



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RÜZGÂR VE GÜNEŞ ENERJİSİ ELEKTRİK SANTRALLERİNDE
KISA DÖNEM TAHMİNİ İÇİN MATEMATİKSEL MODELLERİN
ÜRETİLMESİ**

ÖZGE ALKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ALİ ÖZTÜRK**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RÜZGÂR VE GÜNEŞ ENERJİSİ ELEKTRİK SANTRALLERİNDE
KISA DÖNEM TAHMİNİ İÇİN MATEMATİKSEL MODELLERİN
ÜRETİLMESİ

Özge ALKAN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Düzce Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Salih TOSUN

Düzce Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Metin VARAN

Sakarya Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 16/02/2018

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

16 Şubat 2018

Özge Alkan

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2017.06.03.539 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

16 Şubat 2018

Özge Alkan

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	IX
SİMGELER	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. LİTERATÜR ÖZETİ	1
2. ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI	7
2.1. YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI	7
2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	8
3. FOTOVOLTAİK ENERJİ SİSTEMLERİ.....	10
3.1. ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ SİSTEM (OFF GRİD SİSTEM)	11
3.1.1. Güneş Panelleri	12
3.1.2. Aküler	13
3.1.3. Akü Şarj Kontrol Ünitesi	13
3.1.4. İnvertörler	13
3.2. ŞEBEKE BAĞLANTILI SİSTEM (ON GRİD SİSTEM).....	14
3.3. SICAKLIĞIN VE IŞINIMIN GÜNEŞ HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	14
3.4. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU	16
4. RÜZGÂR ENERJİSİ	17
4.1. RÜZGÂR TÜRBİNLERİ.....	18
4.1.1. Rüzgâr Türbin Çeşitleri	18
4.1.1.1. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri.....	18

4.1.1.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri	19
4.1.2. Rüzgar Hızının Enerjiye Etkisi	20
4.1.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu	21
5. KISA VADELİ YÜK TAHMİNİ YÖNTEMLERİ	23
5.1. REGRESYON ANALİZİ İLE MODELLERİN OLUŞTURULMASI	23
5.1.1. Değişken Sayısına Göre Regresyon Analizi.....	25
5.1.1.1. Basit Regresyon Analizi	25
5.1.1.2. Çoklu Doğrusal Regresyon	25
5.1.2. Verilerin Dağılımına Göre Regresyon Analizi	26
5.1.2.1. Doğrusal Regresyon Analizi	26
5.1.2.2. Doğrusal Olmayan Regresyon Modeli	27
6. MATERYAL VE YÖNTEM	29
6.1. MATEMATİKSEL MODELLERİN HESAPLANMASI	29
6.1.1. Verilerin Elde Edilmesi	29
6.1.2. Çoklu Regresyon Analizi Matematiksel Modeli	32
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	46
8. KAYNAKLAR.....	48
9. EKLER.....	52
9.1. EK 1: GÜNEŞ ENERJİSİ GÜÇ HESABI İÇİN KULLANILAN MATLAB KODLARI	52
9.2. EK 2: RÜZGÂR ENERJİSİNE AİT GÜÇ İÇİN KULLANILAN MATLAB KODLARI	53
9.3. EK 3: PV PANELE AİT DATASHEET	55
9.4. EK 4: RÜZGÂR TÜRBİNİNE AİT DATASHEET.....	56
9.5. EK 5: İŞİNİM VE SICAKLIK DEĞERLERİNE GÖRE HESAPLAMALAR VE MATEMATİKSEL MODEL İLE ELDE EDİLEN TEMMUZ AYI GÜÇ DEĞERLERİ	57
9.6. EK 6: CP VE RÜZGÂR HIZ DEĞERLERİNE GÖRE HESAPLAMALAR VE MATEMATİKSEL MODEL İLE ELDE EDİLEN EYLÜL AYI GÜÇ DEĞERLERİ	68
ÖZGEÇMİŞ.....	82

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Güneş enerjisi ile güneş PV sistemleri arasındaki fark.	10
Şekil 3.2. Şebekeden bağımsız sistem.	12
Şekil 3.3. Akü.	13
Şekil 3.4. İnvertör.	14
Şekil 3.5. Şebeke bağlantılı sistem.	14
Şekil 4.1. Rüzgâr türbini boyutlarının evrimi.	18
Şekil 4.2. Yatay eksenli rüzgâr türbini.	19
Şekil 4.3. Dikey eksenli rüzgâr türbini.	20
Şekil 4.4. Rüzgâr hızındaki değişime karşın elde edilecek enerji değişimi.	20
Şekil 5.1. Serpme diyagramı örneği.	24
Şekil 5.2. Doğrusal olmayan regresyon.	28
Şekil 6.1. C_p ve güç eğrisi.	31
Şekil 6.2. Temmuz ayı saatlik üretim değerleri.	35
Şekil 6.3. Temmuz ayı üretim değerleri.	35
Şekil 6.4. Temmuz ayı gün tipine göre üretim değerleri.	36
Şekil 6.5. Eylül ayı rüzgâr enerjisine ait saatlik üretim değerleri.	37
Şekil 6.6. Rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı üretim değerleri.	37
Şekil 6.7. Rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı gün tipine göre üretim değerleri.	38
Şekil 6.8. Güneş enerjisinin Temmuz ayı 1. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.	41
Şekil 6.9. Güneş enerjisinin Temmuz ayı 1. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.	41
Şekil 6.10. Güneş enerjisinin Temmuz ayı 3. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.	41
Şekil 6.11. Güneş enerjisinin Temmuz ayı 4. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.	42
Şekil 6.12. Rüzgâr enerjisinin Eylül ayı 1. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.	44
Şekil 6.13. Rüzgâr enerjisinin Eylül ayı 2. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.	44
Şekil 6.14. Rüzgâr enerjisinin Eylül ayı 3. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.	45
Şekil 6.15. Rüzgâr enerjisinin Eylül ayı 4. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.	45
Şekil 9.1. PV panele ait datasheet.	55

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.....	16
Çizelge 3.2. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.	16
Çizelge 6.1. PV panel teknik özellikleri.	30
Çizelge 6.2. Cp değerine ait matematiksel model katsayıları.	31
Çizelge 6.3. Rüzgâr türbini teknik özellikleri.....	32
Çizelge 6.4. Güneş enerjisine ait Temmuz ayı matematiksel model katsayıları.	34
Çizelge 6.5. Rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı matematiksel model katsayıları.....	36
Çizelge 6.6. Matematiksel model test değerleri.....	39
Çizelge 6.7. Işınım ve sıcaklık değerlerine göre matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı ilk ve son güne ait güç değerleri.	39
Çizelge 6.8. Cp ve rüzgâr hızı değerlerine göre matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı ilk ve son güne ait güç değerleri.	42
Çizelge 7.1. Güneş enerjisine ait Temmuz ayı matematiksel model katsayıları.	46
Çizelge 7.2. Rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı matematiksel model katsayıları.....	46
Çizelge 7.3. Matematiksel model test değerleri.....	47
Çizelge 9.1. Güneş enerjisi güç hesabı için kullanılan matlab kodlar.	52
Çizelge 9.2. Rüzgâr enerjisine ait güç için kullanılan matlab kodları.	54
Çizelge 9.3. Rüzgâr türbinine ait datasheet.	56
Çizelge 9.4. Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.	57
Çizelge 9.5. Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.	68

KISALTMALAR

AA	Alternatif akım
AADB	AA dağıtım panoları
CdTe	Kadmiyum tellür
CuInSe ₂	Bakır indiyum diselenid
CIGS	Copper indium gallium diselenide
ÇRA	Çoklu regresyon analizi
DA	Doğrudan akım
DSSC	Dye sensitized solar cell
EPİAŞ	Enerji piyasaları işletme anonim şirketi
GaAs	Galyum arsenik
MGM	Meteoroloji genel müdürlüğü
MSE	Mean squared errors
PV	Fotovoltaik
PTF	Piyasa takas fiyatı
R ²	Çoklu belirlilik katsayısı
RMSE	Root mean squared errors
RGİ	Rüzgâr enerjisi gözlem istasyonları
REPA	Rüzgâr enerji potansiyel atlası
TF	Aktarım fonksiyonu
YEGM	Yenilenebilir enerji genel müdürlüğü
WTG	Rüzgâr türbini jeneratörleri

SİMGELER

A	Rotorun süpürme alanı
CO ₂	Karbondioksit
CO	Karbonmonoksit
C _p	Rüzgâr türbini verim katsayısı
I _{sc}	Panel Kısa devre akımı
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
m/s	Hız
n	Değişken sayısı
P _m	Çıkış gücü
P	Güç
X	Bağımsız Değişken
W	Watt
W.h/m ²	Işınım
V	Rotorun hızı
X _i	Bağımsız değişken
Y	Bağımlı Değişken
Y _i	Matematiksel modeli tarafından hesaplanan değer
Ŷ _i	Ölçüm sonucunda bulunan gerçek değer
β ₀	X=0 olduğunda bağımlı değişkenin alacağı değer (kesim noktası)
β ₁	Regresyon Katsayısı
ε	Hata terimi
°C	Sıcaklık
σ	Varyans
%	Yüzde

ÖZET

RÜZGÂR VE GÜNEŞ ENERJİSİ ELEKTRİK SANTRALLERİNDE KISA DÖNEM TAHMİNİ İÇİN MATEMATİKSEL MODELLERİN ÜRETİLMESİ

Özge ALKAN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Şubat 2018, 81 sayfa

Rüzgâr ve fotovoltaik santrallerinde gün öncesi, ne kadar elektrik enerjisi üreteceğinin doğru tahmin edilmesi arz - talep dengesinin korunması için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada meteorolojik verilerin de dikkate alınması ile rüzgâr ve fotovoltaik enerji tesisleri için doğru üretim tahmini yapabilen matematiksel modeller oluşturulmuştur. Matematiksel modellerin oluşturulmasında Çoklu Regresyon Analizi (ÇRA) kullanılmıştır. Elde edilen ÇRA matematiksel model denklemleri ile üretim tahminleri yapılmıştır. Kullanılan modellerin güvenilirliğini test etmek amacıyla bilinen test yöntemleri kullanılarak doğruluk testi uygulanmıştır ve yöntemin güvenilirliği ortaya konulmuştur. Üretilen matematiksel modeller sayesinde yapılan tahminler ile yenilenebilir enerji santralleri için üretim planlamasının daha doğru bir şekilde yapılabildiği gösterilmiştir.

Anahtar sözcükler: Enerji üretim tahmini, Matematiksel model, Yenilenebilir enerji.

ABSTRACT

GENERATION OF MATHEMATICAL MODELS FOR SHORT PERIOD ESTIMATION IN WIND AND SOLAR ENERGY ELECTRIC POWER PLANTS

Özge ALKAN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences,

Department of Electric Electronics Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

February 2018, 81 pages

The accurate estimation of how much electricity will generate electricity in the wind and photovoltaic plants before the day ahead is crucial for the protection of the supply-demand balance. In this study, mathematical models capable of estimating the correct production for wind and photovoltaic power plants were created by considering meteorological data Multiple Regression Analysis (MRA) was used to construct mathematical models. The obtained MRA mathematical model equations and production estimates are made. In order to test the reliability of the used models, the accuracy test was performed using known test methods and the reliability of the method was demonstrated. It has been shown that the production planning for renewable energy plants can be done more accurately with the estimations made by the mathematical models produced.

Keywords: Energy production forecast, Mathematical model, Renewable energy.

1. GİRİŞ

1.1. LİTERATÜR ÖZETİ

Gelişen teknoloji ve artan enerji açığı bütün ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de yeni enerji kaynakları üzerinde araştırma yapılmasına ve hızlı bir şekilde alternatiflerin üretilmesini gerekli hale getirmiştir [1]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli coğrafik ve meteorolojik şartlara göre değişmektedir. Meteorolojik veriler ile doğru üretim tahmini yapan matematiksel modellerin oluşturulması amaçlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında üretim tahminlerini doğru olarak yapabilen modeller bulunmamaktadır.

Enerji ihtiyacının karşılanması günümüzde ülkelerin en önemli sorunlarından biridir. Enerji ihtiyacı birçok nedenden dolayı artmakta ve üretim-tüketim arasındaki fark da gün geçtikçe açılmaktadır. Bu nedenlerin başlıcaları nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, sanayileşme ve insanların yaşam konforudur. Bugün, enerjinin yarattığı sorunlar her ülkenin yaşadığı bağımsız bir sıkıntı olmaktan çıkmış küresel bir sorun halini almıştır. Savaşlar ve işgaller de küresel enerji sorununun insanlara yansımalarıdır. Enerji yalnızca insanların temel gereksinimlerini karşılayan bir ihtiyaç iken, artık uluslararası politikaları yönlendiren bir güç halini almıştır. Dünyada kullanılmakta olan enerjilerin % 90'ı fosil tabanlı enerji kaynaklarıdır. Bu enerjilerin başlıcaları kömür, petrol ve doğalgazdır. Fosil kaynaklı enerjiler sonsuz değildir ve bir gün tükenecekleri bir gerçektir. Bu gerçekten anlaşılabileceği gibi fosil kaynakların çalışma prensibi üzerine kurulu birçok teknolojik sistem de çalışamaz hale gelecektir. Bunun sonuçları da bütün dünya ekonomisini etkileyecek kadar büyük olabilecektir [2].

En önemli alternatif enerji kaynaklarından olan rüzgâr ve güneş enerjisinden sürekli bir enerji üretilmesi talep edilmektedir. Fotovoltaik güneş panellerinin ve küçük rüzgâr türbinlerinin iklim özelliklerine göre elektrik enerjisi üretimi değişir. Bu yüzden tek başlarına zengin bir enerji üretim kaynağı değildirler. Sistemleri birleştirme (rüzgâr ve güneş) daha çok elektrik enerjisi üretiminde etkilidir. Güneş ışınlarının en kuvvetli ve parlak olduğu yaz aylarında rüzgâr hızı düşüktür. Daha az güneş enerjisinin bulunduğu

kış aylarında ise rüzgâr hızı yüksek olabilmektedir.

Daha az güneş enerjisinin bulunduğu kış aylarında ise rüzgâr hızı yüksek olabilmektedir. Rüzgâr ve güneş enerjisi sistemlerinde verimli enerji üretimi, günün ve yılın değişik zamanlarında farklılık gösterir. Diğer bir değişle rüzgâr hızının yetersiz veya verimsiz olduğu günlerde alternatif olarak güneş enerjisinden istifade edilebilir. Böylece sistemde enerji üretiminin devamlılığı sağlanmış olur [3].

Bu çalışma ile üretilen modeller sayesinde geleceğe yönelik doğru tahminler yapılmış olup, en uygun yöntem kullanılarak üretilen matematiksel modellerin doğruluğu test edilecektir. Elde edilen tahmin modeller ile rüzgâr ve güneş santrallerinde kısa dönem üretim tahmini yapılacaktır. Böylece yenilenebilir enerji santrallerinde üretim planlamasına önemli bir katkı sağlanması düşünülmektedir. Geliştirilen matematiksel modellerin doğruluğu bilimsel test yöntemleri kullanılarak ispatlanacaktır. Bu modeller ile üretim planlaması daha kolay ve daha doğru tahmin edilecektir.

Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ), rüzgâr ve güneş enerji sistemlerinin üretmediği enerji miktarını yük alma talimatı ile doğalgaz çevrim santralleri ve termik santrallerin üretmesini talep eder. Doğalgaz ve termik santralleri fosil yakıt kullandıkları için çevreye zarar vermektedir. Bundan dolayı yenilenebilir enerji santrallerinin üretim tahminlerini yüksek doğrulukla yapmasıyla daha etkin olarak kullanımı mümkün olacaktır. Bu konuda literatüre ait çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Soubdhan ve arkadaşları fotovoltaik sistemlerde Kalman Filtresine dayanan tahmin çerçevesinde gerçekleştirdikleri modellerin, yenilenebilir enerji sistemlerine entegrasyonunu sağlamışlardır [4].

Martinez-Anido ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ise güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin doğru tahmin yapılması durumunda fosil yakıtlı konvansiyonel santrallerin etkin bir şekilde kullanıma önemli katkı sağladığını ortaya koymuşlardır [5].

Wang ve arkadaşları fotovoltaik güç tahmini yaparak, toplam enerji tüketiminde güneş enerjisinin oranını iyileştirmek için enerji yönetim sistemine ve elektrik şebekesine yardımcı olmuşlardır [6].

Güneybatı Amerika’da, güneş enerji santrallerinin, gün öncesi üretim tahminini en küçük kareler yöntemi kullanarak modeller oluşturulmaya çalışılmıştır. Larson ve arkadaşları sonuçları, önerilen metodolojinin önceki çalışmaları ile karşılaştırılıp tahmin performansını doğrulamışlardır [7].

Bir başka çalışmada güneş enerjisi üretimi için, yakın zaman meteorolojik verilere bağlı olarak yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak, kısa dönem güneş ışıınım tahmin modeli oluşturulmuştur. Gutierrez-Corea ve arkadaşları 55 km²'lik alanda uyguladıkları yapay sinir ağlarını kullanarak oluşturdukları model ile hata oranını minimuma indirmişlerdir ve yapacağımız çalışmaya örnek olmaktadır [8].

Yapay sinir ağlarını kullanarak farklı bir çalışma yapan Fernandez ve arkadaşları ise güneş enerji santralleri için kısa dönem enerji tahminini 39 saatlik ölçüm sonuçlarına göre test etmişlerdir [9].

Yük tahmini, elektrik enerjisi endüstrisinin başlangıcından beri temel bir ticari problem olmuştur. Son on yılda, artan pazar rekabeti, eskiyen altyapı ve yenilenebilir entegrasyon gereksinimleri, olasılıklı yük tahmininin enerji sistemlerinde planlanmasında daha önemli hale gelmiştir. Tao ve Fan'ın yaptıkları çalışmada; dikkate değer teknikler, metodolojiler, değerlendirme yöntemleri ve genel yanlış anlamalar da dâhil olmak üzere olasılıklı elektrik yükü tahmininin öğretici bir incelemesini sunmuşlardır [10].

De Giorgio ve arkadaşlarının ulaştıkları sonuçta oluşturdukları tahmin yönteminin doğruluğunu, dengesizlik cezaları üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. En doğru tahminlerin, bu tür cezaları azaltarak, geliri en üst düzeye çıkarmamıza izin vereceğini saptamışlardır [11].

Yenilenebilir enerji kaynaklarında geleceğe yönelik üretim tahminlerinin doğru olarak yapılması tüketim planlarının da doğru yapılmasına katkı sağlayacaktır. Böylece tüketilecek enerjinin yönetimi daha güvenilir bir şekilde yapılabilecek ve enerji birim maliyeti düşecektir. Bu durumda enerjide dışa bağımlılığın azalmasına katkı sağlanacak yurt dışına çıkan döviz miktarında azalma sağlanacaktır. Khwaja ve arkadaşları kısa vadeli yük tahmini modeli oluşturması için bagged sinir ağlarını kullanmışlardır [12].

Yenilenebilir enerji kaynaklarında üretim tahminlerini doğru olarak yapabilmek için çok sayıda veriye ve doğru çalışan bir matematiksel modele gereksinim vardır. Nonnenmacher ve arkadaşları, daha önce önerilen tek girdili doğrudan normal ışıma modellerini doğrulayıp geliştirmişlerdir [13].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintisiz ve güvenilir olması hem ekonomik hem de operasyonel açıdan azami önem arz etmektedir. Dolayısıyla enerjinin sürekliliğinin sağlanması ve maliyetlerin en aza indirilmesi için hem endüstriyel hem de akademik kaynaklar tarafından birçok çözüm önerisi geliştirilmiştir. Bu bağlamda Ming-Yue Zhai

Fraktal enterpolasyona dayalı yük tahminleri yöntemini kullanarak yüksek hassasiyetli, daha az örnek talep, daha az enterpolasyon noktası ve kullanımı kolay avantajları elde etmiştir [14].

Khan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, gelecekteki akıllı şebekelerin etkin talep tarafı yönetimi için yük tahmini ve dinamik fiyatlandırma temelli tekniklerden yararlanacağı öngörülmüştür. Akıllı şebeke ortamında yük tahmini ve dinamik fiyatlandırma şemalarının kapsamlı ve karşılaştırmalı bir incelemesini sunulmuştur. Gerçek Zamanlı Fiyatlandırma, kullanım süresi ve kritik zirveye fiyatlandırma ayrıntılı olarak ele alınmışlardır. Yapılan çalışmada yük tahmini, matematik ve yapay zekâ tabanlı olarak detaylandırılmıştır [15].

Trapero ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği çalışmada, kısa süreli (1-24 saat) güneş ısıtılması tahminleri için dinamik harmonik regresyon modelini önerilmiştir. Sonuç olarak bu modelin en düşük tahmin hatası elde ettiğini göstermişlerdir [16].

Yük tahmini, güç sistemlerinin planlanması ve çalıştırılmasında önemli rol oynamaktadır. Alessandrini ve arkadaşları rüzgâr enerjisi tahminlerine yönelik çalışma yapmışlardır. Sinir ağı temelli deterministik bir tahmin yöntemi ile karşılaştırmalar gerçekleştirmişlerdir [17].

Son ve Kim'in yaptığı çalışmada ise konut sektöründe elektrik talebinin bir ay öncesinden tahmini için kesin bir model oluşturmayı amaçlamışlardır [18].

Friedrich ve arkadaşları, BAE Abu Dhabi şehri için elektrik yükünün modellenmesi ve tahmin edilmesi için saatlik hava değişkenlerini (sıcaklık, özgül nem, küresel yatay ısıtım ve rüzgâr hızı) ölçmüştür. Bir aktarım fonksiyonu (TF) modeli geliştirilmiş ve ortalama bir doğruluk, bir ay boyunca 30 günde bir, 30 adet tahmin üretmek suretiyle ölçülmüştür. TF yönteminin doğruluğu, aynı eksojen değişkenlere dayanan bir otomatik gelişen bütünleştirilmiş hareketli ortalama modeli ve yapay sinir ağı modeliyle karşılaştırmışlardır [19].

Zhang ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalarında, kapsamlı bir senaryo seti güneş tahmini için genel olarak uygulanabilir ve maliyet temelli ölçütlerden oluşan bir model geliştirmişlerdir [20].

Jiang ve arkadaşları rüzgâr hızı tahminlerinin rüzgâr enerjisi endüstrisinde çok önemli bir konu olduğu konusunda çalışma yapmışlardır. Bununla birlikte, mevcut rüzgâr hızı tahmin modellerinin dezavantajı, bitişik Wind Turbine Generators (WTG) (rüzgâr türbini

jeneratörleri) arasındaki benzer dalgalanma bilgilerini genellikle görmezden gelmeleridir; bu da tahminlerin doğruluğunun zayıf olmasına neden olur. Bu makale, bu dezavantajın üstesinden gelmek için bir hibrid rüzgâr hızı tahmin modeli önermektedir. Rüzgâr çiftliğindeki her WTG için doğru rüzgâr hızı tahminlerini elde etmek için, bu makalede yeni bir kısa vadeli rüzgâr hızı tahmin modeli önerilmiştir [21].

Barbieri ve arkadaşları bu çalışmada, fotovoltaik (PV) gücün çok kısa vadeli bir zamanda tahmin etmek için gereken çeşitli araçlara genel bir bakış sunmayı amaçlamıştır. Son olarak, işlenmiş veriler kesin bir PV modeline beslenir. Işınım şiddetinin ve hücre sıcaklığının tahmin edilmesinin, bulut kaplamasına bağlı olarak kesin olarak hızlı bir PV güç dalgalanmalarını tahmin etmenin en iyi yaklaşımları olduğu bulunmuştur [22].

Rana ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada çok kısa süreli fotovoltaik güç tahmini için tek değişkenli ve çok değişkenli yöntemler kullanarak güneş enerjisi ve meteorolojik verilere göre 5 ila 60 dakika arasındaki üretilen elektriği tahmin etmeyi hedefliyorlar. Sonuçlar, tek değişkenli modellerin çok değişkenli modellere benzer şekilde uygulandığını ve ortalama göreli hata olan % 4,15-9,34'ün elde edildiğini göstermektedir [23].

Sobri ve arkadaşları bu çalışmada güneş fotovoltaik üretim tahmin yöntemleri kullanılarak tahmin model performanslarını artırmak için araştırmacılar tarafından tek modellerin benzersiz özelliklerini ortaya çıkarmak için geliştirmişlerdir. Bu kombinasyon, tek tek modellere kıyasla doğru sonuçlar vermiştir. Bu yazıda, tahmin modeli performanslarının değerlendirilmesi için uygulanan metrik değerlendirmeleri de ayrıntılı olarak ele almışlardır [24].

Cheng ve arkadaşları bu makalede rüzgâr çiftliği türbinlerinden anemometre rüzgâr hızı gözlemlerini sayısal bir hava tahmini sistemine asimile ederek kısa vadeli, 0-3 saatlik rüzgâr tahmini geliştirilebileceğini önermektedir. Altı günlük çalışmada, rüzgâr hızının 0,5-0,6 m/s (% 30-40) kadar ortalama mutlak hatayı azaltarak 0-3 saatlik rüzgâr hızı (güç) tahminini artırabileceğini ortaya koymuştur [25].

Li ve arkadaşlarının yaptıkları bu çalışmada önerilen tahmin modelinin tahmin etkinliğini doğrulamak için, Penglai, Çin'den 10 dakikalık rüzgâr hızı serisi inceleme olarak kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, gelişmiş kombine modelin diğer ölçüt modellerinden daha iyi performans göstermediğini ve aynı zamanda akıllı şebeke planlamasında tatmin edici bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir [26].

Bugala ve arkadaşları bu makalede, fotovoltaik dönüşümden elektrik enerjisinin kısa

vadeli tahmininde sinirsel modellemeye dayalı klasik istatistiksel yöntemlerin kullanımını sunmuştur. Önerilen yapay sinir ağı modelinin çalışması için gerekli girdi parametreleri: güneşli saat sayısı, günün uzunluğu, hava basıncı, maksimum hava sıcaklığı, günlük güneşlenme ve bulutluluk olarak belirlenmiştir [27].

