

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ BİLİM DALI**

**CBÜ Muradiye Yerleşkesi Hibrit Sistem Varyasyonları: Durum
Çalışması**

Pelin TÜRK

**Danışman
Doç. Dr. Leyla ÖZGENER**



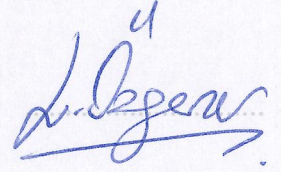
MANİSA-2018

TEZ ONAYI

Pelin TÜRK tarafından hazırlanan " **CB Muradiye Yerleşkesi Hibrit Sistem Varyasyonları: Durum Çalışması**" adlı tez çalışması 05/02/2018 tarihinde aşağıdaki jüri yeleri önünde Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak savunulmuş ve **oybirliği** ile başarılı olarak kabul edilmiştir.

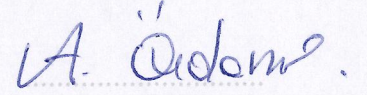
Danışman

Doç. Dr. Leyla ÖZGENER
Manisa Celal Bayar niversitesi



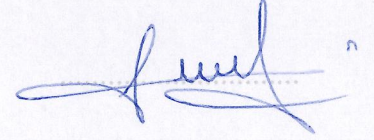
Jüri yesi

Prof. Dr. Aydoęan ÖZDAMAR
Ege Üniversitesi



Jüri yesi

Doç. Dr. B. Burak ÖZHAN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Pelin TÜRK



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLO DİZİNİ	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
2. Seçilen Lokasyona Ait Bilgiler	16
2.1. Manisa İli Güneş Enerjisi Verileri.....	19
2.2. Manisa İli Rüzgâr Enerjisi Verileri	21
2.3. Kampüs Elektrik Enerjisi Verileri	21
3. Seçilen Sistem Bileşenleri ve Bunlar Hakkında Bilgi	25
3.1. Seçilen Rüzgâr Türbinleri	25
3.2. Seçilen Güneş Panelleri	25
3.3. Seçilen Aküler	28
3.4. Seçilen İnvertörler	29
3.5. Seçilen Şarj Kontrol Cihazları.....	29
4. Önerilen Varyasyon Hesapları	30
4.1. Rüzgâr Enerjisi Hesapları.....	30
4.2. Güneş Enerjisi Hesapları	34
5. Önerilen Varyasyonlar	41
5.1. Varyasyon 1.....	41
5.2. Varyasyon 2.....	43
5.3. Varyasyon 3.....	44
5.4. Varyasyon 4.....	45
5.5. Varyasyon 5.....	46
5.6. Varyasyon 6.....	47
5.7. Varyasyon 7.....	49
5.8. Varyasyon 8.....	50
5.9. Varyasyon 9.....	51
5.10. Varyasyon 10.....	52
5.11. Varyasyon 11.....	54
5.12. Varyasyon 12.....	55

5.13. Varyasyon 13.....	57
5.14. Varyasyon 14.....	58
5.15. Varyasyon 15.....	59
5.16. Varyasyon 16.....	61
5.17. Varyasyon 17.....	62
5.18. Varyasyon 18.....	64
6. Maliyet Hesabı	66
6.1. Güneş Panellerinin Maliyet Hesabı	66
6.2. Rüzgâr Türbinlerinin Maliyeti.....	66
6.3. Akülerin Maliyeti	66
6.4. İnvertörlerin Maliyeti	67
6.5. Şarj Kontrol Cihazı Maliyeti	67
6.6. Önerilen Varyasyonların Maliyet Hesabı.....	67
7.Sonuç ve Öneriler.....	71
KAYNAKÇA.....	73
ÖZGEÇMİŞ	78

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Süpürme Alanı (m ²)
A_p	Güneş Paneli Alanı (m ²)
$\bar{B}_h$	Yatay Düzleme Gelen Direkt Işınım (kJ/m ² .gün)
$\bar{B}_c$	Eğik Düzleme Gelen Direkt Işınım (kJ/m ² .gün)
C_p	Güç Katsayısı
$\bar{D}_h$	Yatay Düzleme Gelen Aylık Difüz (Yayılı) Işınım (kJ/m ² .gün)
E_k	Kinetik Enerji (J)
$\bar{H}_c$	Eğik Düzleme Gelen Toplam Işınım (kJ/m ² .gün)
$\bar{H}_h$	Yatay Düzleme Gelen Aylık Ortalama Toplam Işınım (kJ/m ² .gün)
$\bar{H}_{0,h}$	Atmosfer Dışına Düşen Aylık Toplam Güneş Işınımı (kJ/m ² .gün)
I	Akım (A)
I₀	Güneş Sabiti (W/m ²)
I_p	N _p Adet Panelin Paralel Olarak Bağlanması Sonucu Oluşan Akım (A)
i	Her Bir Ay İçin Karakterize Edilen Gün
$\bar{K}_T$	Aylık Berraklık İndeksi
m	Havanın Kütleli Debisi (kg/s)
n	Gün Sayısı
N_s	Seri Olarak Bağlanan Güneş Paneli Adedi
N_p	Paralel Olarak Bağlanan Güneş Paneli Adedi
P	Güneş Paneli Gücü (W, kW)
R	Rotor Yarıçapı (m)
$\bar{R}_b$	Direkt Işınım İçin Aylık Ortalama Eğim Faktörü
$\bar{R}_d$	Eğik Düzleme Gelen Difüz (Yayılı) Işınım İçin Eğim Faktörü
$\bar{R}_r$	Eğik Düzleme Gelen Yansıyan Işınım İçin Eğim Faktörü
V	Gerilim (V)
V_r	Rüzgâr Hızı (m/s)
V_s	N _s Adet Panelin Seri Olarak Bağlanması Sonucu Oluşan Gerilim (V)
W	Rüzgâr Gücü (W, kW)
W_e	İnvertör Çıkışındaki Güç (W, kW)
W_t	Türbin Gücü (W, kW)
\$	Amerikan Doları

Latin Harfleri

ρ	Hava Yoğunluğu (kg/m^3)
γ	Yüzey Azimut Açısı
β	Eğim Açısı
θ	Güneş Geliş Açısı (Direkt Işınım Geliş Açısı)
ϕ	Enlem Açısı
ω	Saat Açısı
θ_z	Zenit Açısı
γ_s	Güneş Azimut Açısı
δ	Deklinasyon Açısı
ω_s	Güneş Batış Saat Açısı
ω'_s	Eğik Düzlemde Güneş Işınlarnın Yüzey Üzerine İlk Düşüş Saat Açısı
ρ_1	Yerin Yansıtma Katsayısı
$\eta_{\text{alternatör}}$	Elektrikli Cihaz Ekipman Kaybı
η_{mekanik}	Mekanik Ekipman Kaybı

Kısaltmalar

CBÜ	Celal Bayar Üniversitesi
GP	Güneş Paneli
IEC	The International Electrotechnical Commission
PV	Photovoltaic
RES	Rüzgâr Enerji Santralleri
RT	Rüzgâr Türbini
SKC	Şarj Kontrol Cihazı
TL	Türk Lirası
USD	Amerikan Doları
HOMER	Hybrid Optimization Model for Electric Renewables

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Muradiye Yerleşkesi [40]	17
Şekil 2.2. Türkiye Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi [41]	17
Şekil 2.3. Türkiye Kurulu Gücünün Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı [41].....	18
Şekil 2.4. 2005-2016 Yılları Türkiye Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Karşılaştırılması [41].....	18
Şekil 2.5. İşletmedeki RES'lerin İllere Göre Dağılımı [42]	19
Şekil 2.1.1. Manisa İli Güneş Radyasyon Dağılımı [43]	19
Şekil 2.1.2. Merkez Global Radyasyon Değerleri (kWh/m ² -gün) [43].....	20
Şekil 2.1.3. Merkez Güneşleme Süreleri (Saat) [43]	20
Şekil 2.1.4. Merkez PV Tipi Alan Üretilebilecek Enerji (kWh-Yıl) [43].....	20
Şekil 2.2.1. 2016 yılı Aylık Ortalama Rüzgâr Hızları [44].....	21
Şekil 2.3.1. 2015,2016 Yılları Aylık Enerji Tüketimi [45].....	24
Şekil 2.3.2. 2015 Yılı Aylık Fatura Tutarı [45].....	24
Şekil 2.3.3. 2016 Yılı Aylık Fatura Tutarı [45].....	24
Şekil 3.2.1. 300 W Güneş Paneli Akım-Gerilim Eğrisi [48]	27
Şekil 3.2.2. 330 W Güneş Paneli Akım-Gerilim Eğrisi [49]	27
Şekil 3.2.3. 365 W Güneş Paneli Akım-Gerilim Eğrisi [50]	27
Şekil 4.1.1. 500 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri.....	32
Şekil 4.1.2. 700 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri.....	33
Şekil 4.1.3. 1000 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri.....	33
Şekil 4.1.4. 1500 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri.....	33
Şekil 4.1.5. 2000 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri.....	34
Şekil 4.1.6. 3000 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri.....	34
Şekil 4.2.1. Eğik Düzleme Gelen Toplam Işınım	38
Şekil 4.2.2. Farklı Güçlerdeki Panellerin Aylık Enerji Miktarları	40
Şekil 5.1.1. 10 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri	41
Şekil 5.2.1. 10 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri	43
Şekil 5.3.1. 10 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri	44
Şekil 5.4.1. 20 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri	45
Şekil 5.5.1. 20 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri	46
Şekil 5.6.1. 20 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri	48
Şekil 5.7.1. 30 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri	49
Şekil 5.8.1. 30 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri	50
Şekil 5.9.1. 30 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri	51
Şekil 5.10.1. 50 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri	53
Şekil 5.11.1. 50 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri	54
Şekil 5.12.1. 50 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri	55
Şekil 5.13.1. 70 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri	57
Şekil 5.14.1. 70 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri	58
Şekil 5.15.1. 70 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri	60
Şekil 5.16.1. 100 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri	61
Şekil 5.17.1. 100 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri	62
Şekil 5.18.1. 100 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri	64
Şekil 5.18.2. Varyasyonlara Ait Güneş Enerjisi Üretimi	65
Şekil 5.18.3. Varyasyonlara Ait Toplam Enerji Üretimi	65
Şekil 6.6.1. Önerilen Varyasyonların Toplam Maliyeti	68

TABLO DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.2.1. 2014, 2015, 2016 Yılları Aylık Ortalama Rüzgâr Hızları [44].....	21
Tablo 2.3.1. CBÜ Muradiye Yerleşkesi 2015 Yılı Elektrik Enerjisi Verileri [45]	22
Tablo 2.3.2. CBÜ Muradiye Yerleşkesi 2015 Aylık Güç Değerleri [45]	22
Tablo 2.3.3. CBÜ Muradiye Yerleşkesi 2016 Yılı Elektrik Enerjisi Verileri [45]	23
Tablo 2.3.4. CBÜ Muradiye Yerleşkesi 2016 Aylık Güç Değerleri [45]	23
Tablo 3.1.1. Seçilen Rüzgâr Türbinlerinin Özellikleri [46,47]	25
Tablo 3.2.1. Seçilen Güneş Panellerinin Özellikleri [48,49,50]	26
Tablo 3.3.1. Hibrit Sistem Varyasyonlarına Ait Toplam Kurulu Güç ve Akım Değerleri.....	28
Tablo 3.3.2. Farklı Kapasitelerdeki Akülerin Özellikleri [51,52,53].....	28
Tablo 3.4.1. İnvertörlerin Özellikleri [54]	29
Tablo 4.1.1. Rüzgâr Türbinleri Aylık Enerji Miktarları.....	31
Tablo 4.1.2. Rüzgâr Türbinleri Aylık Güçleri.....	31
Tablo 4.1.3. Rüzgar Türbinlerine Ait Aylık Akım Değerleri	32
Tablo 4.2.1. Her Bir Ayı Temsil Eden Ortalama Gün ve "n" değerleri [57]	35
Tablo 4.2.2. Karakteristik Yüzeyler İçin Yansıtma Katsayıları [57]	37
Tablo 4.2.3. Eğik Düzleme Gelen Işınmının Aylık Değerleri	37
Tablo 4.2.4. 300 W Güneş Paneline Ait Aylık Enerji Değerleri.....	39
Tablo 4.2.5. 330 W Güneş Paneline Ait Aylık Enerji Değerleri.....	39
Tablo 4.2.6. 365 W Güneş Paneline Ait Aylık Enerji Değerleri.....	40
Tablo 5.1. Hibrit Sistem Varyasyonlarına Ait Toplam Enerji Değeri	41
Tablo 5.1.1. 300 W Gücünde 10 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri ...	42
Tablo 5.1.2. 500 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri	42
Tablo 5.2.1. 330 W Gücünde 10 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri ...	43
Tablo 5.3.1. 365 W Gücünde 10 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri ...	44
Tablo 5.4.1. 300 W Gücünde 20 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri ...	45
Tablo 5.4.2. 700 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri	46
Tablo 5.5.1. 330 W Gücünde 20 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri ...	47
Tablo 5.6.1. 365 W Gücünde 20 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri ...	48
Tablo 5.7.1. 300 W Gücünde 30 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri ...	49
Tablo 5.7.2. 1000 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri	49
Tablo 5.8.1. 330 W Gücünde 30 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri ...	50
Tablo 5.9.1. 365 W Gücünde 30 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri ...	52
Tablo 5.10.1. 300 W Gücünde 50 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri .	53
Tablo 5.10.2. 1500 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri	53
Tablo 5.11.1. 330 W Gücünde 50 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri .	55
Tablo 5.12.1. 365 W Gücünde 50 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri .	56
Tablo 5.13.1. 300 W Gücünde 70 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri .	57
Tablo 5.13.2. 2000 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri	58
Tablo 5.14.1. 330 W Gücünde 70 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri .	59
Tablo 5.15.1. 365 W Gücünde 70 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri .	60
Tablo 5.16.1. 300 W Gücünde 100 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri	61
Tablo 5.16.2. 3000 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri	62
Tablo 5.17.1. 330 W Gücünde 100 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri	63
Tablo 5.18.1. 365 W Gücünde 100 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri	64
Tablo 6.2. Rüzgâr Türbinleri Maliyeti [46,47]	66
Tablo 6.3. Akülerin Maliyeti [59,60]	66
Tablo 6.4. İnvertörlerin Maliyeti [59]	67

Tablo 6.6.1. Hibrit Sistem Varyasyonlarına Ait Maliyet	67
Tablo 6.6.2. Hibrit Sistem Elemanlarının Maliyet Dağılımı (%).....	68
Tablo 6.6.3. Hibrit Sistem Varyasyonlarına Ait Elemanlar	69
Tablo 6.6.4. Önerilen Varyasyonların Kampüs Elektrik İhtiyacını Karşılama Yüzdesi ve Faydalı Ömür.....	70
Tablo 6.6.5. Rüzgâr ve Güneş Enerji Santralleri Faydalı Ömür [62]	71



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanması sürecinde desteklerini esirgemeyen ve üzerimde yadsınamaz emekleri olan danışmanım Sayın Doç. Dr. Leyla ÖZGENER ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Pelin TÜRK
Manisa, 2018



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CBÜ Muradiye Yerleşkesi Hibrit Sistem Varyasyonları: Durum Çalışması

Pelin TÜRK

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Leyla ÖZGENER

Artan enerji ihtiyaçlarına alternatif olarak sunulan temiz, sonsuz enerji kaynağı olarak bilinen yenilenebilir enerjinin önemi her geçen gün artmaktadır. Son zamanlarda yapılan büyük yatırımlar sınırlı kaynak olan petrol, doğalgaz üzerine değil yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerji santralleri ve rüzgâr santralleri üzerine yapılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürekli olması için geliştirilen hibrit enerji sistemleri, bu yatırımlardan pay almaktadır.

Bu tez çalışmasında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Kampüse ait elektrik ihtiyacını karşılamak için rüzgâr ve güneş enerjilerinden oluşan hibrit sistem varyasyonları tasarlanmış ve varyasyonların maliyet analizi yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda kullanılan rüzgâr hızı ve güneş ışınlamı verileri seçilen lokasyona aittir. Elektrik ihtiyacına ilişkin bilgi için Manisa Celal Bayar Üniversitesi yerleşkesindeki elektrik fatura bilgileri alınmıştır. Sonuç olarak, farklı kurulu güç ve maliyetlerle toplam 18 adet hibrit sistem varyasyonları tasarlanmıştır. Bu varyasyonlar karşılaştırılmış ve optimum varyasyon önerilmiştir. Optimum varyasyon önerisi yapılırken varyasyonların faydalı ömürleri ve ürettikleri enerji miktarı dikkate alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hibrit Sistem Enerjisi, Rüzgâr Enerjisi, Güneş Enerjisi, Maliyet Analizi

2018, 78 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

CBU Muradiye Campus Hybrid System Variations: Case Study

Pelin TÜRK

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Leyla ÖZGENER

The importance of renewable energy known as clean, endless energy source and became available as an alternative for growing energy needs is increasing day by day. Big investments in recent times are put into renewable energy sources like solar and wind power plants rather than limited sources like oil and gas. Hybrid energy systems which are improving to perpetuate renewable energy resources get a share of these investments.

In this thesis, hybrid system variations which consist of wind and solar energy were designed and cost analysis of the variations was made to meet the electricity demand of Manisa Celal Bayar University Muradiye Campus. The wind speed and solar radiation data used in calculations are belonging to the selected location. For electricity need information, utility bill of Manisa Celal Bayar University Muradiye Campus was received. As a result, a total of 18 hybrid system variations with different installed power and cost were designed. These variations were compared and optimum variation was suggested. When the optimum variation was proposed, the useful lives of the variations and the amount of energy that they produce were considered.

Key Words: Hybrid System Energy, Wind Energy, Solar Energy, Cost Analysis

2018, 78 pages

1. GİRİŞ

Günümüzde her geçen gün artarak büyüyen enerji açığını kapatmak için çeşitli enerji sistemleri tasarlanmaktadır. Artan enerji talebine en sağlıklı alternatif hiç şüphesiz hibrit enerji sistemleridir. Hibrit; iki farklı enerji kaynağının bir arada bulunması olarak tanımlanır. Hibrit enerji sistemleri ise elektrik üretimi amacıyla iki ya da daha fazla birbirinden farklı enerji kaynağının bir arada kullanılmasıdır. Rüzgâr ve güneş hibrit enerji sisteminde güneş ışınlarının yeteri kadar olmadığı bulutlu havalarda güneş enerjisinden doğabilecek eksikliği rüzgâr enerjisi, aynı zamanda rüzgâr hızının belirli bir değer altında olduğu zaman rüzgâr enerjisinden doğabilecek eksikliği güneş enerjisinin tamamlaması açısından aralıksız olarak enerji üretmeleri söz konusudur. Hibrit enerji sistemleri bu gibi kritik özelliklerinden dolayı enerji üretimi açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir.

Hibrit sistem temalı bu tez çalışmasında enerji talebini karşılamak için rüzgâr ve güneş enerjisinden oluşan çeşitli hibrit sistem varyasyonları tasarlanmıştır. CBÜ Muradiye yerleşkesi elektrik enerjisi ihtiyacı için 2016 yılı elektrik fatura bilgisi alınmış ve hibrit sistem varyasyonlarının 2016 yılı elektrik talebinin yüzde kaçlık kısmını sağladıkları tespit edilmiştir. Çeşitli kurulu güç ve maliyetlerdeki hibrit sistem varyasyonları tasarlanmış ve faydalı ömür, maksimum enerji üretimi gibi faktörler göz önüne alınarak optimum hibrit sistem varyasyonu önerisinde bulunulmuştur. Rüzgâr ve güneş enerji santrallerindeki faydalı ömür belirlemesi Vergi Usul Kanunu Genel Tebliği'nde amortismanına tabi iktisadi kıymetler listesinde yapılmıştır. Rüzgâr türbini seçiminde, belirlenen lokasyona ait rüzgâr hızı dikkate alınmış ve bunun için küçük ölçekli rüzgâr türbinleri kullanılmıştır. Küçük ölçekli rüzgâr türbinlerinin en önemli özelliği başlangıç hızının düşük olmasıdır. Güneş panelleri ise rüzgâr enerjisinden kaynaklanan düşük enerji üretim etkisini kapatmak amacıyla farklı yüksek güce sahip olan panellerden seçilmiştir. Hibrit sistem varyasyonları kurulu güce göre şebekeden bağımsız ya da şebekeye bağlı olarak (3 adet şebekeye bağlı hibrit sistem varyasyonları ve 15 adet şebekeden bağımsız hibrit sistem varyasyonları) tasarlanmıştır. Şebekeye bağlı hibrit sistemlerde akü ve şarj kontrol cihazı ekipmanları kullanılmamıştır.

Sonuç olarak bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı CBÜ Muradiye Yerleşkesi elektrik enerji ihtiyacının bir kısmının karşılanması için tasarlanmış olması ve buradaki rüzgâr, güneş ölçümlerine ait verilerin kullanılmasıdır. Ayrıca CBÜ Muradiye yerleşkesi için faydalı ömür ve elektrik enerjisi üretme yüzdesi temel alınarak optimum hibrit sistem enerji varyasyonu önerisinde bulunulması, kampüs elektrik fatura bilgilerinin analizi, varyasyonların maliyet analizi ve hibrit sistem varyasyonlarının eksiklikleri için önerilen çözümler ileride kampüs için yenilenebilir enerji ile ilgili yapılacak çalışmalara da ışık tutacaktır.

Hibrit sistem ile ilgili analiz, inceleme, deneysel çalışmaları içeren literatür çalışmaları “literatür özeti” başlığı altında verilmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Engin (2004) tarafından yapılan çalışmada, güneş-rüzgar hibrit enerji üretim sistemine bağlanacak su pompalama sisteminin simülasyon sonuçları gösterilmiştir. Hibrit enerji üretim sisteminin modelini oluşturan PV, rüzgâr türbini, batarya ve pompanın matematik modelleri literatürden alınmıştır. İnvertör, konvertör, denetim birimi, yük ve şarj regülatörü gibi yardımcı elemanların modelleri ise elektrik elektronik bilgileri kullanarak yazılmıştır. Sistemin simülasyonunu MATLAB Simulink simülasyon programı ile yapılmıştır [1].

Engin ve Çolak (2005) tarafından yapılan çalışmada, güvenlik aydınlatması yapacak güneş-rüzgâr hibrit enerji üretim sistemini boyutlandırılmıştır. Boyutlandırılan sistem kurularak bir yıl boyunca güneş gözesi, rüzgâr türbini, batarya gurubu, şarj regülatörleri ve invertörün performans değerleri ölçülmüştür. Ölçümlerden elde edilen veriler kullanarak üretilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı, sistemin verimi, güvenilirliği ve tüketilen enerjinin birim maliyeti hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre hibrit enerji üretim sisteminin verimini arttırmak, ürettiği enerjinin birim maliyeti düşürmek ve güvenilirliğini yükseltmek için kurulu sistem üzerinde yapılması gereken yenilikler tartışılmıştır [2].

Koca (2006) tarafından yapılan çalışmada, mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarındaki teknolojik gelişmeler ayrı ayrı incelenmiş, ayrıca sistem verimliliğini artırmak ve enerji sürekliliğini devam ettirmek amacıyla kullanılan

hibrit enerji sistemleri açıklanmıştır. Örnek PV modül ve rüzgâr jeneratörü uygulaması ile müstakil bir evin yaklaşık sistem maliyet hesabı yapılmıştır [3].

Nouni ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan, Maharashtra eyaletinde enerji ihtiyacı için rüzgâr-güneş PV hibrit enerji sisteminin fizibilitesi araştırılmıştır. Sistemin kapasitesi, enerji talebi ve yenilenebilir kaynakları (rüzgâr hızı, güneş ışınları vs.) temel alarak karşılaştırılmıştır. Sistemin fizibilitesi tekno-ekonomik olarak analiz edilmiştir. Teknik olarak, enerji arzında bir eksiklik bulunmamaktadır. Ekonomik çalışma, enerji maliyeti ve net bugünkü maliyeti içermektedir. 22 yıllık hava durumu verileri Hindistan'daki Maharashtra eyaletinin 34 olası yeri için veriler Meteoroloji web sitesinden alınmıştır. HOMER yazılımını önerilen hibrit enerji sistemini optimize etmek için kullanılmıştır [4].

Kurban (2007) tarafından yapılan çalışmada, Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsünde kurulmuş olan hibrit (rüzgâr-güneş) enerji santral modelinin, rüzgâr hızı, güneş ışınım şiddeti, izlenen saat verilerine dayalı olarak belirlenen günlük yük talebini karşılayacak enerji üretip üretmeyeceği lojistik regresyon modelleri olan logit ve probit regresyon ve tek katmanlı perseptron kullanılarak sınıflandırılmıştır. Yapmış olduğu analizler sonucunda logit ve probit regresyon modellerinin yaklaşık % 87 doğruluk oranıyla, perseptronun ise yaklaşık olarak % 70 doğruluk oranıyla sistemin çalışma durumu tespit edilmiştir [5].

Aktacir ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada, Harran Üniversitesi Osmanbey Yerleşkesinde saha aydınlatması amacıyla prototip bir rüzgar-güneş hibrit sistemi kurulmuştur. Çalışmada, söz konusu hibrit sistem bileşenleri tanıtılmakta ve sistem tasarımı ile performansını etkileyen parametreleri tartışılmıştır. Hibrit sistemin, özellikle aydınlatma gibi sabit güç tüketen uygulamalar için, gerekli elektrik enerjisini kesintisiz ve güvenilir bir şekilde sağlayabildiği gözlemlenmiştir [6].

Yılmaz (2008) tarafından yapılan çalışmada, Gökçeada'nın elektrik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarıyla nasıl karşılanabileceği analiz edilmiştir. Gökçeada'nın elektrik ihtiyacını karşılayacak yenilenebilir enerjili hibrit (melez) veya hibrit olmayan sistem tasarımının en uygununa karar verebilmek için HOMER programı kullanılmıştır [7].

Gökçınar (2008) tarafından yapılan çalışmada, ülkemizde ve dünyada rüzgâr potansiyeli belirterek rüzgâr enerjisine yönelik teşvik ve uygulamaların maliyet açısından karşılaştırması yapılmış, ülkemizde rüzgâr enerjisi yatırımını ve kullanımını artırmaya yönelik yapılabilecek çalışmalar tanımlanarak, enerjide sürekliliğin ve verimin artırılmasına yönelik hibrit (bütünleşik) sistem uygulamalarına değinilmiş ve örnek bir uygulama yapılmıştır [8].

