

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**SAKARYA İLİ İÇİN ÖRNEK BİR PV-RÜZGÂR HİBRİT ENERJİLİ
ŞARJ İSTASYONU TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İslam ÇÖZEL

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ERGEN

Ağustos 2021

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SAKARYA İLİ İÇİN ÖRNEK BİR PV-RÜZGÂR HİBRİT ENERJİLİ
ŞARJ İSTASYONU TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İslam ÇÖZEL

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 04/08/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Doç. Dr. Ünal UYSAL	BAŞARILI
Üye: Doç. Dr. İdris CESUR	BAŞARILI
Üye: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ERGEN	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

İslam ÇÖZEL

28/06/2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Gökhan ERGEN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez savunmama katılarak önemli noktalarda yapıcı eleştiriler getirerek tezin son şeklini almasını sağlayan Doç. Dr. Ünal UYSAL hocama teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
SİMGELER	viii
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	2
1.1.1. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının durumu	4
1.1.2. Türkiyede güneş ve rüzgar enerjisi kaynaklarının durumu.....	5
1.1.3. Güneş enerjisi.....	7
1.1.3.1. Güneş enerjisinin avantajları ve dezavantajları.....	8
1.1.4. Rüzgar enerjisi	9
1.1.4.1. Rüzgar enerjisinin avantajları ve dezavantajları	10
1.2. Literatür Çalışması	10
BÖLÜM 2. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR	20
2.1. Elektrikli Araç Çeşitleri	21
2.1.1. Elektrikli araçlar	22
2.1.2. Hibrit elektrikli araçlar	23
2.1.2.1. Hibrit araç çeşitleri	24
2.1.3. Plug-in elektrikli araçlar.....	26
2.1.4. Yakıt hücreleri elektrikli araçlar	27
2.2. Şarj istasyonları hakkında genel bilgi	29
2.2.1. Güvenlik standartları	31
2.2.1.1. Şarj istasyonu güvenlik standartları	31
2.2.1.2. Elektrikli ekipman sertifikasyonları	31
2.2.1.3. Tasarım standartları.....	32
2.2.2. Şarj istasyonlarının güç sınıflandırması	32

2.2.2.1. AC seviye 1 şarj istasyonları.....	33
2.2.2.2. AC seviye 2 şarj istasyonları.....	33
2.2.2.3. AC seviye 3 şarj istasyonları.....	34
2.2.2.4. DC Hızlı Şarj İstasyonları.....	36
2.3. Şarj İstasyonları Çalışma Prensipleri.....	37

BÖLÜM 3. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU MODELLENMESİ.... 41

3.1. Hibrit Enerji Sistemleri	41
3.2. Şarj istasyonu modellenmesi için gerekli kabuller.....	43
3.3. Bölgedeki güneş ve rüzgar enerji potansiyelinin belirlenmesi.....	46
3.3.1. Güneş enerjisi potansiyelinin incelenmesi.....	46
3.3.2. Rüzgar enerjisi potansiyelinin incelenmesi.....	48
3.4. Elektrikli Araç (EV) Şarj İstasyonu Yer Seçimi	50
3.5. Şarj İstasyonu Kurulum Alanının Belirlenmesi	51
3.6. Fotovoltaik Panellerin Seçimi	51
3.7. Rüzgar türbinlerinin seçimi	53
3.8. Şarj İstasyonu Optimizasyonu.....	56
3.8.1. Fotovoltaik panellerin güç analizi.....	56
3.9. Matematiksel Modelleme	61
3.9.1. Fotovoltaik panellerin matematiksel modeli.....	61
3.9.2. Rüzgar türbini matematiksel model	62
3.9.3. İntertör matematiksel model	62
3.9.4. Toplam model analizi.....	62
3.10. HOMER simülasyonu	64
3.10.1. Hibrit sistem optimizasyonu	64
3.10.2. Lokasyon ve kaynakların HOMER programına tanıtılması	64
3.10.3. Enerji demandının belirlenmesi	66
3.10.4. Sistem konfigürasyonu.....	67
3.10.5. HOMER programında rüzgar türbinin modellenmesi	68
3.10.6. HOMER programında fotovoltaik panellerin modellenmesi.....	68
3.10.7. HOMER programında invertörün modellenmesi.....	69
3.10.8. Şebeke ve elektrik yükü bağlantısı.....	69
3.11. HOMER programı simülasyonu sonuçları	70
3.11.1. Türbin, fotovoltaik panel ve şebeke bağlantısının incelenmesi	70
3.12. Sistemin Maliyet Analizi.....	74

BÖLÜM 4. SONUÇ VE ÖNERİLER..... 78

KAYNAKLAR

KISALTMALAR

AC	: Alternatif Akım
APU	: Yardımcı Güç Birimi
DC	: Doğru Akım
DCFC	: Doğru Akım Hızlı Şarj
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EA	: Elektrikli Araç
EV	: Elektrikli Araç
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
FCEV	: Batarya ve Yakıt Hücresi ile Çalışan Elektrikli Araç
FCV	: Yakıt Hücreli Araç
GFCI	: Toprak Arızası Devre Kesici
GM	: General Motors
ISG	: Entegre Başlangıç Üreticisi
KF	: Kapasite Faktörü
PFCV	: Fişli Yakıt Hücreli Araç
REPA	: Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası
RES	: Rüzgar Enerjisi Santrali
SHEV	: Seri Hibrit Elektrikli Araç
SOC	: Pil Şarj Durumu
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

SİMGELER

A	: Alan
$AE\ddot{U}$: Aylık Enerji Üretimi
C_o	: Yıllık işletme maliyeti
C_{WEG}	: Rüzgar enerjisi sistemi başlangıç maliyeti
C_{PVG}	: Fotovoltaik Panel başlangıç maliyeti
C_{FIX}	: İnvvertör ve diğer kurulum maliyetleri
C_{yillik}	: Toplam yıllık maliyet
C_C	: Toplam başlangıç maliyeti
C_p	: Türbin performans katsayısı
CRF	: Sermaye geri kazanım faktörü
E_{PVG}	: Faz yükü
E_{PVG-IN}	: İnvvertör çıkışından alınan saatlik enerji
E_{WEG}	: Rüzgar türbini tarafından üretilen saatlik enerji
E_T	: Üretilen toplam enerji
G	: Saatlik ışıınım değeri
P	: Güç
P_{WEG}	: Rüzgar türbini tarafından üretilen elektrik gücü
P_{PVG}	: Fotovoltaik panel gücü
SR	: Solar Radyasyon
t	: Zaman
V	: Yoğunluk
$YE\ddot{U}$: Yıllık Enerji Üretimi
λ	: Türbin kanatlarının rüzgar hızına oranı
β	: Türbin kanadı açısı

η	: Verim
η_{PVG}	: Fotovoltaik panel verimi
η_t	: Türbin verimi
η_g	: Jeneratör verimi
η_{INV}	: İvertör verimi
ρ_{Wind}	: Rüzgar yoğunluğu



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.:	Bazı ülkelerin yenilenebilir elektrik güç kapasiteleri (GW)	5
Tablo 1.2.:	Ülkemizde bölgelere göre güneş enerjisi potansiyelinin dağılımı	6
Tablo 2.1 :	Farklı elektrikli araç türlerinin özellikleri karşılaştırılmıştır.	29
Tablo 2.2 :	Uluslararası standartlara göre şarj süreleri ve enerji biçimleri	39
Tablo 3.1.:	Batarya Kapasiteleri	45
Tablo 3.2.:	Aylık Ortalama Güneş Işınımları günlük ortalaması	47
Tablo 3.3.:	Pamukova 40.505, 30,148 koodrinatlarına yerleştirilmiş bir panelin dik ve optimal açıyla ürettiği yıllık enerji değerleri	48
Tablo 3.4.:	Sakarya ili ortalama rüzgar hızları	49
Tablo 3.5.:	Fotovoltaik panel özellikleri	52
Tablo 3.6.:	Bir panelin ortalama aylık enerji üretim değerleri	53
Tablo 3.7.:	Rüzgar türbini çeşitleri ve özellikleri	54
Tablo 3.8.:	HF13.5-30KW rüzgar türbininin Pamukova bölgesinde rüzgar türbini verim eğrisine göre aylık ve yıllık ortalama güç üretimleri	55
Tablo 3.9.:	PVSYST program simülasyon sonuçlarına göre panellerin aylık ve yıllık enerji üretimleri	61
Tablo 3.10.:	Hibrit şarj istasyonu sistem karakteristikleri	74
Tablo 3.11.:	Şarj istasyonu kurulumu için gerekli ekipmanlar ve maliyetleri	75
Tablo 3.12.:	Yıllık fayda ve maliyetler	76
Tablo 3.13.:	10 yıllık gelir ve giderler	77

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 : a) Sektörlerin dünyadaki enerji tüketimleri, b) enerji tüketimine bağlı CO ₂ salınımı (Bilimgeç, 2018).....	2
Şekil 1.2 : Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (H. Yağlı, 2016).....	3
Şekil 1.3 : Dünyada birincil enerji kaynağı kullanımı, (British Petroleum, 2012)	4
Şekil 1.4 : Dünyada birincil enerji kaynağından elektrik enerjisi üretimi, (British Petroleum, 2012).....	4
Şekil 1.5 : Şekil 1.5 Türkiye rüzgâr enerjisi kurulu gücünün illere göre dağılımı (MMO, 2012).....	7
Şekil 1.6 : Warren, Michigan Şarj istasyonu.....	11
Şekil 1.7 : Envision solar firmasına ait şarj istasyonu (Solartree, 2017).....	11
Şekil 1.8 : Hibrit Şarj İstasyonu (Renewable Energy Magazine,Solar Tree 2017)....	12
Şekil 1.9 : California, Santa Monica Şehri Şarj İstasyonu, (Santa Monica, 2017)....	12
Şekil 1.10 : Güneş Enerjisi Kullanarak Çalışan Şarj İstasyonu Modeli (Mouli, 2016).....	13
Şekil 1.11 : Kanopi Tipi Şarj İstasyonu (Inhabitat, 2013)	14
Şekil 1.12 : Giraffe 2.0 Adlı Elektrikli Araç Şarj İstasyonu (InnoVentum, 2016)	14
Şekil 1.13 : Sanya Skypump dikey rüzgar türbinine sahip şarj istasyonu(Inhabitat, 2011)	15
Şekil 1.14 : Ecotricity Şarj İstasyonu (Inhabitat, 2012).....	15
Şekil 1.15 : Suwin Hibrit Şarj İstasyonu (Suwin, 2017).....	16
Şekil 1.16 : Sanya skypump tasarımı. (Inhabitat, L. Zimmer, 2011).....	17
Şekil 1.17 : İzmir elektrikli otobus şarj istasyonu (Enerjiatlası, 2017).....	18
Şekil 2.1 : Bataryalı elektrikli araçların tork devir ilişkisi	22
Şekil 2.2 : Bataryalı elektrikli araçların temel yapısı	23
Şekil 2.3 : Hibrit elektrikli araçta aktarma organları arasındaki enerji akışı	24
Şekil 2.4 : Hibrit elektrikli araçtaki enerji kontrol sistemi.....	24
Şekil 2.5 : Seri hibrit araçların elektrik ve mekanik bağlantıları	25
Şekil 2.6 : Seri-paralel hibrit araçların elektrik ve mekanik bağlantıları	26
Şekil 2.7 : Yakıt hücreli elektrikli araç(FCV) temel konfigürasyonu (M. Kendall)..	28
Şekil 2.8 : Plug-in yakıt hücreli elektrikli araç(PFCV) temel konfigürasyonu (Emadi, Lee ve Rajashekara, 2008).	28
Şekil 2.9 : General Electric firmasının ürettiği ilk şarj istasyonları(Jalopnik, 2013). 30	
Şekil 2.10 : Temel şarj istasyonunda elektrikli araca bağlanan konnektör ve şarj durumu indikatörleri bulunur	31
Şekil 2.11 : AC seviye 1 (mod 1) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantısı (Eşarj, 2020)	33
Şekil 2.12 : AC seviye 2 (mod 2) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantısı (Eşarj, 2020)	34
Şekil 2.13 : AC seviye 2 (mod 2) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantı konnektörü 34	

Şekil 2.14 : Mennekes tipi konnektör pin diagramı	35
Şekil 2.15 : AC seviye 3 (mod 3) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantısı (Eşarj, 2020)	36
Şekil 2.16 : DCFC Şarj konnektörü(edn,2020).....	36
Şekil 2.17 : DCFC (mod 4) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantısı (Eşarj, 2020).....	37
Şekil 2.18 : Şarj istasyonlarının şebeke bağlantısı ve çalışma şekli	38
Şekil 2.19 : Tipik şarj istasyonu	39
Şekil 2.20 : Elektrikli aracın DC ve AC şarj olması dahili şarj sistemine bağlıdır....	40
Şekil 3.1 : Elektrikli aracın DC ve AC şarj olması dahili şarj sistemine bağlıdır.....	43
Şekil 3.2 : Türkiye'deki Elektrikli Otomobil Satışı (TEHAD, 2019)	44
Şekil 3.3 : Türkiye geneli güneş enerji radyasyon cetveli (Gepa,2019).	46
Şekil 3.4 : Sakarya ili güneş enerjisi radyasyon cetveli (Gepa,2019).....	47
Şekil 3.5 : Sakarya ili rüzgar hızı cetveli (Repa, 2021)	49
Şekil 3.6 : Sakarya ili rüzgar kapasite faktörü cetveli.....	50
Şekil 3.7 : HF13.5-30KW türbinin güç eğrisi (Hummer,2020)	54
Şekil 3.8 : Kurulum bölgesinin programa tanıtılması	56
Şekil 3.9 : PVSYST programına panel eğim ve azimuth açılarının tanıtılması.....	57
Şekil 3.10 : PVSYST programına seçilen fotovoltaik panelin tanıtılması ve tavsiye edilen güç aralığında invertör seçiminin yapılması	58
Şekil 3.11 : Power Electronic marka invertöre ait PVSYST veri tabanı bilgileri	58
Şekil 3.12 : PVSYST programı simülasyon sonuçları	59
Şekil 3.13 : Yatay ekseninde kWh/m ² /gün biriminde üretilen enerji, dikey ekseninde kWh/gün olarak üretilen enerji	60
Şekil 3.14 : HOMER programına koordinatların tanıtılması	65
Şekil 3.15 : 40.75 ENLEM, 30.25 BOYLAM Koordinatına ait aylık güneş radyasyonu değerleri	65
Şekil 3.16 : 40.75 ENLEM, 30.25 BOYLAM Koordinatına ait aylık ortalama rüzgar hızı değerleri.....	66
Şekil 3.17 : HOMER programında belirlenen enerji bağlantı şeması.....	67
Şekil 3.18 : Rüzgar türbini verim eğrisinin oluşturulması	68
Şekil 3.19 : Fotovoltaik panellerin HOMER programına tanıtılması	69
Şekil 3.20 : Homer Programında invertör girdilerinin tanıtılması	69
Şekil 3.21 : Optimum sistemdeki çeşitli enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimine katkısı.....	71
Şekil 3.22 : Fotovoltaik panellerin yıllık elektrik üretimi.....	71
Şekil 3.23 : Rüzgar türbinin yıllık elektrik üretimi	72
Şekil 3.24 : Yıllık şebekeye satılan ve alınan elektrik enerji bilançosu.....	73
Şekil 3.25 : Günlük enerji üretim ve tüketimine bağlı yıllık elektrik enerjisi alımı ..	73
Şekil 3.26 : Günlük enerji üretim ve tüketimine bağlı yıllık elektrik enerjisi alımı ..	74

SAKARYA İLİ İÇİN ÖRNEK BİR PV-RÜZGÂR HİBRİT ENERJİLİ ŞARJ İSTASYONU TASARIMI

ÖZET

Karbon temelli yakıtların kullanımı geçtiğimiz yüzyılda büyük ölçüde artmıştır. 20. Yüzyılda karbon temelli yakıtları kullanan ve sürekli gelişen içten yanmalı motor teknolojileri ulaşım sektöründe otomobillerin en çok kullanılan kara taşıtı olmasına sebep olmaktadır. Bu durumun atmosfere olan zararlı etkileri günden güne artmaktadır. Ulaşım sektörünün de vazgeçilmez enerji kaynağı olan fosil yakıtların doğaya verdiği zararın en aza indirgenmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların en önemli örnekleri yenilenebilir enerji teknolojileri ve elektrikli araçlardır.

Son yıllarda elektrik elektronik alanın da yapılan büyük çalışmalar ulaşım sektörüne elektrikli araçları da dâhil etmektedir. Bisiklet, kayak, scooter ve elektrikli araçlar hayatımıza hızla girmektedir. İçten yanmalı motorların doğaya saldığı zararlı gazları salmayan bu araçlar çevreci ve ekonomiklerdir.

Dünyada artan insan nüfusu aynı oranda enerji tüketimini de artırmaktadır. Enerji değerli bir hale gelmekte ve fosil yakıtları gibi hazır enerji kaynakları da hızla tükenmektedir. Elektrik enerjisinin de üretiminde dünya geneli fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Bu sorun insanoğlunu yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında en çok kullanılan enerji kaynakları rüzgâr ve güneş enerjisidir. Doğada hazır halde bulunan rüzgâr ve güneş enerjilerini elektrik enerjisine çevirmek için birçok uygulama yapılmıştır.

Elektrik enerjisi ile çalışan araçların sayısının artması da enerji tüketiminde artışa sebep olacaktır. Ülkemizde elektrik enerjisinin %58' i doğalgazdan karşılanmaktadır. Doğalgaz Türkiye'nin dışa bağımlı olduğu bir enerji kaynağıdır. Dolayısıyla elektrik enerjisindeki dışa bağımlılığı azaltmak adına yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmalar ülkemiz ekonomisine büyük katkılar sunacaktır.

Elektrikli araçların yaygınlaşmasında en büyük zorluklarından birisi ise enerji depolama sorunudur. Pil teknolojilerinin yavaş gelişmesi araç kullanıcılarını halen içten yanmalı motorlara sahip araçlara itmektedir. Elektrikli araçların şarj kapasiteleri gidebilecekleri mesafeler ile doğrudan ilgilidir. Bu soruna yardımcı olabilecek çalışmalardan bir tanesi şarj istasyonlarının artması ve yaygınlaşmasıdır.

Bu çalışmada Sakarya ili için bölgenin güneş ve rüzgâr verimleri ve en yoğun ulaşım hatları incelenip bulunan veriler eşliğinde, elektrikli araçlar için şebekeye bağılı hibrit (güneş ve rüzgâr) enerji kullanan elektrikli şarj istasyonu tasarımı yapılmıştır. Tasarım yapılırken şarj istasyonunun güç ihtiyacını belirlemek için piyasada bulunan araçlar

incelenmiştir. Hibrit enerji sisteminin yetersiz olduğu durumlarda şebeke enerjisi devreye girecek ve ihtiyaç fazlası enerji ise şebekeye satılacaktır.

Sakarya bölgesinin güneş ve rüzgar enerjisi durumuna göre PVSYST programında fotovoltaik panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Enerji optimizasyonu HOMER programında şebeke enerjisinin entegrasyonu ile sağlanmıştır. Çalışma Sakarya ilinin güneş ve rüzgar enerjisi bakımından verimli olan Pamukova ilçesine göre hazırlanmıştır. Rüzgar enerjisinin ekonomik olarak verimsiz olduğu görülmüştür.

Tasarım sonucunda güneş enerjisinin şebeke enerjisinden fazla iş gördüğü sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araçlar, batarya, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hibrit enerji sistemleri, enerji optimizasyonu, rüzgar türbini, fotovoltaik paneller.



AN EXAMPLE PV-WIND HYBRID ENERGY CHARGING STATION DESIGN FOR SAKARYA PROVINCE

SUMMARY

The use of carbon-based fuels has increased dramatically during the last century. The use of carbon-based fuels and the continual development of internal combustion engine technologies in the 20th century make cars the most used land vehicle in the transportation industry. The harmful effects of this condition on the atmosphere increase day by day. Several studies have been conducted to minimize the harm that fossil fuels cause to nature, which is an indispensable energy source in the transportation industry. Renewable energy technologies and electric vehicles are the most important examples of these efforts.

The great works done in the electric and electronic field in recent years include electric vehicles in the transportation industry. Bicycles, skateboards, scooters and electric vehicles are rapidly entering our lives. These vehicles, which do not release the harmful gases emitted by internal combustion engines, are environmentally friendly and economical.

The rising population of the world increases energy consumption at the same rate. Energy is becoming more valuable, and the current energy sources such as fossil fuels are rapidly depleting. Additionally, Fossil fuels are used in the production of electrical energy worldwide which has led humanity to use renewable energy sources. Wind and solar energy are the most common renewable and alternative energy sources. Many implementations have been made to convert the wind and solar energies produced in nature into electricity.

Furthermore, the increase in the number of electric vehicles will also cause an increase in electrical energy consumption. In our country, 58 percent of electricity comes from natural gas which is a mainly energy source Turkey relies on. Thus, the achievements on renewable energy sources to reduce the foreign dependency in electricity will make a great contribution to our country's economy.

On the other hand, one of the biggest challenges in the proliferation of electric vehicles is the problem of energy storage. The slow development of battery technologies is still pushing car users to use the vehicles with internal combustion engines. Electric vehicle charging capacities are directly related to the distance and are actually limited hence, one of the studies that can assist with this problem is the increase and widespread of charging stations.

The project involved designing a network-connected hybrid (solar and wind) electrical charging station for electric vehicles within the Sakarya province, on the brink of data from the region's solar and wind yields and from the busiest transportation lines. During agriculture, the vehicles on the market were examined to determine the power requirement of the charging station. In cases where a hybrid energy system is

insufficient, grid energy will be activated and any surplus energy will be sold to the grid.

Photovoltaic panels and inverters were chosen for the PVSYST program based on the solar and wind energy status of the Sakarya region. Energy optimization was achieved through the integration of grid energy under the HOMER program. The study was prepared according to the Pamukova district in Sakarya province, which is fertile in terms of solar and wind energy. Wind energy has been found to be economically inefficient.

The conclusion was that solar energy works more than utility energy.

Keywords: Electric cars, battery, solar energy, wind energy, hybrid energy systems, energy optimization, wind turbine, photovoltaic panels.

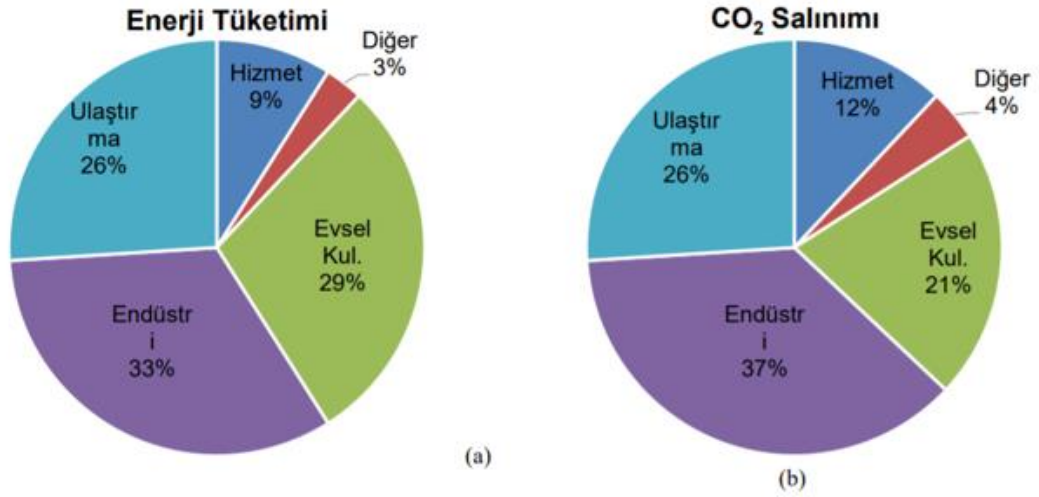


BÖLÜM 1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerdeki sürekli artan nüfusu ve sanayileşme hızı enerjiye olan talebin artmasına sebep olmaktadır. Enerji, üretim için zorunlu kaynak olup bir ülkenin sosyal ve ekonomik kalkınma gücünü yansıtmakta olan temel ihtiyaçlardan biridir. Enerji tüketimiyle sosyal kalkınma arasında lineer bir ilişki vardır, ekonomik gelişme ve refah artışıyla enerji, ihtiyacında da arttığı görülmektedir (Koç, E., Kaplan, E. 2008).

Günümüzde fosil yakıt kullanan motorlardan salınan gazlar hava kirliliğinde büyük etkiye sahiptir. Popülasyonun yüksek olduğu şehir merkezlerinde sürekli artan motorlu taşıtlar insan ve doğa sağlığını tehdit etmeye devam etmektedir. Bu nedenle içten yanmalı motorların sebep olduğu emisyonlar araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Fosil yakıtların fiyatlarının artması ve içten yanmalı motorların bakım maliyetlerinin artmasıyla, karbon emisyonu oluşturmadığı ve daha ucuz enerji tükettiği için elektrikli otomobiller insan hayatına hızla girmektedir.

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi dünyada kullanılan enerjinin %26’lık miktarı ulaşımda kullanılmaktadır ve bu kullanıma bağlı olarak %26 oranında CO₂ salınımı oluşmaktadır. Uluslararası alanda, sera gazı salınımlarını azaltmak için önemli çalışmalar yapılmaktadır. Avrupa Birliği (AB) 2021 yılında tüm sera gazı salınımlarını 1990 yılı seviyesine göre %20 oranında azaltmak istemektedir. Bu hedeflere uygun olarak, 2012 yılından itibaren klasik içten yanmalı motor (ICE) teknolojilerinin geliştirilmesiyle kilometre başına CO₂ salınım miktarına 130g, alternatif yöntemler kullanılarak kilometre başına CO₂ salınım miktarına 120g sınırı getirilmiştir. 2021 yılında araçlarda kilometre başına CO₂ salınım miktarı 95g olarak hedeflenmektedir. Bu rakamlar 443/2009 sayılı AB Regülasyonunda belirtilmiştir. Karayolu ulaşımında motorlu taşıt araçlarında kullanılan fosil yakıtlardan oluşan sera gazı salınımlarının azaltılması, araçlarda daha düşük salınım sağlayan alternatif tahrik sistemlerini gündeme getirmiştir.



Şekil 1.1 : a) Sektörlerin dünyadaki enerji tüketimleri, b) enerji tüketimine bağlı CO₂ salınımı (Bilimgeç, 2018)

Pil teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde sıradan kurşun asit akülerin yeri lityum temelli pillere bırakmıştır. Birim ağırlık başına daha yüksek enerji kapasitesine sahip lityum piller hızlı şarj olma ve ihtiyaç duyulan enerjiyi kararlı şekilde karşılamasıyla elektrikli araçlarda tercih edilmektedir. Lityum iyon bataryaların diğer şarj edilebilir batarya türlerinden en önemli üstünlüğü enerji yoğunluğunun yüksek olmasıdır. Ancak lityum iyon bataryaların patlama tehlikesi ve maliyeti yüksektir. (Bilimgeç,2018)

Otomobillerde çok uzun yıllardır kullanılan içten yanmalı motorların yerine elektrik motorlarının kullanıldığı tamamen elektrikli ya da hibrit araçlar üretilmektedir. Hibrit araçlar, elektrik motoru ve klasik içten yanmalı motorun ve birlikte kullanıldığı araçlardır. Araçta bulunan bataryalarda saklanan elektrik enerjisi ile elektrik motoru kullanılarak, CO₂ salınımı ve de yakıt tüketimi açısından klasik içten yanmalı motorlu araçlara göre çok fazla avantaj sağlamaktadır.

1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Dünya nüfusunun, kentleşmenin ve sosyal hayattaki refah düzeyinin hızla artması, sanayileşmenin hızlı bir gelişme göstermesi, yeni teknolojilerin kullanıma sunduğu makine-araç çeşitlenmesi gibi faktörler enerjiye olan talebi hızla artırmakta ve bu nedenle enerji sektörü günümüzün en önemli sektörlerinden biri haline gelmektedir.

Günlük yaşamda sürekli ihtiyaç duyulan enerji; nükleer, jeotermal, mekanik, termal, hidrolik, kimyasal, rüzgâr, güneş, elektrik enerjisi gibi değişik hallerde bulunabilmekte ve çeşitli yöntemlerle birbirine dönüştürülebilmektedir. Ekonomik anlamda değişik

yöntemlerle enerji elde edilen kaynaklar, enerji kaynakları olarak isimlendirilmekte ve değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır. Şekil 1.2’de kullanışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez olarak ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde incelenmektedir. Yenilenemez enerji kaynakları, gelecekte tükenebileceği düşünülen enerji kaynaklarıdır, fosil kaynaklı ve çekirdek kaynaklı olmak üzere iki farklı şekilde incelenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise; insan zaman ölçeğinde doğal olarak yenilenen, gelecekte tükenmesi öngörülmeleyen kaynakları ifade etmektedir (Şenel, M. C. 2012).

