



T.C.  
NIĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NIĞDE İLİ İÇİN YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK TÖM, YAYILI VE  
DİREKT GÜNEŞ İŞİNİMİNİ HESAPLAMA MODELİ GELİŞTİRİLMESİ

MEHMET ALİ KALLIOĞLU

Haziran, 2014



T.C.  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

NİĞDE İLİ İÇİN YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK TÖM, YAYILI VE  
DİREKT GÖNEŞ İŞİNİMİNİ HESAPLAMA MODELİ GELİŞTİRİLMESİ

MEHMET ALİ KALLIOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Fatih AY

Haziran, 2014

Mehmet Ali KALLIOĞLU tarafından Yrd. Doç. Dr. Fatih AY danışmanlığında hazırlanan “NİĞDE İLİ İÇİN YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK TÖM, YAYILI VE DİREKT GÜNEŞ İŞİNİMİNİ HESAPLAMA MODELİ GELİŞTİRİLMESİ” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ünal ŞEN Abdullah Gül Üniversitesi



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ömer Faruk SELAMET, Niğde Üniversitesi



Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih AY Niğde Üniversitesi



**ONAY:**

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../20... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../20... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

**Doç. Dr. Murat BARUT**  
**MÜDÜR**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Mehmet Ali KALLIOĞLU

## ÖZET

### NİĞDE İLİ İÇİN YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK TÖM, YAYILI VE DİREKT GÖNEŞ İŞİNİMİNİ HESAPLAMA MODELİ GELİŞTİRİLMESİ

KALLIOĞLU, Mehmet Ali

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Fatih AY

Haziran 2014, 79 sayfa

Güneş enerjisi, teknolojilerinin geliştirilmesi gereken önemli bir temiz enerji kaynağıdır. Bu enerji, sahip olduğu potansiyel ve kullanım kolaylığı açısından diğer yeşil enerji kaynaklarına kıyasla daha kolay bir şekilde yaygınlaşabilecek fırsata sahiptir. Güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin dizayn edilmesinde belli bölgeye ait ışınım verilerinin bilinmesi hayli önemli bir parametredir. Her bölgenin kendine has konumu olduğundan o bölgeye özgü ışınım verilerinin oluşturulması önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye ve bazı ülkeler için güneş ışınımının tahminine yönelik geliştirilen ampirik bağıntılar Niğde ili için incelenmiştir. İncelenmesi yapılan modellerin istatistiksel açıdan uyumluluğu test edilip ölçümlere en yakın modelin tespitinde bulunulmuştur. Buna ek olarak Niğde iklim verilerine özgü olarak beş farklı model geliştirilmiş ve literatüre kazandırılmıştır. Bu modeller arasında en yüksek uyuma sahip Kalli-III matematiksel modelinin ölçüm sonuçlarını istatistiksel olarak iyi bir şekilde temsil etmesinden dolayı yatay düzleme gelen günlük toplam ışınım için rahatlıkla kullanılabilirliği görülmüştür.

*Anahtar sözcükler: Enerji, Niğde, güneş ışınımı, matematiksel modelleme, Kalli-III*

## SUMMARY

IMPROVING A MODEL FOR CALCULATING DAILY GLOBAL, DIFFUSE  
AND DIRECT SOLAR RADIATION ON HORIZONTAL SURFACES FOR NIGDE

KALLIOĞLU, Mehmet Ali  
Nigde University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Fatih AY

June 2014, 79 pages

Solar energy of which technologies should be improved is an important renewable energy source. This energy in terms of the potential and ease of use compared to other green energy sources has an opportunity that could spread more easily. Knowing the radiation data for a specific region for designing solar powered systems is a very important parameter. Since each region has its own specific location, it is important to create radiation data which is specific for this region.

In this study, the empirical correlations which are developed for Turkey and some other countries were investigated for province of Nigde. The compatibility of models which are inspected in terms of statistics are tested by determining the nearest model to measured data. In addition to that climate data which is specific to Nigde, five different models are developed and brought in to the literature. Among these models, since the mathematical model of Kalli-III which has highest compatibility is representing the measured data statistically well, it is understood that it can be used easily for the daily global solar radiation on horizontal surfaces.

*Keywords: Energy, Nigde, solar radiation, mathematical modeling, Kalli-III*

## ÖNSÖZ

Yenilebilir enerji çağının tam anlamıyla başlaması, tükenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının azalması ve insanlığın yaşadığı tabiata sahip çıkmasıyla gerçekleşecektir. İnsan toplumları ısrarcı olmadıkları sürece, temiz olmayan enerjiden çıkarları olanlar da maddi kazançlarından asla vazgeçmeyeceklerdir. Tek amacımız, tüm insanlarda, uygarlığımız ve son derece değerli olan dünyamız için harikulade, yeni bir çağın yaratılması sağlayacak ilgiyi ve arzuyu uyandırmaya çalışmaktan ibarettir.

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatih AY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmam esnasında tecrübelerine başvurduğum Öğretim Görevlisi Ahmet YILMAZ ve Yrd. Doç. Dr. Hakan KARAKAYA'ya müteşekkir olduğumu ifade etmek isterim.

Bu tezi, sadece bu çalışmam boyunca değil, tüm öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi koruyuculuğumu üstlenen babam Kadir KALLIOĞLU'na, annem GÜL KALLIOĞLU'na ve kardeşlerime ithaf ediyorum.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iii
SUMMARY .....	iv
ÖN SÖZ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
BÖLÜM I GİRİŞ.....	1
1.1 Güneş Enerjisi .....	2
1.1.1 Güneşin Büyüklüğü.....	2
1.1.2 Güneşin bileşimi .....	3
1.1.3 Güneş ışınımı .....	3
1.1.4 Güneş sabiti .....	4
1.2 Literatür Taraması .....	5
1.3 Tezin amacı ve kapsamı.....	15
BÖLÜM II GÜNEŞ AÇILARI .....	16
2.1 Dünya Güneş İlişkisi .....	16
2.2 Dünyanın Hareketi.....	16
2.3 Yıldızların Günlük Hareketi.....	17
2.4 Güneşin Hareketi.....	18
2.4 Esas Güneş Açıları .....	20
2.5 Temel Güneş Açıları.....	20
2.5.1 Enlem Açısı ( $\theta$ ) .....	20
2.5.2 Saat Açısı ( $\omega$ ).....	21
2.5.3 Deklinasyon Açısı ( $\delta$ ) .....	21
2.6 Türetilen Güneş Açıları .....	23

2.6.1 Zenit Açısı ( $\theta_z$ ) .....	23
2.6.2 Güneş Yükseklik Açısı ( $\alpha$ ) .....	24
2.6.3 Güneş Azimut Açısı ( $\gamma_s$ ) .....	24
2.6.4 Yüzeş Azimut Açısı ( $\gamma$ ).....	25
2.6.7 Güneş Geliş Açısı ( $\theta$ ) .....	25
2.6.8 Hava Kütlesi ( $m$ ) .....	26
2.6.9 Güneş Batış Saat Açısı ( $\omega_s$ ).....	27
BÖLÜM III MATERYAL VE METOD .....	28
3.1 Materyal .....	28
3.1.1 Araştırılan Bölgenin Coğrafi Konumu .....	28
3.1.2 İklim özellikleri.....	29
3.2 Metot.....	34
3.2.1 Elektromanyetik Güneş Spektrumu .....	34
3.2.2 Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınımı .....	35
3.2.3 Toplam veya global güneş ışınımı (total solar radiation) .....	37
3.2.4 Direkt güneş ışınımı (beam radiation).....	38
3.2.5 Difüz veya yayılı güneş ışınım (diffuse radiation).....	39
3.2.6 Yatay düzleme gelen toplam ışınım modelleri .....	39
3.2.7 Yatay düzleme gelen yayılı ışınımı hesaplama modelleri.....	43
3.2.8 I. Grup Modeller .....	44
3.2.9 II. Grup Modeller .....	45
3.3. İstatiksel analiz metodları .....	46
3.3.1 Bağıl hata yüzdesi ( $e$ %).....	46
3.3.2 Belirlilik (determinasyon) katsayısı ( $R^2$ ).....	47
3.3.3 Ortalama yüzde hata (MPE %) .....	47
3.3.4 Ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE %) .....	47

3.3.5 Bağıl hata karesi (SSRE) .....	48
3.3.6 Bağıl standart hata (RSE) .....	48
3.3.7 Ortalama sapma hatası (MBE).....	48
3.3.8 Ortalama hata kareleri kökü (RMSE).....	48
3.3.9 t-testi metodu (t-stat) .....	49
BÖLÜM IV SAYISAL SONUÇLAR.....	50
4.1 Seçilen modellerin global güneş ışıınımı değerleri .....	50
4.2 Seçilen modellerin yayılı güneş ışıınım değerleri .....	52
4.3 Seçilen modellerin uyumluluğu .....	54
4.4 Niğde iline özgü geliştirilen modeller .....	62
4.4.1 Geliştirilen Lineer Model A.....	63
4.4.2 Geliştirilen Karekök Model B.....	64
4.4.3 Geliştirilen Logaritmik Model C .....	65
4.4.4 Geliştirilen Üssel Model D .....	65
4.4.5 Geliştirilen Üstel Model E .....	67
4.5 Geliştirilen modellerin karşılaştırılması .....	68
BÖLÜM V SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	71
KAYNAKLAR .....	72
ÖZ GEÇMİŞ .....	79

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Her bir ay için ortalama gün değeri ve “ n “ değerinin hesabı .....	23
Çizelge 3.1.	Niğde iline ait sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi.....	30
Çizelge 3.2.	Niğde iline ait ortalama nem miktarı.....	31
Çizelge 3.3.	Niğde iline ait ortalama bulutluluğun aylık değişimi.....	32
Çizelge 3.4.	Niğde iline ait ortalama açık, bulutlu ve kapalı günler sayısı.....	32
Çizelge 4.1.	Niğde iline ait ortalama toplam ışınım değerlerinin analizi model 1-5.....	54
Çizelge 4.2.	Niğde iline ait ortalama toplam ışınım değerlerinin analizi model 5-10.....	56
Çizelge 4.3.	Niğde iline ait ortalama toplam ışınım değerlerinin analizi model 11-15.....	58
Çizelge 4.4.	Niğde iline ait ortalama toplam ışınım değerlerinin analizi model 16-20.....	60
Çizelge 4.5.	Niğde iline ait ortalama toplam ortalama günlük H - H <sub>0</sub> ve S - S <sub>0</sub> değerleri.....	63
Çizelge 4.6.	Niğde iline ait geliştirilen modellerin analizi model A-E.....	69

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Dünya güneş ilişkisi.....	4
Şekil 2.1.	Yerkürenin güneş çevresindeki bir yıllık hareketi.....	17
Şekil 2.2.	Sabit bir gözlemciye göre yerküre.....	18
Şekil 2.3.	Ekliptik ve gök ekvatoru noktalarının yerküre üzerindeki gösterimi...	19
Şekil 2.4.	Güneşin yıllık hareketi.....	19
Şekil 2.5.	Deklinasyon açısının aylık değişimi.....	22
Şekil 2.6.	Zenit açısı, yükseklik açısı ve azimut açısının yerküre üzerinde gösterimi.....	24
Şekil 2.7.	Yüzey azimut açısının gösterimi.....	25
Şekil 2.8.	Çeşitli güneş açılarının eğik düzlemde gösterimi.....	26
Şekil 2.9.	Hava kütlelerinin yerküre üzerindeki gösterimi.....	26
Şekil 3.1.	Niğde ilinin görünüşü.....	29
Şekil 3.2.	Niğde iline ait sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi.....	30
Şekil 3.3.	Niğde'ye ait bağıl nem ve sıcaklık karşılaştırılması.....	33
Şekil 3.4.	Niğde'nin güneş ışınımı yoğunluğunun ilçelere göre değişimi.....	33
Şekil 3.5.	Niğde'nin aylara göre değişen ortalama toplam güneşlenme süresi (sa-da).....	33
Şekil 3.6.	Güneşin elektromanyetik spektrumunun dağılımı.....	35
Şekil 3.7.	Rayleigh saçılması ve atmosferik yutulmanın spektral dağılımı.....	36
Şekil 3.8.	Dünya atmosferini geçen ışınımın süreci.....	37
Şekil 3.9.	a.Direkt b.yayıllı c.yansıyan ışınımın izafi gösterimi (Şen 2007).....	38
Şekil 4.1.	Niğde iline ait ortalama günlük toplam ışınım değerleri model 1-5.....	50
Şekil 4.2.	Niğde iline ait ortalama günlük toplam ışınım değerleri model 6-10...	51
Şekil 4.3.	Niğde iline ait ortalama günlük toplam ışınım değerleri model 11-15..	51
Şekil 4.4.	Niğde iline ait ortalama günlük toplam ışınım değerleri model 16-20..	52
Şekil 4.5.	Niğde iline ait berraklık indeksinin aylara göre değişimi.....	52
Şekil 4.6.	Niğde iline ait ortalama aylık yayıllı ışınım değerleri model 1-6.....	53
Şekil 4.7.	Niğde iline ait ortalama aylık yayıllı ışınım değerleri model 7-10.....	53
Şekil 4.8.	Bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi; model 1-5.....	55

Şekil 4.9.	Belirlilik katsayısının modellere göre değişimi; model 1-5.....	55
Şekil 4.10.	Bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi; model 6-10.....	57
Şekil 4.11.	Belirlilik katsayısının modellere göre değişimi; model 6-10.....	57
Şekil 4.12.	Bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi; model 11-15.....	59
Şekil 4.13.	Belirlilik katsayısının modellere göre değişimi; model 11-15.....	59
Şekil 4.14.	Bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi; model 16-20.....	61
Şekil 4.15.	Belirlilik katsayısının modellere göre değişimi; model 16-20.....	61
Şekil 4.16.	Geliştirilen lineer modelinin korelasyon eğrisi.....	63
Şekil 4.17.	Geliştirilen karekök modelinin korelasyon eğrisi.....	64
Şekil 4.18.	Geliştirilen logaritmik modelinin korelasyon eğrisi.....	65
Şekil 4.19.	Geliştirilen üssel modelinin korelasyon eğrisi.....	66
Şekil 4.20.	Geliştirilen üstel modelinin korelasyon eğrisi.....	67
Şekil 4.21.	Geliştirilen modellerdeki uyumun belirlilik katsayısının değişimi.....	68
Şekil 4.22.	Niğde iline ait geliştirilen modellerin toplam ısıtım değerleri model A-E.....	68
Şekil 4.23.	Geliştirilen modellerdeki belirlilik katsayısının değişimi.....	70