Özgener (2010) tarafından yapılan çalışmada, Manisa'da Celal Bayar Üniversitesi Muradiye Yerleşkesi için rüzgâr enerjisi potansiyeli araştırılmıştır. Kasım 2006 – Aralık 2007 tarihleri arasında, 30 metrelik ölçüm direği kullanılmış ve 10, 20, 30 metre yüksekliklerden rüzgâr hızı değerleri kaydedilmiştir. 30 metre yükseklikteki noktada yıllık ortalama 3,21 m/s rüzgâr hızı tespit edilmiştir. Elde edilen verileri 65 metre yüksekliğe uyarladıklarında istatistiksel analiz sonuçlarında 4,34 m/s'lik rüzgâr hızı değerine ulaşılmıştır. Sonuçlar ışığında türbin seçenekleri sunulmuş, fakat daha sağlıklı değerlendirme yapılabilmesi için daha uzun süreli veri toplanmasının gerekli olduğu vurgulanmıştır [9].

Çetin (2010) tarafından yapılan çalışmada, bir fotovoltaiik-rüzgâr türbini-yakıt pili hibrit enerji sistemi ele alınmıştır. Toplam 565 W gücünde 12 V DA karakteristikli yükler ile toplam 170 W gücünde 24 V DA karakteristikli yüklerin yer aldığı bir mikro DA dağıtım sistemi kurulmuştur. Sistem üzerinde bu yüklerin devreye alınması ile çeşitli elektriksel deneyler yapılmıştır. Yapılan deney sonuçları, hazırlanan Matlab benzetimi ile de karşılaştırmıştır. Ayrıca sistemin yıldırımdan korunmasına yönelik de bir koruma sistemi tasarlanmış ve uygulanmıştır. Neticede DA enerji dağıtım sistemlerinin yenilenebilir hibrit enerji sistemlerinde kullanılabilirliği, AA sistemlere göre avantajlı yönleri ve sonrasında yapılabilecek çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur [10].

Köse (2010) tarafından yapılan çalışmada, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampus alanı içerisinde rüzgâr ve güneş enerjisinden oluşan şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı hibrit enerji sistemlerinden elektrik üretimi teorik olarak incelenmiştir. Bölgede rüzgâr ve güneş potansiyeline ilişkin daha önce yapılmış ve bunlar yayımlanmış olup elde edilen veriler kullanılmıştır. Çeşitli rüzgâr türbini imalatçılarına ait rüzgâr türbinleri ve güneş panelleri kullanılarak oluşturulmuş olan hibrit enerji sisteminde kurulu gücü 1-10 kW arasında olan on adet şebekeden

bağımsız, 15 kW ile 45 kW arasında altı adet şebekeye bağlı olmak üzere toplam on altı adet senaryo oluşturulmuş olup elektrik enerjisi üretimi araştırılmıştır. Rüzgâr ve güneş enerjisinden aylık ve yıllık bazda üretilen elektrik enerjisi değerleri ve maliyet analizi Microsoft Excel programı kullanılarak hesaplanmıştır [11].

Engin (2010) tarafından yapılan çalışmada, İzmir’de batarya yedekli PV-rüzgâr hibrit enerji sisteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Günlük ortalama tüketimi 12,1 kWh ve en yüksek tüketimi 3,7 kW olan örnek ev otonom yük olarak kabul edilmiştir. Sistemi boyutlandırmak için HOMER yazılımı kullanılmıştır. Rüzgâr hızı, güneş ışınlamı ve sıcaklık verilerine göre boyutlandırılan sistemin duyarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu PV-rüzgâr hibrit enerji sisteminin günümüzde elektrik üretimi için uygun çözüm olmadığı görülmüştür. Ancak gelecekte kurulum maliyetinin düşmesi veya üretilen fazla elektriğin şebekeye satılmasının yasa ile izin verilmesi ile birim maliyetinin düşebileceği ve tasarlanan sistem ekonomik bir seçenek olabileceği sonucuna varılmıştır [12].

Erdoğan (2010) tarafından yapılan çalışmada, örnek bir binanın ısıtım zaman serileri metoduna göre saatlik olarak dinamik ısı kazancı değerleri hesaplanmıştır. Binanın ısı kazancı hesaplanırken Antalya, Konya, Mersin, Muğla, Şanlıurfa gibi güneş alma kapasitesi yüksek olan illere ait meteorolojiden temin edilen (1997-2008 yılları arasında) sıcaklık, rüzgâr hızı ve ısıtım şiddeti verileri kullanılmıştır. Binanın soğutma ihtiyacını karşılamak için Türkiye’nin çeşitli iklim şartlarında buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimine göre çalışan hava-hava ısı pompası sisteminin termodinamik analizi yapılmıştır. Kompresörün elektrik ihtiyacının temiz enerji kaynağı olan güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretilmesi ile karşılanması durumları farklı fotovoltaik ve rüzgâr türbin verimleri kabul edilerek değerlendirilmiştir. Soğutma sistemi için gerekli elektrik enerjisi ihtiyacının sadece elektrik hattından, güneş enerjisinden, rüzgâr enerjisinden veya bunların birbirini destekleyen farklı kombinasyonlarından karşılanması durumları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan seçilen beş il için sistemin kullanılabilirliği görülmüştür [13].

Dinçsoy (2010) tarafından yapılan çalışmada, Ege bölgesinde bulunan bir otelin enerji ihtiyacını karşılayacak optimum sistem konfigürasyonunu belirlemek amacıyla, HOMER programı kullanılmıştır. Optimum sistem aranırken, şebeke

bağlantılı veya şebeke bağlantısı sadece elektrik satışı için kullanılan, şebeke yerine dizel jeneratörün kullanıldığı, sadece yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ile yükün karşılanması gibi durumları içeren farklı senaryolar incelenmiştir. Bu senaryoların her biri, 1500 kW ve 900 kW gibi iki farklı anma değerine sahip rüzgâr türbini kullanılarak da ayrı ayrı ele alınmıştır. Ayrıca, bu senaryoların içinde, elektrik fiyatının artması, dizel yakıt fiyatının artması ve azalması gibi durumları da göz önüne alarak modellemeler yapılmış ve bunların arasından optimum sistem tespit edilmeye çalışılmıştır [14].

Başaran ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, Adnan Menderes Üniversitesi Söke Meslek Yüksekokulu'na kurulacak olan hibrit güç sisteminin tasarımı yapılmıştır. Hibrit güç sisteminin bir parçası olan fotovoltaik sistemin kurulumu yapıp enerji üretir hale getirilmiş, rüzgâr güç sistemi için ise MATLAB/Simulink ortamında simülasyonlar yapılmıştır. Projenin ilk aşaması olarak, Söke Meslek Yüksekokulu Binasının dış aydınlatmasını yapan lambaları beslemek için otonom çalışan fotovoltaik sistem kurulmuştur. Sistemde 4 adet 140 Wp değerinde monokristal güneş paneli kullanılmıştır. Ayrıca, kurulumu yapılan sistemin enerji üretimi belirlenerek amortisman süresi hesaplanmıştır [15].

Yanıktepe ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Karacaoğlan yerleşkesinde bir Rüzgâr-Güneş Hibrit sistemi uygulanmış ve sistemi oluşturan ekipmanlar tanıtılmıştır. Çalışmanın en önemli sonucu bölgede bu tip sistemlerin uygulanabilirliği hakkında farkındalık oluşturmaktır. Üniversitede kurulu Rüzgâr-Güneş Hibrit Sistemin ilerleyen dönemlerde verimlilik analizlerini yapmak amacıyla bir prototip oluşturulmuştur. Böylece yapılacak olan araştırma geliştirme faaliyetleri için gerekli altyapı sağlanmıştır [16].

Kalkan, Bercin, Cangul ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, Southampton Üniversitesi Highfield Kampüsündeki elektrik enerjisi ihtiyacı fosil yakıtlar kullanılarak sağlanmakta olduğu ancak bu yöntemin sürdürülebilir olmadığı bu yüzden ana hedef olarak kampüsteki enerji üretiminin daha sürdürülebilir yolları araştırılmış, analiz edilmiştir. Analiz edilecek, enerji üretimi ve ısı üretimi için incelenecek iki tür sistem seçilmiştir. Bunlar fotovoltaik sistemler ve ısı pompalarıdır. Highfield Kampüsünün elektrik taleplerini olabildiğince karşılayabilen şebekeden bağımsız PV sistemini tasarlayanın teknik ve fizibilite yönleri

araştırılmıştır. Aynı şekilde, hava kaynaklı ısı pompası sistemi, seçilen binaların ısıtma taleplerini karşılayabilmesi için de tasarlanmıştır. Çalışmanın ana hedefleri olarak; PV'lerin ve ısı pompalarının çalışmasının temel prensipleri hakkında bilgi verilmesidir. Kampüsteki farklı binaların hem ısıtma hem de enerji için enerji tüketim oranlarının belirlenmesidir. Önerilen tasarımların maliyetinin ve geri ödeme süresinin hesaplanmasıdır. Önerilen tasarımların kampüsün enerji taleplerini karşılayıp karşılamadığı ve bunları yerleştirmenin ekonomik ve uygulanabilir olup olmadığı tespit edilmesi, olarak belirlenmiştir [17].

Özsoy (2011) tarafından yapılan çalışmada, Afyon Kocatepe Üniversitesinde bulunan Elektrik laboratuvarının genel aydınlatması için gerekli elektrik enerjisinin, hibrit rüzgâr-güneş güç üretim sistemi ile karşılanabilmesi için, Afyonkarahisar iline ait güneşlenme süresi ve ortalama rüzgâr hızı verileri dikkate alınarak, en uygun sistem bileşenlerinin bulunması ve maliyetinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde tezin amacı ve kapsamı hakkında kısaca bilgi verildikten sonra hibrit güç üretim sistemleri ile daha önce yapılmış çalışmalara ait özet bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde; dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının durumuna değinilerek, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi hakkında genel bilgiler verilmiş ve hibrit sistem bileşenleri ele alınmıştır. Üçüncü bölümde; hibrit sistem bileşenlerinin belirlenmesi için gerekli hesaplamalar yapılmış ve maliyetleri tespit edilerek en uygun sistem tasarlanmıştır. Dördüncü bölümde hesaplamalar sonucunda elde edilen bulgular ve bunlara etki eden parametreler verilmiştir. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir [18].

Oguz (2012) tarafından yapılan çalışmada, Afyonkarahisar Üniversitesi Elektrik Eğitimi Bölümünde iki laboratuvarında bulunan küçük güçlü alıcıların beslemesi için gerekli olan elektrik enerjisinin karşılanması hibrit rüzgâr-güneş enerji üretim sistemi ile yapılmıştır. Bunun için 600 W’lık 3 fazlı sabit mıknatıslı senkron jeneratörlü, rüzgâr güç üretim sistemi ile 190 W’lık 3 adet monokristal güneş panelinden oluşan güneş güç üretim sistemi birleştirilerek 1170 W’lık rüzgar-güneş hibrit güç üretim sistemi kurulmuştur. Simülasyon sonuçlarından elde edilen eğrilere bakıldığında kurulan hibrit güç üretim sisteminin dinamik davranışına paralel olarak elektriksel ve mekaniksel büyüklüklerde çok büyük bir farklılığın olmadığı görülmüştür [19].

Selçukoğlu (2012) tarafından yapılan çalışmada, fotovoltaiik sistem, rüzgâr enerji sistemi ve hibrit sistemlerden elektrik enerjisi üretimi incelenmiş, sistemlerin tasarlanması, karşılaştırılması ve ekonomik analizleri yapılmıştır. Sistem tasarımlarını gerçekleştirmek ve her sisteme ait teknik-ekonomik parametreleri belirlemek için PVsyst ve HOMER programları kullanılmıştır. Belen, Kırklareli, Karaman, Konya, Gelibolu ve Sinop tasarım bölgeleri olarak seçilmiştir. Sistem maliyetleri ve birim enerji maliyetleri yıllık 1500 kWh, 2500 kWh ve 3500 kWh'lik üç farklı yükleme durumu için incelenmiş, kapasite yetersizlik oranının sistemler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sistemler, şebekeden bağımsız ve şebeke bağlantılı olarak ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre şebeke bağlantılı sistemlerin şebeke bağlantısız sistemlere göre daha ekonomik olduğunu belirlenmiştir [20].

Hekim (2012) tarafından yapılan çalışmada, şebekeye bağlı FRHES Matlab-Simulink benzetimi ile modellenmiştir. Modellenen sistem üzerindeki akım, gerilim dalga şekilleri ölçülmüştür. Değişik rüzgâr hızı parametrelerinde modellenen Rüzgâr Türbini sisteminin ve değişik ışıınım ve sıcaklık değerlerinde de modellenen Fotovoltaiik sistemin tepkileri incelenmiştir. Şebekeye bağlı sistemlerinde harmonikler Matlab-Simulink'te "Scope" ve "Power Gui FFT Analiz" metotlarıyla ölçülerek, ölçüm sonuçları değerlendirilmiş, sistem çalışmasına etki eden diğer parametreler araştırılmıştır [21].

Baran (2012) tarafından yapılan çalışmada, Malatya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan saatlik güneş ve rüzgar verileri kullanılan güneş-rüzgâr hibrit sistem tasarımı için bir optimizasyon çalışması yapılmıştır. Hibrit güneş-rüzgâr güç üretim sistemlerinin tasarımında iki temel konu üzerinde araştırma yapılması gerekmektedir. Bunlardan birincisi değişen atmosferik koşullar altında hibrit sistemde yükün güçsüz kalma olasılığı, ikincisi ise bu olasılığa bağlı olarak oluşan sistem maliyetidir. Optimum sistem tasarımında bu iki kriterin de minimum seviyede olması gereklidir. Bu çalışmada her iki kriterin minimum olduğu değerleri hesaplamak için MATLAB'da bir program yazılmıştır. Optimizasyon sürecindeki karar değişkenleri güneş pili sayısı, rüzgâr türbini sayısı, batarya sayısı ve rüzgâr türbini kurulum yüksekliğidir. Önerilen yöntem Malatya ilindeki bir telekom radyolink istasyonunun elektrik ihtiyacını karşılamak için uygulanmış ve çalışma sonunda tasarım sonuçları verilmiştir. Tasarlanan sistemin sonuçlarını doğrulamak

için, özellikle rüzgâr hızı farklı olan Çanakkale ilinin de hibrit sistem tasarımı yapılmıştır [22].

Karaca (2012) tarafından yapılan çalışmada, geleceğin enerji üretim yöntemleri olan temiz enerjiden, bir evin enerji ihtiyacının karşılanabilmesi araştırılmıştır. Çalışma Konya iklim şartlarına göre yapılmıştır. Bir evin aylık ortalama tüm enerji giderleri çıkarılmıştır. Konya'nın hava değerlerine göre ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin, güneş ve rüzgâr enerjisi ile karşılanması analiz edilmiştir. Bunun için güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi yapan bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Böylece tüm dünyada hızla yaygınlaşan yenilenebilir enerji üretim çalışmalarının Konya şartlarında uygulanabilirliği, mevcut enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının etkililiği, yenilenebilir enerji sistemlerinin avantaj ve dezavantajları incelenmiştir. Temiz enerji konusunda kafalarda belirsizlik oluşturan pek çok konuya bilimsel veriler ışığında çözüm getirilmiştir [23].

Dursun (2012) tarafından yapılan çalışmada, HOMER yazılımını kullanarak, güneş enerjisi ve yakıt hücresi enerji üretim sistemi (elektrolizör / hidrojen tankı / yakıt hücresi) ile Kırklareli Üniversitesi Kavaklı kampüsünün yük ihtiyacı tedarik imkânları araştırılmıştır. Yenilenebilir hibrit güç sistemleri yenilenemez enerji kaynaklarının neden olduğu emisyonları azaltabilir. Çeşitli hibrit sistemler; enerjinin maliyeti, yenilenebilir fraksiyonu, toplam net bugünkü maliyeti ve hidrojen üretimi dikkate alınarak kendi aralarında incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca, yakıt hücresinin hibrit sistemlere entegre edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, şebeke bağlantılı sistemlerin etkin maliyeti beklendiği gibi görülmektedir. Şebekeye-bağlı PV hibrit sistem enerji maliyeti ve net bugünkü maliyeti düşük olmasına karşın, şebekeye bağlı PV / yakıt hücresi hibrit sisteminin enerji maliyeti 0,294 \$/kWh olup optimum (ideal) olan sistemden biraz daha yüksek maliyeti olduğu görülmüştür [24].

Bayraktar (2013) tarafından yapılan çalışmada, küçük ölçekli hibrit enerji santralinde üretilen enerjinin verimli kullanılabilmesi ve hibrit enerji santralinden beslenen yüklerin enerji sürekliliğinin sağlanabilmesi ihtiyacı üzerinde durulmuştur. Bu ihtiyacın karşılanabilmesi için hibrit enerji santralinin denetlenmesini amaçlanmıştır. Denetim sistemi için hibrit enerji santrali tarafından üretilen gücün tespit edilebilmesi için akım, gerilim, frekans ve akü gerilim değerleri ölçülmüştür.

Denetim sistemi tarafından kontrol edilen akü gerilim değerin belirlenen gerilim sınır değerlerinin altında olması durumunda yüklerin beslenmesi için üçüncü bir enerji kaynağına gerek duyulmuştur. Denetim sisteminin devreye alınması ile hibrit enerji santralinde üretilen enerjinin verimli kullanılması sağlanmıştır. Birinci ve ikinci öncelikli olarak belirlenen yüklere öncelikle hibrit enerji santralinden beslenmesi sağlanmış ve gerektiğinde de üçüncü enerji kaynağı devreye alınmıştır. Çalışmada bir yıla yakın süre için rüzgâr ve güneş enerjisi ile üretim yapan küçük ölçekli hibrit enerji santrali incelenmiştir. Güneşin verimli olduğu zamanın yaz ayları, rüzgârın verimli olduğu zamanın kış ayları olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum tek başına sürekliliği olmayan enerji kaynaklarının kullanımı yerine birbirini tamamlayan enerji kaynaklarının bir arada kullanıldığı hibrit enerji santrallerinin daha uygun olduğu ortaya koyulmuştur [25].

Irwan ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada, enerji maliyetlerindeki artış, türbinler, jeneratör ve fotovoltaik (PV) panellerdeki fiyat azalışları fotovoltaik / rüzgâr hibrit sistem kullanımı yaygınlaşmış bu yüzden çalışma fotovoltaik / rüzgâr hibrit sistem için yeni bir bakış açısı sağlanmıştır. Malezya'nın Perlis eyaletinin başkenti Kangar'da yapılmış olan bu çalışma iki ana bölümden oluşmaktadır bu bölümler fotovoltaik modül için soğutma sistemi ve rüzgar türbini için Savonius ve Darrieus kombinasyon yöntemi. PV hücresinin elektrik verimi güneş radyasyonunun emilmesi sırasında çalışma sıcaklığına bağlı olduğundan dolayı aktif bir PV soğutma sistemi; homojen hava akışı dağılımı için giriş / çıkış manifoldu ile fırçasız doğru akım fanı kullanılarak tasarlanmış ve pv modülünün arkasına bağlanmıştır. Rüzgâr türbini için Savonius ve Darrieus'da birleştirme metodu ve fotovoltaik modül için soğutma sistemi kullanılmıştır. Çıkış geriliminin sonuçları; fotovoltaik / rüzgâr hibrit sistemi ile geleneksel hibrit sistemleri arasındaki dezavantajı aşmak için bataryanın şarj süresi döneminde düşük rüzgâr hızı ile çalışan daha yüksek gerilim üretilbileceği vurgulanmıştır [26].

Kabul ve Duran (2014) tarafından yapılan çalışmada, güneş enerjisinden elektrik üretimi esnasında panel sıcaklığının artması sonucu azalan verimi, paneli su ile soğutarak artırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılmış olan deneysel çalışmada, PV panelin arka yüzeyine yerleştirilen borular içerisinden geçirilen su ile panel yüzeyinde soğutma sağlanmıştır. Panelin ısısını alarak sıcaklığı artan su, bir su

deposu içerisinde dolaştırılarak bünyesindeki ısı depodaki suya aktarılmaktadır. Bu şekilde panelin soğutmasıyla hem PV/T sistemin verimi artırılmış hem de sıcak su temin edilmiş olacaktır. Deney sonuçlarına göre, soğutmalı ve soğutmasız paneller karşılaştırıldığında, sistemin soğutulmasıyla elektrik üretiminde yaklaşık % 35'lik güç artışı ve % 7'lik bir verim artışı elde edilmiştir [27].

Ulutaş (2015) tarafından yapılan çalışmada, rüzgâr ve güneşten elektrik üretebilen hibrit enerji sistemi tasarlanmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Hibrit sistemin Matlab/Simulink programında tasarımı ve farklı senaryolara göre gerekli analizler gerçekleştirilmiştir. Uygulaması gerçekleştirilen sistemde rüzgâr ve güneşten üretilen enerji akülerde depolanmakta ve gerektiğinde yüklere aktarılabilmektedir. Aküler dolduğunda üretilen enerji doğrudan yüklere gönderilmektedir. Akülerde enerjinin olmadığı ve rüzgâr türbiniyle PV panellerin enerji üretmediği durumlarda yüklere gerekli enerji on-grid bağlantı ile şebekeden karşılanmıştır. Bu şekilde yüklerin her zaman enerji ihtiyacı karşılanmış olmaktadır. Hibrit sistemde kullanılan PV panellerin ve rüzgâr türbinin çıkışı akülerle birlikte şebeke gerilimi ve frekansını sağlayan hibrit invertre bağlanmış ve çıkışından yükler beslenmiştir. Sistemi oluşturan PV panellerinin ve rüzgâr türbininin ürettiği enerji, akım ve güç değerleri anlık, günlük, haftalık ve aylık olarak, akü grubunun da anlık olarak doluluk durumu ve şarj olma durumu hibrit invertre kaydedilebilmektedir. Bu veriler ile hibrit sistemin verimleri incelenmiştir [28].

Devrim ve Bilir (2016) tarafından yapılan çalışmada, Ankara İncek bölgesinde bulunan 150 m² ortalama bir evin elektrik enerjisi üretimi için fotovoltaiik güneş panelleri, küçük ölçekli rüzgâr türbini, elektrolizör ve proton değişim membranlı yakıt pili hibrit sistemi kombinasyonu üzerinde durulmuştur. Birincil kaynak olarak güneş ve rüzgâr enerjilerini yedek güç olarak bir proton değişim membranlı yakıt pili kullanılmıştır. Bu evin günlük elektrik ihtiyacı 5 kWh olarak alınmıştır. Yapılan çalışmada hibrit sistemin kasım ayı hariç(kasım ayı elektrik enerjisi eksikliğine çözüm olarak şebekeden sağlanması) diğer bütün aylarda kabul edilen elektrik enerji ihtiyacını karşıladığı hatta yaz aylarında elektrik üretiminin 2 katına çıktığı fazla olan bu elektrik enerjisini de ısıtma ve soğutmada kullanılabileceği belirtilmiştir [29].

Ramli ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, Suudi Arabistan'ın batı kıyı alanı için Rüzgâr / Güneş hibrit sisteminin tekno-ekonomik enerji analizi yapılmıştır.

Çalışmada yıllık ortalama güneş ışınlamını $5.95 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{gün}$ ve rüzgâr hızı ve $3.53 \text{ m} / \text{s}$ olarak alınmıştır. Hibrit sistemin enerji maliyetinde en fazla payı pil ve rüzgâr türbini oluşturmuştur. Rüzgâr türbininin bu fazla maliyetine karşın süreklilik açısından (gece elektrik üretimi) önemli olduğu bu nedenle, tüm elektrik talepleri enerji üretiminin en az maliyetle sunulmasını sağlamak amacıyla rüzgâr / güneş hibrit sistem bileşenlerinin en iyi boyutunu seçmek için önemli olduğu vurgulanmıştır. Sistemin teknik ve ekonomik analizlerini yapmak için Matlab ve HOMER yazılımları kullanılmıştır. Yapılan Simülasyon sonuçlarına göre, Suudi Arabistan batı kıyı alanı elektrik sağlamak için rüzgâr ve güneş yeterli potansiyel enerjiye sahip olduğu ortaya konulmuştur [30].

Habibullah (2016) tarafından yapılan çalışmada, fotovoltaiik, rüzgâr ve biyokütle hibrit sistem tasarımı düşünülmüştür. Önerilen şebekenin tasarımı için ücretsiz bir modelleme yazılımı olan HOMER kullanılmıştır. Rüzgâr ve güneş enerjisi temel iki kaynak olarak düşünülmüş ve aktif olduklarında hem sahadaki yüklere enerji sağlamak hem de akü bankalarını şarj etmek için kullanılmıştır. Bununla birlikte enerjinin tavan yaptığı durumlardaki enerji açığını kapatmak için biyogaz enerji üretici kullanılmıştır. Bu güç sisteminin tasarımı için yapılan simülasyon ve optimizasyonlarda yük profili, iklimsel veriler, bileşen fiyatları göz önünde bulundurulmuş ve Net Güncel Maliyet minimize edilerek güç sisteminin optimum ekonomik tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, yük atma, yenilenebilirlik oranı, enerji maliyeti gibi diğer parametreler de tekno-ekonomik açıdan incelenmiştir. Yenilenebilir enerji üretimini gözlemlemek amacıyla PLC tabanlı bir sistem kullanılmıştır. Evdeki sunucu enerji tüketim ve üretim verilerini toplamakta, enerji kestirimi için analiz etmekte, enerji tüketim çizelgesini kullanarak maliyet düşürülmektedir. Yapılan araştırmada ayrıca AC-DC mikro şebeke sistemi incelenmiş ve HOMER yazılımı kullanılarak maliyet açısından karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak, tezde bir mikro şebekede farklı yenilenebilir enerji kombinasyonları ele alınmış ve minimum enerji maliyeti açısından en uygun çözüm sunulmuştur. Bununla birlikte sistemdeki kısıtlar, kullanılabilirlik ve konuyla alakalı güncel problemler belirtilmiştir [31].

Baek ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, Güney Kore'nin en büyük metropol şehirlerinden biri olan Busan şehri için optimum yenilenebilir elektrik

üretimi konfigürasyonu belirlenmektedir. 2013 Busan elektrik enerji talebi verilerini kullanan simülasyon, fotovoltaiik paneller, rüzgar tesisleri, konvertörler ve bataryalar ile 0,399 \$ elektrik maliyeti ve % 100 yenilenebilir fraksiyonlarının optimum konfigürasyonu üretilmektedir. Çalışmada 1/500 ölçekli bir Busan metropol şehri için HOMER yazılımı ile simüle edilen optimum yenilenebilir elektrik üretim sistemi formüle edilmiştir. Simülasyon, en uygun çözümü, 258 rüzgâr türbini (genel 10 kW modeli), 4130 kW PV panelleri, 1482 kW'lık bir konvertör ve 5525 batarya içeren bir sistem olarak önerilmiştir. Sonuç olarak önerilen sistemin 2916 kg azot oksit, 5963 kg kükürt dioksit ve 1.375,372 kg karbon dioksit her yıl azaltılabileceği görülmüştür [32].