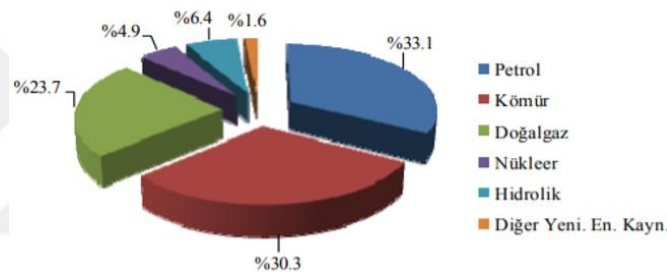
Enerji Kaynakları	
Kullanışlarına Göre	Dönüştürülebilirliklerine Göre
A. Yenilenemez	A. Birincil
a) Fosil Kaynaklı Kömür Doğalgaz Petrol b) Çekirdek Kaynaklı Uranyum Toryum	Kömür Petrol Doğalgaz Nükleer Biyokütle Hidrolik Güneş Rüzgar Gel-git
B. Yenilenebilir	B. İkincil
Hidrolik Biyokütle Güneş Rüzgar Jeotermal Gel-git Hidrojen	Elektrik, Benzin, Mazot İkincil Kömür Kok, Petrokok Hava gazı LPG

Şekil 1.2 : Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (H. Yağlı, 2016)

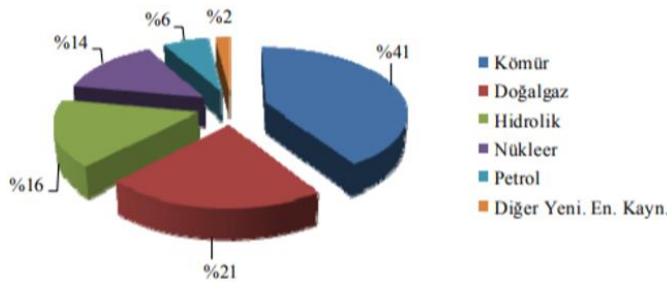
1.1.1. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının durumu

Dünyada tüketilen enerjinin çoğunluğu birincil enerji kaynaklarından üretilmektedir. 2011 yılında yapılan tespitlere göre dünyadaki birincil enerji kullanım değeri 12274.6 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Şekil 1.3'te dünyadaki birincil enerji kaynak kullanımının sırasıyla; petrol (%33.1), kömür (%30.3) ve doğal gaz (%23.7) olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak verilen; güneş, rüzgar, jeotermal ve biyoyakıt enerji kaynaklarıdır (British Petroleum, 2012).

Dünyada 2011 yılı için elektrik enerjisi üretimi için kullanılan birincil enerji kaynakları Şekil 1.4'te verilmiştir. 2011 yılında birincil enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim değeri 22018.1 TWh olarak verilmiştir. Elektrik enerjisi üretiminde en fazla kullanılan birincil enerji kaynakları ise sırasıyla; kömür (%41), doğal gaz (%21) ve hidrolik (%16) olarak verilmiştir (British Petroleum, 2012).



Şekil 1.3 : Dünyada birincil enerji kaynağı kullanımı, (British Petroleum, 2012)



Şekil 1.4 : Dünyada birincil enerji kaynağından elektrik enerjisi üretimi, (British Petroleum, 2012)

Dünyada başlıca yenilenebilir enerji çeşitleri rüzgar, hidrolik, güneş, hidrojen, biokütle, jeotermal, dalga olmak üzere sınıflandırılmaktadır (H. Yağlı, 2016) . Dünya elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kullanımı, doğaya zarar vermemesi ve kendi doğal yöntemleriyle tükenmeyen enerjinin üretilmesi açısından değerli bir konuma

sahiptir. 2017 yılında yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilen elektrik enerjisi kurulu güç kapasiteleri ve ülkelere göre dağılım oranları Tablo 1.1’de verilmiştir. Tabloda verilen yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik gücü verilerine göre yenilenebilir enerjiden Çin’in 647 GW miktarı ile en çok fayda sağlayan ülkelerin başında geldiği belirtilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında en fazla faydalanan ülke olan ÇİN sırasıyla; 313 GW hidrolik enerji gücü, 188 GW rüzgar enerji gücü miktarı ve 131 GW fotovoltaik panellerden güneş enerjisi gücü ile ilk sırada gelmektedir, 16,7 GW miktarı ile biyoyakıtta ABD ilk sıradadır. (REN21, 2018). 2011-2017 yılları arasında yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik güç potansiyelleri incelendiğinde; 2011 yılındaki verilere göre Dünya 1360 GW, AB 294 GW ve Türkiye 19 GW yenilenebilir elektrik güç potansiyeli bulunmakta iken, bu güç potansiyelleri 2017 yılında sırasıyla 2235 GW, 447,2 GW ve 39,11 GW olarak hesaplanmıştır (REN21, 2018) . Son altı yılda yenilenebilir enerjiden elden edilen elektrik güç kapasitesi bakımından büyük bir artış görülmektedir.

Tablo 1.1.: Bazı ülkelerin yenilenebilir elektrik güç kapasiteleri (GW)

Kaynaklar	Çin	ABD	Hindistan	Almanya	Türkiye	AB	Dünya
Rüzgar	188	89	33	56	6,8	169	539
Biyokütle	15	16,7	9,5	8	0,63	40	122
Güneş (PV)	131	51	18,3	42	3,42	108	442
Jeotermal	0	3,6	0	0	1,06	0,9	13,5
Güneş (termal)	0	1,7	0,2	0	0	2,3	4,9
Hidrolik	313	80	47	5,6	27,2	127	1114
Toplam	647	242	108	111,6	39,11	447,2	2235,4

1.1.2. Türkiyede güneş ve rüzgar enerjisi kaynaklarının durumu

Ülkemiz, coğrafi ve iklimsel koşulları sebebiyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeline göre birçok ülkeden daha avantajlıdır. Ülkemizde metrekareye düşen yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saattir. Metrekareye düşen ortalama toplam ışınım şiddeti yaklaşık yılda 1311 kWh olarak tespit edilmiştir. Türkiye ortalama 110 günlük güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Buna göre güneş enerjisi yatırımlarının yapılması durumunda ülkemizde günlük olarak birim metrekarede 1100 kWh’lik

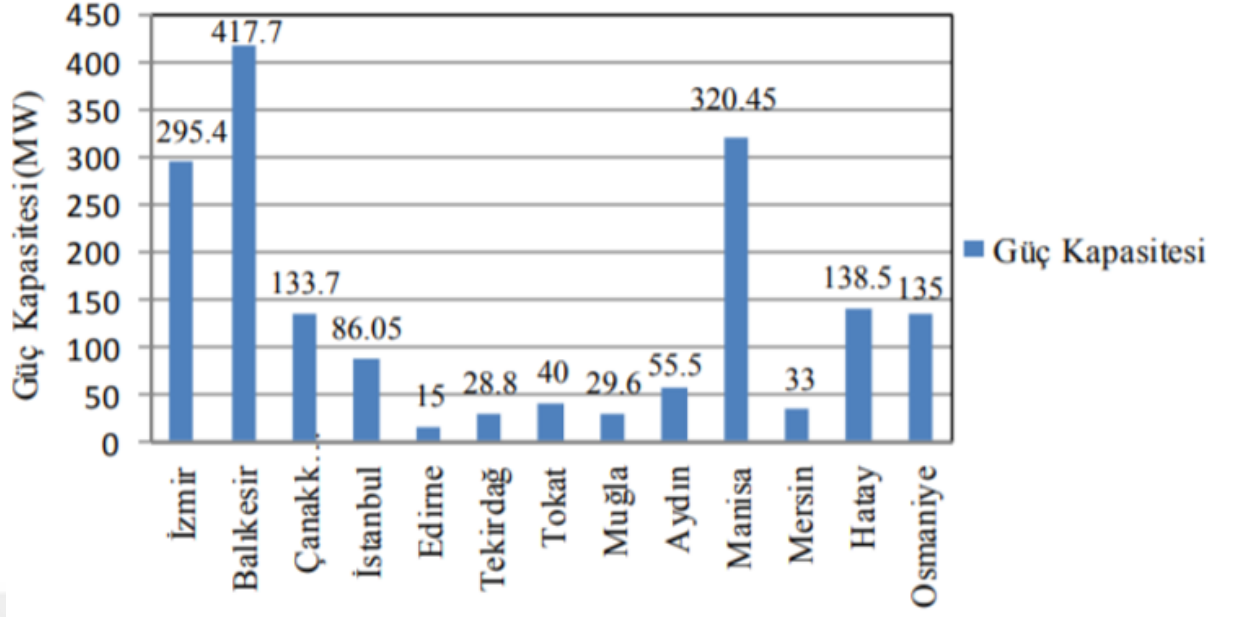
güneş enerjisi üretebilir. Ülkemizde en fazla güneş enerjisi alan bölge ise Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Bunu Akdeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi takip etmektedir (tablo 1.2) (MMO, 2012), (Çanka, Kılıç, F. 2011) .

Tablo 1.2.: Ülkemizde bölgelere göre güneş enerjisi potansiyelinin dağılımı

Bölge	Toplam güneş enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından 50 m yükseklikte yapılan rüzgâr hız ölçüm değerlerine göre 6.5 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızları incelendiğinde Türkiye'deki kara bölgelerinin rüzgâr potansiyeli 131.756,40 MW; rüzgâr hızınının 7,0 m/s'nin üzerinde olduğu kara bölgeleri dikkate alındığında ise rüzgâr potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Ayrıca rüzgâr hızınının 6,5 m/s'nin üzerinde olduğu bölgelerde Türkiye deniz rüzgâr potansiyeli 17.393, sistemde öngörülen komponentlere ait başlangıç, değişim ve işletme maliyetleri 20 MW olarak bulunmuştur (MMO, 2012).

Türkiye'nin rüzgâr türbin güç kapasitesi her yıl artmakta olup 1998 yılında 9 MW düzeyinde olan rüzgâr türbin güç kapasitesi Aralık 2011 itibarıyla 1.729 MW düzeyine ulaşmıştır. Rüzgar kurulu gücü Türkiye 2011 toplam kurulu gücünün (52.911 MW) %3.2'sini oluşturmaktadır. 2011 yılında rüzgâr santrallerinden üretilen elektrik enerjisi 4.726 milyar kWh olarak gerçekleşmiş olup toplam elektrik üretiminin %2.07'sine karşılık gelmektedir. Rüzgâr santralleri şekil 1.5'te gösterilmiştir. Yoğun olarak Balıkesir, Manisa, İzmir, Hatay, Osmaniye, Çanakkale ve İstanbul illerinde yer almaktadır (MMO, 2012).



Şekil 1.5 : Şekil 1.5 Türkiye rüzgâr enerjisi kurulu gücünün illere göre dağılımı (MMO, 2012)

1.1.3. Güneş enerjisi

Güneş enerjisi her yıl önemli düzeyde yatırımlar almakta ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en hızlı büyüyen kaynak olarak öne çıkmaktadır. Yapılan çeşitli hesaplamalara göre güneşin çevresine yaydığı enerjinin milyarda biri veya iki milyarda birlik kısmı dünyaya ulaşmaktadır. Buna rağmen dünya için devasa bir enerji kaynağı niteliğindedir. Güneş enerjisi füzyon reaksiyonu/tepkimleri (çekirdek birleşmesi) sonucu ortaya çıkmaktadır. Güneşteki bu füzyon tepkimeleriyle hidrojen çekirdekleri helyum çekirdeklerine dönüşmektedir. Bu esnada çok büyük bir ışıma enerjisi açığa çıkmaktadır. Dünyaya ortalama 150 milyon km (günberi ve günöte dönemlerinde değişmektedir) uzaklıkta bulunan güneşin yüzeyinde 5500 °C olan sıcaklık, merkezinde 15,6 milyon °C'ye ulaşmaktadır. (Live Science, 2016).

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) verilerine göre, güneş ışınlarının tamamı yeryüzüne ulaşmamaktadır. Güneş ışınlarının ancak %50'lik bir bölümü dünyaya ulaşmaktadır. %30 kadarı atmosfer tarafından geriye yansıtılmaktadır. Bu enerji ile dünyanın sıcaklığı yükselmektedir ve yeryüzünde yaşam mümkün hale gelmektedir. Rüzgâr hareketlerine ve seizma sonucu oluşan dalgalar ya da tsunami haricindeki

okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olmaktadır. Güneşten gelen ışınımının %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulmaktadır (EİGM, 2018).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre, bir gün içerisinde dünyaya güneşten gelen enerji, dünyada bir yılda tüketilen enerjinin 20 bin katına karşılık gelmektedir. 20 milyon km²'lik çöl bölgelerine düşen toplam yıllık güneş radyasyonunun günümüzde talep edilen bütün enerji çeşitlerinin dört yüz katı olduğu ileri sürülmektedir (Tümertekin ve Özgüç, 2007: 384).

Dünya yüzeyine düşen güneş enerjisi; güneşin en tepede olduğu sürede, bulutsuz net görünümlü bir günde ve 25°C sıcaklıkta 1000 Wp/m² olarak ölçülmüştür (Eldem, 2017: 8).

Günlük ve yıllık bazda güneşten yeryüzüne muazzam bir enerji ulaşmasına rağmen bu enerjinin ekonomik olarak değerlendirilebilecek kısmı zannedildiği kadar yüksek bir oran teşkil etmemektedir. Ayrıca güneş enerjisi, yeryüzünün bütün bölgelerine eşit şekilde dağılmamaktadır. Güneş ışınlarının geliş açıları ve aydınlanma süresi, dünyanın günlük hareketinin sıcaklığa etkisi, dünyanın eksen eğiminin ve yıllık hareketinin sıcaklığa etkileri, baki, yüzey şekilleri, denizlere göre konum, bitki örtüsü, bulutlu gün sayısı gibi coğrafi özellikler yeryüzündeki ışınım değerleri üzerinde belirleyicidir (Doğanay ve Coşkun, 2017: 260-262).

1.1.3.1. Güneş enerjisinin avantajları ve dezavantajları

Güneş enerji sisteminin avantajları ve dezavantajlarına bakacak olursak;

Avantajları

Tükenmeyen enerji kaynağıdır.

Yakıtı ihtiyacı bulunmamaktadır.

Kullanım alanları oldukça geniştir.

Doğal olması nedeniyle çevreye zararı bulunmamaktadır.

Enerji santrallerinin bakımları diğer enerji tesislerine göre daha kolay üretilmektedir ve düşük maliyetlidir.

Her yere kurulum gerçekleştirilebilir. İletim teli gerekmez.

Hızlı ve basit şekilde güneş enerjisi sistemi kurulabilir.

Sistemin kapasitesi ihtiyaca göre ayarlanabilir.

Sistemde kullanılan modüllerden bir kısmı bozulsada diğer modüller sayesinde enerji üretebilir.

Uzun yıllar sorunsuz çalışır. (Asgari 20 yıl).

Dezavantajları

Işınım süreklilik sağlamadığı için depolanması gerekir.

Kurulacak sistem çevresinin açık olması ve gölgelenmemesi gerekir.

Kış mevsiminde enerji ihtiyacı artarken güneş ışınımı azalır.

Yatırım maliyeti başlangıçta yüksektir (R. Karakuşak,2018).

1.1.4. Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi, güneş ışınımının yer yüzeyi üzerinde oluşan farklı ısı değerlerinden kaynaklanmaktadır. Denizler ve hava arasında oluşan sıcaklık farkı ile basınç farkını oluşturur. Bu durum hava akımlarına neden olmaktadır. Yüksek basınçtan alçak basınç yönüne ilerleyen hava akımları “rüzgâr” olarak tanımlanmaktadır. Rüzgâr enerjisindeki kinetik enerjiden mekanik enerji ve elektrik enerjisi olarak yararlanılmaktadır (Koç ve Kaya., 2015).

Rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerji kapasitesi açısından en geniş kullanıma sahip kaynakların başında gelmektedir (Çukurçayır ve Sağır., 2007). Rüzgâr enerjisinden yararlanma tarihi çok eski zamanlara dayanmaktadır. Rüzgâr gücünden ilk olarak kullanılan örnekler, yelkenli gemiler ve yel değirmenleridir. Yelkenli gemilerde rüzgârın kinetik enerjisi gemilerin hareketini sağlamak için kullanılmış, yel değirmenlerinde ise buğday gibi tahılların öğütülmesi amacıyla rüzgâr gücünden faydalanılmıştır. Zaman ilerledikçe enerji konusunda sıkıntılar yaşanmaya başlamış ve enerji elde etmek için rüzgâr türbinleri tasarlanmıştır.

Rüzgâr türbinleri, hava akımlarının kinetik enerjisini mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren mekanizmalardır. Rüzgâr türbinleri çevreye ve canlılara göre en uygun şekilde gelişmeye devam etmektedir.

1.1.4.1. Rüzgar enerjisinin avantajları ve dezavantajları

Avantajları

Enerjide dışa bağımlılığı azaltmaktadır.

Rüzgâr çiftlikleri kolayca sökülebilmekte ve buldukları arazi kolayca eski haline getirilebilmektedir.

Doğal yolla elde edilen bir enerjidir.

Temiz bir enerjidir ve çevreye zararı yok denecek kadar azdır.

Yakıt tüketimi yoktur ve havayı kirletmez.

Fosil yakıtlı santrallerin elektrik üretiminde neden olduğu kirliliği göstermez.

Dezavantajları

-Enerji üretimi rüzgâra bağlı olduğundan rüzgâr kesilmesi veya azalması ile enerji kaybı oluşur. Rüzgâr türbinlerinde enerji üretebilmek için rüzgârın optimum seviyede olması gerekmektedir.

- Rüzgâr türbinleri yüksek desibelde ses oluşturmaktadır. Bu nedenle gürültü kirliliğine yol açmaktadırlar.

- Doğal yaşama zarar verir, kuş ölümlerine yol açar.

- Elektromanyetik dalgayı etkileyebilir.

- Rüzgâr türbinlerinde devrilme ve yanma gibi istenmeyen durumlar görülebilir.

- Türbin maliyetleri yüksektir.

- Rüzgâr türbinleri için büyük alanlar gereklidir (Bilici Z., 2018).

1.2. Literatür Çalışması

Elektrikli araçların sayısının artması ile enerji ihtiyacı da bu oranda artacaktır. Elektrik enerjisinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan üretilmektedir. Elektrikli araçların en büyük tercih sebeplerinden birisi olan ekonomik enerji tüketimi, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltsa da bitirmeyecektir. Bu sebeple doğal enerji kaynakları olan güneş ve rüzgâr enerjilerinden elektrikli araçların ihtiyacı olan elektrik enerjisinin sağlanması adına çalışmalar yapılmıştır.

General Motors, yeni güneş ağacı teknolojisini Warren, Mich. Tesisinde açıklayarak, şirketin yenilenebilir enerji ve elektrikli araç dağıtımına olan bağlılığını yeniden teyit etmiştir. Güneş ağaçları yıllardır güneş enerjisiyle üretilen araç parkları için kullanılsa da, Envision Solar'ın yeni şık tasarımlı güneş ağaçları farklıdır. Yerleşik güneş takip sistemi ile, güneşten gelen enerji yalnızca tek nokta üzerinde sabitlenerek en verimli halde kullanılır. Bu avantajlar, yeni geliştirilen şarj istasyonlarının günde altı aracı tam olarak şarj etmesine olanak tanımaktadır.



Şekil 1.6 : Warren, Michigan Şarj istasyonu

Solar Tree, Tampa Bay Solar tarafından 1810 West Kennedy Bulvarı'nda Envision Solar'ın son teknoloji kurulum kılavuzu ve sürecini kullanarak kurulmuştur.



Şekil 1.7 : Envision solar firmasına ait şarj istasyonu (Solartree, 2017)

EV ARC günde 225 mil mesafe kadar enerji üretebilmektedir. Envision Solar'ın Solar Tree adlı şarj istasyonları ise en fazla 8 elektrikli aracı şarj edebilmektedir. Şekil 1.7'de gösterilen Solar Tree ise günde 700 mil mesafeye kadar enerji üretebilmektedir.



Şekil 1.8 : Hibrit Şarj İstasyonu (Renewable Energy Magazine,Solar Tree 2017)

Elektrikli araç (EV) şarjı ve acil durum gücü sağlamak için Envision Solar Santa Monica Municipal Havaalanında EV ARC solar şarj istasyonunu kurdu. Bir araçlık park alanına sığar ve günde 225 mil mesafe elektrikli araç (EV) enerjisi sağlamak için güneşten enerji üretir. Sistemin güneş enerjisi üretimi, fotovoltaik dizi panellerin güneşi takip etmesine ve sabit bir diziden yüzde 25'e kadar daha fazla elektrik üretmesine neden olan EnvisionTrak ile geliştirilmiştir.



Şekil 1.9 : California, Santa Monica Şehri Şarj İstasyonu, (Santa Monica, 2017)



Şekil 1.11 : Kanopi Tipi Şarj İstasyonu (Inhabitat, 2013)

Elektrikli araçları şarj istasyonlarında yenilenebilir enerji olarak yalnızca güneş enerjisi kullanılmamıştır. Into Ventum adlı şirket Giraffe 2.0 şarj istasyonunu 2014 yılında Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Gösterim ve Test Sahası'nda Vastra Hamnende kurdu. Güneş ve rüzgar enerjisinin hibrit olarak kullanıldığı bir şarj istasyonu olan Giraffe 2.0 yılda 10-20 Mwh güç üretebilir. Kararlı enerji üreten bu istasyonda kullanılan fotovoltaik paneller klasik montaja kıyasla en az 4 saat fazladan güneş enerjisi sağlamaktadır. 2 araçlık park alanına sahiptir.



Şekil 1.12 : Giraffe 2.0 Adlı Elektrikli Araç Şarj İstasyonu (InnoVentum, 2016)

Newyork merkezli Urban Green Enerji adlı firma rüzgar enerjisinden beslenen ilk elektrikli araç şarj istasyonunu Barselona’ da kurmuştur. Sanya Skypump adından ki bu istasyon dikey rüzgar türbini ile elektrikli araç(EV) enerjisini sağlamaktadır.



Şekil 1.13 : Sanya Skypump dikey rüzgar türbinine sahip şarj istasyonu(Inhabitat, 2011)

İngiltere’de Ecotricity adlı firma mini tipte hibrit güneş ve rüzgâr enerjisi kullanan elektrikli araç (EV) şarj istasyonları kurmaktadır. Sürücüler için elektrikli araç şarjını daha hızlı, ucuz ve çevreci hale getirmek isteyen Ecotricity, karayollarında 300’den fazla şarj istasyonuna sahiptir. Bir araçlık enerji üreten bu istasyonlar farklı noktalara kurulmaktadır. Ecotricity şirketine ait hibrit şarj istasyonu şekil 1.14’de gösterilmiştir. Ayrıca enerji tüketim ihtiyacına göre gerektiğinde şebeke enerjisini kullanırlar.



Şekil 1.14 : Ecotricity Şarj İstasyonu (Inhabitat, 2012)

Çin menşeli bir firma olan Suwin Güneş ve rüzgar enerjisini kullanarak hibrit şarj istasyonları tasarlamaktadır. Güneş ve rüzgar enerjisi ile hibrit elektrikli şarj istasyonu, cep telefonu, tablet PC'ler ve diğer küçük elektrikli ekipmanların yanı sıra elektrikli araçlar (EV) ve diğer büyük elektrikli ekipmanların şarj edilmesine olanak tanımıştır. Sadece insanlar dışarı çıktığında şarj problemlerini çözmekle kalmaz, aynı zamanda enerji tasarrufuna katkıda bulunan yağ kaynakları tüketimini ve araç egzoz emisyonlarını azaltarak çevreci bir duruş sergilemektedir. Bu hibrit şarj istasyonu ayrıca enerji ihtiyacını karşılamak için gerektiğinde şebeke enerjisinden beslenir. Suwin şirketi tarafından üretilen hibrit şarj istasyonu Şekil 1.15'da gösterilmiştir.



Şekil 1.15 : Suwin Hibrit Şarj İstasyonu (Suwin, 2017)



Şekil 1.16 : Sanya skypump tasarımı. (Inhabitat, L. Zimmer, 2011)

İzmir Büyükşehir Belediyesi elektrikli otobüs filosu hizmetini 2017 de başlatmıştır. Sefere çıkan 20 adet otobüsle 4,5 aylık sürede 162 bin litre daha az akaryakıt tüketmiştir. Bu elektrikli otobüsler kentin coğrafi ve iklim şartlarına göre tasarlanmıştır. Karbon salınımını yapmayan ve gürültüsüz çalışan elektrikli otobüsler, dizel akaryakıt kullanan otobüslere göre yüzde 80'in üzerinde tasarruf sağlamaktalar. İzmir belediyesine ait elektrikli otobüslerin enerji ihtiyacı için ESHOT Buca'da atölye binalarının çatılarına toplam 10 000 m² lik alanda güneş enerji santrali kurulmuştur. 3680 adet fotovoltaik panele sahip bu santralin yıllık 1.38 MW elektrik enerjisi üretmesi beklenmiştir. Santralde üretilen bu enerji elektrikli otobüslerin şarj edilmesine kullanılacaktır.



Şekil 1.17 : İzmir elektrikli otobus şarj istasyonu (Enerjiatlası, 2017)

Literatürde hibrit yenilenebilir enerji sistemleri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Burada tez ile benzer platformu içerenler sunulmuştur. Bajpai ve Dash, özellikle bağımsız uygulamalar için HRES'in ayrıntılı bir incelemesini yayınladı. Bu çalışmada, bu tür sistemlerin ortaya çıkış nedenlerini tanımladılar, çeşitli HRES türlerinin optimizasyonunu, tasarımını, kontrolünü ve modellemesini gözden geçirdiler (Bajpai, P., and Dash, V., 2012). HRES modellemesine odaklanan başka bir çalışma, hem bağımsız hem de şebekeye entegre uygulamalar için HRES bileşenlerinin ve trendlerinin modellemesini yorumladıkları Deshmukh ve Deshmukh tarafından yapılmıştır (Deshmukh, M. K., and Deshmukh, S. S. , 2006).

Bernal-Agustin ve Dufo-Lopez rüzgar ve / veya PV ve / veya enerji depolama bileşenleri olarak piller veya yakıt hücreleri içeren dizel hibrit sistemler için tasarım ve kontrol stratejilerini açıkladı (Bernal Agustin, J. L., and Dufo Lopez, R. ,2009).

Bu çalışma şunları içermemesine rağmen HRES optimizasyonu, ayrı bileşenlerin boyutlandırılması ve kontrolünün büyük bir sorun olduğu HRES optimizasyon sürecine odaklanan önemli çalışmaların da olduğunu belirtmekte fayda var.

Fadaee ve Radzi, evrimsel yöntemlerle bağımsız HRES için çok amaçlı optimizasyon yöntemlerini araştırdılar (Fadaee, M., and Radzi, M. A., 2012). Hafez ve Bhattacharya bir simülasyon programı olan HOMER kullanarak HRES optimizasyon problemini araştırdı (Hafez, O., and Bhattacharya, K., 2012.)

Erdinç ve Uzunoğlu, HRES optimizasyonu için farklı yaklaşımların detaylı bir incelemesini hazırladılar ve özellikle boyutlandırma sorunları (Erdinc, O., and Uzunoğlu, M., 2012).

Gallardo-Lozano akıllı şebekelerle uyumlu bir yerleşik EV şarj cihazı geliştirdiler. Şarj cihazının çift yönlü çalışmasını sağlayan yeni bir kontrol sistemi tasarladılar. Elektrikli araçlar, şebekeden enerji çekebilir veya harmonik olmadan şebekeye enerji sağlayabilir (Gallardo-Lozano, J., 2012).

Villa ve diğerleri tarafından yayınlanan, otobüs gibi toplu taşıma araçlarının elektrifikasyonunun pillerin neden olduğu ekstra ağırlık nedeniyle henüz mümkün olmadığına işaret etmişlerdir. Bu araçların rota boyunca otobüs duraklarında endüktif güç aktarım (ICPT) sistemi kullanılarak şarj edilmesini içeren yeni bir şarj prosedürü önerdiler (Villa, J., 2012).