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
a,b,c,d	Ampirik katsayılar
$G_{sc}$	Güneş sabiti (1367 W/m <sup>2</sup> )
n	Yıl içindeki gün sayısı (1-365)
$\phi$	Enlem açısı
$\omega$	Saat açısı
$\delta$	Deklinasyon açısı
$\theta_z$	Zenit açısı
$\alpha$	Güneş yükseklik açısı
$\gamma_s$	Güneş azimut açısı
$\gamma$	Yüzey azimut açısı
H	Aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı (W/m <sup>2</sup> .gün)
$H_0$	Aylık ortalama atmosfer dışı güneş ışınım (W/m <sup>2</sup> .gün)
S	Güneşlenme süresi (h)
$S_0$	Aylık maksimum ortalama günlük güneşlenme süresi (h)
$H_b$	Yatay bir düzleme gelen direkt güneş ışınımı değeri (W/m <sup>2</sup> .gün)
$H_d$	Yatay bir düzleme gelen yayılı güneş ışınımı değeri (W/m <sup>2</sup> .gün)
$I_d$	Eğik düzleme gelen yayılı güneş ışınımı değeri (W/m <sup>2</sup> .gün)
$I_b$	Eğik düzleme gelen direkt güneş ışınımı değeri (W/m <sup>2</sup> .gün)
$K_T$	Berraklık indeksi
$K_d$	Yayılı ışınım oranı
e %	Bağlı hata yüzdesi
$R^2$	Belirlilik katsayısı
$\pi$	pi sayısı (3,14)

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
DMİGM	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
W	Watt
MJ	Megajule
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
MPE %	Ortalama yüzde hata
MAPE %	Ortalama mutlak hata yüzdesi
SSRE	Bağıl hata karesi
RSE	Bağıl standart hata
MBE	Ortalama sapma hatası
RMSE	Ortalama hata kareleri kökü
t-stat	t-testi metodu

## BÖLÜM I

### GİRİŞ

Beşeriyet tarihinin başlangıcından 1900'lü yıllara kadar, insanlığın kullandığı toplam enerjinin, nüfus artışı ile orantılı olduğu görülmektedir. Ancak, 20. yüzyılda sanayi devriminin gerçekleşmesiyle enerji kullanımı daha hızlı bir artış göstermiştir. Dünyadaki bilinen fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması sebebiyle belli bir zaman sürecinde tükenmesi kaçınılmazdır. Bunun yanı sıra gelişen teknoloji ve nüfus artışı, gittikçe daha çok artan bir enerji gereksinimi doğurmaktadır.

Bilhassa 1950'lerden önce, kömür, enerji üretim ve tüketiminde birinci sırada konum oluştururken bu yılların peşinden, Ortadoğu ve Güney Amerika'da bulunan zengin petrol yatakları sayesinde, petrol ön plana çıkmıştır. Her geçen yıl sürekli artan petrol fiyatlarının yanı sıra enerji gereksinimi günden güne artmaktadır. Bu durum büyük ölçüde patlayan nüfus artışının sonucudur. Nüfus istatistikleri dünyanın enerji dengesine doğrudan etki etmektedir. Gezegenimiz üzerinde her gün 200.000 kişilik net artış gerçekleşmektedir. İnsan nüfusunun bir milyara ulaşması 2 milyon yıl almıştır, ikinci milyara ulaşması için ise sadece yüzyıl yetmiştir. 1930-1960 yılları arasında 30 yıl zarfında üçüncü milyara varılmıştır. 15 sene sonra 1975 yılında 4 milyara ulaşmıştır. 1960-1975 yılları arasında dünyadaki nüfus 2,5 milyardan 4 milyara tırmanarak yüzde 2 oranında artış kaydetmiştir. Bugün 6 milyar civarında olan dünya nüfusunun yüzde 1,7'lik artış oranı ile 2015 yılında 8 milyara ve 2055 yılında 16 milyara ulaşması beklenmektedir (Rifkin ve Howard, 1997).

Daha süratli kalkınma isteği ve de buna paralel olarak artan enerji gereksiniminin yanı sıra, kullanılan karbon atıklı yakıtların doğaya onarılamaz zararlar vermesi, alternatif yakıt arayışlarını arttırmıştır. İlâveten, bugünkü sarf oranları temel alınarak yapılan hesaplamalara göre, kömürün 119-176, petrolün 46-50 ve doğalgazın 63-119 yılları arasında tükeneceği öngörülmektedir. Bu anlamda, kullanılmakta olan yakıtlara alternatif olabilecek, tükenme olasılığı daha az ve atıkları çevreye zarar vermeyecek enerji arayışına gidilmelidir.

Güneş enerjisi doğa yönünden temiz kaynak özelliği taşımaktadır. Bundan dolayıdır ki yükselen dünya çapındaki sera gazının etkisi göz önünde bulundurulduğunda fosil yakıtlara alternatif olmaktadır. Fosil yakıt teknolojisine dayanılarak oluşturulan yanma teknolojisinin reaksiyon ürünü olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonu sonucunda, atmosferdeki CO<sub>2</sub> düzeyi, son yüzyıl içinde yaklaşık 1,3 kat artmıştır. Gelecek 50 yıl içinde, bu miktarın, bugüne oranla 1,4 kat daha artış göstermesi beklenmektedir. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> sebep olduğu sera etkisi, son asır içinde dünyanın ortalama sıcaklığını yaklaşık 0,7°C yükseltmiştir. Bu sıcaklığın 1°C yükselmesi, dünyanın iklim kuşaklarında görünür değişimlere, 3°C düzeyine ulaşan artışlar ise, kutuplardaki buzulların erimesine, deniz seviyesinin yükselmesine, göllerde çoraklığa ve tarımsal kuraklığa sebep olabilecektir. İşte bu sebeple klasik enerji kaynaklarına alternatif olarak yeşil enerji kaynakları olarak isimlendirilen güneş, rüzgâr, jeotermal, biokütle, deniz-dalgası ve hidrojen gibi tabii ve seçenek olabilecek kaynaklara yönelmek gerekecektir (Ültanır, M.Ö., 1996; Varınca ve Varank, 2005).

## **1.1 Güneş Enerjisi**

Yeryüzüne her yıl düşen güneş radyasyon enerjisi, yeryüzünde şimdiye dek belirlenmiş olan fosil yakıt haznelerinin takriben 160 katı kadar civarındadır. İlâveten yeryüzünde klasik enerji üretim tesislerinin bir yılda üreteceğinden 15.000 kat kadar daha fazladır. Bu bakımdan güneş enerjisinin beşeriyet faaliyetlerine uygun kullanılabilir bir enerji türüne adapte etmekle doğaya duyarlık sağlanacaktır (Varınca ve Varank, 2005).

### **1.1.1 Güneşin Büyüklüğü**

Samanyolu galaksisindeki yaklaşık 200 milyar ile 400 milyar yıldızdan biri olan güneş kendini oluşturan maddelerin kütle çekimi ile birbirlerini çekmesi sonucu oluşmuştur. Güneş, ısı ve ışık yayan sıcaklığı yüksek bir gaz külesidir. Güneş dünyaya yaklaşık  $1.496 \times 10^8$  km uzaklıkta ve  $1.39 \times 10^8$  km çapındadır. Bu çap dünyamızın yaklaşık 109 katıdır ve  $1.99 \times 10^{30}$  kg kütlede plazma halindedir Dünyadan 333.000 kat fazla olan bu kütle kendi ışığını üretmesini sağlamaktadır.

### 1.1.2 Güneşin bileşimi

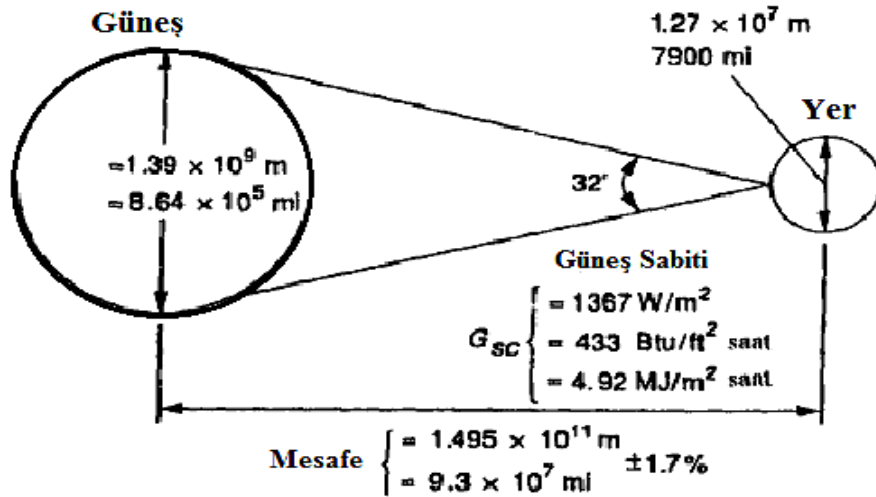
Güneş maddesi çeşitli element gazlara sahiptir. Astronomide, herhangi bir elementin atom ağırlığı Helyumdan fazla ise bir metal atom olarak adlandırılır. Bunlar neon, sodyum, magnezyum, alüminyum, silikon, fosfor, sülfür, potasyum ve demirdir. Şayet yüzdesel oran olarak düşünülürse, Güneş'in kütleinin % 78,5'i Hidrojen, % 19,7'si Helyum, % 0,86'sı Oksijen, % 0,4'ü Karbon, % 0,14'ü Demir ve % 0,54'ü de diğer elementlerden meydana gelmektedir. Hidrojen çekirdekleri Güneşin korunda kaynaşarak helyum çekirdekleri oluşturur. Bu tepkimeler sonucunda 4 hidrojen atomu 1 helyum atomuna dönüşmektedir. Çekirdekte gerçekleşen bu tepkime füzyon sürecini başlatmaktadır. Füzyon süreciyle yüksek miktarda ışınım enerjisi kütle farkından oluşmaktadır. Güneşte, beher saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmesi sonucunda yitirilen dört milyon ton kütlede  $38 \times 10^{22}$  kJ enerji açığa çıkmaktadır (Öztürk, 2008).

### 1.1.3 Güneş ışınımı

Dünyaya gelen güneş enerjisi, çeşitli dalga boylarındaki ışınlardan meydana gelmektedir. Bu ışınların dünya atmosferinden geçerken zararlı olan ışınların birçoğu ve görülebilir dalga boyundaki ışığın da bir kısmı filtrelenir. Bu filtreleme işlemi dünyaya ulaşmadan 25 km yukarıda ozon tabakası tarafından yapılmaktadır. Bu tabakadaki dalga boyları  $0.32 \mu\text{m}$ 'den küçük olan mor üstü ışınlar soğurur. Bu soğurma işlemi canlılar için büyük önem teşkil etmektedir zira mor ötesi ışınım, enerji değeri yüksek bir ışınımıdır. Dünya atmosferine gelen güneş ışınımının yaklaşık % 20'si atmosferi ısıtırken yaklaşık % 35'i de bulutlardan yansiyarak atmosfere geri dönmektedir. Bu dönüşü engelleyen gazların atmosfer tabakasında birikmesi sonucunda uzaya geri dönüş oranında bir azalmaya sebebiyet vereceğinden küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Atmosferi ısıtmak için ve yansıyan ışınların değerlerin toplamından geriye % 45'lik bir oran kalmaktadır ki bu oran yeryüzüne düşen ışınım miktarıdır. Bu değerin değişimi gün boyunca ve yılın günlerince değişim göstermektedir (Yiğit ve Atmaca, 2010; Öztürk, 2008)

### 1.1.4 Güneş sabiti

Dünyanın güneş etrafındaki yörüngesi dairesel olmadığı için güneş ile dünya arasındaki uzaklık % 1,7 oranında değişim göstermektedir. Dünya ile güneş arasındaki açı 32°'ye tekabül ettiği zaman dünya-güneş ortalama uzaklığı  $1.49 \times 10^{11}$  m'dir. Ortalama mesafe alındığında, atmosfer dışındaki güneş ışınımına "Güneş Sabiti" denir ve  $G_{sc}$  ile gösterilir.



Şekil 1.1. Dünya güneş ilişkisi

Atmosfer dışında birim zaman içinde, birim alana dik gelen ışınım enerjisi olan güneş sabiti kcal/m<sup>2</sup>h veya W/m<sup>2</sup> birimi ile değerlendirilmiştir. Güneş sabiti için dünya üzerinde yapılan öncü çalışmalarda C.G.Abbot tarafından 1954 yılında ölçümler sonucunda 1322 W/m<sup>2</sup> bulunmuştur. Daha sonraki yapılan çalışmalar neticesinde Abbot'un kabul ettiği güneş sabiti Johnson tarafından düzeltilerek 1395 W/m<sup>2</sup> kabul edilmiştir. Son yıllarda uzayda yapılan ölçümlerde Dünya Radyasyon Merkezi (WRC) %1 hata sınırı ile güneş sabitini kabul etmiştir (Duffie ve Beckman, 1991).

$$G_{sc} = 1367 \text{ W}^2/\text{m} = 136.7 \text{ mW}/\text{cm}^2 = 1.960 \text{ cal}/\text{cm}^2\text{min} \quad (1.1)$$

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı, atmosfer dışına gelen güneş ışınımına ilişkili olarak bulunur. Güneş sabitinin düzeltme faktörü (f) günlere göre değişim göstermektedir, n yıl içindeki gün sayısı (1-365) olmak üzere aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$f = 1 + 0,033 \cos\left(360 \frac{n}{360}\right) \quad (1.2)$$

Bu eşitlik sayesinde Güneşin yıl için hareketinden dolayı oluşabilecek hatalar azaltılmış ve sonuçların kesinliği sağlanmış olunur.

