



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**BİLECİK İLİ İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ ANALİZİ VE  
YAPAY SINIR AĞLARI İLE HAVA SICAKLIĞI TAHMİNİ**

**Resul GÜÇ  
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı  
Yrd.Doç.Dr. Salim CEYHAN**

**BİLECİK, 2016**

**Ref.No: 10114600**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**BİLECİK İLİ İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ ANALİZİ VE  
YAPAY SINIR AĞLARI İLE HAVA SICAKLIĞI TAHMİNİ**

**Resul GÜÇ  
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı  
Yrd.Doç.Dr. Salim CEYHAN**

**BİLECİK, 2016**



**BILECIK SEYH EDEBALI  
UNIVERSITY**

**Graduate School of Sciences  
Department of Department Name**

**SOLAR ENERGY ANALYSIS AND TEMPERATURE  
FORECAST WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS  
FOR BILECIK PROVINCE**

**Resul GÜÇ  
MasterDegree**

**Thesis Advisor  
Yrd.Doç.Dr. Salim CEYHAN**

**BILECIK, 2016**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS  
JÜRİ ONAY FORMU**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 03/06/2016 tarih ve 29 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 17/06/2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Resul GÜÇ'ün "BİLECİK İLİ İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ ANALİZİ VE YAPAY SINIR AĞLARI İLE HAVA SICAKLIĞI TAHMİNİ " başlıklı tez çalışması Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. Salim CEYHAN

ÜYE : Prof. Dr. Mehmet KURBAN

ÜYE : Doç. Dr. Gülçin ÇİVİ

E.S.M. ANABİLİM DALI BAŞKANI:

Doç. Dr. Metin KESİNER

**ONAY**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun ..... tarih ve ..... sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

## TEŐEKKÖR

Tez çalıőmam sűresince yardım ve katkılarıyla beni yűnlendiren tez danıőmanım Yrd.Doç.Dr.SalimCEYHAN'a, yardımlarından dolayı araőtırma gűrevlisi Emrah DOKUR'a, bana her zaman destek olan okul arkadaőlarım ve Bilecik iline ait meteorolojik verilerin temininde yardımcı olan Bilecik Meteroloji Műdűrlűėű'ne teőekkűrű bir borç bilirim.

## ÖZET

Günümüzde, enerjinin her alanda kullanılması ve artan enerji ihtiyacı, alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ve araştırılmasını arttırmıştır. Hemen hemen hepsinde iklim şartlarının etkili olduğu alternatif enerji kaynaklarından, yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar, güneş, bioenerji, jeotermal, vb.) en önemli enerji kaynakları olarak tarihteki yerlerini almışlardır.

Bu çalışmada, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Bilecik ili 2013 yılına ait saatlik ortalama rüzgar şiddeti, hava basıncı, su buharı basıncı, nispi nem ve hava sıcaklığı ölçümlerinden 1794 adet alınmıştır. Saatlik ortalama hava sıcaklığı tahmini için ileri beslemeli geri yayımlı çok katmanlı YSA(Yapay Sinir Ağları) modeli kullanılmış ve YSA ağının eğitiminde, alınan rüzgar şiddeti, hava basıncı, su buharı basıncı ve nispi nem ölçümlerinin %80(1435 adet)'ni girdi katmanı olarak ve çıktı katmanı olarakta hava sıcaklığı alınmıştır. Girdi verilerinin geri kalan %20'si YSA'nın test kümesi olarak kullanılmıştır. Bilecik ili için 2013 yılına ait YSA modelinden elde edilen %20'lik tahmini ortalama saatlik sıcaklık verisi, yine aynı yılın gerçek sıcaklık verileriyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, YSA modelimizin RMSE ve MAE değerlerinin oldukça tatmin edici olduğu görülerek, YSA modelimizin ortalama saatlik hava sıcaklığının daha sonraki yıllar için uygun olacağı görülmüştür.

### **Anahtar Kelimeler**

Hava basıncı; güneş enerjisi; yapay zeka; yapay sinir ağları.

## ABSTRACT

Nowadays, to be used in all areas of energy and increasing energy demand, increased use and the search for alternative energy sources. Almost all of the climatic conditions of the alternative energy sources to be effective, ( like wind, solar, bioenergy, geothermal etc..) renewable energy sources, has taken its place in history as the most important energy sources.

In this study, 2013 year's hourly average wind speed, air pressure, water vapor pressure, the relative humidity and temperature measurements were taken 1794 pieces from the State Meteorology Affairs General Directorate of Bilecik province. For the hourly average air temperature was used feedforward back propagation multi-layered (ANN) Artificial Neural Network Model. And for Artificial Neural Network training, 80% (1435 pieces) of measurement received wind speed, air pressure, the water vapor pressure and relative humidity measurement was used the input layer, and as the output layer the air temperature was taken. The rest of 20% of the input data was used as a test set of Artificial Neural Networks. For 2013 year's 20% of data obtained from the Artificial Neural Networks model of average temperature data for Bilecik province were compared with the actual temperature data of the same year again.

As a result, the results of our ANN model's RMSE and MSE values are quite satisfactory, it would be appropriate for the later years of our average hourly temperature of ANN model was seen.

### **Keywords**

Air pressure; solar energy; artificial intelligence; artificial neural networks.

## İÇİNDEKİLER

<b>JÜRİ ONAY SAYFASI</b>	
<b>TEŞEKKÜR</b>	
<b>ÖZET</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>V</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2.LİTARATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>3</b>
<b>3.GÜNEŞ ENERJİSİ</b> .....	<b>8</b>
3.1.Dünyada Güneş Enerjisi.....	8
3.1.1.İngiltere .....	13
3.1.2.Amerika Birleşik Devletleri .....	14
3.1.3.Brezilya .....	15
3.1.6.Hindistan .....	17
3.1.7.Japonya.....	18
3.1.8.Hollanda .....	19
3.1.9.İskoçya .....	20
3.1.10.Şili .....	21
3.2.Türkiye’de Güneş Enerjisi: .....	21
3.3.Bilecik ve İlçelerinde Güneş Enerjisi.....	26
<b>4.YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)</b> .....	<b>36</b>
4.1.Yapay Zekâ .....	36
4.2.Yapay Sinir Ağları (YSA).....	36
4.2.1.YSA’nın tarihi gelişimi .....	36
4.3.Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları .....	37
4.4.Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları.....	38
4.5.Geriye yayılım algoritması.....	43
4.5.1.İleriye doğru hesaplama .....	44
4.5.2.Hatanın geriye doğru yayılması .....	45
4.5.3.Girdilerin ölçeklendirilmesi .....	48
4.5.4.Çıktıların ölçeklendirilmesi.....	48
<b>5.UYGULAMA</b> .....	<b>49</b>
5.1.Verilerin Toplanması .....	49

5.2.Uygun Olan Ağ Yapısını Seçme .....	50
5.3.Uygulamada Karşılaşılan Güçlükler .....	54
<b>6.SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>56</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>57</b>
<b>EK-1:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Ocak).....	60
<b>EK- 2:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Şubat). .....	60
<b>EK -3:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Mart). .....	61
<b>EK -4:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Nisan).....	61
<b>EK -5:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Mayıs). .....	62
<b>EK -6:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Haziran). .....	62
<b>EK -7:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Temmuz).....	63
<b>EK -8:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Ağustos).....	63
<b>EK -9:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Eylül). .....	64
<b>EK -10:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Ekim). .....	64
<b>EK -11:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Kasım).....	65
<b>EK -12:</b> Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Aralık).....	65
<b>Ek- 13:</b> Ocak 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması. ....	66
<b>Ek- 14:</b> Şubat 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.....	66
<b>Ek- 15:</b> Mart 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.....	67
<b>Ek- 16:</b> Nisan 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması. ....	67
<b>Ek- 17:</b> Mayıs 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.....	68
<b>Ek- 18:</b> Haziran 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması. ....	68
<b>Ek- 19:</b> Temmuz 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması. ....	69
<b>Ek- 20:</b> Ağustos 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.....	69
<b>Ek- 21:</b> Eylül 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması. ....	70
<b>Ek- 22:</b> Ekim 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.....	70
<b>Ek- 23:</b> Kasım 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması. ....	71
<b>Ek- 24:</b> Aralık 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması. ....	71
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

	<b>Sayfa No</b>
<b>Çizelge 3.1:</b> Yıllık bazda enerji kaynaklarına olan talep değişimi.....	9
<b>Çizelge 3.2:</b> Dünya sektörel enerji tüketimleri ve değişim oranları.....	10
<b>Çizelge 3.3:</b> Yenilenebilir enerji kullanımı ve potansiyeli.....	11
<b>Çizelge 3.4:</b> İngiltere 3.çeyrek yenilenebilir enerji ve değişim oranı.....	14
<b>Çizelge 3.5:</b> ABD 2015 yenilenebilir enerji ve yeni kapasite.....	15
<b>Çizelge 3.6:</b> Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi.....	22
<b>Çizelge3.7:</b> Türkiye'ninyıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı....	23
<b>Çizelge 3.8:</b> İllere göre güneşlenme süreleri.....	24

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 3.1: Yüksek güneş ışınımına sahip bölgeler.....	8
Şekil 3.2:Dünya elektrik üretiminde yakıtların payı.....	11
Şekil 3.3: Dünya global güneş enerjisi kurulu gücü .....	13
Şekil 3.4: İngiltere yenilenebilir enerji kurulu gücü .....	13
Şekil 3.5: Yıllara göre güneş enerjisi kurulu güç değişimi.....	16
Şekil 3.6:Almanya güneş enerjisi kurulu güç dağılım haritası .....	17
Şekil 3.7:Hindistan güneş enerjisi kurulu güç dağılım haritası .....	18
Şekil 3.8: Japonya güneş enerjisi kurulu güç dağılım haritası .....	19
Şekil 3.9: Hollanda güneş enerjisi kurulu güç dağılım haritası .....	20
Şekil 3.10: Dünya'da kapasite bakımından en büyük 10 PV enerji santrali.....	21
Şekil 3.11: Türkiye güneşlenme süreleri .....	25
Şekil 3.12: Türkiye global radyasyon değerleri .....	25
Şekil 3.13: Türkiye pvtipi-alan-üretilebilecek enerji .....	26
Şekil 3.14: Bozüyük global radyasyon değerleri .....	28
Şekil 3.15: Gölpaazarı global radyasyon değerleri .....	28
Şekil 3.16: İnhisar global radyasyon değerleri .....	29
Şekil 3.17: Osmaneli global radyasyon değerleri .....	29
Şekil 3.18: Pazaryeri global radyasyon değerleri.....	30
Şekil 3.19: Söğüt global radyasyon değerleri.....	30
Şekil 3.20: Yenipazar global radyasyon değerleri .....	31
Şekil 3.21: Bilecik global radyasyon değerleri.....	31
Şekil 3.22: Bozüyük güneşlenme süreleri.....	32
Şekil 3.23: Gölpaazarı güneşlenme süreleri .....	32
Şekil 3.24: İnhisar güneşlenme süreleri .....	33
Şekil 3.25: Osmaneli güneşlenme süreleri.....	33
Şekil 3.26: Pazaryeri güneşlenme süreleri .....	34
Şekil 3.27: Söğüt güneşlenme süreleri .....	34
Şekil 3.28: Yenipazar güneşlenme süreleri.....	35
Şekil 3.29: Bilecik güneşlenme süreleri.....	35

<b>Şekil 4.1:</b> Tek katmanlı YSA yapısı ... ..	38
<b>Şekil 4.2:</b> İki çıkışlı çok katmanlı ağ yapısı .....	39
<b>Şekil 5.1:</b> Ham verilerin düzenlenmesi .....	49
<b>Şekil 5.2:</b> Verilerin 0-1 aralığına normalize edilmesi .....	49
<b>Şekil 5.3:</b> Seçilen ağ yapısı .....	50
<b>Şekil 5.4:</b> Ağ yapısı .....	50
<b>Şekil 5.5:</b> Ağın performansı .....	51
<b>Şekil 5.6:</b> Gözlenen ve YSA ile tahmin edilen 72 günlük değerler arasındaki ilişki. .	52
<b>Şekil 5.7:</b> Gözlenen ve YSA ile tahmin edilen 72 günlük değerlerin karşılaştırılması.	53
<b>Şekil 5.8:</b> Ocak 2013 gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.....	53
<b>Şekil 5.9:</b> Nisan 2013 gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.....	54

**SİMGELER VE KISALTMALAR****Kısaltmalar**

<b>EİE</b>	: Elektrik Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
<b>DMİGM</b>	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
<b>DMİ</b>	:Devlet Meteoroloji İşleri
<b>YSA</b>	: Yapay Sinir Ağları
<b>ANFIS</b>	: Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi
<b>SPI</b>	: Standartlaştırılmış Yağış İndeksi
<b>FFBPANN</b>	: İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağları
<b>MAE</b>	:Ortalama Mutlak Hata
<b>NMSE</b>	: Normalize Ortalama Kare Hatası
<b>AME</b>	: Ortalama Hatanın Mutlak Değeri
<b>AMinE</b>	:Ortalama Minimum Hatanın Mutlak Değeri

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu yaşamını doğal ortamlarda idame ettirmiş ve ihtiyaçlarını doğadan sağlamıştır. Buldukları ortamları ısıtmayı ve ürünleri kurutmayı güneşi kullanarak yapmıştır. İnsanoğlunun artan enerji ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için daha fazla kömür, petrol ve doğal gaz gibi yanabilen enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır. Bu kullanılan enerji kaynaklarının hızlı üretilmesi ve tüketilmesi beraberinde bazı sorunları ortaya çıkarmıştır. Bu sorunlar, çevreye verilen zararlar ve enerji kaynaklarının kısıtlı olmasıdır. Fosil yakıtların kullanılması ile birlikte doğaya ve canlılara verdiği tahribatlar kısa sürede anlaşılmıştır. Bunların başında iklim değişikliği gelmektedir. Fosil yakıtların yakılmasıyla çevreye zararlı salınımlar oluşmaktadır. Bunlar; karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan, kükürt, partikül, azotoksit, kurum ve kül gibi salınımlardır. Bu salınımlardan en belirleyicileri ise karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve metandır. Bu salınım ve partiküllerin, kanser vb. hastalıklara sebep oldukları bilinmektedir. Yaşamın sürdürülebilirliği için fosil yakıtların insanlar ve canlı doğa üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bunun için fosil yakıtlar yerine yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerektiği açıkça görölmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları: güneş, rüzgar, su, jeotermal, biokütle gibi, hiç tükenmeyen, temiz ve çevreye zarar vermeyen enerji çeşitleridir. Bu enerji kaynaklarının önemli olanı: Güneş enerjisi, kirlenmeyen, tükenmeyen, sonsuz ve en temiz enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, güneşten gelen ve hiçbir masrafı olmayan bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle, güneş enerjisinden en verimli şekilde yararlanabilen sistemlerin geliştirilmesi önemlidir. Bu sistemler ikiye ayrılır: Birincisi, ısı enerjisi üretebilen güneş toplayıcıları ve güneş havuzları, ikincisi ise doğrudan elektrik enerjisi üretebilen güneş pilleridir. Güneş toplayıcıları ısı enerjisini günlük olacak şekilde enerji üretebilen ve depolayabilen sistemlerdir. Güneş havuzları ise topladığı ısı enerjisini daha uzun süreli depolayabilen kapsamlı sistemlerdir.

Güneş enerjisi elektromanyetik dalgalarla taşınan ve ısınmı yoluyla iletilen bir enerji şekli olarak açıklanabilir. Yapılan araştırmalarla elde edilen veriler ışığında yeryüzündeki birim yatay düzleme gelen güneş ısınmı ortalama 400 ile 800 W/m<sup>2</sup> seviyesindedir(Yılmaz,2014). Güneş ısınmı miktarını önemli kılan etken, yeryüzüne düşen güneş ısınmının yıllık bazda dünyanın ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacının yaklaşık olarak 15000 katı olmasıdır. Bu değerleri baz alarak söylenebilecek en doğru

söz, güneşin dünyamıza enerji veren bitmek tükenmek bilmeyen, tükendiğinde hayatın duracağı sonsuz denilebilecek güce sahip enerji kaynağı olmasıdır.

Coğrafi konumu nedeniyle ülkemizin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli, birçok ülkeye göre oldukça iyidir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ısınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3.6kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir(yegm,18.04.2016).Güneşin ve yenilenebilir enerjinin insanoğlu için bu kadar önemli olduğu ülkemizde ve ilimizde bazı bulguların olmasında fayda sağlayacağı düşüncesiyle bu çalışmada Bilecik ilinde saatlik sıcaklık tahmini yapay sinir ağları kullanılarak yapılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada Bilecik ili için belirli aralıklarla ölçülen ortalama rüzgar şiddeti, hava basıncı, su buharı basıncı, nispi nem ölçümlerinden yola çıkılarak saatlik hava sıcaklığı tahmini yapılması hedeflenmiştir.

## 2. LİTARATÜR ARAŞTIRMASI

Deniz vd.(2007),tarafından yapılan çalışmada, yapay sinir ağları ve regresyon analiz yöntemlerinin güneş ışınım şiddeti tahmini amacıyla kullanımında hangi yöntemin daha etkin olduğu araştırılmıştır. Bu amaçla, Zonguldak iline ait 1995 ile 2004 yıllarıarasındaki aylık ortalamalar halinde on yıllık rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı, deklinasyon açısı, nem miktarı, güneş ışınımı alımının gün uzunluğuna oranı ve aylık ortalama atmosfer dışı güneş ışınım şiddeti verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden(DMİGM) temin edilerek veriler düzenlenmiş, regresyon analiz yöntemi ve yapay sinir ağları(YSA) yardımıyla modeller elde edilmiştir. Bu modeller kullanılarak Ocak/2005 ve Aralık/2005 zaman dilimindeki toplam güneş ışınımının aylık ortalamaları hesaplanmış ve 2005 yılında ölçülmüş olan veriler ile karşılaştırılmıştır.

Aslay vd.(2013),tarafından yapılan “Meteorolojik Parametreler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları ile Toprak SıcaklığınınTahmini” adlı çalışmada Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden alınan 1970-2011 yılları arasındaki Türkiye’deki illere ait 88 istasyonda ölçülen aylık ortalama değerlere sahip bazı meteorolojik parametreleri kullanarak bir sonraki yılın aylıkortalama toprak sıcaklıklarını tahmin eden bir model geliştirilmiştir. Beş, on, yirmi, elli ve yüz santimetre olmak üzere beş farklı derinlikteki toprak sıcaklıkları için levenbergmarquard algoritmalı ve ileri beslemeli YSA modeli kullanılmıştır.

Çınar(2007), “hidroelektrik enerji üretiminin hibrid bir model ile tahmini” adlı çalışmasında geri yayılma algoritması ile eğitilenyapay sinir ağları kullanılmıştır. Geri yayılma algoritması yerel optimumatakilabilenbirgradyan inişi (gradientdescent) yöntemi olduğunu söylemiş, geri yayılma algoritmasının yerel optimuma takılma riskini azaltmak amacıyla bir stokastik arama tekniği olan genetik algoritmaları kullanmıştır. Önerilen bu hibrid modelde genetik algoritmaların kullanılma amacı, yapay sinir ağının parametrelerinin iyileştirilmesi olduğunu,bir başka deyişle genetik algoritma ile parametreleri bulunan YSA modeli, Türkiye’ninhidroelektrik üretimi ve enerji ithalat tahmininde kullanıldığını yazmıştır.

Uçgöl vd. (2013), yaptığı “Elektrik enerjisi üretiminde güneş kulesi sisteminin yapay sinir ağlarıyla modellenmesi” adlı çalışmada elektrik enerjisine olan gereksinimin giderilmesi için sabit aynalı ve konsantrasyon sistemli bir güneş sistemi elektrik santrali

prototipi teorik olarak kurulmuştur, ihtiyaç duyulan 2 MW'lık elektriğin karşılanması için nisan ayına ait güneş enerjisi verileri uygulamada kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmış ve çıkan sonuçlar Yapay Sinir Ağlarıyla modellenmiş ve Yapay Sinir Ağları modeliyle üretilen değerler ile gerçekte elde edilen değerler kıyaslanmıştır.

Beyoğlu(2011), “Balıkesir ilinde çift eksenli güneş takip sistemi ile sabit eksenli PV sistemin verimlerinin karşılaştırılması” adlı çalışmada Balıkesir ilinde yapılacak uygulamaları teşvik etmesi ve çalışmalara referans olması düşünülerek, güneş enerjisi potansiyelinin incelenmesi, maksimum güç takip sistemli sabit ve 2-eksenli olmak üzere iki fotovoltaik güneş enerji sisteminin kurulumu ve eşzamanlı olarak çalışma ve verimlerinin karşılaştırması yapılmıştır.

Köksal(2012), “Güneş enerjisiyle su pompalama üzerine bir araştırma” adlı yüksek lisans çalışmasında güneş enerjisinden fotovoltaik (PV) ilkeye bağlı olarak üretilen elektrik ile dalgıç pompaların çalıştırılması için gerekli mekanik enerjinin sağlanması durumunda, güneş enerjili sulama sisteminin bazı teknik özellikleri araştırılmıştır.

Şık(2007), “Güneş enerjisi destekli mahal ısıtma sisteminin Van ilinde sağladığı enerji tasarrufunun incelenmesi” adlı yüksek lisans çalışmasında güneş enerjisinden faydalanma yolları incelenerek, bir konutun kullanılan sıcak su ihtiyacının karşılanması ve kış konumunda güneş enerjisinden elde edilen sıcak su ile kalorifer kazanından yıllık tabanda sağlanabilecek enerji tasarrufu araştırılmış, çalışmada ele alınan konut için ısıtma tesisatı, standartlara ve ilgili yönetmeliklere bağli olarak projelendirilmiş ve konutun ısı ihtiyacı tespit edilerek ısıtma tesisatına ait cihaz seçimleri yapılmıştır. Daha sonra mevcut sisteme güneş enerjili sıcak su hazırlama sisteminin adaptasyonu sağlanarak geleneksel ısıtma sistemiyle ekonomik olarak karşılaştırılması yapılmıştır.

Karaçavuş(2006), “Güneş Enerjisinin sürekli kullanılabilirlik koşulu altında maddelerin spesifikası kapasitelerinin kullanılarak depolanabilirliğinin araştırılması” adlı doktora çalışmasında Edirne iklim şartlarında, hacim ısıtması ve kullanım amaçlı sıcak su temini için güneş enerjisinin mevsimlik depolandığı bir ısıtma sistemi tasarlanarak kurulmuş ve deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Saatlik sıcaklık ölçüm sonuçları yardımı ile yeraltında bulunan silindirik ısı depolama ünitesi ve çevresindeki aylık ortalama sıcaklık dağılımları belirlenmiştir. Quick Field Transient Thermal yazılımı kullanılarak belirlenen teorik sıcaklık dağılımları ile

deneysel sıcaklık dağılımları karşılaştırılmıştır. Saatlik sıcaklık ölçüm sonuçları yardımı ile yeraltında bulunan silindirik ısı depolama ünitesi ve çevresindeki aylık ortalama sıcaklık dağılımları tespit edilmiştir. Quick Field Transient Thermal yazılımı kullanılarak belirlenen teorik sıcaklık dağılımları ile deneysel sıcaklık dağılımları karşılaştırılmıştır. Edirne ilinde kurulan, mevsimlik güneş enerjisi depolamalı ısıtma sisteminin ekonomik analizi, P1 –P2 yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Kurulan ısıtma sisteminde, Temmuz 2005 – Mayıs 2006 ölçüm sonuçları ve hesaplanan değerler yardımı ile ısıtma sisteminden aylık faydalanma oranları ve yıllık faydalanma oranı belirlenmiş ve mevsimlik güneş enerjisi depolamalı ısıtma sistemi için optimum toplayıcı alanı hesaplanmıştır.

Deneysel sonuçlarla Edirne ili için, güneş enerjisinin depolanabileceği, depolanan enerjiden kullanım amaçlı sıcak su temininin yanı sıra hacim ısıtmasında da verimli şekilde faydalanılabileceği tespiti yapılmıştır.

Baran(2012), “Çevre dostu enerji:Güneş ve Rüzgar” adlı çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç, güneş ve rüzgar enerjisinden faydalanma yöntemlerinin tarihsel gelişimi, güneş pilleri ve rüzgar türbinlerinin yapısı, çalışma prensipleri ve üstünlüklerini anlatmıştır. Yenilenebilir kaynakların enerji üretimindeki rolü ve geleceğe dönük beklentiler tartışılmış, yenilenebilir enerji kaynaklarının hibrid olarak kullanılmasının olumlu ve olumsuz yönlerini değerlendiren bir çalışma yapılmıştır.

Erkaymaz vd. (2011),“Yapay Sinir Ağı ile Hava Sıcaklığı Tahmini” adlı çalışmada Yapay Sinir Ağları (YSA) ile Karabük ili hava sıcaklığının tahminini yapmış. İleri beslemeli yapay sinir ağları modeli kullanılarak ortamın sıcaklığı en düşük hata ile Matlab programında geliştirilen uygulama ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen sistem için Karabük ilinden alınan sıcaklık verileri eğitim verileri olarak kullanılmış ve sistem için girişten çıkışa doğru ileri beslemeli YSA ‘nınsimulink modellemesi yapılmıştır.

Atik vd. (2007),“Meteorolojik Verilerin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi” adlı makale çalışmasında Zonguldak ili için 1995–2004 yılları arasındaki 10 yıllık meteorolojik verilerin ortalaması kullanılarak yapay sinir ağları ile meteorolojik verileri hesaplayabilen bir çalışma yapmıştır. Mimarisi bu işlem için tasarlanmış Yapay Sinir Ağı’nın (YSA) üç giriş ve üç çıkış hücresi bulunan, YSA’da giriş bilgisi olarak;

atmosfer dışındaki güneş ısınım şiddeti, deklinasyon açısı ve güneşlenme süresi bilgileri, çıkış olarak ise, atmosfer içindeki ısınım şiddeti, rüzgâr hızı ve hava sıcaklığı bilgileri kullanılmıştır. YSA'nın gizli katmanında ise 6 hücrenin kullanıldığını belirtmiştir. Bu YSA'da eğitime karesel hata ( $e \leq 0,0001$ ) değerine ulaşıncaya kadar devam edilmiş ve YSA'da istenilen hata değeri sağlandıktan sonra, 2005 yılı verileriyle test edildiğini belirtmiştir. Test sonucunda ortalama bağıl hata değerinin kabul edilebilir hata sınırları içerisinde çıkması YSA'ların bu alanda kullanılabileceğini belirtmiştir.

Işık vd.(2011),“Tunceli İli için Güneş Işınımının yapay sinir Ağları ile Tahmini” adlı makale çalışmasında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Tunceli'ye ait 2005–2009 yılları arasında ölçülmüş; açık gün sayısı, nispi nem, hava basıncı, hava sıcaklığı, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı ve güneş ışınım şiddeti gibi değerleri kullanarak, Yapay sinir ağları (YSA) metodu ile aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti tahmin edilmiş ve güneş ışınım miktarının tahmini için geriye yayımlı (GY) çok katmanlı YSA kullanılmıştır. YSA modelinin performansı gizli katman, nöron sayısı, giriş sayısı, öğrenme katsayısı gibi parametreler değiştirilerek ayarlanmıştır ve oluşturulan YSA modeli ile global güneş ışınım miktarının ölçümleri tahmininde bulunulmuştur.

