğu görülmektedir. Dağıtım trafosundan çekilen toplam güç 17:00-21:00 saatleri arasında en yüksek seviyeye çıkmakta ve tüm yük dizel jeneratör tarafından karşılanmaktadır dolayısıyla dizel jeneratörün üretiminin pik yaptığı saatlerde yine mesken tüketim pik saatiyle paralellik göstermektedir.

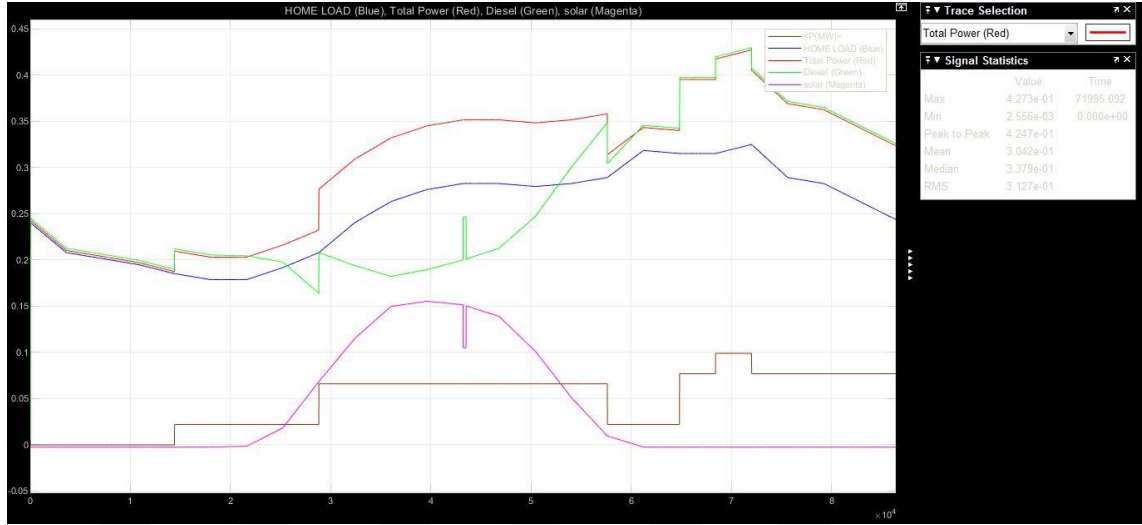


Şekil 38 Senaryo-1 Tüm Yük-Üretim Eğrileri

Senaryo-1 durumu için enerji üretim ve tüketimini gerçekleştiren tüm elemanların eğrileri Şekil 38' de gösterilmiştir. Sistemde yük olarak mesken yükleri ve sistem kayıpları bulunmaktadır. Yük talebi ise dizel jeneratör ve güneş enerjisi tarafından karşılanmaktadır. Güneş enerjisi ve dizel jeneratör tüketimi her an dengede tutacak ve tüketim önceliği güneş enerjisine verecek şekilde bir grafik seyretnmektedir.

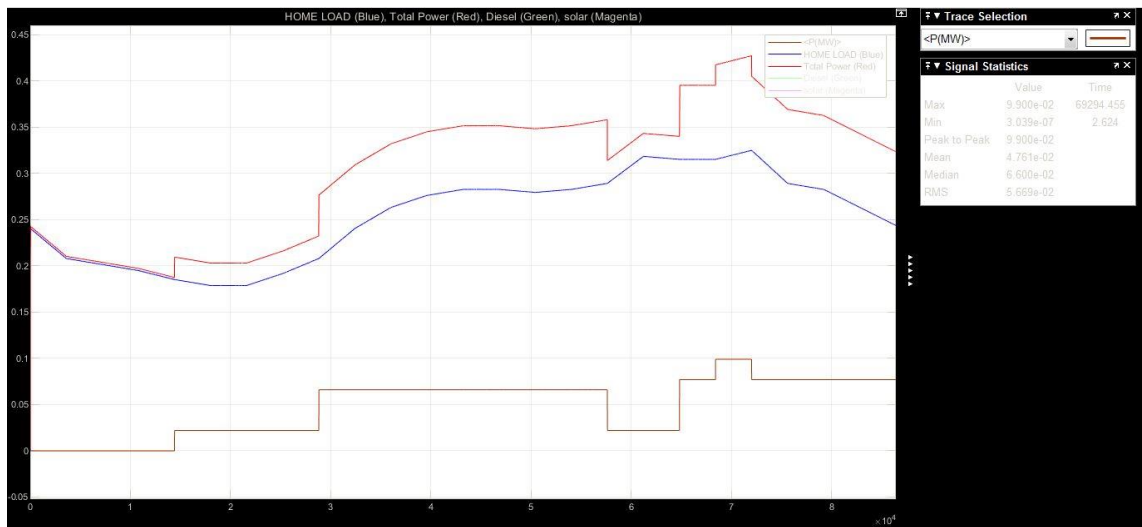
Senaryo-2

11 kW Şarj İstasyonu ile Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Sayısının Yarisinin Şarj Edilmesi Durumu



Şekil 39 Senaryo-2 Tüm Yük-Üretim Eğrileri

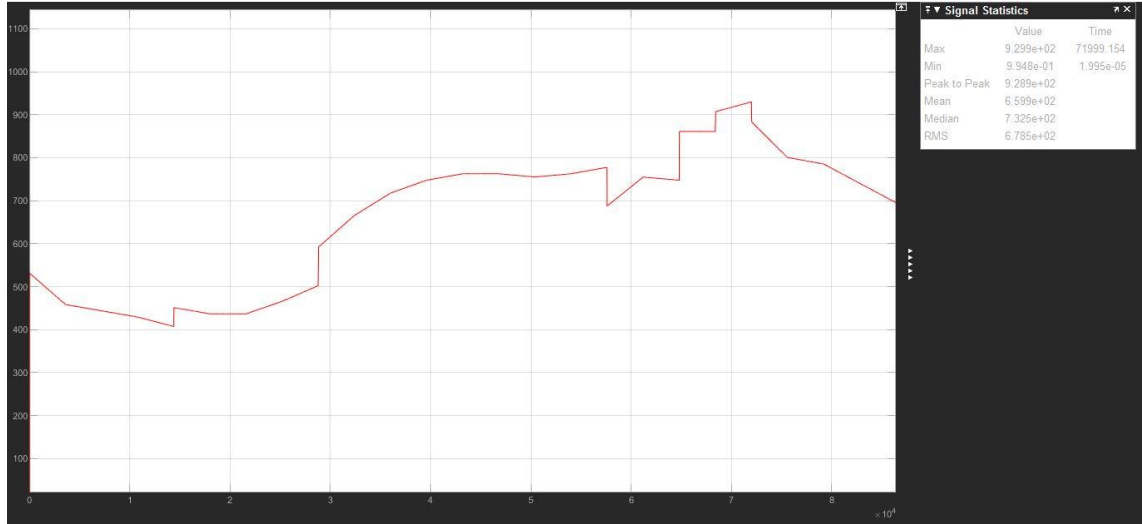
Senaryo-2 durumu için enerji üretim tüketim eğrileri Şekil 39'da gösterilmektedir. Bölgede elektrikli araç varlığının ortaya çıkması ile elektrikli araç yük eğrisi de görülmeye başlanmıştır. Elektrikli araç yük eğrisine bakıldığında gün içinde şarj durumunun gerçekleştiği anlaşılmaktadır. 19:00-21:00 aralığında şebekeden beslenen elektrikli araç sayısının gün içindeki en yüksek seviyesine ulaştığı ve elektrikli araçların talep ettiği yükün pik seviyelerine bu saatlerde ulaştığı görülmektedir. Enerji üretimi Senaryo-1'deki duruma benzer şekilde güneş enerjisi ve dizel jeneratör tarafından öncelik güneş enerjisi olacak şekilde yapılmakta ve sistem beslenmektedir.



