



T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

FOTOVOLTAİK SİSTEMLER VE R İLE VERİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS

Emrah İDMAN

166301106

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

İstanbul, 2018



T.C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

FOTOVOLTAİK SİSTEMLER VE R İLE VERİ ANALİZİ

Yüksek Lisans

Tezi Hazırlayan: **Emrah İDMAN**

İstanbul, 2018

TEZLİ YÜKSEK LİSANS SINAV TUTANAGI

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi/doktora tezi/dönem projesi olarak sunduğum “Fotovoltaik Sistemler ve R ile Veri Analizi ” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullandıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Emrah İDMAN

26.02.2018

ONAY

Tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumun 1 yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

Emrah İDMAN

26.02.2018

ÖZET

FOTOVOLTAİK SİSTEMLER VE R İLE VERİ ANALİZİ

Emrah İDMAN

Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

Şubat,2018 - 70 Sayfa

Bu tez çalışmasında, yenilenebilir enerji sistemlerinden özellikle fotovoltaik sistemleri ve fotovoltaik sistemlerle ilgili performans analizlerinin R programlama ile irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 64 KW lık bir gerçek güneş santrali verileri göz önüne alınarak R programlama ile analizler yapılmıştır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde, fotovoltaik ile ilgili temel kavram ve kurallar ele alınmıştır. Tezin ikinci bölümünde ise, R Programlama ile yapılan analizlere yer verildi.

Sonuç, şebekeye bağlı sistem ölçümlerinde, dünya ile güneş arasındaki mesafenin değiştiği günlerde ve gün dönümlerinde ışınımın sıcaklığa bağlı olarak değişmesi sonucunda gücün değiştiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Işınım, Sıcaklık, Nem, On-Grid, Of-Grid, R Programlama

ABSTRACT

PHOTOVOLTAIC SYSTEMS AND DATA ANALYSIS WITH R

Emrah İDMAN

Graduate Thesis, Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

Feb,2018 – 70 pages

In this thesis, it is aimed to investigate the performance analysis of renewable energy systems, especially photovoltaic systems by R programming language. For this purpose, analyzes has done by R programming language considering 64 KW real solar power plant data.

In the first part of the thesis, basic concepts and rules related to photovoltaics are discussed. In the second part of the thesis, analyzes done by R programming language are given.

As a result, it has been observed that in the grid circuit system measurements, with the change in radiation depending on the temperature on special days such as solstices, equinoxes the electrical power also changes.

Key words: Radiation, Temperature, Humidity, On grid, Off grid, R Programming

ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Bu tez çalışmasında fotovoltaik sistemler ve R ile veri analizi ortaya konmuştur.

Bu çalışmanın hazırlanmasında yoğun akademik çalışmaları arasında zamanını ayırarak bana yol gösteren ve her türlü ilgi ve desteği esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Osman YILDIRIM' a; Yüksek lisans eğitimim boyunca tecrübe ve bilgilerini öğrencilerine aktaran değerli hocalarıma; çalışmam boyunca bana maddi ve manevi destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İSTANBUL, 2018

Emrah İDMAN

İÇİNDEKİLER

TEZLİ YÜKSEK LİSANS SINAV TUTANAGI.....	i
YEMİN METNİ.....	ii
ONAY.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
BİRİNCİ BÖLÜM.....	1
1. Giriş.....	1
1.1. Temel kavram ve Tanımlar.....	1
1.2. PV Hücre Özellikleri.....	3
1.3. Fotovoltaik Etki.....	3
1.4. Fotovoltaik Paneller.....	4
1.5. Fotovoltaik Sistemler.....	4
1.6. Yenilenebilir Enerjiler.....	5
1.7. GES-RES.....	6
İKİNCİ BÖLÜM.....	8
2. Güneş Santralleri.....	8
2.1. Fotovoltaik Sistemlere R ile Veri Analizi.....	8
2.1.1. Veri Analizi – 21 Mart 2015.....	8
2.1.2. Veri Analizi – 23 Eylül 2015.....	16
2.1.3. Veri Analizi – 21 Haziran 2015.....	23
2.1.4. Veri Analizi – 21 Aralık 2015.....	30
2.1.5. Veri Analizi – 3 Ocak 2015.....	36
2.1.6. Veri Analizi - 4 Temmuz 2015.....	44
SONUÇ.....	51
KAYNAKÇA.....	52
EKLER.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	56

KISALTMALAR LİSTESİ

GES: Güneş Enerji Sistemleri

PV: Fotovoltaik

DC: Doğru Akım

AC: Alternatif Akım

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. 21 Mart 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon.....	12
Tablo 2. 21 Mart 2015 Sıcaklık-Işınım Lineer Modeli.....	13
Tablo 3. 21 Mart 2015 Sıcaklığa Bağlı Işınım Denklemi.....	14
Tablo 4. 21 Mart 2015 DC Işınım Lineer Modeli.....	14
Tablo 5. 21 Mart 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model.....	15
Tablo 6. 21 Mart 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model.....	15
Tablo 7. 21 Mart 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model.....	15
Tablo 8. 21 Mart 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar.....	16
Tablo 9. 21 Mart 2015 DC Işınım Denklemi.....	16
Tablo 10. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon.....	20
Tablo 11. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli.....	20
Tablo 12. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi.....	21
Tablo 13. 23 Eylül 2015 DC Işınım Lineer Modeli.....	21
Tablo 14. 23 Eylül 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model.....	21
Tablo 15. 23 Eylül 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model.....	22
Tablo 16. 23 Eylül 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model.....	22
Tablo 17. 23 Eylül 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar.....	22
Tablo 18. 23 Eylül 2015 DC Işınım Denklemi.....	22
Tablo 19. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon.....	26
Tablo 20. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli.....	27
Tablo 21. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi.....	27
Tablo 22. 21 Haziran 2015 DC Işınım Lineer Modeli.....	28
Tablo 23. 21 Haziran 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model.....	28
Tablo 24. 21 Haziran 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model.....	29
Tablo 25. 21 Haziran 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model.....	29
Tablo 26. 21 Haziran 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar.....	29
Tablo 27. 21 Haziran 2015 DC Işınım Denklemi.....	29
Tablo 28. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon.....	33
Tablo 29. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli.....	34
Tablo 30. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi.....	34
Tablo 31. 21 Aralık 2015 DC Işınım Lineer Modeli.....	35
Tablo 32. 21 Aralık 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model.....	35
Tablo 33. 21 Aralık 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model.....	35
Tablo 34. 21 Aralık 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model.....	36
Tablo 35. 21 Aralık 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar.....	36
Tablo 36. 21 Aralık 2015 DC Işınım Denklemi.....	36
Tablo 37. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon.....	40
Tablo 38. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli.....	41
Tablo 39. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi.....	41
Tablo 40. 3 Ocak 2015 DC Işınım Lineer Modeli.....	42
Tablo 41. 3 Ocak 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model.....	42
Tablo 42. 3 Ocak 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model.....	42
Tablo 43. 3 Ocak 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model.....	43
Tablo 44. 3 Ocak 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model Katsayılar.....	43
Tablo 45. 3 Ocak 2015 DC Işınım Denklemi.....	43
Tablo 46. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon.....	47

Tablo 47. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli.....	48
Tablo 48. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi	48
Tablo 49. 4 Temmuz 2015 DC Işınım Lineer Modeli.....	49
Tablo 50. 4 Temmuz 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model	49
Tablo 51. 4 Temmuz 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model	49
Tablo 52. 4 Temmuz 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model	50
Tablo 53. 4 Temmuz 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar	50
Tablo 54. 4 Temmuz 2015 DC Işınım Denklemi	50

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Işınımın şematik gösterimi (Kaynak: Mc Michael, 1996).....	2
Şekil 2. Fotovoltaik Etki Şematik Gösterim	3
Şekil 3. Fotovoltaik paneller.....	4
Şekil 4. Şebekeye bağlı PV sisteminin topolojisi.....	5
Şekil 5. 21 Mart 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı.....	9
Şekil 6. 21 Mart 2015 DC Güç Zaman	9
Şekil 7. 21 Mart 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği	10
Şekil 8. 21 Mart 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi	10
Şekil 9. 21 Mart 2015 Işınım Sıklık Grafiği	11
Şekil 10. 21 Mart 2015 Işınımın Zamana Bağlı Değişimi	11
Şekil 11. 21 Mart 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği.....	12
Şekil 12. 21 Mart 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu	13
Şekil 13. 23 Eylül 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı.....	16
Şekil 14. 23 Eylül 2015 DC Güç Zaman	17
Şekil 15. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği	17
Şekil 16. 23 Eylül 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi	18
Şekil 17. 23 Eylül 2015 Işınım Sıklık Grafiği.....	18
Şekil 18. 23 Eylül 2015 Işınımın Zamana Bağlı Değişimi	19
Şekil 19. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği	19
Şekil 20. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu	20
Şekil 21. 21 Haziran 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı.....	23
Şekil 22. 21 Haziran 2015 DC Güç Zaman	23
Şekil 23. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği	24
Şekil 24. 21 Haziran 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi	24
Şekil 25. 21 Haziran 2015 Işınım Sıklık Grafiği.....	25
Şekil 26. 21 Haziran 2015 Işınımın Zamana Bağlı Değişimi	25
Şekil 27. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği.....	26
Şekil 28. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu	27
Şekil 29. 21 Aralık 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı.....	30
Şekil 30. 21 Aralık 2015 DC Güç Zaman	30
Şekil 31. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği	31
Şekil 32. 21 Aralık 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi	31
Şekil 33. 21 Aralık 2015 Işınım Sıklık Grafiği.....	32
Şekil 34. 21 Aralık 2015 Işınımın Zamana Bağlı Değişimi	32
Şekil 35. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği	33
Şekil 36. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu	34
Şekil 37. 3 Ocak 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı.....	37
Şekil 38. 3 Ocak 2015 DC Güç Zaman	37
Şekil 39. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği	38
Şekil 40. 3 Ocak 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi	38
Şekil 41. 3 Aralık 2015 Işınım Sıklık Grafiği.....	39
Şekil 42. 3 Ocak 2015 Işınımın Zamana Bağlı Değişimi	39
Şekil 43. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği	40
Şekil 44. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu	41
Şekil 45. 4 Temmuz 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı.....	44
Şekil 46. 4 Temmuz 2015 DC Güç Zaman	44

Şekil 47. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği	45
Şekil 48. 4 Temmuz 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi	45
Şekil 49. 4 Temmuz 2015 Işınım Sıklık Grafiği	46
Şekil 50. 4 Temmuz 2015 Işınımın Zamana Bağlı Değişimi	46
Şekil 51. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği	47
Şekil 52. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu	48

BİRİNCİ BÖLÜM

1. Giriş

Yenilenebilir enerji sistemleri gelişen teknolojilerle birlikte daha kolay elde edilebilir hale gelmektedir. Örneğin yarı iletken teknolojisinin gelişmesi, güneşten gelen ışınımın kolaylıkla elektriksel enerji halinde elde edilmesini kolaylaştırmaktadır. Değişik teknolojilerin kullanılması ile güneş ışınımı enerjisi faydalı ve kullanılabilir enerjilere doğrudan dönüştürülebilir. Güneş pilleri (fotovoltaik) denilen cihazlar vasıtası ile güneş ışınları doğrudan doğruya elektrik enerjisi haline dönüştürülebilir.

Yenilenebilir enerjiler, ekonomik açıdan büyük fırsatlar sunmaktadır. Sürdürülebilir enerji kaynakları gelişen teknoloji ile daha da büyük önem kazanmaktadır. Diğer yandan çevre bilincinin yükselmesi, toplumların doğayı tüketmeden ve doğayı kirletmeden yaşamasına yol açmaktadır.

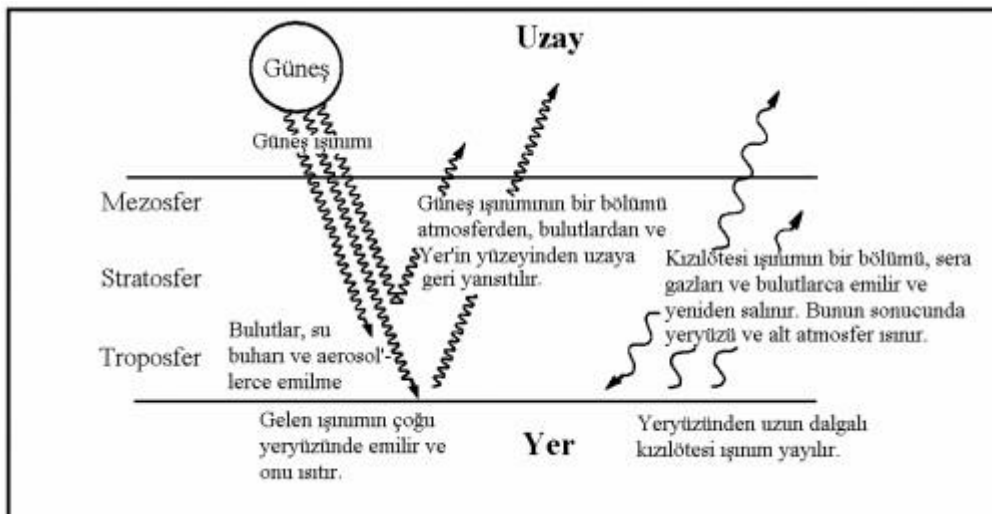
Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi çalışmaları 1950' den beri yoğun bir şekilde sürmektedir. İlk güneş pilleri 1950 yılında yapılmış ve bunlar vasıtası ile doğrudan güneş ışınımının elektrik üretimine dönüştürülmesi mümkün olmuştur. Güneş pilleri bugün için hesap makinelerinde, uzak iletişim merkezlerinde, aydınlatmada, ışıklandırmada ve bazı ülkelerde su pompalarının çalıştırılmasında kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji sonucunda, eskiden çok pahalı olan güneş enerjisinin 1 kWh' i bugünlerde 1000 kat azalmıştır (Şen, 2009: 64).

1.1. Temel kavram ve Tanımlar

Güneş enerji sistemleri hangi bölgeye kurulacak ise, o bölgedeki meteorolojik faktörlerin göz önünde bulundurulmaktadır (Işıklar, Yeşilata ve Bulut, 2006). Diğer yandan, güneş enerji sisteminde yer alan silisyum bazlı panellerin özellikleri değerlendirilmektedir (Markvart ve Castaner, 2003).

Veri analizinde kullanılan parametreler ile ilgili açıklamalar aşağıdadır.

- **Nem:** Atmosfer içindeki su buharına nem denir. Nem hipometre ile ölçülür. Nem Mutlak nem, Maksimum nem ve bağıl nem olmak üzere üç çeşittir.
 - (a) Mutlak Nem: 1 m³ hava içerisinde bulunan su buharının gr olarak ağırlığına mutlak nem denir.
 - (b) Maksimum nem: 1 m³ havanın belirli sıcaklıkta taşıyabileceği en fazla nem miktarına maksimum nem denir. Maksimum nem sıcaklığa bağlı olarak değişir. Sıcaklık artıkça havanın genişlemesinden dolayı taşıyabileceği nem miktarı artar. Sıcaklık azaldıkça hava daralır ve böylece taşıyabileceği nem miktarı azalır. Sıcaklıkla maksimum nem doğru orantılıdır.
 - (c) Bağıl nem: Mutlak nemin, maksimum neme oranına bağıl nem denir. Ayrıca buna havanın neme doyma oranı da denir. Yüzde (%) olarak ifade edilir. Bağıl Nem = (Mutlak Nem / Maksimum Nem) x 100
- **Sıcaklık:** Ölçüm yapıldığı andaki hava sıcaklığı sıcaklık değeri olarak kullanılır.
- **Işınım (Radyasyon):**



Şekil 1. Işınımın şematik gösterimi (Kaynak: Mc Michael, 1996)

1.2. PV Hücre Özellikleri

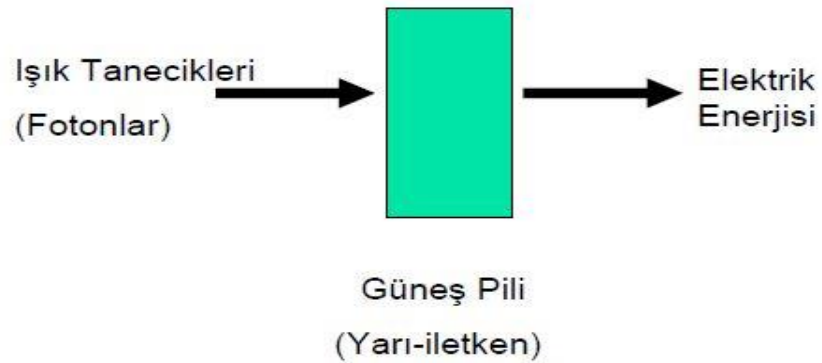
Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül denir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç Watt'tan, Megawatt'lara kadar güç üretmek için sistem oluşturulur.

1.3. Fotovoltaik Etki

Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi çok uzun yıllar öncesine dayanmaktadır. Ancak güneş enerjisinin elde edildiği düzenekler hem verimsiz hem de eski teknoloji ile yapıldığından istenen amaçlar gerçekleştirilmemekteydi.

Son yıllarda, çevre bilincinin yükselmesi, doğayı tüketmeden yaşamayı, doğayı kirletmeden sistem arayışlarının hızlandırmıştır. Diğer yandan özellikle güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi gelişen teknoloji ile daha kolay kurulabilir hale gelmiş ve daha verimli sistemler yaratılmıştır (Karamanav, 2007; Girgin, 2010). Örneğin güneş takip sistemleri, güneş enerjisinden daha uzun süre faydalanmayı mümkün hale getirmiştir (Karimov, Saqibb, Akhterc, Ahmedd, Chatthad, ve Yousafzaid, 2005).

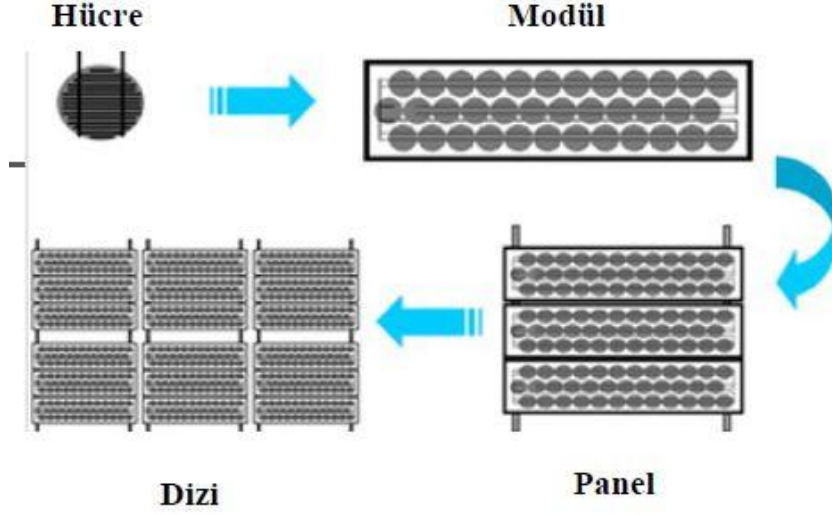
Güneş enerji sistemi için en genel şematik gösterim Şekil.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Fotovoltaik Etki Şematik Gösterim

1.4. Fotovoltaik Paneller

Silisyum bazlı, mono kristal veya polikristal modüllerin bir araya gelmesi ile paneller oluşturulmaktadır (Wüffel ve Wüffel, 1961).