Hocaoğlu vd. (2005), “Adaptif Ağ Tabanlı bulanık mantık Çıkarım Sistemi İle Eskişehir Bölgesi İçin güneşlenme Süreleri Tahmini” adlı makale çalışmasında Eskişehir ili için 1995-2002 yıllarına ait güneşlenme süreleri verileri ile 2003 yılına ait güneşlenme süreleri eğri uydurma, doğru uydurma ve adaptif ağ yapısı tarzındaki işleyişi sayesinde, hem sistem hakkındaki çevresel bilgiyi kullanarak hem de sisteme ilişkin giriş çıkış verisinden faydalanarak kendi kendini güncelleme yeteneğine sahip olan ANFİS (Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi) yapısı kullanılarak tahminlerde bulunulmuş ve elde edilen sonuçların yorumu yapılmıştır.

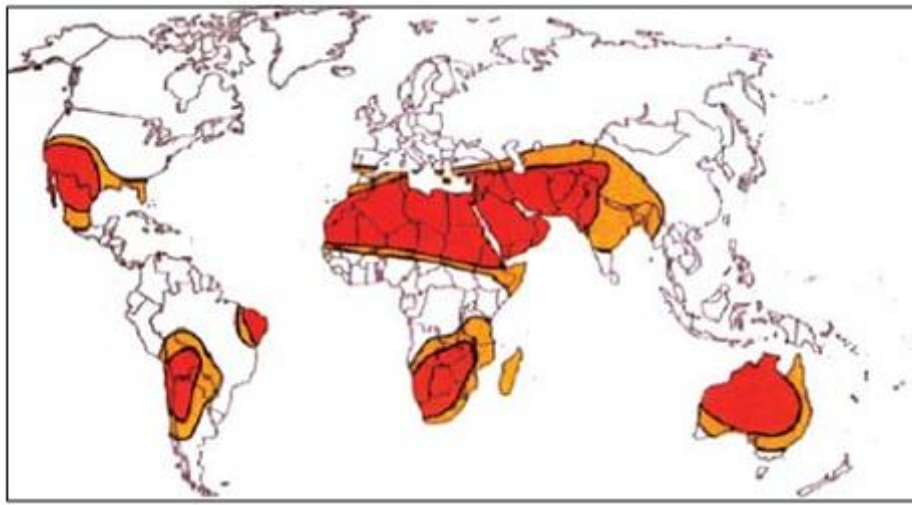
Sattari vd. (2011), “Karaman İlinde Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı Kullanılarak Kuraklığın Tahmini” adlı çalışmasında Yapay Sinir Ağları (YSA) ile Standartlaştırılmış Yağış İndeksinin (SPI) modellenmesi ve geleceğe yönelik kuraklık tahminleri yapılmış ve Karaman meteoroloji istasyonunda 1975-2009 yıllarında ölçülen aylık yağmur yağma oranları kullanılarak 3, 6, 9 ve 12 aylık zamanölçekleri için SPI değerleri hesaplanmıştır. Modellemede İleri Beslemeli Geri Yayımlı Yapay Sinir Ağları (FFBPANN) metodu kullanılmış, YSA modeli kurulmasında girdi verisi olarak SPI

değerinin belirlenmesinde dikkate alınan yağış verileri ve SPI değerleri kullanılmıştır. Modelin kurulmasından sonra geleceğe yönelik tahminlerde bulunabilmek için farklı zaman dilimlerine ait yağış ve SPI kombinasyonları girdi verisi alınarak ileriye yönelik kuraklık tahminleri yapılmıştır. SPI değerleri YSA metodu ile hesaplanmış ve hesaplanan SPI değerleri 1999-2009 dönemi için test edilmiştir. En iyi FFBPANN modeli seçiminde, MSE (MeanSquareError), NMSE (NormalizedMeanSquareError), AME (AbsoluteMeanError), AMinE (Absolute Minimum Error), AMaxE (Absolute Maximum Error) ve doğrusal korelasyon katsayısı gibi kriterler baz alınmıştır.

### 3. GÜNEŞ ENERJİSİ

#### 3.1. Dünyada Güneş Enerjisi

Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisi, güneşin görüldüğü her metrekarede 1.367 W'dır (Phillibert, 1992). Güneş yörüngesinin asimetrik yapısından, dünyanın kendi etrafındaki dönüşü ve atmosferinin yapısından dolayı büyük miktarda güneş enerji dünyaya ulaşamamaktadır. Bir bölgeye yapılacak güneş enerjisi sistemleri için güneş enerjisinin miktar ve kalitesi önemlidir. Şekil 3.1'de dünyadaki güneş ışınımının yoğun olduğu bölgeler görülmektedir.



Şekil 3.1. Yüksek güneş ışınımına sahip bölgeler (Phillibert, 1992).

Yalçın (2010), nun yaptığı çalışmaya göre Dünya 2006'daki 6.5 milyar nüfustan, yıllık % 1 artışla, 2030'da 8.2 milyar nüfusu bulacağı günlere doğru gitmektedir. Dolayısıyla insanlığın refah düzeyi için bir gösterge kabul edilen enerji kullanımı da hem bu nüfus artışı, hem de yeni teknolojilerin ışığında insan ve toplum davranışlarındaki değişimin etkisiyle hızla artış göstermektedir. 2006'da 18.921 TWh olan küresel elektrik üretimi 2015'de 25.000 TWh'e, 2030'da ise 33.000 TWh'e yükseleceği tahmin ediliyor. Son 25 yıl için yıllık bazda enerji kaynaklarına olan talep değişimine dikkat edilirse petrol (%1) ve nükleerde (%0.9) diğer kaynaklara oranla bir talep azlığı olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerjide ise yıllık artış oranı %7.2 gibi oldukça yüksek bir orandadır. Toplam talepte yenilenebilir enerjinin payı hidrolik ve biyokütle ile birlikte 2000 yılında

% 0.12 iken 2030 yılında % 0.14'e çıkması beklenmektedir. Yıllık bazda enerji kaynaklarına olan talep değişimi çizelge 3.1'de görülmektedir.

**Çizelge3.1.** Yıllık bazda enerji kaynaklarına olan talep değişimi (Yalçın, 2010).

Enerji türü	1980, Mtep	2000, Mtep	2006, Mtep	2015, Mtep	2030, Mtep	2006-30, %*
Kömür	1788	2295	3053	4023	4908	2.0
Petrol	3107	3649	4029	4525	5109	1.0
Doğal gaz	1235	2088	2407	2903	3670	1.8
Nükleer	186	675	728	817	901	0.9
Hidrolik	148	225	261	321	414	1.9
Biyokütle ve atıklar	748	1045	1186	1375	1662	1.4
Diğer yenilenebilir	12	55	66	158	350	7.2
<b>Toplam</b>	<b>7223</b>	<b>10034</b>	<b>11730</b>	<b>14121</b>	<b>17014</b>	<b>1.6</b>

\*Ortalama yıllık büyüme

Sektörel bazda baktığımızda enerji tüketimindeki en yüksek talep artışının sanayi sektöründe olduğu görülmektedir. Bu sektörde kömür hala öncülüğünü korurken, elektrikteki talep artışı da dikkate değerdir. Taşımacılık sektöründe ise net bir şekilde biyokütle arzı gerekecektir. Tarım ve konut enerji tüketiminde kömüre olan ilginin azalmasının yanında elektrik enerjisini ciddi bir talep artışı (%2.3) beklemektedir. Petrol ürünlerinin de daha çok motorlu taşıtlar tarafından tüketildiği düşünüldüğünde tarım ve konut sektöründe enerji tüketiminin elektrik temelli olacağı (elektrikte talep artışı yıllık % 2.7, kömürde talep düşüşü yıllık % 0.5), dolayısıyla CO2 salınımında düşüş beklenebileceği kanaatine varılabilir. Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi Yalçın L. raporuna göre 2006 yılı için tüm dünyada CO2emisyona sebebiyet veren enerji kullanımının %2'sinin tarımsal amaçlı kullanılan enerjiden kaynaklandığı söylenebilir.

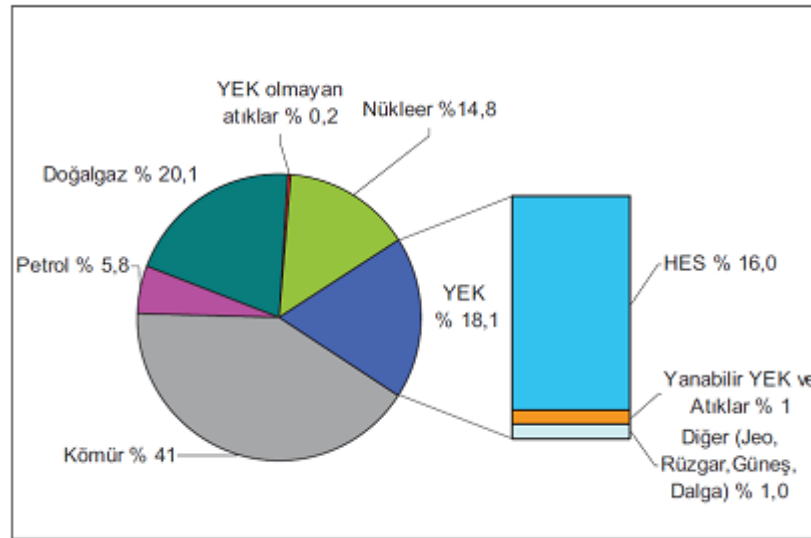
**Çizelge 3.2.** Dünya sektörel enerji tüketimleri ve değişim oranları (Yalçın, 2009).

Sektör / Enerji kaynağı	1980, Mtep	2000, Mtep	2006, Mtep	2015, Mtep	2030, Mtep	2006- 2030, %*
<b>Sanayi</b>	<b>1779</b>	<b>1879</b>	<b>2181</b>	<b>2735</b>	<b>3322</b>	<b>1.8</b>
Kömür	421	405	550	713	838	1.8
Petrol	474	325	329	366	385	0.7
Doğal gaz	422	422	434	508	604	1.4
Elektrik	297	455	560	789	1060	2.7
Diğer	165	272	307	359	436	1.5
<b>Taşımacılık</b>	<b>1245</b>	<b>1936</b>	<b>2227</b>	<b>2637</b>	<b>3171</b>	<b>1.5</b>
Petrol	1187	1844	2105	2450	2915	1.4
Biyo dizel	2	10	24	74	118	6.8
Diğer	57	82	98	113	137	1.4
<b>Konut, hizmet, tarım</b>	<b>2006</b>	<b>2635</b>	<b>2937</b>	<b>3310</b>	<b>3918</b>	<b>1.2</b>
Kömür	244	108	114	118	100	-0.5
Petrol	481	462	472	493	560	0.7
Doğal gaz	346	542	592	660	791	1.2
Elektrik	273	613	764	967	1322	2.3
Diğer	661	910	995	1073	1144	0.6
<b>Toplam</b>	<b>5378</b>	<b>7048</b>	<b>8086</b>	<b>9560</b>	<b>11405</b>	<b>1.4</b>

\*Ortalama yıllık büyüme

Yalçın (2010), raporuna göre tüm dünyada 2006 yılında kurulu bulunan güneş elektriği gücü 6GW'tır. Bunun büyük kısmı Almanya (2.9GW), Japonya (1.7GW) ve ABD (0.6GW)'de bulunmaktadır. Fotovoltaik (FV) 5500-9000 \$/kW'lık fiyat aralığıyla hala en pahalı kurulum maliyetli enerji üretim teknolojisi olmasına karşın bu tutarın 2030 yılında 2600\$/kW'a düşeceği tahmin edilmektedir. (Solargis,2016) araştırma sitesi ise FV güneş elektriği kurulu gücünü tüm dünyada 2015 yılı itibariyle 75 GW olduğunu hesaplamış, 2016 tahminini ise 152 GW olarak açıklamıştır.

Yenilenebilir kaynakların payı dünya elektrik üretiminde % 18.1 oranındadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrikte en büyük pay % 16 ile hidrolik kaynaklara, bunu atıklar ve rüzgâr, güneş, jeotermal, dalga vb kaynaklardan elektrik üretimi izlemektedir (Şekil 3.1). Yenilenebilir enerji, birçok ülkede enerji temininin güvenliği, enerjinin çeşitlendirilmesi, enerjide bağımlılığının azaltılması, iklim değişikliği ile mücadele ve istihdam oluşturma gibi yararlarından dolayı daha fazla kullanılmaya başlanmıştır.



**Şekil 3.2.** Dünya elektrik üretiminde yakıtların payı(Yalçın,2010).

Yenilenebilir enerjinin en büyük avantajlarından biri, taşınma gereksinimi olmaması, dünyanın her yerinden erişilebiliyor olmasıdır. Üstelik sürdürülebilir olması, iklimi ve çevreyi kirletmemesi, potansiyelinin tüm insanlığın ihtiyacına yetebilir olması ve hiç bitmemesi diğer avantajları olarak sayılabilir. Yüksek teorik ve teknik potansiyeline karşın insanlar tarafından yaygın kullanımı olduğu söylenemez. Çizelge 3.3'te yenilenebilir enerji kullanımı ve potansiyeli görülmektedir.

**Çizelge 3.3.** Yenilenebilir enerji kullanımı ve potansiyeli(Luque ve Hegedus, 2002).

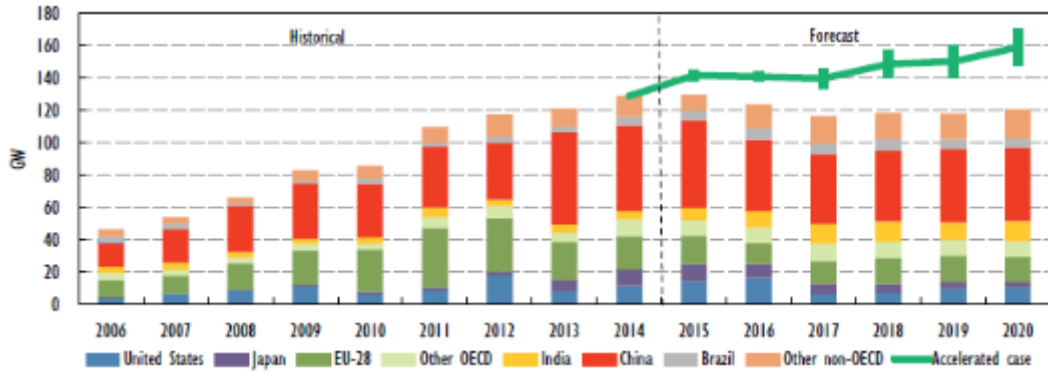
Kaynak	Halihazır kullanım, EJ	Teknik potansiyel, EJ	Teorik potansiyel, EJ
Hidrolik	9	50	147
Biyokütle	50	>276	2900
Güneş	0.1	>1575	3900000
Rüzgar	0.12	640	6000

Dünya üzerine güneşten gelen  $1.73 \times 10^{14}$  kW'lık toplam güç, yıllık olarak  $1.9 \times 10^{14}$  TEP (ton eşdeğeri petrol) karşılığı  $1.5 \times 10^{18}$  kWh'lik bir enerji anlamına gelmektedir (Şen, 2007) ve bu enerji yeryüzüne ışınimlarla ulaşmaktadır. Güneşten gelen toplam enerji hesaba katıldığında bu çok küçük bir miktardır. Gelen toplam ışınım miktarı, dünyada bugün kullanılan toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Havakürenin (atmosfer) dışına, güneş ışınlarına dik bir metrekare alana gelen güneş enerjisi, güneş sabiti ( $I_0$ ) olarak adlandırılır ve değeri  $1373 \text{ W/m}^2$ 'dir. Bu değer, tanım gereği, yıl boyunca değişmez olarak alınabilir. Bu sabit ölçüm yeri, zamanı ve yöntemine göre

küçük değişimler gösterebilir(Şen, 2007). Güneş sabitini 1367 W/m<sup>2</sup> olarak vermektedir. Dünya üzerine herhangi bir zamanda gelen ortalama güneş ışınması (radyasyonu) değeri ise 340 W/m<sup>2</sup> 'dir (Şen ,2007). Yer yüzeyine gelen ortalama güneş ışınması ile enerjinin dağılımı yaklaşık ortalama değerlerle şekil 3.3'de gösterilmiştir. Dünya ortalaması 4 kWh/m<sup>2</sup> /gün kabul edilir. Ortalama bir hesapla ihtiyaç duyulan enerji için kaç m<sup>2</sup> FV gerektiği, FV veriminin % 10 verimle çalıştığı esas alınarak hesaplaması yapılabilir. Yani her bir m<sup>2</sup>'de FV modül 0.4 kWh/gün enerji üretmektedir. Gelişmiş ülkelerde kişi başı evsel elektrik tüketimi 5 kWh/gün/kişi, 4 kişilik bir aile için ise 20 kWh/gün/aile'dir. 20 kWh/0.4 kWh/m<sup>2</sup> 'den yola çıkarak 50 m<sup>2</sup> 'lik bir FV sistem standart bir ailenin elektrik ihtiyacını karşılamaya yeteceği söylenebilir (Luque vd,2002).

Uluslararası Enerji Ajansı FV Güç Sistemleri Grubu, 2008 yılında özel ve kamu sektöründe strateji geliştirenlere, elektrik şebekeleri için orta ölçekli planlama yapanlara ve enerji hizmeti üreticilerine, enerji politikaları ve ulusal enerji planlaması yapan devlet adamlarına yardımcı olmak amacıyla 40 W ve üzeri FV sistemlere odaklanan raporda, 2007 yılında kurulan FV gücün, bir önceki yıla oranla % 50 büyüyerek 2.26 GW olduğuna ve toplam kurulu FV gücün de, % 73'lük kısmı Almanya ve İspanya'da olmak üzere, 7.8GW'a ulaştığına değinilmiştir. Kayda giren FV güneş elektrigi üretim tesisleri bağımsız ev, bağımsız ticari, şebeke bağlantılı dağıtık ve şebeke bağlantılı merkezi tip olmak üzere 4 sınıfta derlenmiş ve son dönem kurulan kapasitenin büyük çoğunluğu şebeke bağlantılı dağıtık güç üretimi olarak tasarlanmaktadır.

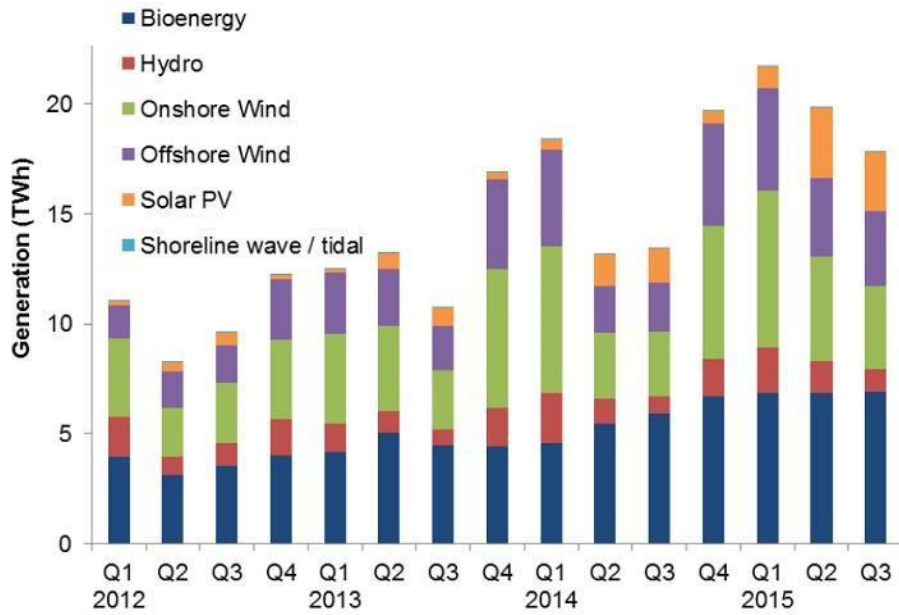
Dünya çapında kurulu güneş enerjisi kapasitesi 2015 yılı sonu itibari ile bir önceki yıla oranla %25-30 artarak, yılın ilk yarısındaki değerler ile 230GW seviyelerine çıkmıştır. 2015 Yılında 57,4GW kurulu güç eklenmiştir. 2014 yılında ise bu miktar %28 artışla 178,4 GW'a ulaşmıştı(Solargis,2016).



Şekil 3.3. Dünya global güneş enerjisi kurulu gücü(Solargis,2016).

### 3.1.1. İngiltere

İngiltere, 17,3 TWs yenilenebilir enerji üretim ile toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı yüzde 23,5 seviyesine ulaşmıştır. Bu oran bir önceki seneye



Şekil 3.4. İngiltere yenilenebilir enerji kurulu gücü(Solargis,2016).

göre yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimindeki payının %17,6 artış gösterdiği görülür. İngilterenin toplam kurulu yenilenebilir enerji gücü 27,6 GW'a ulaşmıştır.

**Çizelge 3.4.** İngiltere 3.çeyrek yenilenebilir enerji ve değişim oranı (Solargis,2016).

Enerji Kaynağı	2015 yılı 3.çeyrek (TWs)	Değişim Oranı
Biyokütle enerji	6.91	+16.3%
Onshorerüzgar	3.78	+30%
Offshorerüzgar	3.4	+51.7%
Solar Enerji	2.68	+73.2%
Hidroelektrik Enerji	1.04	+33.5%
Tüm Yenilenebilir	17.82	+32.7%

Çizelge 3.4'te 2015 yılı İngiltere güneş enerjisi sektörü açısından %73,2'lik bir artışla rekor kırdığı görülmektedir. İngiltere'de devrede olan çeşitli büyüklüklerdeki güneş enerjisi sistemlerin sayısı ise 791.894'e ulaşmıştır. 2014 yılında 2,3 GW kurulu güç artışı tespit edilmiştir. İngiltere'nin 2020 yılı hedefi 22 gw kurulu güç ve elektrik ihtiyacının %15'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktır (Solargis,2016).

### 3.1.2. Amerika Birleşik Devletleri

ABD de güneş enerjisi kurulu gücü 2014 yılında 7 GW artış ile 20 GW seviyesine ulaşmıştır. Bunun 18,3 GW'ı fotovoltaik alanında ve 1,7 GW'ı konsantre güneş enerjisi (CSP) alanında kurulu güçten sağlanmıştır. Bununla birlikte toplam güneş elektriği kurulu gücü 24,1 GW olduğu, bunda 5 milyon evin elektriğini karşılayacak seviyeye ulaştığı çizelge 3.5'te anlaşılmaktadır.

**Çizelge 3.5.** ABD 2015 yılı yenilenebilir enerji ve yeni kapasite.

EneriKaynağı	Mevcut Kapasite(GW)	Yeni Kapasite Şubat 2015(MW)
Doğalgaz	499.42	3,528
Kömür	308.16	3
Nükleer	107.02	-
Hidro	100.06	149
Rüzgar	69.84	4,178
Oil	45.02	10
Biyokütle	16.65	255
Solar	24,1	4,100
Jeotermal	3.91	45

### 3.1.3. Brezilya

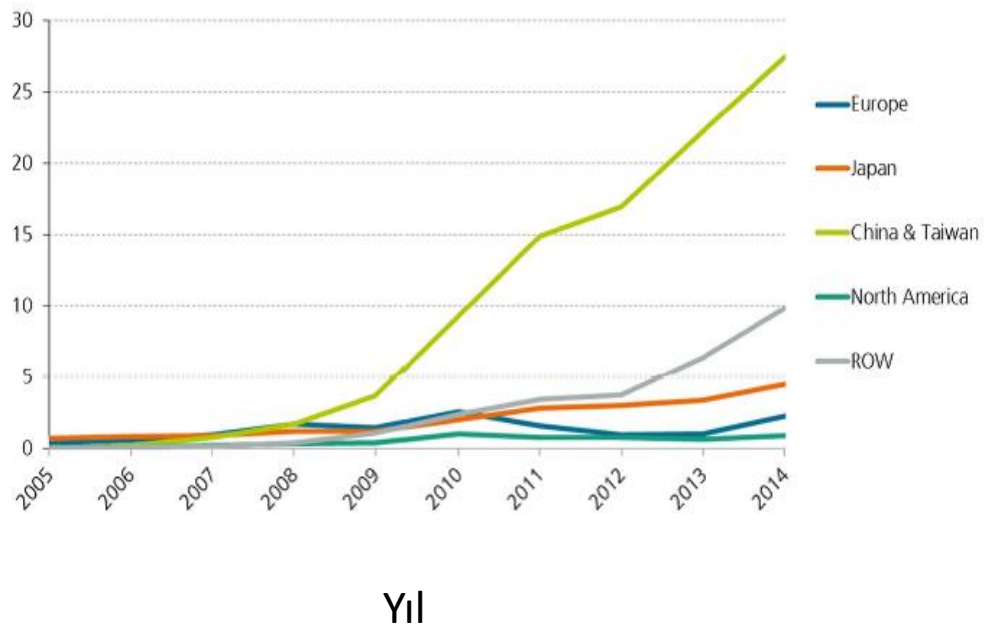
Brezilya toplam yenilenebilir enerjisi gücünü 2015 yılından itibaren 5,434 MW'a çıkaracak yatırımlar yapmıştır. Aşağıda bu yatırımlardan yaklaşık olarak 467,8 MW güneş elektriği kurulu güç artışı gerçekleştirildiği görülmektedir (Guneshaber, 01.04.2016).

