



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ İÇİN
BİR KISA SÜRELİ ÜRETİM
TAHMİN SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

AHMET OĞUZ GÖK

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

KAHRAMANMARAŞ 2019

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ İÇİN
BİR KISA SÜRELİ ÜRETİM
TAHMİN SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

AHMET OĞUZ GÖK

Bu tez,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derencesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2019

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ahmet Oğuz GÖK tarafından hazırlanan “ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ İÇİN BİR KISA SÜRELİ ÜRETİM TAHMİN SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 27/08/2019 tarihinde oy birliği ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ŞEKKELİ (DANIŞMAN)

Elektrik-Elektronik Müh.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Erdal KILIÇ (ÜYE)

Elektrik-Elektronik Müh.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Süleyman KERLİ (ÜYE)

Enerji Sistemleri Müh.

Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ahmet Oğuz GÖK

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No:../.-... YLS

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ İÇİN BİR KISA SÜRELİ ÜRETİM TAHMİN SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

AHMET OĞUZ GÖK

ÖZET

Son yıllarda Yenilenebilir Enerji Tesisleri (YET) kurulu gücünde hızlı bir artış olmuştur. Bu hızla artan YET kurulu gücünde Güneş Enerjisi Santralleri (GES) önemli bir paya sahiptir. Diğer YET'lerde olduğu gibi GES'lerde de üretim değişken bir karakteristiğe sahiptir. Değişken üretim karakteristiği GES tesislerinin elektrik şebeke sisteminde işletilmesini zorlaştırmaktadır. Bu problemin giderilmesi için GES üretim tahminlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan bu tez çalışmasında GES üretimleri için bir tahmin sistemi önerilmiştir. Önerilen tahmin sisteminde yapay sinir ağları kullanılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağı Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Yapay sinir ağının eğitim, doğrulama ve test süreçlerinde Kahramanmaraş ilinde yer alan santrallerin üretim değerleri ve Küresel Tahmin Sisteminden alınan bulutluluk verileri kullanılmıştır. Yapay sinir ağı yapısı ve giriş değerleri değiştirilerek analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda giriş olarak üretim değerleri ile birlikte bulutluluk tahmini kullanılan yapay sinir ağının sadece üretim değerleri kullanılan yapay sinir ağına kıyasla daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi santrali, Üretim tahmini, Yapay sinir ağı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ağustos / 2019

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Sayfa sayısı: 73

**DEVELOPING A SHORT TERM GENERATION FORECAST SYSTEM FOR
SOLAR POWER PLANTS
(M.Sc. THESIS)**

AHMET OĞUZ GÖK

ABSTRACT

In recent years, there has been a rapid increase in the installed capacity of Renewable Energy Facilities (REF). Solar Power Plants (SPP) have an important share in this rapidly increasing REF installed capacity. As in other REF's, generations has a variable characteristic in SPP's. The variable generation characteristics make it difficult to operate the SPP facilities in the electricity grid system. To solve this problem, SPP generation forecasts are needed.

In this thesis, a forecast system is proposed for SPP generations. Artificial neural networks are used in the proposed forecast system. The created artificial neural network was trained using the Levenberg-Marquardt learning algorithm. In the training, verification and testing processes of the artificial neural network, the generation values of the plants located in Kahramanmaraş province and the cloudiness data obtained from the Global Forecasting System were used. Analyzes were performed by changing the artificial neural network structure and input values. As a result of the analyzes, it was found that the artificial neural network using cloudiness forecast with the generation values as input is more successful than the artificial neural network that uses only generation values.

Key words: Solar power plant, Generation forecast, Artificial neural network

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electric-Electronic Engineering, August / 2019

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Page Numbers: 73

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőması sűresince engin bilgi ve tecrűbelerinden faydalandıđım ve çalıőmamın her aőamasında sađladıđı bilimsel katkılardan dolayı Prof. Dr. Mustafa ŐEKKELİ 'ye, her fırsatta bilgi ve birikimlerinden yararlandıđım tűm bűlűm hocalarıma, tűm çalıőmalarım sűresince deđerli gűrűő ve fikirlerini benimle paylaőan Őđr. Gűr. Ceyhun YILDIZ 'a teőekkűr ederim.

Son olarak, bu gűnlere gelmemde her tűrlű maddi ve manevi desteklerini gűrdűđűm aileme ve eőime sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Taraması.....	3
2. DÜNYADA ENERJİNİN DURUMU.....	6
2.1 Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Durumu.....	7
3. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ.....	9
3.1 Güneş Panelleri.....	10
3.1.1 Kristal silikon güneş panelleri.....	13
3.1.2 İnce film güneş hücreleri (a-Si, CdTe, CIS veya CIGS).....	15
3.2 İnvörtör.....	16
3.3 Mekanik Taşıyıcı Sistem.....	19
4. SANTRALLERİN GENEL TANITIMLARI ÜRETİM DEĞERLERİ.....	20
4.1 Santral – A.....	20
4.1.1 Genel bilgileri.....	20
4.1.2 Üretim değerleri.....	21
4.2 Santral – B.....	29
4.2.1 Genel bilgileri.....	29
4.2.2 Üretim değerleri.....	30
4.3 Santral – C.....	38
4.3.1 Genel bilgileri.....	38
4.3.2 Üretim değerleri.....	39
5. METEOROLOJİK VERİLER.....	47
6. YAPAY SİNİR AĞLARI.....	53
6.1 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı.....	53
6.1.1 Biyolojik sinir hücresinin yapısı.....	53

	<u>Sayfa No</u>
6.1.2 Yapay sinir hücresinin yapısı	54
6.2 Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi	55
6.3 Kullanılan Yapay Sinir Ağı Yapısı	57
6.3.1 Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması	59
7. BULGULAR VE TARTIŞMA	61
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	70
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	73



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. 2015 yılı küresel birincil enerji tüketim oranları	6
Şekil 2.2. Küresel elektrik üretiminde yenilenebilir enerji oranı.....	7
Şekil 3.1. Panel oluşumu.....	10
Şekil 3.2. Monokristal ve polikristal güneş paneli yapısı	11
Şekil 3.3. Fotovoltaik güç sistemlerinde kullanılan üç farklı ince film teknolojisini; CdTe/CdS, CIGS ve a-Si güneş pilleri	12
Şekil 3.4. Örnek GES sistemi	13
Şekil 3.5. 1MW'e gücündeki merkezi invertör.....	18
Şekil 3.6. 60 kW'e gücündeki dizi invertör	19
Şekil 4.1. Santral – A Ocak 2018 üretim grafiği	21
Şekil 4.2. Santral – A Şubat 2018 üretim grafiği.....	21
Şekil 4.3. Santral – A Mart 2018 üretim grafiği	22
Şekil 4.4. Santral – A Nisan 2018 üretim grafiği.....	22
Şekil 4.5. Santral – A Mayıs 2018 üretim grafiği.....	23
Şekil 4.6. Santral – A Haziran 2018 üretim grafiği	23
Şekil 4.7. Santral – A Temmuz 2018 üretim grafiği.....	24
Şekil 4.8. Santral – A Ağustos 2018 üretim grafiği.....	24
Şekil 4.9. Santral – A Eylül 2018 üretim grafiği	25
Şekil 4.10. Santral – A Ekim 2018 üretim grafiği	25
Şekil 4.11. Santral – A Kasım 2018 üretim grafiği	26
Şekil 4.12. Santral – A Aralık 2018 üretim grafiği.....	26
Şekil 4.13. Santral – A Toplam 2018 üretim grafiği	27
Şekil 4.14. Santral – A Toplam 2018 üretim dağılım grafiği	27
Şekil 4.15. Santral – A Toplam 2018 üretim grafiği	28

Sayfa No

Şekil 4.16. Santral – B Ocak 2018 üretim grafiği.....	30
Şekil 4.17. Santral – B Şubat 2018 üretim grafiği.....	30
Şekil 4.18. Santral – B Mart 2018 üretim grafiği.....	31
Şekil 4.19. Santral – B Nisan 2018 üretim grafiği.....	31
Şekil 4.20. Santral – B Mayıs 2018 üretim grafiği.....	32
Şekil 4.21. Santral – B Haziran 2018 üretim grafiği.....	32
Şekil 4.22. Santral – B Temmuz 2018 üretim grafiği.....	33
Şekil 4.23. Santral – B Ağustos 2018 üretim grafiği.....	33
Şekil 4.24. Santral – B Eylül 2018 üretim grafiği.....	34
Şekil 4.25. Santral – B Ekim 2018 üretim grafiği.....	34
Şekil 4.26. Santral – B Kasım 2018 üretim grafiği.....	35
Şekil 4.27. Santral – B Aralık 2018 üretim grafiği.....	35
Şekil 4.28. Santral – B Toplam 2018 üretim grafiği.....	36
Şekil 4.29. Santral – B Toplam 2018 üretim dağılım grafiği.....	36
Şekil 4.30. Santral – B Toplam 2018 üretim grafiği.....	37
Şekil 4.31. Santral – C Ocak 2018 üretim grafiği.....	39
Şekil 4.32. Santral – C Şubat 2018 üretim grafiği.....	39
Şekil 4.33. Santral – C Mart 2018 üretim grafiği.....	40
Şekil 4.34. Santral – C Nisan 2018 üretim grafiği.....	40
Şekil 4.35. Santral – C Mayıs 2018 üretim grafiği.....	41
Şekil 4.36. Santral – C Haziran 2018 üretim grafiği.....	41
Şekil 4.37. Santral – C Temmuz 2018 üretim grafiği.....	42
Şekil 4.38. Santral – C Ağustos 2018 üretim grafiği.....	42
Şekil 4.39. Santral – C Eylül 2018 üretim grafiği.....	43
Şekil 4.40. Santral – C Ekim 2018 üretim grafiği.....	43
Şekil 4.41. Santral – C Kasım 2018 üretim grafiği.....	44

Şekil 4.42. Santral – C Aralık 2018 üretim grafiği	44
Şekil 4.43. Santral – C Toplam 2018 üretim grafiği.....	45
Şekil 4.44. Santral – C Toplam 2018 üretim dağılım grafiği.....	45
Şekil 4.45. Santral – C Toplam 2018 üretim grafiği.....	46
Şekil 5.1. GFS Forecasts veri seçim ekranı	48
Şekil 5.2. GFS Forecasts yıl/ay veri seçim ekranı	49
Şekil 5.3. GFS Forecasts yıl/ay/gün veri seçim ekranı	50
Şekil 5.4. GFS Forecasts yıl/ay/gün/saat veri seçim ekranı.....	51
Şekil 5.5. Panoply programı.....	52
Şekil 5.6. Panoply programı veri seçimi.....	53
Şekil 6.1. Nöronun yapısı.....	54
Şekil 6.2. Yapay sinir hücresi yapısı.....	55
Şekil 6.3. Yapay sinir ağı yapısı	57
Şekil 7.1. MSE – Eğitim kutu grafiği	64
Şekil 7.2. MSE – Doğrulama kutu grafiği	64
Şekil 7.3. MSE – Test1 kutu grafiği	65
Şekil 7.4. MSE – Test2 kutu grafiği	65
Şekil 7.5. R – Eğitim kutu grafiği	66
Şekil 7.6. R – Eğitim kutu grafiği	66
Şekil 7.7. R – Eğitim kutu grafiği	67
Şekil 7.8. R – Eğitim kutu grafiği	67
Şekil 7.9. Üretim değerleri karşılaştırması-1	68
Şekil 7.10. Üretim değerleri karşılaştırması-2	68
Şekil 7.11. Üretim değerleri karşılaştırması-3	69
Şekil 7.12. Üretim değerleri karşılaştırması-4	69

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Santral – A Meteorolojik veri	20
Tablo 4.2. Santral – A Toplam 2018 üretim değerleri	28
Tablo 4.3. Santral – B Meteorolojik veri	29
Tablo 4.4. Santral – B Toplam 2018 üretim değerleri	37
Tablo 4.5. Santral – C Meteorolojik veri	38
Tablo 4.6. Santral – C Toplam 2018 üretim değerleri	46
Tablo 6.1. Yapay sinir ağı yapısının özellikleri	58
Tablo 6.2. Yapay sinir ağı test sürecinde kullanılan veri sayıları	58
Tablo 7.1. 5-Nöron bulutluluk tahmini kullanılan	61
Tablo 7.2. 10-Nöron bulutluluk tahmini kullanılan	61
Tablo 7.3. 5-Nöron bulutluluk tahmini kullanılmayan	62
Tablo 7.4. 10-Nöron bulutluluk tahmini kullanılmayan	63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

V	: Volt
A	: Amper
Hz	: Hertz
OG	: Orta Gerilim (Volt)
AG	: Alçak Gerilim (Volt)
AA	: Alternatif Akım (Amper)
DA	: Doğru Akım (Amper)
kW	: 1000 Watt
kWh	: Kilowatt saat
kWe	: Kurulu Güç
Wp	: Watt Peak
kVA	: 1000 Volt Amper
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GES	: Güneş Enerji Santralini
PV	: Fotovoltaik
LÜY	: Lisansız Elektrik Üretim Yönetmeliği
GFS	: Küresel Tahmin Sistemi
NCEP	: Ulusal Çevresel Tahmin Merkezleri
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
MSE	: Ortalama Hata Karesi
R	: Korelasyon Katsayısı
LM	: Levenberg-Marquardt

1.GİRİŞ

Dünyada elektrik enerjisine kullanımı insanların etkisi ve sanayileşmedeki gelişmelere bağlı olarak gün geçtikçe artış göstermektedir. Elektrik enerjisindeki bu artışın sağlanabilmesi için yeni yatırımlarla yanında verimliliğin de artışına ve enerji tasarrufuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu şekilde doğada sınırlı olan enerji kaynakları daha verimli olarak kullanılabilir.

Elektrik enerjisi; ısıya, ışığa veya mekanik enerjiye dönüştürülerek hayatımızın her alanında kullanılmaktadır. Bu dönüşümün verimliliğindeki artış, enerjinin daha az kayıpla kullanılmasını sağlayacaktır. Verimlilik, enerji kaynaklarının üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarda maksimum düzeyde değerlendirilmesi, enerji kayıplarının azaltılması, üretim süreçlerine yeni teknolojilerin başarı ile adapte edilerek kalite ve performansın artırılması olarak tanımlanabilir [1]. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi kişi başına düşen enerji tüketimlerinin yanında, enerjiyi daha verimli kullanmaları ile de doğrudan bağlantılıdır.

Elektrik enerjisini daha verimli kullanmak, enerjiyi üreten enerjiyi ileten ve enerjinin dağıtımını gerçekleştiren kurum veya kuruluşların en büyük gayelerinden biridir. Elektrik enerjisinin daha verimli ve en az kayıpla kullanılabilmesi, güç kalitesini en yüksek seviyeye çıkarmaktan geçmektedir. Güç kalitesi kavramı birçok parametreyi içermektedir. Bu kavramların en başında harmonikler, gerilim sapsmaları ve fliker gelmektedir. Harmoniklerin meydana getirdiği bozulma sonucunda gerilim ve akımda yaratmış olduğu nonsinüzoidal dalga şekli; transformatör, motor, iletkenler ve cihazların aşırı ısınmaları gibi çok çeşitli problemlere de neden olmaktadır. Bunların yanı sıra kompanzasyon sistemlerinde ki aşırı şekilde reaktif yüklenmeye ve dielektrik malzemelerinin hasar görmesi, cihazların da kullanım sürelerinin azalması gibi sonuçlara sebep olmaktadır. Bu şekilde bozucuların frekansındaki değişimler, gerilimin genliğinde kısa yahut uzun zamanlı değişikliklere yol açarak gerilimin dalga şeklini bozmaktadır. Bahsedilen sebeplerden dolayı, güç kalitesi problemi hem elektrik güç sistemleri hem de ulusal ekonomi için bir tehdit oluşturmaktadır [2]. Güç kalitesi sorunlarını tespit etmek ve gerekli önlemleri almak için son yıllarda birçok makalesi yayınlanmıştır. Bu makaleler hem alçak gerilim (AG) hem de orta gerilim (OG) seviyesinde yapılan araştırmaları içermektedir.

Güç kalitesi parametreleri ulusal ve uluslararası standartlar dikkate alınarak hazırlanan yönetmeliklerle kontrol edilmektedir. 9 Eylül 2018 tarihinde son hali çıkarılan “Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği” dağıtım

şirketleri, görevli tedarik şirketleri ve Dağıtım sistemini kullanan gerçek veya tüzel kişiler tarafından uyulması gereken kurallar ile uygulamaya ilişkin usul esaslar belirlenmiştir [3].

Bu çalışmada Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesinde bulunan şebekeye orta gerilim seviyesinden bağlı üç adet Güneş Enerji Santralini (GES) 01.01.2018-31.12.2018 tarihleri arasındaki üretim değerleri ile aynı zaman aralığındaki Küresel Tahmin Sistemi (GFS) meteorolojik tahmin verilerinden bulutluluk tahmini verileri kullanılmıştır. Kullanılan üç santralin genel olarak özellikleri aşağıdaki şekildedir.

- ✓ Santral-A, 4114 adet güneş paneli, 17 adet dizi evirici, DC kurulu gücü 1069,6 kWp, AC kurulu gücü 999 kWe olan arazi uygulamalı güneş enerji santralidir.
- ✓ Santral-B, 4048 adet güneş paneli, 17 adet dizi evirici, DC kurulu gücü 1052,48 kWp, AC kurulu gücü 999 kWe olan arazi uygulamalı güneş enerji santralidir.
- ✓ Santral-C, 4224 adet güneş paneli, 17 adet dizi evirici, DC kurulu gücü 1056 kWp, AC kurulu gücü 990 kWe olan arazi uygulamalı güneş enerji santralidir.

Küresel Tahmin Sistemi (GFS), Ulusal Çevresel Tahmin Merkezleri (NCEP) tarafından üretilen bir hava tahmin modelidir. Bu veri setinde, sıcaklıklar, rüzgarlar ve yağışlardan toprak nemi ve atmosferik ozon konsantrasyonuna kadar düzinelere atmosferik ve toprak-toprak değişkenleri mevcuttur. Genel olarak tüm dünya, gelecekte 16 güne kadar hava tahmin eden operasyonel tahminciler tarafından kullanılan ızgara noktaları arasındaki 18 mil (28 kilometre) yatay çözünürlükte GFS tarafından kapsamaktadır. GFS modeli, hava koşullarının doğru bir resmini sağlamak için birlikte çalışan dört ayrı modelden (atmosfer modeli, okyanus modeli, kara / toprak modeli ve deniz buzu modelinden oluşan) birleştirilmiş bir modeldir. Performansını ve tahmin doğruluğunu artırmak için GFS modelinde düzenli olarak değişiklikler yapılıyor. Sürekli gelişen bir hava modelidir. GFS ile ilgili tahmin edilen ürünler ve daha fazla bilgiyi GFS) ana sayfasında indirilebilir durumdadır [4]. Çalışmada kullandığımız bulutluluk tahmini verilerini Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) resmi sitesinden ulaştığımız Panoply programı ile işleyerek kullanmıştır [5].

1.1 Literatür Taraması

Tez konusu ile ilgili literatür taraması yapılmış ve önemli görülen bazı çalışmalar özetlenmiştir.

[6] çalışmasında 2011-2014 yılları arasında California'da bulunan 1MWp değerindeki iki adet fotovoltaik santralin enerji çıkışı verileri kullanılmıştır. Sayısal Hava Tahmini, en küçük kare optimizasyonu temel alınarak PV güç santralinden enerji çıkışı değerini gün öncesinden saatlik ortalama esas alınarak sunan tahmin metodudur. Metot; yıllar arası performans değişkenliği ve iki tesisi eşleştirirken meydana gelen mekânsal düzeltme gibi standart hata ölçümlerini değerlendirmeyi de içerir. Önerilen yöntem önceki çalışmalarla kıyaslandığında sonuçlar doğruluk göstermekte. Ayrıca ışık saçma girdisindeki sistematik hataların yalnızca sınırlı etkisi olduğu gösterilmiş. Önerilen yöntem PV sistemlerindeki PO tahmini hatalarını düşürebilir ve herhangi bir ön bilgi gerektirmeden tekrar uygulanabilir olduğu görülmüştür.

[7] çalışmasında girdi/çıkış veri setlerini sıcaklık, yağış olasılığı ve tanımlanan benzer saatlerin güneş ışınımı konusunda eğitmek için destek vektör bağlantı kullanılmıştır. Bu yazıda, PV güç çıktısının 1 gün önceden saatlik olarak tahmin edilmesi için hava durumu tabanlı bir hibrit yöntemi kullanılmıştır. Kısaca SOM, LVQ, SVR ve bulanık çıkarsama (fuzzy inference) metotları iç içe kullanılmış. Önerilen yaklaşım sınıflandırması, eğitim ve tahmin aşamalarını içermektedir. Tahmin aşamasında, Tayvan Merkez Hava Bürosu'ndan (TCWB) toplanan hava durumu bilgilerine göre, doğru tahmin için uygun eğitilmiş bir model seçmek için bulanık çıkarsama metodu kullanıldığı görülmüştür. 1 yıllık test edilen veri sonuçlarına göre güneşli günlerde üç metot da iyi sonuç verirken diğer günler önerilen metot diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

[8] çalışmasında dünyadaki üç farklı noktada bulunan PV sistemlerindeki bilgiler kullanılmıştır. Bu makale, güneş enerjisi tahminlerinin zorluklarını analiz eder ve daha sonra, küçük ölçekli güneş enerjisi üretimi tahminleri için 24 saat önceden tahmin yapmak için benzer bir gün tabanlı tahmin aracı sunmaktadır. Mevcut verileri gece yarısında kullanarak bir sonraki 24 saat boyunca güneş enerjisi sisteminin gücünü tahmin etmek için bir tahmin yöntemi öneriyor. Kısaca önerilen yöntem benzer gün saptama (SDD) motoru ve tahmin motoru adlı iki bileşenden oluşuyor. SDD motoru belirli benzerlik ölçülerine

göre tahmin gününe benzer günler bulmak için geçmiş verileri araştırıyor. Seçilen benzer günlerin üretim verileri daha sonra hedef gün için üretim tahminleri üretmek üzere tahmin motoruna aktarılır. Modelde hava tahminleri girdi olarak kullanılır, bu verilerdeki yanlışlıklar güneş enerjisi tahmini hatalarına yol açtığı görülmüştür.

[9] çalışmasında kullanılan veriler birbirinden 500 m uzaklıkta 2 adet PV sisteminden elde edilmiştir. Deneyde iki adet çevresel parametre çok önemli: sıcaklık ve ışın yayma. Fakat daha önemli olduğu düşünüldüğü için sadece ışın yayma girdi olarak kullanılmıştır. Tahmin modellemesi için NARX zaman serileri analizi ve yapay sinir ağları (ANN) kullanılmış. Deneme yanılma yöntemi esas alınarak yapılan bu öneri, bir takım adımlar serisinden oluşmakta olup tahminci için en iyi ayarlamaları ve en uygun sinir ağı yapısını bulmayı hedefler. En iyi deney sonuçları, girdi olarak ışın yayma ve örnekleme saati (günlük biriken enerjiyi tahminde kullanmak için) kullanılarak elde edilmiştir. Bir yıla ait 15 dakikalık ölçümlerden oluşan veri seti dikkate alınarak, 77 günün eksik olmasına rağmen, %12,2 ile %26 arasında değişen mevsimsel ortalama mutlak hataları elde edilmiş. Ayrıca elde edilen bu değerlerin doğrulukları diğer yöntemlerin (öncekilerle kıyas) değerlerinden önemli ölçüde daha iyi olduğu görülmüş. PV sistemi kurulumunda lokasyonun ve panelin eğimi gibi özellikli değişkenlerin bir önemi olmadığı deneyledikleri diğer değişkenlerin de tahmin sonucunu büyük ölçüde etkileyecek kadar önemli olmadığı sonucuna varıyor. Bu sebeple bundan sonra önerilecek sisteme hava tahmin sistemi entegre edilmesi gerektiği ve bunun değişkenleri ortaya çıkarıp tahmin performansını artırabileceğini görülmüştür.

[10] çalışmasında kamuya açık internet sitelerinden bulutluluk durumunu gösteren hava tahmin verileri değişkenleri kullanılmıştır. PV sisteminde herhangi karmaşık meteorolojik bir araç olmadan saatlik güç çıkışı tahmini yapmak için, bu makalede NARX ağ tabanlı bir tahmin modeli kullanıldığı görüldü. Tahmin modelini değerlendirme metodu olarak ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) kullanılmış. Oluşturulan NARX modeli PO tahmini yaparken herhangi bir hatayla karşılaştığında buna göre ayarlamalarda da bulunabiliyor. Zamanla değişen girdinin hızlı adaptasyonu nedeniyle önerilen metot hava durumu aniden değişse bile PV sisteminin güç çıkışını doğru bir şekilde tahmin edebiliyor. Çatı-üstü PV güç sisteminin tahmin sonuçları, hassas doğruluk ve yüksek verimlilikle önerilen modelin etkinliğini doğruladığı görülmüştür.

[11] çalışmasında güneş kaynağı ve PV gücü için teorik tahmin yöntemlerinin kapsamlı bir incelemesini içerir. PV ve güneş enerjisinin tahmini modelleri dört sınıfa ayrılır; istatistiksel modeller, yapay zeka (AI) tabanlı modeller, fiziksel modeller ve hibrit modellerdir. Bu makale, geliştirmeye ilişkin araştırma çalışmaları sunmaktadır. PV ve güneş enerjisi tahmin yaklaşımlarını açıklar. Farklı tiplerdeki avantaj ve dezavantajları tahmin yöntemleri bu yazıda kısaca tartışılmıştır. Ayrıca akıllı şebekede güneş tahmini uygulamaları enerji yönetimi iyice incelenmiştir.

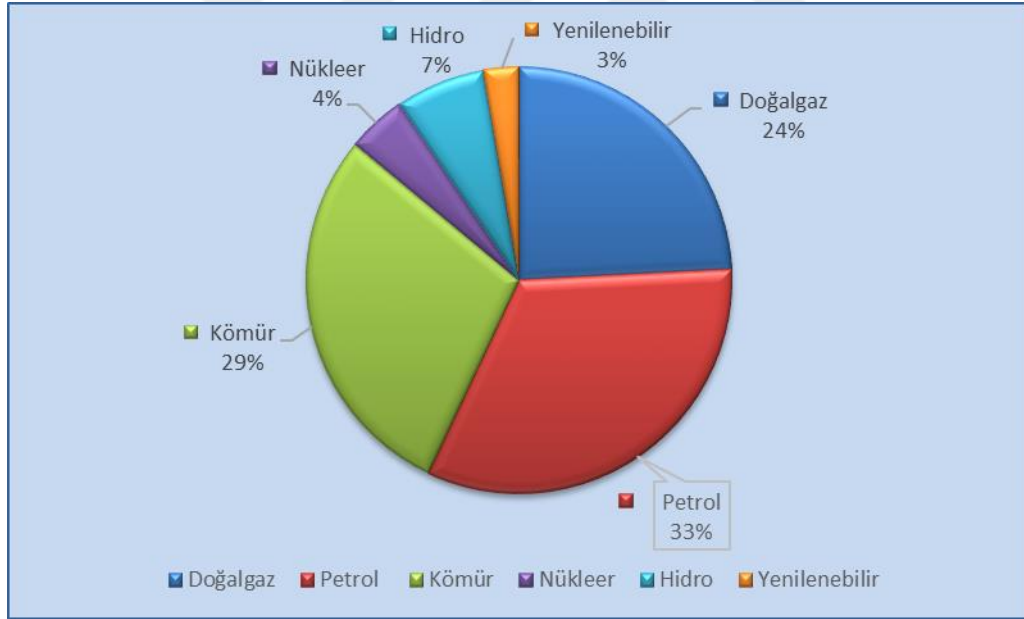
[12] çalışmasında üretim birimlerinin ekonomik programlamasında ve elektrik piyasasında üretim ve yük dengelemesi gerekir. Bu makale güneş enerji tahminleri üretmek için bir yapay sinir ağı (ANN) modeli tanıtıyor. Çoklu doğrusal bağlanım ve süreklilik modelleri ile model performansını karşılaştırma ve birkaç girdi değişkeninin hassasiyet analizi de gösterilmiştir. Elektrik yükü alanları, rüzgâr gücü, solar güç ve elektrik fiyatlarının dâhil olduğu verileri Küresel Enerji Tahmin Yarışması 2014 (GEFCOM2014)'ndan türetilmiştir. Yapay Sinir Ağları modeli, çoklu doğrusal bağlanım analizi modeli MLR ve süreklilik modelinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüş olup tarihsel veriler de eklenirse modelin performansı daha da gelişeceği anlaşılmıştır.

[13] çalışmasında güneş enerjisi üretimi için hava durumu tahmin bilgilerine dayanan günlük bir tahmin modeli önerilmiştir. Bu öneri, doğrulama faktörlü PV çıktısı formülüne dayanmaktadır. Ayrıca hava durumu bilgileri de güneşlenme ve doğrulama faktörü hesabı için kullanılmıştır. Bu bağlamda önerilen model; hava durumu bilgisinden elde edilen bulut ve sıcaklık verileri, güneş radyasyonu miktarını tahmin etmenin yanı sıra PV modülünün verim kaybı yaşaması ya da bozulmasından dolayı olası elektrik üretim kaybını gösteren hasar tespiti faktörüdür. Önerilen model Kore'de ticari olarak bulunan bir PV izleme sistemine bütünleşik olarak yerleştirilmiş ve mevcut tahmin modellerinden daha iyi performans sergilediği gösterilmiştir.

2. DÜNYADA ENERJİNİN DURUMU

Dünyada hızla artan nüfusun ve sanayileşmeye bağlı olarak dünyanın ve ülkemizin enerji ihtiyacı gün geçtikçe daha da artmaktadır. 1970’li yıllarda meydana gelen petrol krizinden sonra enerjinin önemi dünyada ve ülkemizde daha net anlaşılmıştır.1970’li yıllardan itibaren ülkeler enerji kaynaklarının çeşitlendirilerek artırılması ve alternatif enerji kaynaklarının da kullanılması noktasında önemli adımlar atılmıştır. 2000’li yıllara gelindiğinde alternatif enerji kaynaklarının bulunması ve kullanılması için arama çalışmaları da artış göstermiştir. Son yıllarda enerji ithal eden ülkeler enerji arzını sürekli kılmak adına çeşitli politikalar bulma arayışı içine girdiği görülmüştür.

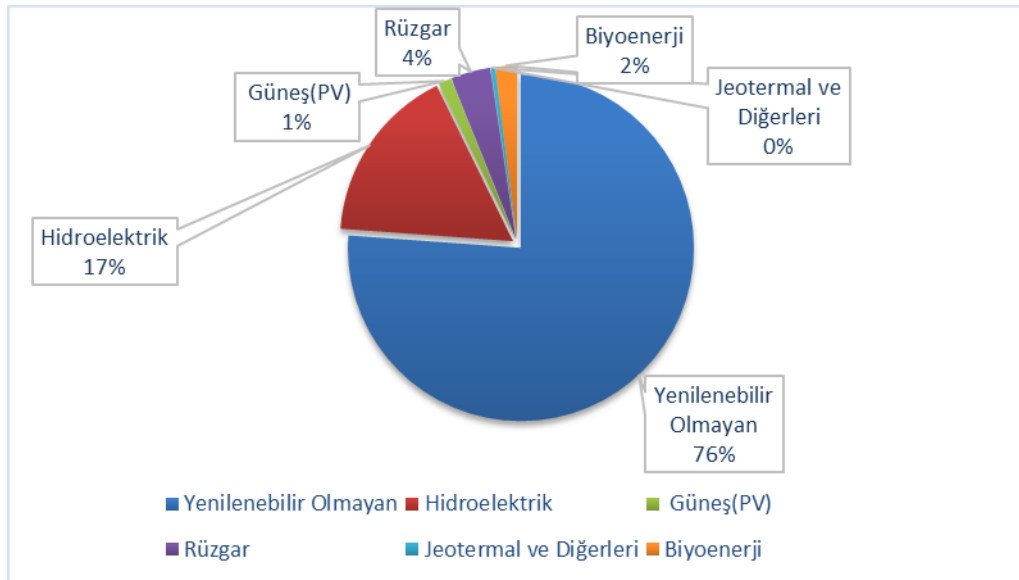
Dünya genelinde tüketilen enerji çeşitlerinin çoğu birincil enerji kaynaklarından kullanılmaktadır. 2015 yılı BP Energy Outlook 2019 edition verilerine göre Elektrik enerjisi tüketiminde en büyük paya sahip olan birincil enerji kaynakları sırasıyla; petrol (%33) kömür(%29), doğal gaz (%24) hidrolik (%7) nükleer (%4) ve yenilenebilir (%3) olarak gerçekleşmiştir [14]. Şekil 2.1.’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. 2015 yılı küresel birincil enerji tüketim oranları

2.1 Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Durumu

Dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisidir. Yenilenebilir enerji, ülkelerin enerji ihtiyaçlarını yerli kaynaklarla karşılayarak dışa bağımlılıklarının azaltılması, kaynakları çeşitlendirerek sürdürülebilir enerji kullanımının sağlanması ve enerji tüketimi neticesinde çevreye verilen zararların en aza indirilmesi açısından son derece önemli bir yere sahiptir. Yenilenebilir enerjiyi “doğal kaynaklardan elde edilebilen ve kendini sürekli yenileyebilen bir enerji kaynağı” olarak tanımlamak mümkündür.[1] Yenilenebilir enerjiyi diğer enerji kaynaklarında ayıran en önemli fark kendini doğal yollarla yenileyebilmesi ve tükenmemesidir. Yenilenebilir enerji alanında yapılan yatırımlar, ARGE çalışmaları ve teknolojik gelişmeler sayesinde “doğal enerji” olarak da isimlendirebileceğimiz yenilenebilir enerjinin dünya enerjisi nihai üretim ve tüketimindeki oranları fosil yakıtlara göre gün geçtikçe artış göstermektedir. Yenilenebilir enerjinin toplamda dünyada elektrik üretimindeki payı her geçen gün artmaktadır. Toplam küresel elektrik üretiminin % 23,7’si yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. Bu oranın % 16,6 ’lık kısmı hidroelektrik santralleri, % 3,7 ’si rüzgar, % 2 ’lik kısmı biyoenerji, % 1 ’i fotovoltaik güneş sistemleri ve % 0,4 ’ü ise jeotermal ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Şekil 2.2. ‘de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Küresel elektrik üretiminde yenilenebilir enerji oranı

Diğer taraftan fosil yakıtların başını çektiği yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarının küresel elektrik üretimindeki üstünlükleri de devam etmektedir. Bu üstünlüğü azaltmak için özellikle kurulum maliyetleri ve fiyat rekabeti açısından yenilenebilir enerji çeşitlerinin teşvik edilmesi de oldukça önemlidir.



3. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Günümüz şartlarında güneş ışınlarından faydalanmak için pek çok teknoloji geliştirilmiştir. Güneş enerjisinden daha fazla yararlanmak için birçok araştırma ve çalışmalar yapılmıştır. Güneş enerjisi doğrudan ışık veya ısı enerjisi olarak kullanılabilirdiği gibi, elektrik üretiminde de farklı yöntemler için önemli bir kaynak olarak görülmektedir. Güneşten enerjisinden elektrik üretiminde, ekonomik olarak yapılabilir fotovoltaik güneş enerjisi ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi adında iki farklı yöntem yer almaktadır [15-18].

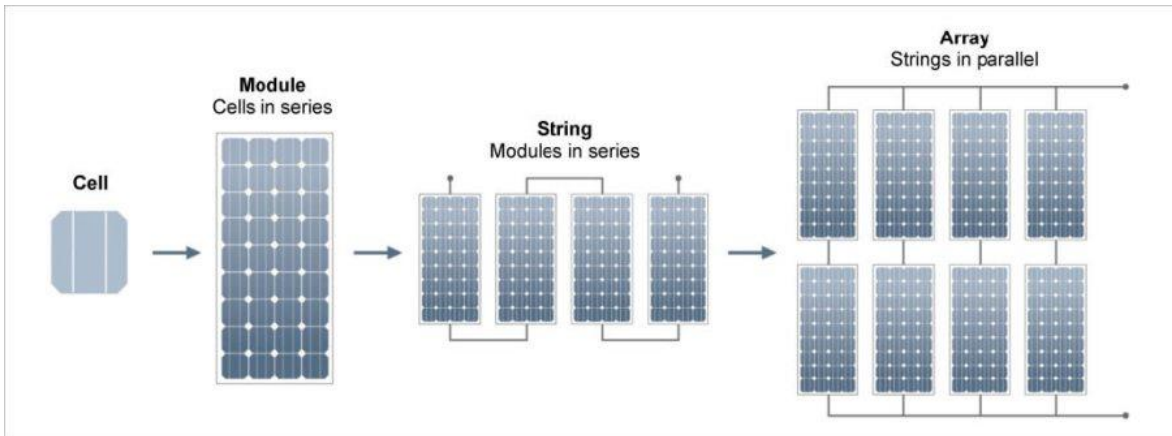
Fotovoltaik etki olarak adlandırılan yöntem ile güneş panelleri içerisinde bulunan teknolojisine göre farklılaşan tipteki yarı iletken yapılmış tabakaların içerisinde foton olarak isimlendirilen güneş ışınının geçmesi neticesinde, üst ve alt tabakaların arasında bir elektrik alanı meydana getirilir. Bu elektrik alan, üst ve alt tabakalar arasında iletimin başlamasını sağlayarak elektrik üretir. Bu şekilde güneş enerjisi, ara basamak kullanılmadan doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmüş olur.

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi olarak adlandırılan yöntemde ise, güneş ışınları parabolik aynalar veya büyük yansıtıcı yüzeyler aracılığı ile tek bölgede odaklanır. Daha sonrasında, bu bölgeden su veya yağ gibi ısı sığası yüksek olan maddeler geçirilerek ısı transferi sağlanmış olur. Transfer edilen ısı enerjisi türbinler vasıtası ile mekanik enerjiye ve jeneratörler ile de elektrik enerjisine dönüştürülerek güneş enerjisinin elektrik enerjisinde dönüştürülme işlemi tamamlanmış olur. Bu işlemler sırasında bir pompa, vana, yansıtıcı yüzey temizleyicileri, türbin, odaklama motorları ve ısıl dönüştürücüler gibi birçok mekanik parçalar kullanılır. Bundan kaynaklı bu tip sistemleri kurmak uzun zaman almakta ve bakım masrafları da oldukça yüksektir.

Mekanik ve hareketli parçaların fazlalığının getirdiği ilave bakım yüklerinin yanında güneş enerjisinin ısı ve hareket enerjisine dönüştükten sonra elektriğe çevrilmesinin getirdiği verim kayıpları da, günümüzde fotovoltaik metottan sağlanan verimliliğin gerisinde kaldığı görülmüştür. Bunun sonucunda ucuzlayan fotovoltaik sistem ekipmanlarının da etkisiyle, fotovoltaik kurulumlar, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerini çok geride bırakmış ve tüm ilginin bu alana yönelmesine neden olmuştur.

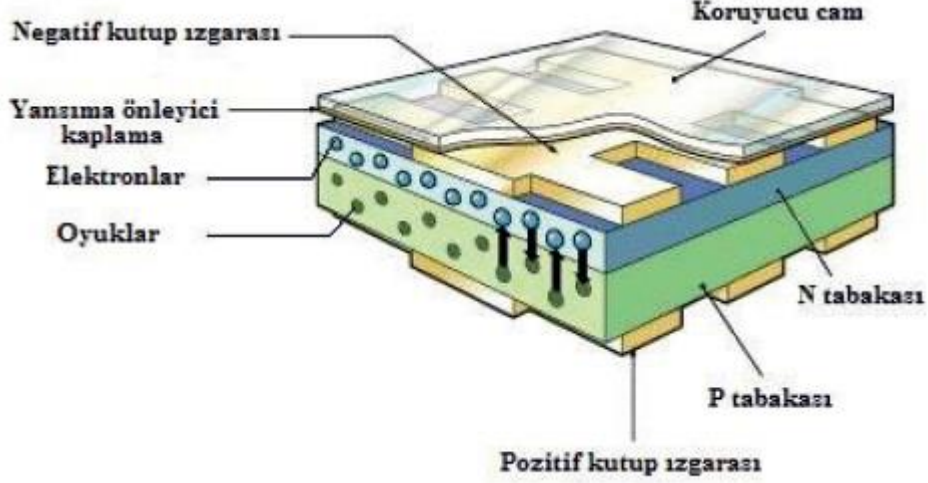
3.1 Güneş Panelleri

Güneş panelleri kalınlıkları mikron metreyle ölçülecek kadar ince birçok solar hücreden oluşmaktadır. Teknolojilerine göre şekilleri dairesel, ince uzun şeritler, kare, veya dikdörtgendir. Tek bir fotovoltaik hücreden elde edilecek enerji az olacağından teknolojiye göre hücreler seri bağlanarak, ya da üretim esnasında paralel dilimler oluşturularak güneş panelleri oluşturulmaktadır. Paneller birleştirilerek güneş panelleri dizisini meydana getirmektedir.



Şekil 3.1 Panel oluşumu

En yaygın fotovoltaik panel çeşitlerinden polikristal ve monokristal paneller, dünyada çokça bulunan silikon (silisyum) adı verilen elementlerden yapılmaktadır. Hammaddesi sıkça bulunan ve ucuz bir malzeme olmasına rağmen işleme süreci çok zahmetli ve pahalıdır. Bu teknolojilerde her hücre pozitif ve negatif katmanlardan oluşmaktadır. Güneş panelleri üzerinde bulunan hücreler fotonları absorbe ederek açığa çıkan elektronların hareket edip akım oluşturmasını sağlar. Güneş hücrelerinin üst tabakaları çatlamaların, kırılmaların ve enerji kayıplarının önlenmesi için yansımayı önleyici kaplama ve korumalardan oluşur. Bu kaplamaların altında ise N tipi ve P tipi yarı iletken maddeler bulunur.

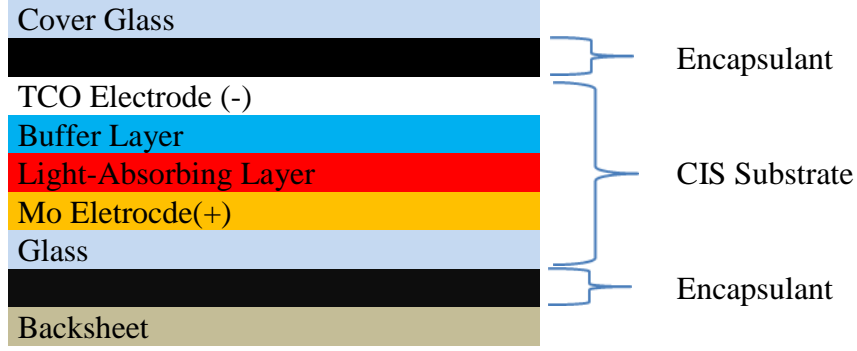


Şekil 3.2. Monokristal ve polikristal güneş paneli yapısı

Monokristal ve polikristal bir güneş pilinin çalışma prensibi;

- Güneş pili üzerine düşen güneş ışığı fotovoltajik hücreler tarafından emilir.
- Güneş pilinde çok elektrona sahip P tipi yarı iletken madde ve az elektrona sahip N tipi yarı iletken madde bulunur.
- Güneş pili üzerine düşen Güneş ışığı P tipi yarı iletken madde üzerinden elektron koparır.
- Enerji kazanan elektronlar N tipi yarı iletken maddeye doğru hareket ederler.
- Bu tek yönlü sabit elektron akışı doğru akımı (DC) yaratır. Elektronlar kurulan devreler boyunca hareket etmek suretiyle farklı alanlarda kullanılır ve P tipi yarı iletken maddeye geri döner.

Hücre için kullanılan yarıiletkenler, ince film ekipmanların da farklı bileşiklerden oluşturulur ve çok ince bir tabaka olarak uygulanır. Polikristal ve monokristal güneş panellerindeki uygulamalar gibi hücreler birbirine seri olarak bağlanmazlar. Buna ek olarak üretim süreçleri daha basit ve üretim için gereken malzeme miktarı da çok düşüktür. Teknolojik olarak çok farklı ekipmanlar ve özel süreçler gerektiren yeni nesil ince film panellerinin yapımı için her panel tipine özel ekipman geliştirilmiştir.



Şekil 3.3. Fotovoltaik güç sistemlerinde kullanılan üç farklı ince film teknolojisi; CdTe/CdS, CIGS ve a-Si güneş pilleri

Polikristalin ve monokristalin hücre yapısına benzer şekilde ince film hücrelerde de şekilde gösterilen tabakalar arasındaki etkileşim elektrik akımına neden olur.

Kısaca özetlemek gerekirse,

➤ Güneş ışığı hücre üzerine ve fotovoltaik hücreler tarafından absorbe edilir. Güneş pilinde çok elektrona sahip TCO yarı iletken tabaka ve az elektrona sahip Mo tipi yarı iletken madde bulunur.

- Güneş ışığı TCO tipi yarı iletken maddeden elektron koparır.
- Enerji kazanan elektronlar MO tipi yarı iletken maddeye doğru akarlar.

Fotovoltaik paneller, tek başlarına düşük miktarlarda enerji ürettikleri için, güneş santrallerinde birçok panel birbirine seri bağlanarak diziler oluşturulmakta oluşturulan dizilerin paralel bağlantısı ile 10 kW güç değerlerinden 5 MW güç değerlerine ulaşabilmektedir. Bu anlamda modüler olan santraller çok kolay bir şekilde ölçeklendirilebilmekte, oluşturulacak güç blokları çoğaltılarak büyük güçlere erişim sağlanabilmektedir. Sağlanan bu avantaj santral kurulumlarında uygulamanın kolaylığı ve hata yapma riskinin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Fotovoltaik (PV) Güneş Santrali Sistemi:

- Fotovoltaik (PV) Panel,
- Mekanik taşıyıcı sistem,
- Solar inverter,
- OG bağlantı ekipmanları,
- OG/AG Koruma röleleri
- Solar kablo,

- AG kablo ve dağıtım panoları
 - Haberleşme, uzaktan izleme sistemlerinden,
- oluşmaktadır. Güneş tarlası kurulumunda enerji depolama ihtiyacı bulunmadığından üretilen enerji doğrudan sisteme verilir solar panel, invertör ve mekanik taşıyıcı sistem maliyeti oluşturan ana ekipmanlardır.



Şekil 3.4. Örnek GES sistemi

Güneş santrallerinde kullanılan güneş panelleri 2 kategoriye ayrılır.

1. Kristal Silikon Güneş Panelleri (c-Si ve mc-Si)
2. İnce Film Güneş Panelleri (aSi, CdTe, CIS veya CIGS)

3.1.1 Kristal silikon güneş panelleri

Günümüz koşullarında panel bazında güneş enerjisi çevrim verileri %14-18.5 arasında değişen kristalin güneş panelleri, güneş enerji kurulumlarında en büyük Pazar payına sahiptir bunun en büyük nedeni olarak, büyük güçlerde (>1MW) güneş santrali kurulumlarının gerçekleşmeye başladığı 2000'li yıllar ve sonrasında özellikle Avrupa gibi

arazinin kısıtlı ve pahalı, sıcaklıkların nispeten düşük ve devlet teşviklerinin yüksek olduğu yerlerde, birim alandan en çok enerji üretebilen teknoloji olması, hazır hücreleri birleştirerek modül üretebilen fabrikaların düşük maliyetlerle kurulabilmesi, ilk kurulumların ve ilk yatırımlarının bu teknoloji üzerine yapılmasını sayabiliriz. Zamanla üretim metotlarının iyileştirilmesi, farklı malzemelerin farklı fabrikalarda üretilmesi ve birleştirilebilmesi gibi üretim kolaylıkları, fabrika yatırımlarının maliyetlerinin düşmesine, bu da Çin kaynaklı üretimlerin artmasına ve panel fiyatlarının düşmesine neden olmuştur. Böylece, rekabetçi fiyatlarla ürünlerin piyasaya sunulmasına ve kurulumların hızlanmasına katkı sağlanmıştır.

Kristalin panel satışları, 2014 verilerine göre tüm fotovoltaik panel satışlarının %85'ini oluşturmaktadır. Bu payın başlıca nedeni olarak, santral alanı anlamında yüksek verimleri sağlayan ve ilk uygulamalarda bu nedenle tercih edilen yöntem olmasının yanında hazır hücre alınarak panel yapımı şeklinde gerçekleştirilen üretimlerin yatırım maliyetlerinin düşük olması sayesinde bu alanda birçok firmanın faaliyet göstermesine olanak tanınması olarak sıralanabilir. Kristal panellerde genel olarak 10 yıllık işçilik, 25 yıllık lineer üretim düşümü garantisini sunmaktadır.

Kristal paneller, kullanılan kristal yapısına göre Monokristal (c-Si veya SIN) ve polikristal (mc-Si) olarak ikiye ayrılabilir.

i. Monokristal (c-Si, SIN)

- Verimleri %16-18 arasındadır,
- Verimlerinin yüksek olması nedeniyle, özellikle alan kısıtlı olan projelerde, ayrıca estetik görüntüsü nedeniyle mimari projelerde tercih edilebilir.
- 2-3 yıl öncesine kadar düşük sıcaklık katsayısı nedeniyle sıcak bölgelerde ve yüksek zayıf ışık verimi nedeniyle de nemli bölgelerde tercih edilmekteyken, fiyat dezavantajı ve polikristal panellerinin bu avantaj sayılan hususlarda da gelişim göstermesi nedeniyle ticari geniş ölçekli projelerde ilk alternatif olmaktan çıkmıştır.
- Daha çok saflaştırılmış kristal ihtiyacı nedeniyle üretim süreçleri daha karmaşık ve daha pahalıdır.

ii. Polikristal (Poly-Si)

- Verimleri %14-16 arasındadır,
- Kristal yapıları tam homojen olmadığından üretim süreçleri daha basittir,

➤ Polikristal güneş panellerinin maliyeti monokristal güneş panellerinden daha düşük olduğu ve verimlilik kapasitelerinin maliyete oranı yüksek olduğu için bu tip güneş panelleri en sık üretilen güneş panelleridir.

3.1.2 İnce film güneş hücreleri (a-Si, CdTe, CIS veya CIGS)

İnce film güneş panelleri, güneş yatırımlarının gerçekleştiği ilk yıllarda verim oranlarının düşük olması sonucu aynı kurulu güç için kristal panellere göre ortalama 1.5 kat alan gereksinimi nedeniyle pazarda polikristal ve monokristalin gerisine düşmüştür. Ayrıca dönemdeki en yaygın ince film uygulaması olan amorf silikon uygulamalarında karşılaşılan güçlükler nedeniyle maliyetleri uygun olmasına rağmen santral için gereken alanın kolaylıkla sağlanabileceği, kristal panellere göre daha küçük olan sıcaklık katsayısı ile daha fazla üretim yapılabilen yüksek sıcaklıklara sahip çöl tipi bölgelerde uygulanabilmiştir. Son yıllarda CdTe ve CIS tabanlı güneş panelleri ile yüksek verimler yakalanmış a-Si ile yaşanan verim kaybı problemlerinin de ortadan kalkması sebebiyle Pazar payında büyük artış yaşanmıştır. Son yıl verilerine göre %10 Pazar payına sahip olan yeni nesil ince film paneller, ekonomik olarak uygulanabilir polikristal panellerin sahip oldukları %15 verim seviyelerini yakalamış durumdadır. İnce film panel çeşitlerine detaylı bakılacak olunursa,

i. Amorf Silikon(a-Si)

- Verimleri %8-10 arasındadır teorik olarak a-Si'nin %27'lik bir verimi vardır.
- İlk üretilen ince film panel türüdür ve bu nedenle de ülkemizde ince film denildiğinde ilk düşünülen türdür
- 5 yıl gibi ekonomik ömrüne nazaran kısa sayılabilecek bir sürede %21 lere yakın verim kaybı oluşmaktadır.
- Üretim için yüksek maliyetli donanımlar gerekmektedir. Fakat üretim süreci ucuz olduğu için panel fiyatları uygun olmaktadır.
- Üretim yaşanan kayıplar nedeniyle, uygun fiyatta olmasına rağmen tercih edilmemekte, üreticileri de yıllar içerisinde üretimlerini durdurmaktadır.

ii. Kadmiyum Tellürid(CdTe)

- 1 santimetre karede % 21'lik panel bazında %15'lik bir verime ulaşmıştır.
- Üretim maliyeti düşüktür.

- Hücre için temperli cam kullanımını gerektirir.
- Son nesillerde güç düşümü problemleri ve topraklama gereksinimi tamamen giderilmiştir.
- Sağladıkları düşük sıcaklık katsayısı ile özellikle yüksek sıcaklıklara sahip bölgelerde yüksek enerji getirisi sağlamaktadır.

iii. CIS (Copper Indium(di)selenide, Bakır indiyum diselenyum)

- 1 santimetre karede % 20.9 panel bazında %14.66 bir verime ulaşmıştır.
- Cam veya esnek yüzey kullanılabilir.
- Artmakta olan bir Pazar payına sahiptir.
- Diğer ince film panellere göre daha pahalı üretim süreci bulunmaktadır.
- Kristalin panellerde yaşanan ışık yaşlanması yerine ışık nedeniyle performans artışı bulunmaktadır.
- Düşük ışıktaki verimliliği en yüksek panel türüdür.

3.2 İnvörtör

İnvörtör bir fotovoltaik sistemin en önemli bileşenlerinden biridir. Görevi doğru akım formundaki elektrik enerjisini (DC), elektrik şebekesinin formu olan alternatif (AC) çevirmektedir.

İnvörtör, santral yatırımının ortalama %10'u civarında bir maliyet olmakla beraber, tüm güç aktarımının bu sistem bileşeni üzerinden yapılması nedeniyle aktarımın en verimli şekilde yapılması için kullanılacak panellere uygun bir invörtör seçimi çok önem arz etmektedir.

İnvörtör seçiminde önemli faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Tepe, CEC veya Avrupa verimliliği
- Giriş gerilim aralığı
- Çıkış gerilim aralığı
- Maksimum çevrim gücü
- Uygulamanın yapılacağı ülkedeki bağlantı şartları uygunluğu
- Koruma özellikleri
- Dış ortam Koruma Sınıfı (IP Sınıfı)
- Ek önlem gerekliliği (Ek bağlantı kutusu, Combiner Box gibi)
- Standartlara uyumluluğu

Güneş santrallerinde, ihtiyaca yönelik olarak dizi invertörler ya da merkezi invertörler kullanılmaktadır.

Merkezi invertörlü bir çözüm durumunda, invertör gücü 250 kW ile birkaç MW arasında değişmektedir. Bu güçleri sağlamak için birçok panel dizileri çeşitli kombinasyonlarda invertöre bağlanmaktadır. Bu yapıda AC kablolama ihtiyacı minimuma indirgenip, DC kablolama yaparak, büyük miktarda güç daha yüksek gerilimde invertöre taşınabilmektedir.

Diğer yandan String (Dizi) invertörlerin sahada toplanarak ayrıca Saha Dağıtım Panolarının yapılması bu panellerde kullanılacak olan koruma ekipmanları ile ana dağıtım panosunda bulunması gereken kablo koruma ekipmanlarının da merkezi invertörlü bir çözümde yer almayacağını düşündüğümüzde maliyete önemli katkıda bulunmaktadır. Bu avantajının yanında ise, çok geniş bir yüzeyde çok sayıda panelin birbirine bağlanması, birçok panelin beraber kullanımı sonucu elde edilecek enerji tek panelden elde edilebilecek olana oranla azalmaktadır. Ayrıca, sabah ve akşam saatlerinde paneller ışık seviyesinin azlığı sebebiyle daha az gerilim üretecek ve invertör giriş gerilim aralığının kısıtlı olması nedeniyle bu saatlerde enerji üretilmeyecektir. Tüm sayılan bu olumsuzluklara rağmen, merkezi invertörlerin çevrim verimleri ve Avrupa verimleri daha yüksek olmaktadır. Bu artı verim farkı ile panel uyumsuzluğundan kaynaklı verim düşümü ile sabah erken saatlerdeki ve akşam geç saatlerdeki enerji kayıpları önemli oranda dengelenmektedir.

Dizi invertörler, 1 ile 10 arasında güneş paneli dizilerinin bir invertöre bağlanması durumunda kullanılmaktadır. Güçleri 1 kW ile 60 kW arasında değişen dizi invertörler, 1 MW'a kadar olan projelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu invertörlerde çoğunlukla 2 ya da daha fazla bağımsız maksimum gün noktası takibi sağlamakta, bu da farklı noktalarda bulunan panel dizilerinin maksimum güç noktası takip verimi artırmaktadır.



Şekil 3.5. 1MW'e gücündeki merkezi invertör

Dizi invertörlerde yaşanacak olası bir arıza durumunda, çok sayıda invertör kullanıldığı için santral genelinde enerji kaybı nedeniyle etkilenme oranı düşük olmakta ve âdetin fazla olması nedeniyle yedek bulundurma maliyetleri düşük kalmaktadır. Bu nedenle santrale tek bir merkezi invertör koyulması durumuna göre, arıza durumunda merkezi invertör santralin tamamının üretim kaybına yol açacağı için daha küçük bölümlendirme yapılabilen dizi invertör seçmek daha az riskli olacaktır. Bununla birlikte dizi invertörün merkeziye göre daha geniş giriş gerilimi aralığına sahip olması özelliği ve ayrıca gün içinde erken devreye girme ve gün sonunda geç devreden çıkma özellikleri sayesinde ek enerji üretimi sağlanabilecektir. Fakat bu avantajlarının yanında, tüm sahaya AG kablolama yapılması, saha dağıtım panolarının konulması ve merkezi invertöre göre daha düşük verimde olması enerji kayıpları yaşanmasına neden olacaktır. Bu nedenle invertör seçimi saha ve proje büyüklüğü bazında yapılmaktadır.



Şekil 3.6. 60 kW'e gücündeki dizi invertör

3.3 Mekanik Taşıyıcı Sistem

Maliyeti, yatırımın ortalama %10'luk kısmına karşılık gelen mekanik taşıyıcı sistem, santralin omurgası görevini görmekte, üretimin sağlandığı panellerin doğru şekilde desteklemesi için doğru mekanik taşıyıcı sistem kullanımı büyük önem arz etmektedir. Mekanik taşıyıcı sistemin doğru belirlenmesinde dikkate alınması gereken hususlar;

- Panel ağırlıklarının yanı sıra gelebilecek rüzgâr, kar ve deprem yüklerine karşı dayanım
- Dış ortam koşullarına karşı dayanım
- Çakma uygulanacaksa toprak koşullarına karşı dayanım
- Panellerin önerilen destek noktalarından bağlantı yapılmasını sağlayacak tasarım
- Saha uygulaması ve montajının en az sürede yapılmasını sağlayacak tasarım
- Mümkün olan en az özel malzeme gereksinimi

Tüm bu kriterleri sağlayan bir mekanik sistem kullanılması durumdan panellerin sağlığı santralin üretimi de güvence altına alınmış olacaktır [19].

4. SANTRALLERİN GENEL TANITIMLARI ÜRETİM DEĞERLERİ

4.1 Santral – A

4.1.1 Genel bilgileri

Santral – A Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesinde Evcihyük mevkiinde yer almaktadır. Enerji üretimi yapan bu tesisin projeler ile belirlenmiş yerinde; 4114 adet güneş paneli, 17 adet dizi evirici, DC kurulu gücü 1069,6 kWp, AC kurulu gücü 999 kWe olan arazi uygulamalı güneş enerji santrali tesis edilmiştir. Mevcut alçak gerilim şebekesine bağlanması mümkün görülmediği için 999 kWe gücündeki üretim tesisi 31,5 kV üzerinden yeni kurulacak dağıtım merkezi sayesinde şebekeye bağlanmıştır.

Santral – A ‘da her biri 60 kWe gücünde, 17 adet dizi evirici toplamda 999 kWe gücünde elektrik üreteceği projeler ile belirtilmiştir. 260 Wp gücündeki 4114 adet polikristal güneş paneli kullanılmıştır. Yapılan akım taşıma kapasitesi ve gerilim düşümü hesapları doğrultusunda çok kristalli panellerden 4 mm² ‘lik solar kablolar taşıyıcı konstrüksiyon üzerinde uygun görülen yerlere yerleştirilip eviriciler bağlanmıştır. Sistemde 187 adet dizi ve her dizide 22 adet güneş paneli bulunmaktadır. Eviricilere ait AC çıkışlar 4x95 mm² kesitinde NAYY kablolar ile GES bağlantı panosuna aktarılmıştır. GES panosu ile trafo arası bağlantı 4x4x(1x240 mm²) kesitinde NYY kablo ile irtibatlandırılmıştır.

Güneş Enerji Santralinin projesinde yer alan meteoroloji istatistikler aşağıda yer almaktadır.

Tablo.4.1. Santral – A Meteorolojik veri

K.MARAŞ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
<i>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2014)</i>												
Ortalama Sıcaklık (°C)	4,9	6,4	10,7	15,4	20,3	25,2	28,3	28,4	25,1	19,0	11,8	6,7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9,2	10,9	15,8	21,1	26,7	31,9	35,5	35,9	32,3	25,9	17,5	11,0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1,3	2,2	5,7	9,8	14,0	18,8	22,0	22,1	18,3	12,8	6,9	3,0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,2	4,1	5,3	6,4	8,3	10,2	10,5	10,1	9,0	6,5	4,3	3,2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,9	11,6	11,7	10,9	7,9	2,4	0,5	0,4	2,0	6,3	8,4	11,6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m ²)	124,8	109,9	93,9	73,5	38,9	7,2	1,2	0,8	8,5	44,7	81,1	125,5
<i>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1950 - 2014)</i>												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18,7	22,4	29,2	36,0	38,0	42,0	45,2	44,4	41,3	37,2	28,9	24,0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-9,0	-9,6	-7,6	-1,8	5,0	10,3	15,6	15,7	8,6	0,0	-5,6	-7,6

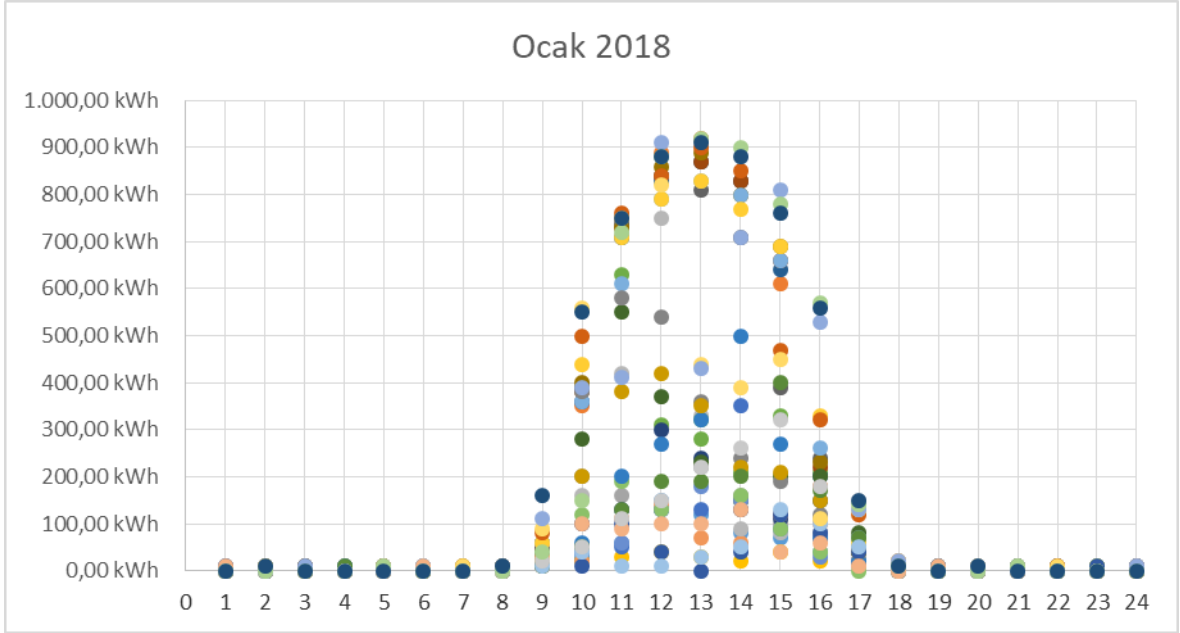
* T_{met,max} : 30.07.2007 tarihinde 45,2 °C (En yüksek sıcaklık)

* T_{met,min} : 30.01.1968 tarihinde -9,0 °C (En düşük sıcaklık)

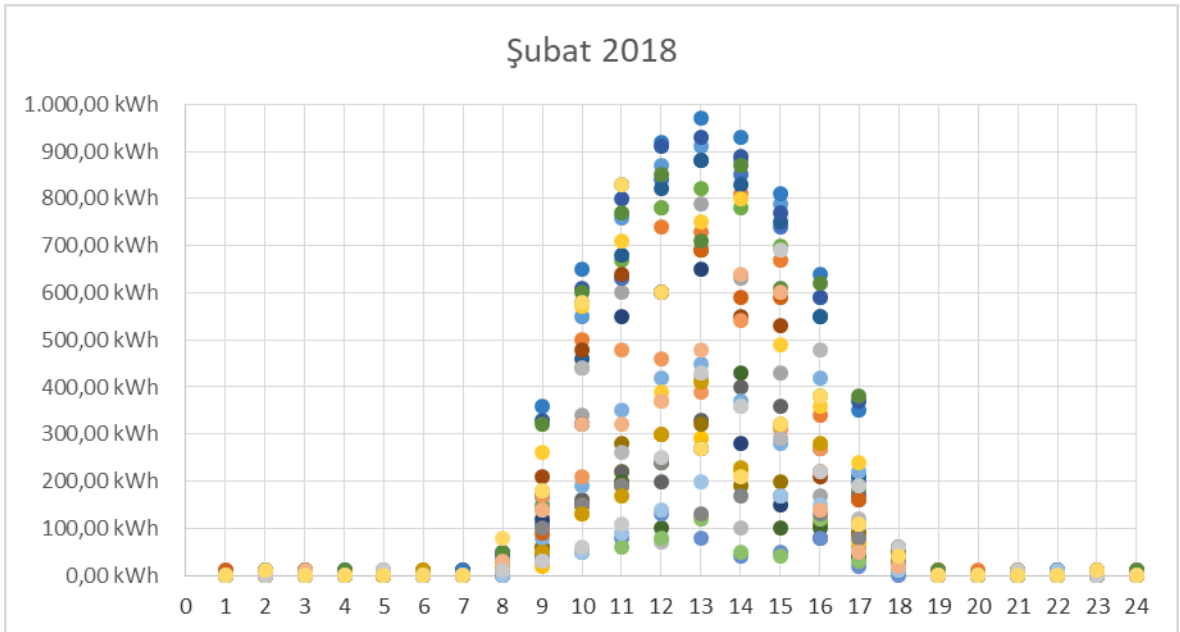
Proje Kahramanmaraş İli sınırları içerisinde yapılacağı için 1950 – 2014 yılları arasında görülen en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri yukarıda belirtildiği gibi gerçekleşmiştir.