Şekil 3.Fotovoltaik paneller

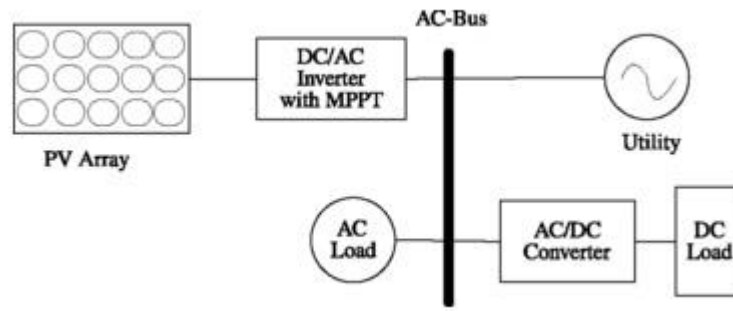
1.5. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik sistemler, güneş ışığından doğrudan elektrik enerjisi sağlanmasında kullanılan araçlardır. Fotovoltaik sistemlerin en önemli unsuru (PV) olan Fotovoltaik paneller hücrelerden (cells) oluşur. Hücreler güneş enerjisini Fotovoltaik etki yolu ile elektrik enerjisine dönüştüren unsurlardır.

Fotovoltaik hücreler, bir modül halinde geniş alanda, p-n diyotlarının birleştirilmesinden oluşmaktadır. Fotovoltaik sistemler hiçbir hareketli parçaya sahip olmamak ile birlikte, sessiz ve titreşimsizdir. Soğutma veya uzun kulelere gerek duymazlar. Güneşe karşı karşıya yerleştirilmiş her bir hücre önce birkaç kWh enerji tüketir ve sonra kWh enerji üretmeye başlar. Fotovoltaik hücrelerin ilk uygulamaları uydular ve diğer uzay araçları için güç kullanımında başlamış ve daha sonra küçük ev aletlerinde kullanılan birçok uygulamalar geliştirilmiştir.

Bir hücrenin veya modülün ürettiği elektrik enerjisi genellikle, bir evin veya işyerinin ihtiyacını karşılayacak düzeyde değildir. Modüller normal olarak bir dizi halinde birbirlerine bağlanması ile oluşur.

Çoğunlukla PV dizileri, Şekil 4’de görüldüğü gibi bir inverter kullanarak hücrelerin içinde oluşan doğru akımı (DC), alternatif akıma (AC) dönüştürerek aydınlatmalar, motorlar, evsel güç veya sanayi yükleri için şebekeye basmaktadır. Bir PV dizisi içindeki modüller, uygun bir gerilim elde etmek için seri olarak bağlanmış ve bu paralelde istenen akım üretilmiş olmaktadır (Kalogirou, 2014;Kital, 2011).



Şekil 4. Şebekeye bağlı PV sisteminin topolojisi

Şekil 4. de görüldüğü gibi şebekeye bağlı PV sisteminin topolojisi gösterilmiştir. Yük, bir PV sistemiyle ve elektrik alt yapısı ile beslenebilir. Elektrik alt yapısından beslenen yük güç tüketmez (Camacho, Manuel, Rubio ve Martinez, 2012).

Fotovoltaik Sistemler iki şekilde uygulanmaktadır.

On-Grid Sistemler (Şebekeye bağlı sistemler)

Off-Grid Sistemler (Şebekeye bağlı olmayan sistemler)

1.6. Yenilenebilir Enerjiler

Yenilenebilir enerji, sürekli olarak üretimi doğadan sağlanan, üretim için kullandığı kaynakların tükenme hızından çok daha kısa sürede kendini yenileyebilen enerji olarak tanımlanabilir. Yenilenebilir enerji, kaynağı asla tüketmeden, doğal süreçlerle ortaya çıktığından çevreye verdikleri zararda oldukça azdır.

Avrupa Birliği Komisyonu tarafından belli bir konuyu Avrupa Birliği ülkeleri düzeyinde tartışmaya açmak ve bütün tarafların fikir üretmelerini sağlayarak konuyu olgunlaştırmak amacıyla hazırlanan temel yazılardır. Bu danışma süreci sonucunda Birliğin faaliyetlerini yönlendirmek amaçlı Beyaz Kitap meydana çıkabilmektedir.

Bu açıdan bakıldığında Yeşil Kitap, Avrupa Birliği Komisyonu'nun bir "niyet göstergesi" olup mevcut politikalar açısından uyulması zorunlu bir belge değildir, ancak "Beyaz Kitap" haline dönüşmesi durumunda bağlayıcı olabilmektedir. Yine de gelecekteki politikaların oluşumuna basamak teşkil eden en önemli belge olarak Yeşil Kitap süreci önemli bir süreç sayılır.

Yeşil kitap oluşturuluncaya değin; AB içerisinde deniz taşımacılığı, endüstri, sahil bölgeleri, açık deniz enerji, balıkçılık bölgeleri, deniz çevresi, sosyo-ekonomik uyuşum ve diğer benzeri alanlar için üretilen politikalar birbirinden bağımsız olarak geliştirilmekte idi ve bu politikaların birbirine destek olacak şekilde nasıl bir araya getirileceği konusunu inceleyen yoktu. Bütün bu unsurları bir araya getirerek AB için okyanuslarla ilgili bir yön çizmek için zaman olgunlaşmıştı. Yeşil Kitap; AB'nin okyanusları ve denizleri bir bütünün birbirleri ile iletişimde olan organik parçaları şeklinde görerek gelecekteki denizcilik politikalarını şekillendirmesi için bir tartışma ortamı ortaya koymayı amaçlamaktadır (www.shortsea.org.tr).

Halen tüketilen en büyük enerji kaynağını fosil yakıtlar ihtiyacı karşılamaktadır. Bilindiği gibi, fosil yakıtlar milyonlarca yıl boyunca çürüyen bitki, hayvan, dinazor vs. canlılar ve basınç etkisinin birleşimi ile meydana gelmiştir. Önümüzdeki yıllarda enerji üretimi, çoğunlukla yenilenebilir enerji kaynaklarına kaymaktadır.

1.7. GES-RES

Yenilenebilir enerjilerin en başta gelenleri güneş enerji sistemleri (GES) ve rüzgar enerji sistemleri (RES) olarak ifade edilebilir. GES, güneş ışınım değerlerinin en iyi olduğu bölgelerde boy gösterirken, RES daha çok rüzgar kalitesinin iyi olduğu bölgelerde kurulmaktadır. GES veya RES haritaları hazırlanarak girişimcilere, çeşitli kurumlar tarafından faydalı bilgiler sunulmaktadır.

Güneş enerjisinden istifade etmek için fotovoltaik paneller kullanılmaktadır. Güneşten gelen ışınımın en yüksek oranda elektriğe çevrilmesi için tasarımcılar bir takım meteorojik parametreleri dikkate alırlar. Örneğin panel açısı, nem, rüzgar, sıcaklık benzeri parametrelerini hesaba katan ve ışınım için maksimum güç izleme noktası verecek algoritmaları yapılırlar.

Gelenek olarak rüzgar enerjisi sistemleri, rüzgar türbini, generatör, türbin ile generatör arasında bir dişli sistemi ve güç elektroniği çevirici/eviricilerinden oluşur. Aslına bakılırsa rüzgar gücü üç bin yıldan beri kullanılmaktadır. Başlangıçta, rüzgar, mekanik güç elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Fosil yakıtların kullanımı, rüzgar gücünü ve kullanımını biraz geriye itse de, 1970'li yıllarda rüzgar gücüne olan ilgiyi yeniden canlandırmıştır.

1970'li yıllardan başlamak üzere, elektrik üretimi amacıyla ilk rüzgar türbini yapılarak, adım adım geliştirmeler yapıldı. 1990'lı yılların sonlarında ise rüzgar enerjisi sürdürülebilir enerji kaynakları arasında yerini almış oldu. Yirminci yüzyılın sonunda, dünya genelinde rüzgar kapasitesi her üç yılda bir iki katına çıkmıştır (Rüzgar Gücü, 1999; Ackermann, 2009; Knight ve Peters, 2006).

Rüzgar enerjisinin tarihsel gelişimini veren bir dizi yayın mevcuttur (Shepherd, 1990; Heymann, 1995; Richter, 1996; Gipe, 1995; Hills,1994). Ancak burada rüzgardan mekanik enerji üretimi yapmaktan çok, rüzgar gücünden elektrik enerjisi üretimi üzerinde durulacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. Güneş Santralleri

Yeryüzüne gelen güneş ışınımının büyük bir kısmı serbest su yüzeyleri (dere, çay, ırmak, nehir, göl, gölet, deniz ve okyanus) tarafından yutularak ısı olarak depolanır. Bunun sonucunda da serbest su yüzeyinden atmosfere su nemi yani buhar taşınır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisinin, dalga enerjisinin ve hatta hidrolik enerjinin kaynağı sayılabilir (Şen, 2009: 62).

2.1. Fotovoltaik Sistemlere R ile Veri Analizi

R programlama dili, yenilenebilir enerjiler başta olmak üzere diğer enerji türlerinin analizinde de son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. R programlamayı diğer analiz programlama dillerinden en büyük farkı, gerçek santrallerinden elde edilen çok büyük boyutlardaki verileri kolaylıkla analiz etme fırsatı sunmasıdır. Bu çalışma kapsamında aşağıda belirtilen yıl içindeki önemli tarihlerdeki gerçek veriler incelenerek belirli çıkarımlar ve modellemeler yapılmıştır.

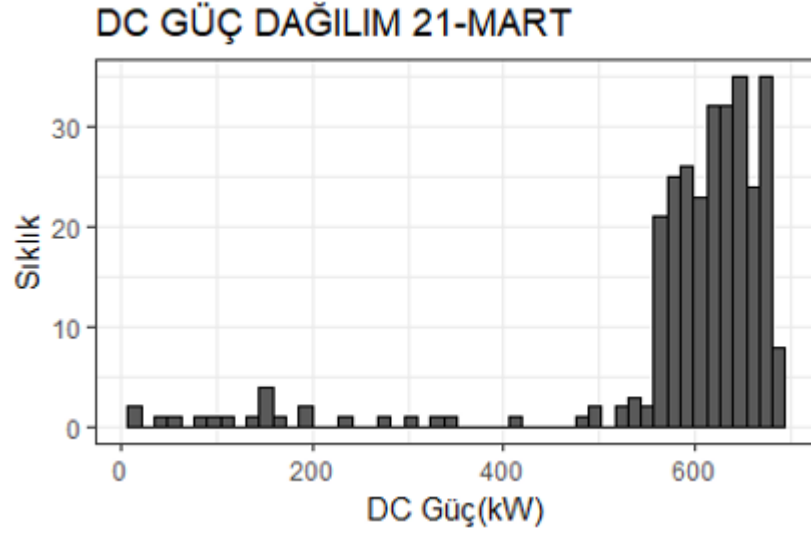
Yıl içindeki önemli tarihler aşağıda belirtilmiştir.

- **21 Mart ve 23 Eylül:** Gece ile gündüzün eşit olduğu günler(ekinoks)Bahar başlangıçları
- **21 Haziran ve 21 Aralık:** Gün Dönümleri(solstis, en uzun ve en kısa günler)
- **3 Ocak:** Dünyanın Güneşe en yakın olduğu gün(günberi uzaklık \approx ~146.400.000 km)
- **4 Temmuz:** Dünyanın Güneşe en uzak olduğu gün(günöte uzaklık \approx ~151.200.000 km)

2.1.1. Veri Analizi – 21 Mart 2015

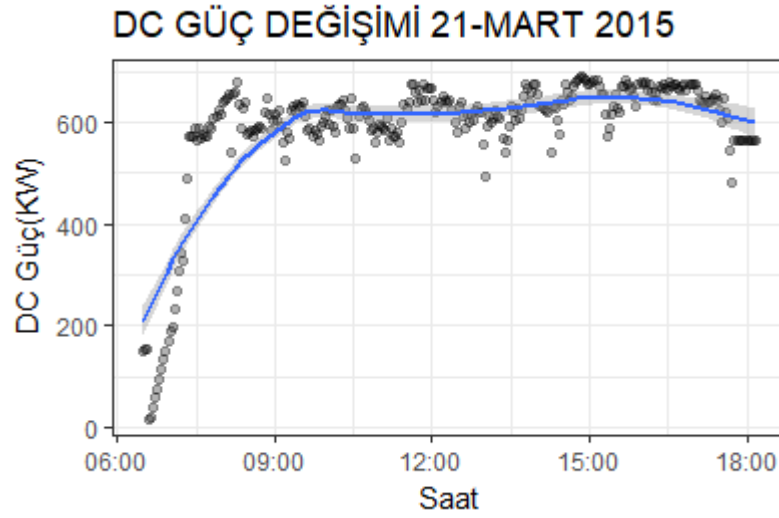
21 Mart, gece ile gündüzün eşit olduğu özel günlerden biridir. Kuzey yarım küre için bahar başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu tarihte gerçek santral verileri alınarak yapılan analizlerde ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Öncelikle ilgili tarihteki DC Güç dağılımına bakılmıştır.



Şekil 5. 21 Mart 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı

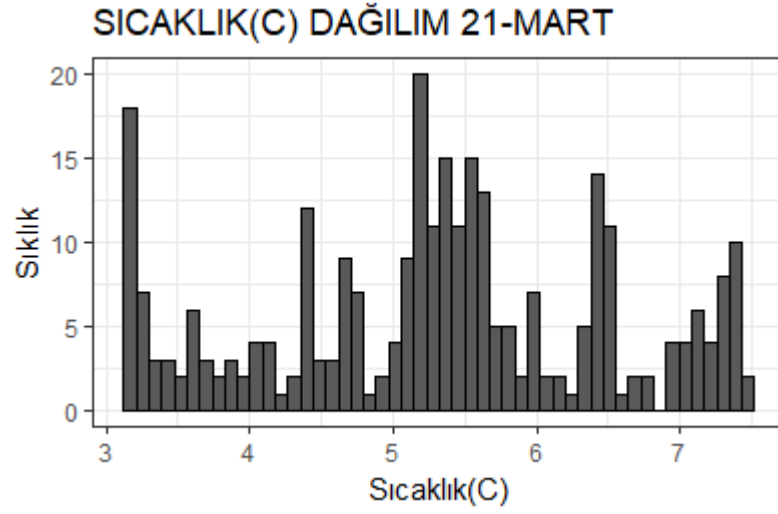
Buna göre Şekil 5. de görüleceği üzere 21 Mart 2015 tarihinde PV panellerden elde edilen DC gücünün sıklıkla 600 kW civarında toplandığı görülmüştür.



Şekil 6. 21 Mart 2015 DC Güç Zaman

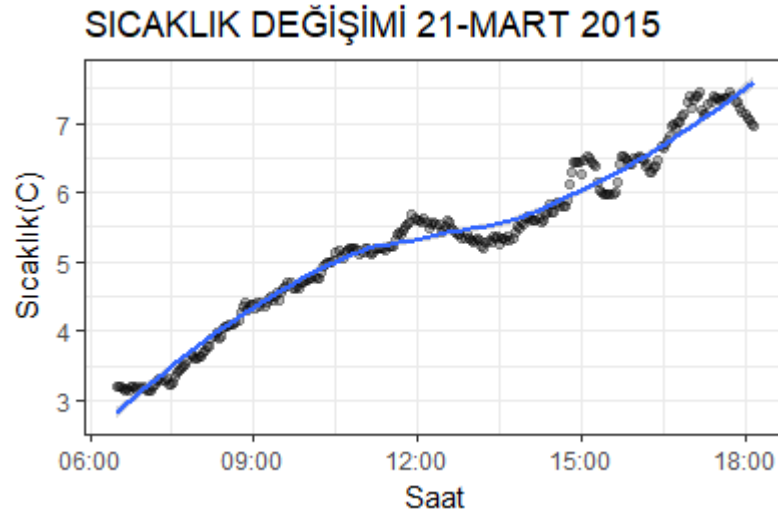
İlgili tarihteki saate göre panelden elde edilen DC güç değişimi ise Şekil 6'daki gibi olmuştur. Buna göre; saat 06.00'dan sonra güneşin ve dolayısı ile ışınımın etkisi ile DC Güç artmaya başlamış ve öğlene doğru 600 kW civarında değişmiştir. Güneşin etkisinin azalmaya başladığı 18.00'e doğru ise elde edilen DC güç azalmaya başlamıştır.

Benzer şekilde bu tarihteki sıcaklık dağılımına bakıldığında Şekil 7’de görüleceği üzere sıcaklık 3 ile 7 C⁰ arasında değişim göstermektedir.



Şekil 7. 21 Mart 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği

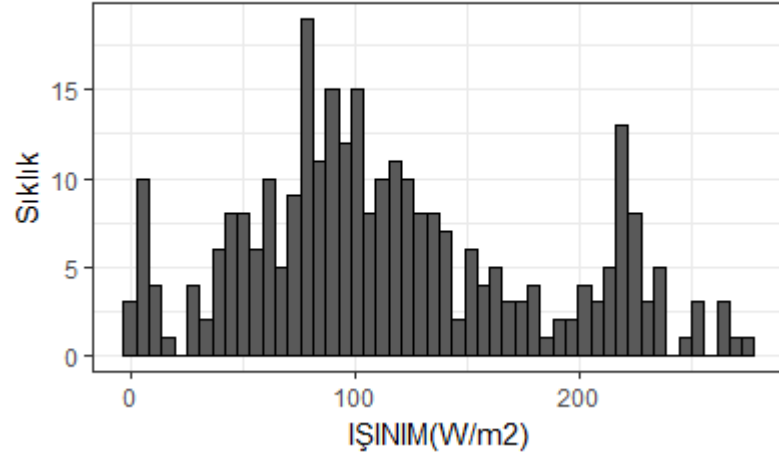
Gün içindeki sıcaklık değişimine bakacak olursak, 06.00 sonrasında sıcaklıkta artan bir eğilim ortaya çıkmaktadır. 18.00 sonrası ise güneşin etkisi kaybetmesi ile sıcaklığın düşmeye başladığı görülmektedir.



Şekil 8. 21 Mart 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi

Işınım sıklık dağılımında ise Şekil 9’dan da görülebileceği üzere ışınımın gün içinde büyük oranda 100W/m² etrafında toplandığı görülse de belirli zamanlarda pik yapıp 200 W/m²’ler mertebesine ulaştığı görülmüştür.

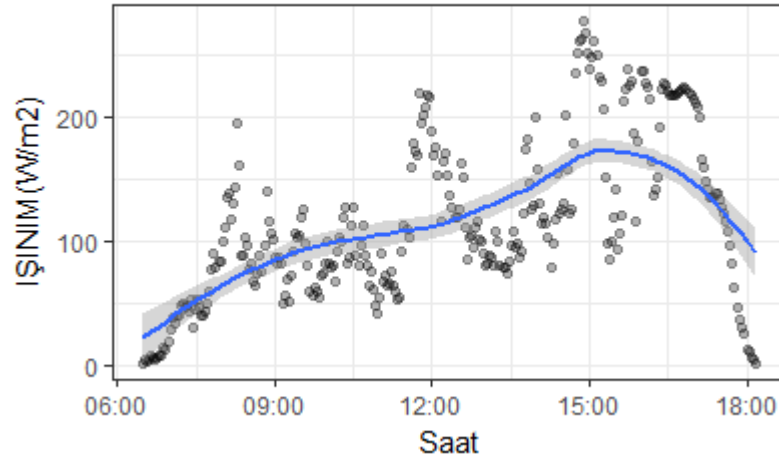
İŞINIM(W/m2) DAĞILIM 21-MART



Şekil 9. 21 Mart 2015 Işınım Sıklık Grafiği

Gün içindeki ışıının değişimine bakıldığında ise sıcaklığın artışına bağlı olarak ışıının kademeli olarak artış gösterdiği ve 18.00'e doğru güneşin etkisinin azalması ile ışıının düşmeye başladığı görülmüştür.