Engin, şebekeden bağımsız(off-grid) PV-rüzgâr hibrit yenilenebilir enerji sisteminin uygunluğunu incelemiştir. HOMER programında sistem tasarımını ve analizini modellemiştir. Seçilen bölgenin rüzgâr hızı, güneş radyasyonu değerlerini ve sıcaklık değerlerini programa tanıtarak yaptığı analizler sonucunda, PV-rüzgâr sisteminin enerji üretimi için uygunsuz olduğunu belirtmiştir. Bunun nedenini üretilen enerjinin birim fiyatının 0.85 \$/KWh ve şebekeden satın alınan birim fiyatın ise 0.10 - 0.12 \$/KWh aralığında olması kaynaklı olduğunu belirtmiştir(Engin, 2010).

Ayhan, Türkiye’de bir bölgede PV-rüzgâr enerji potansiyelini incelemiştir. Mevcut potansiyelin ve kurulabilecek sistemlerin incelenmesini HOMER yazılımını kullanarak yapmıştır. Ayrıca rüzgâr türbinleri için en optimum lokasyonun seçilmesi amacıyla Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği programını kullanmıştır. Rüzgâr hızının, güneş ışınım değerlerinin değişimleri ve bataryaların sisteme eklenmesiyle şebekeye olan bağımlılığın %45’lerden %24’lere düştüğünü ve yenilenebilir hibrit sistemin enerji karşılanma değerlerinin %65’ten %76’ya yükseldiğini belirtmektedir (Ayhan, 2011).

BÖLÜM 2. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR

Geçtiğimiz yıllarda elektrikli araç teknolojileri geliştirilmesinin birçok nedeni vardır. Elektrikli araçların tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden birisi sera gazı salınımlarını azaltmasıdır. Sera gazı salınımında ulaşım sektörü enerji sektörleri tarafından üretilen sera gazının %29'unu oluşturmaktadır (Yong, J.Y., 2015)

Ulaşım sektöründeki elektrikli araçların (EA) sayısının bu oranı düşürmesi beklenmektedir, fakat EA teknolojilerinin ticari ve mevcut bir ürün olarak kullanılmasının tek nedeni bu değildir. EA'lar gürültüsüz çalışırlar. Hibrit teknolojisi ile çalışmıyorlarsa hidrokarbon yakıt kullanmazlar. Şehir içi ulaşımında oldukça kullanışlıdır. İçten yanmalı motorlarda olduğu gibi askıda depolanmış bir enerjiyi kullanmaksızın start stop sürüş özelliğine sahiptir(Camacho, O.M.F.; Nørgård, P.B ,2014). Elektrikli motorlarda tork değerlerini fiziki yapılarından kaynaklı yüksektir. Şehirlerdeki hava kirliliğine katkıda bulunmazlar. Enerji sektöründe yenilenebilir enerji kullanımı günden güne artmaktadır. EA'lar yenilenebilir enerji üretiminden oluşan tesislerin ve gelişmiş şebeke sistemlerinin gelişmesine katkı sağlamaktadır. Tüm bunlar ulaşım sektöründe ilgi çekti ve yeni araştırmalara sebep olmaktadır(Camacho, O.M.F.; Nørgård, P.B ,2016).

Elektrikli araçlar günümüzde içten yanmalı motorla (ICE) çalışan araçların yerini almaktadır. Çevreci ve gürültüsüz bu araçlar insanlar tarafından gün geçtikçe benimsenmektedir. 1828'de Anyos Jedlik elektrik motoru kullanan bir araç yaptı. 1832 – 1839 yılları arasında Robert Anderson tarafından daha büyük elektrik motorlu bir araç üretildi. 1835'te Thomas Davenport tarafından Hollanda ve Amerika'da iki elektrikli araç tasarlandı.

Otomobillerde elektrik motoru kullanma düşüncesi, elektrik motorlarındaki gelişmelerden sonra uygulandı.1897'den 1900'e kadar, EA'lar toplam araçların %28' i haline geldi ve iç ten yanmalı motorlara göre tercih edildi(Yong, J.Y., 2015).

Daha sonra düşük petrol fiyatları ile içten yanmalı motorlarla çalışan araçlar kısa zamanda artış gösterdiler. İYM ile çalışan otomobiller daha gelişmiş bir hale gelirken EA'lar unutulmaya yüz tuttu. 1996 yılında General Motors tarafından piyasaya sürülen EV1 konsepti kısa sürede popüler oldu. Ford, Toyota ve Honda gibi dünyada önde gelen otomobil üreticileride kendi EA'larını tanıttılar. İlk ticari hibrit elektrikli araç Toyota'nın Prius modelidir. 1997'de Japonya' da 18.000 adet üretilerek piyasaya sürüldü(Yong, J.Y., 2015).

2.1. Elektrikli Araç Çeşitleri

Elektrikli araçlar yalnızca elektrikle çalışabilir veya bunun yanında bir İYM (ICE) ' a sahip olabilirler. EA'ların ana enerji kaynağı pillerdir, ancak diğer enerji kaynaklarını kullanan türleri de bulunur. Bu türler Hibrit Elektrikli Araç (HEV) olarak adlandırılır. Uluslararası Elektroteknik Komisyonu'nun teknik komitesi iki veya daha fazla enerji kaynağı, depolama ve dönüştürücü içeren araçları bunlardan en az biri elektrik enerjisi sağladığı sürece HEV olarak tanımlanabileceğini önermiştir (Chan, C.C.,2002).

Bu tanımlama İYM – batarya, batarya – kapasitör, volan – batarya, yakıt hücresi – batarya vb. hibrit teknolojilerini kapsayabilir. Bu nedenle genel çoğunluk ve uzmanlar hem İYM hem de elektrikli motorlu hibrit araçları, pil ve kapasitörle çalışan (BEV) EA'ları ve pil ve yakıt hücresi ile çalışan (FCEV) EA' ları talep etmeye başladılar (Camacho, O.M.F.; Nørgård, P.B ,2014).

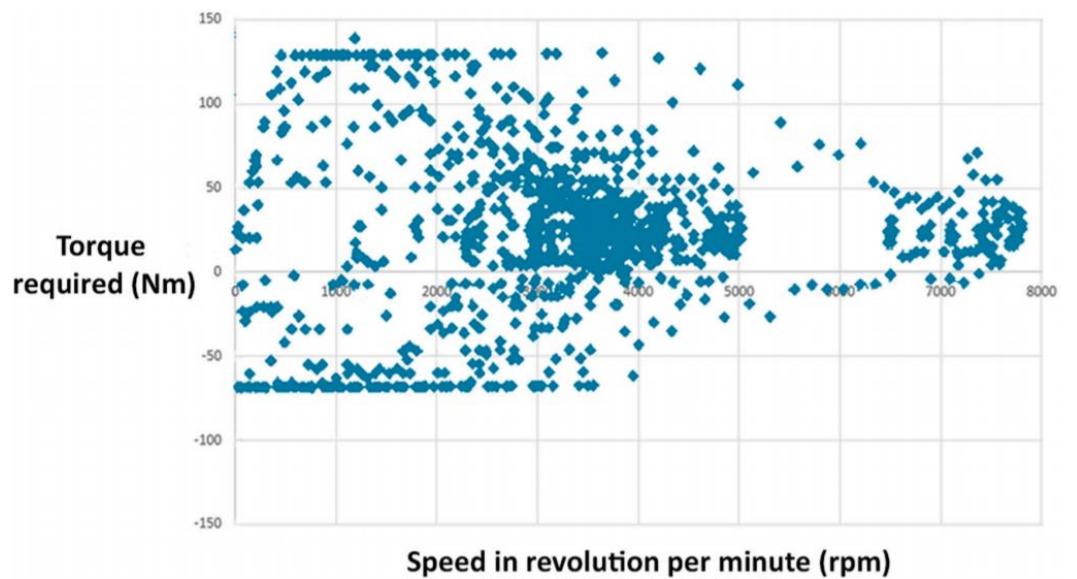
Bu terimler geniş çapta kabul görmüştür. EA' ları kategorize edersek:

- (1) Elektrikli araçlar
- (2) Hibrit elektrikli araçlar
- (3) Plug in Hibrit elektrikli araçlar
- (4) Yakıt Hücreli elektrikli araçlar

2.1.1. Bataryalı elektrikli araçlar

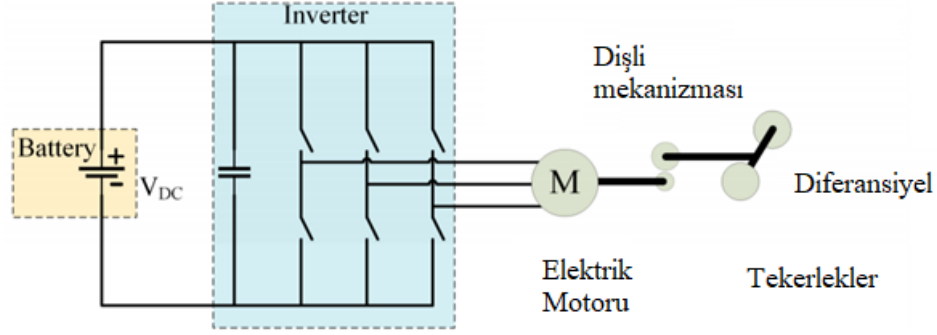
Güç kaynağı olarak sadece batarya kullanan elektrikli araçlar Bataryalı elektrikli araçlar (BEV) olarak geçmektedir. Bataryalı elektrikli araçlarda enerji sadece bataryalarda depolandığı için araç kullanım menzili doğrudan batarya ile ilgilidir. Genel olarak tek şarj kapasiteyle 100 – 250 km yol kat edebilirken, en üst düzey modeller 300 km’den 500 km ‘ye kadar yol kat edebilirler. Bu değerler sürüş tarzına, araç ayarlamalarına, yol ve iklim koşullarına ve batarya cinsine bağlı olarak değişir. Batarya enerjisi tükendiğinde tekrar enerji yüklemek, klasik içten yanmalı araçların(ICE) yakıt ikmalinden çok daha uzun zaman almaktadır(Grunditz, E.A.; Thiringer,2016).

Genel olarak bataryaları tamamen doldurmak 36 saate kadar uzun sürebilir. Çok daha kısa zaman harcayanlar olsa da yakıt deposu doldurmak için gereken zamanla karşılaştırma söz konusu olamaz. Şarj süresi, altyapı, çalışma gücü ve şarj cihazı yapısına göre değişir. Bataryalı elektrikli araçların basit yapısı, çalıştırılması avantajlarından biridir. Sera gazı üretmezler, gürültüsüz çalışırlar bu yüzden çevrecilerdir. Düşük hızlarda yüksek tork sağlayabilirler. Bu avantajlara şehir içi kullanımlarda bataryalı elektrikli araçları(BEV) diğer araçlardan üstün hale getirir. Şekil 2.1’ de gösterildiği gibi şehir için araç kullanımlarında sürüş hızı yavaş ve orta bantlarda olduğu için daha fazla tork gereklidir. Nissan Leaf, Tesla ve bazı Çin menşeiili araçlar son zamanlarda en fazla satılan BEV’ lerdir.



Şekil 2.1 : Bataryalı elektrikli araçların tork devir ilişkisi

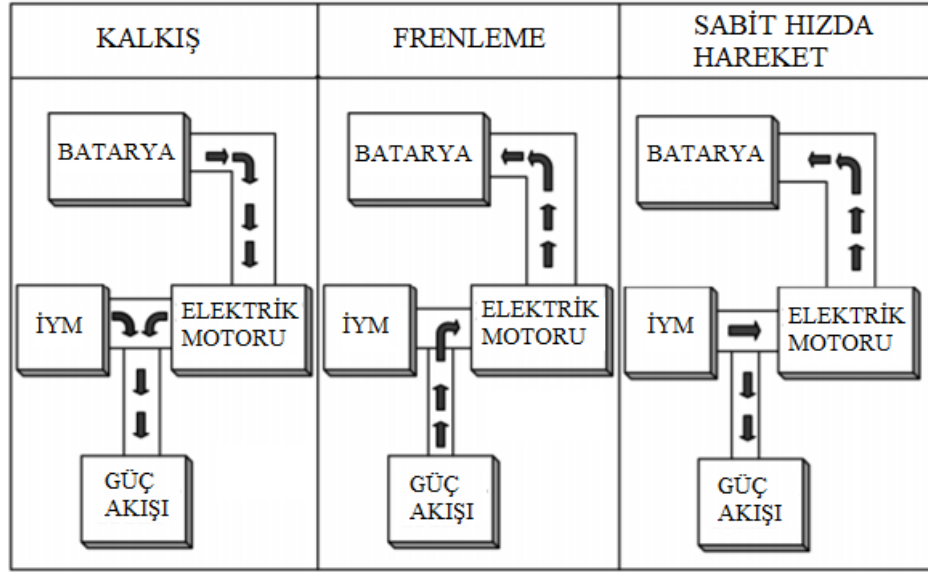
Şekil 2.2’de BEV’ lerin temel yapısı gösterilmiştir. Bataryadaki elektrik enerjisi bir inverterden geçerek 3 fazlı elektrik motoruna aktarılmıştır. Tekerlek tahriki temel olarak bu şekilde gerçekleşir.



Şekil 2.2 : Bataryalı elektrikli araçların temel yapısı

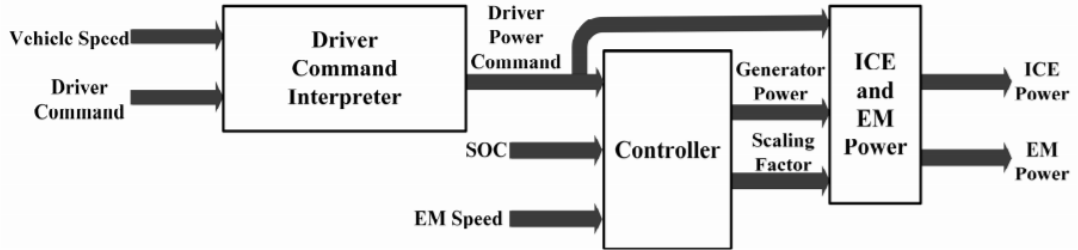
2.1.2. Hibrit elektrikli araçlar

Hibrit elektrikli araçlar içten yanmalı motor ve elektrik motoru ile çalışırlar. Hibrit elektrikli araçlar güç ihtiyacının düşük olduğu anda elektrik gücünden yararlanır. Şehir merkezleri gibi düşük hızlarla hareket edilen yerlerde büyük avantajlar sağlar. Sera gazı salınımı azdır. Daha yüksek güçler istendiğinde hibrit elektrikli araç içten yanmalı motoru (ICE) kullanır. Performans artışı için 2 güç kaynağını ortak kullanılabilir. İçten yanmalı motordan gelen enerji ile bataryalar şarj edilebilir. Rejeneratif frenlemeden kazanılan enerji de bataryaları şarj edebilir. Bu sistemleri ortak kullanan hibrit elektrikli araçlar menzil ve güç performansını artıran araçlardır. HEV fiziksel donanımları otomobil üreticileri tarafından benimsenmiştir. Şekil 2.3’te HEV’lerin aktarma organları arasındaki enerji akışı gösterilmiştir. Araç ilk çalışmasında içten yanmalı motoru(ICE) bir güç üretmek ve bataryada saklamak için jeneratör olarak kullanılabilir. Geçiş esnasında güce ihtiyaç olduğundan içten yanmalı motor ve elektrik motoru gücü destekler. Frenleme anında ise rejeneratif frenleme içten yanmalı motoru çalıştırır ve bataryaları şarj etmek için motoru jeneratör olarak kullanır. Araç durma anında güç akışı durur.



Şekil 2.3 : Hibrit elektrikli araçta aktarma organları arasındaki enerji akışı

Şekil 2.4' te hibrit elektrikli araçtaki enerji kontrol sistemi gösterilmektedir. İçten yanmalı motor ve elektrik motorunun gücünü dengelemek ve maksimum verimliliği elde etmek adına pil şarj durumu(SOC), araç hızı, sürücü girişleri ve motor hızını kontrol edilir.



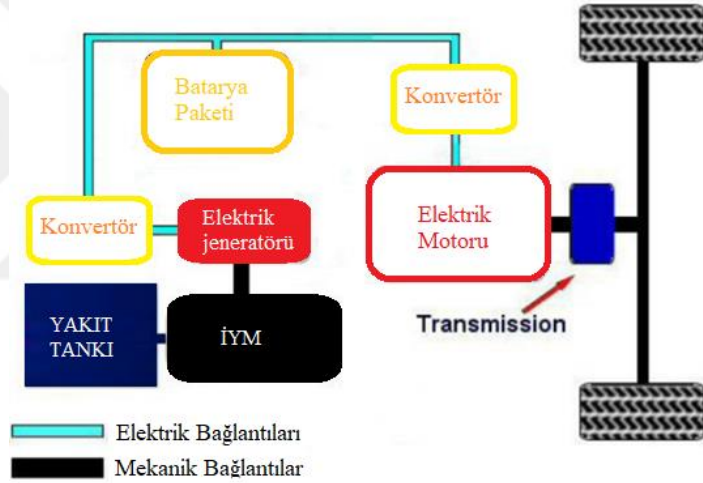
Şekil 2.4 : Hibrit elektrikli araçtaki enerji kontrol sistemi

2.1.2.1. Hibrit araç çeşitleri

HEV'ler, seri HEV'ler ve paralel HEV'ler olarak iki temel türde sınıflandırılmaktadır. Seri HEV'ler, paralel HEV'ler, seri / paralel ve karmaşık HEV konfigürasyonları temelde bu iki ana konfigürasyonun birleşimidir. Seri hibrit çözümler genellikle şehir otobüsleri gibi ağır hizmet araçlarında tavsiye edilmektedir. Elektrik, jeneratör seti olarak çalışan içten yanmalı bir motor tarafından üretilmektedir. Bu kaynağa genellikle Yardımcı Güç

Birimi (APU) denir. APU, piller veya ultrakapasitörler gibi güç depolayıcı sistemlerdir. Ayrıca ihtiyaç duyulması halinde araç içerisinde direkt elektrik enerjisi kaynağı olarak da kullanılmaktadır.

Şekil 2.5'te Seri HEV mekanik ve elektrik bağlantıları gösterilmiştir. Yakıt hücresi, pilleri şarj etmek ve gerektiğinde elektrik motorunu beslemek için içten yanmalı motoru jeneratör olarak çalıştırmaktadır. Motor tekerleklere bağlı olmadığı için şanzıman kullanılmamaktadır. Bu, iletimde kaybedilen enerjinin %10-15 tasarrufunu sağlamaktadır. Bir ICE-HEV'de, ICE'nin çalışması en verimli noktaya optimize edilir, böylece emisyonlar en aza indirilir ve kayda değer bir yakıt tasarrufu elde edilir. ICE, ihtiyaç olmadığında kapatılır. Rölanti durumunda araç elektrik motorunu kullanarak yakıt tüketmemektedir.

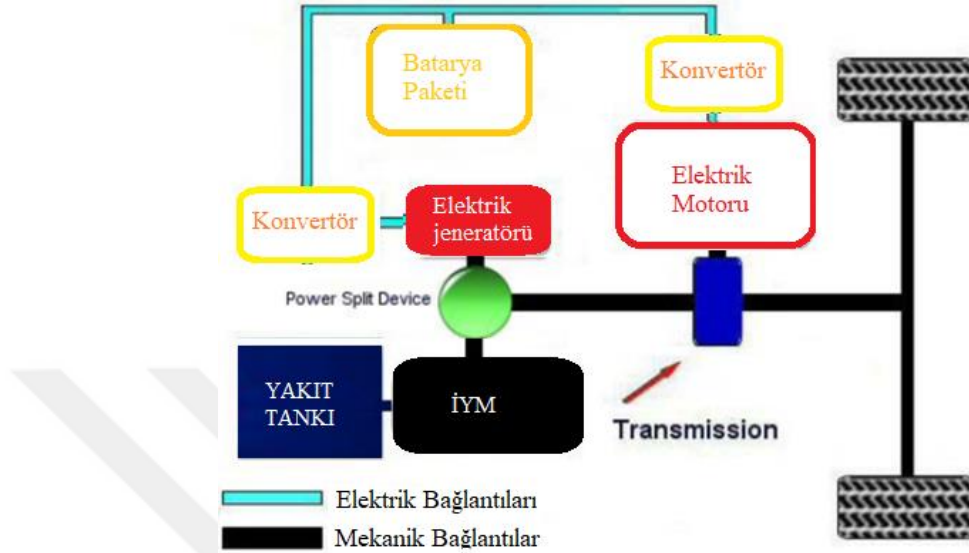


Şekil 2.5 : Seri hibrit araçların elektrik ve mekanik bağlantıları

Seri Hibrit konfigürasyonların bazı dezavantajları vardır. Mekanik ve elektrik bağlantıları arasındaki enerji dönüşümlerinden kayıplar oluşur. ICE'nin şaftındaki enerji jeneratörde elektrik enerjisine dönüşür ve burada elektrikselsel ve mekanik kayıplar meydana gelir. Üretilen elektrik enerjisi çekiş motorunda kullanılırken kontrolör ve motor kayıpları olmaktadır.

Paralel hibrit konfigürasyonda, sürücü sistemi hibrit çalışmaktadır. Paralel hibrit araçlar hem elektrik motoru hem de içten yanmalı motorla çalıştırılabilir. Karmaşık hibrit araçlar, motorun fazla gücünden elektrik üretme ve bunu başka bir elektrik motorunu çalıştırmak ve ayrıca pilleri şarj etmek için kullanma yeteneğine sahiptir. Şekil 2.6'te, karmaşık bir

hibrit konfigürasyon görülebilir. En popüler ticari hibrit elektrikli araçlar, paralel veya seri-paralel hibritler olarak üretilmektedir. Binek araçlara, spor hizmet araçlarına ve hafif kamyonetlere paralel veya karmaşık hibrit yapıların uygulanması uygundur.



Şekil 2.6 : Seri-paralel hibrit araçların elektrik ve mekanik bağlantıları

Honda, paralel hibrit teknolojisini benimser ve elektrik motorunu frenlemede bir yardımcı motor ve rejeneratör olarak kullanmaktadır (IMA™ - Insight, Civic Hybrid ve Accord Hybrid modellerinde Integrated Motor Assist teknolojisi). Toyota'nın en popüler hibrit sistemi olan THS-II, karmaşık hibrit sistemi ve güç bölme cihazı bulundurmaktadır. Motor çıktısının ikiye bölüdüğü planet dişli; bir çıkış tekerlekleri çalıştırırken, diğeri pilleri fazla güç ile şarj etmek için bir jeneratör çalıştırır. Bu sistemde ayrıca tekerlekleri hareket ettiren bir elektrik motoru vardır. Bahsedilecek en yeni sistem, Lexus'un THS-II ile aynı sisteme sahip ancak arkada 4x4 sürmeye yardımcı olan ek bir elektrik motoruna sahip yeni hibrit SUV'udur. Arka tekerlekleri kullanarak rejeneratif frenlemeyi daha verimli hale getirmektedir. GM'nin hafif seçimi gibi birçok Entegre Başlangıç Üreticisi (ISG) uygulaması vardır.

2.1.3. Plug-in elektrikli araçlar

Hibrit elektrikli araçların sürüş mesafesini artırmak için tasarlanmış araçlar Plug-in Elektrikli araçlardır(PHEV) (Marchesoni, M.; Vacca, 2007).

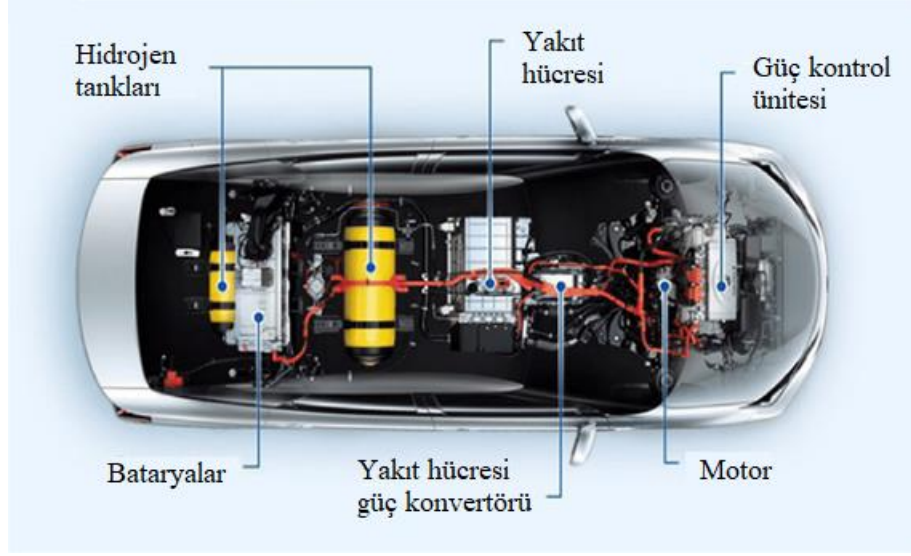
Hibrit elektrikli araçlar(HEV) gibi içten yanmalı motor(ICE) ve elektrik motoru(EM) içerir. Ancak ana güç kaynağı olarak elektrik motoru kullanılır bu nedenle hibrit elektrikli araçlara (HEV) göre daha büyük bir batarya kapasitesine ihtiyaç duyarlar. Plug-in elektrikli araçlar tamamen elektrik enerjisi ile çalışmaya başlar. Bataryalardaki şarj azaldığında veya güç ihtiyacı olduğunda ise içten yanmalı motoru (ICE) devreye alır. İçten yanmalı motor sürüş mesafesini artırma amacıyla kullanılır. Plug-in hibrit araçlar şebekeden de şarj edilebilir. Hibrit elektrikli araçlarda bu mümkün değildir. Plug-in Hibrit elektrikli araçlarda(PHEV) da rejeneratif frenleme sistemi kullanılabilir. Bu araçlarda klasik hibrit araçlara göre elektrik enerjisi daha fazla kullanıldığı için sera gazı emisyonu azdır. Yakıt tüketimi daha azken maliyette düşer. Chevrolet Volt ve Toyota Prius gibi bu tür araçlar piyasada satışlarda popülerlik kazanmaktadır (Gao, Y.; Ehsani, 2010).

2.1.4. Yakıt hücreleri elektrikli araçlar

Yakıt hücreli elektrikli araçlar(FCEV) yakıt hücreli araçlar(FCV) olarak da isimlendirilir. Bu tür araçların enerji kaynağı kimyasal reaksiyon kullanan yakıt hücreleridir(EG&G Technical Services,2002).

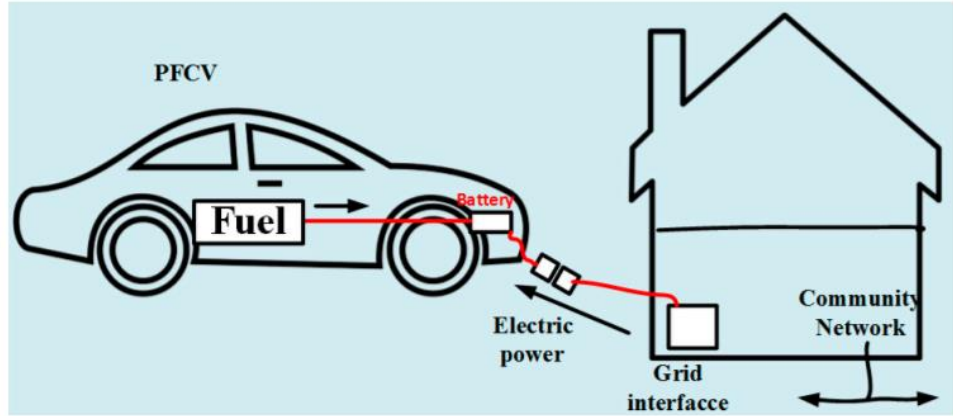
Hidrojen yakıt hücreli araçların(FCV) tercih ettiği yakıttır. Bu nedenle hidrojen yakıt hücreli araç olarak da isimlendirilir. Yakıt hücreli araçlar(FCV) hidrojeni basınçlı tanklarda taşır. Güç kaynağının diğer bir parçası da çevreden alınan havadan elde edilen oksijendir. Yakıt hücresinin ürettiği elektrik enerjisi tahriki sağlamak için elektrik motoruna gider. Fazla üretilen enerji ise batarya veya süperkapasitörlerde depolanır (Miller, J.F.; Webster, C.E.; Tummillo, A.F,1997).

Mirayi ve Honda Clarity gibi ticari olarak satılan araçlar bu amaçla batarya kullanırlar. Yakıt hücreli araçlar(FCV) yakıt hücresinde gerçekleşen reaksiyon sonucu yan ürün olarak egsoz borularından su atarlar. Şekil 2.7' de bir yakıt hücreli aracın konfigürasyonu gösterilmiştir. Bu tür araçların avantajı kendi elektriklerini üretebilmeleridir. Geleneksel bir içten yanmalı motor(ICE) kullanan araçların yakıt dolum süresine benzerdir.