4.1.2 Üretim değerleri

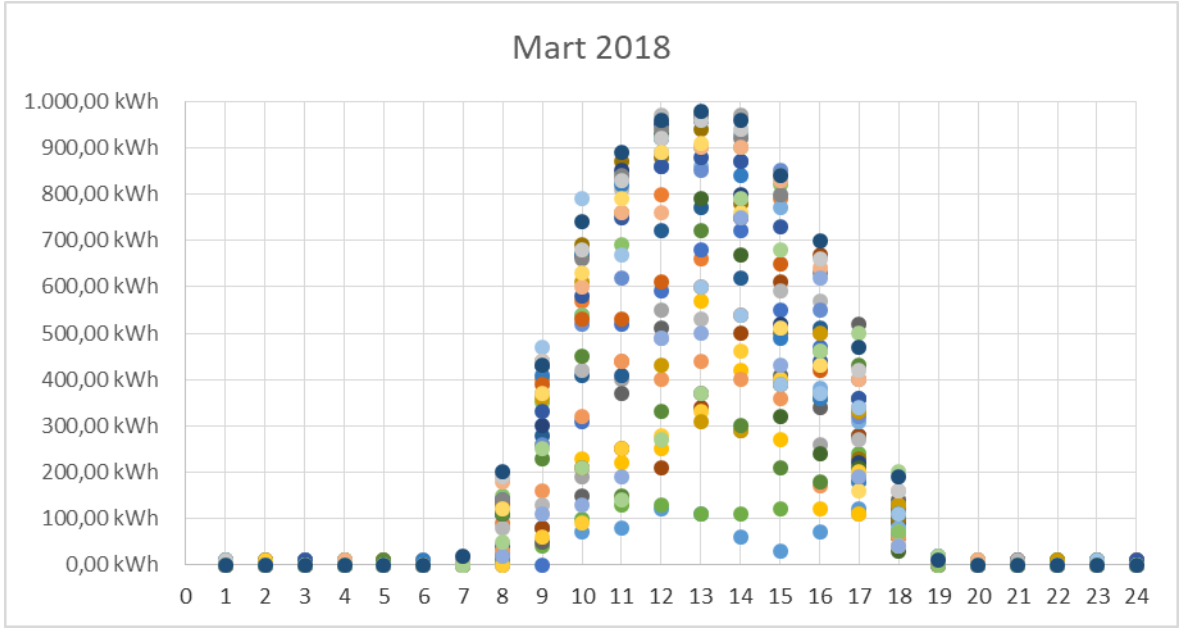
Bu çalışmada Santral – A ‘nın 2018 yılında kaydettiği üretim değerlerin dikkate alınmıştır. Bu değerlerin grafikleri aylık olarak aşağıda yer almaktadır.



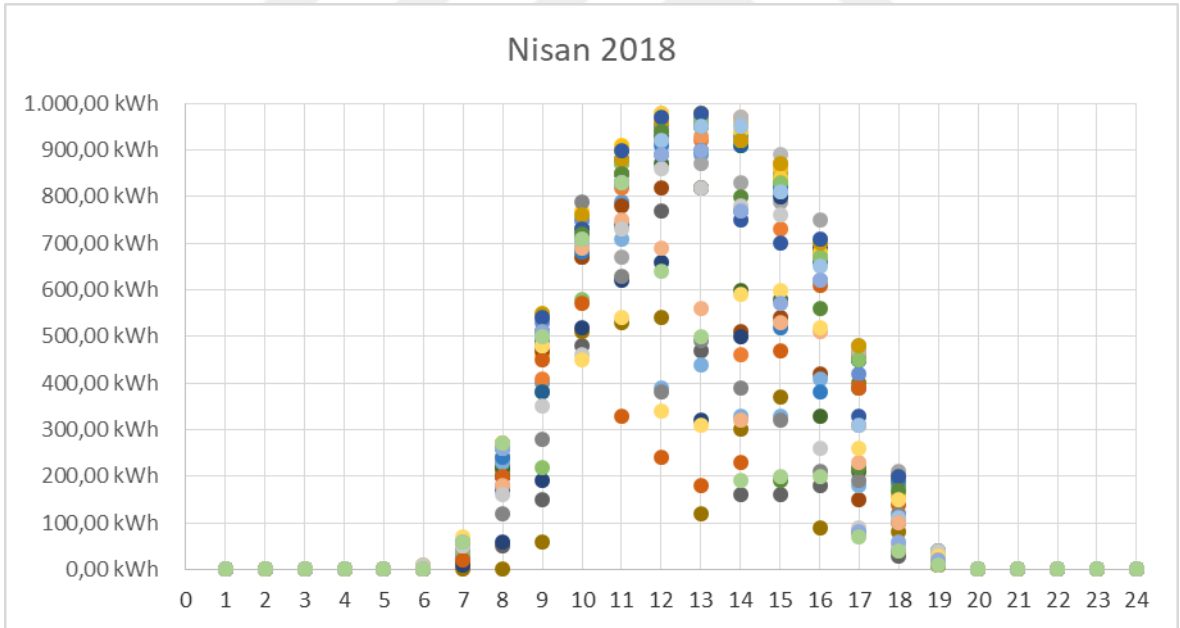
Şekil 4.1. Santral – A Ocak 2018 üretim grafiği



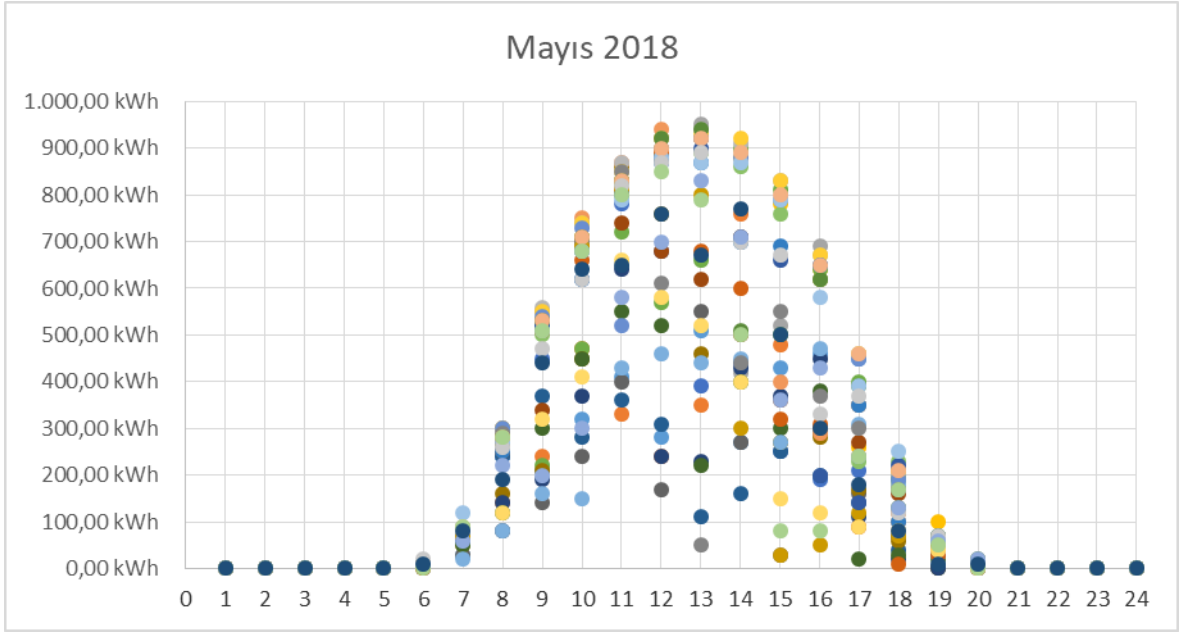
Şekil 4.2. Santral – A Şubat 2018 üretim grafiği



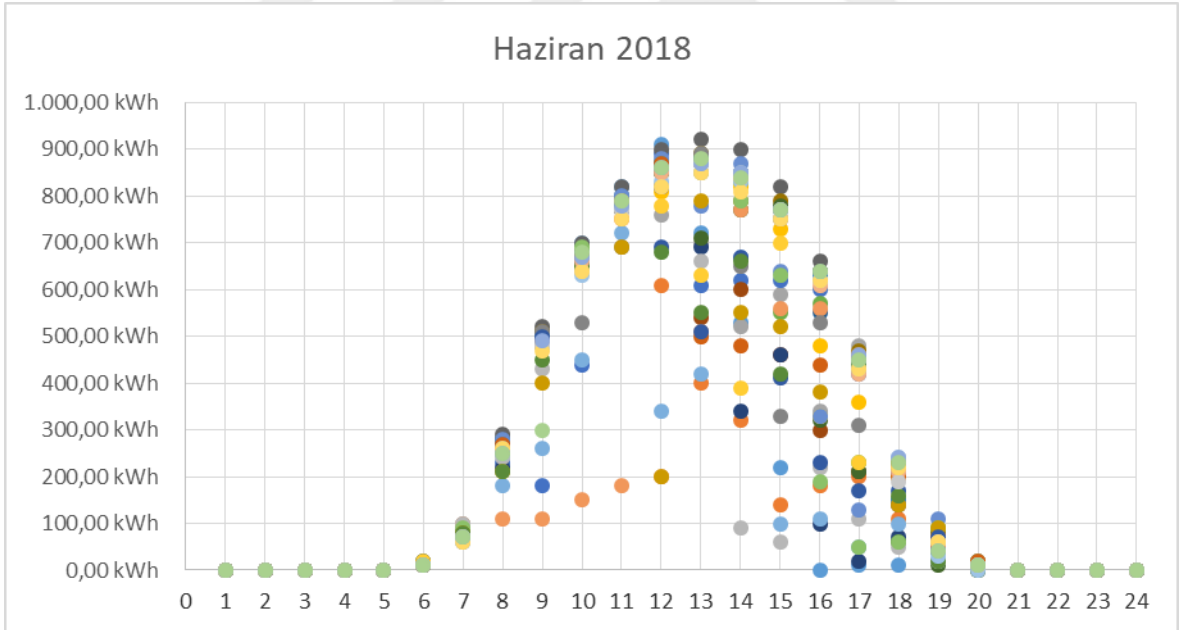
Şekil 4.3. Santral – A Mart 2018 üretim grafiği



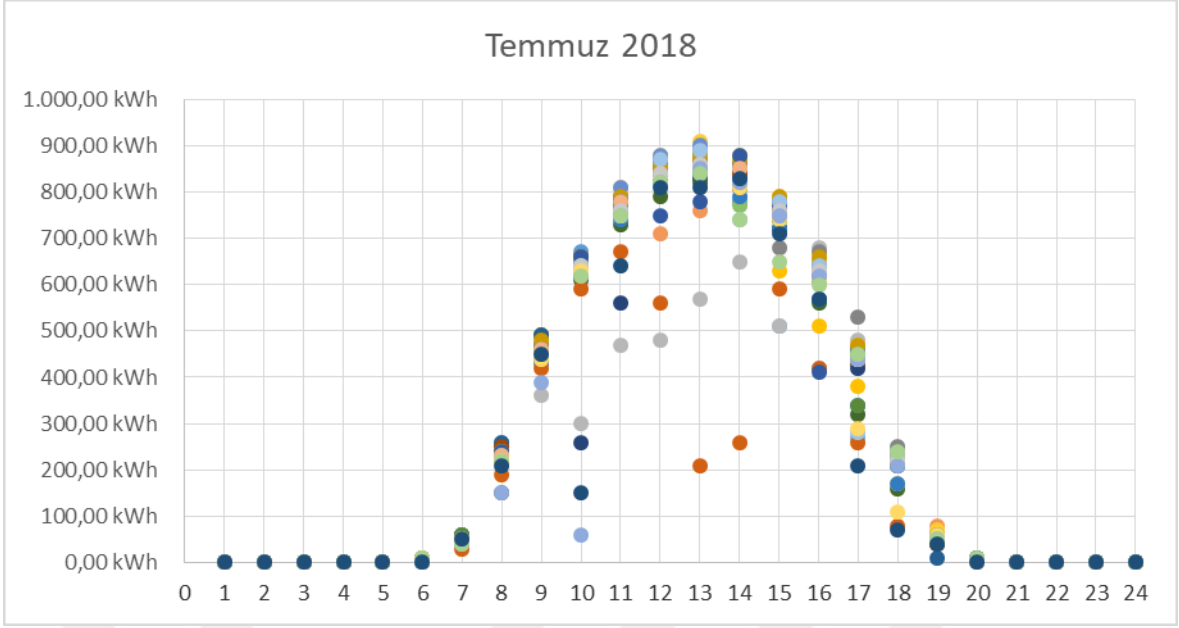
Şekil 4.4. Santral – A Nisan 2018 üretim grafiği



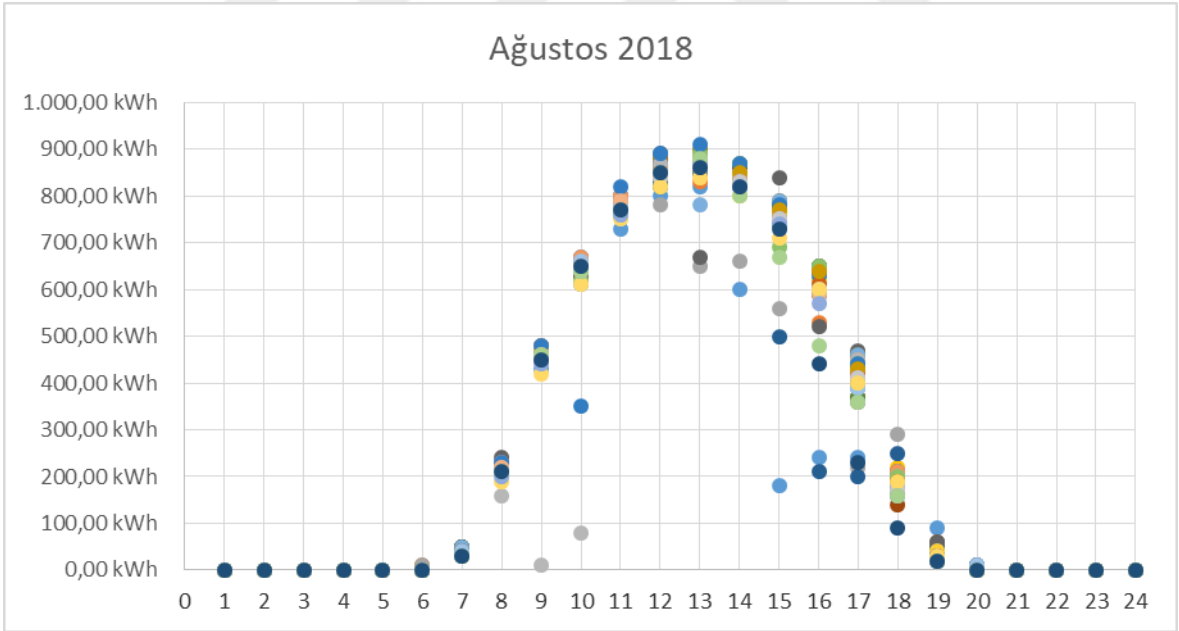
Şekil 4.5. Santral – A Mayıs 2018 üretim grafiği



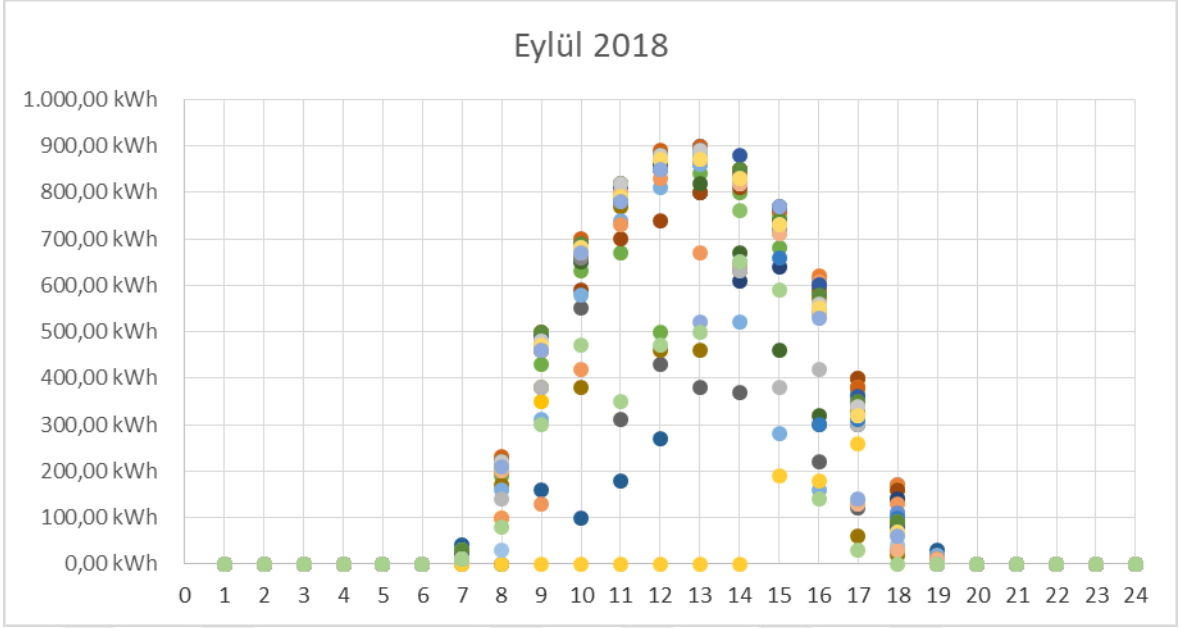
Şekil 4.6. Santral – A Haziran 2018 üretim grafiği



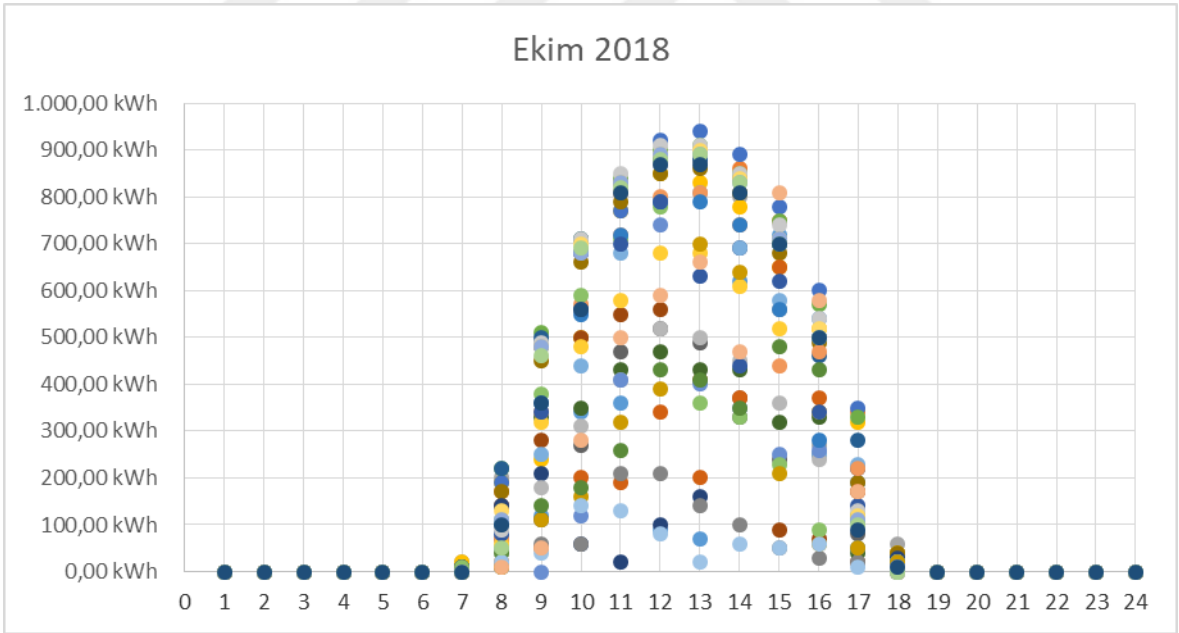
Şekil 4.7. Santral – A Temmuz 2018 üretim grafiği



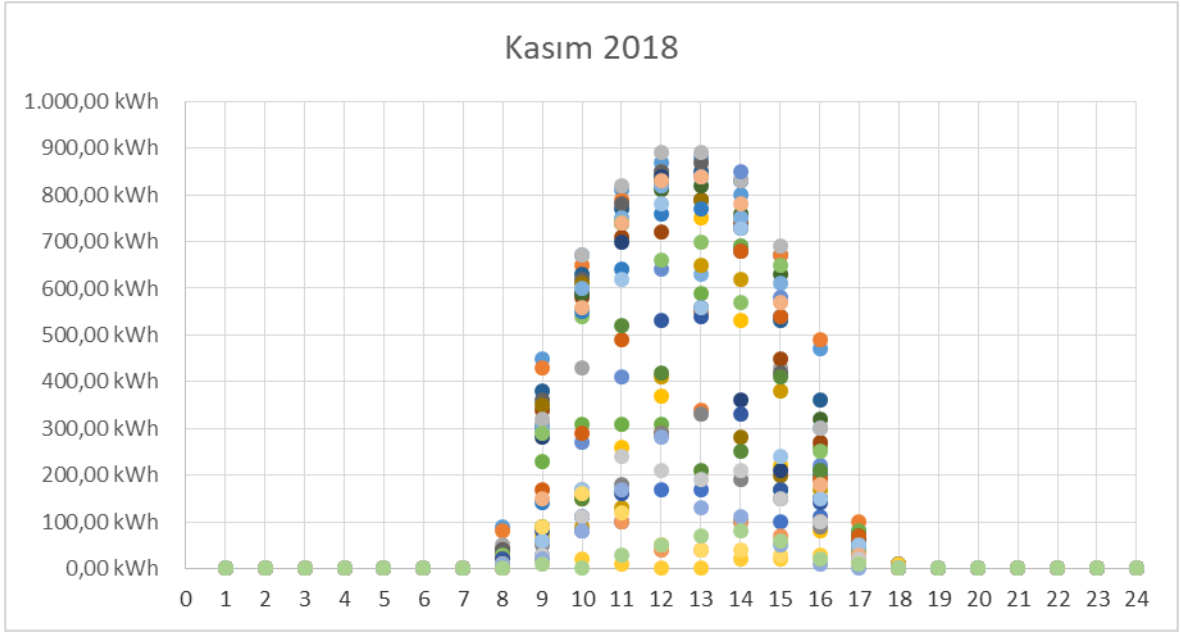
Şekil 4.8. Santral – A Ağustos 2018 Üretim Grafiği



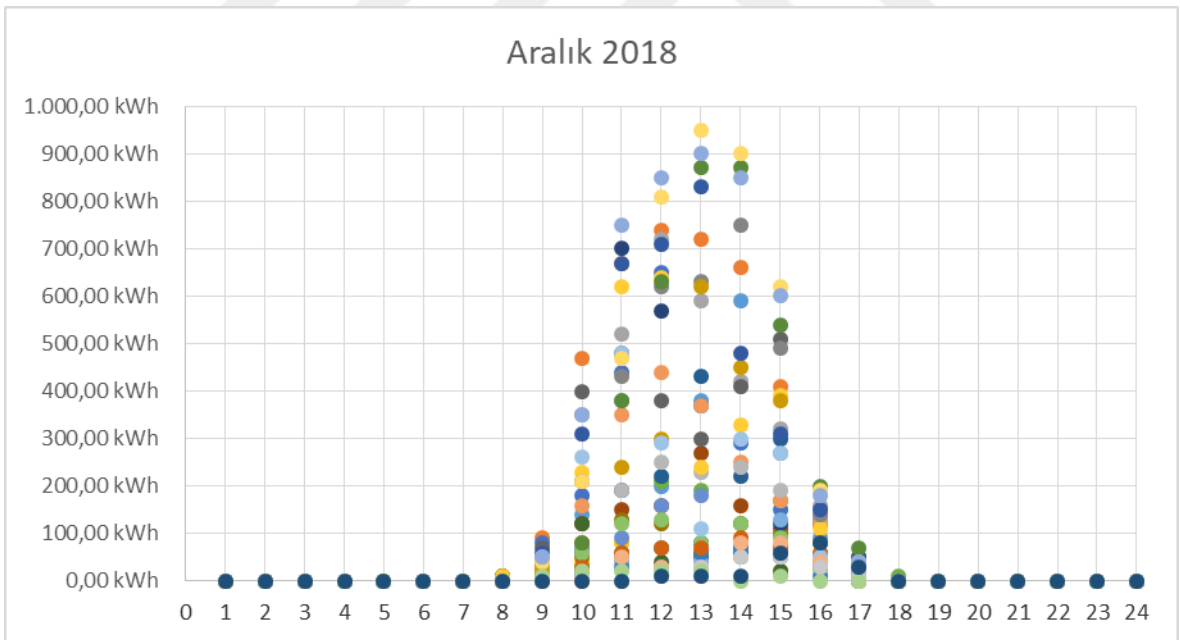
Şekil 4.9. Santral – A Eylül 2018 üretim grafiği



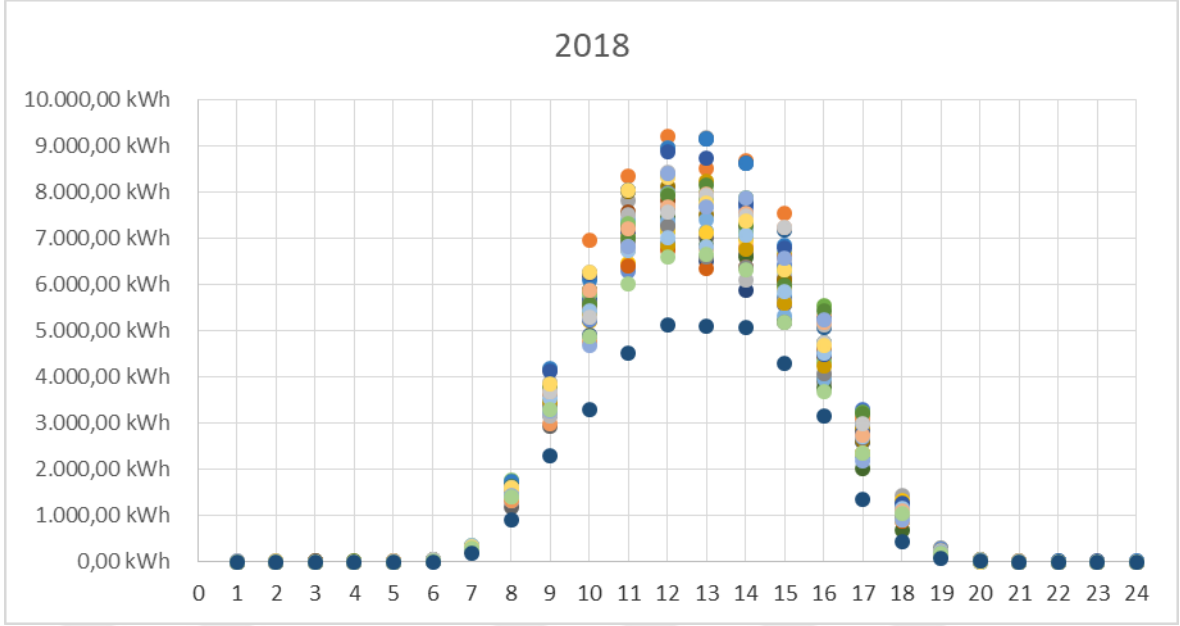
Şekil 4.10. Santral – A Ekim 2018 üretim grafiği



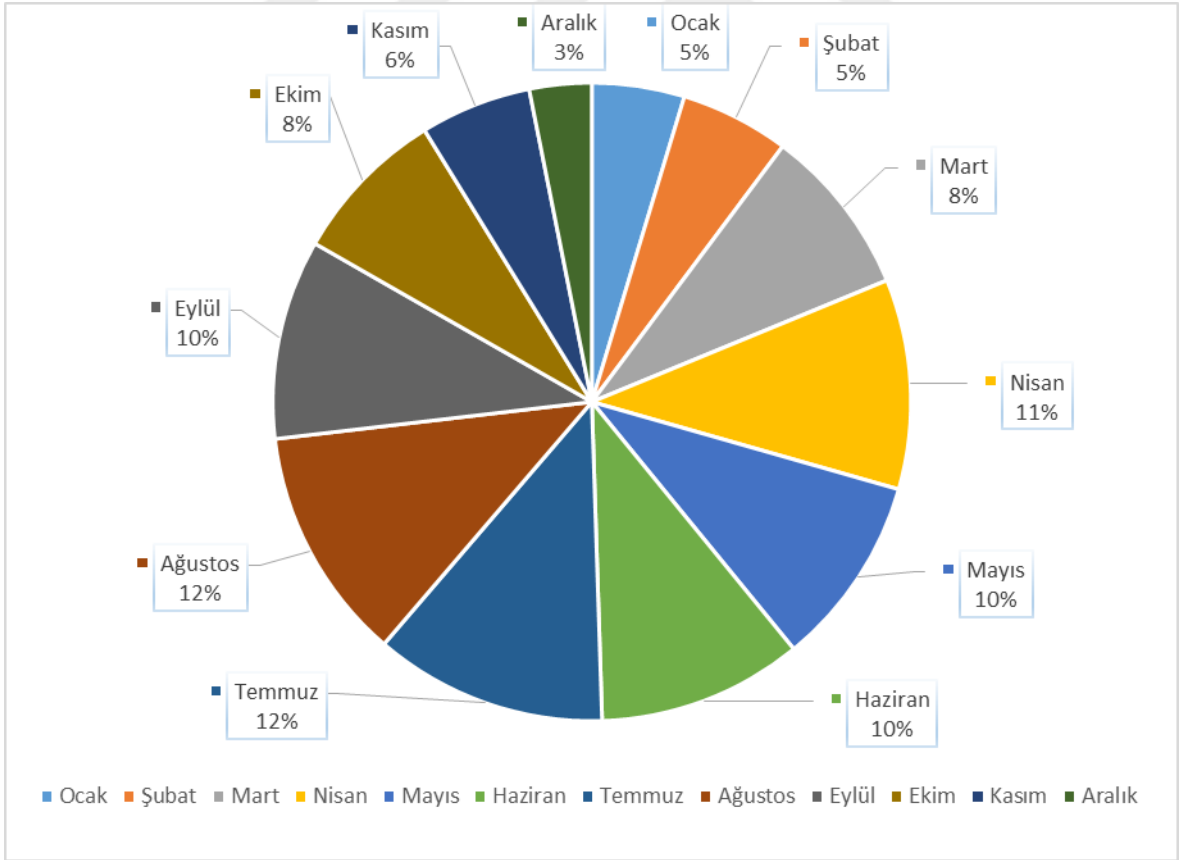
Şekil 4.11. Santral – A Kasım 2018 üretim grafiği



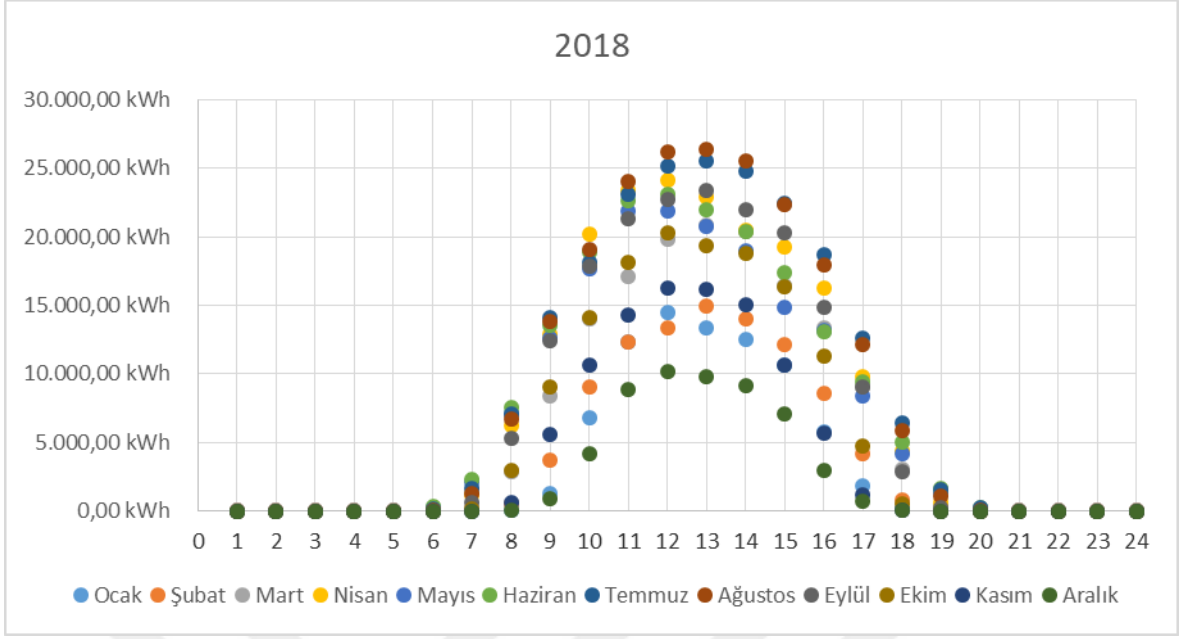
Şekil 4.12. Santral – A Aralık 2018 üretim grafiği



Şekil 4.13. Santral – A Toplam 2018 üretim grafiği



Şekil 4.14. Santral – A Toplam 2018 üretim dağılım grafiği



Şekil 4.15. Santral – A Toplam 2018 üretim grafiği

Tablo.4.2. Santral – A Toplam 2018 üretim değerleri

2018	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
00:00-01:00	40,00	30,00	70,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01:00-02:00	70,00	50,00	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00-03:00	60,00	70,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03:00-04:00	50,00	40,00	70,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00-05:00	90,00	70,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05:00-06:00	50,00	40,00	30,00	20,00	200,00	330,00	190,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00-07:00	40,00	50,00	150,00	1.160,00	2.150,00	2.270,00	1.660,00	1.250,00	660,00	120,00	0,00	0,00
07:00-08:00	70,00	500,00	2.820,00	6.200,00	7.070,00	7.520,00	7.090,00	6.690,00	5.260,00	3.000,00	610,00	60,00
08:00-09:00	1.310,00	3.680,00	8.430,00	12.850,00	12.640,00	13.500,00	14.120,00	13.780,00	12.410,00	9.090,00	5.560,00	890,00
09:00-10:00	6.790,00	9.070,00	13.980,00	20.170,00	17.670,00	18.860,00	18.100,00	19.110,00	17.850,00	14.120,00	10.610,00	4.170,00
10:00-11:00	12.360,00	12.320,00	17.130,00	23.330,00	21.850,00	22.630,00	23.070,00	24.050,00	21.270,00	18.130,00	14.320,00	8.840,00
11:00-12:00	14.470,00	13.370,00	19.830,00	24.090,00	21.850,00	23.090,00	25.150,00	26.190,00	22.760,00	20.260,00	16.240,00	10.160,00
12:00-13:00	13.340,00	14.990,00	20.880,00	22.860,00	20.740,00	21.970,00	25.530,00	26.340,00	23.400,00	19.310,00	16.180,00	9.770,00
13:00-14:00	12.500,00	14.000,00	20.400,00	20.500,00	18.970,00	20.350,00	24.740,00	25.540,00	21.970,00	18.770,00	15.060,00	9.130,00
14:00-15:00	10.640,00	12.100,00	16.490,00	19.280,00	14.830,00	17.400,00	22.450,00	22.380,00	20.240,00	16.310,00	10.610,00	7.070,00
15:00-16:00	5.730,00	8.560,00	13.310,00	16.260,00	13.200,00	13.080,00	18.650,00	17.920,00	14.810,00	11.300,00	5.700,00	2.990,00
16:00-17:00	1.820,00	4.190,00	9.000,00	9.770,00	8.400,00	9.440,00	12.630,00	12.170,00	9.080,00	4.710,00	1.210,00	730,00
17:00-18:00	210,00	830,00	3.020,00	4.380,00	4.190,00	4.990,00	6.380,00	5.830,00	2.840,00	520,00	50,00	10,00
18:00-19:00	70,00	90,00	290,00	660,00	1.270,00	1.690,00	1.580,00	1.070,00	210,00	0,00	0,00	0,00
19:00-20:00	40,00	10,00	70,00	0,00	150,00	260,00	230,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00-21:00	70,00	50,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00-22:00	60,00	70,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00-23:00	50,00	70,00	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00-00:00	80,00	70,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam (kWh)	80.010,00	94.320,00	146.280,00	181.530,00	165.180,00	177.380,00	201.570,00	202.420,00	172.760,00	135.640,00	96.150,00	53.820,00

4.2 Santral – B

4.2.1 Genel bilgileri

Santral – B Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesinde Evcihüyük mevkiinde yer almaktadır. Enerji üretimi yapan bu tesisin projeler ile belirlenmiş yerinde; 4048 adet güneş paneli, 17 adet dizi evirici, DC kurulu gücü 1052,48 kWp, AC kurulu gücü 999 kWe olan arazi uygulamalı güneş enerji santrali tesis edilmiştir. Mevcut alçak gerilim şebekesine bağlanması mümkün görülmediği için 999 kWe gücündeki üretim tesisi 31,5 kV üzerinden yeni kurulacak dağıtım merkezi sayesinde şebekeye bağlanmıştır.