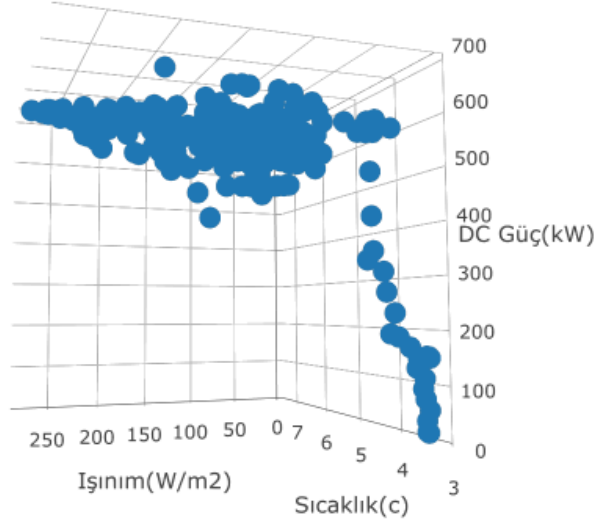
İŞINIM DEĞİŞİMİ 21-MART 2015



Şekil 10. 21 Mart 2015 Işınımın Zamana Bağlı Değişimi

İncelediğimiz 3 değişkenin zaman bağımsız birbirleri ile ilişkisi Şekil 11'deki grafikte görülebilir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere sıcaklık artışı ve dolayısı ile ışınım artışı ile birlikte DC Güç de artmaya başlamıştır.

21 Mart - SICAKLIK, IŞINIM, DC GÜÇ Değişim Grafiği



Şekil 11. 21 Mart 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği

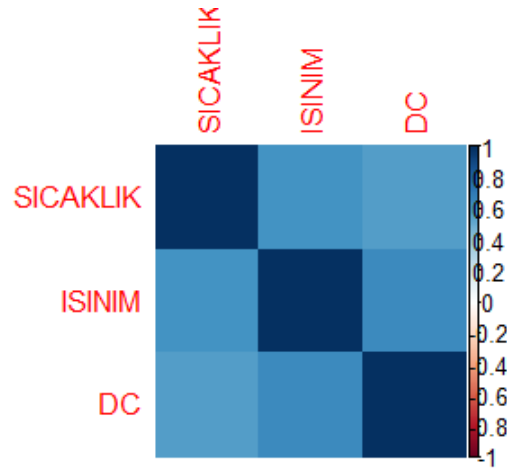
Değişkenler arasındaki ilgileşim(korelasyon) Tablo 1'deki gibi olmuştur. Buna göre:

- Sıcaklıkla Işınım arasında pozitif yönde ilişki görülmüştür.
- Işınımla DC Güç arasında pozitif yönde ilişki görülmüştür.
- Sıcaklıkla DC arasında pozitif yönde ilişki görülmüştür.

KORELASYON	SICAKLIK	ISINIM	DC
SICAKLIK	1	0,5923263	0,5588407
ISINIM	0,5923263	1	0,6302834
DC	0,5588407	0,6302834	1

Tablo 1. 21 Mart 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon

Ortaya çıkan ilişkinin görsel olarak gösterimi ise Şekil 12'deki gibi olmuştur.



Şekil 12. 21 Mart 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu

Sıcaklık değişimine bağlı olarak ışıınımdaki değişimi gözlemek amacı ile R programlama dili yardımı ile lineer bir model oluşturulmuştur. “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakın olması ilgili değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olmasına işaret etmektedir. Ayrıca “R-squared” değerinin 1’e yaklaşması modelin tahmin gücünün kuvvetini göstermektedir.

Residuals:					
Min	1Q	Median	3Q	Max	
-81.199	-29.965	-4.684	26.136	130.958	
Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	-105.185	11.733	-8.965	<2e-16	***
SICAKLIK	43.355	2.205	19.661	<2e-16	***
--- Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 41.47 on 274 degrees of freedom Multiple R-squared: 0.5852, Adjusted R-squared: 0.5837 F-statistic: 386.5 on 1 and 274 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 2. 21 Mart 2015 Sıcaklık-Işınım Lineer Modeli

Buna göre sıcaklık değişimine bağlı ışınım değişim denklemi aşağıdaki gibi olmuştur. Burada “Intercept” denklemin y eksenini kesti nokta, bağlı değişkenin (SICAKLIK) yanında bulunan sayı ise değişkin katsayısı olarak ortaya çıkmıştır.

$$I = -105.185 + 43.355 * S + e$$

I → Işınım

S → Sıcaklık

e → hata terimi

Tablo 3. 21 Mart 2015 Sıcaklığa Bağlı Işınım Denklemi

Bu aşamada Işınım ile DC güç arasındaki ilişkiyi gösteren bir modelleme bulmak amacı ile öncelikle doğrudan DC güç ve Işınım arasındaki lineere modele bakılmıştır.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	433.53482	12.66101	34.24	<2e-16 ***
ISINIM	1.30164	0.09292	14.01	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 99.04 on 274 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.4173, Adjusted R-squared: 0.4152				
F-statistic: 196.2 on 1 and 274 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 4. 21 Mart 2015 DC Işınım Lineer Modeli

Bu model ile IŞINIM ve DC arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlemse de (Pr(>|t|) değeri sıfıra yakındır) “R-squared” değerinin 1’e yakınsayacağı başka senaryoların da gözden geçirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi iki değişken arasındaki ilişkinin tam anlamı ile lineer olmamasıdır. Bu noktada “IŞINIM” değişkenin polinomal kuvvetlerinin kullanıldığı modeller ile deneme yapılması ve tahminlemenin tutarlılığının artırılması hedeflenmektedir. Tablo 5’te görüldüğü üzere bağımsız değişken “IŞINIM” ın 2. dereceden polinomal denklemi ile oluşturulan modelde “R-squared” değeri 0.41’den 0.72’ye çıkmıştır.

Bu, modelin tahmin yeteneğinin Işınlıma bağı 2. derece polinom ile arttığını göstermiştir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	2.145e+02	1.544e+01	13.89	<2e-16	***
ISINIM	5.557e+00	2.551e-01	21.79	<2e-16	***
I(ISINIM^2)	-1.575e-02	9.136e-04	-17.24	<2e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 68.65 on 273 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.7211, Adjusted R-squared: 0.719					
F-statistic: 352.8 on 2 and 273 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 5. 21 Mart 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model

Benzer şekilde 3. dereceden polinomlu modele bakacak olursak “R-squared” değerinin daha da büyüdüğünü görebilir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	7.107e+01	1.500e+01	4.738	3.49e-06	***
ISINIM	1.123e+01	4.260e-01	26.357	< 2e-16	***
I(ISINIM ^2)	-7.003e-02	3.713e-03	-18.860	< 2e-16	***
I(ISINIM ^3)	1.404e-04	9.444e-06	14.870	< 2e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 51.08 on 272 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.8461, Adjusted R-squared: 0.8444					
F-statistic: 498.6 on 3 and 272 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 6. 21 Mart 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model

Son olarak 4. dereceden polinomlu modelde daha iyi bir sonuç alınacağı görülmüştür. Polinom derecesinin daha fazla arttırılması fayda sağlamadığı için en uygun modelin 4. Derecen polinomlu model olduğuna karar verilmiştir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	9.989e-01	1.588e+01	0.063	0.95	
ISINIM_CLEANED	1.629e+01	7.207e-01	22.598	< 2e-16	***
I(ISINIM_CLEANED^2)	-1.544e-01	1.073e-02	-14.393	< 2e-16	***
I(ISINIM_CLEANED^3)	6.324e-04	6.007e-05	10.527	< 2e-16	***
I(ISINIM_CLEANED^4)	-9.262e-07	1.120e-07	-8.272	6.01e-15	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 45.73 on 271 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.8772, Adjusted R-squared: 0.8753					
F-statistic: 483.7 on 4 and 271 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 7. 21 Mart 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model

İlgili modeli katsayıları aşağıdaki gibi ortaya çıkmıştır.

(Intercept)	: 9.988557e-01
ISINIM	: 1.628602e+01
ISINIM^2	: -1.544103e-01
ISINIM^3	: 6.323822e-04
ISINIM^4	: -9.261917e-07

Tablo 8. 21 Mart 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar

Buna göre denklem Tablo 9'daki gibi olmuştur.

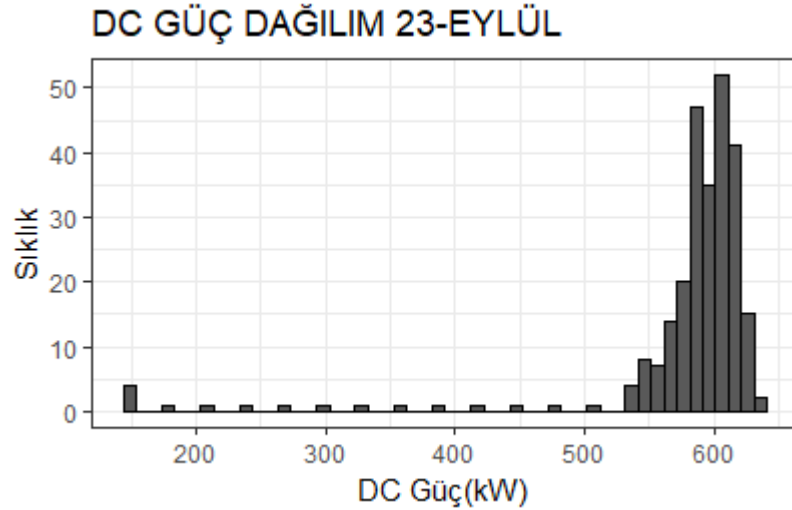
$D = 0.9988557 + 16.28602 * I - 0.1544103 I^2 + 0.0006323822 I^3 - 0.0000009261917 I^4 + e$
D → DC Güç
I → Işınım
e → hata terimi

Tablo 9. 21 Mart 2015 DC Işınım Denklemi

2.1.2. Veri Analizi – 23 Eylül 2015

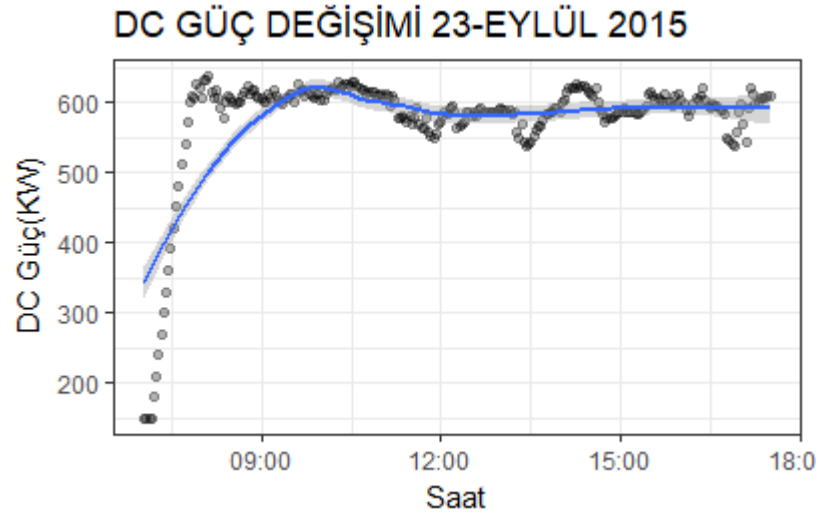
23 Eylül, gece ile gündüzün eşit olduğu özel günlerden biridir. Kuzey yarımküre için son bahar başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu tarihte gerçek santral verileri alınarak yapılan analizlerde ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Öncelikle ilgili tarihteki DC Güç dağılımına bakılmıştır.



Şekil 13. 23 Eylül 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı

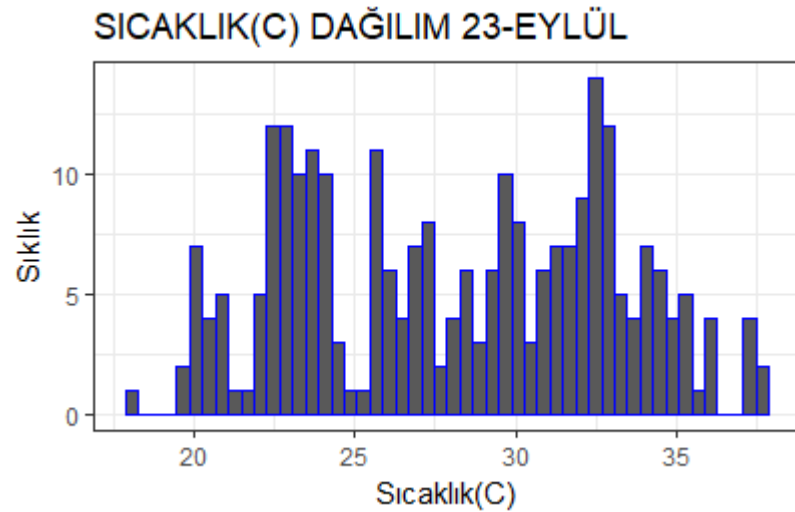
Buna göre Şekil 13’de görüleceği üzere 23 Eylül 2015 tarihinde PV panellerden elde edilen DC gücünün sıklıkla 600 kW civarında toplandığı görülmüştür.



Şekil 14. 23 Eylül 2015 DC Güç Zaman

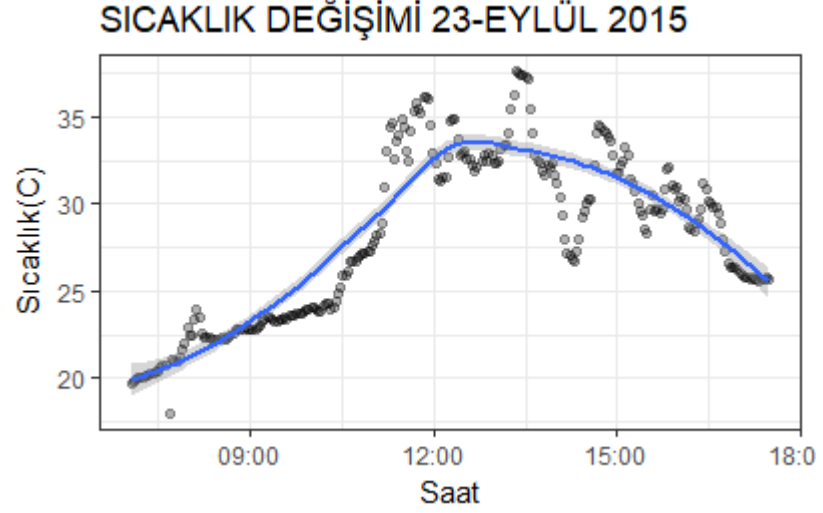
İlgili tarihteki saate göre panelden elde edilen DC güç değişimi ise Şekil 14’teki gibi olmuştur. Buna göre; saat 06.00’den sonra güneşin ve dolayısı ile ışınımın etkisi ile DC Güç artmaya başlamış ve öğlene doğru 600 kW civarında değişmiştir. Güneşin etkisinin azalmaya başladığı 18.00’e doğru ise elde edilen DC güç azalmaya başlamıştır.

Benzer şekilde bu tarihteki sıcaklık dağılımına bakıldığında Şekil 15’de görüleceği üzere sıcaklık 20 C⁰ ile 35 C⁰ arasında değişim göstermektedir.



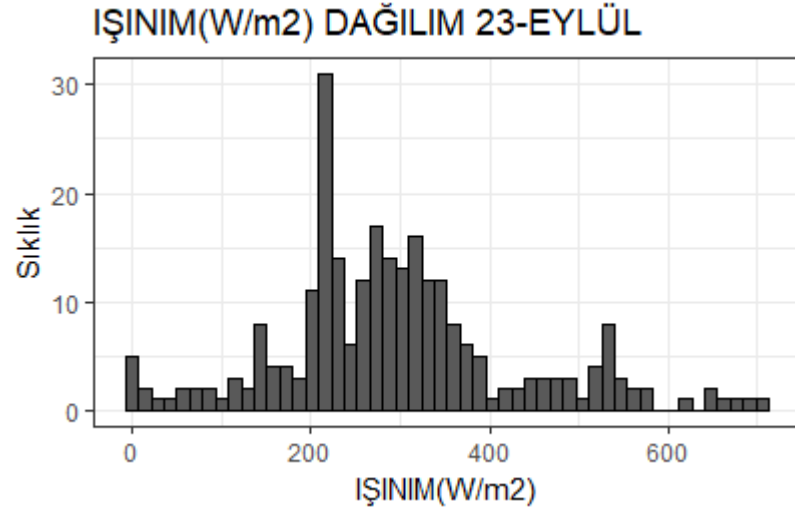
Şekil 15. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği

Gün içindeki sıcaklık değişimine bakacak olursak, 06.00 sonrasında sıcaklıkta artan bir eğilim ortaya çıkmaktadır. 12.00 sonrası sıcaklık 35 C⁰'lere kadar çıkmış, 18.00'e doğru ise güneşin etkisi kaybetmesi ile sıcaklık düşmeye başlamıştır.



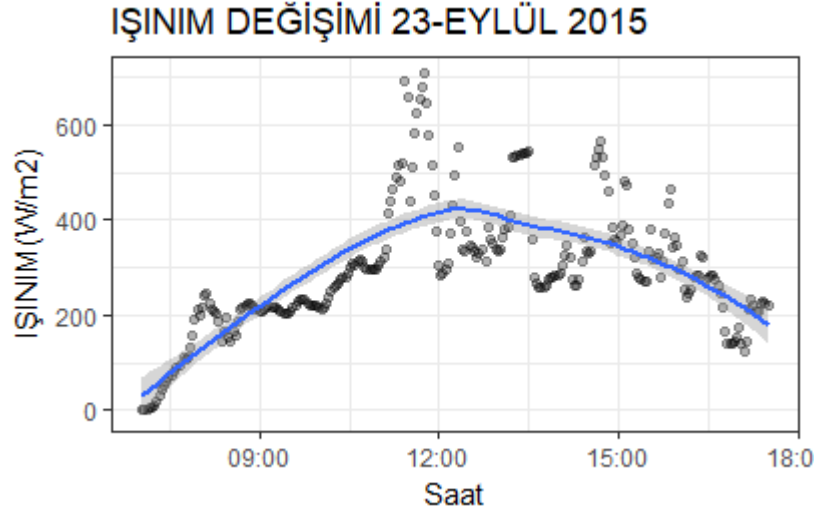
Şekil 16. 23 Eylül 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi

Işınım sıklık dağılımında ise Şekil 17'den de görülebileceği üzere ışınımın gün içinde büyük oranda 200-400 W/m² etrafında toplandığı görülse de belirli zamanlarda pik yapıp 600 W/m²'ler mertebesine ulaştığı görülmüştür.