Şekil 2.7 : Yakıt hücreli elektrikli araç(FCV) temel konfigürasyonu (M. Kendall)

Rajashekara yakıt hücreli araçlar(FCV) daha büyük bir batarya ve daha küçük bir yakıt hücresine sahip fişli bir yakıt hücreli araç(PFCV) önerdi. Rajashekara'ya göre bu tipteki elektrikli araçlar hidrojen yakıt hücrelerini çalıştırmak için yenilenebilir enerji kaynakları kullanılıyorsa, bu durumda gelecekte Plug-in Yakıt hücreli araçların yapısı bu şekilde olacaktır. Şekil 2.8'de plug-in yakıt hücreli elektrik aracın (PFCV) temel konfigürasyonu gösterilmiştir (Emadi, Lee ve Rajashekara, 2008).



Şekil 2.8 : Plug-in yakıt hücreli elektrikli araç(PFCV) temel konfigürasyonu (Emadi, Lee ve Rajashekara, 2008).

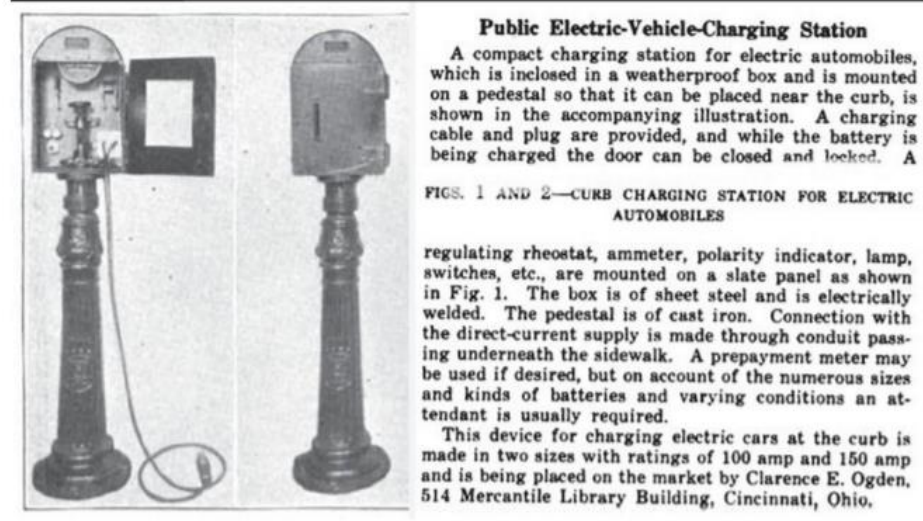
Tablo 2.1 : Farklı elektrikli araç türlerinin özellikleri karşılaştırılmıştır.

EV	Motor tipi	Enerji kaynağı	Avantajları	Dezavantajları
BEV	Elektrik motoru	Batarya	Emisyon yoktur.	Pil fiyatı, kapasitesi.
		Süperkapasitör	Petrole bağımlı değildir. Menzil pil türüne bağlıdır.	Kısa mesafe. Şarj süresi.
HEV	Elektrik motoru İçten yanmalı motor (ICE)	Batarya	Ticari olarak temini kolaydır.	Şarj istasyonu yetersizliği. Yüksek fiyatı.
		Süperkapasitör	Düşük emisyon. Uzun mesafe.	Elektrikli ve mekanik aktarma organlarına sahip karmaşık yapı.
		Fosil yakıt	Elektrik kaynağı ve yakıttan güç alabilir. Ticari olarak temini kolaydır.	Enerji kaynaklarının yönetimi. Pil ve motor boyut optimizasyonu
FCEV	Elektrik motoru	Yakıt hücresi	Düşük emisyon. Yüksek verim. Elektrik gücüne bağlı değil. Ticari olarak temini kolaydır.	Yüksek maliyetli yakıt hücresi. Yakıt üretiminin zorluğu. Yakıt ikmal tesislerinin mevcudiyeti

2.2. Şarj istasyonları hakkında genel bilgi

19. YY ortalarında elektrikli araçların üretilmesiyle birlikte şarj teknolojisine de ihtiyaç doğmuştur. İlk elektrikli araçlarda tek kullanımlık bataryalar kullanılıyordu ve biten bataryalar yenileriyle değiştiriliyordu. Şarj edilebilir bataryaların icadı ile elektrikli araçlarda aynı bataryaların kullanılma imkânı oluştu. Bu dönemde üretilen elektrikli araçlar toplu üretilmedi ve ticari olarak şarj istasyonları kurulamadı. Asıl sorun 20. YY başlarına kadar birçok evde elektrik yoktu bu yüzden araçları evde şarj etmek imkânsızdı. 20. YY başında ABD'deki araçların % 38 elektrikli araçtı. Bu dönemdeki araçlar şarj bitmiş bataryaların dolularıyla fiziksel olarak değişimi ile gerçekleşiyordu (Cleantecnica

,2018).Elektrikli araçların ilk dönemlerinde General Electric “Electrant” adıyla ilk şarj istasyonlarını tanıttı.

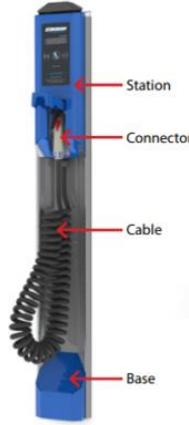


Şekil 2.9 : General Electric firmasının ürettiği ilk şarj istasyonları(Jalopnik, 2013)

1920’lerde otomotiv endüstrisinin gelişmesiyle sınırlı menzile sahip elektrikli araçlar yolculuklara elverişli değildi. Bu dönemde ucuz petrol fiyatları elektrikli araçların ilerlemesinin önüne geçti. 20. YY sonlarında hava kirliliği sebebiyle elektrikli araçlar yeniden gündeme geldi ve otomotiv şirketleri elektrikli araç modelleri üretmeye başladılar. Şarj alt yapısı sorunu halen devam etmekteydi. Bu dönemdeki elektrikli araçlar evde şarj edilebiliyordu. Plug-in elektrikli araçların sayısının artmasıyla ihtiyaca bağlı olarak şarj istasyonlarının kurulumu zorunlu hale geldi. Günümüzde bu konu şarj teknolojilerinin ortaya çıkmasına neden oldu.

Plug-in elektrikli araçlardaki (PEV) bataryaları şarj etmek için elektrik kaynağından araca uygun elektrik enerjisi sağlayan birimlere genellikle şarj istasyonu denir. Şarj istasyonları uygun ve güvenli elektrik akışı sağlamak için elektrikli araçla iletişim kurar. Şarj istasyonları elektrikli araçları şarj etmek için ihtiyacı olan doğru akım(DC) ya da alternatif akımı(AC) bir elektrik kaynağına bağlanarak çevirir. Şarj istasyonunun şarj kapasitesi bataryaların ne kadar hızlı şarj olması konusunda önemlidir. Plug-in elektrikli araçlardaki yerleşik şarj cihazının da en hızlı şarj modunda çalışabilmesi için şarj istasyonunun en yüksek çıkışıyla eşleşebilmesi gerekir.

Şarj istasyonları genellikle doğrudan elektrik dağıtım hattına ya da bir elektrik prizine bağlanan bir cihaz şeklindedir. Fosil yakıt pompası ağzına benzer şekilde elektrikli aracın bataryasını şarj etmek için konnektörle şarj soketine bağlanır. Şarj istasyonunda elektrikli aracın bağlı olduğunu gösteren ikaz göstergeleri vardır. Şarjı başlatıp durdurmaya yarayan buton veya anahtarlar bulunabilir.



Şekil 2.10 : Temel şarj istasyonunda elektrikli araca bağlanan konnektör ve şarj durumu indikatörleri bulunur

2.2.1. Güvenlik standartları

2.2.1.1. Şarj istasyonu güvenlik standartları

Şarj istasyonlarına çevre ve insan güvenliği sağlamak için topraklama cihazı eklenmiştir. Şarj istasyonu konnektörü elektrikli araç şarj soketine takıldıktan sonra şarj istasyonu ve elektrikli araç haberleşmesi sağlanır. Bu ana kadar istasyon gücü araca iletmez. Bu sayede hiçbir zaman kullanıcı herhangi bir tehlikeli elektrik şokuna maruz kalmaz. Konnektörler tam yalıtımla üretilirler. Kablonun şarj esnasında herhangi bir çekilme tehlikesine karşı kilit sistemi bulunur.

2.2.1.2. Elektrikli ekipman sertifikasyonları

Şarj istasyonları elektrik ekipmanları içerdiği için ANSI/UL 2202 “Elektrikli araç(EV) şarj sistemi ekipmanları” ve CSA-C22.1 No. 107.1 “Genel kullanım güç kaynakları” gibi güvenlik standartlarına göre üretilir. Kablo, konnektör, topraklama dedektörü, ve şarj

istasyonu bir bütün olarak CSA tarafından yayınlanan Teknik Bilgi Mektupları'na (TIL) uygun olmalıdır. Ek olarak;

TIL J-39 Elektrikli araç(EV) kablo setleri

TIL A-35 Elektrikli araç(EV) kablo setleri ve güç kaynağı kabloları

TIL A-34 Elektrikli araç(EV) konnektörleri

TIL D-33 Toprak arızası devre kesicisi (GFCI)

TIL I-44 Elektrikli araç(EV) tedarik ekipmanı sertifikasyonu

Bu maddeler standartların belirlendiği tarihten beri geçerlidir. CSA, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri için ortak bir UL/CSA standartları seti üzerinde çalışmaktadır.

2.2.1.3. Tasarım standartları

Şarj istasyonları enerjini iletimi için iletken elektrik ekipmanlarını içerir. İletken istasyonlar SAE Standartları J1772 tarafından kapsanmaktadır. SAE International tarafından yayınlanan standartlar otomobil üreticileri tarafından uygulanır. Tesla haricindeki tüm elektrikli araçlarda(EV) SAE J1772 şarj soketi bulunmaktadır. Bu standart yerleşik şarj sistemini içerir ve AC-DC enerji dönüşümünü kapsar.

CHAdEMO standardı yalnızca DC hızlı şarj istasyonlarını kapsar. Şarj istasyonlarında başka türlerde vardır, ama bu rehber sadece CHAdEMO, J1772 ve Tesla Supercharger şarj istasyonları açıklamaktadır.

2.2.2. Şarj istasyonlarının güç sınıflandırması

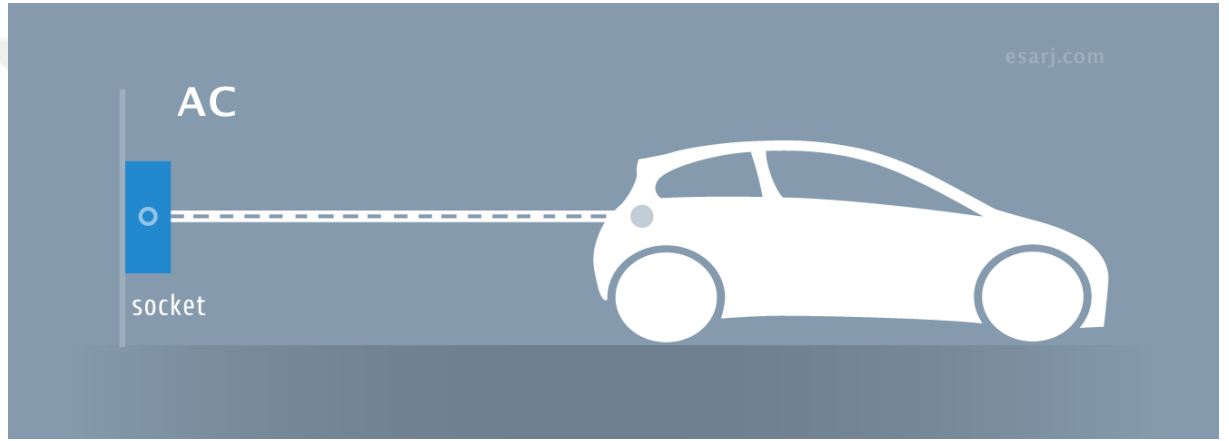
Şarj istasyonları seviye 1(mod 1), seviye 2(mod 2) ve DC hızlı şarj(DCFC) olarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırma genel olarak plug-in hibrit aracın bataryalarını şarj etmek için gerekli güç ihtiyacı ile ilgilidir. Yüksek şarj seviyelerinin kullanılması ile bataryaların tekrar şarj edilmesi için gereken süre kısalmaktadır. Seviye 1, seviye 2 ve DC hızlı şarj DCFC en çok kullanılan şarj sınıflarıdır.

IEC 62196 uluslararası bir standart olup elektrikli araçların şarjlanması ve şarjlanma modları üzerine düzenlemeler yapmaktadır. Elektrikli araç bataryaları yapıları gereği doğru akımla (DC) şarj olmaktadır. Mod 1, 2, ve 3 şarj işlemlerinde, şebekeden gelen

alternatif akım (AC), DC'ye araç üzerinde (onboard charger) dönüştürülürken, Mod 4 şarj işleminde, bu dönüşüm istasyon üzerinde yapılmaktadır.

2.2.2.1. AC seviye 1 şarj istasyonları

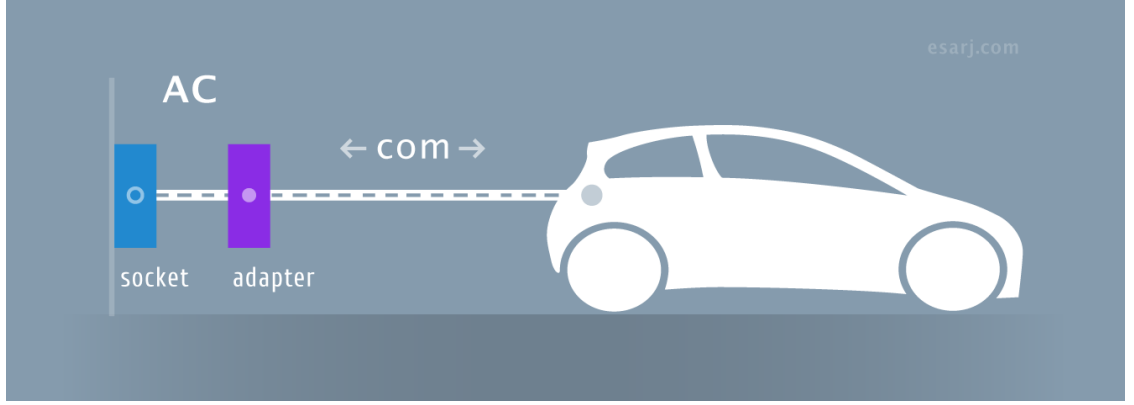
Seviye 1 şarj istasyonları 120 voltluk ev tipi şebeke prizinden enerji sağlar. Bir çok Plug-in Hibrit elektrikli araç(PHEV) üreticisi araçlara şarj istasyonu kablo seti eklemektedir. Seviye 1 batarya şarjının en yaygın kullanım şeklidir. Seviye 1 şarj cihazı bir saatlik şarj ile 8 mil yolculuk sağlar. Plug-in hibrit araçları bir gecede şarj edebilir. Tamamen gücü tükenmiş bir bataryayı ise 20 saate kadar şarj edebilir.



Şekil 2.11 : AC seviye 1 (mod 1) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantısı (Eşarj, 2020)

2.2.2.2. AC seviye 2 şarj istasyonları

Bu şarj etme çeşidi yine direkt olarak AC prize bağlanarak şarj edilmeyi içerir, ancak fark olarak kablo üzerinde bir haberleşme adaptörü zorunlu kılar. Seviye 2 şarj istasyonu 220 volt konut 380 volt ticari AC şebeke elektriğini kullanır. 3,3 kwh yerleşik şarj cihazına sahip araçlara bir saatlik şarjda 15 mil yolculuk, 6,6 kwh şarj cihazına sahip araçlarda bir saatlik şarjla 30 mil yolculuk sağlar. Tamamen gücü tükenmiş plug-in hibrit elektrikli araç bataryasının şarj dolum süresi seviye 2 şarj cihazı ile 7 saat sürebilir. Elektrikli araçlarla standart olarak sunulan kablo AC Seviye 2 tipi şarj etme adına verilmektedir. Ancak bu şarj etme tipinde genelde prizden daha düşük akımlar (10-12A) alındığından dolayı süreler uzamaktadır.



Şekil 2.12 : AC seviye 2 (mod 2) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantısı (Eşarj, 2020)



Şekil 2.13 : AC seviye 2 (mod 2) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantı konnektörü

2.2.2.3. AC seviye 3 şarj istasyonları

Standart AC priz yerine aşağıda şekil 2.14’ da görülen Mennekes tipi bir konnektörle bağlantı yapılmaktadır. Bu 7 pinin farklı fonksiyonları bulunmaktadır; Üç ayrı fazı (L1, L2, L3), nötr bağlantısını (Neutral), topraklama bağlantısını, kontrol ve haberleşme pinleri (Proximity & Control Pilot) ve şarj istasyonuna bağlanmalıdır.

Bu şarj modunda araç istasyona bağlandığında bir haberleşme başlar. Araç kabul edebileceği akım seviyesini şarj istasyonuna bildirir ve istasyonda kendi içerisinde akımı ayarlayarak araca aktarır.

Mod 2'den farklı olarak yapılan bu karşılıklı haberleşmeye ek olarak artık enerji kaynağı tarafında da sistem korumaları (aşırı akım, kaçak akım, parafudr, v.s.) bulunmaktadır. Ayrıca, şarj istasyonu kurulurken istasyonu besleyen kablonun kesiti, gerekli gücü sağlayabilecek şekilde ayarlanabilmektedir. Bu nedenlerle Mod 3, Mod 2'ye kıyasla çok daha güvenli ve hızlı bir şarjlanma imkanı sağlamaktadır.

Şarj istasyonunun gücü ve araç üzerindeki onboard charger'ın gücü arasındaki en küçük değer, şarj işleminin gücünü verir. Şarj işlemi gücü arttıkça, bataryayı doldurmak için gerekli şarj süresi düşer. Mod 3'te, şarj gücüne göre (akım ve faz sayısı) 4 adet şarjlanma kademesi bulunmaktadır;

3,7 kVA (16A, Tek Faz – 230V AC)

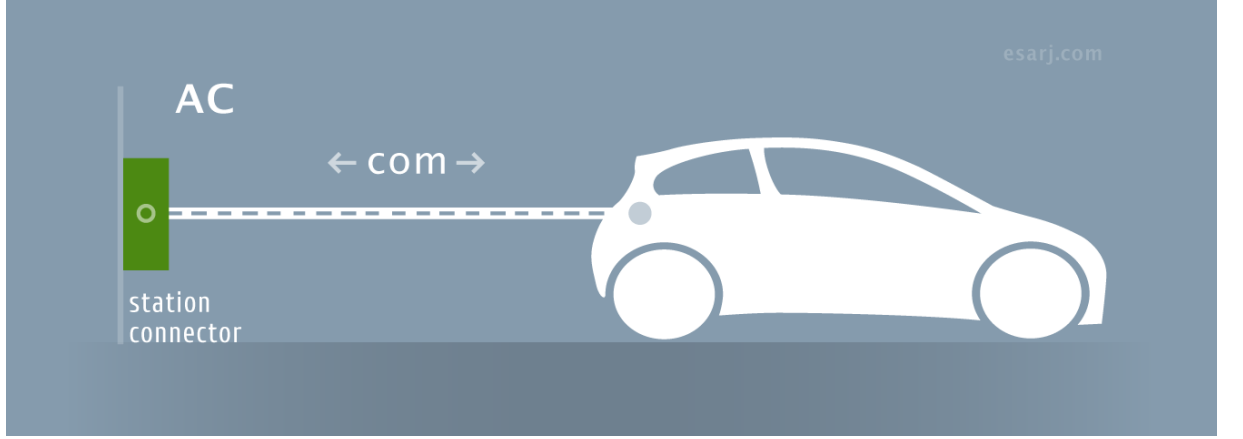
7.4 kVA (32A, Tek Faz – 230V AC)

11 kVA (16A, Üç Faz – 400V AC)

22 kVA (32 A, Üç Faz – 400V AC)



Şekil 2.14 : Mennekes tipi konnektör pin diagramı



Şekil 2.15 : AC seviye 3 (mod 3) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantısı (Eşarj, 2020)

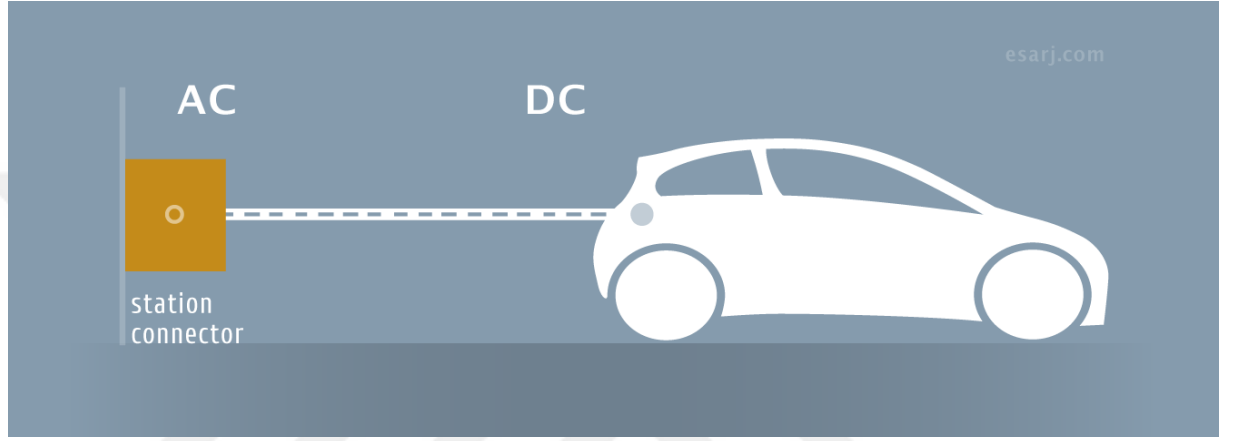
2.2.2.4. DC Hızlı Şarj İstasyonları

DCFC(Direct Current Fast Charge) şarj istasyonları 480 volt enerji ile çalışır. DCFC 20-30 DK lık bir şarj ile 100 mil yolculuk sağlar. DCFC AC yi DC ye dönüştürür ve aracın yerleşik şarj cihazını es geçerek doğrudan bataryalara yüksek güçlü DC ile besler.



Şekil 2.16 : DCFC Şarj konektörü(edn,2020)

AC şarj standartları olan level 1 ve level 2 için SAE J1772 standardı benimsenmiştir. DCFC'lerde kullanılan konnektörler için 2 standart vardır. SAE J1772(ABD) ve CHAdeMO(Japon) konnektörleri DCFC şarj istasyonları için kullanılırken bu konu hakkında bir standart gelmemiştir. Her iki konnektörü de genel olarak Plug-in hibrit elektrikli araçlar(PHEV) bulundurur, dâhil etmeyen modellerde vardır. Plug-in elektrikli hibrit aracın(PHEV) tamamen enerjisi tükenmiş bataryalarını yaklaşık 30 dk. içinde doldurabilir.

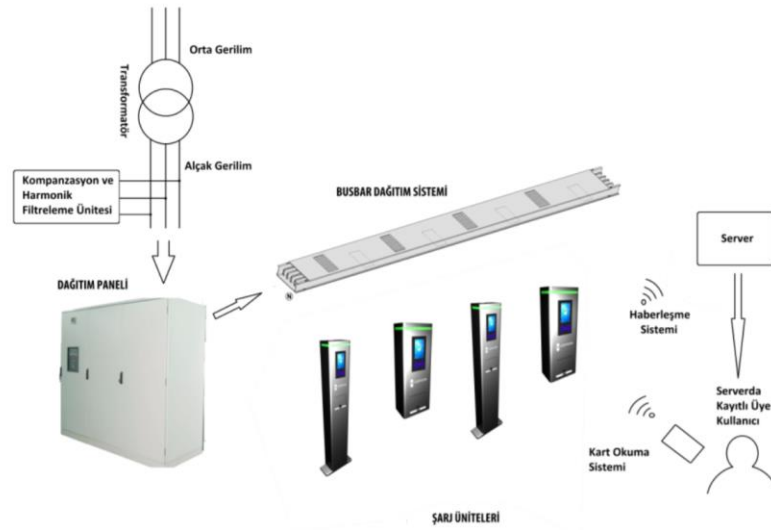


Şekil 2.17 : DCFC (mod 4) şarj istasyonu elektrikli araç bağlantısı (Eşarj, 2020)

2.3. Şarj İstasyonları Çalışma Prensibi

Şarj istasyon sistemi, elektrik enerjisi alt yapısı ve tesisatı ile başlayan, araçlara enerji akışını ve kontrolünü gerçekleştiren üniteler ve bunların haberleşme alt yapısı ile neticelenen bir yapıdır. Bu yapı içerisinde, enerji alt yapısı, şarj kapasitesini karşılayabilir kapasitede alçak gerilim tesisatını içermektedir. Bu tesisat, elektrik panosu ve şarj ünitelerini besleyen kablo ya da Busbar sistemlerini içermektedir. Ayrıca, enerji kalitesi unsurlarını yerine getirmek amacıyla kompanzasyon ve harmonik filtreleme üniteleri de bu tesisat içerisinde mevcuttur.

Sistem içerisinde elektrikli araçlara enerji akışını şarj üniteleri gerçekleştirir. Bu üniteler IEC 62196 gibi uluslararası şarj istasyon standartlarına uygun, kullanıcı güvenliğinin sağlandığı ve tüketim bedelinin ücretlendirildiği cihazlardır. Gerek ücretlendirme, gerekse uzaktan izleme ve arıza bildirimleri için bir haberleşme ağına bağlı elemanlardır. Bu bütün yapı şekil 2.18' de görülmektedir.



Şekil 2.18 : Şarj istasyonlarının şebeke bağlantısı ve çalışma şekli

Şarj ünitesi, enerjinin elektrikli araca akışını insan ve teknik alt yapı açısından güvenli olarak gerçekleştiren ekipmandır (Şekil 2.18). Şarj üniteleri Avrupa, Amerika ve Japonya gibi dünyanın çeşitli bölgelerinde farklılık gösteren yapılarda üretilmektedir. Bu farklılıklardan en önemlisi DC ve AC şarj türleridir. Japonya CHAdeMO standardını benimsemiş olup, araçları doğru akım ile şarj eden üniteler geliştirmiştir. Bu şekilde araçlara 62.5 kW'a kadar enerji aktarımı yapabilmektedir (TEPCO,2010)

Avrupa'da benimsenen IEC 62196 standardı ise AC şarj gerçekleştirmekte olup 3 faz 43.5 kW'a kadar enerji aktarımı yapabilmektedir (Volker Lazzaro,2010). Amerika ise SAE J1772 standardı ile 19.2kW'a kadar şarj yapabilmektedir (SAE International,2010). Bu standartlaşmalar sonucu şarj işlemi süresi Tablo 2.2' de görüldüğü üzere şarj gücüne ve türüne göre farklılık göstermektedir.

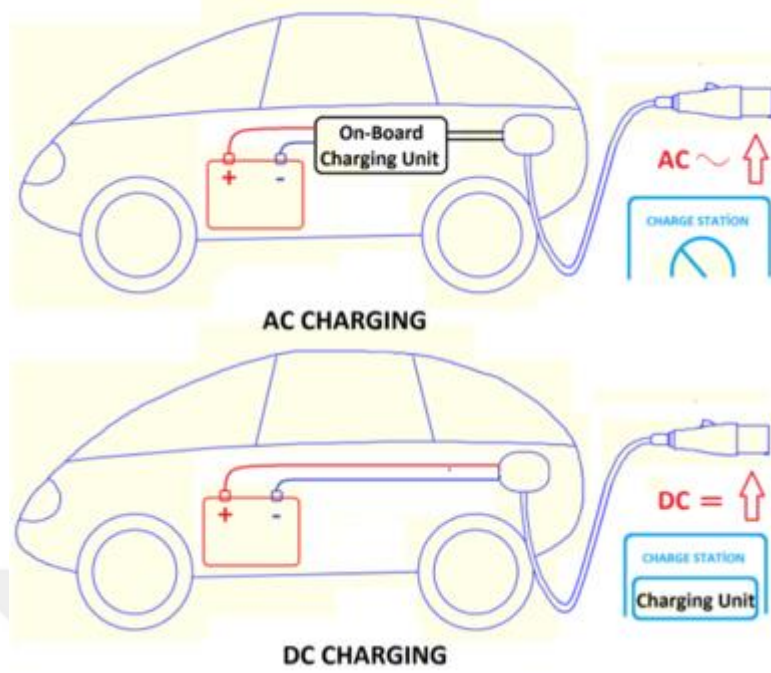


Şekil 2.19 : Tipik şarj istasyonu

Tablo 2.2 : Uluslararası standartlara göre şarj süreleri ve enerji biçimleri

Şarj süresi	Enerji Kaynağı	Gerilim	Maksimum akım
6-8 saat	Tek faz – 3kW	230 VAC	16A
2-3 saat	Üç faz – 10kW	400 VAC	16A
3-4 saat	Tek faz – 7kW	230 VAC	32A
1-2 saat	Üç faz – 24kW	400 VAC	32A
20-30 dakika	Üç faz – 43kW	400 VAC	63A
20-30 dakika	DC – 50kW	400 – 500 VDC	100 – 125A

DC ve AC şarj yapabilme, elektrikli aracın dâhili şarj (on-board charging) sistemine sahip olmasına bağlıdır (Şekil 2.20). Dâhili şarj sistemine sahip elektrikli araçlar tek faz ya da üç faz gelen AC enerjiyi araç içerisindeki çeviri ile doğrultarak batarya şarj işlemini gerçekleştirir.