Şekil 40 Senaryo-2 Toplam Yük Eğrisi

Senaryo 2' e ait güç eğrisine bakıldığında elektrikli araçların daha çok gün için şarj edildiği Şekil 40'da görülmektedir. Elektrikli araçların önemli bir kısmının saat

09.00 ile 17.00 arasında şarj edildiği özellikle insanların işten eve döndüğü saatlerden sonra elektrikli araçların önemli bir kısmının şarj istasyonlarına bağlandığı ve 19:00-21.00 saatlerinde gücün pik yaptığı bu durumun o saatlerde bağlantı kuran araç sayısından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Ev yük profilinin standart bir grafik çizdiği bu simülasyonda elektrikli araçların varlığının hissedilmeye başlanması ile talep edilen toplam güç miktarlarında artışlar yaşanmaya başlanmıştır. Talep edilen toplam yük mesken yükleri, elektrikli araç yükleri ve sistem kayıpları olarak 3 farklı yükün toplamından meydana gelmektedir.

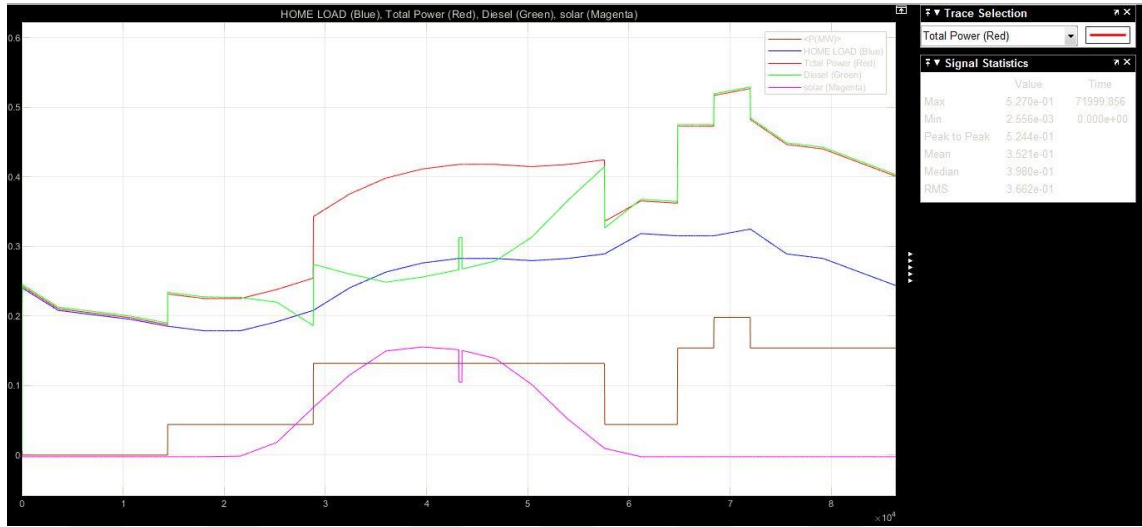


Şekil 41 Senaryo-2 Faz Akım Eğrisi

Şekil 41'de Senaryo 2' ye göre EA bağlantısı olmadığı durumlarda tipik bir mesken grafiği çizen akım eğrisi elektrikli araç bağlantısının yapılmaya başlanması ile çekilen akım miktarları artmaktadır. 19:00-21:00 saatlerinde EA bağlantı sayısından kaynaklı olarak bir fazdan çekilen akım maksimum seviyelere ulaşmış ve 929 amper seviyesinde ölçülmüştür.

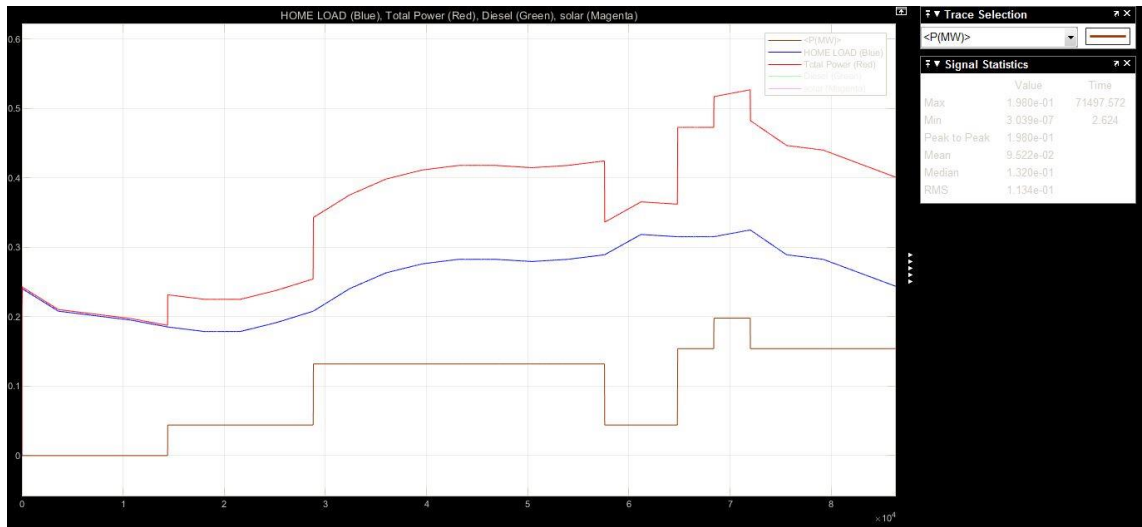
Senaryo-3

11 kW Şarj İstasyonu ile Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Sayısının Tamamının Şarj Edilmesi Durumu