Park ve Kwon (2016) tarafından yapılan çalışmada, Güney Kore'deki Kyung-Hee Üniversitesi Ulusal Kampüsündeki yük talebinin karşılanması için dizel jeneratör, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, bataryalar ve şebekeye bağlı-şebekeden bağımsız enerji sistemleri kullanarak çeşitli yenilenebilir enerji üretim sistem senaryoları tasarlanmıştır. Hesaplamaları yapmak için HOMER yazılımı kullanılmış ve üretilen simülasyon sonuçlarına dayanarak, 10 adet senaryonun (5 tanesi şebekeye bağlı, 5 tanesi şebekeden bağımsız senaryo olmak üzere) en uygun çözümleri sunulmuştur. Yenilenebilir enerji üretimi sistemleri için çeşitli senaryoların, enerji maliyeti ve toplam net mevcut maliyet hesaplanmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre önerilen sistemlerin 0,509 \$ ile 0,505 \$ (şebekeye bağlı) ve 0,525 ile 0,531 \$ (şebekeden bağımsız) aralığında bir enerji maliyet değeri aldığı görülmüştür [33].

Gülkovan (2017) tarafından yapılan çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan, güneş ve rüzgâr enerjileri ile iki farklı coğrafi konumda bulunan ve farklı iklimsel özelliklere sahip bölgelerdeki müstakil konutların elektrik ihtiyacını karşılayacak hibrit (fotovoltaiik ve rüzgâr) enerji sisteminin tasarımı ve optimizasyonu yapılmıştır. Bu amaçla farklı coğrafyalardaki iki yerleşim biriminin güneş ve rüzgar verileri karşılaştırılarak sistem tasarımı yapılmış ve optimum sistem konfigürasyonu belirlenmiştir. Hangi enerji sisteminin optimum olduğu ile avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla oluşturulan hibrit sistem tasarlanması ve optimizasyonunda HOMER yazılımı kullanılmıştır Sistem tasarlanırken şebekeye bağlı olmak üzere; yakıt optimizasyonu denilen, yük ihtiyacını sıfırlayan ya da en az indiren şekilde ve müstakil konutun bir yıllık elektrik ihtiyacı kadar elektrik enerjisi

üretebilen optimum sistemin boyutlandırılması ve optimizasyonu olmak üzere farklı senaryolar üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak en uygun hibrit sistem belirlenmiştir [34].

Karadöl (2017) tarafından yapılan çalışmada, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar kampüsünde, güneş ve rüzgâr enerjili hibrit sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan hibrit sistem 260 W gücünde 2 adet güneş panelinden ve 500 W gücünde 1 adet rüzgâr türbininden, 100 Amper/saat değerine sahip 2 adet batarya ve 1600 W gücünde eviriciden oluşturulmuştur. Ayrıca çok rüzgârlı havalarda rüzgâr türbininin zarar görmemesi için frenleme sistemi mevcuttur. Üretilen enerji değerlerini depolayarak analiz yapabilmek için AC-DC gerilimleri ölçerek istenilen gerilim ve akım değerine dönüştürebilen 2 adet gerilim dönüştürücü ve 1 adet 8 kanallı veri kayıt cihazı kullanılmıştır. Güneş panelinden elde edilen DC gerilim ve rüzgâr türbininden elde edilen AC gerilimler ilk olarak şarj kontrol ünitesine doğrultulur ve bu DC gerilimler daha sonra akülerde depolanmıştır. Akülere depolanan DC gerilim evirici sayesinde AC gerilime dönüştürülmüş ve 1000 W'lık bir ampul beslenmiştir. Ayrıca kurulan hibrit sistemden elde edilen gerilim ve akım değerleri veri kaydedicisi sayesinde anlık olarak elde edilmiştir. Böylece güneş panelinden ve rüzgâr türbininden elde edilen gerilim ile akım değerlerini günün farklı bölümleri için alınmış olup ve değerlendirilmiştir. Bu elektrik enerjisinin bir evin günlük enerji ihtiyacını karşılayabileceği ve ihtiyaç fazlası enerjinin şebekeye aktarılabilceği düşünülmüştür [35].

Leblebici (2017) tarafından yapılan çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Rize ili Fırtına deresi çevresindeki dağınık yerleşim yerlerinde üretilen evsel atık suların arıtılarak alıcı ortama deşarjı için çeşitli arıtma tesisi alternatifleri değerlendirilmiş olup seçilen aplikasyon bölgesinin çevresel, iklimsel, ekonomik ve yerel özellikleri de göz önünde bulundurarak en uygun arıtma sistemi belirlenmiştir. Bununla birlikte arıtma tesisinin çalışması için gerekli enerjinin karşılanması için seçilen bölgeye ve spesifik konuma uygun olarak çevreyle uyum içinde faaliyet gösterebilecek yenilenebilir enerji üretim sistemi de tasarlanmıştır [36].

Puianu, Mihaela ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, küçük toplulukların elektrik ihtiyacını karşılamak için 36 adet güneş paneli ve 1 adet rüzgâr türbininden oluşan hibrit sistem yapısı önerisinde bulunulmuştur. Fotovoltaik modelde, bir gün

boyunca güneş radyasyonu ölçümlerinden doğrudan etkilenen PV panelinden elde edilen aktif gücü bir çıktı değişkeni olarak kabul edilmiştir. Rüzgâr türbini modeli için rüzgâr hızına bağlı olarak çıkış değişkeni, rüzgâr türbini tarafından üretilen aktif güç olarak belirlenmiştir. Her iki model için bir gündeki maksimum bağıl hata hesaplanarak doğrulanmış ve sonuç olarak; rüzgâr türbini için % 1,2, PV panel için % 6'lık bir modelleme hatası tespit edilmiştir. Ayrıca, tüketici arzını en aza indirmek için, bir hibrit PV-rüzgâr türbini sistemi tasarımı önerisinde bulunulmuştur [37].

Sava, Gabriela, Nicoleta, ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, Romanya'daki Bükreş Politeknik Üniversitesi Regie Kampüsünde bulunan öğrenci yurdu için yenilenebilir kaynaklara dayalı hibrit bir sistemin teknik ve ekonomik analizi yapılmıştır. Yenilenebilir sistem, küçük ölçekli rüzgâr türbini, güneş modülleri, batarya ve biokütle santralinden oluşmaktadır. Modelleme, simülasyon ve tekno-ekonomik analiz, HOMER yazılımındaki yer ve hava şartları dikkate alınarak geliştirilmiştir. HOMER yazılımı, elektrik maliyeti ve toplam net bugünkü maliyet açısından hibrit sistemler sıralanmış ve en uygun hibrit sistem önerilmiştir. En uygun hibrit sistem tasarımı 50 kW'lık PV modülü, 50 kW'lık konvertör, 1 kW'luk akü ve 110 kW'lık biyogaz jeneratörü ekipmanlarından oluşmaktadır. Hibrit sistem, enerji talebinin biyokütleden yaklaşık % 60, PV panellerden % 25 ve şebekeden % 15 sağlamak üzere tasarlanmıştır. Amaç tek bir enerji kaynağına bağımlılığı azaltmaktır [38].

Açık literatürde yukarıda kaynak gösterilerek verilen çalışmalar mevcutken, bu tezde ise CBÜ Muradiye kampüs elektrik fatura bilgileriyle kampüs için enerji üretimi açısından varyasyonlar sunulmuş ve lokasyona ait verilerin kullanılmasına özen gösterilmiştir. Bu sebeple de buna benzer çalışmalar yapacak bilim insanlarına ve kampüs çalışmalarına da örnek bir çalışma sunulmuştur.

2. Seçilen Lokasyona Ait Bilgiler

Manisa ilinin Ege kıyılarına nazaran iklimi daha serdirdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı gezer. Dağlık olan kuzey ve kuzeydoğru bölgesinde yazlar serin ve kışlar soğuk, bahar ayları ise geziş özelliğı gösterir. Güneşlenme potansiyeli yüksektir. Güneşlenme süresi ve yeterli düzeyde yağış miktarına bağılı olarak toprak yapısı tarımsal açıdan uygun iklim özelliğine sahiptir. Manisa aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgâr ve güneş) açısından da önemli sayılabilecek düzeyde potansiyele sahiptir Manisa’da ortalama rüzgâr hızı 1,9 m/s’dir. Bu güne kadar ölçülen maksimum rüzgâr hızı ise 36,2 m/s = 130,3 km/h olarak ölçülmüştür [39].

Manisa Celal Bayar Üniversitesinin 14 fakültesi, 3 yüksekokulu, 15 meslek yüksekokulu, 3 enstitüsü, 22 araştırma merkezi ve 1 araştırma uygulama hastanesi (Üniversite Hastanesi) olmak üzere toplam 39 birimi vardır ve 1566 akademik personeli, 1169 idari personeli, 48.084 öğrencisiyle, Ege Bölgesi’nin en büyük 3 üniversitesinden biridir. Muradiye yerleşkesi; Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İşletme Fakültesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Deneysel Fen Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, Prof. Dr. Ümit Doğay Arınç Kültür Merkezi, Rektörlük ve Teknokenti içerisinde barındırır [40].

CBÜ Koordinatlar (Enlem ve Boylam): 38°40'45"N 27°18'30"E

Dizayn Şartları

İl’e göre derece bölgesi: 2. Bölge

Dış hava dizayn şartları

Enlem : 38°42'K-27°26'D

Yükseklik : 42 m

Günlük Sıcaklık Değişimi : 16°C

Yaz dış ortam dizayn şartları:

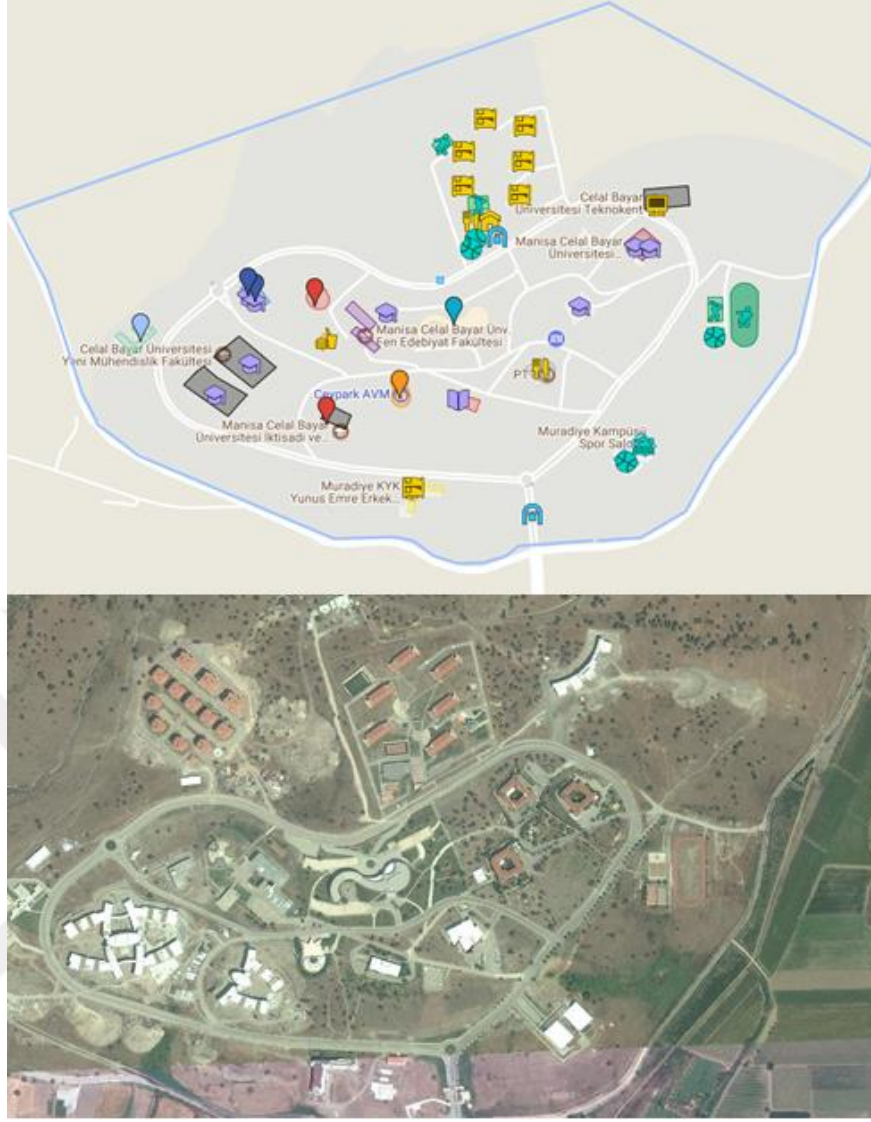
Kuru Termometre Sıcaklık : 40°C

Yaş Termometre Sıcaklık : 25°C

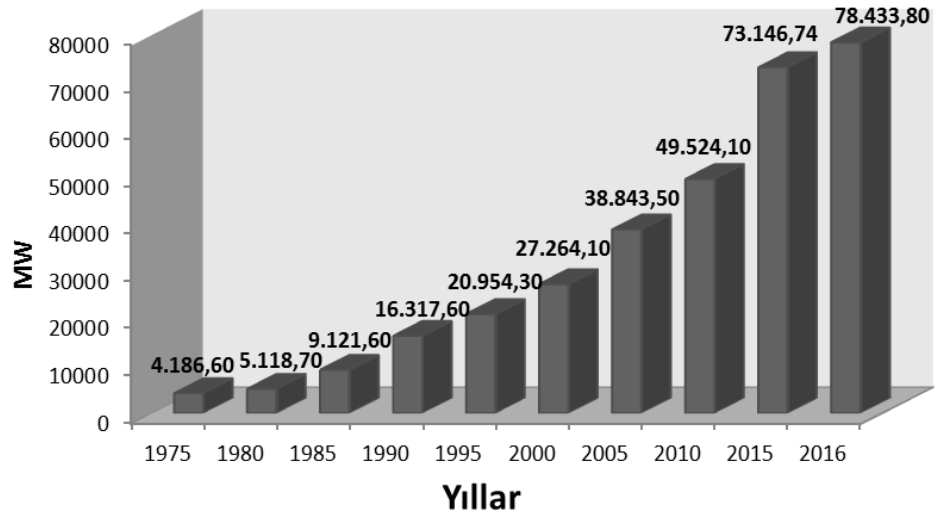
Kış dış ortam dizayn şartları:

Kuru Termometre Sıcaklık : -3°C, Rüzgârlı

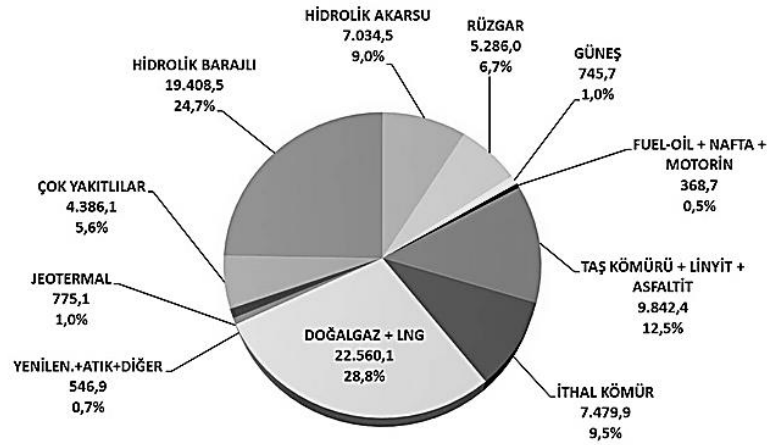
Yaş Termometre Sıcaklık : % 80



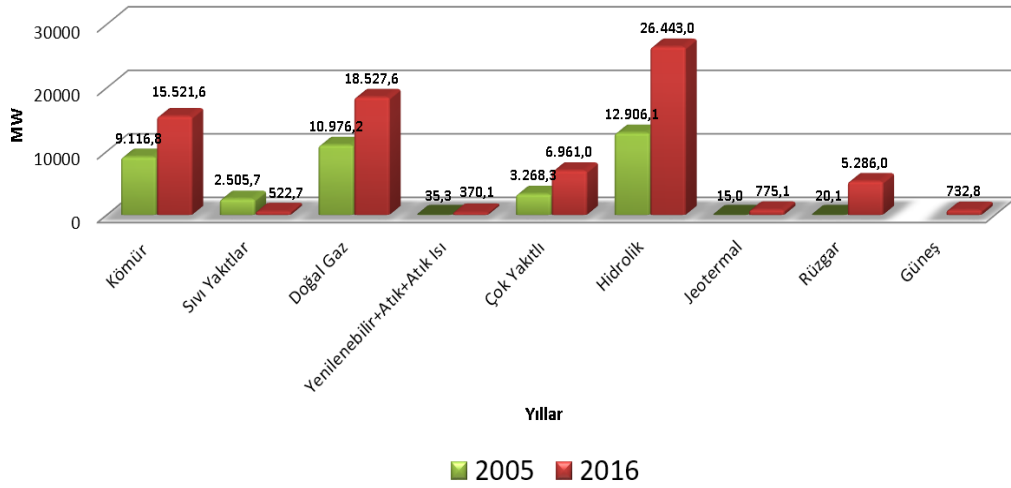
Şekil 2.1. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Muradiye Yerleşkesi [40]



Şekil 2.2. Türkiye Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi [41]

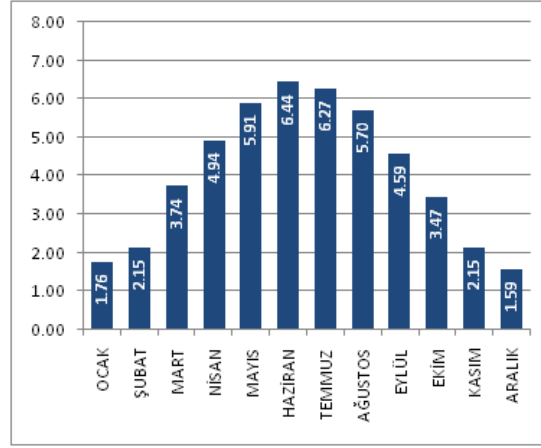


Şekil 2.3. Türkiye Kurulu Gücünün Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı [41]

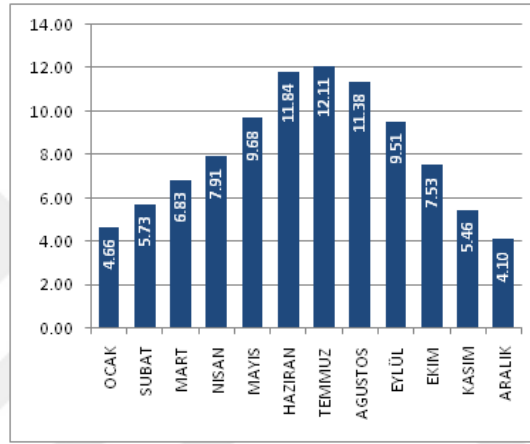


Şekil 2.4. 2005-2016 Yılları Türkiye Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Karşılaştırılması [41]

Şekil 2.2’de Türkiye’nin 31 Ekim 2016 yılı sonu itibariyle toplam kurulu gücü 78433,843 MW ‘tır. Kurulu gücün Şekil 2.3’de görüldüğü üzere yaklaşık % 7,7’lik kısmı rüzgâr ve güneş enerjisinden kaynaklanmaktadır. Şekil 2.4’de 2005-2016 yılları Türkiye Kurulu gücünün birincil enerji kaynaklarına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Böylelikle rüzgâr enerjisi 2005 yılına göre 2016’da % 26278,407 artmış güneş enerjisi de 2005 yılında 0 olan değer 2016’da 732,8 megavata ulaşmıştır. Bu sonuçlar rüzgâr ve güneş enerjisine olan talebin her geçen gün arttığını gösterir.

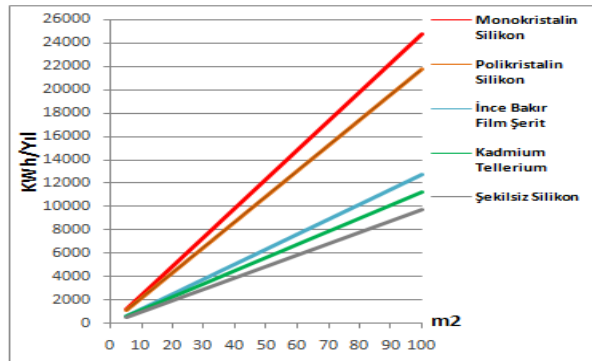


Şekil 2.1.2. Merkez Global Radyasyon Değerleri (kWh/m²-gün) [43]



Şekil 2.1.3. Merkez Güneşlenme Süreleri (Saat) [43]

Şekil 2.1.2 ve Şekil 2.1.3’de Manisa ili Merkez¹ ilçesine ait global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri verilmiştir. Bu değerlere göre Merkez ilçesinin yıllık ortalama global radyasyon değeri 4,059 kWh/m²-gün ve yıllık ortalama güneşlenme süreside 8,062 saat ve olarak belirlenmiştir. Şekil 2.1.4’de Merkez ilçesine ait PV tipi alan üretilen enerji değerleri verilmiştir.



Şekil 2.1.4. Merkez PV Tipi Alan Üretilen Enerji (kWh-Yıl) [43]

¹ Manisa iline bağlı Merkez ilçesi TBMM’de kabul edilen 6360 sayılı kanun ile Yunusemre ve Şehzadeler ilçeleri olmak üzere ikiye bölünmüştür.

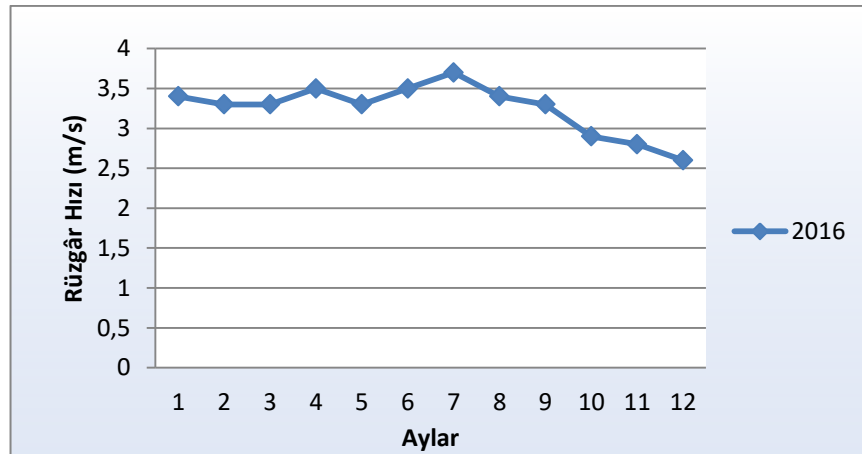
2.2. Manisa İli Rüzgâr Enerjisi Verileri

Bu tez çalışmasında T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan Muradiye yerleşkesinin de içinde bulunduğu Manisa iline bağlı Yunusemre ilçesinin Çakmak Orman Sahasına ait 2016 yılı rüzgâr enerjisi verileri kullanılmıştır.

Tablo 2.2.1. 2014, 2015, 2016 Yılları Aylık Ortalama Rüzgâr Hızları [44]

	Yıl/Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Ortalama
m/s	2014	2	2,1	2,9	3,1	3,3	3,5	3,8	3,5	3,5	2,6	2,1	1,9	2,858
	2015	2,8	4	2,5	3,8	3,2	3,2	3,3	3,1	2,7	2,5	2,4	1,8	2,941
	2016	3,4	3,3	3,3	3,5	3,3	3,5	3,7	3,4	3,3	2,9	2,8	2,6	3,25

Tablo 2.2.1’de 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait aylık ortalama rüzgâr hızları verilmiştir. Bu tabloda yıllık ortalama rüzgâr hızı 2014’de 2,85 m/s, 2015’de 2,94 m/s ve 2016’da 3,25 m/s değerlerini almıştır. Son 3 yılda kaydedilen en yüksek rüzgâr hızı ortalaması 2016 yılında olmuştur. Ayrıca 2016 yılı en yüksek rüzgâr hızı 3,7 m/s ile Temmuz ayı en düşük rüzgâr hızı ise 2,6 m/s ile Aralık ayı olmuştur.



Şekil 2.2.1. 2016 yılı Aylık Ortalama Rüzgâr Hızları [44]

2.3. Kampüs Elektrik Enerjisi Verileri

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı İdari İşler Şube Müdürlüğünden kampüse ait elektrik faturası bilgileri alınmıştır.

Tablo 2.3.1. CBÜ Muradiye Yerleşkesi 2015 Yılı Elektrik Enerjisi Verileri [45]

Fatura Dönemi	Tutarı (TL)	İlk Endeks	Son Endeks	Fark	Çarpan	Tüketim (kWh)
2015/01	176.649,09	7431,20	7672,24	241,04	2070	498.952,8
2015/02	154.679,66	7672,24	7879,25	207,01	2070	428.508,6
2015/03	173.916,88	7879,25	8096,26	217,01	2070	449.210,7
2015/04	148.530,77	8096,26	8285,82	189,56	2070	392.389,2
2015/05	159.208,66	8285,82	8495,72	209,90	2070	434.497,1
2015/06	157.842,39	8495,72	8719,09	223,37	2070	462.373,8
2015/07	170.696,25	8719,09	8960,65	241,56	2070	500.027,1
2015/08	196.081,74	8960,65	9238,13	277,48	2070	574.389,8
2015/09	156.628,39	9238,13	9459,78	221,65	2070	458.817,6
2015/10	143.921,48	0	139,86	139,86	2070	289.506,1
2015/11	151.574,47	139,86	354,36	214,50	2070	444.010,9
2015/12	201.237,97	354,36	639,14	284,79	2070	589.505
Toplam Yıllık Fatura Tutarı	1.990.967,75	Toplam Yıllık Tüketim				5.522.189

Tablo 2.3.1’de CBÜ Muradiye yerleşkesinin 2015 yılına ait elektrik faturası verileri verilmiştir. Bu verilere göre kampüs için gerekli 1 aylık maksimum enerji miktarı Aralık ayında tespit edilmiş ve bu değer 589.505 kWh’tir. Yıllık enerji miktarı ise 5.522.189 kWh’tir. Fatura tutarı en yüksek ay Aralık ayı olup bu fiyat 201.237,97 TL, fatura tutarı en düşük ay ise Ekim ayı olup fiyat değeri 143.921,48 TL’dir. Ayrıca yıllık toplam fatura tutarı 1.990.967,75 TL değerindedir

Tablo 2.3.2. CBÜ Muradiye Yerleşkesi 2015 Aylık Güç Değerleri [45]

Aylar	Gün	h	kWh	kW
Ocak	31	744	498.952,8	670,64
Şubat	28	672	428.508,6	637,66
Mart	31	744	449.210,7	603,78
Nisan	30	720	392.389,2	544,99
Mayıs	31	744	434.497,1	584,00
Haziran	30	720	462.373,8	642,19
Temmuz	31	744	500.027,1	672,08
Ağustos	31	744	574.389,8	772,03
Eylül	30	720	458.817,6	637,25
Ekim	31	744	289.506,1	389,12
Kasım	30	720	444.010,9	616,68
Aralık	31	744	589.505	792,35
Toplam Gereken Yıllık Güç Miktarı				7.562,75

Tablo 2.3.2’de gerekli maksimum güç miktarı Aralık ayında olup bu değer 792,35 kW, yıllık gereken güç miktarı 7.562,75 kW’tır.