## 1.2 Literatür Taraması

Dünya üzerindeki herhangi bir yüzey alanına ulaşan güneş ışınımını hesaplamak için çeşitli ampirik modeller kullanılmaktadır. Bu modellerin kullanılmasındaki sebep düzlem üzerine düşen güneş ışınımı verilerinin olmamasından dolayı, araştırmacıların birçoğu tarafından bölgenin şartlarına göre güneş ışınım modelleri türetilmesidir. Aşağıda konu ile ilgili bazı çalışmalardan örnekler verilmiştir:

Angström ve Prescott (1924), aylık ortalama günlük global güneş radyasyonu tahmin için ilk ve en yaygın kullanılan ilişkiyi denklemlerle ifade etmişlerdir. Birçok bölgede kullanılan lineer güneş ışınım modeli türetilmesinde öncü olmuşlardır.

Glover ve McCulloch (1958), güneş ışınım modeli gerçekleştirmede bulunun bölgenin enlem derecesini de ekleyerek ışınım modeli oluşturmuşlardır. Bu oluşturdukları modelde enlem derecesi 60° düşük olmalıdır.

Page (1961), çalışmasında Angström tip modeli iyileştirerek güneş ışınımını hesaplamak için geliştirdiği matematiksel modelin dünyanın her yerinde geçerli olduğunu iddia etmiştir.

Rietveld (1978), farklı ülkelerde bulunan 42 istasyondan ölçülen verileri kullanarak yatay düzleme düşen güneş ışınımı hesaplamak için bir model önermiştir. Dünyanın her bölgesinde kullanılabileceğini iddia etmiştir.

Barbaro vd. (1981), yapılan çalışmada İtalya'nın 3 farklı bölgesinden aldığı ölçümler neticesinde farklı güneş enerji uygulamalarında kullanılan yayılı güneş ışınımından yararlanmak için oluşturulmuş bağıntıları sadeleştirerek iki farklı difüz güneş ışınımı

ölçme metodu geliştirmiştir. Ölçülen değerlerle ve oluşturulan modeller arasındaki değerler istatistiki anlamda yüksek derecede uyumludur.

Dogniaux ve Lemoine (1983), çalışmasında Angström ve Prescott modelini baz alarak enlem verilerinin de eklenmesi ile her ay için farklı olmak üzere matematiksel güneş ışınım modeli geliştirmiştir.

Kılıç ve Öztürk (1983), yatay düzleme gelen günlük toplam ve anlık ışınımı, eğik yüzeye gelen anlık güneş ışınımını modelinde Angström modelinde kullanılan ampirik katsayıların bulunmasında farklı bir yöntem izlemiştir. Bu yöntemle Türkiye coğrafyasında kullanılacak modeli matematiksel denklemlerle ifade etmiştir.

Ogelman vd. (1984), çalışmasında yatay düzleme gelen güneş ışınımının matematiksel modelini oluşturmak için ikinci derece polinom fonksiyon kullanılarak literatüre yeni bir boyut kazandırmıştır.

Benson vd. (1984), yapmış olduğu çalışmalarda küresel güneş radyasyonu tahmin etmek için oluşturduğu matematiksel modelde iklim parametrelerine bağlı olarak ekim-mart ve nisan-eylül ayları olmak üzere iki farklı matematiksel model oluşturmuştur.

Zabara (1986), güneş ışınım açılarını, boyuna düzleme gelen günlük toplam ve anlık ışınımı, yatay yüzeye gelen anlık güneş ışınımını a ve b katsayıları için polinom regresyon tekniğini kullanarak Prescott-Page modeli için a ve b ampirik bağıntılarını matematiksel modelle açıklamıştır.

Bahel (1987), yapmış olduğu çalışmada dünya çapındaki 48 değişik istasyondan aldığı verileri modelleyerek uluslararası alanda kullanılacak matematiksel model geliştirmiştir.

Gopinathan (1988), güneş ışınımı modeli geliştirilmesinde Angström–Prescott bağıntısının a ve b katsayılarının matematiksel modelin kullanılacağı bölgenin rakımıyla ilişkilendirerek yatay düzleme gelen güneş ışınım modeli geliştirmiştir.

Newland (1988), çalışmasında elde edilen verileri kullanarak yatay düzleme düşen güneş ışınımında en iyi bağıntıyı elde etmek için doğrusal logaritmik model kullanmıştır.

Alsaad (1990), Ürdün'ün Amman şehrinde yapılan bu çalışmada yatay düzleme gelen güneş ışınım verileriyle lineer eşitlik geliştirilmiştir. Ölçüm verileri 1983 ve 1987 yılları arasında alınarak günlük, aylık ve yıllık bazda analizler yapılmıştır. Oluşturulan bağıntılarla ölçüm verilerinin istatistiksel anlamda uyumluluğu test edilmiştir.

Raja ve Twidell (1990), Pakistan'da yapılan bu çalışmada bölgede bulunan beş farklı gözlem evinin ışınım verileri bölgenin genel ışınım şiddetini tahmin etmede yeterli olmamaktadır. Bu fikirden yola çıkılarak geliştirilen modellerle Pakistan'ın 40 farklı bölgesi için yıllık ve aylık güneş ışınım haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar Hindistan'daki ve dünya geneli için oluşturulan ışınım haritalarıyla karşılaştırılmıştır.

Jain (1990), bu çalışmada İtalya'nın Macerata şehri ile Zimbabve'deki Harare ve Bulawayo şehirleri için global ve difüz güneş ışınımın tahmininde kullanılmak üzere sekiz farklı güneş ışınımı modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modeller ile ölçüm alınan bölgeler istatistiksel anlamda uyumludur.

Taşdemiroğlu ve Sever (1991), Türkiye coğrafyasındaki beş farklı ölçüm istasyonundan elde ettikleri verilerin ışığında yayılı güneş ışınımının tahmininde bulunmuşlardır. Geliştirdikleri korelasyonda berraklık indeksi ve güneşlenme süresini baz almışlardır.

Samuel (1991), yapmış olduğu çalışmasında yatay düzleme düşen güneş ışınımı modeli oluşturulmasında üçüncü dereceden denklem ile dünya üzerindeki farklı bölgelerde güneş ışınımının tahmin edileceğini savunmuştur.

El-Metwally (1992), Mısırda yapılan bu çalışmada altı farklı istasyondan 9-15 yıl arasında değişen ölçüm verileriyle toplam güneş radyasyonu ve güneşlenme süresinin tahmin edilmesine yönelik bağıntılar oluşturulmuştur. Oluşturulan bağıntılarda bulutluluk indeksi ve hava sıcaklığı parametreleri temel alınmıştır. Tahmin sonuçların dünya genelindeki 32 farklı istasyon verileri ile istatistiksel anlamda karşılaştırılması yapılarak uyumluluğu test edilmiştir.

Lewis (1992), Amerika'nın Tennessee eyaletinde yapılan bu çalışmada uzun dönem güneş ışınımı, bağıl nem, hava sıcaklığı ve güneşlenme saatleri ölçümlerinden veriler elde etmiştir. Bu verilerle güneş ışınımının tahmininde kullanılacak bağıntılar oluşturulmuştur.

Gopinathan ve Soler (1992), yürütülen çalışmada yatay düzleme düşen aylık ortalama güneş ışınımı belirlemek için 60° ve 70° kuzey enlemeleri arasındaki bölgeler için lineer denklemler önermişlerdir.

Coppolino (1994), yapmış olduğu çalışmada güneş ışınımını tahmin etmek için kullanılmakta olan matematiksel formülleri üstel ve trigonometrik anlamda geliştirmiştir. Yapılan çalışmada İtalya'da bulunan farklı bölgelerdeki 34 istasyondan elde edilen bilgiler sayesinde modellerin regresyon katsayılarını geliştirmiştir.

Srivastava vd. (1995), günlük ve saatlik difüz ışınımı ölçmek için yapmış oldukları çalışmada bir piranometre ve gölgelendirme halkası kullanmışlardır. Ölçtükları günlük difüz ışınım ile daha önce literatürde hesaplanmış değerleri karşılaştırmışlardır.

Miguel vd. (1995), yapmış oldukları çalışmada İspanyada 1981 ve 1986 yılları arasında yatay düzleme gelen toplam güneş ışınım şiddetini ölçmüşlerdir. Bu ölçülen değerlerden elde ettikleri verileri eğimli yüzeye gelen saatlik ve günlük ışınım değerlerini açıklayan üç farklı güneş ışınım matematiksel modellemesini hesaplamışlardır

Tiris (1996), çalışmasında temel anlamda Angström-Prescott-Page modelini temel olarak matematiksel modelde kullanılan amprık katsayıların Türkiye için global ve difüz ışınımının tahmininde genel bir denklem şeklinde düzenlemiştir.

Jacovides vd. (1996), Kıbrıs da yapılan bu çalışmada toplam ve difüz ışınımının tahmin edilmesinde adanın mevsimsel ve yıllık korelasyonları geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerde berraklık indeksi ve yayılı ışınım katsayısı temel faktör olmuştur. Adadaki yüksek nem miktarına rağmen tahmin edilen difüz ışınım miktarının tahmininde yüksek derecede başarı sağlanmıştır.

Behr (1997), yürütülen çalışmada eğik düzleme gelen ısınımın hesaplanması amacıyla üç farklı model kullanılmıştır. Bu modellerden faydalanmak için on iki yıl içerisinde yatay düzleme gelen toplam, difüz ve yansıyan ısınım ve eğik düzleme gelen toplam güneş ısınımı ölçülmüştür. Modellerden elde edilen değerler ile ölçülen değerler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Fakioğlu ve Ecevit (1998), çalışmalarında günlük toplam ve saatlik olmak üzere direkt ve difüz güneş ısınım değerlerini analitik olarak bulmak için geliştirdikleri, günlük toplam ısınım değeri yönteminde Türkiye'deki bazı istasyonlar için genişletilmiş ve yalnızca gün sayısı değeri girilerek ulaşılabilen bir matematiksel model oluşturmuşlardır.

Said (1998), Libya'nın Trablus kentinde yapılan bu çalışmada yatay düzleme gelen güneş ısınımını tahmininde bulunulmuştur. Tahmin edilen değerle 1989-1990 yılları arasında bölgede ölçülen verilerle ve mevcut literatürdeki değerlerle karşılaştırılmıştır ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Hijazin (1998), yapılan çalışmada Ürdün'ün Amman bölgesi için yatay düzleme gelen güneş ısınımına bağlı olarak saatlik berraklık indeksi ve saatlik difüz ısınım oranlarını incelemiş ve tablolar halinde sunmuştur.

Remund vd. (1998), bu çalışma ile İsviçre'de bazı istasyonlardan elde edilen on yıllık süre içerisinde eğik düzleme gelen toplam güneş ısınımı ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonucu elde edilen değerler ile mevcut literatürdeki modellerden bir kısmı ile karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Ertekin ve Yıldız (1999), Antalya'da yapılan çalışmada yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük global güneş ısınım şiddetini tahmin için geliştirdikleri modelde 9 farklı değişken kullanılmıştır. Bunlar ekstra karasal radyasyon, güneş sapma oranı, ortalama bağıl nem, güneşlenme süresi oranı, sıcaklık ortalaması, toprak sıcaklık ortalaması, ortalama bulutluluk, yağış ortalaması ve ortalama buharlaşma verileridir. Bu veriler kullanarak yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ısınım şiddetini veren matematiksel modeller üretilmiştir.

Bulut vd. (1999), Türkiye’de yürütülen bu çalışmada Adana, Kayseri, Ankara ve İstanbul illeri için yatay düzleme gelen güneş ışınım şiddetini, güneşlenme süresi ve berraklık indekslerinin tahmini için 1990–1996 yılları arasında Devlet Meteoroloji İşlerinden temin edilen veriler kullanarak yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınım şiddetini veren trigonometrik fonksiyonlar türetmişlerdir.

Ülgen ve Özbalta. (2000), İzmir’de yapılan bu çalışmada ölçülen veriler mevcut literatürde bulunan 25 farklı modelin sonuçlarıyla karşılaştırılması yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarından elde edilen veriler ışığında Bornova ilçesine özgü model geliştirilmiştir. Tüm karşılaştırmalar istatistiksel açıdan denetlenmiştir.

Toğrul vd. (2000), Elazığ bölgesinde yapılan bu çalışmada aylık yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımını hesaplamak için Angström denkleminde bulunan ampirik denklem sabitlerinin hesaplanması hakkında çalışma yapmışlardır.

Elagib ve Mansell. (2000), Sudan bölgesinde yapılan bu çalışmada 16 farklı bölgedeki istasyondan alınan veriler ışığında yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımını hesaplamak için coğrafi parametreleri de hesaba katarak üstel matematiksel model geliştirmişlerdir. Geliştirilen model doğrultusunda Sudan için aylık en iyi performans değeri belirlenmiştir.

Wong ve Chow (2001), Yaptıkları bu çalışmada günlük ve saatlik olarak toplam, direkt ve difüz radyasyonu farklı güneş radyasyon modelleriyle arasında mukayese edilmiş ve bu doğrultuda saatlik toplam güneş radyasyonları ele alınıp sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Oliveira vd. (2002), Brezilya’nın Sao Paulo bölgesi için yapılan bu çalışmada yeryüzüne gelen toplam ve yayılı güneş ışınım değerlerini 1994 ve 1999 yılları arasında ölçülmesi baz alarak yatay düzleme gelen saatlik, günlük ve aylık difüz güneş ışınım değerlerinin hesaplanabilmesi için çeşitli matematiksel modeller geliştirmişlerdir.