Şekil 2.20 : Elektrikli aracın DC ve AC şarj olması dahili şarj sistemine bağlıdır

Bu yapı nedeni ile şarj istasyonları araçlara şebeke enerjisini aktarmaktadırlar. Enerji üzerinde her hangi bir doğrultma işlemi gerçekleştirmezler. Bu yapıda tasarlanan şarj istasyonları, şebeke enerjisini sadece açma ve kapama yapan bir işlevden ibaret olmayıp, şarj soketi kontrolü, elektrikli araç ile haberleşme, şarj hızı kontrolü, güvenlik gibi işlemleride bünyesinde bulundurmaktadır. Dünyada değişik standartlarda belirlenmiş farklı tiplerde şarj soketlerinde enerji akışını sağlayan faz nötr iletkenleri haricinde toprak iletkeni ve sinyalizasyon için pilot sinyali iletkeni de mevcuttur. Şarj hızı kontrolü, soket algılama gibi işaretlerin haberleşmesi bu iletken üzerinden gerçekleştirilir (Takafumi Aneawa,2010).

Şarj ünitelerinin elektronik aksamaları, bu haberleşmeyi gerçekleştiren, kullanıcı giriş ve çıkışını sağlayan kart okuyucu gibi modülleri ve akışı gösteren LCD ara yüzü kontrol eden ünitelerden oluşur. Ayrıca şarj istasyonun iç haberleşmesi dışında, dışarı ile haberleşmesi de gene bu yapıya bağlı üniteler aracılığı ile gerçekleştirilir.

BÖLÜM 3. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONU MODELLENMESİ

Ülkemiz adına enerji maliyetlerini düşürmek için elektrikli araç şarj istasyonlarında yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak öncelikli tercih olmalıdır. Yeşil şarj istasyonları olarak da bilinen yenilenebilir enerjiyi kullanan şarj istasyonlarının başlangıç maliyeti yüksektir. Enerji kaynağının maliyetsiz oluşu kurulan istasyonların kendi maliyetini karşılama sürelerini kısaltacaktır.

Bu bölümde şarj istasyonunun kurulacağı bölge seçilmiştir. Şarj istasyonunun kurulacağı bölge ile ilgili güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyelleri gösterilmiştir. Bölgenin potansiyel enerjileri incelenerek rüzgâr ve güneş enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi miktarı belirlenmiştir.

3.1. Hibrit Enerji Sistemleri

Bir hibrit enerji sistemi, çok sayıda enerji üretimi ve depolamasını birleştirir veya bir jeneratöre güç sağlamak için iki veya daha fazla türde yakıt kullanır. Hibrit enerji sistemi, fosil yakıt tabanlı ekonomilerden uzaklaşmada değerli bir yöntemdir. Özellikle kısa vadede, yenilenebilir enerji kaynaklarını daha iyi entegre etmek için yeni teknolojiler geliştirilmeye devam ederken, yenilenebilir üretimin geleneksel termal elektrik üretimiyle desteklenmesi aslında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının genişletilmesine yardımcı olabilir.

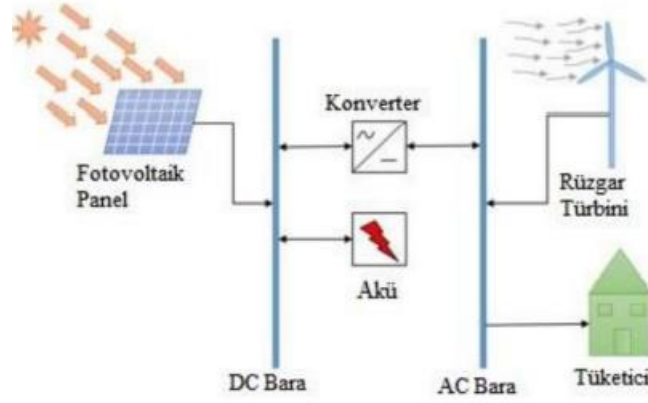
Hibrit enerji sistemleri, mevcut enerji altyapısından faydalanabilir ve maliyetleri, çevresel etkileri ve sistem kesintilerini azaltmaya yardımcı olmak için bileşenler ekleyebilir. Hibrit bir elektrik sisteminin planlanması, bir teknoloji odağından ziyade bir pazar odağına sahiptir. Öncelik, kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamanın en verimli ve güvenilir yolu olan bir enerji teknolojileri karışımı seçmektir.

Hibrit enerji üretim sistemleri birçok türden enerji formlarının beraber kullanımı ve enerji depolama aygıtları ile yapılabilir. Hibrit enerji sistemlerinde en çok kullanılan doğal enerji kaynakları güneş ve rüzgâr enerjisidir. Şebekeden bağımsız çalışan rüzgâr ve güneş enerji üretim sistemleri genellikle gaz türbinleri, dizel jeneratörler, yakıt pilleri ve akü grupları ile birlikte çalıştırılırlar. Bununla beraber enerjinin sürekliliği ve sistem performansı artırılır.

Şarj istasyonlarındaki enerji talebi oldukça geniş güç aralığında ve değişkendir. Güneş panelleri ve rüzgâr türbinlerinden elde edilecek enerji iklim durumlarına göre değişkenlik gösterecektir. Rüzgâr ve güneş enerjisinin birbirlerine tamamlayıcı olarak çalışmasının istenmesi hibrit enerji sistemlerinin kurulmasını destekler. Yenilenebilir enerji kaynaklarında ki bu değişkenlikler de hibrit enerji sistemlerin istikrarlı çalışmasında yardımcı olarak akü gruplarının kullanılması faydalı görülür.

Hibrit enerji sistemlerinden güneş, rüzgar gibi değişken yenilenebilir enerji kaynaklarından dağıtılan elektrik enerjisinin sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Güneş ve rüzgâr enerjisi sistemleri süresiz kaynaklardır. Bu enerji kaynaklarından yararlanan tüketiciler için enerjide devamlılık sağlanması adına çeşitli önlemler alınmalıdır. Bunun için enerjinin bataryalarda saklanması veya enerji kaynaklarından birinin kontrol edilebilir olması gerekmektedir

Rüzgâr ve güneş enerjisi kaynaklarından üretilen enerjinin, devamlı olmamasından dolayı, hibrit güç sistemi fikri düşünülmüştür. Rüzgâr ve güneş yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin çalışma zamanlarının farklı olması, hibrit güç sistemlerinin tercih edilmesine sebep olmaktadır. Hibrit güç sistemleri sayesinde güneş ve rüzgar enerjisi birbirini tamamlayarak enerji üretiminde süreklilik sağlamaktadır. Güneş-rüzgâr enerjisi hibrit olarak kullanıldığında fotovoltaik panel, rüzgâr türbini, konvertör ve bataryalar gibi sistem elemanları bulundurulur. Bu sistem elemanları şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Elektrikli aracın DC ve AC şarj olması dahili şarj sistemine bağlıdır

Rüzgâr ve güneş enerjilerine ait potansiyel güç bölgesel olarak değişen rüzgâr hızı ve yönü, güneş ışınımı, ortam sıcaklığı, coğrafi konum gibi değerlere bağlıdır. Şebekeden bağımsız(off-grid) olarak çalışan hibrit güç sistemlerinin devamlı olarak enerji üretebilmesi için kullanılan sistem elemanlarının doğru belirlenmesi gerekmektedir.

3.2. Şarj istasyonu modellenmesi için gerekli kabuller

Şarj istasyonu modellenirken gerekli kabullerin yapılması gerekir. Şarj istasyonunda kaç adet aracın şarj edilmesi ve bu şarj edilen araçların güç ihtiyaçlarının bilinmesi gerekmektedir. Elektrikli otomobillerin güç ihtiyaçları marka ve modellerine göre değişmektedir. Türkiye’de piyasada rağbet gören elektrikli araçları incelenerek otomobillerin enerji ihtiyacı belirlenmelidir.

kaynak: TEHAD

Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araç Satışları

DÖNEM



TEHAD, verilerinde yer alan bilgilerin doğruluğuna azami ölçüde hassasiyet göstermekle birlikte; bu verilerdeki hata, eksiklik veya yorum farklılıklarından ve/veya ilicari amaçlı kullanımdan doğabilecek zararlardan hiçbir şekilde sorumlu değildir.

TEHAD (Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Platformu) verilerinde; marka ve model bazında yer alan sayısal satış bilgileri ilgili kuruluşların TEHAD'a yaptığı bildirimlerden oluşmaktadır. Bilgiler haksız rekabete yol açacak şekilde kullanılamaz.

TEHAD raporlarının telif hakkı TEHAD'a aittir. Fakat sadece ePosta ortamında yazılı bilgilendirme yapılarak, TEHAD izni olmaksızın rapor çoğaltılabılır, paylaşılabılır, yayımlanabilir veya dağıtılabılır.

SEGMENT	
A- Mini	1- Sedan
B- Giriş	2- Hatchback
C- Kompakt	3- StationWagon
D- Orta	4- MPV
E- Lüks	5- CDV
F- Üst Lüks	6- Sport
	7- SUV

*** Plug-in Hibrid : Kablo ile Şarj edilebilir
**** Marka satış bilgisi vermemiştir.

Not: TESLA'nın distribütör kanalı olmadığından, DMA ve Renault Fluence ZE üretimleri olmadığından satış rakamları mevcut değildir. Ülkemizde şu anda 21 adet Model S ve 11 adet Model X, satış ilanlarında görünmektedir. Bunların 9 adeti sıfır km, kalanları 2nci el ilanlardır. Tesla Model 3 ilk siparişler 2020 yılı başında ülkemizde olacaktır. Bu ilanlar ile birlikte ülkemizde tahminen 220 adet Tesla marka otomobil vardır.

1/4

MARKA - MODEL	Segment	2019	*2018	*2017	*2016	*2015	
BMW i3 (3s dh)	Elektrikli	C2	6	37	35	24	83
BMW i8 (Roadster dh)	Plug-in Hibrid	F6	-	5	16	51	106
BMW 740Le xDrive	Plug-in Hibrid	F1	1	10	-	-	-
Hyundai IONIQ	Hibrid	C1	16	220	166	-	-
Honda NSX	Hibrid	F6	-	3	1	-	-
Infiniti Q50	Hibrid	D1	-	0	-	1	-
Jaguar I-PACE	Elektrikli	E7	21	38	-	-	-
Kia NIRO	Hibrid	C2	2	199	118	-	-
Land Rover RR SPORT SE	Hibrid	F7	-	0	-	-	-
Land Rover RR	Hibrid	F7	-	0	-	-	-
Lexus LS500	Hibrid	F1	-	6	4	1	-
Lexus GS300	Hibrid	E1	-	2	4	-	-
Lexus CT200	Hibrid	C2	3	18	5	-	-
Lexus IS300	Hibrid	D1	-	1	1	-	-
Lexus ES	Hibrid	D1	-	1	-	-	-
Lexus NX300	Hibrid	D7	-	8	13	-	-
Lexus RX450	Hibrid	E7	1	4	2	2	-
MercedesBenz C200	Hibrid	D1	2	2	-	-	-
MercedesBenz GLC350e	Plug-in Hibrid	E7	-	13	-	-	-
Porsche PANAMERA	Plug-in Hibrid	F1	-	-	-	-	-
Renault ZOE	Elektrikli	B2	9	79	42	20	36
Smart EQ	Elektrikli	A6	7	1	-	-	-
Toyota AURIS	Hibrid	C2	12	364	314	-	-
Toyota AURIS Touring	Hibrid	C3	-	51	-	-	-
Toyota C-HR	Hibrid	C7	496	2576	3381	28	-
Toyota CAMRY	Hibrid	E7	-	-	-	-	-
yeni Toyota COROLLA	Hibrid	C1	1219	-	-	-	-
Toyota PRIUS	Hibrid	C2	1	2	4	-	-
Toyota RAV4	Hibrid	D7	30	254	248	-	-
Toyota YARIS	Hibrid	B2	24	126	163	835	-
Volvo S90	Plug-in Hibrid	E1	-	0	-	-	-
Volvo XC60 T8	Plug-in Hibrid	E7	-	0	-	-	-
Volvo XC90 T8	Plug-in Hibrid	F7	3	11	11	32	-
Elektrikli		43	155	77	44	119	
Hibrid		1810	3876	4451	950	106	
TOPLAM		**1853	*4031	*4528	*994	*225	
		**1853	**1291	**563	**23		

* Yıl toplamı
** ilk 3 ay toplamı



www.TEHAD.org
www.EHcars.net

Şekil 3.2 : Türkiye'deki Elektrikli Otomobil Satışı (TEHAD, 2019)

TEHAD a göre 2019 yılının ilk çeyreğine ait açıklanan toplam otomobil satışları 1853'e ulaşırken, bunun 1810 adedi hibrit modellerden, 43 adedi ise tamamı elektrikli modellerden oluştu. Bu satışlara ilişkin değerler resimde gösterilmiştir. Resim incelendiğinde yılın ilk çeyreğinde elektrikli kategorisinde Jaguar I-Pace modelinin 29

adet, Renault Zoe modelinin 9 adet, Smart EQ 7 adet BMW İ3 ise 6 adet satıldığı görülmektedir.

Tablo 3.1.: Batarya Kapasiteleri

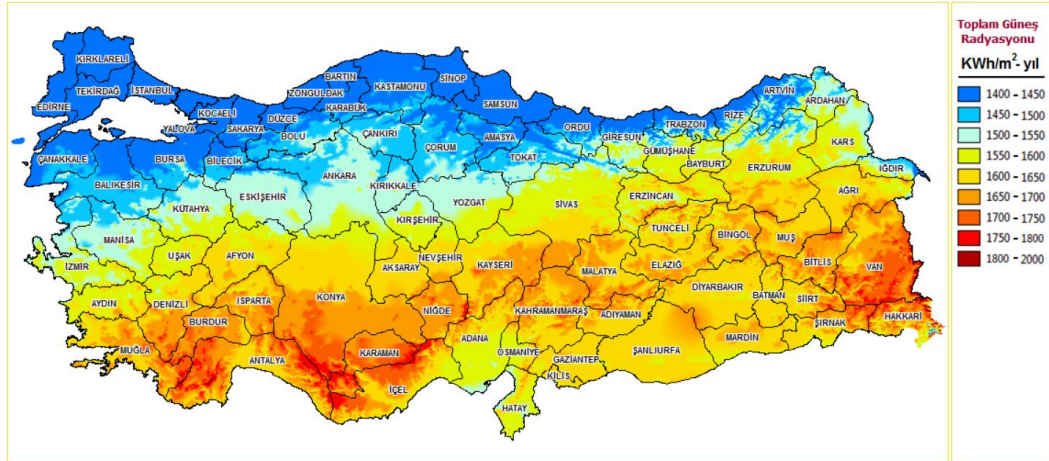
Elektrikli araç	Batarya kapasitesi (kWh)
Jaguar I-Pace	90
Renault Zoe	52
Smart EQ	17,6
BMW İ3	37,9

Tablo 3.1 incelendiğinde Jaguar I-Pace modelinin bataryasının diğerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Şarj istasyonu modellenmesinde hesaplamalar Jaguar I-Pace modelini şarj edebilecek şekilde yapılacaktır. Jaguar I-Pace birçok ülkede standart olarak kullanılan AC (alternatif akım) ev dışı şarj noktalarına bağlanabilen bir AC seviye 3 şarj kablosuyla birlikte sunulur. Tipik bir 50kW şarj cihazı saatte yaklaşık 270 km menzil sunar. Şarj istasyonunu bataryası bitmiş bir aracı bir saatte AC Seviye 3 tipinde şarj edebilecek şekilde tasarlırsak saatlik 90 kW güç üretmesi gerekir. Bu değer yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik enerjisi için çok yüksektir. Standart şarj istasyonları ve elektrikli araçlarda AC Seviye 2 tipi şarj sistemi ile şebeke elektriği kullanılır. AC Seviye 2 tipinde şarj AC Seviye 3 tipine göre daha yavaştır. Elektrik enerjisini tek fazlı besleme ile elektrikli araca iletir. Kurulacak şarj istasyonu şebekeye bağlı tasarlanacaktır. Tüketilen enerjinin minimum düzeyde şebekeden alınması gerekmektedir. Tek fazlı şarj sistemi ile 250V gerilim ile bitmiş Jaguar I Pace bataryaları 10 saatlik bir doluma ihtiyaç duyar. Aynı anda istasyona gelen araçlarda düşünüldüğünde yapılan incelemeler ile kurulacak şarj istasyonunun şarj edebileceği araç sayısını günlük 10 adet olarak kabul ettik. Bu değer ile bataryası bitmiş 10 adet elektrikli aracın günlük enerji tüketimi 900 kWh olarak belirlenir. 900 kWh değeri şarj istasyonunun çıkabileceği en yüksek tüketimdir(Jaguar, 2019).

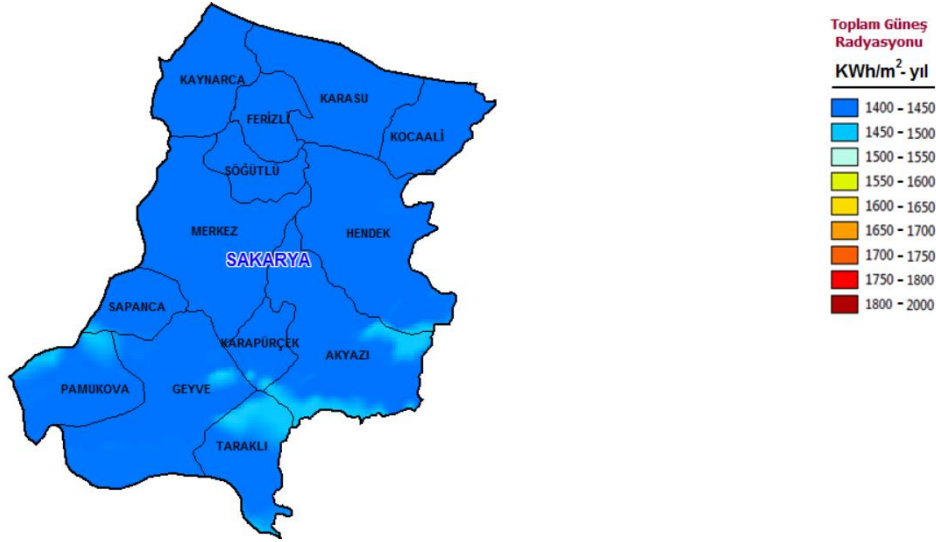
3.3. Bölgedeki güneş ve rüzgar enerji potansiyelinin belirlenmesi

3.3.1. Güneş enerjisi potansiyelinin incelenmesi

Sakarya ili güneş enerjisi potansiyeli olarak verimli bir bölge değildir. Sakarya ilinin şekil 3.3 incelendiğinde yıllık güneş radyasyonu ve güneş enerji potansiyelini yenilenebilir enerji genel müdürlüğü (YEGM) tarafından hazırlanmış harita gösterilmiştir. Haritaya göre Sakarya ilinin güneş enerjisi potansiyeli ilin toplam güneş radyasyonu bakımından düşük potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın hazırladığı rapora göre güneşlenme günlük ortalama 7,5 saat, güneş enerjisi de günlük ortalama 4,18 kWh/m² gün olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.3 : Türkiye geneli güneş enerji radyasyon cetveli (Gepa,2019).



Şekil 3.4 : Sakarya ili güneş enerjisi radyasyon cetveli (Gepa,2019).

Tablo 3.2 incelendiğinde güneşlenme sürelerindeki en verimli ayların mayıs, haziran ve temmuz olduğu görülmektedir. Bu potansiyel bir günde metre kareye düşen güneşlenme süresiyle belirlenmektedir. En verimsiz ayların ise aralık, ocak ve şubat olduğu görülmektedir.

Tablo 3.2.: Aylık Ortalama Güneş Işınımları günlük ortalaması

Aylar	Solar radyasyon değeri (kWh/m ² -gün)
Ocak	1,42
Şubat	2,29
Mart	3,28
Nisan	4,41
Mayıs	5,64
Haziran	6,01
Temmuz	5,84
Ağustos	5,27
Eylül	4,19
Ekim	2,86
Kasım	1,69
Aralık	1,23

Şarj istasyonunun kurulacağı bölgedeki güneş radyasyonu değerleri tablo 3.3' de verilmiştir. Pamukova'da konumu 40.505, 30.148 koordinatlarında dikey ve 33 derece uygun açıyla yerleştirilmiş bir panelden elde edilen aylık radyasyon değerleri verilmiştir.

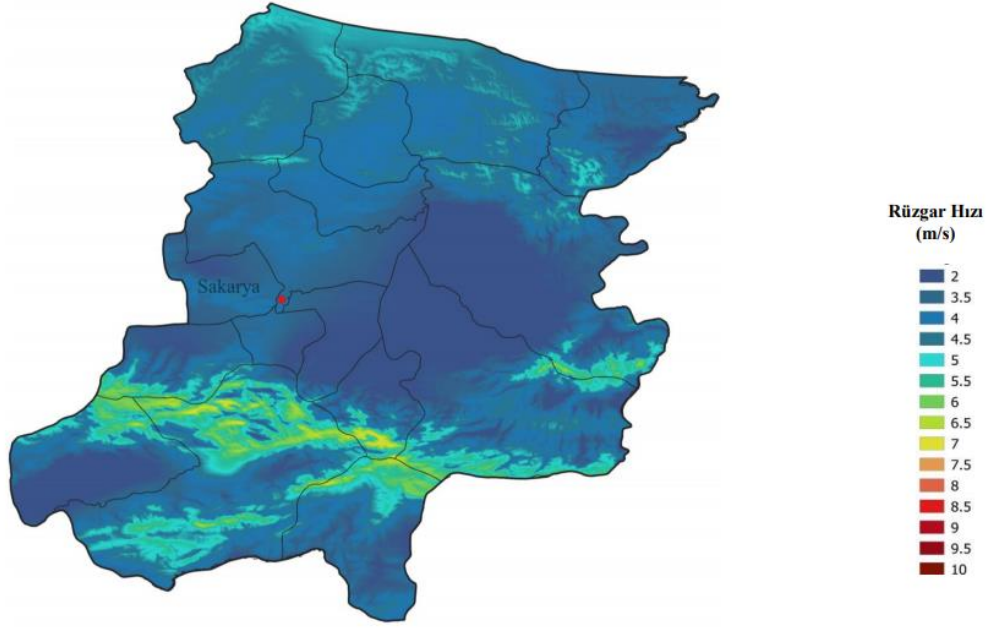
Tablo 3.3.: Pamukova 40.505, 30,148 koodrinatlarına yerleştirilmiş bir panelin dik ve optimal açıyla ürettiği yıllık enerji değerleri

Aylar	Solar radyasyon değeri (kWh/m ² -ay)	Solar radyasyon değeri (kWh/m ² -ay) 33 ° optimal açı
Ocak	38,76	58,45
Şubat	62,81	83,18
Mart	101,89	121,3
Nisan	166,6	182,19
Mayıs	187,44	184,71
Haziran	210,94	198,12
Temmuz	230,56	221,59
Ağustos	191,7	201,21
Eylül	142,58	169,76
Ekim	83,19	106,7
Kasım	54	79,36
Aralık	41,05	63,6
Toplam	1511,02	1670,17

Bölgede optimal açıyla gelen güneş radyasyonu yıllık toplam 1,670 MWh/m² dir. Aylık değerler ise her ayın günlük ortalama m² ye düşen güneş enerjisi miktarıdır.

3.3.2. Rüzgâr enerjisi potansiyelinin incelenmesi

Sakarya şehrinin rüzgâr potansiyeli Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası(REPA) internet sitesinde paylaşılmıştır. REPA' da Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızı gerektiği belirtilmiştir.



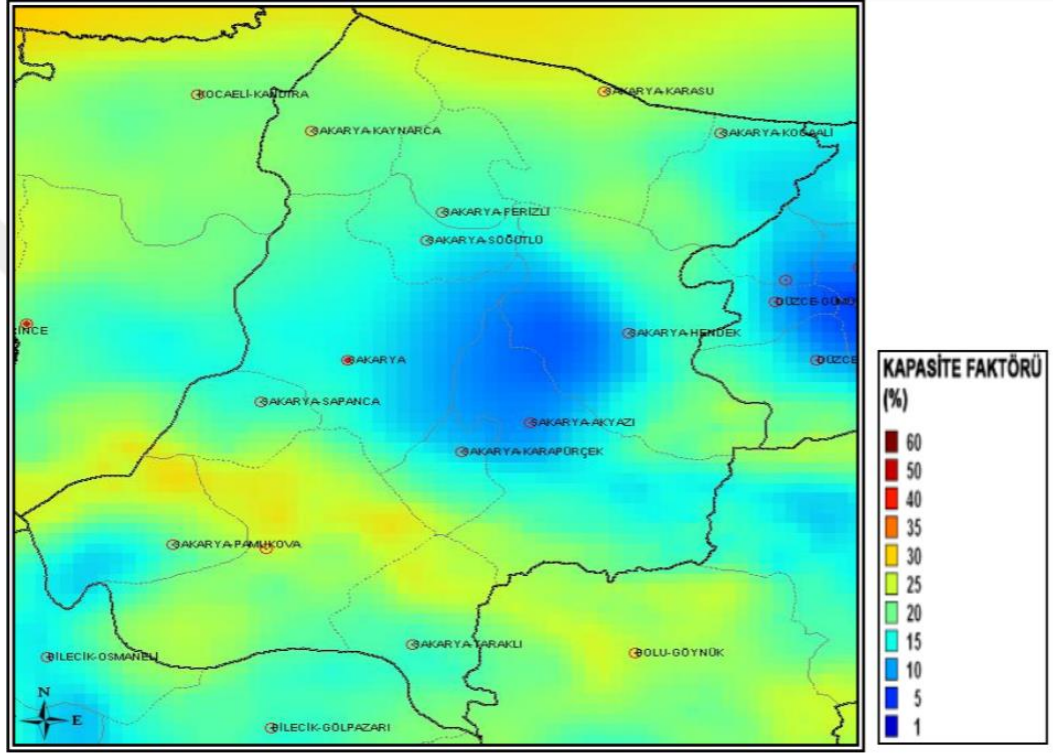
Şekil 3.5 : Sakarya ili rüzgar hızı cetveli (Repa, 2021)

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün sitesinde paylaşılan rüzgâr enerjisi haritasında şehirlere özel çalışma yapılmamıştır. Türkiye geneli rüzgâr hızları bölgesel olarak sunulmuştur.

Tablo 3.4.: Sakarya ili ortalama rüzgar hızları

Aylar	Ortalama rüzgar hızı (m/s)
Ocak	3,6
Şubat	3,9
Mart	3,6
Nisan	3,1
Mayıs	2,8
Haziran	3,1
Temmuz	3,9
Ağustos	3,9
Eylül	3,1
Ekim	3,3
Kasım	3,3
Aralık	3,6

Kapasite faktörü(KF); bölgenin teknik olarak enerji kapasitesi ve enerji üretecek santralin, aylık veya yıllık olarak ürettiği elektrik enerjisinin, kurulu güçte üretebilecek kapasiteye bölünmesi ile elde edilen orandır. Rüzgar Enerji Santral (RES) kurulumuna müsaade veren Enerji Bakanlığı, kurulacak bölgenin kapasite faktörünün %25'ten büyük olmasını istemektedir.



Şekil 3.6 : Sakarya ili rüzgar kapasite faktörü cetveli

Sakarya ilinde 7m/s rüzgâr hızı ve %30 kapasite faktörünün üzerinde değerlerin yer aldığı yerler, Kaynarca, Pamukova ve Ferizli ilçeleridir. Bu ilçelerle ilgili yatırım kararlarında şebeke hattına bağlantı uzaklığı, arazi maliyeti ve çevresel etmenler de göz önüne alınmalıdır.