Tablo 2.3.3. CBÜ Muradiye Yerleşkesi 2016 Yılı Elektrik Enerjisi Verileri [45]

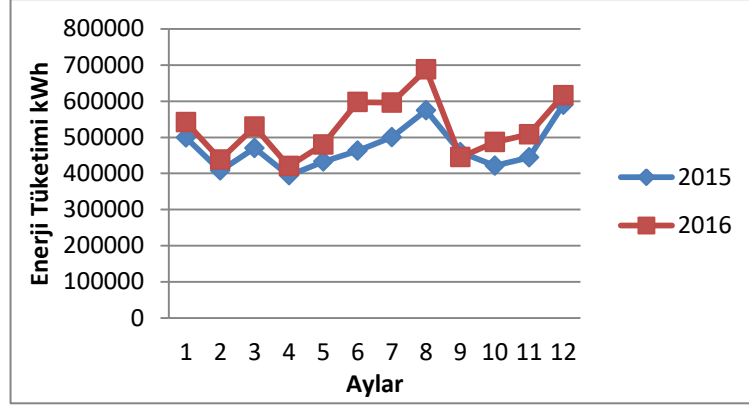
Fatura Dönemi	Fatura Tutarı (TL)	İlk Endeks	Son Endeks	Fark	Çarpan	Tüketim (kWh)
2016/01	193.112,90	639,14	900,79	261,65	2070	541.619,6
2016/02	153.001,60	900,79	1112,49	211,70	2070	438.221,1
2016/03	180.212,50	1112,49	1368,14	255,64	2070	529.181
2016/04	143.441,30	1368,14	1571,02	202,88	2070	419.967,8
2016/05	161.642,80	1571,02	1802,84	231,82	2070	479.869,5
2016/06	199.766,80	1802,02	2090,52	288,50	2070	597.201,2
2016/07	203.210,20	2090,52	2378,39	287,86	2070	595.874,3
2016/08	220.867,60	2378,39	2710,47	332,09	2070	687.420,1
2016/09	160.899,50	2710,47	2925,36	214,88	2070	444.807,8
2016/10	182.121,70	2925,36	3160,43	235,08	2070	486.607,3
2016/11	163.230,20	3160,43	3405,88	245,45	2070	508.079,4
2016/12	199.467,80	3405,88	3703,58	297,70	2070	616.239
Toplam Yıllık Fatura Tutarı	2.160.974,90	Toplam Yıllık Tüketim				6.345.088

Tablo 2.3.3’de CBÜ Muradiye yerleşkesinin 2016 yılına ait elektrik faturası verileri verilmiştir. Bu verilere göre kampüs için gerekli 1 aylık maksimum enerji miktarı Ağustos ayında tespit edilmiş olup bu değer 687.420,1 kWh’tir. Yıllık enerji miktarı ise 6.345.088 kWh’tir. Fatura tutarı en yüksek ay Ağustos ayı olup bu fiyat 220.867,60 TL, fatura tutarı en düşük ay ise Nisan ayı olup fiyat değeri 143.441,30 TL’dir. Ayrıca yıllık toplam fatura tutarı 2.160.974,90 TL değerindedir.

Tablo 2.3.4. CBÜ Muradiye Yerleşkesi 2016 Aylık Güç Değerleri [45]

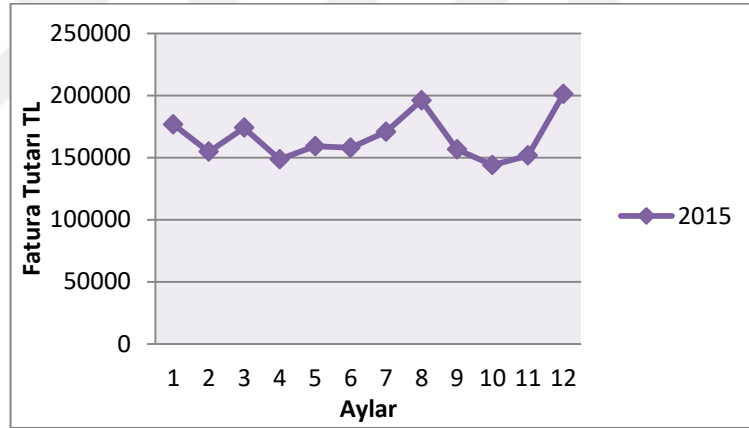
Aylar	Gün	H	kWh	kW
Ocak	31	744	541.619,6	727,98
Şubat	29	696	438.221,1	629,63
Mart	31	744	529.181	711,26
Nisan	30	720	419.967,8	583,29
Mayıs	31	744	479.869,5	644,99
Haziran	30	720	597.201,2	829,45
Temmuz	31	744	595.874,3	800,91
Ağustos	31	744	687.420,1	923,95
Eylül	30	720	444.807,8	617,79
Ekim	31	744	486.607,3	654,04
Kasım	30	720	508.079,4	705,67
Aralık	31	744	616.239	828,28
Toplam Gereken Yıllık Güç Miktarı				8.657,23

Tablo 2.3.4’de gerekli maksimum güç miktarı Ağustos ayında olup bu değer 923,95 kW, yıllık gereken güç miktarı 8.657,23 kW’tır.

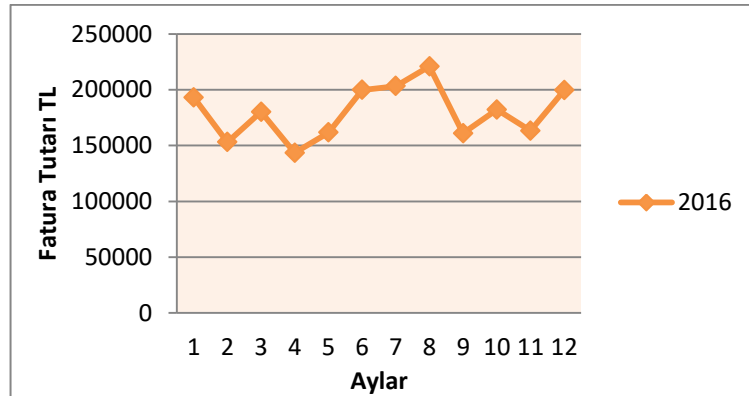


Şekil 2.3.1. 2015,2016 Yılları Aylık Enerji Tüketimi [45]

Şekil 2.3.1’de 2015 ve 2016 yılı enerji tüketim miktarları karşılaştırılmıştır. 2015 yılı toplam enerji tüketim miktarı 5.522.189 kWh iken 2016 yılı toplam enerji tüketim miktarı 6.345.088 kWh olmuştur. Toplam enerji tüketim miktarı bir önceki yıla göre yaklaşık olarak % 12 artmıştır. Bu değerler enerji ihtiyacının arttığının reel bir göstergesidir. Elektrik fatura tutarı bir önceki yıla göre % 8,5 artış göstermiştir.



Şekil 2.3.2. 2015 Yılı Aylık Fatura Tutarı [45]



Şekil 2.3.3. 2016 Yılı Aylık Fatura Tutarı [45]

3. Seçilen Sistem Bileşenleri ve Bunlar Hakkında Bilgi

3.1. Seçilen Rüzgâr Türbinleri

Rüzgâr türbinleri ortam şartlarına uygun olarak küçük ölçekli (ev tipi) rüzgâr türbinleri arasından 6 adet olmak üzere seçilmiş ve tablo 3.1.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1.1. Seçilen Rüzgâr Türbinlerinin Özellikleri [46,47]

Rüzgâr Türbin Adı	Nominal Rüzgâr Türbin Gücü	Başlama Hızı	Türbinin Dayanabileceği Maksimum Hız	Rotor Çapı	Kanat Sayısı	Süpürme Alanı	Çıkış Voltajı
500 W RT	500 W	2 m/s	55 m/s	2,7 m	3	5,725 m ²	28 V
700 W RT	700 W	2 m/s	60 m/s	1,7 m	3	2,269 m ²	24 V
1000 W RT	1000 W	2,5 m/s	45 m/s	3,2 m	3	8,042 m ²	48 V
1500 W RT	1500 W	2 m/s	60 m/s	2 m	3	3,141 m ²	24 - 48 V
2000 W RT	2000 W	2,5 m/s	45 m/s	4 m	3	12,566 m ²	96 V
3000 W RT	3000 W	2,5 m/s	45 m/s	5 m	3	19,634 m ²	220 - 240 V

3.2. Seçilen Güneş Panelleri

Güneş panelleri farklı marka ve güçlerde bulunan panellerden monokristal olarak seçilmiştir. Güneş panellerinin polikristal değil de monokristal olarak seçilmesinin nedenleri monokristal güneş panellerinin avantajlarının uzun vadede daha ağır basmasıdır. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin farkı monokristal paneli yüksek verimli ve koyu siyah ya da mavi renkte olur fakat maliyeti polikristal panele göre daha fazladır. Polikristal güneş panelinin verimi monokristal panele göre daha az olmasına karşın daha az maliyet avantajı sunar.

Monokristal güneş panellerinin genel özellikleri verilmiştir.

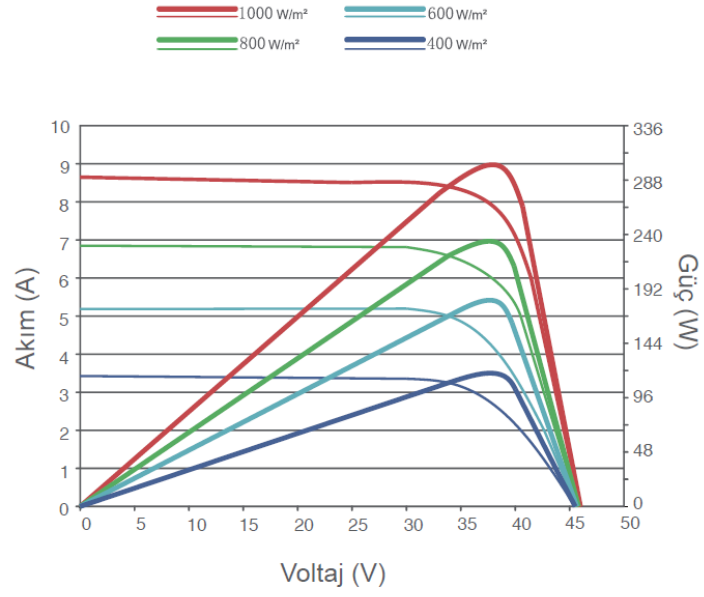
- Modülleri ve montaj elemanları yüksek tasarım özellikleri ile hızlı, kolay ve güvenilir sistem çözümleri sunar.
- Modülleri yüksek verimlilik ve pozitif güç toleransı ile sektörün en iyi normlarını sunar.
- Güneş paneli modülleri 72 hücreden oluşur.

- Özel tasarımı alüminyum çerçevesi sayesinde çatı ve toprak üstü uygulamalarda rakiplerine göre kolay montaj imkânı sağlar.
- IEC 61215, IEC 61730 (güvenlik ve yangın testi) ve IEC 61701 (tuz buğu testi) standartlarına uygunluğu yetkili kuruluşlar tarafından sertifikalandırılmıştır [49].

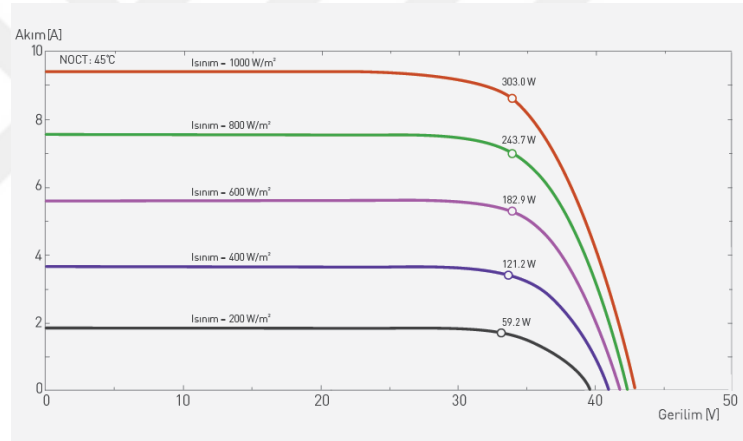
Tablo 3.2.1. Seçilen Güneş Panellerinin Özellikleri [48,49,50]

Güneş Paneli Adı	300 W GP	330 W GP	365 W GP
Maksimum güç çıkışı (P _{max})	300 W	330 W	365 W
Voltaj (V _{mp})	37 V	39,06 V	39,1 V
Akım (I _{mp})	8,11 A	8,45 A	9,35 A
Açık devre gerilimi (V _{oc})	45,5 V	46,73 V	47,3 V
Kısa devre akımı (I _{sc})	8,64 A	9,08 A	9,88 A
Maksimum güç sıcaklık katsayısı(TP _{max})	-0,40 % / °C	-0,415 % / °C	-0,39 % / °C
Kısa devre akımı sıcaklık katsayısı(TI _{sc})	+0,05 % / °C	+0,05 % / °C	+0,05 % / °C
Açık devre gerilimi sıcaklık katsayısı(TV _{oc})	-0,29 % / °C	-0,33 % / °C	-0,29 % / °C
Modül çalışma sıcaklığı aralığı	-40 °C, +85 °C	-40 °C, +85 °C	-40 °C, +85 °C
Maksimum sistem gerilimi	IEC:1000V	UL:600V/IEC:1000 V	UL:1000V/IEC:1500V
Nominal çalışma hücre sıcaklığı(NOCT)	45±2 °C	45±2 °C	44±2 °C
Hücre tipi	Monokristalin 156x156 mm	Monokristalin 156,75x156,75 mm	Monokristalin 156,75x156,75 mm
Hücre sayısı	72(6x12)	72(6x12)	72(6x12)
Boyutlar	1956x992x40 mm	1980x990x43 mm	1982x992x7,6 mm

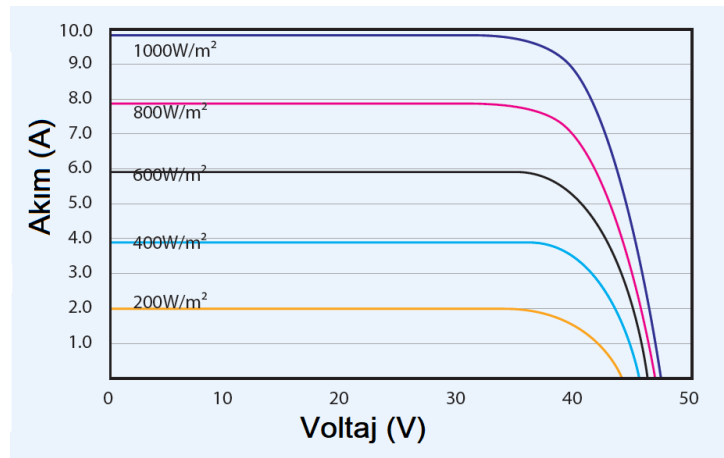
Tablo 3.2.1’de farklı marka ve güç özelliklerine sahip güneş panelleri verilmiştir. 300 W, 330 W ve 365 W güçlerine sahip güneş panellerine ait akım gerilim eğrileri şekil 3.2.1, şekil 3.2.2 ve şekil 3.2.3 ‘te verilmiştir.



Şekil 3.2.1. 300 W Güneş Paneli Akım-Gerilim Eğrisi [48]



Şekil 3.2.2. 330 W Güneş Paneli Akım-Gerilim Eğrisi [49]



Şekil 3.2.3. 365 W Güneş Paneli Akım-Gerilim Eğrisi [50]

3.3. Seçilen Aküler

Aküler jel akülerden seçilmiştir. Bu akülerin önemli özelliği asit taşması olmamasıdır. Yenilenebilir enerjinin daha sonra kullanılmak üzere enerjinin depo edilmesini sağlamaktadır [51]. Aküler, hibrit sistemin 1 yıldaki maksimum akım değerine sahip olan ay baz alınarak seçilmiştir. Hibrit sistem varyasyonlarına ait akım değerleri tablo 3.3.1’de, seçilen aküler ve özellikleri tablo 3.3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.3.1. Hibrit Sistem Varyasyonlarına Ait Toplam Kurulu Güç ve Akım Değerleri

Varyasyon	Rüzgâr Türbini Kurulu Güç	Güneş Panelleri Kurulu Güç	Toplam Kurulu güç	Rüzgâr Akım	Güneş Akım	Hibrit Sistem Toplam Akım
Varyasyon 1	500 W	3000 W	3500 W	1,80 A	2,32 A	4,12 A
Varyasyon 2	500 W	3300 W	3800 W	1,80 A	2,46 A	4,25 A
Varyasyon 3	500 W	3650 W	4150 W	1,80 A	2,68 A	4,48 A
Varyasyon 4	700 W	6000 W	6700 W	1,89 A	4,64 A	6,53 A
Varyasyon 5	700 W	6600 W	7300 W	1,89 A	4,91 A	6,80 A
Varyasyon 6	700 W	7300 W	8000 W	1,89 A	5,36 A	7,25 A
Varyasyon 7	1000 W	9000 W	10000 W	1,95 A	6,96 A	8,91 A
Varyasyon 8	1000 W	9900 W	10900 W	1,95 A	7,37 A	9,32 A
Varyasyon 9	1000 W	10950 W	11950 W	1,95 A	8,04 A	9,99 A
Varyasyon 10	1500 W	15000 W	16500 W	2,10 A	11,60 A	13,70 A
Varyasyon 11	1500 W	16500 W	18000 W	2,10 A	12,29 A	14,39 A
Varyasyon 12	1500 W	18250 W	19750 W	2,10 A	13,41 A	15,51 A
Varyasyon 13	2000 W	21000 W	23000 W	3,22 A	16,23 A	19,46 A
Varyasyon 14	2000 W	23100 W	25100 W	3,22 A	17,20 A	20,42 A
Varyasyon 15	2000 W	25550 W	27550 W	3,22 A	18,77 A	21,99 A
Varyasyon 16	3000 W	30000 W	33000 W	7,89 A	23,19 A	31,08 A
Varyasyon 17	3000 W	33000 W	36000 W	7,89 A	24,57 A	32,46 A
Varyasyon 18	3000 W	36500 W	39500 W	7,89 A	26,81 A	34,70 A

Tablo 3.3.2. Farklı Kapasitelerdeki Akülerin Özellikleri [51,52,53]

Akü No	Kapasite[Ah]	Voltaj[V]	Ağırlık[kg]	Boyutlar U/G/Y[mm]
Akü ₁	50	12	18,4	242/174/167
Akü ₂	80	12	27,3	352/174/167
Akü ₃	95	12	29,9	393/174/167
Akü ₄	102	12	27,5	345/175/245
Akü ₅	120	12	37	410/177/225
Akü ₆	150	12	48	509/224/195
Akü ₇	200	12	60	515/215/220
Akü ₈	235	12	78,4	518/274/213

3.4. Seçilen İnvertörler

İnvertör seçimi yapılırken hibrit sistemin toplam kurulu gücü dikkate alınmıştır. Varyasyonların toplam kurulu gücü Tablo 3.3.1’de verilmiştir.

Varyasyon çeşitlerine göre seçilen invertörler tablo 3.4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.4.1. İnvertörlerin Özellikleri [54]

Özellikler		PIKO 4.2	PIKO 7.0	PIKO 8.5	PIKO 10	PIKO 12	PIKO 15	PIKO 17	PIKO 20
Giriş tarafı (DC)									
Maksimum PV gücü	kW	4,6	7,7	9,4	10,8	12,9	19,6	19,2	22,6
Anma giriş gerilim	V	680	680	680	680	680	680	680	680
Maksimum giriş gerilimi	V	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Minimum giriş gerilimi	V	160	160	160	160	160	160	160	160
Başlangıç giriş gerilim	V	180	180	180	180	180	180	180	180
Maksimum MPP gerilimi	V	800	800	800	800	800	800	800	800
Paralel bağlantıda maksimum giriş akımı	A	-	22	22	36	36	40 / 20	40 / 20	40 / 20
Çıkış tarafı (AC)									
Anma gücü	kW	4,2	7,0	8,5	10	12	15	17	20
Maksimum görünür çıkış gücü	kVA	4,2	7,0	8,5	10	12	15	17	20
Maksimum çıkış gerilimi	V	264,5	264,5	264,5	264,5	264,5	264,5	264,5	264,5
Minimum çıkış gerilimi	V	184	184	184	184	184	184	184	184
Ölçülü çıkış akımı	A	6,1	10,2	12,3	14,6	17,4	21,7	24,6	29
Maksimum çıkış akımı	A	6,1	10,2	12,5	16,2	19,3	24,2	27,4	32,2
Kısa devre akımı	A	9,5 / 6,7	15,8 / 11,2	17,7 / 12,5	25 / 16,6	27,4 / 16,7	42 / 28,5	41,3 / 29	51 / 36,5
Sistem Verileri									
Yükseklik	mm	385	385	385	445	445	540	540	540
Genişlik	mm	500	500	500	580	580	700	700	700
Derinlik	mm	236	236	236	248	248	265	265	265
Ağırlık	kg	24	26,5	26,5	37,5	37,5	48,5	48,5	48,5

İnvertörlerin genel özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- 3 fazlı besleme
- Trafosuz dönüştürme
- Entegre elektronik doğru akım ayırıcı
- Geniş gerilim girişi
- Tüketim kontrolü için entegre edilmiş geçiş kontağı [54].

3.5. Seçilen Şarj Kontrol Cihazları

Şarj kontrol cihazı, aküyü aşırı şarjdan ve elektrik deşarjından korumak için kullanılır. Voltajın tamamen dolu olan akü seviyesini aşması durumunda şarj kontrol cihazı akımı keser. Şarj kontrol cihazı yine ani deşarj durumunda da yükü keser böylelikle akü korunmuş olur. Bu tez çalışmasında 15 A SKC ve 30 A SKC şarj kontrol cihazları kullanılmıştır.

4. Önerilen Varyasyon Hesapları

4.1. Rüzgâr Enerjisi Hesapları

Bir rüzgâr türbininin verimliliği genellikle aşağıda verilen güç katsayısı ile belirlenir. Betz kriterine göre C_p 'nin maksimum değeri 0,5926'dır.

$$C_p = \frac{W_e}{\eta_{mekanik} \cdot \eta_{alternatör} \cdot 0,5 \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot V_r^3} \quad (4.1.1)$$

C_p rüzgâr türbininin güç katsayısıdır. Güç katsayısı yukarıdaki denklemde verilmiştir. Burada W_e invertör çıkışındaki güç (bu güç rüzgâr türbini kataloglarında bulunan rüzgâr hızı-güç eğrilerinden alınmıştır), ρ hava yoğunluğu, R rotor yarıçapı, V_r rüzgâr hızıdır. Elektrikli cihazlar ve mekanik ekipman kayıpları sırasıyla $\eta_{alternatör} = 0.98$ ve $\eta_{mekanik} = 0.97$ olarak kabul edilmiştir [55].

$$C_p = \frac{W_t}{W} \quad (4.1.2)$$

Rüzgâr sürekli hareket halinde bir hava akımıdır dolayısıyla kinetik enerjiye sahiptir. Kinetik enerji denklemi:

$$E_k = \frac{V_r^2}{2} \quad (4.1.3)$$

Bu güç rüzgâr türbini için kullanılabilir güç olarak tanımlanabilir. Bugün işletmedeki çoğu rüzgâr türbini, rüzgârın kinetik enerjisinin yaklaşık % 20-40'lık kısmını kullanabilmektedir [55, 56].

Yukarıda tanımlandığı gibi çevreye bağlı basınç ve sıcaklıkların da dikkate alınması durumunda ortaya çıkabilecek kullanılabilir gücü bulmak için, birim zamanda rüzgâr türbininin rotorundan geçen havanın büyüklüğü ve kütle akım değeri bilinmelidir. Ortalama ortam koşullarına (25,1°C, 101 kPa) bağlı kalınarak havanın yoğunluğu 1.225 kg/m³ olarak alınmış ve kütle akım değeri de aşağıdaki denklemle bulunmuştur[55].