Santral – B ‘da her biri 60 kWe gücünde, 17 adet dizi evirici toplamda 999 kWe gücünde elektrik üreteceği projeler ile belirtilmiştir. 260 Wp gücündeki 4048 adet polikristal güneş paneli kullanılmıştır. Yapılan akım taşıma kapasitesi ve gerilim düşümü hesapları doğrultusunda çok kristalli panellerden 4 mm² ‘lik solar kablolar taşıyıcı konstrüksiyon üzerinde uygun görülen yerlere yerleştirilip eviriciler bağlanmıştır. Sistemde 184 adet dizi ve her dizide 22 adet güneş paneli bulunmaktadır. Eviricilere ait AC çıkışlar 4x95 mm² kesitinde NAYY kablolar ile GES bağlantı panosuna aktarılmıştır. GES panosu ile trafo arası bağlantı 4x4x(1x240 mm²) kesitinde NYY kablo ile irtibatlandırılmıştır.

Güneş Enerji Santralinin projesinde yer alan meteoroloji istatistikler aşağıda yer almaktadır.

Tablo.4.3. Santral – B Meteorolojik Veri

K.MARAŞ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
<i>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2014)</i>												
Ortalama Sıcaklık (°C)	4,9	6,4	10,7	15,4	20,3	25,2	28,3	28,4	25,1	19,0	11,8	6,7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9,2	10,9	15,8	21,1	26,7	31,9	35,5	35,9	32,3	25,9	17,5	11,0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1,3	2,2	5,7	9,8	14,0	18,8	22,0	22,1	18,3	12,8	6,9	3,0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,2	4,1	5,3	6,4	8,3	10,2	10,5	10,1	9,0	6,5	4,3	3,2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,9	11,6	11,7	10,9	7,9	2,4	0,5	0,4	2,0	6,3	8,4	11,6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m ²)	124,8	109,9	93,9	73,5	38,9	7,2	1,2	0,8	8,5	44,7	81,1	125,5
<i>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1950 - 2014)</i>												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18,7	22,4	29,2	36,0	38,0	42,0	45,2	44,4	41,3	37,2	28,9	24,0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-9,0	-9,6	-7,6	-1,8	5,0	10,3	15,6	15,7	8,6	0,0	-5,6	-7,6

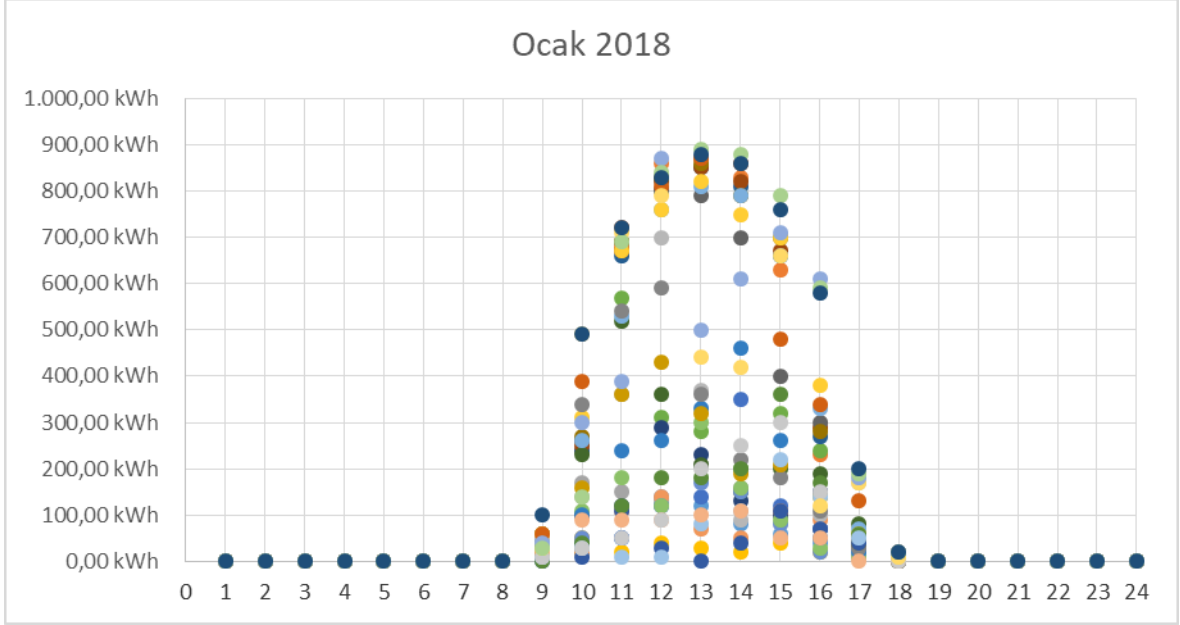
* T_{met,max} : 30.07.2007 tarihinde 45,2 °C (En yüksek sıcaklık)

* T_{met,min} : 30.01.1968 tarihinde -9,0 °C (En düşük sıcaklık)

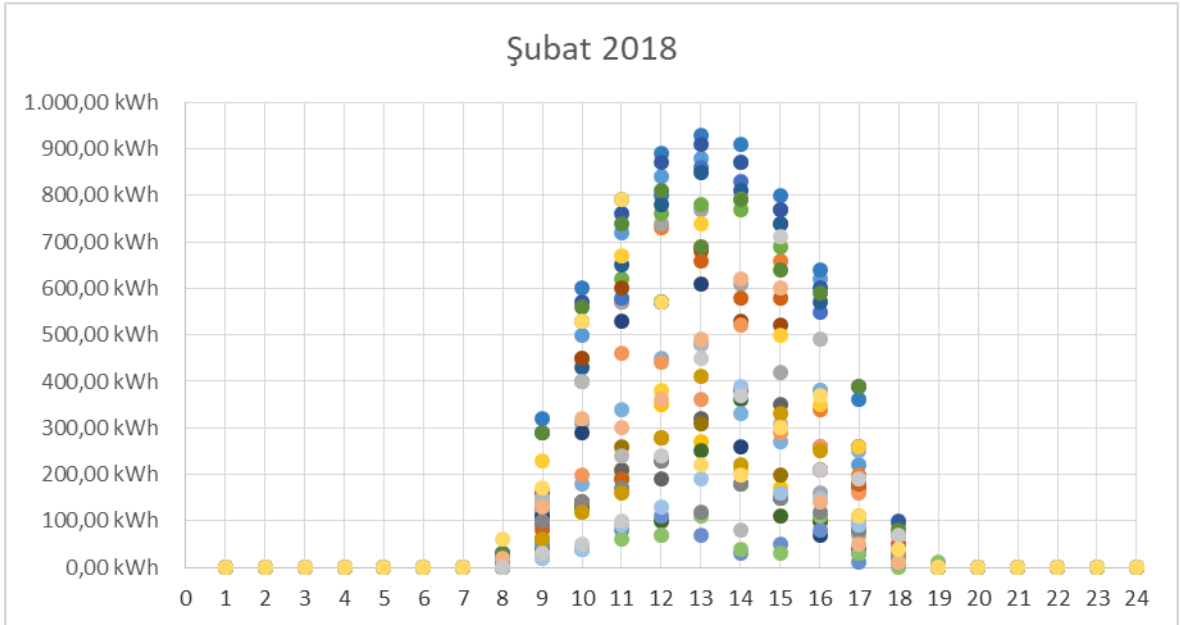
Proje Kahramanmaraş İli sınırları içerisinde yapılacağı için 1950 – 2014 yılları arasında görülen en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri yukarıda belirtildiği gibi gerçekleşmiştir.

4.2.2 Üretim değerleri

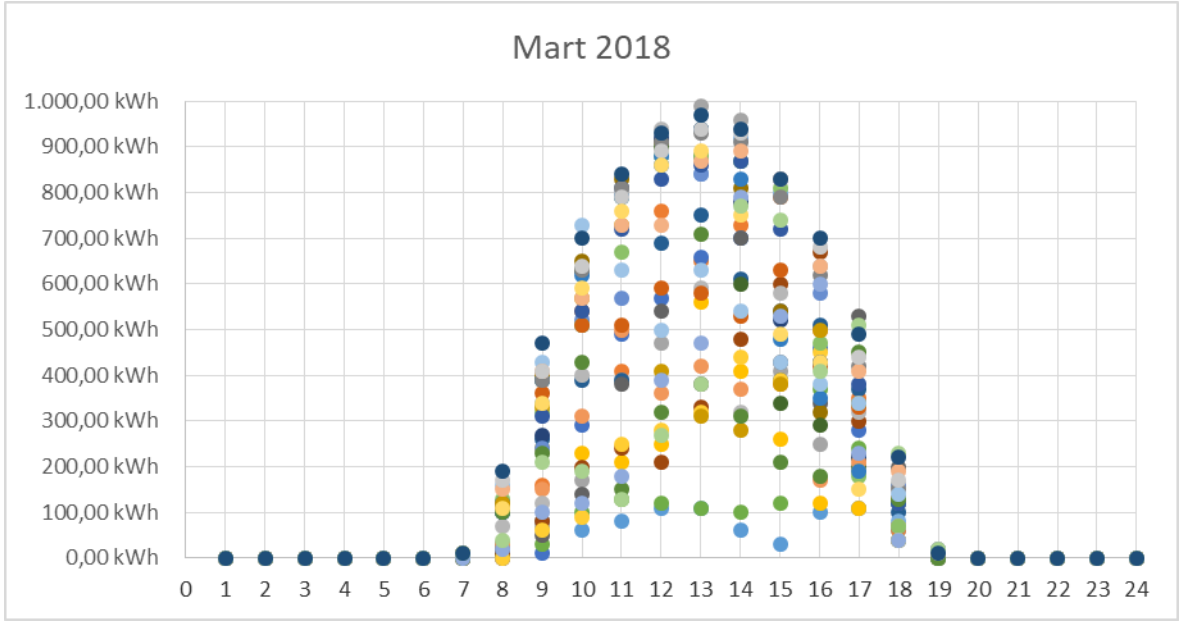
Bu çalışmada Santral – B ‘nın 2018 yılında kaydettiği üretim değerlerin dikkate alınmıştır. Bu değerlerin grafikleri aylık olarak aşağıda yer almaktadır.



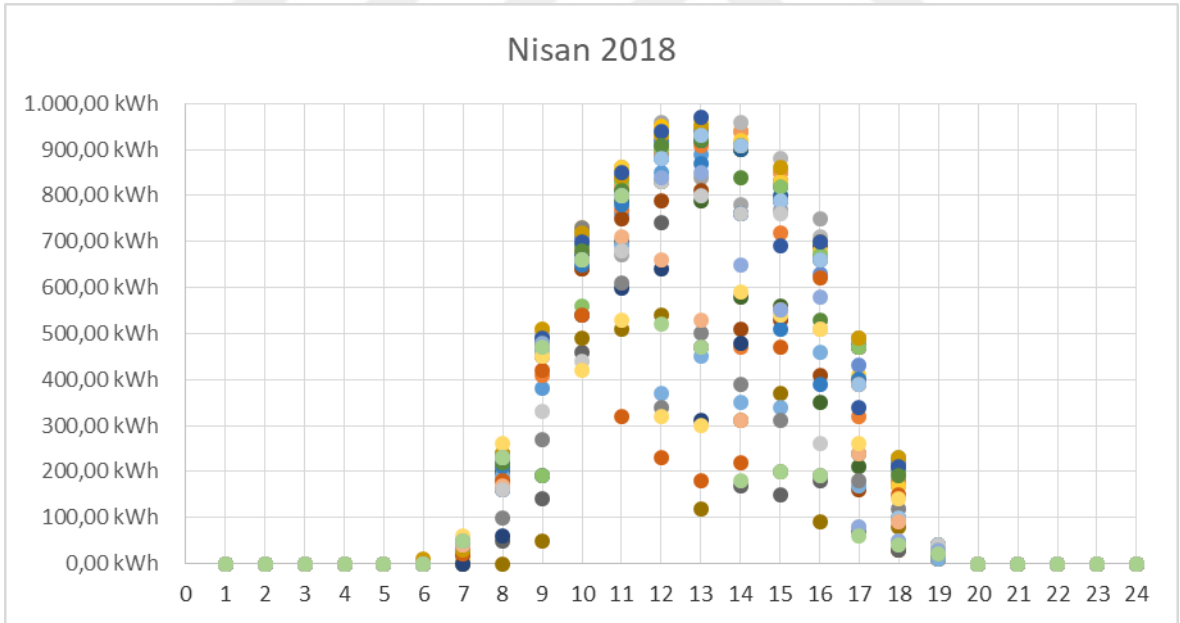
Şekil 4.16. Santral – B Ocak 2018 üretim grafiği



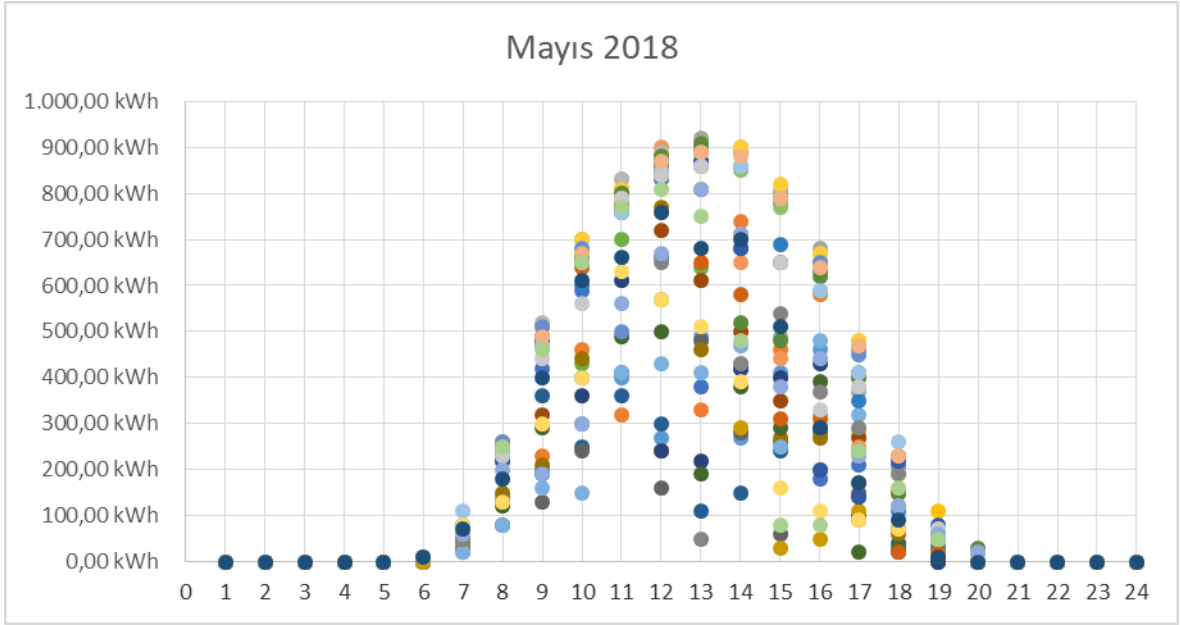
Şekil 4.17. Santral – B Şubat 2018 üretim grafiği



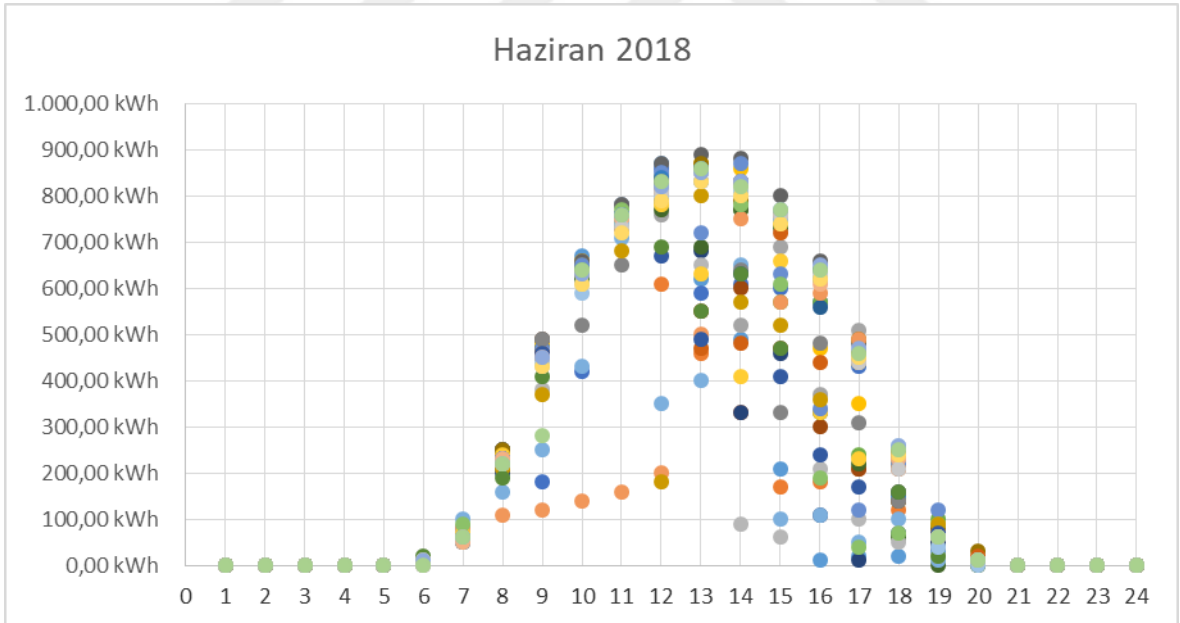
Şekil 4.18. Santral – B Mart 2018 üretim grafiği



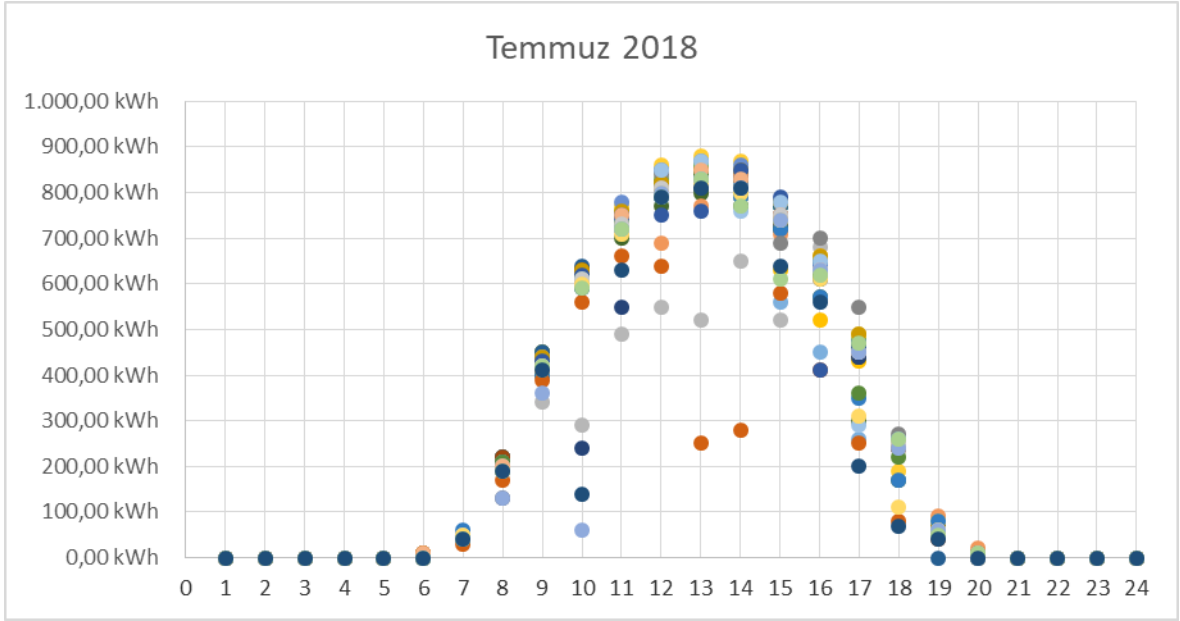
Şekil 4.19. Santral – B Nisan 2018 üretim grafiği



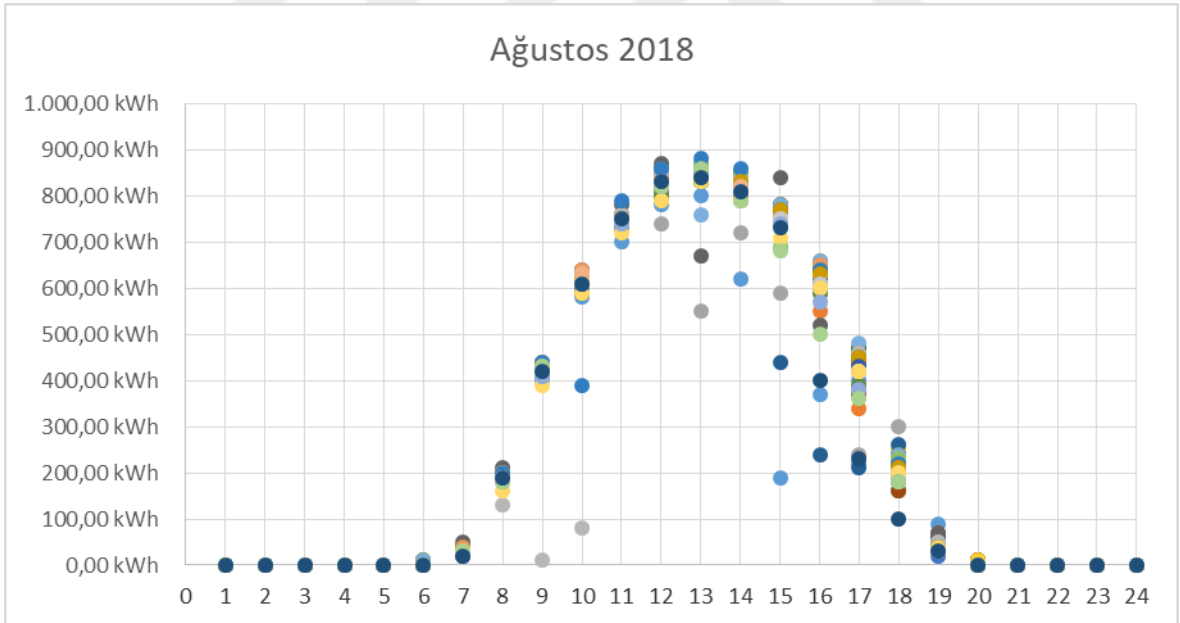
Şekil 4.20. Santral – B Mayıs 2018 üretim grafiği



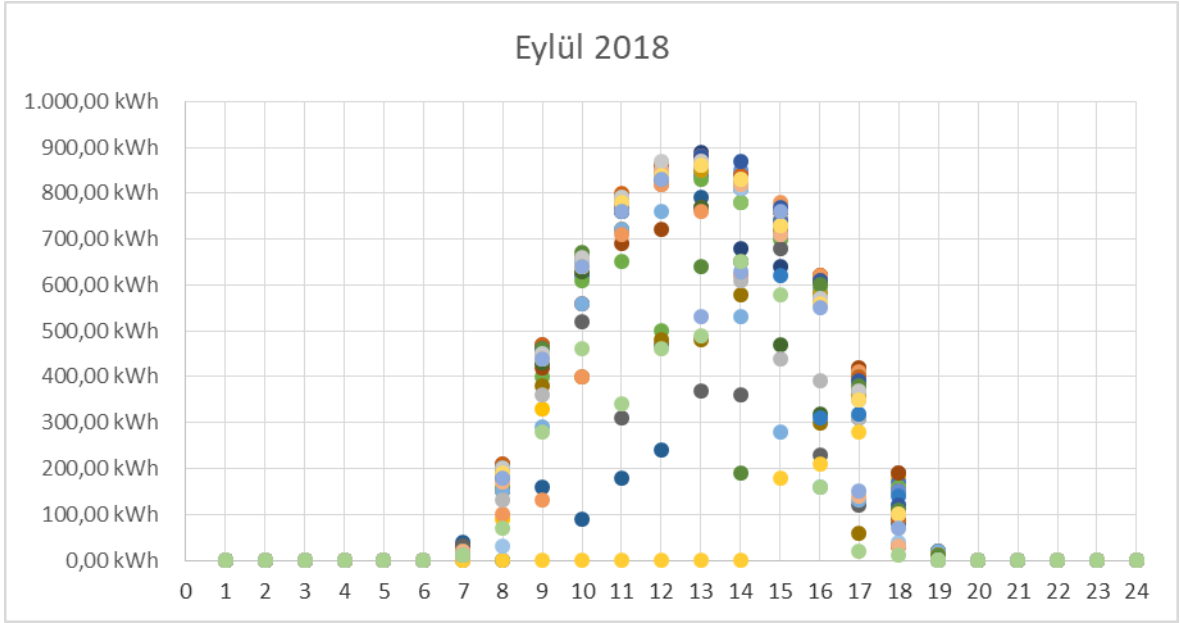
Şekil 4.21. Santral – B Haziran 2018 üretim grafiği



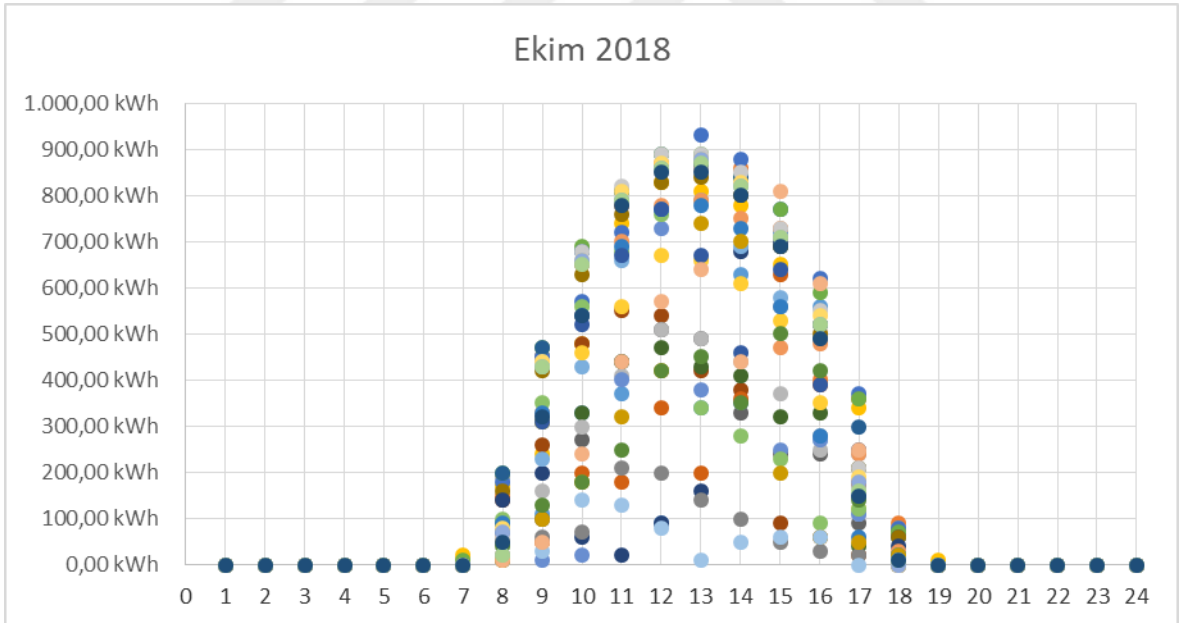
Şekil 4.22. Santral – B Temmuz 2018 üretim grafiği



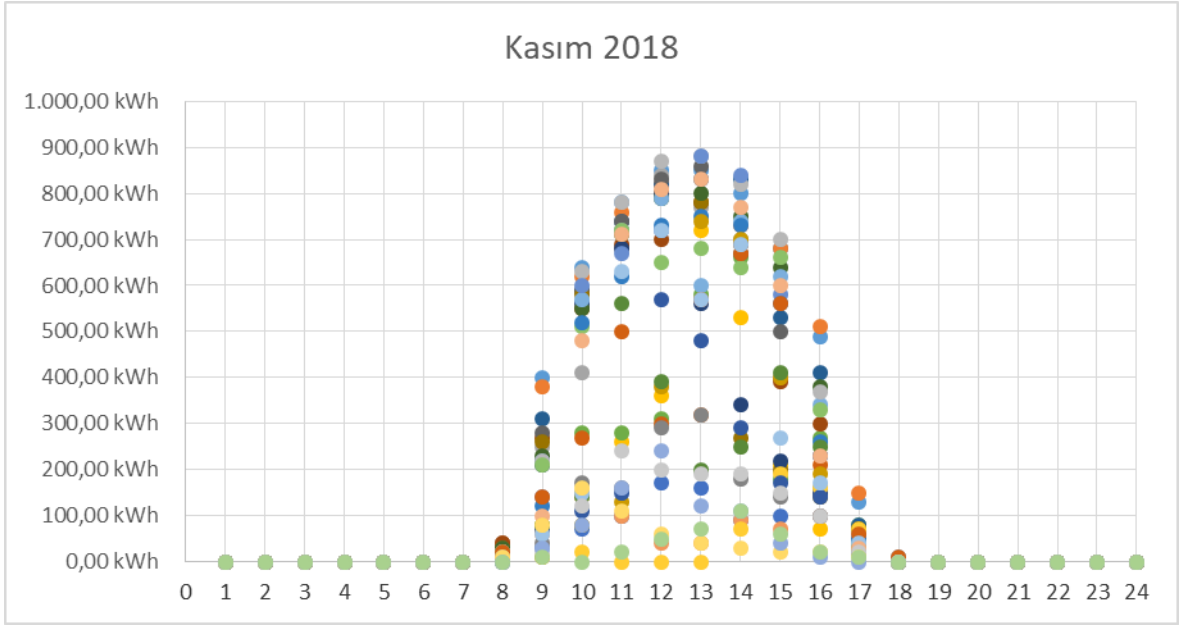
Şekil 4.23. Santral – B Ağustos 2018 üretim grafiği