Rüzgâr ve fotovoltaiik santrallerinde gün öncesi, ne kadar elektrik enerjisi üreteceğinin doğru tahmin edilmesi arz - talep dengesinin korunması için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada meteorolojik verilerin de dikkate alınması ile rüzgâr ve fotovoltaiik enerji tesisleri için doğru üretim tahmini yapabilen matematiksel modeller oluşturulmuştur. Bu modellerin oluşturulmasında ÇRA kullanılmıştır. Düzce Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan ölçüm değerleri örnekleri ile geliştirilen matematiksel modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel model sayesinde sıcaklık, ışıınım, rüzgâr ve C_p değişken olarak alınmak sureti ile üretilecek olan enerji üretim değeri tahmin edilmiştir. Yaygın olarak model testi için kullanılan, Çoklu belirlilik katsayısı (R^2) ve hataların karelerinin ortalamalarının karekökü (Root Mean Squared Errors=RMSE) değeri hesaplanmıştır. Böylece elde edilen matematiksel modellerin güvenilirliği test edilmiştir.

Bu güvenilirliğin yüksek olması enerji üretim tahmininin daha doğru yapılacağı anlamına gelmektedir. Üretilecek enerjinin önceden tahmin edilmesi, elektrik enerjisi üretim santrallerinin gün öncesi, ne kadar elektrik enerjisi üreteceğini elektrik piyasası yöneticisi olan Elektrik Piyasası Anonim Şirketine (EPIAŞ) bildirmek zorundadır. Üretim santrali üretim taahhüdünü yerine getiremez ise, EPIAŞ tarafından enerji dengesizliği cezası kesilir ve üretmediği veya fazla ürettiği enerjiyi, Piyasa Takas Fiyatı (PTF)'den daha az fiyata alır bu sorunların önlenmesi için büyük önem taşımaktadır. Bu modeller sayesinde tahminlerin daha doğru olduğu görülmüştür ve üretim planlaması sağlanmış olacağından dengesizlik maliyeti azaltılmıştır.

2. ENERJİ VE ENERJİ KAYNAKLARI

İnsanoğlunun ihtiyaçlarının karşılanmasında ve ülkesel gelişmenin sürdürülmesinde gerekli olan enerji sanayi, konut, ulaştırma ve tarım gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Nüfus artışına ve sanayinin gelişmesine paralel olarak kurulan büyük ölçekli enerji üretim ve çevrim sistemleri çevre dengesini büyük oranda etkilemektedir. Artan enerji ihtiyacına cevap verebilmek için bütün kaynakları kullanmayı hedefleyen insanoğlu artık çevre faktörünü de göz önüne alarak alternatif enerji kaynaklarına doğru yönelmeye başlamıştır [28]. Doğada bulundukları haliyle, değiştirilemeyen kaynaklar, birincil enerji kaynaklarıdır. Birincil kaynakların belirli işlemlerden geçirilmesi sonucu elde edilen enerji ise, ikincil enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynaklarının, fiziksel olarak farklılaştırılması ile oluşan ikincil enerjilere, enerji taşıyıcısı da denilmektedir. Enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olmak üzere iki gruba ayrılır. Yenilenemeyen enerji kaynakları fosil enerji kaynakları olarak da adlandırılırlar. Bu kaynaklar; taşkömürü, linyit, petrol, doğal gaz, asfaltit, bitümlü şist, uranyum ve toryumdur. Yenilenebilir enerji kaynakları ise adından da anlaşılacağı gibi sürekli bir döngüde olan ve tekrar tekrar kullanılabilen enerji kaynaklarıdır. Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, deniz dalga enerjisi, biomas ve hidrojenidir.

2.1. YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenemeyen enerji kaynakları daha çok fosil kökenli enerji kaynaklarıdır. Bu kaynakların kullanımı kömürle başlamış olsa da günümüzde en çok kullanılan petroldür. Yenilenemeyen enerji kaynakları arasında son zamanlarda popüleritesini artıran bir diğer kaynak da doğal gazdır. Bu kaynakların kullanılması ile ortaya çıkan en büyük sorun çevre kirliliğidir. Enerji elde edilmesi için oluşan yanma sırasında kimyasal olarak açığa karbondioksit (CO_2) ve karbonmonoksit (CO) gazları çıkmaktadır. Bu gazların insan sağlığı için zararlı olmasının yanı sıra, yarattıkları sera etkisiyle dünyanın ısınmasına neden olarak çok ciddi tehlikeler yaratmaktadır. Bu nedenle toplumlar, alternatif, zararsız ya da daha az zararlı, enerji kaynaklarına yönelmeye başlamışlardır [29].

2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye olumsuz etkileri, fosil kaynaklı enerji kaynaklarına göre daha azdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetleri fosil yakıtlara göre daha azdır, yenilenebilir olduklarından dolayı tükenmezler ve fosil yakıtlardan farklı olarak çevre ve insan sağlığı için önemli bir tehdit oluşturmazlar. Bu nedenle yenilenebilir enerjiye ilgi giderek artmaktadır. Dünyada yenilenebilir enerji, kullanım miktarlarına göre şu şekilde sıralanmaktadır [30].

- Hidroelektrik Enerjisi
- Biokütle Enerjisi
- Jeotermal Enerjisi
- Rüzgâr Enerjisi
- Güneş Enerjisi
- Hidrojen Enerjisi
- Dalga, Akıntı ve Gelgit Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimi inceleyecek olursak, petrol krizleriyle fosil yakıtların bir süre sonra yok olacağının sinyalleri alındı. Zamanla çevre kirliliği dikkat edilmesi gereken bir konu olarak öne çıkmaya başladı. Günümüzde fosil yakıtların tükenmesi bir yana çevreye verdiği büyük zarardan ötürü yeni enerji kaynakları önem kazandı. Doğal gazdan üretilen enerji ülkemizin enerji üretiminin yarısını oluşturmaktadır. Dış ülkelere doğal gaz satın alarak bunu enerjiye dönüştürüyoruz. Enerjiye olan talebin artması geleneksel enerji kaynakları ile yeteri kadar karşılanmayışı yenilenebilir enerji kaynaklarına karşı talebi arttırmıştır. Buna bağlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarında yapısal unsurlar tekrar gözden geçirilerek sistem verimliliğini sağlayacak teknolojik çalışmalara hız verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları (özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi) zararlı gazların çevre etkilerinin azaltılmasında önemlidir. Bu nedenle, ülkeler zararlı gazların bu etkilerini azaltmaya çalışmaktadırlar.

Bu çerçevede 1992 yılında Rio'da imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konvansiyonu Çerçeve Anlaşmasında, sera gazı emisyonlarının 2000 yılında 1990 yılı seviyelerine çekilmesi kararı alınmıştır. Aralık 1997 Kyoto konferansında, dünyadaki gaz emisyonlarının 2008-2012 yılları arasında 1990 yılı seviyesinin % 5,2 altına çekilmesi

öngörülürken, Avrupa Birliği ülkelerinde ise bu hedef % 8 olarak seçilmiştir. Sera gazı emisyonlarının, Kyoto konferansında saptanan hedeflere ulaşması dünyanın geleceği için oldukça önemlidir.

Yenilenebilir enerjisinden sağlanan enerjinin maliyeti, fosil yakıtlardan sağlanan enerjiye göre daha yüksektir. Bunun sebebi geleneksel enerji santrallerinin çevreye verdikleri zararın üretim maliyetlerine yansıtılmamasıdır. Ayrıca yenilenebilir enerjiye sağlanan kredilerin kısa sürede geri dönmesi istenmektedir. Dolayısıyla pazar mekanizması içinde kısa vadede kendini finanse etmesi mümkün değildir. Bu nedenle yenilenebilir enerjinin gelişmesini sağlamak için bu mekanizma dışında yollar bulunarak enerji maliyeti mutlaka düşürülmelidir.

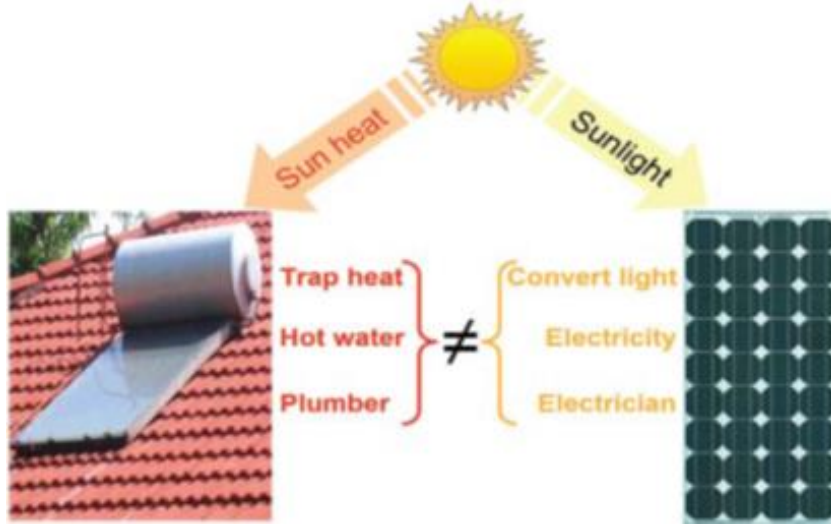
Ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak ve kaynağına kendimizin sahip olduğu bir enerji üretimi sağlamak büyük olarak önem taşır. Bu konuda hızlı adımlar atılması gerekiyor. Yasal olarak da bu konuda kolaylık sağlayacak yollar açılmalıdır.

Rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyeli açısından Türkiye şanslı bir ülkedir. Ancak, rüzgâr ve güneş enerjisi kullanımı açısından ülkemizde sektörün oldukça gerisindedir. Sektörün canlandırılarak ekonomiye daha fazla katkı sağlaması için mutlaka teşvik edilmeli ve teknik açıdan standartlar oluşturulmalıdır.

Nükleer enerji son zamanlarda ülkemizin enerji gündemine doğru sürüklenmektedir. Oysa ülkemiz, doğru yönlendirilmesi ve doğru teknoloji kullanılması durumunda tam bir temiz enerji cennetine çevrilebilecek bir potansiyele sahiptir [31].

3. FOTOVOLTAİK ENERJİ SİSTEMLERİ

Güneş enerjisini iki ana biçim halinde verir: ısı ve ışık. İki temel tür güneş enerjisi sistemi vardır; ısınmak için ısıyı yakalayan güneş termik sistemleri ve Şekil 3.1’de gösterildiği gibi güneş ışığı doğrudan elektriğe dönüştüren güneş PV sistemleridir.



Şekil 3.1. Güneş enerjisi ile güneş PV sistemleri arasındaki fark.

PV modülleri güneş ışığına maruz kaldığında, Doğru Akım (DA) üretirler. Bir inverter daha sonra DA’yı Alternatif Akım (AA) elektriğe dönüştürür, böylece binanın Alternatif Akım Dağıtım Panolarından birine (AADP) olmadan beslenebilir. Her sistemde olduğu gibi PV sistemlerinde olumlu ve olumsuz yanları vardır. PV Sistemlerin olumlu ve olumsuz yanları aşağıdaki gibi özetlenebilir [32].

Fotovoltaik Güneş Sistemlerinin Avantajları:

- Fosil yakıta ihtiyaç duymaz ve bir sisteme bağlantı gerekmeden bağımsız bir şekilde elektrik üretebilir.
- Yapısında hareketli parçalar olmadığından elektrik üretiminde kullanılan hareketli parçalara göre daha az bakıma ihtiyaç duyarlar.
- Enerji girdisi hemen her yerde ücretsiz temin edilebilmektedir. Taşıma ve depolama gibi sorunları yoktur.

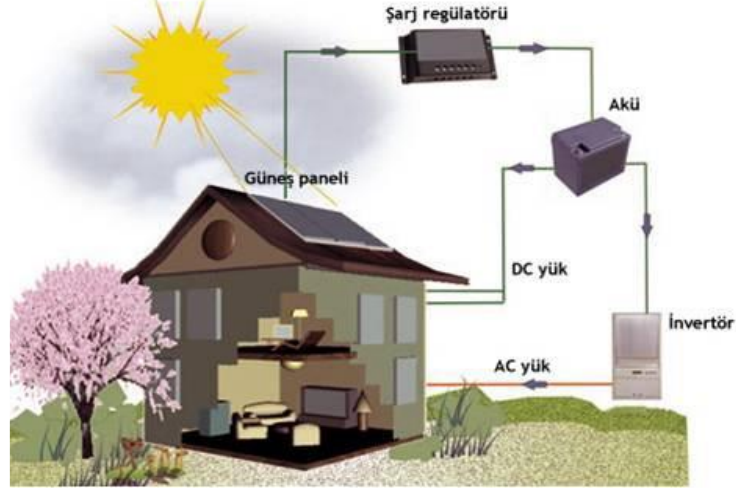
- Güçlü rüzgârlar, nem ve ısı, kar ve buzlanma gibi doğa olaylarına dayanıklıdır.
- Enerji üretimi noktasıyla kullanım noktası arasında mesafeler çok kısa olduğu için kayıplar yok denecek kadar azdır.
- Modüler bir yapıya sahip olduğundan güç çıkışı kolaylıkla arttırılabilir.
- Elektrik şebekesinden bağımsız çalışabileceği gibi inverter ve trafo grupları ile enterkonnekte sisteme enerji verebilir.
- Çevreye herhangi bir atık madde bırakmadığından çevre uyumludur.

Fotovoltaik Güneş Sistemlerinin Dezavantajları:

- Büyük güçler üretilmesi için diğer sistemlere göre çok geniş alanlara ihtiyaç duyar.
- Işınımın olmadığı akşam saatlerinde enerji üretemez. Dolayısıyla şebekeden bağımsız yapılarda depolama sistemine ihtiyaç duyar.
- Kırılgan yapıda olduklarından modüllerin çerçevelendirilmesi gerekmektedir.
- Güneş pilleri yüksek üretim teknolojisi gerektirmeleri nedeniyle maliyetleri yüksektir [33].

3.1. ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ SİSTEM (OFF GRİD SİSTEM)

Şebekeden bağımsız (off-grid) enerji sistemleri, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan bölgelerde, jeneratöre yakıt taşımının zor ve pahalı olduğu durumlarda belli bir birimin elektrik gereksinimini sağlamak için kullanılırlar. Bu sistemler genellikle rüzgâr veya güneşten alınan enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürerek, ihtiyaç olduğu zamanlarda kullanmak üzere bataryalarda depolarlar. Batarya çıkışlarındaki doğru gerilim, eviricilerle 220 V, 50 Hz sinüzoidal gerilime dönüştürülerek yüke uygulanır [34]. Şekil 3.2’de şebekeden bağımsız sistemin yapısı gösterilmiştir [35].



Şekil 3.2. Şebekeden bağımsız sistem.

Şebekeden Bağımsız Sistemlerin Bileşenleri

- PV Paneller
- Aküler
- Akü Şarj Kontrol Ünitesi
- İnvertörler

3.1.1. Güneş Panelleri

Elektrik, yarı iletken malzemeden oluşan güneş pillerinde üretilir. Güneş ışınları güneş pillerine parladığında, bu katmanlar arasındaki elektromotor kuvveti oluşturulur ve elektrik akışı meydana gelir. Güneş radyasyon yoğunluğu ne kadar yüksek olursa, elektrik akışı da o kadar yüksek olur. Güneş pillerinin üretiminde kullanılan en yaygın malzeme silikondur. Silisyum kumdan elde edilir ve yer kabuğunun en yaygın elementlerinden biridir [36].

Güneş Paneli Çeşitleri

Güneş ışınım enerjisini elektriğe dönüştüren PV paneller, optik ve elektrik özellikleri bu dönüşüme uygun olarak seçilen yarı iletken malzemelerle tasarlanırlar. Güneş hücrelerinin yapımında yaygın olarak şu malzemeler kullanılır:

- Kristal silisyum
- Amorf silisyum
- Galyum arsenik (GaAs)
- Kadmiyum tellür (CdTe)

- Bakır indiyum diselenid (CuInSe_2)
- Optik yoğunlaştırıcı hücreler

Güneş panelleri, üretim teknolojilerine göre aşağıdaki gibi çeşitlendirilebilir:

- Birinci nesil güneş panelleri (Tek kristal ya da multikristal silisyum pul (wafer) teknolojisi)
- İkinci nesil güneş panelleri (Amorf silisyum (a-Si), Multikristal silisyum ince film (mc-Si), Cadmium telluride (CdTe), Copper indium gallium diselenide (CIGS) alaşım)
- Üçüncü nesil güneş panelleri (Nanokristal tabanlı güneş hücreleri, Photoelectrochemical (PEC) hücreler, Grätzel hücreleri, Polimer tabanlı hücreler, boya ile duyarlı hâle getirilmiş hücreler [Dye sensitized solar cell (DSSC) [37].

3.1.2. Aküler

PV hücreler tarafından üretilen elektrik enerjisinin tüketilmediği durumlarda depolanması gereklidir. Güneş ışınımı olduğu sürece üretilen enerji akülerde depolanır. Günümüzde en çok kurşun-asit ve nikel kadmiyum tipi aküler PV sistemlerde kullanılmaktadır.



Şekil 3.3. Akü.

3.1.3. Akü Şarj Kontrol Ünitesi

PV hücreler tarafından üretilen elektriğin direkt olarak aküye gönderilmesi akülere zarar verebilmektedir. Bu nedenle şarj denetim birimleri kullanarak aşırı enerji yüklemesini ve boşalması önlerler. Diğer bir deyişle akülerin şarj ve deşarj olmasını önleyen birimlerdir.

3.1.4. İnvertörler

PV hücreler doğru akım enerjisi üretirler. Bu enerjinin aletlerde kullanılması için alternatif akıma dönüştürülmesi gerekmektedir. Enerji dönüştürücü görevi yapan

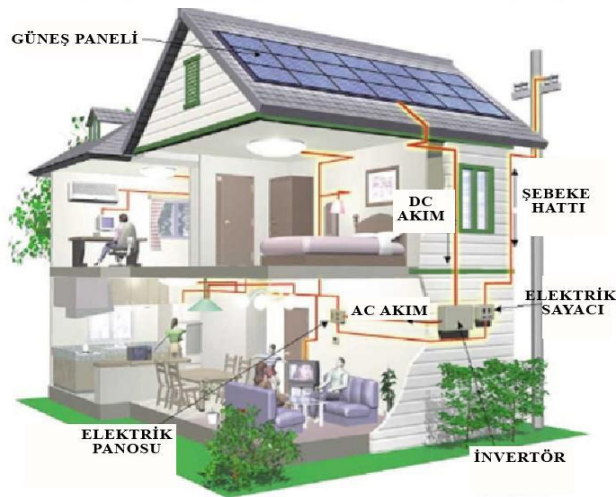
invertörler şebekeden bağımsız sistemler için düşük gerilimli (12-48 V), şebeke bağlantılı sistemlerde yüksek gerilimli (110 V ve üstü) olarak kullanılmalıdır [38].



Şekil 3.4. İnvertör.

3.2. ŞEBEKE BAĞLANTILI SİSTEM (ON GRID SİSTEM)

Bu sistem, şebeke bağlantılı olup panellerde üretilen elektriğin şebekeye verilmesini ve elektriğin satılmasına olanak sağlar. Bu sistemin off grid sisteme göre avantajı ise sistemde akü kurulumu olmaması sebebiyle, maliyetinin düşük olması ve genelde teşvik amacıyla devletlerin bireysel elektrik üreticilerinden elektriği cazip fiyatlarla almasıdır [39].



Şekil 3.5. Şebeke bağlantılı sistem.

3.3. SICAKLIĞIN VE IŞINIMIN GÜNEŞ HÜCRELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Fotovoltaik panellerde kullanılan yarı iletken malzemeler ile güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Yarı iletken malzeme teknolojinin gelişim gösterse de PV

panellerin verimliliği düşüktür. PV panel verimine etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar; panel eğim açısı, gölgelenme, tozlanma, ışıınım şiddeti, sıcaklık ve kablolama kayıplarıdır.

Güneş ışıınım şiddeti ve panel sıcaklığı panel verimine etki eden önemli faktörlerdendir. PV panelin yüzeyine gelen güneş ışıınım şiddeti, panelin kurulduğu yerleşim yerinin coğrafi konumu ile gün içindeki zaman dilimlerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Dolayısıyla güneş ışıınım şiddeti panel gücünü doğrudan etkilemektedir. Güneş ışıınım şiddetinin düşmesi panel gücünü de düşürmektedir. Panel sıcaklığı ile panel gücü arasındaki ilişki ise ters orantılıdır. Yani; ortam sıcaklığı arttıkça panelin gücü düşmektedir [40].

Panelin güneş ışıını almaya başlamasıyla birlikte elektrik üretimi başlar. Verimlerin % 100 olmamasından dolayı güneşten gelen enerjinin bir kısmı elektrik enerjisine dönüşürken bir kısmı da ısı enerjisi olarak ortaya çıkar.

Bu olay panellerin ısınmasına sebep olur, güneş hücrelerinin ısınması ile akım (I) artarken, gerilim (V) değeri düşer. Gerilim düşüşün fazla olması nedeni ile çıkış gücünde de düşüş olur ve bu verim kaybına neden olur. Bu olay en kolay örnekleme ile anlatılabilir.

Polikristal hücreleri ve 280 W güç çıkışı olan bir modül % 14,5 verim ile çalışmaktadır (1,95 m² modül alanı).

Verilen değerlerde;

Çalışma sıcaklığı: 45 °C

Sıcaklığın akım üzerindeki etkisi (Isc): + 0,0006 1/°C

Sıcaklığın gerilim üzerindeki etkisi (Voc): - 0,0037 1/°C

Sıcaklığın çıkış gücü üzerindeki etkisi (Pm): -0,0045 1/°C

Panel 25 °C ortam sıcaklığı için 280 W verirken, 25 °C'lık bir ortamda panel sıcaklığı 45 °C olmakta, bu yüzden;

panel çıkış gücü x (1 - (panel sıcaklığı - 25) x Pm)

280 x (1 - (45-25) x 0,0045) = 254,8 W olacaktır çıkış gücümüz ve verim % 13'e düşecektir.

Sıcak yaz günlerinde sıcaklığın 30 °C olması durumunda panel sıcaklığı daha da artacak ve verim % 13'ün altına inecektir. Aynı durum sıcaklığın düşük olması durumunda ise tam tersi geçerli ve panelde verim artışı olur. Güneş panelleri güneşli fakat soğuk yere

ihtiyaç duyarlar. Panel seçimi yaparken, sıcaklığın panel üzerindeki etkisine dikkat edilmelidir [41].

3.4. TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU

Ülkemiz coğrafi konumu itibariyle, güneş ışınlarını oldukça iyi bir şekilde alabilmektedir. Çizelge 3.1’de Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli verilmiştir. Güneşlenme süresi saatlik veriler itibari ile en yüksek olan bölgemiz 3016 saatlik yıllık ortalama güneşlenme süresi ile Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Bu bölgemizi sırasıyla Akdeniz, Ege, İç Anadolu, Doğu Anadolu, Marmara ve son olarak da 1966 saat güneşlenme süresi ile Karadeniz bölgesi izlemektedir. Ülkemizde aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli Çizelge 3.2’de verilmiştir [42].

Çizelge 3.1. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi	3016
Akdeniz Bölgesi	2923
Ege Bölgesi	2726
İç Anadolu Bölgesi	2712
Doğu Anadolu Bölgesi	2693
Marmara Bölgesi	2528
Karadeniz Bölgesi	1966

Çizelge 3.2. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.

Aylar	Aylık toplam güneş enerjisi (kcal/cm ² -ay) (kwh/m ² -ay)		Güneşlenme Süresi Saat/ay
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/m ² -gün	3,6 kwh/m ² -gün	7,2 saat/gün

4. RÜZGÂR ENERJİSİ

Rüzgâr enerjisi teknolojileri, rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Hava akımının kinetik enerjisi, bir tahrik mili vasıtasıyla rüzgâr türbini bıçaklarını döndürerek rüzgâr türbindeki jeneratöre güç sağlayan mekanik enerjiyi sağlayan itici gücü sağlar.

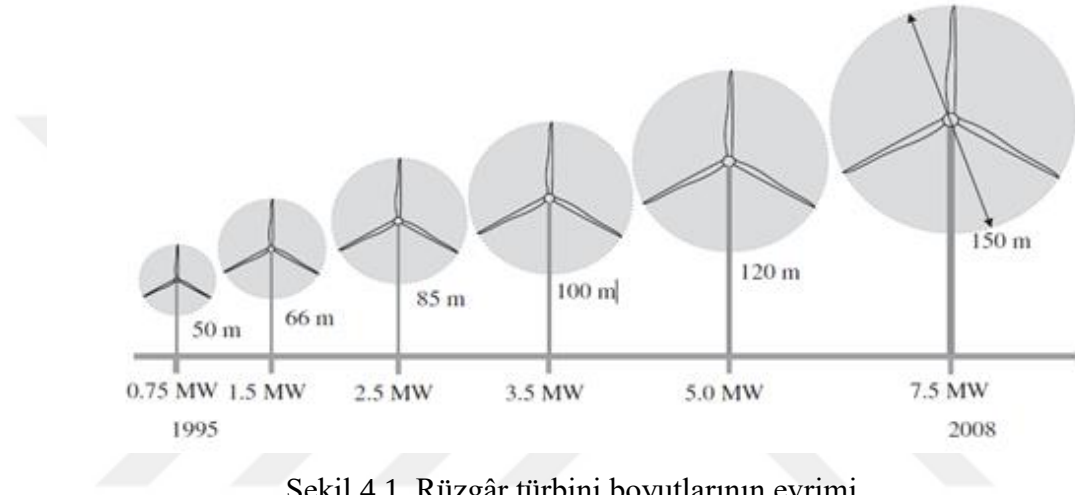
Modern rüzgâr enerjisi 1979 yılında Danimarkalı üreticiler Kuriant, Vestas, Nordtank ve Bonus tarafından üretilen rüzgâr türbinleri ile başlamıştır. Bu rüzgâr türbinleri, bugünün standartlarına göre tipik olarak küçük kapasitelere (10 kW - 30 kW) sahipti, ancak bugün gördüğümüz modern rüzgâr enerjisi endüstrisinin gelişimine öncülük etti. Şebekeye bağlı rüzgâr türbinlerinin mevcut ortalama boyutu 1,16 MW civarındadır.

Rüzgâr enerjisi teknolojileri, yatay veya dikey eksenli rüzgâr türbinleri olup olmadıkları veya kıyıda mı yoksa açıkta mı olduklarına göre kategorize edilebilir. Rüzgâr türbinlerinin güç üretimi, türbin kapasitesi, rüzgâr hızı, türbin yüksekliği ve rotorların çapıyla belirlenir. Büyük ölçekli rüzgâr türbinleri, yatay eksen etrafında dönen üç bıçağa sahiptir. Dikey eksenli rüzgâr türbinleri, ancak teorik olarak yatay eksen türbinlerine göre aerodinamik açıdan daha verimli ve önemli bir pazar payına sahip değiller [43].