Ulgen ve Hepbaşı (2003), İzmir’de yapılan bu çalışmada 1994 ve 1998 yılları arasındaki 5 yıllık süre zarfında yatay düzleme gelen toplam ve difüz güneş ışınım değerlerini çevre sıcaklığına bağlı olarak polinomial bir denklemle ifade edilmiş ayrıca

buna ek olarak ölçüm yapılan son beş yıllık değerler göz önüne alınarak difüz ve toplam ışınım oranlarına yer verilmiştir.

Sebail ve Trabea (2003), yapılan çalışmada yatay düzleme gelen günlük toplam, difüz güneş ışınım şiddetlerini ve güneşlenme sürelerini Mısır'ın dört farklı şehri için alınan ölçümler neticesinde, birinci, ikinci ve üçüncü dereceden matematiksel denklemlerle yatay düzleme düşen difüz güneş ışınımının toplam güneş ışınımına oranı, berraklık indeksi ve güneşlenme süreleri hesaplanması yapılmış ve ölçülen değerlerle mukayese edilmiştir.

Bashahu (2003), Senegal'in Dakar eyaleti için yapılan bu çalışmada dokuz farklı difüz radyasyon modeli incelenmiştir. Buna göre 15 yıllık zaman dilimi içerisinde toplam ve difüz güneş ışınımı, güneşlenme süresi, berraklık indeksi ve sıcaklık değerleri ölçülmüş ve modellerden elde edilen değerler istatistiksel olarak test edilmiştir.

Jin vd. (2003), yapılan bu çalışmada Çin için 78 meteorolojik istasyonda toplam ve difüz güneş radyasyon verileri ölçülmüştür. Çin bölgesi için güneş enerjisi kaynaklarının farklı coğrafyalar üzerine dağılımları incelenmiştir. Liu ve Jordan temeli üzerine korelasyon yapılmıştır. Yapılan bu korelasyonda enlem ve yükseklik gibi bazı coğrafik parametreler kullanılmış analizler neticesinde güneş enerji verilerinin Çin'in doğusu ve batısında makul sonuçlar verdiği görülmüştür.

Chen vd. (2004), yapmış oldukları bu çalışmada Çin'de bulunan 48 farklı istasyondan 1994 ve 1998 yılları arasında elde edilen verileri yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınım değerlerinin ölçümü için kullanmış ve bu değerleri beş farklı model kullanarak hesapladıkları değerlerle kıyaslamışlardır.

Almorox ve Hontoria (2005), yapmış olduğu bu çalışmada İspanya'nın Toledo bölgesi için global güneş radyasyonun belirlenmesinde aylık olmak üzere 12 adet farklı matematiksel model geliştirmiştir.

Güngör vd. (2005), Mersin ili için yapılan bu çalışmada yatay ve farklı eğim açalarına sahip düzlemler üzerine gelen aylık ve saatlik güneş ışınım ortalamaları, bilgisayar ortamında yazılan bir program algoritması ile hesaplanmıştır.

Tarhan ve Sarı (2005), Orta Karadeniz bölgesinde bulunan iller için yapılan çalışmada (Amasya, Çorum, Ordu ve Tokat) altı farklı model kullanarak yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınım şiddetini hesaplanmıştır.

Notton vd. (2006), Fransa için yapılan bu çalışmada yatay düzleme gelen saatlik toplam ve difüz güneş ışınım şiddetlerini ölçmüş ve bu ölçülen güneş ışınım değerlerini, 11 adet yayılı güneş ışınım modeli ile istatistiksel olarak karşılaştırmıştır.

Aras vd. (2006), Türkiye'nin İç Anadolu bölgesinde bulunan on iki il için yapılan bu çalışmada (Afyon, Ankara, Çankırı, Çorum, Eskişehir, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Sivas ve Yozgat) yatay düzleme gelen yirmi adet günlük yayılı ışınım modelini incelenmesi yapılarak sonuçların uygunluğu değerlendirilmiştir.

Menges vd. (2006), Konya ili için yapılan çalışmada meteorolojik ölçüm sonucu elde edilen yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınım değerlerinin literatürde bulunan 50 farklı model ile istatistiksel olarak karşılaştırılması yapılmıştır.

Özer (2006) , bu çalışmada Türkiye ve bazı ülkeler için geliştirilen matematiksel bağıntıların incelenmesi neticesi ile Antalya'da yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımının hesaplanmasında kullanılacak bağıntılarla güneş ışınımı hesaplama modeli geliştirilmiştir. Bulunan sonuçlar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Şen (2007), Türkiye coğrafyası içinde bulunan 8 il için yapılan bu çalışmada (Adıyaman, Afyon, Antalya, Diyarbakır, İstanbul, İzmir, Kastamonu, Konya) yatay düzleme toplam güneşlenmenin hesaplanması amacıyla doğrusal olmayan bir model önermiştir. Bu model Angström modelinin üçüncü dereceden bir parametresi olarak kabul edilmiştir.

Bulut ve Büyükalaca (2007), Türkiye coğrafyası içinde bulunan 68 farklı istasyondan alınan 10 yıllık meteorolojik veriler sayesinde günlük küresel radyasyon tahmin etmek için basit bir model geliştirilmiştir. Bu model yalnızca yılın bir gününe ait trigonometrik bir işleve dayanmaktadır. Bu modelden elde edilen tahminlerin uzun vadeli ölçülen veri

ile de uyumlu olduğu gör÷lmektedir. Öte yandan Türkiye'deki literatürde bulunan hazır veriler ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Bakırcı (2008), yapılan bu çalışmada güneşlenme süresine bağılı üzerinde değişiklik yapılmış aylık ortalama değerler arasından beşinci dereceden polinom ilişkileri de dâhil olmak üzere bazı Angström-tip eşitlikleri geliştirmiştir. Bu geliştirilen matematiksel modelin Erzurum'da aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımının tahmini için kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Maghrabi (2009), Suudi Arabistan coğrafyası içinde bulunan Tabouk bölgesinden alınan 9 yıllık meteorolojik veriler sayesinde yatay düzeye düşen günlük global güneş radyasyonunu tahmin etmek için basit bir model geliştirilmiştir. Model oluşturulmasında beş farklı meteorolojik parametre göz önünde tutulmuştur. Ayrıca geliştirilen bu modelle literatürdeki diğer modellerin istatistiksel bakımından karşılaştırılması yapılmıştır.

Katiyar ve Pandey (2010), Hindistan'da yapılan çalışmada 2001-2005 yılları arasındaki beş farklı şehirdeki güneş radyasyonu verileri kullanılmıştır. Bu verilerle angström tipi birinci, ikinci ve üçüncü dereceden her bölgeye özgü güneş ışınımı modelleri geliştirilmiştir. Oluşturulan modellerle ölçülen verilerin istatistiksel açıdan aylık toplam güneşlenme ışınım değerleri karşılaştırılmıştır.

Che vd. (2010), Çin'de yapılan çalışmada 14 değişik istasyondan alınan 40 yıllık güneş radyasyonu veriler sayesinde çeşitli yayılı güneş ışınımı modelleri geliştirilmiştir. Çin'in coğrafik konumu açısından oldukça yaygın bir coğrafya olması neticesinde ikinci dereceden polinom eşitliğinin en sağlıklı sonuçlar verdiği iddia edilmiştir. Oluşturulan modellerin ölçülen verilerle istatistiksel açıdan mukayesesi yapılmıştır.

Li vd. (2010), Tibet'te yapılan bu çalışmada bölgede bulunan Changdu, Geer, Lasa ve Naqu istasyonlarında elde edilen veriler sekiz farklı modelle test edilmiştir. Bu değerlerin ölçüm sonuçlarıyla istatistiksel açıdan mukayesesi yapılmıştır. Tibet'e özgü geliştirilen iki farklı modelle ölçülen verilerin mukayesesi yapıldığında geliştirilen basit angström-tip lineer modelin ölçüm sonuçlarını yeterli düzeyde karşıladığı gör÷lmüştür.

Düzen ve Aydın (2012), Türkiye'nin Van bölgesinde yapılan çalışmada 7 ayrı istasyondan alınan güneş radyasyonu verileri ile yatay düzleme düşen güneş ışınımın Angström-Prescott lineer regresyondan doğan modellerle çeşitli istatistiksel yönlerden karşılaştırılması yapılmıştır. Bu istatistiksel verilerden Van Bölgesi civarındaki yerlerin hangi modele daha cazip olduğu belirlenmiştir.

Ajayi vd. (2014), Nijerya için yapılan çalışmada meteoroloji dairesinden elde edilen 12 farklı bölgenin 23 yıllık güneşlenme değerleri vasıtasıyla Nijerya'nın genel çok değişkenli güneş radyasyonu matematiksel hesaplama modeli oluşturulmuştur. Geliştirilen modelde diğer modellere nazaran nemli tropik bölgede daha yüksek hassasiyet çerçevesinde sonuçların elde edildiği iddia edilmiştir. Bunlara ek olarak geliştirilen bu modelle diğer hazır modellerin istatistiksel karşılaştırmaları yapılmıştır.

Özetle yukarıdaki çalışmalar incelendiğinde, güneş ışınımı tahmini için geliştirilen ilk çalışma 1924 yılında Angström tarafından lineer modelin tanımlanmasıyla ortaya çıkmıştır. Daha sonraki yapılan çalışmalar ya modele farklı bir boyut kazandırmak ya da belli bir coğrafyaya özgü modeli geliştirmek için oluşturulmuştur. Güneş ışınımı tahmini hesaplanmasında; Glover ve McCulloch enlem değerlerini kullanmış, Barbaro ve arkadaşları yayılı ışınım ölçümüne farklı bir boyut getirmiş, Ogelman ve arkadaşları 2.dereceden polinom bağıntısı ile model oluşturmuş, Kılıç ve Öztürk ampirik a ve b katsayılarının bulunmasında farklı bir yöntem izlemiş, Benson ve arkadaşları iklim verilerine yer vermiş, Gopinathan a ve b katsayılarının bulunmasında rakımı göz önüne almış, Newland logaritmik model geliştirmiş, Samuel yatay düzleme gelen güneş ışınımı için 3. Dereceden eşitlik geliştirmiş, Fakıoğlu ve Ecevit sadece gün sayısı değerini etken yapmış, Ertekin ve Yıldız dokuz farklı meteorolojik parametreyi kullanmış, Elagib ve Mansell coğrafi parametrelerle üstel bağıntı oluşturmuş, Ülgen ve Hepbaşı sıcaklık parametrelerini eklemiş ve Bakırcı yeni düzen beşinci dereceden polinom denklemi kullanmıştır. Bütün bu çalışmaların temel gayesi mevcut çalışılan bölgenin verilerine en yakın değerleri bulmaktır. Bu düşünceyle birçok farklı metodoloji geliştirilerek istatistiksel anlamda uyumluluğun yakalanması amaç olmuştur.

### 1.3 Tezin amacı ve kapsamı

Literatür özetinden de görüldüğü gibi yeryüzüne gelen güneş ışınımının bilinmesi, güneş enerjisinin kullanıldığı sistemlerin tasarımı ve verimliliğinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Yeryüzüne gelen güneş ışınımı değerleri (anlık, saatlik ve günlük) meteoroloji istasyonlarındaki güneş ışınımı ölçüm cihazları ile ölçülerek veya bu bölge için geliştirilen matematiksel bağıntılar yardımı ile hesaplanmaktadır.

Meteorolojik gözlem istasyonlarında güneş ölçüm sistemleri yeteri düzeyde yaygın olmamaktadır. Ölçüm cihazlarının maliyeti, bakımı ve kalibrasyonu, data iletimindeki sorunlar ve insan faktörünün etkisi nedeni ile sağlıklı, düzenli, uygun sıklıkta ve kâfi zaman dizisi uzunluğunda güneş deney düzeneği elde etmek oldukça güçtür.

İncelemedeki güçlükler; bilim insanlarını güneş verisi elde etmeye yönelik modelleme çalışmalarına yönlendirmiştir. Bu çerçevede yeni tahmin modellerine her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenlerden dolayı; ışınım verisi modelleme çalışmaları her zaman gündemde olmuştur. Oldukça basit modellerden karmaşık ve uygulaması zor modellere kadar pek çok çalışma literatürde mevcuttur. Tüm meteorolojik ve atmosferik parametrelerin birbirleri ile olan etkileşimlerinin, bir dizi matematiksel formülasyonlarla izah edilmesi anlamında kullanılan modellemeler, meteoroloji kurumlarının kullandıkları vazgeçilmez araçlardır. Ancak bu modellerin mutlak ve kararlı sonuçlar vermesi bakımından bölge bazında hazırlanması gereksinimi doğurmuştur.

Bu tezin amacı, Niğde ili iklim parametrelerine bağlı olarak, toplam güneş ışınımının tahmini için en uygun güneş ışınımı hesaplama modelini belirlemektir. Ayrıca yatay düzleme gelen günlük tüm, yayılı güneş ışınımı tahmin edilmesinde mevcut literatürde bulunan modelleri inceleyerek elde edilen sonuçları karşılaştırmak ve istatistiksel hata testlerini uygulayarak en iyi modeli oluşturmaktadır.

## BÖLÜM II

### GÜNEŞ AÇILARI

#### 2.1 Dünya Güneş İlişkisi

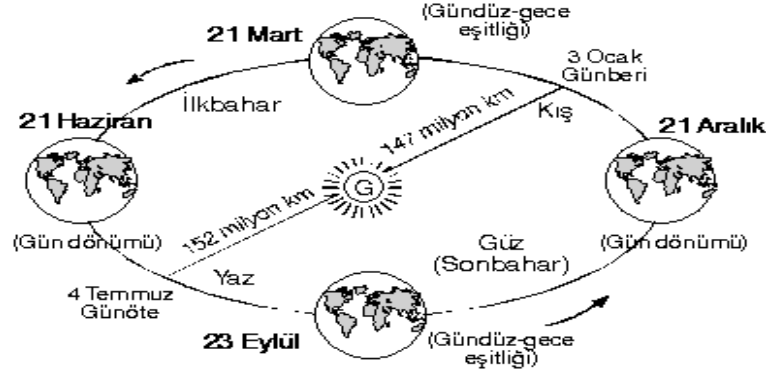
Astronomi bilimi, gökyüzünün her yönünde bulunan çeşitli gök cisimlerini gözlemek suretiyle bilgi edinmektedir. Bundan dolayı gök cisimlerinin hangisinin ne zaman ve gökyüzünün neresinde bulunabileceğini gösteren bir hesap yöntemine, bir koordinat sistemine ihtiyaç duyarken bunları uygulayabilmek için de gökyüzünde referans noktasına ve çeşitli tanımlanmış bölgelerin bilinmesi gerekmektedir. Elde edilen öğeleri analiz ederek bunları güneşle alakalı kurmak istediğimiz plan üzerindeki potansiyel etkilerini belirleyip, sonra da planlarımızı olanaklar ölçüsünde tam bir uyum içerisinde biçimlendirebiliriz.