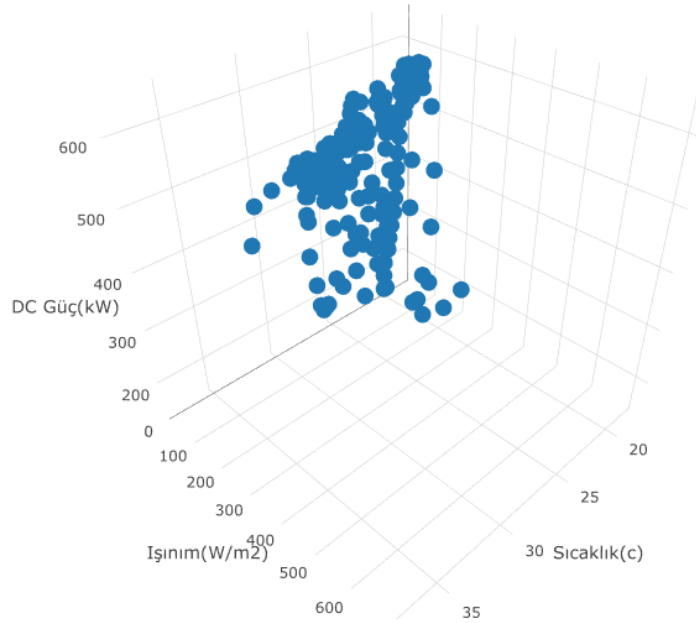
Şekil 17. 23 Eylül 2015 Işınım Sıklık Grafiği

Gün içindeki ışınım değişimine bakıldığında ise sıcaklığın artışına bağlı olarak ışınımın kademeli olarak artış gösterdiği ve 12.00 civarı en yüksek değerini aldığı 18.00'e doğru ise güneşin etkisinin azalması ile düşmeye başladığı görülmüştür.



Şekil 18. 23 Eylül 2015 Işınımın Zamana Bağlı Değişimi

İncelediğimiz 3 değişkenin zaman bağımsız birbirleri ile ilişkisi Şekil 19'daki grafikte görülebilir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere sıcaklık artışı ve dolayısı ile ışınım artışı ile birlikte DC Güç de artmaya başlamıştır.



Şekil 19. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği

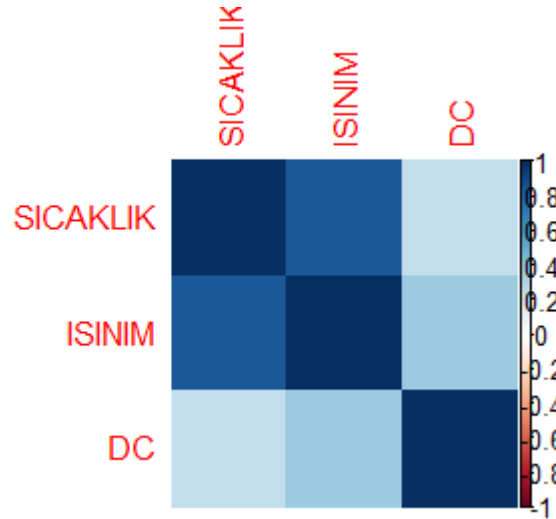
Değişkenler arasındaki ilişim(korelasyon) Tablo 10'daki gibi olmuştur. Buna göre:

- Sıcaklıkla Işınım arasında pozitif yönde ilişki görülmüştür.
- Işınım ile DC Güç arasında pozitif yönde nispeten zayıf ilişki görülmüştür.
- Sıcaklıkla DC arasında pozitif yönde nispeten zayıf ilişki görülmüştür.

KORELASYON	SICAKLIK	ISINIM	DC
SICAKLIK	1	0,8474685	0,240641
ISINIM	0,8474685	1	0,3658248
DC	0,240641	0,3658248	1

Tablo 10. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon

Ortaya çıkan ilişkinin görsel olarak gösterimi ise Şekil 20'deki gibi olmuştur.



Şekil 20. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu

Sıcaklık değişimine bağlı olarak ışınımdaki değişimi gözlemek amacı ile R programlama dili yardımı ile lineer bir model oluşturulmuştur. “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakın olması ilgili değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olmasına işaret etmektedir. Ayrıca “R-squared” değerinin 1'e yaklaşması modelin tahmin gücünün kuvvetini göstermektedir.

(Intercept)	-374.8523	26.4459	-14.17	<2e-16	***
SICAKLIK	23.7865	0.9258	25.69	<2e-16	***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 71.67 on 259 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.7182, Adjusted R-squared: 0.7171					
F-statistic: 660.1 on 1 and 259 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 11. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli

“SICAKLIK” için “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakındır, yani “SICAKLIK” değişkeni ile “IŞINIM” değişkeni arasında anlamlı bir ilişki mevcuttur. “R-squared” değeri de 1’e yaklaştığı için (0.7182) yapılacak tahminlemenin tutarlılığının yüksek olacağı öngörülebilir. Bu bilgiler ışığında denklem aşağıdaki gibi olur.

$$I = -374.8523 + 23.7865*S + e$$

I → Işınım

S → Sıcaklık

e → Hata terimi

Tablo 12. 23 Eylül 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi

Bu aşamada Işınım ile DC güç arasındaki ilişkiyi gösteren bir modelleme bulmak amacı ile öncelikle doğrudan DC güç ve Işınım arasındaki lineere modele bakılmıştır.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	512.38652	11.22480	45.648	< 2e-16 ***
ISINIM	0.21903	0.03462	6.326	1.1e-09 ***

Signif. codes:	0 '***'	0.001 '**'	0.01 '*'	0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 75.23 on 259 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.1338, Adjusted R-squared: 0.1305				
F-statistic: 40.02 on 1 and 259 DF, p-value: 1.099e-09				

Tablo 13. 23 Eylül 2015 DC Işınım Lineer Modeli

Bu model ile IŞINIM ve DC arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlemse de (Pr(>|t|) değeri sıfıra yakındır) “R-squared” değerinin 1’e yakınsayacağı başka senaryoların da gözden geçirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi iki değişken arasındaki ilişkinin tam anlamı ile lineer olmamasıdır. Bu noktada “IŞINIM” değişkeninin polinomal kuvvetlerinin kullanıldığı modeller ile deneme yapılması ve tahminlemenin tutarlılığının artırılması hedeflenmektedir. Tablo 14’te görüldüğü üzere bağımsız değişken “IŞINIM” ın 2. dereceden polinomal denklemi ile oluşturulan modelde “R-squared” değeri 0.13’den 0.62’ye çıkmıştır. Bu, modelin tahmin yeteneğinin Işınımına bağlı 2. derece polinom ile arttığını göstermiştir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.250e+02	1.249e+01	26.03	<2e-16 ***
ISINIM	1.586e+00	7.702e-02	20.59	<2e-16 ***
I(ISINIM^2)	-2.054e-03	1.106e-04	-18.57	<2e-16 ***
Signif. codes:	0 '***'	0.001 '**'	0.01 '*'	0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 49.31 on 258 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.6293, Adjusted R-squared: 0.6264				
F-statistic: 219 on 2 and 258 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 14. 23 Eylül 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model

Benzer şekilde 3. dereceden polinomlu modele bakacak olursak “R-squared” değerinin daha da büyüdüğünü görebilir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.944e+02	8.478e+00	22.93	<2e-16	***
ISINIM	3.628e+00	9.095e-02	39.89	<2e-16	***
I(ISINIM^2)	-9.734e-03	3.103e-04	-31.37	<2e-16	***
I(ISINIM^3)	7.794e-06	3.091e-07	25.22	<2e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 26.51 on 257 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.8933, Adjusted R-squared: 0.8921					
F-statistic: 717.4 on 3 and 257 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 15. 23 Eylül 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model

Son olarak 4. dereceden polinomlu modelde daha iyi bir sonuç alınacağı görülmüştür. Polinom derecesinin daha fazla artırılması fayda sağlamadığı için en uygun modelin 4. Derecen polinomlu model olduğuna karar verilmiştir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.382e+02	6.754e+00	20.45	<2e-16	***
ISINIM	5.370e+00	1.214e-01	44.23	<2e-16	***
I(ISINIM^2)	-2.118e-02	7.151e-04	-29.61	<2e-16	***
I(ISINIM^3)	3.395e-05	1.574e-06	21.57	<2e-16	***
I(ISINIM^4)	-1.921e-08	1.145e-09	-16.77	<2e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 18.33 on 256 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.9492, Adjusted R-squared: 0.9484					
F-statistic: 1195 on 4 and 256 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 16. 23 Eylül 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model

İlgili modeli katsayıları aşağıdaki gibi ortaya çıkmıştır.

(Intercept) : 1.382e+02
ISINIM : 5.370e+00
ISINIM^2 : -2.118e-02
ISINIM^3 : 3.395e-05
ISINIM^4 : -1.921e-08

Tablo 17. 23 Eylül 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar

Buna göre denklem Tablo 18'deki gibi olmuştur.

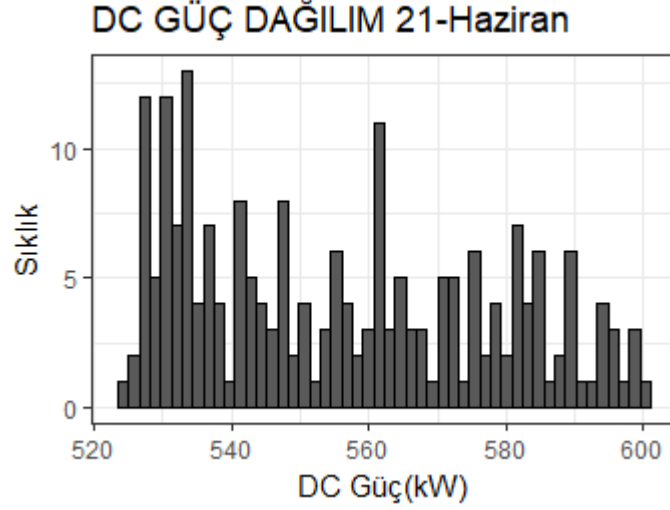
$D = 138.2 + 5.37 * I - 0.02118 I^2 + 0.00003395 I^3 - 0.0000001921 I^4 + e$
D → DC Güç
I → Işınım
e → hata terimi

Tablo 18. 23 Eylül 2015 DC Işınım Denklemi

2.1.3. Veri Analizi – 21 Haziran 2015

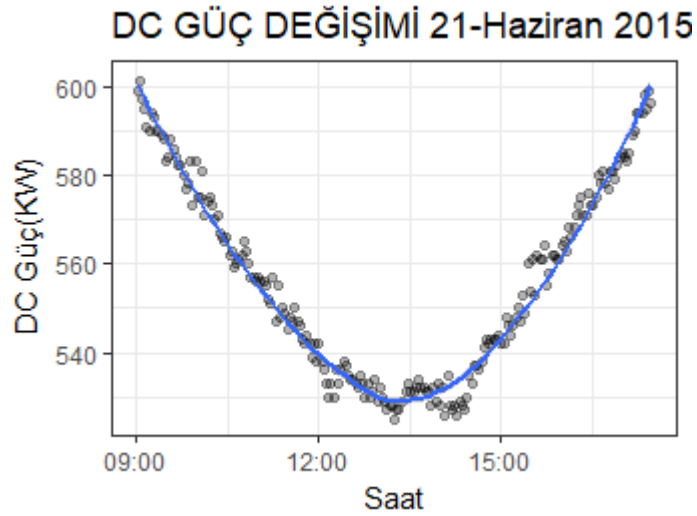
21 Haziran, Kuzey yarım kürede en uzun gündüz ve en kısa gecenin yaşandığı özel günlerden biridir. Gün dönümü noktası olarak da bilinmektedir. Bu tarihte gerçek santral verileri alınarak yapılan analizlerde ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Öncelikle ilgili tarihteki DC Güç dağılımına bakılmıştır.



Şekil 21. 21 Haziran 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı

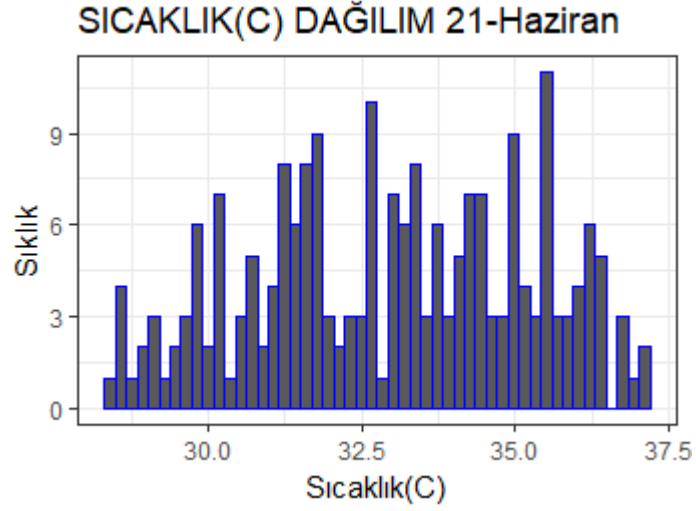
Buna göre Şekil 21’de görüleceği üzere 21 Haziran 2015 tarihinde PV panellerden elde edilen DC gücünün sıklıkla 550 -650 kW civarında toplandığı görülmüştür.



Şekil 22. 21 Haziran 2015 DC Güç Zaman

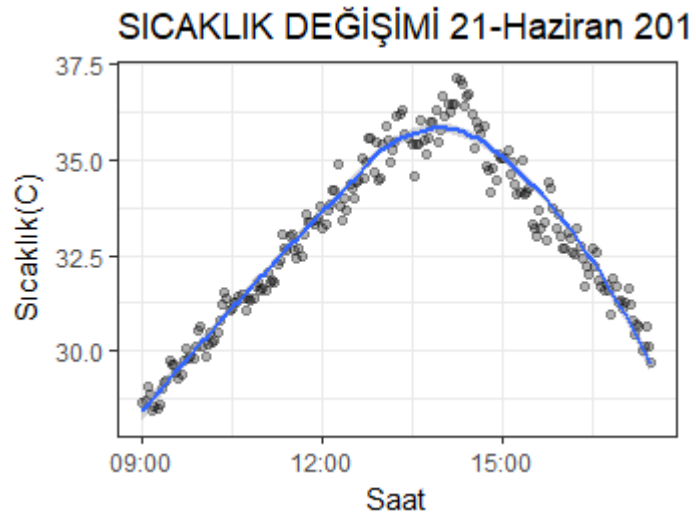
İlgili tarihteki saate göre panelden elde edilen DC güç değişimi ise Şekil 22'deki gibi olmuştur. Buna göre; saat 12.00'ye DC Güç 600 kW'den 525 kW'lere düşmüştür. Sonrasında yeniden 600 kW değerlerine çıkmıştır.

Benzer şekilde bu tarihteki sıcaklık dağılımına bakıldığında Şekil 23'te görüleceği üzere sıcaklık büyük ölçüde 25 C⁰ ile 35 C⁰ arasında değişim göstermektedir.



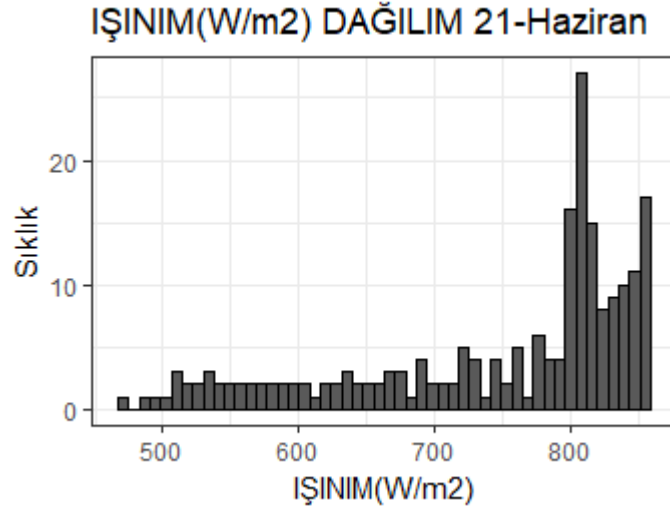
Şekil 23. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği

Gün içindeki sıcaklık değişimine bakacak olursak, 06.00 sonrasında sıcaklıkta artan bir eğilim ortaya çıkmaktadır. 12.00 sonrası sıcaklık 35 C⁰'lere kadar çıkmış, 18.00'e doğru ise güneşin etkisi kaybetmesi ile sıcaklık düşmeye başlamıştır.



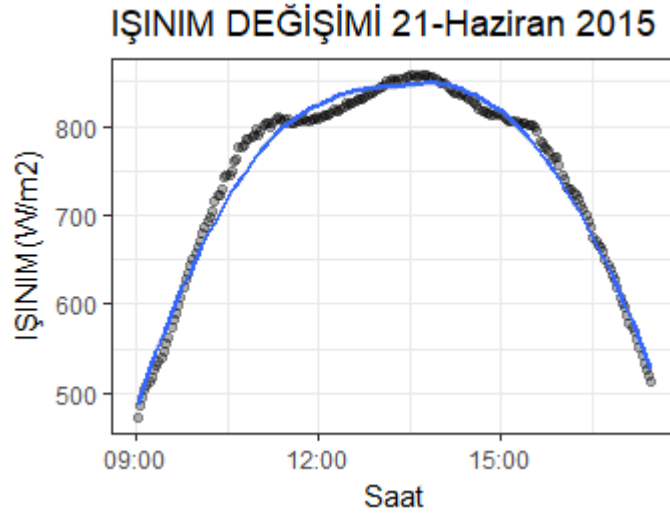
Şekil 24. 21 Haziran 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi

Işınım sıklık dağılımında ise Şekil 25'ten de görülebileceği üzere ışınımın gün içinde büyük oranda 800 W/m² etrafında toplandığı görülse de belirli zamanlarda 500-700 W/m² aralığına da dağılmıştır.