Şekil 42 Senaryo-3 Tüm Yük-Üretim Eğrileri

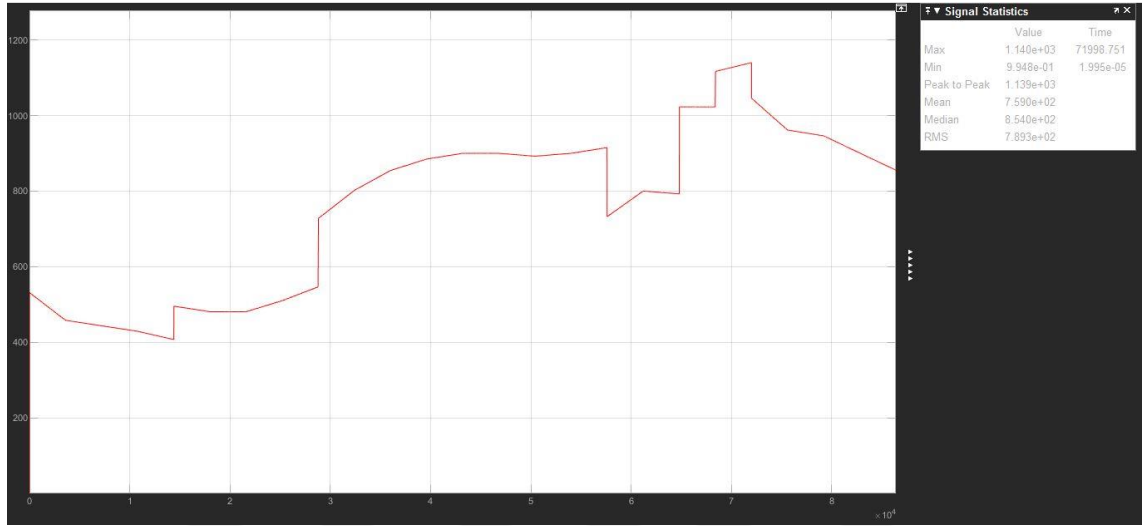
Senaryo-3 durumu için enerji üretim tüketim eğrileri Şekil 42' de gösterilmektedir. İlgili yerdeki tüm araçların elektrikli araca dönüşümü ile elektrikli araç yük eğrisinde belirgin bir değişiklik görülmeye başlanmıştır. Elektrikli araç yük eğrisine bakıldığında zaman gün içinde şarj durumunun gerçekleştiği anlaşılmaktadır. 19:00-21:00 aralığında şebekeden beslenen elektrikli araç sayısının gün içindeki en yüksek seviyesine ulaştığı ve elektrikli araçların talep ettiği yükün pik seviyelerine bu saatlerde ulaştığı görülmektedir. Enerji üretimi Senaryo-1 deki duruma benzer şekilde güneş enerjisi ve dizel jeneratör tarafından öncelik güneş enerjisi olacak şekilde yapılmakta ve sistem beslenmektedir. Talep edilen güç miktarlarındaki artışlar dizel jeneratör tarafından sağlanmakta ve üretim-tüketim dengede tutulmaktadır.



Şekil 43 Senaryo-3 Toplam Yük Eğrisi

Senaryo 3' e ait güç eğrisine bakıldığında zaman elektrikli araçların daha çok gün içinde şarj edildiği Şekil 43' te görülmektedir. Elektrikli araçların önemli bir kısmının

saat 09.00 ile 17.00 arasında şarj edildiği özellikle insanların işten eve döndüğü saatlerden sonra elektrikli araçların önemli bir kısmının şarj istasyonlarına bağlandığı ve 19:00-21:00 saatlerinde gücün pik yaptığı bu durumun o saatlerde bağlantı kuran araç sayısından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Ev yük profilinin standart bir grafik çizdiği bu simülasyonda tüm araçların elektrikli araçlara dönüşümü ile talep edilen toplam güç miktarlarında önemli artışlar yaşanmaya başlanmıştır. Talep edilen toplam yük mesken yükleri, elektrikli araç yükleri ve sistem kayıpları olarak 3 farklı yükün toplamından meydana gelmektedir. Elektrikli araç sayısının artmasına paralel olarak şebekeden çekilen elektrikli araç yük miktarı da benzer oranlarda artış göstermektedir.

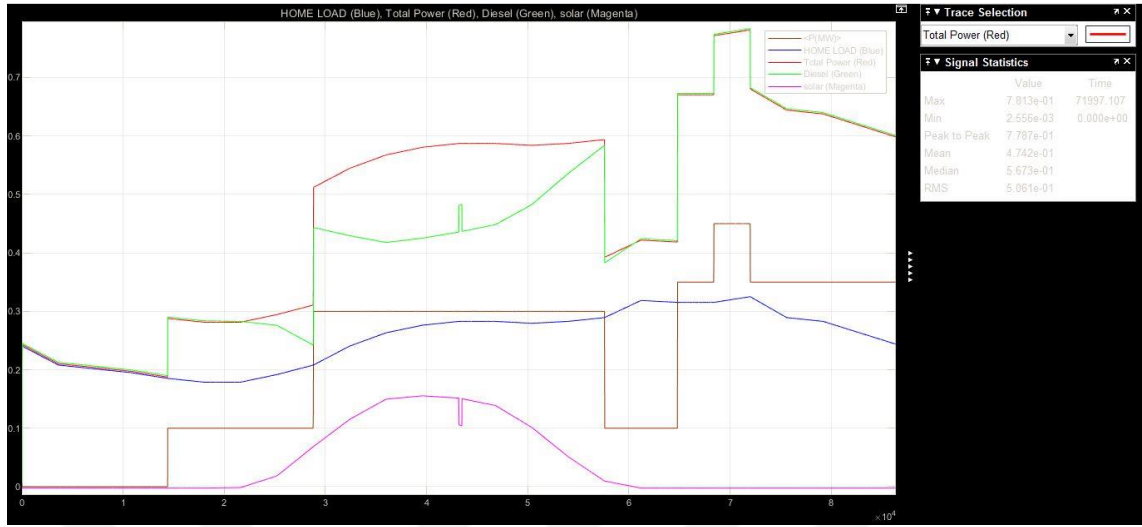


Şekil 44 Senaryo-3 Faz Akım Eğrisi

Şekil 44'te ilgili bölgede bulunan tüm araç varlığının elektrikli araca dönüşümü ile beraber sistemden çekilen akım miktarları artmaktadır. 19:00-21:00 saatlerinde EA bağlantı sayısından kaynaklı olarak bir fazdan çekilen akım, maksimum seviyelere ulaşmış ve 1140 amper seviyesinde ölçülmüştür.