3.4. Elektrikli araç (EV) şarj istasyonu yer seçimi

Şarj istasyonu kurulum bölgesi seçiminde bazı kriterlerin belirlenmesi gerekir. Örneğin, tren istasyonları, alışveriş merkezleri, otel vb. yerlere araç ve insan yoğunluğu fazla

olduğu şarj istasyonları kurmak daha caziptir. şarj istasyonu kurulumu için yer seçimi yapılırken, beklenen elektrikli araç (EV) sayısı, elektrikli araçların (EV) şarj istasyonunda geçireceği zaman, şarj olan elektrikli araçların (EV) trafiği olumsuz yönde etkileme durumu incelenir. Kış mevsiminde olumsuz hava koşullarından etkilenmemesi, şarj istasyonunun kullanımını artırmak için ulaşılabilirliği, dağıtım hattına yakınlığı, yaya trafiğine engel göstermemesi vb. durumlar incelenmelidir.

Bölüm 3.3'te Sakarya ilinin rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyelleri incelenmiştir. Güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyelinin D650 karayolunun geçtiği Pamukova ilçesinde daha yoğun olduğu görülmektedir. Bu bölgede Sakarya Nehri'ne paralel giden D650 karayolu şehirler arası yolculuk ve nakliye ticaretinin yoğun yapıldığı bir yoldur. Ayrıca toplam güneş radyasyonu il geneli 1400-1450 kWh/m² – yıl arasındayken Pamukova bölgesinde 1450-1500 kWh/m² – yıl arasındadır. Sakarya ili geneli rüzgâr enerjisi potansiyeli Şekil 3.5 incelendiğinde Pamukova bölgesinde rüzgâr hızı 6,5 -7 m/s olarak görülür. Ortalama rüzgâr hızı 7 m/s olan bölgeler rüzgâr enerjisi için ekonomik RES yatırımına uygundur.

3.5. şarj İstasyonu Kurulum Alanının Belirlenmesi

Karayolları çevresinde imal edilecek ve açılacak tesislerle ilgili yönetmelikte akaryakıt istasyonlarının kurulum alanının 1600 m² olması gerektiği belirtilmiştir (Mevzuat,2020). Elektrikli araçların batarya güçlerindeki farklılık şarj sürelerinin de değişikliğine sebep olmaktadır. Fotovoltaik panellerden alınan elektrik enerjisinin sisteme olan katkısını artırmak için çatı alanı 1500 m² olarak belirlenmiştir. Bu alan içerisinde araç şarj istasyonları, market, park yeri, trafo ve invertör kabinleri bulunmaktadır.

3.6. Fotovoltaik Panellerin Seçimi

Sistem tasarımı yapmadan önce kullanılacak solar panellerin incelenmesi yapılmıştır. Türkiye piyasasında bulunan bazı firmalara ait panellerin güç ve verim değerleri tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.5.: Fotovoltaik panel özellikleri

PV Panel Model	Maksimum güç (Wp) (Pmax)	Maksimum güçte gerilim (V) (Vmpp)	Maksimum güçte akım (A) (Impp)	Verim (%)	Panel hücre tipi
ADM-370-72M	370	40,08	9,24	18,96	monokristal
ADP-330-72P	335	38,75	8,65	17,16	polikristal
Lxr-545-72M	545	40,2	9,82	22,4	monokristal
Lxr-285-60	285	31,3	9,1	19,2	polikristal
ASE72M 380	380	40,09	9,39	19,36	monokristal
ASE72P 340	340	39,81	8,62	17,32	polikristal
AS-M60-305W	305	31,4	9,72	18,7	monokristal
AE290M-24/A	290	35,7	8,12	17,26	monokristal
PS370-385MGFH-24/TH	385	38,89	9,9	17,26	monokristal

Güneş paneli teknolojisinin seçiminde kurulum alanı önemli rol oynar. Monokristal paneller Polikristal panellere göre %10-15 daha az alan gerektirir. Panel seçiminde alan ve panel gücü panel veriminin bulunmasını sağlar. Güneş panelinin elektrik gücünün panel alanına bölünmesiyle (kWp/m^2) panel verimi bilinir. Şarj istasyonunda kullanılacak panel modelini verimi %22,4 değerine sahip Lxr-545-72M olarak belirleyebiliriz.

Denklem 3.1' de solar radyasyon değeri (SR), fotovoltaik panel alanı (A) ve verimi (η) kullanılarak şarj istasyonunun aylık enerji üretimi (AEÜ) hesaplanır. Lxr-545-72M güneş panelinin yüzey alanı $1,94 m^2$ dir (ENFSOLAR, ACS 2021).

$$AE\ddot{U}(kWh) = SR (kWh/m^2) * \eta * A(m^2) \quad (3.1)$$

Tablo 3.6.: Bir panelin ortalama aylık enerji üretim değerleri

Aylar	Solar radyasyon değeri (kWh/m ² -ay) 33° Optimal Açı	Aylık enerji üretimi (kWh/ay)
Ocak	58,45	25,4
Şubat	83,18	36,15
Mart	121,3	52,71
Nisan	182,19	79,17
Mayıs	184,71	80,26
Haziran	198,12	86,09
Temmuz	221,59	103,17
Ağustos	201,21	87,44
Eylül	169,76	73,77
Ekim	106,7	46,37
Kasım	79,36	34,48
Aralık	63,6	27,63
Toplam	1670,17	725,79

Her ay için yapılan hesaplamalar ile bir panelin ortalama aylık enerji üretimleri ve toplam yıllık enerji üretimi tablo 3.6' da verilmiştir.

3.7. Rüzgar türbinlerinin seçimi

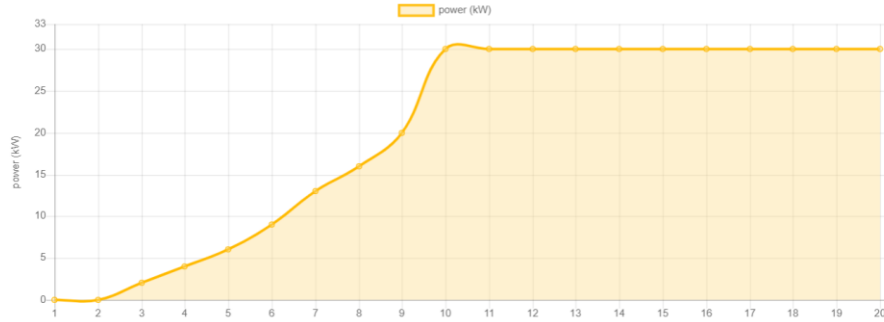
Şarj istasyonu modellemesi için farklı marka ve güçlerde rüzgar türbinler incelenmiştir. İncelenen rüzgâr türbinlerinin anma gücü, yüksekliği, rotor çapı ve dönme hızları verilmiştir.

Tablo 3.7.: Rüzgar türbini çeşitleri ve özellikleri

Türbin Model	Anma gücü (kW)	Çıkış voltajı (V)	Maksimum dönme hızı (rpm)	Direk yüksekliği (m)	Rotor çapı (m)	Verimli rüzgar hızı (m/s)
HF13.5-30KW	30	380	120	18	12,5	3 – 30
SenweiSW20kW	20	380	180	18	10	3 – 25
Aeolos 20kw	20	380	180	18	10	3 – 25
Halbes 50 kw	50	380	180	24	15	2 – 25
Solaron 50 kw	50	380	180	24	15	2 – 25

Bölgenin rüzgâr hızına göre HF13.5-30KW türbinin 4 kW güç ürettiği görülür. Türbin güç eğrisi ve bölgenin ortalama rüzgâr hızına bakılarak aylık ortalama güç üretimi hesaplanır. Rüzgâr türbinine ait aylık ortalama güç üretimleri kullanılarak, yıllık ortalama güç üretimi hesaplanmaktadır. Rüzgâr türbinine ait yıllık ortalama güç üretimi kullanılarak yıllık enerji üretimi hesaplanır. HF13.5-30KW türbinin güç eğrisi şekil 3.7’ de verilmiştir.

Power curve



Şekil 3.7 : HF13.5-30KW türbinin güç eğrisi (Hummer,2020)

HF13.5-30KW türbinin ortalama aylık ve yıllık güç üretimleri tablo 3.8’ de belirlenmiştir. Bölgenin kapasite faktörü şekil 3.6’ da görüldüğü gibi %30 olarak belirlenmiştir. Bu yüzden rüzgâr türbinlerinin günde 7,5 saat çalışacağı varsayılmıştır. Günlük çalışma saatinden denklem 3.2 kullanılarak yıllık enerji üretimi(YEÜ) hesaplanacaktır.

Tablo 3.8.: HF13.5-30KW rüzgar türbininin Pamukova bölgesinde rüzgar türbini verim eğrisine göre aylık ve yıllık ortalama güç üretimleri

Aylar	Aylık ortalama güç üretimi (kW)
Ocak	4
Şubat	5
Mart	5
Nisan	2,7
Mayıs	2,5
Haziran	2,7
Temmuz	5
Ağustos	5
Eylül	2,7
Ekim	2,8
Kasım	2,8
Aralık	4
Yıllık ortalama güç üretimi (kW)	3,85

$$YEÜ = \text{yıllık ortalama güç üretimi} * \frac{7,5 \text{ saat}}{\text{gün}} * \frac{365 \text{ gün}}{\text{yıl}} \quad (3.2)$$

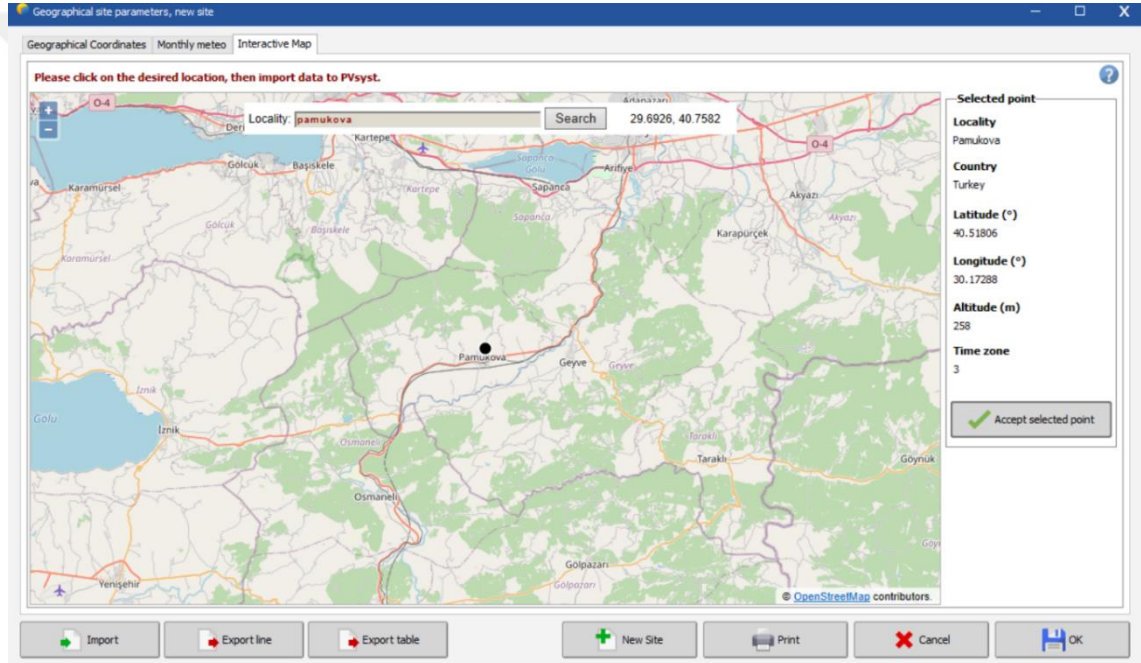
$$YEÜ = 3,85 \text{ kW} * \frac{7,5 \text{ saat}}{\text{gün}} * \frac{365 \text{ gün}}{\text{yıl}} \cong 10,53 \text{ mWh/yıl} \quad (3.3)$$

Yıllık enerji üretimini rüzgâr türbininin günde 7,5 saat çalıştığında yıllık enerji üretimi yaklaşık 10,53 mWh/yıl bulunur.

3.8. Şarj İstasyonu Optimizasyonu

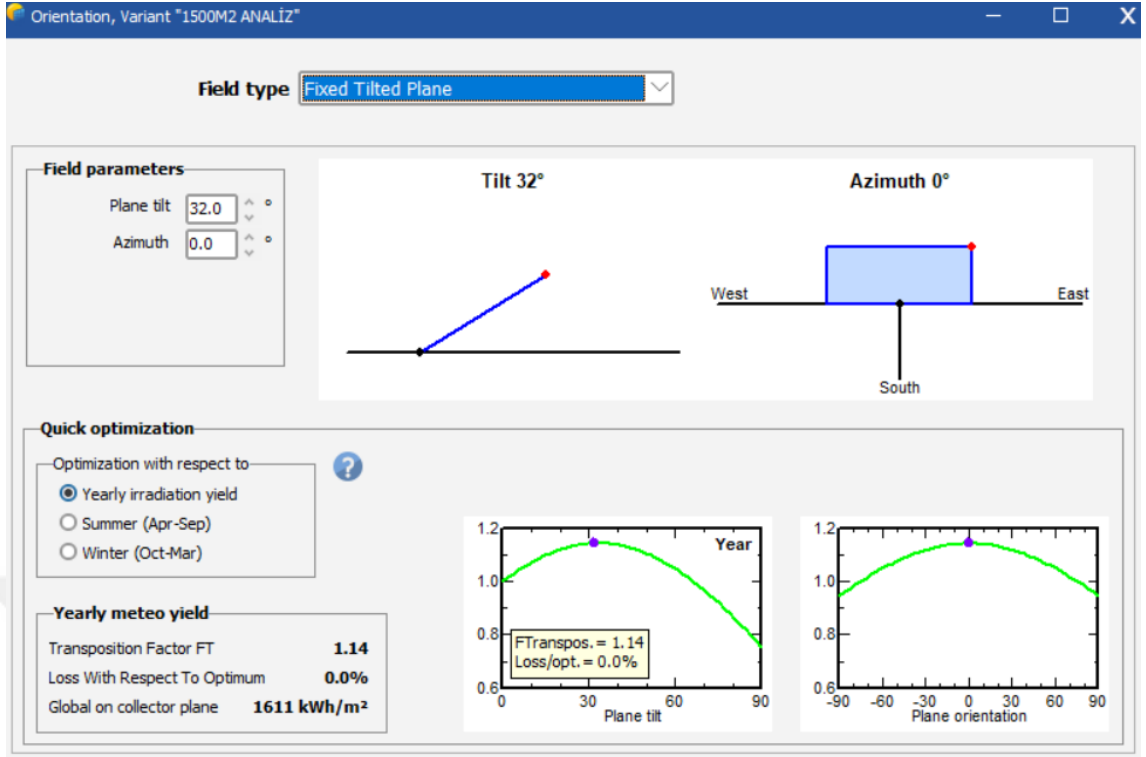
3.8.1. Fotovoltaik panellerin güç analizi

Şarj istasyonunun çatı alanı bölüm 3.5’ te ve sistemde kullanılan güneş paneli modeli bölüm 3.6’ da belirlenmiştir. Fotovoltaik panellerden elde edilen yıllık üretim gücü hesabı PVSYST paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. PVSYST programında kurulum bölgesi koordinatları, kullanılan panel ve invertör seçimi yapılmıştır. Güneş panellerinin şebekeye enerji aktarımı için invertör seçimleri program üzerinde belirtilen modele göre belirlenmiştir.



Şekil 3.8 : Kurulum bölgesinin programa tanıtılması

Program üzerinde panel eğim açısını 32° olarak güneye bakacak şekilde belirlenmiştir. Yıllık olarak panellerden alınan enerjinin optimum verimi bu şekilde sağlanmıştır. Panellerin güney yönüne olan açısız referansına azimuth açısı denir. Sistemin güneye olan referansı önemlidir çünkü, eğer azimuth 0° ise bir sistem en yüksek verimi elde eder. PVSYST programında azimuth ve eğim açıları Şekil 3.8’ de gösterilmiştir. Açıların bu şekilde ayarlanması sayesinde optimum sisteme göre verim kaybının %0.0 olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3.9 : PVSYS programına panel eğim ve azimuth açılarının tanıtılması

Programda şekil 3.9' da kurulum alanını 1500 m² olarak belirledik. Bu alan için programa tanıttığımız Monokristal 545 Wp LX-545M fotovoltaik panel için 287,00 kW' tan daha büyük bir invertör seçmemiz gerektiğini görürüz. İnvörtörler her zaman kendi gücünden en az %10 fazla güç üretir. Örneğin 1 kW'lık invertör 1,1 kW enerji üretir. Seçilecek invertörün en az gücünü program üzerinden belirledik. Power Electronics markasının ürettiği 300 kW, 50Hz, 1000 Vmax invertörü güneş enerjisi sistemi için uygun görülmüştür. İnvörtör verimi %97,56 olarak şekil 3.10' te verilmiştir.

Sub-array ?

Sub-array name and Orientation

Name: PAMUKOVA
Orient: Fixed Tilted Plane
Tilt: 32°
Azimuth: 0°

Pre-sizing Help

No sizing
Enter planned power: kWp
 ... or available area(modules): m²

Resize

Select the PV module

Available Now: Filter: All PV modules
Maximum nb. of modules: 580

Luxor
545 Wp 35V Si-mono LX-545M/182-144+ Since 2020 Datasheets 2020

Use optimizer

Sizing voltages : Vmpp (60°C) 35.7 V
Voc (-10°C) 54.6 V

Select the inverter

Available Now: Output voltage 20000 V Tri 50Hz 50 Hz 60 Hz

Power Electronics: 300 kW 430 - 820 V LF Tr 50/60 Hz FreeSun FS0300 HES 270V Since 2010

Nb. of inverters: Operating voltage: 430-820 V Global Inverter's power: 300 kWac
Input maximum voltage: 1000 V

Design the array

Number of modules and strings

Mod. in series: between 13 and 18
Nb. strings: between 32 and 34

Overload loss: 0.0 %
Pnom ratio: 1.05

Nb. modules: 578 Area: 1494 m²

Operating conditions

Vmpp (60°C) 606 V
Vmpp (20°C) 712 V
Voc (-10°C) 927 V

Plane irradiance: 1000 W/m²

Max. in data STC

Max. operating power (at 1000 W/m² and 50°C): 287 kW

Isc (STC) 475 A
Isc (at STC) 475 A
Array nom. Power (STC) 315 kWp

Şekil 3.10 : PVSYSY programına seçilen fotovoltaik panelin tanıtılması ve tavsiye edilen güç aralığında invertör seçiminin yapılması

Input side (DC PV field)

Minimum MPP Voltage: V
Min. Voltage for PNom: V
Maximum Input Current: A
Nominal MPP Voltage: V
Maximum MPP Voltage: V
Absolute max. PV Voltage: V
Power Threshold: W

Contractual specifications, without real physical meaning ? Required

Nominal PV Power: kW
Maximum PV Power: kW
Maximum PV Current: A

Output side (AC grid)

Monophased
 Triphased
 Biphased

Frequency: 50 Hz 60 Hz

Grid Voltage: V
Nominal AC Power: kW
Maximum AC Power: kW
Nominal AC current: A
Maximum AC current: A

Efficiency

Maximum efficiency: 97.56% ?

Efficiency defined for 3 voltages

Şekil 3.11 : Power Electronic marka invertöre ait PVSYSY veri tabanı bilgileri

Programdaki değişkenler eklendikten sonra simülasyon yapılmıştır. Simülasyon sonuçları 40,52 °N, 30,17 °E koordinatları için, panellerin elektrik bağlantı şekilleri 34 dizi 17 seri olarak görülmüştür. Toplamda 578 güneş paneli kullanılmıştır. Sistemde 1 adet merkezi invertör kullanılmıştır. Fotovoltaik panellerden üretilen toplan yıllık enerji 427,2 MWh/yıl olarak bulunmuştur. Kurulan sistemin performans oranı yıllık ortalama %85,9 olarak görülmüştür. Şekil 3.12’ te PVSYST programında yapılan simülasyon sonucu olarak aylık olarak üretilen güç ve performans oranı verilmiştir.

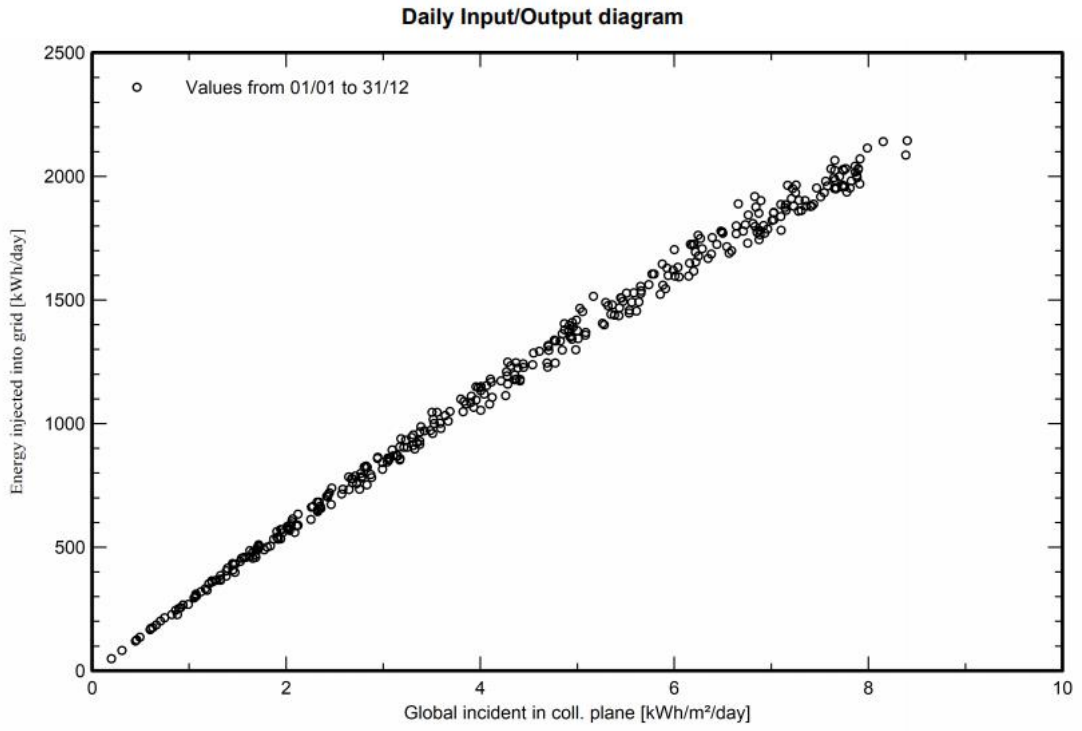
Balances and main results								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
January	45.7	27.64	6.06	67.2	66.0	20.08	19.43	0.918
February	58.7	33.93	6.62	77.8	76.3	22.96	22.22	0.907
March	94.5	52.97	9.67	112.6	110.1	32.60	31.57	0.890
April	135.0	74.79	12.99	145.8	142.5	41.46	40.19	0.875
May	167.0	84.16	18.45	162.9	158.8	45.14	43.79	0.853
June	191.0	88.01	23.14	180.0	175.4	48.88	47.45	0.837
July	206.7	74.64	26.39	197.8	192.8	52.45	50.93	0.817
August	182.3	72.58	26.29	192.8	188.5	51.29	49.81	0.820
September	128.3	54.93	20.93	149.6	146.2	40.81	39.61	0.840
October	87.9	45.49	16.67	115.5	113.4	32.81	31.81	0.874
November	64.6	33.46	11.23	98.6	97.0	28.80	27.91	0.898
December	49.3	28.17	7.60	78.3	76.9	23.26	22.52	0.914
Year	1410.9	670.76	15.56	1578.9	1544.0	440.55	427.24	0.859

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		

Şekil 3.12 : PVSYST programı simülasyon sonuçları

Şekil 3.13’ da günlük giriş-çıkış diyagramında, yatay ekseninde kWh/m²/gün biriminde üretilen enerji, dikey ekseninde kWh/gün olarak üretilen enerji gösterilmiştir. İdeal sistemlerde kWh/m² başına düşen enerji ile üretilen enerji arasındaki bağlantı lineer olmalıdır. Ancak gerçek sistemlerde kablo, PV, invertör kayıpları vardır. Görüldüğü gibi sistem kayıpları simülasyon sonuçlarında bulunmaktadır.



Şekil 3.13 : Yatay ekseninde kWh/m²/gün biriminde üretilen enerji, dikey ekseninde kWh/gün olarak üretilen enerji

Şarj istasyonunda bulunan güneş panellerinden elde edilecek aylık ve yıllık enerji PVSYST programında hesaplanmıştır. Tablo 3.9' da programdan alınan üretim gücü değerleri gösterilmiştir.

Tablo 3.9.: PVSYST program simulasyon sonuçlarına göre panellerin aylık ve yıllık enerji üretimleri

Aylar	Enerji Üretimi (MWh)
Ocak	19,43
Şubat	22,22
Mart	31,57
Nisan	40,19
Mayıs	43,79
Haziran	47,45
Temmuz	50,93
Ağustos	49,81
Eylül	39,61
Ekim	31,81
Kasım	27,91
Aralık	22,52
Yıllık ortalama güç üretimi (kW)	427,24

3.9. Matematiksel Modelleme

Bölüm 3.8 de PVSYST programını kullanarak güneş panellerinin eğim ve azimuth açılarını, invertör seçimini ve panellerde üretilebilecek yıllık enerji miktarı hesaplanmıştır. Şarj istasyonunun hibrit bir sistem olması için rüzgar türbinlerinde enerji analizinin yapılması gerekmektedir. Şebekeye bağlı hibrit bir sistemin, rüzgar türbini ve güneş paneli sistemini de içermesi gerekir. Şarj istasyonunun matematiksel modeli bu bölümde anlatılacaktır.

3.9.1. Fotovoltaik panellerin matematiksel modeli

Optimum açıyla yerleştirilmiş fotovoltaik panellerin saatlik enerji üretimi (E_{PVG}) denklem 3.7 ile tanımlanır:

$$E_{PVG} = G(t) \times A \times P \times \eta_{PVG} \quad (3.4)$$

Sıcaklık etkilerinin göz ardı edildiği varsayılmıştır.

3.9.2. Rüzgar türbini matematiksel model

Rüzgâr türbinine ait anma gücünü (P_{WEG}) denklem 3.5 ile, üretilen saatlik enerji üretimi (E_{WEG}) denklem 3.6 ile tanımlanır:

$$P_{WEG} = \frac{1}{2} \rho_{Wind} A V^3 C_p(\lambda, \beta) \times \eta_t \times \eta_g \quad (3.5)$$

$$E_{WEG}(t) = P_{WEG} \times t \quad (3.6)$$

3.9.3. İntertör matematiksel model

İntertör sistemde sadece fotovoltaik panellerinin enerjisini şebeke enerjisine bağlamak için kullanılır. Dolayısıyla Fotovoltaik paneller DC enerji hattına bağlanır. Rüzgâr türbini ise AC enerji hattına bağlanır. İntertör üzerindeki enerji denklem 3.7 ile tanımlanır:

$$E_{PVG-IN}(t) = E_{PVG}(t) \times \eta_{INV} \quad (3.7)$$

İntertör hibrit enerji sistemi tarafından üretilen enerji yük talebini aşıldığında enerji depolama sistemi olmadığı için, fazla AC enerji yükünü trafo üzerinden şebekeye aktarır.