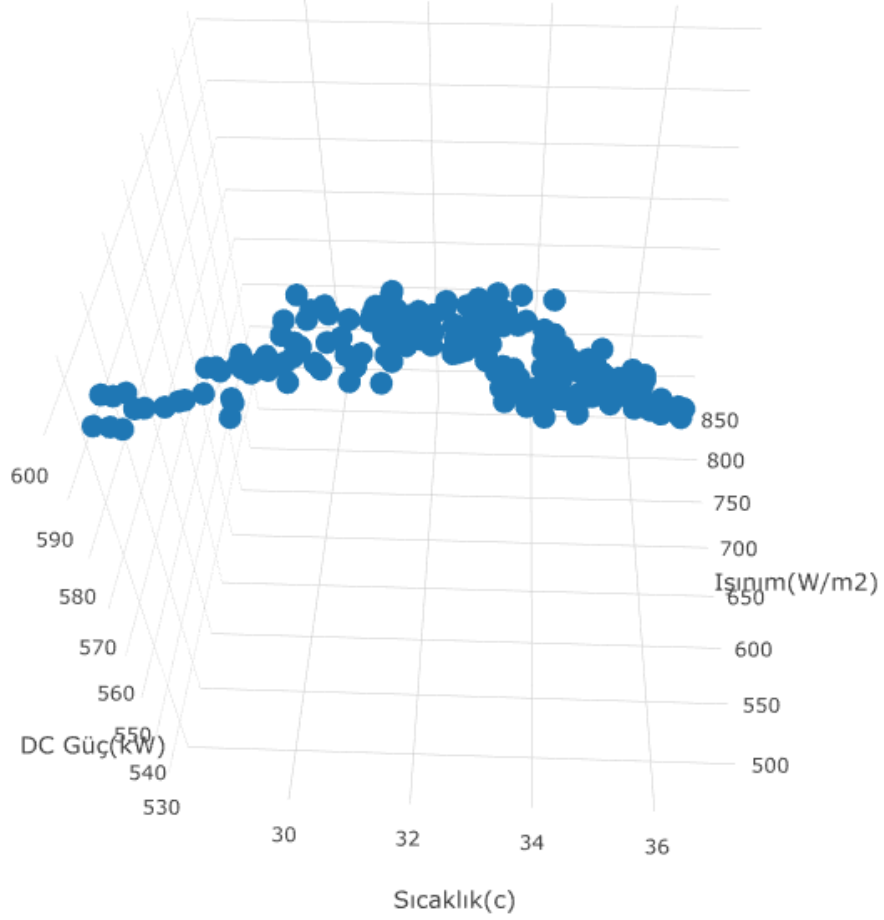
Şekil 25. 21 Haziran 2015 Işınım Sıklık Grafiği

Gün içindeki ışınım değişimine bakıldığında ise sıcaklığın artışına bağlı olarak ışınımın kademeli olarak artış gösterdiği ve 12.00 civarı en yüksek değerini aldığı 18.00'e doğru ise güneşin etkisinin azalması ile düşmeye başladığı görülmüştür.



Şekil 26. 21 Haziran 2015 Işınımın Zamana Bağlı Değişimi

İncelediğimiz 3 değişkenin zaman bağımsız birbirleri ile ilişkisi Şekil 27'deki grafikte görülebilir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere sıcaklık artışı ve dolayısı ile ışıınım artışı olmuş ancak beklenenin aksine DC Güç ters yönde hareket etmiştir.



Şekil 27. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği

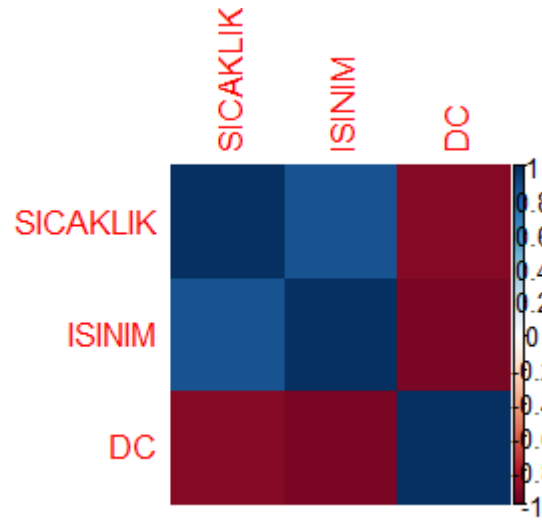
Değişkenler arasındaki ilişki(korelasyon) Tablo 19'daki gibi olmuştur. Buna göre:

- Sıcaklıkla Işınım arasında pozitif yönde ilişki görülmüştür.
- Işınımla DC Güç arasında negatif yönde kuvvetli ilişki görülmüştür.
- Sıcaklıkla DC arasında negatif yönde kuvvetli ilişki görülmüştür.

KORELASYON	SICAKLIK	ISINIM	DC
SICAKLIK	1	0,8641085	-0,911621
ISINIM	0,8641085	1	-0,945024
DC	-0,9116213	-0,945024	1

Tablo 19. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon

Ortaya çıkan ilişkinin görsel olarak gösterimi ise Şekil 28'deki gibi olmuştur.



Şekil 28. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu

Sıcaklık değişimine bağlı olarak ışıınımdaki değişimi gözlemek amacı ile R programlama dili yardımı ile lineer bir model oluşturulmuştur. “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakın olması ilgili değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olmasına işaret etmektedir. Ayrıca “R-squared” değerinin 1’e yaklaşması modelin tahmin gücünün kuvvetini göstermektedir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-590.606	53.935	-10.95	<2e-16 ***
SICAKLIK	40.599	1.632	24.88	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 52.83 on 210 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.7467, Adjusted R-squared: 0.7455
F-statistic: 619 on 1 and 210 DF, p-value: < 2.2e-16

Tablo 20. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli

“SICAKLIK” için “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakındır, yani “SICAKLIK” değişkeni ile “İŞİNİM” değişkeni arasında anlamlı bir ilişki mevcuttur. “R-squared” değeri de 1’e yaklaştığı için (0.7467) yapılacak tahminlemenin tutarlılığının yüksek olacağı öngörülebilir. Bu bilgiler ışığında denklem aşağıdaki gibi olur.

$I = -590.606 + 40.599 * S + e$
I → Işınım
S → Sıcaklık
e → Hata terimi

Tablo 21. 21 Haziran 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi

Bu aşamada Işınım ile DC güç arasındaki ilişkiyi gösteren bir modelleme bulmak amacı ile öncelikle doğrudan DC güç ve Işınım arasındaki lineere modele bakılmıştır.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	702.87638	3.54306	198.38	<2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	-0.19640	0.00469	-41.88	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 7.133 on 210 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.8931, Adjusted R-squared: 0.8926				
F-statistic: 1754 on 1 and 210 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 22. 21 Haziran 2015 DC Işınım Lineer Modeli

Bu model ile IŞINIM ve DC arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlemse de (Pr(>|t|) değeri sıfıra yakındır) “R-squared” değeri 0.8931 gibi bir rakam olsa da 1’e yakınsayacağı başka senaryoların da gözden geçirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi iki değişken arasındaki ilişkinin tam anlamı ile lineer olmamasıdır.

Bu noktada “IŞINIM” değişkeninin polinomal kuvvetlerinin kullanıldığı modeller ile deneme yapılması ve tahminlemenin tutarlılığının artırılması hedeflenmektedir. Tablo 23’de görüldüğü üzere bağımsız değişken “IŞINIM” ın 2. dereceden polinomal denklemi ile oluşturulan modelde “R-squared” değeri 0.89’dan 0.94’e çıkmıştır.

Bu, modelin tahmin yeteneğinin Işınımına bağlı 2. derece polinom ile arttığını göstermiştir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.509e+02	1.733e+01	26.02	<2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	5.509e-01	5.096e-02	10.81	<2e-16 ***
I(ISINIM_CLEANED^2)	-5.382e-04	3.663e-05	-14.70	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 5.015 on 209 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.9474, Adjusted R-squared: 0.9469				
F-statistic: 1883 on 2 and 209 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 23. 21 Haziran 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model

Benzer şekilde 3. dereceden polinomlu modele bakacak olursak “R-squared” değerinin daha da büyüdüğünü görebilir. Ancak çok az bir artış olmuştur, 3. Derece kullanılmayabilir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.117e+03	1.031e+02	10.832	< 2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	-2.459e+00	4.628e-01	-5.313	2.76e-07 ***
I(ISINIM_CLEANED^2)	3.917e-03	6.824e-04	5.740	3.32e-08 ***
I(ISINIM_CLEANED^3)	-2.164e-06	3.311e-07	-6.537	4.77e-10 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 4.578 on 208 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9564, Adjusted R-squared: 0.9557
F-statistic: 1520 on 3 and 208 DF, p-value: < 2.2e-16

Tablo 24. 21 Haziran 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model

Son olarak 4. dereceden polinomlu modelde de ek bir fayda sağlanmamıştır. 2. Derece polinomun kullanılması uygun olacaktır.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.122e+03	6.554e+02	3.238	0.0014 **
ISINIM_CLEANED	-8.561e+00	3.956e+00	-2.164	0.0316 *
I(ISINIM_CLEANED^2)	1.763e-02	8.856e-03	1.991	0.0478 *
I(ISINIM_CLEANED^3)	-1.569e-05	8.717e-06	-1.800	0.0733 .
I(ISINIM_CLEANED^4)	4.948e-09	3.185e-09	1.553	0.1219

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 4.563 on 207 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.9569, Adjusted R-squared: 0.956
F-statistic: 1148 on 4 and 207 DF, p-value: < 2.2e-16

Tablo 25. 21 Haziran 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model

İlgili modeli katsayıları aşağıdaki gibi ortaya çıkmıştır.

(Intercept) : 4.509e+02
ISINIM : 5.509e-01
ISINIM^2 : -5.382e-04

Tablo 26. 21 Haziran 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar

Buna göre denklem Tablo 27'deki gibi olmuştur.

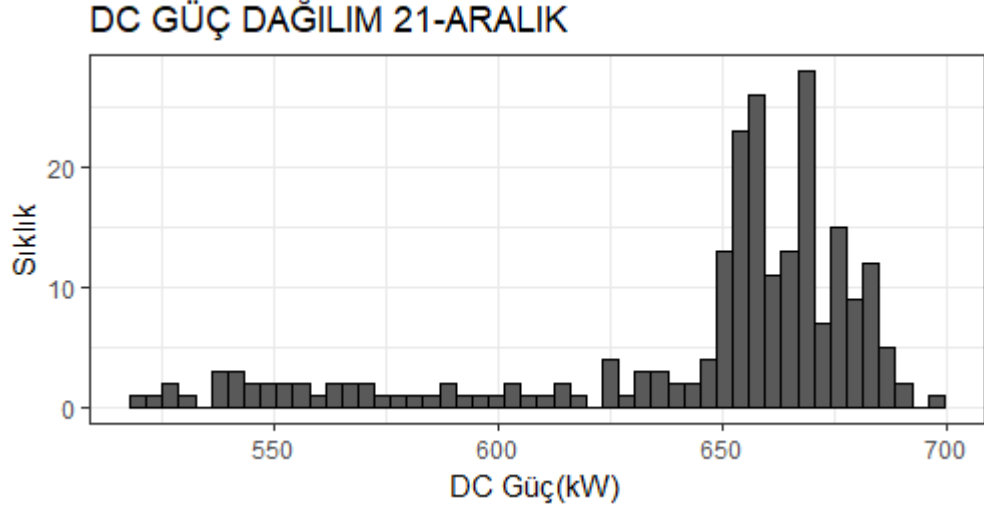
$D = 450.9 + 0.5509 * I - 0.05382 I^2 + e$
D → DC Güç
I → Işınım
e → hata terimi

Tablo 27. 21 Haziran 2015 DC Işınım Denklemi

2.1.4. Veri Analizi – 21 Aralık 2015

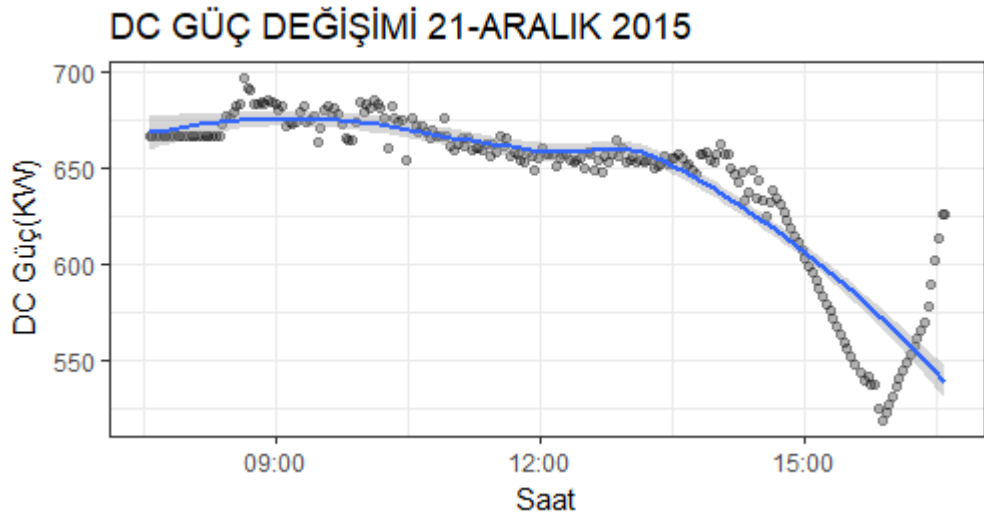
21 Aralık, Kuzey yarım kürede en kısa gündüz ve en uzun gecenin yaşandığı özel günlerden biridir. Gün dönümü noktası olarak da bilinmektedir. Bu tarihte gerçek santral verileri alınarak yapılan analizlerde ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Öncelikle ilgili tarihteki DC Güç dağılımına bakılmıştır.



Şekil 29. 21 Aralık 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı

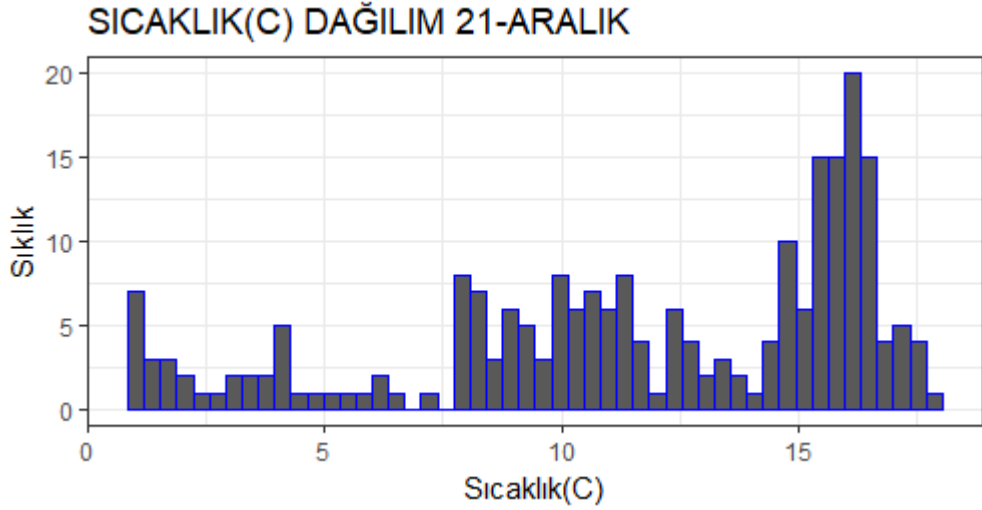
Buna göre Şekil 29’da görüleceği üzere 21 Aralık 2015 tarihinde PV panellerden elde edilen DC gücünün sıklıkla 650-700 kW civarında toplandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 30. 21 Aralık 2015 DC Güç Zaman

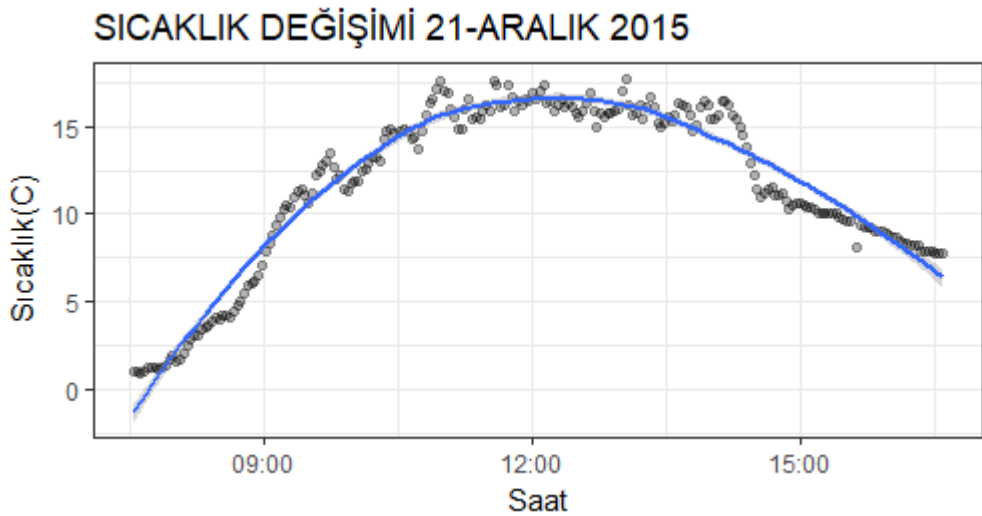
İlgili tarihteki saate göre panelden elde edilen DC güç değişimi ise Şekil 30'daki gibi olmuştur. Buna göre; saat 14.00'e kadar 650 kW civarında seyreden DC güç, sonrasında 525 kW'lere düşmüştür ve yeniden yükselerek 575 kW değerlerine çıkmıştır.

Benzer şekilde bu tarihteki sıcaklık dağılımına bakıldığında Şekil 31'de görüleceği üzere sıcaklık büyük ölçüde 15 C⁰ civarında dağıldığı görülmektedir.



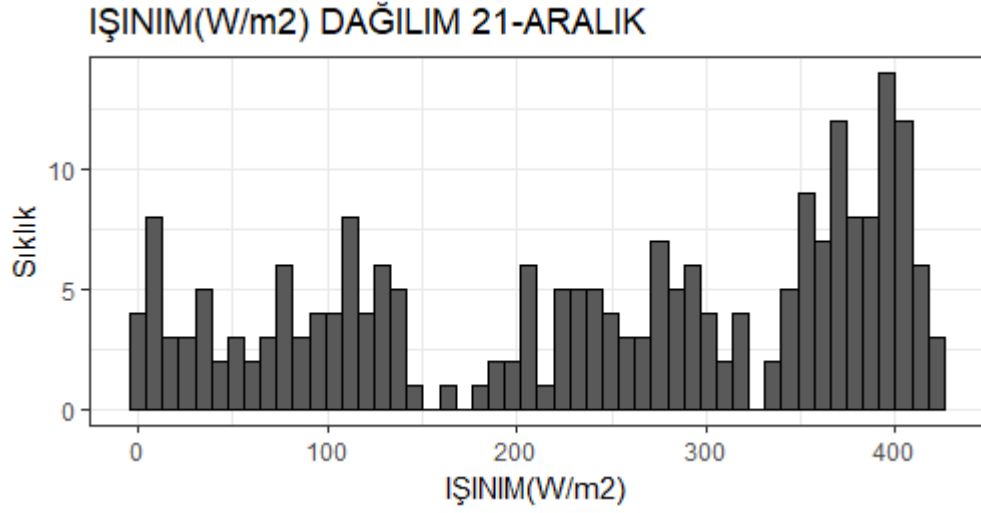
Şekil 31. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği

Gün içindeki sıcaklık değişimine bakacak olursak, 06.00 sonrasında sıcaklıkta artan bir eğilim ortaya çıkmaktadır. 12.00 sonrası sıcaklık 15 C⁰'lere kadar çıkmış, 15.00'e doğru ise güneşin etkisi kaybetmesi ile sıcaklık düşmeye başlamıştır.