Havanın kütleli debisi:

$$\dot{m} = \rho A V_r = \rho \pi R^2 V_r \quad (4.1.4)$$

Böylece kullanılabilir güç;

$$W = \dot{m} E_k \quad (4.1.5)$$

Bu tez çalışmasında kullanılan türbin gücü: W_e 'ye bağlı olarak hesaplanan “ C_p ” ve kütsel debi ile kinetik enerjiye bağlı olarak hesaplanan kullanılabilir güç “ W ”, değerlerinin çarpımından elde edilen türbin çıkış gücü olarak değerlendirilmiş ve aşağıdaki denklemde verilmiştir.

$$W_t = C_p W \quad (4.1.6)$$

Tablo 4.1.1. Rüzgâr Türbinleri Aylık Enerji Miktarları

	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	Yıllık toplam	Yıllık ortalama
500 W RT	25,05	21,23	22,70	26,51	22,70	26,51	32,09	25,05	21,97	13,31	10,60	6,26	253,96	21,16
700 W RT	25,98	21,89	23,40	27,65	23,40	27,65	33,73	25,98	22,65	13,07	10,15	5,32	260,88	21,74
1000 W RT	26,61	22,33	23,87	28,40	23,87	28,40	34,83	26,61	23,10	12,91	9,85	4,70	265,49	22,12
1500 W RT	28,18	23,43	25,05	30,30	25,05	30,30	37,57	28,18	24,24	12,52	9,09	3,13	277,01	23,08
2000 W RT	44,61	37,71	40,31	47,34	40,31	47,34	57,53	44,61	39,01	23,09	18,18	10,17	450,20	37,52
3000 W RT	117,40	102,50	109,57	121,19	109,57	121,19	140,88	117,40	106,04	78,27	68,17	54,79	1246,96	103,91

Tablo 4.1.2. Rüzgâr Türbinleri Aylık Güçleri

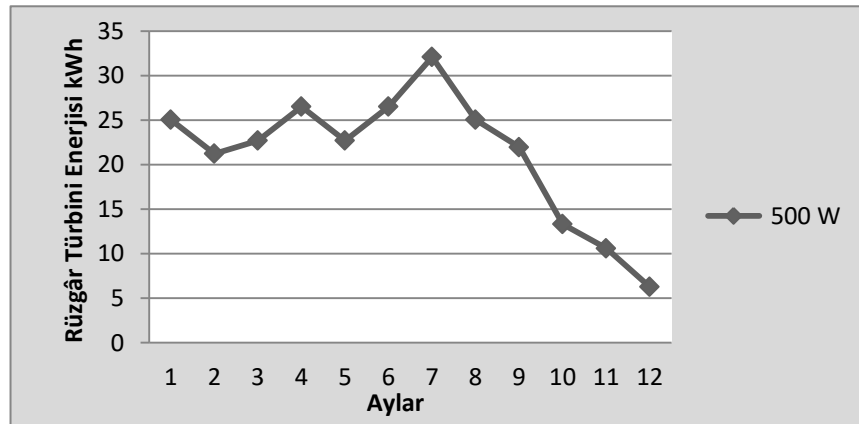
		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	
	m/s	Rüzgâr Hızı V_r	3,4	3,3	3,3	3,5	3,3	3,5	3,7	3,4	3,3	2,9	2,8	2,6
	J	Kinetik Enerji E_k	5,78	5,45	5,45	6,13	5,45	6,13	6,85	5,78	5,45	4,21	3,92	3,38
Kütleli Debi $\dot{m}$	kg/s	500 W RT	23,85	23,15	23,15	24,55	23,15	24,55	25,95	23,85	23,15	20,34	19,64	18,24
		700 W RT	11,81	11,46	11,46	12,16	11,46	12,16	12,85	11,81	11,46	10,07	9,73	9,03
		1000 W RT	33,50	32,51	32,51	34,48	32,51	34,48	36,45	33,50	32,51	28,57	27,59	25,62
		1500 W RT	16,56	16,07	16,07	17,05	16,07	17,05	18,02	16,56	16,07	14,13	13,64	12,66
		2000 W RT	52,34	50,80	50,80	53,88	50,80	53,88	56,96	52,34	50,80	44,64	43,10	40,02
		3000 W RT	81,78	79,37	79,37	84,18	79,37	84,18	89,00	81,78	79,37	69,75	67,35	62,54
Rüzgâr Gücü W	W	500 W RT	137,84	126,03	126,03	150,36	126,03	150,36	177,64	137,84	126,03	85,53	76,98	61,64
		700 W RT	68,26	62,41	62,41	74,46	62,41	74,46	87,96	68,26	62,41	42,35	38,12	30,52
		1000 W RT	193,61	177,03	177,03	211,20	177,03	211,20	249,52	193,61	177,03	120,14	108,14	86,58
		1500 W RT	95,72	87,52	87,52	104,42	87,52	104,42	123,36	95,72	87,52	59,40	53,46	42,80
		2000 W RT	302,52	276,60	276,60	330,00	276,60	330,00	389,87	302,52	276,60	187,72	168,96	135,28
		3000 W RT	472,69	432,19	432,19	515,63	432,19	515,63	609,17	472,69	432,19	293,31	264,00	211,38
Türbin Gücü W_t	W	500 W RT	33,66	30,51	30,51	36,82	30,51	36,82	43,13	33,66	30,51	17,88	14,73	8,42
		700 W RT	34,93	31,45	31,45	38,40	31,45	38,40	45,34	34,93	31,45	17,57	14,10	7,15
		1000 W RT	35,77	32,08	32,08	39,45	32,08	39,45	46,81	35,77	32,08	17,36	13,68	6,31
		1500 W RT	37,87	33,66	33,66	42,08	33,66	42,08	50,49	37,87	33,66	16,83	12,62	4,21
		2000 W RT	59,96	54,18	54,18	65,75	54,18	65,75	77,32	59,96	54,18	31,03	25,25	13,68
		3000 W RT	157,80	147,28	147,28	168,31	147,28	168,31	189,35	157,80	147,28	105,20	94,68	73,64

Tablo 4.1.1’de rüzgâr türbinlerine ait aylık enerji miktarları verilmiştir. Bu tabloya göre yıllık toplam en yüksek enerji 1246,96 kWh ve yıllık ortalama en yüksek enerji 103,91 kWh olmuştur. Tablo 4.1.2’de en yüksek aylık güç Temmuz ayında 189,35 W olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.1.3’de rüzgâr türbinlerinin akım değerleri verilmiştir. Bu değerler Tablo 4.1.2’deki türbin gücünün sabit gerilim değerine (24 V) bölünmesi ile elde edilmiştir.

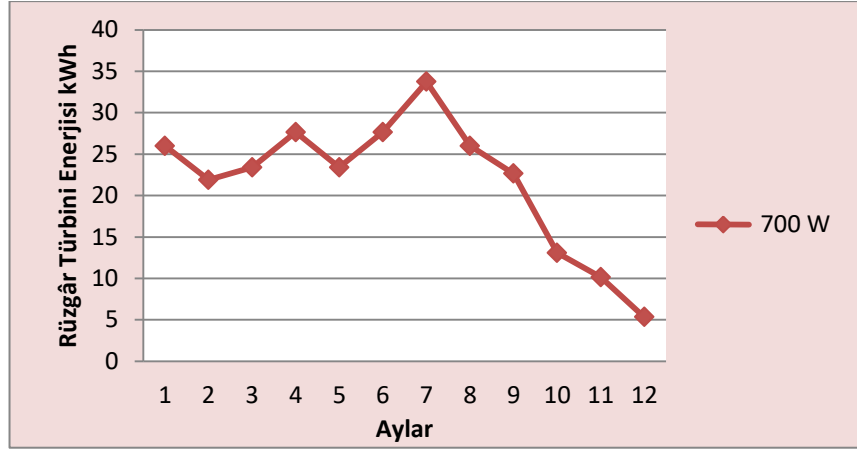
Tablo 4.1.3. Rüzgar Türbinlerine Ait Aylık Akım Değerleri

Aylar / Türbin	500 W RT	700 W RT	1000 W RT	1500 W RT	2000 W RT	3000 W RT
Ocak	1,40 A	1,46 A	1,49 A	1,58 A	2,50 A	6,57 A
Şubat	1,27 A	1,31 A	1,34 A	1,40 A	2,26 A	6,14 A
Mart	1,27 A	1,31 A	1,34 A	1,40 A	2,26 A	6,14 A
Nisan	1,53 A	1,60 A	1,64 A	1,75 A	2,74 A	7,01 A
Mayıs	1,27 A	1,31 A	1,34 A	1,40 A	2,26 A	6,14 A
Haziran	1,53 A	1,60 A	1,64 A	1,75 A	2,74 A	7,01 A
Temmuz	1,80 A	1,89 A	1,95 A	2,10 A	3,22 A	7,89 A
Ağustos	1,40 A	1,46 A	1,49 A	1,58 A	2,50 A	6,57 A
Eylül	1,27 A	1,31 A	1,34 A	1,40 A	2,26 A	6,14 A
Ekim	0,75 A	0,73 A	0,72 A	0,70 A	1,29 A	4,38 A
Kasım	0,61 A	0,59 A	0,57 A	0,53 A	1,05 A	3,94 A
Aralık	0,35 A	0,30 A	0,26 A	0,18 A	0,57 A	3,07 A

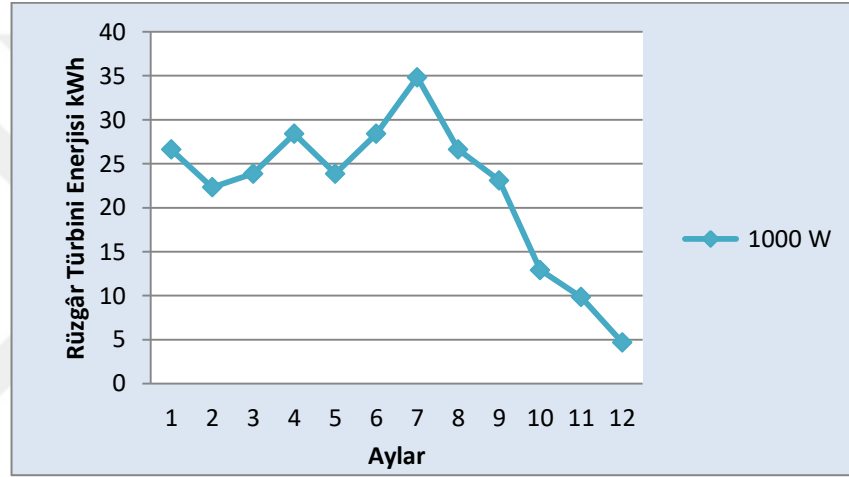
Şekil 4.1.1.- şekil 4.1.6’da 500, 700, 1000, 1500, 2000 ve 3000 W güçlerinde bulunan rüzgâr türbinlerine ait aylık enerji miktarları verilmiştir. En yüksek enerji değeri 3000 W gücünde bulunan rüzgâr türbinine en düşük enerji değeri ise tahmin edilebileceği gibi 500 W gücündeki rüzgâr türbine aittir. Rüzgâr türbinlerinin enerji değerlerinin düşük çıkmasının nedeni ortamın düşük rüzgâr hızıdır. Düşük rüzgâr hızına bağlı olarak türbinlerin güç katsayıları da düşük değerlerde çıkmıştır.



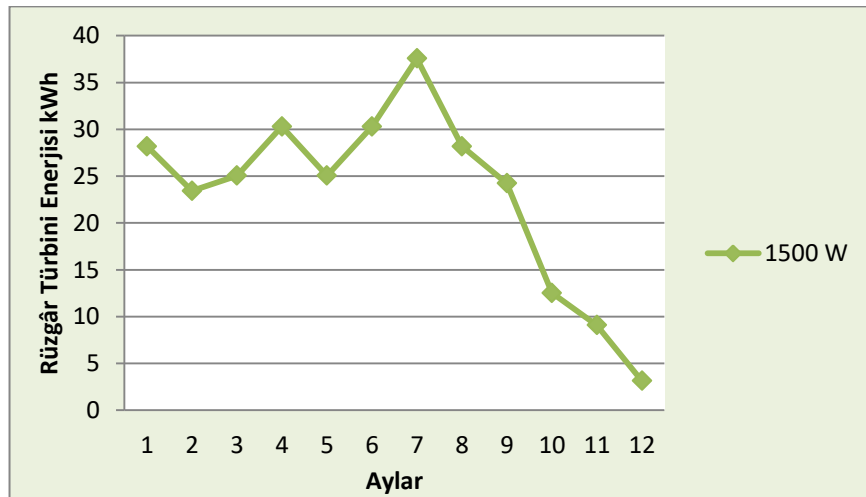
Şekil 4.1.1. 500 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri



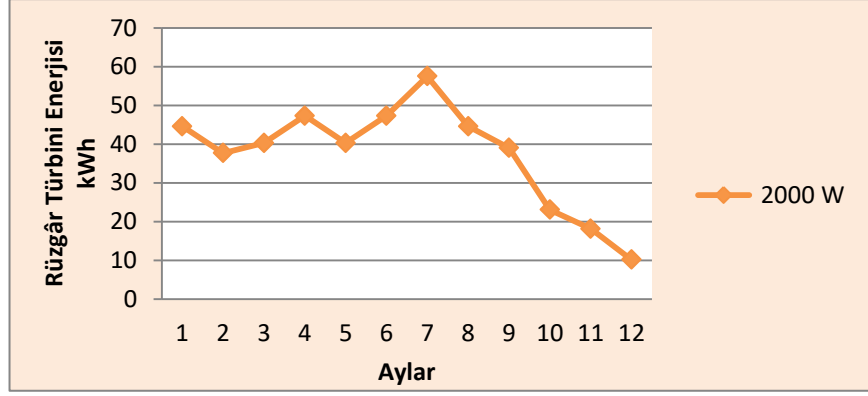
Şekil 4.1.2. 700 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri



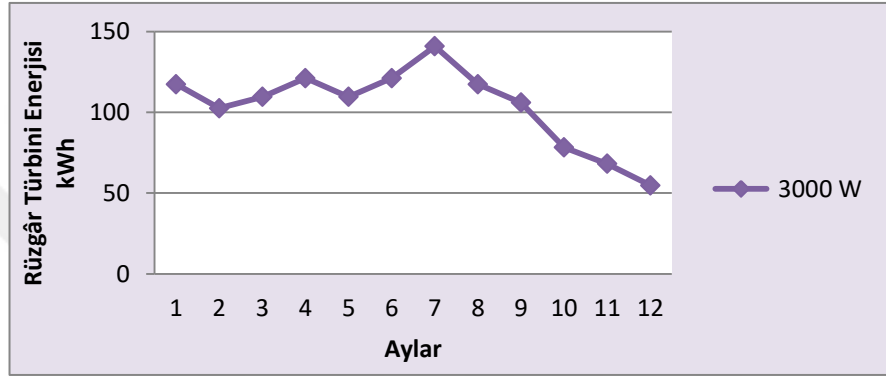
Şekil 4.1.3. 1000 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri



Şekil 4.1.4. 1500 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri



Şekil 4.1.5. 2000 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri



Şekil 4.1.6. 3000 W Gücündeki Rüzgâr Türbini Aylık Enerji Değerleri

4.2. Güneş Enerjisi Hesapları

Yatay yüzeyde toplam ışıınım direkt ve difüz (yayılı) ışıınının toplamıdır. Eğimli yüzeylerde ise toplam ışıınım direkt, difüz ve yansıyan ışıınımların toplamıdır. Liu ve Jordan, eğimli yüzeylerde radyasyonun hesaplanması için temelde karmaşık olan hesaplama yöntemini basite indirgeyerek geliştirdiler. Bu yöneme de LJ yöntemi adını verdiler [57].

$$\bar{K}_T = \frac{\bar{H}_h}{\bar{H}_{0,h}} \quad (4.2.1)$$

Denklem 4.2.1’de $\bar{K}_T$ aylık berraklık indeksi, $\bar{H}_h$ yatay düzleme gelen aylık ortalama toplam güneş ışıını, $\bar{H}_{0,h}$ atmosfer dışına düşen aylık toplam güneş ışıınıını ifade eder. $\bar{H}_h$ şekil 2.1.2’den alınan global radyasyon değerleridir. $\bar{H}_{0,h}$ (Wh/m²-gün) ise denklem 4.4.2 ile hesaplanır.

$$\bar{H}_{0,h} = \frac{24 \times I_0}{\pi} \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] \times \left[\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin \phi \sin \delta \right] \quad (4.2.2)$$

Burada I_0 güneş sabitidir. 1978-2015 yılları arasında yapılan ve yaklaşık 37 yıl süren çalışma ile güneş sabiti değeri $1366,1 \text{ W/m}^2$ olarak tespit edilmiştir. n yılın kaçınıcı günü olduğu, δ deklinasyon açısı, ϕ enlem açısı, ω_s güneş batış saat açısıdır.

$$\omega_s = \cos^{-1}[-\tan \phi \cdot \tan \delta] \quad (4.2.3)$$

Burada ω_s güneş batış saat açısıdır. Deklinasyon açısı δ simgesi ile gösterilir ve $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$ aralığında değer alır. Deklinasyon açısı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right) \quad (4.2.4)$$

Bu eşitliğe Cooper eşitliği denir. Burada n gün sayısıdır. Tablo 4.2.1’de her bir ay için karakterize edilen gün (i) seçilmiş ve buna bağlı olarak n tespit edilmiştir.

Tablo 4.2.1. Her Bir Ayı Temsil Eden Ortalama Gün ve "n" değerleri [57]

Ay	Belirli bir gün için n değeri	Ayı temsil eden gün i	Ortalama gün için n değeri	Deklinasyon açısı δ
Ocak	i	17	17	-20,9
Şubat	i+31	16	47	-13,0
Mart	i+59	16	75	-2,4
Nisan	i+90	15	105	9,4
Mayıs	i+120	15	135	18,8
Haziran	i+151	11	162	23,1
Temmuz	i+181	17	198	21,2
Ağustos	i+212	16	228	13,5
Eylül	i+243	15	258	2,2
Ekim	i+273	15	288	-9,6
Kasım	i+304	14	318	-18,9
Aralık	i+334	10	344	-23

$\bar{K}_T$ değeri hesaplandıktan sonra Liu ve Jordan tarafından berraklık indeksine bağlı aşağıdaki polinom geliştirilmiştir.

$$\frac{\bar{D}_h}{\bar{H}_h} = 1,390 - 4,027\bar{K}_T + 5,531\bar{K}_T^2 - 3,108\bar{K}_T^3 \quad (4.2.5)$$

Burada $\bar{D}_h$ yatay düzleme gelen aylık difüz ışıınımdır. Yatay düzleme gelen difüz ışıınımlı bulunduktan sonra yatay düzleme gelen direkt ışıınımlı bulunur.

$$\bar{H}_h = \bar{B}_h + \bar{D}_h \quad (4.2.6)$$

$$\bar{B}_h = \bar{H}_h - \bar{D}_h \quad (4.2.7)$$

Yatay düzleme gelen direkt ışınlam $\bar{B}_h$ ve direkt ışınlam için aylık ortalama eğim faktörü $\bar{R}_b$ verilerinden faydalanarak eğik düzleme gelen direkt ışınlam bulunur.

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \sin \omega'_s + (\pi/180) \omega'_s \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin \phi \sin \delta} \quad (4.2.8)$$

Burada ω'_s eğik düzlemde güneş ışınlarının yüzey üzerine ilk düşüş saat açısıdır ve aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\omega'_s = \min \left[\frac{\cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta)}{\cos^{-1}(-\tan(\phi - \beta) \tan \delta)} \right] \quad (4.2.9)$$

Eğik düzleme gelen direkt ışınlam $\bar{B}_c$:

$$\bar{B}_c = \bar{R}_b \bar{B}_h \quad (4.2.10)$$

Eğik düzleme gelen difüz ışınlam için eğim faktörü $\bar{R}_d$:

$$\bar{R}_d = \cos^2 \frac{\beta}{2} = (1 + \cos \beta)/2 \quad (4.2.11)$$

Eğik düzleme gelen yansıyan ışınlam için eğim faktörü $\bar{R}_r$:

$$\bar{R}_r = \frac{\bar{R}}{\bar{D}_h + \bar{B}_h} = \rho_1 \sin^2 \frac{\beta}{2} = \rho_1 (1 - \cos \beta)/2 \quad (4.2.12)$$

Denklem 4.2.12'de ρ_1 yerin yansıtma katsayısıdır. Hesaplamalarda yerin yansıtma katsayısı ortalama değer olan 0,2 olarak alınmıştır. Ayrıca farklı yüzeyler için yansıtma katsayıları tablo 4.2.2'de verilmiştir. Yerin yansıtma katsayısı yerde karın olup olmaması, yerin buzlu olması, yer yüzeyinin aşınmış veya parçalanmış olması, yer yüzeyinin tabii veya suni detaylarının meydana getirdiği şekil olan topoğrafyaya, bina yüzeyleri için boyanın açık veya koyu olması, bitki örtüsü, gibi özelliklere bağlı olarak değişir.

Tablo 4.2.2. Karakteristik Yüzeyler İçin Yansıtma Katsayıları [57]

Yüzey	Ortalama Yansıtma Katsayısı (ρ_1)
Kar (Yeni yağmış veya buz kaplı)	0,75
Su yüzeyleri (nispeten büyük geliş açısı)	0,07
Topraklar (killi, tınlı vs.)	0,14
Toprak yollar	0,04
İğne yapraklı orman (kış)	0,07
Sonbaharda ormanlar, bitkiler	0,26
Aşınmış/parçalanmış Asfalt	0,10
Aşınmış/parçalanmış Beton	0,22
Solmuş yapraklar	0,30
Kuru çim	0,20
Yeşil çim	0,26
Bitümlü ve çakıllı çatı	0,13
Kırma taş yüzeyi	0,20
Bina yüzeyleri, koyu (kırmızı tuğla, koyu renk boyalar vb.)	0,27
Bina yüzeyleri, açık (açık renk tuğla, açık renk boyalar, vb.)	0,60

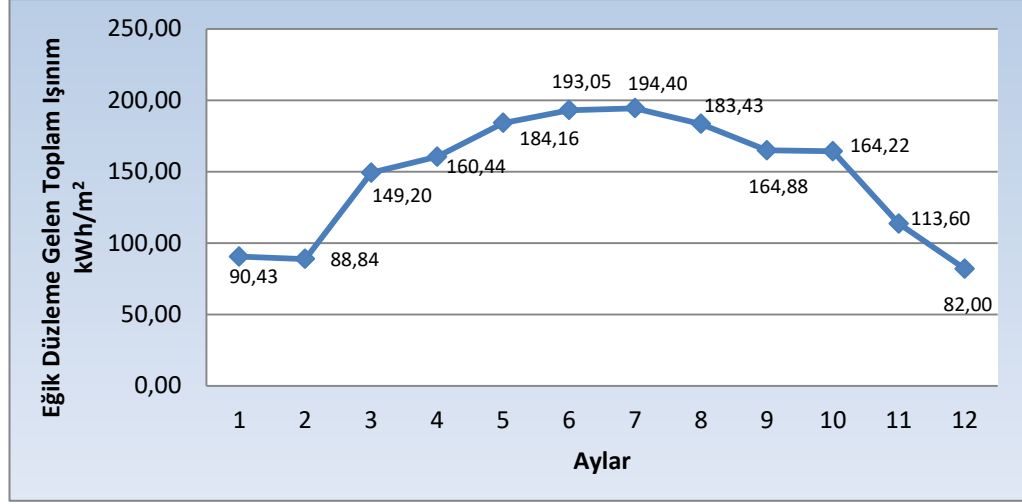
Eğik düzleme gelen toplam ışıınım $\bar{H}_c$:

$$\bar{H}_c = \bar{R}_b \bar{B}_h + \bar{R}_d \bar{D}_h + \bar{R}_r (\bar{D}_h + \bar{B}_h) \quad (4.2.13)$$

$$\bar{H}_c = \bar{R}_b \bar{B}_h + \bar{D}_h \cos^2 \frac{\beta}{2} + (\bar{D}_h + \bar{B}_h) \mu \sin^2 \frac{\beta}{2} \quad (4.2.14)$$

Tablo 4.2.3. Eğik Düzleme Gelen Işıınının Aylık Değerleri

Aylar	δ	β	ω_s	ω'_s	$\bar{H}_{o,h}$	$\bar{H}$	$\bar{D}_h$	$\bar{B}_h$	$\bar{B}_c$	$\bar{H}_c$	Aylık ortalama ışıınım	Bir saatte üretilen ortalama ışıınım
	$^\circ$				Wh/m ² -gün						kWh/m ²	W/m ²
Ocak	-20,92	60	72,35	72,35	4492,06	1760	834,84	925,16	2203,05	2917,17	90,43	121,55
Şubat	-12,95	52	79,49	79,49	5950,21	2150	878,38	1326,62	2396,68	3063,59	88,84	127,65
Mart	-2,42	42	88,08	88,08	7814,67	3740	684,44	3055,56	4120,46	4813,06	149,20	200,54
Nisan	9,41	24	97,56	92,44	9726,84	4960	638,21	4321,79	4694,54	5348,04	160,44	222,84
Mayıs	18,79	7	105,66	102,00	11050,78	5910	603,48	5306,52	5335,15	5940,79	184,16	247,53
Haziran	23,09	1	109,76	109,03	11580,26	6440	574,69	5865,31	5860,19	6434,93	193,05	268,12
Temmuz	21,18	1	107,90	107,25	11296,90	6270	576,16	5693,84	5694,83	6271,04	194,40	261,29
Ağustos	13,45	18	100,94	95,11	10221,33	5700	572,63	5127,37	5330,43	5916,95	183,43	246,54
Eylül	2,22	36	91,76	90,09	8492,61	4590	595,76	3994,24	4869,50	5496,03	164,88	229,00
Ekim	-9,60	53	82,29	82,29	6487,50	3470	603,39	2866,61	4675,87	5297,30	164,22	220,72
Kasım	-18,91	61	74,23	74,23	4828,29	2150	737,62	1412,38	3128,19	3786,57	113,60	157,77
Aralık	-23,05	61	70,28	70,28	4090,41	1590	840,98	749,02	1938,86	2645,12	82,00	110,21



Şekil 4.2.1. Eğik Düzleme Gelen Toplam Işınım

Tablo 4.2.3 ve şekil 4.2.1 'de eğik düzleme gelen ışı nım değ erleri aylık olarak verilmiştir. Burada eğik düzleme gelen maksimum ışı nım Temmuz ayında 194,40 kWh/m² minimum ışı nım miktarı ise Aralık ayında 82 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Bir saatte üretilen ortalama ışı nım miktarı ise 268,12 W/m² ile Haziran ayı minimum ışı nım 110,21 W/m² ile Aralık ayı olarak belirlenmiştir.

Güneş paneli alanı hesabı:

1 adet güneş modülü alanı hesaplanır ve modül sayısı ile çarpılır.

Güneş paneli modül alanı: 156mmx156mm=24336 mm² = 0,024336 m²

72 adet modül olduğuna göre;

Güneş paneli alanı:

$$A_p = 72 \times 0,024336 = 1,752192 \text{ m}^2$$

Güneş paneli alan hesabı 300 W güce sahip güneş paneli için yapılmıştır. Diğer panellerde bu formüle uygun olarak hesaplanmış ve tablo 4.2.4, tablo 4.2.5 ve tablo 4.2.6'da verilmiştir.

Güneş paneli güç hesabı:

Güneş panelinin gücü akım ve gerilimin değ erlerinin çarpılmasıyla elde edilir.

$$P = I \cdot V \quad (4.2.15)$$

Buradaki denklem tek bir güneş paneli için geçerli olup gerilim sabit tutulmuş ve 24 V olarak alınmıştır. Akım değ erleri ise şek il 3.2.1, şek il 3.2.2 ve şek il 3.2.3'te verilen akım gerilim eğ risinden elde edilmiştir ve aylık olarak değ erleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Burada eğer N_s adet güneş panelleri seri bağ landı ise gerilim değ eri:

$$V_s = V \times N_s \quad (4.2.16)$$

N_p adet güneş paneli paralel bağlandı ise akım değeri:

$$I_p = I \times N_p \quad (4.2.17)$$

Bu çalışmada çeşitli varyasyonlar üretilirken güneş panelleri seri, paralel veya hem seri hem de paralel olarak tasarlanmış ve hesaplamalar buna göre yapılmıştır.