#### 2.2 Dünyanın Hareketi

Üzerinde bulunduğumuz yerkürenin (dünyanın) bilindiği üzere başlıca üç hareketi vardır bunlar rotasyon, revolusyon ve presesyon olarak tanımlanmışlardır.

Rotasyon, Dünya'nın 24 saat içinde tamamlamış olduğu kendi eksenini etrafında dönüş hareketini oluşturmaktadır.

Revolusyon, Dünya'nın 365,25 günde güneşin etrafında tamamlamış olduğu dolaşım hareketidir. Bu dolaşım daireye çok yakın elips şeklinde ve 939,2 milyon çevre uzunluğunda olmaktadır.



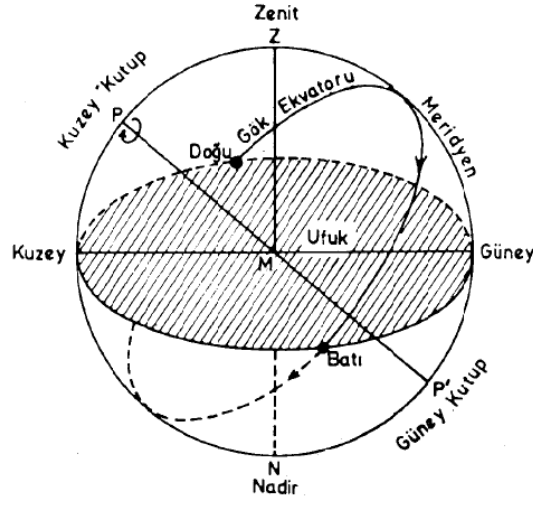
**Şekil 2.1.** Yerkürenin güneş çevresindeki bir yıllık hareketi

Presesyon, dünyanın bir topacın hareketine benzer biçimde, yerin dönme ekseninin doğrultusu yavaş ve sürekli olarak, bir koni tanımlayacak biçimde, yaklaşık olarak 25800 yıllık bir dönemle değişir. Bu hareket, temel olarak ekvator kısmının şişkin ve ekseninin eğimli olmasından dolayı en fazla Güneş'in ve Ay'ın, çok az da olsa diğer gök cisimlerinin etkisi ile dönmekte olan Dünya'nın ekvatoruna uyguladıkları çekim etkisiyle ortaya çıkar (Görcelioğlu E., 1969)

### 2.3 Yıldızların Günlük Hareketi

Gök küresi, gök cisimlerinin üzerinde olduğu ve yarıçapı çok büyük olan hayali bir küre olarak kabul edilir. Gözlemci ise bu kürenin merkezinde duruyormuş gibi varsayılmaktadır. Dünya etrafındaki yıldızların görünen hareketi batıdan doğuya doğru döner ve 24 saatte bir tamamlanır. Yıldızların ya da gök küresinin bu dönme hareketi belirli bir eksen etrafında gerçekleşmektedir. Bu eksenin yerküreyi deldiği noktalara yerkürenin kutup noktası, gökküresini deldiği noktalara ise gökkürenin kutupları denilmektedir. Dönme eksenine ve yerküre merkezine dik olan düzleme ekvator düzlemi, bu düzlemin yerküre ile ara kesitine yer ekvatoru, gök küresi ile olanına da gök ekvatoru denilmektedir.

Dünyadan, yerküre üzerindeki gözlemcinin bulunduğu noktadan çizilen teğet düzlemi ufuk olarak adlandırılmaktadır. Bu düzlemin gök küresini kestiği noktaların meydana getirdiği arakesit ufuk çemberidir. Ufuk çemberi ile gök ekvatorunun kesişme noktaları, gözlemcinin doğu ve batı noktalarını oluşturmaktadır. Kutuplardan ve zenit noktasında geçen meridyen düzlemi ufuk düzlemini güney ve kuzey noktalarında keser.

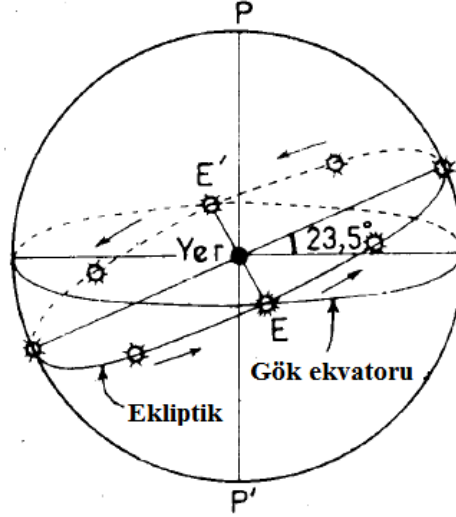


**Şekil 2.2.** Sabit bir gözlemciye göre yerküre

Bir gözlemci eline bir ipe bağlı çekül alıp sarkıttığı zaman çekül yerin merkezine doğru yönelmektedir. Bu çekül doğrultusu gökküresini iki noktada keser; bunlardan biri tepemizde, diğeri ufuk altındadır. Tepemizde olan Başucu veya Zenit, diğeri Ayakucu veya Nadir noktası olarak adlandırılmıştır. Zenit noktası ufuk düzleminden  $+90^\circ$ , Nadir noktası  $-90^\circ$  uzaklığındadır.

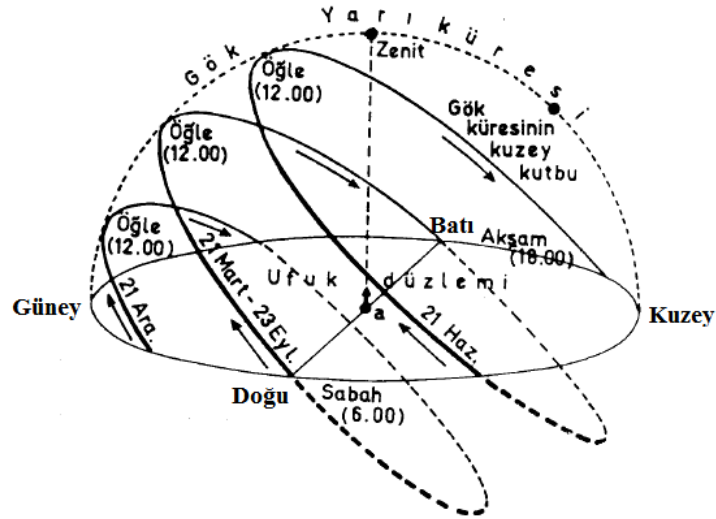
#### 2.4 Güneşin Hareketi

Güneşin hareketi bir yıldızın hareketine benzer şekildedir. Fakat bir yıllık süre içinde incelendiğinde; güneşin yıldızların hareketine göre günde 4 dakika geri kaldığını, bir yıl boyunca güneşin gün ve gece yollarının devamlı değiştiğini görmek mümkündür. Yıldızlar ile güneşin hareketinden oluşan bu fark, dünyanın güneş etrafında dolaşmasından ve güneşin dünyaya yıldızlar kadar uzak olmamasından kaynaklanmaktadır.



**Şekil 2.3.** Ekliptik ve gök ekvatoru noktalarının yerküre üzerindeki gösterimi

Bir yıllık dönem süresince güneşin meridyenden her gün  $1^\circ$  (4 dakika) geri kaldığı noktanın belirlenmesiyle ekliptik çemberi tanımlanır. Bu çember ekvatora göre  $23^\circ 27'$  eğiktir. Güneşin açısal uzaklığı kuzey yarıküre için 21 Haziranda en büyük değeri alırken ( $d = +23^\circ 27'$ ), 21 Aralık tarihinde de en küçük değeri alır ( $d = -23^\circ 27'$ ). Bu iki tarihten birincisine Yengeç Dönencesi, diğerine Oğlak Dönencesi denilmektedir ve bu tarihler gün dönümü olarak adlandırılır.



**Şekil 2.4.** Güneşin yıllık hareketi

Güneşin bir yıllık periyot içinde yapmış olduğu salınımsal hareketleri değerlendirecek, İlkbahar başlangıcı olarak kabul edilen 21 Marttan sonra güneş ekvatorun uzaklaşmaya başlar, Yengeç Dönencesinde duraklayarak tekrar ekvatora yaklaşır. Daha sonra 23 Eylül olan sonbaharın başlangıcında yeniden ekvatora gelir ve sonra güneye doğru ilerler. En son olarak Oğlak Dönencesinde  $-23^{\circ}27'$ lik bir uzaklığa eriştikten sonra duraklayarak tekrar ekvatora yaklaşır.

## **2.4 Esas Güneş Açıları**

Güneş ışınımının en önemli özellikleri dünyanın kendi eksenini etrafında ve güneş çevresinde eliptik dönmesiyle belirlenir. Bu oluşumda hesaplamaların kolay olması açısından, geçmiş dönemlerden günümüze kadar birçok alanda çalışmalar yürütülmüş ve belli kabuller yapılarak yeni yöntemler geliştirilmiştir. Dünya üzerindeki herhangi bir yerin enlemi, boylam ve yüksekliğinin tanımlanması ve kutupsal koordinatların da kullanılmasıyla güneşin hareketini yerkürede incelemesine olanak sağlamaktadır. Bu açıların bilinmesi sayesinde güneş enerjisinden hangi verimlilik ölçüsünde yararlanabileceğinin analizi yapılır.

## **2.5 Temel Güneş Açıları**

Dünya üzerindeki herhangi bir noktaya gelen direkt güneş ışınımının doğrultusu, eğer o bölgenin enlemi, saat açısı ve deklinasyon açısının bilinmesi ile tahmin edilebilmektedir.

### **2.5.1 Enlem Açısı ( $\theta$ )**

Referans noktamız ile ekvator arasındaki açıdır. Başka bir deyişle doğrudan gelen ışınım ile yatay düzlemin oluşturduğu açıya denir. Güneş yükseklik açısının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Kuzey yönde pozitif, güney yönde negatif olmak üzere  $-90^{\circ}$  ile  $+90^{\circ}$  arasında değişir. Ülkemiz coğrafi konum olarak  $36^{\circ}$ -  $42^{\circ}$  enlemleri arasında yer almaktadır.

### 2.5.2 Saat Açısı ( $\omega$ )

Güneş ışınlarının bulunduğu boylam ile referans noktasının arasındaki açıdır. Zamanın açısal ölçüsüdür. Güneş öğle vakti ile ilgili zaman arasındaki saat farkı, 15 sabit sayısı ile çarpılarak güneş sabit açısı hesaplanır. Bu sabit sayı dünyanın güneş çevresinde bir defa dönüşü sırasında oluşan  $360^\circ$ lik açının  $24'$ e bölünmesiyle elde edilmiştir.

$$\omega = 15 \times (GS - 12) \quad (2.1)$$

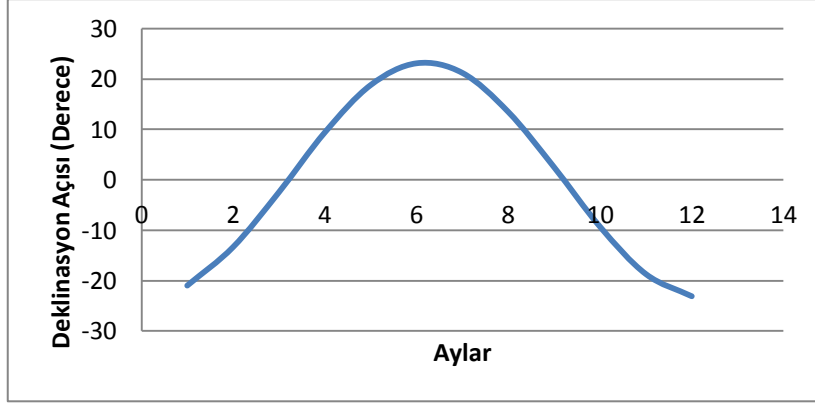
Bu eşitlikten yola çıkılarak saat açıları güneş öğlesine göre simetriktir. Saat 13:00 ile saat 11:00'de saat açıları birbirine eşittir ve saat 12'de  $\omega = 0$  olur. Özet olarak bu dünyanın güneş çevresinde 1 saatte yaptığı açıdır.

### 2.5.3 Deklinasyon Açısı ( $\delta$ )

Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yapmış olduğu açı olup sadece zamanın fonksiyonudur. Bu açı, dünyanın dönme ekseninin, yörünge düzlemi normali ile yaptığı  $23^\circ 27'$ lik açıdan oluşmaktadır.

Deklinasyon açısı Ekinoks noktalarında (21 Mart ve 23 Eylül) sıfır derece iken Gündönümü noktalarında (21 Haziran ve 21 Aralık) ise mutlak değer olarak en büyük değere ulaşır.

Deklinasyon açısının eksi değerinde olduğu ve güneş ışınlarının daha dik geldiği, 23 Eylül-21 Mart tarihleri arasında güney yarımkürede yaz yaşanırken kuzey yarımkürede kış yaşanmaktadır. Bu açının artı değerinde olduğu, 21 Mart-23 Eylül tarihleri arasında kuzey yarım kürede yaz mevsimi yaşanırken güney yarım kürede kış mevsimi yaşanmaktadır.