3.9.4. Toplam model analizi

Üretilen toplam hibrit enerji gücü denklem 3.8 ile hesaplanır;

$$P(t) = \sum_{WEG=1}^{N_W} P_{WEG} + \sum_{PVG=1}^{N_P} P_{PVG} \quad (3.8)$$

Sırasıyla N_P ve N_W fotovoltaik panel hücresi ve rüzgâr türbinlerinin sayısıdır. Üretilen toplam güç ile enerji talebi karşılanacaktır. Fotovoltaik panel-rüzgâr hibrit sisteminin önerilen toplam sermaye maliyeti (C_C) denklem 3.9' da verilmiştir.

$$C_C = \sum_{WEG=1}^{N_W} C_{WEG} + \sum_{PVG=1}^{N_P} C_{PVG} + C_F \quad (3.9)$$

Yıllık işletme maliyeti C_o tüm kurulu sistemlerin işletme maliyetine göre hesaplanır. Bir gün içerisinde, t zaman aralığında her bir sistemin işletme maliyeti denklem 3.10' da gösterilmiştir.

$$C_o = \sum_{t=1}^{365} \left\{ \sum_{t=1}^{24} (C_{OWEG}(t) + C_{OPVG}(t) + C_{FIX}(t)) \right\} \quad (3.10)$$

Denklem 3.11, sistemin yıllık toplam maliyeti hem sermaye hem de işletme maliyetini içerir.

$$C_{yillik} = (C_C \cdot CRF + C_o) \quad (3.11)$$

Hibrit enerji sistemi ile elektrik birim maliyeti ise denklem 3.12 ile hesaplanır,

$$COE = C_{yillik} / E_T \quad (3.12)$$

3.10. HOMER simülasyonu

3.10.1. Hibrit sistem optimizasyonu

Güneş ve rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürken optimizasyon sağlanmalıdır. Kurulan sistem şebekeye bağlı on-grid hibrit yapıdadır. Fotovoltaik panellerden ve rüzgâr türbininden alınan yenilenebilir enerjinin şarj istasyonuna gelen araçlara verimli bir şekilde aktarılması gerekir. Yenilenebilir kaynaklar sürekli enerji kaynağı değildir. Mevsimsel ve iklimsel değişkenler güneş radyasyonu ve rüzgâr hızlarında öngörülme- yen enerji yetersizliği sağlayabilir. Bu istenmeyen durum şarj edilecek elektrikli araçları mağdur edecektir. Bu yüzden hibrit enerji kaynaklarını destekleyecek şebeke enerjisi de şarj istasyonuna entegre edilecektir.

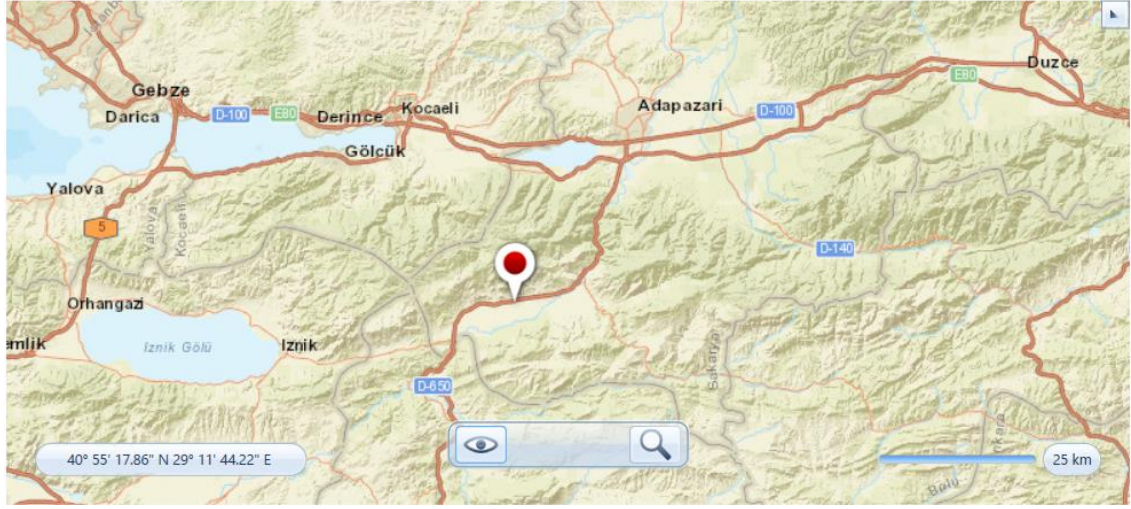
Hibrit sistemler optimum şekilde tasarlanmışsa, uygun maliyetli ve güvenilir olacaktır. Hibrit optimizasyon modeli National Renewables Energy tarafından geliştirilmiş paket program HOMER ile geliştirilecektir. HOMER şu anda en yaygın olarak kullanılan hibrit enerji sistemi modelleme yazılımıdır. 193 ülkeden 80.000'den fazla kişi bu yazılımı kullanmıştır (HOMER,2017). HOMER, bağımsız enerji kaynakları ile şebeke gibi iki güç sistemi biçimini optimize edebilir ayrıca kullanıcıların çeşitli parametreleri karşılaştırması için güçlü bir grafik görüntüleme işlevine sahiptir. Sistem tasarımı yapılırken Kullanılan HOMER paket programı 1 aylık öğrenci deneme sürümüdür.

3.10.2. Lokasyon ve kaynakların HOMER programına tanıtılması

HOMER programında sistem modellemesi yapılmadan önce tesis koordinatı tanıtılmalıdır. Bölüm 3.8' de fotovoltaik panellerin güç analizi PVSYS paket programı ile yapıldı. Bu analizin yapıldığı koordinat HOMER programında da kullanılmıştır.

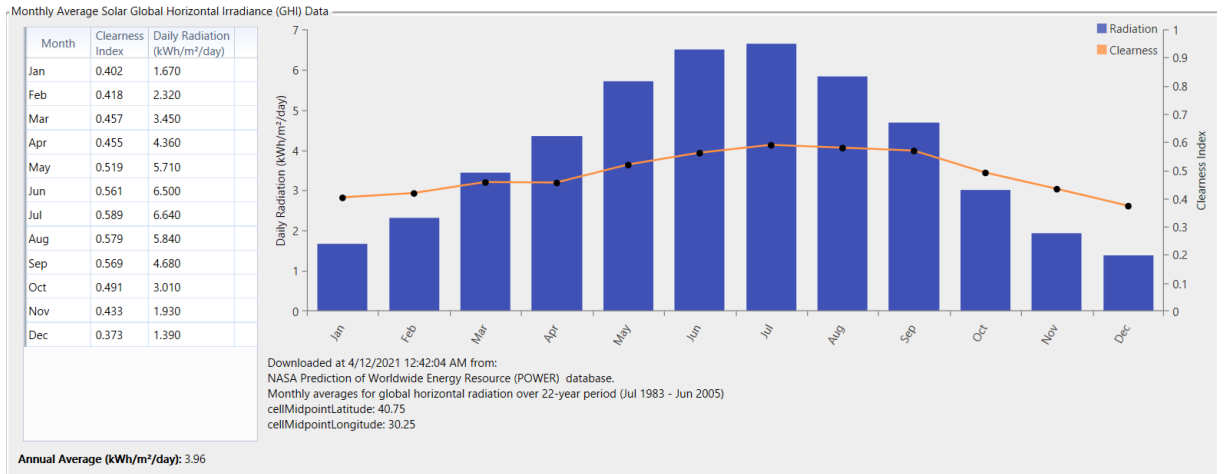
Yenice, Fatih Cd. No:88, 54900 Pamukova/Sakarya, Turkey (40°30.3'N , 30°10.2'E)

Resources



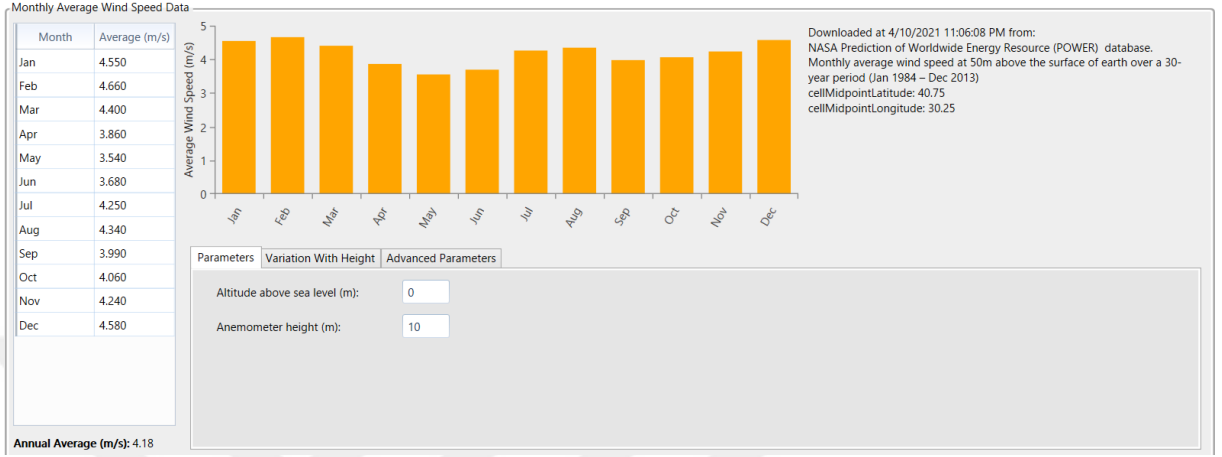
Şekil 3.14 : HOMER programına koordinatların tanıtılması

Şekil 3.14' de HOMER 40.75 enlem 30,25 boylam koordinatına ait kaynakları NASA veri tabanından almaktadır. Şekil 3.15' de görüldüğü üzere aylık ortalama güneş radyasyonu değerleri 1983 - 2005 yılları arasındaki veri kayıtları incelenerek oluşturulmuştur. Bu bölgenin güneş ışınımı en yüksek Haziran, temmuz aylarında ulaşırken, en düşük ışınımlar Aralık, ocak aylarında görülür. Fotovoltaik hücrelerin enerji üretimi yalnızca güneş radyasyonu ile ilgili değildir aynı zamanda o anki gökyüzü netliği de enerji üretimini etkiler. Şekilde turuncu olarak verilen çizgi bölgenin gökyüzü netliğini tanımlar.



Şekil 3.15 : 40.75 ENLEM, 30.25 BOYLAM Koordinatına ait aylık güneş radyasyonu değerleri

Şekil 3.16’ da ise 1984 -2013 yılları arasında koordinata ait ortalama rüzgâr hızı verileri gösterilmiştir. Rüzgâr türbinin enerji üretimi doğrudan bölgenin rüzgâr enerji potansiyeline bağlıdır. Bu bölgenin yıllık ortalama rüzgâr hızı ortalama 3,5 m/s ve en yüksek rüzgâr hızı değeri ortalama 4,66 m/s olarak şubat ayında görülmüştür.



Şekil 3.16 : 40.75 ENLEM, 30.25 BOYLAM Koordinatına ait aylık ortalama rüzgar hızı değerleri

Güneş radyasyonu bahar ve yaz aylarında etkilidir. Rüzgâr enerjisi potansiyeli ise grafik incelendiğinde kış ve yaz aylarında 4 m/s üzeri iken bahar aylarında 4 m/s altında kaldığı görülür. Hibrit sistemin yıl bazında incelendiğinde kış ve bahar aylarının birbirini tamamlayıcı etkiye sahip olduğu, yaz aylarının ise iki enerji kaynağının da etkili olduğu görülür.

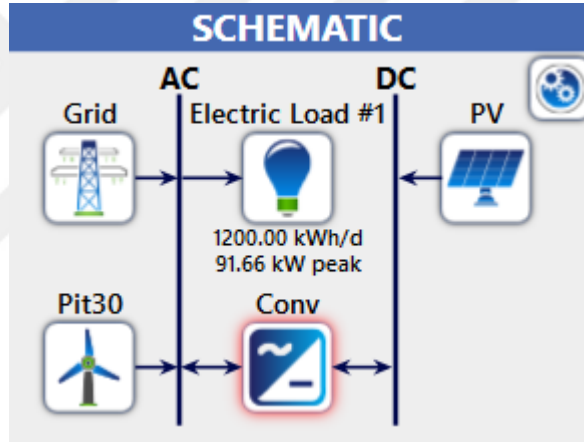
3.10.3. Enerji demandının belirlenmesi

Optimizasyon yapmadan önce şarj istasyonunun tüketeceği enerjinin tahmin edilmesi gerekir. İstasyonun şarj için kullanacağı elektrik enerji sınırı bölüm 3.2 de günlük 900 KWh/gün olarak belirlenmişti. İstasyonda enerji tüketimini sadece elektrikli araçlar yapmaz. İstasyonda bulunan market ve dinlenme alanına ait aydınlatmalar, soğutucu ve ısıtıcılar, bilgisayar, ekran, yazarkasa vb. cihazlar da sistemde enerji tüketecektir. Tüm bu enerji ihtiyaçlarının yaklaşık değerleri ve kullanım saatlerinin de yaklaşık zamanları tahmin edilmelidir. Akşam saatlerinde tüketim aydınlatmalar ile artacaktır. HOMER programı üzerinde aylık ve saatlik ortalama enerji tüketimi belirtilmiştir. Araçların şarj edilmesi için gereken enerjiye tesis tüketim değerleri eklendiğinde 1200 kWh/gün değeri günlük tüketim değeri olarak düşünülmüştür.

3.10.4. Sistem konfigürasyonu

Hibrit enerji ile çalışan şarj istasyonlarını modellemek için paneller ve türbinler yeterli değildir. Sistem tasarlanırken şebekeye bağlı (on-grid) olacak şekilde düşünülmüştür. Şebekeye bağlı sistem seçilmesi akü başlangıç maliyetini ve senelik bakım maliyetlerini ortadan kaldırmıştır. Şebeke bağlantıları için trafo kullanılmıştır.

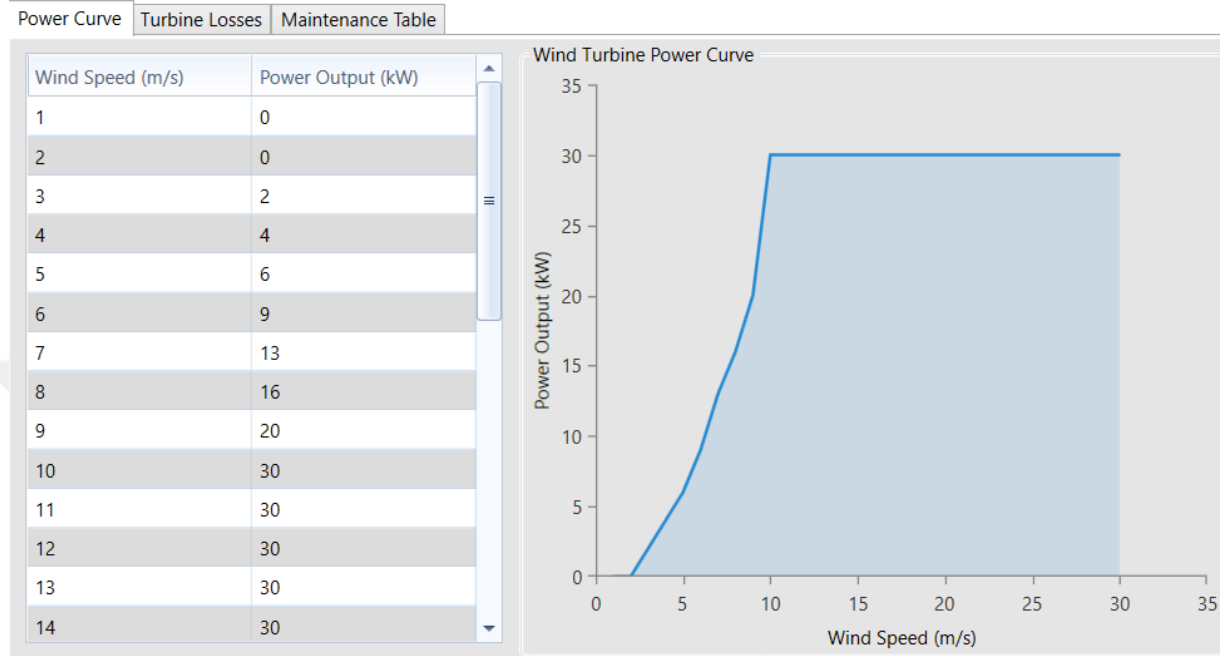
Fotovoltaik paneller DC elektrik enerjisi üretmektedirler. Üretilen DC elektrik enerjisinin AC enerjiye çevrilmesi için invertör kullanılmıştır. HOMER programında 1200 kWh/gün enerji tüketimi için 100 kW invertör önerilmiştir. İnvörtörlerden dağılan AC enerji doğrudan şebeke trafosu ve enerji talep hattına bağlanmıştır. Sistem tasarımında kullanılan rüzgâr türbini ise AC enerji üretmektedir. AC enerji hattına türbin doğrudan bağlanmıştır.



Şekil 3.17 : HOMER programında belirlenen enerji bağlantı şeması

3.10.5. HOMER programında rüzgâr türbinin modellenmesi


10 metre yükseklikten ölçülen aylık rüzgâr hızı verileri şekil 3.18’ de verilmiştir. Pit30 isimli rüzgâr türbini bölüm 3.7’ de düşünülen türbin modeline göre düzenlenmiştir.



Şekil 3.18 : Rüzgâr türbini verim eğrisinin oluşturulması

3.10.6. HOMER programında fotovoltaik panellerin modellenmesi

40.75 enlem 30,25 boylam koordinatlarında günlük solar radyasyon değerleri şekil 3.19’ da verilmiştir. 545 Watt monokristal panel kullanılmıştır. 1 kW başına düşen başlangıç, değişim ve işletme maliyetleri tablo 3.10’ da verilmiştir.

PV  Name: Generic flat plate PV Abbreviation: PV Remove Copy To Library

Properties
Name: **Generic flat plate PV**
Abbreviation: **PV**
Panel Type: **Flat plate**
Rated Capacity (kW): **0.545**
Temperature Coefficient: **-0.5**
Operating Temperature (°C): **47**
Efficiency (%): **22.00**
Manufacturer: **Generic**
www.homerenergy.com
Notes:
This is a generic PV system.

Cost

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	1,000.00	1,000.00	10.00

Lifetime time (years): 25.00 (-) (+) More...

Site Specific Input
Derating Factor (%): 80.00 (-) (+)


Sizing
 HOMER Optimizer™
 Search Space
 Advanced

Electrical Bus
 AC DC

Şekil 3.19 : Fotovoltaik panellerin HOMER programına tanıtılması

3.10.7. HOMER programında invertörün modellenmesi

Bu tasarımda kullanılan konvertör güç akışına bağlı olarak invertör ve doğrultucu olarak çalışır. İnvörtör gücü simülasyon durumlarına göre 0 ile 300 KW arasında değişir. İnvörtör fotovoltaik panellerinden alınan DC enerjinin AC elektrik enerjisine dönüştürülmesi için kullanılır. İnvörtör seçimini PVSYST programında bölüm 3.8’ de yapmıştır. Homer programına güç aralığı ve maliyet çeşitleri tanıtılmıştır.

CONVERTER  Generic large, free converter Name: Generic large, free conv Remove Copy To Library

Complete Catalog Abbreviation: Conv

Properties
Name: **Generic large, free converter**
Abbreviation: **Conv**
homerenergy.com
Notes:
This converter allows you to size the battery system without having to size the converter when using the LF and CC controllers.

Costs

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	\$30,000.00	\$30,000.00	\$300.00

Click here to add new item

Multiplier: (-) (-) (-)

Capacity Optimization
 HOMER Optimizer™
 Search Space
Size (kW)
0
300

Şekil 3.20 : Homer Programında invertör girdilerinin tanıtılması

3.10.8. Şebeke ve elektrik yükü bağlantısı

Elektrik yükü, sistemde elektrik enerjisi tüketen tüm cihazların ihtiyacı olan enerjidir. Yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik enerjisi on-grid yani şebekeye bağlı çalışacaktır. Bu sayede akü ve akü şarj sistemlerine gerek kalmamıştır. Hibrit enerji kaynaklarından

elden edilen enerjinin yetersiz olması durumunda şebeke devreye girecektir. Fazla enerji üretimi durumunda ise enerji şebekeye satılacaktır. Bunun sonucunda şarj istasyonuna yapılan yatırım süresi kısılacaktır. Şebekeye bağlı sistem tasarımı sayesinde elektrikli araçların şarj talepleri de garanti altına alınacaktır.

Şebeke ile ilgili diğer önemli husus ise elektrik enerjisinin alış ve satış fiyatıdır. Enerji Piyasası Denetleme Kurumu (EPDK) tarafından onaylanan elektrik satış fiyatı 2020 yılında 7,3 (ABD Doları cent/kWh)' tür (Mevzuat, 2020).

Elektrik alış fiyatı ise ticarethane aboneliklerinde tek zamanlı 65 (krş/kWh)'tır. Bu bedeller Homer programına alış ve satış birim fiyatları olarak belirtilmiştir (TEDAŞ, 2021).

3.11. HOMER programı simülasyonu sonuçları

HOMER, sistem girdilerinde belirtilen komponentlerin tüm kombinasyonları ile sistem konfigürasyonlarını simüle eder. HOMER programında yapılan simülasyonun hedefi şarj istasyonumuzun güç ihtiyacının yenilenebilir hibrit enerji kaynaklarından elde edilmesini sağlamaktır. Sitemin fizibilitesi için rüzgâr türbini, güneş panelleri, şebeke bağlantısı incelenmiştir. Sistemin aynı zamanda yıllık elektrik enerjisi üretimi, hizmet verilen fazla elektrik yükü, yenilenebilir enerji fraksiyonu gibi işletim özellikleri de değerlendirilmiştir.

Yaz aylarında fotovoltaik panellerden daha yüksek enerji üretildiği, rüzgâr enerjisinden alınan enerjinin kış aylarında yaz aylarına göre biraz daha fazla olduğu şekilde görülmüştür. Güneşten elde edilen elektrik enerjinin rüzgâr enerjisinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

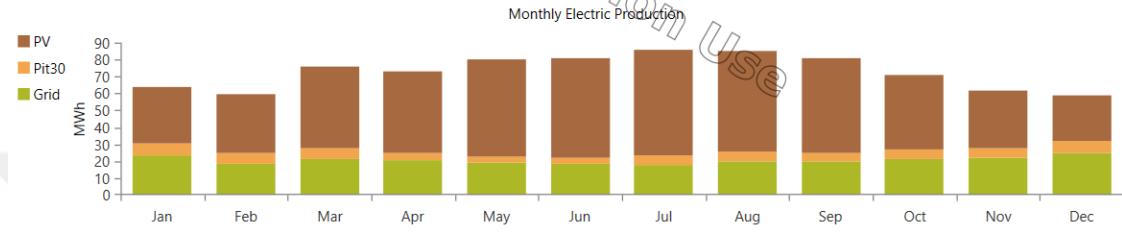
3.11.1. Türbin, fotovoltaik panel ve şebeke bağlantısının incelenmesi

Rüzgar türbini, fotovoltaik paneller ve şebekenin sisteme olan enerji katkıları şekil 3.21' de verilmiştir. 12 aylık veriler renklere göre ayrılmıştır. Fotovoltaik panellerin sistemde en fazla enerjiyi ürettiği gözlemlenmiştir. Rüzgar türbini ise bölgenin ortalama rüzgar hızı yaklaşık olarak aynı kaldığından sistemde yıl boyunca benzer enerjiler ürettiği

gözlemlenmiştir. Yaz aylarında fotovoltaik panellerden alınan enerjinin şebekeden alınan enerjinin azalmasına neden olmaktadır.

Production			Consumption			Quantity		
	kWh/yr	%		kWh/yr	%		kWh/yr	%
Generic flat plate PV	564,105	64.3	AC Primary Load	438,000	53.6	Excess Electricity	32,917	3.75
Pitchwind 14m 30kW	65,348	7.45	DC Primary Load	0	0	Unmet Electric Load	0	0
Grid Purchases	247,880	28.3	Deferrable Load	0	0	Capacity Shortage	0	0
Total	877,332	100	Grid Sales	379,856	46.4			
			Total	817,856	100			

Quantity	Value	Units
Renewable Fraction	69.7	%
Max. Renew. Penetration	141	%

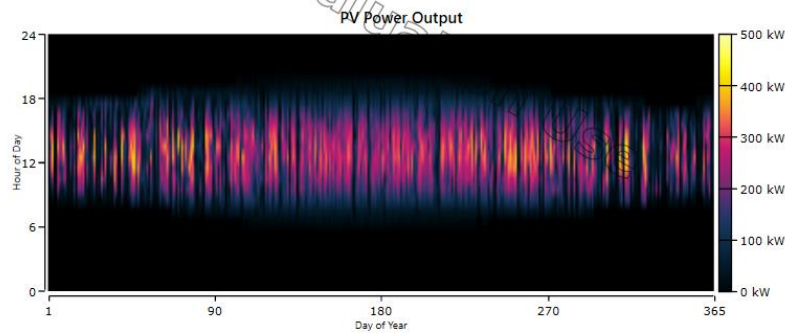


Şekil 3.21 : Optimum sistemdeki çeşitli enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimine katkısı

Fotovoltaik panellerin saatlik ve yıllık olarak ürettiği enerji şekil 3.22’ de gösterilmiştir. Fotovoltaik panellerin üretim gücü saatlik olarak verilmiştir. Gün içinde üretilen enerji üretim yoğunluğuna göre siyah-sarı renk yoğunluğuna göre gösterilmiştir. Panellerden alınan enerjinin yıllık 564,105 MWh/yıl olduğu gözlemlenmiştir.

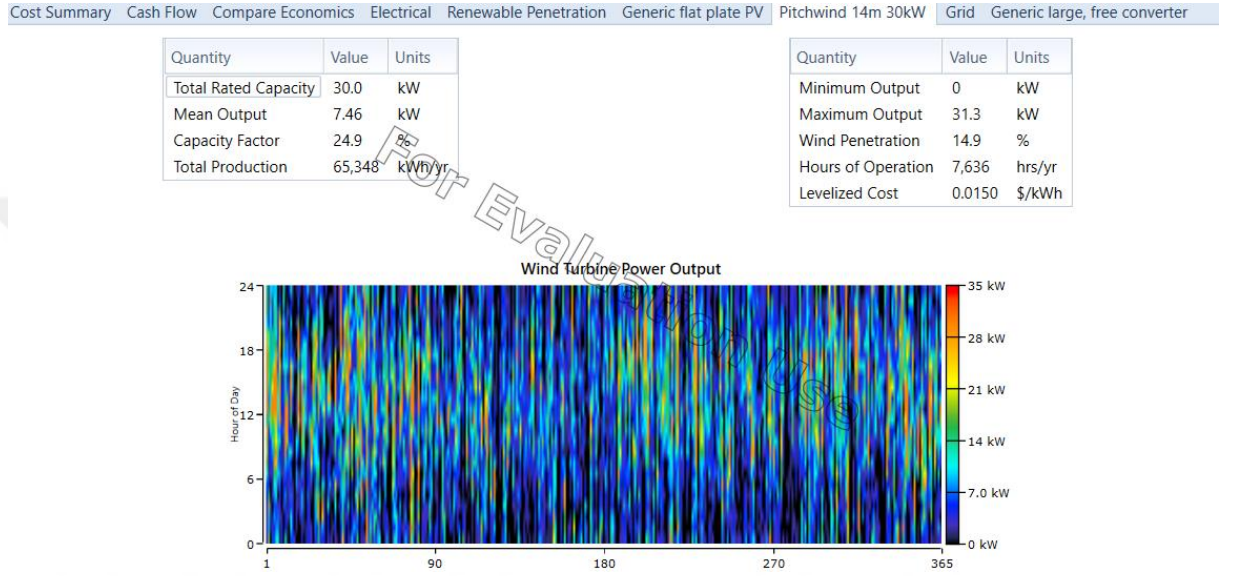
Quantity	Value	Units
Rated Capacity	450	kW
Mean Output	64.4	kW
Mean Output	1,545	kWh/d
Capacity Factor	14.3	%
Total Production	564,105	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	425	kW
PV Penetration	129	%
Hours of Operation	4,358	hrs/yr
Levelized Cost	0.0697	\$/kWh



Şekil 3.22 : Fotovoltaik panellerin yıllık elektrik üretimi

Rüzgar türbinin sisteme olan enerji katkısı saatlik ve yıllık olarak şekil 3.23' te gösterilmiştir. Gün içinde üretilen enerji siyah-kırmızı renk yoğunluğuna göre gösterilmiştir. Rüzgar türbininden alınan enerji yıllık 65,348 MWh/yıl olduğu gözlemlenmiştir.