Kaynak	Kurulu Güç (2015)
Doğalgaz	889.7 MW
Rüzgar	530.1 MW
Solar	476.8 MW
Hidroelektrik	234.2 MW
Biyokütle	166.4 MW

### 3.1.4. Çin Halk Cumhuriyeti

Dünya'nın en büyük güneş enerji lokomotifini Çin, 2014 yılında 10,6 GW güneşenerjisi kurulu gücünü arttırdıktan sonra 2015 yılı ilk 9 ayında da kurulu kapasitesini 9,9 GW arttırdığı, bu artışın 6,25 GW'lık alanı büyük ölçekli güneş elektriği

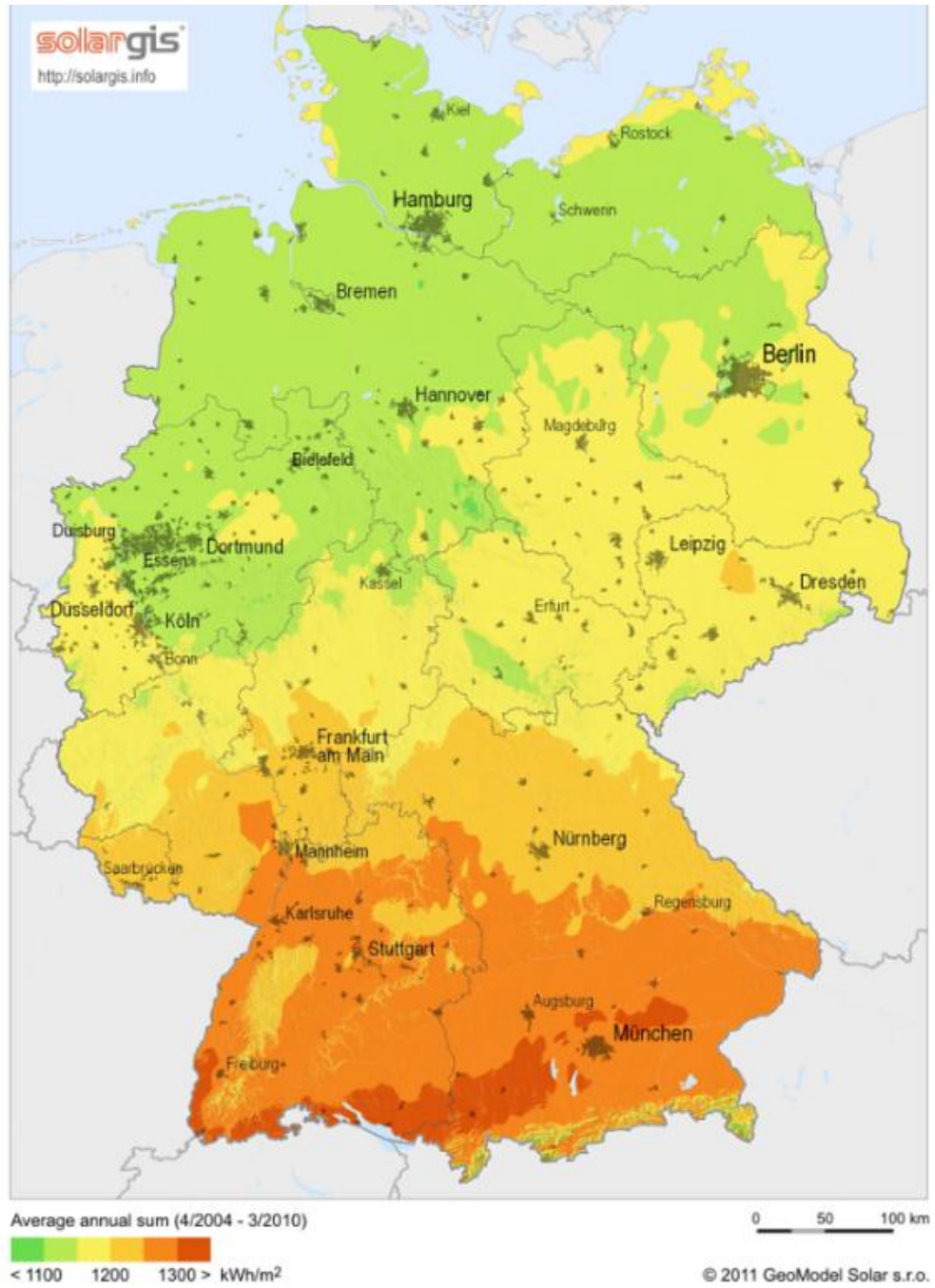
alanında sağlanırken, küçük ölçekte ise 1,58 GW gücünde kurulum gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Kurulu güneş enerji kapasitesi bir önceki hedefe göre yukarı yönde %30 olarak revize edildi ve son projeler ile birlikte Çin'in güneş elektriği kapasitesi 37,95 GW'a ulaşmış oldu. Yeni güneş enerji santralleri çoğunlukla Mongolia, Hebei'nin kuzeyine ve Xinjiang'ın batısına kurulduğundan 2015'in ilk yarısında, yaklaşık 10 enerji santrali dağıtım sağlayamadı. Çin'in yetersiz grid kapasitesi sektörün büyümesini kısıtladı(Guneshaber,01.04.2016).



Şekil 3.5. Yıllara göre güneş enerjisi kurulu güç değişimi (Guneshaber, 2016).

### 3.1.5. Almanya

German Federal Network Agency verilerine göre 2015 ilk yarısında projeleriyle güneş enerjisi kurulu gücünü 1,9 GW arttıran Almanya yılsonu itibari ile 38 GW'a ulaştırmış. Ülkenin 2015 yılı tahmini toplam elektrik üretimi ise 597 TWhs olarak gerçekleşti. Ülkedeki fotovoltaik sistemler 2014 yılında 36,1 TWhs'lik elektrik üretimi gerçekleştirirken, bu rakam artan kurulu gücün de etkisi ile 2015 yılında 38,5 TWhs'e yükseldiği yapılan araştırmalar sonucunda tespit edilmiştir(Guneshaber, 04.01.2016).

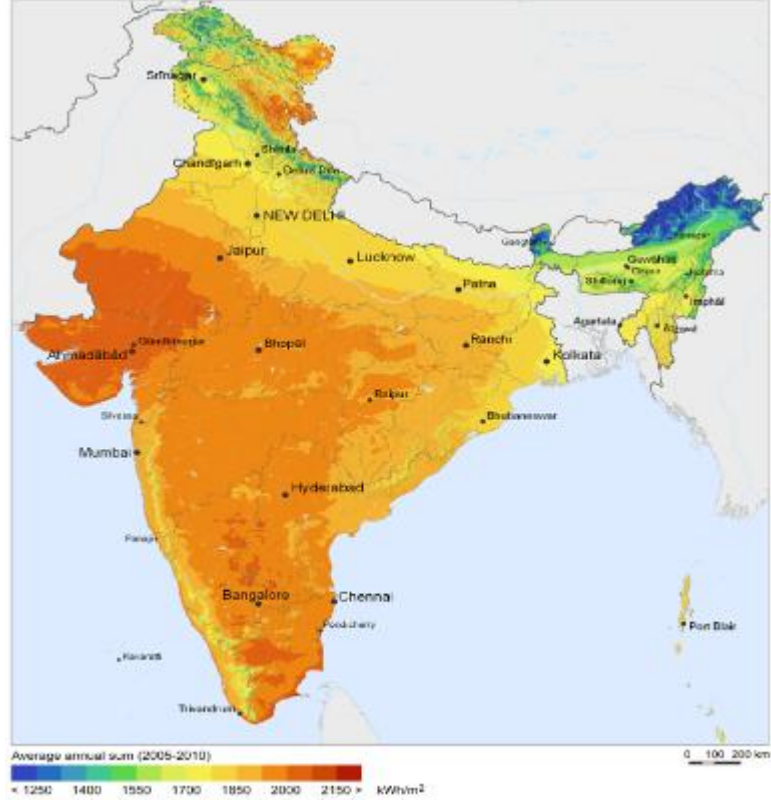


Şekil 3.6. Almanya güneş enerjisi kurulu güç dağılım haritası(Solargis,2016).

### 3.1.6. Hindistan

Ülkede devrede olan güneş elektriği sistemlerinin toplam gücü Mayıs ayı sonu itibari ile 4.010,6 MW'a ulaştı. Bu gücün 1.353,5 MW'lık bölümünü doğrudan bakanlık tarafından geliştirilen projeler oluşturdu. Racestan eyaleti 1.163,7 MW, Gujarat eyaleti

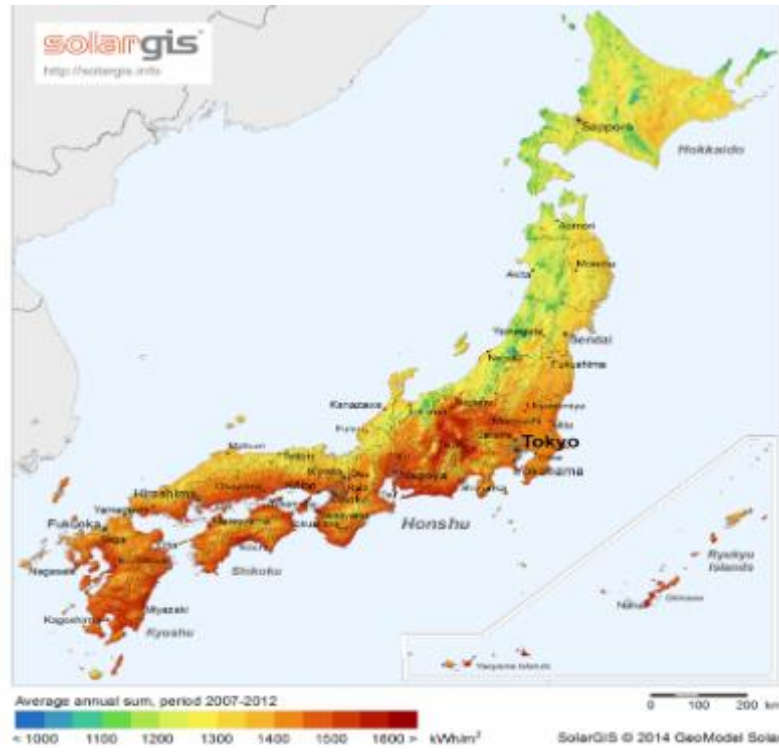
ise 1.000,05 MW'lık kurulu güneş elektriği gücüne ulaşarak ülkenin bu alandaki en yüksek kapasitesine sahip eyaletleri olduğu görüldü.



Şekil 3.7. Hindistan güneş enerjisi kurulu güç dağılım haritası (Solargis,2016).

### 3.1.7. Japonya

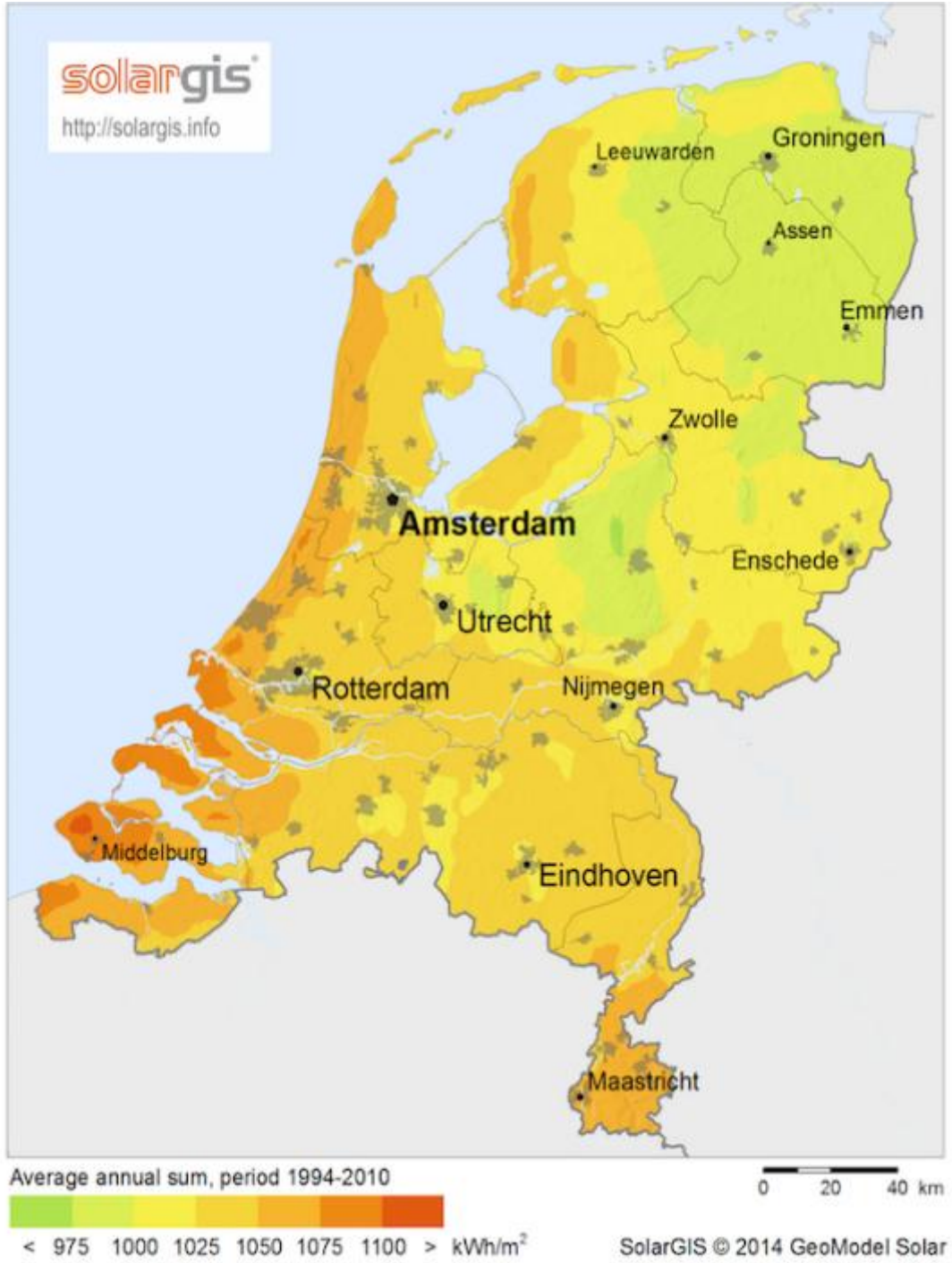
Japonya'da yenilenebilir enerji üretiminde ezici çoğunluk hidroelektrik enerjisinde olsa da güneş enerjisi de önemli bir yer tutmaktadır. 2014 yılında 9,7 GW kurulu güç artışı sağlayarak güneş elektriği kurulu kapasite artışında ikinci sırada bulunan Japonya, 2015 yılında da yerini korumakta ve 12,7 GW'a kadar kurulu kapasitesi arttırdı. 2014 yılı verileri doğrultusunda kişi başına solar kurulu kapasitesi 76 W seviyelerindedir.



Şekil 3.8. Japonya güneş enerjisi kurulu güç dağılım haritası (Solargis,2016).

### 3.1.8. Hollanda

Hollanda'nın güneş elektriği kurulu gücünün 2015 yılında 1 GW'ı aştı. Güneş elektriği gücü 2015'in ilk 11 ayında 197,3 MW artarak toplamda 1.168,2 MW'a yükseldi. 2014'ün tamamında ise 205 MW'lık artış göstermiş. Hali hazırda toplam güneş elektriği kurulu gücünün önemli bir bölümünü çatı üstü sistemler oluşturmaktadır. Hollanda mevcut yatırım eğilimleri ile 2020 yılında 10 GW'lık güneş elektriği kurulu güce ulaşma potansiyeline sahiptir.



Şekil 3.9. Hollanda güneş enerjisi kurulu güç dağılım haritası(Solargis, 2016).

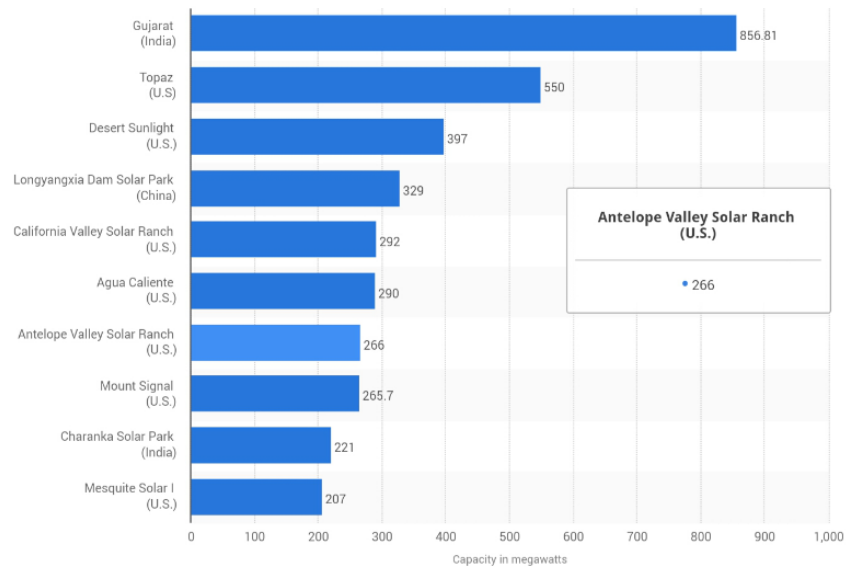
### 3.1.9. İskoçya

İskoçya'nın güneş enerjisi kurulu gücü 2014 yılına göre %28 artış göstererek 179 MW seviyesine ulaştı. 2010 yılı ile kıyaslama yapıldığında kurulu güçte 177 MW bir artış gözlenmektedir. 2015 sonu itibari ile 40,000'in üzerinde ev ve 850'nin üzerinde iş yerinde güneş enerjisi panel kurulumu yapıldı. Evlerde kurulan toplam güneş enerjisi

kurulu gücü ise 159 MW'a ulaşmıştır. İskoçya Solar Ticaret Birliği'nden John Foster'ın da değindiği gibi 2016'da evlerde güneş enerjisi teşviği artırılarak kapasite artışları sağlanması hedeflenmektedir.

### 3.1.10. Şili

Şili'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim kapasitesi 2,5 GW'ı aştı. Foto voltaikte 750 MW kurulu güce ulaşmış durumda, bununla birlikte Şili'de inşa, yatırım veya izin aşamasında 27 GW'a yakın güce ulaşacak yenilenebilir enerji projesi bulunurken güneş enerjisi ise 18 GW'a yakın pay ile bu alandaki yatırım hedefleri içinde ilk sırada yer almakta. Şili'de inşa aşamasında 2.270 MW gücünde fotovoltaik ve 110 MW gücünde yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrali (CSP) projesi bulunuyor. Şubat 2015 itibari ile Dünya'da kapasite bakımından en büyük 10 PV enerji santrali aşağıda şekil 3.10'da görülmektedir.



**Şekil 3.10.** Şubat 2015 itibari ile Dünya'da kapasite bakımından en büyük 10 PV enerji santrali (Guneshaber,2016).

### 3.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi:

Ülkemiz,coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre

Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise çizelge -3.6.'da verilmiştir (Keleşoğlu vd., 2005).

**Çizelge 3.6.** Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi(Eie,01.04.2016).

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ(Saat/ay)
	(Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(kWh/m <sup>2</sup> -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6 kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin güneşlenme süresien fazla olan bölgesi Güney Doğu Anadolu olup,bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Çizelge 3.7' de Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi bölgelere göre dağılımı verilmiştir.

**Çizelge 3.7.** Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı(Eie, 01.04.2016).

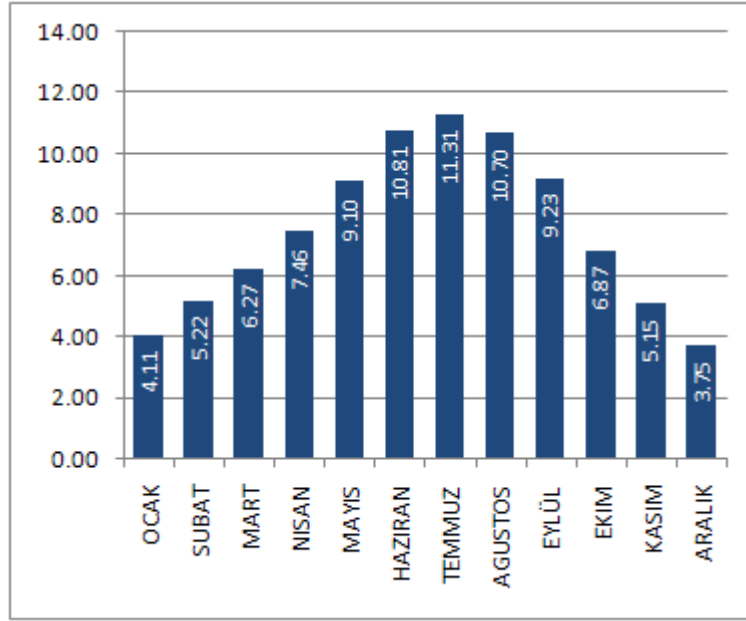
<b>BÖLGELER</b>	<b>TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ</b> <b>(kWh/m<sup>2</sup>-yıl)</b>	<b>GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)</b>
GÜNEYDOĞUANADOLU BÖLGESİ	1460	2993
AKDENİZ BÖLGESİ	1390	2956
DOĞU ANADOLU BÖLGESİ	1365	2664
İÇANADOLU BÖLGESİ	1314	2628
EGE BÖLGESİ	1304	2738
MARMARA BÖLGESİ	1168	2409
KARADENİZ BÖLGESİ	1120	1971

Türkiye'nin gerçek potansiyelinin daha fazla olduğu sonraki çalışmalardan anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi için güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerinden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir. Çizelge 3.8' de illerin güneşlenme süreleri ve radyasyon değerleri görülmektedir.

**Çizelge 3.8** İllere göre güneşlenme süreleri(Eie,01.04.2016).

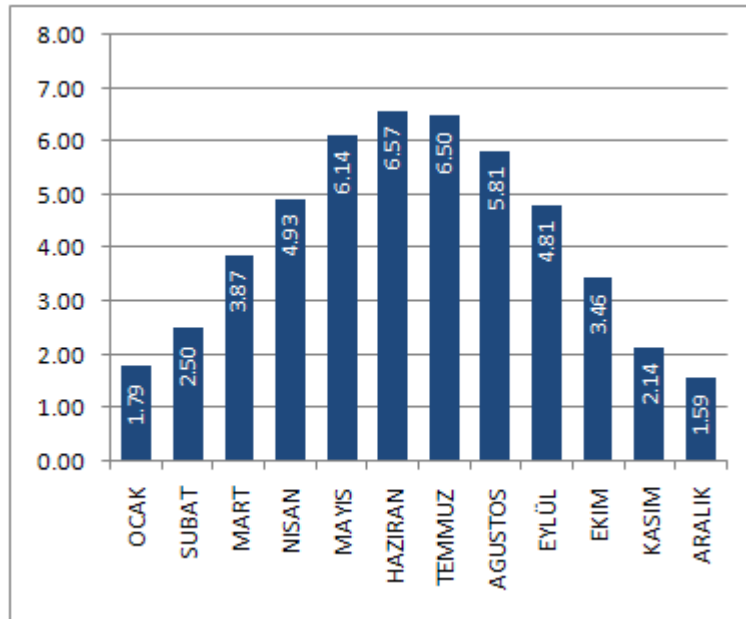
İL İLGÜNEŞLENME SÜRELERİ					
İL	Güneşlenme Süresi	Radyasyon Değeri	İL	Güneşlenme Süresi	Radyasyon Değeri
	(saat-yıl)	(KWh/m <sup>2</sup> -yıl)		(saat-yıl)	(KWh/m <sup>2</sup> -yıl)
Adana	2,953	1,564	İstanbul	2,446	1,612
Adıyaman	2,961	1,595	İzmir	2,986	1,496
Afyonkarahisar	2,705	1,557	Karabük	2,402	1,369
Ağrı	2,778	1,57	Karaman	3,007	1,66
Aksaray	2,886	1,578	Kars	2,537	1,472
Amasya	2,427	1,392	Kastamonu	2,394	1,364
Ankara	2,611	1,473	Kayseri	2,842	1,588
Antalya	3,011	1,646	Kırıkkale	2,648	1,46
Ardahan	2,31	1,472	Kırklareli	2,628	1,321
Artvin	2,124	1,409	Kırşehir	2,769	1,509
Aydın	3,011	1,557	Kilis	2,975	1,575
Balıkesir	2,686	1,418	Kocaeli	2,373	1,329
Bartın	2,376	1,307	Konya	2,898	1,608
Batman	2,873	1,576	Kütahya	2,559	1,49
Bayburt	2,398	1,529	Malatya	2,873	1,599
Bilecik	2,424	1,412	Manisa	2,84	1,486
Bingöl	2,719	1,592	Kahramanmaraş	2,913	1,61
Bitlis	2,69	1,604	Mardin	3,033	1,588
Bolu	2,402	1,416	Muğla	3,04	1,587
Burdur	2,944	1,631	Muş	2,686	1,591
Bursa	2,515	1,393	Nevşehir	2,834	1,537
Çanakkale	2,807	1,375	Niğde	2,93	1,62
Çankırı	2,514	1,432	Ordu	2,263	1,303
Çorum	2,511	1,419	Osmaniye	2,954	1,555
Denizli	2,931	1,591	Rize	2,124	1,403
Diyarbakır	2,613	1,473	Sakarya	2,358	1,342
Düzce	2,362	1,344	Samsun	2,314	1,335
Edirne	2,697	1,319	Siirt	2,828	1,591
Elazığ	2,829	1,588	Sinop	2,347	1,328
Erzincan	2,595	1,555	Sivas	2,653	1,538
Erzurum	2,504	1,393	Tekirdağ	2,606	1,337
Eskişehir	2,479	1,472	Tokat	2,464	1,431
Gaziantep	2,978	1,582	Trabzon	2,132	1,394
Giresun	2,285	1,435	Tunceli	2,716	1,579
Gümüşhane	2,349	1,5	Şanlıurfa	3,033	1,586
Hakkâri	3,508	1,61	Şırnak	2,975	1,601
Hatay	2,997	1,536	Uşak	2,789	1,54
Isparta	2,858	1,612	Van	3,07	1,652
Iğdır	3,34	1,487	Yalova	2,424	1,342
İçel	3,015	1,614	Yozgat	2,683	1,494
			Zonguldak	2,38	1,313

İllere göre güneşlenme sürelerine baktığımızda yılda en çok güneşi 3.508 saat ile Hakkari onu 3033 saat ile Mardin ve daha sonra 3011 saat ile Antalya'nın en iyi güneş alan illerimiz olduğu görülmektedir. En az güneş alan illerimiz ise Rize Trabzon ve Artvin illeri olduğu görülmektedir.

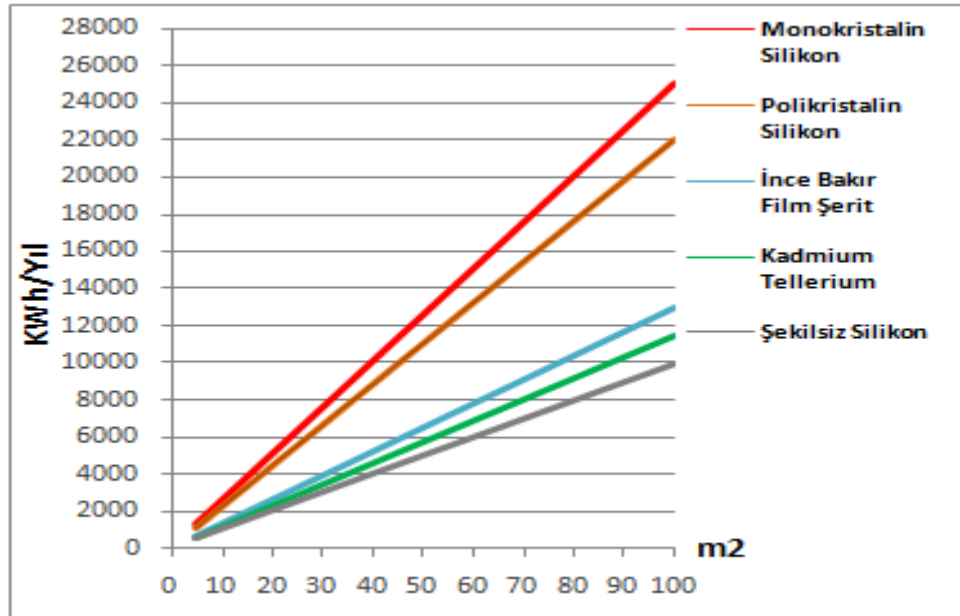


Şekil 3.11. Türkiye güneşlenme süreleri (Saat)(Yegm,18.04.2016).

Şekil 3.11'de de görüldüğü gibi ülkemizde en fazla temmuz ayında en az ise aralık ayında güneşten yararlandığı görülmektedir.



Şekil 3.12. Türkiye global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)(Yegm,2016).



Şekil 3.13. Türkiye PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl)(Yegm, 2016).

2015 sonu itibariyle Türkiye'nin, geçici onayı alınmış GES kurulu gücü 300 MW hedefini aşarak 320 MW'a ulaşmıştır. Dünya ile rekabet edebilmesi için kurulu kapasitenin artırılması ve projeler yapılması gerekmektedir.

### 3.3. Bilecik ve İlçelerinde Güneş Enerjisi

Bilecik iline ve ilçelerine ait global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri aşağıda grafik şeklinde görülmektedir. Grafiklere geçmeden önce genel itibariyle radyasyon, güneş radyasyonu ve global radyasyon tanımlarına bir göz atalım.