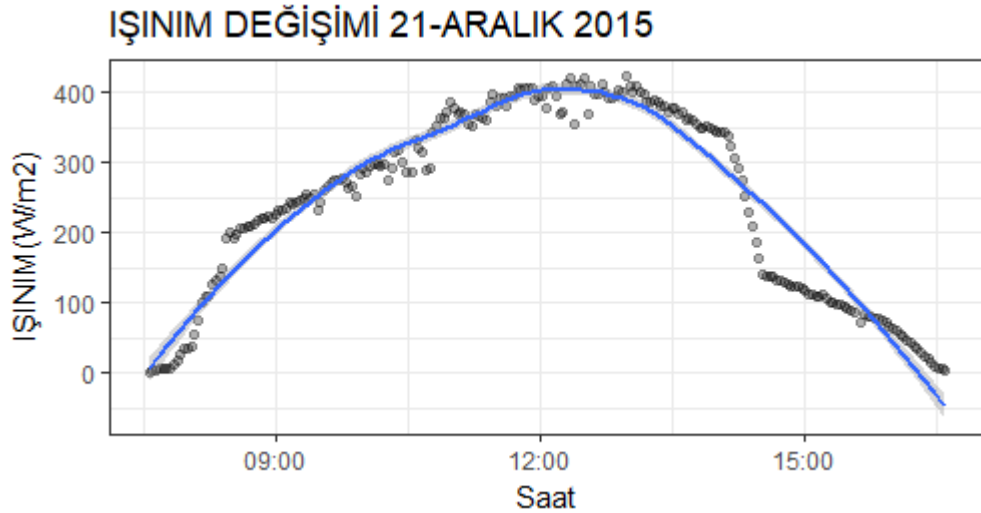
Şekil 32. 21 Aralık 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi

İşınım sıklık dağılımında ise Şekil 33'den de görülebileceği üzere işınımın gün içinde sıklıkla 400 W/m² etrafında toplandığı görülse de belirli zamanlarda 100-300 W/m² aralığına da dağılmıştır.



Şekil 33. 21 Aralık 2015 İşınım Sıklık Grafiği

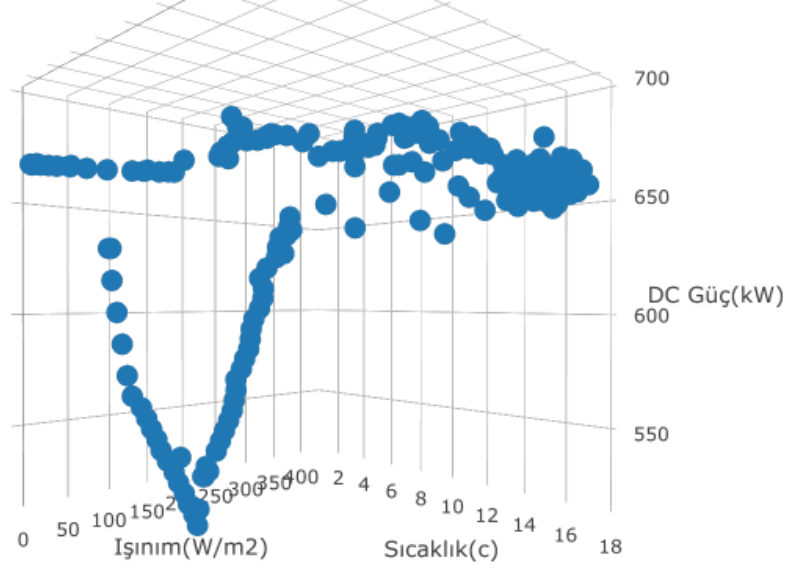
Gün içindeki işınım değişimine bakıldığında ise sıcaklığın artışına bağlı olarak işınımın kademeli olarak artış gösterdiği ve 12.00 civarı en yüksek değerini aldığı 15.00'e doğru ise güneşin etkisinin azalması ile düşmeye başladığı görülmüştür.



Şekil 34. 21 Aralık 2015 İşınımın Zamana Bağlı Değişimi

İncelediğimiz 3 değişkenin zaman bağımsız birbirleri ile ilişkisi Şekil 35'deki grafikte görülebilir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere sıcaklık artışı ve dolayısı ile ışınım artışı olmuş ve buna bağlı olarak DC Güç de artmıştır.

21 Aralık - SICAKLIK, IŞINIM, DC GÜÇ Değişim Grafiği



Şekil 35. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği

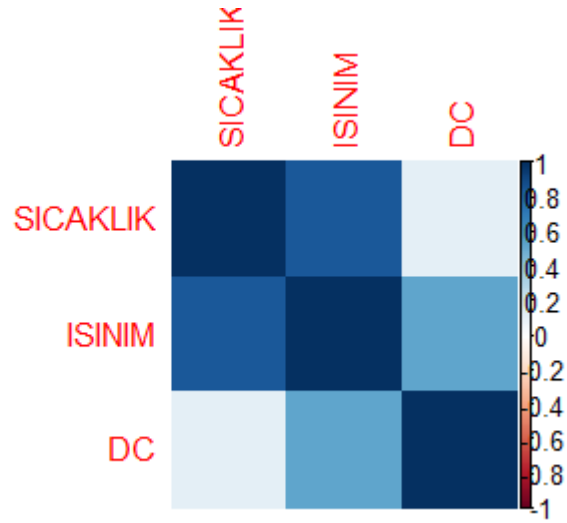
Değişkenler arasındaki ilişim(korelasyon) Tablo 28'deki gibi olmuştur. Buna göre:

- Sıcaklıkla Işınım arasında pozitif yönde ilişki görülmüştür.
- Işınımla DC Güç arasında pozitif yönde bir ilişki görülmüştür.
- Sıcaklıkla DC arasında pozitif yönde zayıf ilişki görülmüştür.

KORELASYON	SICAKLIK	ISINIM	DC
SICAKLIK	1	0,8459372	0,1115384
ISINIM	0,8459372	1	0,5227472
DC	0,1115384	0,5227472	1

Tablo 28. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon

Ortaya çıkan ilişkinin görsel olarak gösterimi ise Şekil 36'daki gibi olmuştur.



Şekil 36. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu

Sıcaklık değişimine bağlı olarak ışıınımdaki değişimi gözlemek amacı ile R programlama dili yardımı ile lineer bir model oluşturulmuştur. “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakın olması ilgili değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olmasına işaret etmektedir. Ayrıca “R-squared” değerinin 1’e yaklaşması modelin tahmin gücünün kuvvetini göstermektedir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-36.483	12.733	-2.865	0.00456 **
SICAKLIK_CLEANED	24.033	1.012	23.741	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 71.79 on 224 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.7156, Adjusted R-squared: 0.7143
F-statistic: 563.6 on 1 and 224 DF, p-value: < 2.2e-16

Tablo 29. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli

“SICAKLIK” için “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakındır, yani “SICAKLIK” değişkeni ile “İŞİNİM” değişkeni arasında anlamlı bir ilişki mevcuttur. “R-squared” değeri de 1’e yaklaştığı için (0.7156) yapılacak tahminlemenin tutarlılığının yüksek olacağı öngörülebilir. Bu bilgiler ışığında denklem aşağıdaki gibi olur.

I = -36.483 + 24.033*S + e
I → Işınım
S → Sıcaklık
e → Hata terimi

Tablo 30. 21 Aralık 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi

Bu aşamada Işınım ile DC güç arasındaki ilişkiyi gösteren bir modelleme bulmak amacı ile öncelikle doğrudan DC güç ve Işınım arasındaki lineere modele bakılmıştır.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	605.29065	4.90108	123.502	<2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	0.16171	0.01762	9.178	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 35.5 on 224 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.2733, Adjusted R-squared: 0.27				
F-statistic: 84.23 on 1 and 224 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 31. 21 Aralık 2015 DC Işınım Lineer Modeli

Bu model ile IŞINIM ve DC arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlemse de (Pr(>|t|) değeri sıfıra yakındır) “R-squared” değeri 0.2733 olduğu için 1’e yakınsayacağı başka senaryoların da gözden geçirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi iki değişken arasındaki ilişkinin tam anlamı ile lineer olmamasıdır. Bu noktada “IŞINIM” değişkeninin polinomal kuvvetlerinin kullanıldığı modeller ile deneme yapılması ve tahminlemenin tutarlılığının artırılması hedeflenmektedir. Tablo 32’te görüldüğü üzere bağımsız değişken “IŞINIM” ın 2. dereceden polinomal denklemi ile oluşturulan modelde “R-squared” değeri 0.32’ye çıkmıştır. Bu, modelin tahmin yeteneğinin Işınımına bağlı 2. derece polinom ile arttığını göstermiştir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.857e+02	6.829e+00	85.769	< 2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	4.528e-01	7.494e-02	6.042	6.31e-09 ***
I(ISINIM_CLEANED^2)	-6.639e-04	1.664e-04	-3.989	8.99e-05 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 34.37 on 223 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.3217, Adjusted R-squared: 0.3156				
F-statistic: 52.88 on 2 and 223 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 32. 21 Aralık 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model

Benzer şekilde 3. dereceden polinomlu modele bakacak olursak “R-squared” değerinin 0.47 gibi daha yüksek bir değere çıktığı görülmüştür.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.235e+02	7.659e+00	81.404	< 2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	-7.316e-01	1.622e-01	-4.511	1.04e-05 ***
I(ISINIM_CLEANED^2)	6.351e-03	8.892e-04	7.143	1.29e-11 ***
I(ISINIM_CLEANED^3)	-1.092e-05	1.365e-06	-8.000	6.85e-14 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 30.35 on 222 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.4735, Adjusted R-squared: 0.4663				
F-statistic: 66.54 on 3 and 222 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 33. 21 Aralık 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model

Son olarak 4. dereceden polinomlu modelde “R-squared” değerinin 0.64 gibi daha yüksek bir değere çıktığı görülmüştür. Bu tarih için 4. derece modelin kullanılması uygun olacaktır.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	6.591e+02	7.196e+00	91.60	<2e-16	***
ISINIM	-2.858e+00	2.459e-01	-11.62	<2e-16	***
I(ISINIM)	3.077e-02	2.481e-03	12.40	<2e-16	***
I(ISINIM)	-1.035e-04	9.057e-06	-11.43	<2e-16	***
I(ISINIM)	1.110e-07	1.077e-08	10.30	<2e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 25.01 on 221 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.6442, Adjusted R-squared: 0.6378					
F-statistic: 100.1 on 4 and 221 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 34. 21 Aralık 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model

İlgili modeli katsayıları aşağıdaki gibi ortaya çıkmıştır.

(Intercept)	: 6.591e+02
ISINIM	: -2.858e+00
ISINIM^2	: 3.077e-02
ISINIM^3	: -1.035e-04
ISINIM^4	: 1.110e-07

Tablo 35. 21 Aralık 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar

Buna göre denklem Tablo 36'daki gibi olmuştur.

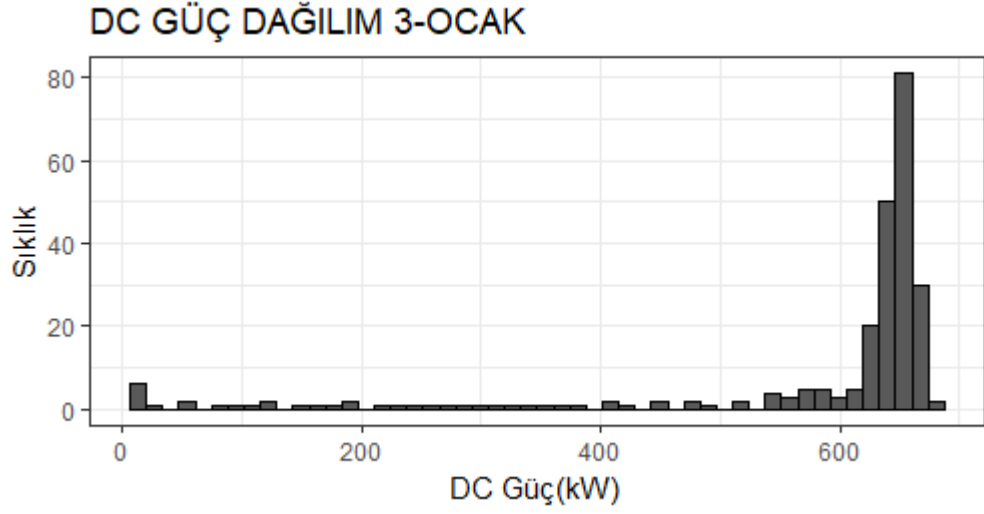
$D = 659.1 - 2.858 * I + 0.03077 I^2 - 0.0001035 I^3 + 0.00000111 I^4 + e$
D → DC Güç
I → Işınım
e → hata terimi

Tablo 36. 21 Aralık 2015 DC Işınım Denklemi

2.1.5. Veri Analizi – 3 Ocak 2015

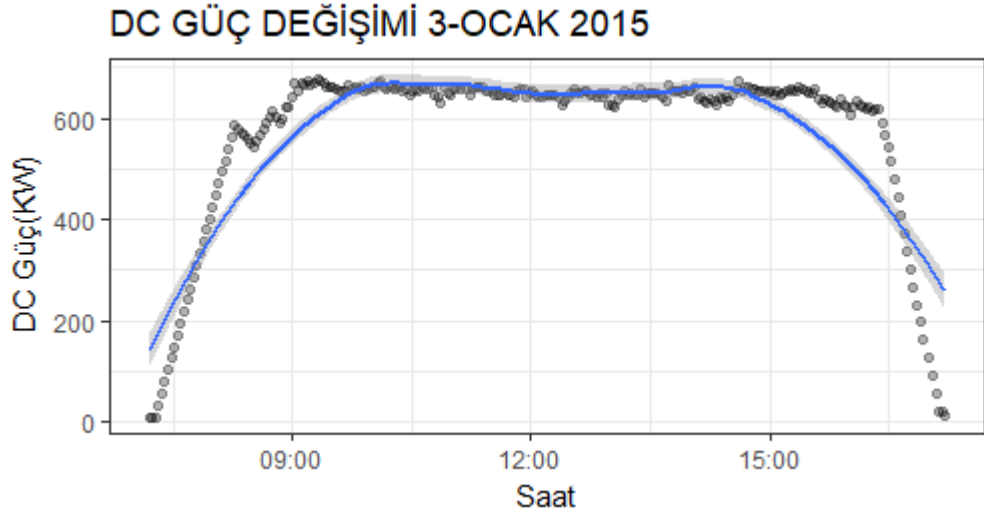
3 Ocak, dünyanın güneşe en yakın olduğu gündür. Bu tarihte gerçek santral verileri alınarak yapılan analizlerde ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Öncelikle ilgili tarihteki DC Güç dağılımına bakılmıştır.



Şekil 37. 3 Ocak 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı

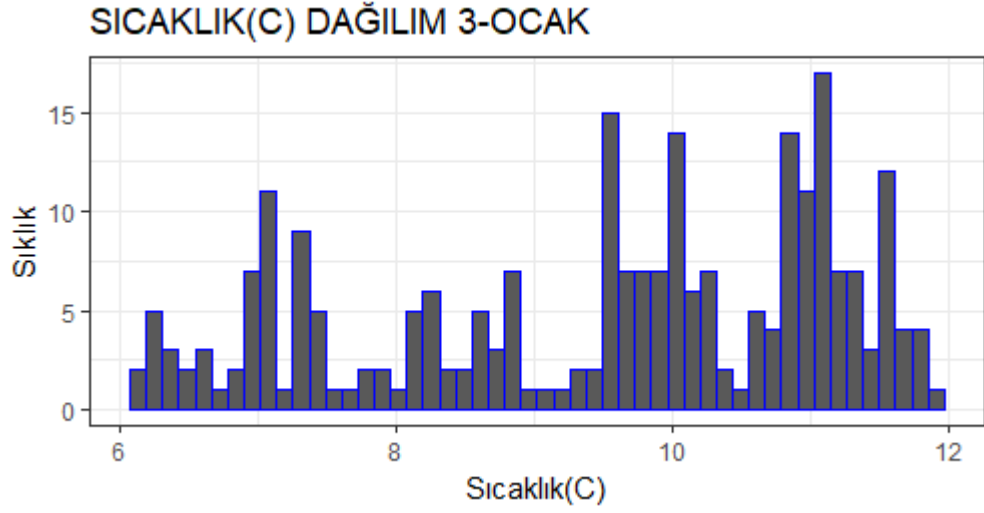
Buna göre Şekil 37’de görüleceği üzere 3 Ocak 2015 tarihinde PV panellerden elde edilen DC gücünün sıklıkla 650 kW civarında toplandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 38. 3 Ocak 2015 DC Güç Zaman

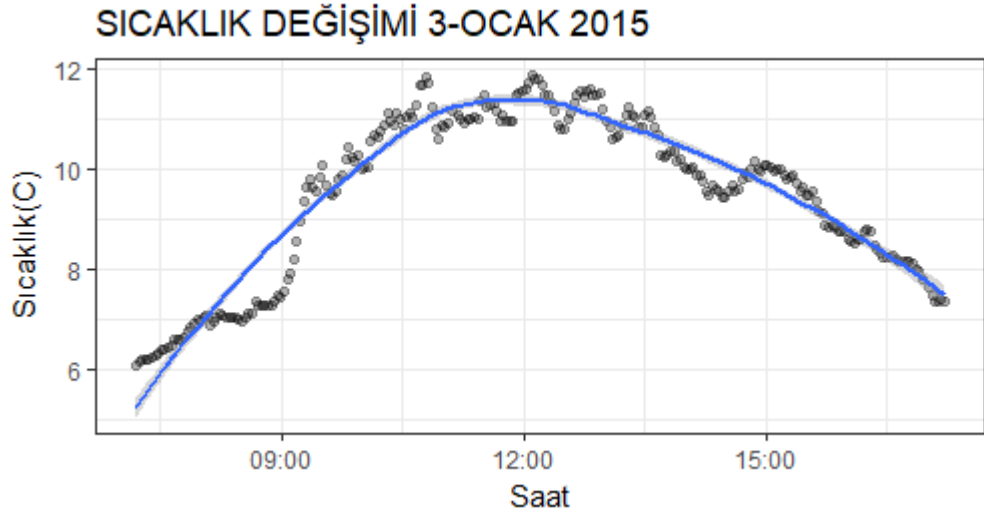
İlgili tarihteki saate göre panelden elde edilen DC güç değişimi ise Şekil 38’deki gibi olmuştur. Buna göre; saat 15.00’e kadar 650 kW civarında seyreden DC güç, sonrasında zamana bağlı olarak düşmüştür.

Benzer şekilde bu tarihteki sıcaklık dağılımına bakıldığında Şekil 39’de görüleceği üzere sıcaklık büyük ölçüde 10-12 C⁰ civarında dağıldığı görülmektedir.



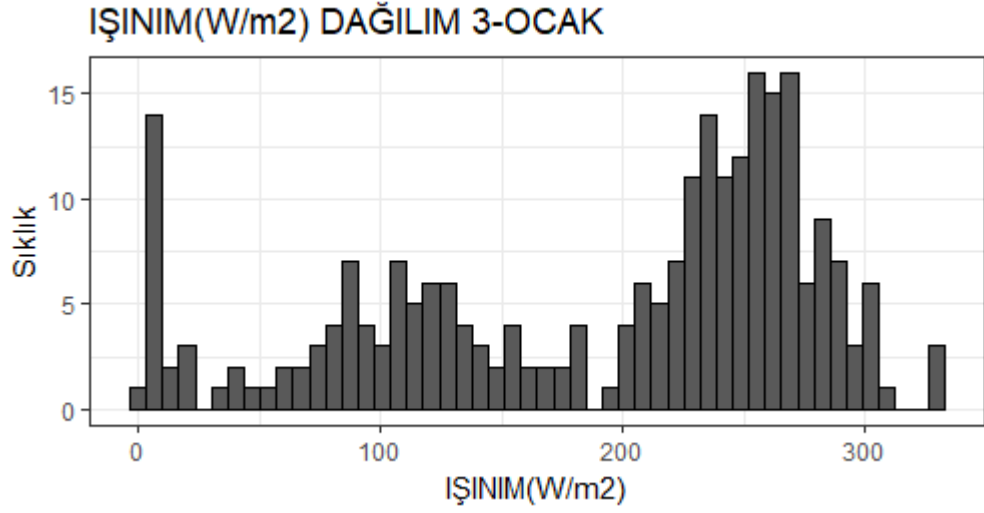
Şekil 39. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği

Gün içindeki sıcaklık değişimine bakacak olursak, 06.00 sonrasında sıcaklıkta artan bir eğilim ortaya çıkmaktadır. 12.00 sonrası sıcaklık 12 C⁰'lere kadar çıkmış, 15.00'e doğru ise güneşin etkisi kaybetmesi ile sıcaklık düşmeye başlamıştır.