Türkiye, yaklaşık 800.000 km²'lik bir arazi yüzeyine sahiptir. Türkiye'de rüzgâr enerjisi potansiyeli yüksektir. Kuzeyde Karadeniz, batıda Ege ve güneyde Akdeniz, 8500 km uzunluğunda bir sahil şeridi ve rüzgâr enerjisi uygulamaları için en cazip bölgelere sahip olan Türkiye, rüzgâr enerjisi üretimi için çok uygundur çünkü rüzgâr hızı bu alanların çoğunda 3 m/s'yi aşmaktadır. Rüzgâr ve güneş enerjisi yatırımları için ideal bir iklim, ortalama 7 saatten fazla güneş ışığı ve Ege, Siyah ve Akdeniz denizlerinden gelen rüzgâr hızı 7,7 m/s'dir. Elektrik Sektörü için gözden geçirilmiş strateji belgesi uyarınca, 2020'ye kadar 20.000 MW'a ulaşması hedeflenmekte, ayrıca rüzgâr enerjisi yatırımcıları 2023 yılına kadar toplam elektrik enerjisinin % 20'sini üretmeyi hedeflemektedir [44].

4.1. RÜZGÂR TÜRBİNLERİ

Rüzgâr türbinleri, rüzgârın gücünü kullanarak elektrik üretmektedir. Rüzgâr bıçakların üzerinden geçerek kaldırma oluşturur ve bir dönme kuvveti uygulanır. Dönen bıçaklar, bir vites kutusuna giren motorun içinde bir şaft döndürür. Şanzıman, dönme hızını, dönüş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için manyetik alanlar kullanan jeneratör için uygun olana yükseltir. Bir rüzgâr türbini bıçak ağzının süpürme alanından kinetik enerji çıkarır hava akışındaki güç Denklem (4.1) ile gösterilmiştir. Şekil 4.1 ile rüzgâr türbinin boyutlarının evrimi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Rüzgâr türbini boyutlarının evrimi.

$$P_{air} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \quad (4.1)$$

Denklem 4.1'de hava akışındaki güç denklemi gösterilmiştir.

ρ =hava yoğunluğu

A =Rotorun süpürme alanı, m²

V =Rüzgâr hızını ifade etmektedir.

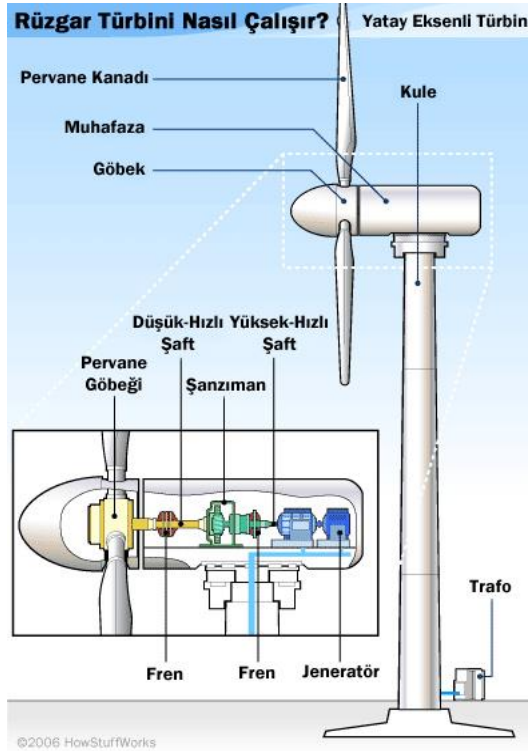
4.1.1. Rüzgâr Türbin Çeşitleri

Rüzgâr türbinleri boyut ve tiplerine göre genellikle dönme eksenlerine göre sınıflandırılmaktadır. Rüzgâr türbinleri dönme eksenlere göre şöyledir;

4.1.1.1. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Yatay eksenli türbinlerde dönme eksenini rüzgâr yönüne paralel olacak şekildedir. Türbinin kanatları rüzgârın yönüne dik açı yapmaktadır.

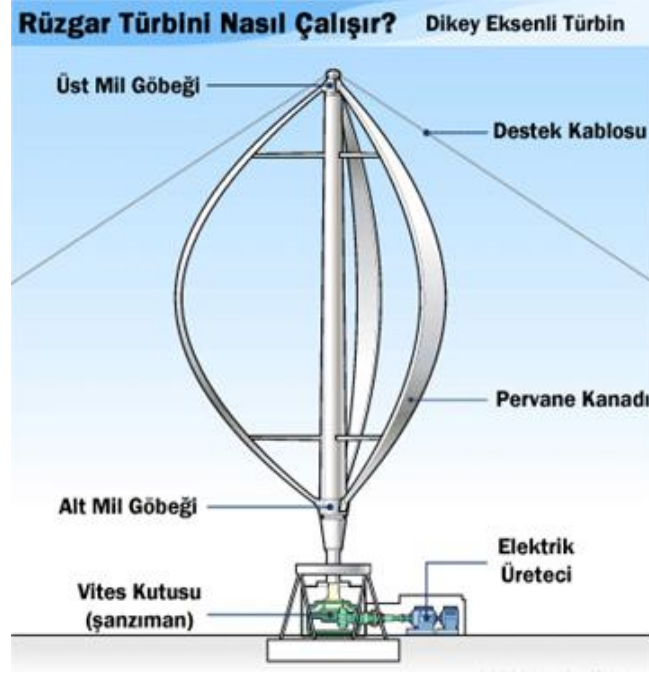
Yatay eksenli rüzgâr türbinleri Şekil 4.2’deki gibi genellikle rüzgârı önden alacak şekilde tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra rüzgârı arkadan alan türbinler de bulunmaktadır. Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin dezavantajı türbinin sürekli rüzgâr almasını sağlayan dümen sistemine sahip olmasıdır.



Şekil 4.2. Yatay eksenli rüzgâr türbini.

4.1.1.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri

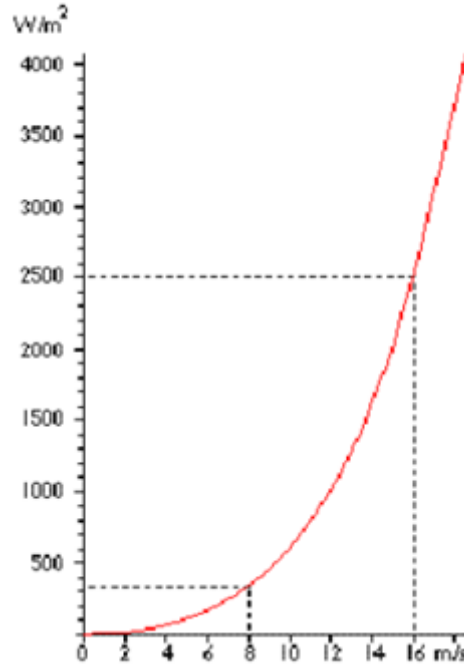
Bu tip türbinlerde mil düşeydir ve rüzgârın geliş yönüne doğru dik olacak şekilde tasarlanmıştır. Düşey eksenli rüzgâr türbinlerinin Savonius ve Darrieus isimli çeşitleri bulunmaktadır. Şekil 4.3 ile dikey eksenli rüzgâr türbinin yapısı gösterilmiştir. Jeneratör ve dişli kutusunun yere yerleştirilmesi sebebiyle bu türbini kulinin üzerine kurmak gerekmemektedir. Bu türbinlerde dümen sistemine de ihtiyaç duyulmaz. Düşey eksenli türbinlerin bakım ve onarımı da oldukça kolaydır. Elde edilen enerjinin nakli de kolaydır. Yere yakın olmasından dolayı alt seviyelerdeki rüzgâr hızının ve verimliliğin düşük olması, ilk hareket motoruna ihtiyaç duyulması, ayakta kalması için tellerle sabitleme mekanizmasına ihtiyaç duyulması ve fazla pratik olmaması da dezavantajlarındandır [45].



Şekil 4.3. Dikey eksenli rüzgâr türbini.

4.1.2. Rüzgar Hızının Enerjiye Etkisi

Rüzgârdan elektrik elde edilmesinde rüzgâr hızının çok büyük önemi vardır. Elde edilecek enerji ortalama rüzgâr hızının küpü ile orantılıdır (eğer rüzgâr hızı 2 kat artar ise elde edilen enerji 8 kat artar).



Şekil 4.4. Rüzgâr hızındaki değişime bağlı olarak elde edilecek enerji değişimi.

Yukarıdaki Şekil 4.4'te görüleceği üzere rüzgâr hızı 8 m/s iken elde edilen enerji 314 W/m²'dir. Rüzgâr hızı 16 m/s olduğunda ise 2509 W/m²'dir [46].

Denklem (4.2)'de rüzgârdaki enerji formülü verilmiştir:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V^3 * \pi * r^2 \quad (4.2)$$

P = rüzgârdaki enerji (watt)

ρ = havanın yoğunluğu (kg /m³)

V= rüzgâr hızı (m/s)

r = kanat yarıçapı (m)

Bir rüzgâr türbininden üretilen elektrik miktarı üç faktöre bağlıdır:

- 1) Rüzgâr hızı
- 2) Rüzgâr türbini kullanılabilirliği
- 3) Rüzgâr türbinlerinin düzenlenme biçimi

4.1.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu

Rüzgâr enerjisi durumunun analiz edilebilmesi için, öncelikle rüzgâr enerji potansiyelinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye’de rüzgâr enerji potansiyelini belirlemek amacıyla rüzgâr ölçümleri, diğer meteorolojik ölçümlerle birlikte Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılmaktadır. İlk aşamada belirlenmiş olan ve rüzgâr enerjisi yönünden umut verici yerlerde yapılan etütler ile rüzgârdan enerji üretimine elverişli olabilecek bölgelere Rüzgâr Enerjisi Gözlem İstasyonları (RGİ) kurulup veri toplanmaya başlanmıştır. Ölçümler çoğunlukla 10 m yükseklikte alınmaktadır. Veriler birer saatlik ve 10 dakikalık periyotlarla toplanmaktadır.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’nün (YEGM) ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama rüzgâr hızları, bölgelerin rüzgâr enerjisi uygulamaları için elverişli olup olmadığını göstermektedir. Ülkemizde enerji amaçlı ölçümler için MGM’nin istasyon sayısı yetersizdir, daha güvenilir rüzgâr verileri elde etmek amacıyla istasyon sayısının hızla artırılmalıdır. İstasyon sayısının artırılmasıyla Türkiye Rüzgâr Enerji Potansiyel Atlası (REPA) belli periyotlarda güncellenebilecektir. Bu şekilde, rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan bölgelerdeki ortalama rüzgâr hızları ve rüzgâr güç yoğunlukları belirlenerek bu sektöre yatırım yapacak şirketler teşvik edilebilecektir. Türkiye’nin en iyi

rüzgâr kaynağı alanları, kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır [47].



5. KISA VADELİ YÜK TAHMİNİ YÖNTEMLERİ

5.1. REGRESYON ANALİZİ İLE MODELLERİN OLUŞTURULMASI

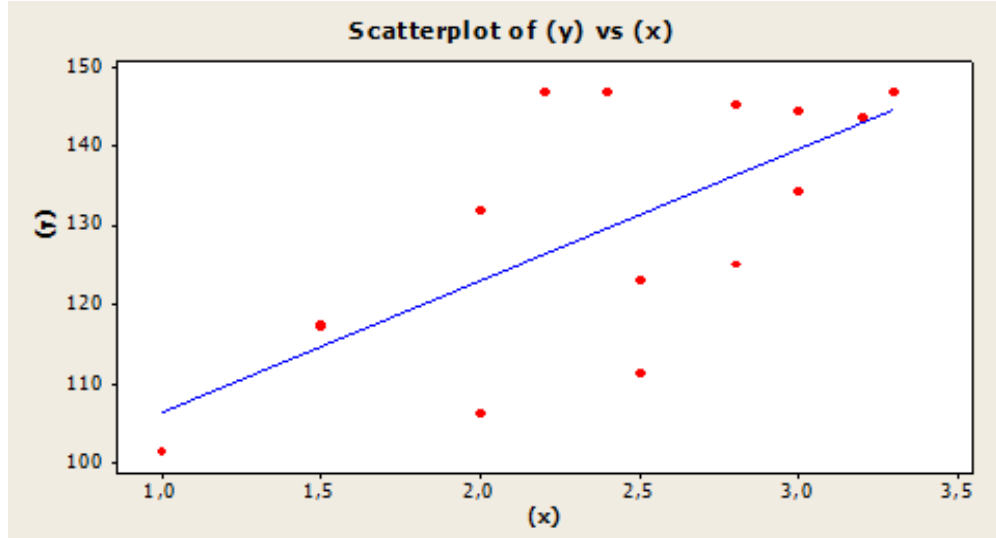
İki değişken arasında bir ilişki bulunup bulunmadığı ve eğer varsa bu ilişkinin derecesinin saptanması istatistiksel çözümlemelerde sıkça rastlanan bir problemdir. Değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesinde regresyon analizi ilk akla gelen tekniktir. İstatistiksel anlamda iki değişken arasındaki ilişki, bunların değerlerinin karşılıklı değişimleri arasında bir bağıllık şeklinde anlaşılır. Gerçekten x değişkeninin değerleri değişirken buna bağlı olarak y değişkeninin değerleri de değişiyorsa, bu ikisi arasında bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Regresyonda değişkenlerin bağımlı değişken ve bağımsız değişken olarak iki gruba ayrılır. Bağımlı değişken, bağımsız değişken tarafından açıklanmaya çalışılan değişkendir. Regresyonda bağımlı değişken y ve bağımsız değişkende x ile gösterilir.

Regresyon analizi ile eldeki verilerden bilinmeyen değişkenlerle ilgili olarak tahminler yapılabilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki sağlandıktan sonra, bağımsız değişkenin sonucu bilindiğinde bağımlı değişkenin sonucu tahmin edilebilir.

Regresyon analizinde temel olarak, bir bağımlı değişkenin bir ya da birden fazla açıklayıcı değişkene istatistiksel bağımlılığı belirlenmektedir. Burada amaç, bağımsız değişkenlerin bilinen ya da değişmeyen değerlerine dayanarak bağımlı değişkenin değerini tahmin etmektir.

Regresyon analizinde x_i bağımsız değişkenleri ile y_i bağımlı değişkenleri arasındaki ilişki matematiksel bir fonksiyon olarak ifade edilir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki dağılım diyagramının çizilmesiyle iki değişken arasında bir bağlantının kurulup kurulamayacağına, eğer kuruluyorsa nasıl bir fonksiyonun ele alınacağına karar verilir. Öncelikle yapılması gereken örneği Şekil 5.1’de gösterilen bir serpilme diyagramı çizmektir. Bu serpilme diyagramı, ilişki ve ilişkinin fonksiyonu hakkında bilgi verecektir. Örneğin Y ile X arasında $Y_i = \alpha + \beta X + \epsilon_i$ ($i=1,2,3,\dots$) gibi doğrusal bir ilişki varsa ilk adım modelin bilinmeyen α ve β parametrelerinin tahmin edilmesidir. Modelin bilinmeyen parametreleri tahmin edildiğinde bağımsız değişkenin farklı değerleri için bağımlı

değişkenin alacağı değeri tahmin etmek regresyonda bir diğer amaçtır. Bağımsız değişkenin her farklı değeri için bağımlı değişkenin değeri sabit ise ortada araştırılacak bir problem yoktur [48].



Şekil 5.1. Serpme diyagramı örneği.

Regresyon analizi, değişken sayısına göre;

- Basit regresyon analizi (Tek değişken)
- Çoklu regresyon analizi (Çoklu değişken)

Verilerin dağılımına göre;

- Doğrusal regresyon analizi
- Doğrusal olmayan regresyon analizi

Verilerin kaynağına göre;

- Ana kütle verileriyle regresyon analizi
- Örnek verileri ile regresyon analizi

Zaman serilerinde regresyon analizi (Eşleştirilmiş zaman serileri) şeklinde gruplandırılır [48]. Serbest değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etki biçimi ve yönü, istatistik denklemlerle de belirtilebilmektedir. Bir örnek üzerindeki $X_1, X_2, \dots$ serbest ve Y bağımlı değişken ölçülerine dayanarak Y ile $X_1, X_2, \dots$ değişkenleri arasındaki $Y = f(X_1, X_2, \dots)$ fonksiyonel ilişkiyi kestirme işlemine regresyon analizi adı verilmektedir.

Regresyon analizi için önce, belirli bir model halinde, fonksiyon biçimine karar

verilmedir. Bu model bir ya da çok sayıda serbest değişkenli, doğrusal ya da eğrisel, toplanabilir ya da toplanamaz şekilde olabilir.

5.1.1. Değişken Sayısına Göre Regresyon Analizi

5.1.1.1. Basit Regresyon Analizi

Basit regresyon analizi değişkenler arasında bulunan doğrusal ilişkiyi verir.

$$Y = a + b.X + \varepsilon \quad (5.1)$$

Denklem (5.1)'de verilen doğrusal fonksiyonda a , fonksiyonun y eksenini kestiği noktayı, b ise doğrunun eğimini göstermektedir. Denklemde X bağımsız değişkeninin değerine göre Y bağımlı değişkeninin değerini ε hatası ile belirleyecek a ve b katsayıları tahmin edilmektedir. Basit regresyon analizi ile a ve b katsayılarının ε hatasını minimum yapacak şekilde belirlenmesi amaçlanmaktadır. Serpilme diyagramı ile tespit edilen doğrusal bir ilişki çok sayıda doğru ile gösterilir. Ancak ilişkiyi en iyi belirleyecek denklem, en küçük kareler yöntemi ile tespit edilecek olan denklemdir. Bu kritere göre çizilen eğriden serpilme diyagramındaki noktalara olan dikey uzaklıkların karelerinin toplamı minimum olacaktır. En küçük kareler metodunu kullanarak, doğru denklemindeki a ve b parametreleri şu şekilde hesaplanır:

$$\varepsilon = \sum[Y - (a + b.X)]^2 \quad (5.2)$$

Denklem (5.2)'de minimumunu bulmak için, önce a 'ya daha sonra b 'ye göre kısmi türevlerini alarak sıfıra eşitlemek gerekir. Bu durumda:

$$\frac{d\varepsilon}{da} = -2 * \sum[Y - (a + b.X)] = 0 \quad (5.3)$$

$$\frac{d\varepsilon}{db} = -2 * \sum[X(Y - (a + b.X))] = 0 \quad (5.4)$$

$$\sum Y = a + b.\sum X \quad (5.5)$$

$$\sum X.Y = a.\sum X + b \sum X^2 \quad (5.6)$$

yukarıdaki denklemler elde edilir. Bu denklemler normal denklemler olarak adlandırılmaktadır. a ve b katsayıları bu normal denklemlerin çözülmesiyle elde edilir.

5.1.1.2. Çoklu Doğrusal Regresyon

Doğrusal çoklu regresyon birden fazla değişken, $X_1, X_2, \dots, X_n$ ile bir bağımlı değişken, Y , arasındaki ilişkiyi verir. Burada her bağımsız değişkenin bağımlı değişkenle doğrusal ilişkisi Denklem (5.7) ile gösterilmiştir:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n + \varepsilon \quad (5.7)$$

Şeklinde doğrusal bir fonksiyondur ve basit analizden farklı olarak bir regresyon katsayısı, b , yerine n tane net veya kısmi regresyon katsayısı içermektedir. Bu katsayıların her biri katsayı ile ilgili bağımsız değişkende meydana gelebilecek bir değişkenliğin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmektedir. Basit regresyon analizinde olduğu gibi çoklu regresyon fonksiyonuna varmak için en küçük kareler metodu kullanılabilir.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \varepsilon \quad (5.8)$$

Denklem (5.8)'deki gibi çoklu regresyon modelinde basit modeldeki normal denklem yerine aşağıdaki üç normal denklemin bir arada çözülmesi gerekmektedir [49].

$$\sum Y = n \cdot a + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 \quad (5.9)$$

$$\sum Y = a \cdot \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 \quad (5.10)$$

$$\sum X_2 Y = a \cdot \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2 \quad (5.11)$$

Yük değiştirme tahmini değişkeninde y birden fazla değişkenin bir fonksiyonu olarak ayarlandığında yük tahmini için çoklu regresyonlar kullanılır [50]. Çoklu doğrusal regresyonlar, yük tahmini yöntemlerinin en eski tekniğidir. Burada yük, yükü etkileyen hava durumu ve hava durumu olmayan değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Çoklu doğrusal regresyon analizi, çevrimdışı tahmin yöntemi olarak en büyük uygulamayı bulmuştur ve çevrimiçi tahmin için genellikle uygun değildir, çünkü bir çevrimiçi algoritmaya girmek zor birçok harici değişken gerektirir. Bu modellerin uygulanması nispeten basittir, ancak bastırıcıları ve her modeldeki yerlerini belirlemek için kapsamlı ilk analiz gerektirir. Ayrıca, yük ve hava durumu değişkeni arasındaki ilişki zamana özgü olduğu için, bu model doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için parametrelerinin sürekli tahmin edilmesini gerektirir [51].

5.1.2. Verilerin Dağılımına Göre Regresyon Analizi

5.1.2.1. Doğrusal Regresyon Analizi

Regresyon analizinde, değişkenler arasındaki ilişkiyi fonksiyonel olarak açıklamak ve bu ilişkiyi bir modelle tanımlayabilmek amaçlanmaktadır.

Bir kitlede gözlenen X ve Y değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki Denklem (5.12)'de gösterildiği üzere “Doğrusal Regresyon Modeli” ile verilebilir;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (5.12)$$

Burada;

X : Bağımsız Değişken

Y : Bağımlı Değişken

β_0 : $X=0$ olduğunda bağımlı değişkenin alacağı değer (kesim noktası)

β_1 : Regresyon Katsayısı

ε : Hata terimi (Ortalaması=0 ve Varyansı= σ^2 'dir)

β_1 : Bağımsız değişkendeki bir birimlik değişimin, bağımlı değişkendeki yaratacağı ortalama değişimi göstermektedir.

ε (Hata terimi): Her bir gözlem çiftindeki bağımlı değişkene ilişkin gerçek değer ile modelden tahmin edilen değer arasındaki farktır.

$$\varepsilon_i = (\beta_0 + \beta_1 X) - Y_i \quad (5.13)$$

Tanımlanan Regresyon Modeli: Kitleden seçilen n gözlemlili örnekleme için Denklem (5.14) kullanılmaktadır.

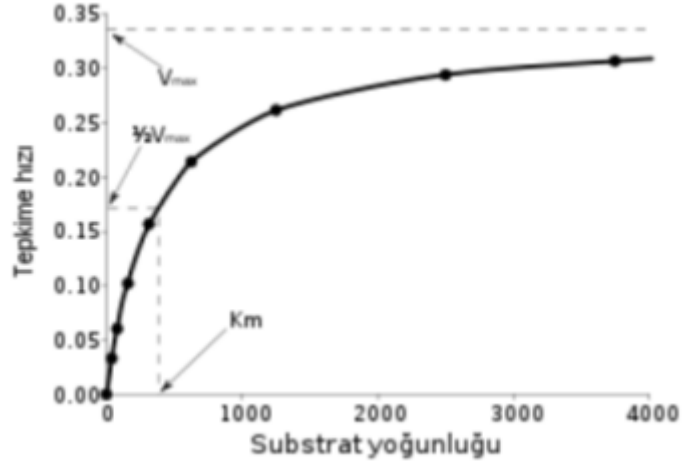
$$\check{Y} = \beta_0 + \beta_1 x \quad (5.14)$$

Yukarıdaki doğrusal regresyon modeli gözlemler için Denklem (5.15) kullanılmaktadır.

$$\check{Y}_i = b_0 + b_i x_i + e_i \quad i = 1 \dots, n \quad (5.15)$$

5.1.2.2. Doğrusal Olmayan Regresyon Modeli

Doğrusal olmayan regresyon istatistik bilimde gözlemi yapılan verilerin bir veya birden fazla bağımsız değişkenin model parametrelerinin doğrusal olmayan bileşimi olan ve bir veya daha çok sayıda bağımsız kapsayan bir fonksiyonla modellenmesini içeren bir regresyon analizi çeşididir. Veriler art arda yapılan yaklaşımlarla kurulan modele uydurularak çözüm yapılır.



Şekil 5.2. Doğrusal olmayan regresyon.

Bazı doğrusal olmayan regresyon problemleri modelin uygun olana dönüştürmesiyle doğrusal yapıya geçirilebilir. Şekil 5.2’de doğrusal olmayan regresyon modelinin grafiği verilmiştir. Örneğin, (hataları ele almadan) Denklem (5.16)’daki doğrusal olmayan regresyon modelini ele alınır.

$$y = ae^{bx} \quad (5.16)$$

Eşitliğin her iki tarafının logaritmaları alınır, Denklem (5.17)’deki yeni şekle dönüşür.

$$\ln(y) = \ln(a) + bx \quad (5.17)$$

Bu şekildeki model bilinmeyen katsayılarının kestirimi için bağımlı değişkeni $\ln(y)$ ve bağımlı değişkeni x olan bir doğrusal regresyon modelidir ve tekrarlanan en uygun şekle sokma yöntemi kullanılması istemeden; doğru doğruya en açık en küçük kareler regresyon yöntemi ile yapılabilir. Dönüşümlü modeller için kullanılan veri değerleri başkadır, hatalar ve kestirimler üzerinde çıkarımsal sonuçlar da değişik olduğu iyi bilmesi gerekir. Bunlar istenilmeyen sonuçların elde edilmesine yol açabilir. Diğer taraftan, hataların en yüksek kaynağının ne olduğuna bağlı olarak, bir doğrusal dönüşüm hataların normal dağılım göstermesine sonuç olabilir. Bu nedenle bir doğrusal dönüşüm kullanmayı seçmek için modelin karakterlerini iyi bilmek gerekir [52].