**Güneş Radyasyonu:** Işınım veya radyasyon, belirli bir merkezden o merkezin çevresine enerjinin taşınmasıdır. Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar şeklindeki enerjinin yayılması veya taşınması biçiminde tarif edilebilir. Her keskin bildiği gibi maddenin ana yapısını atomlar oluşturmaktadır. Atom da, proton ve nötronlardan meydana gelen bir çekirdek ve bu çekirdek etrafında dönen elektronlardan oluşmuştur. Bir madde de atom çekirdeğinde bulunan nötronların sayısı, eğer proton sayısına göre fazla ise; bu maddeler kararsız bir yapı sergilemekte ve çekirdeğinde bulunan nötronlar alfa, beta, gama vb. gibi çeşitli ışınlar yayarak parçalanmaktadırlar. Etrafına bunun gibi ışınlar yayarak parçalanmış maddelere "radyoaktif madde (güneş)", çevreye yayılan ışınlar ise "radyasyon" denilmektedir. Bilimsel anlamda yapılan

çalışmalara bakıldığında enerji büyüklüğüne göre güneş radyasyonu genelde kısa dalga boyuna sahip olduğu görülür. Bu radyasyon verileri iki kavram ile izah edilmektedir. Bunlar; irradyans ve irradyasyon'dur.

**İrradyans:** Birim alana birim zamanda düşen anlık enerji( $W/m^2$ ).

**İrradyasyon:** Bir zaman diliminde birim alanda oluşan güneş enerjisi miktarıdır( $Wh/m^2$ ).

**DirektRadyasyon:** Gökyüzünden yer yüzeyine doğru açılmadan, yansıtılmadan, direkt olarak ulaşan radyasyona denilir.

**DifzRadyasyon:** Gökyüzünden yeryüzüne doğru saçılarak ve dağılarak ulaşabilen radyasyon olarak ifade edilir. Güneş radyasyonu hava, bulutlar, su damlacıkları ve aerosoller gibi etkenlerden dolayı atmosferde dağılırlar. Dağılarak yeryüzüne gelen güneş ışınları yere çarparak tekrar dağılırlar.

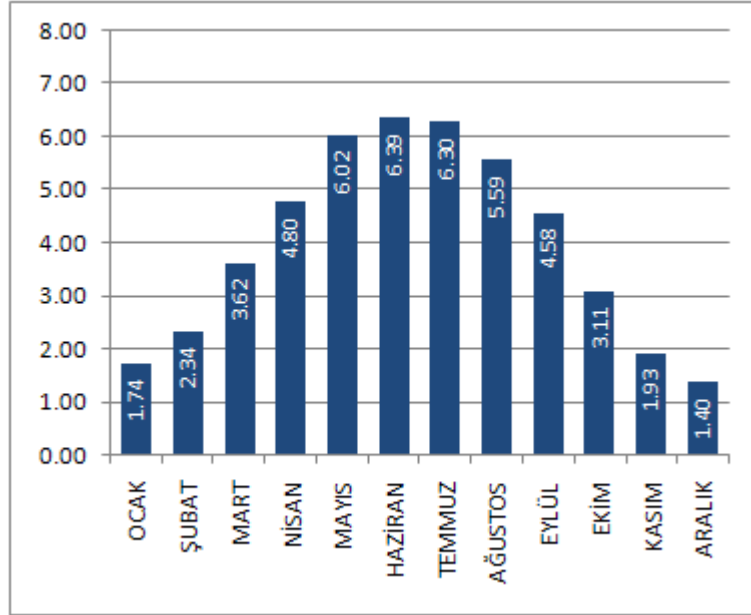
**Yansıtılan Radyasyon:** Yeryüzüne gelen güneş ışınımının az bir kısmı bulutlar ve yeryzeyi tarafından atmosfere tekrar yansıtılır. Bu radyasyona da yansıtılan radyasyon denir.

**Albedo:** Yer yüzeyine gelen güneş radyasyonunun yerden yansıtılmasının ölçüsüne denir. Diğer bir tabirle bir birim alandan yansıtılan radyasyonun güneşten bir birim alana gelen toplam radyasyona oranı albedoyu oluşturur. Yer yüzeyinin durumuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Örneğin yaz aylarında beyaz renkte elbise giydiğimizde, siyah renklere nazaran daha az sıcaklık hissettiğimizi görürüz. Bu beyaz rengin radyasyonu iyi yansıtığı, siyah rengin ise iyi yansıtmadığı anlamına gelir. Aynı şekilde kışın bir bölgenin karla örtülmesi yeryüzünde o bölgenin iyi bir yansıtıcı (albedosu yüksek), asfaltlı yolların ise kötü bir yansıtıcı yani düşük albedo değerlerine sahip olduğu söylenebilir. Yansıtılabilirlik veya albedo alanlarının yansıtma gücü; yada bir alana düşen elektromanyetik enerjiyi yansıtma kapasitesi denilebilir. Albedo, maddenin yüzey şekline, rengine ve birim alanına göre değişiklik gösterir. Gökyüzünden dünyaya bakıldığında, bulutların parlak, okyanus yüzeyinin ise genelde koyu renkte gözüktüğü, bunun sebebinin beyaz bulutlar gelen ışığın büyük bir bölümünü yansıtığları; yani albedoları yüksek olduğu görülecektir. Deniz yüzeyinin ise gelen ışığı emdiği, bulutlara göre çok küçük bir bölümünü yansıtığı; yani albedosunun düşük olduğu görülecektir. Yeryüzünde en yüksek albedo ya kar ve kum gibi cisimler sahiptir. Yapılan literatür

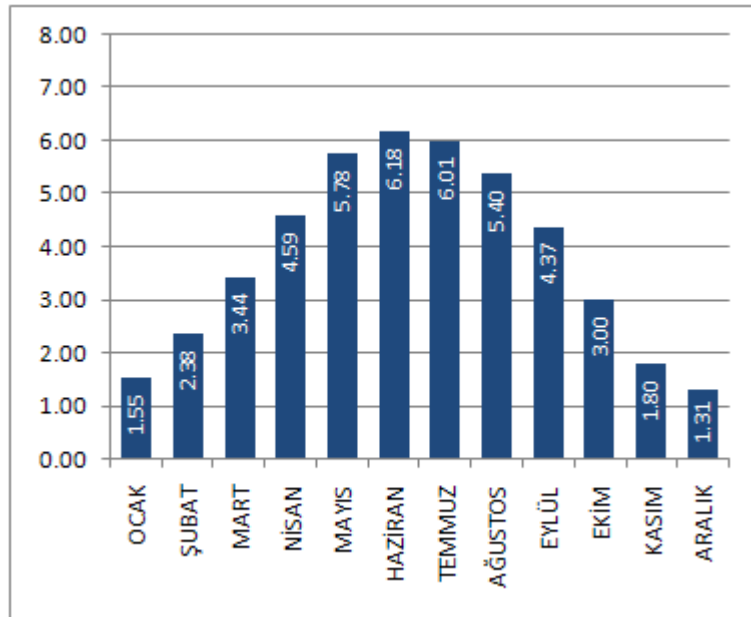
araştırmasında en düşük albedo değerinin ise yeni sürülmüş nemli topraklarda ve ormanlık alanlarda rastlandığı görülmüştür.

**Toplam (Global) Radyasyon:**Direkt, Difüz ve Albedo bileşenlerinin bütününe toplam (global) radyasyon diyoruz (Guneshaber,18.04.2016).

Genel hatlarıyla tanımlamaları yaptıktan sonra şimdi Bilecik ve ilçelerine ait global radyasyon değerlerini grafik halinde görelim.

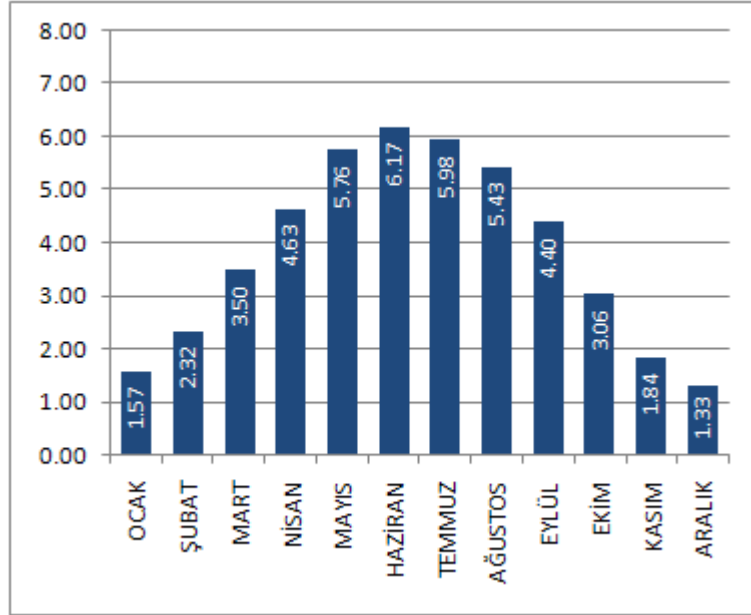


Şekil 3.14.Bozüyük global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)(Yegm, 18.04.2016).

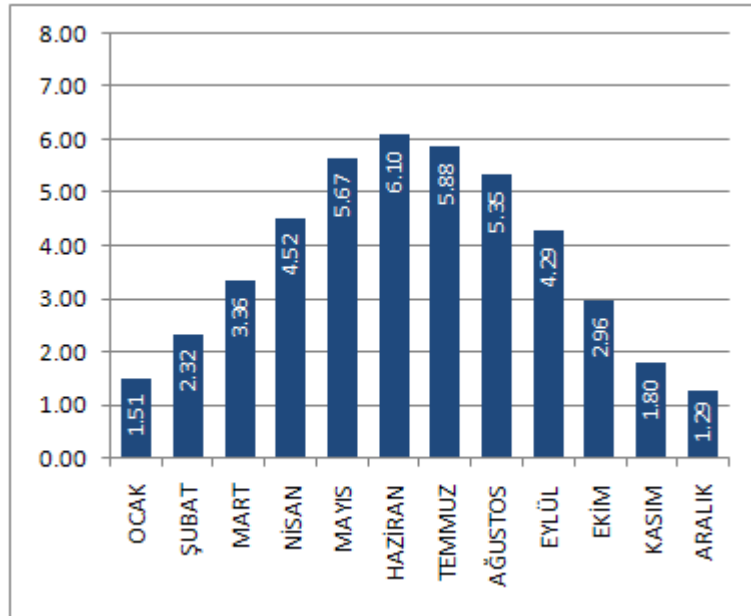


Şekil 3.15.Gölpaazarı global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)(Yegm, 18.04.2016).

Gölpazarı ve İnhisar ilçelerinde şekil 3.15-16 da görüldüğü gibi haziran ayında en yüksek radyasyon, aralık ayında ise en düşük radyasyon tespit edilmiştir.

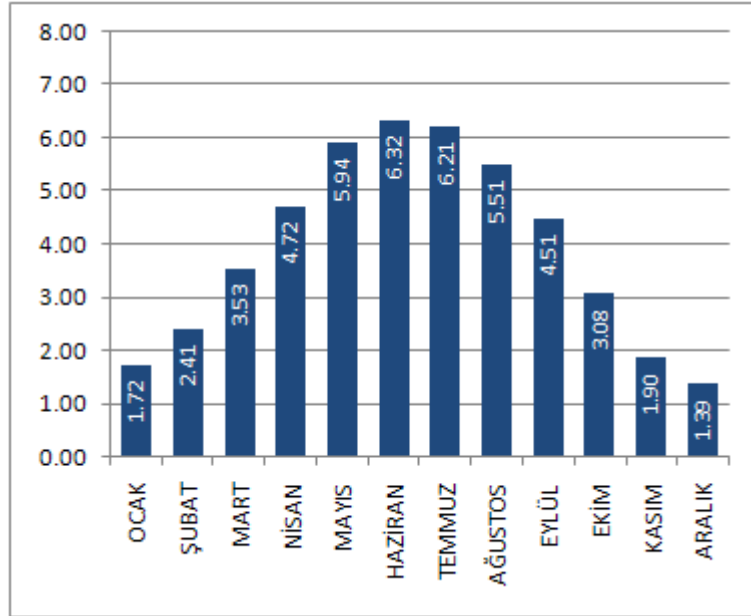


Şekil 3.16.İnhisar global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)(Yegm,18.04.2016).

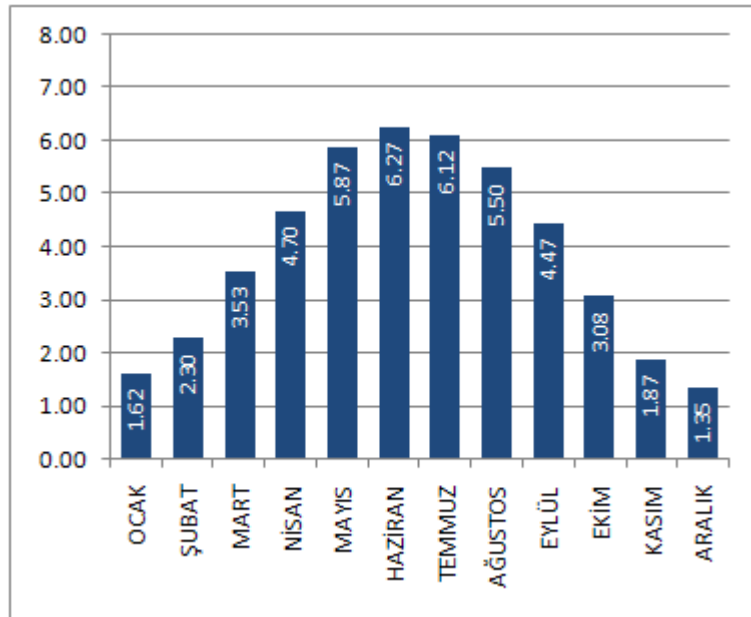


Şekil 3.17.Osmaneli global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)(Yegm,18.04.2016).

Osmaneli ve Pazaryeri ilçelerinde şekil 3.17-18 de görüldüğü gibi haziran ayında en yüksek radyasyon, aralık ayında ise en düşük radyasyon tespit edilmiştir.

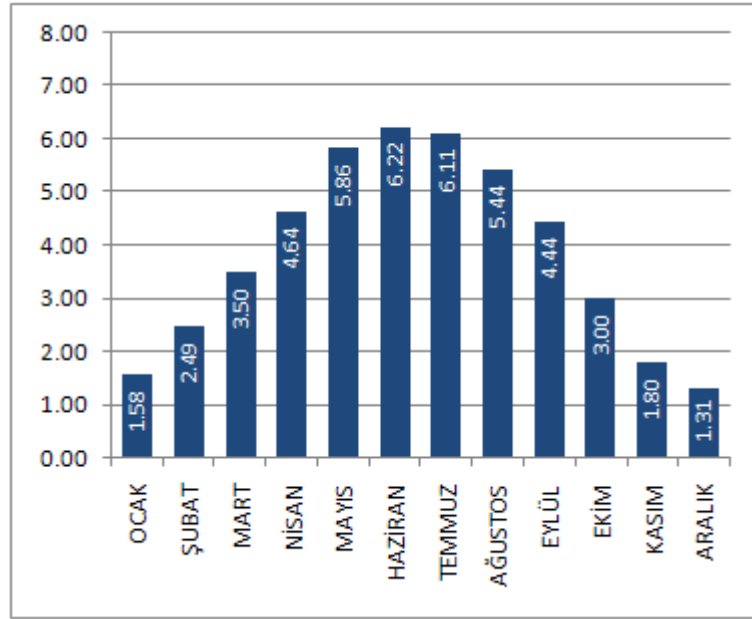


Şekil 3.18.Pazaryeri global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)(Yegm,18.04.2016).

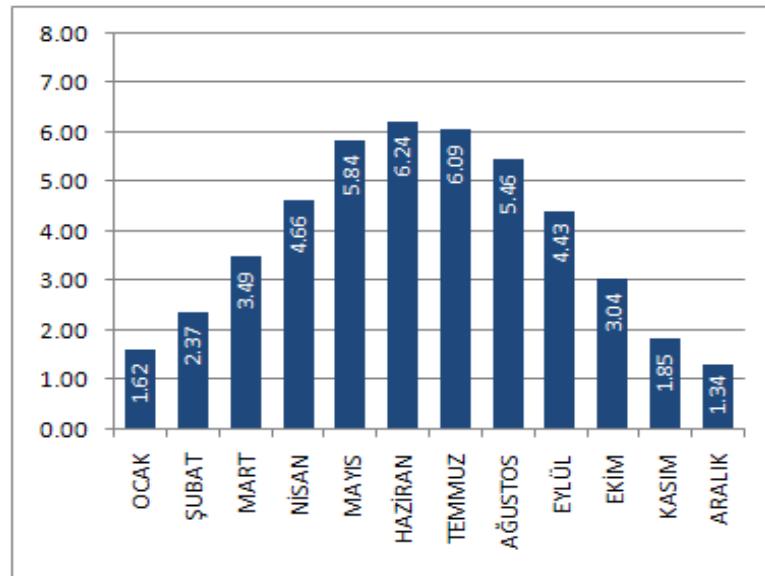


Şekil 3.19.Söğüt global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)(Yegm,18.04.2016).

Söğüt ve Yenipazar ilçelerinde şekil 3.19-20 de görüldüğü gibi haziran ayında en yüksek radyasyon, aralık ayında ise en düşük radyasyon diğer ilçelerde olduğu gibi tespit edilmiştir.

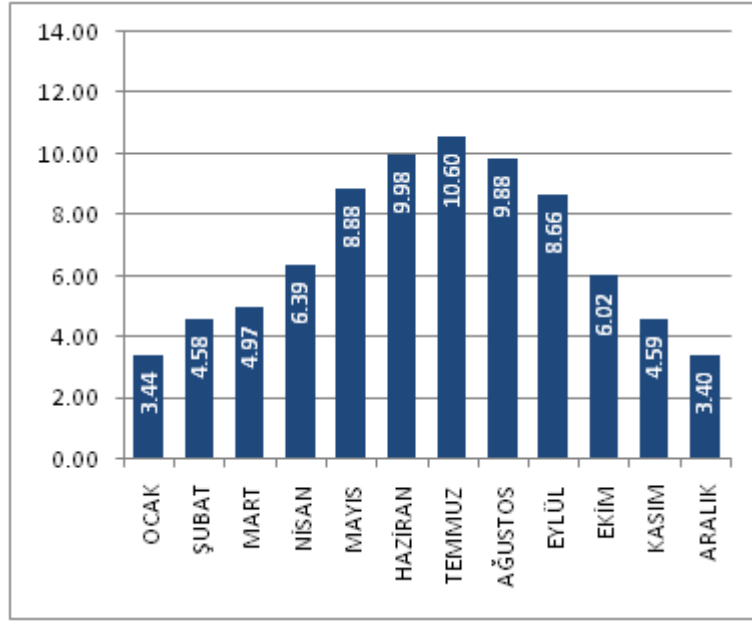


Şekil 3.20. Yenipazar global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)(Yegm,18.04.2016).

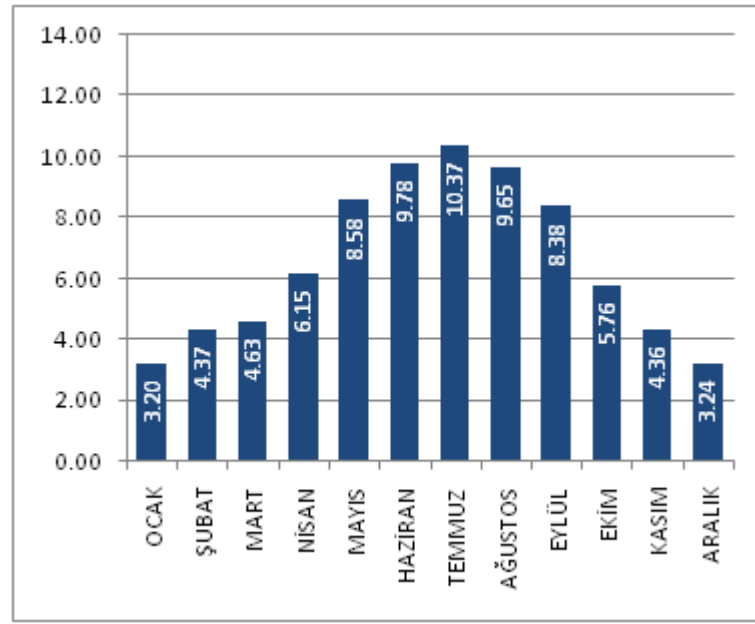


Şekil 3.21. Bilecik global radyasyon değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)(Yegm,18.04.2016).

Grafiklerde de görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon oranı ilçeleri kıyasladığımızda Bozüyük ilçesinde ve tüm ilçelerde haziran ayında olduğu görülmektedir. En düşük ise Osmaneli ilçesinde ve yine aynı şekilde tüm ilçelerde ortak olarak aralık ayında görülmektedir. Bilecik ilinin güneşlenme süreleri de aşağıda grafikler halinde gösterilmiştir.

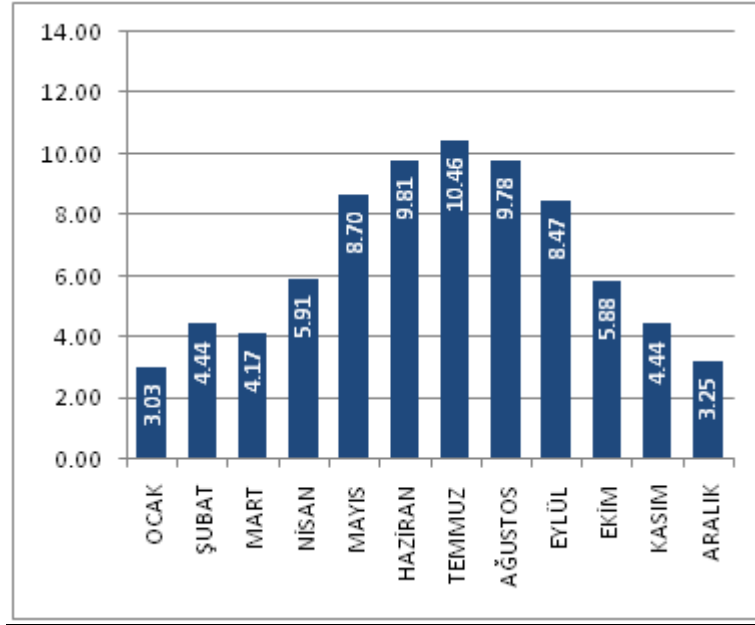


Şekil 3.22.Bozüyük güneşlenme süreleri (Saat)(Yegm,18.04.2016).

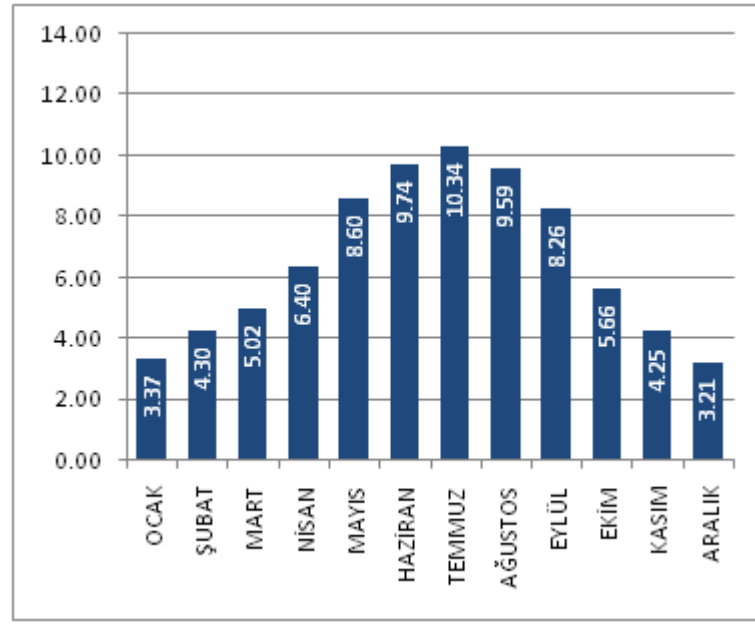


Şekil 3.23.Gölpaazarı güneşlenme süreleri (Saat)(Yegm,18.04.2016).

Gölpaazarı ve İnhisar ilçelerinde şekil 3.23-24 de görüldüğü gibi temmuz ayında en yüksek güneşlenme süresi, ocak ayında ise en az güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.

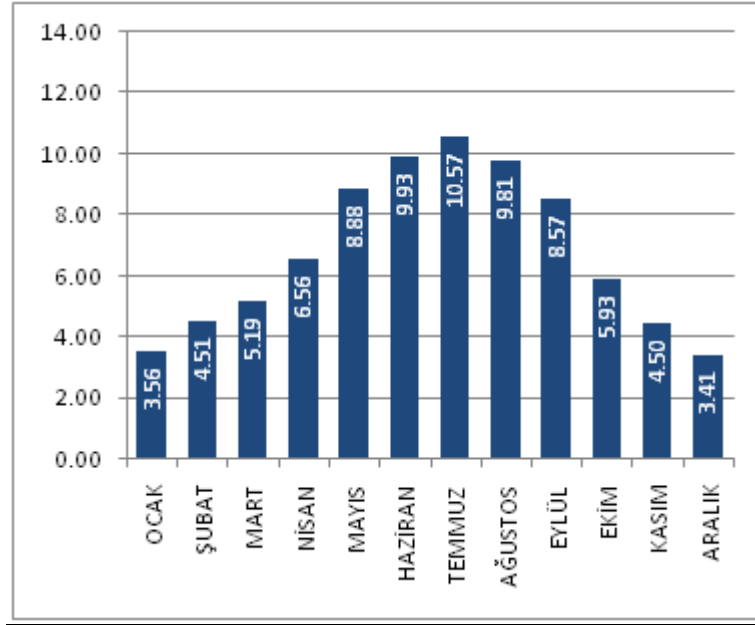


Şekil 3.24. İnhisar güneşlenme süreleri (Saat)(Yegm,18.04.2016).

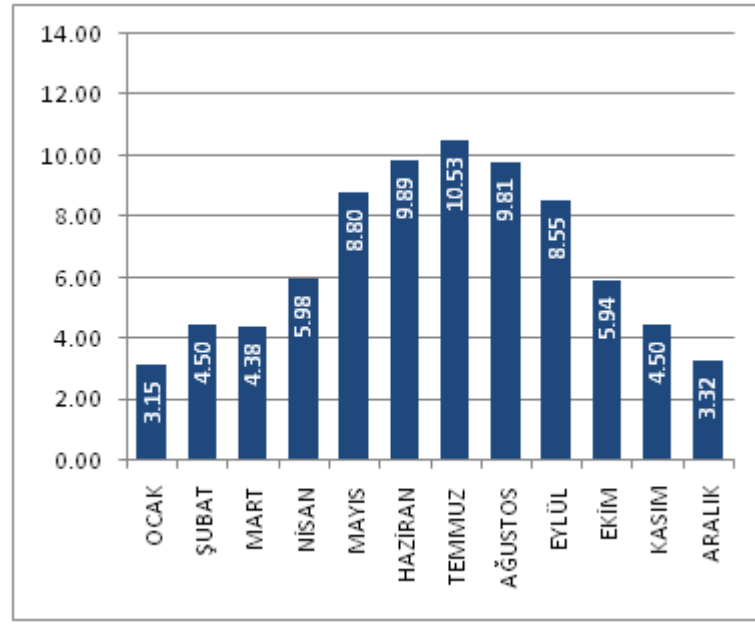


Şekil 3.25. Osmaneli güneşlenme süreleri (Saat)(Yegm,18.04.2016).

Osmaneli ve Pazaryeri ilçelerinde ise şekil 3.25-26 da görüldüğü gibi temmuz ayında en yüksek güneşlenme süresi, aralık ayında ise en az güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.

