

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM İLİNDEKİ AKARYAKIT İSTASYONLARI VE OTOPARKLARIN
ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARINA DÖNÜŞÜMÜNDE GÜNEŞ
ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS

Abdullah TURAN

OCAK-2023
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM İLİNDEKİ AKARYAKIT İSTASYONLARI VE OTOPARKLARIN
ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARINA DÖNÜŞÜMÜNDE GÜNEŞ
ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF THE ELECTRICITY GENERATION POTENTIALS
FROM SOLAR ENERGY IN THE CONVERSION OF FUEL STATIONS AND
PARKING LOTS INTO ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS IN THE
ERZURUM PROVINCE**

YÜKSEK LİSANS

Abdullah TURAN

**OCAK-2023
GÜMÜŞHANE**



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM İLİNDEKİ AKARYAKIT İSTASYONLARI VE OTOPARKLARIN
ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARINA DÖNÜŞÜMÜNDE GÜNEŞ
ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF THE ELECTRICITY GENERATION POTENTIALS
FROM SOLAR ENERGY IN THE CONVERSION OF FUEL STATIONS AND
PARKING LOTS INTO ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS IN THE
ERZURUM PROVINCE**

YÜKSEK LİSANS

Abdullah TURAN

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Recep ÇAKMAK

**OCAK-2023
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Erzurum İlindeki Akaryakıt İstasyonları ve Otoparkların Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarına Dönüşümünde Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyellerinin Araştırılması**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kısıtlara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

25.01.2023

.....
Abdullah TURAN

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her evresinde engin bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, kıymetli zamanını bana ayıran, danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Recep ÇAKMAK'a, değerli babam İsmail TURAN'a, annem Hakime TURAN'a, abim Melikşah TURAN ve Abdülhamit TURAN'a maddi ve manevi bütün destekleri ve varlıkları için sonsuz teşekkür ederim.

Abdullah TURAN
GÜMÜŞHANE – 2023

ÖZET

Elektrikli araç (EA) satışları son yıllarda EA'ların gelişen teknolojisi ve performansı, EA'ların ve bataryalarının düşen maliyetleri ve şarj altyapısının artan kullanılabilirliği gibi faktörlerin etkisiyle küresel düzeyde hızla artmaktadır. Yaygın bir kullanıma ve sayıya sahip olan akaryakıt istasyonlarını EA şarj istasyonlarına dönüştürmek, EA şarjına yönelik artan talebi karşılamanın ve elektrikli ulaşım geçişi desteklemenin bir yolu olabilir. Akaryakıt istasyonlarının çatıları fotovoltaik (FV) sistemlerle elektrik enerjisi üretimi için uygun olabilecek alanlardır. FV sistemlerle donatılmış akaryakıt istasyonlarının elektrikli araç şarj istasyonlarına dönüşmesi durumunda EA'ların karbon ayak izini azaltmaya ve fosil yakıtlara olan ihtiyacı azaltarak enerji güvenliğini artırmaya yardımcı olabilir. Bu tezde ilk olarak Türkiye'de iller bazında elektrikli araç şarj istasyonu sayıları belirlenmiştir. Ardından Erzurum ilinin merkez ilçesindeki akaryakıt istasyonlarının ve çatı üstü fotovoltaik panel imkânı bulunan kapalı otoparkların güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli PVGIS ve Helioscope programları kullanılarak belirlenmiştir. Çeşitli senaryolar altında FV sistemlerin elektrikli araçların şarjına olan katkısı belirlenmiştir. Son olarak HOMERgrid programı ekonomik ve teknik analizler yapılmıştır. Erzurum ilinin merkez ilçesindeki akaryakıt istasyonlarının toplam çatı alanının 22446 m², bu çatı alanından FV sistemlerle elde edilebilecek yıllık toplam enerji üretim miktarı 5955.3 MWh olarak hesaplanmıştır. Erzurum ilinin merkez ilçesindeki kapalı otoparkların toplam çatı alanının 3787 m², bu çatı alanından FV sistemlerle elde edilebilecek yıllık toplam enerji üretim miktarının 1015.4 MWh olduğu tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında Türkiye'de ilk defa bir ildeki akaryakıt istasyonları ve otoparkların çatı alanları ve bu alanlardan FV sistemlerle elektrik enerjisi üretim potansiyeli hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen analiz ve yöntemlerin literatüre katkı sağlaması ve gelecekteki çalışmalara referans olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çatı üstü fotovoltaik sistemler, Elektrikli araç, Elektrikli araç şarj istasyonu

SUMMARY

Electric vehicle (EV) sales have been increasing in recent years due to improving technology and falling costs, and charging infrastructure. Converting petrol stations to EV charging stations can be a way to meet the growing demand for EV charging and support the transition to electric transportation. Roofs of petrol stations are suitable areas for electricity generation through photovoltaic (PV) systems. The transformation of petrol stations into EV charging stations can help reduce the carbon footprint of EVs. In this thesis, firstly the quantitative situation of the electric vehicle charging station infrastructure on the basis of provinces in Turkey for 2020 and 2021 have been determined. Then, the electricity generation potential from solar energy of the petrol stations and parking garages through rooftop PV panels in the central district of Erzurum have been calculated by PVGIS and Helioscope programs. The contribution of PV systems to the charging of EVs under various scenarios has been analysed. Finally, economic and technical analyses have been carried out by HOMERgrid simulation tool. It has been found that the total roof area of petrol stations is 22,446 m², with an annual energy production potential of 5,955.3 MWh. The total roof area of parking garages is 3,787 m², with an annual energy production potential of 1,015.4 MWh. This thesis is the first of its kind in Turkey as of the date of publication. It is expected that the analyses and implemented methods will contribute to the literature and this study will be a reference for future studies.

Keywords: Rooftop photovoltaic systems, Electric vehicle, Electric vehicle charging station

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR	V
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
EKLER DİZİNİ.....	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1.GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Çatı Üstü FV Panel ile Beslenen Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Literatür Araştırması.....	2
1.3. Tezin Motivasyonu, Amacı ve Özgün Değeri	6
2. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR ve ŞARJ TEKNOLOJİLERİ	7
2.1. Tamamen Elektrikle Çalışan Araçlar(BEV)	8
2.2. Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV).....	9
2.3. Plug-in Hibrit Elektrikli Araçlar (PHEV).....	10
2.4. EA Şarj Teknolojileri.....	12
2.4.1. İletken ile Şarj Yöntemi	13
2.4.1.1. Uluslararası Şarj Standartları	14
2.4.1.2. Fiş ve Soket Türleri.....	16
2.4.2 İletken ile AA ve DA Şarjlanma	17
2.4.3. Batarya Değişimi Yöntemiyle EA Şarj Teknolojisi.....	18
2.4.4. Manyetik Alan ile Şarj Yöntemi	18
3. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ TÜRKİYE’DEKİ DURUMU ..	20
3.1. Türkiye’de EA’ nın Neden Gerekli Olduğu, Çevresel Etkileri ve Türkiye’nin 2050 Hedefleri	20
3.2. Türkiye’de EA ve EAŞİ Durumları	25
4. EAŞİ’ ye FOTOVOLTAİK PANEL ENTEGRE EDİLMESİ	31

4.1. FV Entegreli EAŞİ için Sınıflandırma	32
4.1.1. Güneş Enerjili EA Şarj Sistemi	32
4.1.2. Şebeke Bağlantılı Çatı Üstü FV Sistemlerle EA Şarj Sistemleri	33
4.1.3 Şebekeden Bağımsız EA Şarj Sistemleri.....	33
4.1.4. Hibrit EA Şarj Sistemleri	33
4.1.5. Güneş Enerjili Otopark	34
4.2. FV Panellerle Yapılan EAŞİ Uygulamaları	35
4.3. Çeşitli Açılardan Fayda Değerlendirmesi	37
4.4. FVEAŞİ için Erzurum İlinin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Değerlendirilmesi	38
5. MATERYAL ve METHOT	40
5.1. Veri Toplama	40
5.2. Helioscope Uygulaması	43
5.2.1. FV Panellerin Yassı Çatı Alanlarına Uygulanması.....	46
5.2.2. Panel Dizileri Arasındaki Boşluk Hesabı	47
5.2.3. FV Panellerin Düz Çatı Alanlarına Uygulanması	49
6. BULGULAR ve TARTIŞMA	51
6.1. #47 Numaralı Akaryakıt istasyonu için Tasarım ve Bulgular	51
6.2. Diğer Akaryakıt İstasyonları İçin Tasarım ve Bulgular.....	54
6.3. Aziziye Otoparkı(#51 Numaralı) İçin Tasarım ve Bulgular	58
6.4. Cedit Otoparkı(#52 numaralı) İçin Tasarım ve Bulgular	60
6.5. Akaryakıt İstasyon Çatı Alanları için Ortalama Kullanım Değeri	62
6.6. FV Üretim Destekli Akaryakıt İstasyonları ve Otoparkların EAŞİ Dönüşümü	
Benzetimleri.....	64
6.6.1. Modelleme için Kullanılan EAŞİ Özellikleri.....	64
6.6.2 Mevsimsel Olarak FV Güç Üretim İstatistikleri	65
6.6.3. Türkiye Özelinde Karbon Salımı Hesabı ve EAŞİ' nin Çevreye Katkısı.....	67
6.6.4. #47 Numaralı Akaryakıt İstasyonu İçin Senaryolar	68
6.7. #47 Numaralı Akaryakıt İstasyonu için HOMER Grid Programı ile Analiz	
Sonuçları	72
7. SONUÇ	78
KAYNAKÇA	80
EKLER	94
ÖZGEÇMİŞ	112

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. 2021 yılında Türkiye’ de satılan toplam araç sayısı (Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği, t.y.).....	25
Tablo 2. Türkiye’de 2016 – 2021 yılları arasında satılan EA sayısı (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği, 2022a).....	26
Tablo 3. FVEAŞİ için diğer özel ve küçük otopark örnekleri.....	36
Tablo 4. FV panel kurulumu yapılan tesislerin özellikleri	44
Tablo 5. Poly-Silisyum Trina Solar PD14-320 panel modül özellikleri	46
Tablo 6. ELNSM72M-HC-HV mono-si panel modül özellikleri	46
Tablo 7. HT60-18X-450 bifacial panel modül özellikleri.....	46
Tablo 8. FV paneller arası boşluk hesabı	48
Tablo 9. Poly-Silisyum Trina Solar PD14-320 panel boşluk hesabı	49
Tablo 10. ELNSM72M-HC-HV mono-si panel boşluk hesabı	49
Tablo 11. HT60-18X-450 bifacial panel panel boşluk hesabı.....	49
Tablo 12. #47 numaralı Akaryakıt istasyonu aylık enerji üretim verisi	52
Tablo 13. #47 numaralı için FV panellerle yapılan üretim değerleri ve çatı alanının kullanım oranı	52
Tablo 14. Aziziye otoparkının (#51 numaralı) için FV panellerle yapılan üretim değerleri ve çatı alanının kullanım oranı	60
Tablo 15. Cedit kapalı otoparkı (#52 numaralı) için FV panel üretim değerleri ve çatı alanının kullanım oranı belirlenmesi	62
Tablo 16. Akaryakıt istasyonlarının toplam çatı alanının tamamından üretilen fotovoltaik güç ile uygun koşullarda panel yerleşimi yapıldıktan sonraki fotovoltaik gücün karşılaştırılması.....	63
Tablo 17. Güneş enerjisinden CO ₂ emisyon azaltımı (Solar Mango, t.y.).....	67
Tablo 18. En kısa gündüz günü (21 Aralık) saatlik üretilen enerjinin 1 adet EA’ nın bataryaşarj süresi ve gidebileceği mesafesi	70
Tablo 19. En uzun gündüz günü (21 Haziran) saatlik üretilen enerjinin 1 adet EA’ nın batarya şarj süresi ve gidebileceği mesafesi	71
Tablo 20. Sistemin tasarruf görünümü	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Dünya'daki elektrikli araba satış sayıları (Parajuly vd., 2020)	7
Şekil 2. Tamamen elektrikli aracın yapısı	9
Şekil 3. Hibrit elektrikli aracın yapısı	10
Şekil 4. Plug-in hibrit elektrikli aracın yapısı(birinci tür)	11
Şekil 5. Plug-in hibrit elektrikli aracın yapısı (ikinci tür)	11
Şekil 6. Farklı EA şarj teknikleri	12
Şekil 7. Araç üstü alternatif akım (AA) yavaş şarj cihazı	14
Şekil 8. Harici doğru akım (DA) hızlı şarj cihazı	14
Şekil 9. Farklı standartlarda fiş ve soket türleri	16
Şekil 10. Tip 2 EA şarj soketi ve sokette yer alan pinler (Society of Automobile Engineers Standard, 2010)	17
Şekil 11. EA şarj istasyonlarının genel sınıflandırılması	19
Şekil 12. 2025 ve 2050 yılları arasında farklı ülkelerdeki EA yol haritası (TURKONFED, t.y.; International Energy Agency, 2022a).	20
Şekil 13. Dünyada sera gazı salımının azaltılması projeksiyonları (Ritchie vd., 2017).	21
Şekil 14. Dünya genelinde ulaşım sektörü için elektrikleme payı (International Energy Agency, 2022a).	21
Şekil 15. (a)2020 yılı Türkiye enerji talebinde kullanılan kaynak dağılımı ve (b) 2020 yılı Türkiye enerji tüketiminin sektörel dağılımı (Türkiye Petrolleri A.O. Genel Müdürlüğü, 2021) ve (c) Türkiye petrol tüketiminin sektörel dağılımı(ETKB)	23
Şekil 16. (a)Türkiye sektörel bazlı sera gazı emisyon değerler ve (b) Türkiye'de kullanılan yakıt türlerine göre emisyon değerleri (Ritchie ve Roser, 2021)	24
Şekil 17. EA kullanımlarındaki artıları ve eksileri (Leijon ve Boström, 2022)	26
Şekil 18. Türkiye EA şarj istasyonlarının yoğunluk haritası (Gönül vd., 2021)	27
Şekil 19. 2020 yılı sonu itibariyle EA şarj istasyon sayıları (Çakmak ve Turan, 2022) .	27
Şekil 20. 2021 sonu itibariyle güncel Türkiye'de il bazında EAŞİ yoğunluk haritası	29
Şekil 21. 2021 sonu itibariyle güncel Türkiye'de illerinEAŞİ sayılarının yüzdelik dilimleri	29
Şekil 22. Otopark çatısına yerleştirilen FV panelli EAŞİ (Mwasilu vd., 2014).....	33

Şekil 23. FV sistemin dahil edildiği elektrikli araç şarj istasyon yapısı	35
Şekil 24. FV üretim karakteristiği ve kümülatif EA şarj yükü karşılaştırması (Uhlig vd., 2014).	37
Şekil 25. Türkiye ve Erzurum ili güneş enerji potansiyeli (SOLARGIS, 2022a)	38
Şekil 26. Almanya güneş enerji potansiyeli haritası (SOLARGIS, 2022b)	39
Şekil 27. (a) Erzurum ili radyasyon değerleri kWh/m ² -gün ve (b) Erzurum ili aylık güneşlenme süreleri (Ay-Saat)(Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, t.y.)	39
Şekil 28. PVGIS programıyla yapılan hesaplamaların akış şeması	42
Şekil 29. Akaryakıt istasyonu ve Kapalı Otoparklar	42
Şekil 30. Erzurum/Yakutiye akaryakıt istasyonları ve kapalı otoparklar	43
Şekil 31. Helioscope programının kullanımın akış şeması	45
Şekil 32. Panel dizileri arasındaki Optimum Boşluk için Üçgensel Gölgeleme Metodu (Karaveli, 2014)	48
Şekil 33. #47 numaralı Akaryakıt istasyonu çatısı için mono-si FV panel uygulaması ..	51
Şekil 34. #47 numaralı istasyon için Helioscope programında yapılan FV sistem tasarım parametreleri	53
Şekil 35. #47 numaralı istasyondan aylık üretilen enerji	53
Şekil 36. #47 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği	54
Şekil 37. #7 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği	55
Şekil 38. #10 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği	55
Şekil 39. #12 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği	56
Şekil 40. #13 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği	56
Şekil 41. #22 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği	57
Şekil 42. #32 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği	57
Şekil 43. #38 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği	58
Şekil 44. Aziziye kapalı otoparkı(#51 numaralı) için Bifacial FV panel kurulumu	59

Şekil 45. Aziziye Otoparkı (#51 numaralı) için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği.....	59
Şekil 46. Aziziye otoparkı (#51 numaralı) için Helioscope programında yapılan FV sistem tasarım parametreleri	60
Şekil 47. Cedit kapalı otoparkı (#52 numaralı) için HT60-18X-450 Bifacial	61
Şekil 48. Cedit Otoparkı (#52 numaralı) için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği.....	61
Şekil 49. Cedit kapalı otoparkı (#52 numaralı) için Helioscope programında yapılan FV sistem tasarım parametreleri	62
Şekil 50. Tablo 12’ de FV sistem kurulumu yapılan akaryakıt istasyonları	64
Şekil 51. #47 numaralı FVEAŞİ senaryosu yapılan akaryakıt istasyon fotoğrafı	65
Şekil 52. Tam doluluk oranıyla çalıştığında istasyon için oluşabilecek durum	65
Şekil 53. Saatlik olarak #47 numaralı akaryakıt istasyonu için güç üretiminin kış ve yaz günleri karşılaştırması.....	66
Şekil 54. Saatlik olarak Aziziye otoparkı (#51 numaralı) için güç üretiminin kış ve yaz günleri karşılaştırması.....	66
Şekil 55. Saatlik olarak Cedit kapalı otoparkı(#52 numaralı) için güç üretiminin kış ve yaz günleri karşılaştırması	67
Şekil 56. 21 Aralık ve 21 Haziran günlük FV güç üretim verisi kullanılarak yapılan EA şarj hesabı algoritması.....	68
Şekil 57. 21 Aralık için 1 adet EAŞİ’de 1 elektrikli aracın FV sistemden ve şebekeden dolun yüzdeleri	69
Şekil 58. 21 Haziran için 1 adet EAŞİ’de 1 adet elektrikli aracın FV sistemden ve şebekeden dolun yüzdeleri	69
Şekil 59. HOMER Grid kullanarak FVEAŞİ tasarımının akış diyagramı	73
Şekil 60. EAŞİ’ nin HOMERGrid programı ile benzetimi	75
Şekil 61. Yıllık EA şarj profili.....	75
Şekil 62. EAŞİ’de EA şarjı için tüketilen enerji miktarları ve kaynakları	76

EKLER DİZİNİ

Ek 1. EA tarihindeki önemli olaylar	94
Ek 2. Elektrikli araçların türlerine göre çeşitli özellikleri.....	95
Ek 3. Farklı lokasyonlardaki istasyonların şarj durumları	96
Ek 4. EA şarj modları IEC 62196 standardına göre	97
Ek 5. EA şarj seviyeleri SAEJ1772 standardına göre	98
Ek 6. Değişik parametrelerle AA-DA şarj istasyon değerlendirmesi	99
Ek 7. Erzurum ili Yakutiye merkez ilçesi akaryakıt istasyon koordinatları ve çatı alanları.....	100
Ek 8. 2021 yılına kadar Türkiye’ de kurulan il bazında EA şarj istasyon sayısı	103
Ek 9. 2022 yılına kadar Türkiye’ de kurulan il bazında EA şarj istasyon sayısı	107
Ek 10. Reanult Zoe tamamen elektrikli araç teknik özellikleri.....	111

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A	:Amper
AA	:Alternatif Akım
Bg	:Beygir
CO ₂	:Karbon di Oksit
DA	:Doğru Akım
dk	:Dakika
EA	:Elektrikli Araç
EAŞİ	:Elektrikli Araç Şarj İstasyonu
FV	:Fotovoltaik
FVEAŞİ	:Fotovoltaik Elektrikli Araç Şarj İstasyonu
Gwh	:Gigawatthour
Hz	:Hertz
km	:Kilometre
kW	:Kilowatt
kWh	:Kilowatthour
kWp	:Kilowatt peak
m	:Metre
mm	:Milimetre
sa	:Saat
V	:Volt
vb.	:Ve Benzeri
W	:Watt

1.GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Küresel enerji sistemi ekonomik rekabetler, ekonomik buhranlar, savaşlar, enerji kaynakları hakkındaki kaygılar, çevresel endişeler nedeniyle değişen bir paradigma periyoduyla yüzleşmektedir. Çok önemli ve tehdit edici çevresel bir problem olan iklim değişikliğiyle, dünyadaki çeşitli kuruluşlar bu değişikliğe sebep olan sera gazı emisyonlarını kesmek için çözüm aramaktadır ve toplumları karbonsuzlaşma için teşvik ederek yönlendirmektedir. Sürdürülebilir bir gelecek için bu çok önemli bir konudur. Avrupa kıtasındaki ülkelerin sürdürülebilir iklim değişikliği anlaşmalarıyla 1990'lara kıyasla sera gazı emisyon değerlerini %20 azalttığı görülmektedir. Bu anlaşmaların 2030 sonu hedefi ise 1990'daki değerlere kıyasla sera gazı değerlerini %40 azaltmaktır (Espassandim, 2019). Bu anlaşmalar dışında dünyadaki diğer ülkelerin çevresel kaygıları ve fosil yakıtlara bağımlılığın sonucu olarak; yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği, yeni ulaşım teknolojileri temel bir gereklilik haline gelmiştir. Bu yüzden son zamanlarda gelişen teknolojiyle bu alanlardaki yenilikler hızlanmaya başlamıştır.

Bununla birlikte ulaşım sektöründe rekabetçi, temiz ve sürdürülebilir oluşumlar artmaktadır ve bu da 2050 yılı sonunda CO₂ emisyonlarını azaltmayı başarmak demektir. Sonuç olarak ulaşım sektörüne yeni bir kapı açılmış bulunmaktadır. Bu kapıyla ulaşımında geleneksel fosil yakıtlı taşıtlar yerine çevreyle tamamen dost olan tamamen elektrikli araçlar (EA) entegre olmaya başlamıştır. EA'lar hem hava kalitesini artırmaktadır hem de gürültü kirliliğini azaltmaktadır (Espassandim, 2019). Bu yüzden EA'ların çevreye, insanlığa ve sürdürülebilirliğe katkısı açıktır. Son yıllarda güneş enerjisi kullanılarak EA'ları şarj etmek popüler hale gelmiştir. Bu durumu açıklamak için güneşten elektrik üretmenin çeşitli faydalarına bakılması gerekmektedir.

Güneş enerjisi dünyada en bol bulunan kaynaktır. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin büyük bir miktarı -bir saat içerisinde gelen enerji yaklaşık bir yılda bütün insan aktiviteleri tarafından tüketilen miktara eşittir- hızla artan fotovoltaik (FV) gelişmelerle kullanıma açıktır. Gelişen FV sistemlerine, destekleyici politikalar ve rekabetçi fiyatlar da etkili olmaktadır. Bundan dolayı FV sistemlerin 2030 yılında dünya

çapındaki enerji kullanımının %5'ini sağlayacağı ve bu oranın 2050'ye kadar %11'e yükseleceği tahmin edilmektedir (International Energy Agency, 2010). Artacak olan FV üretim sistemlerinin EA şarj etmek için kullanılacağı çevresel fayda açısından bakıldığında oldukça açıktır.

Bütün avantajların yanı sıra hem EA'nın hem de FV sistemlerin elektrik şebekesinde oluşturacağı etkiyi göz ardı etmek mümkün değildir. Güneş enerjisinin değişken ve belirsizliği FV üretim sistemlerinin temel dezavantajlarından (Gaëtan vd., 2016). EA'lara gelince, bu araçlar güç kalitesinin ve elektrik sistemlerindeki kararlılığın bozulmasına sebep olabilir. Zira EA'lar şebeke üzerinde aşırı yük oluşturabilmekte ve elektriğe olan talebi arttırmaktadır (Poullikkas, 2015). Bu zor şartlar EA'ların şarj gereksinimlerini direkt bir şekilde FV üretimden karşılanmasını engelleyebilir.

Bir EA'yı şarj etmek zaman gerektirdiğinden, otopark faktörü bu süreçte dikkate alınması gereken kritik bir nokta haline gelmektedir. EA'lar iki şarj moduyla şarj olabilmektedir. Bunlar: evde ve işyerinde şarj etmek. Evde şarj etmek genellikle akşam ve gece boyunca meydana gelmektedir. İşyerinde şarj etme işlemi normalde gündüz saatlerinde gerçekleşmektedir ve şarj etmek için kişisel bir tesis kurulumunu gerektirmemektedir (Ivanova vd., 2017). Fakat gündüz saatlerindeki şarjlanma elektrik şebekesinin kararlılığını tehdit edebilecek düzeyde, şebekeye ek bir yük getirebilir. Bu yüzden şebeke problemlerini minimize etmek için araç park yerlerine yenilenebilir enerji tesisleri entegre edilmesi bu problemin çözümü olabilmektedir (Yagcitekin vd., 2013). Başka bir deyişle EA'ların FV güç tesislerinden direkt bir şekilde şarj edilmesi şebeke üzerindeki temel endişeler için önemli bir anahtar olabilir. Muhtemel çözüm gün boyunca elektrikli araçları şarj etmek için güneş panellerini otopark ve istasyon çatılarına inşaa etmek olabilecektir. Bu durum da ortaya yeni bir konsept olarak fotovoltaiik elektrikli araç şarj istasyonlarını (FVEAŞİ) karşımıza çıkarmaktadır. Dikkatli bir şekilde tasarlanıp yönetildiğinde temiz elektrik kaynağı ve e-mobilite genişlemesi sağlayabilecek, ek olarak bu durum ile ekolojik ve teknik problemlerin üstesinden gelinebilecektir.

1.2. Çatı Üstü FV Panel ile Beslenen Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Literatür Araştırması

Çobanoğlu (2020) tarafından yapılan tezde İzmir ilindeki bir alışveriş merkezinin açık otoparkına FV destekli şarj istasyon kurulumu simulasyon modeli uygulanmıştır.

Bu tezde alışveriş merkezinin doluluk durumları ve FV üretim durumu için matematiksel modelleme kullanılmıştır. Bu çalışmada güneş enerjisinin şarj durumuna etkisi, güneş panellerinin boyutlandırmasının maliyet işlemi ve batarya kapasitesinin değeri ele alınmıştır. Burada FV üretimin saat içerisindeki üretim değerlerine göre sabit bir fiyatlandırma kullanılmıştır.

Birnie III (2009), evden işe EA ile giden araba sahipleri için EA'ların işyerlerinin otoparklarındaki FV sistemlerle üretilen elektrikten gün boyunca şarj edilmesinin en iyi yöntem olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca işyerlerinin güneş enerjisi ile birleştirilmesinin elektrikli araç şarjı için önemli bir ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır.

Speidel ve Bräunl (2014) 2010 ve 2012 yılları arasında batı Avrupa' da bir çalışma yürütmüştür. 11 elektrikli araç ve 23 şarj istasyonundan veri toplanmıştır. Toplanan verilerden elde edilen sonuçlara göre bütün şarj istasyonlarından günün belli saatlerinde şarj olan EA şarj gücü güneş enerjili FV üretim eğrilerine çok benzer olduğu gösterilmiştir. Yani FV üretim sistemleri, EA şarj talebini dengelemek için yeterli olabilecek sonucuna ulaşılmıştır.

Güvel (2018) tezinde İzmir ili için güneş ve rüzgar enerjisini birlikte kullanan bir karma elektrikli araç şarj istasyonu tasarlamıştır. Bu istasyonda 5 adet elektrikli otomobil şarjı gerçekleştirilebilecektir ve 14 saat çalışabilecektir. Bu tezde solar radyasyon verisi PVGIS ile alınmıştır ve Homer yazılımı kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan istasyonda 4 adet farklı araba için senaryolar tasarlanmıştır. Bu arabaların sadece batarya kapasiteleri için işlem yapılmıştır. Bu sistem ayrıca şebekeden bağımsız bir şekilde çalışmaktadır.

Boyekin (2020) tezinde 20 kW güç değerine sahip çatı üstü güneş enerji takip sistemine sahip bir güneş enerji santral kurulumu gerçekleştirmiştir. Bu yapılan projede kurulum yapılmadan önce simülasyon programları kullanılarak simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ekipmanlar belirlenip çalışmalar yapılarak kurulum gerçekleştirilmiştir. Bu kurulumu ek olarak binaya bir EAŞİ eklenerek FV sistemde beslenmesi sağlanmıştır. Fakat yapılan tezde herhangi bir EA için bu sistemin bir çıktısına yer verilmemiştir, sadece üretilen elektriğin şebekeye satışından elde edilebilecek kâr hesaplanmıştır.

Çözel (2021) tezinde Sakarya ilinde karayolu kenarında kurulan, rüzgar ve güneş enerjisini birlikte kullanan bir EAŞİ tasarlanarak simülasyonu yapılmıştır. Bu sistem kurulumu yapılırken şebekeden bağımsız şekilde çalışacağı kurgulanmıştır. Burada Pvsyst ve Homer yazılımları ile rüzgar ve güneş enerjisi kurulumu gerçekleştirilmiştir.

Bunun sonucunda yıllık ve aylık bir üretim eğrisi çıkartılmıştır. Bunun dışında herhangi bir EA kullanımının sonucu bir çıktı olarak verilmemiştir.

Çiçek (2019) tezinde Ege Üniversitesi kampüsünde kullanılan elektrikli otobüsler için spor tesisinin çatısına rüzgar ve güneş enerjisi içeren karma bir güç sistemi yerleştirilmesi planlanmış ve benzetimi yapılarak elde edilen sonuçları vermiştir. Bu tezde üretim sonuçları gösterilmiştir fakat otobüsler için tasarlanan bir sistemin otobüsün kullanımı ile oluşabilecek senaryoları gösterilmemiştir. Sadece yapılan tesise ek bir şarj istasyonu temsili olarak yerleştirilmiştir.

Khan ve arkadaşları (2022) bina çatısına entegre edilen şebekeye bağlı FV sistemi EA şarj istasyonu ve elektrik üretimi için değerlendirmiş ve analizini yapmışlardır. Bu sistemin enerji çıkışını Pvsyst programı kullanarak 2 farklı alan senaryosunda analiz yapılmıştır. Bu senaryolara göre farklı alanlardan elde edilen toplam elektrik üretiminin ne kadar emisyon azaltacağı karşılaştırılmıştır.

Mouli ve arkadaşları (2016) Hollanda’da işyerlerinde tamamen elektrikli araçların şarj olma ihtimallerini araştırmıştır. Hollanda’da maksimum enerji üretimi yapılabilecek alan için FV panel kurulumu gerçekleştirilmiştir. Böylece çeşitli EA’ların dinamik bir şekilde şebekeden bağımsız şarj olmasının sağlanması hedeflenmiştir. İki senaryo üzerinden işlemler yapılmıştır. Birinci senaryoda EA’ların sadece hafta sonları şarj edildiği, ikinci senaryoda EA’ların bütün hafta boyunca şarj edilmiştir. Bu senaryolar sayesinde FV sistem için gerekli batarya boyutunun yaklaşık %25 azaltıldığı değerlendirilmiştir.

Sakti ve arkadaşları (2022) çatı üstü FV gelişiminin bir modellemesini yapmışlardır. Endonezya Bandung şehrinin tümünü kapsayan çalışmada çatı üstü FV panel yerleştirilmesi için hangi binaların öncelikli olduğu araştırılmıştır. Çeşitli senaryolar ile öncelikli FV kurulumu yapılacak yerler belirlenmiştir.

Syahindra ve arkadaşları (2021) kara parçası sınırlı olan lokasyonlar için FV kurulumu gerçekleştirmişlerdir. FV sistemin elektrikli araçları desteklemesi planlanmıştır. Burada güneş enerjisi sistem kurulumu göl üzerine gerçekleştirilmiştir. Bu makalede göl üzerinde yüzen sistemler üzerine kurulu FV sistemlerle çatı üstü güneş enerjisi sistemlerinin performansını karşılaştırılmıştır. Çalışmada PVSyst yazılımı simülasyon aracı olarak kullanılmış ve sonuçlar matematiksel modellerle değerlendirilmiştir.

Stamatellos ve arkadaşları (2022) ofis bina çatı alanlarına FV sistem kurulumu yapmış ve 40 adet elektrikli aracın şarj durumunun bu FV sistemden sağlanması durumları TRNSYS simulasyon uygulaması aracılığıyla çalışılmıştır. Çatısına FV panel yerleştirilen bina alanlarının havalandırma, klima sistemi ve EA bataryalarının şarj etme kapasitelerinin FV sistemlerle etkileşimleri aylık, mevsimlik ve saatlik olarak analiz edilmiştir.

Caines ve arkadaşları (2021) FVEAŞİ tasarlamıştır. Bu tasarım 4 şarj profili ile MATLAB ortamında değerlendirilmiştir. Bu çalışmada FV sistemden sağlanan güç EA şarjının %40'ını karşılamış ve depolama sistemine bağılılığı yaklaşık %10 azaltmıştır.

Singh ve arkadaşları (2021a) Hindistanda çatısında FV sistem bulunan EA şarj istasyonu tasarlamışlardır. Bu çalışmada sistem tasarımı için PVSyst yazılımı kullanılmıştır. Analizde yıllık şarj edilen EA sayılarına, aylık enerji üretimine, yatırım maliyetine, CO₂ emisyon azaltılmasına farklı FV panel modül teknolojileri kullanılarak odaklanılmıştır.

Alkawsı ve arkadaşları (2021) alternatif enerji kaynakları ile çalışan şarj istasyon altyapılarını araştırıp sınıflandıran ve bu alanda çalışacak olanlara geniş bir literatür özeti sunan bir araştırma makalesi yayımlamışlardır. Bu çalışmada şarj istasyon altyapılarıyla ilgili kaynaklar, potansiyel, planlama, kontrol ve fiyatlandırma gibi çok yönlü bir bakış çerçevesinde araştırma yapmışlardır.

Kılınç (2022) tezinde akaryakıt istasyonları ile FV sistemlerin başarılı bir şekilde entegrasyon işlemlerinin adım adım incelenmesini araştırmıştır. FV sistemlerin güneş radyasyon durumları, hesaplama methotları, bakım ve tamir durumları, finansal girdileri ve çıktıları tek tek incelenmiştir. Yapılan çalışmada FV sistemler için gerekli olan süreçler ve maliyet ayrıntıları üzerinde durulmuştur.

Alghoul ve arkadaşları (2018) bu çalışmada mevcut akaryakıt istasyonlarına güneş enerjisi destekli EAŞİ yerleştirilme durumunun rolünü değerlendirmişlerdir. Bir vaka çalışması olarak bir petrol istasyonu seçilmiştir. Tekno ekonomik fizibilite çalışması HOMER yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan literatür taraması neticesinde Türkiye'de iller bazında EAŞİ sayılarının güncel verisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Yine Türkiye'de FV sistemler entegre edilmiş petrol istasyonlarının elektrik enerjisi üretim potansiyelinin ve EAŞİ'ye dönüşüm durumlarının incelendiği bir çalışmaya rastlanamamıştır.

1.3. Tezin Motivasyonu, Amacı ve Özgün Değeri

Bu tez kapsamında Erzurum ilindeki akaryakıt istasyonları ve otoparkların elektrikli araç şarj istasyonlarına dönüşümünde güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyellerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda aşağıdaki çalışmalar amaçlanmıştır.

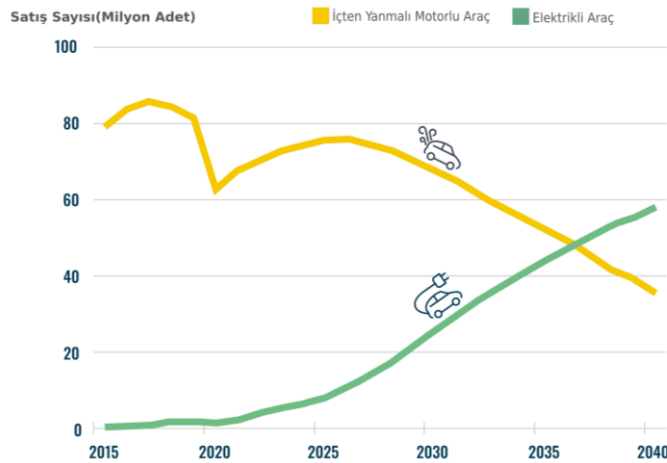
- Türkiye’de EA şarj istasyonlarının iller bazında niteliksel ve niceliksel durumlarının tespit edilmesi.
- Erzurum ili için çatı üstü panel imkânı bulunan otoparkların ve akaryakıt istasyonlarının fotovoltaik sistemlerle elektrik üretimi potansiyellerinin belirlenmesi ve bu tesislere EAŞİ’nin yerleştirilme durumunun analiz edilmesi.