6. MATERYAL VE YÖNTEM

6.1. MATEMATİKSEL MODELLERİN HESAPLANMASI

6.1.1. Verilerin Elde Edilmesi

Gelişen elektrik piyasasında, yenilenebilir enerji santrallerinin verimliliğini arttırma ve daha iyi şartlarda elektrik ticareti yapmak için arz talep dengesinin korunması ve üretilecek elektrik miktarının bilinmesi büyük bir öneme sahiptir [53]. Bu amaçla güneş ve rüzgâr enerjisi santrallerinde gün öncesi tahmin edilecek gücün bilinmesi için saatlik; ışıınım, sıcaklık, ortalama rüzgâr hızı ve C_p verilerinin bilinmesi gerekir. Yapılan çalışmada Düzce Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan ölçüm verileri ile geliştirilen matematiksel modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel modellerde Düzce Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan veriler modellerde yerine yazılarak Çizelge 6.7 ve 6.8'de yer alan tahmini güç değerleri bulunmuştur. Model oluşturulurken ışıınım değerleri, sıcaklık, ortalama rüzgâr hızı ve C_p değerleri dikkate alınmıştır. Alınan veriler, oluşturulan modellerde yerine yazılarak doğruluğu test edilmiştir. Matematiksel modellerin oluşturulması için En Küçük Kareler Yöntemi ÇRA yapılarak elde edilmiştir. Yaygın olarak model testi için kullanılan, Çoklu belirlilik katsayısı (R^2), hataların karelerinin ortalamalarının karekökü (Root Mean Squared Errors=RMSE) değerleri her bir model için hesaplanmıştır. RMSE değerinin 5'ten küçük olması tahmin modelinin güvenilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca bir başka test yöntemi olarak da aynı model için R^2 determinasyon katsayısı hesaplanmış ve R^2 değerleri güneş için 0,997, rüzgâr için 0,9995 olduğu belirlenmiştir. Çıkan sonuçlar tahmin modellerinin güvenilir olduğunu göstermektedir. Çizelge 6.7 ve 6.8'de yer alan güç değerleri hesaplanırken meteorolojiden alınan veriler EK-1 ve EK-2'de belirtilen Matlab kodlarında yerine yazılarak bulunmuştur. Güneşe ait güç değeri hesaplanırken seçilen türbine ait teknik özellikler Çizelge 6.3'teki gibidir. Matematiksel kayıplar ve toleranslar göz önünde bulundurularak Çizelge 6.7'de yer alan güç değerleri hesaplanmıştır. Bu değerleri gerçek ölçüm olarak kabul ederek, bu sonucun gerçek bir PV sistem oluşturularak alınması daha gerçekçi sonuçlar elde ederiz.

Çizelge 6.1. PV panel teknik özellikleri.

Azami Çıkış Gücü	225 Wp
Azami Güç Gerilimi (V)	29,4 V
Azami Güç Akımı (A)	7,66 A
Açık Devre Gerilimi (V)	35,75 V
Kısa Devre Akımı (A)	8,35 A
Panel Ağırlığı	17,5 kg
Im (Maksimum Akım)	7,66 A
Vm (Maksimum Gerilim)	29,4 V
Isc (Kısa Devre Akımı)	8,35 A
Voc (Açık Devre Gerilimi)	35,75 V
Boltzmann sabiti (k)	$1,38 \times 10^{-23}$ J/K
Elektron yükü (q)	$1,6 \times 10^{-19}$ C
Referans sıcaklık (T)	(273+25) K
Seri hücre sayısı (Ns)	54
Seri iç direnç (Rs)	0,221
Paralel iç direnç (Rp)	415,405
Işık soğrulması (Gn)	1000
Kısa devre akımının sıcaklık katsayısı (K _i)	0,0032
Açık devre geriliminin sıcaklık katsayısı (K _v)	0,123
İdeallik faktörü(a)	1,3

Çizelge 6.8’de yer alan güç hesabı için EK-2’de verilen Matlab kodunda yer alan Cp değeri ölçtüğümüz rüzgâr hızına göre hesaplanmıştır. Buradaki Cp değerini rüzgâr hızı belirlemektedir. Cp değeri Şekil 6.1’deki grafiğe göre sabit bir değere sahip değildir [54]. Cp değeri matematiksel model oluşturularak hesaplanmıştır. Grafikteki ara değerleri bulmak için meteorolojiden aldığımız rüzgâr hızlarına göre matematiksel modelde yerine yazılarak bulunmuştur. Matematiksel değere sahip katsayılar Çizelge 6.2’de verilmiştir.

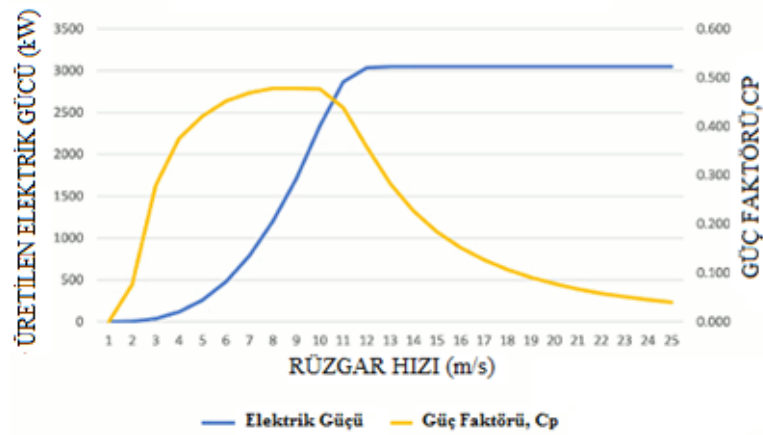
Rüzgâra ait güç değeri hesaplanırken seçilen türbine ait teknik özellikler Çizelge 6.3'teki gibidir. Güç değeri C_p ve rüzgâr hızına bağlı olarak değişmektedir. Bulunan sonuçları gerçek ölçüm olarak kabul ederek, bu işlemlerin bir laboratuvar ortamı ya da ölçüm düzeneği kurulup gerçekleştirilmesi daha gerçekçi sonuçlar almamız için uygun olacaktır. Yapılan çalışmanın sonucu olarak gün içinde ve gün sonunda ne kadar güç üretileceğinin biliniyor olması elektrik ticareti açısından büyük bir öneme sahiptir. $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}$ değerleri C_p 'ye ait matematiksel model katsayılarını oluşturmakta olup, Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. C_p değerine ait matematiksel model katsayıları.

Katsayı	Değer
a_1	7,304e-010
a_2	-7,203e-008
a_3	2,993e-006
a_4	-6,77e-005
a_5	0,000894
a_6	-0,00679
a_7	0,02654
a_8	-0,03807
a_9	0,0141
a_{10}	0,0005535

$$c_p = a_1 * v^9 + a_2 * v^8 + a_3 * v^7 + a_4 * v^6 + a_5 * v^5 + a_6 * v^4 + a_7 * v^3 + a_8 * v^2 + a_9 * v + a_{10} \quad (6.1)$$

Şekil 6.1'deki, güç eğrisinde rüzgâr hızının değişimine göre gücün aldığı değerler gösterilmiştir.



Şekil 6.1. C_p ve güç eğrisi.

Çizelge 6.3. Rüzgâr türbini teknik özellikleri.

Yapılandırma	3 Blade, Yatay eksen, Rüzgâr
Rotor Çapı	Φ2,7 m
Süpürme Alanı	5,73 m ²
Anma Gücü	500W @ 11m/s
Maksimum Çıkış Gücü	570W @ 20 m/s
Akü Bankası Voltajı	24 Vdc
Sistem Çıkış Gerilimi	110/220 Vac
Kesme Rüzgâr Hızı	3 m/s
Nominal döner hızı	600 r/dak
Çalışma Rüzgâr Hızı	3-25 m/s
Hayatta Kalma Rüzgâr Hızı	50 m/s
Alternatör Ağırlığı	6,5 kg
Rüzgâr Enerjisi Yararlanma Oranı	0,48 Cp

6.1.2. Çoklu Regresyon Analizi Matematiksel Modeli

Regresyon analizi bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak ifade etmek için kullanılan bir yöntemdir. En küçük kareler yöntemi en fazla tercih edilen bir regresyon yöntemidir [55]. Bir tane bağımlı değişkene karşılık birden fazla bağımsız değişkenin bulunması halinde denklem elde edilmesi yöntemine ÇRA denir.

$$\hat{Y} = a_{00} + \sum_{i=1}^{\lambda} a_{1i}X_i(k) + \sum_{i=1}^{\lambda} a_{2i}X_{2i}^2(k) + \dots + \sum_{i=1}^{\lambda} a_{mi}X_i^m(k), \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (6.2)$$

Denklem (6.2) ile m . dereceden çok değişkenli polinomik regresyon analizi ifade edilmektedir [56]. Hesaplanması gereken bilinmeyen katsayı değerler a_{ij} ile ifade edilmiştir. Gerçek değer olarak kabul edilen ölçülen değerler ile modelin hesapladığı tahmini değerler arasındaki farkların karelerinin ortalamalarının (Mean Squared Errors=MSE) minimize edilmesi ile polinom katsayıları hesaplanır. Bu durum Denklem (6.3) ve (6.4) ile ifade edilmiştir [57]. m . dereceden polinom modeli hatanın karesinin hesaplanması ise Denklem (6.3) ile gösterilmiştir.

$$E = \sum_{i=1}^N [Y_i - \check{Y}_i]^2 = \sum_{i=1}^N [Y_i - a_{00} - a_{11}X_{1i} - a_{12}X_{1i}^2 - \dots - a_{1m}X_{1i}^m]^2 \quad (6.3)$$

$$\begin{pmatrix} a_{00} \\ a_{11} \\ \vdots \\ a_{1m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N & \sum_{i=1}^N X_{1i} & \dots & \sum_{i=1}^N X_{1i}^m \\ \sum_{i=1}^N X_{1i} & \sum_{i=1}^N X_{1i}^2 & \dots & \sum_{i=1}^N X_{1i}^{m+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^N X_{1i}^m & \sum_{i=1}^N X_{1i}^{m+1} & \dots & \sum_{i=1}^N X_{1i}^{2m} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^N Y_i \\ \sum_{k=1}^N Y_i X_{1i} \\ \vdots \\ \sum_{k=1}^N Y_i X_{1i}^m \end{pmatrix} \quad (6.4)$$

Denklem 6.3'te $\check{Y}_i$ matematiksel modeli tarafından hesaplanan değeri Y_i ise ölçüm sonucunda bulunan gerçek değeri ifade etmektedir. X_i ise bağımsız değişken değerlerini ifade eder. ÇRA ile Denklem (6.4) ve (6.5)'te ifade edilen a_{00} , a_{11} , a_{22} katsayıları belirlenir. Bu katsayıların belirlenmesi için Denklem (6.4) kullanılır. Denklem (6.5) ve (6.6)'de Y_i , üretilen saatlik enerji miktarını, X_1 saat olarak zaman değerini ve X_2 ise santigrat derecesi olarak sıcaklık değerini ifade etmektedir. Denklem (6.5) ile elde edilen katsayılar Denklem (6.5)'te yerine yazıldığında enerji üretiminin zamana ve sıcaklığa bağlı olarak ifade eden matematiksel model elde edilir.

$$f(x) = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n \quad (6.5)$$

$$\begin{bmatrix} N & \sum X_{1i} & \sum X_{2i} \\ \sum X_{1i} & \sum X_{1i}^2 & \sum X_{1i}X_{2i} \\ \sum X_{2i} & \sum X_{1i}X_{2i} & \sum X_{2i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_{1i}Y_i \\ \sum X_{2i}Y_i \end{bmatrix} \quad (6.6)$$

Bu çalışmada, rüzgâr ve güneş santrallerinde kısa dönem enerji üretim tahmini için Matlab programı kullanılarak enerji tahmini yapacak matematiksel modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan matematiksel modellerde Düzce Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan veriler modellerde yerine yazılarak tahmini güç değerleri bulunmuştur. Güneş ve rüzgâr enerjisi için hissedilen sıcaklık, ışının değerleri, ortalama rüzgâr hızı ve C_p değerleri modelde değişken olarak ele alınmıştır. Yaygın olarak model testi için kullanılan, Çoklu belirlilik katsayısı (R^2) ve hataların karelerinin ortalamalarının karekökü (Root Mean Squared Errors=RMSE) değeri hesaplanmıştır.

Güneş enerjisine ait matematiksel tahmin modeli:

$$z = a_{00} + a_{10} * x + a_{01} * y + a_{20} * x^2 + a_{11} * x * y + a_{02} * y^2 + a_{30} * x^3 \quad (6.7)$$

$$a_{21} * x^2 * y + a_{12} * x * y^2 + a_{03} * y^3$$

Denklem (6.7)'de, z , ilgili sıcaklık ve ışıyımında üretilen elektrik enerjisi değerini, x , hangi ışıyım değerinde olduğumuzu, y ise °C olarak sıcaklık değerini ifade etmektedir. Modelin kabul edilebilir bir model olduğunu test etmek için Denklem (6.8) ile ifade edilen çoklu belirlilik katsayısı hesaplanmıştır. Ayrıca model uygunluk testi için kullanılan ve Denklem (6.9) ile ifade edilen hataların karelerinin ortalamasının karekökünü gösteren RMSE değeri de hesaplanmıştır. R^2 determinasyon katsayısını, e hatayı, n değişken sayısını, $\hat{Y}_i$ matematiksel modeli tarafından hesaplanan değeri ve Y_i ise ölçüm sonucunda bulunan gerçek değeri ifade etmektedir.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2 - \sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2} \quad (6.8)$$

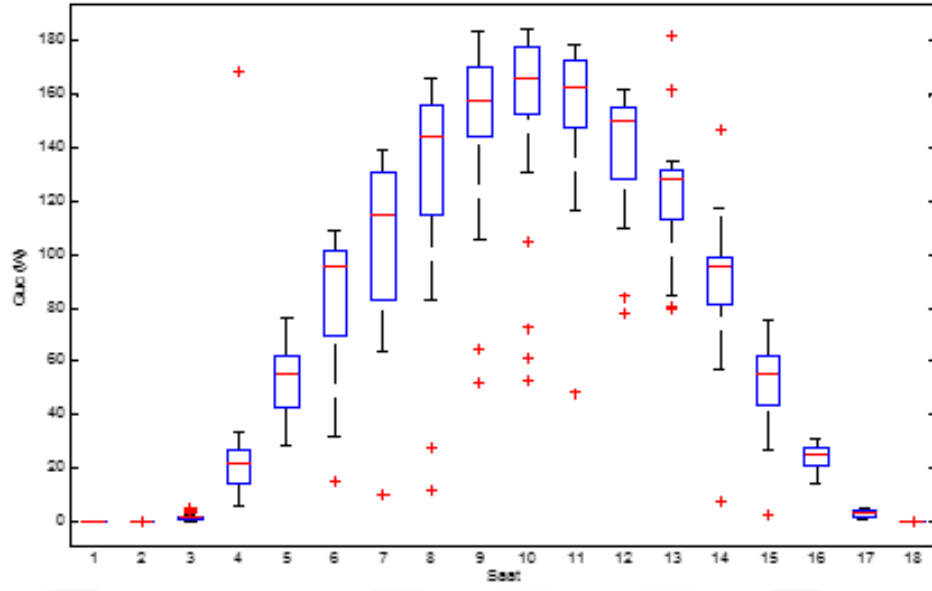
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (6.9)$$

Çizelge 6.4. Güneş enerjisine ait Temmuz ayı matematiksel model katsayıları.

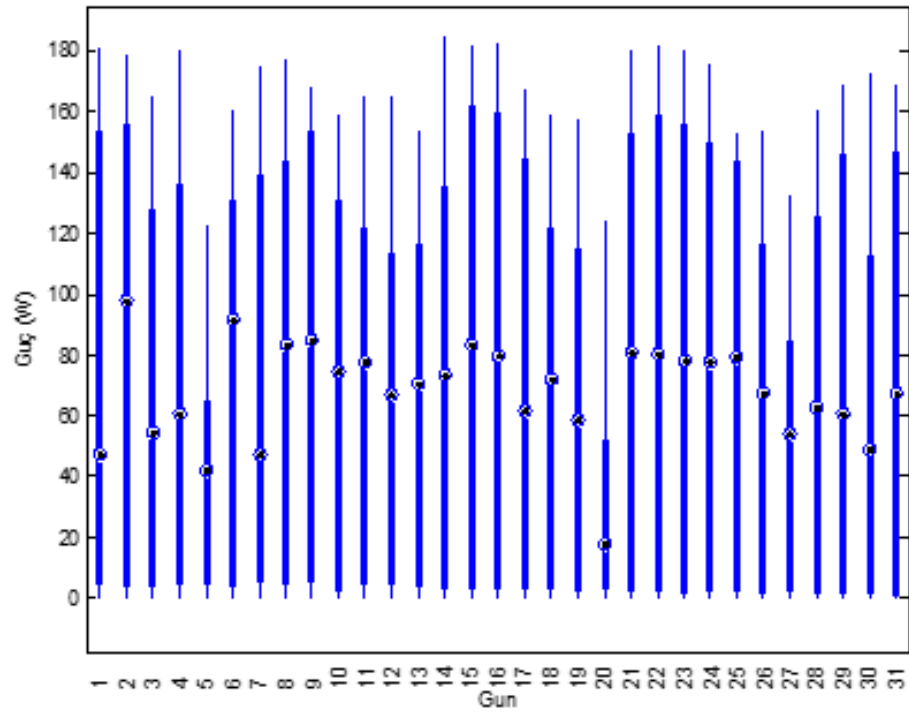
Katsayı	Değer
a_{00}	-9,488
a_{10}	0,1766
a_{01}	1,057
a_{20}	0,000126
a_{11}	-0,004145
a_{02}	-0,03245
a_{30}	-2,976e-08
a_{21}	-2,966e-06
a_{12}	0,0001441
a_{03}	0,0001646

a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{20} , a_{11} , a_{02} , a_{30} , a_{21} , a_{12} , a_{03} değerleri denklemin Temmuz ayı katsayılarını oluşturmakta olup, Çizelge 6.4'te verilmiştir.

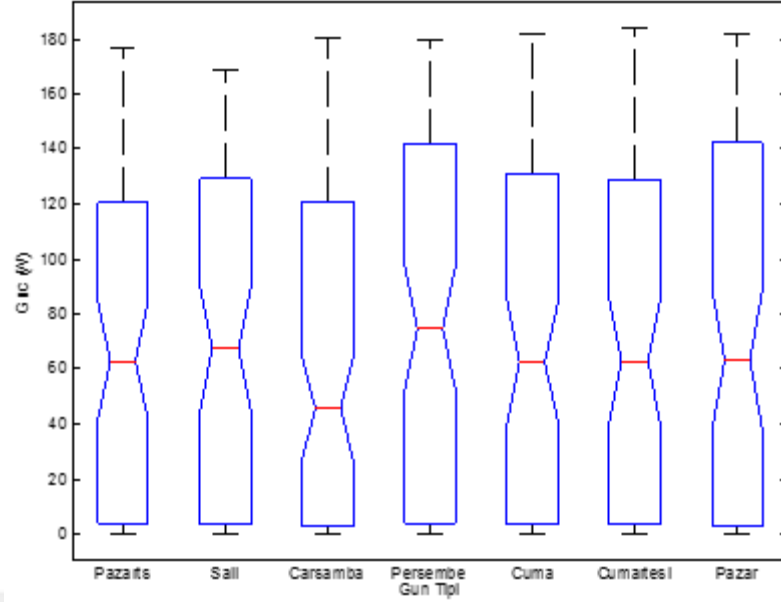
ÇRA matematiksel modeli ile ışıyım değerine ve sıcaklığa bağlı olarak saatlik üretim değerlerinin değişimi Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Güneş enerjisine ait Temmuz ayı üretim değerleri değişimleri Şekil 6.3'te, güneş enerjisine ait Temmuz ayı gün tipine göre üretim değerleri Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Temmuz ayı saatlik üretim değerleri.



Şekil 6.3. Temmuz ayı üretim değerleri.



Şekil 6.4. Temmuz ayı gün tipine göre üretim değerleri.

Rüzgâr enerjisine ait matematiksel tahmin modeli Denklem (6.10) ile gösterilmiştir:

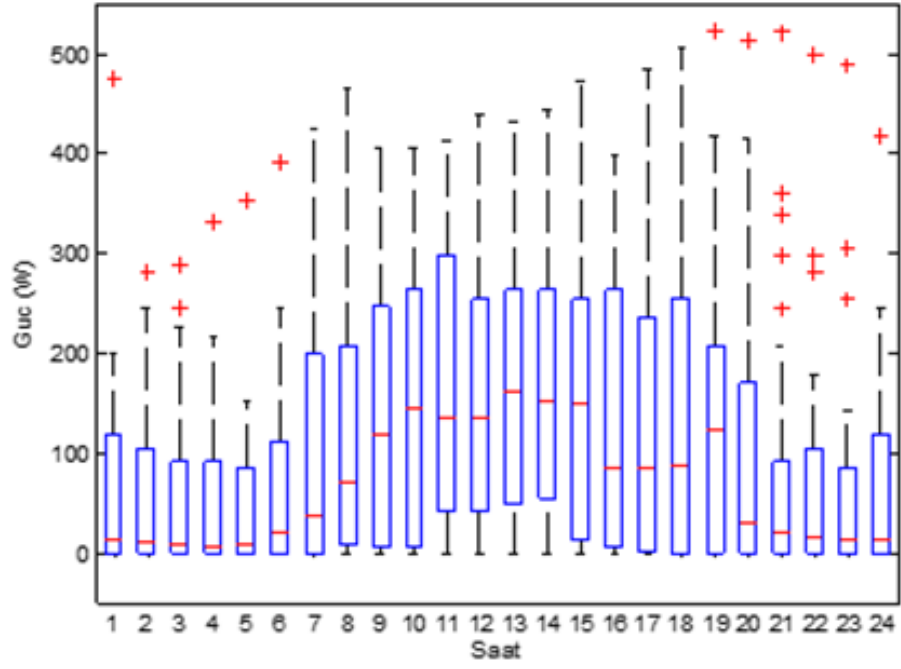
$$z = a_{00} + a_{10} * x + a_{01} * y + a_{20} * x^2 + a_{11} * x * y + a_{02} * y^2 + a_{30} * x^3 + a_{21} * x^2 * y + a_{12} * x * y^2 + a_{03} * y^3 \quad (6.10)$$

Çizelge 6.5. Rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı matematiksel model katsayıları.

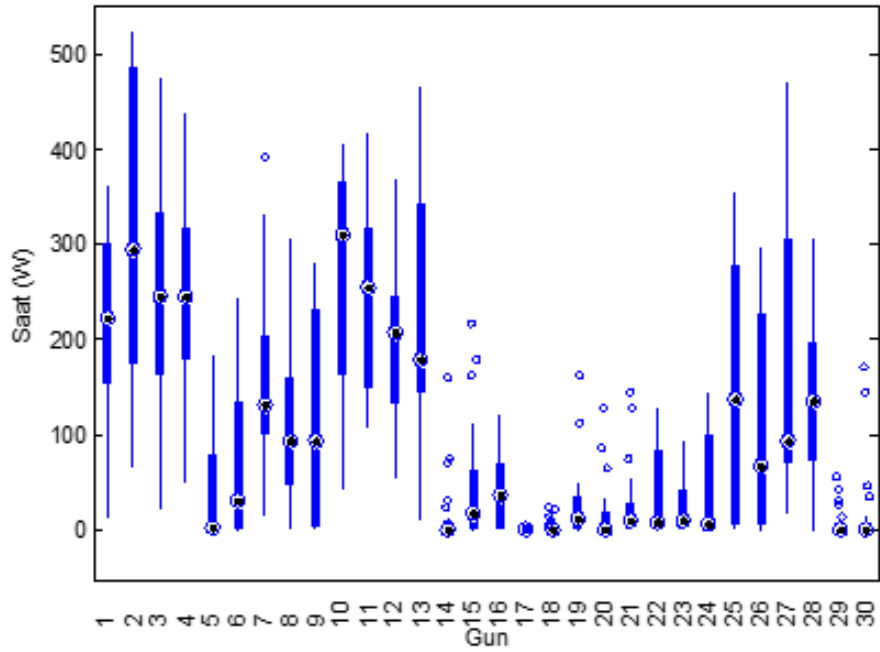
Değer	Katsayı
a_{00}	-0,01397
a_{10}	530,1
a_{01}	0,208
a_{20}	1465
a_{11}	-315,9
a_{02}	-0,4279
a_{30}	-757,2
a_{21}	-209,1
a_{12}	56,11
a_{03}	0,07069

a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{20} , a_{11} , a_{02} , a_{30} , a_{21} , a_{12} , a_{03} değerleri denklemin Eylül ayı katsayılarını oluşturmakta olup, Çizelge 6.5'te verilmiştir.

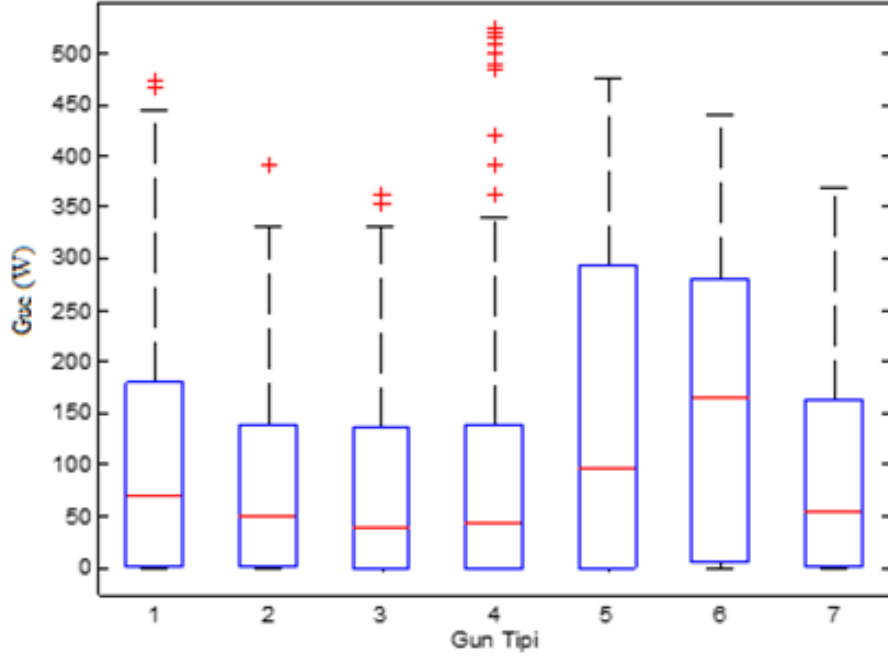
ÇRA matematiksel modeli ile rüzgâr hızına bağlı olarak saatlik elektrik güç değerlerinin değişim Şekil 6.5'te ile gösterilmiştir. Rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı üretim değerleri değişimleri Şekil 6.6'da gösterilmiştir ve rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı gün tipine göre üretim değerleri Şekil 6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Eylül ayı rüzgâr enerjisine ait saatlik üretim değerleri.