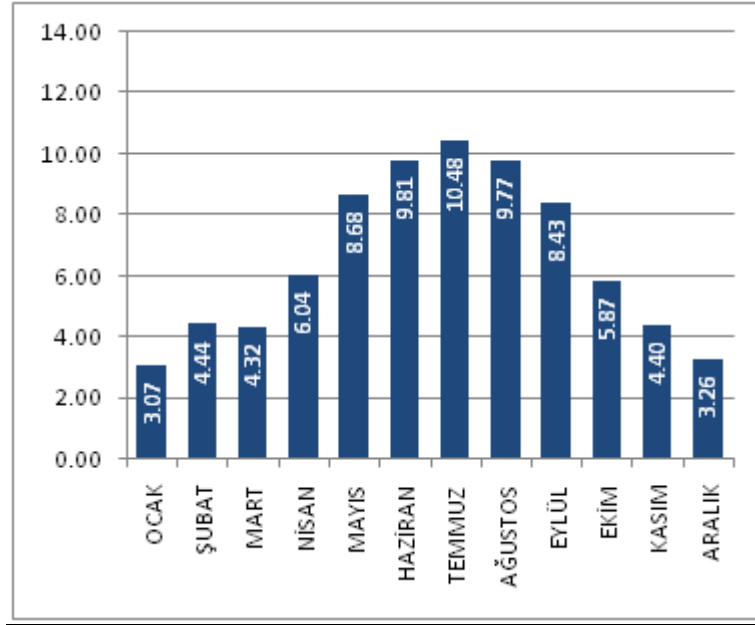


Şekil 3.26.Pazaryeri güneşlenme süreleri (Sa)(Yegm,18.04.2016).

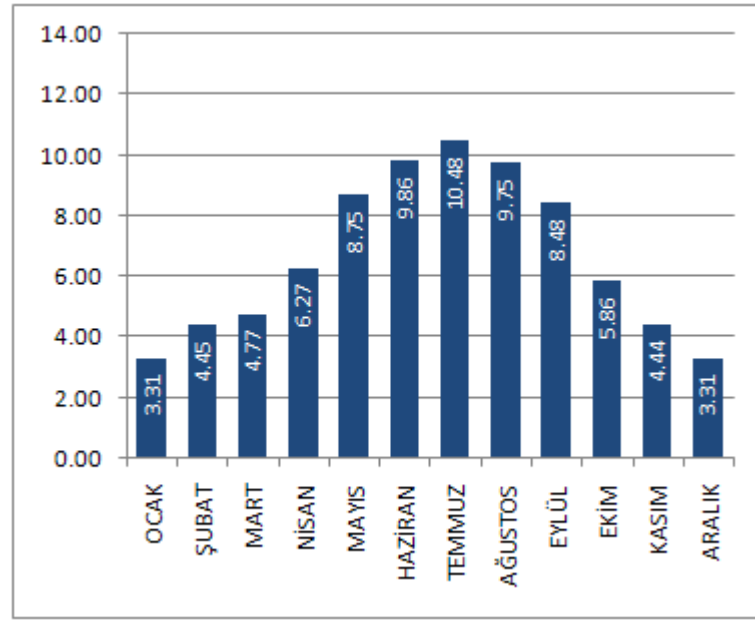


Şekil 3.27.Söğüt güneşlenme süreleri (Sa)(Yegm,18.04.2016).

Söğüt ve Yenipazar ilçelerinde şekil 3.27-28 de görüldüğü gibi yine aynı şekilde temmuz ayında en yüksek güneşlenme süresinin görüldüğü, ancak en düşük güneşlenme süresinin burada ocak ayında olduğu görülmektedir.



Şekil 3.28.Yenipazar güneşlenme süreleri (Saat)(Yegm,18.04.2016).



Şekil 3.29.Bilecik güneşlenme süreleri (Saat)(Yegm,18.04.2016).

Yukarıda şekillerde anlaşılacağı gibi genel itibariyle güneşlenme sürelerine bakıldığında temmuz ayında ortalama 10.60 saat ile en çok Bozüyük ilçesinin güneş aldığı en az ise 3.03 saat ile İnhisar ilçesinin yararlandığı görülmektedir.

## 4. YAPAY SİNİR AĞLARI

### 4.1. Yapay Zekâ

Yapay Zekâ kavramının geçmişi modern bilgisayar biliminin tarihi kadar eskidir. Fikir babası, "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu ortaya atarak Makine Zekâsını tartışmaya açan Alan Mathison Turing'dir. 1943'te II. Dünya Savaşı sırasında Kripto Analizi gereksinimleri ile üretilen elektromekanik cihazlar sayesinde bilgisayar bilimi ve yapay zekâ kavramları ortaya çıkmıştır.

Newell ve Simon, insan gibi düşünme yaklaşımına göre üretilmiş ilk program olan Genel Sorun Çözücü'yü geliştirmişlerdir. Simon'un ortaya attığı fiziksel simge varsayımı insandan bağımsız zeki sistemlerin alanını oluşturmuştur (Gülay,2009).

Bugün, bu çalışmaları teşvik etmek amacı ile Alan Turing'in adıyla anılan Turing Testi A.B.D 'de Loebner ödülleri adı altında Makine Zekâsına sahip yazılımların üzerinde uygulanarak başarılı olan yazılımlara ödüller verilmektedir.

Testin içeriğini kısaca şöyle açıklayabiliriz; Birbirini tanımayan birkaç insandan oluşan bir denek grubu birbirleri ile ve bir Yapay Zekâ diyalog sistemi ile geçerli bir süre sohbet ediyorlar. Birbirlerini yüz yüze görmeden yazışma yolu ile yapılan bu sohbet sonunda deneklere sorulan sorular ile hangi deneğin insan hangisinin Makine Zekâsı olduğunu saptamaları isteniyor. İlginçtir ki şimdiye kadar yapılan testlerin büyük bir kısmında makine zekâsı insan zannedilirken gerçek insanlar makine olarak görülmüştür.

### 4.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)

YSA'ları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen bilgisayar sistemleri olarak tarif edebiliriz. YSA'larının programlanması çok zor veya mümkün değildir (Yılmaz, 2004).

#### 4.2.1. YSA'nın tarihi gelişimi

YSA'nın tarihçesi nörobiyoloji konusuna insanların merak duyması ve öğrendikleri bilgileri bilgisayar bilimine uygulamaları ile başlamaktadır. YSA tarihini 1970 öncesi ve sonrası diye ikiye ayırmak mümkündür. 1970 yılına kadar, kullanılamaz denilen YSA tekrar doğmuştur. Herhangi bir hesaplanabilir fonksiyonun sinir hücrelerinden oluşan ağlarla hesaplanabileceği, mantıksal ve/veya işlemlerini gerçekleştirilebileceği ispat edildi. Bu ağ yapılarının uygun şekilde tanımlanmaları

halinde öğrenme becerisi kazanabileceği görülmüştür. Hebb (1949), yılında sinir hücreleri arasındaki bağlantıların şiddetlerini değiştirmek için basit bir kural önerince, öğrenebilen YSA modeli gerçekleştirmek ihtimal haline gelmiştir.

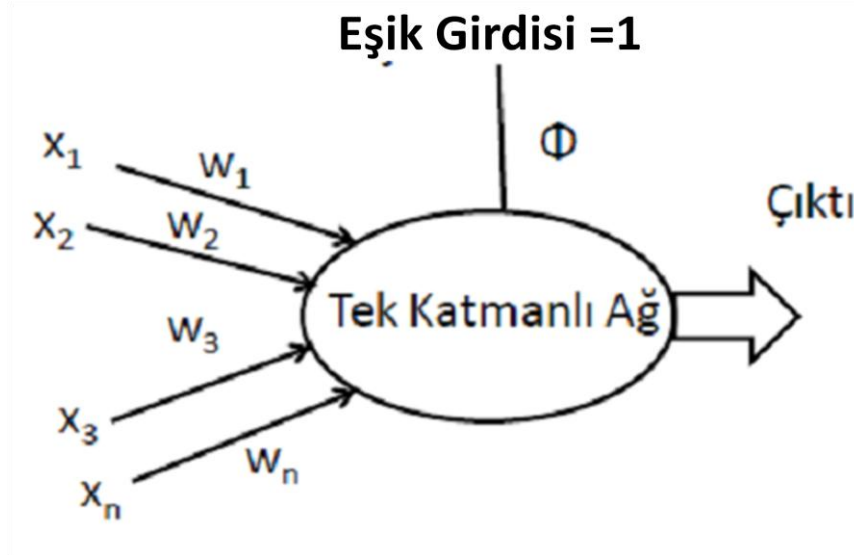
İlk yapay sinir ağı temelli bilgisayar SNARC, MIT Üniversitesinde Minsky ve Edmonds tarafından 1951’de üretildi. Çalışmalarını Princeton Üniversitesi’nde sürdüren McCarthy, Minsky, Shannon ve Rochester’le birlikte 1956 yılında Dartmouth’da iki aylık bir açık oturum şeklinde toplantı yaptı. Bu toplantıda birçok çalışmanın temelleri atılmakla birlikte, toplantının en önemli özelliği McCarthy tarafından önerilen “Yapay Zekâ” adının kabul edilmesidir. Kuram ispatlayan ilk programlardan LogicTheorist (Mantık kuramcısı) burada Newell ve Simon tarafından gruba tanıtılmıştır. 1960’ların sonlarına doğru YSA çalışmalarının yavaşlayarak durma noktasına gelmesine sebep Minsky ve Pappert tarafından yazılan Algılayıcılar(Perceptrons) adlı kitaptır. Bu kitapta doğrusal olmayan problemlerin YSA’lar tarafından çözülemediği, XOR problemi ile ispatlanmıştır. Bunun sonucu olarak YSA’lar ile çalışmaların verimsiz olduğunun söylenmesi, araştırmacıların bu konudaki çalışmalarını durma noktasına getirmiştir (Yılmaz, 2014).

1980’lerin başlarından itibaren bu konuda çalışan az sayıda bilim insanının düzenlediği konferanslar ve bazı başarılı ticari uygulamalar sayesinde, YSA çalışmaları yeniden ivme kazanmıştır. 1982-1984 Yıllarında Hopfield tarafından yapılan çalışmalar sonucunda YSA’ların geliştirilebileceğini ve çözümü zor olan birçok problemin çözülebileceğini gösterdiğinden YSA’lar tekrar önem kazanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Hinton ve arkadaşları’nın yaptığı Boltzman Makinası’nın ortaya çıkmasına neden olmuştur( Öztemel, 2003). Spect, bu ağların daha gelişmiş şekli olan Olasılıksal Sinir Ağları ve Genel Regresyon Sinir Ağları’nı geliştirmiştir (Yılmaz,2014).

### **4.3. Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları**

Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağları (T.K.Y.S.A.) yalnızca girdi ve çıktı katmanlarından oluşur. Her ağın bir ya da daha fazla girdisi veya çıktısı olabilir. Şekil4.1 ‘de tek katmanlı ağ yapısı görülmektedir.

Tek katmanlı yapılarda çıktı fonksiyonu doğrusal bir fonksiyon olup, ağı gönderilen örnekler iki sınıf arasında paylaşılır. Daha sonra, bu iki sınıfı birbirinden ayıran doğru bulunmaya çalışılır.



Şekil 4.1. Tek Katmanlı YSA Yapısı.

Burada;

X: Giriş değeri

W: Ağırlık

n: Giriş parametresi sayısı

$\phi$ : Eşik Girdisi

Ç: Çıkış değerini ifade etmektedir.

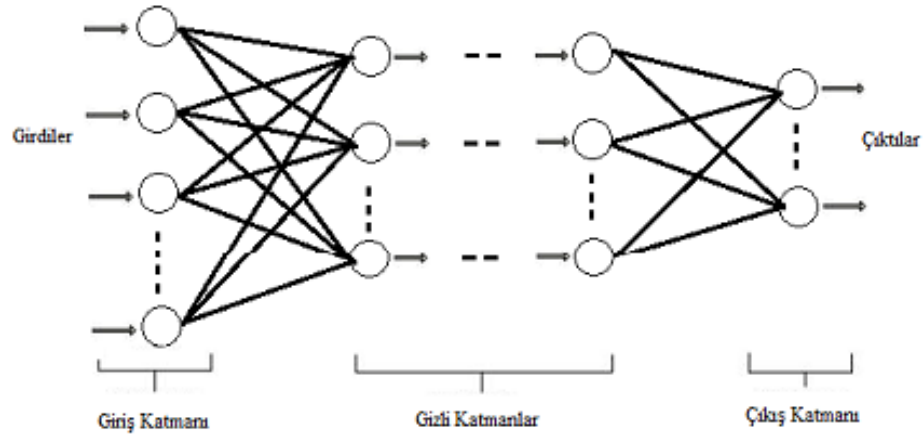
Çıkış değerleri  $\check{C} = X_1 * W_1 + X_2 * W_2 + X_3 * W_3 + \dots + X_n * W_n + \phi$  denklemi kullanılarak hesaplanır.

Tek katmanlı YSA yapısında ağın çıktısı, girdilerin ağırlıklarıyla çarpılıp eşik değeri ile toplanması sonucu sonrasında elde edilen değerlerin aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesiyle hesaplanır. T.K.Y.S.A. doğrusal olmayan problemlerin çözümde etkili olmayabilir.

#### 4.4. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları

Daha önce bahsettiğimiz gibi tek katmanlı ağların XOR problemini çözmesi mümkün olmayınca doğrusal olmayan ilişkilerin tasarlanmasında bu ağlar kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak Rumelhart (1986), tarafından geliştirilen hatayı geriye yayma

yöntemi (backpropagation) uygulanan problemlerin alanını da çok daha kapsamlı hale getirmiştir. Bu ağlara öğrenme yöntemine göre bakıldığında, denetimli öğrenme biçimini kullanırlar. Hatayı azaltarak düşürme (gradientdescent) denilen kademeli azalma yöntemi kullanılır, buna rağmen işlemler yapılırken doğrudan geri-besleme bağlantıları yoktur. Geriye hata hesaplaması ileriye doğru hesaplamalardan sonra yapılır. Bu yüzden bu ağlara ileri beslemeli ağlar da denilmektedir. Katmanlardaki her işlemler alt katmanlardaki tüm işlem elemanlarına bağlanır. Bu model teknik/mühendislik problemlerinin büyük bir kısmına uygulanabilmektedir. Bu ağlara denetimli ağ denmesinin sebebi verilen girdilere karşılık hesaplanan sonuçlar tıpkı tek katmanlı ağlarda olduğu gibi çıktı değerleri üzerinden beklenen değerlere yaklaştırılmaya çalışılır (Yılmaz,2014).



**Şekil 4.2.** İki çıkışlı çok katmanlı ağ yapısı (Karakuzu, 2014).

Şekil 4.2’te görüldüğü üzere çok katmanlı ağlar en az üç katmandan oluşur. Birinci katmanı girişler oluşturur. Girdi katmanında bilgi işleme gerçekleşmemektedir. Sadece gelen bilgiler bir sonraki katman olan ara katmanlara gönderilir. Her işlem elemanlarının bir girdisi ve bir çıktısı vardır. Bu çıktı bütün ara katmanlara gönderilir. Ara katmanlar girdi katmanından gelen bilgileri işleyip çıktı katmanı veya başka bir ara katmana gönderirler. Bu katmandaki elemanlarda bir sonraki katmandaki her elemana bağlıdır. Çıktı katmanında ise gelen bilgilerden beklenen çıktılar üretilir. Çıktı katmanının şekilde görüldüğü gibi tek olması zorunluluğu yoktur. Fakat çıktı elemanlarının tek katmanlı ağlarda olduğu gibi sadece birer çıktısı olmaktadır. Ağ

kendisine verilen örneklerden tıpkı tek katmanlı ağlarda olduğu gibi genellemeler yaparak beklenen çıktılara ulaşmaya çalışır.

Ulaşmaya çalışılan benzer örnekler için benzer çıktıların hangi doğrulukta çözümleneceği önemlidir. Burada daha iyi anlamak için ilk önce bazı tanımların açıklanması gerekmektedir.

#### **4.4.1. Öğrenme katsayısı**

Bu değer ağırlık değerlerinde hangi düzeyde bir değişim olabileceğini tanımlamak için kullanılan bir değerdir. Eğer büyük değerler verilirse ağın yerel çözümler denilen belirli bir hata düzeyi aralığında kalması sağlanmakta ve performansının iyileştirilmesi olmamaktadır. Bu yüzden her zaman belirli bir hata düzeyi en baştan kabul edilir. Küçük değerler ise ağın öğrenme süresini çok uzatmaktadır. Genelde bu değerler 0,2 ve 0,4 ağırlığında verilir.

#### **4.4.2. Momentum katsayısı**

Bu katsayı da tıpkı öğrenme katsayısı gibi öğrenme performansını etkileyen bir etkendir. Bu sabit önceki iterasyondaki değerlerin belirli bir oranda yeni değişime eklenmesini sağlar. Yerel çözümlere takılmaktan kurtulmak için bu değerler yüksek verilebilir fakat o zaman ağın osilasyon denilen salınım düzeyi çok artıp tek bir çözüme ulaşmayı zorlaştırmaktadır. Küçük olması ise yerel çözümlere takılmasını sağlamaktadır. Genelde bu değerler 0,6 ve 0,8 ağırlığındadır (Yılmaz, 2014). Bu değerler problemde problemde değişebilmektedir. Bunların dışında öğrenmeyi iyileştirmek için bias denilen aktivasyon fonksiyonlarını dengeye getiren sabit bir değer kullanılabilmektedir. İlk önce yapılması gereken gerekli olan ağın topolojisinin ne olacağına karar vermektir. Sonra öğrenme katsayısı ve momentum katsayısı gibi sabit değerlerin belirlenmesi gerekir. Genelde ağın başlangıcında ağırlıklar rastgele atanmaktadır.

İlk olarak yapılan çok katmanlı ağın gerçek çıktılarını belirlemektir.(ileriye doğru besleme) İkinci olarak yapılan gerçek çıktılar ile beklenen çıktılar arasındaki hatayı ağa yaymaktır (Yılmaz,2014).

Hatayı geriye yaymada ara katman ve çıktı katmanı arasındaki bağlantı değerlerinin hesaplanması birbirlerinden farklılık arz etmektedir.

Çok katmanlı ağın çalışması için ilk önce belirli konuda belirli örneklerin toplanması gerekmektedir. Bu daha önceden gerçekleşmiş örneklerin toplanması işlemidir. Buna

eğitim seti veya eğitim kümesi adı verilmektedir. Ağın yeni değerlerle test edilmesi için de test seti veya test kümesi toplanması gerekmektedir. Test seti ilk başta ağa gösterilmemektedir. Eğitim setindeki örnekler ise diğer ağlarda olduğu gibi sırayla ağa gösterilir ve ağ tarafından öğrenildikten sonra test seti ile bu ağın performansı ölçülmeye çalışılır. Burada performanstan kastedilen şey ağın hiç görmediği örnekler karşısında başarısının hangi düzeyde olacağıdır. Zaten uzman sistemlerden en önemli farkı da bu önceden kestirilip belirlenememe durumudur. Bunun nedeni bilginin ağ üzerinde dağılarak tek tek elemanların ağırlık değerlerinin üzerinde bir anlam ifade etmemesidir. Fakat istenen çözüme nasıl ulaşılacağı konusunda elimizde bir bilgi yoktur. Yani ağ eğitim sırasında kendisi bu değerleri bulmaya çalışmaktadır. Bu yüzdendir ki her zaman tolerans değerini denilen hata payları kabul edilir. Her zaman en iyi çözümlerin üretilmesinin hiçbir garantisi yoktur. Çoğu zamanda tahmin edilmesi mümkün olmamaktadır.

Problemleri sonuçlara ulaştırmada örnekleri toplama ana problemlerden biridir. Çünkü örneklerin problem uzayının tamamını ifade etmesi zordur. Burada ki diğer bir sorun ise belirlenen örneklerin uzayı temsil edip edememe yeteneklerini ölçebilecek şu ana kadar belirlenmiş bir örnek bulunmamaktadır. Genel olarak verilerin % 80'i eğitim %20'si ise test için kullanılmaktadır. Burada önemli olan sadece belirli bir bölgeden verilerin alınmamasıdır. Parametrelerde ki ufak değişiklikler sonuçlarda büyük değişikliklere neden olabilmektedir. Her ağın topolojisi probleme uygun olmayabileceğinden dolayı, globalanlamda çözümlerin bulunması çok zor olabilmektedir. Yapılan denemelerde belirli iterasyon sayısından sonra hatanın azalmadığı öğrenmenin durduğu bir noktaya varılır, bunun üzerine ağ üzerinde belirli değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Kısacası ağa ne gösterilirse onun benzeri sonuçlara ulaşılır varsayımsal örnekler sonuca ulaştırmayı da zorlaştıracaktır. Örneklerin toplanmasında önemli olan bir diğer nokta ise girdilerin nasıl belirleneceğidir. Yapay sinir ağları sadece nümerik değerlerle çalışmaktadır. Bu yüzden nümerik olmayan değerler varsa bunların sayısal değerlere çevrilmesi gerekir. Bazı durumlarda ise girdilerin nümerik olarak gösterilmesi tamamen yapan kişinin kontrolündedir. Yani istenilen değerler verilebilir. Tabi bu yöntem ulaşılan sonuçlarda ki başarıyı da etkileyecektir. Örnekler ağa genelde sıralı veya rastgele biçimde sunulurlar. Adlarından da anlaşılacağı gibi bunların arasındaki tek fark örneklerin

seçilme sırasıdır ve seçme biçimidir. Fakat rastgele seçim de tıpkı sıralı seçim gibi hep farklı örnekler üzerinden olur yani tekrar aynı örneğin seçilmesi söz konusu değildir. Girdileri uygun ağırlık değerlerinin ağ tarafından rastgele atanması da çıktılar açısından önemli bir sorundur. Bu değerlerin belirlenmesi için şu ana kadar belirlenmiş bir standart bulunmamaktadır. Genel olarak -1 ve 0 ile 0 ve 1 arasındaki değerlerin daha hassas sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ağırlıkların ne zaman değiştirileceği kullanıcı tarafından ayarlanabilir. Bu değerler her örnekten sonra, belirli sayıdaki örnekten sonra veya bütün örnekler gösterildikten sonra şeklinde uygulanabilir. Son durum dediğimiz, bütün örnekler gösterildikten sonra, genelde az örnek sayılarının olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Girdilerde karşılaşılan diğer önemli sorunlardan biri de örneklerin birbirinden çok farklı(aşırı büyük veya küçük) değerler içermesi veya farklı formatlarda değerlerin olması ve bir kısmının yanlışlıkla bu örnek setlerine girme olasılığıdır.

Bu yukarıda saydığımız giriş problemlerini önlemek için bütün girdilerin belirli aralıklara indirgenmesi gerekmektedir. Bunun için de çoğunlukla 0 ve 1 aralığı en uygun indirgenme aralığı olarak seçilir. Bu yüzden ki aktivasyon fonksiyonlarından biri olan sigmoid fonksiyonu YSA'larda yüksek oranda tercih edilmektedir. Çünkü indirgenebilir bu fonksiyon sadece 0 ve 1 arasındaki değerleri üretmektedir. 0'dan küçük değerler sadece 0 değeri almakta 1'den büyük olanlar ise 1 olarak kabul edilmektedir. Bu indirgeme işleme için çok farklı denklemler ve formülasyonlar kullanılmaktadır. Genel olarak kullanılan yapı aşağıda denklem 1'de görüldüğü şekildedir;

$$X_{yeni} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (4.1)$$

Burada  $X_{yeni}$ , girdilerin yeni değeridir.  $X_{Min}$ , girdiler içindeki olası en küçük,  $X_{Max}$  ise girdiler içindeki olası en büyük değeri ifade etmektedir.  $X$  değeri ise indirgenecek değeri ifade etmektedir. Ağın ürettiği çıktılar dış dünyaya verilirken yine aynı şekilde orijinal değerlerine çevrilmesi gerekmektedir. Bu yüzden yukarıda kullanılan denklem tersine işletilir ve formül denklem 2'deki olur.

$$X = X_{yeni} X_{max} - X_{min} + X_{min} \quad (4.2)$$

Örnekler belirlendikten sonra çok katmanlı ağlarda belirlenecek ikinci en önemli işlem bu ağın topolojik yapısının yani kaç tane girdi katmanı, kaç tane gizli katman dediğimiz ara katman ve çıktı katmanı olacağının belirlenmesidir. Daha öncede bahsettiğimiz gibi örnek setine göre ileri hesaplamalar yapıldıktan sonra ağın ürettiği çıktı değeri ile beklenen çıktılar karşılaştırılır bu hata olarak ele alınır ve geriye doğru hesaplama yöntemiyle tüm elemanlara geriye doğru gidilerek dağıtım yapılr.

Bütün bu işlemler yapıldıktan sonra ağın öğrenebilmesi için ana kriter bu ağın ne zaman durdurulacağıdır. Çünkü hata düzeyi en aza inip çözüm üretecek sonuçlar bulduktan sonra ağ çalıştırılmaya devam edilirse bu ağın performansı düşebilir. Bu yüzden ağın ne zaman durdurulacağı konusunda bir karar vermek gerekecektir. Bunun için ilk önce belirlenmesi gereken iki kriter bulunmaktadır.

Yılmaz (2014), çalışmasında; hatanın belirli hata düzeyinin altına inmesi sonucu durdurma fakat bu durdurma hataların ortalama değerlerinin belirli bir düzeyin altına düşmesi şeklinde hesaplanmaktadır. Her örnek için hataların teker teker düşürülmesi daha iyi bir yöntemdir. Bu seçim uygulanan problemlere göre değişebilmektedir. Ağın belirli bir iterasyon sayısını tamamlaması sonucu durdurma bunun için başta birkaç deneme sonucu ne tür bir ilişkinin çıktığı saptanabilir buna göre gerekli görülen iterasyon sayılarına karar verilir demektir.

Yukarıdaki açıklamalardan sonra şunu diyebiliriz; Herhangi bir problemin çok katmanlı ağlar kullanılarak çözümünde hangi parametrelerin kullanılıp hangi topolojinin seçileceğini baştan kesin olarak belirleyecek herhangi bir yöntem yoktur. Bazı durumlarda bu ağlar büyütülüp, küçültülerek istenilen sonuçlara varılabilir. Burada büyültme ve küçültme ile anlatılmak istenen ağın eğitimi sırasında işlem elemanlarının sayılarını arttırmak ve azaltmak olarak kastedilmiştir. Bu süreçte genelde bilginin ilk olarak işlendiği ara katmanlar büyütülüp, küçültülür. Tek katmanlı ağların kullanılma alanları çok katmanlı ağlara göre daha dar kapsamlıdır.

#### **4.5. Geriye yayılım algoritması**

Burada çok katmanlı ağların nasıl çalıştığı ve doğrusal olmayan problemlere nasıl çözüm ürettiği konusunda uygulama yapılarak daha iyi anlaşılması sağlanacaktır. Aşağıdaki uygulamalarda da görüldüğü gibi problemde iki girdi bir çıktı olduğundan iki girdi, iki ara katman ve tek bir çıkış katmanı kullanılacaktır.