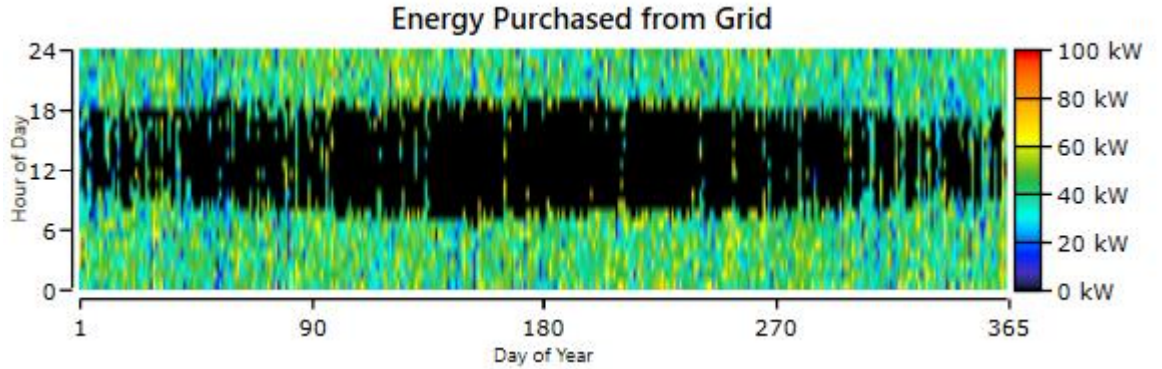
Şekil 3.23 : Rüzgar türbinin yıllık elektrik üretimi

Şekil 3.24' te sistemin şebekeden aldığı ve şebekeye sattığı enerji miktarları verilmektedir. Yaz aylarında fotovoltaik panellerin daha fazla enerji üretmesi maliyete yansımaktadır. Haziran, temmuz ve ağustos aylarında şebekeden alınan enerji aylık ortalaması 18 MWh, şebekeye satılan enerji aylık ortalaması 41,13 MWh'tir. Aralık, ocak, şubat ayları incelendiğinde şebekeden alınan enerjinin aylık ortalaması 22 MWh, şebekeye satılan enerjinin aylık ortalaması 21,24 MWh' tir. Yenilenebilir enerjinin en verimsiz olduğu aylar kış aylarıdır. Üretilen ve alınan enerji yaklaşık olarak aynıdır. Yaz aylarında ise üretilen enerji miktarı enerji demandının üzerinde olduğu için şebekeye satılmıştır.

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Load (kW)	Energy Charge \$	Demand Charge \$
January	23,720	22,582	1,137	87	\$1,039.74	\$0
February	18,474	23,462	-4,988	82	\$339.91	\$0
March	21,463	32,018	-10,555	89	\$14.15	\$0
April	20,497	31,978	-11,481	84	-\$98.62	\$0
May	19,065	38,519	-19,454	76	-\$793.72	\$0
June	18,265	38,889	-20,624	81	-\$919.35	\$0
July	18,056	43,348	-25,292	82	-\$1,301.13	\$0
August	19,691	41,158	-21,467	76	-\$929.73	\$0
September	19,842	38,647	-18,804	77	-\$710.66	\$0
October	21,456	29,694	-8,238	77	\$199.24	\$0
November	22,281	21,872	408	81	\$923.88	\$0
December	25,070	17,688	7,382	80	\$1,593.38	\$0
Annual	247,880	379,856	-131,976	89	-\$642.92	\$0

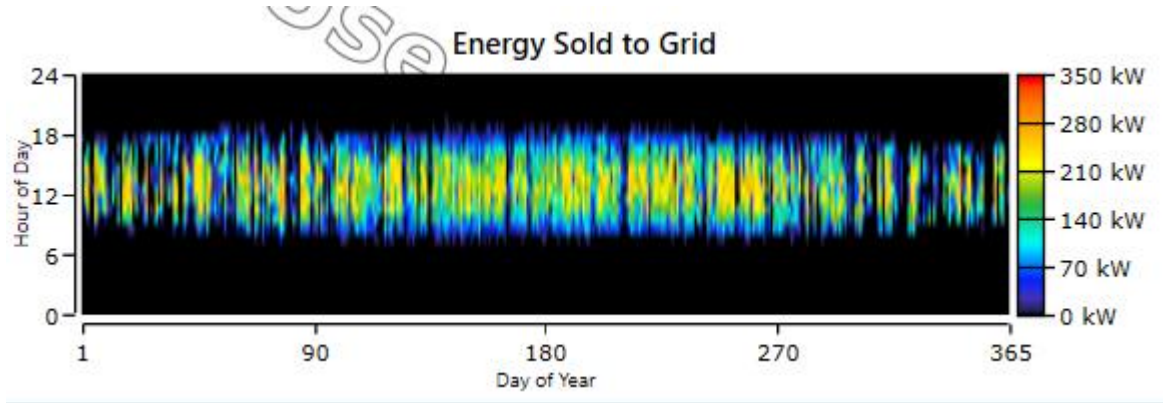
Şekil 3.24 : Yıllık şebekeye satılan ve alınan elektrik enerji bilançosu

Şekil 3.25 'te şebekeden alınan enerjinin günlük ve saatlik olarak yoğunluğu gösterilmiştir. Yaz aylarında şebekeden enerji alımının düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 3.25 : Günlük enerji üretim ve tüketimine bağlı yıllık elektrik enerjisi alımı

Şekil 3.26' da ise şebeke enerji satışının grafiği verilmiştir. Mevsimsel olarak incelendiğinde yaz aylarının kış aylarına göre daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3.26 : Günlük enerji üretim ve tüketimine bağlı yıllık elektrik enerjisi alımı

3.12. Sistemin maliyet analizi

Maliyet analizi için HOMER paket programından elde edilen veriler kullanılmıştır. Tablo 3.10' da yıllık ortalama üretim ve tüketim değerleri ve satış ve mahsuplaşma birim fiyatları verilmiştir. Üretilen fazla enerji satış bedeli birim fiyatı ile istasyonda tüketilen enerji ise mahsuplaşma bedeli birim fiyatı ile tüketici araçlara satılmıştır.

Tablo 3.10.: Hibrit şarj istasyonu sistem karakteristikleri

No	Açıklama	Miktar	Birim
1	Proje Kurulu Gücü (AC/DC)	345,01	kW
2	Yıllık Ortalama Üretim	379,856	MWh
3	Yıllık Ortalama Tüketim	247,880	MWh
4	Yıllık İşletme Bakım Gideri	1000	TL
5	Yıllık Ortalama Net Gelir	295.482,40	TL
6	Satış Bedeli	0,6500	TL
7	Mahsuplaşma Bedeli	0,85	TL
8	Dolar Kuru	8,00	TL/\$

Tablo 3.11’ de kullanılacak sabit ve sarf malzeme giderleri verilmiştir. Sistemin başlangıç maliyeti 1.486.400,00 TL olarak belirlenmiştir. Projenin ekonomik ömrünün 10 yıl olduğu varsayılmıştır.

Tablo 3.11.: Şarj istasyonu kurulumu için gerekli ekipmanlar ve maliyetleri

No	Açıklama	Miktar	Birim	Birim Fiyat (\$)	Maliyet (\$)
1	545 Wp Monokristal güneş paneli	578	Adet	125	72.250,00
2	300 kw Inverter	1	Adet	10.000	10.000,00
3	4 mm DC Solar Kablo	20000	Metre	0,45	9.000,00
4	AG Kablosu	50	Metre	9,00	450,00
5	OG Kablosu	100	Metre	18,00	1.800,00
6	Kablo Başlık ve Pabuçlar	2	Set	2.400,00	4.800,00
7	Topraklama	2	Set	1.500,00	3.000,00
8	AG Panosu	2	Adet	5.000,00	10.000,00
9	OG Hücreler	4	Adet	5.000,00	20.000,00
10	SCADA İzleme ve Otomasyon	1	Adet	1.000,00	1.000,00
11	Trafo Tesisi (500 kW)	1	Adet	5.000,00	5.000,00
12	Nakliye	20	Tır	100,00	2.000,00
13	Montaj ve İşçilik	1	Set	7.000,00	7.000,00
14	Vinç, Kepçe v.s.	1	Set	500,00	500,00
15	Diğer Öngörülemeyen Maliyetler	1	Set	1.000,00	1.000,00
16	Proje ve İzinler	1	Set	3.000,00	3.000,00
17	Rüzgar Türbini	1	Adet	35.000,00	35.000,00
TOPLAM MALİYET				1.486.400,00	185.800,00
				(TL)	(\$)

Yıllık gelir ve giderler tablo 3.12’ de hesaplanmıştır. Vergi ve enflasyon değerleri hesaplamada kullanılmamıştır. Üretilen enerji tüketilen enerjiden 131,976 kWh fazladır. Bu enerji şebekeye 0,65 TL birim fiyatından satılarak satış bedeli hesaplanmıştır. Tüketilen enerji mahsuplaşma birim fiyatı olan 0,85 TL den kullanıcılara satılarak tüketim bedeli bulunmuştur. Yıllık satış ve tüketim bedelinden işletme giderleri çıkarılarak yıllık net nakit kâr 286.482,00 TL hesaplanmıştır.

Tablo 3.12.: Yıllık fayda ve maliyetler

Fayda ve Maliyetler	Maliyet (TL)
Yatırım tutarı	1.486.400,00
Yıllık gider	10.000,00
Yıllık gelir	296.482,00
Net kâr	286.482,00
Faiz oranı	0,12

Hesaplamada denklem 3.13’ te gösterilen net bugünkü değer yöntemine ait formül kullanılmıştır.

$$NBD_a = \sum_{t=1}^n \frac{\Delta NG_{a,t}}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{\Delta N\mathcal{C}_{a,t}}{(1+i)^t} \quad (3.13)$$

NBD_a =a projesinin net bugünkü değeri,

$\Delta NG_{a,t}$ = a projesinin t zamandaki net nakit girişi,

$\Delta N\mathcal{C}_{a,t}$ = a projesinin t zamandaki net nakit çıkışı,

n = Projenin ekonomik ömrü,

i = faiz

$$NBD_a = -1.486.400,00 - 56.502,23 + 1.675.189,42 \quad (3.14)$$

$$NBD_a = 132.287,19 \text{ TL}$$

Her yıla ait net bugünkü değerler excel programında hesaplanarak tablo 3.13'te gösterilmiştir.

Tablo 3.13.: 10 yıllık gelir ve giderler

Yıl	Üretilen Enerji (kWh)	Tüketilen Enerji (kWh)	Üretim Fazlası Enerji (kWh)	Yıllık Gelirler (TL)	Yıllık Giderler (TL)	NBD (TL)
0	0	0	0	0	0	-1.486,482,00
1	379.856	247.880	131.976	264.716,07	8.928,57	-1.230.612,50
2	379.856	247.880	131.976	501.069,71	16.900,51	-1.002.230,80
3	379.856	247.880	131.976	712.099,74	24.018,31	-798.318,57
4	379.856	247.880	131.976	900.519,41	30.373,49	-616.254,08
5	379.856	247.880	131.976	1.068.751,26	36.047,76	-453.696,50
6	379.856	247.880	131.976	1.218.958,27	41.114,07	-308.555,81
7	379.856	247.880	131.976	1.353.071,67	45.637,57	-178.965,90
8	379.856	247.880	131.976	1.472.815,77	49.676,40	-63.260,62
9	379.856	247.880	131.976	1.579.730,15	53.282,50	40.047,66
10	379.856	247.880	131.976	1.675.189,42	56.502,23	132.287,19

Projenin nakit girişlerinin bugünkü değerleri toplamından, net nakit çıkışlarının bugünkü değerleri toplamını ve başlangıç maliyeti çıkarılarak net bugünkü değeri 132.287,19 TL hesaplanmıştır. Net bugünkü değerın sıfırdan büyük olması projenin yatırım yapılabilir durumda olduğunu göstermektedir. Projenin başlangıç maliyetini geri ödemesinin 8,5 yıl olduğu görülmüştür.

BÖLÜM 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda elektrikli araçların sayısı ülkemizde giderek artış göstermektedir. Elektrikli araçların karbon emisyonu fosil yakıt kullanan araçlara göre önemsenmeyecek derecede düşüktür. Elektrik enerjisi fosil yakıtlardan üretilmediği takdirde elektrik enerjisiyle çalışan araçların sıfır karbon emisyonuna sahip olmasını sağlamaktadır. Elektrikli araçların sayısının artmasıyla birlikte ihtiyaç duyulan elektrik enerjiside büyük ölçüde artmaktadır. Enerji nakil hatlarının şuanki durumu elektrikli araçların enerjisini karşılamak için yeterli gelmemektedir. Enerjide dışa bağımlılığı ve elektrik enerjisinin fosil yakıtlardan üretim miktarını azaltmak için çevreci bir enerji türü olan güneş ve rüzgar enerjisi kullanılmaktadır.

Güneş ve rüzgar enerjisi bulunduğu bölgenin coğrafi ve iklim koşullarına bağlıdır. Güneş ve rüzgar enerjisi sürekli olarak enerji üretmediği için kesintili bir enerji üretimi söz konusudur. Kesintili enerji kaynağı depolanarak veya kesinti anında şebeke desteği alınarak çalıştırılmaktadır. Şebekeden bağımsız(off-grid) ve şebekeye bağlı(on-grid) olarak elektrik enerjisi üretilmektedir. Şebekeden bağımsız sistemlerde batarya ile enerji depolanmaktadır. Şebekeye bağlı sistemlerde güneş ve rüzgar hibrit enerjisinin yetersiz gelmesi durumunda şebekeden destek alınmaktadır ayrıca üretilen fazla enerji ise şebekeye devredilerek enerji satışı yapılmaktadır.

Literatür çalışması incelendiğinde ülkemizde ve dünyada bir ve birkaç araçlık veya ticari amaçlı güneş ve rüzgar hibrit enerjisiyle çalışan şarj istasyonlarının üretildiği görülmektedir. Sabit bir lokasyona kurulan şarj istasyonları o bölgede güneş ve rüzgar enerjisinin üretilen elektrik enerjisini anlık olarak kullanıcılara paylaşmaktadır. Bu sayede enerji ve enerji nakil hattı masrafları ortadan kalkmaktadır.

Elektrikli araçların en büyük sorunu enerji depolama süresidir. Bölgenin enerji nakil hattının yetersiz olması durumunda sürekli şebekeden beslenen şarj istasyonlarının sayısı

yetersiz gelmektedir. Depolama süreleri de uzun olduğu için varolan şarj istasyonlarında enerji ve zaman problemi ortaya çıkmaktadır. Elektrikli araç üreticileri tarafından şarj sürelerini kısaltmak adına şarj standartları belirlenmiştir. Kısa zamanda yüksek enerji talepleri ile birkaç saat içinde tamamen dolum yapılabilir. Fakat ciddi yüklerle araca alınan enerjinin karşılanması için şebekenin yeterli gücü taşıması gerekmektedir.

Bu çalışmada Sakarya ilinde elektrikli araçlar için güneş ve rüzgar enerjisi kullanılarak şebekeye bağlı (on grid) hibrit bir şarj istasyonu modellenmiştir. Bölgenin coğrafi ve iklimsel koşulları yıllara göre incelenmiştir. Güneş ve rüzgar enerjisi incelendiğinde Sakarya şehrinin güney bölgesinde bulunan Pamukova ilçesi diğer ilçelere göre daha avantajlıdır. Ayrıca Pamukova ilçesinin merkezinden geçen D650 karayolu şehirler arası yolculuk yapılan önemli bir ulaşım yoludur. Bölgenin seçilmesinde yenilebilir enerji gücü, ulaşım güzergahı olması nedenleri etkili olmuştur.

Tasarım yapılmadan önce piyasa bulunan elektrikli araçlar incelenmiştir. Batarya kapasiteleri farklı olarak üretilen araçların enerji ihtiyaçları ve şarj süreleri değişmektedir. Türkiye piyasasında en büyük batarya hacmine sahip araç olan Jaguar firmasının I-Pace modelidir, bu araç 90 kWh enerji depolamaktadır. Şarj istasyonunun araçlar için ayırdığı enerji kapasitesi günlük 10 aracın şarj edilmesiyle 900 kWh olarak belirlenmiştir. Sıradan bir akaryakıt istasyonunda bulunan soğutucu, ısıtıcı, bilgisayar, yazarkasa, ekran, aydınlatma gibi cihazlarda enerji tüketimi yapmaktadır. Bu cihazları enerji ihtiyaçları da tasarıma eklendiğinde şarj istasyonunun günlük enerji tüketimi 1200 kWh olarak belirlenmiştir.

Karayolları çevresinde imal edilecek ve açılacak tesislerle ilgili yönetmelikte akaryakıt istasyonlarının kurulum alanının 1600 m² olması gerektiği belirtilmiştir. Şarj istasyonunun çatı alanı da şarj istasyonun enerji verimliliğini artırmak amacıyla 1500 m² olarak düşünülmüştür. Çatı alanı dışında kalan bölge rüzgar türbini, invertör ve trafo alanı olarak belirlenmiştir.

Bölgenin güneş ve rüzgar potansiyeli yıllara göre incelenmiştir. Güneş enerjisi açısından yaz mevsiminin, kış mevsimine göre çok daha verimli olduğu görülmüştür. Ortalama günlük radyasyon değerinin Ocak ayında 1.67 kWh/m²/gün, Temmuz ayı ise 6,64 kWh/m²/gün olması güneş enerjisinin yaz aylarındaki verimini göstermektedir. Rüzgar

enerjisi de yıllara göre incelenmiştir. Rüzgar hızları mevsimsel olarak büyük farklar göstermemektedir. Ortalama rüzgar hızları 3,5 - 4,66 m/s arasında değişmektedir.

Güneş enerjisi için 545 Wp %22,4 verime sahip monokristal paneller seçilmiştir. Şarj istasyonu çatı alanına yerleştirilecek panellerin diziliş şekli ve sayısı PVSYST programı tarafından belirlenmiştir. PVSYST programına 1500m² panel kurulum alanı, bölgenin koordinatları, 32° panel açısı ve 0° azimuth açısı tanıtılmıştır. Program 34 dizi ve 17 seri bağlı olacak şekilde 578 panel kullanımını ve sistemde 1 adet 300 kW merkezi invertör kullanımını öngörmüştür. Fotovoltaik panellerden üretilen toplan yıllık enerji 427,24 MWh/yıl olarak bulunmuştur.

Panel sayısı ve invertör gücü PVSYST programında belirlenmiştir. Rüzgar enerjisinin sisteme entegrasyonu için HOMER optimizasyon paket programı kullanılmıştır. HOMER programına bölgenin koordinatları ve yıllık enerji kapasiteleri, fotovoltaik paneller, rüzgar türbini ve invertör bilgileri tanıtılmıştır. Şebeke bağlantısı ve enerji demandı olan günlük enerji tüketimi 1200 kWh olarak programda belirtilmiştir.

Optimizasyon sonucunda yıllık 438 MWh tüketim gerçekleşmiştir. Hibrit güç sistemi şebeke ile birlikte 877 MWh enerji üretmiştir. Yalnızca kış mevsiminde şebekeden enerji alımı gerçekleşmiştir. Hibrit güç sistemine en fazla katkıyı fotovoltaik paneller sağlamıştır. Yıllık sistem enerjisinin %64 'ünü fotovoltaik paneller, %7,45'lik kısmını ise rüzgar türbini karşılamıştır. Üretilen fazla enerji miktarı 379 MWh/yıl ise şebekeye satılmıştır. Proje yatırım harcamalarının 8,5 yıl gibi bir süreyle geri dönüş sağlayacağı gözlemlenmiştir.

Sakarya ili Pamukova ilçesine yenilenebilir hibrit bir şarj istasyonu modeli yapılmıştır. Bu modelde bölgenin yenilenebilir güç kaynakları araştırılmış ve paket programlarla enerji optimizasyonu yapılmıştır. Sonuçlara göre bölgenin güneş enerjisi verimi hibrit sisteme oldukça fayda sağlamıştır. Ortalama rüzgar hızları ise düşük değerlere sahip olduğu için rüzgar türbinin sisteme olan katkısı düşüktür. Yenilenebilir enerjiden alınan elektrik enerjisi şebekeden alınan enerjiden fazla olduğu için şarj istasyonunun yatırım kârlılık süresini kısaltacaktır.

KAYNAKLAR

- Ayhan, D. 2011. Bina Montajlı Güneş-Rüzgâr Hibrit Elektrik Güç Sistemlerinin Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bajpai, P., and Dash, V. 2012, Bağımsız Uygulamalarda Güç Üretimi için Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemleri: Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri, sayfa 2926-2939.
- Bernal Agustin, J. L., and Dufo Lopez, R. (2009) Bağımsız Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Simülasyonu ve Optimizasyonu Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri, Cilt. 13, sayfa 2111-2118.
- Bilici, Z. (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Rüzgar Enerjisi Teknolojileri 15 Nisan 2020 tarihinde http://www.suvecevre.com/yayin/353/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-ruzgar-enerjisi-teknolojileri_10014.html#.YLn3VvkzaUk adresinden edinilmiştir.
- British Petroleum (BP). (2019). Statistical Review of World Energy – all data, 1965-2018. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> erişim tarihi 14.02.2020.
- Camacho, O.M.F.; Nørgård, P.B.; Rao, N.; Mihet-Popa, L. Electrical Vehicle Batteries Testing in a Distribution Network using Sustainable Energy. IEEE Trans. Smart Grid 2014, 5, 1033–1042.
- Camacho, O.M.F.; Mihet-Popa, L. Fast Charging and Smart Charging Tests for Electric.
- Chan, C.C. The state of the art of electric and hybrid vehicles. Proc. IEEE 2002, 90, 247–275.
- Canka Kılıç, F., (2011). Türkiye’deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerdeki Son Gelişmeler, Mühendis ve Makine, Cilt:52, Sayı:614, ss:103-115.
- Deshmukh, M. K., and Deshmukh, S. S. (2006). Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Modellenmesi. Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri, s. 235-249.
- Doğanay, H. & Coşkun, O. (2017). Enerji Kaynakları. Ankara: Pegem Akademi.
- EG&G Technical Services, Inc. The Fuel Cell Handbook, 6th ed.; U.S. Department of

- Energy: Morgantown, WV, USA, 2002.
- Eldem, M. (2017). Güneş Enerjisi. TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni, 1-10.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) (2018). Güneş Enerjisi ve Teknolojileri. 11 Şubat 2020 tarihinde http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx adresinden edinilmiştir.
- Engin, M., 2010, Bornova İçin Güneş- Rüzgâr Hibrid Enerji Üretim Sistemi Tasarımı, Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, 2(13): 11-20.
- Emadi, A., Lee, Y. J. ve Rajashekara, K. (2008). Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55(6), 2237–2245. <https://doi.org/10.1109/TIE.2008.922768>
- Erdinc, O., and Uzunoğlu, M. (2012). Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Optimum Tasarımı: Farklı yaklaşımlara genel bakış. Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri, Cilt. 16, s. 1412-1425.
- Fadee, M., and Radzi, M. A. (2012). Evrimsel Algoritmalar Kullanılarak Bağımsız Bir Hibrit Yenilenebilir Enerji Sisteminin Çok Amaçlı Optimizasyonu: Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri, Cilt. 16, sayfa 3364-3369.
- Gallardo-Lozano, J., Milanés-Montero, M. I., and Guerrero-Martínez, M. A. (2012). Akıllı Şebekeler için Elektrikli Araç Batarya Şarj Cihazı. Elektrik Güç Sistemleri Araştırması, Cilt. 90, s. 18-29.
- Gao, Y.; Ehsani, M. Design and control methodology of plug-in hybrid electric vehicles. IEEE Trans. Ind. Electron. 2010, 57, 633–640.
- Grunditz, E.A.; Thiringer, T. Performance Analysis of Current BEVs Based on a Comprehensive Review of Specifications. IEEE Trans. Transp. Electr. 2016, 2, 270–289.
- Hafez, O., and Bhattacharya, K. (2012). Mikro şebekeler için Yenilenebilir Enerjiye Dayalı Bir Tedarik Sisteminin Optimum Planlaması ve Tasarımı. Yenilenebilir Enerji, Cilt. 45, s. 7-15.
- Karakuşak R. (2018). Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin, türkiye’deki önemi ve ges kurulum araştırması (Yüksek lisans tezi). Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- M. Kendall, Fuel cell development for New Energy Vehicles (NEVs) and clean air in China
- Marchesoni, M.; Vacca, C. New DC–DC converter for energy storage system interfacing in fuel cell hybrid electric vehicles. IEEE Trans. Power Electron. 2007, 22, 301–308.
- Miller, J.F.; Webster, C.E.; Tummillo, A.F.; DeLuca, W.H. Testing and evaluation of batteries for a fuel cell powered hybrid bus. In Proceedings of the Energy Conversion Engineering Conference, Honolulu, HI, USA, 27 July–1 August 1997;

Volume 2, pp. 894–898.

Mevzuat. Karayolları Kenarlarında Yapılacak ve Açılacak Tesisler Hakkında Yönetmelik www.mevzuat.gov.tr erişim tarihi; 13.02.2020).

MMO, 2012. Türkiye'nin Enerji Görünümü, Yayın No: MMO/588, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.

Live Science (2016) Does the Sun Rotate? 25 Mayıs 2020 tarihinde <https://www.livescience.com/32894-does-the-sun-rotate.html>, adresinden edinilmiştir.

REN21, 2018. Renewables 2018 Global Status Report, Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Paris: REN21 Secretariat, www.ren21.net/wpcontent/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf, erişim tarihi 04.07.2017.

"SAE Ground Vehicle Standards Status of work – PHEV +". SAE International. 2010-01. pp. 1–7.

Şenel, M. C. 2012. "Rüzgâr Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları–Dinamik Davranış," Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 202 s

Takafumi Anegawa (2009-10-13). "Desirable characteristics of public quick charger". Tokyo, Electric Power Company

TEPCO (2010). "General Outline of "CHAdeMO Association"".

Tümertekin, E. & Özgüç, N. (2007). Ekonomik Coğrafya: Küreselleşme ve Kalkınma. İstanbul: Çantay Kitabevi.

Villa, J. L., Sallan, J., Llombart, A., and Sanz, J. F. (2009). Elektrikli Araç Batarya Şarjı için Yüksek Frekanslı Endüktif Eşleştirilmiş Güç Transfer Sistemi Tasarımı. Uygulamalı Enerji, Cilt. 86, s. 355-363.

Volker Lazzaro (2010-02-14). "The interface between the electric vehicle and infrastructure"p13.

Yağlı, H., Koç, Y., Koç, A., Görgülü, A., ve Tandiroğlu, A. 2016. "Parametric Optimization and Exergetic Analysis Comparison of Subcritical and Supercritical Organic Rankine Cycle (ORC) for Biogas Fuelled Combined Heat and Power (CHP) Engine Exhaust Gas Waste Heat. Energy," vol. 111, p. 923-932.

Yong, J.Y.; Ramachandaramurthy, V.K.; Tan, K.M.; Mithulananthan, N. A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. Renew. Sustain. Energy Rev. 2015, 49, 365–385.

Ayrınteknolojileri<<http://www.ayrinteknolojileri.com.tr/uploads/pdf/sw/SenweiSW20kW.pdf>>, erişim tarihi 17.02.2020

Bilimgenç<<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/gunumuzun-elektrikli-araclarinin-en-onemli-sorunlari-menzil-ve-sarj-suresi>> erişim tarihi 14.05.2020

Cleantecnica<<https://cleantechnica.com/2018/02/25/38-percent-american-cars-electric->

1900/>, erişim tarihi 15.04.2020)

Dyencables<http://dyencables.com/EV_Quick_Charger.html>, erişim tarihi 14.04.2021

Edn<<https://www.edn.com/how-the-j1772-charging-standard-for-plug-in-vehicles-works/>>, erişim tarihi 14.04.2021

Erde<<http://www.eredesticaret.com/index.php?sayfa=HF12.5-30KW>>, erişim tarihi 17.02.2020

Enerjiatlası<<https://www.enerjiatlası.com/haber/izmir-in-elektrikli-otobusleri-enerjisini-gunesten-alıyor>>, erişim tarihi 13.03.2021

Eşarj<<https://esarj.com/sarj-modlari>>, erişim tarihi 14.04.2021

Gepa<<https://gepa.enerji.gov.tr/>> erişim tarihi 20.02.2019

Halbes <<https://halbes.com.tr/50kw-rüzgar-Türbini>>, erişim tarihi 17.02.2020

Hummer<<https://en.wind-turbine-models.com/turbines/1687-hummer-h13.2-30kw>>, erişim tarihi 17.02.2020

Jaguar<<https://www.jaguar-turkiye.com/jaguar-range-i-pace-electric-vehicles>>, erişim tarihi 18.04.2020

Jalopnik<<https://jalopnik.com/what-old-automotive-technology-is-new-again-531105802>>, erişim tarihi 14.03.2020

Meteoblue<[https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/sakarya_a_türkiye_412663](https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/sakarya_türkiye_412663)>, erişim tarihi 12.02.2020

Nexoonline<<http://www.nexoonline.com/web/categorias/Energia%20Renovable/Aeolos%20-%20Wind%20Turbine/Aeolos-H-20kw-Brochure.pdf>>, erişim tarihi 17.02.2020

PVGIS <https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP>, erişim tarihi 13.04.2020

REPA <<https://repa.enerji.gov.tr/REPA/iller/SAKARYA-REPA.pdf>>, erişim tarihi 02 Mart 2021

Winturbine <<https://www.windturbinestar.com/20kw-ruezgar-tuerbini.html>>, erişim tarihi 17.02.2020

TEDAŞ <<https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/elektriktarifeleri//2021OcakElektrikTarifeleri.pdf>>, erişim tarihi 29.04.2021.

TEHAD,< <https://www.tehad.org>>, erişim tarihi 23.04.2021.