Şekil 6.6. Rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı üretim değerleri.



Şekil 6.7. Rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı gün tipine göre üretim değerleri.

Rüzgâr enerjisine ait matematiksel tahmin modeli denkleminde, z , ilgili C_p ve saatlik rüzgâr hızına bağlı olarak elektrik enerjisi değerini belirtmekte olup x , C_p değerini y ise hangi rüzgâr hızında olduğumuzu ifade etmektedir. Modelin kabul edilebilir bir model olduğunu test etmek için Denklem (6.11) ile ifade edilen çoklu belirlilik katsayısı hesaplanmıştır. Ayrıca model uygunluk testi için kullanılan ve Denklem (6.12) ile ifade edilen hataların karelerinin ortalamasının kara kökünü gösteren RMSE değeri hesaplanmıştır. R^2 determinasyon katsayısını, e hatayı, n değişken sayısını, $\hat{Y}_i$ matematiksel modeli tarafından hesaplanan değeri ve Y_i ise ölçüm sonucunda bulunan gerçek değeri ifade etmektedir.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 - \sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (6.11)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (6.12)$$

R^2 değerinin 0-1 arasındaki R^2 değerinin 1'e yakın olması RMSE değerinin de 5'ten küçük olması modelin uygun olduğunu göstermektedir. Denklem (6.11) ve (6.12) ile elde edilen model için uygunluk testi değerleri hesaplandığında elde edilen değerler Çizelge 6.6'da verilmiştir. Çizelgede sunulan değerler dikkate alındığında modelin güvenilir bir model olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 6.6. Matematiksel model test değerleri.

Ay	R ²	RMSE
Temmuz (Güneş)	0,997	3,443
Eylül (Rüzgâr)	0,9995	4,514

Çizelge 6.7. Işınım ve sıcaklık değerlerine göre matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı ilk ve son güne ait güç değerleri.

Temmuz	Saat	Ölçülen Sıcaklık (°C)	Işınım (W.h/m ²)	Güç (W)	Tahmini Güç (W)
Cumartesi	1	20	0,0000	0	0
“	2	19,8	0	0	0
“	3	19,6	15	1,3103	2,2785
“	4	19,8	76,6	11,0784	11,9328
“	5	19,7	174,6	28,325	28,2427
“	6	21,2	525,6	95,1416	93,6841
“	7	23,1	717,3	131,2258	131,3855
“	8	27,9	844,8	157,6075	157,4952
“	9	29,7	905,9	170,1758	170,1876
“	10	30	958,3	180,3996	179,6211
“	11	30,5	924,7	174,1695	174,4442
“	12	30,4	817,6	153,4241	155,2138
“	13	30,4	709,1	132,3685	134,9938
“	14	30,2	53,8	7,5058	7,3093
“	15	30,1	364,9	65,4431	67,4150
“	16	29,3	176,8	29,5719	30,4445
“	17	28,5	35,3	4,4205	4,3353
“	18	26,4	0	0	0
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
Pazartesi	1	20,8	0	0	0
“	2	20,1	0	0	0
“	3	19,8	2,3	0,2837	0,3443
“	4	19	69,6	9,8712	10,7680
“	5	19,9	244,2	41,0543	40,4776
“	6	21,6	459,7	81,7581	81,0118
“	7	25,9	571,1	104,2024	104,2603
“	8	27,3	783,2	145,5097	145,7172
“	9	30,1	869	163,239	164,1928
“	10	30,7	898,9	169,2815	170,2828
“	11	31,3	866	163,1843	163,9096

Çizelge 6.7. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı ilk ve son güne ait güç değerleri.

“	12	31	786,2	147,5764	146,6239
“	13	30,7	648,7	121,499	123,8778
“	14	30,1	773,1	146,6166	146,6809
“	15	29,6	302	53,2736	54,7197
“	16	28,8	116	18,387	18,9737
“	17	27,7	16,1	1,0722	1,1768
“	18	26,3	0	0	0

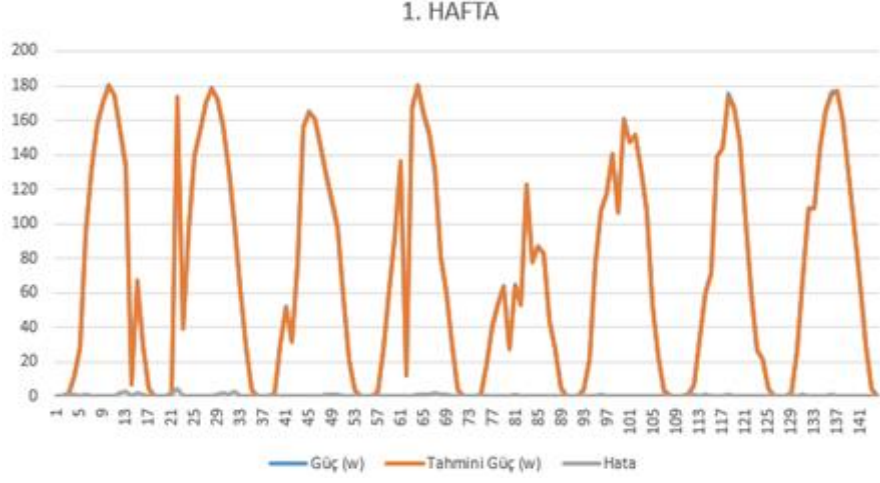
Çizelge 6.7’de Düzce Meteoroloji Müdürlüğü’nden alınan saatlik sıcaklığa, ışıınıma bağlı Temmuz ayının ilk ve son gününe ait enerji üretim miktarları yer almaktadır. EK-5 ‘te yer alan çizelgede Temmuz ayının tüm günlerine ait enerji üretim değerleri yer almaktadır. Oluşturulan tabloda güç değerleri hesaplanırken, veriler doğrultusunda seçtiğimiz panelin parametreleri göz önünde tutulmuştur.

Matlab programı yardımıyla EK-3’te yer alan kodlarda ışıınım ve sıcaklık yerine yazılarak güç değerleri bulunmuştur. Bulunan güç değerleri gerçek ölçüm değerleri olarak kabul edilmiştir. Kısa dönem enerji üretim tahmini için matematiksel modellere başvurulmuştur. Bu matematiksel modeller oluşturulması için En Küçük Kareler Yöntemi ÇRA yapılarak elde edilmiştir. Güneş enerjisine ait bulunan matematiksel tahmin modeli Denklem (6.13)’te verilmiştir.

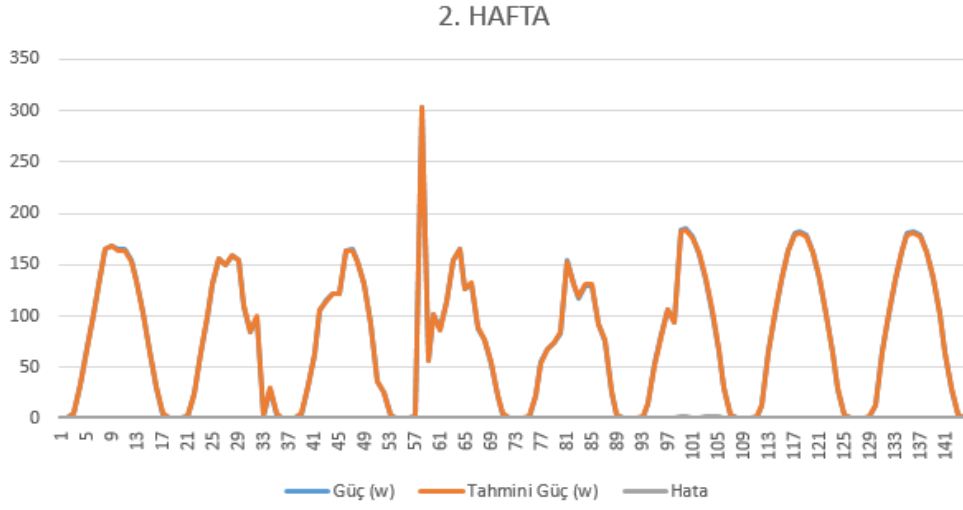
$$z = a_{00} + a_{10} * x + a_{01} * y + a_{20} * x^2 + a_{11} * x * y + a_{02} * y^2 + a_{30} * x^3 \quad (6.13)$$

$$a_{21} * x^2 * y + a_{12} * x * y^2 + a_{03} * y^3$$

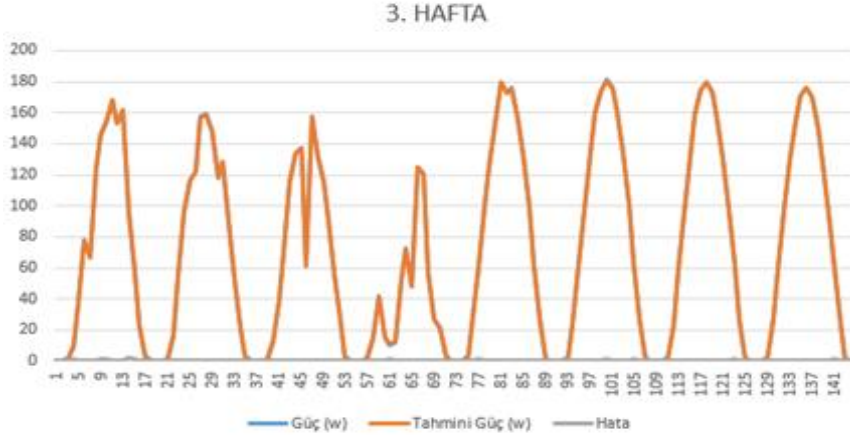
Oluşturulan modelde $a_{00}, a_{10}, a_{01}, a_{20}, a_{11}, a_{02}, a_{30}, a_{21}, a_{12}, a_{03}$ değerleri modelin Temmuz ayı katsayılarını oluşturmaktadır. z , ilgili sıcaklık ve ışıınımda üretilen enerji değerini, x hangi ışıınım değerinde olduğumuzu, y ise °C olarak sıcaklık değerini ifade etmektedir. Bu oluşturulan modellerin doğrulunun test edilmesi için determinasyon katsayısı (R^2) ve hataların karelerinin ortalamasının karekökünü gösteren RMSE değeri hesaplanmıştır.



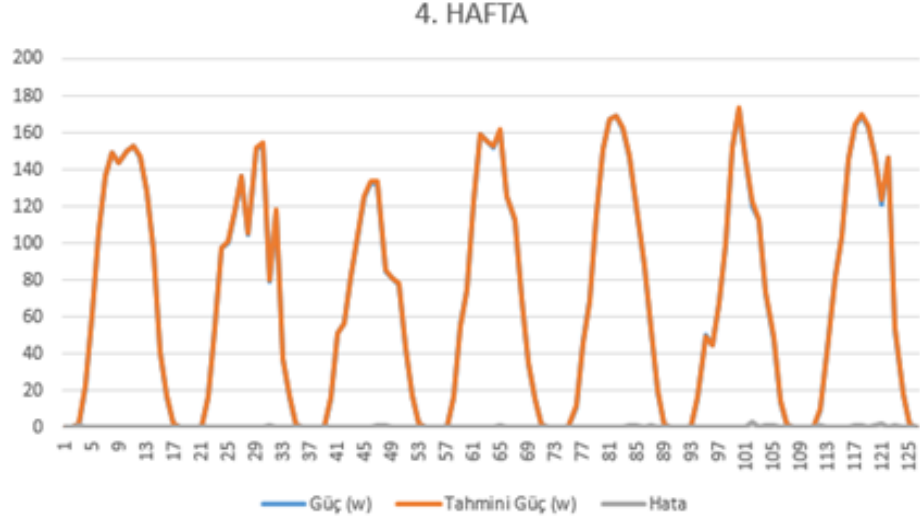
Şekil 6.8. Güneş enerjisinin Temmuz ayı 1. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.



Şekil 6.9. Güneş enerjisinin Temmuz ayı 1. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.



Şekil 6.10. Güneş enerjisinin Temmuz ayı 3. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.



Şekil 6.11. Güneş enerjisinin Temmuz ayı 4. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.

Şekil 6.8, 6.9, 6.10 ve 6.11’de Temmuz ayının haftalık güç değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Verilen değerlerle ölçülen değerler üst üste örtüşmüştür. Hata oranı düşük çıkmıştır.

Çizelge 6.8. C_p ve rüzgâr hızı değerlerine göre matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı ilk ve son güne ait güç değerleri.

Eylül	Saat	C_p	Rüzgâr Hızı (m/s)	Güç (W)	Tahmini Güç (W)
Cuma	1	0,0772	3,7	13,71343	13,7143
“	2	0,1508	5,6	92,87288	92,8727
“	3	0,1678	7,9	290,1327	290,1803
“	4	0,1664	6,4	152,9737	152,9583
“	5	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	6	0,1733	7,2	226,84	226,8588
“	7	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	8	0,1715	6,8	189,1099	189,1650
“	9	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	10	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	11	0,1733	7,2	226,84	226,8588
“	12	0,1732	7,3	236,2871	236,2363
“	13	0,1733	7,2	226,84	226,8588
“	14	0,1733	6,6	170,6916	170,7220
“	15	0,1630	8,2	315,1757	315,2613
“	16	0,1594	8,4	331,3215	331,3280
“	17	0,1516	8,8	362,302	362,1992
“	18	0,1516	8,8	362,302	362,1992
“	19	0,1536	8,7	354,7092	354,6206
“	20	0,1613	8,3	323,4388	323,3544
“	21	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	22	0,1664	6,4	152,9737	152,9583

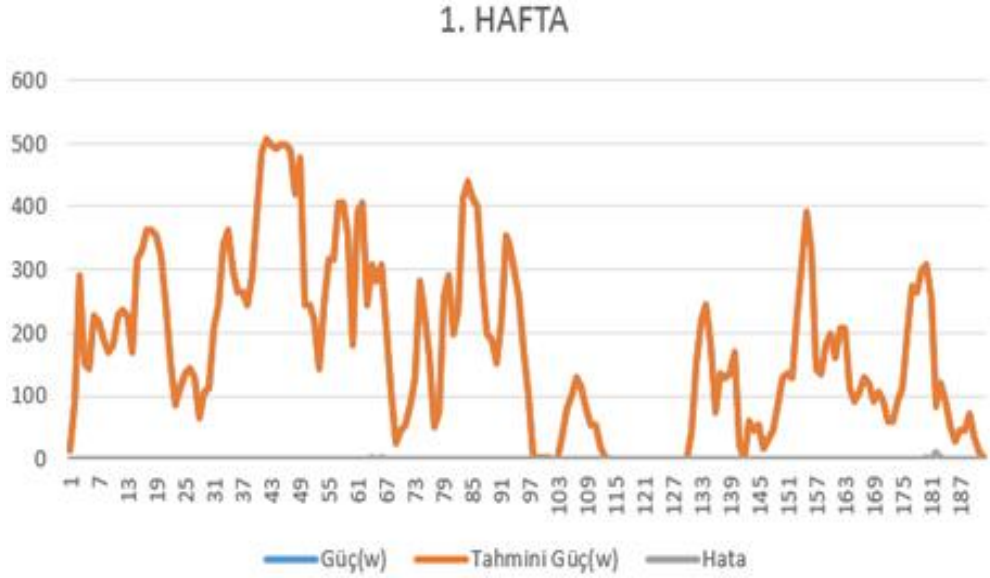
Çizelge 6.8. (devam). Cp ve rüzgâr hızı değerlerine göre matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı ilk ve son güne ait güç değerleri.

“	23	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
“	24	0,1570	5,9	113,0783	113,1018
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
Cumartesi	1	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
“	2	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	3	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	4	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	5	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	6	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	7	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	8	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	9	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	10	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	11	0,0073	2	0,2048	0,2050
“	12	0,0594	3,4	8,1874	8,1852
“	13	0,1272	4,7	46,3131	46,3003
“	14	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	15	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	16	0,0537	3,3	6,7676	6,7634
“	17	0,0089	2,1	0,2890	0,2896
“	18	0,0379	3	3,5886	3,5915
“	19	0,1151	4,4	34,3840	34,3871
“	20	0,0429	3,1	4,4819	4,4815
“	21	0,0333	2,9	2,8481	2,8475
“	22	0,0832	3,8	16,0102	16,0028
“	23	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	24	0,0482	3,2	5,5388	5,5336

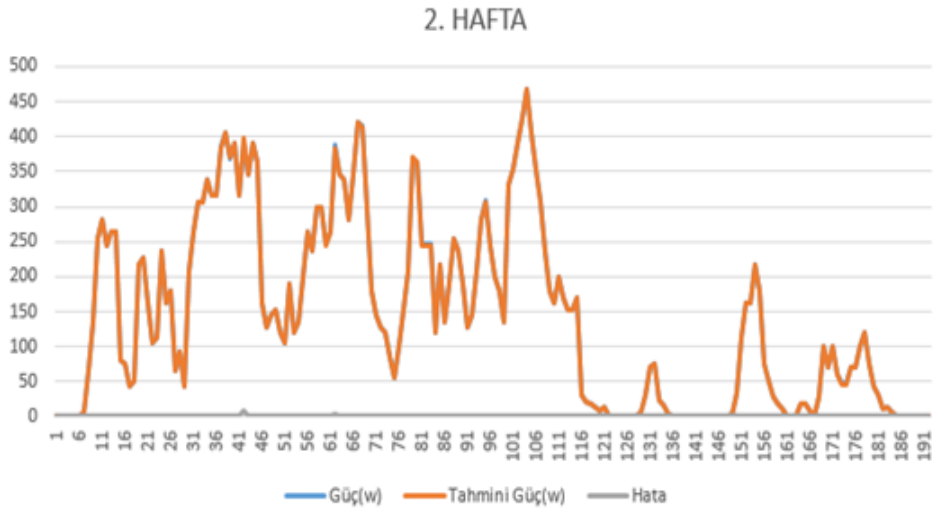
Çizelge 6.8’de Düzce Meteoroloji Müdürlüğü’nden alınan, rüzgâr hızına ve Cp değerlerine bağlı Eylül ayının ilk ve son gününe ait enerji üretim miktarları yer almaktadır. EK-6’da yer alan çizelgede Eylül ayının tüm günlerine ait enerji üretim değerleri yer almaktadır. Oluşturulan tabloda güç değerleri hesaplanırken veriler doğrultusunda seçtiğimiz türbinin parametreleri göz önünde tutulmuştur. Matlab programı yardımıyla EK-4’te yer alan kodlarda Cp ve rüzgâr hızı yerine yazılarak güç değerleri bulunmuştur. Bulunan güç değerleri gerçek ölçüm değerleri olarak kabul edilmiştir. Kısa dönem enerji üretim tahmini için matematiksel modellere başvurulmuştur. Bu matematiksel modeller oluşturulması için En Küçük Kareler Yöntemi ÇRA yapılarak elde edilmiştir. Rüzgâr enerjisine ait bulunan matematiksel tahmin modeli Denklem (6.14)’te verilmiştir.

$$z = a_{00} + a_{10} * x + a_{01} * y + a_{20} * x^2 + a_{11} * x * y + a_{02} * y^2 + a_{30} * x^3 + a_{21} * x^2 * y + a_{12} * x * y^2 + a_{03} * y^3 \quad (6.14)$$

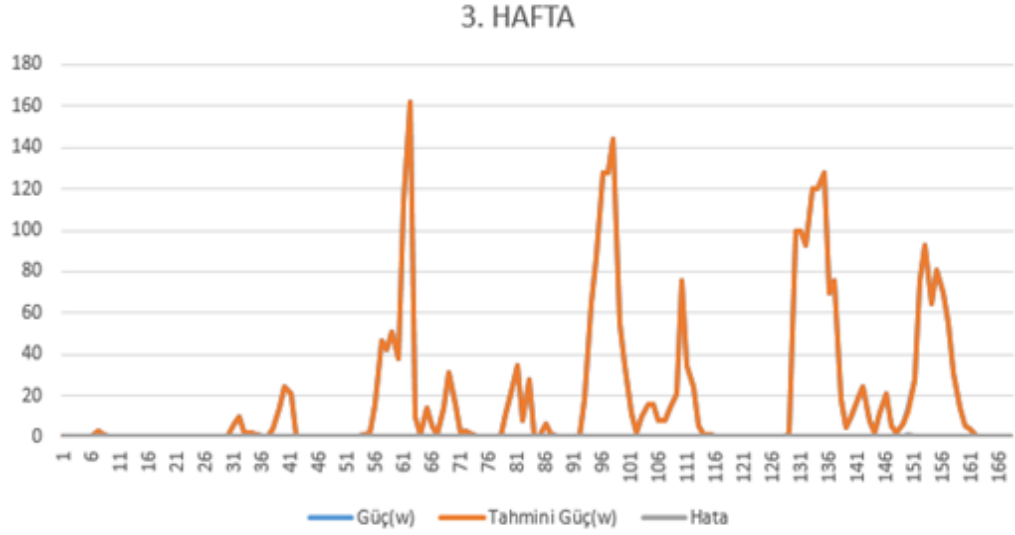
Oluşturulan modelde a_{00} , a_{10} , a_{01} , a_{20} , a_{11} , a_{02} , a_{30} , a_{21} , a_{12} , a_{03} değerleri modelin Eylül ayı katsayılarını oluşturmaktadır. z ilgili Cp ve saatlik rüzgâr hızında üretilen enerji değerini; x Cp değerini, y ise hangi rüzgâr hızında olduğumuzu ifade etmektedir. Bu oluşturulan modellerin doğrulunun test edilmesi için determinasyon katsayısı (R^2) ve hataların karelerinin ortalamasının karekökünü gösteren RMSE değeri hesaplanmıştır.



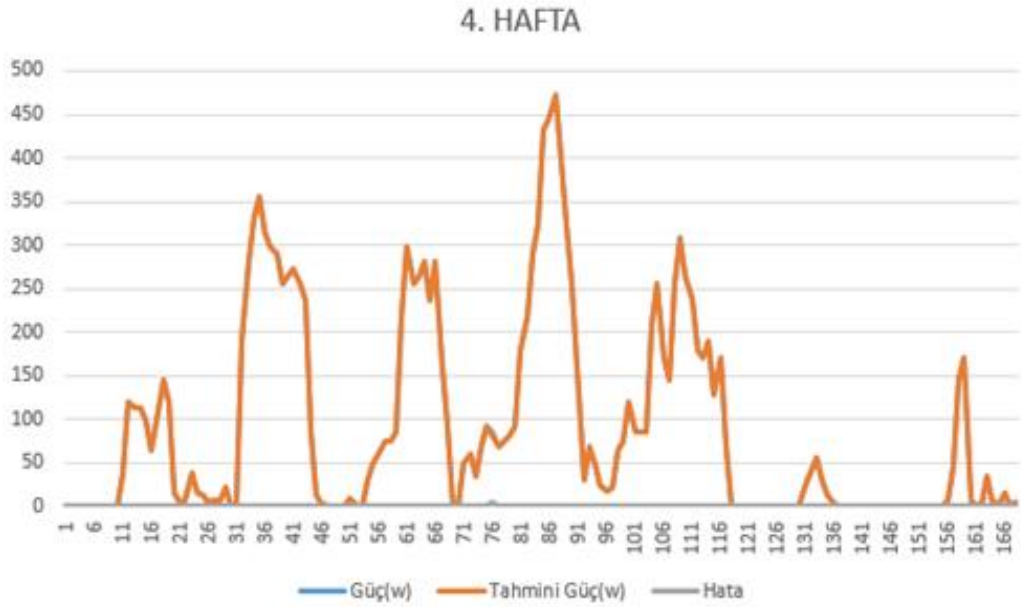
Şekil 6.12. Rüzgâr enerjisinin Eylül ayı 1. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.



Şekil 6.13. Rüzgâr enerjisinin Eylül ayı 2. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.



Şekil 6.14. Rüzgâr enerjisinin Eylül ayı 3. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.



Şekil 6.15. Rüzgâr enerjisinin Eylül ayı 4. haftasına ait güç değerlerinin karşılaştırılması ve hata değeri.

Şekil 6.12, 6.13, 6.14 ve 6.15'te Eylül ayının ilk ve son gününe ait bulunan güç değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Verilen değerlerle ölçülen değerler üst üste örtüşmüştür. Hata oranı düşük çıkmıştır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada meteorolojik verilerin de dikkate alınması ile rüzgâr ve fotovoltaiik enerji tesisleri için doğru üretim tahmini yapabilen matematiksel modeller oluşturulmuştur. Üretim tahminleri elektrik enerjisi üretim tüketim planlamalarında büyük öneme sahiptir. İhtiyaç duyulan elektrik enerjisinin tahminindeki hatalar dengesizlik maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Dengesizlik maliyetlerini düşürmek için daha doğru tahmin yöntemlerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada kısa dönem enerji üretim tahmini için yeni ve Düzce'ye özgün matematiksel modeller oluşturulmuştur. Bu matematiksel modeller oluşturulmak için En Küçük Kareler Yöntemi ÇRA yöntemi kullanılmıştır. Oluşturulan özgün eşitlik Denklem (7.1) ve (7.2)'de verilmiştir. Ayrıca bu denklemin katsayıları Çizelge 7.1 ve 7.2'de sunulmuştur.

$$z = a_{00} + a_{10} * x + a_{01} * y + a_{20} * x^2 + a_{11} * x * y + a_{02} * y^2 + a_{30} * x^3 \quad (7.1)$$

$$a_{21} * x^2 * y + a_{12} * x * y^2 + a_{03} * y^3$$

$$z = a_{00} + a_{10} * x + a_{01} * y + a_{20} * x^2 + a_{11} * x * y + a_{02} * y^2 + a_{30} * x^3 \quad (7.2)$$

$$a_{21} * x^2 * y + a_{12} * x * y^2 + a_{03} * y^3$$

Çizelge 7.1. Güneş enerjisine ait Temmuz ayı matematiksel model katsayıları.

a ₀₀	a ₁₀	a ₀₁	a ₂₀	a ₁₁
-9,488	0,1766	1,057	12,46	0,000126
a ₀₂	a ₃₀	a ₂₁	a ₁₂	a ₀₃
-0,004145	-0,03245	-2,976e-08	0,0001441	0,0001646

Çizelge 7.2. Rüzgâr enerjisine ait Eylül ayı matematiksel model katsayıları.

a ₀₀	a ₁₀	a ₀₁	a ₂₀	a ₁₁
-0,01397	530,1	0,208	1465	-315,9
a ₀₂	a ₃₀	a ₂₁	a ₁₂	a ₀₃
-0,4279	-757,2	-209,1	56,11	0,07069

Geliştirilen modellerin güvenilirliğini gösteren değerleri olan R^2 ve RMSE değerleri Çizelge 7.3'te verilmiştir. Modelin doğruluğunun test edilmesi için tahmin edilen Temmuz ve Eylül ayı saatlik üretim değerlerini kapsayan 1280 tahmin sonucu üzerinde bir hesaplama yapılmıştır. Hataların karelerinin ortalamasının karekökünü gösteren RMSE değerleri güneş enerjisi için 3,443, rüzgâr enerjisi için 4,514 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bir başka test yöntemi olarak da aynı model için R^2 determinasyon katsayısı hesaplanmış ve R^2 değerleri güneş için 0,997, rüzgâr için 0,9995 olduğu belirlenmiştir. Literatüre ait çalışmalar incelendiğinde RMSE değerinin 5'ten küçük olması ve R^2 'nin 1'e yakın olması tahmin modelin güvenilir olduğunu göstermektedir. Üretilen matematiksel modeller sayesinde yapılan tahminler ile yenilenebilir enerji santralleri için üretim planlamasının daha doğru bir şekilde yapılabildiği gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçların, bölgesel şartlara bağlı olarak değişiklikler göstereceği öngörülerek, ülkemizin diğer bölgeleri için de örnek teşkil edeceği düşünülmüştür. Bu çalışma ile oluşturulan modeller sayesinde geleceğe yönelik doğru tahminler yapılabilecektir. Rüzgâr ve güneş enerji sistemleri için, meteorolojik veriler sayesinde kısa süreli enerji tahmini yapan özgün matematiksel modeller geliştirilmiştir. Böylece Düzce'nin coğrafi koşullarına özgü bir yenilenebilir enerji tahmin modeli oluşturulmuştur.