**Şekil 2.5.** Deklinasyon açısının aylık değişimi

Deklinasyon açısı, bazı ampirik formüller kullanılarak yılın herhangi bir günü için Cooper formülü ile yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir.

$$\delta = 23,45^\circ \sin \left( \frac{360 (n + 284)}{365} \right) \quad (2.2)$$

Bu formüldeki n, 1 Ocaktan itibaren deklinasyon açısının hesaplanacak güne kadar olan gün sayısını temsil etmektedir. Güneş ışınım değerleri bir ayda bulunan bütün günler yerine, aylık belirlenen ortalama gün sayısı üzerinden aylık ortalama deklinasyon açısı hesaplanmaktadır (Duffie ve Beckman, 1991)

**Çizelge 2.1.** Her bir ay için ortalama gün değeri ve “ n “ değerinin hesabı

<b>Ay</b>	<b>Belirli Bir Gün İçin n Değeri</b>	<b>Ayı Temsil Eden Gün Sayısı</b>	<b>Ortalama Gün İçin n Değeri</b>	<b>Deklinasyon <math>\delta</math></b>
<b>Ocak</b>	i	17	17	-20,92
<b>Şubat</b>	31+i	16	47	-13,29
<b>Mart</b>	59+i	16	75	-2,42
<b>Nisan</b>	90+i	15	105	9,41
<b>Mayıs</b>	120+i	15	135	18,79
<b>Haziran</b>	151+i	11	162	23,09
<b>Temmuz</b>	181+i	17	198	21,18
<b>Ağustos</b>	212+i	16	228	13,45
<b>Eylül</b>	243+i	15	258	2,22
<b>Ekim</b>	273+i	15	288	-9,60
<b>Kasım</b>	304+i	14	318	-18,91
<b>Aralık</b>	334+i	10	334	-23,05

Özet olarak gün uzunluğu, güneşin doğuş-batış saatlerinin deklinasyon açısına bağlı olarak hesabının yapılabilmesi mümkündür.

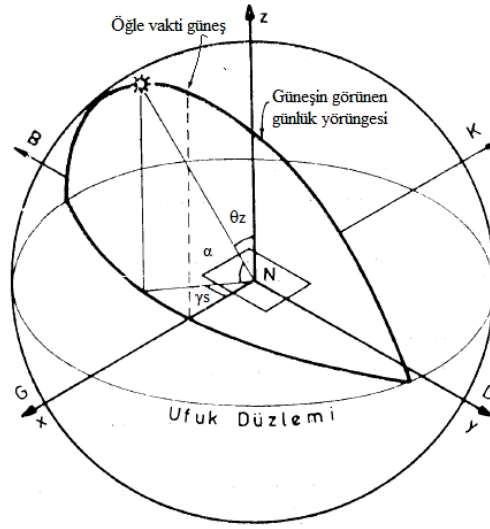
## **2.6 Türetilen Güneş Açıları**

Temel güneş açılarının bir fonksiyonu olarak türetilen açılar sayesinde güneş ışınımının hesaplanması mümkündür. Bu açılar sayesinde hesap yönteminde kolaylık ve doğruluk sağlanmış olmaktadır

### **2.6.1 Zenit Açısı ( $\theta_z$ )**

Doğrudan güneş ışınım doğrultusunun yatay düzlemin normali ile yapmış olduğu açıdır. Zenit açısı güneşin doğuş ve batışında  $\theta_z = 90^\circ$  iken, ışınların yeryüzüne dik geldiği durumda ise  $\theta_z = 0^\circ$  dir. Zenit açısı enlem açısına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\cos \theta_z = \sin \delta \cdot \cos \varnothing \cos \omega + \sin \delta \sin \varnothing \quad (2.3)$$



**Şekil 2.6.** Zenit açısı, yükseklik açısı ve azimut açısının yerküre üzerinde gösterimi

### 2.6.2 Güneş Yükseklik Açısı ( $\alpha$ )

Güneşin herhangi bir anda doğrudan güneş ışınımı ile yerel yatay düzlem arasında oluşturduğu açıdır. Bu açı bütün mevsimlerde en yüksek değerini öğle vaktinde almaktadır. Deklinasyon açısı, enlem açısı ve güneş saati açısına bağlı olarak aşağıdaki bağıntı oluşturulur.

$$\sin \alpha = \sin \delta \cdot \cos \varnothing \cos \omega + \sin \delta \sin \varnothing \quad (2.4)$$

Güneşin doğuşu ve batışı sırasındaki yükseklik açısı sıfırdır ve güneş yükseklik açısı ve zenit açının toplamı doksan derecedir.

$$\theta_z + \alpha = 90^\circ \quad (2.5)$$

### 2.6.3 Güneş Azimut Açısı ( $\gamma_s$ )

Güneşin doğrultusunun tam olarak bilinebilmesi için kutupsal koordinatlarda azimut açısına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu açı güneş-dünya doğrultusunun yatay düzlemdeki iz düşümünün, kuzey-güney doğrultusu ile yapmış olduğu açıdır başka bir deyişle

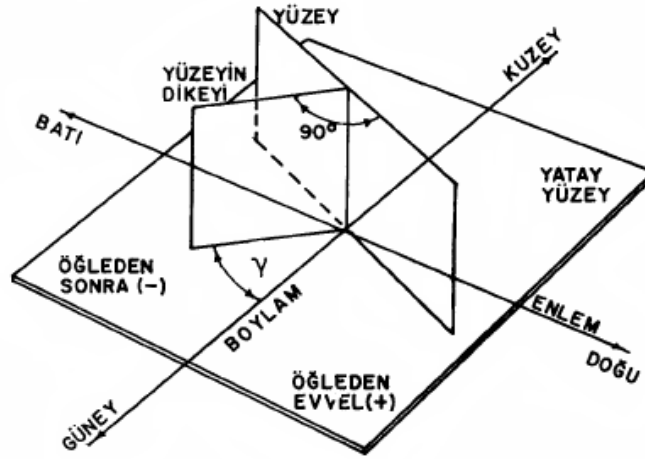
doğrudan güneş ışınımı ile kuzey-güney doğrultusunun arasındaki açıdır. Güneye doğru azimut açısının sinüsü aşağıdaki bağıntı ile belirlenir.

$$\sin \gamma_s = -\frac{\cos(\delta) \cdot \sin(\omega)}{\sin \theta_z} \quad (2.6)$$

Güneş ışınlarının kuzeye göre saat dönüş yönünde sapmasını gösteren açıdır. Saat tam 12'de  $\gamma_s = 180^\circ$  olur.

#### 2.6.4 Yüzey Azimut Açısı ( $\gamma$ )

Yüzeyin dikeyinin yerel boylama göre sapmasını gösteren, yüzeyin normali ile kuzey güney doğrultusu arasındaki açıdır. Bu açı  $-180^\circ$  ile  $180^\circ$  arasında değişebilmektedir.



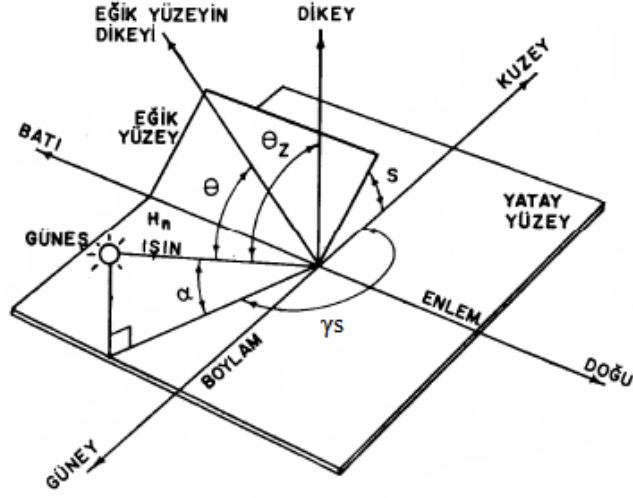
Şekil 2.7. Yüzey azimut açısının gösterimi

Doğuya yönelen yüzeylerde artı, batıya yönelen yüzeylerde eksi değer alır. Güneye bakan yüzeylerde ise sıfır derece olmaktadır.

#### 2.6.7 Güneş Geliş Açısı ( $\theta$ )

Yüzeye gelen direkt güneş ışınımı ile yüzeyin normali arasında oluşan açıdır. Yüzey güneş ışınlarına dik ise. Geliş açısı sıfır paralel ise doksan derecedir. Eğik düzlemin yatayla yaptığı eğim açısı ( $s$ ) dersek güneş geliş açısı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

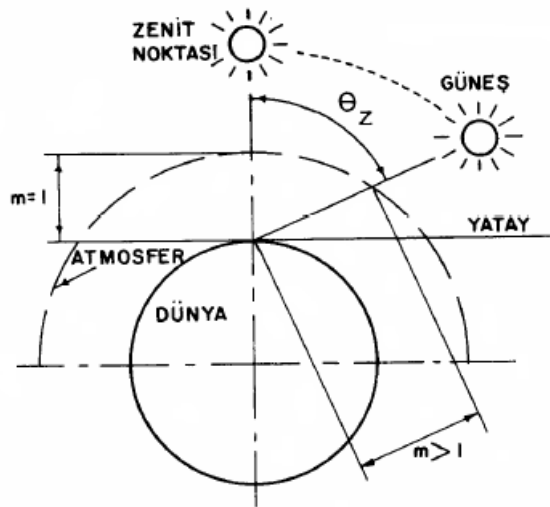
$$\cos \theta = [ \sin(\delta) \cdot \sin(\varnothing) \cdot \cos(s) - \sin(\delta) \cdot \cos(\varnothing) \cdot \sin(s) \cdot \cos(\gamma) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varnothing) \cdot \cos(s) \cdot \cos(\omega) + \cos(\delta) \cdot \sin(\varnothing) \cdot \sin(s) \cdot \cos(\gamma) \cdot \cos(\omega) + \cos(\delta) \cdot \sin(s) \cdot \sin(\gamma) \cdot \sin(\omega) ] \quad (2.7)$$



Şekil 2.8. Çeşitli güneş açılarının eğik düzlemde gösterimi

### 2.6.8 Hava Kütlesi ( $m$ )

Doğrudan güneş ışınımının geçtiği atmosfer kütlelerinin uzaklığının, güneşin tam tepe noktasında (zenit noktasında) bulunduğu konumdan geçtiği andaki kütlelerin uzaklığına oranı olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2.9. Hava kütlelerinin yerküre üzerindeki gösterimi

Bu oran zenit seviyesinde  $m = 1$  olarak hesaplanır ve aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$m = [\cos(\theta_z)]^{-1} \quad (2.8)$$

Bu bağıntı sayesinde atmosferde geçip yeryüzüne gelmekte olan ışınımdaki azalmanın belirlenmesi sağlamaktadır.

### 2.6.9 Güneş Batış Saat Açısı ( $\omega_s$ )

Güneşin batışında zenit açısı  $\theta_z = 90^\circ$  (yataya paralel) olur ve  $\cos \theta_z = 90^\circ = 0$  olduğundan güneş batış saat açısı aşağıdaki bağıntılardan bulunabilmektedir.

$$\cos \omega_s = -\frac{\sin \phi \cdot \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta} \quad (2.9)$$

Bu bağıntılar enleme ve deklinasyon açısına bağlı olarak değişmektedir.

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \cdot \tan \delta) \quad (2.10)$$

## BÖLÜM III

### MATERYAL VE METOD

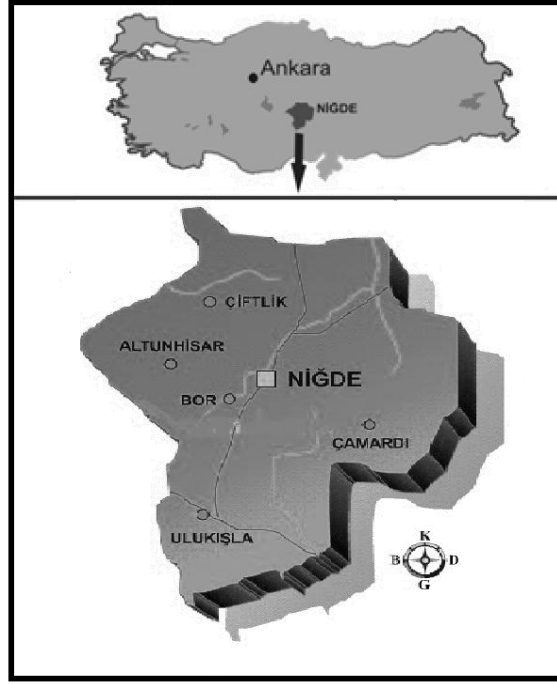
#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1 Araştırılan Bölgenin Coğrafi Konumu

Coğrafi koordinatlar sistemine göre Niğde ilinin matematiksel konumu,  $37^{\circ} 25'$  -  $38^{\circ} 58'$  kuzey enlemleri ile  $33^{\circ} 10'$  -  $35^{\circ} 25'$  doğu boylamları arasındadır. İl topraklarının yüzölçümü  $7.400 \text{ km}^2$ 'dir, İç Anadolu Bölgesi topraklarının % 4.87'sini ülke topraklarının % 0.90'sini kaplamaktadır.

Niğde ilinin bir bölümü Akdeniz Bölgesindeki Adana Bölümünde ve İç Anadolu Bölgesinin Orta Kızılırmak Bölümünde bulunmaktadır. Altunhisar ve Çiftlik ilçelerinin bütünü İç Anadolu Bölgesinde kalırken Merkez ilçe ve Bor ilçesininse her iki bölgede de toprakları bulunmaktadır. Çamardı ve Ulukışla ilçelerinin tamamına yakını Akdeniz Bölgesinde yer almaktadır (Anonim, 2013).

Niğde ilinin bitişiğinde, Güneyde İçel ilinin Çamlıyayla ve Tarsus, güneydoğu ve doğuda Adana ilinin Aladağ ve Pozantı ilçeleri kuzeybatıda Aksaray ilinin Gülağaç ve Güzelyurt ilçesi, kuzeyde Nevşehir ilinin Derinkuyu ve Acıgöl ilçesi, kuzeydoğuda Kayseri ilinin Yahyalı ve Yeşilhisar, batı ve güneybatıda Konya ilinin Emirgazi, Ereğli ve Halkapınar'dır. Şekil 3.1. de Niğde ilinin Türkiye'deki coğrafi konumu verilmiştir.