	Girdi 1	Girdi 2	Çıktı
1.Uygulama:	0	0	0
2.Uygulama:	0	1	1
3.Uygulama:	1	0	1
4.Uygulama:	1	1	0

Eşik değerlerde ara katmanlar ve çıkış katmanı için tektir. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılacaktır. Öğrenme( $\lambda$ ) ve momentum katsayıları( $\alpha$ ) şu şekilde verilmektedir;

$$\lambda = 0,3 \quad \alpha = 0,6$$

Girdi setleri genelde matrisler biçiminde satır ve sütunlar halinde dizayn edilirler. Sütunlar yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla işlem elemanlarının ağırlıklarını gösterir;

$$X = 0,136 \quad 0,420$$

$$X = -0,843 \quad 0,235$$

Çıktı katmanı ile ara katman arasında ki ağırlıklar;

$$X_1 = 0,154 \quad 0,642$$

Eşik değerlerinin ağırlıkları ara katmanlardan başlamak üzere sırasıyla;

$$\Theta_a = 0,251 \quad -0,018 \text{ ve çıktı katmanı için}$$

$$\Theta_c = -0,873 \text{ verilmektedir.}$$

#### 4.5.1. İleriye doğru hesaplama

Toplam girdiler tek katmanlı ağlarda olduğu gibi ağırlık ve girdilerin çarpılıp eşik değerleriyle toplanması ile hesaplanır. Girdi1=0 Girdi2=0 Beklenen Değer=0 için;

$$\text{Toplam1} = (0 * 0,136) + (0 * -0,843) + 0,251 = 0,251$$

$$\text{Toplam2} = (0 * 0,420) + (0 * 0,235) + -0,018 = -0,018$$

Bu şekilde ağırlıklarla yapılan işlemlerden sonra, ara katmana gelen veriler ara katmanda aktivasyon fonksiyonu olan sigmoid fonksiyonu ile işleme tabii tutulurlar. Önemli olan burada türevi alınabilir bir fonksiyon kullanmaktır. Bu geriye doğru hesaplamalarda kolaylık sağlaması açısından önemlidir. Bu fonksiyonun

$$f(x) = 1 / (1+e^{-x})$$

şeklinde alınır ve bu fonksiyonda bulduğumuz toplam değerleri yerine koyarsak ara katman çıktıları aşağıdaki gibi elde edilir (Karakuzu, 2014).

$$Y1 = 1 / (1+e^{-0,251}) = 0,562$$

$$Y2 = 1 / (1+e^{-0,018}) = 0,504$$

Buradan çıktı katmanına ulaşan toplam girdiler aynı şekilde bu işleme tabii tutularak hesaplanır. Yani çıktılar ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra toplanır ve eşik değeri eklenir;

$$\begin{aligned} \text{Toplam3} &= (0,562 * 0,154) + (0,504 * 0,642) + -0,873 \\ &= 0,087 + 0,324 + -0,873 \\ &= -0,462 \end{aligned}$$

bu toplam değere bağlı olarak ağırlık çıktısı;

$$Y3 = 1 / (1+e^{0,462}) = 0,386$$

Bu işlemlerden beklenen çıktı, B, 0 olduğuna göre ağırlık hatası,  $H = B - Y$  eşitliğinden;

$H = 0 - 0,386 = -0,386$  bulunur ve böylece ilk süreç tamamlanmış olur. Burada Y çıktı değerini H ise hesaplanan hata miktarını belirtmektedir.

#### 4.5.2. Hatanın geriye doğru yayılması

İlk önce gerekli olan değişim miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Bunun için sigmoid fonksiyonunun indirgenmiş hali olan

$$\Delta = Y(1-Y) \cdot H$$

formülükullanılır. Değerleri yerlerine koyarsak;

$$\Delta a = Y_3(1 - Y_3).H = 0,386 *(1 - 0,386)*(-0,386) = -0,091$$

bulunur. Ağırlık değişim miktarları hesaplandıktan sonra ağırlıkların belirli bir zamandaki (t) yeni değerleri şu formülle bulunur;

$$A_y(t) = A_y(t-1) + \Delta A_y(t)$$

Buradaki t-1 belirli bir iterasyondan önceki bir zamanı belirtmektedir. Aynı şekilde çıktı katmanının eşik değer ağırlıkları da şöyle bulunur;

$\Delta \Theta_{\text{ç}}(t) = \Delta a + \alpha * \Delta \Theta(t-1)$  bu değişim değerinin t iterasyonunda ki değeri ise;

$\Delta \Theta_{\text{ç}}(t) = \Delta \Theta(t-1) + \Delta \Theta(t)$  ile hesaplanır (Yılmaz, 2014).

Ağırlık değişim miktarı hesaplanırken görüldüğü gibi ( $\Delta a$ ) hatalar hesaplanırken sadece çıktı katmanı hesaba katılmıştır. Bu hatanın tüm katmanlar (ara ve girdi) için ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Temelde bu hatalar girdi ve ara katmanlarına da bağlıdır. O yüzden girdi ve ara katmanların ağırlıkları değiştirilirken çıktı katmanında ki hatalardan da etkilenir. Girdi ve ara katmanlarda ki ağırlıkların değişimi ise şöyle hesaplanmaktadır;

$\Delta X(t) = \Delta a * Y + \alpha * \Delta A(t-1)$  buradan ara katmanlar ve çıktı katmanı için gerekli değerleri yerlerine koyarsak;

$\Delta X(t)_a = 0,3 * -0,091 * 0,562 + 0,6 * 0$  ağırlıklar ilk defa ağa yayıldığı için (t-1) anı 0 olarak alınmaktadır.

$\Delta X(t)_a = -0,020619$  bu birinci ara katmanın değişim değeridir. Aynı şekilde ikinci ara katman ve çıktı katmanındaki eşik değeri için uygulanırsa;

$$\Delta X(t)_a = 0,3 * -0,091 * 0,504 + 0,6 * 0 = -0,013$$

$$\Delta X(t)_{\text{ç}} = 0,3 * -0,091 * 0,386 + 0,6 * 0 = -0,010$$

Ağırlıkların değişim miktarlarının yeni değerleri de daha önce belirtilen formüle dayanarak;

$$A_y(t) = X_y(t-1) + \Delta X_y(t) = 0,154 - 0,020 = 0,134 \text{ ilk ara katman}$$

$$A_y(t) = X_y(t-1) + \Delta X_y(t) = 0,642 - 0,018 = 0,624 \text{ ikinci ara katman}$$

$$A_y(t) = X_y(t-1) + \Delta X_y(t) = -0,873 - 0,014 = -0,887 \text{ çıkış eşik değeri}$$

Benzer bir biçimde girdi katmanı ile ara katman arasındaki ağırlıkların değişim oranı sonra da yeni ağırlık değerleri hesaplanır fakat ilk önce yeni hata değerleri ağa yayılır bunun için sigmoid fonksiyonunun indirgenmiş hali olan  $Y(1-Y)$  kullanılır;

$$\Delta a_{y1} = Y_1(1-Y_1) * \Delta a * \Delta X(t-1) = 0,562 * (1 - 0,562) * (-0,091) * (0,154)$$

$\Delta a_{y1} = -0,0034$  aynı işlemi ikinci ara katman için yaparsak;

$$\Delta a_{y2} = Y_2(1-Y_2) * \Delta a * \Delta X(t-1) = 0,504 * (1 - 0,504) * (-0,091) * (0,642)$$

$$\Delta a_{y2} = -0,014$$

Bu değişim oranlarını formülde yerlerine koyarsak ;

$$\Delta X(t) = * \Delta a * Y + \alpha * \Delta X(t-1) = 0,4 * -0,0034 * 0 \text{ (Çıktı olmadığından 0 alınır)} + 0,6 * 0 \text{ (eski ağırlık değeri olmadığından 0 alınır)} = 0$$

elde edilir.

Aynı şekilde ikinci ara katmanın yeni değişim değerleri de aynı formülden

$$\Delta X(t) = * \Delta a * Y + \alpha * \Delta X(t-1) = 0,3 * -0,014771 + 0,6 * 0 = 0 \text{ 'dır.}$$

Bu yüzden girdilerin ağırlık değerlerinde bir değişiklik yapılmaz. Girdi katman ile ara katman arasında yer alan yeni eşik değerleri ise;

$$\Delta \Theta_{y1}(t) = \Delta \Theta_{y2}(t) = * \Delta a_{y1} \text{ 'den} = 0,3 * -0,0034 = -0,0010$$

$$* \Delta a_{y2} \text{ 'den} = 0,3 * -0,014 = -0,0042$$

$$\Theta_{y1}(t) = 0,251 - 0,0013 = 0,249$$

$$\Theta_{y2}(t) = -0,018 - 0,0059 = -0,0239$$

olur.

Yukarıda bahsettiğimiz sadece birinci iterasyonun sonlandırılmasıdır. Bu bittikten sonra ikinci iterasyon başlayacaktır. Yani  $G_1=0$ ,  $G_2=1$  ve  $B=1$  değerleri için ağ çalıştırılacaktır. Önemli olan tüm çıktılarının en sonunda beklenen değere yakın sonuçlar üretip ağın öğrenmeyi sağlamasıdır. Bütün bu iyi özelliklere karşın çok katmanlı ağların öğrenme yerine bazen ezberlediği de görülebilmektedir.

### 4.5.3. Girdilerin ölçeklendirilmesi

Girişlerin sabit bir sayıya bölünmesi/çarpılması en basit normalizasyondur.

[0,1 aralığınınormalizasyon için ]

$$Y_{\text{yeni}} = (Y - Y_{\text{min}}) / (Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}})$$

[-1, +1 aralığınınormalizasyon için ]

$$Y_{\text{yeni}} = 2x(Y - Y_{\text{min}}) / (Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}) - 1$$

[a,b aralığına normalizasyon için ]

$$Y_{\text{yeni}} = (Y - Y_{\text{min}}) / (Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}) \times (b - a) + a$$

Denklemleri kullanılarak veriler istenilen aralığa normalize edilir.

### 4.5.4. Çıktıların ölçeklendirilmesi

Çıktıların ölçeklendirilmesi de öğrenme işlemi tamamlandıktan sonra ağıın çıktılarının dış dünyaya aktarılması ve anlaşılabilir ifadelere dönüştürmek için ters ölçekleme kullanılır. Biz uygulamamızda;

$$Y = Y_{\text{yeni}} (Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}) + Y_{\text{min}} \quad (4.3)$$

denklemini kullandık. Burada  $Y_{\text{yeni}}$  elde edilen  $Y$  değerini,  $Y_{\text{max}}$  tüm veriler arasında olası en büyük değeri,  $Y_{\text{min}}$  ise tüm değerler arasında olası en küçük değeri ifade etmektedir.

## 5. UYGULAMA

### 5.1. Verilerin Toplanması

2013 yılına ait saatlik nisbi nem, rüzgar şiddeti, hava basıncı, su buharı basıncı ve sıcaklık değerlerinin ham verileri Bilecik Meteoroloji müdürlüğünden alındı. Bu ham verilerden öncelikle beşinin de ortak olduğu gün ve saatler özel bir yazılımla tespit edilerek çakıştırıldı. Ortak olmayan veriler veri listesinden silindi. Yaklaşık 42540 veri arasından 8970 verinin ortak olduğu tespit edildi. Bu verilerden de nisbi nem, rüzgar şiddeti, hava basıncı, su buharı basıncı ve sıcaklık değerlerinden 1794'ar tane olduğu hesaplandı. Şekil5.1. de verilerin düzenlenmiş formatından bir kesit görülmektedir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Yıl</b>	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013
<b>Ay</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Gün</b>	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
<b>Saat</b>	6	9	12	15	18	6	9	12	15	18	6	9
<b>Rüzgar Şiddeti</b>	1,3	1,1	2,9	2,8	2,7	3,2	3,8	3,8	3,3	2,3	1,2	1,6
<b>Hava Basıncı</b>	943	940,6	938,3	939,2	960,8	936,5	938,6	937,7	938,8	953,7	944	945,5
<b>Su Buharı Basıncı</b>	7	7,5	9,9	10,2	10,8	6,4	6,7	5,2	5	5,3	6,2	6,7
<b>Nispi Nem</b>	91	77	68	79	82	80	72	74	78	84	86	79
<b>Sıcaklık</b>	3,3	6,6	8,5	6,1	5,2	3,7	5,8	6,4	5,1	3,5	2,3	4,5

Şekil 5.1. Ham verilerin düzenlenmesi.

Bu ham veriler daha sonra kullanacağımız aktivasyon fonksiyonuna göre, ki oda logsig fonksiyonudur, 0-1 aralığına normalize edildi. Şekil5.2 de bir kesit görülmektedir.

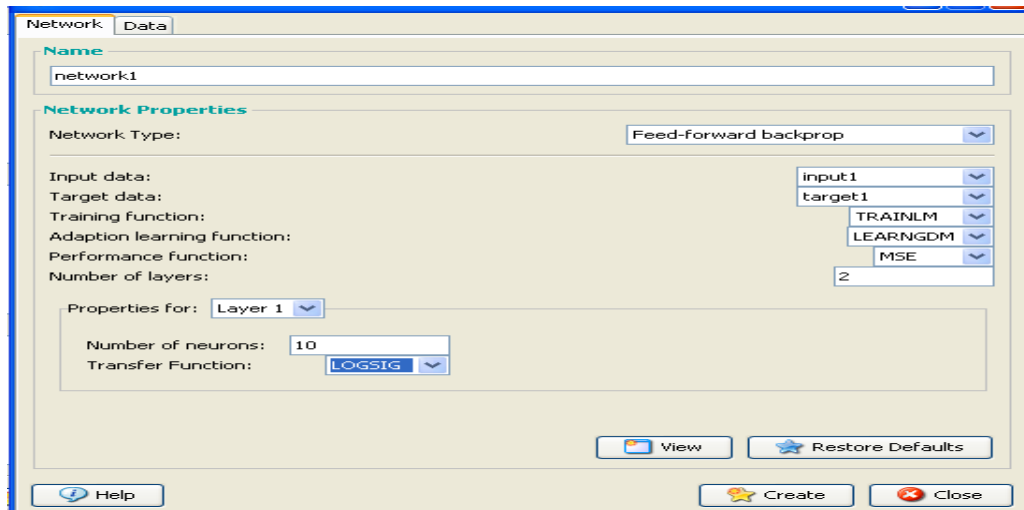
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Yıl</b>	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013
<b>Ay</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Gün</b>	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
<b>Saat</b>	6	9	12	15	18	6	9	12	15	18	6	9
<b>NORMALİZASYON (0-1)</b>												
<b>Rüzgar Şiddeti</b>	0,140845	0,112676	0,366197	0,352113	0,338028	0,408451	0,492958	0,492958	0,422535	0,28169	0,126761	0,183099
<b>Hava Basıncı</b>	0,262248	0,193084	0,126801	0,152738	0,775216	0,074928	0,135447	0,10951	0,14121	0,570605	0,291066	0,334294
<b>Su Buharı Basıncı</b>	0,201878	0,225352	0,338028	0,352113	0,380282	0,173709	0,187793	0,117371	0,107981	0,122066	0,164319	0,187793
<b>Nispi Nem</b>	0,905882	0,741176	0,635294	0,764706	0,8	0,776471	0,682353	0,705882	0,752941	0,823529	0,847059	0,764706
<b>Sıcaklık</b>	0,257757	0,336516	0,381862	0,324582	0,303103	0,267303	0,317422	0,331742	0,300716	0,26253	0,23389	0,286396

Şekil 5.2. Verilerin 0-1 aralığına normalize edilmesi.

Normalizasyon işleminde  $X_y = (X - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$  eşitliği kullanıldı.

## 5.2. Uygun Olan Ağ Yapısını Seçme

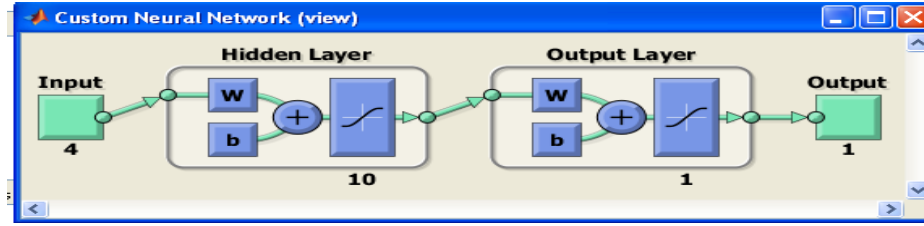
Uygulamamızda Matlab programında neural network paketini kullanarak analizlerimizi yapmaya çalıştık. Şekil 5.3 te seçilen ağın yapısı görülmektedir. Şekil 5.3' te görüldüğü gibi ağımızın tipi feed-forward backprop olarak seçildi. Giriş verisi olarak ta daha önce düzenlenen saatlik nispi nem, rüzgar şiddeti, hava basıncı, su buharı basıncı verilerininin %80 'ni olan 1435 veri eğitim kümesi olarak seçildi. Hedef veri(Target data)olarak sıcaklık değerlerinden 1435 tanesi seçildi. YSA yapısına uygun öğrenme algoritması ve parametreleri Şekil 5.3 te verilmiştir. Bu yapıya uygun giriş, ara katman ve çıkış sayıları da belirlenmiştir. Gizli katmanda bulunacak nöron sayılarının seçimi YSA için oldukça önemlidir. Daha sonra, kullanılacak aktivasyon fonksiyonu belirlendi.



Şekil 5.3. Seçilen ağ yapısı.

Training, learning, performans ve transfer fonksiyonları olarak en uygun fonksiyonlar seçildi. Gizli veya ara katman olarak 10 seçildi ve eğitim başlatıldı. Eğitim tamamlanıncaya kadar işlemlere devam edildi.

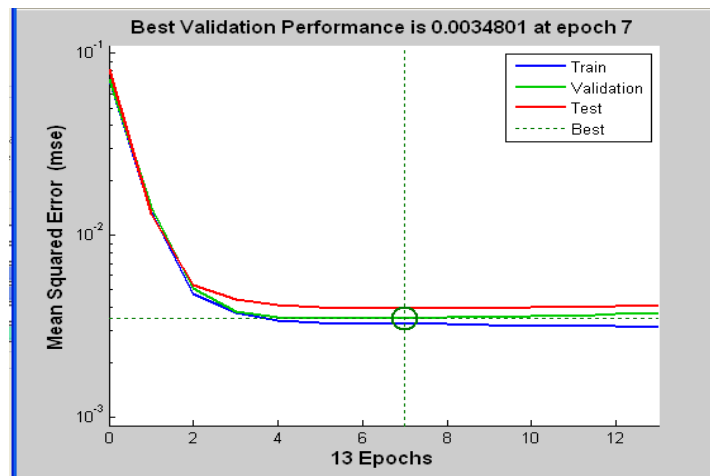
Ağımızın yapısı şekil 5.4 te görülmektedir.



Şekil 5.4. Ağ yapısı.

**YSA modeli için öğrenme algoritması seçimi:** YSA yapısının belirlenmesinden sonraki en önemli faktör öğrenme algoritmasının seçimidir. Genellikle ağ yapısı öğrenme algoritmasının seçiminde belirleyici olduğundan seçilmiş olan ağ yapısı üzerinde kullanılacak öğrenme algoritmasının seçiminde ağın mimarisine bağlıdır.

**Öğrenmenin durdurulması:** En uygun öğrenme, her zaman öğrenme fonksiyonunun kontrolünde kullanılan performans fonksiyonunun hedeflenen değere ulaşması ile sağlanamayabilir. Eğer en uygun öğrenme seviyesine, hedeflenenden önce ulaşılması halinde eğitim erken dönemlerde de sonlandırılabilir. Şekil 5.5 te oluşturduğumuz ağın performansı görülmektedir.



Şekil 5.5. Ağın performansı.

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra ise verilerimizin geri kalan %20 'si ile test işlemi başlatılmıştır. Verilerimizin %20 si 358(72 gün)dir.

2013 yılına ait YSA modelimiz için hesaplanan hatalar, RMSE = 0.0529, MAE = 0.0334 ve determinasyon katsayısı  $R^2 = 0.912$  olarak bulunmuştur. Bu hata değerleri için ortalama saatlik sıcaklıkların tahmininde yeterince iyi bir yaklaşım elde edildiği

görülmektedir. Hataların ve determinasyon katsayısının hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - \hat{y}_i^2} \quad (5.1)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (5.2)$$

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{\text{regresyon kareler toplamı}}{\text{genel kareler toplamı}}, \quad 0 \leq R^2 \leq 1.$$

$$SST = \sum_{i=1}^n y_i - \bar{y}^2$$

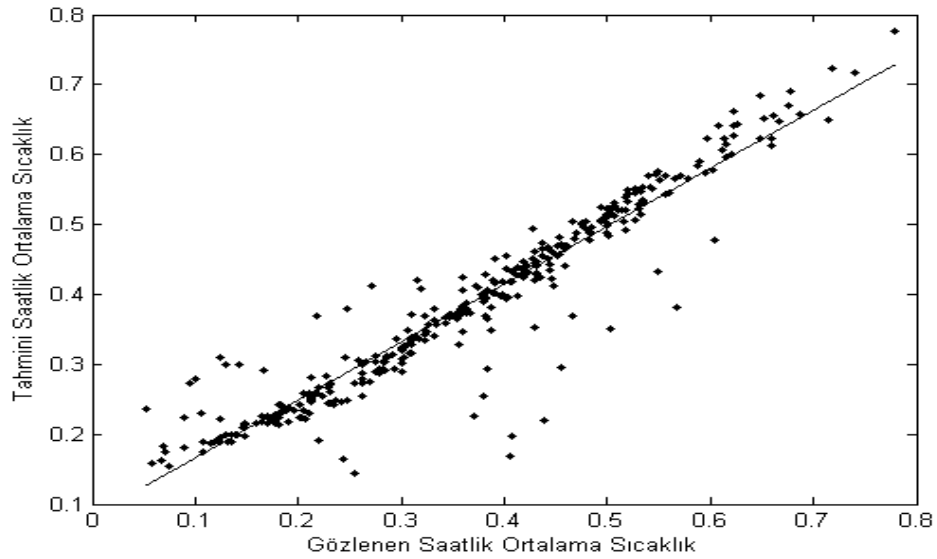
$$SSR = \sum_{i=1}^n \hat{y}_i - \bar{y}^2 \quad (5.3)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n y_i - \hat{y}_i^2.$$

$$SST = SSR + SSE.$$

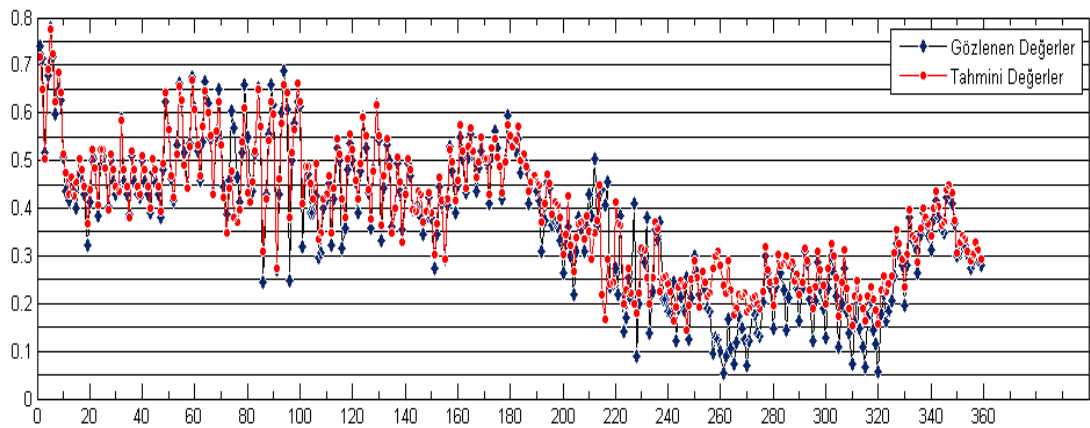
Burada SST; ortalamadan sapmaların kareleri toplamı, SSR; regresyona dayalı kareler toplamı, SSE; hataya dayalı kareler toplamı ve  $y_i$ ,  $\hat{y}_i$  ve  $\bar{y}$ , sırasıyla, %20'lik gerçek normalize edilmiş saatlik ortalama sıcaklık değerleri, YSA modeli kullanılarak tahmin edilmiş saatlik ortalama sıcaklık değerleri ve %20'lik gerçek normalize edilmiş saatlik ortalama sıcaklık değerlerinin ortalamasıdır.

2013 yılına ait tüm verilerle yapılan test işlemi sonucunda şekil 5.6. da görüldüğü gibi YSA'dan elde edilen tahmini değerler ile gerçek değerler arasında oldukça iyi bir korelasyon olduğu açıkça görülmektedir.



**Şekil 5.6.**Gözlenen ve YSA ile tahmin edilen 72 günlük değerler arasındaki ilişki.

Şekil 5.7 de [0,1] aralığına normalize edilmiş gözlem verileriyle YSA'dan elde edilmiş verilerin karşılaştırıldığı grafik verilmiştir. YSA ile elde edilen değerler ile Bilecik Meteoroloji müdürlüğünden alınan gerçek değerlerin karşılaştırıldığı bu şekilden oldukça iyi bir sonuç çıktığı görülmektedir.

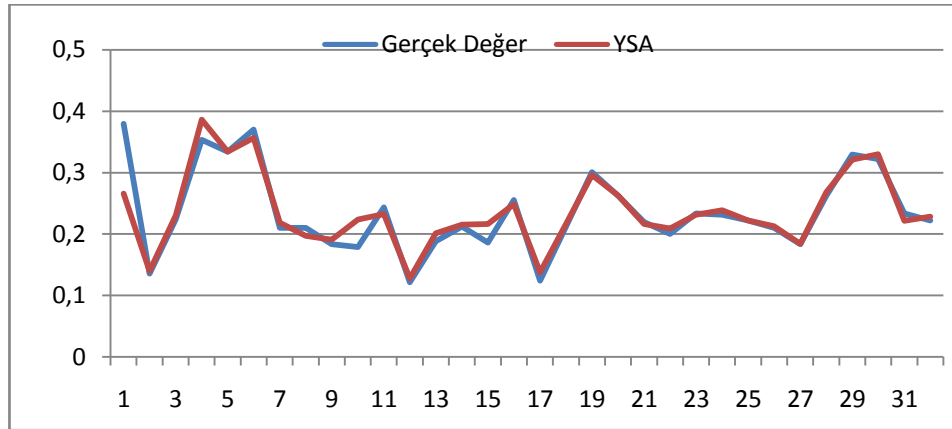


**Şekil 5.7.**Gözlenen ve YSA ile tahmin edilen 72 günlük değerlerin karşılaştırılması.

2013 yılının tüm verileri kullanılarak yapılan bu analizin benzeri 2013'ün tüm ayları için yapılmıştır. Bunun sonucunda, her aya ait ağın performans analizi ve YSA'nın ürettiği tahmini değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması çıkarılmıştır. Bu grafikler ek 1-24 arasında verilmiştir.

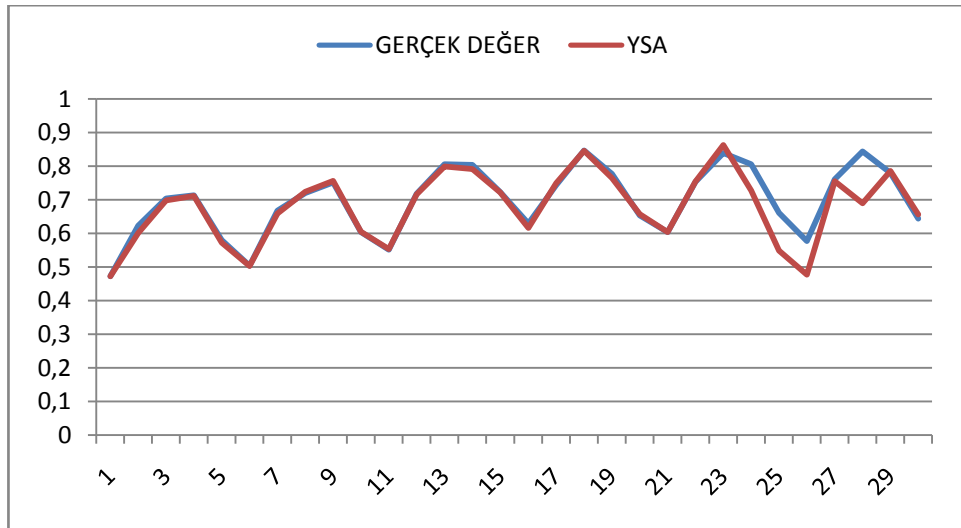
Bu yapılan incelemede verilerin karşılaştırılmasına ait bazı örnekler aşağıda verilmiştir. Diğer aylar tezimizin ekler bölümünde verildi. Şekil 5.8 de Ocak ayına ait

test kümesi sonuçları olarak gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırmalı grafiği görülmektedir.