Tablo 4.2.4. 300 W Güneş Paneline Ait Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Işınım Değeri (W/m ²)	Saat	Güneş paneli Alanı A _p (m ²)	Akım (A)	1 Adet Güneş Panelinden 1 saatte üretilen güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	121,55	744	1,75	1,05	25,23	18,77
Şubat	127,65	696	1,75	1,10	26,50	18,44
Mart	200,54	744	1,75	1,73	41,63	30,97
Nisan	222,84	720	1,75	1,93	46,26	33,31
Mayıs	247,53	744	1,75	2,14	51,39	38,23
Haziran	268,12	720	1,75	2,32	55,66	40,08
Temmuz	261,29	744	1,75	2,26	54,24	40,36
Ağustos	246,54	744	1,75	2,13	51,18	38,08
Eylül	229,00	720	1,75	1,98	47,54	34,23
Ekim	220,72	744	1,75	1,91	45,82	34,09
Kasım	157,77	720	1,75	1,36	32,75	23,58
Aralık	110,21	744	1,75	0,95	22,88	17,02
Yıllık Toplam Enerji						367,17

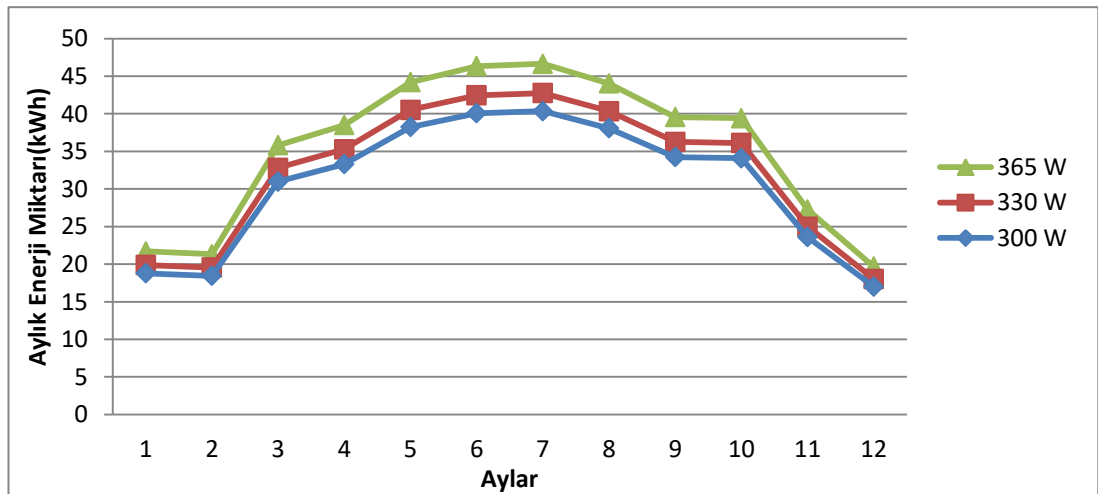
Tablo 4.2.5. 330 W Güneş Paneline Ait Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Işınım Değeri (W/m ²)	Saat	Güneş Paneli Alanı A _p (m ²)	Akım (A)	1 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	121,55	744	1,77	1,11	26,74	19,89
Şubat	127,65	696	1,77	1,17	28,08	19,54
Mart	200,54	744	1,77	1,84	44,11	32,82
Nisan	222,84	720	1,77	2,04	49,01	35,29
Mayıs	247,53	744	1,77	2,27	54,45	40,51
Haziran	268,12	720	1,77	2,46	58,98	42,46
Temmuz	261,29	744	1,77	2,39	57,47	42,76
Ağustos	246,54	744	1,77	2,26	54,23	40,35
Eylül	229,00	720	1,77	2,10	50,37	36,27
Ekim	220,72	744	1,77	2,02	48,55	36,12
Kasım	157,77	720	1,77	1,45	34,70	24,99
Aralık	110,21	744	1,77	1,01	24,24	18,04
Yıllık Toplam Enerji						389,03

Tablo 4.2.6. 365 W Güneş Paneline Ait Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Işınım Değeri (W/m ²)	Saat	Güneş Paneli Alanı A _p (m ²)	Akım (A)	1 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	121,55	744	1,77	1,22	29,17	21,70
Şubat	127,65	696	1,77	1,28	30,64	21,32
Mart	200,54	744	1,77	2,01	48,13	35,81
Nisan	222,84	720	1,77	2,23	53,48	38,51
Mayıs	247,53	744	1,77	2,48	59,41	44,20
Haziran	268,12	720	1,77	2,68	64,35	46,33
Temmuz	261,29	744	1,77	2,61	62,71	46,66
Ağustos	246,54	744	1,77	2,47	59,17	44,02
Eylül	229,00	720	1,77	2,29	54,96	39,57
Ekim	220,72	744	1,77	2,21	52,97	39,41
Kasım	157,77	720	1,77	1,58	37,87	27,26
Aralık	110,21	744	1,77	1,10	26,45	19,68
Yıllık Toplam Enerji						424,48

Tablo 4.2.4, tablo 4.2.5 ve tablo 4.2.6’de farklı güçlerdeki güneş panellerine ait aylık enerji değerleri verilmiştir. Buradaki aylık enerji değerleri, akım ve gerilim (24 V) değerleri 1 adet güneş paneli için hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda en yüksek enerji miktarı bütün güneş panelleri için Temmuz ayında gerçekleşmiş ve bu değerler 300 W için 40,36 kWh, 330 W için 42,76 kWh ve 365 W için 46,66 kWh olmuştur. En düşük enerji miktarı ise bütün güneş panelleri için Aralık ayında gerçekleşmiş ve bu değerler 300 W için 17,02 kWh, 330 W için 18,04 kWh ve 365 W için 19,68 kWh olmuştur.

**Şekil 4.2.2.** Farklı Güçlerdeki Panellerin Aylık Enerji Miktarları

5. Önerilen Varyasyonlar

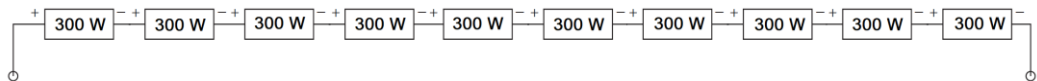
Bu çalışmada 18 adet varyasyon tasarlanmış ve tablo 5.1’de verilmiştir. Bütün varyasyonlarda rüzgâr türbini 1 adet olarak alınmış, güneş panelleri ise 10, 20, 30, 50, 70, 100 adetlerinde değerler almıştır.

Tablo 5.1. Hibrit Sistem Varyasyonlarına Ait Toplam Enerji Değeri

Varyasyonlar	Güneş Paneli Gücü-Adedi	Rüzgâr Türbini Gücü	Güneş Enerjisi(kWh)	Rüzgâr Enerjisi(kWh)	Toplam Enerji(kWh)
Varyasyon 1	300 W-10	500 W	3671,73	253,962	3925,69
Varyasyon 2	330 W-10	500 W	3890,33	253,962	4144,3
Varyasyon 3	365 W-10	500 W	4244,77	253,962	4498,73
Varyasyon 4	300 W-20	700 W	7343,46	260,877	7604,33
Varyasyon 5	330 W-20	700 W	7780,67	260,877	8041,55
Varyasyon 6	365 W-20	700 W	8489,55	260,877	8750,42
Varyasyon 7	300 W-30	1000 W	11015,2	265,487	11280,7
Varyasyon 8	330 W-30	1000 W	11671	265,487	11936,5
Varyasyon 9	365 W-30	1000 W	12734,3	265,487	12999,8
Varyasyon 10	300 W-50	1500 W	18358,6	277,012	18635,7
Varyasyon 11	330 W-50	1500 W	19451,7	277,012	19728,7
Varyasyon 12	365 W-50	1500 W	21223,9	277,012	21500,9
Varyasyon 13	300 W-70	2000 W	25702,1	450,196	26152,3
Varyasyon 14	330 W-70	2000 W	27232,3	450,196	27682,5
Varyasyon 15	365 W-70	2000 W	29713,4	450,196	30163,6
Varyasyon 16	300 W-100	3000 W	36717,3	1246,96	37964,2
Varyasyon 17	330 W-100	3000 W	38903,3	1246,96	40150,3
Varyasyon 18	365 W-100	3000 W	42447,7	1246,96	43694,7

5.1. Varyasyon 1

Bu varyasyon şebekeden bağımsız (off-grid) olarak tasarlanmış ve 1 adet 500 W gücünde rüzgâr türbini, 10 adet 300 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.1.1. 10 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.1.1’de görüldüğü üzere 10 adet güneş panelleri seri olarak bağlanmıştır.

Böylece gerilim:

$$V_s = V \times N_s = 24 \times 10$$

$V_s = 240$ V olur.

Tablo 5.1.1. 300 W Gücünde 10 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	10 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	1,05	252,336	187,7376
Şubat	696	1,10	265,001	184,4404
Mart	744	1,73	416,33	309,7494
Nisan	720	1,93	462,606	333,0762
Mayıs	744	2,14	513,878	382,3253
Haziran	720	2,32	556,621	400,7674
Temmuz	744	2,26	542,445	403,5788
Ağustos	744	2,13	511,816	380,7912
Eylül	720	1,98	475,406	342,2926
Ekim	744	1,91	458,216	340,9128
Kasım	720	1,36	327,538	235,8273
Aralık	744	0,95	228,803	170,2296
Yıllık Toplam Enerji				3671,729

Tablo 5.1.1’de 300 W gücündeki 10 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 403,578 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 170,229 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 3671,729 kWh olmuştur.

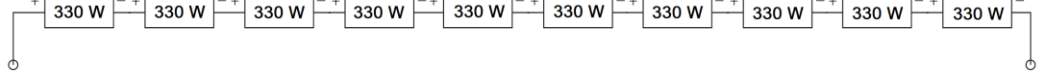
Tablo 5.1.2. 500 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri

Türbin / Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam Enerji(kWh)
500 W RT	25,05	21,23	22,70	26,51	22,70	26,51	32,09	25,05	21,97	13,31	10,60	6,26	253,961

Tablo 5.1.2’de 500 W Gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 32,09 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 6,26 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji 253,961 kWh olmuştur. Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 500 W rüzgâr türbini ve 3000 W güneş panelleri olmak üzere 3500 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 253,961 kWh ve güneş panelleri 3671,729 kWh olmak üzere toplamda 3925,69 kWh’tır.

5.2. Varyasyon 2

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 500 W gücünde rüzgâr türbini, 10 adet 330 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.2.1. 10 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.2.1’de görüldüğü üzere 10 adet güneş panelleri seri olarak bağlanmıştır.

Böylece gerilim:

$$V_s = V_x N_s = 24 \times 10$$

$$V_s = 240 \text{ V olur.}$$

Tablo 5.2.1. 330 W Gücünde 10 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	10 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	1,11	267,359	198,915
Şubat	696	1,17	280,778	195,421
Mart	744	1,84	441,117	328,191
Nisan	720	2,04	490,148	352,907
Mayıs	744	2,27	544,473	405,088
Haziran	720	2,46	589,761	424,628
Temmuz	744	2,39	574,74	427,607
Ağustos	744	2,26	542,288	403,463
Eylül	720	2,10	503,711	362,672
Ekim	744	2,02	485,497	361,21
Kasım	720	1,45	347,039	249,868
Aralık	744	1,01	242,426	180,365
Yıllık Toplam Enerji				3890,33

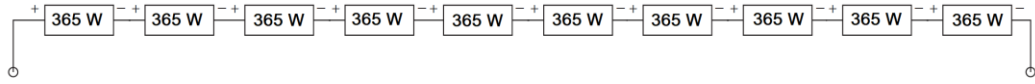
Tablo 5.2.1’de 365 W gücündeki 10 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 427,607 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 180,365 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji 3890,33 kWh olmuştur. Tablo 5.1.2’de 500 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 32,09 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise

6,26 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji 253,961 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 500 W rüzgâr türbini ve 3300 W güneş panelleri olmak üzere 3800 W'tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 253,961 kWh ve güneş panelleri 3890,33 kWh olmak üzere toplamda 4144,291 kWh'tir.

5.3. Varyasyon 3

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 500 W gücünde rüzgâr türbini, 10 adet 365 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.3.1. 10 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.3.1'de görüldüğü üzere 10 adet güneş paneli seri olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.3.1. 365 W Gücünde 10 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	10 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	1,22	291,717	217,038
Şubat	696	1,28	306,359	213,226
Mart	744	2,01	481,306	358,092
Nisan	720	2,23	534,804	385,059
Mayıs	744	2,48	594,079	441,995
Haziran	720	2,68	643,493	463,315
Temmuz	744	2,61	627,104	466,565
Ağustos	744	2,47	591,695	440,221
Eylül	720	2,29	549,603	395,714
Ekim	744	2,21	529,73	394,119
Kasım	720	1,58	378,657	272,633
Aralık	744	1,10	264,512	196,797
Yıllık Toplam Enerji				4244,77

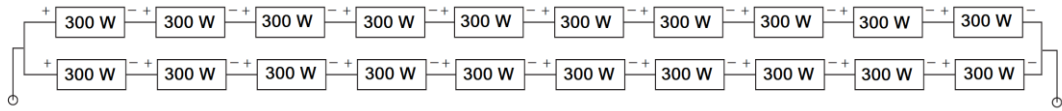
Tablo 5.3.1'de 365 W gücündeki 10 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 466,565 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 196,797 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji 4244,77 kWh olmuştur.

Tablo 5.1.2’de 500 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 32,09 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 6,26 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji 253,961 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 500 W rüzgâr türbini ve 3650 W güneş panelleri olmak üzere 4150 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 253,961 kWh ve güneş panelleri 4244,77 kWh olmak üzere 4498,731 kWh’tır.

5.4. Varyasyon 4

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 700 W gücünde rüzgâr türbini, 20 adet 300 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.4.1. 20 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.4.1’de görüldüğü üzere 2 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.4.1. 300 W Gücünde 20 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	20 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	2,10	504,671	375,4753
Şubat	696	2,21	530,001	368,8807
Mart	744	3,47	832,66	619,4987
Nisan	720	3,86	925,212	666,1524
Mayıs	744	4,28	1027,76	764,6505
Haziran	720	4,64	1113,24	801,5347
Temmuz	744	4,52	1084,89	807,1576
Ağustos	744	4,27	1023,63	761,5824
Eylül	720	3,96	950,813	684,5852
Ekim	744	3,82	916,432	681,8257
Kasım	720	2,73	655,076	471,6546
Aralık	744	1,91	457,606	340,4592
Yıllık Toplam Enerji				7343,457

Tablo 5.4.1’de 300 W gücündeki 20 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 807,157 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 340,459 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 7343,457 kWh olmuştur.

Tablo 5.4.2. 700 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri

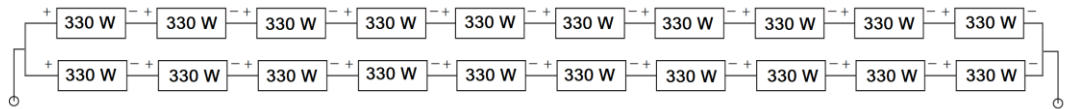
Türbin/ Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam Enerji(kWh)
700 W RT	25,98	21,89	23,40	27,65	23,40	27,65	33,73	25,98	22,65	13,07	10,15	5,32	260,88

Tablo 5.4.2’de 700 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 33,73 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 5,32 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 260,88 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 700 W rüzgâr türbini ve 6000 W güneş panelleri olmak üzere 6700 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 260,877 kWh ve güneş panelleri 7343,457 kWh olmak üzere toplamda 7604,33 kWh’tir.

5.5. Varyasyon 5

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 700 W gücünde rüzgâr türbini, 20 adet 330 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.5.1. 20 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.5.1’de görüldüğü üzere 2 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Böylece gerilim:

$$V_s = V \times N_s = 24 \times 10$$

$$V_s = 240 \text{ V olur.}$$

Tablo 5.5.1. 330 W Gücünde 20 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	20 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	2,23	534,718	397,83
Şubat	696	2,34	561,556	390,843
Mart	744	3,68	882,234	656,382
Nisan	720	4,08	980,296	705,813
Mayıs	744	4,54	1088,95	810,176
Haziran	720	4,91	1179,52	849,256
Temmuz	744	4,79	1149,48	855,214
Ağustos	744	4,52	1084,58	806,925
Eylül	720	4,20	1007,42	725,344
Ekim	744	4,05	970,994	722,42
Kasım	720	2,89	694,078	499,736
Aralık	744	2,02	484,851	360,729
Yıllık Toplam Enerji				7780,67

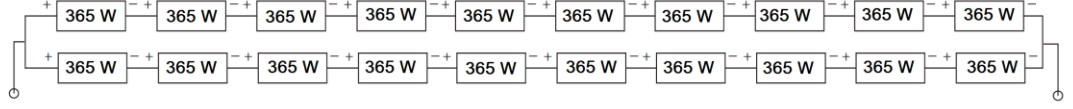
Tablo 5.5.1’de 330 W gücündeki 20 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 855,214 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 360,729 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 7780,67 kWh olmuştur.

Tablo 5.4.2’de 700 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 33,73 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 5,32 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 260,88 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 700 W rüzgâr türbini ve 6600 W güneş panelleri olmak üzere 7300 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 260,877 kWh ve güneş panelleri 7780,67 kWh olmak üzere toplamda 8041,55 kWh’tir.

5.6. Varyasyon 6

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 700 W gücünde rüzgâr türbini, 20 adet 365 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.6.1. 20 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.6.1’de görüldüğü üzere 2 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.6.1. 365 W Gücünde 20 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

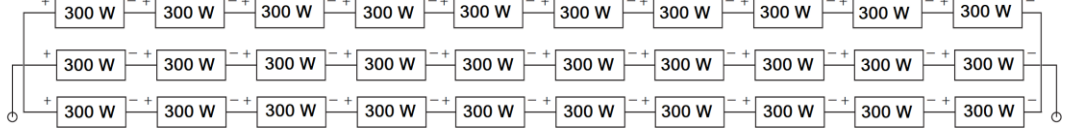
Aylar	Saat	Akım (A)	20 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	2,43	583,435	434,075
Şubat	696	2,55	612,718	426,452
Mart	744	4,01	962,612	716,184
Nisan	720	4,46	1069,61	770,118
Mayıs	744	4,95	1188,16	883,989
Haziran	720	5,36	1286,99	926,63
Temmuz	744	5,23	1254,21	933,13
Ağustos	744	4,93	1183,39	880,442
Eylül	720	4,58	1099,21	791,428
Ekim	744	4,41	1059,46	788,238
Kasım	720	3,16	757,313	545,265
Aralık	744	2,20	529,025	393,594
Yıllık Toplam Enerji				8489,55

Tablo 5.6.1’de 365 W gücündeki 20 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 933,13 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 393,594 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 8489,55 kWh olmuştur.

Tablo 5.4.2’de 700 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 33,73 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 5,32 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 260,88 kWh olmuştur. Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 700 W rüzgâr türbini ve 7300 W güneş panelleri olmak üzere 8000 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 260,877 kWh ve güneş panelleri 8489,55 kWh olmak üzere toplamda 8750,42 kWh’tır.

5.7. Varyasyon 7

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 1000 W gücünde rüzgâr türbini, 30 adet 300 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.7.1. 30 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.7.1’de görüldüğü üzere 3 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.7.1. 300 W Gücünde 30 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	30 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	3,15	757,007	563,2129
Şubat	696	3,31	795,002	553,3211
Mart	744	5,20	1248,99	929,2481
Nisan	720	5,78	1387,82	999,2286
Mayıs	744	6,42	1541,63	1146,976
Haziran	720	6,96	1669,86	1202,302
Temmuz	744	6,78	1627,33	1210,736
Ağustos	744	6,40	1535,45	1142,374
Eylül	720	5,94	1426,22	1026,878
Ekim	744	5,73	1374,65	1022,738
Kasım	720	4,09	982,614	707,482
Aralık	744	2,86	686,41	510,6888
Yıllık Toplam Enerji				11015,19

Tablo 5.7.1’de 300 W gücündeki 30 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 1210,736 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 510,6888 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 11015,19 kWh olmuştur.

Tablo 5.7.2. 1000 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri

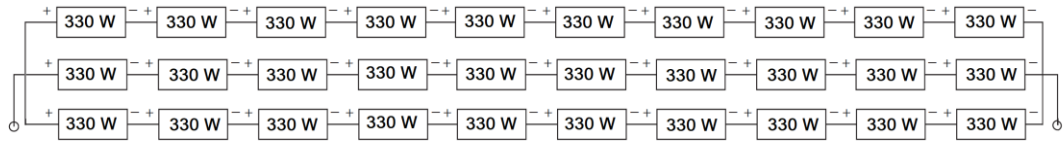
Türbin/ Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam Enerji(kWh)
1000 W RT	26,61	22,33	23,87	28,40	23,87	28,40	34,83	26,61	23,10	12,91	9,85	4,70	265,49

Tablo 5.7.2’de 1000 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 34,83 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 4,70 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 265,49 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 1000 W rüzgâr türbini ve 9000 W güneş panelleri olmak üzere 10000 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 265,49 kWh ve güneş panelleri 11015,19 kWh olmak üzere toplamda 11280,7 kWh’tir.

5.8. Varyasyon 8

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 1000 W gücünde rüzgâr türbini, 30 adet 330 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.8.1. 30 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.8.1’de görüldüğü üzere 3 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.8.1. 330 W Gücünde 30 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	30 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	3,34	802,077	596,745
Şubat	696	3,51	842,334	586,264
Mart	744	5,51	1323,35	984,573
Nisan	720	6,13	1470,44	1058,72
Mayıs	744	6,81	1633,42	1215,26
Haziran	720	7,37	1769,28	1273,88
Temmuz	744	7,18	1724,22	1282,82
Ağustos	744	6,78	1626,87	1210,39
Eylül	720	6,30	1511,13	1088,02
Ekim	744	6,07	1456,49	1083,63
Kasım	720	4,34	1041,12	749,604
Aralık	744	3,03	727,277	541,094
Yıllık Toplam Enerji				11671

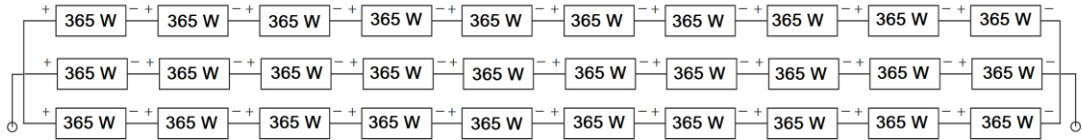
Tablo 5.8.1’de 330 W gücündeki 30 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 1282,82 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 541,094 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 11671 kWh olmuştur.

Tablo 5.7.2’de 1000 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 34,83 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 4,70 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 265,49 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 1000 W rüzgâr türbini ve 9900 W güneş panelleri olmak üzere 10900 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 265,49 kWh ve güneş panelleri 11671 kWh olmak üzere toplamda 11936,5 kWh’tir.

5.9. Varyasyon 9

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 1000 W gücünde rüzgâr türbini, 30 adet 365 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.9.1. 30 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.9.1’de görüldüğü üzere 3 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Böylece gerilim:

$$V_s = V_x N_s = 24 \times 10$$

$$V_s = 240 \text{ V}$$

Olur.

N_p adet güneş paneli paralel bağlandı ise akım değeri:

$$I_p = I_x N_p$$

Varyasyona ait akım değerleri tablo 5.9.1’de aylık olarak verilmiştir

Tablo 5.9.1. 365 W Gücünde 30 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	30 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	3,65	875,152	651,113
Şubat	696	3,83	919,077	639,678
Mart	744	6,02	1443,92	1074,28
Nisan	720	6,69	1604,41	1155,18
Mayıs	744	7,43	1782,24	1325,98
Haziran	720	8,04	1930,48	1389,94
Temmuz	744	7,84	1881,31	1399,7
Ağustos	744	7,40	1775,08	1320,66
Eylül	720	6,87	1648,81	1187,14
Ekim	744	6,62	1589,19	1182,36
Kasım	720	4,73	1135,97	817,898
Aralık	744	3,31	793,537	590,392
Yıllık Toplam Enerji				12734,3

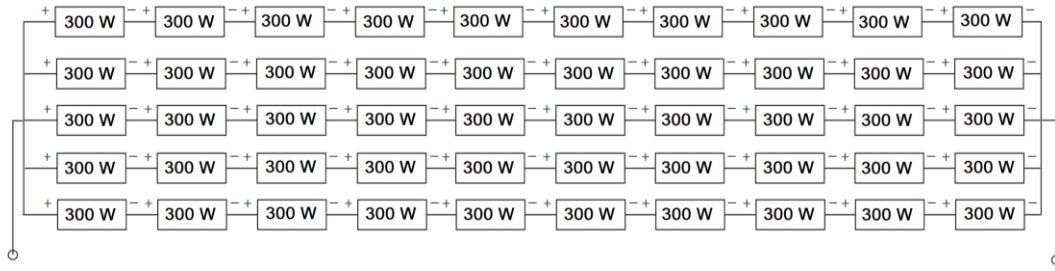
Tablo 5.9.1’de 365 W gücündeki 30 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 1399,7kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 590,392 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 12734,3 kWh olmuştur.

Tablo 5.7.2’de 1000 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 34,83 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 4,70 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 265,49 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 1000 W rüzgâr türbini ve 10950 W güneş panelleri olmak üzere 11950 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 265,49 kWh ve güneş panelleri 12734,3 kWh olmak üzere toplamda 12999,8 kWh’tır.

5.10. Varyasyon 10

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 1500 W gücünde rüzgâr türbini, 50 adet 300 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.10.1. 50 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.10.1’de görüldüğü üzere 5 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.10.1. 300 W Gücünde 50 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	50 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	5,26	1261,68	938,6882
Şubat	696	5,52	1325	922,2018
Mart	744	8,67	2081,65	1548,747
Nisan	720	9,64	2313,03	1665,381
Mayıs	744	10,71	2569,39	1911,626
Haziran	720	11,60	2783,11	2003,837
Temmuz	744	11,30	2712,22	2017,894
Ağustos	744	10,66	2559,08	1903,956
Eylül	720	9,90	2377,03	1711,463
Ekim	744	9,55	2291,08	1704,564
Kasım	720	6,82	1637,69	1179,137
Aralık	744	4,77	1144,02	851,1481
Yıllık Toplam Enerji				18358,64

Tablo 5.10.1’de 300 W gücündeki 50 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 2017,894 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 851,1481 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 18358,64 kWh olmuştur.

Tablo 5.10.2. 1500 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri

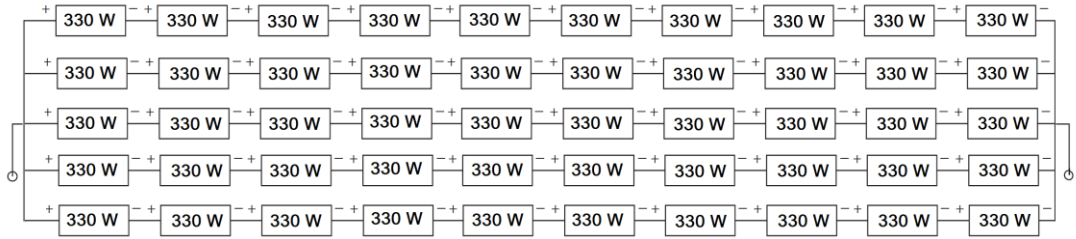
Türbin/ Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam Enerji(kWh)
1500 W RT	28,18	23,43	25,05	30,30	25,05	30,30	37,57	28,18	24,24	12,52	9,09	3,13	277,01

Tablo 5.10.2’de 1500 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 37,57 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 3,13 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 277,01 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 1500 W rüzgâr türbini ve 15000 W güneş panelleri olmak üzere 16500 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 277,01 kWh ve güneş panelleri 18358,64 kWh olmak üzere toplamda 18635,7 kWh’tır.

5.11. Varyasyon 11

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 1500 W gücünde rüzgâr türbini, 50 adet 330 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.11.1. 50 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.11.1’de görüldüğü üzere 5 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Varyasyonlara ait güneş enerjisi akım değerleri varyasyonlar için hesaplanmış 12 aydaki en yüksek akım değeri alınmış ve tablo 3.3.1’de verilmiştir. Ayrıca varyasyon 11’e ait güneş enerjisi akım değerleri tablo 5.11.1’de verilmiştir. Tabloya göre maksimum akım değeri haziran ayında 12,29 A minimum akım değeri ise aralık ayında 5,05 A’dır.