**Şekil 3.1.** Niğde ilinin görünüşü

Deniz seviyesinden yaklaşık 1300 m ortalama yükseklikte bulunan Niğde'nin (Niğde kenti 1229 m) batı kesimi dalgalı düzlüklerle, kuzey, güney ve doğu kesimleri ise dağlık alanlarla çevrilidir. Kuzeydeki en yüksek kesimi 2963 m zirvesi ile Melendiz Dağı oluştururken Güney ve güneydoğu sınırlarını Orta Torosların temeli niteliğindeki Bolkar Dağları (3002 m) ve onun uzantısı biçiminde olan Aladağlar (3734 m) kuşatır (Sever ve Kopar, 2007).

Bulunduğu özellikli konumu nedeniyle Niğde bölgesi, İç Anadolu Bölgesi ile Akdeniz Bölgesi arasında geçit noktasında olup, saha fiziki ve beşeri özellikler yönünden bu iki bölgenin ortak özelliklerini yansıtmaktadır.

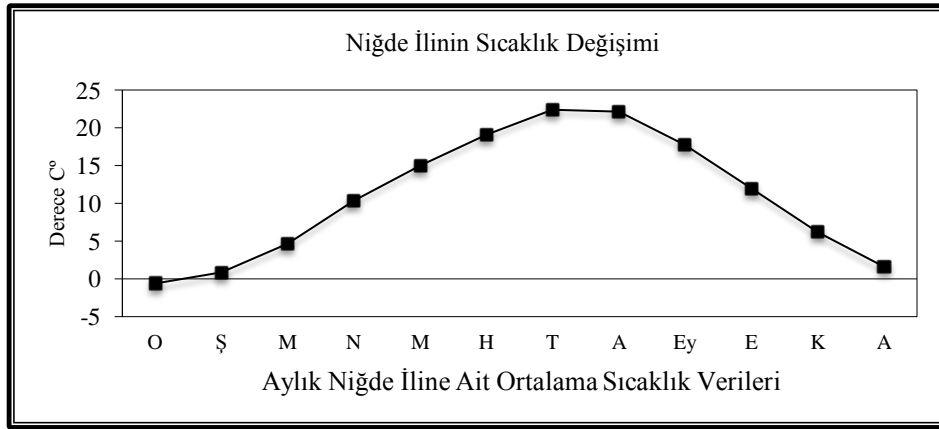
### **3.1.2 İklim özellikleri**

İklim, atmosfer olaylarının kısa sürede değişmesi beklenmeyen ortalama durumu olarak açıklanmaktadır. Dolayısıyla iklim, fiziki ve beşeri olaylar üzerinde etkisi olan bir süreçtir. Bu nedenle bir yerin iklim özelliklerinin bilinmesi iklimle bağlantılı olayların sebep-sonuç ilişkilerini kurarken yardımcı olmaktadır (Sever ve Kopar, 2007)

Çalışmada kullanılan iklimsel dotalar, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünün (DMİGM) 1970-2011 yılları arasındaki (31 yıllık) ölçüm verilerinden sağlanmıştır. Değerlendirmelerde, öncelikle iklim elemanlarının ortalama değerleri ele alınmıştır.

**Çizelge 3.1.** Niğde iline ait sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi

	Aylar												Yıllık Ort. Sıc °C
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	Ey	Ek	K	A	
Sıcaklık Değerleri °C	-0,6	0,9	4,7	10,4	15,0	19,1	22,4	22,1	17,7	12,0	6,2	1,6	11,0



**Şekil 3.2.** Niğde iline ait sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi

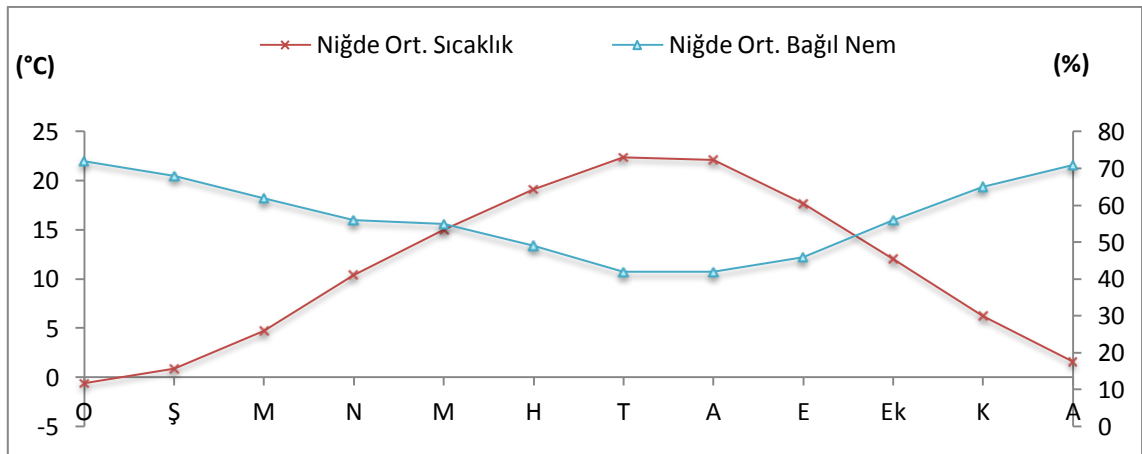
Genel olarak Anadolu'da Ekim ayı sonlarında başlayarak Mayıs ayına kadar devam eden dönemde Akdeniz makro klima kuşağına dayanan hava bloklarının meydana getirdiği cephe düzenleri ve alçak basınç biçimleri hava koşullarına hükmeder. Ayrıca antisiklonal rejimin sebep olduğu yüksek ışıma Niğde ve bölgesindeki dağlık kesimde sıcaklıkların düşmesine yol açar. Sıcaklığın seviye faktörüyle de düşmesi dikkate alındığında yüksek bir kütle olan Bolkar, Aladağ, Melendiz ve Hasan Dağı ile düzlük alçak kesim arasında sıcaklık farkları belirir. Bununla birlikte Anadolu'nun her kesimi denk çevre kütlelerinin egemenliğinde olmasının tersine orografik ve havayı kararsızlaştıran öbürkü faktörler nedeniyle ayrı etkilerin altındadır. Yani bu dönemde, Anadolu'da her yer aynı derecede sıcak ya da soğuk değildir (Anonim, 2014; Sever ve Kopar, 2007).

Havada her zaman bir miktar su buharı vardır. Oranı yere ve zamana göre değişen bir miktar olmakla birlikte, iklimsel olgular ve canlı yaşamı üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Havanın nem ihtivası; yeryüzündeki kaynaklardan buharlaşarak atmosfere dağılan su, havanın su buharı taşıma kapasitesine endeksli olarak bariz bir değere eriştikten sonra uygun şartlarda yoğunlaşır. Belirli bir hacimdeki havanın kaldırabileceği maksimum su buharı miktarı havanın sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklık arttıkça havanın taşıyabileceği su buharı miktarı da artar.

**Çizelge 3.2.** Niğde iline ait ortalama nem miktarı

NİĞDE	Unsur	AYLAR												Yıllık
		O	Ş	M	N	M	H	T	A	Ey	E	K	A	
	Ortalama Buhar Basıncı (mb)	4,3	4,6	5,4	7,1	9,4	11,0	11,8	11,5	9,6	8,0	6,2	5,0	7,8
	Ortalama bağıl Nem (%)	72	68	62	56	55	49	42	42	46	56	65	71	57
	En düşük Bağıl Nem (%)	8	2	3	4	2	6	2	4	1	3	3	2	1

Niğde iklim özelliklerinde su buharı basıncı mevsimlere göre değişmektedir. Bu değişim sıcaklık ve buharlaşma koşullarıyla alakalıdır. Buharlaşma kış mevsiminde minimum seviyededir. Aralık'tan Nisan ayına kadar buharlaşma yaklaşık aynı miktardadır.



**Şekil 3.3.** Niğde'ye ait bağıl nem ve sıcaklık karşılaştırılması

Bulutluluk faktörü, atmosferdeki su buharı oranı, yağış ihtimali, güneşlenme süresinin az ya da fazla oluşunun yeryüzünün ısınması veya soğuması gibi parametreleri doğrudan veya dolaylı biçimlerde etkilemektedir.

**Çizelge 3.3** Niğde iline ait ortalama bulutluluğun aylık değişimi.

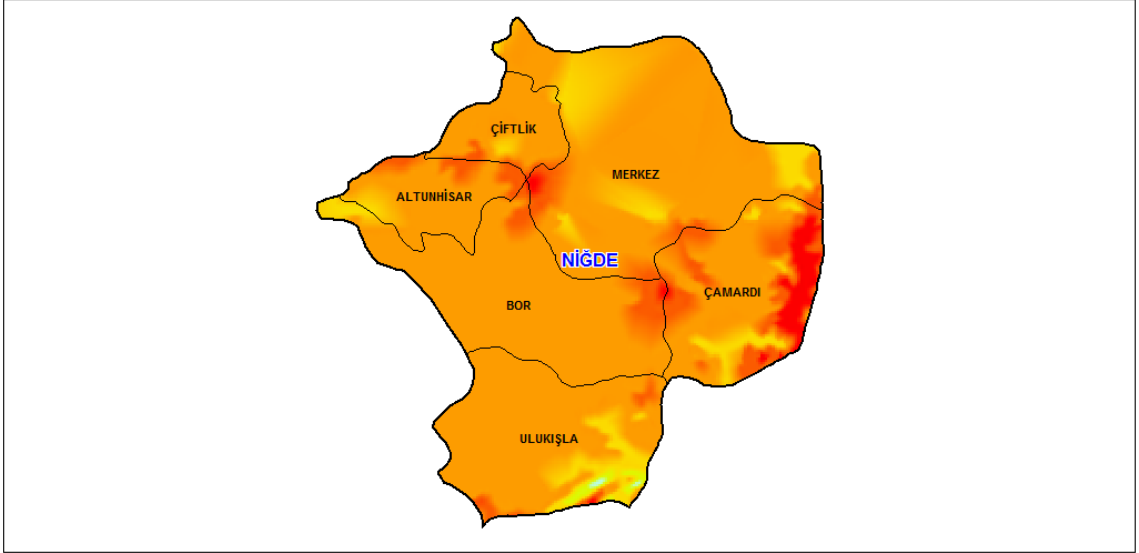
Niğde	Unsur Ort. Bulut.	AYLAR												
		O	Ş	M	N	M	H	T	A	Ey	E	K	A	Yıllık
		5,9	5,6	5,3	5,4	4,6	3,0	1,5	1,3	1,7	3,5	4,7	5,7	4,0

Niğde ilinin ortalama bulutluluk seviyesi bakımından İç Anadolu Bölgesinin değerlerini yansıtmaktadır. Genel itibari ile bölgede iç kesimlerden dağlık kesimlere doğru geçildikçe bulutluluk oranı artmaktadır. Yörenin bulutluluğa bağlı olarak değerlendirilen açık ve kapalı günlerin yıllık sayısal değerleri yılın 53 günü kapalı, 124 günü açık, 187 günü ise bulutludur.

**Çizelge 3.4.** Niğde iline ait ortalama açık, bulutlu ve kapalı günler sayısı.

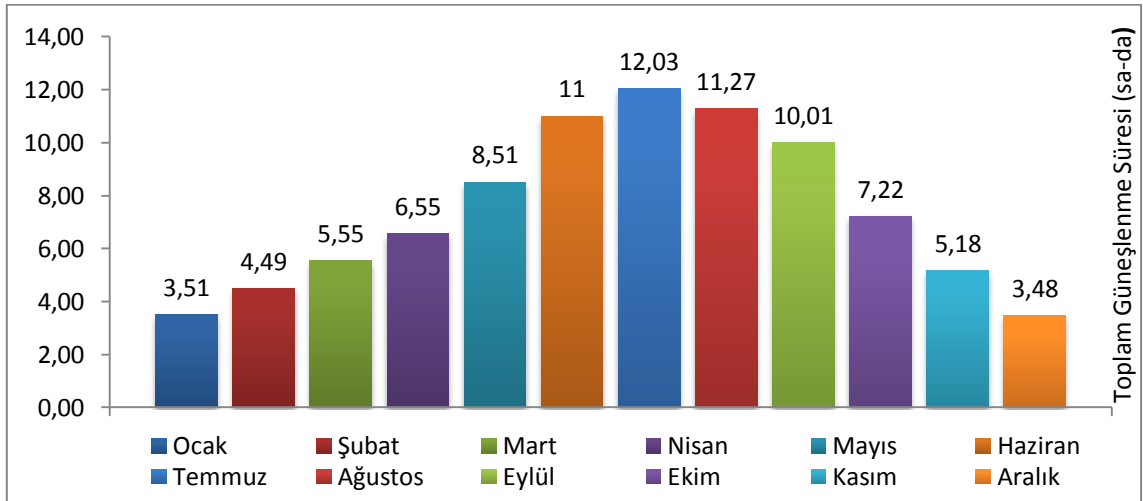
Unsur	AYLAR												Yıllık
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	Ey	E	K	A	
<b>Ortalama Açık Günler sayısı (0,0–1,9)</b>	4,4	5,0	5,5	4,2	5,3	12,2	20,9	22,0	19,0	12,7	8,4	5,3	124,9
<b>Ortalama Bulutlu Günler sayısı (2,0–8,0)</b>	17,3	15,4	18,7	19,4	22,2	16,9	9,9	9,0	10,7	15,1	15,4	17,0	187,0
<b>Ortalama Kapalı Günler sayısı (8,1–10,0)</b>	9,3	7,8	6,8	6,4	3,5	0,9	0,2	0,1	0,3	3,2	6,3	8,7	53,5

Niğde coğrafi konum dolayısıyla Güney Bölgesine yakın olması sebebiyle Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli bakımından avantajlı iller kapsamına girmektedir. Sahip olduğu potansiyel, global radyasyon değeri ve güneşlenme süresi bakımından incelendiğinden Türkiye ortalamasının üstünde yer almaktadır.