Bu tez çalışmasının özgünlüğü ve literatüre katkısı şu şekilde özetlenebilir: Türkiye’deki EA şarj istasyonlarının iller bazında niteliksel ve niceliksel durumu tespit edildikten sonra Türkiye’de ilk defa bir ildeki petrol istasyonlarının FV üretim kapasitesi hesaplanmıştır. Erzurum il merkezindeki petrol istasyonlarının çatı boyutları ve FV üretim kapasiteleri belirlenerek ortaya konulmuştur. Zira yapılan literatür araştırmalarında Türkiye’de şimdiye kadar buna yönelik bir çalışma tespit edilememiştir. Bu yönüyle bu tez literatüre katkı sağlayacaktır. Ayrıca gelecek durumu hesaba katılırsa otopark işletmecileri ve akaryakıt istasyonlarının şarj istasyon noktalarına dönüşmesi durumunda politika yapıcılara tez kapsamında elde edilen bulgular yol gösterici olabilecektir. Çatısında FV panel bulunan istasyonlarda ve otoparklarda üretilen elektriğin EAŞİ aracılığıyla EA’lar ile paylaşılmasının çeşitli senaryolara göre incelenip analiz edilmesi bu tez kapsamında yapılan bir diğer çalışmadır. Bu çalışmanın sonuçlarının işletme sahipleri için yol gösterici olması beklenmektedir ve literatüre sağlanan bir diğer özgün katkısıyla bu tezi temsil etmektedir.

2. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ŞARJ TEKNOLOJİLERİ

Tarihsel süreçte elektrikli araç kullanımı bataryanın icadına kadar kısır bir döngü içinde kalmış ve gelişmemiştir. Bir araç üzerinde elektrik depolamaya yarayan ve yeniden şarj edilebilir bataryaların keşfi bataryaların tekrar kullanılmasını sağlamıştır. Fransız kimyacı Gaston Plante 1859 tarihi içinde kurşun asit bataryayı yapmasıyla elektrikli araçlar kısır döngüden çıkıp gelişim sürecine girmiştir (Sulzberger, 2004). Ek 1’de EA’ların ilk gününden günümüze kadar gelişimindeki önemli olaylar özetlenmiştir.

Dünyadaki gelecek senaryosuna bakıldığında önümüzdeki 15 yıl içerisinde batarya maliyetleri düştükçe ve istikrarlı yenilikler eklendikçe elektrikli araçlar konvansiyonel (geleneksel) araçlara üstünlük sağlayacaklar ve neredeyse aynı fiyat bandında satılacaktır. Gelecekte piyasaya sürülecek olan elektrikli araçların gelişiminde şu anda piyasada satışa sunulan elektrikli araçların katkısı yüksektir. Çünkü son 15 yılda bu endüstriyi büyük ölçüde şekillendiren ve elektrikli araçların önünü açan çok sayıda model üretilmiştir. Büyük otomobil firmaları bu modellerin üzerinde uzun süre çalışmışlardır. Öğrendiklerini elektrikli otomobilleri hem daha yaygın hem de daha az maliyetli hale getirmek için kullanmıştır (Zorlu Enerji, 2019). Elektrikli araçların adaptasyonu hızlı bir şekilde artmıştır. Bu durum da yeni zorlukların yanı sıra çevresel faydalar ve ekonomik fırsatlar sağlamıştır. Birçok ülke elektrikli binek otomobillerin kullanımını desteklemek için politikalar geliştirmiştir. EA’ların gelecek senaryoları için araç satış durumlarına ait projeksiyonlar Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Dünya’daki elektrikli araba satış sayıları (Parajuly vd., 2020).

EA'ların gelecekteki durumları ile ilgili varsayımlarda bulunabilmek için günümüzdeki EA satış durumlarına bakılmasında fayda vardır. Buna göre Şekil 1' de 2020 yılında dünyadaki EA satışı 20 milyonun altında kalmıştır. Bu seviye 2021' de zirve seviyeye ulaşmıştır. 2021' in sonu itibariyle küreselde yaklaşık 17 milyon adet EA stoğu bulunmaktadır. Bu stoğun en fazlası Çin'de yaklaşık 8 milyondur. Çini takiben ikinci sırada Avrupa bloğu yaklaşık 5 milyon adetle devam etmektedir (International Energy Agency, 2022a). Bu başarı, EA'ların maliyet açısından daha rekabetçi hale gelmesinin sonucu ve mali yatırımlar yoluyla hükümetlerin yapmış olduğu teşvikler ve diğer düzenleyici destekler olmuştur. Araba modellerinin artması ve insanların cazibe alanına girmesi de bu başarıya katkıda bulunmuştur. Küresel piyasada EA satışları ve gelecek senaryoları umut vadecici bir durum bulunduğunu göstermektedir. Birçok ülke gelecek yıllardaki EA satış hedeflerini açıklamış, bu konudaki misyon ve vizyonlarını tanıtmış bulunmaktadır. Ek olarak bu ülkelerde içten yanmalı motorların yasaklanması, EA'ların gelecekte yaygınlaşmalarının önünü açacaktır (Saygin vd., 2021).

Şekil 1'deki projeksiyonlar göstermektedir ki 2040 yılında küreselde 40 ila 60 milyon arası EA yollarda olacaktır. Hatta bu stoğun 2021'den 2030'a kadar 20 kattan fazla artması ve bu sayının 380 milyondan fazla EA olacağı tahmin edilmektedir (Irena, 2021).

Elektromobilite (e-mobility) elektrik tahrikli araç ve tekerleklerle olanak sağlayan bağlantılı altyapılar, iletişim teknolojileri ve araç içi bilgilendirme ile beraber elektrikli güç aktarma teknolojilerini kullanan konsepti temsil eder. Güç aktarma teknolojilerine Battery Electric Vehicle (BEV [Tamamen Elektrikli Araç]) ve Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) teknolojileri dahildir. E-mobilite, CO₂ emisyonu ve enerji tasarrufu yönetimi tarafından motivasyona sahiptir (Gartner, t.y.).

Elektrikli Araçlar ilk kullanımından bugüne kadar 3 farklı şekilde sınıflandırılabilir:

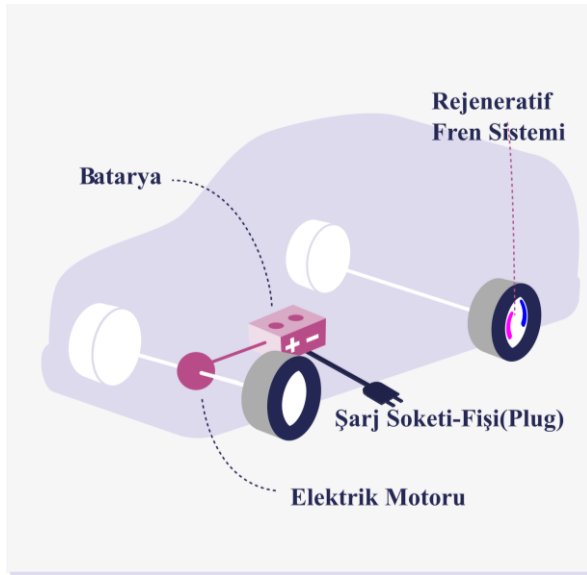
1. Tamamen Elektrikle çalışan araçlar (BEV)
2. Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV)
3. Plug-in Hibrit Elektrikli Araçlar (PHEV)

2.1. Tamamen Elektrikle Çalışan Araçlar (BEV)

Temelde elektrikli araç olarak isimlendirilir ve tamamen elektrikle çalışır. Yakıt olarak elektriği kullanırlar. Rejeneratif frenleme tekniği tarafından bataryayı şarj etmek için özel bir işlem kullanırlar. Bataryası her zaman kullanılabilen soket aracılığıyla şarj

edilebilir. BEV' ler büyük dezavantajları olan yüksek başlangıç maliyetine sahiptir. Fakat düşük bakım maliyetine sahiptir.

Tam elektrikli araçların sürüş limitleri konusunda başka bir fikirde şudur: BEV' ler geleneksel araçlara kıyasla sınırlı sürüş mesafelerine sahiptir ve geleneksel olarak araç üstündeki tekrar şarj edilebilir bataryayı şarj etmesi uzun zaman alır. Ayrıca BEV enerji depolama kapasitesini büyütmek için geniş bataryalara sahip olmaya meyillidir ve bu da uzun sürüş mesafesi için ihtiyaçtır. Bu geniş bataryalar genellikle maliyetlidir fakat her kWh başına batarya maliyetleri daha ucuzdur. Bununla birlikte sürüş mesafesi 80-400 km' dir (European Environment Agency, 2016). Şekil 2'de tamamen elektrikli aracın temel hareket sistemini oluşturan iç yapısı resmedilmiştir.

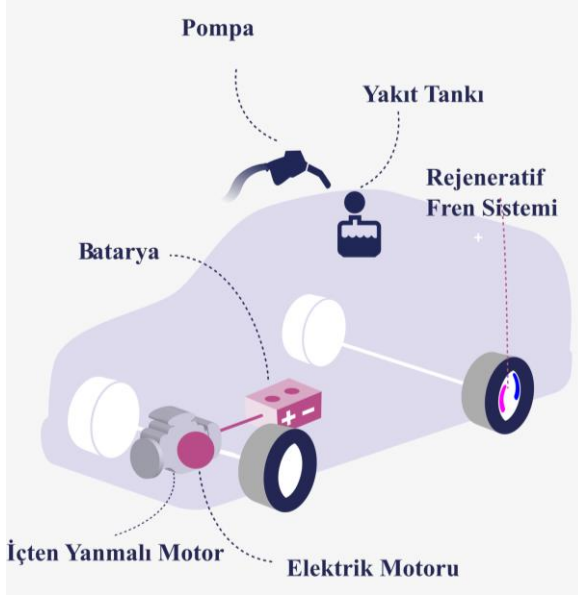


Şekil 2. Tamamen elektrikli aracın yapısı

2.2. Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV)

HEV bir elektrik motorunun yanı sıra içten yanmalı motora ve bataryaya sahiptir. Bu araçlarda güç gerektiği zaman öncelikle içten yanmalı motor enerji sağlar ve daha sonra hızlı bir şekilde enerji elektrik bataryalarından sağlanmaya geçer. Hibrit araçlar, içten yanmalı motora ek olarak hizmet eden küçük bir bataryaya sahiptir. Bu da araca tamamen elektrikli bir menzil katar. Bundan dolayı aracın egzoz emisyonu düşer ve en sonunda hava kirliliğinin azalmasına yardım eder. Araçtaki batarya dışardan şarj edilemez. Batarya rejeneratif fren sistemi tekniğiyle şarj edilebilir. Araç kullanıcıları tarafından dışarıdan şarj edilemediği için kullanıcılar bataryayı tam performansıyla kullanamaz. Hibrit araçlar araç motorunun çalışması için yakıt olarak önemli derecede

benzine ihtiyaç duyar. Hibrit araçlar kendi kendine şarj olabilen araçlar olarak bilinmektedir (Singh vd., 2021b). Şekil 3'te gösterildiği gibi bir hibrit elektrikli aracın hem benzin istasyonundan yakıt alabileceği fakat bataryasının dışarıdan şarj edilemeyeceğini gösteren aracın iç yapısı vardır.



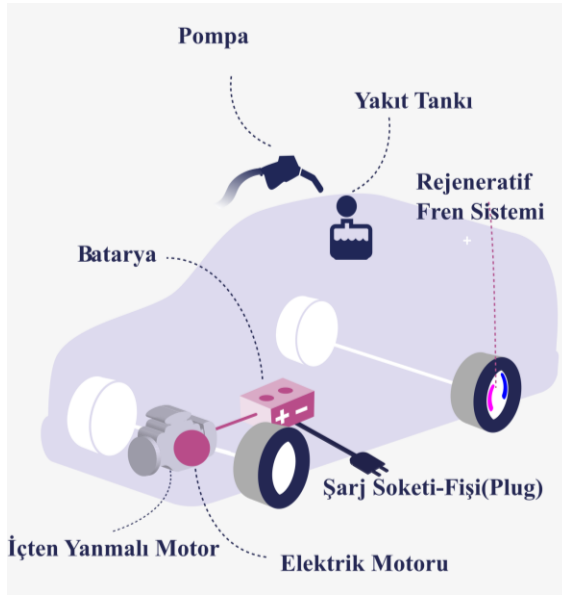
Şekil 3. Hibrit elektrikli aracın yapısı

2.3. Plug-in Hibrit Elektrikli Araçlar (PHEV)

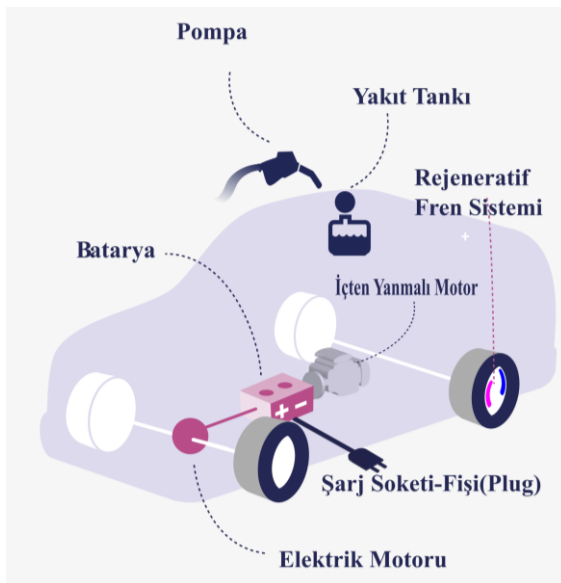
‘Plug-in’ kelimesi fişi prize takmak anlamındadır ve kendi kendini açıklayıcıdır. Yani araç üzerindeki batarya şarj olabilsin diye araca takılacak soketi araç dışı bir prize takmaktır. PHEV, tam elektrikli araçlar ve hibrit elektrikli araçların bir kombinasyonudur. Her iki aracın faydalarını da taşımaktadır. BEV gibi bataryayı şarj edebilmek için araç dışı bir şarj istasyonuna fiş yardımıyla bağlanır. HEV gibi bataryanın gücünü dengelemesiyle içten yanmalı bir motora sahiptir. PHEV yalnızca batarya gücüyle yaklaşık 40-45 km gidebilir ve sonradan içten yanmalı motor devreye girer. Kısa seyahatler için yalnızca elektrik motorunu kullanabilirsiniz. Uzun seyahatler için elektrik enerjisi aracı çalıştırmak için kullanılır daha sonra yakıt bitene kadar içten yanmalı motor kullanılır (Singh vd., 2021b).

PHEV araçların iki türü bulunmaktadır. İlki içten yanmalı motorun tahrik gücünü direkt olarak tekerleklerle vermesiyle çalışır. Bu tür yukarıda anlatılan araç üstündeki bataryanın şebeke elektriğinden şarj edilebilmesi ve içten yanmalı motorun, batarya seviyesi alçaldığında ya da araç için yüksek performans gerektiğinde elektrik motoruna

destek sağladığı türdür. İkinci tür PHEV ise içten yanmalı motorun direkt araç tekerleklerine bağlantısının olmadığı türdür. Bunun yerine içten yanmalı motor elektrik jeneratörü olarak hareket eder. Yani elektrik motorunu beslemek ve bataryayı şarj etmek için bağlantısı araç tekerlekleriyle bulunmamaktadır. İkinci türün sürüş mesafesi 70-140 km arasında değişmektedir. Bu durumun sebebi içten yanmalı motorun küçük olması ve bu da aracın ağırlığını azaltmaktadır. Bu sayede araç daha uzun mesafe yapabilmektedir (European Environment Agency, 2016). Şekil 4 ve Şekil 5'te plug-in elektrikli araçlarına ait 2 alt sınıfın iç yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4. Plug-in hibrit elektrikli aracın yapısı(birinci tür)



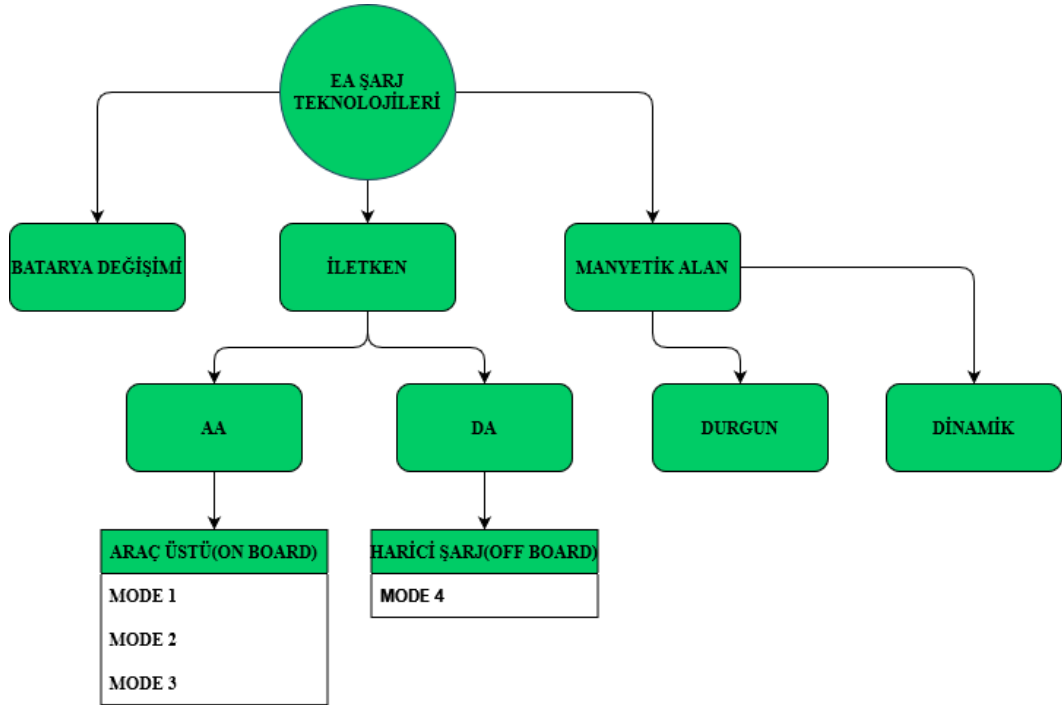
Şekil 5. Plug-in hibrit elektrikli aracın yapısı (ikinci tür)

Yukarıda özellikleri detaylı bir şekilde açıklanan elektrikli araç türlerinin birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı olduğu durumların açıklaması Ek 2'deki tabloda verilmiştir.

2.4. EA Şarj Teknolojileri

Elektrikli araç şarj istasyonları, aracın bataryasına transfer edilen enerjiyi sağlamak ve kontrol etmekten sorumludur. Örneğin Level 3 diye adlandırılan şarj istasyonları şebeke rejimlerinde enerji yönetimini yürütmektedir. Bu durumda araçta kullanılan bataryanın yaşam ömrünü uzatmaktadır ve enerji dağıtım ağındaki yönetimi sağlamaktadır (González vd., 2019; International Electrotechnical Commission, 2014).

Elektrikli araçların mevcut sisteme uyumu için en önemli zorluk şarj olma ihtiyacıdır. Şarj etme, bataryaya enjekte edilen enerjiyi uygun güç seviyesinde şebekeden elektrik gücünü çekerek gerçekleştirmektir. Şarj olma zamanı, batarya ve şarj cihazının güç seviyesine bağlıdır. Elektrikli araçların en önemli iki dezavantajı şarj süresi ve sınırlı batarya ömrüdür (Ahmad vd., 2018). EA için bazı şarj teknolojileri Şekil 6' da verilmiştir.



Şekil 6. Farklı EA şarj teknikleri

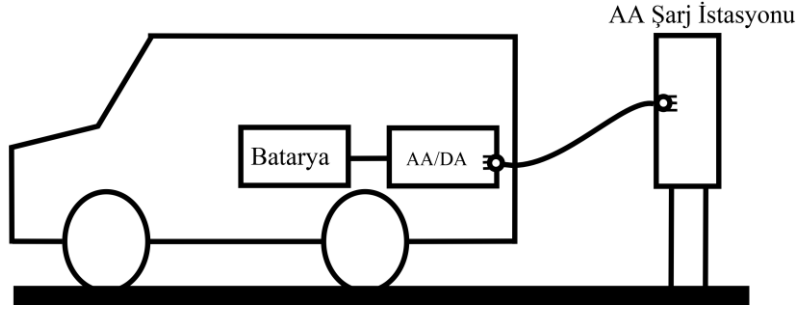
EA şarj teknolojileri enerji transfer modlarına göre 3 metoda ayrılmıştır. Bunlar; enerjinin bir iletkenle iletildiği (Yılmaz ve Krein, 2012), araç bataryasının bittiği zaman yeni batarya paketiyle değişiminin sağlandığı yöntem (Mak vd., 2013) ve bir iletken olmadan araçtaki bataryanın manyetik alan(inductive-wireless charging) aracılığıyla doldurulmasıdır (Ahmad vd., 2017).

EA'ları yukarıda anlatıldığı gibi çeşitli şartlar altında ve Ek 3' te gösterildiği gibi çeşitli lokasyonlarda şarj etmek mümkündür. Tıpkı içten yanmalı motorlu araçlar gibi EA'ları da tipik bir şekilde çeşitli istasyonlarda şarj etmek mümkündür. EA'ların bataryaları hızlı şarj istasyon noktalarında hızlı bir şekilde doldurulabilmektedir. Fakat geleneksel araçların aksine gözetim olmadan şarj olmaya da bırakılabilirler. Benzer şekilde mobil araçlar işte, evde, otoparkta, alışveriş merkezlerinde veya etrafta dolaşmaya çıkınca ya da boş zaman aktiviteleri yaparken fişe takılıp şarj edilebilmektedir. Böyle zengin seçenekler EA kullanıcıları için esneklik sağlamaktadır (International Energy Agency, 2022d).

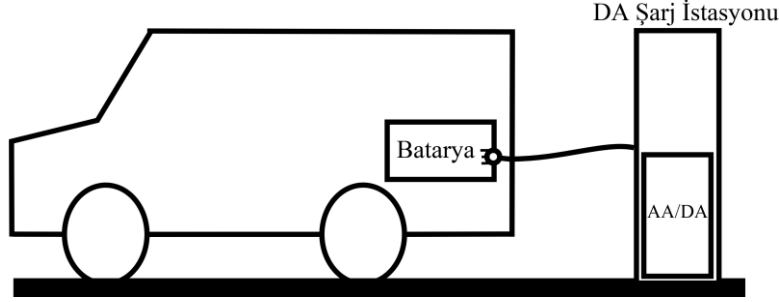
2.4.1. İletken ile Şarj Yöntemi

İletken şarj etme araç ve şarj istasyonunun direkt bağlantısına izin verir. Güç kaynağı ve batarya arasında fiziksel kontak vardır. Güç kompanzasyonu ile birlikte doğrultucu ve dönüştürücüden oluşmaktadır ve araç üstü şarj aygıtı (on board charger) ve harici şarj aygıtı(off board charger) olarak sınıflandırılır. Araç üstü şarj aygıtı doğrultucu ve araç içerisindeki batarya regülasyonu içermektedir. Araç ve şarj istasyonu arasındaki fiziksel bağlantı, yüksek potansiyel gerilimde aracı sınırlar. Hızlı şarj cihazları, şarjın yüksek güç seviyelerinde risk üretebilir, kıvılcım çıkarabilir veya zarar görebilir (Ahmad vd., 2018).

Araç üstü şarj cihazı temelde yavaş şarj işlemi için kullanılır ve şarjlanma EA' nın içerisinde yürütülür. Halbuki harici şarj aygıtı karmaşık lokasyonlarda kullanılabilir ve hızlı şarjlanma imkânı sunmaktadır (Shareef vd., 2016). İletken kablo kullanarak şarj etme yönteminde Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterildiği üzere eviricinin konumuna göre şarj türü değişen iki tür istasyon bulunmaktadır.



Şekil 7. Araç üstü alternatif akım (AA) yavaş şarj cihazı



Şekil 8. Harici doğru akım (DA) hızlı şarj cihazı

2.4.1.1. Uluslararası Şarj Standartları

EA şarj istasyonları için aşağıda verilen kuruluşlar standartlar belirlemiştir:

- International Electrotechnical Commission(IEC) (International Electrotechnical Commission, 2014)
- The Society of Automobile Engineers (SAE) (Society of Automobile Engineers Standard, t.y.)
- International Organization for Standardization (ISO) (Klapwijk ve Driessen-Mutters, 2018)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (IEEE Standart Association, t.y.)
- Japan Electric Vehicle Association (JEVA) (Japan Electric Vehicle Association Standards, 2003)
- Standardization Administration of China (CATARC, t.y.)

Bu standartlar incelenecek olursa ISO 15118: EA' lar arasındaki iletişim ve bu araçların kaynak ekipmanları arasındaki iletişim, genel olarak şarj istasyonu ile araç arasındaki iletişimin standartlaşmasıdır (ISO, 2013; Klapwijk ve Driessen-Mutters, 2018).

SAE ve IEEE' nin belirlediği standartlar Amerika' da kullanılmaktadır. IEC' nin belirlediği standartlar ise Avrupa ülkelerinde kullanılmaktadır. Japonya ise kendi EA şarj standartlarını belirlemiştir ve CHArge de MOve(CHAdemo) şeklinde isimlendirilir. Çin, Guobiao (GB/T) standardını kullanır. Bu standart 'Standardization Administration of China and Chinese National Committee of ISO and IEC' tarafından yayımlanmıştır ve AA-DA şarjı içindir. Halbuki GB/T AA şarj standartları IEC ile benzerdir. SAE'de güç seviyeleri 'level' şeklinde isimlendirilirken IEC' de güç seviyelerini belirlemek için 'mode' terimi kullanılmıştır (Das vd., 2020). En yaygın kullanılan standartlar SAE ve IEC standartlarıdır.

IEC 61851 standardı, EA iletken ile şarj sistemleri için bütün operasyonları kapsar ve 1000 V AA-1500 V DA kaynak gerilim seviyelerine kadar bütün EA' ların şarjı için on-board ve off-board sistemlerine uygulanır (International Electrotechnical Commission, 2017).

IEC 62196 standardı, EA şarj istasyonlarının yan ekipmanları (yani fişler, araç dışı soketler, prizler, araç bağlantı konnektörleri, araç giriş-çıkış ekipmanları) gibi iletken ile şarj yönteminde kullanılır ve EA şarjı için voltaj ve akım seviyelerine, şarj tiplerine bakımından EA' ları 4 şarj moduna göre kategorize eder (Das vd., 2020; International Electrotechnical Commission, 2022).

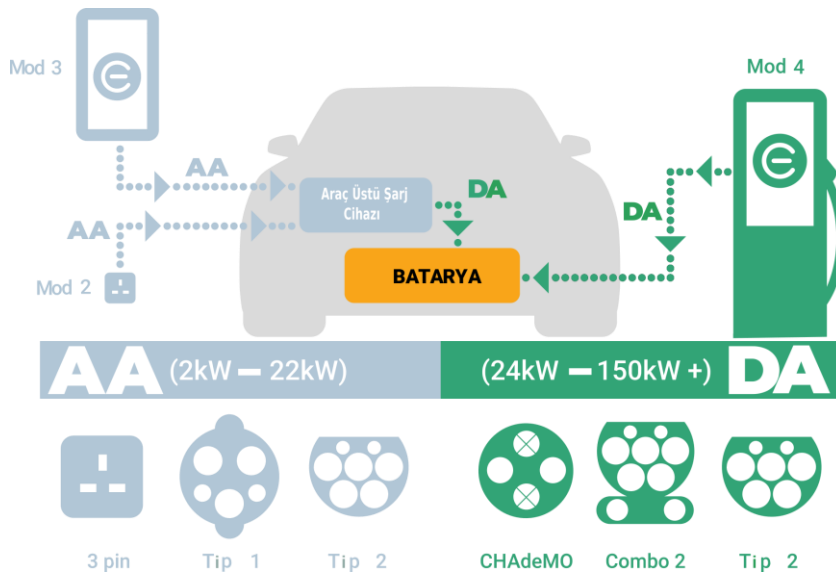
SAEJ1772 iletken ile yapılan elektrik araç şarjını tesis etmek için performans gereksinimlerini, fonksiyonlarını, elektriksel ve fiziksel işlevlerini kapsamaktadır. Bu standart yaygın olarak kullanılan EA' ları tanımlar ve EA' ların giriş ve bağlantı konnektörleri için boyutsal, fonksiyonel, işlevsel gereklilikleri içeren iletken ile şarjlanmadaki kaynak ekipmanlarını tanımlar ve tarif eder. Bu standart hem DA hem de AA' da kullanılan 3 güç seviyesi tanımlar ve bu seviyelere 'Level' ismini kullanmaktadır (Society of Automobile Engineers Standard, 2017).

Türkiye'de yukarıda detayları verilen standartlar şarj istasyonlarının değişik ekipmanlarında kullanılmaktadır. Fakat genel olarak şarjlanma modu ve tipleri için IEC62196, IEC61851 standartları kullanılmıştır (Zorlu Energy Solutions, t.y.). Ayrıca bu konuda yayımlanan 'Şarj Hizmeti Yönetmeliği' nin 3. Bölüm (Şarj Ağı, Lisans Sahibinin Hak ve Yükümlülükleri) Madde-15 3.Fıkrasına göre: "Şarj ağına bağlı her bir şarj istasyonunda, bulunması halinde AC güçteki şarj ünitelerinin en az birinin TS EN 62196-2 standardında tanımlanan Tip-2 şarj soketiyle; bulunması halinde DC güçteki şarj ünitelerinin en az birinin TS EN 62196-3 standardında tanımlanan birleşik şarj sistemi (Combo-2) ile donatılmış olması zorunludur. AC güçteki şarj üniteleri Tip-2 şarj

soketiyle veya araç konektörü ile donatılarak hizmete alınabilir (Resmi Gazete, 2022)” hükmünden sonra kurulacak olan şarj istasyonlarında belirlenen standartlarda şarj istasyon kurulumu esas alınmaya başlanmıştır. Ek 4 ve Ek 5’ te yukarıda anlatılan şarj standartları kapsamında dünyada çeşitli yerlerde kullanımda olan Mod ve Level şarj türlerinde akımın ne olduğu, bu standartların kablolarındaki iletişimde nelerin olduğu, nerelerde daha çok kullanıldığı vb. gösterilmiştir.

2.4.1.2. Fiş ve Soket Türleri

Fiş türleri, şarj ekipmanına bağlantılı araç ile fişlerin fiziksel tasarımı anlamına gelmektedir. Resmi olarak tanıtılmış 3 adet fiş türü bulunmaktadır. Bunlar Tip 1, Tip 2 ve Tip 3 fişleridir. Tip 1, diğer ismiyle ‘Yazaki’, temel olarak Amerika ve Japonya’ da kullanılır. Şarj ekipmanına sabitlenmiş bir kablo da kullanılmış olması gerekmektedir. Başka deyişle Tip 1 soket türü araç içinde spesifik bir fiş kullanır ve sadece girişi ile uyumlu bir araba ile eşleşebilmektedir. Tip 2, diğer ismiyle ‘Mennekes’, temel olarak Avrupa standardıdır. Araç tarafında, kablo aracın girişiyle eşleşen herhangi bir fişe sahip olabilir. Fakat bu çoğunlukla Tip 1 tasarımıdır çünkü birçok araba Tip 1 girişine sahiptir. Tip 2 fişler yüksek güç seviyelerine çıkabilir. Tip 3, diğer ismiyle ‘Scame’, çoğunlukla Tip 2 fişiyle benzerdir fakat bunun kullanımı birkaç ülkeyle sınırlıdır. Tip 2 ve Tip 3 fiş ve soket kombinasyonları uyumlu değildir. Bu tip, fiş ve soketlerin dışında da fiş ve soket türleri bulunmaktadır (Bakker, 2013). Şekil 9’da kullanımda olan soketlerin hangi akımda tercih edildiği gösterilmiştir.



Şekil 9. Farklı standartlarda fiş ve soket türleri

Şekil 10’ da Tip 2 fiş türünün üzerinde yer alan pinlerin şarj işlemi sırasında ne tür işlevlerinin olduğu gösterilmiştir.



Şekil 10. Tip 2 EA şarj soketi ve sokette yer alan pinler (Society of Automobile Engineers Standard, 2010).

2.4.2 İletken ile AA ve DA Şarjlanma

AA ile şarj olma halka açık yerlerin çoğunda, evde, ofiste yarı hızlı şarj ve geleneksel-yavaş şarjlanma için kullanılmaktadır. Bütün bataryalar şarj olmak için DA gerektirdiği için elektrik şebekesi tarafından teslim edilen AA akım aynı noktada DA’ ya dönüştürülmek zorundadır. Bu yüzden AA/DA dönüştürücü şebeke ve bataryasına ihtiyaç duyulmaktadır. Düzenli güçlü AA şarjlanma bakımından güç seviyeleri yeterli miktarda değildir ve bundan dolayı on-board araca küçük bir dönüştürücü yüklenemez. Tipik bir araca kolayca uyumlu olmayan yüksek güç seviyelerindeki hızlı şarj için daha büyük ve daha pahalı dönüştürücüye ihtiyaç vardır. Bu yüzden bu yüksek güçlü dönüştürücüler hızlı ve yavaş şarj işlemi ile araç içi ve araç dışı olarak ayrılmıştır (Bakker, 2013; Williamson vd., 2015).

AA şarj kabloları Şekil 7’de gösterildiği gibi genellikle her iki ucunda da fiş bulunan ve sabit olmayan gevşek kablolardır. Bu yüzden standartlaşma kablonun her iki ucu içinde gerekli olmaktadır. Ayrıca yüksek güç seviyelerinde ve güvenlik ile ilgili endişelerden dolayı DA şarj kabloları Şekil 8’de gösterildiği gibi her zaman şarj istasyonuna sabitlenir ve bundan dolayı standartlaştırılması gereken yalnızca tek bir fiş bulunmaktadır.

DA şarj sistemleri özel kablolama ve kurulum gerektirmektedir ve garaj ve şarj istasyonlarına kurulumu yapılabilmektedir. Bu şarj istasyonları AA sistemlerinden daha güçlüdür ve EA’ yı daha hızlı şarj edebilirler. Şarj istasyon çıkışı DA olduğu için voltaj, farklı araçların batarya paketleri için uygun olmak ve değişmek zorundadır. Modern istasyonlar bu işi otomatik yapma kabiliyetine sahiptir. Bütün DA şarj sistemleri şarj

eden cihaza ilişkili olan elektrikli araç kaynak ekipmanına (EAKE) kalıcı bir bağlantıya sahiptir. DA şarj istasyonları da genellikle kullanılan şarj tipleri SAEJ1772 Combo, CHAdeMO ve Tip 2 Mennekes kablodur (Khan vd., 2018). Ek 6' da EA şarjı için kullanılan şarj yöntemleri olan DA ve AA seçeneklerinin özelliklerinin ne olduğu ve birbirlerine göre olumlu ve olumsuz yanları açıklanmıştır.

2.4.3. Batarya Değişimi Yöntemiyle EA Şarj Teknolojisi

EA'ların tamamen bitmiş veya neredeyse bitmek üzere olan bataryasının tamamen dolu batarya ile değiştirilmesi batarya değişimi yöntemiyle EA şarjı olarak bilinmektedir. (Zheng vd., 2013). En verimli ve en etkili şarj yöntemlerinden biri batarya değişim yöntemidir. Batarya değişim istasyonları dağıtım trafosu, AA-DA dönüştürücü, batarya şarj cihazları, araç bataryaları, robotik kollar, şarj rafları, bakım sistemleri, kontrol sistemi ve diğer ekipmanları içerir (Ahmad vd., 2018; Zheng vd., 2013). Bu teknoloji endüstriyel elektrikli araçlar gibi geçmişte niş uygulamalar için kullanılmıştır. Fakat günümüzde genel kullanım için yeni ilgiler kazanmıştır. Fakat bu uygulamanın hala standartlaşma problemleri vardır. Batarya değişiminde standardizasyon çalışmaları 2012'de başlamıştır ve bu çalışma IEC62840 ailesine yön vermiştir. Bu standart ise sistemlerin güvenlik bakış açılarını kapsar (Van den Bossche vd., 2015).