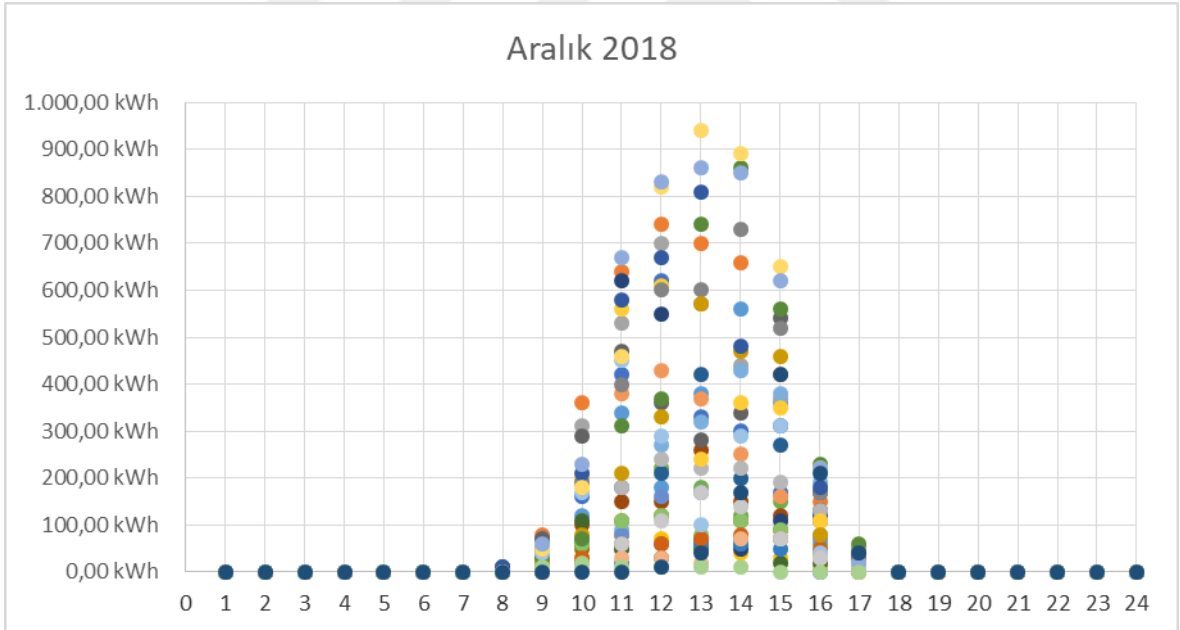
Şekil 4.24. Santral – B Eylül 2018 üretim grafiği



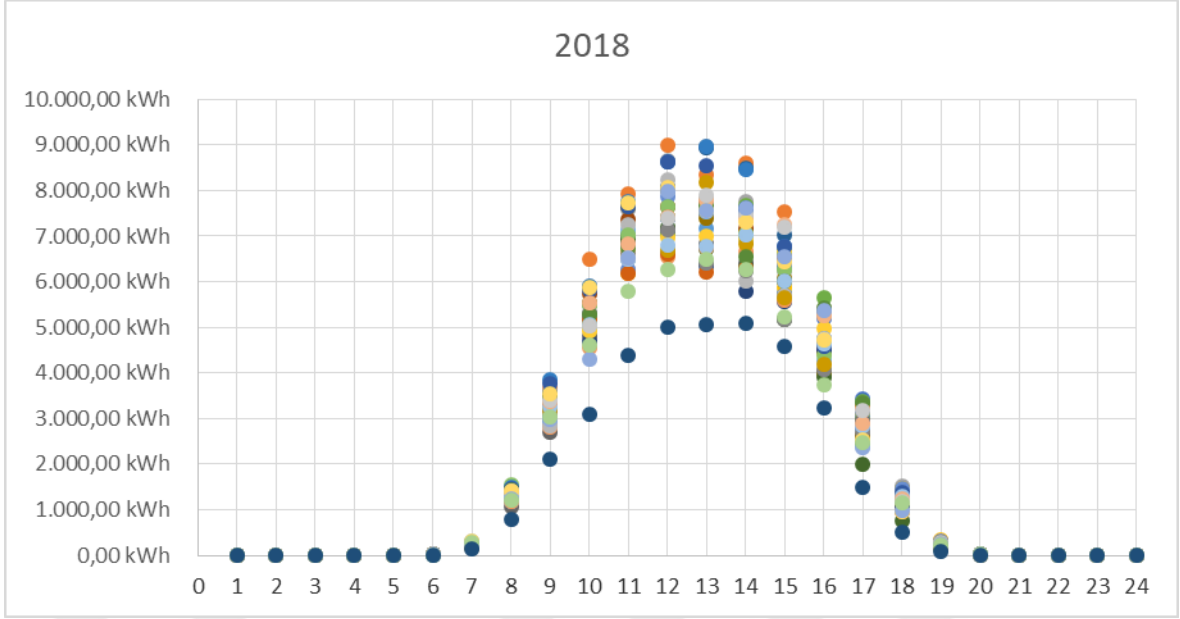
Şekil 4.25. Santral – B Ekim 2018 üretim grafiği



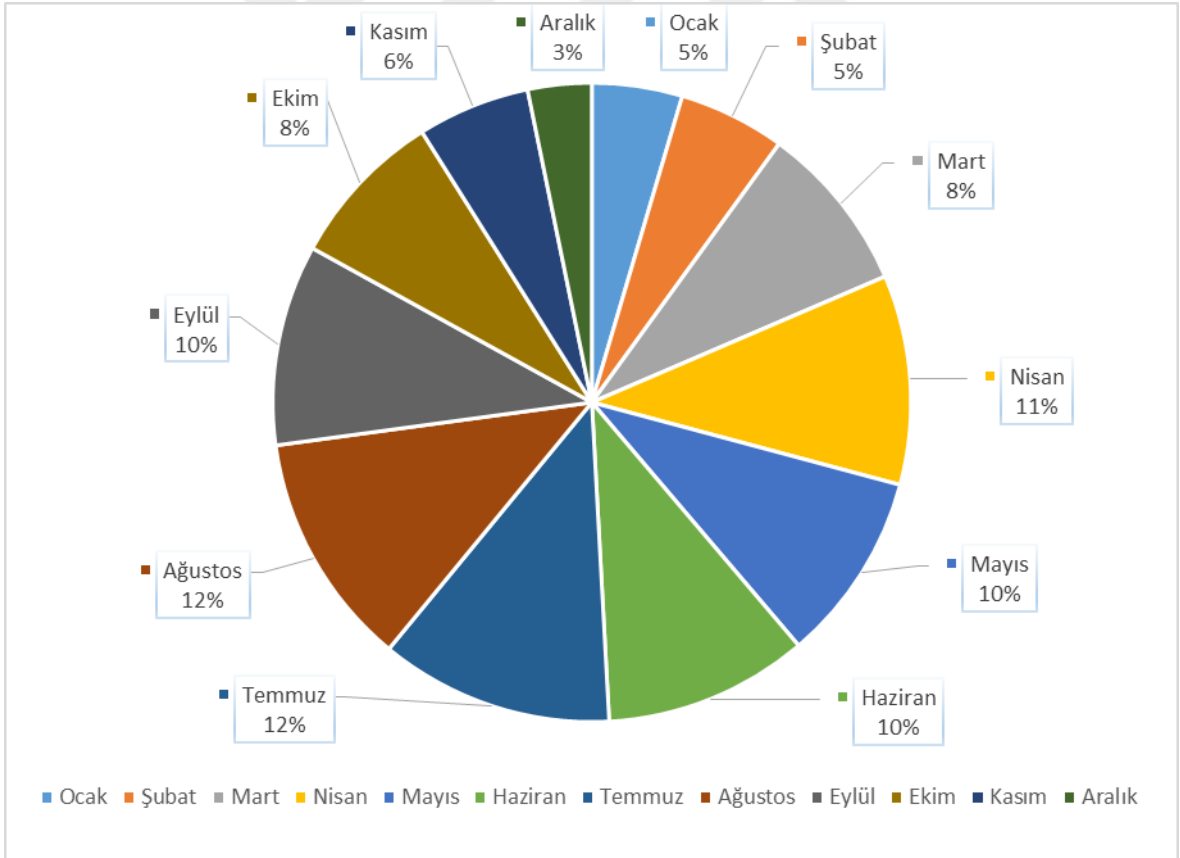
Şekil 4.26. Santral – B Kasım 2018 üretim grafiği



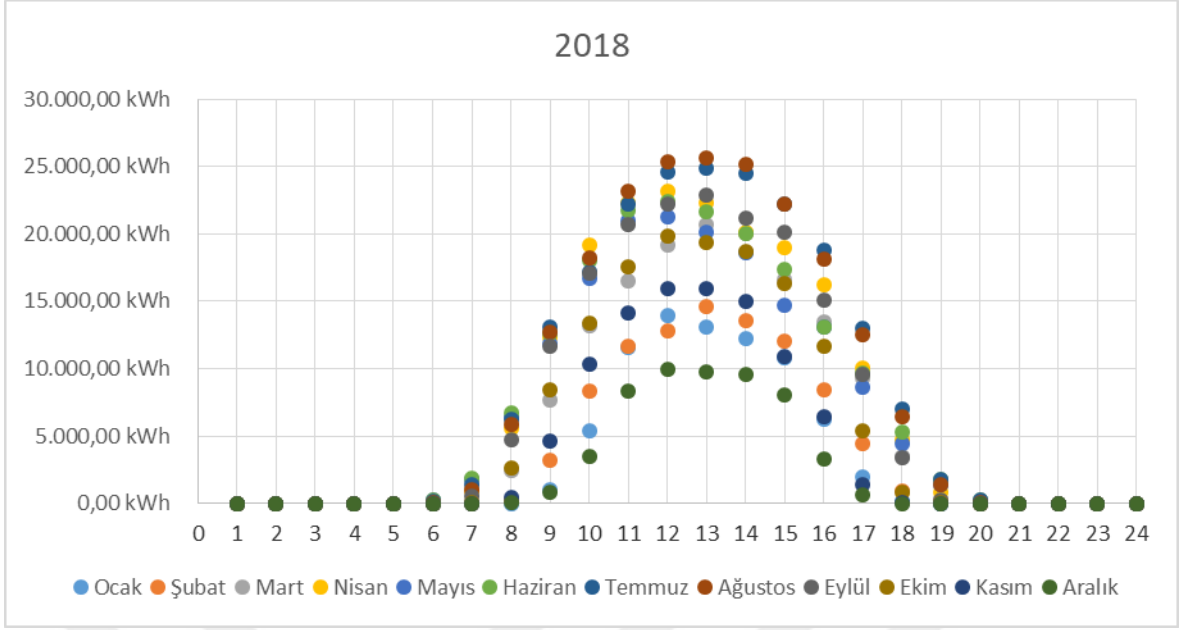
Şekil 4.27. Santral – B Aralık 2018 üretim grafiği



Şekil 4.28. Santral – B Toplam 2018 üretim grafiği



Şekil 4.29. Santral – B Toplam 2018 üretim dağılım grafiği



Şekil 4.30. Santral – B Toplam 2018 üretim grafiği

Tablo.4.4. Santral – B Toplam 2018 üretim değerleri

2018	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
00:00-01:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01:00-02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00-03:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03:00-04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00-05:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05:00-06:00	0,00	0,00	0,00	10,00	230,00	280,00	120,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00-07:00	0,00	0,00	90,00	910,00	1.770,00	1.870,00	1.430,00	970,00	540,00	50,00	0,00	0,00
07:00-08:00	0,00	270,00	2.390,00	5.580,00	6.410,00	6.710,00	6.230,00	5.900,00	4.740,00	2.620,00	460,00	40,00
08:00-09:00	980,00	3.190,00	7.650,00	12.330,00	11.820,00	12.620,00	13.080,00	12.680,00	11.690,00	8.440,00	4.600,00	860,00
09:00-10:00	5.400,00	8.350,00	13.210,00	19.160,00	16.720,00	18.050,00	17.210,00	18.260,00	17.110,00	13.390,00	10.340,00	3.440,00
10:00-11:00	11.520,00	11.650,00	16.510,00	22.320,00	21.020,00	21.780,00	22.210,00	23.160,00	20.670,00	17.520,00	14.120,00	8.300,00
11:00-12:00	13.920,00	12.840,00	19.140,00	23.150,00	21.260,00	22.400,00	24.570,00	25.400,00	22.210,00	19.840,00	15.900,00	9.970,00
12:00-13:00	13.130,00	14.580,00	20.670,00	22.350,00	20.110,00	21.630,00	24.920,00	25.640,00	22.880,00	19.350,00	15.970,00	9.740,00
13:00-14:00	12.240,00	13.520,00	20.070,00	20.120,00	18.590,00	20.020,00	24.550,00	25.200,00	21.170,00	18.660,00	14.980,00	9.570,00
14:00-15:00	10.810,00	12.010,00	16.650,00	18.960,00	14.740,00	17.340,00	22.230,00	22.250,00	20.090,00	16.360,00	10.930,00	8.000,00
15:00-16:00	6.220,00	8.410,00	13.440,00	16.240,00	13.090,00	13.090,00	18.780,00	18.110,00	15.110,00	11.680,00	6.440,00	3.290,00
16:00-17:00	1.960,00	4.440,00	9.300,00	10.090,00	8.570,00	9.640,00	13.040,00	12.510,00	9.600,00	5.400,00	1.370,00	660,00
17:00-18:00	140,00	920,00	3.450,00	4.710,00	4.450,00	5.270,00	7.000,00	6.460,00	3.400,00	820,00	20,00	0,00
18:00-19:00	0,00	10,00	260,00	810,00	1.370,00	1.770,00	1.800,00	1.340,00	250,00	10,00	0,00	0,00
19:00-20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	120,00	290,00	240,00	70,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00-21:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00-22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00-23:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00-00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam (kWh)	76.320,00	90.190,00	142.830,00	176.740,00	160.270,00	172.760,00	197.410,00	198.000,00	169.460,00	134.140,00	95.130,00	53.870,00

4.3 Santral – C

4.3.1 Genel bilgileri

Santral – C Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesinde Evcihüyük mevkiinde yer almaktadır. Enerji üretimi yapan bu tesisin projeler ile belirlenmiş yerinde; 4224 adet güneş paneli, 17 adet dizi evirici, DC kurulu gücü 1056 kWp, AC kurulu gücü 990 kWe olan arazi uygulamalı güneş enerji santrali tesis edilmiştir. Mevcut alçak gerilim şebekesine bağlanması mümkün görülmediği için 990 kWe gücündeki üretim tesisi 31,5 kV üzerinden yeni kurulacak dağıtım merkezi sayesinde şebekeye bağlanmıştır.

Santral – C ‘da her biri 15 kWe gücünde, 66 adet dizi evirici toplamda 990 kWe gücünde elektrik üreteceği projeler ile belirtilmiştir. 250 Wp gücündeki 4224 adet polikristal güneş paneli kullanılmıştır. Yapılan akım taşıma kapasitesi ve gerilim düşümü hesapları doğrultusunda çok kristalli panellerden 4 mm² ‘lik solar kablolar taşıyıcı konstrüksiyon üzerinde uygun görülen yerlere yerleştirilip eviriciler bağlanmıştır. Eviricilere ait AC çıkışlar 1x(4x95 mm²) kesitinde NYY kablolar ile GES bağlantı panosuna aktarılmıştır. GES panosu ile trafo arası bağlantı 4x4x(1x240 mm²) kesitinde NYY kablo ile irtibatlandırılmıştır.

Güneş Enerji Santralinin projesinde yer alan meteoroloji istatistikler aşağıda yer almaktadır.

Tablo.4.5. Santral – C Meteorolojik Veri

K.MARAŞ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
<i>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2014)</i>												
Ortalama Sıcaklık (°C)	4,9	6,4	10,7	15,4	20,3	25,2	28,3	28,4	25,1	19,0	11,8	6,7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9,2	10,9	15,8	21,1	26,7	31,9	35,5	35,9	32,3	25,9	17,5	11,0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1,3	2,2	5,7	9,8	14,0	18,8	22,0	22,1	18,3	12,8	6,9	3,0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,2	4,1	5,3	6,4	8,3	10,2	10,5	10,1	9,0	6,5	4,3	3,2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,9	11,6	11,7	10,9	7,9	2,4	0,5	0,4	2,0	6,3	8,4	11,6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m ²)	124,8	109,9	93,9	73,5	38,9	7,2	1,2	0,8	8,5	44,7	81,1	125,5
<i>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1950 - 2014)</i>												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18,7	22,4	29,2	36,0	38,0	42,0	45,2	44,4	41,3	37,2	28,9	24,0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-9,0	-9,6	-7,6	-1,8	5,0	10,3	15,6	15,7	8,6	0,0	-5,6	-7,6

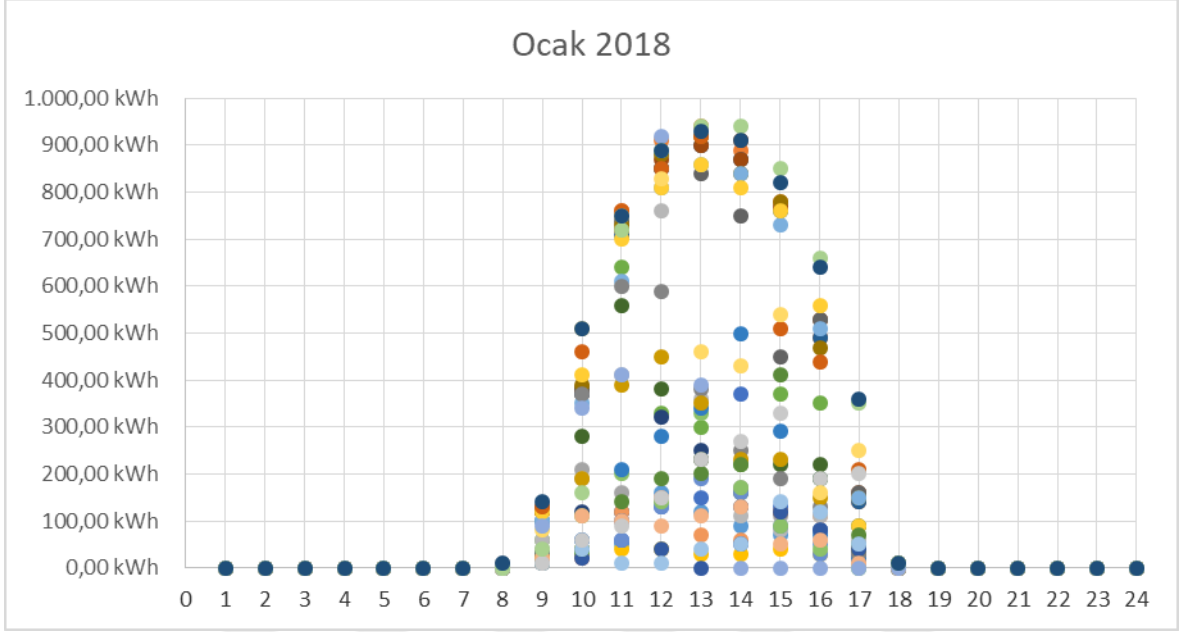
* T_{met,max} : 30.07.2007 tarihinde 45,2 °C (En yüksek sıcaklık)

* T_{met,min} : 30.01.1968 tarihinde -9,0 °C (En düşük sıcaklık)

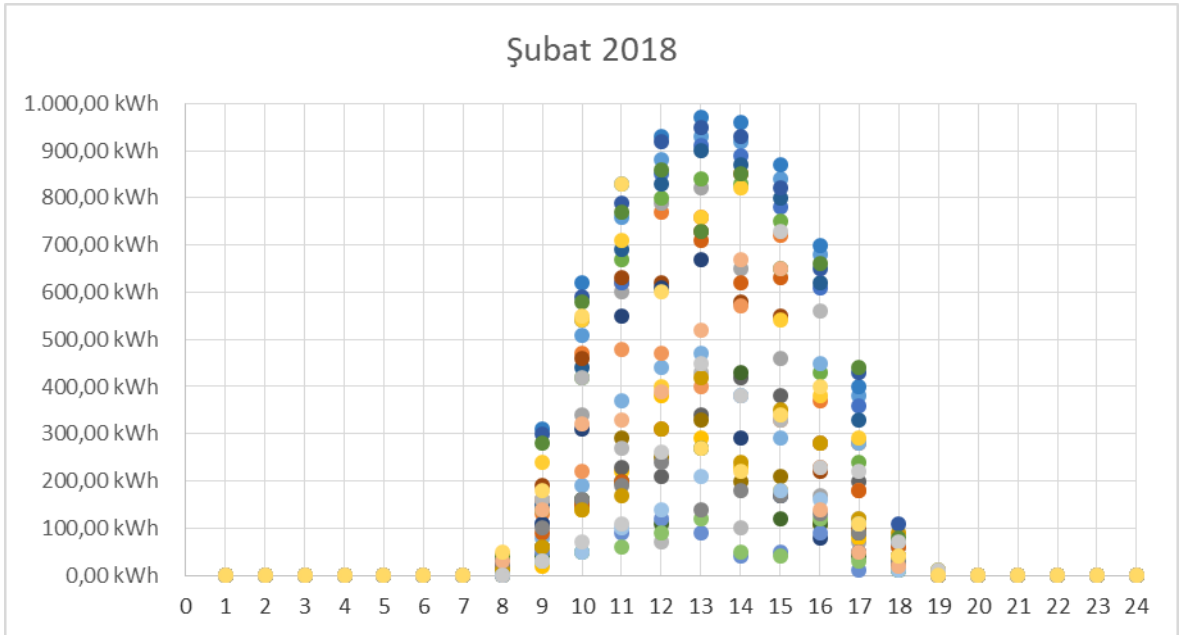
Proje Kahramanmaraş İli sınırları içerisinde yapılacağı için 1950 – 2014 yılları arasında görülen en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri yukarıda belirtildiği gibi gerçekleşmiştir.

4.3.2 Üretim değerleri

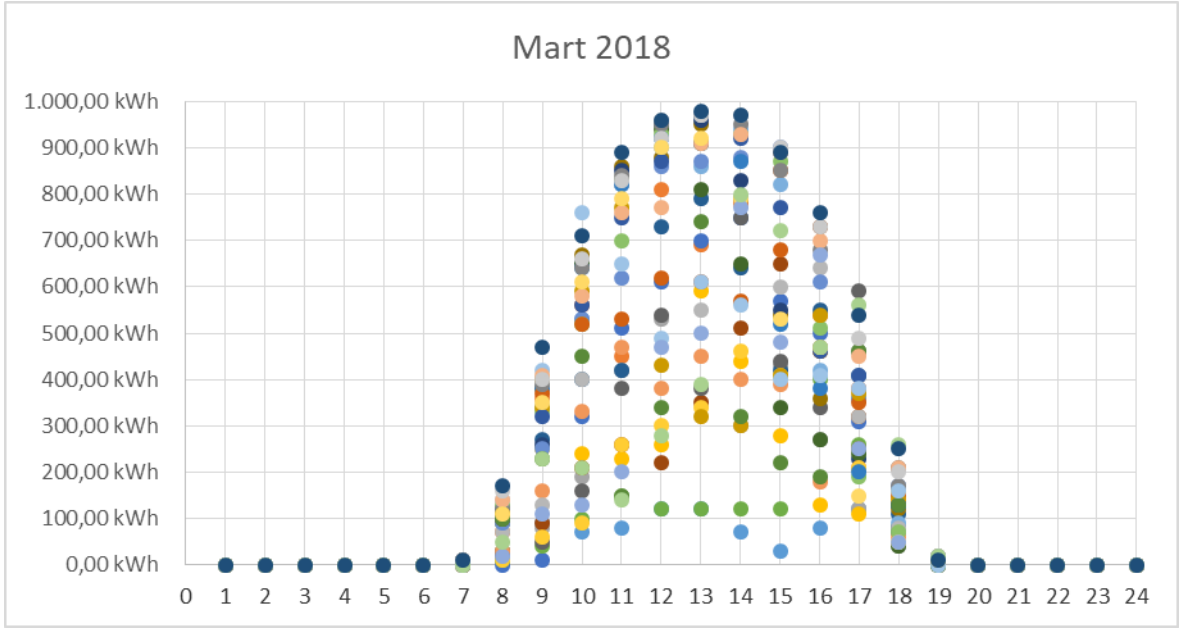
Bu çalışmada Santral – C ‘nın 2018 yılında kaydettiği üretim değerlerin dikkate alınmıştır. Bu değerlerin grafikleri aylık olarak aşağıda yer almaktadır.



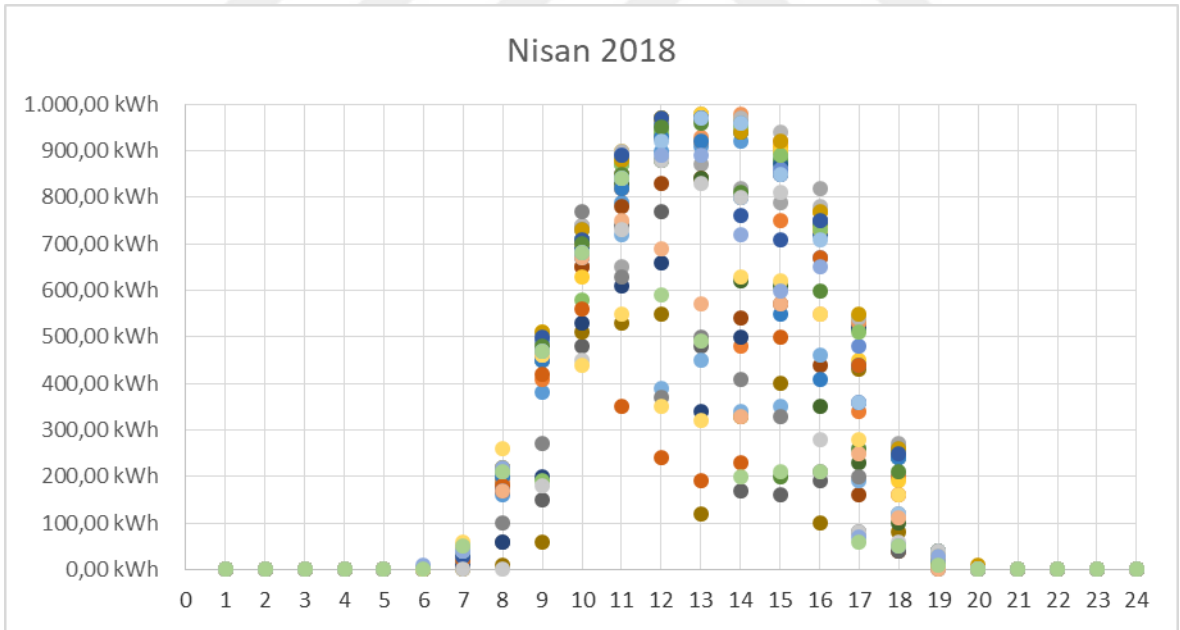
Şekil 4.31. Santral – C Ocak 2018 üretim grafiği



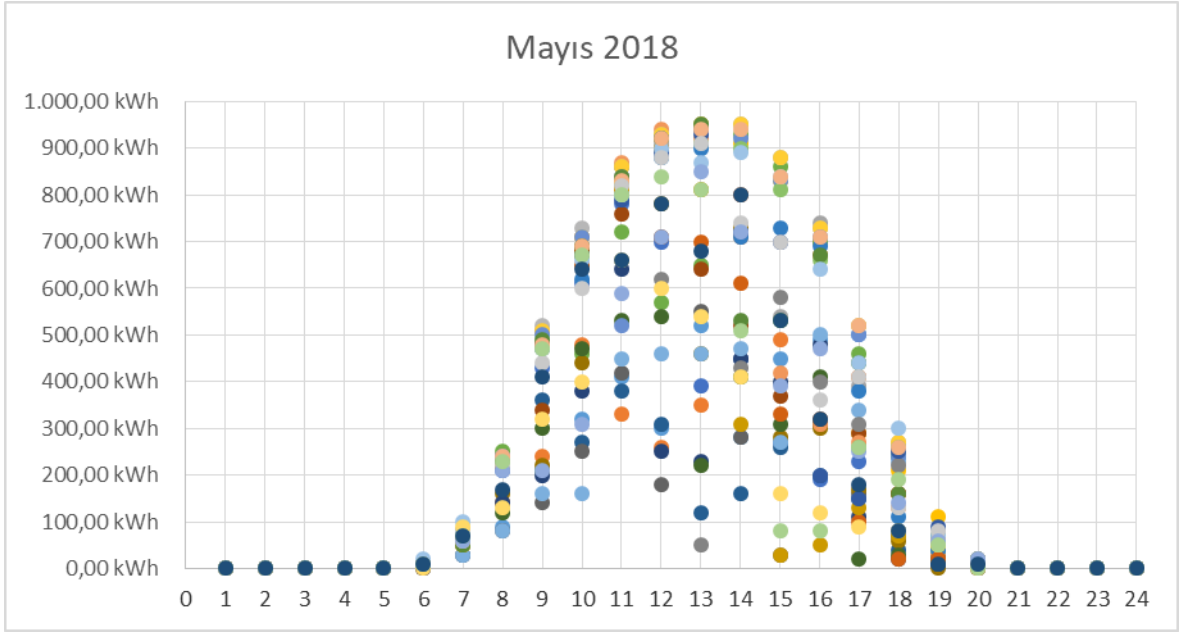
Şekil 4.32. Santral – C Şubat 2018 üretim grafiği



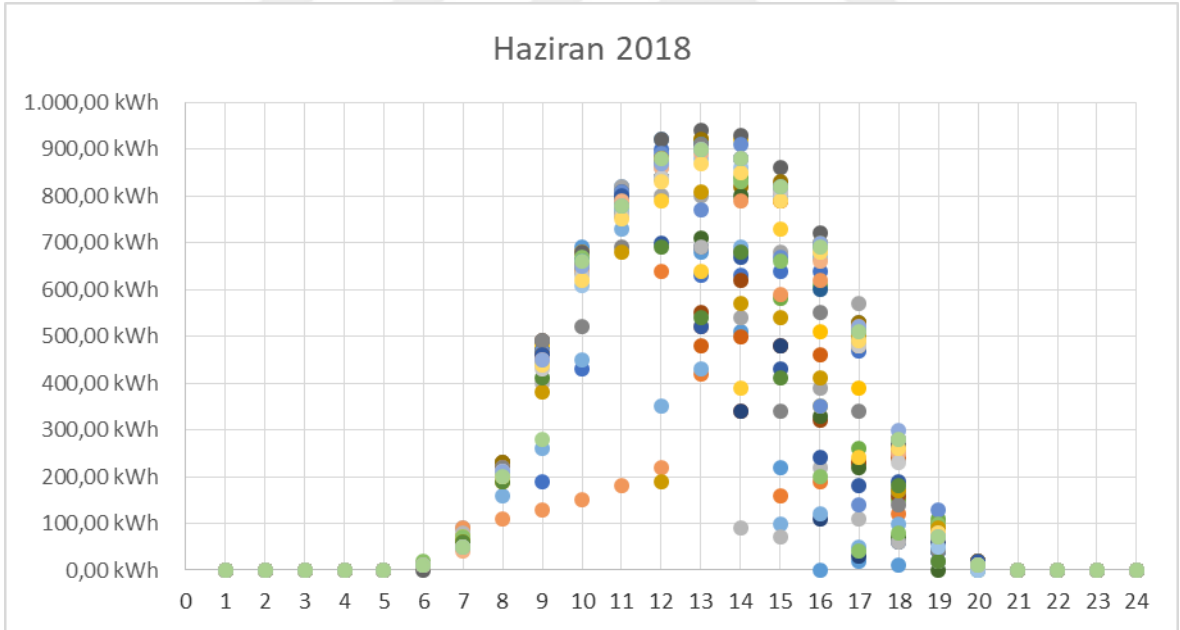
Şekil 4.33. Santral – C Mart 2018 üretim grafiği



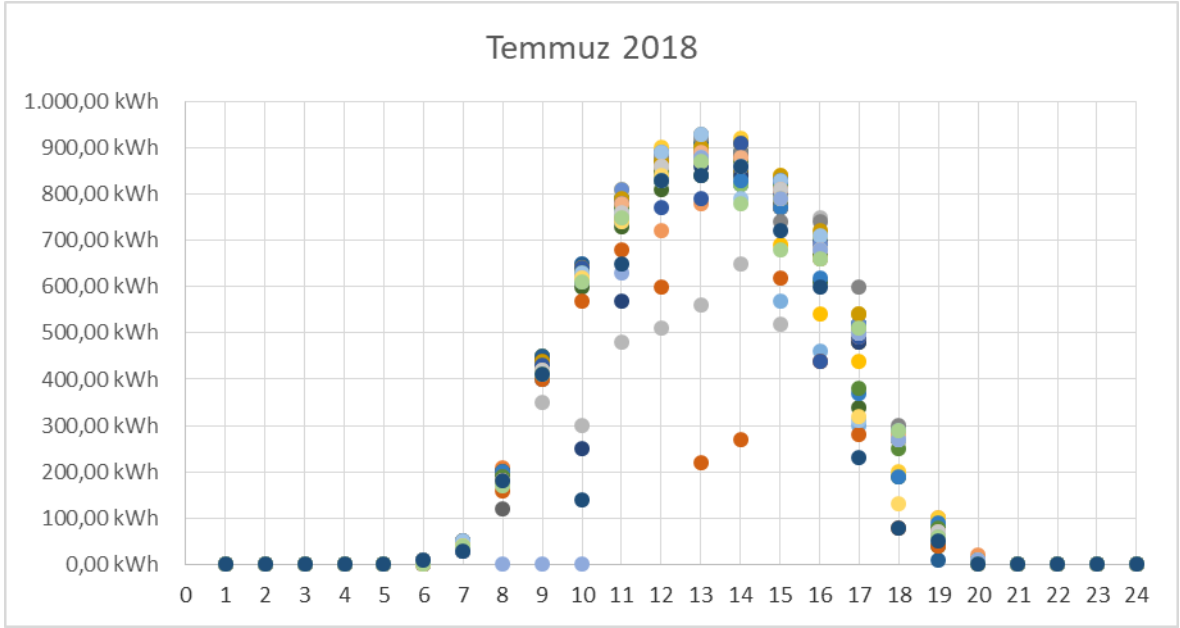
Şekil 4.34. Santral – C Nisan 2018 üretim grafiği