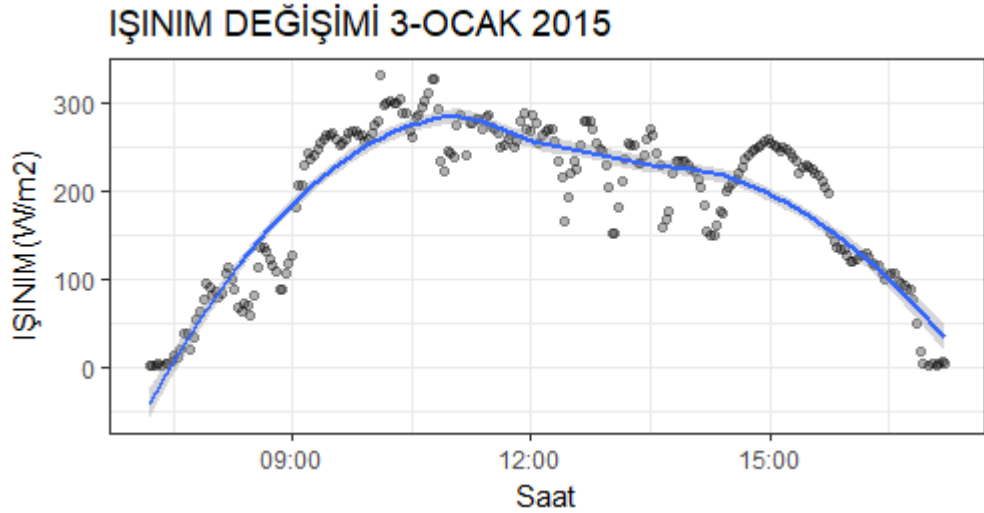
Şekil 40. 3 Ocak 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi

Işınım sıklık dağılımında ise Şekil 41'den de görülebileceği üzere ışınımın gün içinde sıklıkla 200-300 W/m² etrafında toplandığı görülse de belirli zamanlarda 100 W/m² etrafında da dağılmıştır.



Şekil 41. 3 Aralık 2015 Işınım Sıklık Grafiği

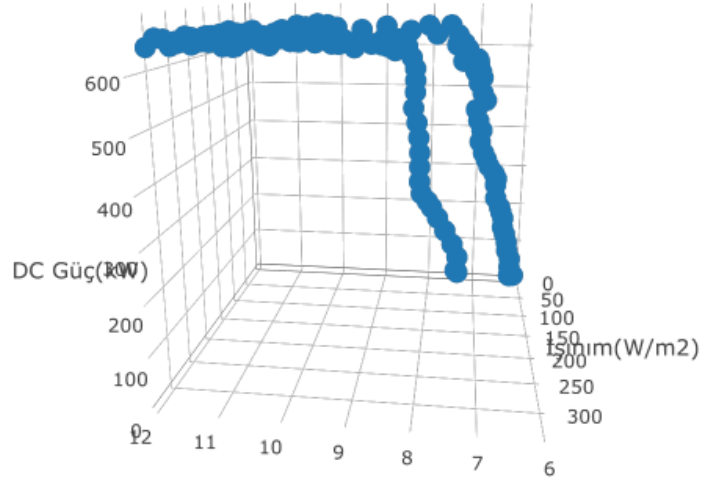
Gün içindeki ışıınım değışimine bakıldığında ise sıcaklığın artışına bağılı olarak ışıınımın kademeli olarak artış gösterdiği ve 12.00 civarı en yüksek değeri aldığı 15.00'e doğru ise güneşin etkisinin azalması ile düşmeye başladığı görülmüştür.



Şekil 42. 3 Ocak 2015 Işınımın Zamana Bağılı Değişimi

İncelediğimiz 3 değışkenin zaman bağımsız birbirleri ile ilişkisi Şekil 43'deki grafikte görülebilir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere sıcaklık artışı ve dolayısı ile ışıınım artışı olmuş ve buna bağılı olarak DC Güç de artmıştır.

3 Ocak - SICAKLIK,IŞINIM,DC GÜÇ Değişim Grafiği



Şekil 43. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği

Değişkenler arasındaki ilişki (korelasyon) Tablo 37'deki gibi olmuştur.

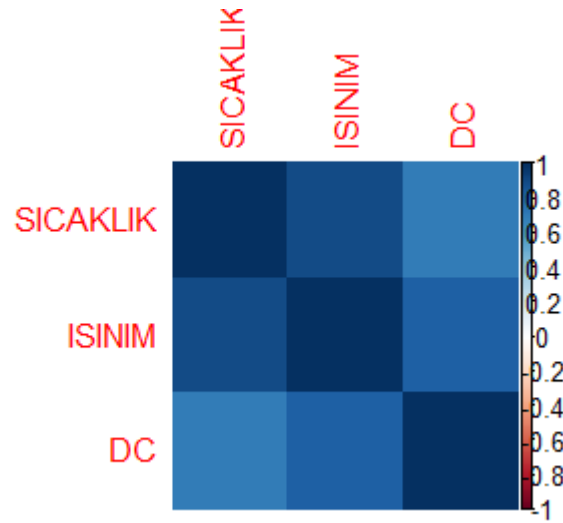
Buna göre:

- Sıcaklıkla Işınım arasında pozitif yönde kuvvetli ilişki görülmüştür.
- Işınımla DC Güç arasında pozitif kuvvetli yönde bir ilişki görülmüştür.
- Sıcaklıkla DC arasında pozitif yönde ilişki görülmüştür.

KORELASYON	SICAKLIK	ISINIM	DC
SICAKLIK	1	0,8910707	0,6916519
ISINIM	0,8910707	1	0,8135455
DC	0,6916519	0,8135455	1

Tablo 37. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon

Ortaya çıkan ilişkinin görsel olarak gösterimi ise Şekil 44'teki gibi olmuştur.



Şekil 44. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu

Sıcaklık değişimine bağlı olarak ışıınımdaki değişimi gözlemek amacı ile R programlama dili yardımı ile lineer bir model oluşturulmuştur. “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakın olması ilgili değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olmasına işaret etmektedir. Ayrıca “R-squared” değerinin 1’e yaklaşması modelin tahmin gücünün kuvvetini göstermektedir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-265.881	15.001	-17.72	<2e-16 ***
SICAKLIK_CLEANED	48.118	1.556	30.92	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 40.36 on 248 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.794, Adjusted R-squared: 0.7932
F-statistic: 955.9 on 1 and 248 DF, p-value: < 2.2e-16

Tablo 38. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli

“SICAKLIK” için “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakındır, yani “SICAKLIK” değişkeni ile “IŞINIM” değişkeni arasında anlamlı bir ilişki mevcuttur. “R-squared” değeri de 1’e yaklaştığı için (0.794) yapılacak tahminlemenin tutarlılığının yüksek olacağı öngörülebilir. Bu bilgiler ışığında denklem aşağıdaki gibi olur.

$I = -265.881 + 48.118 * S + e$
I → Işınım
S → Sıcaklık
e → Hata terimi

Tablo 39. 3 Ocak 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi

Bu aşamada Işınım ile DC güç arasındaki ilişkiyi gösteren bir modelleme bulmak amacı ile öncelikle doğrudan DC güç ve Işınım arasındaki lineere modele bakılmıştır.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	283.53398	14.53209	19.51	<2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	1.51963	0.06897	22.03	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 96.59 on 248 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.6619, Adjusted R-squared: 0.6605				
F-statistic: 485.4 on 1 and 248 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 40. 3 Ocak 2015 DC Işınım Lineer Modeli

Bu model ile IŞINIM ve DC arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlemse de (Pr(>|t|) değeri sıfıra yakındır) “R-squared” değeri 0.6619 olduğu için 1’e yakınsayacağı başka senaryoların da gözden geçirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi iki değişken arasındaki ilişkinin tam anlamı ile lineer olmamasıdır. Bu noktada “IŞINIM” değişkenin polinomal kuvvetlerinin kullanıldığı modeller ile deneme yapılması ve tahminlemenin tutarlılığının artırılması hedeflenmektedir. Tablo 41’de görüldüğü üzere bağımsız değişken “IŞINIM” ın 2. dereceden polinomal denklemi ile oluşturulan modelde “R-squared” değeri 0.905’ye çıkmıştır. Bu, modelin tahmin yeteneğinin Işınımına bağlı 2. derece polinom ile arttığını göstermiştir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	86.9379349	10.9880607	7.912	8.51e-14 ***
ISINIM_CLEANED	5.2619741	0.1533044	34.324	< 2e-16 ***
I(ISINIM_CLEANED^2)	-0.0116878	0.0004649	-25.140	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 51.31 on 247 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.905, Adjusted R-squared: 0.9042				
F-statistic: 1176 on 2 and 247 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 41. 3 Ocak 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model

Benzer şekilde 3. dereceden polinomlu modele bakacak olursak “R-squared” değerinin 0.9332 gibi daha yüksek bir değere çıktığı görülmüştür.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.230e+01	1.067e+01	3.026	0.00274 **
ISINIM_CLEANED	7.722e+00	2.735e-01	28.235	< 2e-16 ***
I(ISINIM_CLEANED^2)	-3.165e-02	1.996e-03	-15.855	< 2e-16 ***
I(ISINIM_CLEANED^3)	4.277e-05	4.194e-06	10.197	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 43.1 on 246 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.9332, Adjusted R-squared: 0.9324				
F-statistic: 1146 on 3 and 246 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 42. 3 Ocak 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model

Son olarak 4. dereceden polinomlu modelde “R-squared” değerinin 0.9332 de sabit kaldığı görülmüştür. Bundan dolayı 4. derece modeli kullanmanın bir fayda sağlamayacağı görülmüştür. Bu senaryo için en uygununun 3. Derece polinomlu model olduğu görülmüştür.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	3.338e+01	1.194e+01	2.797	0.005572	**
ISINIM_CLEANED	7.615e+00	5.931e-01	12.839	< 2e-16	***
I(ISINIM_CLEANED^2)	-3.007e-02	7.979e-03	-3.769	0.000206	***
I(ISINIM_CLEANED^3)	3.519e-05	3.730e-05	0.943	0.346399	
I(ISINIM_CLEANED^4)	1.159e-08	5.666e-08	0.205	0.838058	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 43.19 on 245 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.9332, Adjusted R-squared: 0.9321					
F-statistic: 856 on 4 and 245 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 43. 3 Ocak 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model

İlgili modeli katsayıları aşağıdaki gibi ortaya çıkmıştır.

(Intercept)	: 3.230e+01
ISINIM	: 7.722e+00
ISINIM^2	: -3.165e-02
ISINIM^3	: 4.277e-05

Tablo 44. 3 Ocak 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model Katsayılar

Buna göre denklem Tablo 45’deki gibi olmuştur.

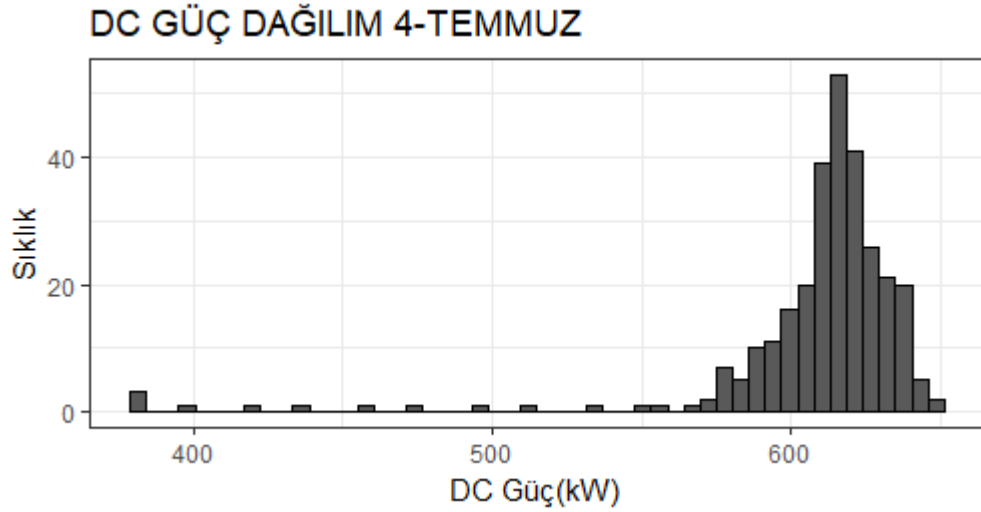
$D = 32.3 + 7.722 * I - 0.03165 I^2 + 0.00004277 I^3 + e$
D → DC Güç
I → Işınım
e → hata terimi

Tablo 45. 3 Ocak 2015 DC Işınım Denklemi

2.1.6. Veri Analizi - 4 Temmuz 2015

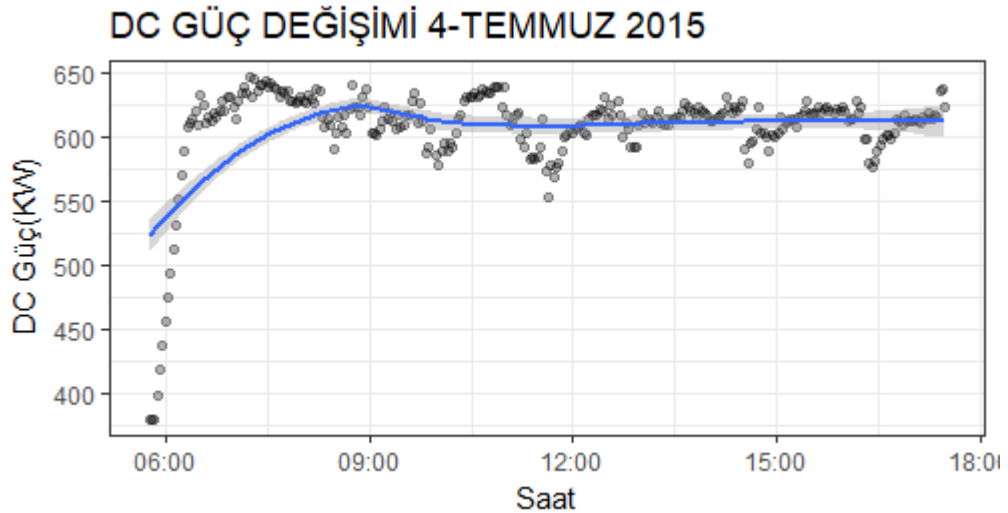
4 Temmuz, dünyanın güneşe en uzak olduğu gündür. Bu tarihte gerçek santral verileri alınarak yapılan analizlerde ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Öncelikle ilgili tarihteki DC Güç dağılımına bakılmıştır.



Şekil 45. 4 Temmuz 2015 DC Güç Sıklık Dağılımı

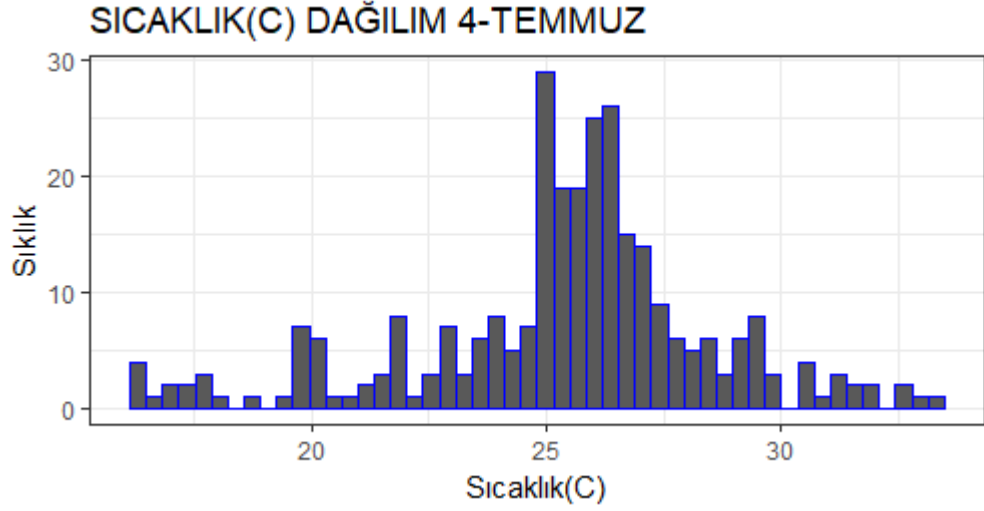
Buna göre Şekil 45’de görüleceği üzere 4 Temmuz 2015 tarihinde PV panellerden elde edilen DC gücünün sıklıkla 650 kW civarında toplandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 46. 4 Temmuz 2015 DC Güç Zaman

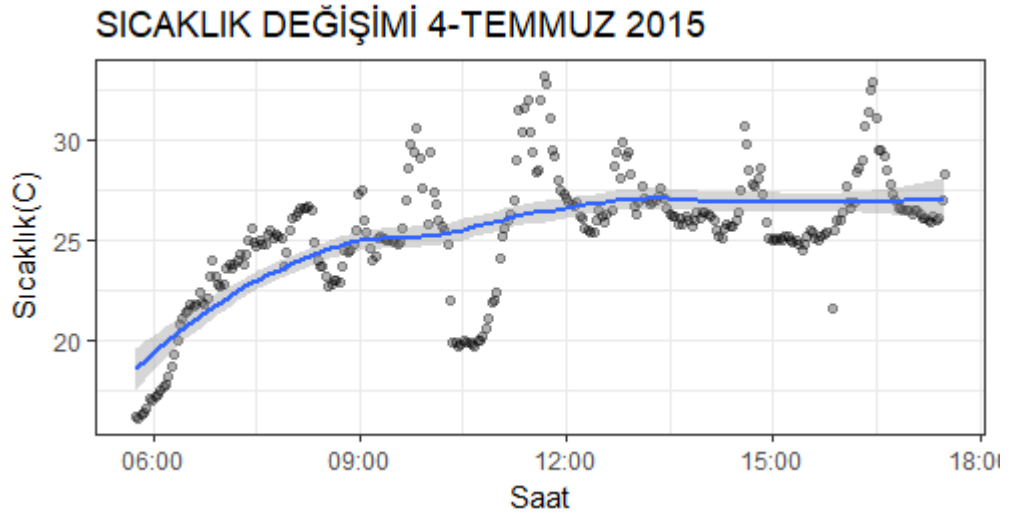
İlgili tarihteki saate göre panelden elde edilen DC güç değişimi ise Şekil 46'daki gibi olmuştur. Buna göre; saat 18.00'e kadar 600-650 kW civarında seyreden DC güç, sonrasında zamana bağlı olarak düşmüştür.

Benzer şekilde bu tarihteki sıcaklık dağılımına bakıldığında Şekil 47'de görüleceği üzere sıcaklık büyük ölçüde 25-30 C⁰ civarında dağıldığı görülmektedir.