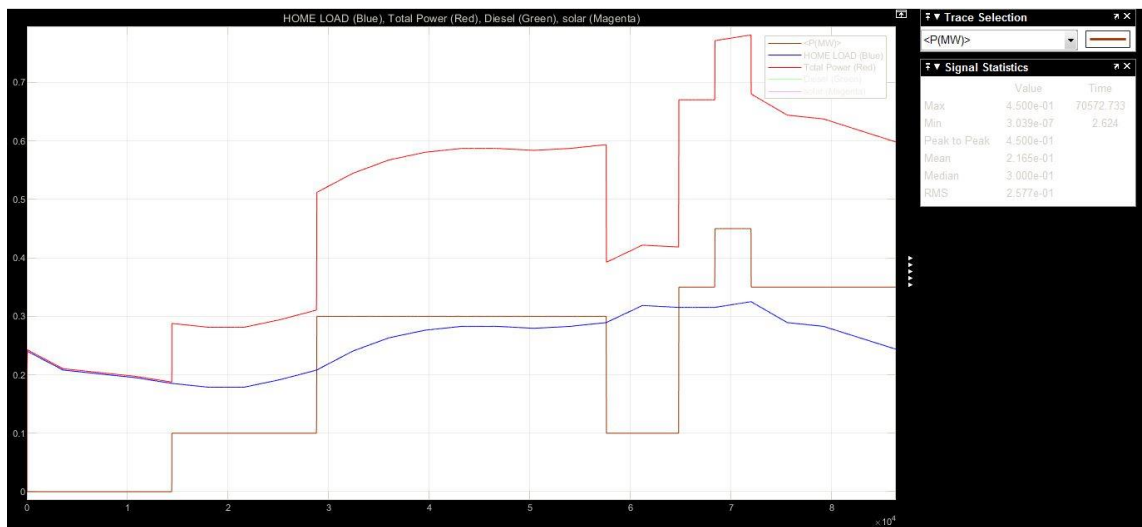
Senaryo-4

50 kW Şarj İstasyonu ile Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Sayısının Yarısının Şarj Edilmesi Durumu



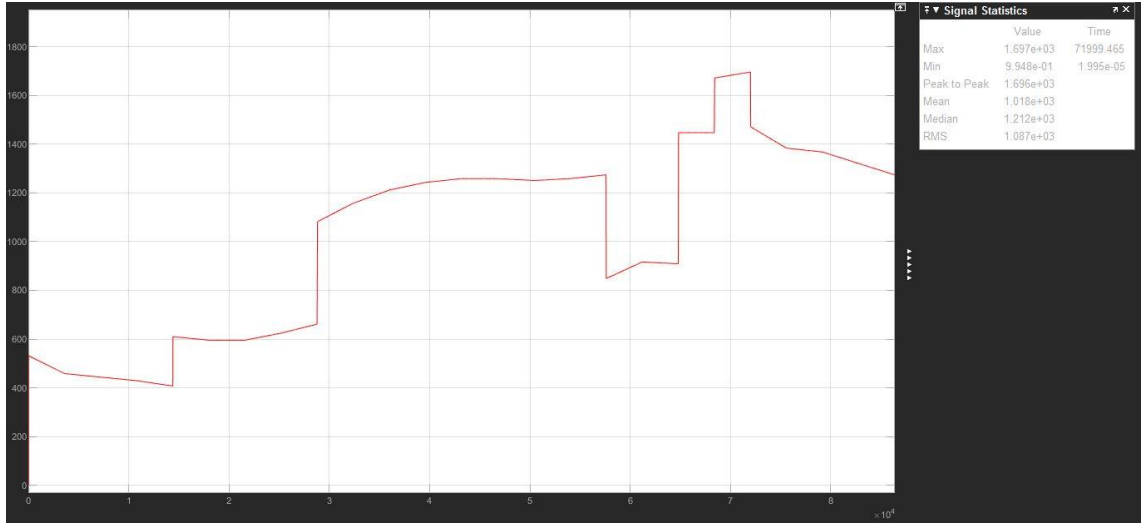
Şekil 45 Senaryo-4 Tüm Yük-Üretim Eğrileri

Senaryo-4 durumu için enerji üretim tüketim eğrileri Şekil 45' de gösterilmektedir. Bölgede elektrikli araç varlığının hızlı şarj istasyonları ile şarj edilmesi sonucunda oluşan elektrikli araç yük eğrisi de görülmeye başlanmıştır. Elektrikli araç yük eğrisine bakıldığında gün içinde şarj durumunun gerçekleştiği anlaşılmaktadır. 19:00-21:00 aralığında şebekeden beslenen elektrikli araç sayısının gün içindeki en yüksek seviyesine ulaştığı ve elektrikli araçların talep ettiği yükün pik seviyelerine bu saatlerde ulaştığı görülmektedir. Senaryo-2 ile araç sayısının aynı olduğu fakat şarj istasyon tipinin farklı olması şebekeden çekilen güç miktarlarının değişiklik göstermesini sağlamaktadır. Hızlı şarj istasyonlarının kullanılmaya başlanması elektrikli araç yüklerinin bazı saat dilimlerinde mesken yüklerini aşarak daha fazla güç harcamasını sağlamaktadır. Enerji üretimi Senaryo-1'deki duruma benzer şekilde güneş enerjisi ve diesel jeneratör tarafından öncelik güneş enerjisi olacak şekilde yapılmakta ve sistem beslenmektedir.



Şekil 46 Senaryo-4 Toplam Yük Eğrisi

Şekil 46'da Senaryo 4' e ait güç eğrisine bakıldığı zaman elektrikli araçların daha çok gün için şarj edildiği görülmektedir. Elektrikli araçların önemli bir kısmının saat 09.00 ile 17.00 arasında şarj edildiği özellikle insanların işten eve döndüğü saatlerden sonra elektrikli araçların önemli bir kısmının şarj istasyonlarına bağlandığı ve 19:00-21.00 saatlerinde gücün pik yaptığı bu durumun o saatlerde bağlantı kuran araç sayısından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Ev yük profilinin standart bir grafik çizdiği bu simülasyonda şarj istasyonlarının hızlı şarja dönüşümü ile talep edilen toplam güç miktarlarında önemli artışlar yaşanmaya başlanmıştır. Talep edilen toplam yük mesken yükleri, elektrikli araç yükleri ve sistem kayıpları olarak 3 farklı yükün toplamından meydana gelmektedir. Şarj istasyonlarının hızlı şarj istasyonlarına dönüşümü ile elektrikli araç yük miktarları da benzer oranlarda artış göstermektedir.