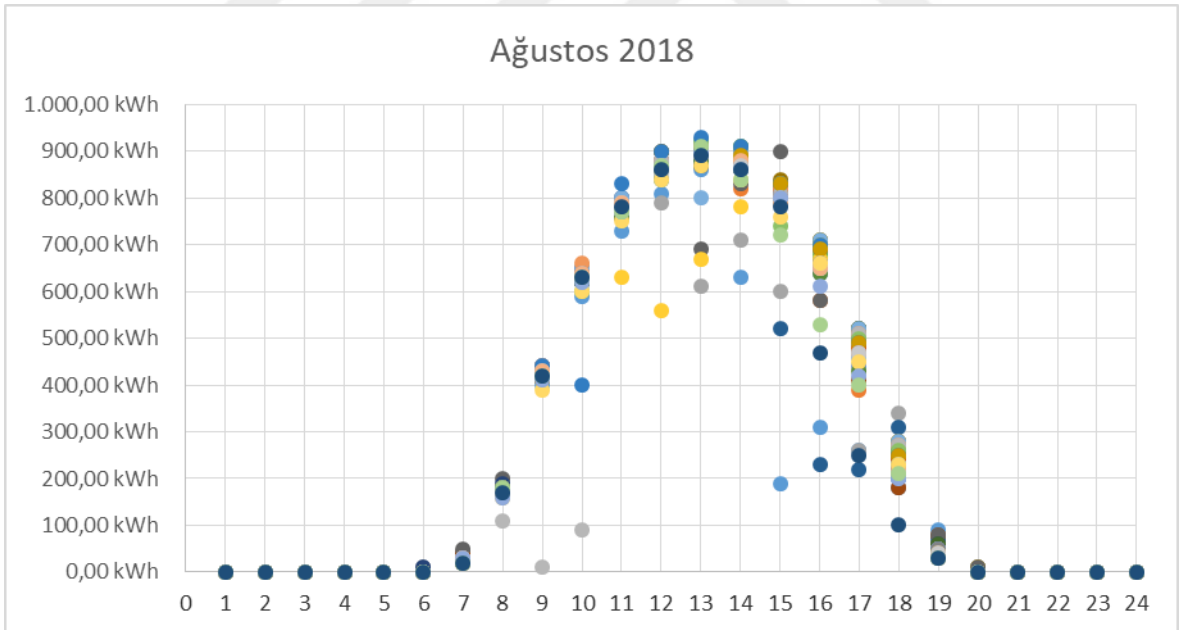
Şekil 4.35. Santral – C Mayıs 2018 üretim grafiği



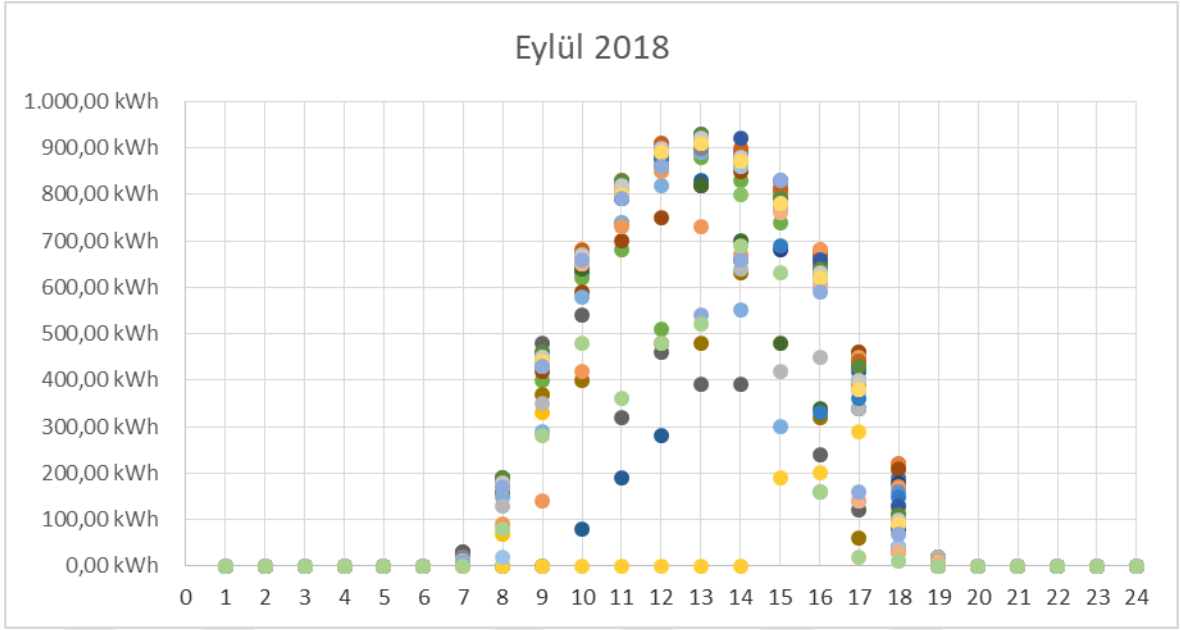
Şekil 4.36. Santral – C Haziran 2018 üretim grafiği



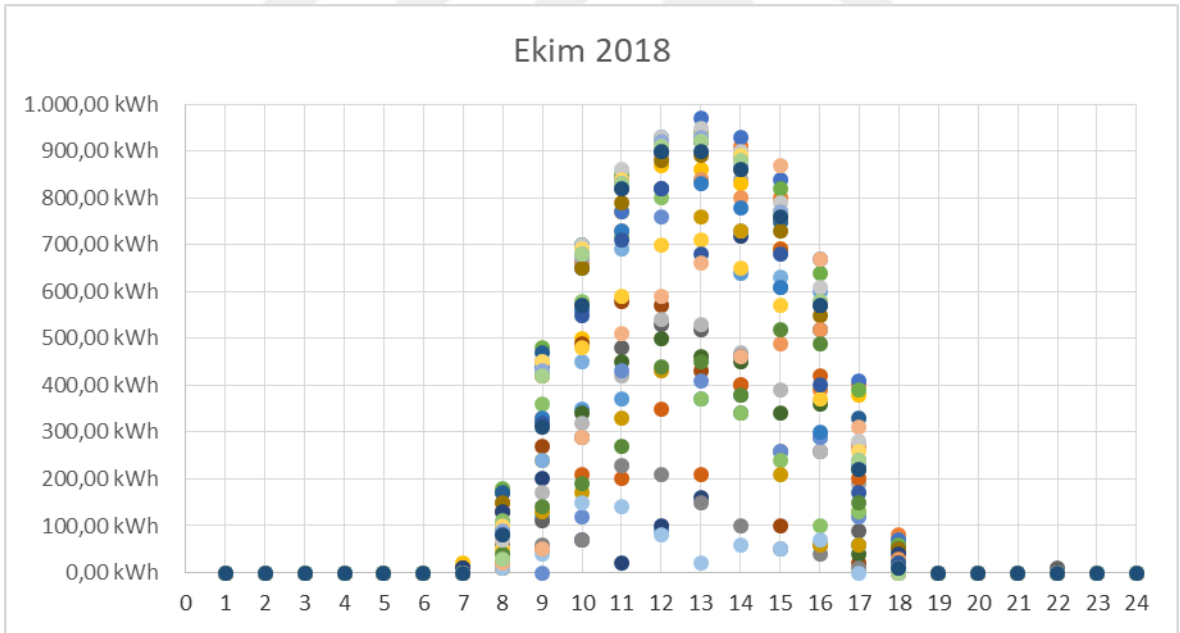
Şekil 4.37. Santral – C Temmuz 2018 üretim grafiği



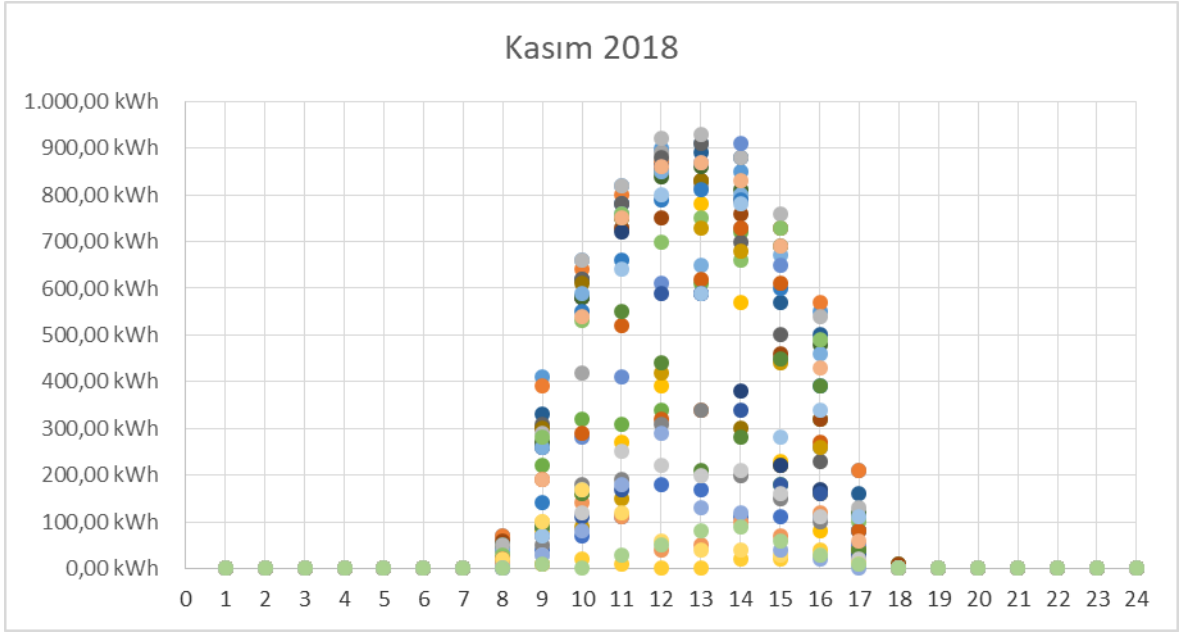
Şekil 4.38. Santral – C Ağustos 2018 üretim grafiği



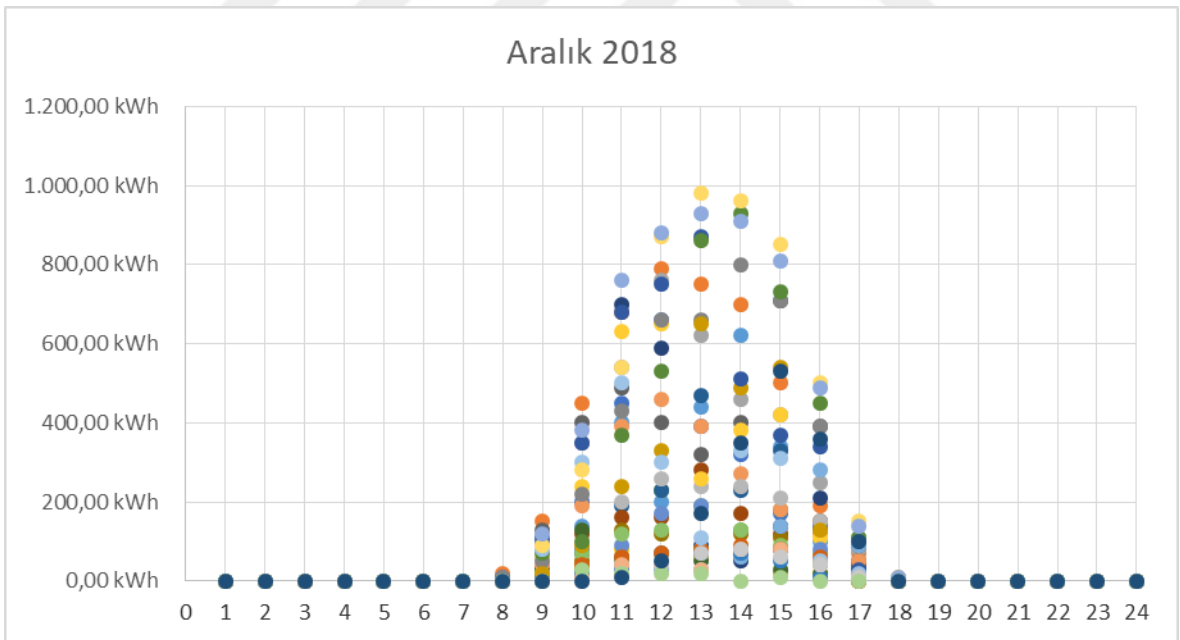
Şekil 4.39. Santral – C Eylül 2018 üretim grafiği



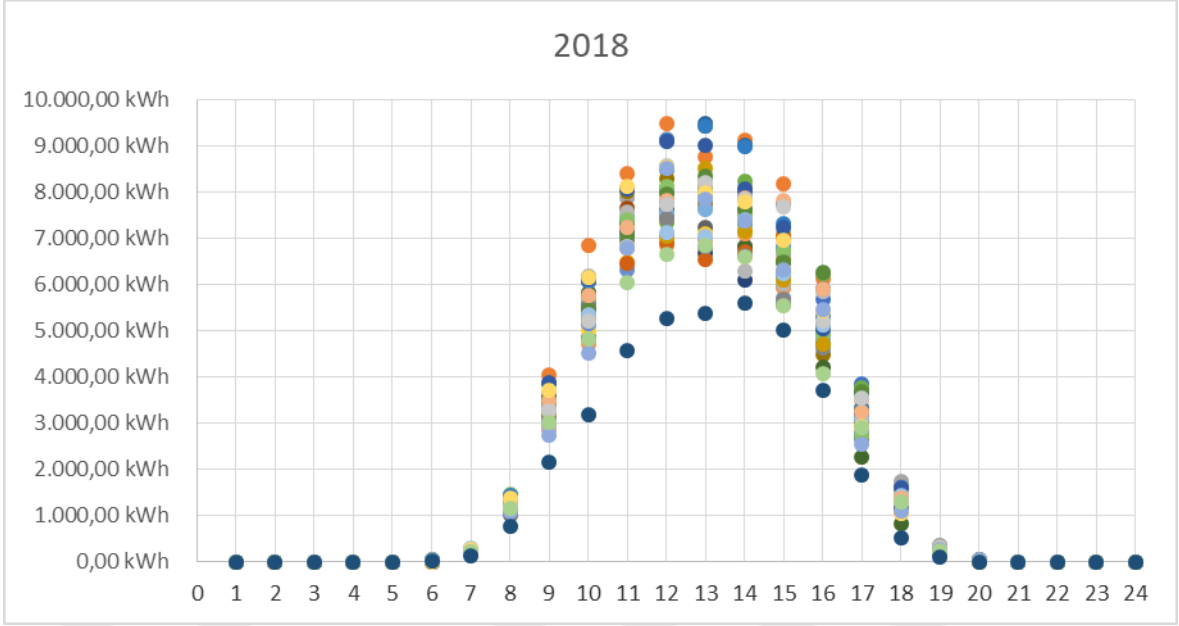
Şekil 4.40. Santral – C Ekim 2018 üretim grafiği



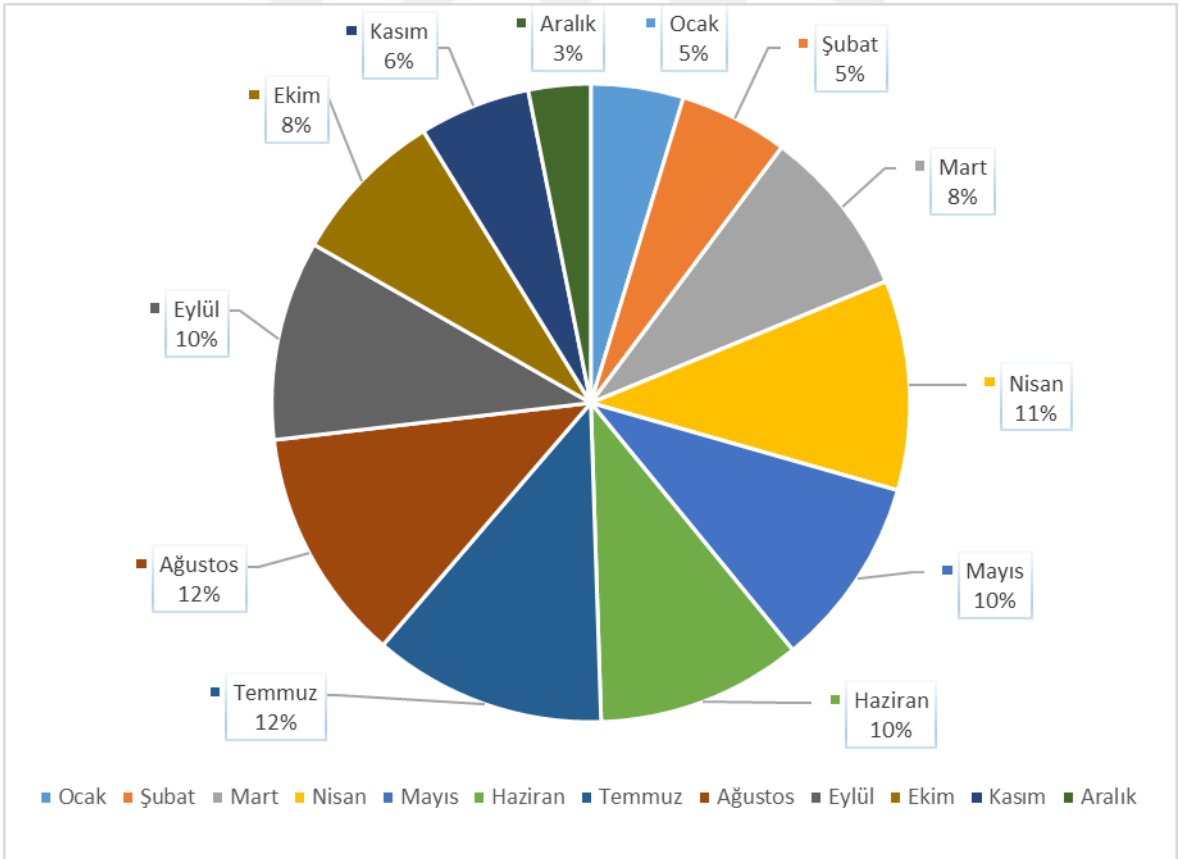
Şekil 4.41. Santral – C Kasım 2018 üretim grafiği



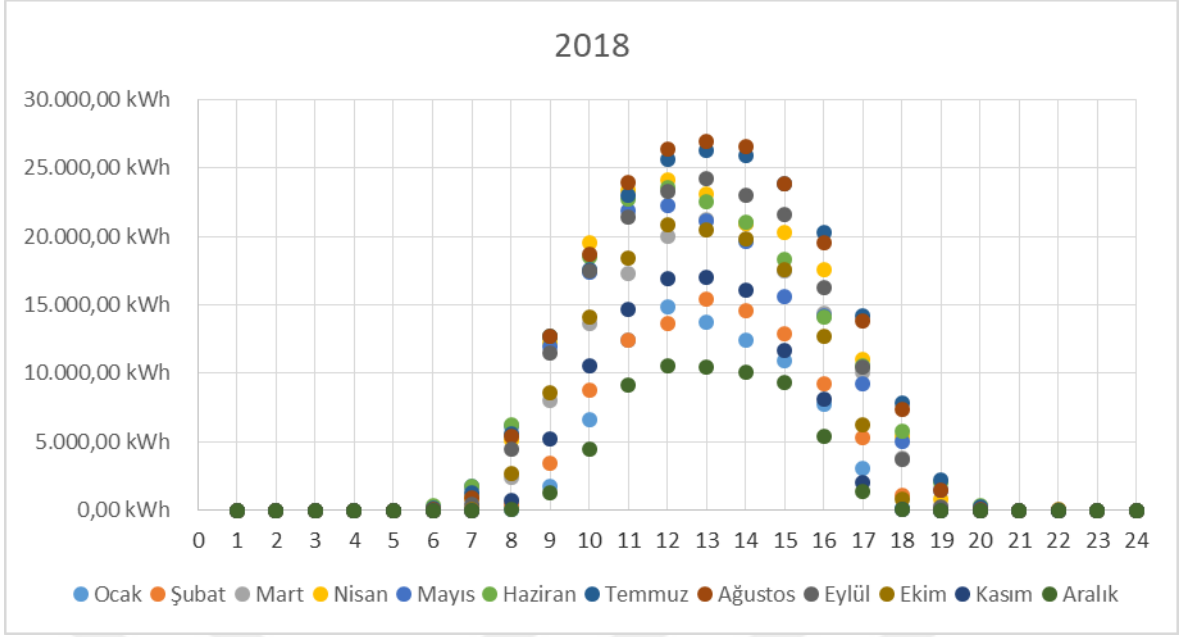
Şekil 4.42. Santral – C Aralık 2018 üretim grafiği



Şekil 4.43. Santral – C Toplam 2018 üretim grafiği



Şekil 4.44. Santral – C Toplam 2018 üretim dağılım grafiği



Şekil 4.45. Santral – C Toplam 2018 üretim grafiği

Tablo.4.6. Santral – C Toplam 2018 üretim değerleri

2018	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
00:00-01:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01:00-02:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02:00-03:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03:00-04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04:00-05:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05:00-06:00	0,00	0,00	0,00	10,00	190,00	300,00	150,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06:00-07:00	0,00	0,00	90,00	850,00	1.770,00	1.750,00	1.260,00	910,00	470,00	70,00	0,00	0,00
07:00-08:00	20,00	390,00	2.370,00	5.110,00	6.180,00	6.270,00	5.590,00	5.390,00	4.410,00	2.650,00	690,00	50,00
08:00-09:00	1.740,00	3.450,00	7.970,00	12.210,00	11.960,00	12.720,00	12.720,00	12.660,00	11.440,00	8.570,00	5.250,00	1.270,00
09:00-10:00	6.640,00	8.800,00	13.680,00	19.570,00	17.370,00	18.530,00	17.560,00	18.730,00	17.520,00	14.100,00	10.540,00	4.500,00
10:00-11:00	12.420,00	12.380,00	17.250,00	23.330,00	21.910,00	22.710,00	23.020,00	23.920,00	21.420,00	18.440,00	14.630,00	9.100,00
11:00-12:00	14.840,00	13.650,00	19.960,00	24.150,00	22.250,00	23.520,00	25.630,00	26.350,00	23.280,00	20.840,00	16.880,00	10.560,00
12:00-13:00	13.770,00	15.430,00	21.260,00	23.070,00	21.090,00	22.550,00	26.290,00	26.920,00	24.240,00	20.450,00	17.000,00	10.420,00
13:00-14:00	12.430,00	14.550,00	20.970,00	20.960,00	19.590,00	21.080,00	25.890,00	26.590,00	23.030,00	19.840,00	16.060,00	10.080,00
14:00-15:00	10.950,00	12.930,00	17.470,00	20.300,00	15.620,00	18.340,00	23.800,00	23.820,00	21.590,00	17.580,00	11.680,00	9.320,00
15:00-16:00	7.760,00	9.250,00	14.380,00	17.580,00	14.170,00	14.080,00	20.250,00	19.530,00	16.300,00	12.690,00	8.100,00	5.360,00
16:00-17:00	3.010,00	5.280,00	10.060,00	10.980,00	9.250,00	10.540,00	14.240,00	13.790,00	10.460,00	6.220,00	2.030,00	1.360,00
17:00-18:00	130,00	1.060,00	3.760,00	5.400,00	4.970,00	5.810,00	7.850,00	7.360,00	3.710,00	760,00	30,00	20,00
18:00-19:00	0,00	30,00	250,00	770,00	1.500,00	1.990,00	2.170,00	1.500,00	280,00	0,00	0,00	0,00
19:00-20:00	0,00	0,00	0,00	10,00	190,00	330,00	260,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00-21:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00-22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
22:00-23:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00-00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam (kWh)	83.710,00	97.200,00	149.470,00	184.300,00	168.010,00	180.520,00	206.680,00	207.530,00	178.150,00	142.220,00	102.890,00	62.040,00

5. METEOROLOJİK VERİLER

Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA) internet sitesinde bulunan Küresel Tahmin Sistemi (GFS), Ulusal Çevresel Tahmin Merkezleri (NCEP) tarafından üretilen bir hava tahmin modelidir. Bu veri setinde sıcaklık, rüzgarlar ve yağışlardan; bulutluluk ve atmosferik ozon konsantrasyonuna kadar düzinelerce atmosferik ve toprak zemin değişkenleri mevcuttur. Temel olarak Küresel Tahmin Sistemi tarafından, operasyonel tahminler 16 güne kadar hava tahmininde kullanılan koordinat çizgileri, tüm dünyayı 28 kilometre yatay çözünürlükte kapsamaktadır. Yatay çözünürlük bir hafta ile iki hafta arasında tahminler için koordinat çizgileri arasına 70 kilometre düşer.

GFS modeli, hava koşullarının doğru bir resmini sağlamak için birlikte çalışan dört ayrı modelden (atmosfer modeli, okyanus modeli, toprak zemin modeli ve deniz buzu modelinden oluşan) birleştirilmiş bir modeldir. Performansını ve tahmin doğruluğunu artırmak için GFS modelinde düzenli olarak değişiklikler yapılıyor. Sürekli gelişen bir hava modelidir. GFS ile ilgili ürünler ve daha fazla bilgi web sayfasında indirilebilir durumdadır [4].

Çalışmamızda kullanacağımız bulutluluk verileri, Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA) resmi internet sitesi aracılığı ile kamuya açmış olduğu veri arşivinden temin edilmiştir.

NOAA internet sitesinde bulunan Küresel Tahmin Sistemi veri arşivinden, koordinat çizgisi artış aralığı (0.50) olan 2018 yılına ait tüm tahmin verileri, her ay için gün sayısınca ve her gün içinde üçer saatlik tahmin setleri olarak ayrı ayrı indirildi. Her tahmin seti 8 tahmin verisinden oluşmaktadır. Günlük sekizer tahmin verisinden oluşan dosyalar yaklaşık olarak 200 GB civarındadır.

NOAA NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION
 NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION
 Formerly the National Climatic Data Center (NCDC)... [more about NCEI](#)

Home Climate Information Data Access Customer Support Contact About Search

Home > Data Access > Model > Datasets > Global Forecast System (GFS)

Global Forecast System (GFS)

The Global Forecast System (GFS) is a weather forecast model produced by the National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Dozens of atmospheric and land-soil variables are available through this dataset, from temperatures, winds, and precipitation to soil moisture and atmospheric ozone concentration. The entire globe is covered by the GFS at a base horizontal resolution of 18 miles (28 kilometers) between grid points, which is used by the operational forecasters who predict weather out to 16 days in the future. Horizontal resolution drops to 44 miles (70 kilometers) between grid point for forecasts between one week and two weeks.

More...

Product Types

GFS Analysis

Model	Grid/Scale	Period of Record	Model Cycle	Output Timestep	Data Access Links
GFS-ANL	004 (0.5°) - Domain	01Jan2007-Present	4/day: 00, 06, 12, 18UTC	+00, (+03, +06 precipitation fields)	FTP HTTPS TDS HAS
GFS-ANL	003 (1°) - Domain	02Mar2004-Present	4/day: 00, 06, 12, 18UTC	+00, (+03, +06 precipitation fields)	FTP HTTPS TDS HAS

GFS Forecasts

Model	Grid/Scale	Period of Record	Model Cycle	Output Timestep	Data Access Links
GFS	004 (0.5°) - Domain	10Oct2006-Present (approx. two years to present online)	4/day: 00, 06, 12, 18UTC	3-hourly, +000 to +192 hours	FTP HTTPS TDS HAS
GFS	003 (1°) - Domain	15Feb2005-Present (approx. 6mo to present online)	4/day: 00, 06, 12, 18UTC	3-hourly, +000 to +240 hours; 12-hourly, +252 to +384	FTP HTTPS TDS HAS
GFS-AVN	003 (1°) - Domain	02Mar2004-15Feb2005	4/day: 00, 06, 12, 18UTC	3-hourly, +000 to +240 hours	HAS

Legacy NCEP NOAAPort GFS-AVN and GFS-MRF Analysis and Forecasts

Model	Grid/Scale	Period of Record	Model Cycle	Output Timestep	Data Access Links
GFS-AVN	211 (81km) - Domain	01Jan2003-30Nov2004	4/day: 00, 06, 12, 18UTC	6-hourly, +000 to +180 hours; 12-hourly +192 to +240 hours	FTP HTTPS

GFS Entire Atmosphere Total Ozone [Dobson]
09Z14JUL2012+0079s

An animated image of GFS simulated total atmospheric ozone concentration, forecast from 00 UTC on July 12, 2012, to July 16, 2012, at 00 UTC—a four day forecast—in three hourly intervals. The lowest concentrations of ozone on the planet reside over the Antarctic during this period. This image was produced with the Grid Analysis and Display System (GrADS) and ImageMagick.