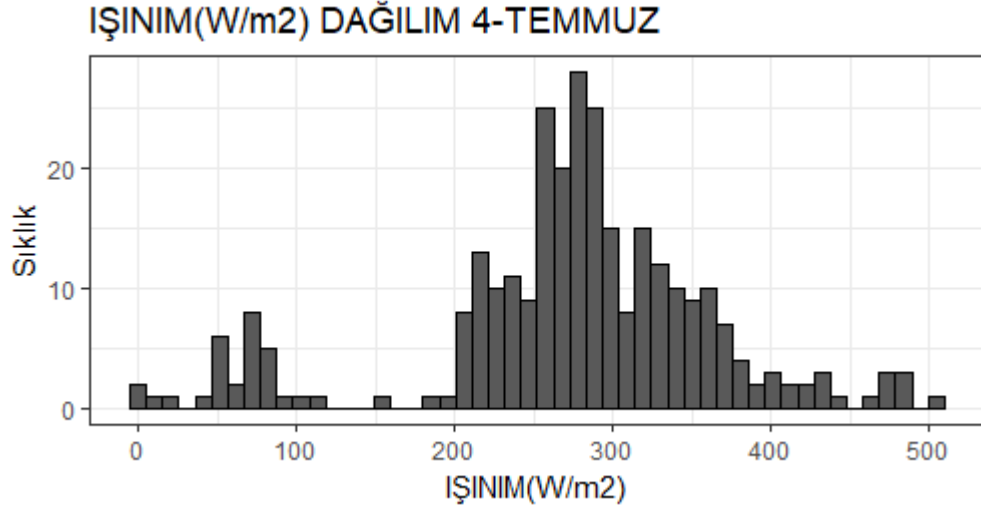
Şekil 47. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Dağılım Grafiği

Gün içindeki sıcaklık değişimine bakacak olursak, 06.00 sonrasında sıcaklıkta artan bir eğilim ortaya çıkmaktadır. 12.00 sonrası sıcaklık 30 C⁰'lere kadar çıkmış, 18.00'e 25 C⁰ – 30 C⁰ arasında dağılmıştır.



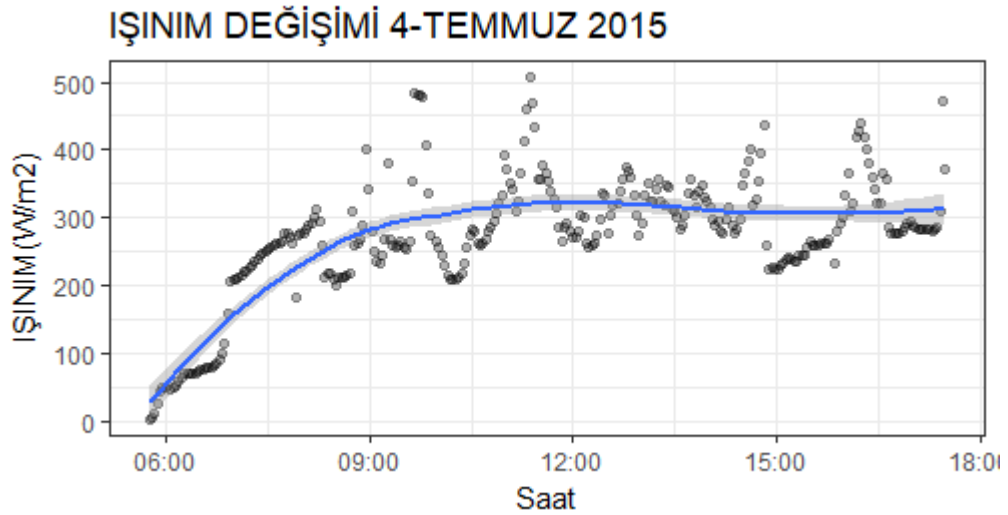
Şekil 48. 4 Temmuz 2015 Gün içi Sıcaklık Değişimi

İşınım sıklık dağılımında ise Şekil 49'dan da görülebileceği üzere işınımın gün içinde sıklıkla 300 W/m^2 etrafında toplandığı görülse de belirli zamanlarda 400 W/m^2 – 500 W/m^2 civarına da çıkmıştır.



Şekil 49. 4 Temmuz 2015 İşınım Sıklık Grafiği

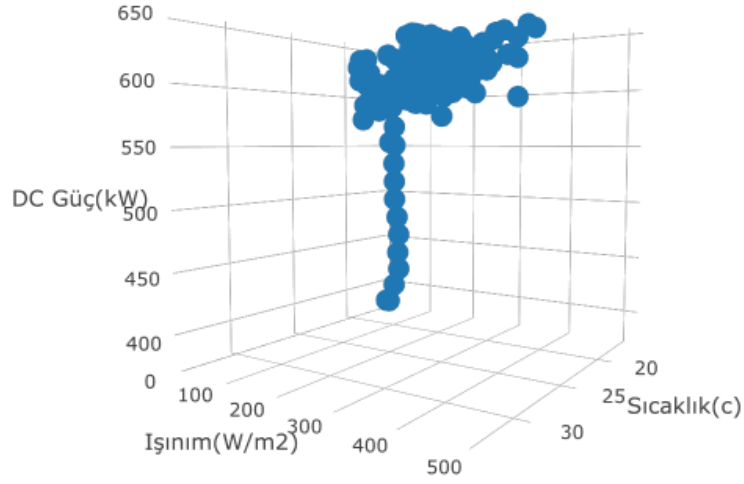
Gün içindeki işınım değişimine bakıldığında ise sıcaklığın artışına bağlı olarak işınımın kademeli olarak artış gösterdiği ve 12.00 civarı en yüksek değerini aldığı 18.00'e doğru ise güneşin etkisinin azalması ile düşmeye başladığı görülmüştür.



Şekil 50. 4 Temmuz 2015 İşınımın Zamana Bağlı Değişimi

İncelediğimiz 3 değişkenin zaman bağımsız birbirleri ile ilişkisi Şekil 51'deki grafikte görülebilir. Bu grafikten de anlaşılacağı üzere sıcaklık artışı ve dolayısı ile ışınım artışı olmuş ve buna bağlı olarak DC Güç de artmıştır.

4 Temmuz - SICAKLIK, IŞINIM, DC GÜÇ Değişim Grafiği



Şekil 51. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım DC Güç Değişim Grafiği

Değişkenler arasındaki ilişki(korelasyon) Tablo 37'deki gibi olmuştur.

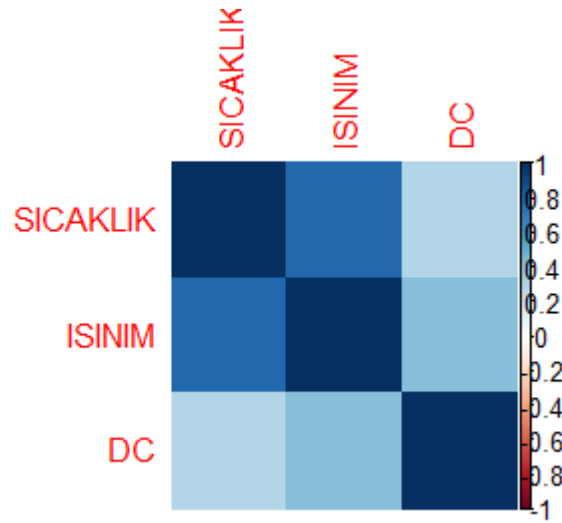
Buna göre:

- Sıcaklıkla Işınım arasında pozitif yönde kuvvetli ilişki görülmüştür.
- Işınımla DC Güç arasında pozitif yönde bir ilişki görülmüştür.
- Sıcaklıkla DC Güç arasında pozitif yönde ilişki görülmüştür.

KORELASYON	SICAKLIK	ISINIM	DC
SICAKLIK	1	0,780326	0,294609
ISINIM	0,7803257	1	0,422291
DC	0,2946094	0,422291	1

Tablo 46. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyon

Ortaya çıkan ilişkinin görsel olarak gösterimi ise Şekil 52’teki gibi olmuştur.



Şekil 52. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım DC Korelasyonu

Sıcaklık değişimine bağlı olarak ışıınımdaki değişimi gözlemek amacı ile R programlama dili yardımı ile lineer bir model oluşturulmuştur. “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakın olması ilgili değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olmasına işaret etmektedir. Ayrıca “R-squared” değerinin 1’e yaklaşması modelin tahmin gücünün kuvvetini göstermektedir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-299.290	27.155	-11.02	<2e-16 ***
SICAKLIK_CLEANED	22.552	1.061	21.25	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 57.43 on 290 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.6089, Adjusted R-squared: 0.6076
F-statistic: 451.5 on 1 and 290 DF, p-value: < 2.2e-16

Tablo 47. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Modeli

“SICAKLIK” için “Pr(>|t|)” değeri sıfıra yakındır, yani “SICAKLIK” değişkeni ile “IŞINIM” değişkeni arasında anlamlı bir ilişki mevcuttur. “R-squared” değeri de 1’e yaklaştığı için (0.6089) yapılacak tahminlemenin tutarlılığının yüksek olacağı öngörülebilir. Bu bilgiler ışığında denklem aşağıdaki gibi olur.

I = -299.290 + 22.552*S + e
I → Işınım
S → Sıcaklık
e → Hata terimi

Tablo 48. 4 Temmuz 2015 Sıcaklık Işınım Lineer Model Denklemi

Bu aşamada Işınım ile DC güç arasındaki ilişkiyi gösteren bir modelleme bulmak amacı ile öncelikle doğrudan DC güç ve Işınım arasındaki lineere modele bakılmıştır.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	560.13923	6.34575	88.270	< 2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	0.17468	0.02202	7.933	4.67e-14 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 34.44 on 290 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.1783, Adjusted R-squared: 0.1755				
F-statistic: 62.94 on 1 and 290 DF, p-value: 4.67e-14				

Tablo 49. 4 Temmuz 2015 DC Işınım Lineer Modeli

Bu model ile IŞINIM ve DC arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlemse de (Pr(>|t|) değeri sıfıra yakındır) “R-squared” değeri 0.1783 olduğu için 1’e yakınsayacağı başka senaryoların da gözden geçirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi iki değişken arasındaki ilişkinin tam anlamı ile lineer olmamasıdır. Bu noktada “IŞINIM” değişkeninin polinomal kuvvetlerinin kullanıldığı modeller ile deneme yapılması ve tahminlemenin tutarlılığının artırılması hedeflenmektedir. Tablo 50’de görüldüğü üzere bağımsız değişken “IŞINIM” ın 2. dereceden polinomal denklemi ile oluşturulan modelde “R-squared” değeri 0.4463’e çıkmıştır. Bu, modelin tahmin yeteneğinin Işınımına bağlı 2. derece polinom ile arttığını göstermiştir.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.912e+02	7.827e+00	62.75	<2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	8.578e-01	6.054e-02	14.17	<2e-16 ***
I(ISINIM_CLEANED^2)	-1.417e-03	1.198e-04	-11.82	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 28.32 on 289 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.4463, Adjusted R-squared: 0.4424				
F-statistic: 116.5 on 2 and 289 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 50. 4 Temmuz 2015 DC Işınım 2.Derece Lineer Model

Benzer şekilde 3. dereceden polinomlu modele bakacak olursak “R-squared” değerinin 0.6172 gibi daha yüksek bir değere çıktığı görülmüştür.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	4.174e+02	9.212e+00	45.31	<2e-16 ***
ISINIM_CLEANED	2.469e+00	1.508e-01	16.38	<2e-16 ***
I(ISINIM_CLEANED^2)	-9.062e-03	6.816e-04	-13.29	<2e-16 ***
I(ISINIM_CLEANED^3)	1.004e-05	8.859e-07	11.34	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				
Residual standard error: 23.59 on 288 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.6172, Adjusted R-squared: 0.6132				
F-statistic: 154.8 on 3 and 288 DF, p-value: < 2.2e-16				

Tablo 51. 4 Temmuz 2015 DC Işınım 3.Derece Lineer Model

Son olarak 4. dereceden polinomlu modelde “R-squared” değerinin 0.7137 çıktığı görülmüştür. Bundan dolayı bu senaryo için en uygununun 4. Derece polinomlu model olduğu görülmüştür.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	3.387e+02	1.130e+01	29.982	<2e-16	***
ISINIM_CLEANED	4.992e+00	2.878e-01	17.343	<2e-16	***
I(ISINIM_CLEANED^2)	-2.881e-02	2.092e-03	-13.769	<2e-16	***
I(ISINIM_CLEANED^3)	6.705e-05	5.845e-06	11.471	<2e-16	***
I(ISINIM_CLEANED^4)	-5.477e-08	5.568e-09	-9.837	<2e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 20.43 on 287 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.7137, Adjusted R-squared: 0.7097					
F-statistic: 178.9 on 4 and 287 DF, p-value: < 2.2e-16					

Tablo 52. 4 Temmuz 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model

İlgili modeli katsayıları aşığıdaki gibi ortaya çıkmıştır.

(Intercept)	: 3.387e+02
ISINIM	: 4.992e+00
ISINIM^2	: -2.881e-02
ISINIM^3	: 6.705e-05
ISINIM^4	: -5.477e-08

Tablo 53. 4 Temmuz 2015 DC Işınım 4.Derece Lineer Model Katsayılar

Buna göre denklem Tablo 45'deki gibi olmuştur.

$D = 33.87 + 4.992 * I - 0.02881 I^2 + 0.00006705 I^3 - 0.00000005477 I^4 + e$
D → DC G
I → Işınım
e → hata terimi

Tablo 54. 4 Temmuz 2015 DC Işınım Denklemi

SONUÇ

Bu tez çalışmasında gerçek şebeke ölçüm verileri kullanılarak ışı nım miktarı, sıcaklık ve üretilen DC güce de ğişimler elde edilmiştir. 264 adet güneş paneli ile oluşmuş bir fotovoltaik sistemin, şebekeye ba ğlı olarak (ON-GRİD) incelenmiştir. Bu gerçek sistemlerden sıcaklık-ışı nım miktarı, ışı nım-DC güç ve sıcaklık-ışı nım-DC güç arasındaki ilişkiler ilgili veriler elde edilmiştir.

Bu tez çalışmasında gerçek şebeke ölçüm düzene ği kullanılarak ışı nım miktarı, sıcaklık ve üretilen DC güce ilişkin de ğişimler elde edilmiştir. Bu de ğişimler özellikle, yıl içerisinde önemli olan dünya ile güneşin arasındaki mesafenin en kısa oldu ğu 3 Ocak, en uzun oldu ğu 4 Temmuz ile gün dönümleri 21 Mart, 23 Eylül ve mevsim de ğişikliği olan 21 Aralık, 21 Haziran günlerindeki meteorolojik de ğişimler incelenmiştir. Bu günlerde meteorolojik de ğişimlere ba ğlı olarak, üretilen DC gücün de ğişimleri tespit edilmiştir. Meteorolojik de ğişimler olarak, sıcaklık ile ışı nım miktarı arasındaki de ğişime ba ğlı DC güç de ğişimi incelenmiştir.

Dünya ile güneş arasındaki mesafenin en uzun (4 Temmuz) ve en kısa (3 Ocak) oldu ğu tarihler ile ekinoks(21 Mart ve 23 Eylül) ve solstis (21 Haziran ve 21 Aralık) tarihlerinde yapılan ölçümlerin analizi sonucu sıcaklık ile ışı nım arasında kuvvetli ilişki oldu ğu tespit edilmiştir. Ayrıca ışı nım ve şebekedeki DC güç de ğişimi arasında da ilişki oldu ğu tespit edilmiştir. Buna göre modeller oluşturulmuş ve ışı nım ile DC güç arasındaki ilişkiyi anlatan matematiksel denklemler elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

Ackermann, T. (2009). Rüzgar Gücünün tarihsel Gelişimi ve Mevcut Durumu, Güç sistemlerinde Rüzgar, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Başak Matbaacılık ve Tanıtım Hiz.Ltd.Şti, Ankara.

Camacho, F. E., Manuel, B., Rubio, R. F., & Martinez, D. (2012). Control of Solar Energy Systems. New York, USA: Springer-Verlag London Limited.

Gipe, P.(1995). Wind Energy Comes of Age, John Wiley&Sons. Ltd, New York.

Girgin, M.H. (2010). Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi Ve Ekonomik Analizi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü. 2010:94-95.

Heymann, M.(1995). The History of Wind Energy Utilisation 1890-1990, Campus, Frankfurt.

Hills, R.L. (1994). Power From Wind, A History of Windmill Technology, Cambridge university Press, Cambridge.

Işıklar, Y., Yeşilata, B. Ve Bulut, H. (2006). Fotovoltaik Panel Gücüne Etki Eden Çalışma Parametrelerinin Araştırılması, Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi.21-23 Haziran 2006. ESOGÜ. Eskişehir.

Kalogirou, S. A. (2014). Solar Energy Engineering Processes and Systems. San Diego, USA: Academic Press is an imprint of Elsevier.

Karamanav, M. (2007). Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, Mayıs, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Karimov, K.S., Saqibb, M.A., Akhterc, P., Ahmedd, M.M., Chatthad, J.A. ve Yousafzaid, S.A. (2005). A Simple Photovoltaic Tracking System, Solar Energy Materials & Solar Cells, 87, 49–59.

Kital, A. (2011). Principles of Solar Cells, LEDs and Diodes. West Sussex, United Kingdom: A John Wiley&Sons, Ltd.

Knight, A. M. and Peters, G. E., (2006). Simple wind energy controller for an expanded operating range, Transactions On Energy Conversion, 20, No.2, 459- 466. <http://www.shortsea.org.tr/yesilkitap.php>

Markvart, T. and Castaner, L. (2003). Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications. New York, USA: Elsevier Science Inc.

Mc Michael, A. (1996). Climate Change and Human Health. Geneva: (WHO), (WMO) and (UNEP).

Righter, R. (1996). Wind Energy in America: A History, University of Oklahoma Press, USA.

Rüzgar Gücü Aylık Dergisi, Wind Power Monthly Journal, 1999.

Shepherd, D.G. (1990). Historical Development of windmill, in Wind Turbine Technology, SAME Press, New York.

Şen, Z. (2009). Temiz Enerji Kaynakları ve Modelleme İlkesi, İstanbul: Su Vakfı.

Würfel, P. and Würfel, U. (1961). Physics of Solar Cells. Weinheim, Germany: WILEY-VCH.

EKLER

EK 1 : Özgeçmiş

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

ADI VE SOYADI : Emrah İDMAN
DOĞUM YERİ VE TARİHİ : Diyarbakır 15/04/1980
MEDENİ HALİ : Evli
E-MAİL : emrah.idman@gmail.com
ADRES (EV) : Rami Yeni Mah. Havuzbaşı Çeşme Sok
No:10/53 Eyüp/İstanbul
ADRES (İŞ) : Akbank Bankacılık Merkezi Şekerpınar
Çayırova Kocaeli
TELEFON : 0532 224 17 01

EĞİTİM DURUMU

2016-2018 : İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Yüksek Lisans
2001 - 2005 : İstanbul Kültür Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Lisans

YABANCI DİL

İngilizce : İleri Düzey
Almanca : Başlangıç Düzeyi

İŞ TECRÜBESİ

2006- : Akbank Bilgi Teknolojileri BT Veri Ambarı Sistemi Yöneticisi