Çizelge 7.3. Matematiksel model test değerleri.

Ay	R^2	RMSE
Temmuz (Güneş)	0,997	3,443
Eylül (Rüzgâr)	0,9995	4,514

8. KAYNAKLAR

- [1] B. Yılmaz, “Yenilenebilir enerji (rüzgâr enerjisi) üreten işletmelerin Türkiye muhasebe standartları değerlendirilmesi,” Doktora tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2014.
- [2] C. Karaca, “Güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi sistemi tasarımı,” Yüksek lisans tezi, Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2012.
- [3] N. Uysal, “Konya ili için güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi ve kullanımının araştırılması,” Yüksek lisans tezi, Makine Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2011.
- [4] T. Soubdhan, J. Ndong, H. O. Baba and M. T. Doa, “A robust forecasting framework based on the Kalman filtering approach with a twofold parameter tuning procedure: Application to solar and photovoltaic prediction,” *Solar Energy*, vol. 131, pp. 246–259, 2016.
- [5] C. B. Martinez-Anido, B. Botor, A. R. Florita, C. Draxl, S. Lu, H. F. Hamann and B. M. Hodge, “The value of day-ahead solar power forecasting improvement,” *Solar Energy*, vol. 129, pp. 192–203, 2016.
- [6] F. Wang, Z. Zhen, Z. Mi, H. Sun, S. Su and G. Yang, “Solar irradiance feature extraction and support vector machines based weather status pattern recognition model for short-term photovoltaic power forecasting,” *Energy and Buildings*, vol. 86, pp. 427–438, 2015.
- [7] D. P. Larson, L. Nonnenmacher and C. F. M. Coimbra, “Day-ahead forecasting of solar power output from photovoltaic plants in the American Southwest,” *Renewable Energy*, vol. 91, pp. 11–20, 2016.
- [8] F. V. G. Corea, M. A. M. Callejo, M. P. M. Regidor and M. T. M. Sancho, “Forecasting short-term solar irradiance based on artificial neural networks and data from neighboring meteorological stations,” *Solar Energy*, vol. 134, pp. 119–131, 2016.
- [9] L. A. F. Jimenez, A. M. Jimenez, A. Falces, M. M. Villena, E. G. Garrido, P. M. L. Santillan, E. Z. Alba and P. J. Z. Santamaria, “Short-term power forecasting system for photovoltaic plants,” *Renewable Energy*, vol. 44, pp. 311–317, 2012.
- [10] T. Hong and S. Fan, “Probabilistic electric load forecasting: A tutorial review,” *International Journal of Forecasting*, vol. 32, pp. 914–938, 2016.
- [11] M. G. De Giorgi, P. M. Congedo, M. Malvoni and D. Laforgia, “Error analysis of hybrid photovoltaic power forecasting models: A case study of mediterranean climate,” *Energy Conversion and Management*, vol. 100, pp. 117–130, 2015.
- [12] A. S. Khwaja, M. Naeem, A. Anpalagan, A. Venetsanopoulos and B. Venkatesh, “Improved short-term load forecasting using bagged neural networks,” *Electric Power Systems Research*, vol. 125, pp. 109–115, 2015.

- [13] L. Nonnenmacher, A. Kaur and C. F. M. Coimbra, "Day-ahead resource forecasting for concentrated solar power integration," *Renewable Energy*, vol. 86, pp. 866- 876, 2016.
- [14] M. Y. Zhai, "A new method for short-term load forecasting based on fractal interpretation and wavelet analysis," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 69, pp. 241–245, 2015.
- [15] A. RazaKhan, A. Mahmood, A. Safdar, Z. A. Khan and N. A. Khan, "Load forecasting, dynamic pricing and DSM in smart grid: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp. 1311–1322, 2016.
- [16] J. R. Trapero, N. Kourentzes and A. Martin, "Short-term solar irradiation forecasting based on Dynamic Harmonic Regression," *Energy*, vol. 84, pp. 289-295, 2015.
- [17] S. Alessandrini, L. D. Monache, S. Sperati and J. N. Nissen, "A novel application of an analog ensemble for short-term wind power forecasting," *Renewable Energy*, vol. 76, pp. 768-781, 2015.
- [18] H. Son and C. Kim, "Short-term forecasting of electricity demand for the residential sector using weather and social variables," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 123, pp. 200-207, 2017.
- [19] L. Friedrich and A. Afshari, "Short-term forecasting of the Abu Dhabi electricity load using multiple weather variables," *Energy Procedia*, vol. 75, pp. 3014 – 3026, 2015.
- [20] J. Zhang, A. Florita, B. M. Hodge, S. Lu, H. F. Hamann, V. Banunarayanan and A. M. Brockway, "A suite of metrics for assessing the performance of solar power Forecasting," *Solar Energy*, vol. 111, pp. 157–175, 2015.
- [21] P. Jiang, Y. Wang, J. Wang, "Short-term wind speed forecasting using a hybrid model," *Energy*, vol. 119, pp. 561-577, 2017.
- [22] F. Barbieri, S. Rajakaruna and A. Ghosh, "Very short-term photovoltaic power forecasting with cloud modeling: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 75, pp. 242-263, 2017.
- [23] M. Rana, I. Koprinska, V. G. Agelidis, "Univariate and multivariate methods for very short-term solar photovoltaic power forecasting," *Energy Conversion and Management*, vol. 121, pp. 380–390, 2016.
- [24] S. Sobria, S. K. Kamalia and N. A. Rahima, "Solar photovoltaic generation forecasting methods: A review," *Energy Conversion and Management*, vol. 156, pp. 459–497, 2018.
- [25] W. Y. Y. Cheng, Y. Liu, A. J. Bourgeois, Y. Wu and S. E. Haupt, "Short-term wind forecast of a data assimilation/weather forecasting system with wind turbine anemometer measurement assimilation," *Renewable Energy*, vol. 107, pp. 340-351, 2017.
- [26] H. Li, J. Wang, H. Lu and Z. Guo, "Research and application of a combined model based on variable weight for short term wind speed forecasting," *Renewable Energy*, vol. 116, pp. 669- 684, 2018.

- [27] A. Bugała, M. Zaborowicz, P. Boniecki, D. Janczak, K. Koszel, W. Czekala and A. Lewicki, “Short-term forecast of generation of electric energy in photovoltaic systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 306–312, 2018.
- [28] A. H. Hajisalem, “Rüzgâr/FV güneş enerji sistemleri için PID kontrol parametrelerinin GA ve PSO ile optimizasyonu,” Yüksek lisans tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2013.
- [29] E. H. Gezer, “Yenilenebilir enerji kaynakları ve Türkiye,” Yüksek lisans ezi, Siyaset ve Sosyal Bilimler Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2013.
- [30] M. Doğan, “Yenilenebilir enerjide tarımın rolü,” Lisans tezi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye, 2015.
- [31] H. İ. Karadağ, “Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisinin önemi ve rüzgâr türbini tasarımı,” Yüksek lisans tezi, Makine mühendisliği bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2009.
- [32] M. Q. N. B. Palil, “Analysis of efficiency of solar PV with solar tracking system in Malaysia climate,” M.S. thesis, Mechanical Engineering Department, University Teknikal Malaysia Melaka, Malaysia, 2015.
- [33] İ. Nakir, “Fotovoltaik güneş panellerinde GTS ve MGTS kullanarak verimliliğin artırılması,” Yüksek lisans tezi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [34] Ş. Çamcı, “Konutlar için yakıt hücresi ve güneş pilleri kullanan, şebekeden bağımsız bir güç sisteminin tasarımı ve modellenmesi,” Yüksek lisans tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2007.
- [35] Anonim. (2014, 4 Nisan). [Online]. Erişim: www.schmid-pekintas.com/tr/off-grid.php.
- [36] A. Čotar, A. Filčić, “Photovoltaic Systems,” IPA Adriatic Cross-Border Cooperation Rijeka, 2012.
- [37] MEB, Sehpa üzerine panellerin montajı, *Ders Notları*, Ankara, 2013.
- [38] S. Sayın ve İ. Koç, “Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik (PV) sistemler ve yapılarda kullanım biçimleri,” *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 26, ss. 3, 2011.
- [39] Anonim. (2014, 4 Nisan). [Online]. Erişim: <http://www.ezg.com.tr/blog/gunes-paneli-baglanti-yontemleri-93>
- [40] A. Karafil, H. Özbay ve M. Kesler, “Sıcaklık ve güneş ışıınım değişimlerinin fotovoltaik panel gücü üzerindeki etkilerinin simülasyon analizi,” *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, Türkiye, 2016.
- [41] Anonim. (2013, 4 Nisan). [Online]. Erişim: <http://www.gunessistemleri.com/fotovoltaik-sicaklik.php>.

- [42] İ. İ. Köse, İ. Genç, B. Demiralp, “Türkiye’de yenilenebilir enerji potansiyelinin incelenmesi,” *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, c.1, ss. 10-19, 2015.
- [43] D. Gielen, “Renewable energy technologies: cost analysis series,” *Power Sector*, vol. 1, no. 5, 2012.
- [44] Anonymous. (2013, May 10). [Online]. Available: <http://www.cglawoffice.net/renewable-energy-resources-in-turkey>.
- [45] O. A. Lara, N. Jenkins, J. Ekanayake, P. H. Cartwright and M. Hughes, “Wind energy generation modelling and control,” United Kingdom, 2009.
- [46] M. Ağçay, “Türkiye’nin elektrik enerjisi arz talep dengesinin tespiti, üretim projeksiyonuna yönelik rüzgâr elektrik santrali tasarımı RES’in kurulum maliyetlerinin ve üretim parametrelerinin analizinin matlab&simulink ile yazılan programda yapılması,” Lisans tezi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [47] M. C. Şenel ve E. Koç, “Dünyada ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi durumu genel değerlendirme,” *Mühendis ve Makine Dergisi*, c. 56, s. 663, 2015.
- [48] C. Karaca ve H. Karacan, “Çoklu regresyon metoduyla elektrik tüketim talebini etkileyen faktörlerin incelenmesi,” *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 4, ss. 3, 2016.
- [49] H. Balcı, İ. I. Esener ve M. Kurban, “Regresyon analizi kullanılarak kısa dönem yük tahmini,” *ELECO 2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, 2012.
- [50] N. A. Shikhah, F. Elkarmi and O. M. Aloquili, “Medium-term electric load forecasting using multivariable linear and non-linear regression,” *Smart Grid and Renewable Energy*, Vol. 2, pp. 126-135, 2011.
- [51] F. M. Tuaimah, H. M. A. Abass, “Short-term electrical load forecasting for Iraqi power system based on multiple linear regression method,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 100, pp. 1, 2014.
- [52] Y. Kaya, “Türk Telekomünikasyon A.Ş.’de elektrik enerjisi tüketiminin yapay sinir ağları ile yerel tahmini,” Yüksek lisans tezi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2010.
- [53] MEB, Ges üretim tahmini, *Ders Notları*, Ankara, 2015
- [54] Anonymous. (2015, February 5). [Online]. Available: <http://www.ftexploring.com/wind-energy/wind-power-coefficient.htm>.
- [55] S. Örün ve C. Karatekin, “İstanbul ili Avrupa Yakası için uzun dönem elektrik enerjisi yük tahmini,” *ELECO 2014 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, Türkiye, 2014.
- [56] Y. Aslan, S. Yavaşca ve C. Yaşar, “Long term electric peak load forecasting of Kütahya using different approaches,” *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, vol. 3, pp. 87-91, 2011.
- [57] N. Karaboğa, Sayısal yöntemler ve matlab uygulamaları, 2. Baskı, İstanbul, Türkiye: Nobel Yayın Dağıtım, 2015.

9. EKLER

9.1. EK 1: GÜNEŞ ENERJİSİ GÜÇ HESABI İÇİN KULLANILAN MATLAB KODLAR

Çizelge 9.1. Güneş enerjisi güç hesabı için kullanılan matlab kodları.

```
clc;
clear all;
K=1.38065e-23;
q= 1.602e-19;
Iscn= 8.35;
Vocn=35.75;
Kv=-0.123;
Ki=0.0032;
Ns=54;
T=19.6+273;
Tn=25+273;
Gn=1000;
a=1.3;
Eg=1.12;
G=15;
Rs=0.221;
Rp=415.405;
Vtn=Ns*(K*Tn/q)
Ion=Iscn/((exp(Vocn/(a*Vtn)))-1)
```

Çizelge 9.2. (devam). Güneş enerjisi güç hesabı için kullanılan matlab kodları.

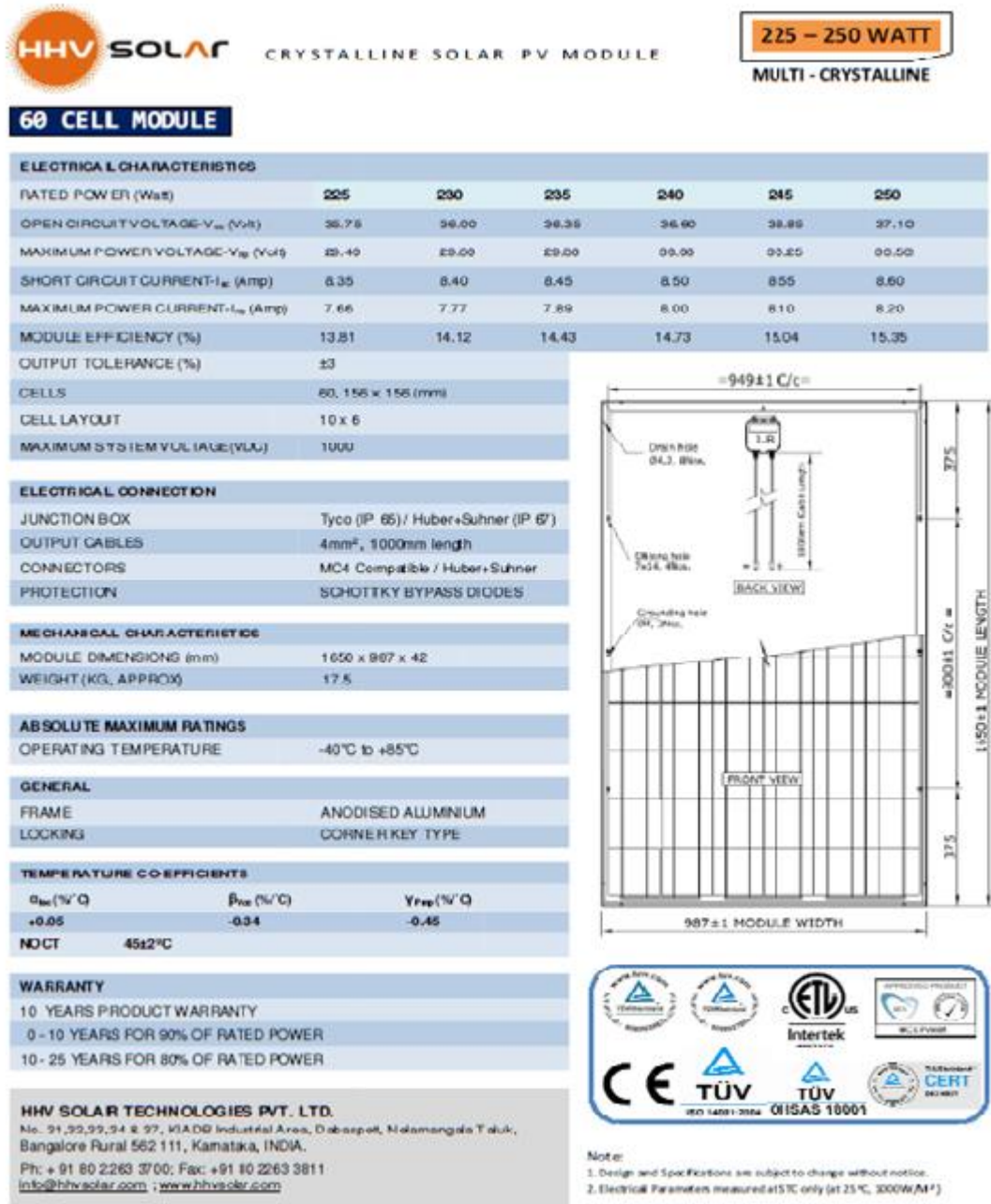
```
Io= Ion*((Tn/T)^3)*exp(((q*Eg/(a*K))*((1/Tn)-(1/T))));  
Ipnv=Iscn;  
Ipv=(Ipnv+Ki*(T-Tn))*(G/Gn)  
Vt=Ns*(K*T/q);  
I=zeros(330,1);  
i=1;  
I(1,1)=0;  
for V=0:0.1:32.9  
    I_part=Io*(exp((V+(I(i,1)*Rs))/(Vt*a))-1)+((V+(Rs*I(i,1)))/Rp);  
    I(i+1)=Ipv-I_part;  
    V1(i)=V;  
    P(i)=V*I(i);  
    i=i+1;  
end  
V1(i)=V1(i-1);  
P(i)=P(i-1)  
V1=transpose(V1);  
guc=max(P)
```

9.2. EK 2: RÜZGÂR ENERJİSİNE AİT GÜÇ İÇİN KULLANILAN MATLAB KODLARI

Çizelge 9.3. Rüzgâr enerjisine ait güç için kullanılan matlab kodları.

```
v = input(' rüzgar hızını giriniz = ');  
  
a_1 = 7.304e-010;  
a_2 = -7.203e-008;  
a_3 = 2.993e-006;  
a_4 = -6.77e-005;  
a_5 = 0.000894;  
a_6 = -0.00679;  
a_7 = 0.02654;  
a_8 = -0.03807;  
a_9 = 0.0141;  
a_10 = 0.0005535;  
  
C_p = a_1*v^9 + a_2*v^8 + a_3*v^7 + a_4*v^6 + a_5*v^5 + a_6*v^4 + a_7*v^3 +  
a_8*v^2 + a_9*v + a_10  
  
%P=0.5*C_p*1.225*3,1415926535897932384626433832795*1.35*1.35*(v^3)  
  
P=3.5069009743*C_p*v^3
```

9.3. EK 3: PV PANELE AİT DATASHEET



Şekil 9.1. PV panele ait datasheet.

9.4. EK 4: RÜZGÂR TÜRBİNİNE AİT DATASHEET

Çizelge 9.4. Rüzgâr türbinine ait datasheet.

H2.7-500W Off-grid Wind Turbine For Home Specifications	
Configuration	3 Blades, Horizontal axis, Upwind
Rotor Diameter	Φ2.7 m / 8.9 feet
Swept Area	5.73 m ² / 61.7 ft ²
Direction of Rotation	Clockwise looking upwind
Blade Material	Fiberglass reinforced composite
Rated Power	500W @ 11m/s / 24.6 mph
Maximum Output Power	570W @ 20m/s / 44.7 mph
Battery Bank Voltage	24 Vdc
System Output Voltage	110/220 Vac
Cut-in Wind Speed	3 m/s / 6.7 mph
Rated rotating rate	600 r/min
Working Wind Speed	3-25 m/s / 6.7-82.0 mph
Survival Wind Speed	50 m/s / 164 mph
Alternator	Permanent magnet alternator, SCF technology
Alternator Weight	6.5 kg / 14.3 lbs
Generator Efficiency	>0.78
Wind Energy Utilizing Ratio	0.48 Cp
Energy monitoring & User control	LED display
Gearbox	None, Direct drive with front generator design
Over Speed Regulation	Passive furling tail design
Shutting Down Method	Manual & Automatic electromagnetism Braking
Warranty	2 years for generator and 1 year for other parts

**9.5. EK 5: IŞINIM VE SICAKLIK DEĞERLERİNE GÖRE HESAPLAMALAR
VE MATEMATİKSEL MODEL İLE ELDE EDİLEN TEMMUZ AYI GÜÇ
DEĞERLERİ**

Çizelge 9.5. Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

Temmuz	Saat	Ölçülen Sıcaklık (°C)	Işınım (W.h/m ²)	Güç(w)	Tahmini Güç(w)
Cumartesi	1	20	0,0000	0	0
“	2	19,8	0	0	0
“	3	19,6	15	1,3103	2,2785
“	4	19,8	76,6	11,0784	11,9328
“	5	19,7	174,6	28,325	28,2427
“	6	21,2	525,6	95,1416	93,6841
“	7	23,1	717,3	131,2258	131,3855
“	8	27,9	844,8	157,6075	157,4952
“	9	29,7	905,9	170,1758	170,1876
“	10	30	958,3	180,3996	179,6211
“	11	30,5	924,7	174,1695	174,4442
“	12	30,4	817,6	153,4241	155,2138
“	13	30,4	709,1	132,3685	134,9938
“	14	30,2	53,8	7,5058	7,3093
“	15	30,1	364,9	65,4431	67,4150
“	16	29,3	176,8	29,5719	30,4445
“	17	28,5	35,3	4,4205	4,3353
“	18	26,4	0	0	0
Pazar	1	19,4	0	0	0
“	2	19,2	0,2	0,0013	0,0691
“	3	19,4	15,6	1,3909	2,3699
“	4	19,9	925	169,0067	173,6728
“	5	20,9	236,5	39,7626	39,2878
“	6	21,6	545	97,9385	97,5635
“	7	24,2	757,3	139,2889	139,3336
“	8	27,7	827	154,1004	154,1447
“	9	29,2	908,7	170,4798	170,2272
“	10	29,5	949,9	178,5451	177,7253
“	11	31,1	912,4	172,0758	173,2097
“	12	30,8	828,7	155,7411	157,8535
“	13	30,6	690	130,2813	131,6745
“	14	30,5	532,6	98,0565	100,9659
“	15	30	340	61,7054	62,4422
“	16	28,7	169,1	28,0941	28,8559
“	17	27,3	31	3,7238	3,8709
“	18	25,9	7	0,1435	0,1440
Pazartesi	1	21,6	0	0	0
“	2	20,6	0,1	0	0
“	3	20,6	12,1	1,8831	1,8077
“	4	21,3	186,6	30,6521	30,5703
“	5	23,2	301,9	52,2703	51,7256
“	6	24,9	191,2	31,8427	32,0696
“	7	24,7	430,7	76,9763	76,5575
“	8	26,8	840,1	156,2209	155,9399
“	9	28,1	881,6	164,7561	164,3994
“	10	29	857,8	160,593	160,9317

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	11	28,3	778,3	144,9718	145,6489
“	12	28,1	690,4	127,9247	128,8953
“	13	28	612,4	112,8119	113,8517
“	14	27,9	530,5	96,9493	97,9160
“	15	28,1	323,2	57,0937	57,9116
“	16	27,1	131,1	21,0181	21,6198
“	17	26,7	29	3,4052	3,6634
“	18	25,4	6	0,1089	0,1092
Salı	1	23,1	0	0	0
“	2	22,7	0	0	0
“	3	22,8	19,5	2,2414	2,7773
“	4	22,6	166,3	27,0761	27,2526
“	5	23,8	351,8	61,7884	61,2187
“	6	26,4	511,8	92,9402	93,1392
“	7	27	734,5	136,021	136,3380
“	8	28,3	82,6	12,4208	12,8684
“	9	29,1	890,7	166,9702	166,9350
“	10	29,3	959,4	180,2713	179,1603
“	11	30,1	870,9	163,606	164,5327
“	12	29,7	810,7	151,7983	153,1325
“	13	29,6	696,3	129,6342	131,6094
“	14	29,2	443,3	80,4094	82,0733
“	15	28,2	339	60,132	61,0146
“	16	28,2	176,3	29,3862	30,0358
“	17	27,4	33,9	4,1838	4,1953
“	18	26	0	0	0
Çarşamba	1	23,2	0	0	0
“	2	23,3	0	0	0
“	3	23,1	8,5	0,8586	0,8283
“	4	21,7	118,7	18,4718	18,0107
“	5	21,8	242	40,8927	40,4573
“	6	21,2	313,3	54,0821	53,2833
“	7	22,8	364,4	63,9829	63,2303
“	8	24,3	169	27,7120	28,0002
“	9	21,5	369,2	64,6342	63,7630
“	10	23,1	307,5	53,3078	52,7279
“	11	22,6	672,1	122,4343	122,5726
“	12	24,9	436,4	78,1113	77,7465
“	13	24,8	484,7	87,3246	86,9640
“	14	25,5	461,7	83,0936	82,9206
“	15	25,8	255,2	43,8684	43,9990
“	16	25,3	167,1	27,4477	27,8348
“	17	24,6	35,2	4,3568	5,0883
“	18	23,6	6,4	0,5513	0,5675
Perşembe	1	17	0	0	0
“	2	16,2	0	0	0
“	3	15,7	31,6	3,6899	4,4703
“	4	15,5	141,2	22,0228	21,9786
“	5	16,1	440,2	76,7233	77,2538
“	6	19,3	599,3	107,4903	108,3940
“	7	23,6	646	117,816	117,6742
“	8	24,7	764,1	140,7903	140,7622
“	9	26	582	106,3306	106,4287
“	10	26,2	863,8	160,4911	159,9994