Quick Links: Land-Based Station, Satellite, Radar, Model, Datasets (AEC, CFS, CM2X, CMIFS, GDAS, GFS, GFS, HYCOM, NAM, NARR, NCDM, NCOM-Regional, NDID, NDGD, NGM, NMME, RT / R2, RAP, RTGFS, SIRS, NOGAPS), Ocean Models, Reanalysis, Numerical Weather Prediction, Climate Prediction, Derived / Other Model Data (NOMADS, Ocean NOMADS), Weather Balloon, Marine / Ocean, Paleoclimatology, Severe Weather, Blended & Global

Şekil 5.1. GFS Forecasts veri seçim ekranı


/GFS/Grid4 dizini
































↑ [üst dizin]

Ad	Boyut	Değiştirilme Tarihi
201609/		31.08.2018 03:00:00
201610/		2.10.2018 03:00:00
201611/		31.10.2018 03:00:00
201612/		2.12.2018 03:00:00
201701/		29.01.2019 17:46:00
201702/		29.01.2019 17:50:00
201703/		3.03.2019 10:54:00
201704/		1.04.2019 00:47:00
201705/		4.05.2019 00:44:00
201706/		14.05.2019 17:25:00
201707/		14.05.2019 17:25:00
201710/		2.11.2017 03:00:00
201711/		3.12.2017 03:00:00
201712/		1.01.2018 03:00:00
201801/		7.02.2018 03:00:00
201802/		3.03.2018 03:00:00
201803/		4.04.2018 03:00:00
201804/		2.05.2018 03:00:00
201805/		5.06.2018 03:00:00
201806/		9.07.2018 03:00:00
201807/		7.08.2018 03:00:00
201808/		5.09.2018 03:00:00
201809/		6.10.2018 03:00:00
201810/		4.11.2018 03:00:00
201811/		5.12.2018 03:00:00
201812/		31.01.2019 01:26:00
201901/		7.02.2019 04:04:00
201902/		3.03.2019 11:37:00
201903/		10.04.2019 02:12:00
201904/		4.05.2019 01:56:00
201905/		3.06.2019 07:43:00
201906/		2.07.2019 23:50:00
201907/		12.07.2019 04:47:00
corrupt/		5.06.2015 03:00:00
gfs_4b.idx	12.0 kB	6.08.2012 03:00:00
gfs_4.idx	64.1 MB	6.08.2012 03:00:00
gfs_4.lst	230 B	7.08.2012 03:00:00

Şekil 5.2. GFS Forecasts yıl/ay veri seçim ekranı

/GFS/Grid4/201801/ dizini

 [üst dizin]

Ad	Boyut	Değiştirilme Tarihi
 20180101/		18.05.2018 03:00:00
 20180102/		5.01.2018 03:00:00
 20180103/		12.01.2018 03:00:00
 20180104/		6.01.2018 03:00:00
 20180105/		14.01.2018 03:00:00
 20180106/		15.01.2018 03:00:00
 20180107/		15.01.2018 03:00:00
 20180108/		11.01.2018 03:00:00
 20180109/		12.01.2018 03:00:00
 20180110/		12.01.2018 03:00:00
 20180111/		13.01.2018 03:00:00
 20180112/		14.01.2018 03:00:00
 20180113/		15.01.2018 03:00:00
 20180114/		16.01.2018 03:00:00
 20180115/		7.02.2018 03:00:00
 20180116/		7.02.2018 03:00:00
 20180117/		7.02.2018 03:00:00
 20180118/		7.02.2018 03:00:00
 20180119/		7.02.2018 03:00:00
 20180120/		7.02.2018 03:00:00
 20180121/		7.02.2018 03:00:00
 20180122/		6.02.2018 03:00:00
 20180123/		6.02.2018 03:00:00
 20180124/		6.02.2018 03:00:00
 20180125/		5.02.2018 03:00:00
 20180126/		29.01.2018 03:00:00
 20180127/		29.01.2018 03:00:00
 20180128/		2.02.2018 03:00:00
 20180129/		2.02.2018 03:00:00
 20180130/		2.02.2018 03:00:00
 20180131/		3.02.2018 03:00:00

Şekil 5.3. GFS Forecasts yıl/ay/gün veri seçim ekranı

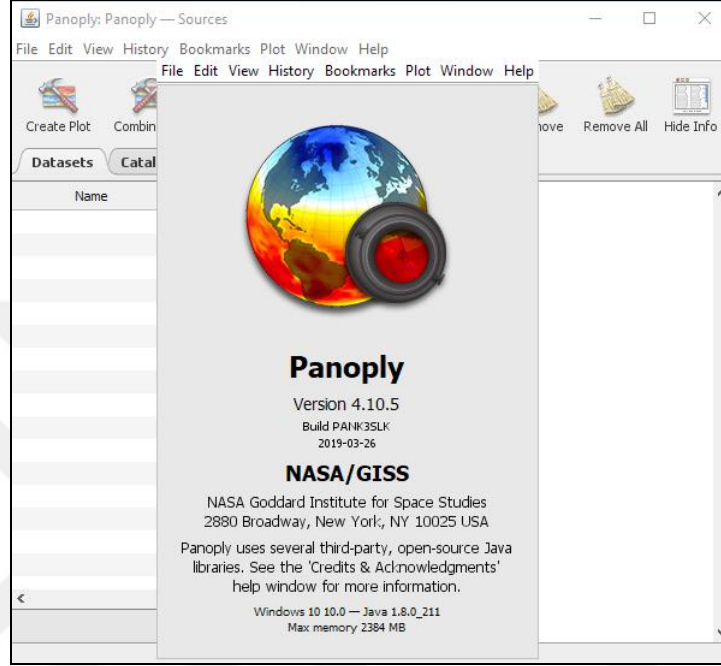
/GFS/Grid4/201801/20180101/ dizini

[üst dizin]

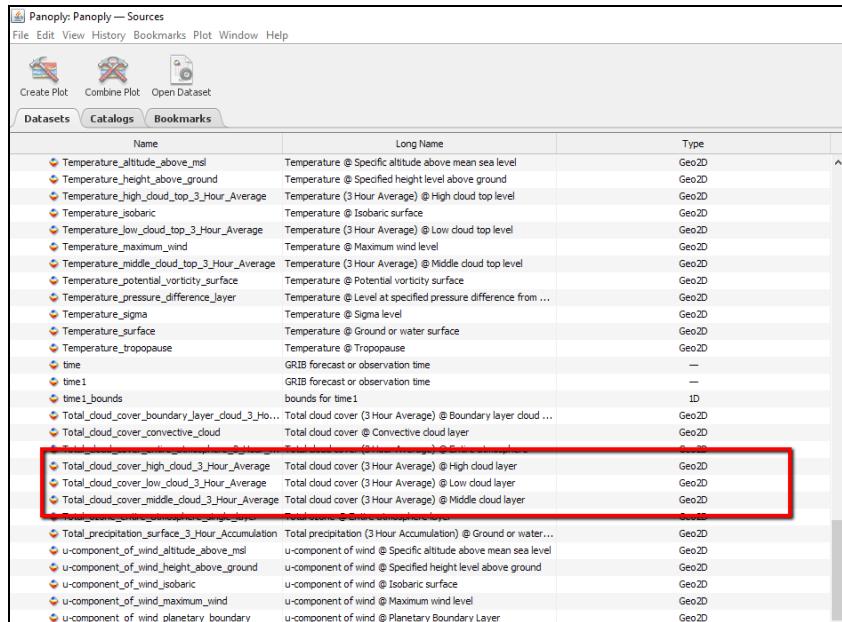
Ad	Boyut	Değiştirilme Tarihi
gfs_4_20180101_0000_000.grb2	57.8 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_000.inv	15.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_003.grb2	63.3 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_003.inv	22.4 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_006.grb2	64.1 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_006.inv	22.4 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_009.grb2	64.6 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_009.inv	22.4 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_012.grb2	65.3 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_012.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_015.grb2	65.0 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_015.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_018.grb2	65.6 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_018.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_021.grb2	65.7 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_021.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_024.grb2	66.2 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_024.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_027.grb2	65.8 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_027.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_030.grb2	65.6 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_030.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_033.grb2	65.5 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_033.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_036.grb2	65.8 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_036.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_039.grb2	66.0 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_039.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_042.grb2	66.4 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_042.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_045.grb2	65.8 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_045.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_048.grb2	65.9 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_048.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_051.grb2	65.6 MB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_051.inv	22.8 kB	2.01.2018 03:00:00
gfs_4_20180101_0000_054.grb2	66.0 MB	2.01.2018 03:00:00

Şekil 5.4. GFS Forecasts yıl/ay/gün/saat veri seçim ekranı

Veri arşivinden indirilen veri setlerinin GRIB formatındaki verileri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) resmi internet sitesi aracılığı ile kamuya açık olan olan Panoply programı ile işleyerek bulutluluğun düşük-orta-yüksek seviyedeki tahminleri olarak TXT formatına çevrilmiştir [5].



Şekil 5.5. Panoply programı



Şekil 5.6. Panoply programı veri seçimi

6. YAPAY SİNİR AĞLARI

Son zamanlarda Yapay Sinir Ağları birçok uygulama alanında başarıyla kullanılmaktadır. Yapay sinir ağları, genel olarak insan beyninin özelliklerinden biri olan öğrenme yöntemi ile yeni bilgiler türetebilme, oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir şekilde yardım almadan otomatik olarak yapabilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemlerine denir.

Yapay sinir ağları; insan beyninden ilham alınarak, öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesi analizi sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu konu üzerindeki çalışmalar ilk olarak beyni oluşturan biyolojik ünitelerden nöronların modellenmesi ve bilgisayar sistemlerinde analizi ile başlamış ve daha sonraları da bilgisayar sistemlerinin gelişimine de paralel olarak birçok alanda kullanılmıştır. İnsan beyninin çalışma prensibine benzer çalışan yapay sinir ağları, işlem hızlarını nano saniyeler mertebesine indirmiş olsa da, bırakalım insan beynini, ilkel bir canlı beyninin fonksiyonları dahi dikkate alındığında böyle bir yapının yanında çok ilkel kalmaktadır. Nano saniyelerdeki işlem hızları ile yapay sinir ağları, mili saniyeler seviyesindeki işlem hızları ile çalışan insan beyninin çok uzağındadır. İnsan beyni ile yapay sinir ağlarını örnek olarak kıyaslamak gerekirse, insan beyni için yaklaşık olarak 10^{11} sinir hücresinin bulunduğu bu sayının ise bilgisayar ortamında modellenmesinin mümkün olmadığı görülmüştür. Fakat karar hızı açısından insan beyni ile yapay sinir ağları henüz yarışmasalar bile, yapısallıkları ve hassas eşleştirmeleri başarı ile gerçekleştirebilmeleri ile gittikçe daha fazla uygulama alanı bulmaktadır.

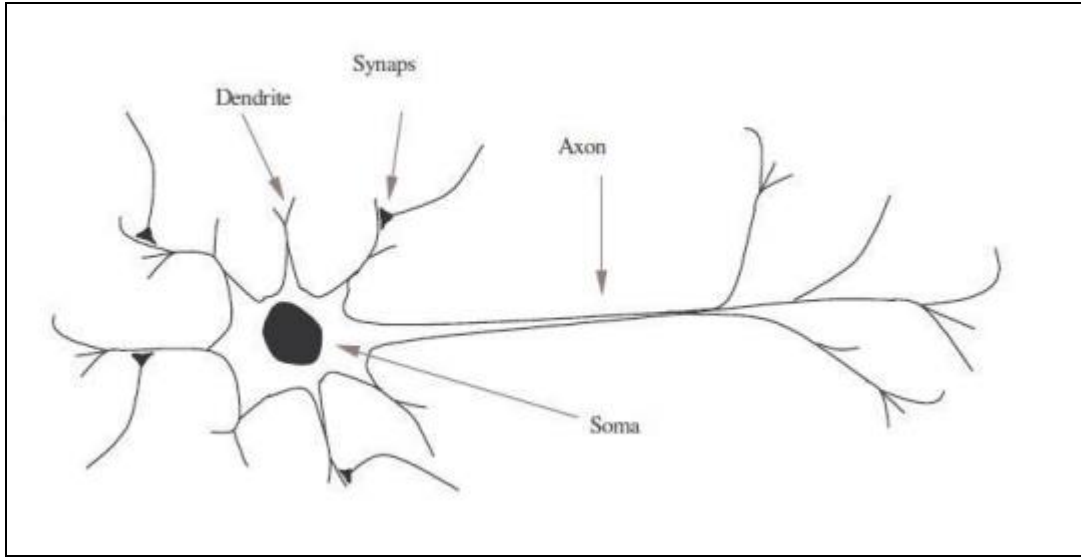
6.1 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

6.1.1 Biyolojik sinir hücresinin yapısı

İnsanın beyninde sinirler girdi bilgilerini duyu organlarından almaktadırlar. Daha sonra taşıyıcı sinirler bu sinyalleri işleyip bir sonraki sinire aktararak sinyalin merkezi sinir sistemine kadar iletilmesini sağlarlar. Merkezi sinir sistemi, bu sinyalleri alıp yorumladıktan sonra tepki sinyallerini üretmektedir. Bu sinyaller de tepkilerin oluşacağı organlara tepki sinirleri vasıtasıyla iletilir. Bu sayede duyu organlarından gelen bilgilere karşı ilgili organlara uygun işaretler, sinir sistemi vasıtasıyla yollanmaktadır.

Yapay sinir ağları, bir tür biyolojik sinir ağı modellenmesi olduğu için, öncelikle biyolojik sinir sisteminin yapısına da bakmak gerekmektedir. Biyolojik sinir sisteminin temel yapı taşı olan nöronların yapısı dört ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar dendrit,

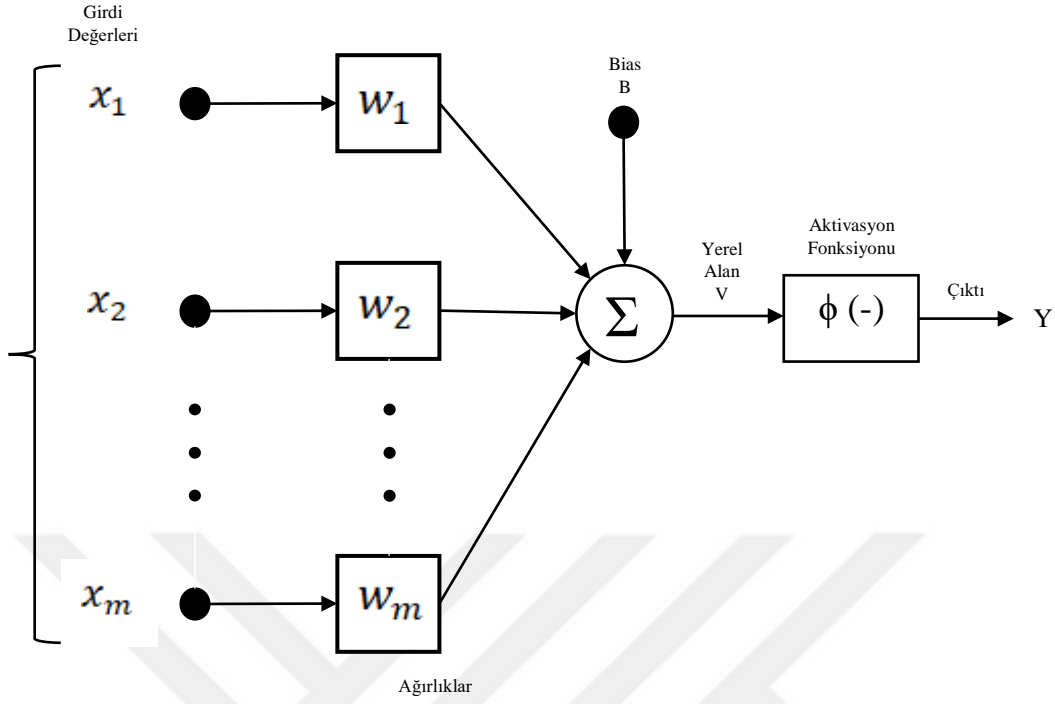
akson, çekirdek ve bağlantılar. Dendritlerin sinir hücresinin ucunda bulunan ve ağaç kökü görünümüne sahip bir yapıya sahiptir. Dendritlerin görevi bağlı olduğu diğer nöronlardan veya duyu organlarından gelen sinyalleri çekirdeğe iletmektir. Çekirdek dendrit tarafından gelen sinyalleri bir araya toplayarak miyelin kılıflar vasıtasıyla hızlı bir şekilde aksona iletir. Toplanan bu sinyaller akson tarafından işlenerek nöronun diğer ucunda bulunan bağlantılara gönderilir. Bağlantılar ise yeni üretilen sinyalleri diğer nöronlara iletir. Nöronun yapısı aşağıdaki Şekil 6.1. 'de gösterilmiştir [20].



Şekil 6.1. Nöronun yapısı

6.1.2 Yapay sinir hücresinin yapısı

Bir yapay sinir hücresinin matematiksel karşılığı aşağıdaki blok şemada verilmiştir. Nöron giriş değerleri (x) ağırlıklarla (w) çarpılarak toplanmaktadır. Bu toplam değerine Bias değeri eklenmektedir. Elde edilen sonuç aktivasyon fonksiyonunda yerine yazılarak (Y) çıkış değeri hesaplanır. Böylece biyolojik bir nöronun matematiksel karşılığı elde edilmiş olur. Bu nöronlar kullanılarak yapay sinir ağları oluşturulmaktadır. Bölüm 6.3 'te bu tez çalışmasında kullanılan yapay sinir ağ yapısı anlatılmıştır.



Şekil 6.2. Yapay sinir hücresi yapısı

6.2 Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi

Yapay sinir ağları bir insan beyinde olduğu gibi eğitim sürecinden geçirilerek eğitilmektedir. İnsan beyni doğumdan sonraki gelişme sürecinde çevresinde meydana gelen olayları duyu organları vasıtasıyla algılar, algıladığı olayları yorumlar ve bu bilgileri diğer davranışlarında da kullanır. Yaşadıkça insan beyni gelişir ve tecrübelenir. Artık olaylar karşısında nasıl tepki göstereceğini bu tecrübeler doğrultusunda çoğu zaman bilmektedir. Fakat hiç karşılaşmadığı bir olay karşısında tecrübesizdir. Yapay sinir ağlarının öğrenme sürecinde de aynı insan beyni gibi dış ortamdan girişler alınır, aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek bir tepki çıkışı üretilir. Bu çıkış yine tecrübeyle verilen çıkışla karşılaştırılarak hata bulunur. Çeşitli öğrenme algoritmalarıyla birlikte hata oranı azaltılıp gerçek çıkışa yaklaşılmaya çalışılmaktadır. Bu yaklaşım çalışmaları süresince yenilenen yapay sinir ağının ağırlıklarıdır. Ağırlıklar her bir çalışmada yenilenerek amaca ulaşılmaya çalışılır. Amaca ulaşmanın veya yaklaşmanın ölçüsü de yine dışarıdan verilen bir değerdir. Eğer yapay sinir ağı verilen giriş-çıkış çiftleriyle amaca ulaşmış ise ağırlık değerleri saklanmaktadır. Ağırlıkların sürekli yenilenerek istenilen sonuca ulaşılan kadar geçen zamana ise öğrenme adı verilir. Yapay sinir ağı öğrendikten

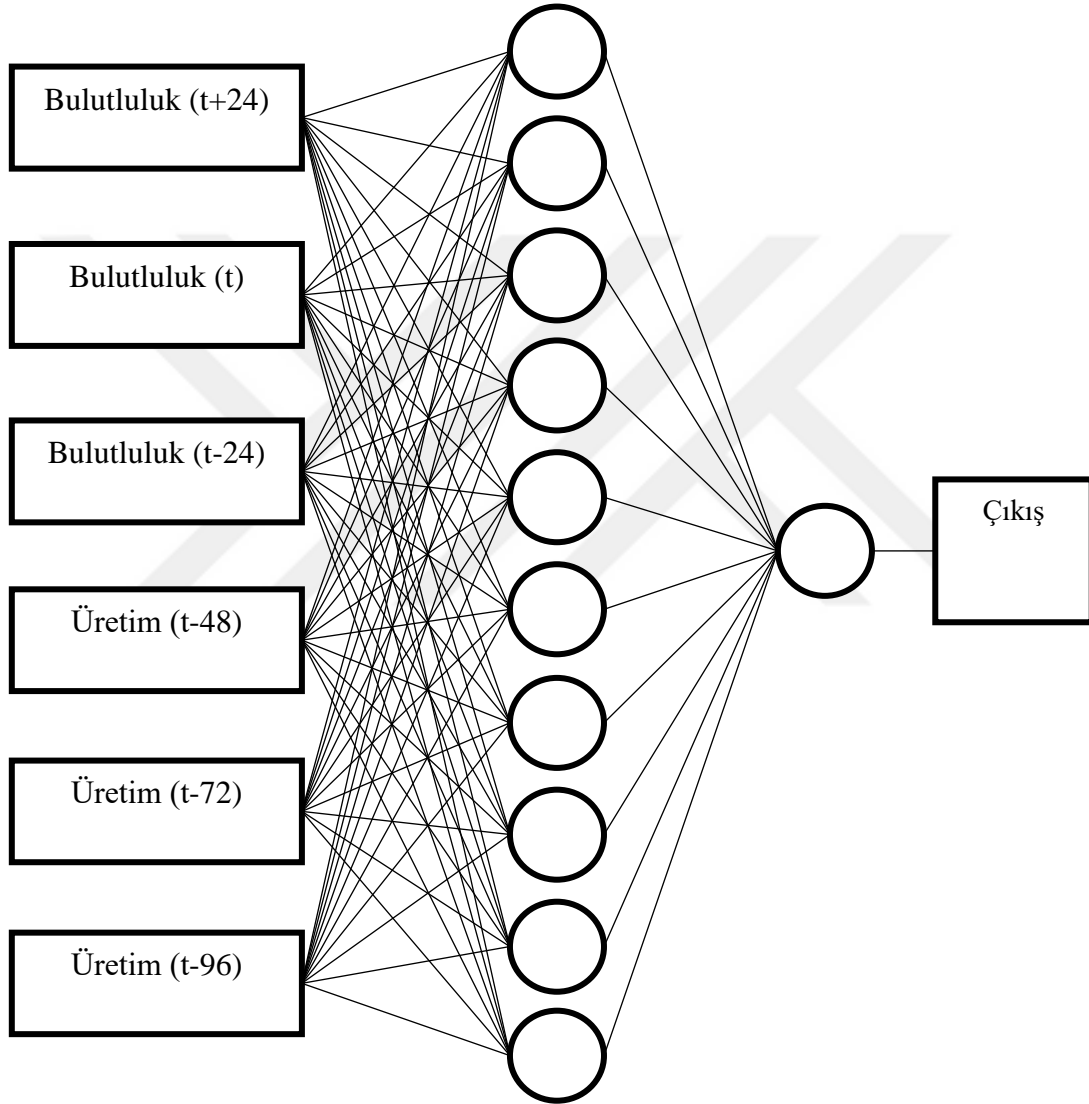
sonra, daha önce verilmeyen girişler verilip, sinir ağı çıkışıyla gerçek çıkış yaklaşımı incelenir. Eğer yeni verilen örneklere de doğru yaklaşıyorsa sinir ağı işi öğrenmiş demektir. Sinir ağına verilen örnek sayısı uygun değerden fazla ise sinir ağı işi öğrenmemiş, ezberlemiş demektir. Genelde eldeki örneklerin %80 ağı verilip ağı eğitilir. Daha sonra kalan %20 lik kısım verilip ağın davranışı incelenir. Böylece ağı testi yapılmış olur.

- Örneklerin toplanması: Yapay sinir ağı öğrenmesini istediğimiz olay için daha önce gerçekleşmiş örneklerin bulunması gerekir. Ağı eğitilmesi için eğitim seti toplandığı gibi, ağı test edilmesi için de test setinin toplanması gerekmektedir. Eğitim setindeki örnekler tek tek gösterilerek ağı olayı öğrenmesi sağlanır. Ağı olayı öğrendikten sonra test setindeki örnekler gösterilerek ağı performansı ölçülür. Hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı ağı iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koyar.
- Ağı topolojik yapısının belirlenmesi: Yapay sinir ağı öğrenmesini istediğimiz olay için oluşturulacak ağı topolojik yapısı belirlenir. Kaç tane girdi ünitesi, kaç tane ara katman, her ara katmanda kaç tane süreç elemanı, kaç tane çıktı elemanı olması gerektiği bu adımda belirlenmektedir.
- Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi: Yapay sinir ağı öğrenmesini istediğimiz olay için ağı öğrenme katsayısı, süreç elemanlarının toplama ve aktivasyon fonksiyonları, momentum katsayısı gibi parametreler bu adımda belirlenmektedir.
- Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması: Yapay sinir ağı öğrenmesini istediğimiz olay için ilgili süreç elemanlarını birbirlerine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ünitesinin ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanması yapılır. Başlangıç olarak genellikle rasgele değerler atanır. Daha sonra ağı uygun değerleri öğrenme sırasında kendisi belirler [21].

Bu tez çalışmasında kullanılan yapay sinir ağı eğitim algoritması bölüm 6.3.1 'de anlatılmaktadır.

6.3 Kullanılan Yapay Sinir Ağı Yapısı

Bu tez çalışmasında oluşturulan yapay sinir ağı tez kapsamında incelenen GES üretimlerini tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağı yapısı şekil 6.3. 'te verilmiştir. Ayrıca ağı yapısına ilişkin bazı özellikler tablo 6.1. 'de özetlenmiştir.



Şekil 6.3. Yapay Sinir Ağı Yapısı

Tablo.6.1 Yapay sinir ağı yapısının özellikleri

KATMAN	NÖRON SAYISI	AKTİVASYON FONKSİYONU
1	10	sigmoid
2	1	doğrusal

Oluşturulan yapay sinir ağına giriş olarak iki tip değer verilmiştir. Bunlar bulutluluk tahminleri ve üretim değerleridir. Bulutluluk tahmini girişleri olarak bir gün öncesi, aynı gün ve bir gün sonrası olmak üzere toplamda üç adet veri seti kullanılmıştır. Üretim verileri girişleri olarak da iki gün, üç gün ve dört gün önceki veriler olmak üzere toplamda üç adet veri seti kullanılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağı kullanılarak bir gün sonrası için üretim tahmini yapılmaktadır. Bu işlem mevcut elektrik piyasası yapısına uygun olarak gerçekteşirildiğinden gün öncesinden saat 12:30'a kadar hazırlanmalıdır. Bu sebeple aynı günün üretim verileri gerçekteşmemiş olduğunda yapay sinir ağı girişi olarak kullanılmamıştır.

Yapay sinir ağının eğitim, doğrulama ve test süreçleri incelenen GES tesislerinden alınan bir yıllık veriler kullanılarak gerçekteşirilmifitir. Eğitim, doğrulama ve test1 süreçleri sırasıyla ilk altı aylık verinin %70, %15 ve %15 'i kullanılarak gerçekteşirilmifitir. Bu süreçler sonucunda elde edilen eğitimli yapay sinir ağının performansını test etmek amacıyla test2 yapılmıştır. Test2 sürecinde bir yıllık verinin son altı aylık kısmı kullanılmıştır. Tüm süreçlerde kullanılan veri sayıları aşağıda yer alan tablo 6.2. 'de yer almaktadır.

Tablo.6.2 Yapay sinir ağı test sürecinde kullanılan veri sayıları

Süreç	Eğitim	Doğrulama	Test1	Test2
Veri Sayısı	2948	632	632	4380

Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde iki adet değerlendirme indeksi kullanılmıştır. Bunlardan ilki "Ortalama Hata Karesi (MSE)" 'dir. Diğerisi ise elde edilen tahmin değerleri ile gerçekteşen üretin değerleri arasındaki ilişkiyi veren "Korelasyon Katsayısı (R)" 'dır. R ve MSE hesabında kullanılan denklemler eşitlik.1. ve eşitlik.2. 'de verilmiştir.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 \quad (1)$$

y_i : Gerçek değer

\tilde{y}_i : Tahmin değeri

n : Değer Sayısı

$$R = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

x : Gerçek değer

y : Tahmin değeri

\bar{x} : Gerçek değerlerin ortalaması

\bar{y} : Tahmin değerlerinin ortalaması

6.3.1 Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması

Levenberg-Marquardt (LM) algoritması yapay sinir ağlarının eğitiminde sağlamış olduğu hız ve kararlılık nedeni ile çoğunlukla tercih edilmektedir. Bu çalışmada yapay sinir ağı eğitiminin LM algoritması kullanılmıştır. Temel olarak bu algoritma komşuluk fikri üzerine kurulmuştur. İleri beslemeleri ağlarda en hızlı öğrenme yöntemidir.

Temel olarak bu algoritma maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuş, genel olarak bu metot yavaş yakınsama problemlerinden etkilenmez. İleri beslemeli ağlarda en hızlı öğrenme metodudur. $E(w)$ 'nin bir amaç fonksiyonu olduğu düşünülürse m tane hata terimi için $e_i^2(w)$ eşitlik.3 'te verilmiştir.

$$E(w) = \sum_{i=1}^m e_i^2(w) = \|f(w)\|^2 \quad (3)$$

$$e_i^2(w) \equiv (y_i - y_{d_i})^2 \quad (4)$$

Burada amaç fonksiyonu $f(w)$ ve onun jakobiyeni j 'nin bir noktada w bilindiği farz edilir.

Levenberg-Marquardt (LM) algoritmasında amaç, parametre vektörü olan w 'nin $E(w)$ minimum olduğu durumda hesaplanmasıdır. Bu algoritmanın kullanılmasıyla yeni vektör w_{i+1} farzedilen vektör w_i 'den eşitlik.5 'deki gibi hesaplanır.

$$w_{i+1} = w_i + \eta w_i \quad (5)$$

Burada ηw_i eşitlik.6 'daki gibi verilir.

$$(j_i^T j_i + \mu I) \eta w_i = -j_i^T f(w_i) \quad (6)$$

j_i : Hatanın w_i değerlendirilmiş jakobiyeni

μ : Marquardt parametresi

I : Birim matrisi

Levenberg-Marquardt (LM) algoritması aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- i. $E(w_i)$ 'yi hesapla
 - ii. Küçük bir μ değeri ile başla
 - iii. ηw_i 'yi eşitlik... hesapla ve $E(w_i + \eta w_i)$ değerini hesapla
 - iv. Şayet $E(w_i + \eta w_i) \geq E(w_i)$ ise μ 10 kat artır ve iii. 'ye git
 - v. Şayet $E(w_i + \eta w_i) < E(w_i)$ ise μ 10 kat azalt
- $w_i : w_i \leftarrow w_i + \eta w_i$ 'yi güncelleştir ve iii. 'ye git

Hedef çıkışı hesaplamak için birçok katmanlı nöronun LM kullanılarak öğretilmesi ağırlık dizisi w_0 'a bir başlangıç değerinin atanması ile başlar ve hataların karelerinin toplamı e_i^2 'nin hesaplanması ile devam eder [22].

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde çalışma sonucunda elde edilen bulgular verilmiştir. Çalışmada geçmiş üretim ve bulutluluk tahmini verileri oluşturulan yapay sinir ağı girişleri olarak kullanılmıştır. Yapay sinir ağı çıkışı bir gün sonrası için üretim tahmini vermektedir. Yapay sinir ağı katmanı nöron sayısı (5 ve 10 olmak üzere) değiştirilerek ağ performansı değerlendirilmiştir. Ayrıca 5 ve 10 nörona sahip olan ağlar 20 defa tekrar eğitilerek sonuçlar alınmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo 7.1, tablo 7.2, tablo 7.3 ve tablo 7.4 'te verilmiştir.

Tablo.7.1. 5-Nöron bulutluluk tahmini kullanılan

Değerlendirme İndeksi	MSE (kWh ²)				R			
	Süreç	Eğitim	Doğrulama	Test1	Test2	Eğitim	Doğrulama	Test1
1	17088,5	15703,2	21878,8	16918,6	0,897	0,893	0,884	0,914
2	17227,9	20141,8	16498,7	16047,7	0,897	0,877	0,899	0,915
3	17464,2	19139,6	21106,5	16707,3	0,894	0,884	0,877	0,912
4	17665,9	17306,5	17064,5	16531,0	0,896	0,890	0,892	0,913
5	17812,8	18014,8	18317,8	16694,1	0,892	0,889	0,895	0,914
6	17109,3	17652,3	19933,0	17012,9	0,897	0,898	0,883	0,913
7	18700,0	16000,0	16172,2	16823,6	0,891	0,892	0,897	0,913
8	18242,5	17479,2	17207,4	16831,4	0,889	0,903	0,892	0,912
9	16716,2	18625,1	19456,0	16972,4	0,900	0,883	0,887	0,911
10	17184,0	16409,4	19844,3	16485,6	0,896	0,908	0,882	0,912
11	15930,5	19743,4	18569,0	16476,8	0,904	0,878	0,894	0,914
12	19242,4	15478,5	18096,0	16443,5	0,882	0,907	0,899	0,913
13	17216,1	22185,2	16821,7	16630,0	0,898	0,871	0,887	0,914
14	17293,4	17216,0	19752,4	16236,3	0,896	0,898	0,881	0,913
15	17981,1	16204,2	21087,9	17250,2	0,893	0,910	0,859	0,910
16	18178,7	17692,8	20221,4	17240,6	0,891	0,895	0,876	0,912
17	17268,6	16085,8	20244,6	17338,5	0,896	0,895	0,898	0,909
18	18410,1	18182,2	20730,7	17647,7	0,889	0,880	0,885	0,912
19	19031,7	18819,1	18212,6	16220,0	0,887	0,894	0,878	0,911
20	17250,4	23680,3	19142,4	16865,3	0,892	0,869	0,891	0,911

Tablo.7.2 10-Nöron bulutluluk tahmini kullanılan

Değerlendirme İndeksi	MSE (kWh ²)				R			
	Süreç	Eğitim	Doğrulama	Test1	Test2	Eğitim	Doğrulama	Test1
1	17020,1	15615,8	16554,3	16224,8	0,899	0,894	0,907	0,913
2	15551,1	19511,4	21716,7	16764,2	0,907	0,878	0,872	0,908
3	17378,8	16039,8	19758,7	16575,8	0,896	0,904	0,880	0,912
4	17837,9	16696,9	19891,1	16384,3	0,893	0,904	0,873	0,912
5	14078,5	17489,0	17998,0	16450,1	0,916	0,901	0,888	0,915
6	17137,9	19039,7	17597,7	17368,9	0,896	0,886	0,900	0,911
7	15413,0	17674,5	18210,3	17427,0	0,908	0,903	0,883	0,912
8	15818,4	17465,1	17694,1	17163,6	0,908	0,887	0,888	0,908
9	17400,2	15450,0	15998,7	16514,2	0,895	0,917	0,897	0,912
10	16761,4	20099,3	18697,2	18989,7	0,898	0,892	0,889	0,908
11	14422,8	17493,0	13666,1	17246,8	0,913	0,902	0,917	0,909
12	16050,1	16054,2	16648,2	15915,7	0,904	0,907	0,896	0,918
13	15205,3	17910,0	16855,4	16132,9	0,912	0,893	0,886	0,915
14	15890,3	16043,3	19102,6	16912,3	0,904	0,907	0,885	0,911
15	17757,3	16107,6	16356,2	16691,2	0,895	0,899	0,900	0,913
16	14725,2	17075,9	16827,5	16441,8	0,912	0,899	0,900	0,917
17	15290,8	18562,2	14013,4	16366,3	0,909	0,895	0,913	0,915
18	16395,2	18814,0	15815,7	17445,4	0,901	0,900	0,899	0,908
19	17651,3	16917,7	16619,5	16933,0	0,895	0,896	0,898	0,913
20	17955,4	18157,6	18544,2	16747,4	0,893	0,892	0,885	0,910

Tablo.7.3. 5-Nöron bulutluluk tahmini kullanılmayan

Değerlendirme İndeksi	MSE (kWh ²)				R			
	Süreç	Eğitim	Doğrulama	Test1	Test2	Eğitim	Doğrulama	Test1
1	21384,8	20456,5	21631,0	18278,0	0,868	0,868	0,883	0,896
2	21456,8	20010,5	21555,9	18568,7	0,871	0,883	0,857	0,895
3	21578,9	22122,1	26076,7	18129,0	0,867	0,866	0,847	0,897
4	20635,6	25116,4	20164,0	18056,7	0,873	0,856	0,878	0,898
5	20741,0	22035,4	22563,7	18350,8	0,874	0,880	0,845	0,896
6	20395,1	20884,4	25156,5	18230,8	0,876	0,874	0,845	0,896
7	20952,6	22814,0	21356,4	18375,9	0,872	0,876	0,858	0,896
8	20780,2	22742,5	22613,7	18647,3	0,873	0,866	0,860	0,894
9	21396,3	25004,7	22571,5	19011,7	0,866	0,854	0,872	0,892
10	22308,8	20738,9	19334,8	17985,7	0,863	0,874	0,887	0,897
11	20462,7	21287,5	24156,5	18557,3	0,877	0,870	0,844	0,895
12	20249,7	21329,4	25426,7	18725,3	0,874	0,881	0,851	0,894
13	21171,3	23936,2	21512,0	18193,6	0,870	0,865	0,864	0,897
14	21014,1	23804,6	19602,3	18903,3	0,874	0,854	0,873	0,893
15	21844,9	20853,1	21464,8	18700,0	0,869	0,865	0,867	0,894
16	22138,9	21625,3	22033,8	18916,9	0,865	0,858	0,875	0,893
17	20821,9	25075,6	21124,1	18726,7	0,876	0,839	0,868	0,893
18	20837,8	21349,3	24425,8	18904,5	0,873	0,866	0,857	0,893
19	21968,0	19221,5	24200,0	18177,7	0,866	0,878	0,860	0,897
20	21059,31	19750,9	21615,5	18239,9	0,871	0,879	0,874	0,896