**Şekil 5.8.** Ocak 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.

Aşağıda şekil 5.9'da Nisan ayına ait değerlerin karşılaştırmalı grafiği görülmektedir. Nisan ayına yönelik olarak eğitim kümesinde 480 giriş verisi, 120 çıkış verisi kullanılarak ağın eğitimi yapılmıştır. Bu verilerle eğitim tamamlandıktan sonra 120 veri ile de test işlemi yapılmıştır. Test işlemi sonucunda ağın ürettiği değerler ile Meteoroloji Müdürlüğünden alınan gerçek değerler şekil 6.9 da görüldüğü gibi karşılaştırılmıştır. Şekilde görüldüğü gibi yüksek oranda aynı çıkmıştır.



**Şekil 5.9.** Nisan 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.

### 5.3. Uygulamada Karşılaşılan Güçlükler

Deneme yanılma yoluyla en uygun YSA yapısı veya mimarisinin elde edilmeye çalışılır. Burada karşılaşılan güçlükler aşağıda verilmiştir:

- Ara katmanda bulunacak nöron sayısının belirlenmesi,
- Ara katman sayısının belirlenmesi,
- YSA'da kullanılacak öğrenme algoritmasının belirlenmesi,
- Eğitimde parametrelerinin seçimi,
- Veri normalizasyonunun yapılması
- Seçilen transfer fonksiyonunun yapısı,
- Performans fonksiyonunun seçimi,
- İterasyon sayısının seçimi,
- Veri tipinin ve sayısının belirlenmesi.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada oluşacak hatayı minimize edecek şekilde uygun bir YSA modeli kullanarak saatlik ortalama hava sıcaklığı tahmininde bulunulmuştur. Elde edilen tahminler doğrultusunda, değişen atmosferik şartlara hızlı bir şekilde uyum sağlanması, Bilecik ili ve çevresinde tahmini saatlik ortalama sıcaklık değerlerinden yararlanmak isteyenler için referans oluşturmaktır. Bu çalışmada Bilecik iline ait YSA kullanılarak en az hata ile saatlik ortalama sıcaklık tahmini işlemi için Meteorolojiden alınan ham verilerden yararlanılmıştır. YSA modeli için giriş çıkış parametreleri kullanılarak sistemin uygun birsimulink modellemesi MATLAB ortamında yapıldı. YSA modelimizden elde edilen sayısal tahmini sonuçların bazı hata değerleri RMSE sonucu 0,0529, MAE değeri 0,0334 ve  $R^2$  determinasyon katsayısı ise 0,91 olarak hesaplanmıştır ayrıca grafik olarakta gösterilmiştir. Literatürde YSA kullanılarak günlük hava sıcaklığı tahmini mevcut olmasına karşın saatlik ortalama hava sıcaklığı tahmini ve Bilecik ili için yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığından çalışmamızın orijinal sonuçlar içerdiği kolayca görülebilecektir.

Bu çalışmada, ileri beslemeli geri yayılım algoritması kullanılarak gerçekleştirilen saatlik ortalama sıcaklık tahmini uygulaması ile sıcaklık tahmini yapılmıştır ve ileriki çalışmalarımızda bu çalışma ışığında daha başka veri tahminleri yapmayı hedeflemekteyiz.

“*Bilecik ili için hava sıcaklığının yapay sinir ağları ile tahmini*” başlıklı çalışmamızda ortaya çıkarılan yayınımızın Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fizik Bölümü tarafından gerçekleştirilen V. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi’nde sözlü sunumu yapıldı ve kongre bilim kurulu tarafından Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik dergisine tam metin olarak yayımlanmak üzere gönderildi.

## KAYNAKLAR

- Aslay, F. ve Özen, Ü., “Meteorolojik parametreler kullanılarak YSA ile toprak sıcaklığının tahmin”, *Politeknik Dergisi*, 16( 4):139-145(2013).
- Aydın, Ö. “Yapay Sinir Ağları kullanarak Bir Ses Tanıma Sistemi Genişleştirilmesi”,Yüksek lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü*, ( 2005).
- Baran, B., “ Çevre dostu enerji üretimi: Güneş ve Rüzgar”, *Malatya CBS E-Akademi*, Malatya, (2012).
- Bulut,H.,Büyükalaca, O., Yılmaz, T., “Bazı iller için Güneş Işınımı, Güneşlenme Süresi ve Berraklık İndeksinin Yeni Ölçümler Işığında Analizi”, *Güneş Günü Sempozyumu Bildiler Kitabı*, 22-29(1999).
- Civelek, Ö., “Plak ve Kabukların Nöro-Fuzzy Tekniği ile Lineer ve Non-Lineer Statik-Dinamik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi*, Elazığ,(1998).
- Çınar, D. , “ Hidroelektrik enerji üretiminin hibrid bir model ile tahmini”, Yüksek Lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul ,(2007).
- Deniz, E. ve Atik, K. , “ Güneş Işınım şiddeti tahminlerinde YSA ve Regresyon analiz yöntemleri kullanımının incelenmesi”, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 27: 15-20(2007).
- Erkaymaz, H. ve Yaşar, Ö., “ YSA ile hava sıcaklığı tahmini”, *5th International Computer&Instructional Technologies Symposium*, Elazığ,(2011)
- Hocaoğlu, F.Ö. ve Kurban, M., “Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi ile Eskişehir bölgesi için güneşlenme süreleri tahmini”, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Eskişehir (2012).
- Karakuzu, C. , “Yapay Sinir Ağları ders notları”,*Bilecik Üniversitesi* , Bilecik (2014).
- Keleşoğlu, Ö., Ekinci C.E. ve Fırat, A. “Yalıtım hesaplarında yapay sinir ağlarının kullanımı” , *Sigma Dergisi*, 3: 58-66 (2005).

### KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Işık, E. ve İnallı, M., “Tunceli ili güneş ışınımının YSA ile tahmini”, *Engineeringsciences*, (2011).
- Özbay, Y. ,“EKG Aritmilerini Hızlı Tanıma”, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya ,(1999).
- Üçgül, İ. Selbaş,R., “ Elektrik enerjisi üretiminde güneş kulesi sisteminin yapay sinir ağlarıyla modellenmesi”, *S.D.U. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi*, Isparta, (2013).
- Gülay, D.,“Sembolik Yapay Zekâ ve Siberetik Yapay Zekâ”, *Ntv Bilim Dergisi*,1:25-30,(2009).
- Yalçın, N. , “Derlenmiş Ders notları”, *Bilecik Üniversitesi*, Bilecik,(2014).
- Yavuz, S., “İstatiksel normalizasyon tekniklerinin yapay sinir ağı performansına etkisi” *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 40:167-187(2012).
- Yurtoğlu, H., “Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi”,UzmanlıkTezi,*Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul,( 2006).
- Yalçın, L. , “Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ve Güneş enerjisinden Yararlanabilme Olanakları”, Doktora tezi ,*Fen Bilimleri Enstitüsü*,Ankara (2010).
- Yılmaz, B.,“Hibrit yapay zeka derlenmiş ders notları”,*Bilecik Üniversitesi*,Bilecik, (2014).
- Yegm, “Güneş enerjisi potansiyel atlası”,<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>,(18.04.2016).

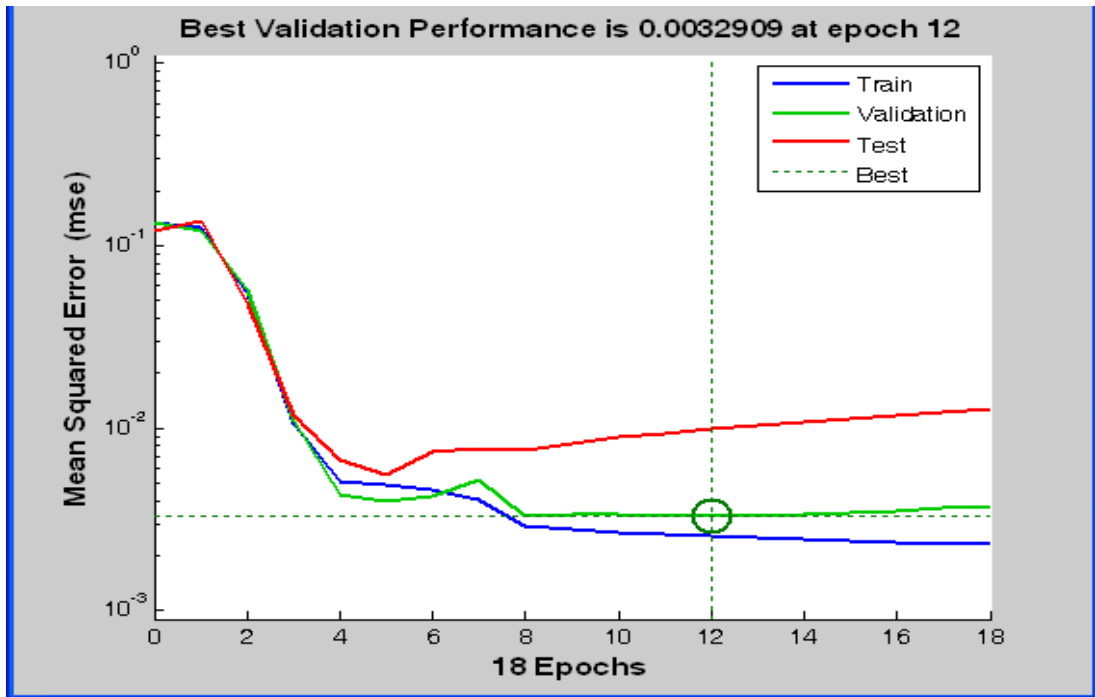
**KAYNAKLAR** (Devam Ediyor)

Guneshaber, “ Türkiye ve dünya da güneş enerjisi”,<http://www.guneshaber.net/haber/767-teknik-bilgiler-gunes-radyasyonu.html>, (18.04.2016 ).

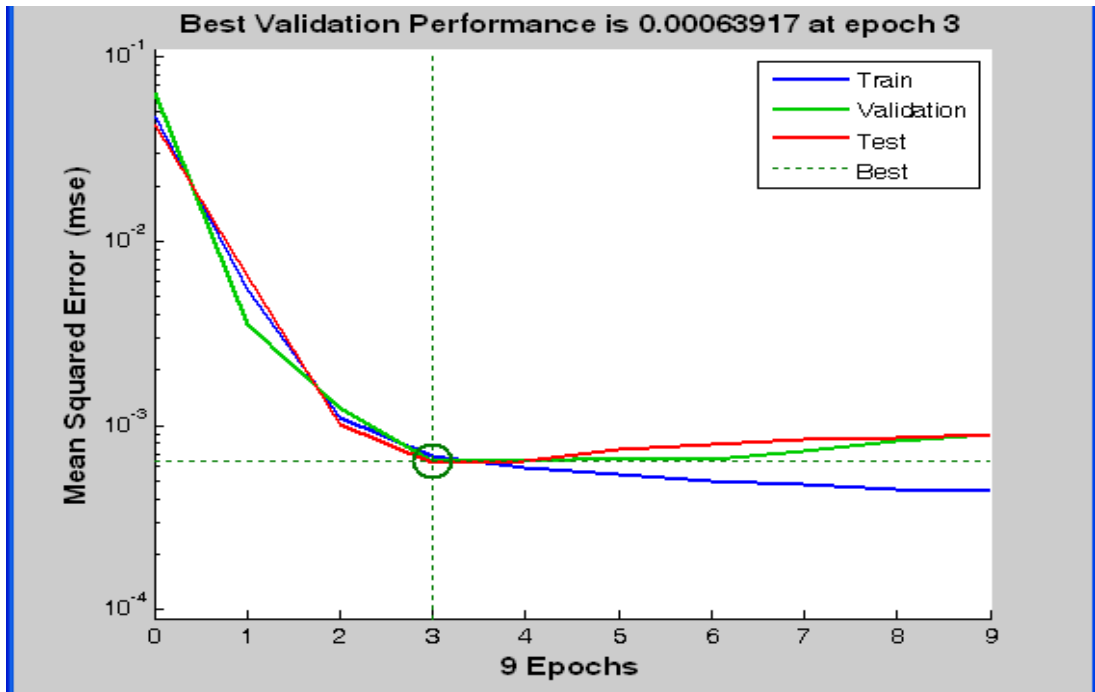
Solargis, “Dünya da güneş enerjisi”,  
<http://solargis.info> ,(19.04.2016).

Eie, “Güneş enerjisi potansiyel atlası ”,  
<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/11.aspx>,(19.04.2016).

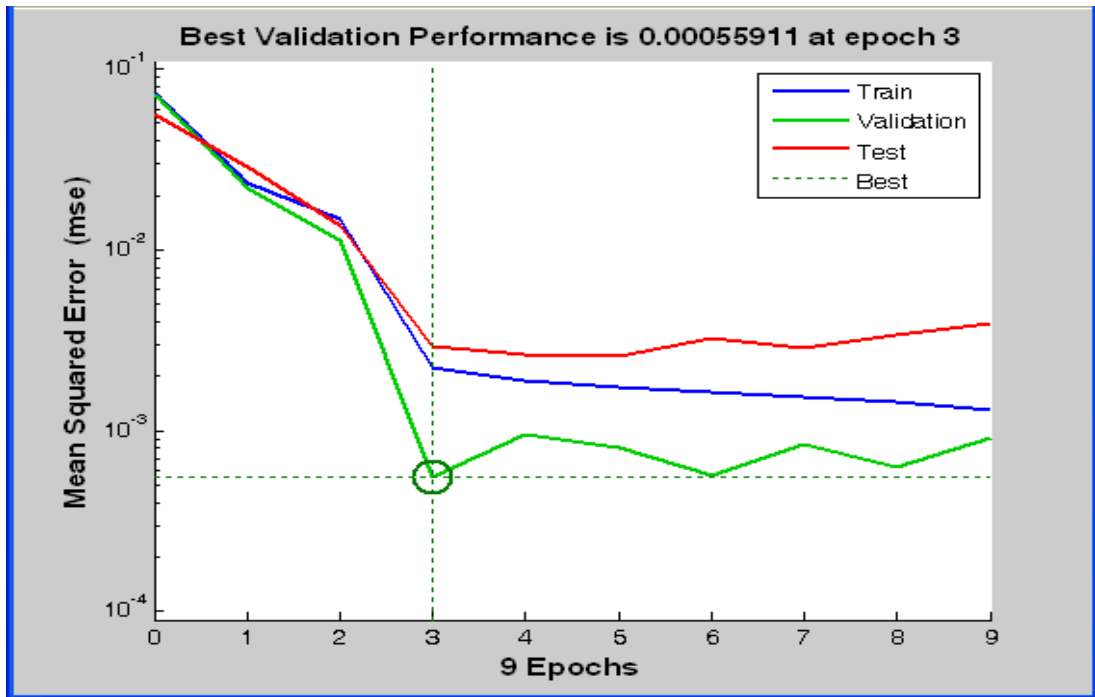
**EK-1:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Ocak).



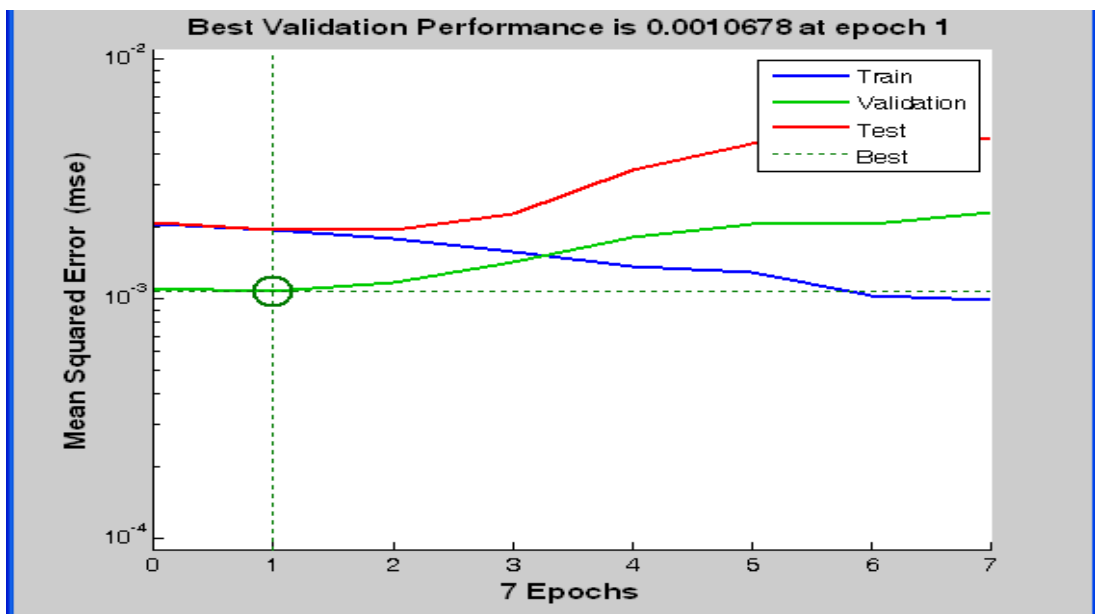
**EK- 2.** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Şubat).



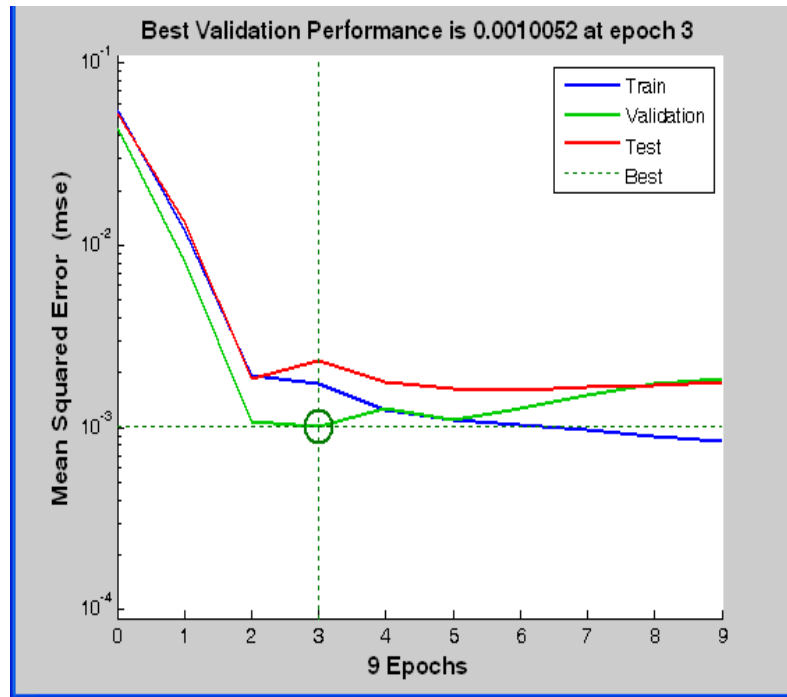
**EK -3:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Mart).



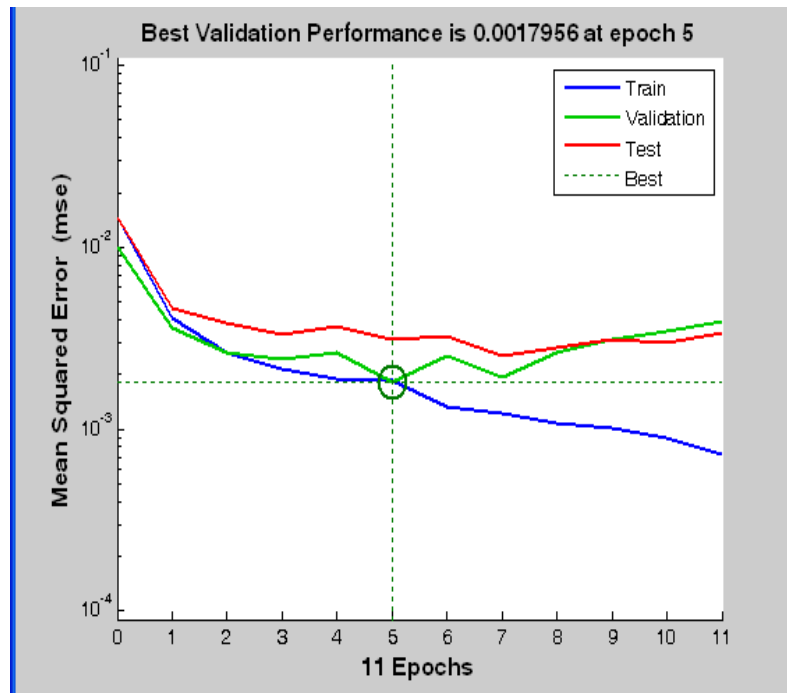
**EK -4:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Nisan).



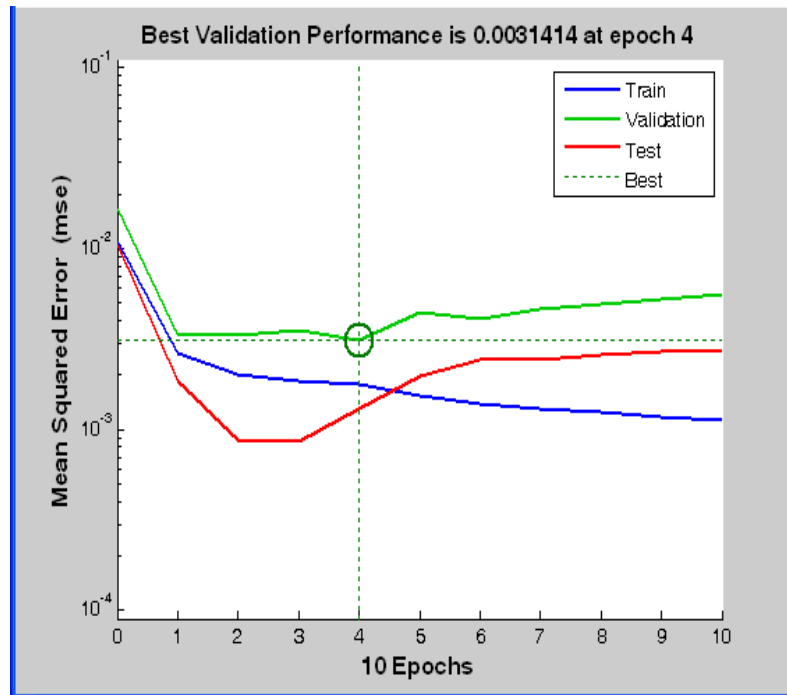
**EK -5:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Mayıs).



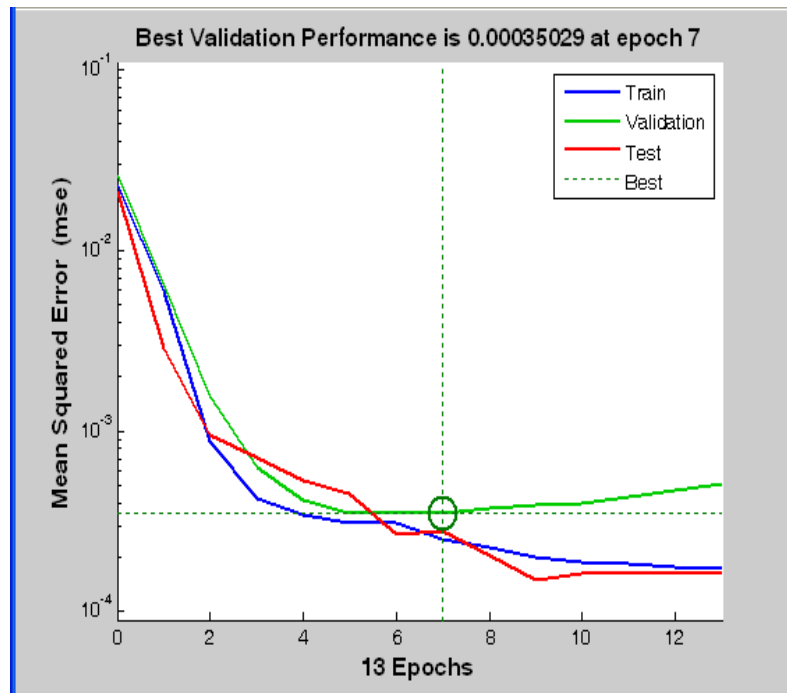
**EK -6:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Haziran).



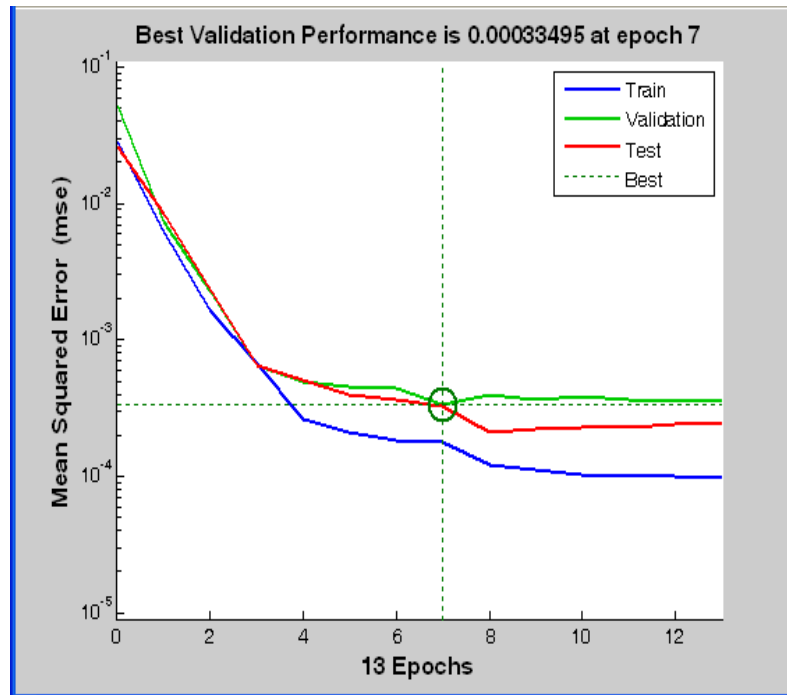
**EK -7:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Temmuz).