2.4.4. Manyetik Alan ile Şarj Yöntemi

Elektrik kabloları var olan bütün EA'ların çoğunu şarj eder. Evde ya da otoyolda farketmez, kablolar elektrikli araç şarj etmek için fiziksel bağlantıya ihtiyaç duyarlar. Bu katı bağlantı özellikle kötü hava koşullarında çok tehlikeli olabilir. Ayrıca yangın çıkmasına sebep olabilir (benzin istasyonu yanında bulunan şarj istasyonlarında gibi). Bu durumda EAŞİ'lerin konumlandırılması gereken yerleri önemli derecede sınırlandırır. Bu gibi sebeplerden dolayı daha esnek ve uyumlu şarj yöntemleri dikkat çekmektedir. Bu yöntemlerden biri de manyetik alan ile şarj metodudur. Ayrıca manyetik alan ile şarj etme yeni fırsatlar sunmaktadır. Örneğin aracı sürerken bataryayı şarj etmek gibi (Machura ve Li, 2019).

Manyetik şarj -ayrıca indüktif şarj etme olarak da bilinir- EA bataryasına elektriği transfer etmek için bir elektromanyetik alan kullanır. Manyetik alan ile şarjın dezavantajları güç kayıplarının yüksek olması ve verimliliğin düşük olmasıdır (Nguyen

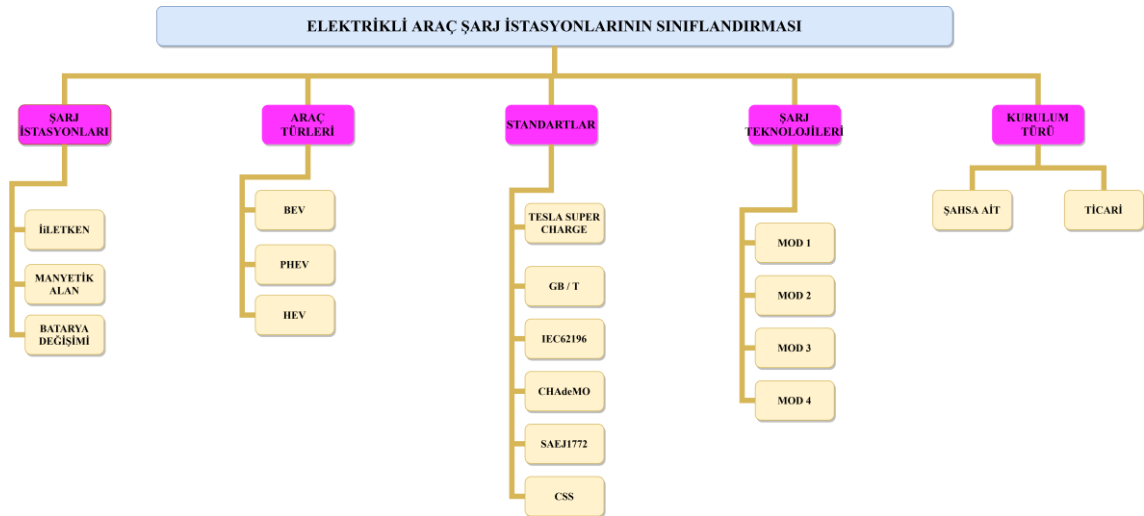
vd., 2014). Manyetik şarjda transfer, herhangi bir iletken bağlantı olmaksızın hava boşluğu yoluyla gerçekleşir (Ahmad vd., 2018; Lu vd., 2016).

Manyetik şarjdaki yeni gelişmelere göre elektrikli araç park yerine ulaştığı zaman otomatik olarak şarj işlemi başlayabilecek ya da EA yolda giderken dinamik bir şekilde şarj olabilecektir. Konuyla ilgili standartlaşma çalışmaları başlamıştır, ilkin odaklanılan şey güvenlik endişeleridir. İndüktif bobinin yakınında yer alan manyetik alana maruz kalma güvenlik endişelerinin başında gelmektedir (Van den Bossche vd., 2015).

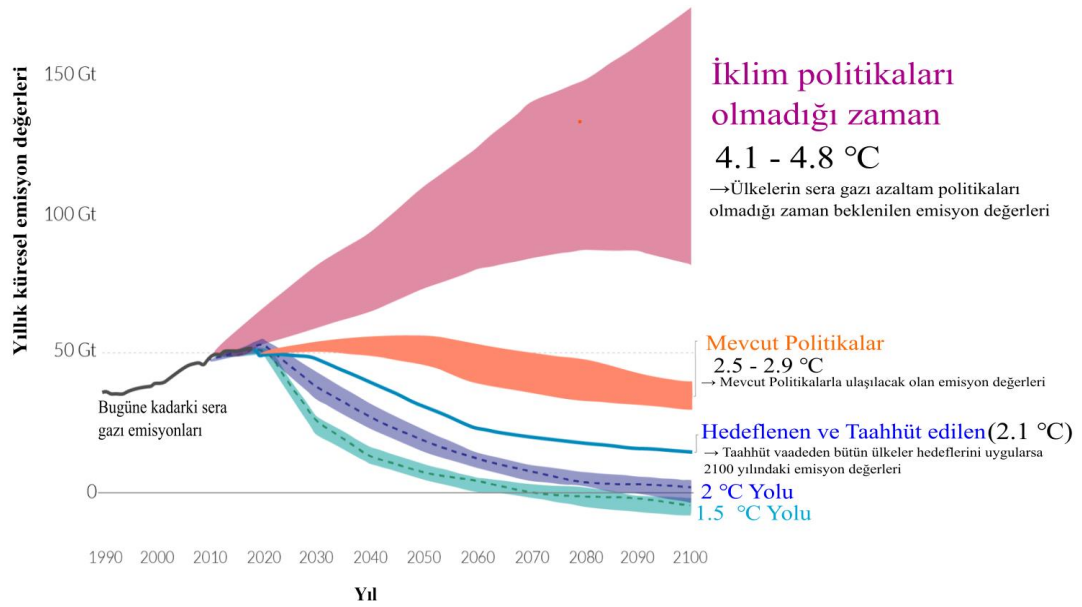
Manyetik alan ile şarj yönteminin iletken ile şarj yöntemi ile karşılaştırıldığında birçok faydası bulunmaktadır. Bunları şu şekilde açıklayabiliriz:

- Kablo bağlama zahmetini ortadan kaldırdığında kullanıcı dostu olmaktadır. Farklı tür ve farklı modellerdeki EA aynı şarjı kullanabilir.
- Bataryaya bağlı kalınsızın çok daha küçük cihazların tasarımı gerçekleştirilebilir.
- Temassız cihazlar için daha iyi ürün dayanıklılığı sağlar (örneğin su ve toz dayanımı).
- Esnekliği artırır: Özellikle EA' lar için iletken ile şarj ya da batarya değişimi ile şarj etme maliyeti ve tehlikesinden dolayı.
- Manyetik ile şarj yönteminde EA' lardan gelen talep ile güç akışı sağlanmaktadır. Bu yüzden daha kullanışlıdır ve enerji verimliliği sağlanmaktadır (Lu vd., 2016).

Şekil 11'de, bu tezin 4. bölümünde anlatılan elektrikli araç şarj teknolojileri bütüncül olarak gösterilmiştir.

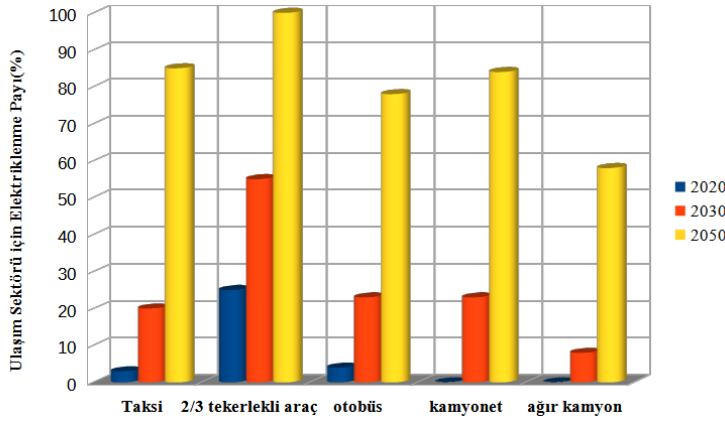


Şekil 11. EA şarj istasyonlarının genel sınıflandırılması



Şekil 13. Dünyada sera gazı salımının azaltılması projeksiyonları (Ritchie vd., 2017).

Aralık 2019’ da duyurulan Avrupa Yeşil Mutabakatı ile birlikte Türkiye, ulaşım sektörü tarafından salınan sera gazı emisyonunu 2050 yılına kadar yaklaşık %90 azaltmayı (1990 ile kıyaslandığında) hedeflemektedir. Bu durum doğal iklim ekonomisine sahip olmanın geniş bir parçasıdır (European Court of Auditors, 2021).



Şekil 14. Dünya genelinde ulaşım sektörü için elektriklelenme payı (International Energy Agency, 2022a).

Avrupa Otomobil Üreticiler Derneğine göre 2019 yılında Avrupa’ da kayıtlı olarak üretilen yeni araçların %89.4’ ü petrol ve dizel, hibrit elektrikli araçlar %6, tamamen elektrikli araçlar %3, elektrikli olmayan diğer yakıtları (gaz, hidrojen vs.) kullanan araç %1.6’dır. 2020 yılında elektrikle şarj olabilen segment araçlar önemli derecede artmıştır ve EA oranı %10.5 olmuştur (European Court of Auditors, 2021).

EA şarj istasyon ağlarının yeteneklerinin ve dağılımının nüfus, lokasyon, şarj oranı ve şarj zamanı bakımından, mevcut olan EA talebini desteklemek için ve EA şarj istasyon sayısının yeterli sayıda var olup olmadığını belirlemek için incelenmesi önemlidir. Ayrıca EA şarj istasyonları için var olan problemleri belirlemek ve bu problemlere çözüm üretmek açısından da bu inceleme gereklidir (Viswanathan vd., 2018). Ek 6’ da “Level” türündeki EA şarjını kullanıcıların nerelerde tercih ettiği ve bu yerlerde ortalama ne kadar sürede şarj oldukları açıklanarak lokasyona göre şarj durumları gösterilmeye çalışılmıştır.

Level 2 şarj istasyonları, EA sahiplerinin şarj mekanları açısından en iyi seçenektir. (Viswanathan vd., 2018). Çoğu elektrikli araç halka açık Level 2 şarj istasyonlarıyla uyumlu olmasına rağmen, Tesla araba üretici firması, yalnızca kendi arabalarıyla uyumlu şarj istasyonları üretmeye başlamıştır. Fakat son zamanlarda bu firma kendi şarj istasyonlarını diğer arabalara da açma gibi bir hamle yapabilir (Cunningham, t.y.; Aytar, 2021).

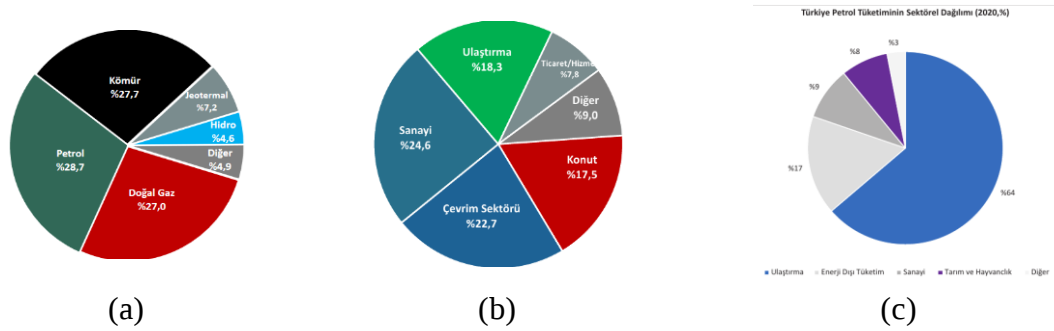
Çeşitli ülkeler EA kullanımını teşvik eden politikalar üreterek bunların hayata geçmesi için senaryolar düzenlemektedir. Bu senaryolarda dünyada EA stoğu bütün kara ulaşım araçları karşısında hızlı bir şekilde genişlemektedir. EA stoğu 2021 yılında 18 milyon araç stoğundan 2030 yılında 200 milyon araç stoğuna ulaşacaktır. 2030’ lu yıllarda tüm kara taşıtları arasında EA’ ların payı % 10 olacaktır. Toplam EA satışı 2025’te 18 milyon, 2030’da 30 milyonun üzerine ulaşacaktır. Bu sayılarla birlikte toplam market payları sırasıyla %13 ve %20 olacaktır. (International Energy Agency, 2022a).

Duyurulan senaryolar içerisindeki EA büyüme senaryosunun öngörüldüğü gibi olması ve desteklenmesi için EA şarj altyapısı 2030’ lu yıllara kadar on iki kattan fazla artışa ihtiyacı vardır. Muhtemel bu ihtiyaca karşılık yıllık 22 milyon EA şarj noktası eklenerek -kümülatif olarak 1.3 kattan fazla- yakın zamanda konuşlandırılmıştır (International Energy Agency, 2022a).

Günümüzde EA’ lar için satın alma sübvansiyonları ve vergi avantajları iki önemli teşviklerdir. Dünyadaki bütün ülkeler -Çin, Norveç ve Türkiye dışında- satın alma sübvansiyonları sağlamaktadır. Bütün ülkeler -Kanada dışında- vergi avantajları uygulamaktadır. Hemen hemen bütün ülkeler EA üretim ve EA şarj istasyonları altyapısı teşvikleri sağlamaktadır. İspanya ve İngiltere bahsi geçen teşviklerin hepsini uygulamaktadır (Gönül vd., 2021).

Yukarıda bahsi geçen devlet teşviklerinin temelinde dünya genelinde oluşan iklim krizlerinin oluşturduğu etkiler bulunmaktadır. Bunun için ülkeler çeşitli anlaşmalar yaparak birlikte hareket etmek istemektedir. Bu amaçla yapılan Paris Antlaşması 22 Nisan 2016’ da imzalanmıştır. Antlaşma, 7 Ekim 2021 tarihinde ülkemizde de Cumhurbaşkanı Kararı ile onaylanmıştır. TBMM tarafından “Paris Antlaşmasının Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun” 7 Ekim 2021 tarihli ve 31621 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Türkiye, 2021 yılı içerisinde 2053 net-sıfır emisyon hedefini de açıklamıştır (Resmi Gazete, 2021b). Bu anlaşmaya ülkemizin dahil olma gerekçesini anlamak için ülkemizdeki enerjinin kaynak bazında değerlendirilmesine bakmak gerekmektedir.

Enerji Bakanlığının hazırladığı Ulusal Enerji Denge Tablosu’ na göre 2020 yılında, Türkiye’nin 147.2 milyon ton petrol eşdeğeri (tpe) olan birincil enerji arzında, 33.5 milyon tpe’ lik kısım çevrim sektöründe değerlendirilirken, 113.7 milyon tpe’ lik kısım toplam nihai enerji tüketimi olarak gerçekleşmiştir. Şekil 15’e göre toplam birincil enerji arzı içerisinde petrol %28.7 oran ile birinci sırada yer alırken, petrolü %27.7’lik oran ile kömür ve %27’ lik oran ile doğal gaz takip etmiştir (T.C. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

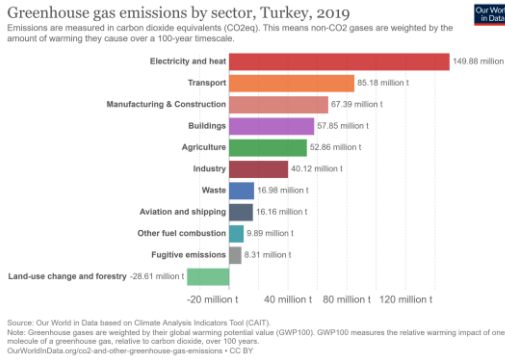


Şekil 15. (a)2020 yılı Türkiye enerji talebinde kullanılan kaynak dağılımı ve (b) 2020 yılı Türkiye enerji tüketiminin sektörel dağılımı (Türkiye Petrolleri A.O. Genel Müdürlüğü, 2021) ve (c) Türkiye petrol tüketiminin sektörel dağılımı (T.C. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

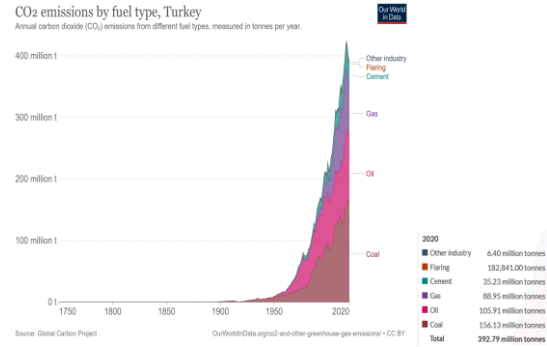
2020 yılı için Türkiye birincil enerji tüketiminin sektörel dağılımı incelendiğinde; Şekil 15(b)’ ye göre tüketime bağlı talebin %24.6’sının sanayide, %22.7’sinin çevrim sektöründe, %18.3’ünün ulaşırmada, %17.5’inin konutlarda, %7.8’inin ise ticaret ve hizmet sektöründe kullanıldığı görülmektedir (T.C. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

Türkiye’de şehirlerarası ulaşım aktiviteleri de değerlendirmeye katıldığında, yolcu taşımacılığının %93’ ünün ve yük taşımacılığının %90’ nının karayolu ile gerçekleştiği görülmektedir (Güray ve Merdan, 2021). Bu oranlar karayolu ulaşımının, ulaşım sektörünün temel taşı olduğunu göstermektedir. Şekil 15(c)’de ulaşım sektöründeki birincil enerji kaynağı petrol olduğuna göre ve petrolün de büyük çoğunluğu ithal olduğu için Türkiye dolaylı olarak ulaşım sektöründe kullanılan enerji kaynağı açısından büyük oranda dışa bağımlıdır.

Şekil 16’ ya bakıldığı zaman Türkiye’de ulaşım sektörü ve bu sektörde kullanılan emisyon değerleri değerlendirmesinde, ülkemizdeki ulaşım sektörü petrol ürünlerine olan yüksek bağımlılığı sebebiyle enerji sektörü kaynaklı emisyonlar içerisinde ikinci sırada yer almaktadır. En sonki CO₂ emisyon envanterlerine farklı kaynaklardan bakış yapılırsa ise sektör, 82.4 milyon sera gazı emisyonu ile elektrik üretiminden(183.3 milyon ton) sonra ikinci sırada yer almaktadır. Ulaştırma sektörünün emisyon değerleri 1990-2019 arasında üç kattan fazla artış göstermiştir. Bu değerın yüzdesel bazda %206 olduğu hesaplanmıştır. Yine bu dönemde enerjiden kaynaklı toplam emisyonlar %161 artmıştır. Böylelikle sektörün enerji kaynaklı emisyondaki bölümü, aynı dönemde %19’ dan %23 ‘e yükselmiştir (Güray ve Merdan, 2021).



(a)



(b)

Şekil 16. (a)Türkiye sektörel bazlı sera gazı emisyon değerleri ve (b) Türkiye’de kullanılan yakıt türlerine göre emisyon değerleri (Ritchie ve Roser, 2021).

Tüm bu değerler, Türkiye’ nin büyük oranda enerji açısından dış ülkelere bağımlı olduğunu göstermektedir. Ulaşım sektöründe ise birincil enerji kaynağı petrol ve türevleri olduğu için bununla beraber bu kaynaklarda dış ülkelere satın alındığı için ve son olarak Türkiye’de ulaşım sektörünün çoğunluğu karayolu ulaşımı olduğu için dışa bağımlılığı ve emisyon değerlerini azaltmak için elektrikli araçlara ve şarj istasyonlarına ihtiyacın gerekli olduğu görülmektedir.

3.2. Türkiye'de EA ve EAŞİ Durumları

Türkiye’ de EA ve EAŞİ durumlarını değerlendirmek için yıllar içerisinde satılan EA’nın toplam taşıtların içerisindeki paylarının bilinmesi gerekmektedir. Tablo 1’ de ülkemizde satılan toplam araç sayısının 737350 olduğu görülmektedir. Bu satışlar içerisinde EA satışları önceki yıllara kıyasla 2021 yılı içerisinde büyümeye devam etmiştir (Enerji Atlası, 2022). Son dönemde satışlardaki sürekli artışa karşılık EA’ ların otomobil pazarındaki payı %1’ in altındadır. 2022 yılının son aylarından itibaren TOGG’un geliştirdiği otomobillerin pazara sunulmasının önemli etkisiyle daha hızlı bir artış sağlanması amaçlanmaktadır (Güray ve Merdan, 2021)

Tablo 1. 2021 yılında Türkiye’ de satılan toplam araç sayısı (Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği, t.y.).

	Otomobil (bin)	Hafif Ticari (bin)	Toplam (bin)
Yerli	225 957	97 670	323 627
İthal	335 896	77 827	413 723
Toplam Satış	561 853	175 497	737 350

Türkiye, Avrupa ve Asya kıtaları arasında bir köprü durumdadır ve Akdeniz ve Karadenizi bağlayan bir boğaza sahiptir. Bu ülkenin coğrafik konumu onun rekabetini, yeteneklerini artırmaktadır. Bunun yanında ucuz iş gücü, bu faktörler arasında önemli bir yere sahiptir. Tüm bu etmenler Türkiye’ yi Avrupa’ nın otomobil üreticileri arasında önemli bir yere sokmaktadır (Gönül vd., 2021) . 2021 yılı içerisinde yaklaşık olarak 1.4 milyon araç üretilmiştir (Otomotiv Sanayi Derneği, 2021) Bu durum Avrupa’ daki üretilen araç ile kıyaslandığında Almanya 3 milyon, İspanya 2 milyon, Fransa 1,4 milyon ve sonrasında 4. olarak Türkiye gelmektedir (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, 2021) Ayrıca Tablo 1’ de verilen Türkiye’de satılan toplam araç satışına bakılırsa bu araçların toplam oranının % 44’ ünü yerli araç satışı oluşturmaktadır.

Ülkemizin içten yanmalı motora sahip araç üretme konusundaki başarısına rağmen Türkiye EA üretimi ve satışı konusunda küresel trende ayak uyduramamış durumdadır. Tablo 2’ de verilen Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneğinin (TEHAD) yayımladığı rapora göre bütün EA türleri arasında en çok satışı gerçekleştiren hibrit elektrikli araçlardır.

Bu araç türünün en çok satılmasının nedenleri ise: düşük maliyetleri(diğer EA türlerine göre), EA piyasasında diğerlerine göre uzun bir geçmişinin olması, Türkiye’ de

yerli üretiminin olması, kullanım alışkanlığının diğer içten yanmalı motorlu araçlara benzer olması, uzun sürüş mesafeleri ve yakıt türleridir (Gönül vd., 2021).

Tablo 2. Türkiye’de 2016 – 2021 yılları arasında satılan EA sayısı (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği, 2022a).

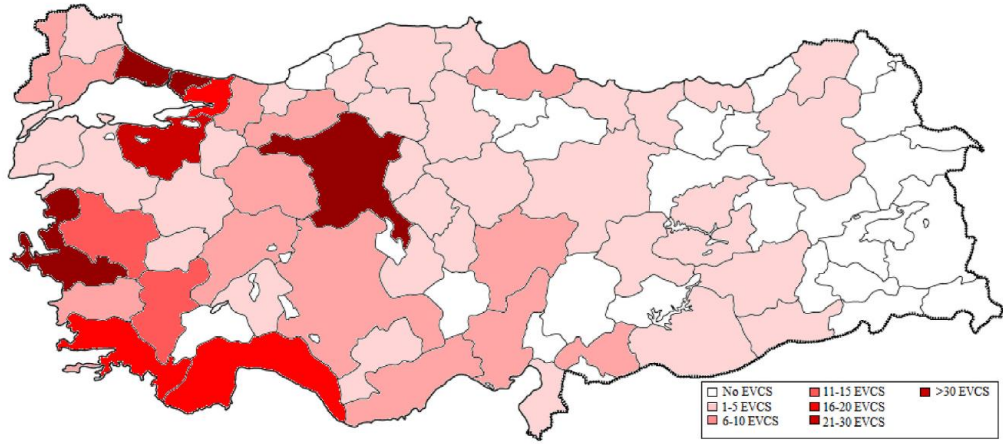
EA Türü	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
BEV	119	44	77	155	222	844	2849
PHEV	106	83	27	39	39	487	867
HEV	0	867	4428	3837	10976	16457	20048
TOPLAM	225	994	4532	4031	11 237	17 788	23 764

Tablo 1 ve Tablo 2 arasında karşılaştırma yapıldığı takdirde toplam satılan araç sayısında elektrikli araç sayısının çok az olduğu görülmektedir. Bu durumun sebepleri EA’ ların artıları ve eksilerine bakılarak anlaşılabilmektedir. Bu artı ve eksileri Şekil 17’ de gösterildiği şekilde açıklamak mümkündür.



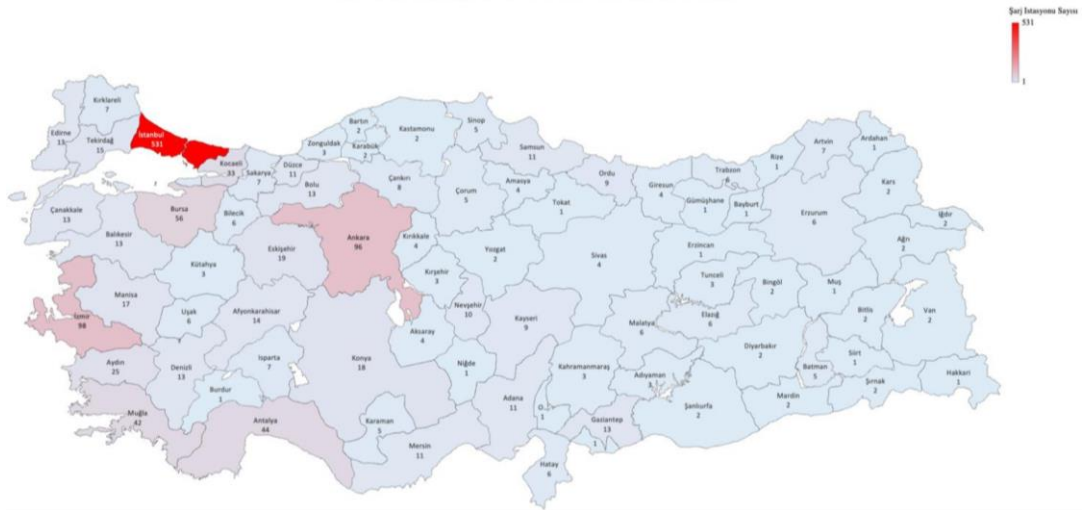
Şekil 17. EA kullanımlarındaki artıları ve eksileri (Leijon ve Boström, 2022).

Elektrikli araçların yaygın olamama sebeplerinden bir tanesi de EA şarj istasyonlarının yeterli sayıda ve nitelikte çoğalmış olmamasıdır. Şekil 18 ve 19’ da ayrı ayrı yapılmış çalışmalarda ülkemizdeki EA şarj istasyon sayılarının il bazında değerlendirmesi verilmiştir.



Şekil 18. Türkiye EA şarj istasyonlarının yoğunluk haritası (Gönül vd., 2021).

Gönül ve arkadaşları (2021) çalışmasında il bazında EAŞİ sayılarını veren bir harita yapmıştır. Fakat bu harita yayımlandığı tarih itibariyle güncelliğini yitirmiştir. Çünkü il bazında şarj istasyon sayıları doğru değildir.



Şekil 19. 2020 yılı sonu itibariyle EA şarj istasyon sayıları (Çakmak ve Turan, 2022).

Türkiye’ de en çok nüfusa sahip iller sırasıyla İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Antalya, Adana’dır (Türkiye İstatistik Kurumu, t.y.). Şekil 18 ve 19’ da görüldüğü üzere EA şarj istasyon sayıları açısından kalabalık şehirlerde daha çok yoğunlaşmıştır.

Elektrikli araç şarj ünitesi, şarj ağı, şarj istasyonlarının işletilmesi ile şarj hizmetinin sunulmasına ilişkin usul ve esasları belirleyen “Şarj Hizmeti Yönetmeliği” ile “Şarj Ağı İşletmeci Lisansı İşlemleri İle İlgili Başvurulara İlişkin Usul ve Esaslar” (Usul ve Esaslar) 2 Nisan 2022 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe

girmiştir (Resmi Gazete, 2022). Bu kapsamda Şarj Ağı İşletmeci Lisansı almak isteyen şirketler başvuruları yaptı ve son listeye göre 67 şirket lisans hizmeti almıştır (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği, 2022b).

Bu şirketlerin bazıları bu hizmet yönetmeliği çıkmadan daha evvel şarj istasyon kurulumları gerçekleştirmiştir. 2020 sonu itibariyle Türkiye’ de bulunan şarj istasyon sayısı göre 1340’ dır (Çakmak ve Turan, 2022). Bu sayı lisans alan şirketlerin ve TOGG’ un geliştirdiği yerli ve milli EA’ nın piyasa çıkmasıyla artacağı beklenmektedir. 2020 yılı sonu itibariyle Türkiye’deki EA şarj istasyonlarının iller bazındaki detaylı verisi Ek 8’de verilmiştir.

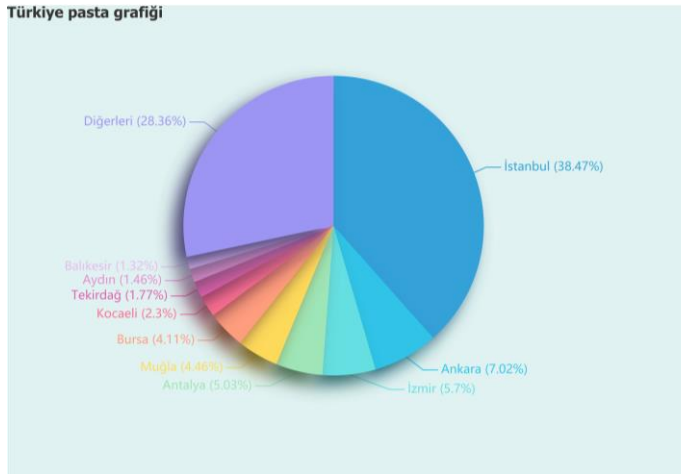
Bu tez kapsamında Türkiye'deki EAŞİ için kurulum yapan firmalar belirlenmiştir. Bu firmaların kurulum yaptıkları istasyon sayıları il bazında tespit edilerek tez içeriğine eklenmiştir. Bu kurulumu gerçekleştiren firmalar aşağıda verilmiştir.

- 1.Voltron
- 2.Zes
- 3.Sharz
- 4.G-Charge
- 5.BD-Oto
- 6.DMA-Oto
- 7.Yeşil Güç Enerji
- 8.Eşarj
- 9.Porsche Carging Stations
- 10.Tesla
- 11.Aksa Enerji
- 12.Kalyon

Bu firmalardan sağlanan verilerle şu anda kurulumu yapılan EAŞİ sayıları belirlenmiştir ve Ek 9’da sunulmuştur. Belirlenen şarj istasyon sayıları il bazında haritalandırılarak Şekil 20’de, toplam EA sayısının ülkemizdeki iller özelinde yüzdelik dağılımları Şekil 21’de gösterilmiştir.



Şekil 20. 2021 sonu itibariyle güncel Türkiye'de il bazında EAŞİ yoğunluk haritası



Şekil 21. 2021 sonu itibariyle güncel Türkiye'de illerin EAŞİ sayılarının yüzdelik dilimleri

Dünya üzerindeki gelişmiş çoğu ülkede olduğu gibi Türkiye’de de EA’ların büyümesinin en temel destekleyici unsuru gelişmiş bir şarj istasyon ağının kullanıma sunulmasıdır. Karayolu ulaşımındaki araçların yakıt olarak elektrik enerjisini kullanmaya başlamasının ilk yıllarında halka açık şarj istasyon noktalarında bir istasyona ortalama 10 araç düşerken, bu sayı 2021 yılında 2-3 aralığında olmuştur (Güray ve Merdan, 2021).

Bu gelişmelerle birlikte Türkiye Büyük Millet Meclisi, 25 Aralık 2021’ de yürürlüğe giren kanun ile şarj istasyonlarını kanun metnine dahil etmiştir (Resmi Gazete, 2021a). Bu kanun sayesinde 2022 yılında Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)’ nun çıkarmış olduğu yönetmelik ile EAŞİ kuracak olan firmalara lisans verilmiştir. Bu çalışmalar ülkemizde gerçekleştirilen EA kullanımına teşvik

niteliğindedir (Resmi Gazete, 2021a; Resmi Gazete, 2022) 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 3.Maddesinin 1.fıkrasına aşağıdaki maddeler eklenmiştir. Bunlar:

- Birlikte çalışabilirlik
- Elektrikli araç
- Sadakat sözleşmesi
- Sertifika
- Şarj Ağı
- Şarj Ağı İşletmecisi
- Şarj hizmeti
- Şarj istasyonu
- Şarj İstasyonu İşletmecisi
- Serbest erişim platformu

4. EAŞİ' ye FOTOVOLTAİK PANEL ENTEGRE EDİLMESİ

Dünyada EA satışları 2021 yılında bir önceki yıla kıyasla ikiye katlamıştır ve yeni bir rekorla 6.6 milyona ulaşmıştır. Küresel tedarik zincirlerindeki gerilimlere rağmen, satışlar 2022 yılının içerisinde yükselmeye devam etmiştir ve 2022' nin ilk çeyreğinde dünya genelinde 2 milyon EA satılmıştır. Bu rakam bir önceki yılın aynı periyoduna göre $\frac{3}{4}$ oranında artmıştır. 2021 yılının sonundan itibaren dünyada, yollarda olan EA sayısı yaklaşık 16.5 milyondur ve 2018 yılına kıyasla 3 kat fazladır (International Energy Agency, 2022c).

Son yıllarda dünya genelinde konsept EA' lar kullanılmasına rağmen, etkili bir altyapıya güçlü derecede ihtiyaç vardır. Çünkü EA sayılarındaki yüksek artış güç şebekesinde elektriksel yük artışına sebep olacaktır. Ek olarak, lokasyonlarının yanı sıra EAŞİ sayısı elektrik kaynağı açısından müşteriyi memnun etmek için önemli olacaktır (Krim vd., 2021).

EAŞİ lokasyonlarında benzer zamanlarda farklı EA' ları şarj edebilen soket sayıları önemlidir. Şarj sayılarına bakıldığında 2021' de dünya genelinde halka açık şarj noktası sayısı 1.8 milyona ulaşmıştır. 2021' de yaklaşık olarak 500 000 şarj istasyonu kurulmuştur. Bu sayı 2017 ile kıyasında halka açık şarj istasyon sayısı daha fazladır. Halka açık şarj istasyon sayısı 2021' de %37 artış göstermiştir 2021' de hızlı şarj istasyon sayısı %43, yavaş şarj istasyon sayısı %46 artış göstermiştir (International Energy Agency, 2022b).

Elektrikli araçların çevreye olan faydası, yalnızca sıfır ya da düşük CO₂ emisyonlu enerji üretimiyle şarj edilmesi durumunda gerçekleştirilebilir. Tekrar tekrar şarj etme işlemi şebekeye yük olabilecektir. Bu dezavantajın üstesinden gelmek için şarj işleminden kaynaklanan ek yüklenme FV güç üretimi ile desteklenebilir (Krim vd., 2021). Elektrik üretiminde FV sistemler önemli bir kaynak olarak ele alınır. Ayrıca aşama aşama daha uygun fiyatlı olmaktadır. 10 adet fotovoltaik panelden oluşan bir güneş enerjisi tertibatı elektrikli aracın bataryasını şarj etmek için yeterli güç sağlayacaktır (Aggarwal, 2018).

EA şarjı için gerekli FV sistem güç altyapısı, FV sistemden üretilen enerjinin yerel olarak tüketimini artırabilir, bu durum sadece şebeke elektriğini kullanarak şarj eden şarj istasyonlarına bağıllığı azaltır ve direkt CO₂ emisyonunu azaltır (Zhou vd., 2020)

Bu yüzden FVEAŞİ tedarik etmek, EA' ların ve toplumun istikrarlı gelişimine katkıda bulunacaktır.

4.1. FV Entegreli EAŞİ için Sınıflandırma

4.1.1. Güneş Enerjili EA Şarj Sistemi

EA' yı güneş enerjisinden elektrik üreten fotovoltaik (FV) sistemden şarj etmek, araba bataryalarını yeniden şarj etmek için istikrarlı bir yol sunmaktadır. Fabrikalar, ofis binaları ve endüstri alanlarındaki çalışma çevreleri güneş enerjili EA şarjı için uygun yer olmaya olanak sağlamaktadır. Bu iş yeri binalarının ve araba otoparklarının çatıları fotovoltaik panellerin kurulumunun yapılması için kullanılabilir. Çatı alanlarına kurulacak olan FV sistem şebeke bağlantılı (on-grid) olarak çalıştırılıp, direkt bir şekilde EA' yı şarj etmek için depolama sistemlerine ihtiyaç duymadan kullanılabilir (Mouli vd., 2015).