Tablo 5.10.2’de 1500 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 37,57 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 3,13 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 277,01 kWh olmuştur.

Tablo 5.11.1. 330 W Gücünde 50 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

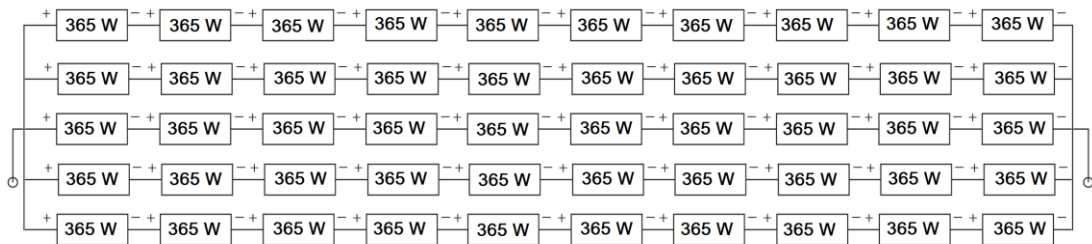
Aylar	Saat	Akım (A)	50 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	5,57	1336,79	994,575
Şubat	696	5,85	1403,89	977,107
Mart	744	9,19	2205,59	1640,96
Nisan	720	10,21	2450,74	1764,53
Mayıs	744	11,34	2722,37	2025,44
Haziran	720	12,29	2948,81	2123,14
Temmuz	744	11,97	2873,7	2138,03
Ağustos	744	11,30	2711,44	2017,31
Eylül	720	10,49	2518,55	1813,36
Ekim	744	10,11	2427,49	1806,05
Kasım	720	7,23	1735,19	1249,34
Aralık	744	5,05	1212,13	901,823
Yıllık Toplam Enerji				19451,7

Tablo 5.11.1’de 330 W gücündeki 50 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 2138,03 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 901,823 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 19451,7 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 1500 W rüzgâr türbini ve 16500 W güneş panelleri olmak üzere 18000 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 277,01 kWh ve güneş panelleri 19451,7 kWh olmak üzere toplamda 19728,7 kWh’tir.

5.12. Varyasyon 12

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 1500 W gücünde rüzgâr türbini, 50 adet 365 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.

**Şekil 5.12.1.** 50 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.12.1’de görüldüğü üzere 5 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Böylece gerilim:

$$V_s = V \times N_s = 24 \times 10$$

$$V_s = 240 \text{ V olur.}$$

Tablo 5.12.1. 365 W Gücünde 50 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	50 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	6,08	1458,59	1085,19
Şubat	696	6,38	1531,79	1066,13
Mart	744	10,03	2406,53	1790,46
Nisan	720	11,14	2674,02	1925,3
Mayıs	744	12,38	2970,39	2209,97
Haziran	720	13,41	3217,46	2316,57
Temmuz	744	13,06	3135,52	2332,83
Ağustos	744	12,33	2958,47	2201,11
Eylül	720	11,45	2748,01	1978,57
Ekim	744	11,04	2648,65	1970,59
Kasım	720	7,89	1893,28	1363,16
Aralık	744	5,51	1322,56	983,986
Yıllık Toplam Enerji				21223,9

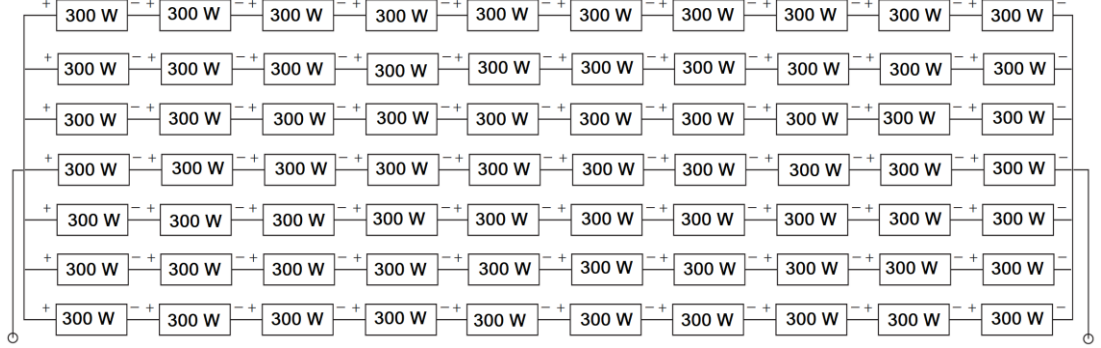
Tablo 5.12.1’de 365 W gücündeki 50 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 2332,83 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 983,986 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 21223,9 kWh olmuştur.

Tablo 5.10.2’de 1500 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 37,57 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 3,13 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 277,01 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 1500 W rüzgâr türbini ve 18250 W güneş panelleri olmak üzere 19750 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 277,01 kWh ve güneş panelleri 21223,9 kWh olmak üzere toplamda 21500,9 kWh’tır.

5.13. Varyasyon 13

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 2000 W gücünde rüzgâr türbini, 70 adet 300 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.13.1. 70 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.13.1’de görüldüğü üzere 7 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.13.1. 300 W Gücünde 70 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	70 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	7,36	1766,35	1314,163
Şubat	696	7,73	1855	1291,083
Mart	744	12,14	2914,31	2168,246
Nisan	720	13,49	3238,24	2331,533
Mayıs	744	14,99	3597,15	2676,277
Haziran	720	16,23	3896,35	2805,372
Temmuz	744	15,82	3797,11	2825,051
Ağustos	744	14,93	3582,71	2665,538
Eylül	720	13,87	3327,84	2396,048
Ekim	744	13,36	3207,51	2386,39
Kasım	720	9,55	2292,77	1650,791
Aralık	744	6,67	1601,62	1191,607
Yıllık Toplam Enerji				25702,1

Tablo 5.13.1’de 300 W gücündeki 70 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 2825,051 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 1191,607 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 25702,1 kWh olmuştur.

Tablo 5.13.2. 2000 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri

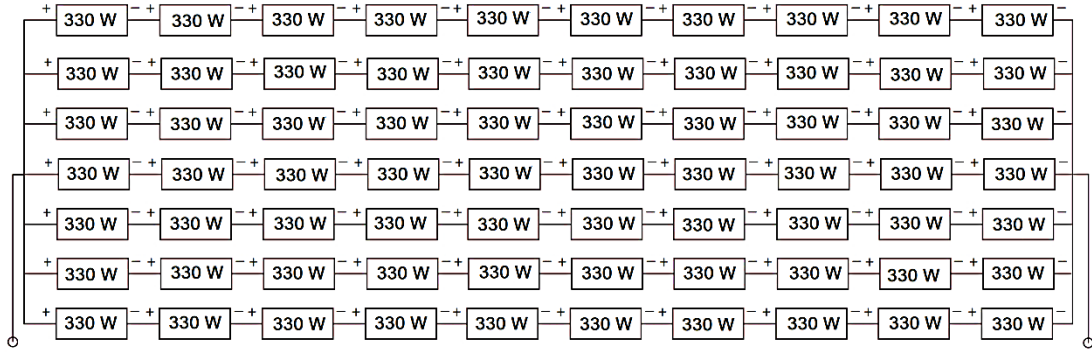
Türbin/ Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam Enerji(kWh)
2000 W RT	44,61	37,71	40,31	47,34	40,31	47,34	57,53	44,61	39,01	23,09	18,18	10,17	450,20

Tablo 5.13.2’de 2000 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 57,53 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 10,17 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 450,20 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 2000 W rüzgâr türbini ve 21000 W güneş panelleri olmak üzere 23000 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 450,20 kWh ve güneş panelleri 25702,1 kWh olmak üzere toplamda 26152,3 kWh’tir.

5.14. Varyasyon 14

Bu varyasyon şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış ve 1 adet 2000 W gücünde rüzgâr türbini, 70 adet 330 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.14.1. 70 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.14.1’de görüldüğü üzere 7 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Varyasyona ait gerilim:

$$V_s = V_x N_s = 24 \times 10$$

$$V_s = 240 \text{ V olur.}$$

Varyasyona ait akım değerleri tablo 5.14.1’de aylık olarak verilmiştir.

Tablo 5.14.1. 330 W Gücünde 70 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	70 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	7,80	1871,51	1392,41
Şubat	696	8,19	1965,45	1367,95
Mart	744	12,87	3087,82	2297,34
Nisan	720	14,30	3431,04	2470,35
Mayıs	744	15,88	3811,31	2835,62
Haziran	720	17,20	4128,33	2972,4
Temmuz	744	16,76	4023,18	2993,25
Ağustos	744	15,82	3796,02	2824,24
Eylül	720	14,69	3525,98	2538,7
Ekim	744	14,16	3398,48	2528,47
Kasım	720	10,12	2429,27	1749,08
Aralık	744	7,07	1696,98	1262,55
Yıllık Toplam Enerji				27232,3

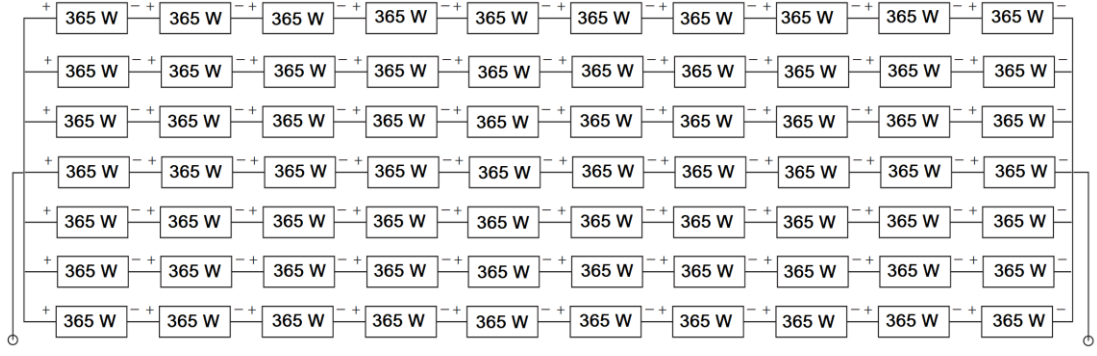
Tablo 5.14.1’de 330 W gücündeki 70 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 2993,25 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 1262,55 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 27232,3 kWh olmuştur.

Tablo 5.13.2’de 2000 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 57,53 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 10,17 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 450,20 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 2000 W rüzgâr türbini ve 23100 W güneş panelleri olmak üzere 25100 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 450,20 kWh ve güneş panelleri 27232,3 kWh olmak üzere toplamda 27682,5 kWh’tır.

5.15. Varyasyon 15

Bu varyasyon şebekeden bağımsız tasarlanmış ve 1 adet 2000 W gücünde rüzgâr türbini, 70 adet 365 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.15.1. 70 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.15.1’de görüldüğü üzere 7 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.15.1. 365 W Gücünde 70 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	70 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	8,51	2042,02	1519,26
Şubat	696	8,94	2144,51	1492,58
Mart	744	14,04	3369,14	2506,64
Nisan	720	15,60	3743,63	2695,41
Mayıs	744	17,33	4158,55	3093,96
Haziran	720	18,77	4504,45	3243,2
Temmuz	744	18,29	4389,73	3265,96
Ağustos	744	17,26	4141,86	3081,55
Eylül	720	16,03	3847,22	2770
Ekim	744	15,45	3708,11	2758,83
Kasım	720	11,04	2650,6	1908,43
Aralık	744	7,71	1851,59	1377,58
Yıllık Toplam Enerji				29713,4

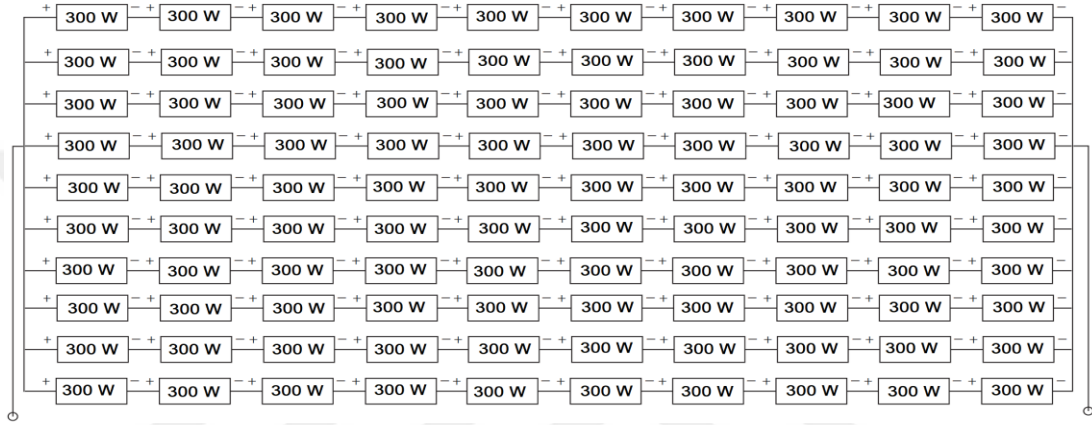
Tablo 5.15.1’de 365 W gücündeki 70 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 3265,96 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 1377,58 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 29713,4 kWh olmuştur.

Tablo 5.13.2’de 2000 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 57,53 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 10,17 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 450,20 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 2000 W rüzgâr türbini ve 25550 W güneş panelleri olmak üzere 27550 W'tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 450,20 kWh ve güneş panelleri 29713,4 kWh olmak üzere toplamda 30163,6 kWh'tir.

5.16. Varyasyon 16

Bu varyasyon şebekeye bağlı (on-grid) olarak tasarlanmış ve 1 adet 3000 W gücünde rüzgâr türbini, 100 adet 300 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.16.1. 100 Adet 300 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.16.1'de görüldüğü üzere 10 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.16.1. 300 W Gücünde 100 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	100 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	10,51	2523,36	1877,376
Şubat	696	11,04	2650,01	1844,404
Mart	744	17,35	4163,3	3097,494
Nisan	720	19,28	4626,06	3330,762
Mayıs	744	21,41	5138,78	3823,253
Haziran	720	23,19	5566,21	4007,674
Temmuz	744	22,60	5424,45	4035,788
Ağustos	744	21,33	5118,16	3807,912
Eylül	720	19,81	4754,06	3422,926
Ekim	744	19,09	4582,16	3409,128
Kasım	720	13,65	3275,38	2358,273
Aralık	744	9,53	2288,03	1702,296
Yıllık Toplam Enerji				36717,29

Tablo 5.16.1’de 300 W gücündeki 100 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 4035,788 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 1702,296 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 36717,29 kWh olmuştur.

Tablo 5.16.2. 3000 W Gücündeki Rüzgâr Türbininin Aylık Enerji Değerleri

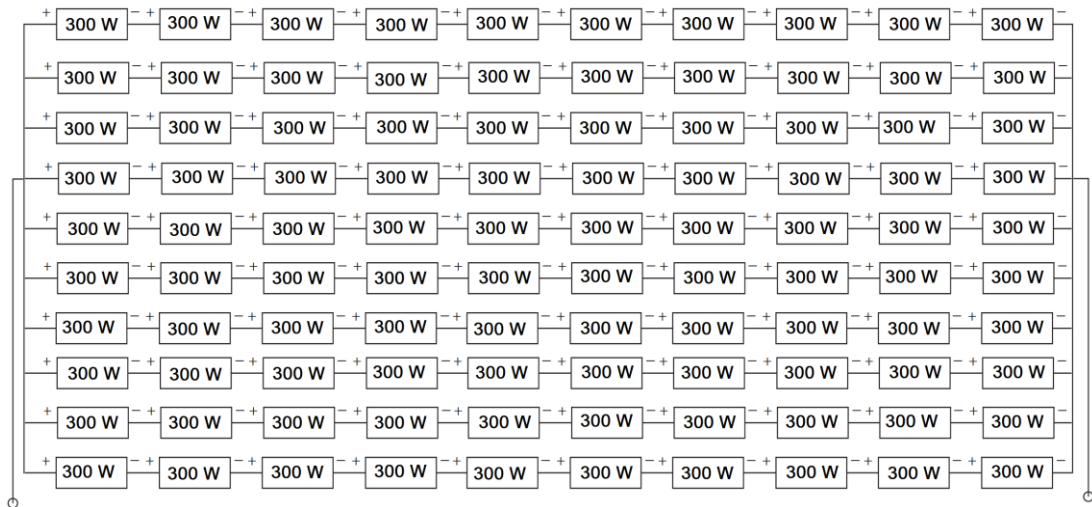
Türbin/ Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Toplam Enerji(kWh)
3000 W RT	117,40	102,50	109,57	121,19	109,57	121,19	140,88	117,40	106,04	78,27	68,17	54,79	1246,96

Tablo 5.16.2’de 3000 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 140,88 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 54,79 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 1246,96 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 3000 W rüzgâr türbini ve 30000 W güneş panelleri olmak üzere 33000 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 1246,96 kWh ve güneş panelleri 36717,29 kWh olmak üzere toplamda 37964,2 kWh’tır.

5.17. Varyasyon 17

Bu varyasyon şebekeye bağlı olarak tasarlanmış ve 1 adet 3000 W gücünde rüzgâr türbini, 100 adet 330 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.17.1. 100 Adet 330 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.17.1’de görüldüğü üzere 10 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Varyasyona ait gerilim:

$$V_s = V \times N_s = 24 \times 10$$

$$V_s = 240 \text{ V olur.}$$

Tablo 5.16.2’de 3000 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 140,88 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 54,79 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 1246,96 kWh olmuştur.

Tablo 5.17.1. 330 W Gücünde 100 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

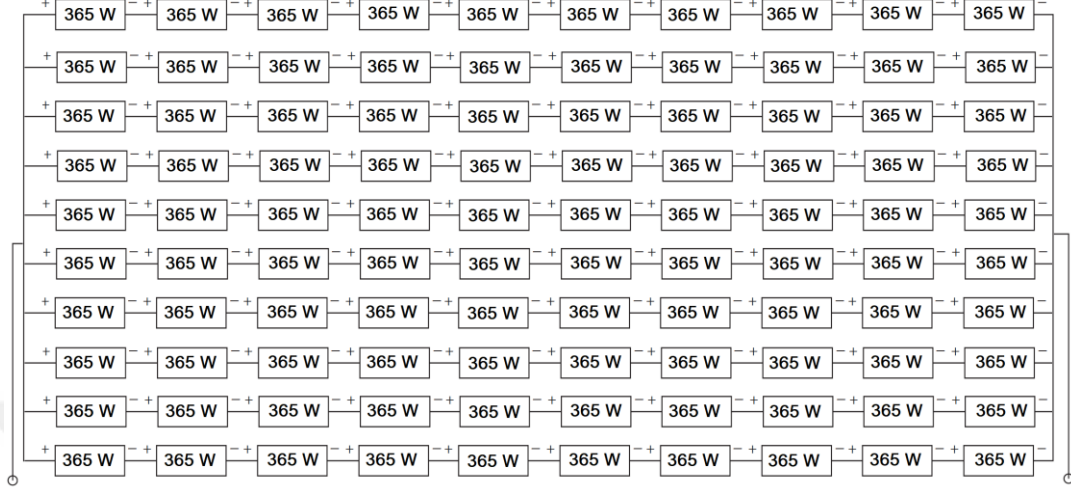
Aylar	Saat	Akım (A)	100 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	11,14	2673,59	1989,15
Şubat	696	11,70	2807,78	1954,21
Mart	744	18,38	4411,17	3281,91
Nisan	720	20,42	4901,48	3529,07
Mayıs	744	22,69	5444,73	4050,88
Haziran	720	24,57	5897,61	4246,28
Temmuz	744	23,95	5747,4	4276,07
Ağustos	744	22,60	5422,88	4034,63
Eylül	720	20,99	5037,11	3626,72
Ekim	744	20,23	4854,97	3612,1
Kasım	720	14,46	3470,39	2498,68
Aralık	744	10,10	2424,26	1803,65
Yıllık Toplam Enerji				38903,3

Tablo 5.17.1’de 330 W gücündeki 100 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 4276,07 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 1803,65 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 38903,3 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 3000 W rüzgâr türbini ve 33000 W güneş panelleri olmak üzere 36000 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 1246,96 kWh ve güneş panelleri 38903,3 kWh olmak üzere toplamda 40150,3 kWh’tır.

5.18. Varyasyon 18

Bu varyasyon şebekeye bağlı olarak tasarlanmış ve 1 adet 3000 W gücünde rüzgâr türbini, 100 adet 365 W gücünde güneş panelleri kullanılmıştır.



Şekil 5.18.1. 100 Adet 365 W Gücünde Güneş Panelleri

Şekil 5.18.1’de görüldüğü üzere 10 adet onarlı gruplar şeklinde güneş panelleri seri ve paralel olarak bağlanmıştır.

Tablo 5.18.1. 365 W Gücünde 100 Adet Güneş Panellerinin Aylık Enerji Değerleri

Aylar	Saat	Akım (A)	100 Adet Güneş Panelinden 1 Saatte Üretilen Güç (W)	Aylık Enerji (kWh)
Ocak	744	12,15	2917,17	2170,38
Şubat	696	12,77	3063,59	2132,26
Mart	744	20,05	4813,06	3580,92
Nisan	720	22,28	5348,04	3850,59
Mayıs	744	24,75	5940,79	4419,95
Haziran	720	26,81	6434,93	4633,15
Temmuz	744	26,13	6271,04	4665,65
Ağustos	744	24,65	5916,95	4402,21
Eylül	720	22,90	5496,03	3957,14
Ekim	744	22,07	5297,3	3941,19
Kasım	720	15,78	3786,57	2726,33
Aralık	744	11,02	2645,12	1967,97
Yıllık Toplam Enerji				42447,7

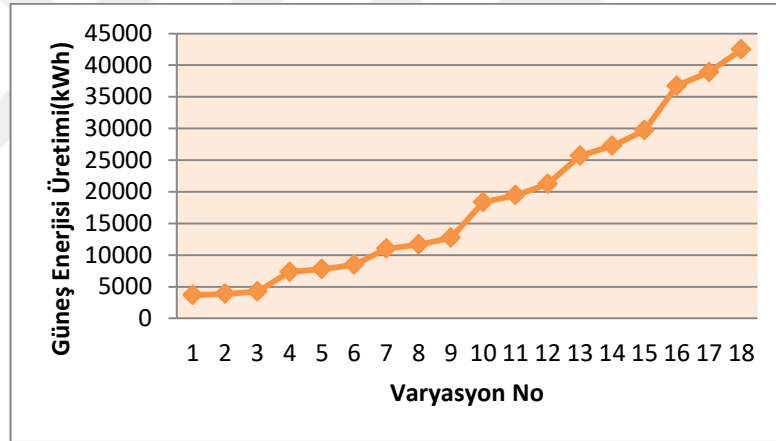
Tablo 5.18.1’de 365 W gücündeki 100 adet güneş panellerinin aylık ortalama enerji değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 4665,65 kWh

ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 1967,97 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 42447,7 kWh olmuştur.

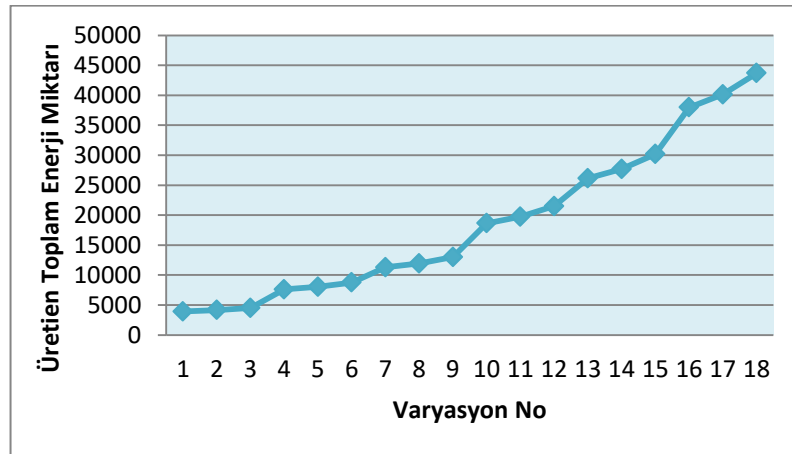
Tablo 5.16.2’de 3000 W gücündeki rüzgâr türbinin aylık ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre maksimum enerji değeri 140,88 kWh ile temmuz ayında minimum enerji değeri ise 54,79 kWh ile aralık ayında hesaplanmıştır. Yıllık toplam enerji miktarı 1246,96 kWh olmuştur.

Hibrit sistem varyasyonunun toplam kurulu gücü 3000 W rüzgâr türbini ve 36500 W güneş panelleri olmak üzere 39500 W’tır. Varyasyonun yıllık toplam enerji miktarı ise rüzgâr türbini 1246,96 kWh ve güneş panelleri 42447,7 kWh olmak üzere toplamda 43694,7 kWh’tir.

Varyasyonlara ait güneş enerjisi üretimi ve toplam enerji üretimi şekil 5.18.2 ve şekil 5.18.3’de verilmiştir.



Şekil 5.18.2. Varyasyonlara Ait Güneş Enerjisi Üretimi



Şekil 5.18.3. Varyasyonlara Ait Toplam Enerji Üretimi

6. Maliyet Hesabı

6.1. Güneş Panellerinin Maliyet Hesabı

Güneş panellerinin maliyeti hesaplanırken piyasada bulunan monokristal güneş paneli markalarının ortalama birim maliyeti alınmıştır. Yani monokristal bir güneş paneli watt başına 0,876 USD = 3,184 TL alınarak maliyeti hesaplanmıştır [58].

300 W Monokristal Güneş Paneli Maliyet Hesabı:

$$300 \times 0,876 \text{ USD} = 262,8 \text{ USD} = 955,25 \text{ TL}$$

330 W Monokristal Güneş Paneli Maliyet Hesabı:

$$330 \times 0,876 \text{ USD} = 289,08 \text{ USD} = 1.050,77 \text{ TL}$$

365 W Monokristal Güneş Paneli Maliyet Hesabı:

$$365 \times 0,876 \text{ USD} = 319,74 \text{ USD} = 1.162,22 \text{ TL}$$

6.2. Rüzgâr Türbinlerinin Maliyeti

Rüzgâr türbinlerinin maliyeti rüzgâr türbini firmasından ve internet sitesinden alınan türbin fiyatlarından oluşmaktadır. Rüzgâr türbini maliyetleri KDV dâhil olmak üzere tablo 6.2’ de verilmiştir.

Tablo 6.2. Rüzgâr Türbinleri Maliyeti [46,47]

Rüzgâr Türbini	500 W RT	700 W RT	1000 W RT	1500 W RT	2000 W RT	3000 W RT
Fiyat TL	2.056,45	1.790,00	5.762,41	2.490,00	9.690,01	14.242,53

6.3. Akülerin Maliyeti

Çeşitli marka ve kapasitelerdeki akülerin fiyatları tablo 6.3’de verilmiştir. Genel olarak kapasiteye bağlı akü maliyetinde artış gözlenmiştir.