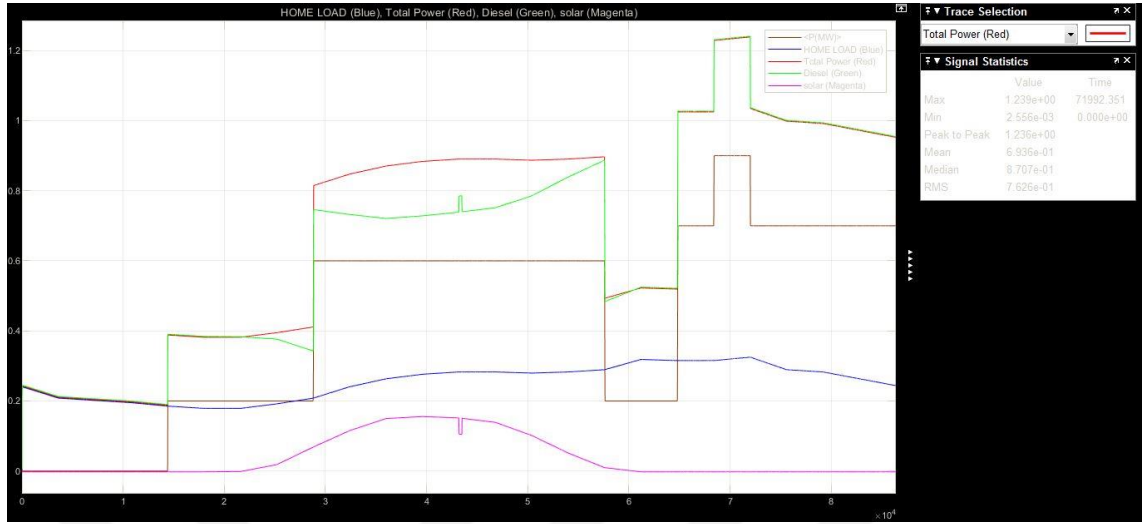


Şekil 47 Senaryo-4 Faz Akım Eğrisi

Şekil 47'de Senaryo 4' e ait EA bağlantısı olmadığı durumlarda tipik bir mesken grafiği çizen akım eğrisi elektrikli araç bağlantısının yapılmaya başlanması ve bu bağlantıların hızlı şarj istasyonları ile yapılması çekilen akım miktarlarını ciddi oranlarda arttırmaktadır. 19:00-21:00 saatlerinde EA bağlantı sayısı ve şarj istasyon tipinden kaynaklı olarak bir fazdan çekilen akım maksimum seviyelere ulaşmış ve 1697 amper seviyesinde ölçülmüştür.

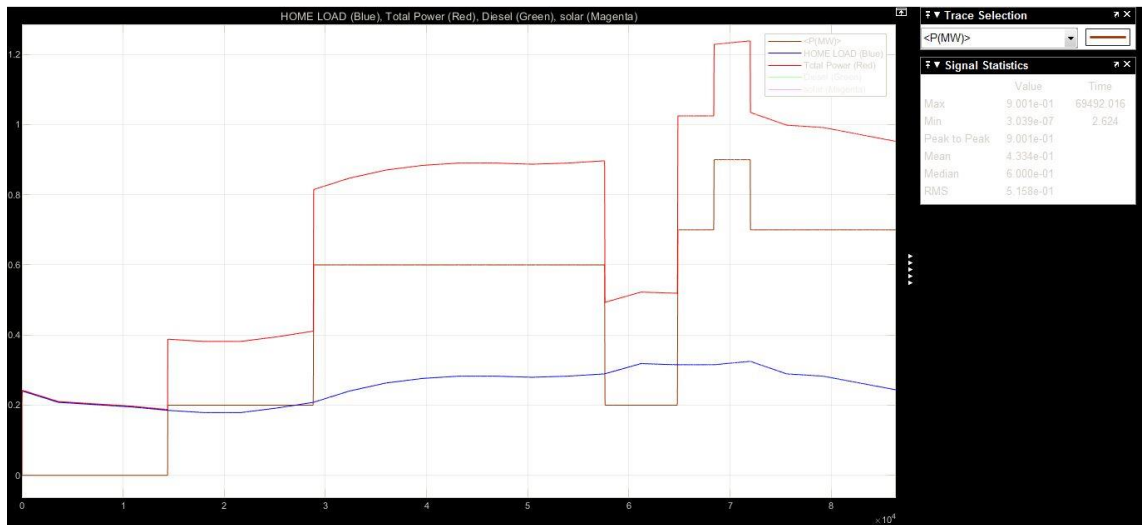
Senaryo-5

50 kW Şarj İstasyonu ile Mevcut Bölgede Elektrikli Araç Sayısının Tamamının Şarj Edilmesi Durumu



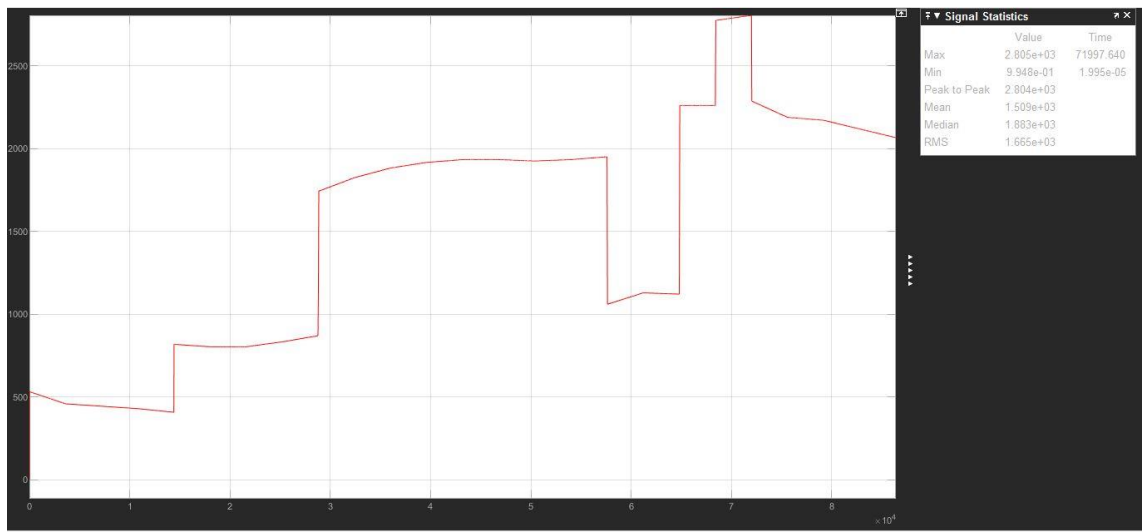
Şekil 48 Senaryo-5 Tüm Yük-Üretim Eğrileri