EA şarjı için güneş enerjisi konusu, literatürde çok çeşitlidir ve gelişmiştir. Çünkü güneş enerjisinden elektrik üretimi mevcut şebekeye daha çok esneklik sağlamaktadır. Bu çeşitlilik arasında 'araç park halindeyken' EA' yı şarj etme prensibi oldukça yaygın bir sistemdir. Bu sistemde EA, genellikle şebeke ile entegreli FV sistem aracılığıyla şarj olmaktadır ve bunu yaparken EAŞİ kullananlar diğer aktivitelerine dahil olabilirler (Ashique vd., 2017; Khan vd., 2018).

Tulpule ve arkadaşları (2013) FV ile güçlendirilmiş EAŞİ'nin birkaç faydasını sıralamışlardır. Bunlar: EA gün ışığı boyunca şarj olurken şebeke elektriği kullanımı azaldığı için önemli maliyet kazançları kazanılmaktadır. Bununla kalmayıp çatısı olan araç parkı tesisleri EAŞİ' yi gün ışığı ve yağmurdan koruma sağlamaktadır. Bu durum çok sıcak iklim bölgelerinde çok faydalı bir durumdur. Bu faydalarından dolayı şebeke bağlantılı bağlı FV sistemler diğer yenilenebilir odaklı güç sistemlerinden daha avantajlıdır. Mali yönden değerlendirme yapan Bhatti ve arkadaşları (2016), şebekeden bağımsız FV sistemi, şebeke bağlantılı FV sistemi ve standart şebeke sistemi kullanılarak EA şarj etme çalışmasına katıldılar. Bu çalışmadaki karşılaştırmada şebeke bağlantılı FV sistemi, diğer şarj sistemleriyle karşılaştırıldığında daha kârlı çıkmıştır (Bhatti vd., 2016).

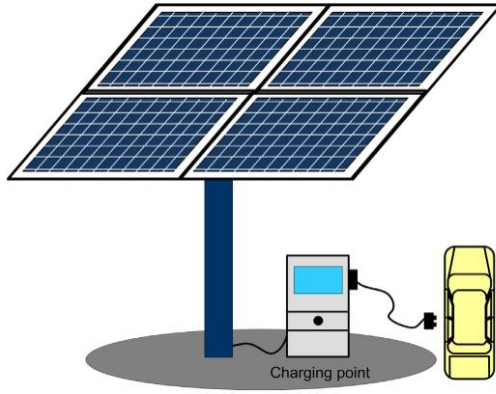
4.1.2. Şebeke Bağlantılı Çatı Üstü FV Sistemlerle EA Şarj Sistemleri

Binanın çatısına kurulu FV paneller şebekeye bağlı (on grid) güneş enerjili çatı sistemleri olarak adlandırılır. FV panelin çıkışı şebeke bağlantılı çevirici aracılığıyla dağıtım sistemine direkt bir şekilde bağlıdır. (Khan vd., 2018).

Bu sayede tüketiciler kendi şarj istasyonlarının yardımıyla ticari dağıtım şirketlerine elektrik kaynağı sağlayarak kendi elektriklerinde indirim alabilirler. Bu durumda aylık elektrik faturalarında gelir sağlayabilir (Ghosh vd., 2016).

4.1.3 Şebekeden Bağımsız EA Şarj Sistemleri

Şekil 22’ de otopark çatısına yerleştirilen FV panellerle enerji sağlanan şebekeden bağımsız çalışan EAŞİ gösterilmektedir.



Şekil 22. Otopark çatısına yerleştirilen FV panelli EAŞİ (Mwasilu vd., 2014).

Şebekeden bağımsız FV sistemlerle çalışan EAŞİ’de FV panellerin herhangi bir şebekeyle bağlantısı yoktur ve şebekeden bağımsız güneş enerji sistemi (off grid) olarak adlandırılır (Mueller ve Mueller, 2014).

Şebekeden bağımsız şarj istasyonları, fosil yakıt ve yenilenebilir kaynak gibi çeşitli enerji kaynaklarını tek tek kullanır ya da bölgesel olarak elektrik üretmek ve tüketmek için bu enerjilerin kombinasyonlarını kullanır. Bu sistemler enerji yedekleme parçalarına sahiptir. Örneğin batarya bankası, yakıt hücre sistemleri ve süperkapasitör gibi (Rituraj vd., 2022).

4.1.4. Hibrit EA Şarj Sistemleri

Hibrit EAŞİ şebeke bağlantılı ve şebekeden bağımsız FV sistemlerin arasındaki arabirim olmasının bir sonucudur. Bir başka deyişle şebekeden bağımsız şarj

istasyonları ayrıca şebekeye bağlanabilir. Bu yüzden hibrit sistemler hem bağımsız hem de şebekeye bağlı durumları yönetebilir. Bu sistemde elektrik üretim kaynağı şebeke elektriği, yenilenebilir kaynaklar ve fosil yakıtlar olabilmektedir. İhtiyaç fazlası güç şebekeye gönderilir ve diğer enerji kaynaklarından üretimin az olduğu zaman kesintisiz EA şarjı sağlamak gereken enerjiyi şebekeden çeker. Bu avantaj şebekeden bağımsız EAŞİ' de kullanılan devasa enerji depolama sistemleri kullanma gereksinimini azaltır ya da ortadan kaldırır. Bu şarj sistemi tamamen güvenilir olmayan şebeke elektriği sistemlerinde mevcuttur (Rituraj vd., 2022). Ayrıca bu sistemler batarya paketiyle beraber şebeke elektriğine bağlı olabilmektedirler. Normal olmayan şebeke şartlarında, referans voltajını ve frekansı şebekeye ihtiyaç duymadan yönetebilirler (Adithya, 2016).

4.1.5. Güneş Enerjili Otopark

EA' lar yaşamlarının çoğunu park edilmiş halde geçirirler. Dünya genelinde EAŞİ' nin %26' sı araç otopark yerlerinde bulunmaktadır. Eğer bu park yerlerinin çatıları FV sistemlere sahip olursa, bu durum EA şarjı için yenilikçi bir çözüm sunulabilir. Bu FV paneller farklı mekânlara kurulabilir. Bu mekânlar: iş yerleri, alışveriş merkezleri, restoranlar, süpermarketler, hoteller, hastaneler, havalimanları, benzin istasyonları vs. olabilir (Osório vd., 2021).

Güneş enerjisi üretimini EA şarjı ile birleştirmek bazı zorluklara sahip olabilir. Örneğin: güneş radyasyonunun değişiklik gösterebilmesi, park süresi, park etmiş her bir aracın şarj durumu ve elektrik fiyatları. Güneş enerjili EA otoparklarının faydalarını maksimuma çekmek için güneş enerjili FV sistemlerden elektrik üretimi ve EA şarj gereksinimleri mümkün olduğu kadar yakın bir şekilde eşleştirilmelidir (Osório vd., 2021). Bu durum iki yaklaşım sonucu yapılabilmektedir ve bu yaklaşımlar şu şekildedir (Figueiredo vd., 2017):

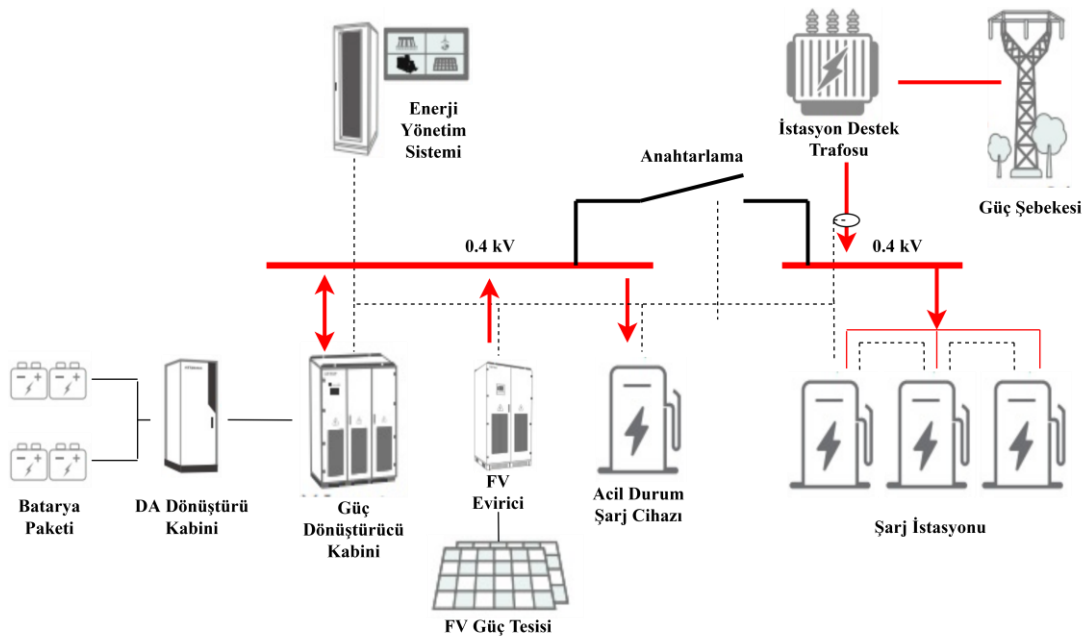
► *Kontrolsüz şarjlanma*: Basit bir yaklaşımdır. EA' nın park halinden sonra tamamen şarj olma durumunu içerir. Bu yöntem dağıtım sistemlerine teknik ve ekonomik zorluklar getirmektedir. Teknik açıdan bakıldığında birkaç probleme sebep olabilmektedir. Bu problemler: frekans ve gerilim salınımları, şebekenin aşırı yüklenmesi, güç kalitesini tehlikeye sokma ve güç sisteminde kararlılık sorunlarıdır. Ekonomik açıdan bakıldığında ise yetersiz üretim sevkiyatı ve verimlilik kayıpları ile sonuçlanabilir.

► Genel fonksiyonlara göre optimize edilmiş *kontrollü şarj* en uygun şarj çizelgelemesini başarmak için ve EA şarjının kontrolünü aktif etme yoluyla şarjın gücünü yönetmek için formüle edilmiştir.

4.2. FV Paneller Yapılan EAŞİ Uygulamaları

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla ortaya çıkan çok sayıda otopark örneği yapılmıştır. Bu örneklerden bazıları ülkemiz ve dünya genelinde Tablo 3'te gösterilmiştir. Bunlardan Bursa Teknik Üniversitesine yapılan EAŞİ'de hem FV sistem hem de rüzgar türbini kullanılarak elektrikli araç şarjı için gerekli enerji sağlanmıştır.

Bununla beraber FV sistemin içerisinde olduğu EAŞİ'lerin yapısı Şekil 23'te gösterilmiştir. Bu yapıları bir EA kullanmaya başladığı zaman, aynı zamanda EAŞİ'yi kullanan diğer aracın çalışmasını ya da otoparklarda diğer elektrikli şeylerin çalışmasını beklemektedir. Bunun için mevcut elektrikten güç almaya devam edebilmek için kontrol ve denge katmanları kullanılmaktadır. Yerel yük ve şarj yönetim sistemleri yani enerji yönetim sistemleri burada bu denge işini üstlenmiştir. Yerel yük yönetimi, şarj istasyonlarının birbiriyle konuşmasını ve her birine sabit bir akım vermesini sağlayarak şarj istasyonları aracılığıyla birden fazla elektrikli aracı şarj etmek için FV sistemin güç kapasitesini kullanmanıza olanak sağlamaktadır (EvoCharge, t.y.).



Şekil 23. FV sistemin dâhil edildiği elektrikli araç şarj istasyon yapısı

Tablo 3. FVEAŞİ için diğer özel ve küçük otopark örnekleri

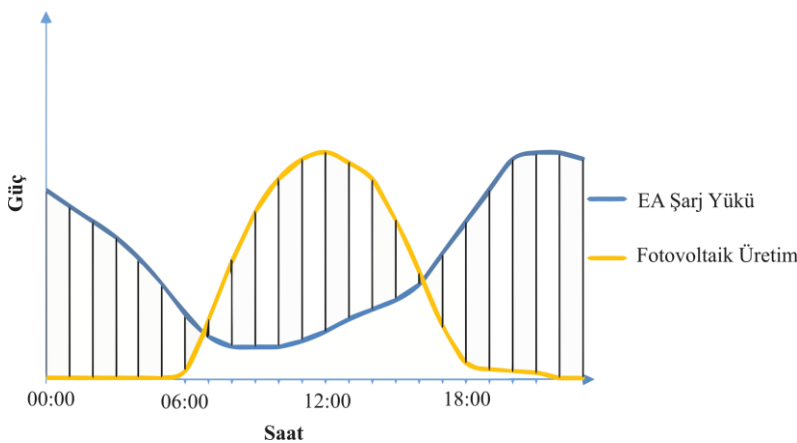
FVEAŞİ	FV Sistem	Şarj Modu	Enerji Depolama	Şarj Soket Sayısı	Bağlantı Türü
Fastned (International Energy Agency, 2021). 	4-8 kW	50 kW DA 175 kW DA	Yok	2- 4	Şebekeden Bağımsız
SEVOSunstation DC640 (Paired Power, t.y.). 	16.8 kW	Değişken, 16.8 kW DA	Yok	6	Şebekeden Bağımsız
SECAR E-port (SECAR, t.y.). 	3.78/5.67 kW	22 kW	Değişken	2	Şebekeyle Bağlantılı
TEMSAN (TEMSAN, 2023). 	5.4 kW	22 kW AA 43 kW AA 50 kW DA	Değişken	4	Şebekeyle Bağlantılı
Bursa Teknik Üniversitesi (Özçalık, 2022). 	5 kW	22 kW AA	Yok	2	Şebekeden Bağımsız

4.3. Çeşitli Açılardan Fayda Değerlendirmesi

Elektrikli araçların çevresel performansları güç sisteminden çektikleri talep gücüne bağlıdır. Çoğu güç sistemlerinde enerji tesislerinin üretim gece ve gündüz boyunca değişiklik göstermektedir. Örneğin gündüz süresince güneşten daha büyük pay ve gece boyunca fosil yakıt üretiminde daha büyük pay sergilenebilmektedir. Çevresel perspektiften bakıldığında, EA' lar için; fosil yakıtlardan yapılan üretiminin yüksek olduğu zamanlar şarj talebi minimize edilmeli ve yenilenebilir enerjiden üretilen elektriğin yüksek olduğu periyotlarda şarj edilmelidir. EA' lar tarafından yenilenebilir enerji kaynağından yapılan üretim periyotlarından elektrik tüketimini artırma potansiyeli oldukça yüksektir (Kasten vd., 2016).

Schuller ve arkadaşlarının (2015) yaptığı çalışmaya göre iki farklı sosyo-ekonomik duruma sahip grupların incelenmesiyle “yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen elektrik ne ölçüde şarj gereksinimlerini karşılamaktadır?” sorusu cevaplanmaya çalışılmıştır. Sonuçların gösterdiğine göre iki farklı yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı koordine olmayan şarja kıyasla iki kat fayda sağlamıştır.

EA şarjı için kullanılan FV üretim kullanımındaki artış için gündüzler elektrikli araç şarj etme fırsatları oluşturma ve stratejik bir şekilde şarj zamanlarını gecedan gündüze kaydırma oldukça önemlidir. Şekil 24'te tipik bir EA yük talep eğrisi ile FV sistemlerden yapılan üretimin taban tabana zıt olduğu görülmektedir. Buna göre EA' lar genelde akşamları şarj olmaktadır fakat FV sistemler gündüzleri elektrik enerjisi üretmektedir (Kasten vd., 2016; Uhlig vd., 2014).



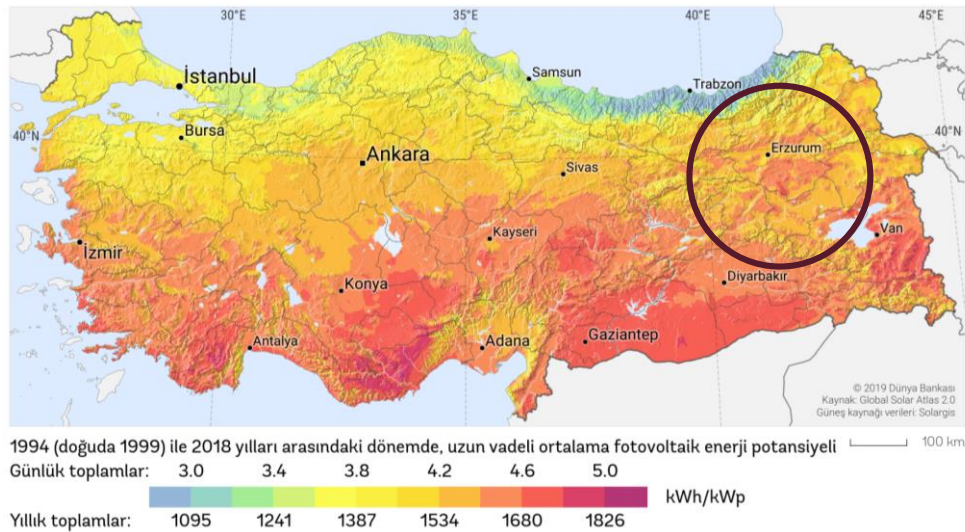
Şekil 24. FV üretim karakteristiği ve kümülatif EA şarj yükü karşılaştırması (Uhlig vd., 2014).

Portekiz için yapılan bir çalışmaya göre rüzgâr ve FV enerjisinin EAŞİ için muhtemel tamamlayıcılık oranları araştırılmış ve 2050 senaryosu açıklanmıştır. Model

sonuçlarına göre CO₂ emisyon hedefleri yalnızca EAŞİ' nin yüksek derecede FV sistem entegrasyonu; gündüzleri şarj olabilecek şarj altyapısı ihtiyacı, iş yerlerinin yakınında olması sonucu mümkün olabilmektedir (Nunes vd., 2015). Sonuç olarak yenilenebilir enerji kaynağından yapılan üretim periyotlarında şarjlanma önemli bir stratejidir. Bu durum, EA şarjı için gerekli güç talebinden kaynaklanan emisyon değerlerini minimize etmeye yarayabilir.

4.4. FVEAŞİ için Erzurum İlinin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Değerlendirilmesi

Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Erzurum ili, yaklaşık 40 kuzey paraleli ile 41 doğu meridyeni üzerinde bulunmaktadır. Erzurum ilinin yüz ölçümü 25.066 km² ve rakımı ortalama 1853 metredir. Erzurum yüzölçümü bakımından Türkiye' nin sırasıyla Konya, Sivas ve Ankara illerinden sonra 4. büyük ili konumundadır. Erzurum'da güneş ışınlarının yıl içindeki geliş açıları ve güneşlenme süresi, yılın belli tarihlerinde değişmektedir (Erzurum İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, t.y). Meteorolojik verilere göre Erzurum ve ilçelerinde günlük normal ortalama güneşlenme süresi 7.17 saat kadardır. Şekil 27(b)' deki ortalama güneşlenme süresinin aylara göre seyri incelendiğinde, en kısa olduğu devrenin 3.85 saat ile Ocak-Aralık ayları olduğu anlaşılmaktadır. En uzun olduğu devre ise 10.30 saat Temmuz ve 9.91 saat ile Ağustos aylarıdır (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, t.y.).



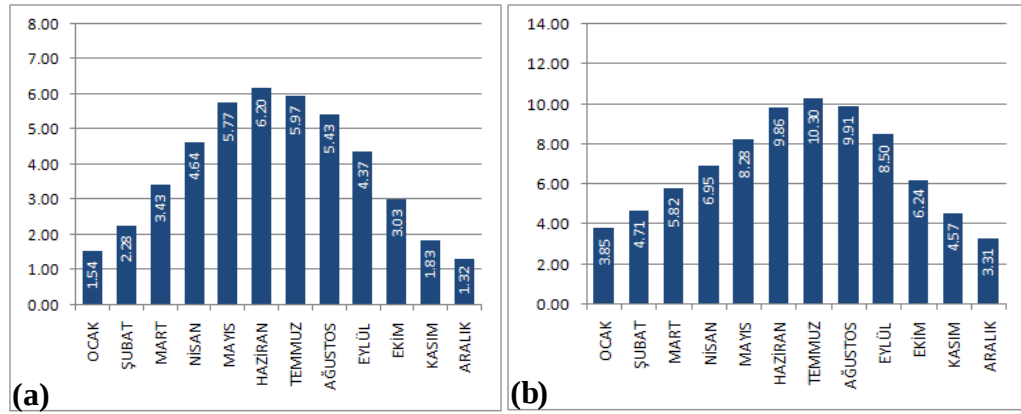
Şekil 25. Türkiye ve Erzurum ili güneş enerji potansiyeli (SOLARGIS, 2022a).



Şekil 26. Almanya güneş enerji potansiyeli haritası (SOLARGIS, 2022b).

Erzurum ili metrekarede yıllık ortalama 1700 kWh, günlük 4.63kWh güneş radyasyonu değerlerine ve günlük ortalama 7 saatin üzerinde güneşlenme süresine sahiptir. Deniz seviyesinden yüksek olduğu için düşük yoğunluktaki havası güneş ışınları üzerine olumsuz etkisi azdır. Yıllık ortalama sıcaklığın düşük olduğu şehirde FV panellerin daha uzun süre daha verimli çalışması sağlanır (Eltas , 2020).

Şekil 25’ ten görüleceği üzere, Erzurum ilinin güneş enerji potansiyel değerleri 1600-1700 kWh değerleri arasındadır. Şekil 26’dan anlaşılacağı üzere Avrupa’ nın güneş enerjisinden elektrik üretiminde lider ülkesi Almanya’ nın güneş enerjisi potansiyeli 1000-1200 kWh değerleri arasındadır. Bu durumun karşılaştırması yapıldığı takdirde Erzurum ilinde FV yatırımların yapılması uzun vadede avantajlı olacaktır.



Şekil 27. (a) Erzurum ili radyasyon değerleri kWh/m²-gün ve (b) Erzurum ili aylık güneşlenme süreleri (Ay-Saat)(Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, t.y.).

5. MATERYAL ve METHOT

5.1. Veri Toplama

Türkiye’deki akaryakıt istasyonlarının konumları üzerinde doğrudan ulaşılabilen bir veri bulunmamaktadır. Bu bilginin yanı sıra binaların, istasyonların çatı alanlarının alan hesabı üzerinde de ayrıca veri bilgisine rastanılmamaktadır. Bu çalışmada Google haritalar, akaryakıt istasyonları ve çatısı bulunan kapalı otopark alanlarının konumlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bununla birlikte Google Earth programı kullanılarak bulunan konumların tek tek harita üzerinde çatı alan hesabı yapılmıştır.

Varsayım ve Limitler:

► Akaryakıt istasyonlarının iki farklı çatısı olduğundan istasyonların ilk çatı alanları (istasyon çatısı) düz olduğu kesindir. Fakat ikinci çatı alanları (işletme bina çatısı) için herhangi bir TÜİK verisi veya ek bir bilgi olmadığından bina çatı alanları Google Earth programından çatı alanına göre düz veya yassı olarak belirlenmiştir. İşlem kolaylığı açısından işletme bina çatısı olanlar düz olarak kabul edilmiştir. Burada kabul olarak alınmasının sebebi herhangi bir veri olmaması ve Google Earth programından net olarak çatı alanının tam olarak belirlenememesidir. Ayrıca işletme bina çatısı olan bazı istasyonların bina çatılarının tam ayırt edilememesi nedeniyle alan hesabı sadece istasyon çatısı için yapılmıştır. Aziziye otoparkı ve akaryakıt istasyonu çatı alanları düz, Cedit otoparkı çatı alanı yassıdır.

► Erzurum şehir merkezinde yani Yakutiye merkez ilçesinde bulunan bütün akaryakıt istasyonları Google Haritalar üzerinde tam olarak gösterilmediği için tek tek yerleri belirlenmiş ve akaryakıt istasyonu ve otopark olarak gösterilmeyen yerlerin konumları tek tek bir Map Maker uygulamasına istasyon ve otopark koordinatları gömülerek tek bir harita üzerinde gösterimi yapılmıştır.

► Google Earth üzerinde belirlenen istasyon çatısı ve işletme bina çatısı alan hesapları net bir toplam olarak Ek 7’de ayrı bir sütunda gösterilmiştir.

► Burada daha çok güneş paneli yerleştirebilmek amacıyla çatı alanı en büyük olan akaryakıt istasyonu ve çatısı bulunan kapalı otoparkların üzerinden işlem yapılmıştır.

► Koordinatları verilen akaryakıt istasyonu içinden seçilen koordinatlar şu şekildedir:

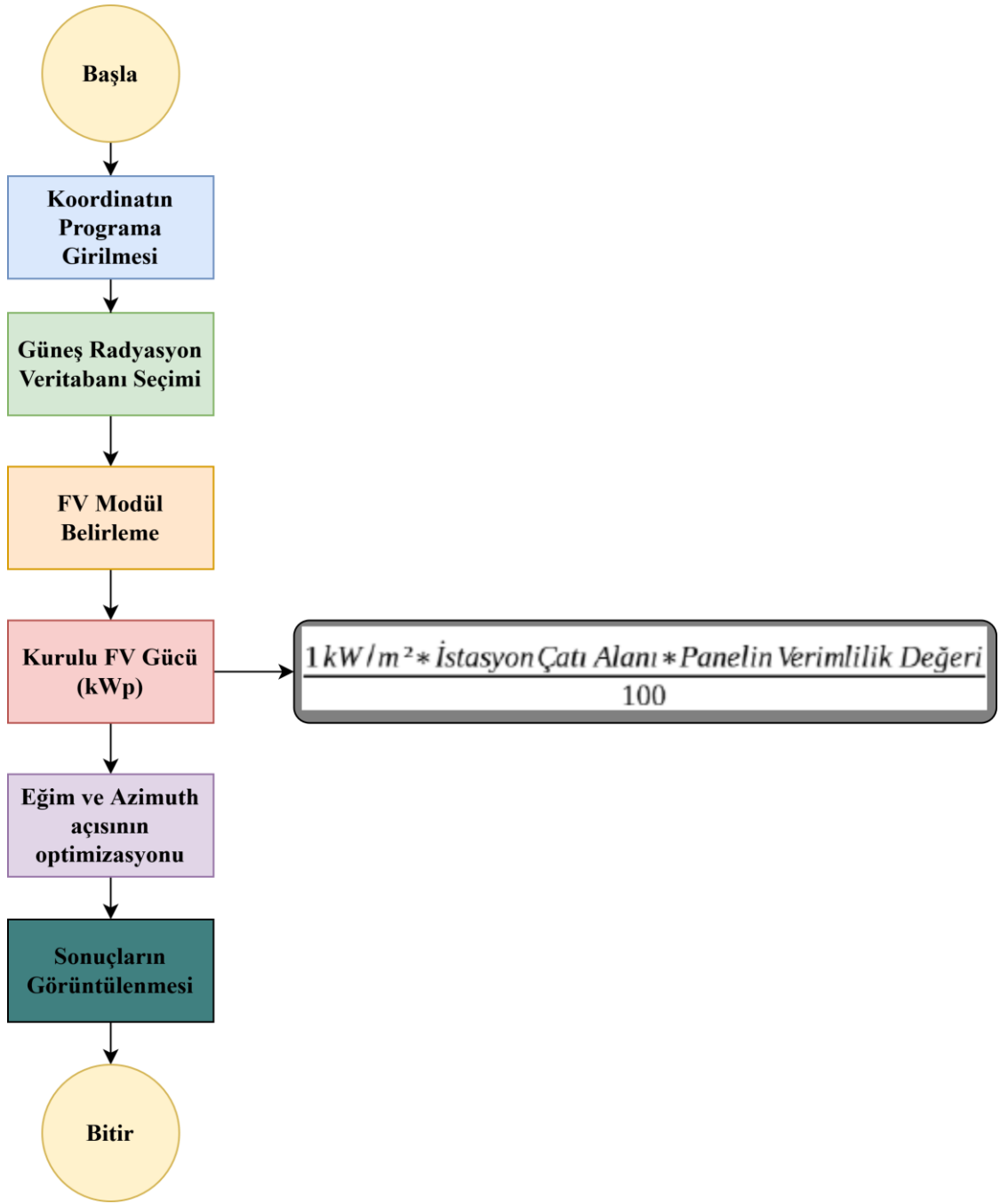
- 1.Akaryakıt İstasyonu (#47): 39.867584052965604, 41.24339272370719
- 2.Aziziye Otoparkı (#51): 39.903976574719955, 41.26098031483015
- 3.Cedit Otoparkı (#52): 39.90968438627596, 41.27828115108512

► Helioscope programının sağladığı güneş radyasyon verisi bir başka uygulama olan PVGIS programının aynı koordinatlar için yani Erzurum/Yakutiye güneş radyasyon verisi herhangi bir gün seçilerek ve aylık olarak karşılaştırılmıştır.

► Bütün istasyonların çatılarına ELNSM72M-HC-HV mono-si panel kurulumu yapılacağı varsayımıyla, Ek 7’de, koordinatları hesaplanan istasyonların toplam çatı alanlarında yıllık yapılacak üretim hesaplanmıştır. Burada yaklaşık güç üretim değeri PVGIS üzerinden her istasyon için yapılmıştır. Bu hesaplama istasyonların toplam çatı alanlarına göre yapılmıştır. FV üretim için gerekli kWp değeri hesabı için Eşitlik 1’de verilen denklem kullanılmıştır (European Commission, 2022):

$$(kWp) = \frac{1 \text{ kW/m}^2 * \text{İstasyon Çatı Alanı} * \text{Panelin Verimlilik Değeri}}{100} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Sistem kaybı sabit olarak %14 alınmıştır. Azimuth ve eğim açı değerleri ise PVGIS programı ile optimize edilmiştir. PVGIS kullanarak toplam çatı alanı için hesaplanan FV enerji hesabında kullanılan yaklaşım Şekil 28’deki gösterildiği gibidir.



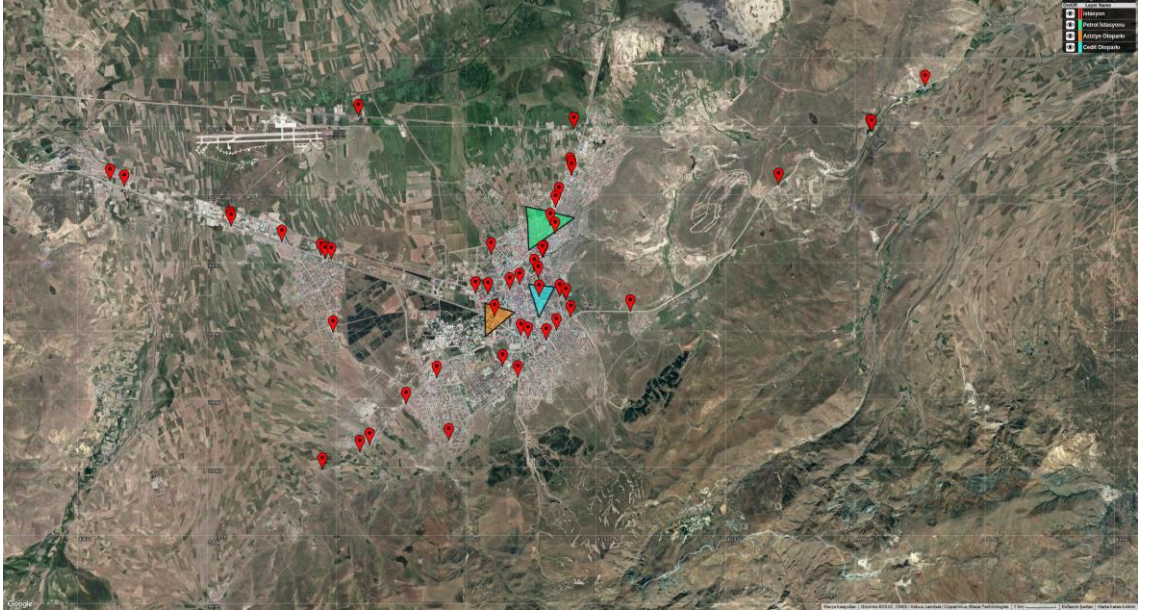
Şekil 28. PVGIS programıyla yapılan hesaplamaların akış şeması



Şekil 29. Akaryakıt istasyonu ve kapalı otoparklar

Erzurum’da bulunan en büyük çatı alanına sahip akaryakıt istasyonu Şekil 29’ da gösterilmiştir. Ayrıca çatı imkânı bulunan kapalı otoparklar (#51, #52) Şekil 29’da gösterilmiştir.

Şekil 30’ da Erzurum ili Yakutiye ilçesindeki akaryakıt istasyonlarının ve kapalı otoparkların koordinatları MapMaker uygulamasında girdi olarak kullanıldığı durumda toplu bir şekilde haritalandırma yapılmıştır. Şekil 30’da FV sistem kurulumu yapılan alanların konumları üçgen içine alınarak harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 30. Erzurum/Yakutiye akaryakıt istasyonları ve kapalı otoparklar

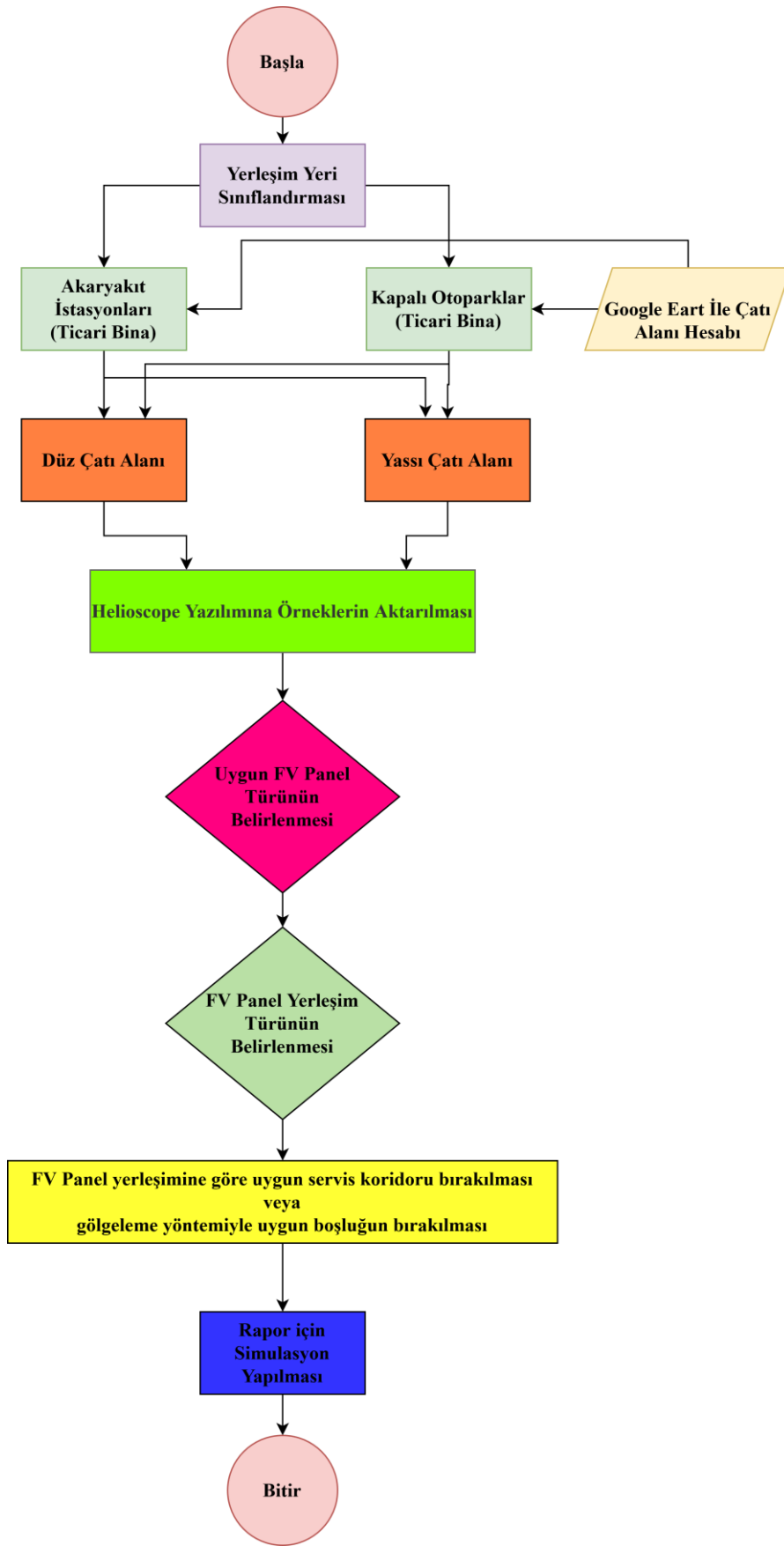
5.2. Helioscope Uygulaması

Çatı alanları belirlenen akaryakıt istasyonları ve kapalı otoparklar içerisinde en büyük çatı alanına sahip petrol istasyonu ve kapalı otoparkların çatısına güneş paneli yani FV panel kurulumu gerçekleştirip simule ederek, çatılarında üretilebilecek FV enerji hesabı Helioscope programı kullanılarak yapılmıştır. Bu program gerçeğe en yakın sonuçlar ürettiği için seçilmiştir (Özden vd., 2020). Tablo 4’te Helioscope üzerinde kurulumu yapılan panel türleri, panel yerleşim yönü ve kurulumun tilt açısı verilmiştir. Helioscope yazılımında 3 tür modül bulunmaktadır. Bunlar: Mono-Si(M), Poly-Si(P), Biafacial(B) türlerindeki FV modüllerdir. Bu tez kapsamında tesislerin çatılarına kurulumu yapılan FV panel modül türü olarak bu üç model de kullanılmıştır.