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	11	26,8	795,2	147,6112	147,6095
“	12	26,6	816	151,5173	151,3622
“	13	26,3	708,6	130,7777	130,9400
“	14	27,3	583,6	107,0325	107,6882
“	15	26,4	303,8	53,131	53,3241
“	16	26,3	142,5	23,0339	23,5850
“	17	24,6	27,6	3,1704	3,7349
“	18	24	0,1	0	0
Cuma	1	18,8	0	0	0
“	2	18,5	0	0	0
“	3	18,2	10,4	1,4961	1,5492
“	4	18	45,8	5,9414	6,9433
“	5	18,3	206,8	34,0171	33,6191
“	6	20,9	347,2	60,382	59,5060
“	7	24,5	401,9	71,4408	70,9741
“	8	25,3	754,9	139,2299	139,2237
“	9	27,8	773,4	143,8241	144,2869
“	10	27,6	936,9	175,1248	173,9004
“	11	27,9	897,4	167,7039	167,0808
“	12	27,9	791,9	147,4303	147,8192
“	13	26,7	561,5	102,5935	102,9547
“	14	26,4	341,1	60,2217	60,3599
“	15	26,2	165	27,1365	27,6158
“	16	25,4	132,9	21,236	21,7818
“	17	24,9	33,5	4,8871	4,7622
“	18	24,7	0,5	0,002	0,002
Cumartesi	1	20,9	0	0	0
“	2	20,6	0	0	0
“	3	19,3	11,4	1,6382	1,7302
“	4	19,1	164,4	26,4349	26,4143
“	5	22	392,3	69,0943	68,2476
“	6	24	597,5	108,6786	108,3941
“	7	25,4	598,6	109,3333	109,2688
“	8	25,6	778,2	143,8558	143,7691
“	9	25,6	895,2	166,2049	165,5634
“	10	26,5	943,4	175,8267	174,5320
“	11	27,2	955,7	177,183	176,9940
“	12	26,9	862	160,4619	160,0189
“	13	27,3	694	128,3315	128,8818
“	14	26,4	538,8	98,1357	98,3550
“	15	26,2	370,7	65,8313	65,9006
“	16	25,6	181,7	30,1562	30,5111
“	17	24,9	34,5	4,2496	4,9284
“	18	23,7	0	0	0
Pazar	1	16	0	0	0
“	2	14,3	0	0	0
“	3	14,4	41,9	5,2574	5,7903
“	4	14,7	206,1	33,4844	33,0773
“	5	17,1	394,7	68,4853	68,1937
“	6	20,5	566,7	101,7163	101,7589
“	7	23,7	711	130,2589	130,3062
“	8	24,7	895,4	165,8132	165,4760
“	9	25,5	906,4	168,2903	167,5914
“	10	25,5	886,8	164,5562	163,9982

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	10	25,5	886,8	164,5562	163,9982
“	11	26	887	164,8296	164,1778
“	12	25,8	829,2	153,6956	153,4271
“	13	26	727,1	134,1402	134,2819
“	14	26,2	563,9	102,9075	103,0664
“	15	25,6	374,2	66,3846	66,2472
“	16	24,9	185,9	30,8661	31,1196
“	17	24,3	33,6	4,1004	4,8659
“	18	22,8	0	0	0
Pazartesi	1	14,9	0	0	0
“	2	14,3	0	0	0
“	3	14	18,2	1,7276	2,1013
“	4	14,6	156,1	24,5724	24,3591
“	5	15,7	372,3	64,0246	63,9775
“	6	18,6	556,2	99,1439	99,8996
“	7	22	717	130,7426	131,3703
“	8	25,5	843,1	156,2175	155,9094
“	9	27,9	805	149,953	150,2483
“	10	28,6	850,6	159,0302	159,2348
“	11	27,2	830,7	154,5933	154,4603
“	12	27,2	597,2	109,6271	110,1933
“	13	25,9	470,8	84,9343	84,9075
“	14	27,4	541,2	98,8785	99,5709
“	15	25,3	24,2	2,6586	3,1463
“	16	24,1	178,5	29,4334	29,6449
“	17	24,4	33,4	4,0701	4,8192
“	18	23,3	0	0	0
Salı	1	15,2	0	0	0
“	2	14,4	0	0	0
“	3	14,3	35,4	4,2504	4,7951
“	4	14,2	195,8	31,5836	31,1887
“	5	17,5	365,4	63,1185	62,5580
“	6	19,9	587,3	105,4217	105,8883
“	7	23,9	630,4	114,9382	114,7386
“	8	25,3	664	121,8501	121,8237
“	9	25,9	664,7	122,1976	122,2930
“	10	25,8	882,1	163,8015	163,2153
“	11	26,3	886,3	164,8343	164,1618
“	12	27,3	824	153,3504	153,0906
“	13	26,8	711,5	131,5209	131,8304
“	14	26,7	505,6	91,8266	92,1508
“	15	25,8	214	36,1606	36,4218
“	16	24,9	153,6	24,9518	25,3737
“	17	24,4	28	3,6943	3,9310
“	18	23,6	0	0	0
Çarşamba	1	16,3	0	0	0
“	2	16	0	0	0
“	3	15,7	14,9	1,8315	1,9538
“	4	15,7	190,2	30,7406	30,3853
“	5	18	333	57,1933	56,4581
“	6	23,1	561,2	101,4688	101,0440
“	7	25,2	482,3	86,9664	86,6562
“	8	26	621,7	113,9633	114,0849
“	9	26,6	833,6	154,8898	154,6258

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	10	26,3	892,3	165,9796	165,2549
“	11	26,9	683,3	126,1283	126,5296
“	12	27,3	710,7	131,5498	132,0579
“	13	27	485,6	88,051	88,5012
“	14	26,4	428,7	76,9738	77,1205
“	15	26,4	309,4	54,1934	54,3798
“	16	26,3	135,3	21,7278	22,2969
“	17	24,7	33	4,0106	4,7097
“	18	24,2	0	0	0
Perşembe	1	19,3	0	0	0
“	2	18,7	0	0	0
“	3	18,2	10,6	1,121	1,5793
“	4	18	140,6	22,1035	22,2430
“	5	19,4	318	54,6532	53,8165
“	6	22,9	384,2	67,7476	66,9911
“	7	25,4	410,2	73,2154	72,9988
“	8	27,3	460,2	83,2346	83,7703
“	9	26,7	826,7	153,6108	153,4056
“	10	28,3	704,5	130,7208	131,7665
“	11	28,6	630,7	116,5424	117,9546
“	12	27,5	702,4	130,0235	130,6449
“	13	28,5	697,6	129,4583	130,6533
“	14	28,3	503,3	91,7977	92,9818
“	15	27,5	420,2	75,5821	76,2191
“	16	26,9	158,1	25,926	26,4858
“	17	26,6	30,6	3,654	3,9592
“	18	24,3	5,6	0,3028	0,3006
Cuma	1	19,3	0	0	0
“	2	18,9	0	0	0
“	3	19,4	11,8	1,1498	1,7912
“	4	18,9	97,3	14,5821	15,2139
“	5	19,5	310,4	53,2566	52,4277
“	6	21,6	454,9	80,8484	80,0885
“	7	25,9	578,2	105,5686	105,6310
“	8	26,7	513,4	93,3287	93,6584
“	9	27	984,5	183,9074	181,9428
“	10	29,4	982,1	184,6751	183,1333
“	11	29,1	945,1	177,4277	176,4989
“	12	29,6	859,8	161,2396	161,9429
“	13	29,8	726,6	135,546	137,5918
“	14	30	561	103,4422	105,9576
“	15	29,6	368,9	66,1235	67,8176
“	16	28,5	177,7	29,6718	30,4236
“	17	26,7	28,1	3,2655	3,5093
“	18	24,9	0	0	0
Cumartesi	1	17,1	0	0	0
“	2	16,9	0	0	0
“	3	16,3	12,9	1,0266	1,7456
“	4	16,6	90,3	13,2752	13,7934
“	5	17,3	378,5	65,5145	65,0643
“	6	19,3	569,8	101,9239	102,4863
“	7	24	742,6	136,4011	136,4672
“	8	26,7	879,9	163,7963	163,1775
“	9	30	959	180,0453	179,8327

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	10	29,5	969,9	182,3849	181,1567
“	11	29,3	952,2	178,8892	177,9203
“	12	29,2	865,9	162,2405	162,5998
“	13	29,1	727,8	135,5222	137,0038
“	14	26,4	554,1	101,6526	101,3107
“	15	27,3	361,4	64,2605	64,7627
“	16	26,8	174,8	28,9889	29,5097
“	17	26,1	27,6	3,1831	3,5550
“	18	24,4	0	0	0
Pazar	1	18,8	0	0	0
“	2	19,1	0	0	0
“	3	18,2	18,8	2,8443	2,8174
“	4	18,7	157,2	25,1111	25,1348
“	5	20,9	357,3	62,2784	61,3385
“	6	24,1	558,9	101,3294	100,9559
“	7	26	729,4	134,6595	134,7195
“	8	28,9	854	159,8172	160,1433
“	9	29,5	927,8	174,2972	173,8907
“	10	30,7	952,2	179,5687	179,5318
“	11	31,4	918,3	173,3538	174,6799
“	12	32,1	810,8	156,6901	156,5905
“	13	31,1	955,5	182,3249	180,6409
“	14	28,8	525,5	96,7534	97,7653
“	15	29,5	332	59,0065	60,5144
“	16	29,3	160,6	26,5695	26,2628
“	17	26,9	26,5	3,0358	3,1884
“	18	26,7	0	0	0
Pazartesi	1	22,9	0	0	0
“	2	23,2	0	0	0
“	3	22,5	10	1,318	1,3104
“	4	21,9	67,5	9,6095	10,5535
“	5	22,3	221,8	37,2175	36,9585
“	6	23	439,4	78,2426	77,5132
“	7	25,7	376	66,7455	66,6411
“	8	27,6	668,8	123,5768	124,3235
“	9	29	775,9	144,7844	145,9072
“	10	29,5	823,2	154,1317	155,1877
“	11	29,7	891,7	167,8895	167,7590
“	12	29	814	152,9727	152,9513
“	13	31,1	858	161,5455	162,2192
“	14	29,1	519	95,0445	96,7902
“	15	29,5	322,4	57,1661	58,6383
“	16	28,5	140,3	22,7818	23,4498
“	17	27,3	28	3,2551	3,3506
“	18	26	0	0	0
Salı	1	21,9	0	0	0
“	2	21,2	0	0	0
“	3	23,4	9,9	0,6626	1,1613
“	4	23,7	106,8	16,4782	17,1411
“	5	24,3	311,8	54,3122	53,9370
“	6	25,1	528,6	95,8143	95,5832
“	7	25,2	633,5	115,9681	115,8956
“	8	25,7	664,2	122,0312	122,0793
“	9	26,1	848,2	157,464	157,0796

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	10	27	855	159,1661	158,7968
“	11	27,4	795,2	147,8562	148,0294
“	12	27,7	639,5	117,9535	118,7959
“	13	27,1	693,4	128,1451	128,6090
“	14	27,1	493,9	89,6767	90,1806
“	15	26,8	299,1	52,3005	52,6262
“	16	25,5	131,1	20,9175	21,4740
“	17	25,4	25,8	2,9017	3,3935
“	18	24	0	0	0
Çarşamba	1	17,3	0	0	0
“	2	17,2	0	0	0
“	3	16,7	7,1	0,682	0,9321
“	4	17,4	87,2	12,7833	13,4078
“	5	18,8	237,6	39,6981	39,1260
“	6	21,7	401,5	70,7684	69,9118
“	7	24,5	630,2	115,0988	114,9283
“	8	25,8	723,4	133,4299	133,4664
“	9	26	740,9	136,8669	136,9046
“	10	25,8	347	61,2393	61,1909
“	11	24,3	851,9	157,3543	157,3340
“	12	26,8	710,5	131,3285	131,6402
“	13	26,6	625,9	114,9695	115,3016
“	14	25,5	506,1	91,6073	91,4687
“	15	25,7	317,8	55,6753	55,6364
“	16	25,2	165,5	27,1462	27,5322
“	17	24,3	21,3	2,2204	2,8503
“	18	23,1	0	0	0
Perşembe	1	15,9	0	0	0
“	2	15,4	0	0	0
“	3	15,2	14	1,8429	1,7314
“	4	15,2	98,6	14,6217	14,9016
“	5	17,4	251,4	42,0407	41,4150
“	6	19,5	100,1	15,0955	15,7307
“	7	19,6	70,7	10,0753	10,9874
“	8	20,3	79,3	11,5554	12,4140
“	9	20,2	305,2	52,4041	51,5878
“	10	21,4	411,4	72,5724	71,7216
“	11	23,6	279,6	48,1459	47,7492
“	12	22,8	682,8	124,5464	124,6838
“	13	25,3	655,1	120,1438	120,1106
“	14	24,9	324,5	56,8125	56,5446
“	15	23,7	163,3	26,6225	26,9000
“	16	23,6	133	21,1369	21,6216
“	17	23,1	26,4	3,2798	3,8460
“	18	22,5	0	0	0
Cuma	1	16,4	0	0	0
“	2	15,9	0	0	0
“	3	15,4	21,6	2,7911	2,9063
“	4	15,2	176,5	28,243	27,9453
“	5	17,6	361,8	60,4689	61,8740
“	6	20,8	558,6	100,2745	100,1632
“	7	24,3	686,6	125,8231	125,7532
“	8	24,8	826,7	152,7812	152,6557
“	9	28,7	965,1	180,0619	179,6025

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	10	28,9	923,5	172,2268	172,5412
“	11	28,5	941	175,8589	175,2582
“	12	27,7	847,2	157,9817	157,8484
“	13	27,3	712,2	131,839	132,3427
“	14	26,7	544,6	99,336	99,6891
“	15	26,2	352,9	62,4362	62,5143
“	16	25,8	164,1	26,939	26,7511
“	17	25	15,8	1,4347	1,6377
“	18	23,6	0	0	0
Cumartesi	1	15,4	0	0	0
“	2	15,1	0	0	0
“	3	14,6	15,3	1,8817	1,8047
“	4	13,9	155	24,3194	24,0630
“	5	15,8	359,1	61,6038	61,4180
“	6	18,9	545,4	97,2033	97,6806
“	7	23,3	728,8	133,4966	133,6906
“	8	28	856,9	159,082	159,8520
“	9	27,9	931,6	173,7734	173,1593
“	10	28,8	967,5	181,5738	180,0986
“	11	29,1	937,1	175,8914	175,1083
“	12	29	851,7	159,8523	159,8284
“	13	29,6	708,7	133,942	133,9645
“	14	27,2	548,1	100,7116	100,7459
“	15	29,1	353,5	63,0697	64,4304
“	16	28,5	161,1	26,6001	26,9630
“	17	27	15,8	1,4401	1,3279
“	18	24,7	0	0	0
Pazar	1	14,9	0	0	0
“	2	14,2	0	0	0
“	3	13,5	16,5	1,7652	1,7197
“	4	13,2	151,9	23,7165	23,4192
“	5	15,7	345	58,978	58,7195
“	6	19,2	533,9	95	95,3501
“	7	23,6	715,1	131,0025	131,0803
“	8	27,2	851,2	158,5278	158,2267
“	9	29,4	929,6	174,5955	174,0999
“	10	30	956,4	180,0344	179,3877
“	11	29,7	920,9	173,0642	172,9029
“	12	29	832,4	155,9912	156,3199
“	13	28	699,5	130,4294	130,5334
“	14	29,8	520,7	97,8873	97,8437
“	15	29,4	344,6	61,4114	62,9074
“	16	28,4	157,4	25,9855	26,6114
“	17	26,2	13,1	1,0715	1,0856
“	18	23,9	0	0	0
Pazartesi	1	16,3	0	0	0
“	2	16	0	0	0
“	3	16,1	13,3	1,8895	1,7770
“	4	15,9	172,9	27,6681	27,4201
“	5	17,9	348,7	60	59,4028
“	6	21	541,6	97,1153	96,8342
“	7	25,3	709,2	130,5201	130,5012
“	8	27,6	833,7	155,3446	155,2993
“	9	29,4	908,8	170,5939	170,4523

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	10	30,8	933,7	176,0491	176,4870
“	11	30,3	898,9	169,5561	169,7564
“	12	30,7	799,4	150,0188	150,1573
“	13	27,8	684,2	127,3209	127,4395
“	14	29,5	519,3	95,2078	95,4103
“	15	29,4	332,7	59,1247	60,5822
“	16	28,5	148,1	24,2096	24,8979
“	17	27	15,3	1,3705	1,2424
“	18	25,4	0	0	0
Salı	1	20,5	0	0	0
“	2	19,2	0	0	0
“	3	18,7	13,1	1,0569	1,9770
“	4	19,9	142,8	22,6338	22,8625
“	5	22,2	352,1	61,5474	61,0577
“	6	24,6	582,7	106,0358	106,3151
“	7	26,6	738,8	136,6945	136,8721
“	8	27,2	802,3	149,139	149,2029
“	9	27,8	773,3	143,8048	143,5097
“	10	27,6	804,9	149,8073	149,9851
“	11	27,7	819,8	152,7161	152,8186
“	12	28,7	787	146,8096	147,6566
“	13	27,1	691,7	128,5289	128,2850
“	14	26,2	529,3	96,7974	96,3839
“	15	26	238,5	40,9969	40,9820
“	16	26,7	108,8	16,9864	17,6003
“	17	26	18,5	1,8204	2,0429
“	18	25,4	0	0	0
Çarşamba	1	21,8	0	0	0
“	2	21,1	0	0	0
“	3	19,9	5,7	0,7564	0,8568
“	4	19,7	108,8	16,6191	17,1769
“	5	21,1	319,4	55,2077	54,3865
“	6	24,3	540,4	97,8481	97,4645
“	7	26,9	549,3	100,2998	100,7461
“	8	27,6	633	116,6646	117,4599
“	9	27,6	733,3	136,0209	136,5840
“	10	27,7	571,2	104,7574	105,6277
“	11	27,4	813,6	151,395	151,4438
“	12	28,9	821,5	153,5512	154,2232
“	13	28,6	438,1	79,269	80,5401
“	14	27,3	636,7	117,2791	117,9179
“	15	27,2	219,2	37,2817	37,8025
“	16	26,6	109	17,017	17,6331
“	17	25,6	15	1,3257	1,5514
“	18	24,8	0	0	0
Perşembe	1	22,3	0	0	0
“	2	21,7	0	0	0
“	3	21,9	6,3	0,4804	0,4043
“	4	21,8	103,2	15,7495	16,4272
“	5	22,9	297,3	51,3609	50,7866
“	6	25,4	321,9	56,4035	56,2723
“	7	25,5	455,6	81,9242	81,7487
“	8	26,7	565,4	103,345	103,7081
“	9	27	676,4	124,8343	125,2871

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	10	27,6	716,5	132,7813	133,4056
“	11	28,9	710,7	132,1374	133,5538
“	12	28,7	464,3	84,355	85,7360
“	13	27,8	443,5	80,7115	80,9511
“	14	27	432,6	77,8566	78,2643
“	15	27	252	43,4188	43,8538
“	16	26,8	110,7	17,3302	17,9416
“	17	26,2	22,3	2,3792	2,6367
“	18	25	0	0	0
Cuma	1	22,5	0	0	0
“	2	22,8	0	0	0
“	3	22,7	6,7	0,6386	0,7630
“	4	22,7	104,6	16,9205	16,7163
“	5	23,6	318,4	55,4413	54,9114
“	6	25,8	419,7	75,1191	75,0351
“	7	26,6	664,5	122,3994	122,7143
“	8	28	850,9	158,8227	158,7604
“	9	29,4	831,4	155,6733	155,5485
“	10	29	814	152,146	152,9513
“	11	30	855,2	160,5287	161,5908
“	12	29,5	666,1	125,6445	125,7272
“	13	29,1	601,5	112,2041	112,8377
“	14	26,7	390,9	70,1904	70,0513
“	15	28,2	207,7	35,2347	35,9733
“	16	27,4	100,7	15,9334	16,1495
“	17	26,4	17	1,6073	1,6920
“	18	25,7	0	0	0
Cumartesi	1	22,9	0	0	0
“	2	23,1	0	0	0
“	3	23,2	6,6	0,5133	0,6692
“	4	23,5	77	11,2784	11,7797
“	5	24,1	269,8	46,3789	46,1098
“	6	25,6	387,8	68,9793	68,8338
“	7	26,4	626,9	115,0962	115,3525
“	8	27,5	813	151,3227	151,4077
“	9	28	896,7	167,2333	167,0305
“	10	29,4	899,6	168,8225	168,8271
“	11	29,1	865,8	162,1776	162,4772
“	12	29,1	782,8	146,159	147,2975
“	13	29,7	642,9	120,4298	121,5050
“	14	29,1	475,7	87,8181	88,3256
“	15	29	299,3	52,6676	53,8326
“	16	28	124,6	19,8954	20,5112
“	17	26,9	15,7	1,4259	1,3385
“	18	25,4	0	0	0
Pazar	1	20,6	0	0	0
“	2	20,5	0	0	0
“	3	19,9	3	0,3479	0,4254
“	4	19,8	103,6	15,7183	16,3325
“	5	20,5	292,2	50,0322	49,2627
“	6	23,4	261,8	44,7854	44,4364
“	7	25,2	382,2	67,8313	67,5650
“	8	27,3	545,4	99,661	100,3032
“	9	27,6	813,5	151,4617	151,5770

Çizelge 9.4. (devam). Işınım ve sıcaklık değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Temmuz ayı güç değerleri.

“	10	30,8	917	172,8252	173,5898
“	11	29	776,2	145,241	145,9630
“	12	30,3	646,2	120,1044	122,8750
“	13	30,3	595	112,8658	112,5881
“	14	29,3	403,7	72,7782	73,8123
“	15	28,9	274,9	48,0036	49,0654
“	16	28,1	92,4	14,1379	14,6537
“	17	26,3	14,8	1,2998	1,3459
“	18	25,7	0	0	0
Pazartesi	1	20,8	0	0	0
“	2	20,1	0	0	0
“	3	19,8	2,3	0,2837	0,3443
“	4	19	69,6	9,8712	10,7680
“	5	19,9	244,2	41,0543	40,4776
“	6	21,6	459,7	81,7581	81,0118
“	7	25,9	571,1	104,2024	104,2603
“	8	27,3	783,2	145,5097	145,7172
“	9	30,1	869	163,239	164,1928
“	10	30,7	898,9	169,2815	170,2828
“	11	31,3	866	163,1843	163,9096
“	12	31	786,2	147,5764	146,6239
“	13	30,7	648,7	121,499	123,8778
“	14	30,1	773,1	146,6166	146,6809
“	15	29,6	302	53,2736	54,7197
“	16	28,8	116	18,387	18,9737
“	17	27,7	16,1	1,0722	1,1768
“	18	26,3	0	0	0

9.6. EK 6: CP VE RÜZGÂR HIZ DEĞERLERİNE GÖRE HESAPLAMALAR VE MATEMATİKSEL MODEL İLE ELDE EDİLEN EYLÜL AYI GÜÇ DEĞERLERİ

Çizelge 9.6. Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

Eylül	Saat	Cp	Ort Rüzgâr Hız (m/s)	Güç(w)	Tahmini Güç(w)
Cuma	1	0,0772	3,7	13,71343	13,7143
“	2	0,1508	5,6	92,87288	92,8727
“	3	0,1678	7,9	290,1327	290,1803
“	4	0,1664	6,4	152,9737	152,9583
“	5	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	6	0,1733	7,2	226,84	226,8588
“	7	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	8	0,1715	6,8	189,1099	189,1650
“	9	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	10	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	11	0,1733	7,2	226,84	226,8588
“	12	0,1732	7,3	236,2871	236,2363
“	13	0,1733	7,2	226,84	226,8588
“	14	0,1733	6,6	170,6916	170,7220
“	15	0,1630	8,2	315,1757	315,2613
“	16	0,1594	8,4	331,3215	331,3280
“	17	0,1516	8,8	362,302	362,1992
“	18	0,1516	8,8	362,302	362,1992
“	19	0,1536	8,7	354,7092	354,6206
“	20	0,1613	8,3	323,4388	323,3544
“	21	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	22	0,1664	6,4	152,9737	152,9583
“	23	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
“	24	0,1570	5,9	113,0783	113,1018
Cumartesi	1	0,1629	6,2	136,1506	136,1432
“	2	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	3	0,1610	5,9	128,0783	128,1560
“	4	0,1393	5,1	64,80151	64,7910
“	5	0,1550	5,8	106,057	106,0476
“	6	0,1570	5,9	113,0783	113,1018
“	7	0,1729	7	207,9757	207,9795
“	8	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	9	0,1575	8,5	339,2039	339,1914
“	10	0,1516	8,8	362,302	362,1992
“	11	0,1663	8	298,5972	298,6814
“	12	0,1714	7,6	263,8609	263,8005
“	13	0,1714	7,6	263,8609	263,8005
“	14	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	15	0,1678	7,9	290,1327	290,1803
“	16	0,1434	9,2	391,5941	391,6485
“	17	0,1098	10,8	485,0618	484,8888
“	18	0,0952	11,5	507,7542	507,6854
“	19	0,1013	11,2	499,0994	499,1125
“	20	0,1055	11	492,5184	492,4474
“	21	0,1013	11,2	499,0994	499,1125
“	22	0,1013	11,2	499,0994	499,1125