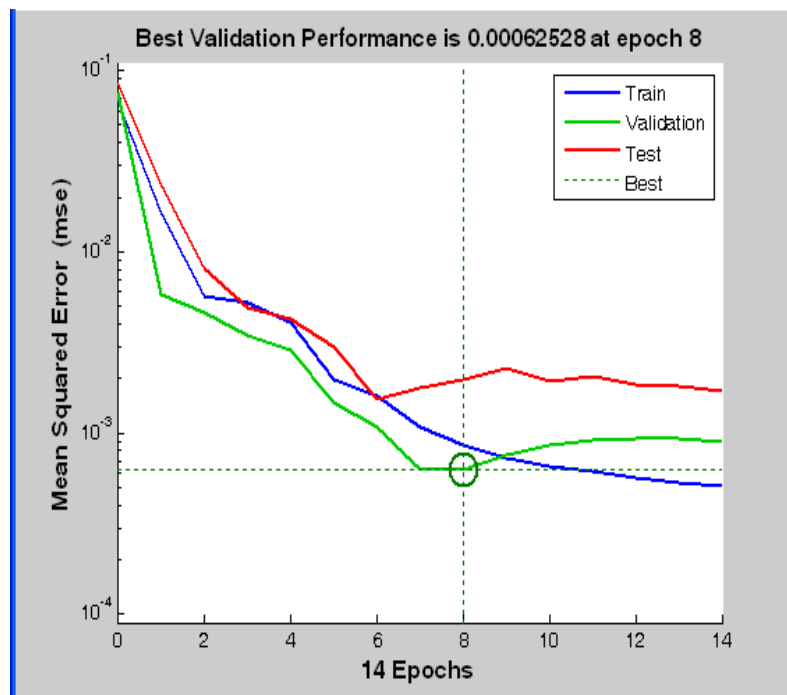
**EK -8:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Ağustos).



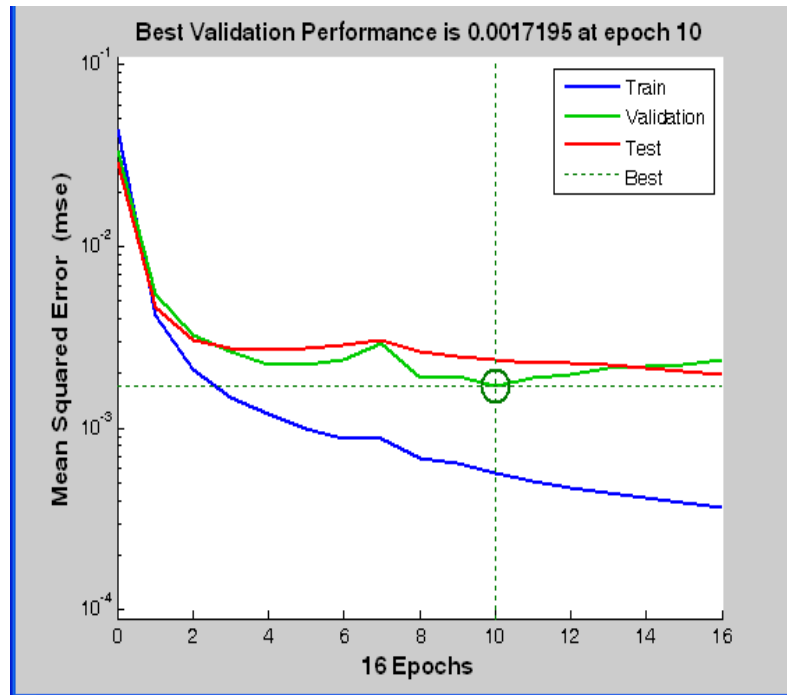
**EK -9:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Eylül).



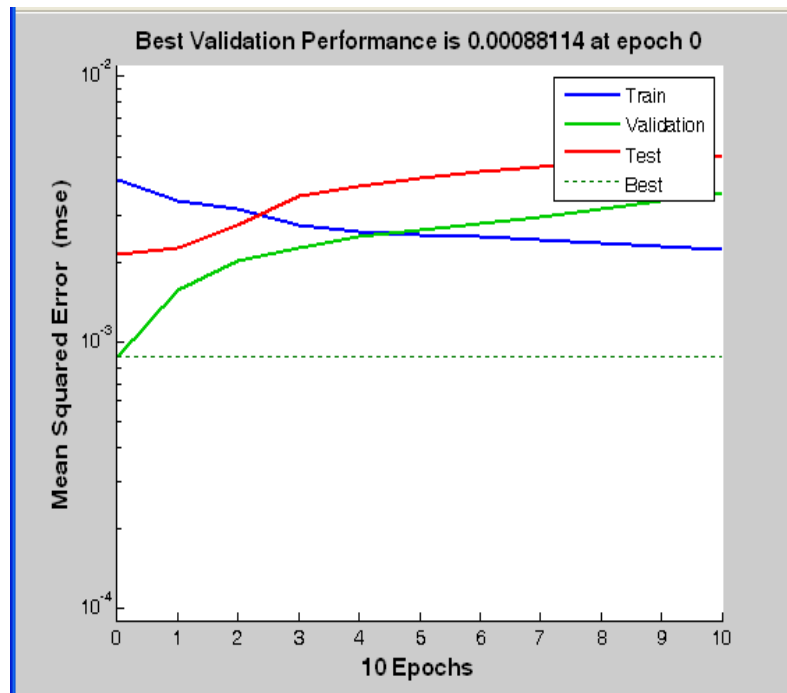
**EK -10:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Ekim).

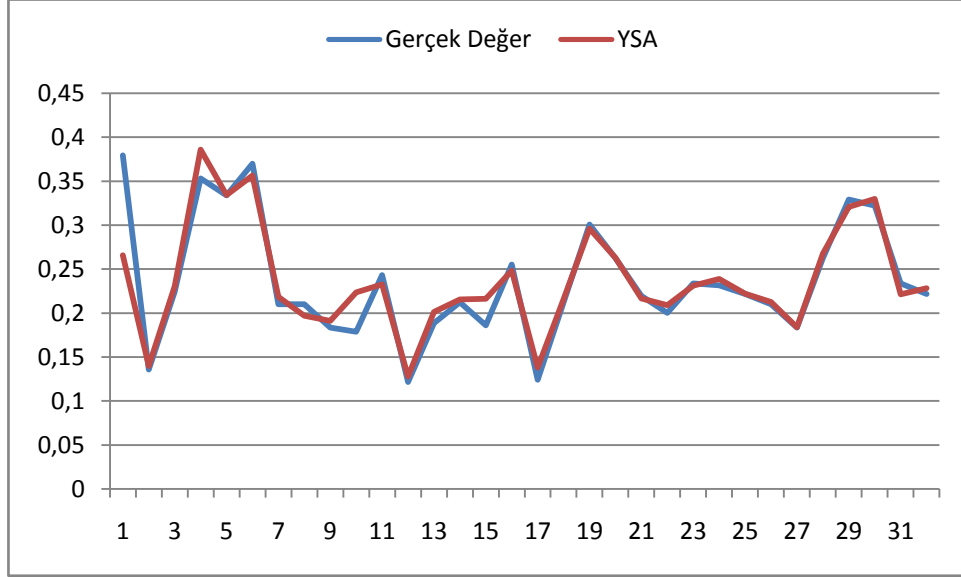
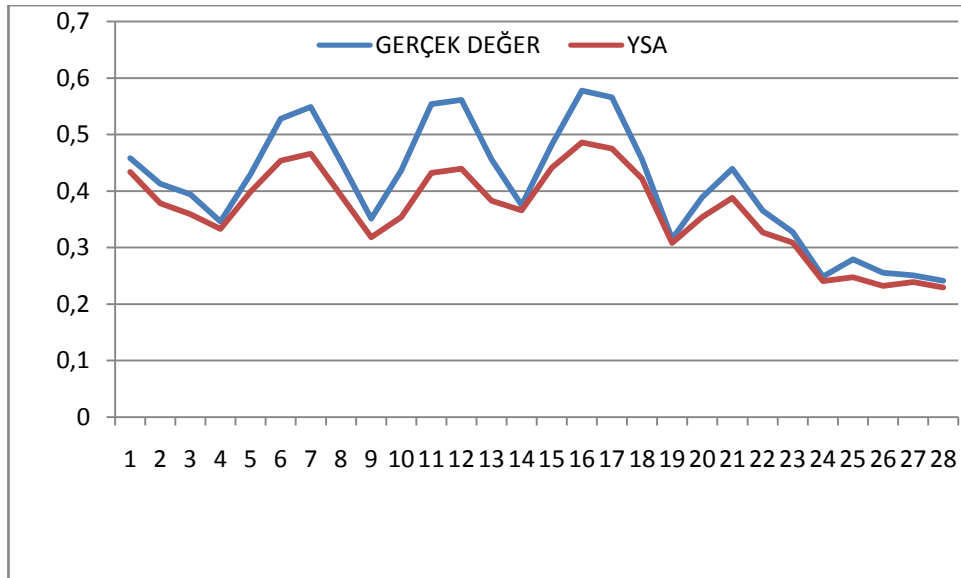


**EK -11:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Kasım).

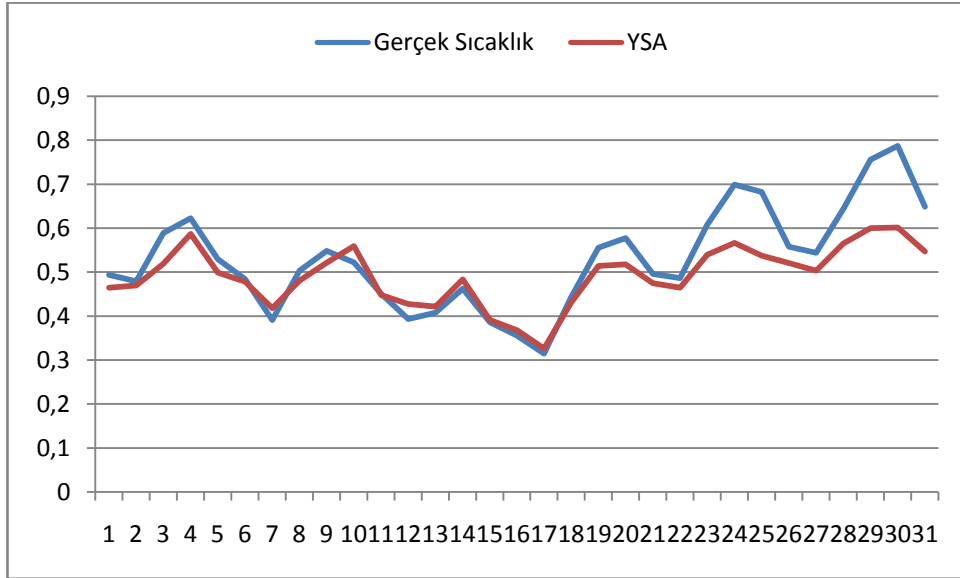


**EK -12:** Bilecik İli 2013 yılı YSA'nın aylara göre performans analizleri(Aralık).

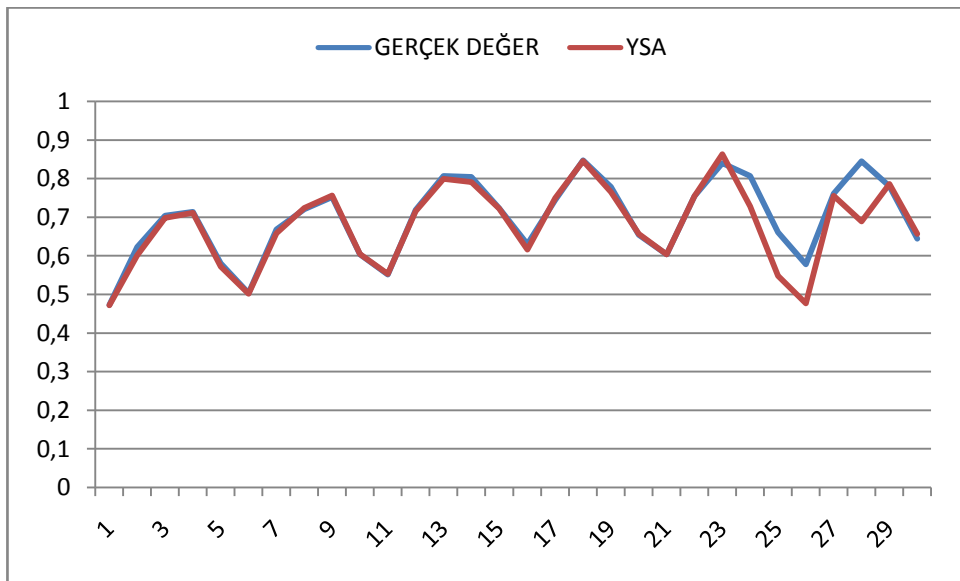


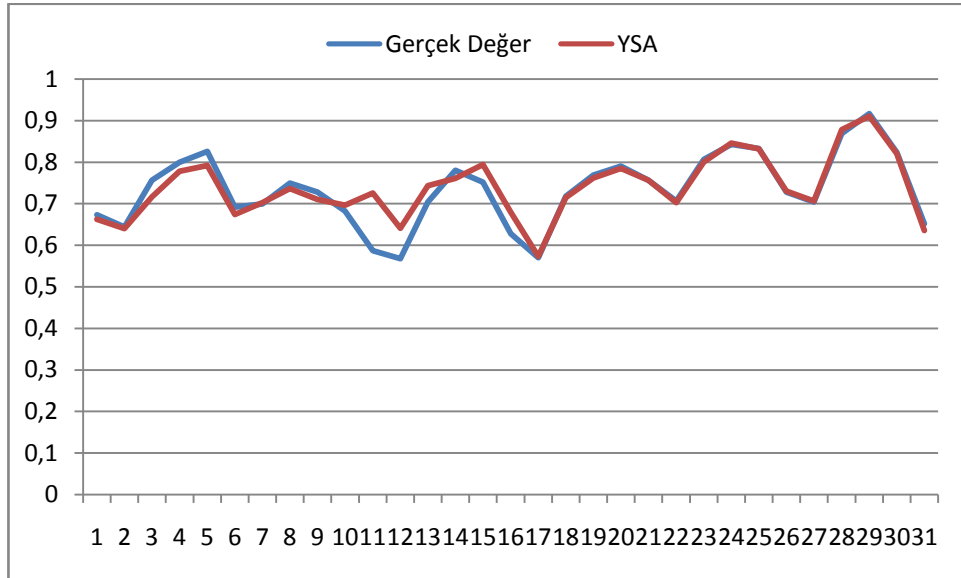
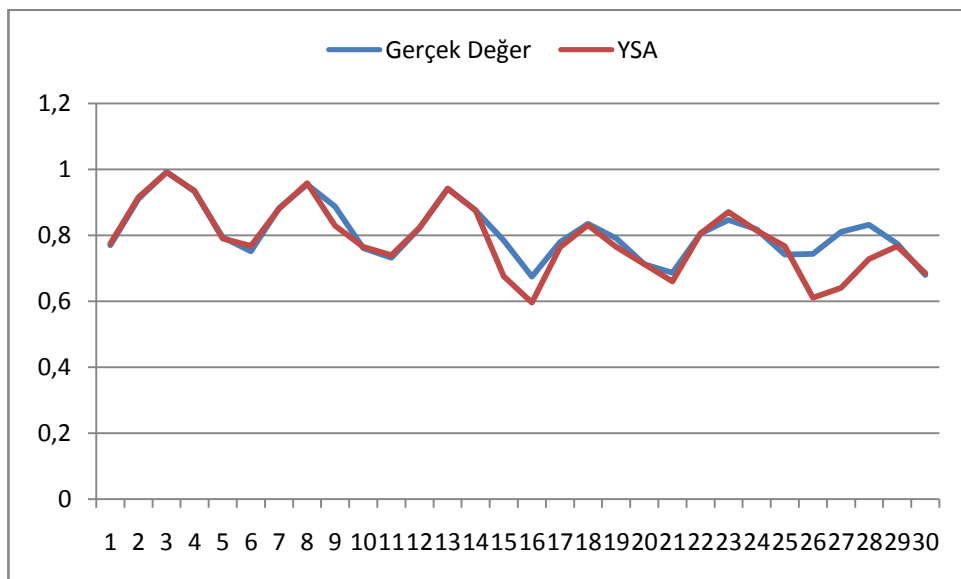
**Ek- 13:**Ocak 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.**Ek- 14:**Şubat 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.

**Ek- 15:**Mart 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.

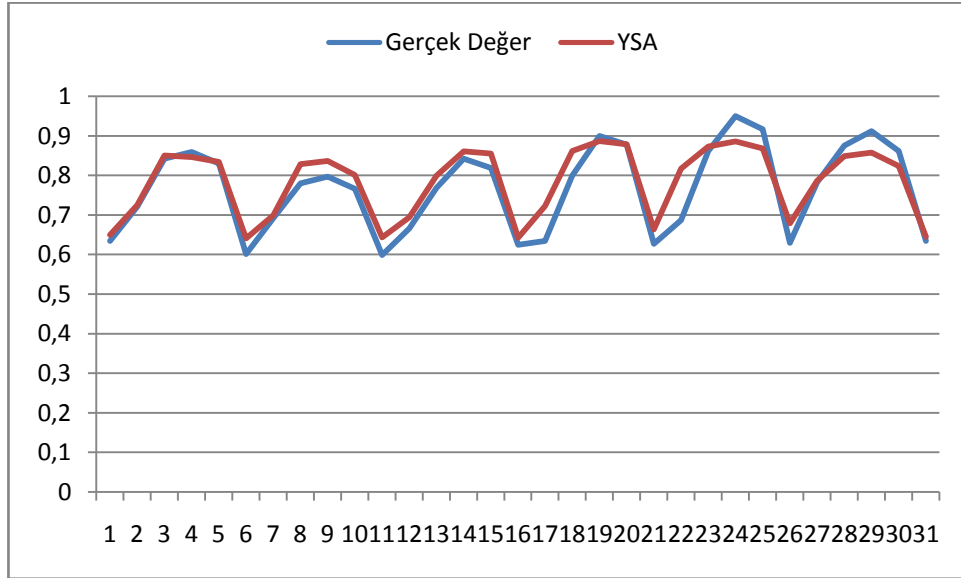


**Ek- 16:**Nisan 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.

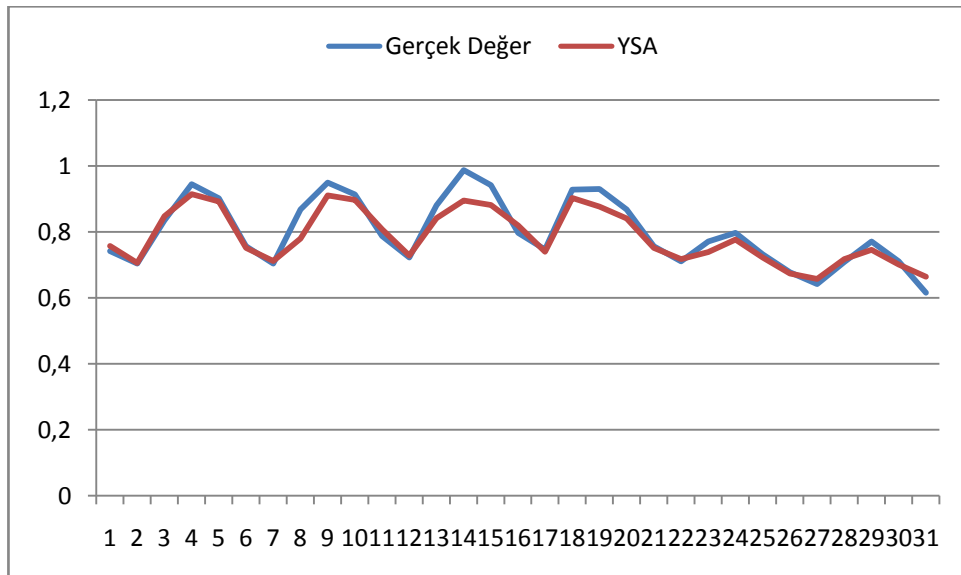


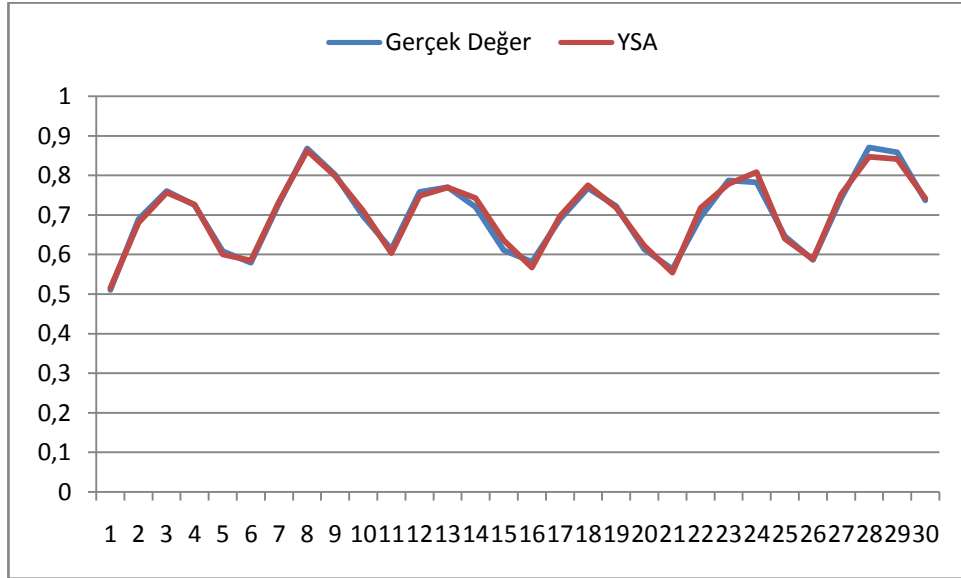
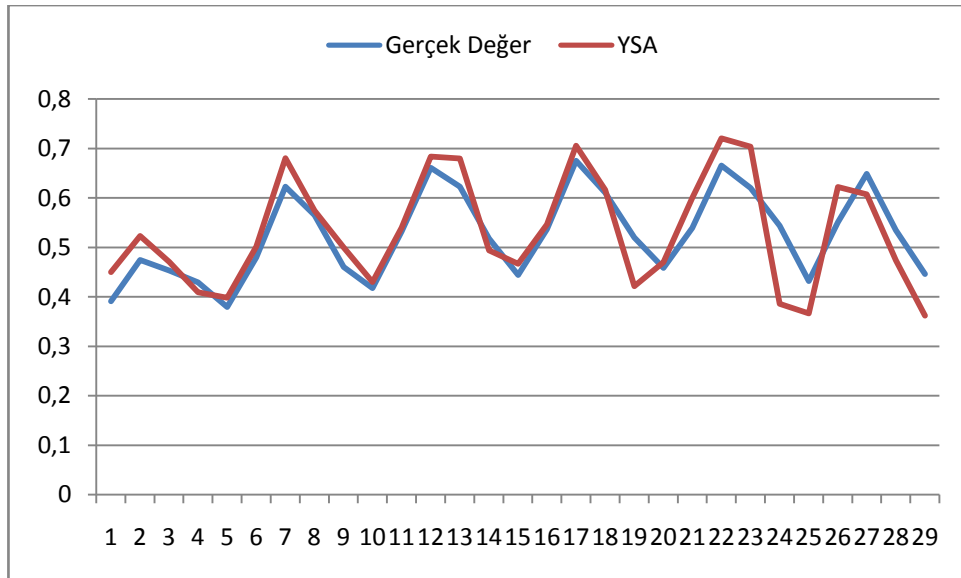
**Ek- 17:** Mayıs 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.**Ek- 18:** Haziran 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.

**Ek- 19:** Temmuz 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.

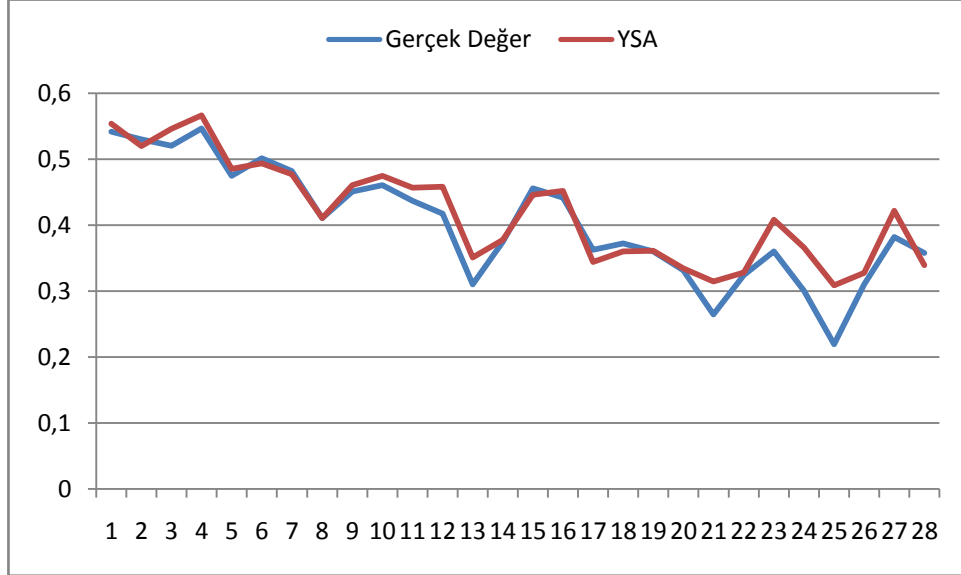


**Ek- 20:** Ağustos 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.

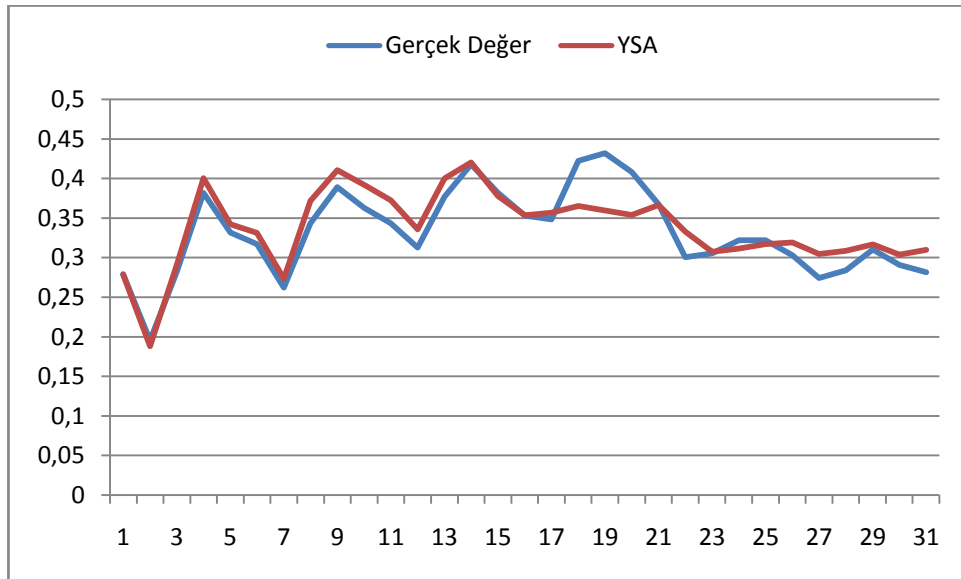


**Ek- 21:**Eylül 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.**Ek- 22:**Ekim 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.

**Ek- 23:**Kasım 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.



**Ek- 24:**Aralık 2013 Gerçek değerler ile YSA değerlerinin karşılaştırılması.



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : RESUL GÜÇ  
Doğum Yeri ve Tarihi : MALATYA 1976



### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
Bildiği Yabancı Diller : İNGİLİZCE  
Bilimsel Faaliyetleri :

### İş Deneyimi

Stajlar :  
Projeler :  
Çalıştığı Kurumlar : Özel Gaye Fen Lisesi, Özel Işık Fen Lisesi

### İletişim

Adres :Ertuğrulgazimah. Akasya 1 sok. Merkez /Bilecik  
Tel : 0505 647 02 50  
E-Posta Adresi : resulguc@gmail.com

### Akademik Çalışmaları

- Bilecik ili için hava sıcaklığının YSA ile tahmin edilmesi
- .....

### Yabancı Dil Bilgisi

**Tarih:30/05/2016**