Tablo 6.3. Akülerin Maliyeti [59,60]

Akü	Akü ₁	Akü ₂	Akü ₃	Akü ₄	Akü ₅	Akü ₆	Akü ₇	Akü ₈
Kapasite[Ah]	50	80	95	102	120	150	200	235
Fiyat TL	442,89	684	718,2	685,00 TL	1.596,00	1.346,00	1.260,00	1.601,70

6.4. İnvvertörlerin Maliyeti

İnvvertörlerin kdv dâhil fiyatları tablo 6.4’de verilmiştir.

Tablo 6.4. İnvvertörlerin Maliyeti [59]

İnvvertörler	PIKO 4.2	PIKO7.0	PIKO 8.5	PIKO 10	PIKO 12	PIKO 15	PIKO 17	PIKO 20
Fiyat TL	6.028,00	7.346,00	8.114,00	8.800,00	10.080,00	11.390,00	12.233,00	12.757,00

6.5. Şarj Kontrol Cihazı Maliyeti

Şarj kontrol cihazı farklı marka ve kapasitede olmak üzere 2 adet kullanılmıştır. 15 A SKC şarj kontrol cihazı fiyatı kdv dahil 396,83 TL ve 30 A SKC şarj kontrol cihazı fiyatı kdv dahil 444,00 TL’dir [59,60].

6.6. Önerilen Varyasyonların Maliyet Hesabı

Tablo 6.6.1’de hibrit sistem varyasyonlarının toplam maliyetleri verilmiştir.

Tablo 6.6.1. Hibrit Sistem Varyasyonlarına Ait Maliyet

Varyasyonlar	Rüzgâr Türbini Maliyeti(TL)	Güneş Panelleri Toplam Maliyeti(TL)	İnvvertör Maliyeti(TL)	Akü Maliyeti(TL)	Şarj Kontrol Cihazı Maliyeti(TL)	Toplam Maliyet(TL)
Varyasyon 1	2.056,45	9.552,51	6.028,00	442,89	396,83	18.476,67
Varyasyon 2	2.056,45	10.507,76	6.028,00	442,89	396,83	19.431,93
Varyasyon 3	2.056,45	11.622,22	6.028,00	442,89	396,83	20.546,38
Varyasyon 4	1.790,00	19.105,02	7.346,00	684	396,83	29.321,85
Varyasyon 5	1.790,00	21.015,52	7.346,00	684	396,83	31.232,35
Varyasyon 6	1.790,00	23.244,44	8.114,00	684	396,83	34.229,27
Varyasyon 7	5.762,41	28.657,52	8.800,00	718,2	396,83	44.334,97
Varyasyon 8	5.762,41	31.523,28	10.080,00	685	396,83	48.447,52
Varyasyon 9	5.762,41	34.866,65	10.080,00	1.596,00	396,83	52.701,90
Varyasyon 10	2.490,00	47.762,54	11.390,00	2.325,60	396,83	64.364,97
Varyasyon 11	2.490,00	52.538,79	12.233,00	2.325,60	444	70.031,39
Varyasyon 12	2.490,00	58.111,09	12.757,00	1.260,00	444	75.062,09
Varyasyon 13	9.690,01	66.867,56	20.160,00	1.601,70	444	98.763,26
Varyasyon 14	9.690,01	73.554,31	20.160,00	1.601,70	444	105.450,02
Varyasyon 15	9.690,01	81.355,53	20.160,00	1.601,70	444	113.251,23
Varyasyon 16	14.242,53	95.525,08	22.780,00	-	-	132.547,61
Varyasyon 17	14.242,53	105.077,59	24.466,00	-	-	143.786,12
Varyasyon 18	14.242,53	116.222,18	25.514,00	-	-	155.978,71



Şekil 6.6.1. Önerilen Varyasyonların Toplam Maliyeti

Şekil 6.6.1’de varyasyonların kurulu güce bağlı olarak toplam maliyetlerinde de artış gözlenmiştir. Şebekeden bağımsız varyasyonlarda akü ve şarj kontrol cihazı maliyetinin olması, şebekeye bağlı sistemlerde bu maliyetin olmaması toplam maliyette fazla bir etki yapmamıştır. Örnek vermek gerekirse şebekeden bağımsız varyasyon 15’de toplam maliyetin ancak % 1,4’ü akü ve şarj kontrol cihazından oluşmaktadır. Bu da akü ve şarj kontrol cihazının maliyete etkisinin ne kadar az olduğunun reel bir göstergesidir.

Tablo 6.6.2. Hibrit Sistem Elemanlarının Maliyet Dağılımı (%)

Varyasyon No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Güneş Panelleri	52	54	57	65	67	68	65	65	66	74	75	77	68	70	72	72	73	75
Rüzgâr Türbini	11	11	10	6	6	5	13	12	11	4	4	3	10	9	9	11	10	9
İnvertör	33	31	29	25	24	24	20	21	19	18	17	17	20	19	18	17	17	16
Akü	2	2	2	2	2	2	2	1	3	4	3	2	2	2	1			
Şarj Kontrol Cihazı	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0			

Tablo 6.6.2’de Hibrit sistem elemanlarının maliyet dağılımı yüzdesel olarak verilmiştir. Bu verilere göre varyasyonlarda maliyeti etkileyen en önemli etken adet olarak fazla kullanıldığı için güneş panelleri olmuştur. Rüzgâr türbini 1 adet kullanıldığı için maliyete etkisi ortalama olarak % 10’larda kalmıştır. İnvertörlerin ise rüzgâr türbinleri gibi 1 adet kullanılmasına rağmen rüzgâr türbini maliyetinin 3 katı kadar olmuş ve maliyeti etkileyen ikinci eleman olarak yerini almıştır. Şebekeden bağımsız hibrit sistemlerde akü ve şarj kontrol cihazının maliyete etkisi toplamda % 3’lerde kalmıştır.

Tablo 6.6.3. Hibrit Sistem Varyasyonlarına Ait Elemanlar

Varyasyonlar	Rüzgâr Türbini	Rüzgâr Türbini Adedi	Güneş Paneli	Güneş Paneli Adedi	İnvertör	İnvertör Adedi	Akü	Akü Adedi	Şarj Kontrol Cihazı	Şarj Kontrol Cihazı Adedi
Varyasyon 1	500 W RT	1	300 W GP	10	PIKO 4.2	1	AKÜ ₁	1	15 A SKC	1
Varyasyon 2	500 W RT	1	330 W GP	10	PIKO 4.2	1	AKÜ ₁	1	15 A SKC	1
Varyasyon 3	500 W RT	1	365 W GP	10	PIKO 4.2	1	AKÜ ₁	1	15 A SKC	1
Varyasyon 4	700 W RT	1	300 W GP	20	PIKO 7.0	1	AKÜ ₂	1	15 A SKC	1
Varyasyon 5	700 W RT	1	330 W GP	20	PIKO 7.0	1	AKÜ ₂	1	15 A SKC	1
Varyasyon 6	700 W RT	1	365 W GP	20	PIKO 8.5	1	AKÜ ₂	1	15 A SKC	1
Varyasyon 7	1000 W RT	1	300 W GP	30	PIKO 10	1	AKÜ ₃	1	15 A SKC	1
Varyasyon 8	1000 W RT	1	330 W GP	30	PIKO 12	1	AKÜ ₄	1	15 A SKC	1
Varyasyon 9	1000 W RT	1	365 W GP	30	PIKO 12	1	AKÜ ₅	1	15 A SKC	1
Varyasyon 10	1500 W RT	1	300 W GP	50	PIKO 15	1	AKÜ ₆	1	15 A SKC	1
Varyasyon 11	1500 W RT	1	330 W GP	50	PIKO 17	1	AKÜ ₆	1	30 A SKC	1
Varyasyon 12	1500 W RT	1	365 W GP	50	PIKO 20	1	AKÜ ₇	1	30 A SKC	1
Varyasyon 13	2000 W RT	1	300 W GP	70	PIKO 12	2	AKÜ ₈	1	30 A SKC	1
Varyasyon 14	2000 W RT	1	330 W GP	70	PIKO 12	2	AKÜ ₈	1	30 A SKC	1
Varyasyon 15	2000 W RT	1	365 W GP	70	PIKO 12	2	AKÜ ₈	1	30 A SKC	1
Varyasyon 16	3000 W RT	1	300 W GP	100	PIKO 15	2	-	-	-	-
Varyasyon 17	3000 W RT	1	330 W GP	100	PIKO 17	2	-	-	-	-
Varyasyon 18	3000 W RT	1	365 W GP	100	PIKO 20	2	-	-	-	-

Tablo 6.6.3’de hibrit sistem varyasyonlarında kullanılan elemanlar ve adet sayıları verilmiştir. Varyasyonlarda seçilen akü ve şarj kontrol cihazları maksimum akım değerlerine göre seçilmiştir. Hibrit sistem varyasyonlarında seçilen invertörler ise varyasyonun toplam kurulu gücüne göre seçilmiş ve varyasyon 13’den itibaren kurulu gücü karşılamak için 2 adet olarak kullanılması uygun görülmüştür. Şebekeye bağlı olarak tasarlanan varyasyonlarda akü ve şarj kontrol cihazına ihtiyaç olmadığı için bu cihazlar kullanılmamıştır.

Yenilenebilir enerji sistemlerinin maliyetlendirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda açık literatürde kaynakçada ki [61] kabuller yapılmıştır. Bu çalışmada ise aşağıdaki denklemler kullanılarak maliyet analizi yapılmıştır.

$$\text{Kurulum Birim Maliyeti} = \frac{\text{Kurulum Maliyeti}}{\text{Yıllık Toplam Enerji Üretimi}} \text{ (TL/kWh)} \quad (6.6.1)$$

$$\text{Satış Bedeli} = \frac{\text{Kampüs Yıllık Toplam Elektrik Fiyatı}}{\text{Kampüs Yıllık Enerji Tüketimi}} \quad (6.6.2)$$

$$\text{Satış Bedeli} = \frac{2.160.974,9}{6.345.088} \quad (6.6.3)$$

$$\text{Satış Bedeli} = 0,340 \text{ TL/kWh} \quad (6.6.4)$$

$$\text{Yıllık Kazanç} = \text{Yıllık Toplam Enerji Üretimi} \times \text{Satış Bedeli (TL)} \quad (6.6.5)$$

$$\text{Faydalı Ömür} = \frac{\text{Kurulum Maliyeti}}{\text{Yıllık Kazanç}} \text{ (Yıl)} \quad (6.6.6)$$

Tablo 6.6.4’de önerilen varyasyonların kampüs elektrik ihtiyacını karşılama yüzdeleri ve faydalı ömürleri verilmiştir.

Tablo 6.6.4. Önerilen Varyasyonların Kampüs Elektrik İhtiyacını Karşılama Yüzdesi ve Faydalı Ömür

Varyasyonlar	Kurulum Maliyeti (TL)	Yıllık Toplam Enerji Üretimi(kWh)	Kurulum Birim Maliyeti (TL/kWh)	Elektrik Talebi Karşılama Yüzdesi %	Yıllık Kazanç (TL)	Faydalı Ömür (yıl)
Varyasyon 1	18.476,67	3.925,69	4,71	0,06	1.336,99	13,8
Varyasyon 2	19.431,93	4.144,30	4,69	0,07	1.411,44	13,8
Varyasyon 3	20.546,38	4.498,73	4,57	0,07	1.532,15	13,4
Varyasyon 4	29.321,85	7.604,33	3,86	0,12	2.589,84	11,3
Varyasyon 5	31.232,35	8.041,55	3,88	0,13	2.738,75	11,4
Varyasyon 6	34.229,27	8.750,42	3,91	0,14	2.980,17	11,5
Varyasyon 7	44.334,97	11.280,67	3,93	0,18	3.841,91	11,5
Varyasyon 8	48.447,52	11.936,49	4,06	0,19	4.065,26	11,9
Varyasyon 9	52.701,90	12.999,81	4,05	0,20	4.427,40	11,9
Varyasyon 10	64.364,97	18.635,66	3,45	0,29	6.346,83	10,1
Varyasyon 11	70.031,39	19.728,68	3,55	0,31	6.719,09	10,4
Varyasyon 12	75.062,09	21.500,88	3,49	0,34	7.322,65	10,3
Varyasyon 13	98.763,26	26.152,30	3,78	0,41	8.906,80	11,1
Varyasyon 14	105.450,02	27.682,54	3,81	0,44	9.427,96	11,2
Varyasyon 15	113.251,23	30.163,61	3,75	0,48	10.272,95	11,0
Varyasyon 16	132.547,61	37.964,25	3,49	0,60	12.929,65	10,3
Varyasyon 17	143.786,12	40.150,30	3,58	0,63	13.674,17	10,5
Varyasyon 18	155.978,71	43.694,69	3,57	0,69	14.881,29	10,5

7.Sonuç ve Öneriler

Bu tez çalışmasında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Muradiye yerleşkesi enerji ihtiyacı için hibrit sistem varyasyonları tasarlanmış ve maliyet analizi yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda elektrik ihtiyacının maksimum % 0,69 kadarlık kısmı karşılanabilmiştir.

Yapılan güneş ve rüzgâr enerjisi hesaplamalarında yıllık en az enerji üretimi varyasyon 1'den elde edilmiş olup rüzgâr enerjisinden 253,962 kWh güneş enerjisinden 3.671,73 kWh olmak üzere toplamda 3.925,69 kWh'tir. Rüzgâr enerjisinin enerji üretimine katkısı % 6,5 civarındadır. En fazla yıllık enerji üretimi varyasyon 18'den elde edilmiş olup bu değerler rüzgâr enerjisi için 1.246,96 kWh güneş enerjisi için 42.447,7 kWh olup toplamda 43.694,7kWh 'tir. Rüzgâr enerjisinin hibrit enerji üretimine olan katkısı ise %2,85 olarak kalmıştır.

Rüzgâr ve Güneş enerjisi kurulu gücü eşit olarak alındığında yani varyasyon 1'in 3000 W kurulu gücü ve 1.246,96 kWh enerjisine sahip rüzgâr türbini ile varyasyon 18'in 3000 W kurulu güce ve 3.671,73 kWh enerjisine sahip güneş panelleri alınıp yeni bir varyasyon tasarımı yapıldığında toplam enerji üretiminin 4.918,69 kWh olduğu görülür. Ancak kurulu güçler eşit olarak alındığında bile rüzgâr enerjisinin toplam enerji üretimine katkısı %25,35 olmuştur. Güneş enerjisinin enerji üretimine payının yüksek olması kurulu gücünün yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülse de kurulu güçler eşit olarak alındığında bile rüzgâr enerjisi katkısı düşük kalmıştır.

Bir bölgeye yatırım yapılması için faydalı ömür yani geri ödeme süresi büyük bir önem taşımaktadır. Faydalı ömür ve normal amortisman oranı Vergi Usul Kanunu Genel Tebliğinde belirlenmiştir.

Tablo 6.6.5. Rüzgâr ve Güneş Enerji Santralleri Faydalı Ömür [62]

Amortisman Tabi İktisadi Kıymetler	Faydalı Ömür (Yıl)	Normal Amortisman Oranı	İlgili Genel Tebliğ
Rüzgâr enerjisi santralleri: Türbin, kule, jeneratör ve kanatlar gibi iktisadi kıymetler	10	%10,00	365
Güneş enerjisi santrali	10	%10,00	439

Tablo 6.6.5’de rüzgar enerjisi santrali ve güneş enerjisi santrali için faydalı ömür 10 yıl ve amortisman oranı %10 olarak belirlenmiştir. Faydalı ömür için değerlendirmeler yapılırken ideal olarak 10 yıl süresi alınmıştır.

Varyasyon 1 ve Varyasyon 2: Kurulum maliyeti en düşük varyasyonlar olmalarına karşın kurulum birim maliyeti en yüksek varyasyonlar olmaları ayrıca faydalı ömür yılı yaklaşık olarak 14 yıl olması bu varyasyonların optimum varyasyon olmasına engel teşkil eden önemli etmenlerdir.

Varyasyon 10: Faydalı ömrü en ideal varyasyondur. Ayrıca kurulum birim maliyeti en düşük olan varyasyonun bu avantajlarına karşın elektrik talebini karşılama yüzdesi düşük olduğu için optimum varyasyon olarak seçilmemiştir.

Varyasyon 18: En yüksek enerji üretimi ve kurulum maliyetine sahip varyasyon olmuştur. Kampüs elektrik ihtiyacının karşılama yüzdesinin yüksek ve faydalı ömür açısından ideal olduğu için varyasyonlar içinde seçilebilecek optimum varyasyondur.

Varyasyonlarda hesaplanan kurulum birim maliyeti 3,5 ila 5 TL/kWh arasında değerler almıştır. Bu değerlerin yüksek çıkması lokasyon olarak seçilen bölgede rüzgâr türbini kurulumunun ekonomik olarak gerçekleştirilemeyeceğini göstermektedir.

Hibrit enerji varyasyonlarındaki rüzgâr enerjisinin enerji üretimine katkısının çok az olması lokasyon olarak seçilen bölgenin rüzgâr hızının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu soruna çözüm olarak da rüzgâr enerjisi yerine başka bir enerji çeşidinin kullanılması enerji üretimini arttıracak ve kampüs elektrik enerjisinin önemli bir kısmının karşılanması sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Engin, M. Güneş-Rüzgâr Hibrid Enerji İle Su Pompalama. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 2004, 41(3), 155-164.
- [2] Engin, M., Çolak, M. Güneş-Rüzgar Hibrid Enerji Üretim sisteminin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2005, 11(2), 225-230.
- [3] Koca, N. Konutlarda Hibrit Enerji Kullanımı. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, 2006, 65s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [4] Nouni, M. R., Mullick, S. C., Kandpal, T. C. Techno-economics of small wind electric generator projects for decentralized power supply in India. Energy Policy. 2007, 35(4), 2491-2506.
- [5] Kurban, M.; Kantar, Y.; Hocaoglu, O. Lojistik Regresyon ve Perseptron Modelleri Kullanılarak Rüzgar-Güneş Enerji Santral Modellerinin Güç Üretim Analizinin Durumu. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2007, 11(1), 91-95.
- [6] Aktacir, M. A., Yeşilata, B., Işiker, Y. Fotovoltaik-Rüzgâr Hibrid Güç Sistemi Uygulaması. Yeni Enerji Yenilenebilir Enerji Teknolojileri. 2008, 3, 56-62.
- [7] Yılmaz, U. Gökçeada'da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıyla Enerji Üretimi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2008, 149s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [8] Gökçmar, R, E. Rüzgâr Enerjisi Fayda-Maliyet Analizi ve Hibrit Sistemler. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2008, 61s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [9] Ozgener, L. Investigation of wind energy potential of Muradiye in Manisa, Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010, 14(9), 3232-3236.
- [10] Çetin, E. Fotovoltaik-Rüzgâr-Yakıt Pili Hibrit Güç Sistemi İçin Bir Mikro Doğru Akım Dağıtım Şebekesi Tasarlanması, Uygulanması ve Analizi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir, 2010, 183s. (Doktora Tezi).
- [11] Köse, G. Hibrit (Güneş +Rüzgâr) Enerji Sisteminden Elektrik Üretimi: Kütahya Örneği. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 2010, 136s. (Yüksek Lisans Tezi).

- [12] Engin, M. Bornova İçin Güneş-Rüzgar Hibrid Enerji Üretim Sistemi Tasarımı. CBU Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi. 2010, 2(13), 11-20.
- [13] Erdoğan, K. Güneş (Fotovoltaik) ve/veya Rüzgâr Enerjisi Destekli Hibrit Isı Pompası Sisteminin Dinamik Performansının Araştırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2010, 147s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [14] Dinçsoy, M. E. Orta Ölçekli Bir Otelin Elektrik Enerjisinin Hibrit Sistemler İle Modellenmesi ve Optimizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, İstanbul, 2010, 125s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [15] Başaran, K.; Çetin, N. S.; Çelik, H. Rüzgar-güneş hibrit güç sistemi tasarımı ve uygulaması. In: 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11). 16-18 Mayıs, 2011, Elazığ, 114-119.
- [16] Yanıktepe, B., et al. Rüzgar-Güneş Hibrid Güç Sistemi Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Uygulama Örneği. In: 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11). 16-18 Mayıs, 2011, Elazığ, 16-18.
- [17] Kalkan, N., et al. A renewable energy solution for Highfield Campus of University of Southampton. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011, 15(6), 2940-2959.
- [18] Özsoy, M. F. Hibrit Rüzgâr-Güneş Enerji Üretim Sistemi İle Bir Elektrik Laboratuvarının Genel Aydınlatma Tasarımı. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Afyon, 2011, 117s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [19] Oguz, E. Bir Laboratuar Aydınlatma Sistemi İçin Batarya Desteklemeli Rüzgâr-Güneş Hibrit Güç Üretim Sisteminin Simülasyonu ve Bulanık Mantık Kontrolör İle Enerji Akış Kontrolü. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Anabilim Dalı, Afyon, 2012, 91s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [20] Selçukoğlu, S.A. Fotovoltaik (PV), Rüzgâr ve Hibrit Sistemlerin Tasarımı ve Ekonomik Analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 2012, 104s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [21] Hekim, M. Fotovoltaik-Rüzgâr Türbini Hibrit Enerji Üretim Sistemlerinin Ulusal Elektrik Şebekesine Etkilerinin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 2012, 117s. (Yüksek Lisans Tezi).

- [22] Baran, B. Güneş - Rüzgâr Hibrit Sistemlerin Maliyet Optimizasyonu. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya, 2012, 89s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [23] Karaca, C. Güneş ve Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi Sistemi Tasarımı. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı, Konya, 2012, 114s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [24] Dursun, B. Determination of the optimum hybrid renewable power generating systems for Kavakli campus of Kırklareli University, Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012, 16(8) , 6183-6190.
- [25] Bayraktar, K. Küçük ölçekli hibrit (rüzgar-güneş) enerji santrali denetimi. Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 2013, 109s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [26] Irwan, Y. M., et al. A new technique of photovoltaic/wind hybrid system in Perlis. Energy Procedia. ,2013, 36, 492-501.
- [27] Kabul, A; Duran, F. Isparta İlinde Fotovoltaik/Termal (Pv/T) Hibrit Sistemin Performans ANALİZİ. SDU International Journal of Technological Science. 2014, 6(1), 31-43.
- [28] Ulutaş, H. Kırsal Tesisler İçin Hibrit (Rüzgâr+ Güneş) Sistem Tasarımı ve Analizi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Ordu, 2015, 69s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [29] Devrim, Y., Levent, B. Performance investigation of a wind turbine–solar photovoltaic panels–fuel cell hybrid system installed at İncek region–Ankara, Turkey. Energy Conversion and Management. 2016, 126, 759-766.
- [30] Ramli, M. A., Hiendro, A., Al-Turki, Y. A. Techno-economic energy analysis of wind/solar hybrid system: Case study for western coastal area of Saudi Arabia. Renewable energy. 2016, 91, 374-385.
- [31] Habibullah, M. Rüzgar-Fotovoltaik- Biyogaz Hibrit Güç Sistemlerinin Akıllı Mikro Şebekelerde Kullanımının Kontrol Ve Dizaynı. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir, 2016, 66s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [32] Baek, S., Park, E., Kim, M. G., Kwon, S. J., Kim, K. J., Ohm, J. Y., del Pobil, A. P. Optimal renewable power generation systems for Busan metropolitan city in South Korea. Renewable Energy. 2016, 88, 517-525.

- [33] Park, E., and Sang J. K. Solutions for optimizing renewable power generation systems at Kyung-Hee University' s Global Campus, South Korea. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016, 58, 439-449.
- [34] Gülkovan, O. Farklı Coğrafyalarda Bulunan Aynı Büyüklükteki Müstakil Konutların Elektrik Enerjisi İhtiyacının Fotovoltaik-Rüzgar Hibrit Enerji Sistemlerinden Karşılanması İçin Yapılan Tasarım ve Optimizasyon Çalışması. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Anabilim Dalı, Muğla, 2017, 59s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [35] Karadöl, İ. Kahramanmaraş Bölgesi İçin Güneş Ve Rüzgâr Enerjisi Hibrit Sisteminin İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 2017, 94s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [36] Leblebici, O. Dağınık Yerleşimler İçin Yenilenebilir Enerji Kullanan Atıksu Arıtma Teknolojilerinin Değerlendirilmesi: Fırtına Vadisi Ardeşen – Çamlıhemşin Pilot Bölge Uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2017, 133s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [37] Puianu, M., Flangea, R. O., Arghira, N., Iliescu, S. S. PV Panel-Wind Turbine Hybrid System Modelling. In Control Systems and Computer Science (CSCS), 2017 21st International Conference on. Mayıs, 2017, 636-640
- [38] Sava, G. N., Ionescu, G., Necula, H., Scripcariu, M., Duong, M. Q., Leva, S., Mussetta, M. Efficiency analysis of a hybrid power system for a campus in Romania. In Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe), Haziran, 2017, 1-5.
- [39] www.izmir.mgm.gov.tr/files/iklim/manisa_iklim.pdf
- [40] <http://www.mcbu.edu.tr/>
- [41] <http://www.teias.gov.tr/>
- [42] <http://www.tureb.com.tr/>
- [43] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/45.aspx>
- [44] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü
- [45] Manisa Celal Bayar Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı İdari İşler Şube Müdürlüğü
- [46] <http://www.windturbinestar.com/>
- [47] www.istabreeze.com.tr/online/
- [48] <https://www.jinkosolar.com/index.html?lan=tr>

- [49] <http://www.plurawatt.com/>
- [50] <http://www.trinasolar.com:81/us/>
- [51] <https://www.yigitaku.com/>
- [52] <http://www.ayeteksolar.com/>
- [53] <http://www.akusan.com/>
- [54] <https://www.kostal.com/en-gb>
- [55] Baskut, O., Ozgener, O., Ozgener, L. Second law analysis of wind turbine power plants: Cesme, Izmir example. *Energy*. 2011, 36(5), 2535-2542.
- [56] Ozgener, O., Ozgener, L. Exergy and reliability analysis of wind turbine systems: a case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2007, 11(8), 1811-1826.
- [57] Goswami, D. Y., Kreith, F., Kreider, J. F. Principles of solar engineering. Philadelphia, Pa, USA, 2nd edition, 2000.
- [58] <http://www.tcmb.gov.tr/>
- [59] <https://solarevi.com/>
- [60] <https://www.solardukkan.com/>
- [61] Ozdamar, A., Gursel, K. T., Ozer, G., Pekbey, Y. Investigation of the potential of wind–waves as a renewable energy resource: by the example of Cesme—Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2004, 8(6), 581-592.
- [62] <http://www.gib.gov.tr/>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Pelin TÜRK

Medeni hali : Bekar

Yabancı dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lisans : Pamukkale Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 2014

Yüksek Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Makine Mühendisliği, 2018