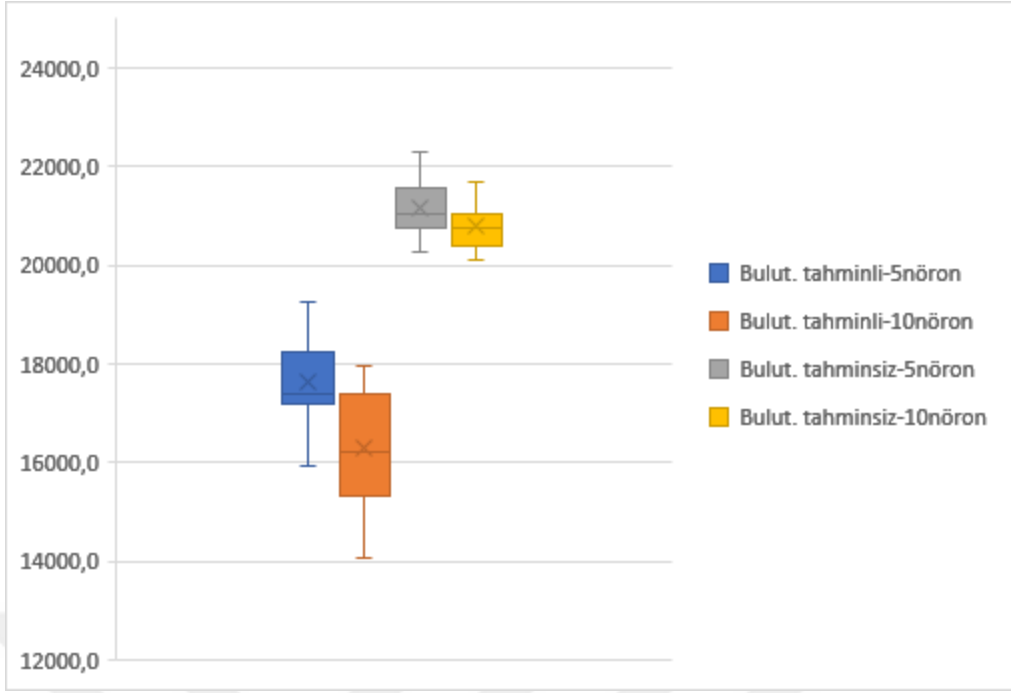
Tablo.7.4. 10-Nöron bulutluluk tahmini kullanılmayan

Değerlendirme İndeksi	MSE (kWh ²)				R			
	Süreç	Eğitim	Doğrulama	Test1	Test2	Eğitim	Doğrulama	Test1
1	21038,6	23556,8	18407,2	17638,5	0,874	0,855	0,884	0,900
2	20196,7	25025,0	21966,4	18740,9	0,876	0,857	0,865	0,895
3	21023,8	21215,0	19231,2	18517,5	0,874	0,869	0,880	0,895
4	21490,9	20431,8	21031,1	19145,8	0,870	0,874	0,872	0,891
5	20717,5	25320,5	20030,8	18879,5	0,876	0,846	0,877	0,895
6	20463,4	21798,0	23000,3	18330,2	0,874	0,864	0,871	0,894
7	20607,3	21436,1	21254,6	18289,6	0,875	0,876	0,865	0,896
8	21038,7	19859,0	21333,7	18612,9	0,873	0,872	0,872	0,894
9	20122,9	24101,0	22419,5	18582,2	0,876	0,863	0,863	0,894
10	21386,5	21057,2	18349,1	18253,4	0,871	0,864	0,897	0,897
11	20156,5	21232,0	23094,0	18570,2	0,877	0,881	0,852	0,894
12	20166,6	23367,9	23916,2	18520,9	0,876	0,851	0,870	0,895
13	20879,4	21512,1	19298,4	18059,0	0,874	0,876	0,876	0,897
14	20875,5	21052,2	19403,4	18439,4	0,875	0,873	0,878	0,895
15	21171,1	20142,5	22419,2	18491,0	0,875	0,862	0,863	0,894
16	20756,0	22327,6	22058,3	18124,6	0,874	0,867	0,863	0,897
17	20385,9	22425,1	21072,3	19313,6	0,874	0,873	0,873	0,891
18	20645,3	20646,1	20207,3	18920,1	0,875	0,872	0,881	0,893
19	21673,5	18121,4	23793,2	18887,8	0,868	0,888	0,862	0,893
20	20719,4	20620,7	22139,7	17493,2	0,877	0,862	0,866	0,900

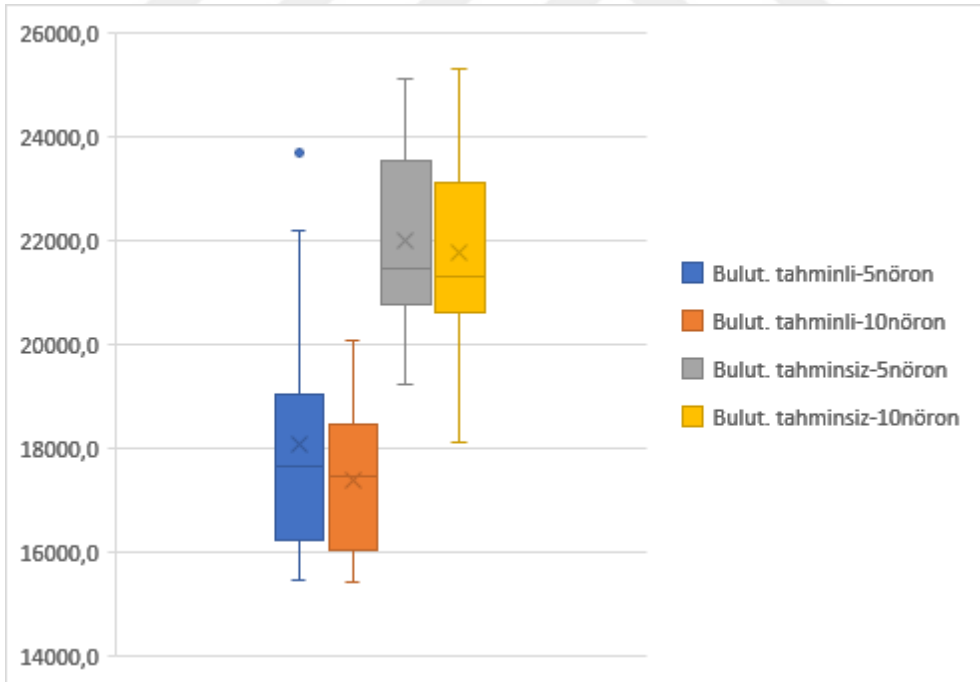
Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için kutu grafikler kullanılmıştır. Kutunun ortasındaki çizgi ortanca, çarpı ortalama değerdir. Kutular verilerin ilk ve üçüncü çeyreği arasındaki kısmı kapsamaktadır. Alt ve üst bıyık değerleri sırasıyla eşitlik.7 ve eşitlik.8 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Alt = Q_1 - 1,5(Q_3 - Q_1) \quad (7)$$

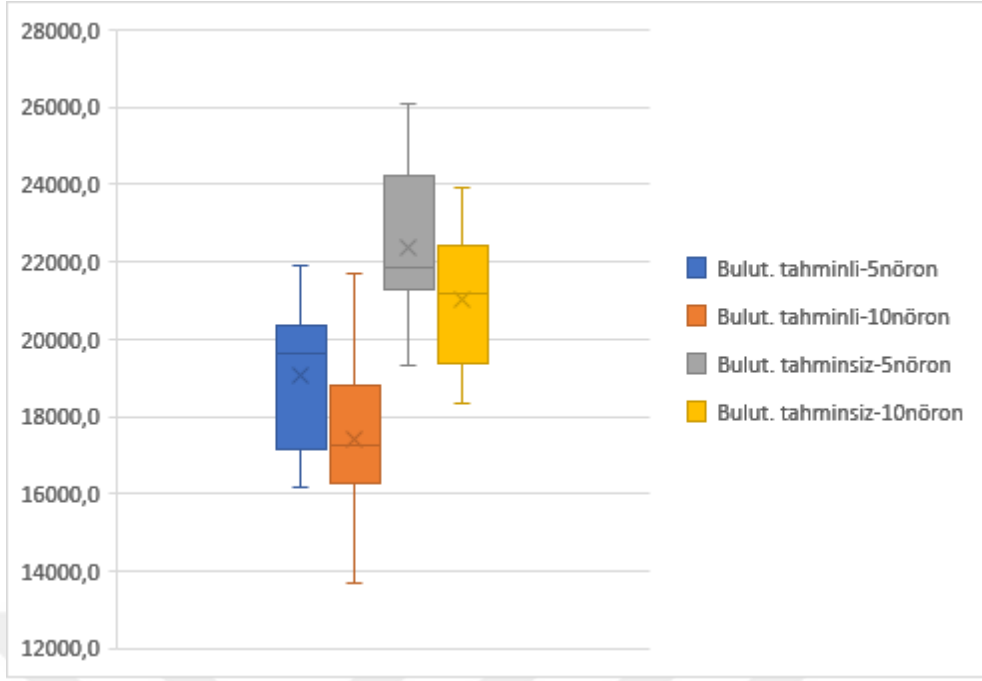
$$Üst = Q_3 + 1,5(Q_3 - Q_1) \quad (8)$$



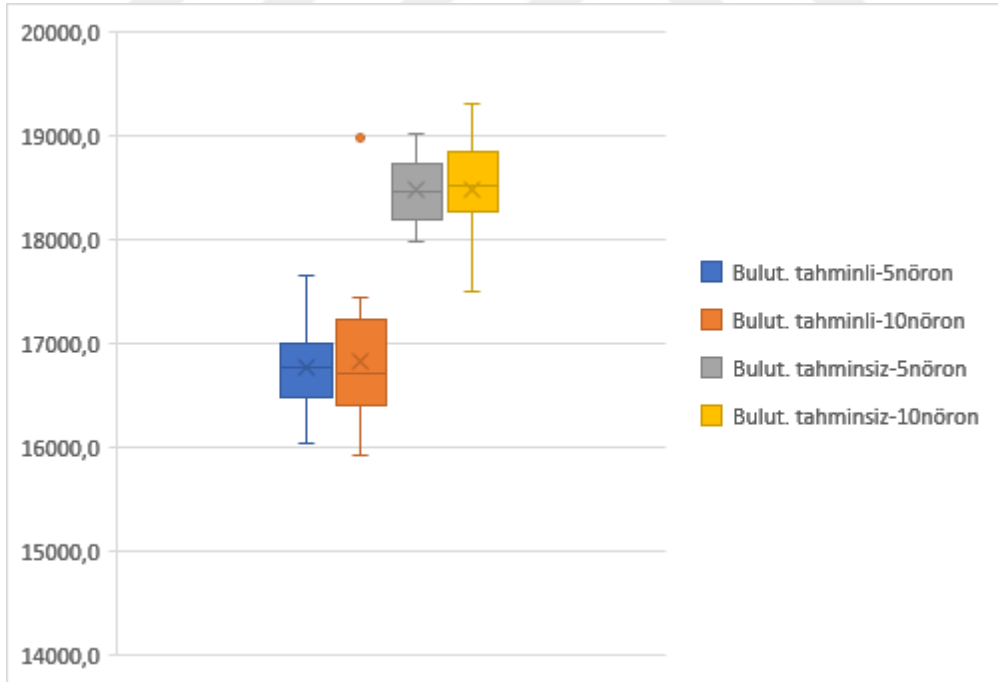
Şekil 7.1. MSE – Eğitim kutu grafiği



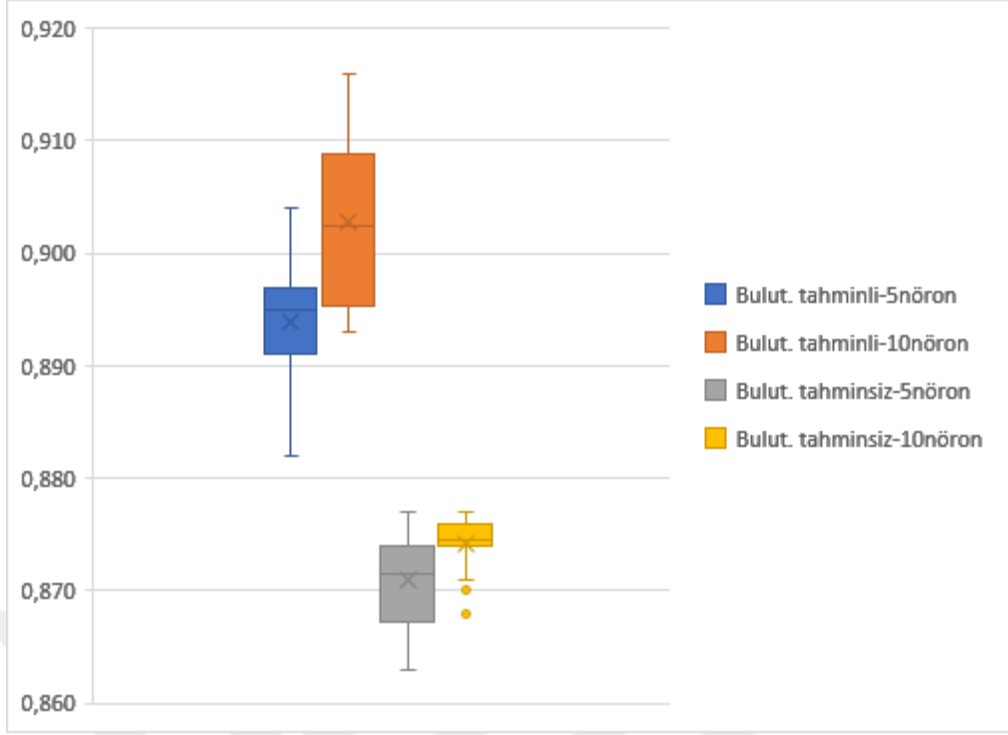
Şekil 7.2. MSE – Doğrulama kutu grafiği



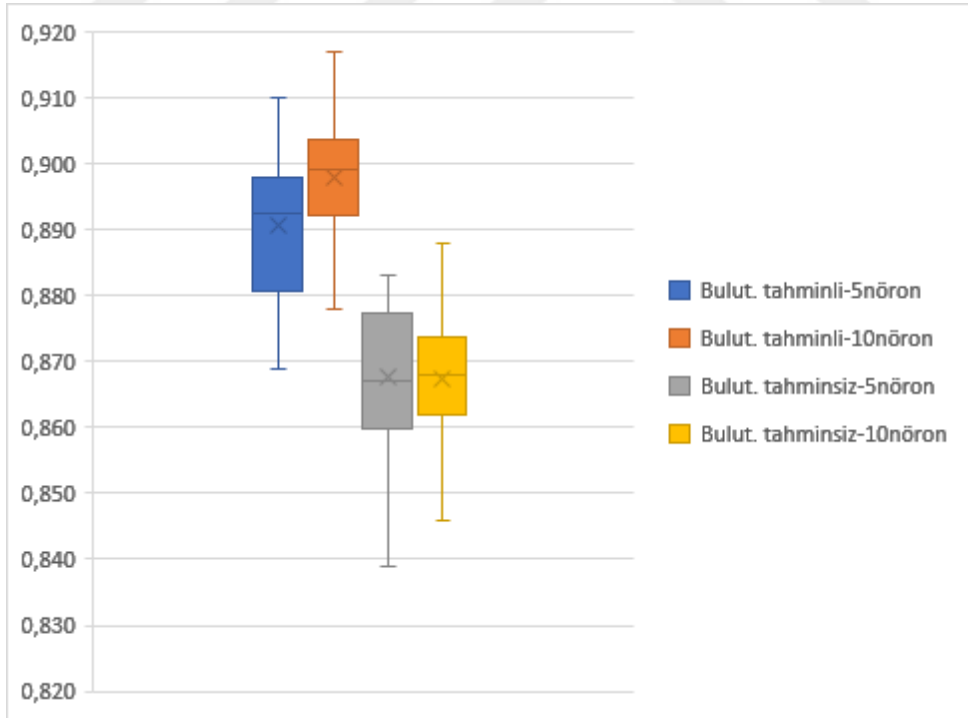
Şekil 7.3. MSE – Test1 kutu grafiği



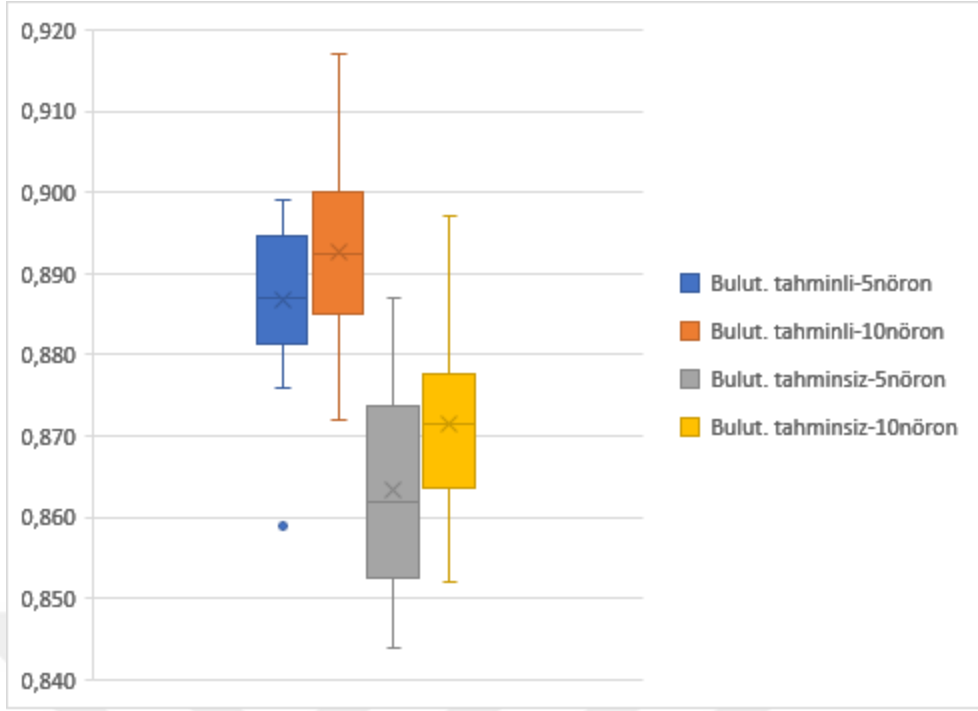
Şekil 7.4. MSE – Test2 kutu grafiği



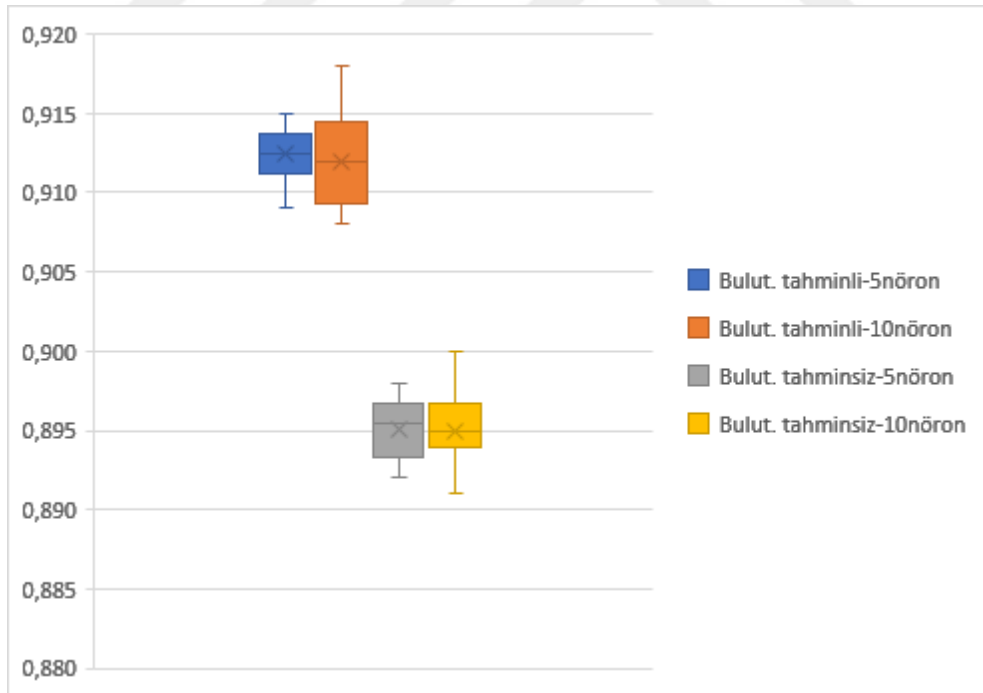
Şekil 7.5. R – Eğitim kutu grafiği



Şekil 7.6. R – Doğrulama kutu grafiği



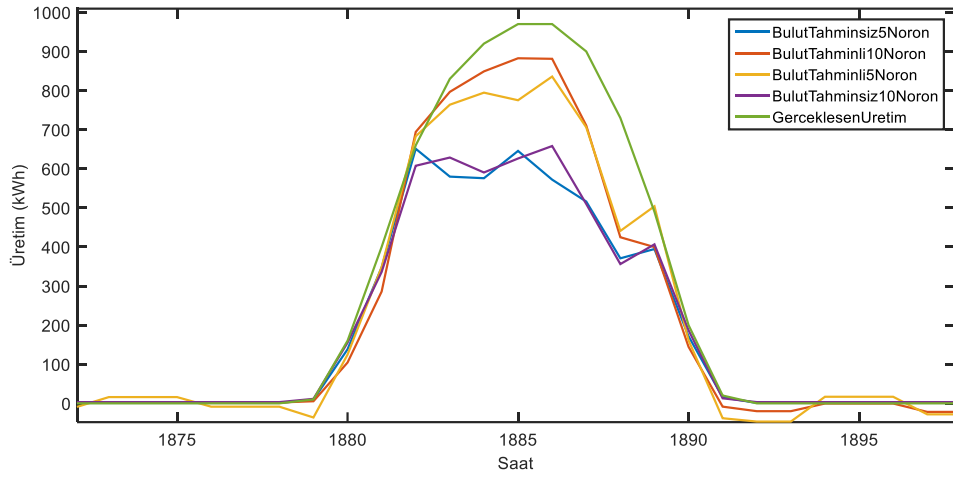
Şekil 7.7. R – Test1 kutu grafiği



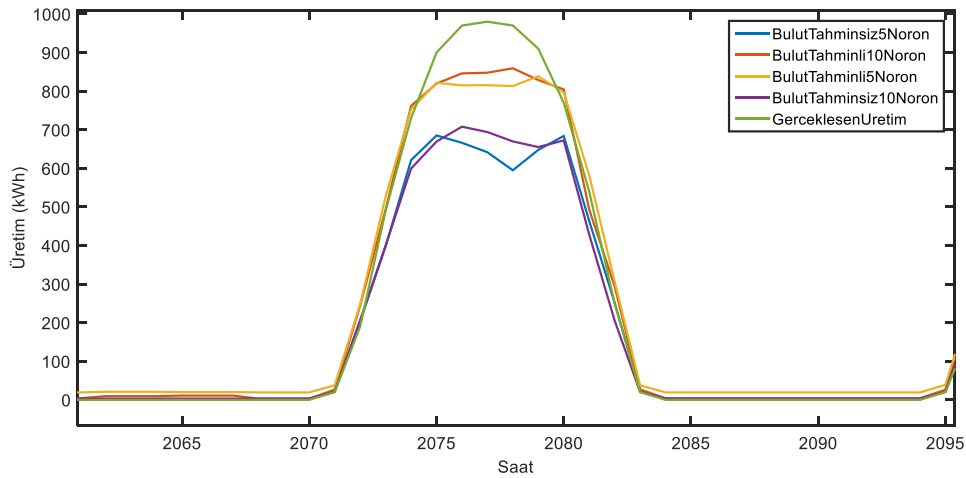
Şekil 7.8. R – Test2 kutu grafiği

Yukarıda verilen kutu grafiklerinde eğitim, doğrulama, test1 ve test2 süreçlerinde elde edilen MSE ve R değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bulutluluk tahmini kullanılan yapıda daha düşük MSE ve daha yüksek R değerleri olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca 10 nöron kullanılarak oluşturulan yapay sinir ağının 5 nöronlu yapıya göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Fakat test2 sürecinde R değerinin 5 nöronlu yapıda daha yüksek olduğu ve MSE değerinin de aynı şekilde 5 nöronlu yapıda daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

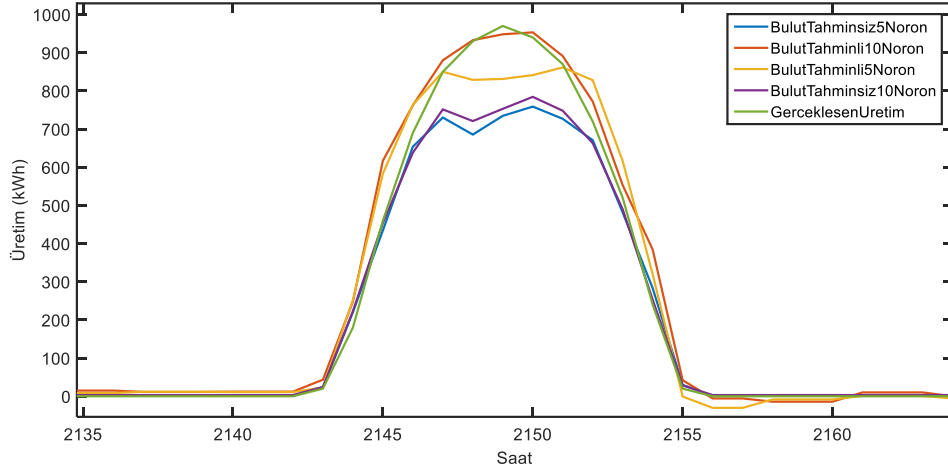
Ayrıca tahmin sonuçlarının görsel olarak incelenmesi amacıyla veri setinden rastgele seçilen 4 (dört) günde gerçekleşen üretim değerleri ile tahmini üretim değerleri kullanılarak aşağıdaki grafikler oluşturulmuştur.



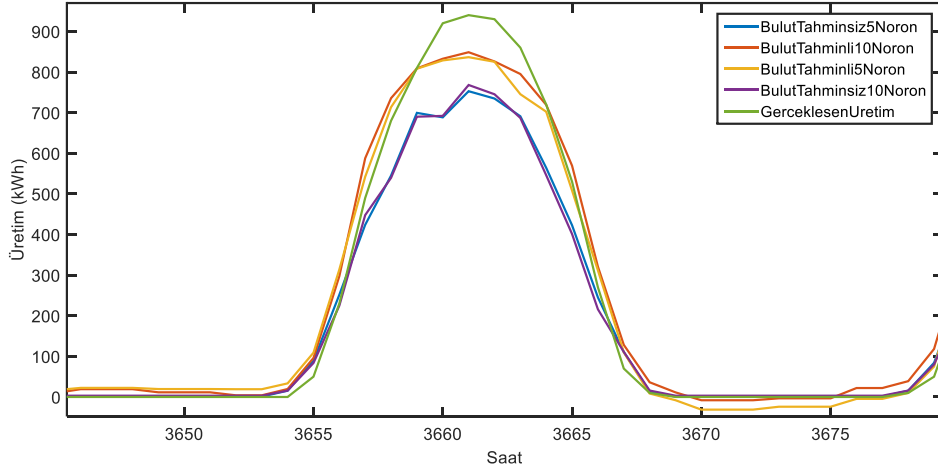
Şekil 7.9. Üretim değerleri karşılaştırması-1



Şekil 7.10. Üretim değerleri karşılaştırması-2



Şekil 7.11. Üretim değerleri karşılaştırması-3



Şekil 7.12. Üretim değerleri karşılaştırması-4

Yukarıda yer alan şekil 7.9. – 7.10. – 7.11. – 7.12.’de görüldüğü üzere gerçekleşen üretim değerlerine en yakın olan tahmin, bulut tahmini kullanılan 10 nöronlu yapı ile oluşturulan tahmindir. Bu tahmini sırasıyla bulut tahmini kullanılan 5 nöronlu yapı, bulut tahmini kullanılmayan 10 nöronlu yapı ve bulut tahmini kullanılmayan 5 nöronlu yapının izlediği görülmüştür.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışmasında bir GES tesisi için gün öncesinden üretim tahmini yapabilecek bir sistem önerilmiştir. Bu sistemde yapay sinir ağı kullanılmıştır. Tahmin sistemi girdisi olarak ise bulutluluk tahminleri ve geçmiş üretim değerleri kullanılmıştır. Farklı ağ yapıları ve farklı girdiler için sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve bulutluluk tahmini kullanılan sistemin daha başarılı olduğu görülmüştür. Bu durum meteorolojik tahmin verisi kullanan GES üretim tahmin sistemlerinin sadece geçmiş üretim değerleri kullanan sistemlere kıyasla daha başarılı olabileceğini göstermektedir.

İleride yapılacak çalışmalarda bu tez çalışmasında kullanılan bulutluluk tahmini verilerine ek olarak sıcaklık, basınç ve yağış tahmini değerlerinin de dikkate alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Özkaya, M., Tüfekçi, T. Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi. Yedinci baskı, 27-39s. (1998).
- [2] Çağlar, M., Dünya ve Türkiye’de Enerji Verimliliği’ne Bakışımız, İTÜ Enerji Çalıştayı, İstanbul 34-37s (2007).
- [3] Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği, Resmi Gazete, 21 Aralık 2012 tarih ve 28504 sayılı (2012).
- [4] www.ncdc.noaa.gov (Erişim Tarihi: Mayıs 2019).
- [5] www.giss.nasa.gov (Erişim Tarihi: Mayıs 2019).
- [6] Larson, D. P., Nonnenmacher, L., & Coimbra, C. F. Day-ahead forecasting of solar power output from photovoltaic plants in the American Southwest. *Renewable Energy*, 91, 11-20s. (2016).
- [7] Yang, H. T., Huang, C. M., Huang, Y. C., & Pai, Y. S. A weather-based hybrid method for 1-day ahead hourly forecasting of PV power output. *IEEE transactions on sustainable energy*, 5(3), 917-926s. (2014).
- [8] Zhang, Y., Beaudin, M., Taheri, R., Zareipour, H., & Wood, D. Day-ahead power output forecasting for small-scale solar photovoltaic electricity generators. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6(5), 2253-2262s. (2015).
- [9] Cococcioni, M., D'Andrea, E., & Lazzerini, B. One day-ahead forecasting of energy production in solar photovoltaic installations: an empirical study. *Intelligent Decision Technologies*, 6(3), 197-210s. (2012).
- [10] Tao, C., Shanxu, D., & Changsong, C. Forecasting power output for grid-connected photovoltaic power system without using solar radiation measurement. In *The 2nd International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems* (pp. 773-777). IEEE. (2010).
- [11] Wan, C., Zhao, J., Song, Y., Xu, Z., Lin, J., & Hu, Z.. Photovoltaic and solar power forecasting for smart grid energy management. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 1(4), 38-46s. (2015).
- [12] Abuella, M., & Chowdhury, B. Solar power forecasting using artificial neural networks. In *2015 North American Power Symposium (NAPS)* (pp. 1-5). IEEE. (2015).
- [13] Kim, J. G., Kim, D. H., Yoo, W. S., Lee, J. Y., & Kim, Y. B. Daily prediction of solar power generation based on weather forecast information in Korea. *IET Renewable Power Generation*, 11(10), 1268-1273s. (2017).
- [14] Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji SETA. Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, Sayı 197. (2017).

- [15] Keçecioglu, Ö. F., Tekin, M., Ahmet, G. A. N. İ., AÇIKGÖZ, H., Gemci, A., & Şekkeli, M. Bir Güneş Enerji Santralinin Elektrik Şebekesindeki Güç Kalitesi Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 17-24s. (2015).
- [16] Tekin, M., Kececioğlu, O. F., Yıldız, C., Gani, A., Acikgoz, H., Kesenek, M., & Şekkeli, M. INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF RENEWABLE ENERGY SOURCES ON INTERCONNECTION NETWORKS. *PressAcademia Procedia*, 5(1), 410-419. (2017).
- [17] Tekin, M., Keçecioglu, Ö. F., Gani, A., Açığöz, H., Yıldız, C., & Şekkeli, M. *Kahramanmaraş'ın Geleneksel ve Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Üretiminde Türkiye deki Rolü*. Presented at the 10th International Clean Energy Symposium, (2016).
- [18] Tekin, M., Keçecioglu, Ö. F., Yıldız, C., Karadöl, İ., Gani, A., & Şekkeli, M. Modeling The Solar Power Plants in Terms of Effects Over The Electricity Network. Presented at the 4 th International Conference Computational and Experimental Science and Engineering, (2017).
- [19] Kesenek M. Güneş Enerjisi Santralinin Ulusal Şebekeye Entegrasyon Etkilerinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 4-15s (2018).
- [20] Saraç, T. Yapay Sinir Ağları. Seminer Projesi, Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ana Bilim Dalı, 71s. (2004).
- [21] Öztemel, E., Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul (2012).
- [22] Mete, T. *Kesikli bir biyoreaktörde yapay sinir ağlarının kullanımı* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara). (2008).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Ahmet Oğuz GÖK
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 30.08.1987, Kahramanmaraş
Medeni hali : Evli
e-posta : ahmetoguzgok@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ /Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü	2019
Lisans	İÜ / Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü	2011
Lise	Süleyman Demirel Fen Lisesi	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-2014	Akedaş Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi	Mühendis
2014-	Akedaş Elektrik Perakende Satış Anonim Şirketi	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1.

Hobiler

Mühendislik bilimleri, Basketbol, Yüzme, Futbol, Masa tenisi, Kitap okuma