Senaryo-5 durumu için enerji üretim tüketim eğrileri Şekil 48' de gösterilmektedir. İlgili yerdeki tüm araçların elektrikli araca dönüşümü ve şarj istasyonlarının hızlı versiyonunun kullanımı ile elektrikli araç yük eğrisinde belirgin bir değişiklik görülmeye başlanmıştır. Elektrikli araç yük eğrisine bakıldığı zaman gün içinde şarj durumunun gerçekleştiği anlaşılmaktadır. 19:00-21:00 aralığında şebekeden beslenen elektrikli araç sayısının gün içindeki en yüksek seviyesine ulaştığı ve elektrikli araçların talep ettiği yükün pik seviyelerine bu saatlerde ulaştığı görülmektedir. Enerji üretimi Senaryo-1 deki duruma benzer şekilde güneş enerjisi ve dizel jeneratör tarafından öncelik güneş enerjisi olacak şekilde yapılmakta ve sistem beslenmektedir. Talep edilen güç miktarlarındaki artışlar dizel jeneratör tarafından sağlanmakta ve üretim-tüketim dengede tutulmaktadır. Hızlı şarj istasyonları üzerinden tüm araçların şarj edilmesi durumunda elektrikli araç yüklerinin mesken yüklerinden çok fazla olacağı yük eğrisinden anlaşılmaktadır.



Şekil 49 Senaryo-5 Toplam Yük Eğrisi

Senaryo 5' e ait güç eğrisine bakıldığı zaman elektrikli araçların daha çok gün için şarj edildiği Şekil 49'da görülmektedir. Elektrikli araçların önemli bir kısmının saat 09.00 ile 17.00 arasında şarj edildiği özellikle insanların işten eve döndüğü saatlerden sonra elektrikli araçların önemli bir kısmının şarj istasyonlarına bağlandığı ve 19:00-21.00 saatlerinde gücün pik yaptığı bu durumun o saatlerde bağlantı kuran araç sayısından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Ev yük profilinin standart bir grafik çizdiği bu simülasyonda tüm araçların elektrikli araçlara dönüşümü ile talep edilen toplam güç miktarlarında önemli artışlar yaşanmaya başlanmıştır. Talep edilen toplam yük mesken yükleri, elektrikli araç yükleri ve sistem kayıpları olarak 3 farklı yükün toplamından meydana gelmektedir. Elektrikli araç sayısının artması ve istasyonların hızlı versiyonlara dönüşümüne paralel olarak şebekeden çekilen elektrikli araç yük miktarı da ciddi oranlarda artış göstermekte ve mesken yüklerinden daha fazla olmaktadır.



Şekil 50 Senaryo-5 Faz Akım Eğrisi

Şekil 50' de ilgili bölgede bulunan tüm araç varlığının elektrikli araca dönüşümü ve şarj işlemlerinin hızlı şarj istasyonları ile yapılması ile beraber sistemden çekilen akım miktarları en yüksek seviyelerine çıkmaktadır. 19:00-21:00 saatlerinde EA bağlantı sayısından kaynaklı olarak bir fazdan çekilen akım maksimum seviyelere ulaşmış ve 2800 amper seviyesinde ölçülmüştür.

Çizelge 5.2 Senaryo Çıktıları

AÇIKLAMA	Birim	Senaryo-1	Senaryo-2	Senaryo-3	Senaryo-4	Senaryo-5
TOPLAM GÜÇ	kW/h	327	427	527	781	1239
MESKEN GÜCÜ	kW/h	325	325	325	325	325
EA GÜCÜ	kW/h	0	99	198	454	910
ÇEKİLEN AKIM	Amper	724	929	1140	1697	2800
TRAFO YÜKLEME ORANI	%	34,42	44,94	55,47	82,21	130,42

Yukarıda tabloda tüm senaryoların Matlab/Simulink programındaki çıktıları görülmektedir. Araç yoğunluğunun artışına bağlı olarak şebekeden çekilen akım

seviyesinin artış gösterdiği görülmektedir. Aynı oranlardaki araç durumlarında kullanılan farklı hızlardaki şarj istasyonlarına bağlı olarak yine şebekeden çekilen akım seviyelerinde artış olduğu ve trafoların hızlı şarj istasyonu kullanımında daha fazla yüklendiği görülmektedir. Araç yoğunluğundaki artışın trafo yüklenmelerini doğru oranda artırdığı görülmektedir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gelişen teknolojiye bağlı olarak ulaşım sektöründeki ilerlemeler ulaşım araçları teknolojilerinin de gelişimine zemin hazırlamıştır. Çeşitli nedenler yüzünden fosil yakıtlı olarak tercih edilen otomobillerin yerine çevre hassasiyeti üst düzeyde olan ve verimi içten yanmalı motorlara göre yaklaşık 3-4 kat daha iyi olan elektrikli otomobiller hayatımıza hızlı bir giriş yapmıştır. Özellikle batarya teknolojisindeki gelişmeler bu süreci çok daha hızlandırmıştır. Elektrikli araç gelişiminin önündeki en büyük engel olan menzil sorununun ortadan kalkması ve şarj etme sürelerinin kısaltılması ile beraber elektrikli araç sektörü günden güne otomotiv sektöründeki payını artırmaktadır. Tez çalışmasında, EA mimarileri, şarj durumları ve şebeke entegrasyonu konuları üzerinde durulmuştur. EA yapılarının gerçek bir şebeke sistemine dahil olması sistemde yaşanması muhtemel yük yoğunluğu konusu ele alınmıştır.