Tablo 4. FV panel kurulumu yapılan tesislerin özellikleri

#	Panel Türü	Panel Yerleşimi Yönü	Tilt Açısı(°)
7	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30
10	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30
12	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30
13	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30
22	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30
32	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30
7	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30
47	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30-20
51	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30-20
52	M-B-P	Doğu-Batı Güney	10 30-20

Helioscope programının bu tez kapsamında kullanımının akış diyagramı Şekil 31’de gösterildiği gibidir. Burada doğu-batı(D-B) ve güneye yönlendirilen paneller her çatı için ayrı ayrı yapılmıştır.



Şekil 31. Helioscope programının kullanımın akış şeması

5.2.1. FV Panellerin Yassı Çatı Alanlarına Uygulanması

Poly-Si, Mono-Si, Bifacial paneller hem dikey hem yatay olacak şekilde maksimum verim almak amacıyla konumlandırılmıştır. Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7’de sırasıyla kullanılan Poly-Si, Mono-Si, Bifacial FV panel modül türlerinin özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 5. Poly-Silisyum Trina Solar PD14-320 panel modül özellikleri

Özellikler	Veri
FV Panel Modeli	TSM-PD14 320
Güç	320.0 W
Hücre Sayısı	72
Boyutlar	0.992 m x 1.960 m
Panel Alanı	1.94 m ²
Modül Verimi (SolarDesignTool, t.y.)	%16.46

Tablo 6. ELNSM72M-HC-HV mono-si panel modül özellikleri

Özellikler	Veri
FV Panel Modeli	ELNSM72M-HC-HV
Güç	450.0 W
Hücre Sayısı	144
Boyutlar	1.038 m x 2.094 m
Panel Alanı	2.17 m ²
Modül Verimi (SIRIUS, t.y)	%20.7

Tablo 7. HT60-18X-450 bifacial panel modül özellikleri

Özellikler	Veri
FV Panel Modeli	HT60-18X-450
Güç	450.0 W
Hücre Sayısı	120
Boyutlar	1.133 m x 1.908 m
Panel Alanı	2.16 m ²
Modül Verimi (HT-SAAE, t.y.)	%21.3

Helioscope programında yapılan tasarıma ait aşamalar aşağıda sıralanmıştır (HelioScope, 2020):

- Yassı çatının her yüzü için ayrı ayrı alan segmenti seçilmiştir.
- Raflar gömme montaj rafı (flush Mount racking) seçilmiştir.
- Azimuth açısını farklı olarak her segment için Helioscope programı belirlemiştir.
- Yassı çatılarda tilt açısı çatı eğimli olduğu için çatı eğim derecesinde alınmıştır. Bu da Erzurum Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliğinde %33 olarak belirlenmiştir. Bu yüzdelik dilimden dereceye geçmek için Eşitlik 2’deki trigonometrik ifadenin sonucuyla 18.6°’ye karşılık gelmektedir. Bundan dolayı yassı çatı alanlarındaki tilt açısı 18.6° alınmıştır.

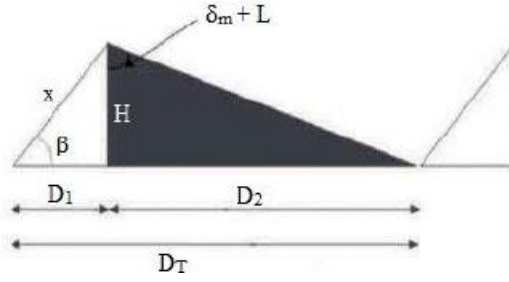
$$\text{Arctan}0.33 = 18.6$$

(Eşitlik 2)

- Paneller hem dikey olarak hem de yatay olarak konumlandırılmıştır.
- Panel dizileri arasında servis boşluğu 40 cm bırakılmıştır.
- Panel rafları gömme montaj seçildiği için panel sütunları arasındaki boşluk 0 m olarak belirlenmiştir ve modüller arası boşluk herhangi bir uyumsuzluk olmasın diye 0.1 m olarak belirlenmiştir.
- Çatıdaki engeller Helioscope programının sağladığı “setback” seçeneğiyle düzlemsel olarak kaldırılmıştır ve gölgelenmeler kabaca kırılarak maksimum panel için en uygun hale getirilmiştir.
- Panel yerleşimi en fazla panel sayısı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.
- Modüllerin gölge kesme durumlarını Helioscope belirlemiştir.
- Hava durumu veri seti Meteonorm olarak otomatik seçilidir.
- Helioscope inverter seçimini otomatik olarak uygulamaktadır.

5.2.2. Panel Dizileri Arasındaki Boşluk Hesabı

Çatı alanlarını etkili bir şekilde kullanmak için panel dizileri arasındaki boşluğun optimum ne kadar olması gerektiği hesaplanmalıdır. Bu boşluk hesabı ayrıca panel dizilerinin birbirleri üzerine düşecek gölgelenme etkilerini ortadan kaldırmak ve maksimum güç üretimi sağlamak için son derece önemlidir. Bu yüzden iki panel arası en iyi boşluk mesafesini hesaplamak için üçgensel gölgeleme metodu kullanılmıştır (Karaveli, 2014). Şekil 32’ de bir FV panelin şematik gösterimi yapılmıştır. Bu şekilde “X, panelin uzunluğudur.”, “H, panelin konulduğu zaman zemine dik uzaklığıdır.”



Şekil 32. Panel dizileri arasındaki Optimum Boşluk için Üçgensel Gölgeleme Metodu (Karaveli, 2014).

$$D_1 = X * \cos\beta \quad (\text{Eşitlik 3})$$

$$H = X * \sin\beta \quad (\text{Eşitlik 4})$$

$$D_2 = H * \tan(\delta_m + L) \quad (\text{Eşitlik 5})$$

$$D_T = D_1 + D_2 \quad (\text{Eşitlik 6})$$

β optimum tilt açısıdır, δ_m Güneş deklinasyon açısıdır, L Erzurum ili irtifa derecesidir. Erzurum ili için optimum tilt açısı 30° 'dir (Gönül, 2018). Tablo 8' de Eşitlik 3, Eşitlik 4, Eşitlik 5, Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanan FV paneller arası boşluk hesabının yapıldığını göstermektedir. Ayrıca üretilen gücün değişkenliğini görebilmek amacıyla 20° tilt açısıyla da kurulumlar yapılmıştır ve bu açı için gerekli boşluk hesabı da ayrıca yapılmıştır.

Tablo 8. FV paneller arası boşluk hesabı

Değer	Veri	Değer	Veri	Değer	Veri
β	30°	$D_1(\text{mm})$	1693.8	$\delta_m + L$	63.38°
$\cos\beta$	0.866	δ_m	23.45°	$\tan(\delta_m + L)$	1.99
$\sin\beta$	0.5	L	39.93°	$D_2(\text{mm})$	1946.2
$X(\text{mm})$	1960	$H(\text{mm})$	978	$D_T(\text{mm})$	3640
				$D_T(\text{m})$	3.640

Tablo 8' da da gösterildiği üzere değinilen method ile yapılan hesaplamalar sonucunda iki modül arasındaki değer(D_T) 3.6 m olarak bulunmuştur. Tablo 9,10,11' de bütün panel türleri için boşluk hesaplamalarının değerleri gösterilmiştir.

Tablo 9. Poly-Silisyum Trina Solar PD14-320 panel boşluk hesabı

								Tan		Dr
β	$\cos\beta$	X	D_1	δ_m	L	H	$\delta_m + L$	(δ_m+L)	D_2	(m)
30	0.866	1960	1693.8	23.45	39.93	978	63.38	1.99	1946.2	3.64
20	0.939	1960	1836.6	23.45	39.93	669	63.38	1.99	1331.3	3.1

Tablo 10. ELNSM72M-HC-HV mono-si panel boşluk hesabı

								Tan		Dr
β	$\cos\beta$	X	D_1	δ_m	L	H	$\delta_m + L$	(δ_m+L)	D_2	(m)
30	0.866	2094	1816	23.45	39.93	1047	63.38	1.99	2083.5	3.9
20	0.939	2094	1966.2	23.45	39.93	716.2	63.38	1.99	1425.2	3.4

Tablo 11. HT60-18X-450 bifacial panel panel boşluk hesabı

								Tan		Dr
β	$\cos\beta$	X	D_1	δ_m	L	H	$\delta_m + L$	(δ_m+L)	D_2	(m)
30	0.866	1908	1652.3	23.45	39.93	954	63.38	1.99	1898.4	3.5
20	0.939	1908	1791.6	23.45	39.93	652.5	63.38	1.99	1298.6	3

5.2.3. FV Panellerin Düz Çatı Alanlarına Uygulanması

Düz çatı alanlarında:

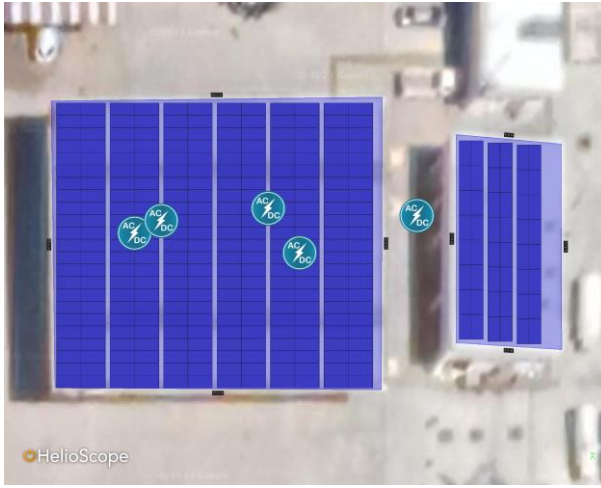
- Panel raf düzenlemesi için düzeltilmiş raf (fixed tilt racking) seçeneği seçilmiştir. Tilt açısı da 30° olarak seçilmiştir (bu seçenek Erzurum için en iyi panel konumlandırma açısıdır). Ayrıca 20°' lik tilt açısıyla konumlandırma yapılarak en iyi üretimin olduğu panel tilt açısı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu 30° ve 20° tilt açısıyla kurulumlar güneye yönlendirilmiş paneller üzerinde uygulanmıştır.
- Düz çatı alanlarına panel konumlandırması olarak güney ve doğu-batı yönelimli olmak üzere iki farklı kurulum yapılmaya çalışılmıştır.
- Doğru-batı doğrultusunda panellerin birbiri üzerine gölgesinin düşmemesi üzerine panel boşluk hesabının yapılmasına gerek kalmamıştır. Bu doğu-batı yöneliminde paneller arasında servis koridoru bırakılması gerekmektedir. Bu çalışmada doğu-batı yönelimli paneller arasında servis koridoru 40 cm olarak bırakılmıştır.

- Doğu-batı yönelimli panel kurulumunda tilt açısının belirlenmesinde 3 farklı çalışmada kullanılan açı değerleri (10° (Yang vd., 2020), 11° (Alkan ve Ateş, 2020), 7° (Khatib ve Deria, 2022)) denenerek en fazla üretimin yapıldığı tilt açış değeri doğu-batı yönelimli FV panel kurulumunda belirlenmiştir. Yapılan benzetimlerde doğu-batı yönelimli panel kurulumunda 10° tilt açısı diğer açılardaki kurulumlara göre daha fazla enerji üretimi sağladığı için bu tezde, bu açı değeri kullanılmıştır.
- Her çatı için Azimuth açısını farklı farklı olarak Helioscope programı otomatik olarak belirlemiştir.
- Panel yerleşimi, en çok paneli yerleşimi yapılacak şekilde dikey ya da yatay seçilmiştir.
- Paneller uygulamada bütün hepsinde aynı olduğu için yani boyutları değişmediği için panel arasındaki boşluklar Tablo 9, Tablo 10 ve Tablo 11’ de hesaplandığı gibi alınmıştır.
- Çatıdaki engeller Helioscope programının sağladığı “setback” seçeneğiyle düzlemsel olarak kaldırılmıştır ve gölgelenmeler kabaca kırılarak maksimum panel için en uygun hale getirilmiştir.
- Modüllerin gölge kesme durumları Helioscope tarafından otomatik olarak belirlenmiştir.
- Hava durumu veri seti Meteonorm olarak otomatik seçilidir.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1. #47 Numaralı Akaryakıt istasyonu için Tasarım ve Bulgular

Bu uygulamada FV panel kurulumu akaryakıt istasyon kendisi ve bağlı bulunduğu binanın çatısı için ayrı ayrı yapılmıştır. Yıllık üretim verisi için Helioscope tarafından sağlanan veriler aşağıdaki gibidir. Şekil 33'te #47 numaralı akaryakıt istasyonunun işletme bina çatısı ve işletme çatısına kurulumu yapılan FV modüllerin şeması gösterilmiştir. Burada kurulumu yapılan mono-si panel ve doğu-batı yönelimi diğer istasyon üretimlerinin yıllık üretimin en fazla olduğu kurulumdur.



Şekil 33. #47 numaralı Akaryakıt istasyonu çatısı için mono-si FV panel uygulaması

Tablo 12' de #47 numaralı akaryakıt istasyonuna yapılan FV sistemin üretim sonuçları aylık olarak gösterilmiştir ve genel bir toplam olarak yazılmıştır. Ayrıca burada aylık olarak PVGIS ve Helioscope'dan alınan güneş radyasyon verileri de karşılaştırmalı olarak bu tabloda verilmiştir. Bu tabloda belirtilen Global Horizontal Irradiance(GHI), belirli bir zamanda düz zemine gelen mevcut güneş ışığının toplam miktarını temsil etmektedir. Toplam değer güneş ışığının zemine doğrudan gelen ve zeminden yayılan bileşenlerini birlikte içermektedir (HelioScope, 2022).

Tablo 12. #47 numaralı Akaryakıt istasyonu aylık enerji üretim verisi

Ay	Helioscope GHI (kWh/m²)	PVGIS GHI (kWh/m²)	Toplam Üretilen Enerji (kWh)
Ocak	63.0	73.2	8109.7
Şubat	78.1	92.6	10100
Mart	119.8	112.9	15354.6
Nisan	148.1	135.5	18595.4
Mayıs	170.8	164.9	20946.9
Haziran	188.2	197.9	22546.4
Temmuz	198.1	215.8	23420.7
Ağustos	194.2	210.9	23008.8
Eylül	149.1	189.8	17799.2
Ekim	102.9	142.9	12556.7
Kasım	58.6	102.3	7266.1
Aralık	48.3	67.0	6058.6

Tablo 13'te #47 numaralı akaryakıt istasyonu için kurulumu yapılan FV sistemin üretim değerlerine bakıldığında panel alanının %20'sinin kullanılabilir alana denk geldiği söylenebilir.

Tablo 13. #47 numaralı için FV panellerle yapılan üretim değerleri ve çatı alanının kullanım oranı

İstasyon No	Kurulu Güç (kW)	Yıllık Üretim (MWh)	Performans Oranı (%)	Panel Konum	Modül Alanı (m²)	Kullanılabilir Alan	Oran	Modül Sayısı
#47	145.8	185.8	84.2	D-B	686.8	140.17	20	324

Şekil 34’ te #47 numaralı akaryakıt istasyonu için kurulan panellerin çeşitli değerleri gösterilmiştir.

Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	East-West	Portrait (Vertical)	10°	180°	0.4 m	1x1	138	276	124.2 kW
Field Segment 2	East-West	Landscape (Horizontal)	10°	180°	0.4 m	1x1	24	48	21.6 kW

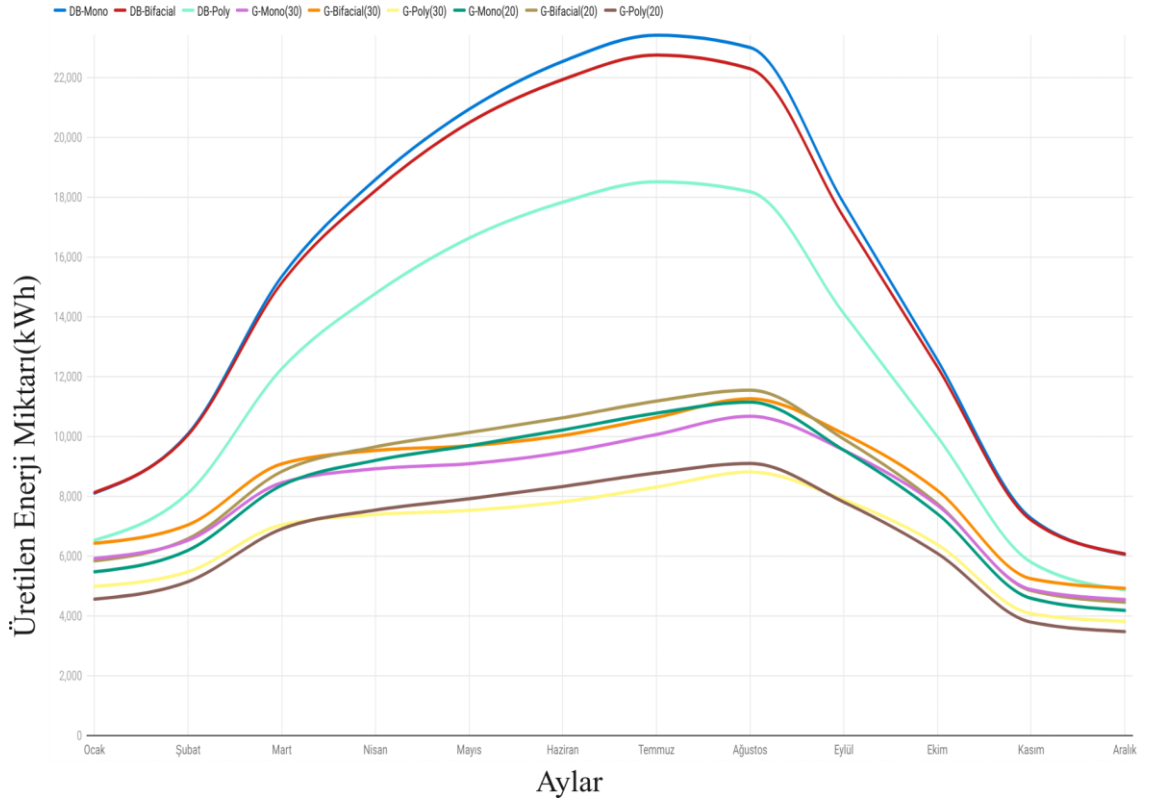
Şekil 34. #47 numaralı istasyon için Helioscope programında yapılan FV sistem tasarım parametreleri

Şekil 35’te görüldüğü üzere yaz aylarında FV sistemden üretilen enerji miktarı artmıştır; fakat kış aylarında üretilen enerji miktarında azalma oluşmuştur.



Şekil 35. #47 numaralı istasyondan aylık üretilen enerji

Şekil 36’ ya göre doğu-batı yönelimi, güney yönelimi yapılan panellere göre daha fazla enerji üretimi gerçekleştiği ve bununla beraber bunların içinden mono-si panel türünden üretilen enerjinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

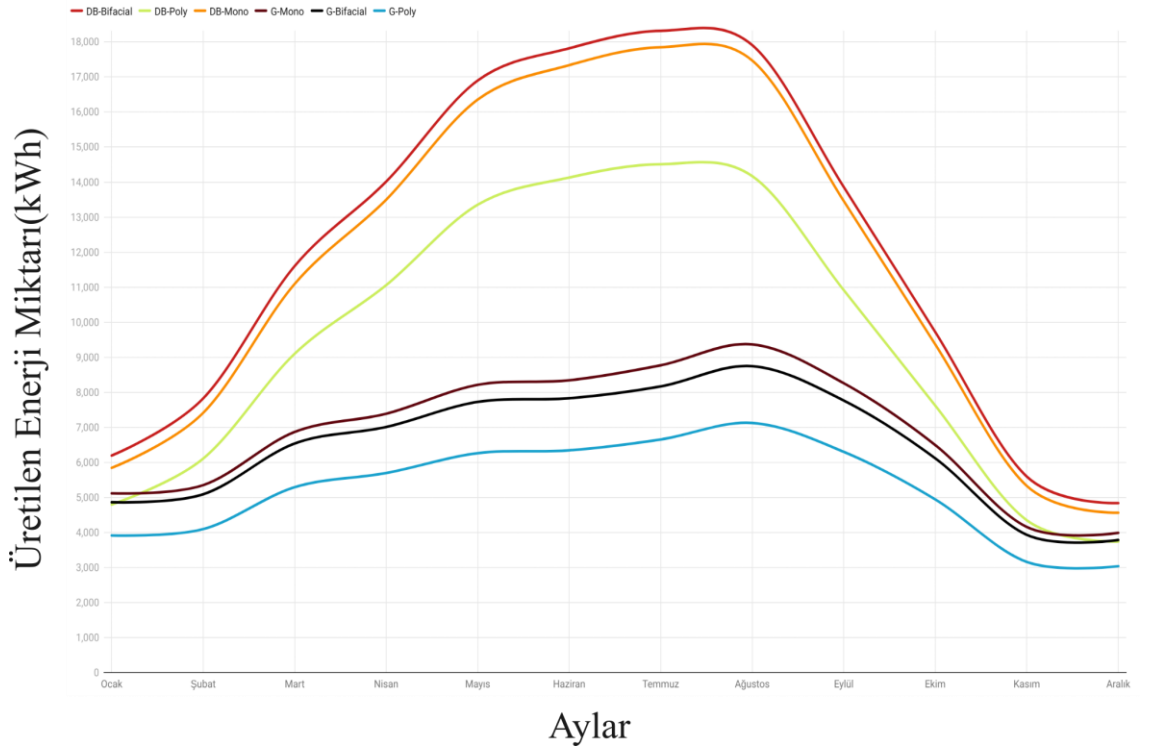


Şekil 36. #47 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği

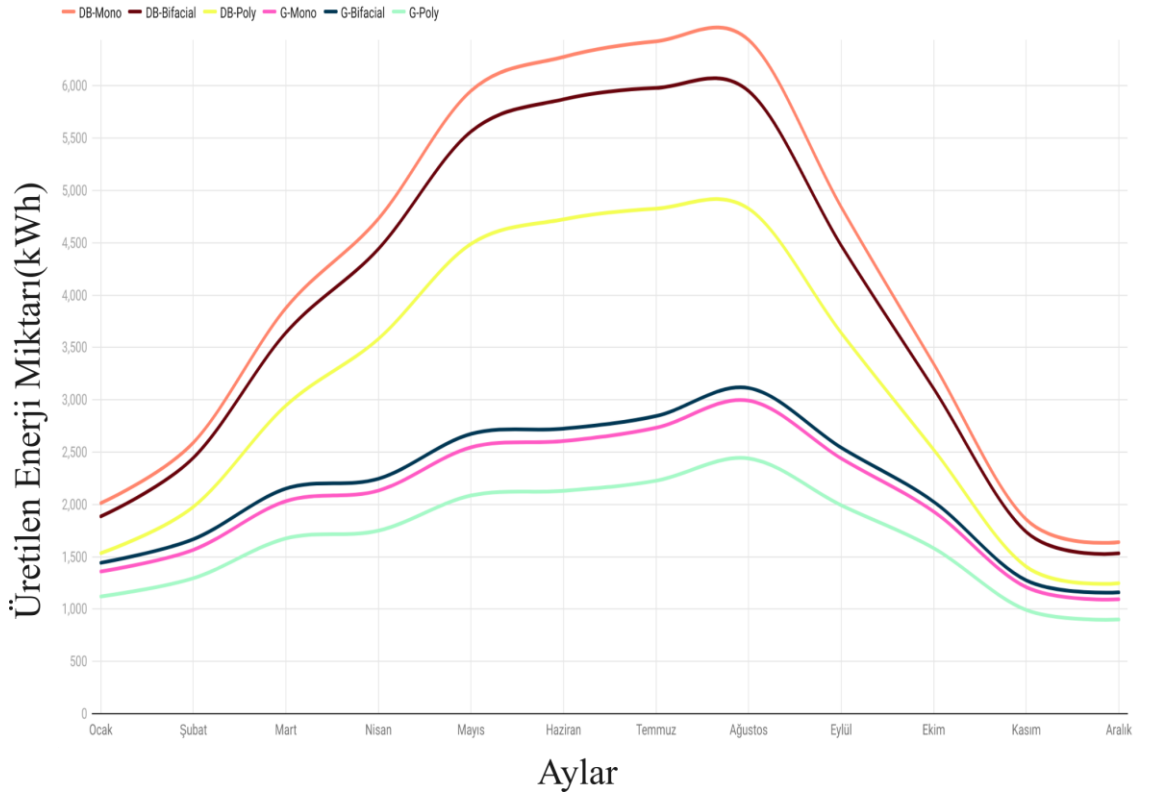
6.2. Diğer Akaryakıt İstasyonları İçin Tasarım ve Bulgular

Tablo 16’da bahsedilen akaryakıt istasyonlarının çatılarına doğu-batı yönlü 3 farklı modül türüne göre kurulum yapılmıştır. Ayrıca güney yönlü olarak da 3 farklı modül türüne göre kurulumlar yapılarak hangi modül ve kurulum türünden en fazla FV enerji elde edilmeye çalışıldığı tespit edilmiştir.

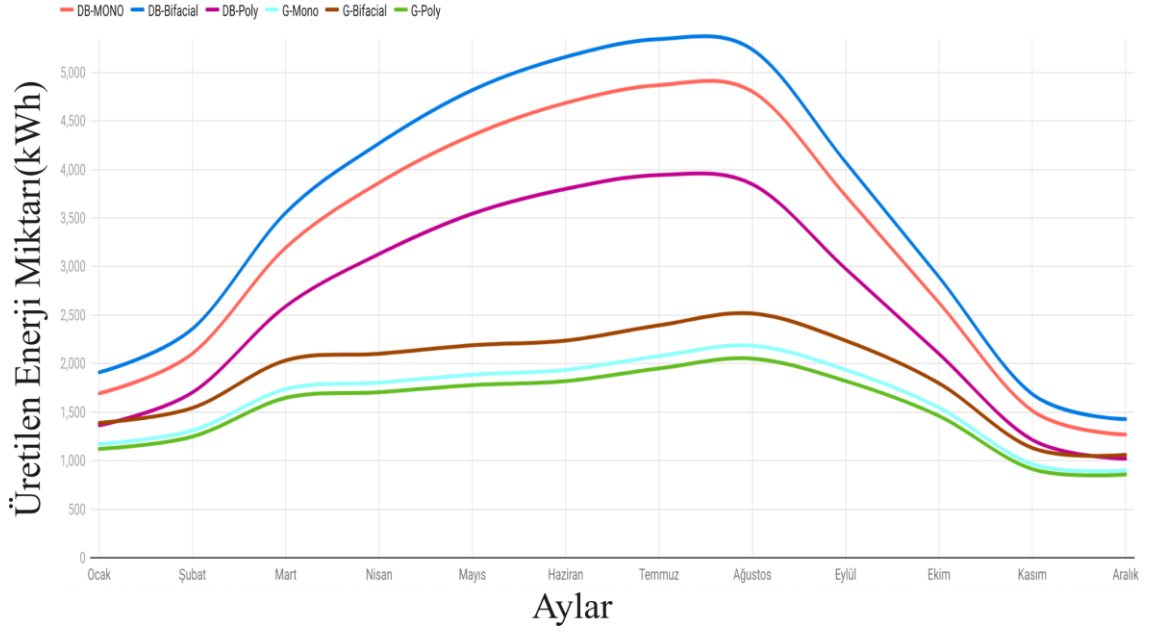
Şekil 37’ den görüleceği üzere #7 numaralı istasyon için FV kurulum türlerinden en yüksek enerji üretimi doğu-batı yönünde bifacial panel türünden elde edilmiştir. Şekil 38’den görüleceği üzere #10 numaralı akaryakıt istasyonunda en fazla üretim doğu-batı yönünde mono-si panel türünden elde edilmiştir. Şekil 39’dan görüleceği üzere #12 numaralı istasyon için doğu-batı bifacial, Şekil 40’tan görüleceği üzere #13 numaralı istasyon için doğu-batı mono-si, Şekil 41’den görüleceği üzere #22 numaralı istasyon için doğu-batı mono, Şekil 42’den görüleceği üzere #32 istasyon için doğu-batı mono-si, Şekil 43’ten görüleceği üzere #38 istasyonu için doğu-batı bifacial panel türlerinden en yüksek üretimler elde edilmiştir. Burada güney yönlü kurulumlarda 30° tilt açısı kullanılmıştır.



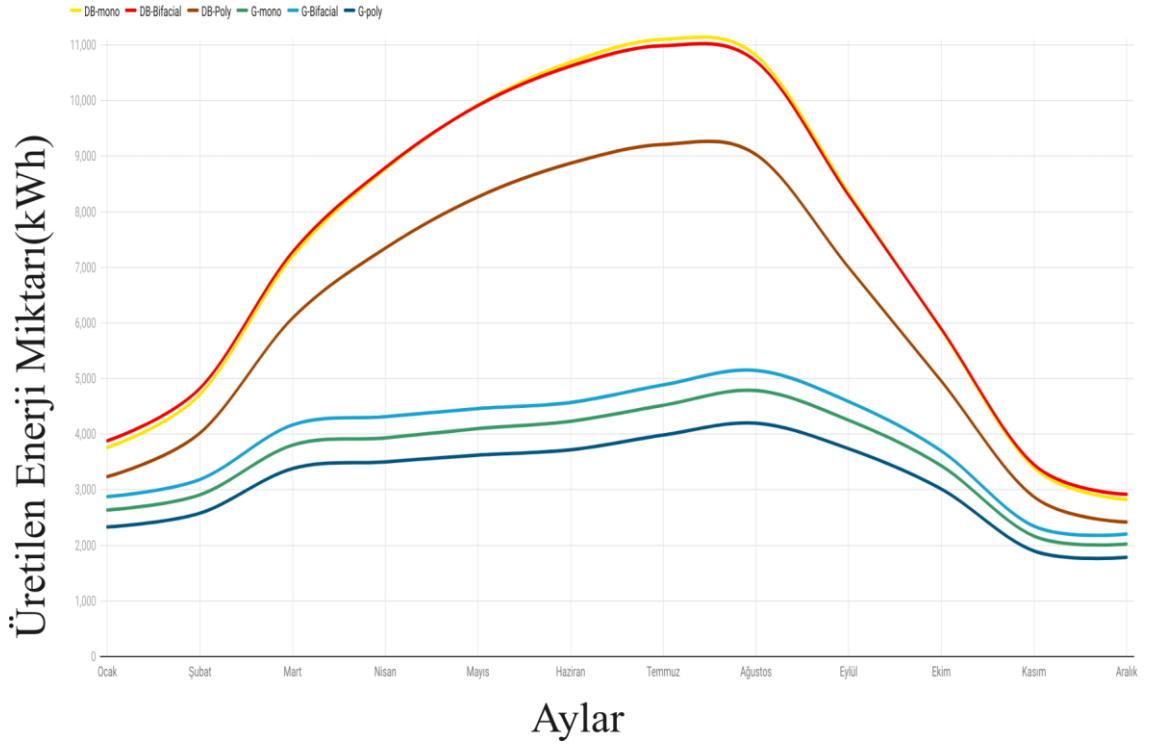
Şekil 37. #7 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği



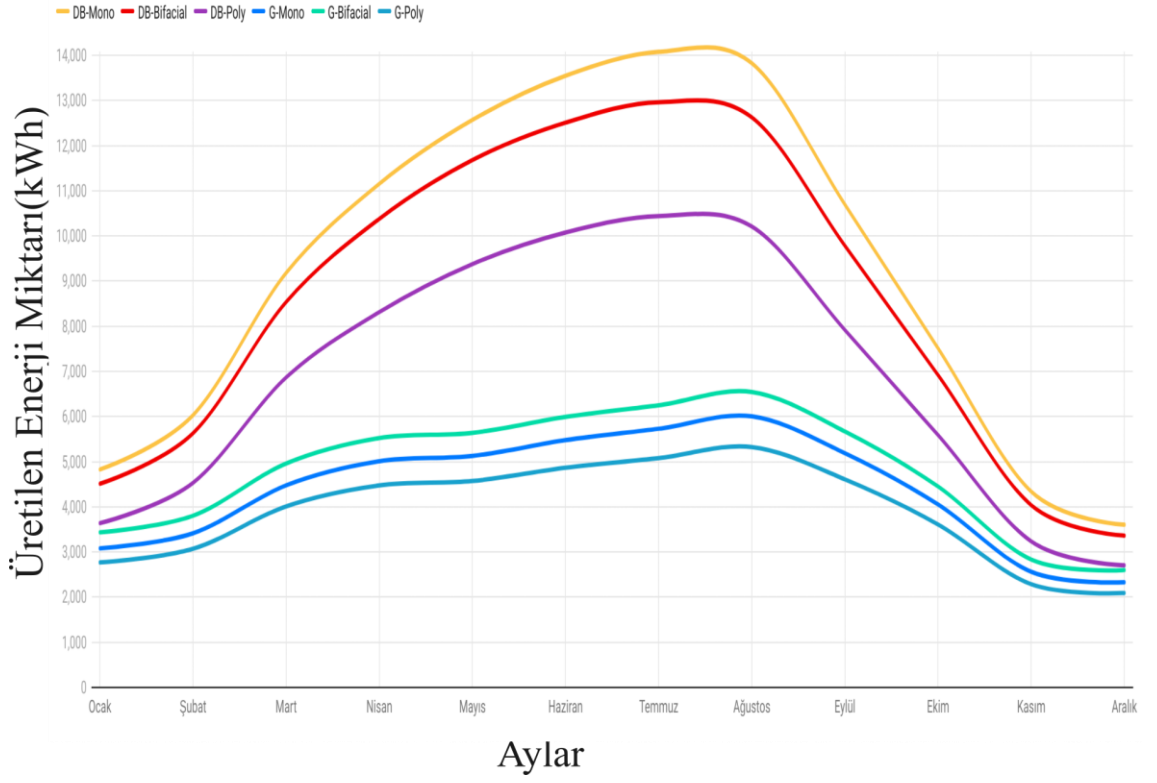
Şekil 38. #10 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği



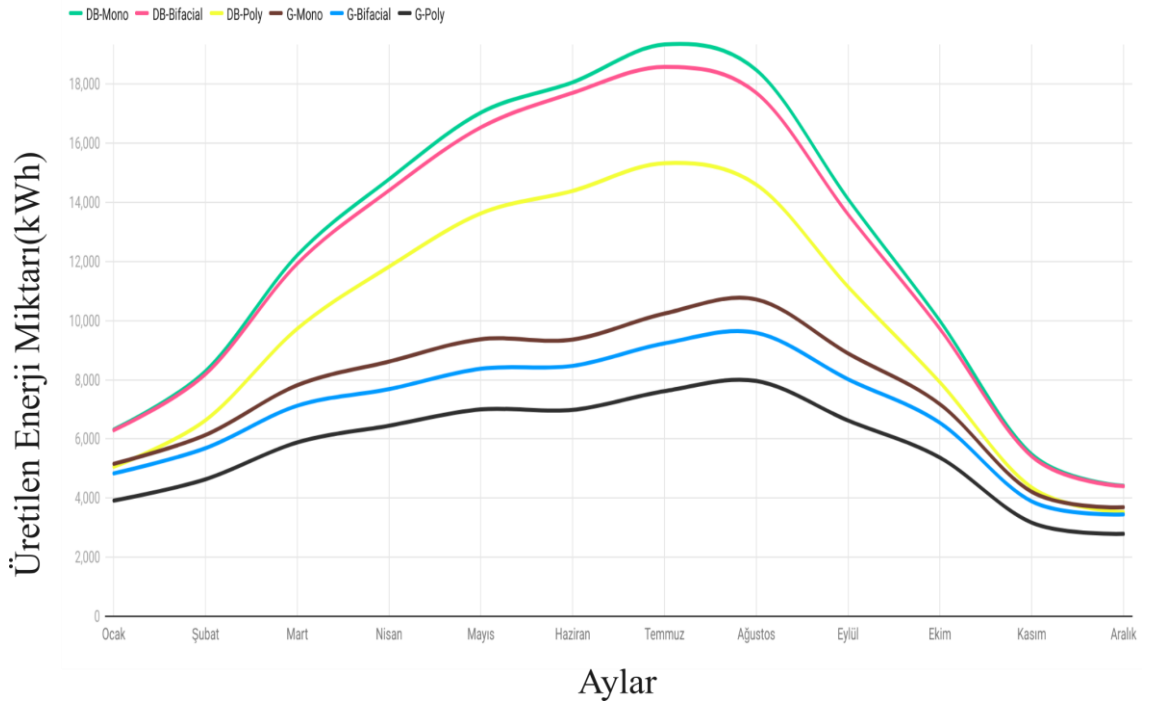
Şekil 39. #12 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği