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	23	0,1076	10,9	488,6695	488,7856
“	24	0,1352	9,6	419,4825	419,4500
Pazar	1	0,1140	10,6	476,1524	476,3588
“	2	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	3	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	4	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	5	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	6	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	7	0,163	8,2	315,1757	315,2613
“	8	0,163	8,2	315,1757	315,2613
“	9	0,1393	9,4	405,7497	405,7948
“	10	0,1393	9,4	405,7497	405,7948
“	11	0,1536	8,7	354,7092	354,6206
“	12	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	13	0,1434	9,2	391,5941	391,6485
“	14	0,1385	9,4	405,7497	405,7948
“	15	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	16	0,1647	8,1	307,9532	307,0397
“	17	0,1692	7,8	281,5838	281,5327
“	18	0,1647	8,1	307,9532	307,0397
“	19	0,1729	7	207,9757	207,9795
“	20	0,155	5,8	106,057	106,0476
“	21	0,1002	4,1	24,2182	24,2257
“	22	0,1272	4,7	46,3131	46,3003
“	23	0,1337	4,9	55,1624	55,1626
“	24	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
Pazartesi	1	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	2	0,1692	7,8	281,5838	281,5327
“	3	0,1733	7,2	226,84	226,8588
“	4	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	5	0,1306	4,8	50,65128	50,6391
“	6	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	7	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	8	0,1678	7,9	290,1327	290,1803
“	9	0,1723	6,9	198,498	198,5455
“	10	0,1732	7,3	236,2871	236,2363
“	11	0,1373	9,5	412,8239	412,6905
“	12	0,1289	9,9	438,6135	438,7580
“	13	0,1373	9,5	412,8239	412,6905
“	14	0,1414	9,3	398,8612	398,7767
“	15	0,1692	7,8	281,5838	281,5327
“	16	0,1723	6,9	198,498	198,5455
“	17	0,1715	6,8	189,1099	189,1650
“	18	0,1664	6,4	152,9737	152,9583
“	19	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	20	0,1536	8,7	354,7092	354,6206
“	21	0,1575	8,5	339,2039	339,1914
“	22	0,1663	8	298,5972	298,6814
“	23	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	24	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
Salı	1	0,1529	5,7	99,3014	99,3071
“	2	0,0183	2,5	1,0027	1,0037
“	3	0,029	2,8	2,2325	2,2327
“	4	0,029	2,8	2,2325	2,2327

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	5	0,029	2,8	2,2325	2,2327
“	6	0,013	2,3	0,5546	0,5537
“	7	0,0108	2,2	0,4032	0,4033
“	8	0,1194	4,5	38,15622	38,1718
“	9	0,1465	5,4	80,89886	80,8713
“	10	0,1529	5,7	99,3014	99,3071
“	11	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	12	0,157	5,9	113,0783	113,1018
“	13	0,1465	5,4	80,8988	80,8713
“	14	0,1337	4,9	55,1624	55,1626
“	15	0,1337	4,9	55,1624	55,1626
“	16	0,89	3,9	18,5143	18,5189
“	17	0,0215	2,6	1,3252	1,3260
“	18	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	19	0,0073	2	0,2048	0,2050
“	20	0,0059	1,9	0,1419	0,1430
“	21	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	22	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	23	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
“	24	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
Çarşamba	1	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	2	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	3	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	4	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	5	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	6	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
“	7	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
“	8	0,0059	1,9	0,1419	0,1430
“	9	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	10	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	11	0,1235	4,6	42,15644	42,1442
“	12	0,1664	6,4	152,9737	152,9583
“	13	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	14	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	15	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	16	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	17	0,1629	6,2	136,1506	136,1432
“	18	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	19	0,1629	6,2	136,1506	136,1432
“	20	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	21	0,0947	4	21,25463	21,2612
“	22	0,013	2,3	0,5546	0,5537
“	23	0,1366	5	59,8803	59,8768
“	24	0,1272	4,7	46,3131	46,3003
Perşembe	1	0,1337	4,9	55,1624	55,1626
“	2	0,0832	3,8	16,0102	16,0028
“	3	0,1105	4,3	30,8099	30,7962
“	4	0,1272	4,7	46,31314	46,3003
“	5	0,1478	5,5	86,23548	86,7325
“	6	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	7	0,1629	6,2	136,1506	136,1432
“	8	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	9	0,1733	7,2	226,84	226,8588

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	10	0,1647	8,1	306,9532	307,0397
“	11	0,1434	9,2	391,5941	391,6485
“	12	0,1594	8,4	331,3215	331,3280
“	13	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	14	0,1629	6,2	136,1506	136,1432
“	15	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	16	0,1723	6,9	198,498	198,5455
“	17	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	18	0,1729	7	207,9757	207,9795
“	19	0,1729	7	207,9757	207,9795
“	20	0,157	5,9	113,0783	113,1018
“	21	0,1508	5,6	92,87288	92,8727
“	22	0,155	5,8	106,057	106,0476
“	23	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	24	0,159	6	120,441	120,4724
Cuma	1	0,1508	5,6	92,87288	92,8727
“	2	0,155	5,8	106,057	106,0476
“	3	0,1508	5,6	92,87288	92,8727
“	4	0,1366	5	59,8803	59,8768
“	5	0,1366	5	59,8803	59,8768
“	6	0,1508	5,6	92,8728	92,8727
“	7	0,157	5,9	113,0783	113,1018
“	8	0,1723	6,9	198,498	198,5455
“	9	0,1704	7,7	272,8131	272,7381
“	10	0,1714	7,6	263,8609	263,8005
“	11	0,1663	8	298,5972	298,6814
“	12	0,1647	8,1	307,9532	307,0397
“	13	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	14	0,1508	5,6	92,8728	82,7532
“	15	0,159	6	120,441	118,7065
“	16	0,1508	5,6	92,8728	92,8727
“	17	0,1306	4,8	50,6512	50,6391
“	18	0,1055	4,2	27,4109	27,4065
“	19	0,1272	4,7	46,3131	46,3003
“	20	0,1272	4,7	46,3131	46,3003
“	21	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	22	0,1151	4,4	34,3840	34,3871
“	23	0,0712	3,6	11,6496	11,6520
“	24	0,0251	2,7	1,7325	1,7307
Cumartesi	1	0,0073	2	0,2048	0,2050
“	2	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	3	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	4	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	5	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	6	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	7	0,0482	3,2	5,5388	5,5336
“	8	0,1393	5,1	64,8015	64,7910
“	9	0,1629	6,2	136,1506	136,1432
“	10	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	11	0,1692	7,8	281,5838	281,5327
“	12	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
“	13	0,1714	7,6	263,8609	263,8005
“	14	0,1714	7,6	263,8609	263,8005

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	15	0,1465	5,4	80,8988	80,8713
“	16	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	17	0,1235	4,6	42,1564	42,1442
“	18	0,1306	4,8	50,6512	50,6391
“	19	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	20	0,1733	7,2	226,84	226,8588
“	21	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	22	0,155	5,8	106,057	106,0476
“	23	0,157	5,9	113,0783	113,1018
“	24	0,1732	7,3	236,2871	236,2363
Pazar	1	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	2	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	3	0,1393	5,1	64,8015	64,7910
“	4	0,1508	5,6	92,8728	92,8727
“	5	0,1235	4,6	42,1564	42,1442
“	6	0,1729	7	207,9757	207,9795
“	7	0,1714	7,6	263,8609	263,8005
“	8	0,1647	8,1	306,9532	307,0397
“	9	0,1647	8,1	306,9532	307,0397
“	10	0,1575	8,5	339,2039	339,1914
“	11	0,163	8,2	315,1757	315,2613
“	12	0,163	8,2	315,1757	315,2613
“	13	0,1455	9,1	384,5127	384,4204
“	14	0,1393	9,4	405,7497	405,7948
“	15	0,1495	8,9	369,6023	369,6921
“	16	0,1434	9,2	391,5941	391,6485
“	17	0,163	8,2	315,1757	315,2613
“	18	0,1414	9,3	389,8612	398,7767
“	19	0,1555	8,6	346,856	346,9532
“	20	0,1434	9,2	391,5941	391,6485
“	21	0,1516	8,8	362,302	362,1992
“	22	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	23	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	24	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
Pazartesi	1	0,1664	6,4	152,9737	152,9583
“	2	0,159	6	120,441	120,4724
“	3	0,155	5,8	106,057	106,0476
“	4	0,1715	6,8	189,1099	189,1650
“	5	0,159	6	120,441	120,4724
“	6	0,1629	6,2	136,1506	136,1432
“	7	0,1723	6,9	198,498	198,5455
“	8	0,1714	7,6	263,8609	263,8005
“	9	0,1732	7,3	236,2871	236,2363
“	10	0,1663	8	298,5972	298,6814
“	11	0,1663	8	298,5972	298,6814
“	12	0,1728	7,4	246,5627	245,5338
“	13	0,1714	7,6	263,8609	263,8005
“	14	0,1455	9,1	387,5127	384,4204
“	15	0,1555	8,6	346,856	346,9532
“	16	0,1575	8,5	339,2039	339,1914
“	17	0,1692	7,8	281,5838	281,5327
“	18	0,1555	8,6	346,856	346,9532
“	19	0,1352	9,6	419,4825	419,4500
“	20	0,1373	9,5	414,8239	412,6905

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	21	0,1663	8	298,5972	298,6814
“	22	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	23	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	24	0,161	6,1	128,156	128,1560
Salı	1	0,159	6	120,441	120,4724
“	2	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
“	3	0,1337	4,9	55,1624	55,1626
“	4	0,1529	5,7	99,30144	99,3071
“	5	0,1664	6,4	152,9737	152,9583
“	6	0,1729	7	207,9757	207,9795
“	7	0,1495	8,9	369,6023	369,6921
“	8	0,1516	8,8	362,302	362,1992
“	9	0,1728	7,4	246,5627	245,5338
“	10	0,1728	7,4	246,5627	245,5338
“	11	0,1728	7,4	246,5627	245,5338
“	12	0,159	6	120,441	120,4724
“	13	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	14	0,1629	6,2	136,1506	136,1432
“	15	0,1715	6,8	189,1099	189,1650
“	16	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	17	0,1732	7,3	236,2871	236,2363
“	18	0,1715	6,8	189,1099	189,1650
“	19	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	20	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	21	0,1729	7	207,9757	207,9795
“	22	0,1692	7,8	281,5838	281,5327
“	23	0,1647	8,1	307,9532	307,0397
“	24	0,1728	7,4	245,5627	245,5338
Çarşamba	1	0,1723	6,9	198,498	198,5455
“	2	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	3	0,1629	6,2	136,1506	136,1432
“	4	0,1594	8,4	331,3215	331,3280
“	5	0,1536	8,7	354,7092	354,6206
“	6	0,1434	9,2	391,5941	391,6485
“	7	0,1331	9,7	426,007	426,0582
“	8	0,1183	10,4	466,6683	466,8223
“	9	0,1393	9,4	405,7497	405,7948
“	10	0,1536	8,7	354,7092	354,6206
“	11	0,1647	8,1	307,9532	307,0397
“	12	0,1732	7,3	236,2871	236,2363
“	13	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	14	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	15	0,1723	6,9	198,498	198,5455
“	16	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	17	0,1664	6,4	152,9737	152,9583
“	18	0,1664	6,4	152,9737	152,9583
“	19	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	20	0,1105	4,3	30,8099	30,7962
“	21	0,0947	4	21,2546	21,2612
“	22	0,089	3,9	18,5143	18,5189
“	23	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	24	0,0653	3,5	9,8184	9,8114
Perşembe	1	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	2	0,0038	1,7	0,0654	0,0663

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	3	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	4	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	5	0,0155	1,2	0,0066	0,0069
“	6	0,0155	1,2	0,0066	0,0069
“	7	0,0155	1,2	0,0066	0,0069
“	8	0,0215	2,6	1,3252	1,3260
“	9	0,0482	3,2	5,5388	5,5336
“	10	0,1105	4,3	30,8099	30,7962
“	11	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	12	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	13	0,1002	4,1	24,2182	24,2257
“	14	0,832	3,8	16,1023	16,0028
“	15	0,0429	3,1	4,4819	4,4815
“	16	0,0155	2,4	0,7514	0,7503
“	17	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	18	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	19	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	20	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	21	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	22	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	23	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	24	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
Cuma	1	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	2	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	3	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	4	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	5	0,0429	3,1	4,4819	4,4815
“	6	0,1151	4,4	34,3840	34,3871
“	7	0,157	5,9	113,0783	113,1018
“	8	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	9	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	10	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	11	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	12	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	13	0,1306	4,8	50,6512	50,6391
“	14	0,1055	4,2	27,4109	27,4065
“	15	0,089	3,9	18,5143	18,5189
“	16	0,0712	3,6	11,6496	11,6520
“	17	0,0251	2,7	1,7325	1,7307
“	18	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	19	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	20	0,089	3,9	18,5143	18,5189
“	21	0,089	3,9	18,5143	18,5189
“	22	0,0653	3,5	9,8184	9,8114
“	23	0,0251	2,7	1,7325	1,7307
“	24	0,1055	4,2	27,4109	27,4065
Cumartesi	1	0,1529	5,7	99,3014	99,3071
“	2	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	3	0,1529	5,7	99,3014	99,3071
“	4	0,1366	5	59,8803	59,8768
“	5	0,1296	4,7	47,1869	46,3003
“	6	0,1296	4,7	47,1869	46,3003
“	7	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	8	0,1418	5,2	69,9213	69,9177

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	9	0,1529	5,7	99,3014	99,3071
“	10	0,159	6	120,441	120,4724
“	11	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	12	0,1235	4,6	42,1564	42,1442
“	13	0,1105	4,3	30,8099	30,7962
“	14	0,0712	3,6	11,6496	11,6520
“	15	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	16	0,0482	3,2	5,5388	5,5336
“	17	0,0215	2,6	1,3252	1,3260
“	18	0,0059	1,9	0,1419	0,1430
“	19	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	20	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	21	0,0011	1,2	0,0666	0,0069
“	22	0,0011	1,2	0,0666	0,0069
“	23	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	24	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
Pazar	1	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	2	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	3	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	4	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	5	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	6	0,0059	1,9	0,1419	0,1430
“	7	0,0333	2,9	2,8481	2,8475
“	8	0,0215	2,6	1,3252	1,3260
“	9	0,013	2,3	0,5546	0,5537
“	10	0,0059	1,9	0,1419	0,1430
“	11	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	12	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	13	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	14	0,0073	2	0,2048	0,2050
“	15	0,0089	2,1	0,2890	0,2896
“	16	0,0089	2,1	0,2890	0,2896
“	17	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	18	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	19	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	20	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	21	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	22	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	23	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	24	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
Pazartesi	1	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	2	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	3	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
“	4	0,0013	1,3	0,0115	0,0114
“	5	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	6	0,0059	1,9	0,1419	0,1430
“	7	0,0537	3,3	6,7676	6,7634
“	8	0,0653	3,5	9,8184	9,8114
“	9	0,0251	2,7	1,7325	1,7307
“	10	0,0251	2,7	1,7325	1,7307
“	11	0,0183	2,5	1,0027	1,0037
“	12	0,0108	2,2	0,4032	0,4033
“	13	0,0155	2,4	0,7514	0,7503
“	14	0,0379	3	3,5886	3,5915

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	15	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	16	0,1002	4,1	24,2182	24,2257
“	17	0,0947	4	21,2546	21,2612
“	18	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	19	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	20	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	21	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	22	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	23	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
“	24	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
Salı	1	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
“	2	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	3	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	4	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	5	0,0059	1,9	0,1419	0,1430
“	6	0,0215	2,6	1,3252	1,3260
“	7	0,029	2,8	2,2325	2,2327
“	8	0,0832	3,8	16,0102	16,0028
“	9	0,1272	4,7	46,3131	46,3003
“	10	0,1235	4,6	42,1564	42,1442
“	11	0,1306	4,8	50,6512	50,6391
“	12	0,1194	4,5	38,1562	38,1718
“	13	0,157	5,9	113,0783	113,1018
“	14	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	15	0,0653	3,5	9,8184	9,8114
“	16	0,0183	2,5	1,0027	1,0037
“	17	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	18	0,0482	3,2	5,5388	5,5336
“	19	0,0183	2,5	1,0027	1,0037
“	20	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	21	0,1105	4,3	30,8099	30,7962
“	22	0,0832	3,8	16,0102	16,0028
“	23	0,251	2,7	1,7325	1,7307
“	24	0,0333	2,9	2,8481	2,8475
Çarşamba	1	0,0183	2,5	1,0027	1,0037
“	2	0,0155	2,4	0,7514	0,7503
“	3	0,0089	2,1	0,2890	0,2896
“	4	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	5	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	6	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	7	0,0712	3,6	11,6496	11,6520
“	8	0,0947	4	21,2546	21,2612
“	9	0,1151	4,4	34,3840	34,3871
“	10	0,0594	3,4	8,1874	8,1852
“	11	0,1055	4,2	27,4109	27,4065
“	12	0,0089	2,1	0,2890	0,2896
“	13	0,0155	2,4	0,7514	0,7503
“	14	0,0537	3,3	6,7676	6,7634
“	15	0,0215	2,6	1,3252	1,3260
“	16	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	17	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	18	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	19	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	20	0,0011	1,2	0,0066	0,0069

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	21	0,089	3,9	18,5143	18,5189
“	22	0,1393	5,1	64,8015	64,7910
“	23	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
“	24	0,161	6,1	128,156	128,1560
Perşembe	1	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	2	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	3	0,1337	4,9	55,1624	55,1626
“	4	0,1151	4,4	34,3840	34,3871
“	5	0,0712	3,6	11,6496	11,6520
“	6	0,029	2,8	2,2325	2,2327
“	7	0,0653	3,5	9,8184	9,8114
“	8	0,0832	3,8	16,0102	16,0028
“	9	0,0832	3,8	16,0102	16,0028
“	10	0,0594	3,4	8,1874	8,1852
“	11	0,0594	3,4	8,1874	8,1852
“	12	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	13	0,0947	4	21,2546	21,2612
“	14	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	15	0,1151	4,4	34,3840	34,3871
“	16	0,1002	4,1	24,2182	24,2257
“	17	0,0482	3,2	5,5388	5,5336
“	18	0,0183	2,5	1,0027	1,0037
“	19	0,0183	2,5	1,0027	1,0037
“	20	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	21	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	22	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	23	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	24	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
Cuma	1	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	2	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	3	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	4	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	5	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	6	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	7	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	8	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	9	0,0183	2,5	1,0027	1,0037
“	10	0,1529	5,7	99,3014	99,3071
“	11	0,1529	5,7	99,3014	99,3071
“	12	0,1508	5,6	92,8728	92,8727
“	13	0,159	6	120,441	120,4724
“	14	0,159	6	120,441	120,4724
“	15	0,161	6,1	128,1560	128,1560
“	16	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	17	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	18	0,089	3,9	18,5143	18,5189
“	19	0,0429	3,1	4,4819	4,4815
“	20	0,0653	3,5	9,8184	9,8114
“	21	0,089	3,9	18,5143	18,5189
“	22	0,1002	4,1	24,2182	24,2257
“	23	0,0594	3,4	8,1874	8,1852
“	24	0,029	2,8	2,2325	2,2327
Cumartesi	1	0,0712	3,6	11,6496	11,6520
“	2	0,0947	4	21,2546	21,2612

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	3	0,0482	3,2	5,5388	5,5336
“	4	0,0251	2,7	1,7325	1,7307
“	5	0,0537	3,3	6,7676	6,7634
“	6	0,0772	3,7	13,7134	12,7143
“	7	0,1055	4,2	27,4109	27,4065
“	8	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	9	0,1508	5,6	92,8728	92,8727
“	10	0,1393	5,1	64,8015	64,6410
“	11	0,1465	5,4	80,8988	80,8713
“	12	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	13	0,1337	4,9	55,1624	55,1626
“	14	0,1105	4,3	30,8099	30,7962
“	15	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	16	0,0482	3,2	5,5388	5,5336
“	17	0,0379	3	3,5886	3,5915
“	18	0,0155	2,4	0,7514	0,7503
“	19	0,0073	2	0,2048	0,2050
“	20	0,0089	2,1	0,2890	0,2896
“	21	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	22	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
“	23	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	24	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
Pazar	1	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	2	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	3	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	4	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	5	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	6	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	7	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	8	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	9	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	10	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	11	0,1194	4,5	38,1562	38,1718
“	12	0,159	6	120,4410	120,4724
“	13	0,157	5,9	113,0783	113,1018
“	14	0,157	5,9	113,0783	113,1018
“	15	0,1529	5,7	99,3014	99,3071
“	16	0,1393	5,1	64,8015	64,7910
“	17	0,1529	5,7	99,3014	99,3071
“	18	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	19	0,159	6	120,441	120,4724
“	20	0,0832	3,8	16,0102	16,0028
“	21	0,0429	3,1	4,4819	4,4815
“	22	0,0537	3,3	6,7676	6,7634
“	23	0,01194	4,5	38,1562	38,1718
“	24	0,0832	3,8	16,0102	16,0028
Pazartesi	1	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	2	0,0482	3,2	5,5388	5,5336
“	3	0,0594	3,4	8,1874	8,1852
“	4	0,0594	3,4	8,1874	8,1852
“	5	0,0947	4	21,2546	21,2612
“	6	0,0155	2,4	0,7514	0,7503
“	7	0,0155	2,4	0,7514	0,7503
“	8	0,1715	6,8	189,1099	189,1650

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	9	0,1692	7,8	281,5838	281,5327
“	10	0,1594	8,4	331,3215	331,3280
“	11	0,1536	8,7	354,7092	354,6206
“	12	0,163	8,2	315,1757	315,2613
“	13	0,1663	8	298,5972	298,6814
“	14	0,1678	7,9	290,1327	290,1803
“	15	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	16	0,1714	7,6	263,8609	263,8005
“	17	0,1704	7,7	272,8131	272,7381
“	18	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	19	0,1732	7,3	236,2871	236,2363
“	20	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
“	21	0,0772	3,7	13,7134	12,7143
“	22	0,029	2,8	2,2325	2,2327
“	23	0,013	2,3	0,5546	0,5537
“	24	0,013	2,3	0,5546	0,5537
Salı	1	0,0251	2,7	1,7325	1,7307
“	2	0,0215	2,6	1,3252	1,3260
“	3	0,0653	3,5	9,8184	9,8114
“	4	0,0089	2,1	0,2890	0,2896
“	5	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	6	0,1105	4,3	30,8099	30,7962
“	7	0,1306	4,8	50,6512	50,6391
“	8	0,1366	5	59,8803	59,8768
“	9	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	10	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	11	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
“	12	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	13	0,1663	8	298,5972	298,6814
“	14	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	15	0,1714	7,6	263,8609	263,8005
“	16	0,1692	7,8	281,5838	281,5327
“	17	0,1732	7,3	236,2871	236,2363
“	18	0,1692	7,8	281,5838	281,5327
“	19	0,1679	6,5	161,7016	161,7371
“	20	0,1508	5,6	92,8728	92,8727
“	21	0,0251	2,7	1,7325	1,7307
“	22	0,013	2,3	0,5546	0,5537
“	23	0,1306	4,8	50,6512	50,6391
“	24	0,1366	5	59,8803	59,8268
Çarşamba	1	0,1151	4,4	34,3840	34,3871
“	2	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	3	0,1508	5,6	92,8728	92,8727
“	4	0,1487	5,5	86,7606	81,5818
“	5	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	6	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	7	0,1465	5,4	80,8988	80,8713
“	8	0,1508	5,6	92,8728	92,8727
“	9	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	10	0,1732	7,1	217,3934	217,4291
“	11	0,1678	7,9	290,1327	290,1803
“	12	0,1613	8,3	323,4388	323,3544
“	13	0,131	9,8	432,3874	432,4995
“	14	0,1268	10	444,675	444,8185

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	15	0,1162	10,5	471,7344	471,7168
“	16	0,1414	9,3	398,8612	398,7767
“	17	0,1613	8,3	323,4388	323,3544
“	18	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	19	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	20	0,1105	4,3	30,8099	30,7962
“	21	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	22	0,1306	4,8	50,6512	50,6391
“	23	0,1002	4,1	24,2182	24,2257
“	24	0,089	3,9	18,5143	18,5189
Perşembe	1	0,0947	4	21,2546	21,2612
“	2	0,1393	5,1	64,8015	64,7910
“	3	0,1442	5,3	75,2863	75,2722
“	4	0,159	6	120,441	120,4724
“	5	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
“	6	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
“	7	0,1487	5,5	86,7606	86,7325
“	8	0,1729	7	207,9757	207,9795
“	9	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	10	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	11	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	12	0,1722	7,5	254,7654	254,7280
“	13	0,1647	8,1	307,9532	307,0397
“	14	0,1714	7,6	263,8609	263,7981
“	15	0,1732	7,3	236,2871	237,8005
“	16	0,1705	6,7	179,8342	179,8774
“	17	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	18	0,1715	6,8	189,1099	189,1650
“	19	0,161	6,1	128,156	128,1560
“	20	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	21	0,1418	5,2	69,9213	69,9177
“	22	0,013	2,3	0,5546	0,5537
“	23	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	24	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
Cuma	1	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	2	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	3	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	4	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	5	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	6	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	7	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	8	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	9	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	10	0,0059	1,9	0,1419	0,1430
“	11	0,1055	4,2	27,4109	27,4065
“	12	0,1235	4,6	42,1564	42,1442
“	13	0,1337	4,9	55,1624	55,1626
“	14	0,1105	4,3	30,8099	30,7962
“	15	0,0772	3,7	13,7134	13,7143
“	16	0,029	2,8	2,2325	2,2327
“	17	0,0155	2,4	0,7514	0,7503
“	18	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	19	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	20	0,0011	1,2	0,0066	0,0069

Çizelge 9.5. (devam). Cp ve rüzgâr hız değerlerine göre hesaplamalar ve matematiksel model ile elde edilen Eylül ayı güç değerleri.

“	21	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	22	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	23	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	24	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
Cumartesi	1	0,0024	1,5	0,0284	0,0286
“	2	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	3	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	4	0,0015	1,3	0,0115	0,0114
“	5	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	6	0,0038	1,7	0,0654	0,0663
“	7	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	8	0,0031	1,6	0,0445	0,0440
“	9	0,0019	1,4	0,0182	0,0183
“	10	0,0011	1,2	0,0066	0,0069
“	11	0,0073	2	0,2048	0,2050
“	12	0,0594	3,4	8,1874	8,1852
“	13	0,1272	4,7	46,3131	46,3003
“	14	0,1647	6,3	144,4238	144,4179
“	15	0,1693	6,6	170,6916	170,7220
“	16	0,0537	3,3	6,7676	6,7634
“	17	0,0089	2,1	0,2890	0,2896
“	18	0,0379	3	3,5886	3,5915
“	19	0,1151	4,4	34,3840	34,3871
“	20	0,0429	3,1	4,4819	4,4815
“	21	0,0333	2,9	2,8481	2,8475
“	22	0,0832	3,8	16,0102	16,0028
“	23	0,0048	1,8	0,0981	0,0982
“	24	0,0482	3,2	5,5388	5,5336

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Özge ALKAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 24.11.1991/ Düzce
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : alkanozge81@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Elektrik Elektronik Müh.	Düzce Üniversitesi	2018
Lisans	Elektrik Elektronik Müh.	Düzce Üniversitesi	2015
Lise	Fen Bilimleri	Cumhuriyet Anadolu Lisesi	2009