Çalışmada, Mardin ilindeki bir bölgede oluşması muhtemel elektrikli araç varlığının şebekeye entegre edilmesinin etkileri incelenmiştir. Şebeke kararlılığını etkileyebilecek durumlar göz önüne alınmıştır. Burada model olarak alınan Mardin ili Ravza bölgesinde belirtilen şebekeye ait EA şarj istasyonlarının eklenmesi MATLAB/SIMULINK programı kullanılarak analizi yapılmıştır. İlgili dağıtım firmasından alınan veriler ile elektrik şebekesi benzetimi yapılarak şebeke durumu incelenmiştir. Benzetim bölgesindeki mesken abone sayısına göre bölgedeki hane sayısı değerlerinden muhtemel elektrikli araç sayısı tahmin edilerek sistem tanıtımı gerçekleştirilmiştir. Elektrikli araç kullanımının henüz istenilen düzeyde gelişim göstermediği için mevcut dağıtım sistemine herhangi bir olumsuz etkisi görülmektedir. Elektrikli araç gelişimine bakıldığı zaman ilerleyen yıllarda elektrikli araçların yaygınlaşacağı ve bu araçların şarj işlemini gerçekleştirebilmek için şarj istasyonlarına ihtiyaç duyacağı aşikârdır. Bu gelişim süreci tahmin edilerek bölgedeki mevcut araç yoğunluğunun farklı oranlarda ve farklı şarj istasyon tipleri ile sisteme entegre edilmesi analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda elektrikli araç varlığının gelişimine bağlı olarak sistemi besleyen trafolarla yüklenme oranlarının limit değerler üzerine çıkabileceği görülmektedir. Araç sayısı ve şarj istasyon tiplerine bağlı olarak şebekeden çekilen akım değerlerinin de 3-4 kat yüksek değerlere çıkabileceği görülmektedir. Akım değerlerindeki bu artış şebekeyi besleyen besleme hatlarının bu akımları taşıyamayacağı anlamına gelmektedir. Dolayısı ile elektrikli araç varlığının etkin bir şekilde belirtilen lokasyonda kullanılabilmesi için bir dizi tedbirlerin alınması gerekmektedir. Şarj istasyonlarının entegre edileceği konumlarda trafo güçlerini ve bağlantı hatlarını belirlemek için bir parametre olarak göz önüne alınması gerekmektedir.

Çalışmada görüleceği üzere EA kullanımının yaygınlaşması sonucunda, araca ait şarj etme problemini ortadan kaldırılması ve şarj istasyonlarının erişilebilir durumlarda olması gerekmektedir. Özellikle şarj istasyonlarının konumlandırılması yapılırken şebeke kararlılığını bozacak son tüketiciyi etkileyebilecek aşırı yüklenmelerin önüne geçilmelidir. Güç kayıplarının düşük oranlarda tutulabilmesi gerekmekte ve şarj planlamasının koordineli bir şekilde yapılması elzemdir. Şarj işlemlerinin düzensiz ve belli bir planlama dahilinde yapılmaması durumunda şebekenin kararlılığını etkilemekte ve faz dengesizliği durumunu ortaya çıkarabilmektedir. Yeni yapılacak olan dağıtım sistemi yatırımlarında da bölgelerde bulunması muhtemel şarj istasyonlarının trafo gücünü belirleyebilecek bir parametre olduğu gerçeği göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] BP Energy Outlook, 2017, 20-75-97 Erişim: [https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2017.pdf] Erişim Tarihi: 25.10.2021.
- [2] IEA World Energy Outlook, 2010, 45 Erişim: [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/renewable-electricity-consumption-1/iea-2009-world-energy-outlook] Erişim Tarihi: 25.10.2021.
- [3] Yu, Z. (2017) Large Scale Charging of Electric Vehicles: Technology and Economy. PhD Thesis, Cornell University, New York, ABD, 1-2.
- [4] E. Babalık, “Ulaştırma Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu”, Türkiye’nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı’nın Geliştirilmesi Projesi, Eylül 2010.
- [4] Üstkoyuncu, N. (2018). Hibrid ve Elektrikli Arabalar Ders Notu. Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kayseri.
- [5] Üstkoyuncu, N. (2018). Hibrid ve Elektrikli Arabalar Ders Notu. Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kayseri.
- [6] 2021 Küresel Elektrikli Araç Görünümü Raporu Özeti. Erişim: [https://www.dunyaenerji.org.tr/2021-kuresel-elektrikli-arac-gorunumu-raporu/] Erişim Tarihi: 28.01.2022.
- [7] Steen, D., Tuan, L. A., Carlson, O. ve Bertling, L., (2012). “Assessment of Electric Vehicle Charging Scenarios Based on Demographical Data”, IEEE Transactions on Smart Grid, 3(3): 1457–1468.
- [8] Aghaei, J., Nezhad, A.E., Rabiee, A., Rahimi, E., (2016). “Contribution of Plugin Hybrid Electric Vehicles in Power System Uncertainty Management”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 59: 450–458.
- [9] An inclusive methodology for Plug-in electrical vehicle operation with G2V and V2G in smart microgrid environments Yuri R. Rodrigues, A.C. Zambroni de Souza, P.F. Ribeiro
- [10] Demand response to improve the shared electric vehicle planning: Managerial insights, sustainable benefits Cuiling Ran , Yanzi Zhang , Ying Yin
- [11] Efficient integration of demand response and plug-in electrical vehicle in microgrid: Environmental and economic assessment Qun Guo a, **, Xiaodan Liang b, Dingnan Xie c, Kittisak Jemsittiparsert
- [12] Decentralized demand side management of plug-in hybrid vehicles in a Smart Grid Stijn Vandael, Nelis Boucke, Tom Holvoet, Geert Deconinck

- [13] Bayram B. Elektrikli Otomobil ve Çalışma Prensibi. Erişim: [https://www.tehad.org/2021/04/27/elektrikli-otomobil-ve-calisma-prensibi/] Erişim Tarihi: 28.01.2022
- [14] Tesla Model S Long Range Plus. Erişim:[https://t24.com.tr/haber/tesla-model-s-long-range-plus-tek-sarjla-650-kilometre-gidebiliyor,884497] Erişim Tarihi: 22.06.2021
- [15] Ranjan, H. A.,Mahesh, J., Prabodh, B., (2014). “Issues and solution approaches in PHEV integration to smart grid”, Renewable and Sustainable Energy, 30(2): 17–29.
- [16] Kempton, W. ve Letendre, S., (1997). “Electric vehicles as a new power source for electricutilities” Transportation Research, 2(3): 157–75.
- [17] Ehsani, M.,Falahi, M. ve Lotfifard, S., (2012). “Vehicletogridservices: potential and applications”, Energies, 5(2): 76–90.
- [18] Birol F. Türkiye Elektrikli Araç Görünümü. Erişim: [https://www.milliyet.com.tr/otomobil/otomobil-satislarindaki-elektrikli-araclarin-orani-yuzde-10a-yaklasti-6670175] Erişim Tarihi: 17.02.2022
- [19] Anonim,2019. TEHAD. Erişim: [https://www.tehad.org/2019/08/22/cin-elektrikli-otomobil-pazari-yukseliste/] Erişim Tarihi : 22.02.2022
- [20] Harper J. Çin Elektrikli Araç Satışları. Erişim: [https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-56191840] Erişim Tarihi: 23.02.2022
- [21] Anonim,2021. TEHAD. Erişim: [https://www.tehad.org/2021/10/05/elektrikli-otomobil-satislari-ilk-kez-dizeli-yakaladi/] Erişim Tarihi : 23.02.2022
- [22] Congar K. İngiltere Elektrikli Araç Şarj İstasyonları. Erişim: [https://tr.euronews.com/green/2021/11/25/ingiltere-de-2022-den-sonra-yeni-binalarda-elektrikli-arac-sarj-istasyonlar-zorunlu-olacak]Erişim Tarihi:23.02.2022
- [23] Cevrioğlu E.Ş. Elektrikli Araç Küresel Payları. Erişim: [https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/elektrikli-araclarin-kuresel-pazar-payinin-2025te-yuzde-29a-ulasacagi-ongoruluyor/2398362] Erişim Tarihi: 25.02.2022
- [24] ETKB,2021a
- [25] Kaya F.ÖHÜ Müh. Bilim. Dergisi / OHU J. Eng. Sci. 2019, 8(1): 528-537.
- [26] Anonim, 2021. Türkiye Şarj Durumu Erişim: [https://www.fikrimucit.com] Erişim Tarihi: 25.02.2022