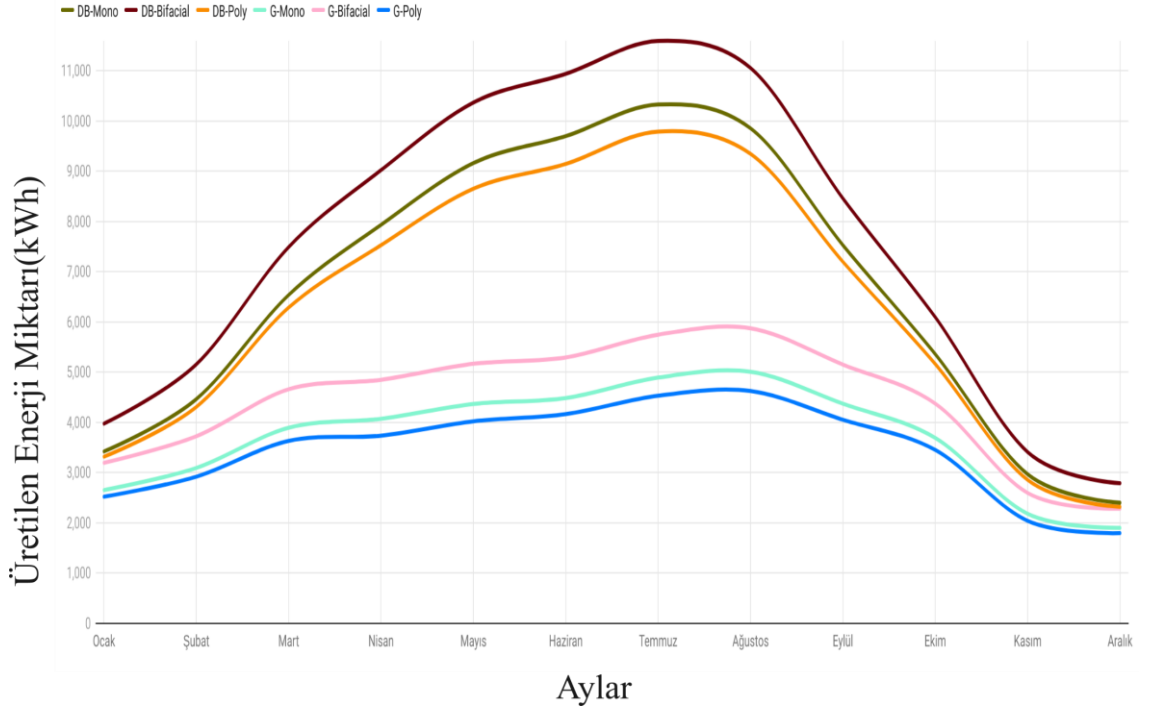
Şekil 40. #13 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği



Şekil 41. #22 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği



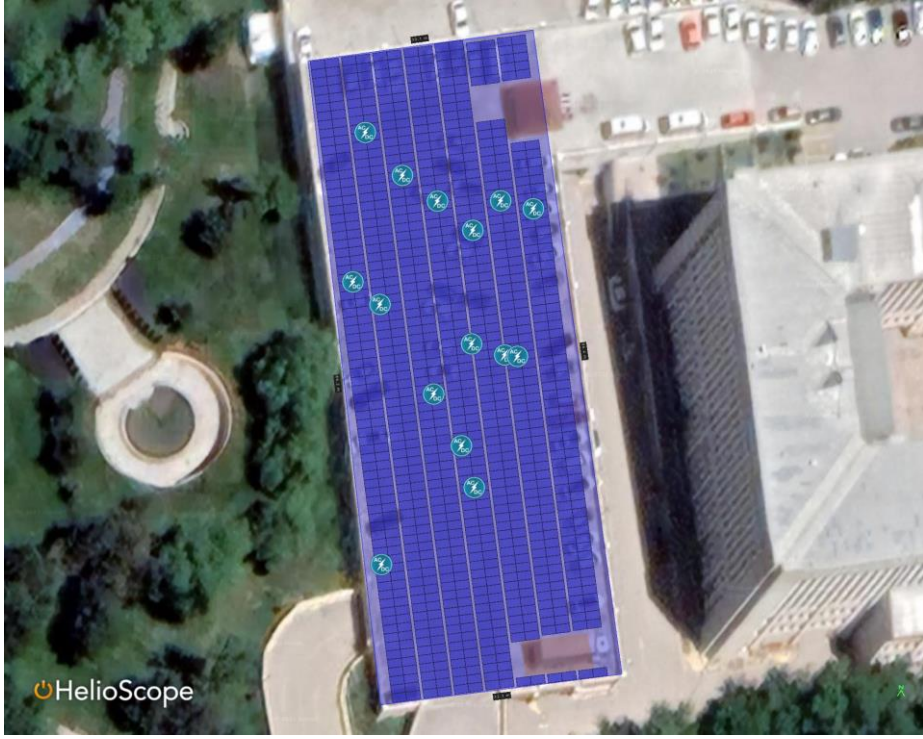
Şekil 42. #32 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği



Şekil 43. #38 numaralı istasyon için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği

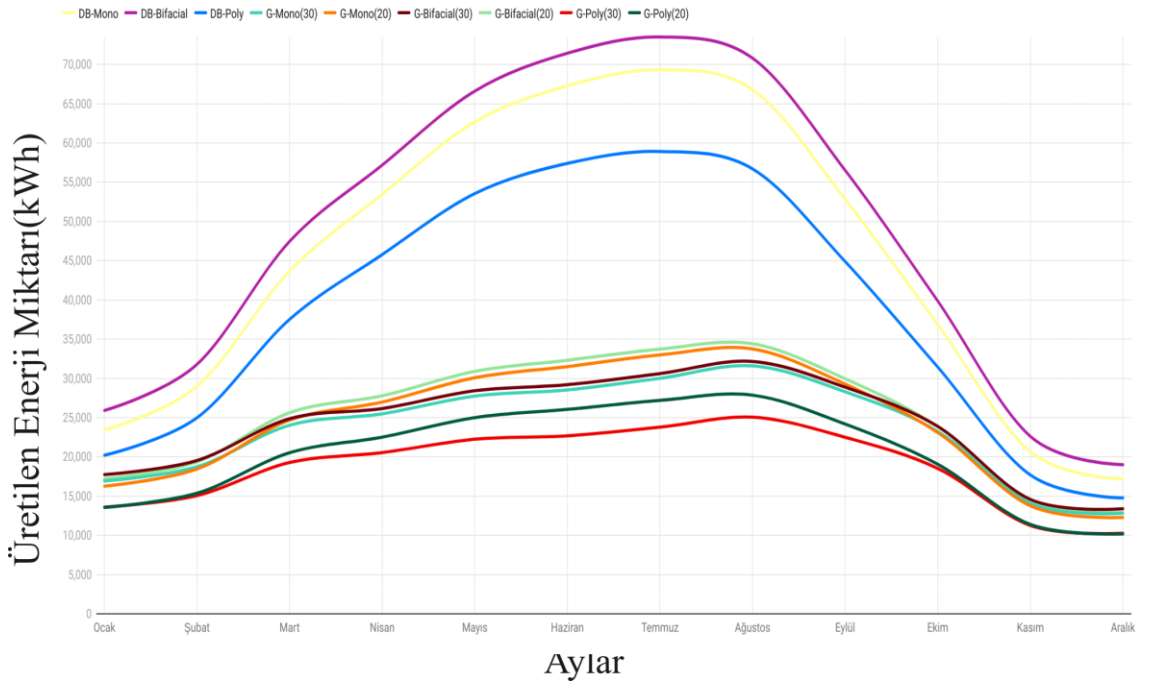
6.3. Aziziye Otoparkı(#51 Numaralı) İçin Tasarım ve Bulgular

Şekil 44'te Erzurum'da Aziziye çok katlı otopark çatısının üzerine kurulumu yapılan FV modüllerin gösterimi yapılmıştır. Burada panel üzerine gölge oluşumu yapan yerler Helioscope programıyla çıkarılarak maksimum verim elde edilmeye çalışılmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 25 Mart 2021 tarihinde Otopark Yönetmeliğinde Değişikli Yapılmasına Dair Yönetmeliğinde Madde 3-j bendinde “Zorunlu otopark adedi 20 ve üzeri olan yeni yapılacak yapılara ilişkin yapı ruhsatı başvurularında zorunlu otopark alanlarının 1 adetden az olmamak üzere en az %5' inin, ilgili standartlara göre şarj ünitesi dahil elektrikli araçlara uygun olarak düzenlenmesi şartı aranır.” Hükmünden sonra kapalı otopark alanlarına EAŞİ hizmetli zorunlu olmuştur. Bu tezdeki güneş enerjisi kurulum çalışması bu alanı destekleyici yöndedir.



Şekil 44. Aziziye kapalı otoparkı(#51 numaralı) için Bifacial FV panel kurulumu

Şekil 45'ten de görüleceği üzere aziziye otoparkı çatı alanı düz olduğu için bütün varyasyonların denenmesi ile en fazla üretimin doğu-batı bifacial panel kurulum türünden gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 45. Aziziye Otoparkı (#51 numaralı) için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği

Tablo 14’ te #51 numaralı Aziziye otoparkı için kurulumu yapılan FV sistemin değerlerine bakıldığında panel alanının %24.5’inin kullanılabilir alana karşılık geldiği söylenebilir.

Tablo 14. Aziziye otoparkının (#51 numaralı) için FV panellerle yapılan üretim değerleri ve çatı alanının kullanım oranı

#51	Kurulu Güç (kW)	Yıllık Üretim (MWh)	Performans Oranı (%)	Panel Konumu	Modül Alanı (m ²)	Kullanılabilir Alan (m ²)	Oran (%)	Modül Sayısı
Aziziye	450	582.7	86.8	D-B	2129	522.1	24.5	1000

Şekil 46’da #51 numaralı akaryakıt istasyonu için kurulan panellerin çeşitli değerleri gösterilmiştir.

Field Segments									
Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	East-West	Portrait (Vertical)	10°	172.69424°	0.4 m	1x1	500	1,000	450.0 kW

Şekil 46. Aziziye otoparkı (#51 numaralı) için Helioscope programında yapılan FV sistem tasarım parametreleri

6.4. Cedit Otoparkı (#52 numaralı) İçin Tasarım ve Bulgular

Şekil 47’ de Erzurum’da Cedit kapalı otopark çatısının üzerine kurulumu yapılan FV modüllerin gösterimi yapılmıştır. Burada panel üzerine gölge oluşumu yapan yerler Helioscope programıyla çıkarılarak maksimum verim elde edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca çatı alanının panel yerleşimi yapılmayan bölümünü Helioscope programı tamamen gölge olarak gördüğü için buraya panel yerleşimi yapılmamıştır. Cedit otoparkına 3 farklı panel türünün kurulumu gerçekleştirilerek en fazla üretim hangi tür panelden elde edildiği tespit edilmeye çalışılmıştır. Burada bifacial panel ve mono-si panel türlerinin üretim değerleri birbirine çok yakın olmasına rağmen bifacial panel türünden yıllık daha fazla FV enerji üretimi sağlanmıştır.



Şekil 47. Cedit kapalı otoparkı (#52 numaralı) için HT60-18X-450 Bifacial FV panel kurulumu

Şekil 48’ de çatı üstüne 3 farklı panel kurulumu sonucu elde edilen yıllık enerji miktarı karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 48. Cedit Otoparkı (#52 numaralı) için kurulumu yapılan panel türlerine göre aylık enerji üretim grafiği

Tablo 15’te verilen #52 numaralı Cedit otoparkı için kurulumu yapılan FV sistemin üretim değerlerine bakıldığında panel alanının %98.4’ ünün kullanılabilir alana karşılık geldiği görülmektedir.

Tablo 15. Cedit kapalı otoparkı (#52 numaralı) için FV panel üretim değerleri ve çatı alanının kullanım oranı belirlenmesi

#52	Kurulu Güç (kW)	Yıllık Üretim (MWh)	Performans Oranı (%)	Panel Konumu	Modül Alanı (m ²)	Kullanılabilir Alan (m ²)	Oran (%)	Modül Sayısı
Cedit	119.3	143.2	79.7	Yassı	572.4	563.6	98.4	265

Şekil 49’ da #52 numaralı akaryakıt istasyonu için kurulan panellerin çeşitli değerleri gösterilmiştir.

Field Segments									
Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	Flush Mount	Portrait (Vertical)	18.6°	269.15945°	0.5 m	1x1	141	141	63.5 kW
Field Segment 2	Flush Mount	Portrait (Vertical)	18.6°	184.55028°	0.5 m	1x1	48	48	21.6 kW
Field Segment 3	Flush Mount	Portrait (Vertical)	18.6°	89.6092°	0.5 m	1x1	76	76	34.2 kW

Şekil 49. Cedit kapalı otoparkı (#52 numaralı) için Helioscope programında yapılan FV sistem tasarım parametreleri

6.5. Akaryakıt İstasyon Çatı Alanları için Ortalama Kullanım Değeri

Ortalama akaryakıt istasyon çatılarının kullanım ve bu kullanımdan ortalama üretim değeri çıkarmak için 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 m² çatı alanlarının herbirinin aralığında bir istasyon seçilmiştir. Seçilen istasyonların çatısından Helioscope programıyla yıllık FV güç üretim değerleri hesaplanmıştır. Bu yıllık güç değeri PVGIS’ de çatı alanlarının tümünden elde edilecek güç değerleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda ortalama bir aralık belirlenmiştir. “Bu aralığa göre çatı alanının yüzdesel olarak ne kadarından ortalama ne kadar enerji üretilir?” sorusu cevaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak sadece çatı alanı bilinen

diğer istasyonlar için yaklaşık enerji üretimi belirlenebilir. Tablo 16’ da hesaplanan Oran-1 değeri, PVGIS üzerinden istasyon çatılarının tamamından üretilebilecek enerji miktarının yüzdesel olarak ne kadarının Helioscope üzerinde hesaplanan FV panel kurulumu yapılarak elde edilen enerjiye karşılık geldiğidir. Ayrıca Tablo 16’daki çatı alanı kullanım oranı ise toplam çatı alanının yüzdesel olarak ne kadarının enerji üretimi için kullanıldığı hesaplanmıştır. Bu karşılaştırmada kullanılan panel türü ELNSM72M-HC-HV mono-sidir. Burada üretim için kullanılan yönelim türü ise doğu-batıdır.

Tablo 16. Akaryakıt istasyonlarının toplam çatı alanının tamamından üretilen fotovoltaik güç ile uygun koşullarda panel yerleşimi yapıldıktan sonraki fotovoltaik gücün karşılaştırılması

İstasyon (#)	Çatı Alanı (m ²)	PVGIS Yıllık Üretim (MWh)	Modül Sayısı	Panel Alanı (m ²)	Helioscope Yıllık Üretim (MWh)	Oran-1 (%)	Çatı Alanı Kullanım Oranı (%)
12	166.72	45.5	66	140	38.71	85	84
10	236.72	84.89	88	186.5	49.99	58.8	78.7
13	380.4	101.7	148	313.7	84.76	83.3	82
38	414.66	103.01	142	301	79.66	77.3	72.5
22	543.77	142.72	190	402.8	110.2	77.2	74
32	639.7	166.92	262	555.4	148.5	89	86.8
7	739	208.34	246	521.5	139.6	67	70.5
47	826.97	215.15	324	686.8	185.8	86	83
Ortalama Oran(%)						78	79

Tablo 16’ daki Oran-1 değerlerinin ortalaması %78’dir. Bu ortalamanın kullanım aralığı 89> 78> 58.8 değerleri arasındadır. Akaryakıt istasyonlarının her yerde belli çatı standartları olduğu ve birbirine yakın çatı alanları olduğu göz önüne alınabilir. Buna göre hesaplanan ortalama oran değerini kullanarak çatı alanı bilinen bir akaryakıt istasyonunun PVGIS üzerinden tüm alanın üretebileceği enerji hesaplandıktan sonra bu değer %78’ ini alarak çatı alanının üretebileceği enerjiye muhtemel en yakın enerji

değeri hesaplanabilir. Ayrıca Tablo 16’ daki çatı alanı kullanım oranlarının ortalaması ise %79’ dur. Bu ortalama için de aynı yorum yapılabilir. Genel olarak bütün istasyonlar benzer olduğuna göre bu ortalama değeri kullanarak muhtemel çatı alanı kullanım oran hesabı yapılabilir. Şekil 50’de, Tablo 16’daki hesaplama için kullanılan akaryakıt istasyon çatılarına Helioscope programında FV panel kurulumunun yapıldığı durumları gösterilmiştir.



Şekil 50. Tablo 12’ de FV sistem kurulumu yapılan akaryakıt istasyonları

6.6. FV Üretim Destekli Akaryakıt İstasyonları ve Otoparkların EAŞİ Dönüşümü Benzetimleri

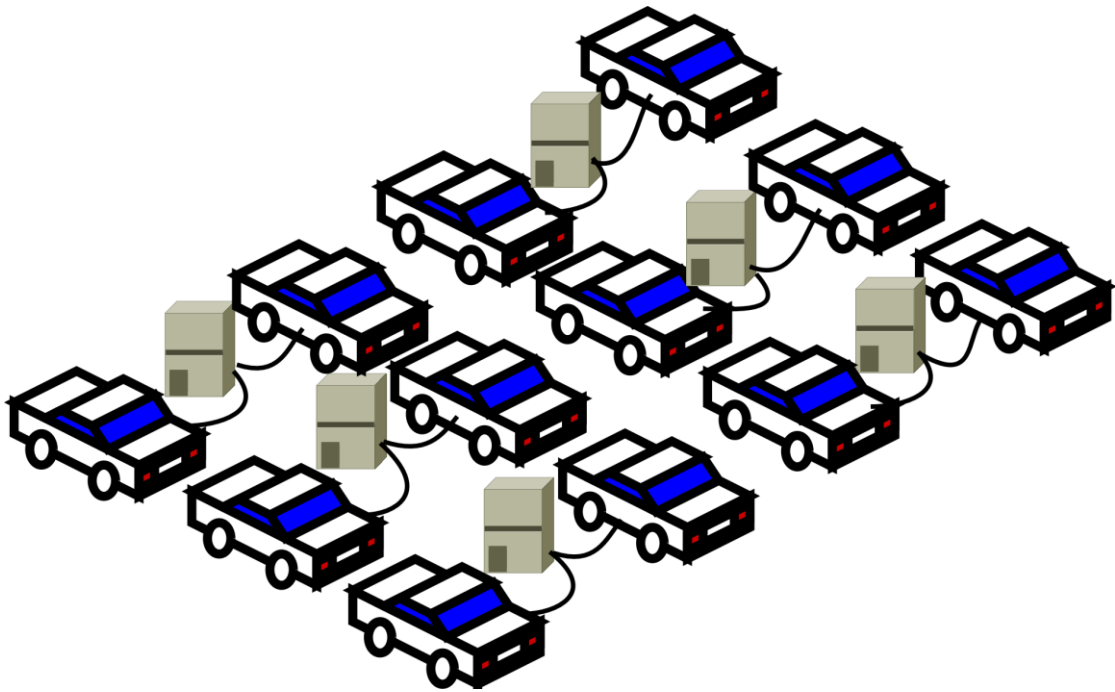
2021 yılında Türkiye’ de en çok satan tamamen elektrikli araba Renault ZOE’ dur (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği, 2022a). Bu nedenle şarj istasyonunda şarj olma benzetiminde Renault ZOE kullanılmıştır. Bu aracın özellikleri Ek 10’ da gösterilmiştir.

6.6.1. Modelleme için Kullanılan EAŞİ Özellikleri

Modelleme için kullanılan şarj istasyon sayısı 12 adettir. Her şarj istasyonunun 1 adet çıkışı bulunmaktadır. Şarj istasyonları tam kapasite ile 12 adet EA’ ya hizmet edebilmektedir. Şarj istasyonlarının gücü 50 kW’ dır. Her istasyonda 1 adet Mod 4- Tıp 2 şarj fişi bulunmaktadır. Şekil 51’de gösterilen çatı alanı en büyük olan akaryakıt istasyonu bu çalışmada modelleme için kullanılmıştır. Şekil 52’ de ise bu istasyonda tam doluluk durumunda şarj olabilecek EA’ lar gösterilmiştir.



Şekil 51. #47 numaralı FVEAŞİ senaryosu yapılan akaryakıt istasyonu fotoğrafı

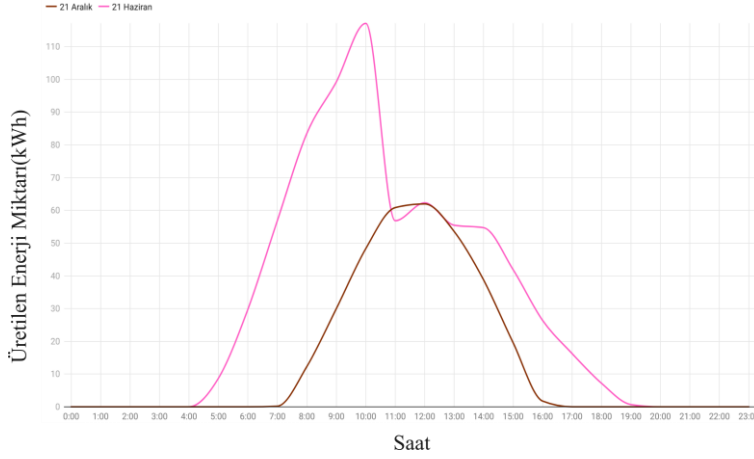


Şekil 52. Tam doluluk oranıyla çalıştığında istasyon için oluşabilecek durum

6.6.2 Mevsimsel Olarak FV Güç Üretim İstatistikleri

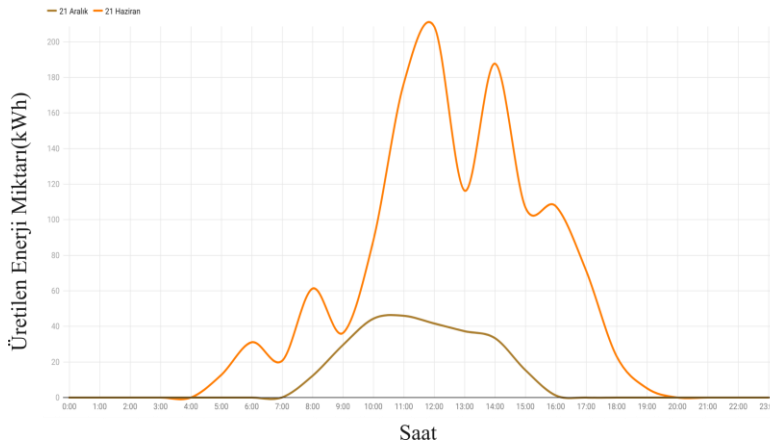
#47 numaralı yapı için değerlendirmelere başlamadan önce mevsimsel olarak güç üretim değerlerindeki değişimi görebilmek ve bu değerleri kıyaslayabilmek için farklı mevsimlerdeki güç üretim değerlerine bakılması gerekmektedir. Şekil 53' te 21 Aralık

ve 21 Haziran gününde saatlik olarak üretilen güç değerlerinin grafiksel gösterimi yapılmıştır. 21 Haziran günü üretimin dalgalı olmasının sebebinin havanın bulutlu olmasıdır. Bu grafikteki saatlik üretim için en yüksek FV güç üretilen doğu-batı mono-si kurulumunun değerleri esas alınmıştır.



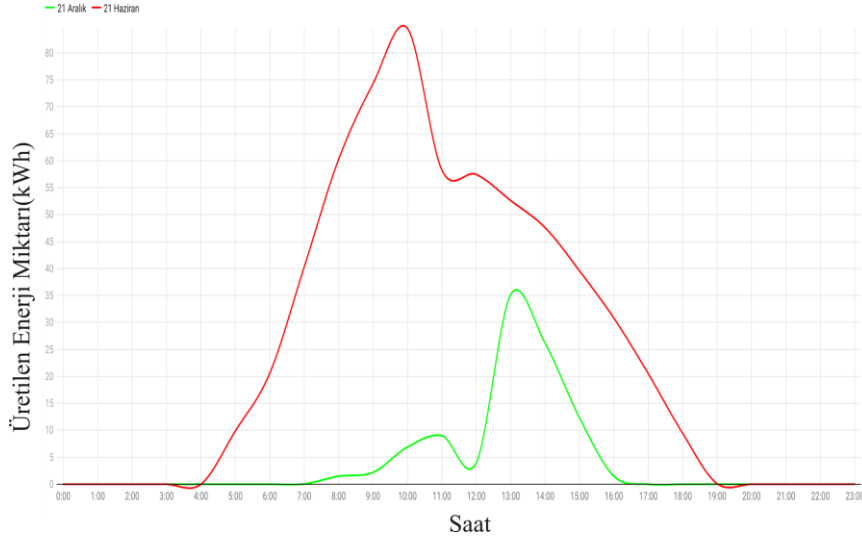
Şekil 53. Saatlik olarak #47 numaralı akaryakıt istasyonu için güç üretiminin kış ve yaz günleri karşılaştırması

Şekil 54' de Aziziye otoparkı (#51 numaralı) için üretim değerlerinin kış ve yaz günündeki güç üretim değerlerinin karşılaştırılmalı grafiği gösterilmiştir. Bu grafikteki karşılaştırmalı saatlik güç değerleri için doğu-batı bifacial kurulumun değerleri kullanılmıştır.



Şekil 54. Saatlik olarak Aziziye otoparkı (#51 numaralı) için güç üretiminin kış ve yaz günleri karşılaştırması

Şekil 55' de Cedit kapalı otoparkı (#52 numaralı) için üretim değerlerinin kış ve yaz günündeki güç üretim değerlerinin karşılaştırılmalı grafiği gösterilmiştir. Bu grafikteki kurulum bifacial FV panel üretiminin saatlik çıktısıyla oluşturulmuştur.



Şekil 55. Saatlik olarak Cedit kapalı otoparkı(#52 numaralı) için güç üretiminin kış ve yaz günleri karşılaştırması

6.6.3. Türkiye Özelinde Karbon Salımı Hesabı ve EAŞİ’ nin Çevreye Katkısı

Çatı üstü güneş panellerinden elektrik üretildiği zaman fosil yakıtlardan elektrik enerjisi üretilmemiş olmaktadır. Buna göre çevreye fosil yakıtlardan elektrik üretildiği zaman açığa çıkan sera gazları doğaya bırakılmamış demektir. Tablo 17’ de çatısına FV güneş panelleri yerleştirilen tesislerden elektrik üretimiyle doğaya ne kadarlık emisyon katkısı sağlanmış olduğu hesaplanmıştır. Güneşlenme bölgeleri 3 kısma ayrılmaktadır. Bir yılda 150-250 gün arası güneşli gün sayısı varsa burası “3 numaralı” bölgeye dahildir, ikinci olarak bir yılda 250-300 gün arası güneşli gün sayısı varsa “3.5 numaralı” bölgeye dahildir, üçüncü olarak bir yılda 300 günden fazla güneşli gün varsa “4 numaralı” bölgeye dahildir (Solar Mango, t.y.).

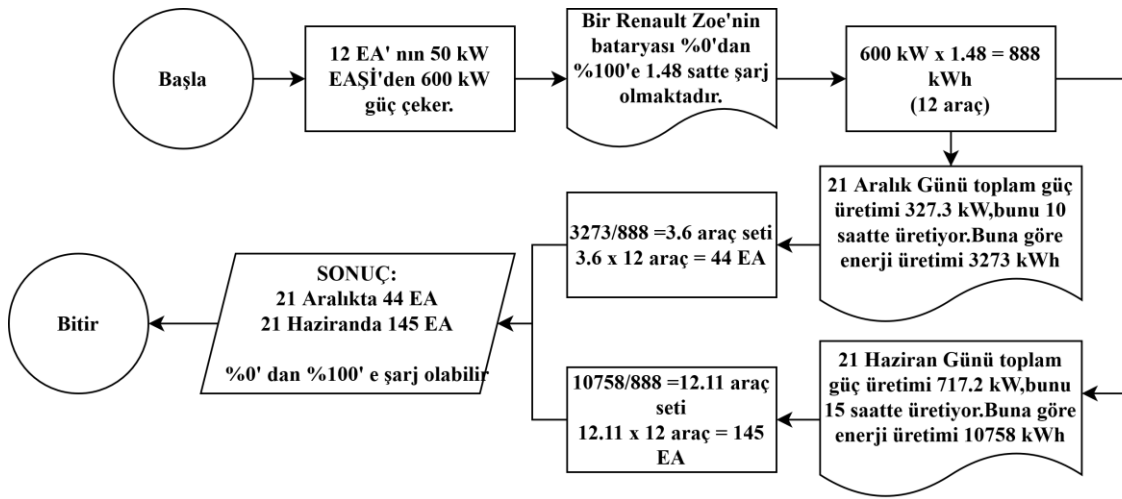
Tablo 17. Güneş enerjisinden CO₂ emisyon azaltımı (Solar Mango, t.y.).

Tesis (#) Kurulu Güç(kW) Erzurum’un Güneşlenme Bölgesi			CO ₂ Azaltımı(ton/yıl)
47	145.8	4	212.868
51	450	4	657
52	119.3	4	174.178

6.6.4. #47 Numaralı Akaryakıt İstasyonu İçin Senaryolar

Senaryo 1 : Örnek EA' yı %'sel olarak her saatte üretilen FV güç ne kadar şarj edebilir?

Şekil 56' da 47 numaralı akaryakıt istasyonunun günlük FV güç üretim verileri kullanılarak başlangıçta bataryası boş olarak kabul edilen Renault Zoe araçların tam doluş işlemi bir günde kaç araç için gerçekleştirebileceklerini hesaplayan algoritma yer almaktadır.



Şekil 56. 21 Aralık ve 21 Haziran günlük FV güç üretim verisi kullanılarak yapılan EA şarj hesabı algoritması

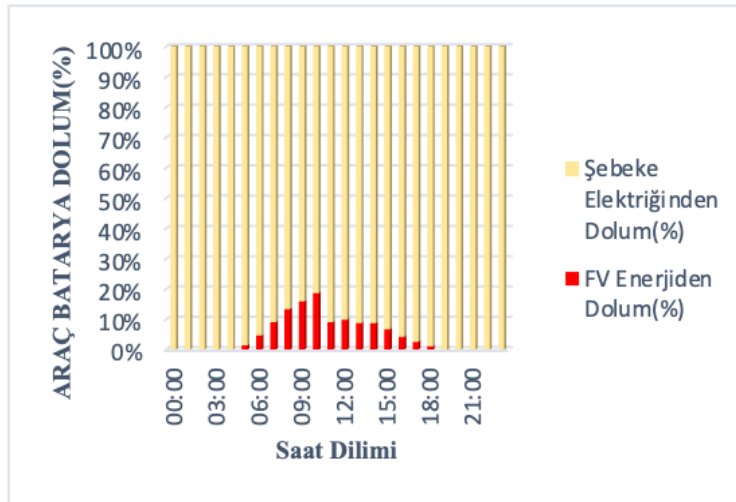
21 Aralık ve 21 Haziran için: Bu günde saatlik üretimde saatlik tüketim kabul edilmiştir yani FV sistemden üretilen enerji depolanmamaktadır ve 12 EAŞI ve 12 EA için değerlendirmeler yapılmaktadır. Buna göre bir saatte üretilen güç değerlerinin 12 Renault Zoe bataryasının her birinin yüzdelik ne kadarını doldurmakta olduğu ve bataryanın dolmayan kısmını yüzdelik olarak ne kadarını şebeke elektriğinden karşılanmakta olduğu gösterilmiştir. Burada EA bataryası başlangıçta boş kabul edilmiştir.

Şekil 57' de #47 numaralı akaryakıt istasyonunda bir elektrikli aracın bataryasının yüzdesel olarak ne kadarının FV sistemden karşılanmakta olduğu ve ne kadarının şebekeden karşılanmakta olduğu grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 57. 21 Aralık için 1 adet EAŞİ’de 1 elektrikli aracın FV sistemden ve şebekeden dolum yüzdeleri

Şekil 58’ da #47 numaralı akaryakıt istasyonunda bir elektrikli aracın bataryasının yüzdesel olarak ne kadarının FV sistemden karşılanmakta olduğu ve ne kadarının şebeke elektrikliğinden karşılanmakta olduğu grafiksel olarak gösterilmiştir. Buna göre yaz günü olduğu için üretim değerlerinin kış mevsimine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 58. 21 Haziran için 1 adet EAŞİ’de 1 adet elektrikli aracın FV sistemden ve şebekeden dolum yüzdeleri

Senaryo 2: FV sistemden saatlik üretilen elektrik enerjisinin EA tarafından kullanılmasıyla ne kadar menzile çıkabilir? (52 kWh ile 395 km gider, üretilen ve tüketilen ile kaç km gider?)

Tablo 18'deki değerlendirme Senaryo 1' de bir Renault Zoe arabanın dolum yüzdesi ele alınarak bir saatlik üretilen enerjiden şarj olan bu aracın bu enerjiyle ne kadar menzile çıkacağı ve kaç dakikada bu menzili kullanabileceği hesaplanmıştır.

Tablo 18. En kısa gündüz günü (21 Aralık) saatlik üretilen enerjinin 1 adet EA' nın batarya şarj süresi ve gidebileceği mesafesi

Saatler	Üretilen Güç(kW)	Renault Zoe Batarya Dolum(%)	Üretilen Enerji	Gidibileceği Mesafe(km)
			Ne kadar Sürede Tüketilecek (dk)	
00:00	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0
05:00	0	0	0	0
06:00	0	0	0	0
07:00	0.21	0.03	0.02	0.1
08:00	12.311	1.97	1.8	7.7
09:00	29.997	4.8	4.5	18.9
10:00	48.333	7.74	7.3	30.5
11:00	60.861	9.75	9.2	38.5
12:00	61.987	9.9	9.3	39.1
13:00	53.546	8.58	8.1	33.9
14:00	38.726	6.2	5.8	24.5
15:00	19.58	3.1	3	12.2
16:00	1.752	0.2	0.1	0.8
17:00	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0

Tablo 19' a göre 21 Haziran günün öğlen saatlerindeki bir saatlik şarj süresinde 73.8 km yol gidilebilmektedir. Bu değer 21 Aralıkta aynı öğlen saatindeki 30.5 km mesafe değerinden 2.5 kat fazla olduğu görülmektedir. Buna göre tipik bir yaz günü EA şarj etmek daha az şebeke elektriği kullanımı sağlayacaktır.