- [27] Yılmaz M. Türkiye Elektrikli Araç gelecek Öngörüler. Erişim: [https://www.bloomberght.com/epdk-baskani-2023-te-75-bini-askin-elektrikli-arac-olmasini-ongoruyoruz-2292879] Erişim Tarihi: 15.03.2022
- [28] Resmi Gazete, 2021. Erişim:[https://www.resmigazete.gov.tr/fihrist?tarikh=2021-03-25&mukerrer=1] Erişim Tarihi:15.03.2022
- [29] Resmi Gazete,2020. Erişim:[https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/06/20200609-22.pdf] Erişim Tarihi:15.03.2022
- [30] Resmi Gazete, 2021. Erişim:[https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/04/20210417-2.pdf] Erişim Tarihi:15.03.2022
- [31] Akgündüz B. Togg Farasis Fabrikası. Erişim: [https://www.dolubatarya.com/haber/togg-ve-farasisten-30-milyar-liralik-pil-uretim-yatirimi-geliyor] Erişim Tarihi: 22.03.2022
- [32] Sbordone, D.,Bertini, I., Pietra, B.D., Falvo, M. C., Genovese, A., Martirano, L., EV fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm. Electric Power Systems Research, 120, 96-108, 2015.
- [33] TEPCO (2010-03-15). "General Outline of“CHAdEMO Association”".
- [34] Volker Lazzaro (2010-02-14). "The interface between the electric vehicle and infrastructure"p13.
- [35] "SAE Ground Vehicle Standards Status of work – PHEV +". SAE International.2010-01. pp. 1–7.
- [36] Anonim,2022 TESLA. Erişim: [https://www.tesla.com/findus/list/superchargers/Turkey] Erişim Tarihi: 25.04.2022
- [37] Anonim,2022. Global Electric Vehicle Charging Stations Market. Erişim:[https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/electric-vehicle-charging-stations-global-market-report] Erişim Tarihi: 26.04.2022
- [38] Anonim, 2020. Road Traffic. Erişim:[https://www.statista.com/statistics/955066/public-and-semi-public-charging-stations-for-electric-vehicles-in-netherlands/] Erişim Tarihi: 27.04.2022
- [39] Anonim, 2021. Amerika Şarj İstasyon Son Durum. Erişim: [https://www.bloomberght.com/biden-2030-yilina-kadar-arabaların-yarisinin-temiz-enerjiyle-calismasini-istiyor-2285284] Erişim Tarihi: 28.04.2022
- [40] Shura, 2019. Türkiye ulaştırma sektörünün dönüşümü: Elektrikli araçların Türkiye dağıtım şebekesine etkileri. Erişim: [https://shura.org.tr/wp-

content/uploads/2019/12/Turkiye-ulasirma-sektorunun-donusumu-Elektrikli-araclarin-Turkiye-dagitim-sebekesine-etkileri-1-1.pdf] Erişim Tarihi: 28.04.2022

- [41] Grid for Vehicles, "Impacts of EV on power systems and minimal control solutions to mitigate these" (WP6.1, May 2011, pp. 108-115)
- [42] E.C.Bentley et al., "The interactive effects of multiple EV chargers within a distribution network," (2010 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Sept 2010, pp. 1-6).
- [43] Lopes, J. A. P., Soares, F. J., & Almeida, P. M. R. (2011). Integration of electric vehicles in the electric power system. In: Proceedings of the IEEE, 99(1), 168-183. doi:10.1109/JPROC.2010.2066250
- [44] Resmi Gazete, 2012. Erişim:[
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121206.pdf>] Erişim Tarihi:15.03.2022
- [45] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2021-45500>
- [46] KGM, 2022. İllere Göre Devlet Yol Uzunlukları Erişim: [
<https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/DevletYolEnvanter/IllereGoreDevletVeIlYollari.pdf>] Erişim Tarihi: 02.05.2022
- [47] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>
- [48] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Denge Tabloları, https://enerjiapi.etkb.gov.tr//Media/Dizin/EIGM/Raporlar/Periyodik_Raporlar/Ulusal_Enerji_Denge_Tablolari/2018/381450
- [49] EEA Indicators, Final energy consumption in Europe by mode of transport — European Environment Agency (europa.eu)
- [50] Mardin, 2022. Hava Kalitesi İzleme İstasyonu. Erişim: [<https://www.havaizleme.gov.tr/>] Erişim Tarihi: 03.05.2022
- [51] Mardin,2022. Hava Kalitesi İstasyon Verileri. Erişim: [<http://sim.csb.gov.tr/Services/Details?id=d93f8472-8b36-4854-ac7e-ffdd42f4a254>] Erişim Tarihi : 03.05.2022
- [52] YAGCITEKIN, B., UZUNOGLU, M., KARAKAS, A., ERDINC, O., "Assesment of electrically-drivenvehicles in terms of emissionimpactandenergyrequirements: a casestudyforIstanbulTurkey", Journal of CleanerProduction, 96, 486-492, 2015.
- [53] (IEA), Uluslararası Enerji Ajansı. Electricity Information 2020
- [54] European Union, 2014
- [55]Transport & Environment, 2018b



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Rıdvan KAYA
Uyruğu : T.C

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Üniversite	: Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa, İstanbul	2015
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi, Merkez, Batman	Devam ediyor
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

Yenilenebilir Enerji, Elektrikli Araçlar, Autocad, Plan Proje Tasarımı

YABANCI DİLLER

İngilizce(orta düzey), Arapça(orta düzey)

YAYINLAR