Tablo 19. En uzun gündüz günü (21 Haziran) saatlik üretilen enerjinin 1 adet EA' nın batarya şarj süresi ve gidebileceği mesafesi

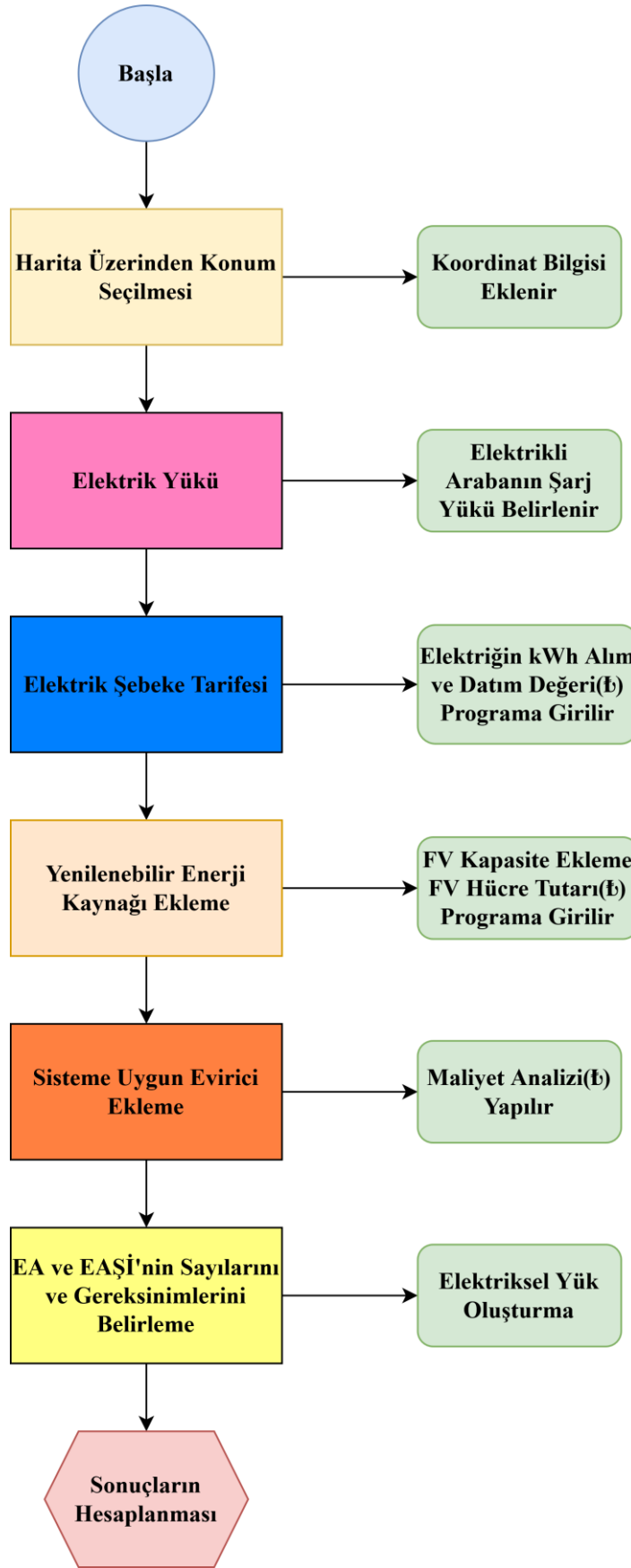
21 Haziran Günü	Üretilen Güç(kW)	Renault Zoe Batarya Dolum(%)	Üretilen Enerji	
			Ne kadar Sürede Tüketilecek (dk)	Gidibileceği Mesafe(km)
00:00	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0
05:00	8.741	1.4	1.3	5.5
06:00	29.829	4.7	4.4	18.5
07:00	56.913	9.1	8.6	36
08:00	83.525	13.3	12.6	52.5
09:00	99.252	15.9	15.1	62.8
10:00	117.141	18.7	17.7	73.8
11:00	56.85	9.1	8.6	36
12:00	62.323	9.9	9.3	39.1
13:00	55.471	8.8	8.3	34.7
14:00	54.721	8.7	8.2	34.3
15:00	41.9	6.7	6.3	26.4
16:00	26.414	4.2	4	16.6
17:00	16.282	2.6	2.4	10.2
18:00	7.188	1.1	1	4.3
19:00	0.68	0.1	0	0
20:00	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0

6.7. #47 Numaralı Akaryakıt İstasyonu için HOMER Grid Programı ile Analiz Sonuçları

HOMER (Hybrid Optimization Model for Multiple Energy Resources), Uluslararası Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı tarafından geliştirilen mikro şebeke yazılımıdır. Bütün sektörler içerisindeki karma-hibrit güç sistemlerini optimize edebilir (HOMER Software, t.y.). HOMER Grid yazılımı rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ve bunların birlikte kullanımı ile oluşacak sistemlerin teknik ve ekonomik yönden analizini gerçekleştirmek için kullanılır. HOMER Grid yazılımı HOMERpro yazılımının bir alt türüdür. HOMER Grid elektrik şebeke tarifesi kullanarak belli bir lokasyon için müşterilere sistem analizi yapan bir optimizasyon aracıdır. Geniş sayıda teknik opsiyonlar, karmaşık elektrik tarife yapıları, maliyet değişiklikleri ve mevcut enerji kaynaklarının kullanımını kolaylaştırır. HOMER Grid programının optimizasyon ve hassaslık algoritmaları birçok muhtemel sistem konfigürasyonlarına göre gerekli altyapı oluşturmayı kolaylaştırır (HOMER Grid, t.y.).

Bu tez kapsamında güneş radyasyonu verisi kullanılarak #47 numaralı akaryakıt istasyonu için kurulan FVEAŞİ' nin maliyet analizi ve değerlendirilmesi yapıldı. Ayrıca HOMER Grid ile temiz enerji kaynağı olan FV sistem ile kombine olan EAŞİ' nin modellenmesi yapıldı. Bu yüzden bu program EA şarjı için gereken elektrik talebini azaltmak için ve en uygun yenilenebilir enerji kaynağı tasarlamak için kullanılabilir.

Şekil 59' da verilen adımlar sayesinde HOMER Grid programında analiz yapılmıştır. Bu adımlar sırasıyla uygulanarak gerekli sistem kurulumu yapılmıştır.



Şekil 59. HOMER Grid kullanarak FVEAŞI tasarımının akış diyagramı

HOMER Grid programında yapılan analiz için aşağıdaki adımlar uygulandı:

1. Adım: Programa #47 numaralı istasyonunun konum değeri girildi.

2. Adım: FV sistemden enerji üretilmediği zamanlarda kaynak olarak şebeke elektriği kullanılacağı için programa şebeke elektriğinin birim fiyatı girildi. #47 numaralı akaryakıt istasyonu ticari tüketici olduğu için EPDK' nın 1 Ocak 2023' den itibaren uygulanacak fiyat bazlı tarife tablosuna göre 30 kWh üstü kamu ve özel hizmetler sektörü ile diğerleri için şebeke elektriği alış fiyatı 2.83 ₺/kWh bu fiyata dağıtım bedeli olan 0.79 ₺/kWh eklenirse #47 numaralı akaryakıt istasyonunun devletten elektrik alım fiyatı 3.63 ₺/kWh olmaktadır. Ticari tüketiciler ürettiği elektriği devlete tükettiği fiyattan satmaktadır ve bu fiyatın üzerine dağıtım bedeli olarak 0.12 ₺/kWh eklenmektedir. Dolayısıyla programa elektrik satış fiyatı olarak 2.95 ₺/kWh girilmiştir.

3. Adım: HOMER Grid programının Helioscope programıyla entegre olabilmesi aracılığıyla #47 istasyonu için Helioscope' da tasarlanan FV sistemin HOMER Grid' e aktarılması sağlandı. Sistem için gerekli eviricinin boyutunu HOMER Grid programı Helioscop'da kurulumu yapılan FV sistem için gerekli evirici boyutundan kendisi ayarlamıştır.

4. Adım: Programın maliyet hesabı yapabilmesi için sistemde kullanılan FV panelin fiyat değeri ayrıca sisteme girildi. Bir panelin fiyatı 4120.6 ₺ olarak belirlendi.

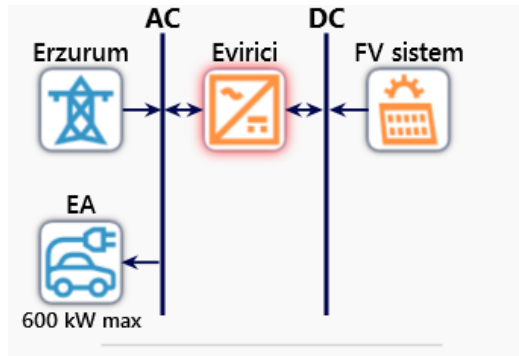
5. Adım: Sistem için gerekli EA ve EAŞİ yaklaşımı şu şekildedir. EPDK' nın Şarj Hizmeti Yönetmeliği'nin 15.maddesi 2.bendinde "...Karayolları Genel Müdürlüğünün sorumluluğu altında bulunan otoyollar ve devlet yollarında yer alan şarj ünitelerinin en az yüzde ellisinin DC 50 kW ve üzeri güçteki şarj ünitesi niteliğinde olması zorunludur." İbaresini bulunmaktadır. Bundan dolayı en az yarısının hızlı şarj istasyonu zorunluluğu olduğu için burada tamamının yani 12 tane şarj istasyonunun hepsi 50 kW çıkış gücüne sahip olduğu varsayılarak programa bu değer girilmiştir. Ayrıca bu tezde kullandığımız Renault Zoe aracı teknik özelliklerinde 50 kW DA güçlü bir şarj istasyonunda %0' dan %100'e 89 dakikada şarj olmaktadır. Bir günde 1440 dk olduğuna göre bir EAŞİ bir günde 16.17 tane EA şarj edebilmektedir. Bu sistemde 12 tane EAŞİ olduğu için bir günde toplam 194.15 araç şarj olabilmektedir. Bu değer HOMER grid sistemine 200 olarak girilmiştir. Bu sistemi 200 aracın kullandığı varsayılmıştır. Bu araçların minimum şarj süresi %80 batarya dolum oranına tekâbül eden 65 dk. Olduğu girilmiştir. Ayrıca EA maksimum çıkış gücü 80 kW katalog bilgisinden programa yazılmıştır. Kullanıcıların bütün şarj istasyonlarının dolu olduğu durumda kuyruğa

girdiği varsayılmıştır ve programda bu seçenek aktif hâle getirilmiştir. Ek olarak araçların sistemi boş batarya ile kullandığı duruma göre hesaplamalar yapılmıştır. Programa bazı değerlerin yüzdelik olarak değişkenlik gösterebileceği eklenmiştir. Bu değişkenliklerin yüzdelik sapmaları şu şekildedir:

1. Sistemi kullanacak her bir EA'nın şarj olma süreleri %5 değişkenlik gösterebilir. Bu değer minimum 65 dk(%80 doluluk oranı) olacaktır.
2. Günden güne sistemi kullanacak EA sayısındaki değişkenlik %20 olacak şekilde belirlenmiştir.
3. Araçların sisteme geliş sıklığındaki değişkenlik ise %10 olarak belirlenmiştir.

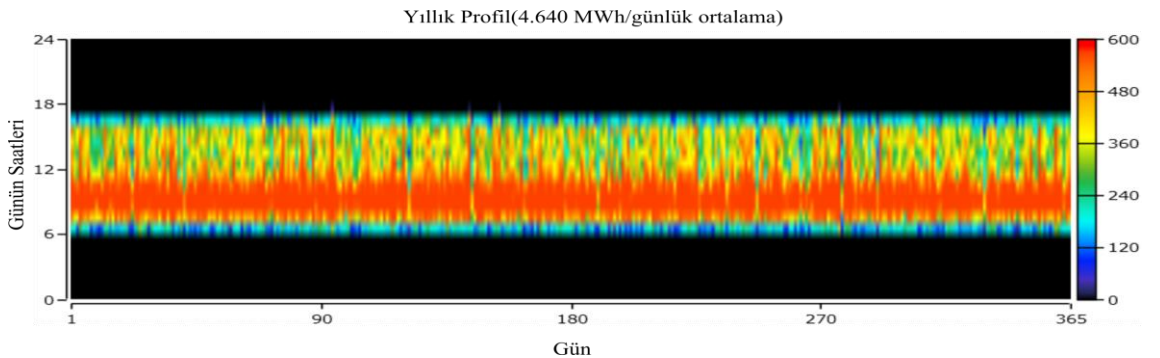
6. Adım: Son olarak programın çıktısı alınmak üzere analiz kısmına geçildi.

Şekil 60' da yukarıdaki adımlar sonucunda tasarlanan sistemin şematize edilmiş hali gösterilmiştir.



Şekil 60. EAŞİ'nin HOMERGrid programı ile benzetimi

Şekil 61' de EAŞİ'nin yıllık şarj profilini temsil etmektedir. Temel şarj olma işlemi sabah 6 ile akşam 6 arası gerçekleşmektedir. Şarj işleminin yoğunlaştığı saatler sabah saat 8' den öğleden sonra 2-3' lere kadar devam etmektedir. Bunların dışındaki saatlerde düşük şarj profili frekansı vardır.



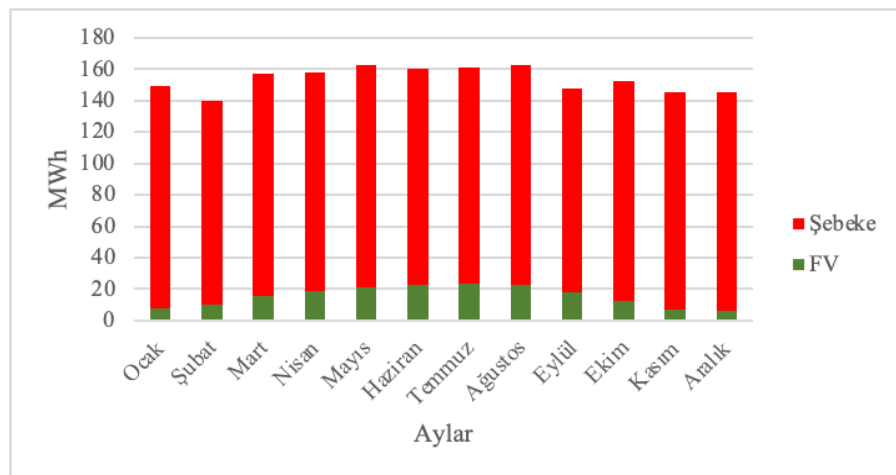
Şekil 61. Yıllık EA şarj profili

HOMER Grid raporunda iki tür fatura çıkarmıştır. Bunlardan birincisi yıllık toplam fatura tutarı Tablo 20’de gösterildiği gibi sadece şebeke elektriğinden tüketime olduğu FV sistemden üretimin olmadığı, yani EA’ların sadece elektrik şebekesi kullanarak şarj olduğu durumda oluşacak olan maliyet faturası, ikincisi üretimin getirdiği elektrik faturası yani şebeke elektriğinin kullanımıyla beraber FV sistemden yapılan üretimin de kullanıldığı ve şebeke elektriğinden kullanılan gücün ve maliyetin azaldığı elektrik tüketim faturasıdır. Bu fatura tutarlarını değerlendirmek gerekirse FV sistemin EA şarj etmek için dahil edildiği durumda yıllık 658466₺, şebeke elektriği kullanılmadığı için mali tasarruf edildiği görülmektedir.

Tablo 20. Sistemin tasarruf görünümü

Yıllık Toplam Fatura Tutarı	6 148 191₺
FV Sistem Kullanımıyla Oluşan Fatura Tutarı	5 489 726₺
Yıllık Enerji Fatura Tasarrufu	658 466₺
FV sistem Kurulum Maliyeti	600 404₺
25 Yıllık Proje Ömrü Boyunca Tasarruf Tutarı	16 461 650₺

Şekil 62’ de yıllık 31271 tane EA’yı şarj etmeyi garanti etmek için tüketilen elektrik miktarları ve kaynakları gösterilmektedir. Şarj istasyonu ilk olarak FV sistemden üretilen elektrik enerjisini kullanacak daha sonra üretimden gelen enerji, EA şarjı için yeterli kalmadığı takdirde yerel şebeke elektriğini kullanacaktır. İlgili şekilde görüldüğü üzere FV sistemin en yüksek elektrik üretimi Mayıs ve Ağustos aylarıdır. FV üretimin en az olduğu, şebeke kullanımının en fazla olduğu aylar Kasım-Aralık-Ocak aylarıdır.



Şekil 62. EAŞİ’de EA şarjı için tüketilen enerji miktarları ve kaynakları

HOMERgrid analiz sonuçlarına göre kurulumu yapılan sistemden elektrik olarak hizmet edilen EA sayısı 31271/yıl' dır. Bu araçların kullandığı enerji miktarı 1693.71 MWh/yıl' dır. Ayrıca bu sistem için simulasyonu yapılan FV sistemden yapılan elektrik üretiminin yıllık olarak 958 594 kg/yıl emisyonun doğaya salınmasını engelleyebileceği bulgularına ulaşılmıştır.

7. SONUÇ

Elektrikli araç satışları dünyada ve ülkemizde hızla artmakta, buna paralel olarak elektrikli araç şarj istasyonu (EAŞİ) kurulumuna olan ihtiyaç da artmaktadır. Bununla birlikte elektrikli araçların elektrik güç sisteminden talep edeceği gücün mümkün olduğunca temiz enerji kaynaklarından karşılanması, karbon salımı yapmayan elektrikli araçların sürdürülebilir bir şekilde kullanımına olanak sağlayacaktır. Bu tez çalışmasında Türkiye’de ilk defa bir ildeki çatısına FV panel kurulabilen otopark ve akaryakıt istasyonlarının FV sistemlerle elektrik üretim potansiyeli Erzurum ili özelinde araştırılmıştır. Otopark ve akaryakıt istasyonlarının EAŞİ’ye dönüşüm durumları benzetimlerle analiz edilmiştir.

Bu tez kapsamında ilk olarak Türkiye’deki iller bazında EAŞİ sayıları 2020 ve 2021 yılları için araştırılarak derlenmiş ve haritalandırılarak sunulmuştur. 2020 yılında Türkiye'deki toplam EAŞİ sayısı 1340 iken 2021 yılında bu sayının 2264’ya yükseldiği belirlenmiştir. Daha sonra Erzurum ili özelinde akaryakıt istasyonları ve otoparkların elektrikli araç şarj istasyonuna dönüşümünde FV sistemlerle elektrik üretim potansiyelleri çeşitli tasarımlar ve panel türleri için araştırılarak sunulmuştur. Yapılan çalışmalarda monosilisyum panel kullanılarak doğu-batı yönlendirmeli (balık sırtı) FV sistem tasarımı ile azami güneş enerjisi üretimi gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir.

Erzurum ilinin merkez ilçesindeki akaryakıt istasyonlarının toplam çatı alanının 22446 m² olduğu, bu toplam çatı alanlarından FV sistemlerle yıllık toplam 5955.3 MWh üretim potansiyeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Erzurum ilinin merkez ilçesindeki kapalı otoparkların toplam çatı alanı 3787 m² olarak hesaplanmış, bu kapalı otoparkların toplam çatı alanlarından FV sistemlerle yıllık toplam 1015.4 MWh elektrik üretimi gerçekleştirilebilme potansiyelinin varlığı hesaplanmıştır. Akaryakıt istasyonlarının FV sistemlerle elektrik üreten EAŞİ’ye dönüşmesi durumu için HomerGrid programıyla yapılan simülasyonda örnek bir akaryakıt istasyonu ile yılda 31271 EA’ya şarj hizmeti sunulduğunda yıllık fatura tasarruf tutarının 658 466 ₺ olduğu, FV sistemden yapılan elektrik üretiminin yıllık olarak 958 ton emisyonun doğaya salınmasını engelleyebileceği bulgularına ulaşılmıştır.

Sonuç olarak, artan EA kullanımı ile ortaya çıkacak olan şarj istasyonu ihtiyacı otopark ve akaryakıt istasyonlarının EAŞİ’ye dönüşümü ile karşılanabilir. EAŞİ’lerin elektrik şebekesine getireceği ek yük ise akaryakıt istasyonu ve otopark çatılarının FV

sistemlerle donatılarak şebeke bağlantılı elektrik üretim santrali haline getirilmesiyle azaltılabilir. Akaryakıt istasyonlarının FV üretim destekli EAŞİ'ye dönüştürölmesiyle şarj istasyonu sahipleri faturalarında tasarruf sağlayabilir. Bu tez kapsamında Erzurum ili için yapılan çalışmalar ve benzetimler Türkiye geneli için referans bir çalışma olarak genişletilebilir.

KAYNAKÇA

- Adithya, S. N. (December, 2016). Large-scale implementation of grid-connected rooftop solar photovoltaic system in India—potential, challenges, outlook, and technical impact. In 2016 International Symposium on Electrical Engineering (ISEE) (pp. 1-7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EENG.2016.7846353>.
- Aggarwal, V. (2018). Solar Panels and Electric Cars: Can I Use Solar as an EV charger? 26 Ağustos 2022 tarihinde <https://news.energysage.com/solar-panels-and-electric-cars-can-i-use-solar-to-charge-my-vehicle/> adresinden erişildi.
- Ahmad, A., Alam, M. S. ve Chabaan, R. (2017). A comprehensive review of wireless charging technologies for electric vehicles. *IEEE transactions on transportation electrification*, 4(1), 38-63. <https://doi.org/10.1109/TTE.2017.2771619>.
- Ahmad, A., Khan, Z. A., Saad Alam, M. ve Khateeb, S. (2018). A review of the electric vehicle charging techniques, standards, progression and evolution of EV technologies in Germany. *Smart Science*, 6(1), 36-53. <https://doi.org/10.1080/23080477.2017.1420132>.
- Aksa Elektrik. (2021). Aksa Şarj Yolların Yeni Enerjisi, 19 Ekim 2022 tarihinde <https://www.aksaelektrik.com.tr/haberler/aksadan-haberler/aksa-sarj-yollarin-yeni-enerjisi/> adresinden erişildi.
- Alghoul, M. A., Hammadi, F. Y., Amin, N. ve Asim, N. (2018). The role of existing infrastructure of fuel stations in deploying solar charging systems, electric vehicles and solar energy: A preliminary analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 137, 317-326. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.040>
- Alkan, S. ve Ateş, Y. (2020). Çatı üzeri doğu-batı yönelimli optimizierli güneş enerji sisteminin güney yönelimli sisteme göre üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 375-385. <https://doi.org/10.31590/ejosat.700182>
- Alkawsı, G., Baashar, Y., Abbas U, D., Alkahtani, A. A. ve Tiong, S. K. (2021). Review of renewable energy-based charging infrastructure for electric vehicles. *Applied Sciences*, 11(9), 3847. <https://doi.org/10.3390/app11093847>
- Ashique, R. H., Salam, Z., Aziz, M. J. B. A. ve Bhatti, A. R. (2017). Integrated photovoltaic-grid dc fast charging system for electric vehicle: A review of the

- architecture and control. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 1243-1257. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.245>
- Aytar, M. (2021). Tesla Supercharger istasyonlarını diğer markalara da açabilir. 23 Ağustos 2022 tarihinde <https://insideevs.com.tr/news/516668/tesla-supercharger-diger-markalara-acilabilir/> adresinden erişildi.
- Bakker, S. (December 2013). Standardization of EV Recharging Infrastructures, E-mobility NSR, Electric Mobility Network, EU Regional Development.
- Bhatti, A. R., Salam, Z., Aziz, M. J. B. A. ve Yee, K. P. (2016). A critical review of electric vehicle charging using solar photovoltaic. *International Journal of Energy Research*, 40(4), 439-461. <https://doi.org/10.1002/ER.3472>
- Birnie III, D. P. (2009). Solar-to-vehicle (S2V) systems for powering commuters of the future. *Journal of Power Sources*, 186(2), 539-542. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2008.09.118>
- Boyekin, T. (2020). *Çatı tip güneş enerjisi santrali ile beslenen elektrikli araç şarj istasyonu*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Caines, A., Ghosh, A., Bhattacharjee, A. ve Feldman, A. (2021). The grid independence of an electric vehicle charging station with solar and storage. *Electronics*, 10(23), 2940. <https://doi.org/10.3390/electronics10232940>
- CATARC. (T.Y.). Status of EV Standards in China. [PDF Belgesi]. 16 Ağustos 2022 tarihinde <https://unece.org/DAM/trans/doc/2012/wp29grsp/EVS-1-08.pdf> adresinden erişildi
- Cunningham, W. (T.Y.). Slow, fast, and faster: Where to charge electric cars. CNET. 16 Ağustos 2022 tarihinde, <https://www.cnet.com/roadshow/news/slow-fast-and-faster-where-to-charge-electric-cars/> adresinden erişildi.
- Çakmak, R. ve Turan, A. (2022). Türkiye’de iller bazında elektrikli araç şarj istasyonu altyapısı: Ölçevler aracılığıyla analizi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 246-268. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1029677>
- Çiçek, Y. (2019). *Elektrikli otobüsler için fotovoltaik-rüzgâr güç sistemi kaynaklı şarj istasyonu tasarımı*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Çobanoğlu, A. (2020). *Elektrikli kara araçları için güneş enerjisi destekli bir şarj istasyonunun tasarımı*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.

- Çözel, İ. (2021). *Sakarya ili için örnek bir pv-rüzgâr hibrit enerjili şarj istasyonu tasarımı* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya.
- Das, H. S., Rahman, M. M., Li, S. ve Tan, C. W. (2020). Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109618. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109618>
- DMA. (t.y.). Şarj İstasyonları. 19 Ekim 2022 tarihinde <http://www.dmaoto.com/tr/sarj-istasyonlari> adresinden erişildi.
- Elektrik Mühendisler Odası. (2021). Çevrimiçi Seminer: Elektrikli Araçlar ve Şarj Teknolojileri - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ZmfVyMl2N-I>
- Eltas, İ. (2020). *Tek eksenli güneş takip sistemi veriminin Erzurum koşullarında belirlenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Ordu.
- Enerji Atlası. (2022). Türkiye'deki Elektrikli Otomobil Sayısı. 24 Ağustos 2022 tarihinde <https://www.enerjiatlası.com/haber/turkiye-deki-elektrikli-otomobil-sayisi> adresinden erişildi.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. (T.Y.). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). 26 Ağustos 2022 tarihinde, <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> adresinden erişildi.
- Erzurum İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (T.Y.). 23 Şubat 2023 tarihinde, <https://erzurum.ktb.gov.tr/TR-56063/cografya.html> adresinden erişildi.
- Espassandim, H. M. D. (2019). *Optimal Operation of a Rooftop Photovoltaic Electric Vehicle Parking Lot*, Doctoral dissertation, Universidade do Porto, Portugal.
- Eşarj (Elektrikli Araçlar Şarj Sistemleri A.Ş.). (t.y.). İstasyon Haritası, 19 Ekim 2022 tarihinde <https://esarj.com/harita> adresinden erişildi.
- European Commission. (2022). Photovoltaic Geographical Information System. 19 Ekim 2022 tarihinde https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/ adresinden erişildi.
- European Environment Agency. (2016). Electric Vehicles in Europe, Publications Office of the European Union 2016, ISSN 1977-8449, doi: 10.2800/100230.
- European Court of Auditors. (2021). Infrastructure for charging electric vehicles: more charging stations but uneven deployment makes travel across the EU complicated. Special report No 05, ISBN 978-92-847-5730-5 2021, Luxembourg.

- EvoCharge. (t.y.). How Electric Vehicle Charging Load Management Works. 25 Şubat 2022 tarihinde <https://evocharge.com/resources/how-electric-vehicle-charging-load-management-works/> adresinden erişildi.
- Figueiredo, R., Nunes, P. ve Brito, M. C. (2017). The feasibility of solar parking lots for electric vehicles. *Energy*, 140, 1182-1197. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.024>.
- Gaëtan, B. I., & Masson, B. I. Mary ve Brunisholz. (2016). “Snapshot of Global Photovoltaic Markets,” in Report IEA PVPS, 1-19.
- Gartner. (t.y.). Electro Mobility (e-Mobility). 12 Ağustos 2022 tarihinde <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/electro-mobility-e-mobility> adresinden erişildi.
- G-Charge. (t.y.). Map. 19 Ekim 2022 tarihinde <http://www.g-charge.com.tr/Map.aspx> adresinden erişildi.
- Ghosh, D., Karmakar, S. M., Roy, A., Manna, S., Samanta, S. ve Mitra, S. (2016, October). Installation of 6kWp grid tie rooftop solar system for generation of 25 units of energy per day. In 2016 IEEE 7th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON) (pp. 1-3). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEMCON.2016.7746343>
- González, L. G., Siavichay, E. ve Espinoza, J. L. (2019). Impact of EV fast charging stations on the power distribution network of a Latin American intermediate city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, 309-318. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.017>
- Gönül, Ö. (2018). *Türkiye'nin farklı iklim bölgeleri için optimal fotovoltaik panel eğim açılarının belirlenmesi*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gönül, Ö., Duman, A. C. ve Güler, Ö. (2021). Electric vehicles and charging infrastructure in Turkey: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110913. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110913>
- Güray, B.,Ş. ve Merdan, E.(2021). *Türkiye Elektrikli Araçlar Görünümü 2021*, İstanbul, Türkiye: Sabancı Üniversitesi IIEEC.
- Güvel, Ç. B. (2018). *İzmir ili için güneş-rüzgar hibrit enerjili elektrikli araç şarj istasyonu tasarımı*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- HelioScope. (2020). Step by Step Residential Design. 5 Eylül 2022 tarihinde <https://help.helioscope.com/article/36-residential-overview> adresinden erişildi.

- HelioScope. (2022). Hourly Production Report CSV. 6 Mart 2022 tarihinde <https://help.helioscope.com/article/164-hourly-report-csv#sample> adresinden erişildi.
- HOMER Grid. (t.y.). HOMER Grid 1.9, Homer manuel grid, 13 Aralık 2022 tarihinde, <https://support.ul-renewables.com/homer-manual-grid/index.html> adresinden erişildi.
- HOMER Software. (t.y.). HOMER pro. 13 Aralık 2022 tarihinde <https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html> adresinden erişildi.
- HT-SAAE. (t.y.). Reliable State-owned Enterprise Deliver Solar Power since 1960s, 12 Şubat 2023 tarihinde <https://drive.google.com/file/d/1RgRaznXHSBIUnKTVVJ4D-g79ZTfUfGqJ/view> adresinden erişildi.
- IEEE Standart Association. (t.y.)- IEEE Electric Vehicle Charging Conformity Assessment Program. 16 Ağustos 2022, <https://standards.ieee.org/products-programs/icap/programs/ev/> adresinden erişildi.
- International Electrotechnical Commission. (2014). *IEC 61851-23:2014 Electric vehicle conductive charging system - Part 23: DC electric vehicle charging station*. Geneva, Switzerland.
- International Electrotechnical Commission. (2017). *IEC 61851-1: 2017 Electric vehicle conductive charging system-Part 1: General requirements*. Geneva, Switzerland.
- International Electrotechnical Commission. (2022). *IEC 62196-1:2022 Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 1: General requirements*. Geneva, Switzerland.
- International Energy Agency. (2010). Technology, European Technology Roadmap – Solar Photovoltaic Energy, IEA Publications, © OECD/IEA, October 2010, Paris.
- International Energy Agency. (2021). PV-Powered Electric Vehicle Charging Stations: Preliminary Requirements and Feasibility Conditions, Report IEA-PVPS T17-02:2021, December – 2021, ISBN 978-3-907281-26-0.
- International Energy Agency. (2022a). Global EV Outlook 2022 Securing supplies for an electric future. IEA Publications.
- International Energy Agency. (2022b). Trends in charging infrastructure – Global EV Outlook 2022 – Analysis, 27 Ağustos 2022 tarihinde,

- <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure> adresinden erişildi.
- International Energy Agency. (2022c). Global electric car sales have continued their strong growth in 2022 after breaking records last year. 27 Ağustos 2022 tarihinde <https://www.iea.org/news/global-electric-car-sales-have-continued-their-strong-growth-in-2022-after-breaking-records-last-year> adresinden erişildi.
- International Energy Agency. (2022d). Policy Brief on Public Charging Infrastructure Promoting successful roll-out strategies and business models. IEA Publications.
- International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. (2021). 2021 Production Statistics. 24 Ağustos 2022 tarihinde <https://www.oica.net/category/production-statistics/2021-statistics/> adresinden erişildi.
- Irena, T. (2021). World Energy Transitions Outlook: 1.5 C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- ISO. (2013). ISO 15118-1:2013 Road vehicles — Vehicle to grid communication interface — Part 1: General information and use-case definition. <https://www.iso.org/standard/55365.html>
- Ivanova, A., Fernandez, J. A., Crawford, C. ve Djilali, N. (2017, September). Coordinated charging of electric vehicles connected to a net-metered PV parking lot. In 2017 IEEE PES innovative smart grid technologies conference Europe (ISGT-Europe) (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISGTEurope.2017.8260291>
- Japan Electric Vehicle Association Standards. (2003), "FOR THE NEXT GENERATION: EV, HEV & FCV" JARI, Oct. 2003. 16.Ağustos 2022 tarihinde <http://www.evaap.org/pdf/jevs.pdf> adresinden erişildi.
- Karaveli, A. B. (2014). *Nuclear energy versus solar energy (nuke vs. pv): the comparison of their economic feasibilities and environmental aspects for Turkey* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University, Ankara.
- Kasten, P., Bracker, J., Haller, M. ve Purwanto, J. (2016). Assessing the status of electrification of the road transport passenger vehicles and potential future implications for the environment and European energy system. Öko-Institut: Darmstadt, Germany.
- Khan, S., Ahmad, A., Ahmad, F., Shafaati Shemami, M., Saad Alam, M. ve Khateeb, S. (2018). A comprehensive review on solar powered electric vehicle charging

- system. *Smart Science*, 6(1), 54-79.
<https://doi.org/10.1080/23080477.2017.1419054>
- Khan, S., Sudhakar, K. ve Hazwan bin Yusof, M. (2022). Techno-Environmental analysis of facade integrated photovoltaics and electric vehicle charging for university building. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022.
<https://doi.org/10.1155/2022/7186009>
- Khatib, T. ve Deria, R. (2022). East-west oriented photovoltaic power systems: model, benefits and technical evaluation. *Energy Conversion and Management*, 266, 115810. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115810>
- Kılınç, M. E. (2022). *Grid-Connected Photovoltaic Systems for Fuel Stations: A Complete Techno-economic Analysis*, Doctoral dissertation, Izmir Institute of Technology, İzmir.
- Klapwijk, P. ve Driessen-Mutters, L. (2018). Exploring the public key infrastructure for ISO 15118 in the EV charging ecosystem. ElaadNL: Arnhem, The Netherlands.
- Krim, Y., Sechilariu, M. ve Locment, F. (2021). PV benefits assessment for PV-powered charging stations for electric vehicles. *Applied Sciences*, 11(9), 4127. <https://doi.org/10.3390/app11094127>
- Leijon, J. ve Boström, C. (2022). Charging electric vehicles today and in the future. *World Electric Vehicle Journal*, 13(8), 139. <https://doi.org/10.3390/wevj13080139>.
- Lu, X., Wang, P., Niyato, D., Kim, D. I. ve Han, Z. (2015). Wireless charging technologies: Fundamentals, standards, and network applications. *IEEE communications surveys & tutorials*, 18(2), 1413-1452. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2499783>
- Machura, P. ve Li, Q. (2019). A critical review on wireless charging for electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 209-234. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.027>
- Mak, H. Y., Rong, Y. ve Shen, Z. J. M. (2013). Infrastructure planning for electric vehicles with battery swapping. *Management science*, 59(7), 1557-1575. <https://doi.org/10.1287/MNSC.1120.1672>
- Mouli, G. C., Bauer, P. ve Zeman, M. (2015, June). Comparison of system architecture and converter topology for a solar powered electric vehicle charging station. In

- 2015 9th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia (ICPE-ECCE Asia) (pp. 1908-1915). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICPE.2015.7168039>
- Mouli, G. C., Bauer, P. ve Zeman, M. (2016). System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces. *Applied Energy*, 168, 434-443. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2016.01.110>
- Mueller, O. M. ve Mueller, E. K. (2014, October). Off-grid, low-cost, electrical sun-car system for developing countries. In IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC 2014) (pp. 14-17). IEEE. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2014.6970254>
- Mwasilu, F., Justo, J. J., Kim, E. K., Do, T. D. ve Jung, J. W. (2014). Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration. *Renewable and sustainable energy reviews*, 34, 501-516. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.031>
- Nguyen, T. D., Li, S., Li, W. ve Mi, C. C. (2014, March). Feasibility study on bipolar pads for efficient wireless power chargers. In 2014 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition-APEC 2014 (pp. 1676-1682). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APEC.2014.6803531>
- Nunes, P., Farias, T. ve Brito, M. C. (2015). Day charging electric vehicles with excess solar electricity for a sustainable energy system. *Energy*, 80, 263-274. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.11.069>
- Osório, G. J., Gough, M., Lotfi, M., Santos, S. F., Espassandim, H. M., Shafie-khah, M. ve Catalão, J. P. (2021). Rooftop photovoltaic parking lots to support electric vehicles charging: A comprehensive survey. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 133, 107274. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107274>
- Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği. (t.y.). Pazar - Perakende Satışlar. 24 Ağustos 2022 tarihinde https://www.odmd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=36 adresinden erişildi.
- Otomotiv Sanayi Derneği. (2021). Otomotiv Sanayii Genel ve İstatistik Bülteni. https://www.osd.org.tr/saved-files/PDF/2022/02/02/YILLIK_2021.pdf
- Özçalık S. (2022). Yenilenebilir Enerji Destekli Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Açıldı. 22 Şubat 2022 tarihinde <https://btu.edu.tr/tr/haber/detay/5826/yenilenebilir-enerji-destekli-elektrikli-araç-şarj-i-stasyonu-açıldı> adresinden erişildi.

- Özden, T., Karaveli, A. ve Akinoğlu, B. (2020). Comparison of the models of solar PV performance calculations for Ankara–Middle Anatolia. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 54-60. <https://doi.org/10.31590/ejosat.653272>
- Paired Power. (t.y.), EV charging reimagined, 31 Ağustos 2022 tarihinde https://pairedpower.com/wp-content/uploads/2019/10/SEVO-SunStationTM-Product-Data-Sheet_Paired-Power.pdf adresinden erişildi.
- Parajuly, K., Ternald, D. ve Kuehr, R. (2020). *The Future of Electric Vehicles and Material Resources: A Foresight Brief*. ISBN – Digital: 978-92-808-9122-5
- Porsche, (t.y.). Find Charging Stations on your route using the charge map. 19 Ekim 2022 tarihinde <https://www.porsche.com/international/aboutporsche/e-performance/#charge-map> adresinden erişildi.
- Poullikkas, A. (2015). Sustainable options for electric vehicle technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1277-1287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.016>
- Renault. (t.y.). RENAULT ZOE E-TECH 100% elektrikli, 23 Ekim 2022 tarihinde <https://cdn.group.renault.com/ren/tr/brochures/zoe-b10-ph2/Brosur-Zoe-102022-v2.pdf.asset.pdf/2530540eb9.pdf> adresinden erişildi.
- Resmî Gazete. (2021a). *Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (2021)*, S: 31700, K. No. 7346, K. T.: 21/12/2021, Ankara. 1
- Resmî Gazete. (2021b). *Paris Anlaşmasının Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun*, S: 31621, Ankara.
- Resmî Gazete. (2022). *Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan Şarj Hizmeti Yönetmeliği*, S: 31797, Ankara.
- Ritchie, H., Roser M. ve Rosado, P. (2017). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. 18 Ekim 2022 tarihinde <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#current-climate-policies-will-reduce-emissions-but-not-quickly-enough-to-reach-international-targets> adresinden erişildi.
- Ritchie, H. ve Roser, M. (2021). Turkey: CO₂ Country Profile. University of Oxford.
- Rituraj, G., Mouli, G. R. C. ve Bauer, P. (2022). A comprehensive review on off-grid and hybrid charging systems for electric vehicles. *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*. <https://doi.org/10.1109/OJIES.2022.3167948>
- Sakti, A. D., Ihsan, K. T. N., Anggraini, T. S., Shabrina, Z., Sasongko, N. A., Fachrizal, R., ... ve Wikantika, K. (2022). Multi-Criteria Assessment for City-

- Wide Rooftop Solar PV Deployment: A Case Study of Bandung, Indonesia. *Remote Sensing*, 14(12), 2796. <https://doi.org/10.3390/rs14122796>
- Saygin, D., Aksoy, H. ve Tör, O. B. (2021). System-Wide Benefits of Transforming Turkey's Transport
- Schuller, A., Flath, C. M. ve Gottwalt, S. (2015). Quantifying load flexibility of electric vehicles for renewable energy integration. *Applied Energy*, 151, 335-344. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.04.004>
- SECAR. (t.y.). Indeks. 31 Ağustos 2022 tarihinde <http://www.secar.at/index.php/en/> adresinden erişildi.
- Sector with Electric Mobility. (2021). Network Industries Quarterly Turkey, 1(4), 10–13, IC4R and ITU, Istanbul Technical University, Istanbul.
- Shareef, H., Islam, M. M. ve Mohamed, A. (2016). A review of the stage-of-the-art charging technologies, placement methodologies, and impacts of electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64, 403-420. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.033>
- Sharz.net. (t.y.). İstasyonlarımız. 19 Ekim 2022 tarihinde <https://www.sharz.net/istasyonlarimiz> adresinden erişildi.
- SIRIUS. (t.y.). ELNSM72M-HC-HV Serisi, 12 Şubat 2023 tarihinde https://elinenerji.com.tr/files/tr/Sirius-166M-Modeli-ELNSM72M-HC-HV_440-455W.pdf adresinden erişildi.
- Singh, A., Shaha, S. S., Sekhar, Y. R., Saboor, S. ve Ghosh, A. (2021a). Design and analysis of a solar-powered electric vehicle charging station for Indian cities. *World Electric Vehicle Journal*, 12(3), 132. <https://doi.org/10.3390/wevj12030132>
- Singh, H., Ambikapathy, A., Logavani, K., Arun Prasad, G. ve Thangavel, S. (2021b). Plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs). *Electric Vehicles: Modern Technologies and Trends*, 53-72. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9251-5_3
- Society of Automobile Engineers Standard. (2010). Sae electric vehicle and plug-in hybrid electric vehicle conductive charge coupler. SAE International: Warrendale, PA, USA. http://zooi.widodh.nl/ev/tech/charging/J1772_Revised_Jan2010.pdf
- Society of Automobile Engineers Standard. (2017). SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler J1772_201710. https://www.sae.org/standards/content/j1772_201710/
- Society of Automobile Engineers Standard. (t.y.). Hybrid - EV Committee, Published Documents. <https://www.sae.org/works/documentHome.do?comtID=TEVHYB>

- Solar Mango. (t.y.). Calculate the reduction in carbon emissions from using solar power, 11 Kasım 2022 tarihinde <https://www.solarmango.com/in/tools/solar-carbon-emission-reduction> adresinden erişildi.
- SolarDesignTool. (t.y.). Trina Solar TSM-320PD14 (320W) Solar Panel. 5 Eylül 2022 tarihinde <http://www.solardesigntool.com/components/module-panel-solar/Trina-Solar/3586/TSM-320PD14/specification-data-sheet.html>, adresinden erişildi.
- SOLARGIS. (2022a). Solar resource maps of Turkey. 26 Kasım 2022 tarihinde <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/turkey> adresinden erişildi.
- SOLARGIS. (2022b). Solar resource maps of Germany. 26 Kasım 2022 tarihinde <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/germany> adresinden erişildi.
- Speidel, S. ve Bräunl, T. (2014). Driving and charging patterns of electric vehicles for energy usage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 97-110. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.177>
- Stamatellos, G., Zogou, O. ve Stamatelos, A. (2022). Energy analysis of a NZEB office building with rooftop PV installation: Exploitation of the employees' electric vehicles battery storage. *Energies*, 15(17), 6206. <https://doi.org/10.3390/en15176206>
- Sulzberger, C. (2004). An early road warrior: electric vehicles in the early years of the automobile. *IEEE Power and Energy Magazine*, 2(3), 66-71. <https://doi.org/10.1109/mpae.2004.1293606>
- Syahindra, K. D., Ma'arif, S., Widayat, A. A., Fauzi, A. F. ve Setiawan, E. A. (2021). Solar PV system performance ratio evaluation for electric vehicles charging stations in transit oriented development (TOD) areas. In E3S Web of Conferences (Vol. 231, p. 02002). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123102002>
- T.C. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). 24 Ağustos 2022 tarihinde, <https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari> adresinden erişildi.
- TEMSAN - Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. (2023). "Hızlı ve Yenilenebilir". 19 Ocak 2023 tarihinde <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7003776293674610689/> adresinden erişildi.
- Tesla. (t.y.). Schedule a Demo Drive. 19 Ekim 2022 tarihinde <https://www.tesla.com/findus?v=2&bounds=47.25556866072372%2C43.4643570000001%2C35.593233693582015%2C9.71435700000001&zoom=6&filters=sto>

- re%2Cservice%2Csupercharger%2Cdestinationcharger%2Cbodyshop%2Cparty&location=edirnesupercharger_dcsc adresinden erişildi.
- The Massachusetts Department of Energy Resources. (2014). Electric Vehicle Charging Infrastructure Deployment Guide – 2014, 1–26. https://www.mass.gov/doc/electric-vehicle-charging-infrastructure-manual/download_
- Tulpule, P. J., Marano, V., Yurkovich, S. ve Rizzoni, G. (2013). Economic and environmental impacts of a PV powered workplace parking garage charging station. *Applied Energy*, 108, 323-332. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.068>
- TURKONFED. (t.y.). 2053 Net Sıfır: Türkiye'nin Geleceğe Yolculuğu. 22 Ağustos 2022 tarihinde <https://turkonfed.org/tr/detay/3687/2053-net-sifir-turkiyenin-gelecege-yolculugu> adresinden erişildi.
- Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği. (2021). Kalyon şarj üniteleri ilk kez görüntülendi. 19 Ekim 2022 tarihinde <https://www.tehad.org/2021/10/13/kalyon-sarj-uniteleri-ilk-kez-goruntulendi/> adresinden erişildi.
- Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği. (2022a). 2021 Yılı 'Elektrikli ve Hibrid' Satış Rakamları Belli Oldu. 24 Ağustos 2022 tarihinde <https://www.tehad.org/2022/01/16/2021-yili-elektrikli-ve-hibrid-satis-rakamlari-belli-oldu/> adresinden erişildi.
- Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği. (2022b). Şarj Hizmeti Lisans Sahibi Şirket Sayısı 67 oldu. 9 Aralık 2022 tarihinde <https://www.tehad.org/2022/12/05/sarj-hizmeti-lisans-sahibi-sirket-sayisi-67-oldu/> adresinden erişildi.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (t.y.). *Coğrafi İstatistik Portalı*. 24 Ağustos 2022 tarihinde, <https://cip.tuik.gov.tr/> adresinden erişildi.
- Türkiye Petrolleri A.O. Genel Müdürlüğü. (2021). Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, Mayıs 2016
- Uhlig, R., Neusel-Lange, N., Zdrallek, M., Friedrich, W., Klöcker, P. ve Rzeznik, T. (2014, June). Integration of E-Mobility into distribution grids via innovative charging strategies. In Proceedings of the CIRED Workshop. Rome , 11-12 June 2014 GRID INTEGRATION OF E-MOBILITY, 0055, 11–12.
- Van den Bossche, P., Omar, N., Coosemans, T. ve Van Mierlo, J. (2015). *Current Issues in EV Standardization*. In: Müller, B., Meyer, G. (eds) Electric Vehicle Systems

- Architecture and Standardization Needs. Lecture Notes in Mobility. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13656-1_1.
- Viswanathan, S., Appel, J., Chang, L., Man, I. V., Saba, R. ve Gamel, A. (2018). Development of an assessment model for predicting public electric vehicle charging stations. *European Transport Research Review*, 10(2), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0322-8>.
- VOLTRUN Trademark of Zebra Electronics. (t.y). Elektrikli Araç Şarj İstasyon Ağ Operatörlüğü Hizmetleri, 19 Ekim 2022 tarihinde <http://app.voltrun.com/cmp/#/map> adresinden erişildi.
- Williamson, S. S., Rathore, A. K. ve Musavi, F. (2015). Industrial electronics for electric transportation: Current state-of-the-art and future challenges. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62(5), 3021-3032. DOI: 10.1109/TIE.2015.2409052.
- Yagcitekin, B., Uzunoglu, M., Karakas, A. ve Vurgun, M. (2013, Mayıs). Assessment of a car park with electric vehicles. In 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives (pp. 961-964). IEEE. DOI: 10.1109/PowerEng.2013.6635740.
- Yang, Y., Campana, P. E., Stridh, B. ve Yan, J. (2020). Potential analysis of roof-mounted solar photovoltaics in Sweden. *Applied Energy*, 279, 115786. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115786>.
- Yeşil Güç Enerji. (t.y). Şarj Haritası. 19 Ekim 2022 tarihinde <https://www.yesilgucenerji.com/sayfalar.asp?LanguageID=1&cid=4&id=26&id2=26> adresinden erişildi.
- Yilmaz, M. ve Krein, P. T. (2012). Review of battery charger topologies, charging power levels, and infrastructure for plug-in electric and hybrid vehicles. *IEEE transactions on Power Electronics*, 28(5), 2151-2169. DOI: 10.1109/TPEL.2012.2212917.
- Zheng, Y., Dong, Z. Y., Xu, Y., Meng, K., Zhao, J. H. ve Qiu, J. (2013). Electric vehicle battery charging/swap stations in distribution systems: comparison study and optimal planning. *IEEE transactions on Power Systems*, 29(1), 221-229. DOI:10.1109/TPWRS.2013.2278852.
- Zhou, J., Wu, Y., Wu, C., He, F., Zhang, B. ve Liu, F. (2020). A geographical information system based multi-criteria decision-making approach for location analysis and evaluation of urban photovoltaic charging station: A case study in

Beijing, *Energy Conversion and Management*, 205, 112340.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112340>.

Zorlu Energy Solutions. (t.y.). Elektrikli Araç Şarj İstasyonları Teknik Şartnamesi. [PDF Belgesi]. 17 Ağustos 2022 tarihinde <https://zes.net/Uploads/Page/elektrikli-arac-sarj-istasyonlari-teknik-sartnamesi-1.pdf> adresinden erişildi.

Zorlu Enerji. (2019). Elektrikli Araçların Tarihi, Bugünü ve Geleceği. 11 Ağustos 2022 tarihinde https://medium.com/zorlu-enerji/elektrikli-araclarin-tarihi-bugunu-ve-gelecegi-6bb6462fcf50#_msocom_1 adresinden erişildi.

EKLER

Ek 1. EA tarihindeki önemli olaylar

1800	Volta ilk batarya ve hücresini icat etmiştir.
1821	Faraday elektrik motorunun prensibini kanıtlamıştır.
1834	Davenport temel batarya hücresi tarafından güçlendirilmiş ilk elektrikli aracı açığa çıkarmıştır.
1859	Plante ikinci batarya ve hücresini icat etmiştir.
1869	Gramme bir beygir gücünden fazla ilk doğru akım elektrik motoru inşa etmiştir.
1881	Trouve ilk elektrikli aracı yapmıştır.
1885	Benz ilk içten yanmalı motorlu taşıtı açığa çıkarmıştır.
1887-98	Amerika ve Avrupada elektrikli araçların gelişimi artmaya başlamıştır.
1900	Araç sahiplerinin elektrikli araçları kabul etmesi için EA' ların bu dönemde popüler olan buharla ve benzinle çalışan araçlarla yarışı gerçekleştirilmiştir.
1900-12	Yürütülen çalışmalarla EA'ların popülerliği artmıştır. Fakat benzinle çalışan araçların önüne geçmesi mümkün olmamıştır.
1921-60	Benzinle çalışan araçlardaki teknik gelişmeler artınca EA'lar tamamen geri planda kalmış ve neredeyse kullanımı sıfırlanmıştır.
1960-90	Elektrikli araçlar küçük sayılarda tekrar ortaya çıkmıştır.
1990-2000	Sıfır emisyon düzenlemeleriyle elektrikli araçlardaki yeni aktiviteler hızlanmıştır. Elektrikli araçların artan sayısı yeni batarya teknolojilerini ortaya çıkarmıştır.
2000-23	Tesla öncülüğünde Bmw, Ford, Audi, Mercedes gibi ünlü araç firmaları standart kullanıcılar için EA üretmeye başlamıştır.
2023-	Türkiye Otomobil Girişimcileri Grubu(TOGG) ülkemizin ilk yerli ve milli EA' sını ve EAŞİ' sini piyasaya sürecektir.

Ek 2. Elektrikli araçların türlerine göre çeşitli özellikleri

Tamamen Elektrikli Araç(BEV)	
Gücü	Ev/işyeri vs. yerlerde şarj edilebilir
Verimlilik	Batarya enerjisinin %80 ya da daha fazlasını hareket enerjisine çevirir
Avantaj	Düşük gürültü kirliliği, Sıfır emisyon
Dezavantaj	Az sayıdaki şarj istasyon sayısı, Kısa sürüş menzili, Uzun şarj süreleri
Diğer	Uzun sürüş süresi için daha büyük batarya gereksinimi
Hibrit Elektrikli Araç (HEV)	
Gücü	Petrol/dizel yakıtlı motor ve küçük elektrikli motor
Verimlilik	Electric modda 0-10 km arası küçük mesafeler
Avantaj	Nispeten düşük emisyon
Dezavantaj	Teknolojik karmaşıklık, Yüksek motor gürültüsü, Egzoz emisyonu
Diğer	Hibrit Sistemlerin karmaşıklığı, Şebekeden tekrar şarj olmaz, Elektrik motoru güç sağlamaz
1.Plug-in Hibrit Elektrikli Araç (PHEV)	
Gücü	Fişe takarak şarj edilebilir ve elektrikli motora dahil geleneksel bir motora sahiptir
Verimlilik	Elektrik sürüş mesafesi 20-85 km
Avantaj	Ev/işyeri vs. şarj edilebilir, Elektrik modda sıfır emisyon
Dezavantaj	Hibrit sistemlerin karmaşıklığı
Diğer	İçten yanmalı motor ve elektrikli motorla çalışır. İkisi beraber de çalışabilir ayrı ayrı da
2.Plug-in Hibrit Elektrikli Araç(PHEV)	
Gücü	İçten yanmalı motorun tekerleklerle bir bağlantısının olmadığı PHEV türüdür. Batarya ya da elektrik motoru beslemek için elektrik jeneratörü olarak hareket eder.
Verimlilik	Elektrik sürüş mesafesi 70-145 km
Avantaj	İçten yanmalı motor küçüktür, bu durum da aracın ağırlığını azaltır
Dezavantaj	Teknik karmaşıklık
Diğer	-----

Ek 3. Farklı lokasyonlardaki istasyonların şarj durumları (Viswanathan vd., 2018).

EA Şarj Ekipmanı	Kullanıcı Profili	Şarj Mekanları	Şarj Zamanları(sa)	Aracın 1 saat şarj ile gidebileceği mesafe (km/saat)
Level 1	68 saatlik park	Cadde/Sokak	1-2	4-7
		Otopark	2-10	
		Kültür/Spor Salonları	2-5	
		Havalimanları/Hotel	8-72+	
Level 2	24 saatlik park	Alışveriş Merkezi	0.5 – 2	12 – 33(araç üzerindeki on - board şarj cihazına bağlı
		Havalimanı	< 1	
		Cadde/Sokak	1-2	
		Otopark	2-10	
		Kültür/Spor Salonları	2-5	
		Otel	8-72+	
		Karayolları	< 0.5	
Level 3 (DA Hızlı Şarj)	5- 30 dk arasında araç parkı	Alışveriş Merkezi	0.5 – 2	80 – 97
		Havalimanı	< 1	
		Karayolları	< 0.5	

Ek 4. EA şarj modları IEC 62196 standardına göre

Özellikler	Mod 1	Mod 2	Mod 3	Mod 4
EA şarjı için AA(1 F & 3 F) Kaynak tipi ve özellikleri	AA(1 F & 3 F) (yavaş)	AA(1 F & 3 F) (yavaş)	AA(3 F) (yarı-hızlı)	DA (hızlı)
Akım(A)	16	32	32/250	400
EA ve şarj istasyonu arasındaki iletişim	İletişim yoktur	Kontrol sinyali ve haberleşme pini	Kontrol sinyali ve haberleşme pini	Kontrol sinyali ve korumaları, CAN protokolü ve diğerleri
Konnektör	Tip A,Nema 1 /Tip F Schuko	SAEJ1772 Mennekes	/ SAEJ1772 / Mennekes,CSS, Scame, GB/T20234.2	CHAdemo, CSS
Koruma	Diferansiyel ve Manyetik Koruma	Diferansiyel ve Manyetik Koruma	EA içinde dahilidir	EA şarj istasyonuna dahilidir
On-board enerji İletimi	Evet	Evet	Evet	Hayır
Güç Değeri(kW)	3.3 – 7.4	3.3 – 7.4	10 – 22	50 -120
Şarj Zamanı	6/8 - 3/4 saat	6/8 - 3/4 saat	1 /2 - 1/2 saat	20/30-10 dakika

Ek 5. EA şarj seviyeleri SAEJ1772 standardına göre (The Massachusetts Department of Energy Resources, 2014).

Level	Giriş Gerilimi ve Akım Değeri	Akım Değeri (A)	Şarj Cihazı Konumu	Maksimum Güç (kWh)	Şarj Olma Süresi (s)	Kullanım Yeri
AA Level 1	120 V-15 A	12	On board	- 1.44 1.92	10-13	Ev-ofis
	120 V-20 A	16	1 F			
AA Level 2	240V-40 A	32	On-board	7.7	1-3	Özel-
	400V-80 A	64	1/3 F	25.6		Ortak
DA Level 1	208V-80 A	64	Off-board	13.3	0.5-	Ortak-
	600V-80 A	64	3 F	38.4	1.44	Ticari
DA Level 2	208V-200A	160	Off-board	33.3	0.2	Ortak-
	600V-200A	160	3 F	96	0.58	Ticari

Ek 6. Değişik parametrelerle AA-DA şarj istasyon değerlendirmesi (Elektrik Mühendisler Odası, 2021).

	AA ŞARJ	DA ŞARJ
ÖZELLİKLER	Araç üzerine bulunan on-board şarj cihazına sahiptir. Bundan dolayı şebeke elektriği ile doğrudan şarj edilebilir. Standart ev/endüstriyel prizlerin maksimum akımı 16 A' dir. Dolayısıyla 230 V monofaze şebekede 8 kW, 400 V trifaze şebekede 22 kW güce çıkabilirler. Bu yüzden araç üzerindeki şarj cihazı çoğunlukla 22 kW altındadır. Şarj cihazının gücünün artırılması araç içerisinde yer kaplama ve ağırlık nedeniyle üreticileri zorlamaktadır.	AA şarja göre daha yüksek şarj süreleri sağlar. Batarya paketinin izin verdiği üst sınıra kadar şarj gücüne çıkabilir. Çok hızlı şarj sürelerine çıkabilir. AA şarja göre daha fazla yatırım ve ekipman gereklidir. Yüksek şarj akımı ısı kayıplarını da beraberinde getirir. Dolayısıyla şarj istasyonunda ısı yönetimi, soğutma sistemleri gerekebilir.
AVANTAJ	Basittir. Ekstra Dönüştürücüye gerek olmayan standart AA elektrik prizine bağlanır. AA şarj üniteleri maliyeti düşüktür.	Çok hızlı şarj olabilmektedir. Araç üzerinde şarj cihazı olmasına gerek yoktur. Bu sebeple araç hafifleyecek ve daha hızlı sürüş sağlanacak.
DEZAVANTAJ	DA şarja göre daha yavaştır. Uzun saatlerde şarj süreleri vardır.	Şarj ekipman maliyetleri yüksektir. Yüksek güç nedeniyle ısı yönetimi gerekmektedir. Hızlı şarj ile batarya ancak %80 kapasiteye kadar şarj edilebilir. (Buna Pareto Prensibi denmektedir.)

Ek 7. Erzurum ili Yakutiye merkez ilçesi akaryakıt istasyon koordinatları ve çatı alanları

#	Enlem	Boylam	İstasyon Çatısı (m ²)	İşletme Binası Çatısı (m ²)	Toplam Alan (m ²)	PVGIS ile hesaplanan yıllık FV Üretim (MWh)
1.	39.903720686365595	41.29042235558838	267.73	248.75	516.48	137.5
2.	39.90537880421287	41.313428096078354	290.76	117.2	407.96	104.84
3.	39.942501549074805	41.370580052789975	250.23	135.18	385.41	98.6
4.	39.9580683305223	41.40641472354506	428.89	139.62	568.51	145.42
5.	39.95827183747543	41.40593253434642	452.05	214.26	666.31	170.43
6.	39.97123045937826	41.427024681920315	203.14	97.53	300.67	80.03
7.	39.95888910360012	41.2916264122686	207.76	531.24	739	208.34
8.	39.96259311174699	41.20844966927863	258.05	194.02	452.07	126.86
9.	40.03922180128241	41.33221894611457	177.51	139.78	317.29	87.9
10.	40.05241209905514	41.344104292318164	135.45	101.27	236.72	64.89
11.	39.92065917162962	41.19802076338188	294.92	179.71	474.63	129.5
12.	39.920812203030415	41.19566222641344	112.74	53.98	166.72	45.5
13.	39.92190809081697	41.194067430435624	281.1	99.3	380.4	101.7
14.	39.925744244517176	41.17902797623973	337.46	-----	337.46	91.96
15.	39.93039070082327	41.15943394132704	301.2	135.03	436.23	118.74
16.	39.931152560110625	41.15912832650703	194	126.87	320.87	87.35
17.	39.941947771977844	41.11825150978563	460.89	166.93	627.82	170.9
18.	39.94363733931123	41.11273485008543	212.15	110.27	322.42	87.82
19.	39.88594749673495	41.238775763262616	330.02	87.67	417.69	110.12

20.	39.878209256619726	41.2268917448166	317.52	226.57	544.09	143.23
21.	39.86632933303797	41.212842484827476	283.64	219.24	502.88	131.97
22.	39.86417573597074	41.209037523897294	376.9	166.87	543.77	142.72
23.	39.859078357175385	41.194612743311666	355.94	155	510.94	136.67
24.	39.94700393951419	41.29029100118492	209	94	303	81.55
25.	39.94611871748574	41.29049195240347	242.23	134	376.23	101.25
26.	39.94532835361962	41.290683618686025	311.05	-----	311.05	83.67
27.	39.93830364490168	41.285855574933485	220.58	63.35	283.93	76.22
28.	39.93595652897349	41.28457157119185	324.4	104	428.4	115
29.	39.930622195366034	41.282471636770644	413.4	398.4	811.8	217.76
30.	39.9212945311115	41.2798654565627	265.58	170.68	436.26	116.7
31.	39.92124619023936	41.27946714853234	252.49	170.68	423.17	113.23
32.	39.917246254183	41.27636417913835	441.47	198.23	639.7	166.92
33.	39.913150217656856	41.27073639595764	471.96	219.92	691.88	185.98
34.	39.92216982694077	41.25968460806106	472.32	90	562.32	151.37
35.	39.910333976733156	41.25853652578076	257.35	132.52	389.87	104.8
36.	39.91068517584279	41.253599323956784	289	45	334	89.56
37.	39.898321275587364	41.27109645531752	216.54	178.67	395.21	98.25
38.	39.897385225460845	41.27394853533385	268.41	146.25	414.66	103.01
39.	39.89690870137299	41.28093571650236	326.59	269.43	596.02	147.61
40.	39.89982883110697	41.28482115883074	250	253.63	503.63	134.56
41.	39.9086340181514	41.28852523461357	411.58	148.7	560.28	150.05
42.	39.90982405740965	41.28604067790474	256.82	406.76	663.58	177.74
43.	39.91513839125575	41.27778793635893	65.42	210	275.42	73.83
44.	39.911834042430364	41.26683948848453	82.83	161.1	243.93	65.57
45.	39.88609334268442	41.269976800002304	530.33	120.4	650.73	161.47

46.	39.88933216464708	41.264186347902815	251.58	130	381.58	94.78
47.	39.867584052965604	41.24339272370719	669.49	157.48	826.97	215.15
48.	39.899181277368164	41.19871416028707	340	118	458	123.94
49.	39.92818256070991	41.28433912245655	163.31	145.33	308.64	82.34
50.	Toplam İstasyon Çatı Alanı (m²)		14533.7	7912.87	22446	
51.	39.903976574719955	41.26098031483015	2651	-----	2651	711.67
52.	39.90968438627596	41.27828115108512	1136	-----	1136	303.73

Ek 8. 2021 yılına kadar Türkiye’ de kurulan il bazında EA şarj istasyon sayısı (Çakmak ve Turan, 2022).

Şarj İstasyon Firmaları ve Şarj İstasyon Sayıları									
ŞEHİRLER	VOLTRUN	ZES	SHARZ	G-CHARGE	BD-OTO	DMA-OTO	YEŞİL GÜÇ ENERJİ	EŞARJ	TOPLAM
ADANA	2	3	2	1				3	11
ADİYAMAN		2	1						3
AFYONKARAHİSAR	1	10		2				1	14
AĞRI		2							2
AMASYA	1	3							4
ANKARA	19	23	14	5				35	96
ANTALYA	8	19	7					10	44
ARTVİN	3	2	2						7
AYDIN	6	8	7					4	25
BALIKESİR	5	3	5						13
BİLECİK	1	2	3						6
BİNGÖL		2							2
BİTLİS		2							2
BOLU	5	5				1		2	13
BURDUR		1							1
BURSA	22	12	8	3		5		6	56
ÇANAKKALE	6	5	2						13
ÇANKIRI	3	2	3						8

ÇORUM		4						1	5
DENİZLİ	5	2	4	1				1	13
DİYARBAKIR		1						1	2
EDİRNE	6	2	3					2	13
ELAZIĞ	2	3	1						6
ERZİNCAN		1							1
ERZURUM		2					3	1	6
ESKİŞEHİR	1	16	2						19
GAZİANTEP	3	2	3					5	13
GİRESUN	2	1	1						4
GÜMÜŞHANE		1							1
HAKKARİ		1							1
HATAY	1	1	1					3	6
ISPARTA	2	2	2	1					7
MERSİN	3	1	3					4	11
İSTANBUL	212	54	95	40	36	13	8	73	531
İZMİR	15	46	12	3			2	20	98
KARS		2							2
KASTAMONU		2							2
KAYSERİ	3	2	3					1	9
KIRKLARELİ	1	4	1	1					7
KIRŞEHİR	1	1	1						3
KOCAELİ	5	9	6	2	1	1	1	8	33
KONYA	6	3	5	2				2	18
KÜTAHYA	1	2							3
MALATYA	2	2	2						6

MANİSA	3	10	3				1	17
KAHRAMANMARAŞ	1	1	1					3
MARDİN		1					1	2
MUĞLA	11	10	11	2		1		42
MUŞ		1						1
NEVŞEHİR	2	2	4	1			1	10
NİĞDE		1						1
ORDU	3	2	3				1	9
RİZE		1						1
SAKARYA	2	1	1	1			2	7
SAMSUN	4	3	3				1	11
SİİRT		1						1
SİNOP	2	1	2					5
SİVAS	1	2	1					4
TEKİRDAĞ	5	4	5				1	15
TOKAT		1						1
TRABZON	2	2	1				1	6
TUNCELİ		2	1					3
ŞANLIURFA		1					1	2
UŞAK	1	5						6
VAN		2						2
YOZGAT		2						2
ZONGULDAK	2	1						3
AKSARAY	1	1	1				1	4
BAYBURT		1						1
KARAMAN	2	1	2					5

KIRIKKALE	1	1	2						4
BATMAN	3	2							5
ŞIRNAK		2							2
BARTIN		2							2
ARDAHAN		1							1
IĞDIR		2							2
YALOVA	1	3	1						5
KARABÜK		2							2
KİLİS		1							1
OSMANİYE		1							1
DÜZCE	6	3	2						11
TOPLAM	406	353	243	65	37	21	14	201	1340

Ek 9. 2022 yılına kadar Türkiye’ de kurulan il bazında EA şarj istasyon sayısı (Aksa Elektrik 2021; Eşarj, t.y. ; VOLTRUN Trademark of Zebra Electronics, t.y.; Tesla, t.y.; G-Charge, t.y.; Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Derneği, 2021; Sharz.net, t.y.; Porsche, t.y.; Yeşil Güç Enerji, t.y. ; DMA, t.y.).

ŞEHİRLER	Şarj İstasyon Firmaları ve Şarj İstasyon Sayıları											GENEL TOPLAM	
	VOLTRUN	ZES	SHARZ	G-CHARGE	BD-OTO	DMA-OTO	YEŞİL GÜÇ	EŞARJ	PORSCHE CS	TESLA	AKSA		KALYON
ADANA	3	8	1	1				6	1				20
ADİYAMAN	4	4	2										10
AFYONKARAHİSAR	3	14	1	2				1					21
AĞRI		2											2
AMASYA	1	5						1					7
ANKARA	44	51	8	6				39	10	1			159
ANTALYA	23	59	12					13	6	1			114
ARTVİN	4	2	3										9
AYDIN	11	14	2				1		4	1			33
BALIKESİR	9	13	5					1	1	1			30
BİLECİK		2	1										3
BİNGÖL		2									1		3
BİTLİS		2											2
BOLU	6	12	1			1		4	1				25
BURDUR		1											1
BURSA	33	27	8	4		4		12	4	1			93
ÇANAKKALE	8	8	1					3					20

ÇANKIRI	4	5	3											12
ÇORUM		6						2	1					9
DENİZLİ	8	11	4	1				3						27
DİYARBAKIR		1						3						4
EDİRNE	6	2	3					2		1				14
ELAZIĞ	8	4	4	1										17
ERZİNCAN		2												2
ERZURUM	1	2					3	1						7
ESKİŞEHİR	2	19	2					2						25
GAZİANTEP	5	7	6					6						24
GİRESUN	2	2	1											5
GÜMÜŞHANE		1												1
HAKKARİ		1												1
HATAY	2	2	2					3						9
ISPARTA	4	4	2	1										11
MERSİN	4	6	3					11	1					25
İSTANBUL	426	124	58	54	36	16	8	92	48	1	4	4	871	
İZMİR	29	56	14	3			1	21	4	1				129
KARS		2												2
KASTAMONU		3												3
KAYSERİ	3	6	2	1										12
KIRKLARELİ	2	5	2	1										10
KIRŞEHİR	1	2	1											4
KOCAELİ	12	11	7	1	1	1	1	9	9					52
KONYA	4	14	5	3				3		1				30
KÜTAHYA	2	3												5

MALATYA	20	3	4	1						28
MANİSA	3	12	3			1		1		20
KAHRAMANMA RAŞ	5	3	1							9
MARDİN	1	2	1			1				5
MUĞLA	28	42	13	2		11	5			101
MUŞ		1								1
NEVŞEHİR	2	9	1	1		2	2			17
NİĞDE		1								1
ORDU	4	4	3			1				12
RİZE	5	1	1			1				8
SAKARYA	9	10	3	2		2	2	2		30
SAMSUN	6	7	3			3				19
SİİRT		1								1
SİNOP	2	1	2							5
SİVAS	2	2	2			1				7
TEKİRDAĞ	18	8	6	2		6				40
TOKAT		3								3
TRABZON	4	4	2			3				13
TUNCELİ	1	2	1							4
ŞANLIURFA	1	4				1				6
UŞAK	1	5	1							7
VAN		2								2
YOZGAT		3								3
ZONGULDAK	1	3	1							5
AKSARAY	1	4	1			1				7

BAYBURT		1											1	
KARAMAN	2	1	2											5
KIRIKKALE	3	1											4	
BATMAN		2											2	
ŞIRNAK		2											2	
BARTIN		2											2	
ARDAHAN		1											1	
İĞDIR		2											2	
YALOVA	1	4	1											6
KARABÜK		2		1									3	
KİLİS		1		1									2	
OSMANİYE		2											2	
DÜZCE	10	2	3											15
TOPLAM	804	687	219	89	37	22	14	272	99	12	5	4	226	
														4

Ek 10. Reanult Zoe tamamen elektrikli araç teknik özellikleri (Renault, t.y.).

Motor	
Maksimum Güç (bg)	108
Maksimum Güç (kW)	80
Batarya	
Batarya Teknolojisi	Lityum - İyon
Toplam Voltaj (V)	400
Net Batarya Kapasitesi (kWh)	52
Sürüş Menzili	
Menzil (km)	395
Şarj Gücü	
AA Şarj(kW)	22
DA Şarj(kW)	50
Şarjlanma Süresi(0-80 %)	
AA 22 kW şarj (dk)	135(2 saat 15 dk)
DA 50 kW Hızlı Şarj (dk)	65(1 saat 5 dk)
Şarjlanma Süresi(0-100 %)	
AA 22 kW şarj (dk)	174(2 saat 54 dk)
DA 50 kW Hızlı Şarj (dk)	89(1 saat 29 dk)
50 km Menzil için Şarj Edilmesi Gereken Süre	
AA 22 kW şarj (dk)	27
DA 50 kW Hızlı Şarj (dk)	12
Maksimum Hız (km/s)	135
Tüketim Değerleri	
Ortalama Enerji Tüketimi (kWh/100 km)	17.2
CO ₂ salınımı(g/km)	0

ÖZGEÇMİŞ

Abdullah TURAN, ilk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 2014-2019 yılları arasında Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünü bitirdi. 2020 yılında Gümüşhane Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans programına başladı. 2022 yılından beri Rekabet Kurumu'nda Rekabet Uzman Yardımcısı olarak görev yapmaktadır.