**Şekil 3.4.** Niğde'nin güneş ışınımı yoğunluğunun ilçelere göre değişimi

Global Güneş Radyasyonunun hesabında ölçülen ışınım verileri en önemli bilgi kaynağını oluşturmaktadır. Işınım verilerinin atmosferde sürekli değişken olmaları ve birbirine yakın istasyon verilerinin benzer olmaları sonucunda istasyonlar arasında bağlantı kurularak istenilen bölgenin değerleri kolayca hesaplanabilmektedir.



**Şekil 3.5** Niğde'nin Aylara Göre Değişen Ortalama Toplam Güneşlenme Süresi (sa-da)

Yıllık olarak güneş ışınımı değerlendirilirse, yılın ilk yarısında giderek artan ikinci yarısında ise giderek azalan bir doğrusal bir eğim olduğu görülmektedir. Toplam yıl ölçüğü değerlendirildiğinde farklı günlük değişimler (aşırı değerler) yıllık değerleri

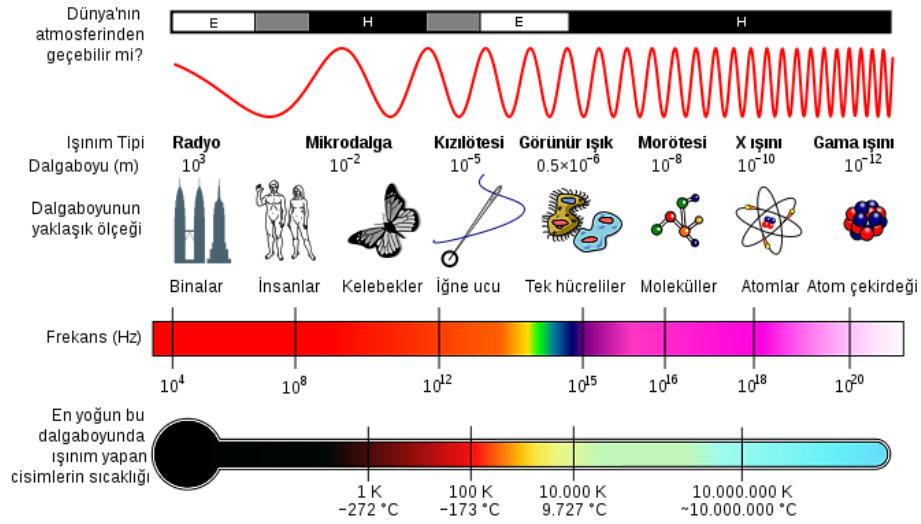
etkilemeyecektir. Yıl başlangıcından itibaren düşünülduğünde birbirini izleyen aylarda giderek artan veya giderek azalan doğrusal olmaktadır. Ayların ortalama günlük güneş ışınımı değerlerinin kullanılmasıyla yıllık esas güneş ışınımı hesaplamaları yapılmaktadır.

### **3.2 Metot**

Dünyaya gelen enerji farklı dalga boylarındaki ışıklardan oluşmaktadır. Işınımın yayılması tek ortamdan veya maddeden elektromanyetik dalgalar yahut parçacıklar şeklindedir. Atmosfer dışına gelen güneş ışınları 0,1-3 µm aralıkta değişen dalga boyu ile nitelendirilerek morötesinden kırmızı altına kadar uzanmaktadır. Bu gelen enerjinin taşınımı elektrik ve manyetik alanlarla periyodik dalgalar şeklinde ve ışık hızı ile ilerlemektedir. Bu hız, ışık hızı olarak adlandırılmakta ( $2,99792458 \times 10^8$  m/s) aşılamayan evrensel bir sabittir. Güneşten yayılan ve bilinen farklı dalga boylarındaki tüm elektromanyetik radyasyonun tamamı elektromanyetik güneş spektrumu olarak isimlendirilir (Öztürk, 2008).

#### **3.2.1 Elektromanyetik Güneş Spektrumu**

Elektromanyetik spektrum güneşten yayılan ve bilinen farklı dalga boylarındaki elektromanyetik radyasyondur. Spektrumla ilgili elektromanyetik radyasyonun bütün bilinen dalga boyları, geleneksel olarak seri aralıklara bölünmüştür. Bulunduğu bir bölgeye nazaran başka bir bölgede temel olarak bir farklılık yoktur. Farklılıklar, radyasyonun maddelere ne yaptığına veya onlarla olan etkileşimlerine yani dalga boyuna bakılarak şekillendirilmiştir.



**Şekil 3.6.** Güneşin elektromanyetik spektrumunun dağılımı

Elektromanyetik ışınlar, atmosfer, su ve başka ortamlardan değişik oranlarda geçebildikleri gibi uzay boşluğundan da geçebilen enerji türüdür. Görünür ışık veya başka bir elektromanyetik türü belli bir madde içerisinde yaratılır veya atmosfer içerisinde geçerse, bu ışınının dalga boyu düşmesine karşın frekansı artacaktır. Bu değişiklikten dolayı, ışınımın elektromanyetik tayf değerleri ile ilgili rakamsal bilgiler verilirken genellikle söz konusu ışınımın atmosfer dışındaki sayısal değerlerin ölçülmesi ile ifade edilir. Yeryüzündeki güneş enerjisi ölçümleri genel olarak atmosferi geçebilen eşit oranlarda enerji içeren, görünür ve yakın kızıl ötesi dalga boyuyla sınırlıdır (Anonim; Öztürk, 2008).

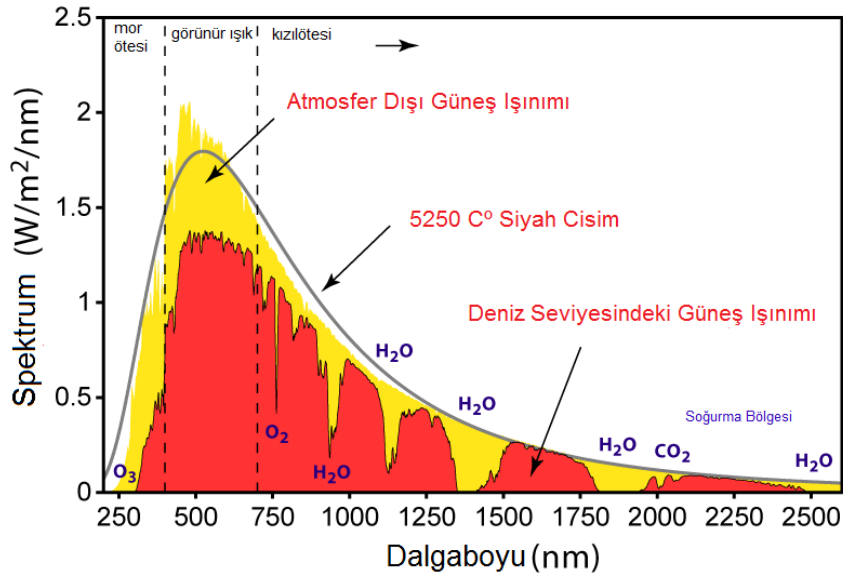
### 3.2.2 Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınımı

Güneş ışınları atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır. Atmosferdeki yayma ve soğurma özelliklerine bağlı olarak yeryüzüne ulaşan ışınımın miktarı, kalite ve doğrultusu ile belirlenmektedir.

Işınımı atmosferde yayılması hadisesi atmosferden geçen güneş ışınımının hava molekülleri, toz, su buharı ve su damlaları tarafından saçılmaya uğramasıdır. Saçılmanın derecesi ışınımın geçtiği partikül sayısına ve partikül boyutlarına bağlıdır. Rayleigh teorisine göre çok küçük hava molekülleri güneş ışınım dalga boyuyla ilişkili

olup, gaz molekülüne çarpan miktar bütün doğrultuda yaklaşık eşit olarak yayılarak saçılmaktadır. Bu koşul aerosol parçacıklar olarak bilinen toz ve polen için geçerli değildir.

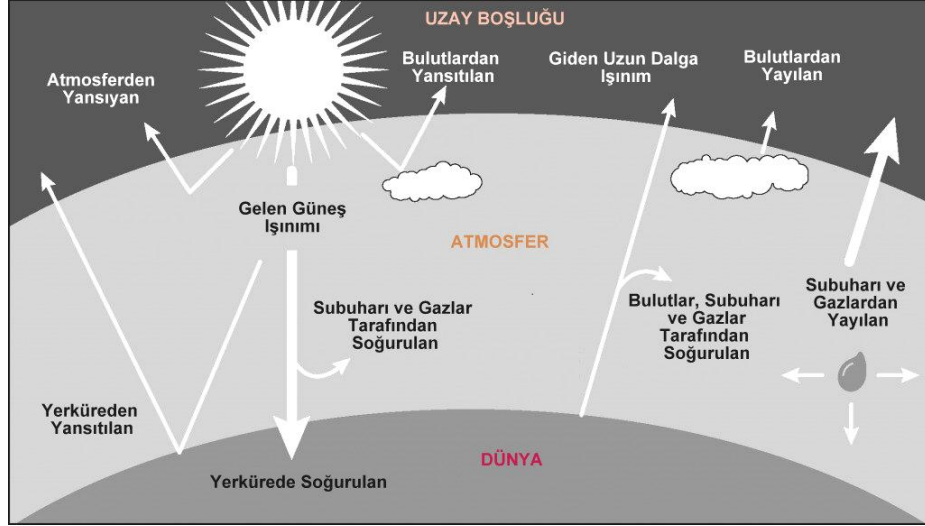
Işınımın atmosferde yutulması olayında, yayılma işleminin tersine güneş ışınlarından enerji kazanılması ile atmosfer ısınmaktadır. Morötesi spektrumunun yutulması ozon tabakasında gerçekleşirken, kızılötesi spektrum ise karbondioksit ve su buharına bağlıdır.



**Şekil 3.7.** Rayleigh saçılması ve atmosferik yutulmanın spektral dağılımı

Ozon tabakasındaki soğurma  $0.32 \mu\text{m}$ 'den küçük morüstü ışınlardır. Bu olayın canlı yaşamıyla doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Çünkü bu ışınlar enerji değeri yüksek olduğu için sağlık açısından oldukça tehlikelidir.

Havadaki gaz molekülleri ve toz parçacıkları ile etkileşimi sonucu kırmızı bölge ve görünür ışıklar saçılıma uğrarlar. Bu saçılım her yönde olması neticesiyle yeryüzüne ulaşmadan gelen güneş ışınımı uzaya geri yansımaktadır. Saçılmalar neticesinde mavi rengin oluşturduğu dalga boyunun kırmızı rengine gelenden daha çok yayılması ile gökyüzü mavi rengi almaktadır.

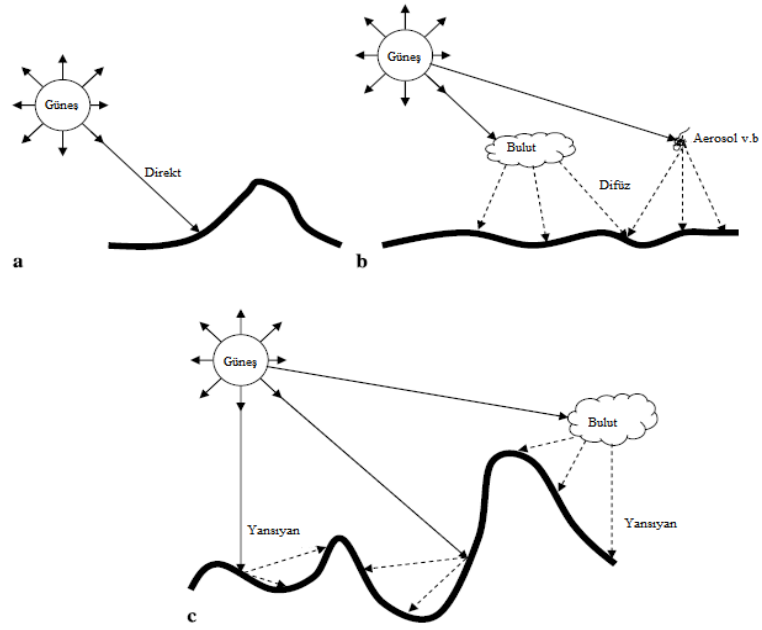


**Şekil 3.8.** Dünya atmosferini geçen ışınımın süreci

Güneş ışınlarının tamamı yeryüzüne ulaşamaz, gelen ışınların % 35 kadarı atmosfer tarafından direkt olarak geri yansıtılır, % 20'si atmosfer ve bulutlara tutunur ve % 45'si atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır. Yeryüzüne gelen güneş ışınımını “Direkt Güneş Işınımı (Beam Radiation)”ve “Yayıllı veya Difüz Güneş Işınımı (Diffuse Radiation)” olmak üzere iki alt başlığa ve bu grupların birleşimi olan “Toplam Güneş Işınımına (Total Solar Radiation)” ayırmak mümkündür.

### 3.2.3 Toplam veya global güneş ışınımı (total solar radiation)

Yeryüzüne düşen direkt güneş ışınımı ve difüz güneş ışınımının toplamından oluşmaktadır. Yatay düzleme gelen güneş ışınımının ölçümünde toplam ışınım miktarından hesaplamalar yapılırken eğik yüzeylere gelen ölçümlerde direkt ışınım, difüz ışınım ve yansıyan ışınımın toplamından oluşmaktadır.



**Şekil 3.9.** a.Direkt b.yayıllı c.yansıyan ışınımın izafi gösterimi (Şen 2007)

Ölçüm Piranometre adı verilen cihaz yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Piranometreler  $0,3\mu\text{m}$  ile  $3\mu\text{m}$  arasında değişen dalga boylarının yarı küresel ışınım akısını ölçmektedir. Piranometre kesinlikle gölgelemeyecek şekilde, azimut açısının sıfır konumunda olmalıdır. Dünya meteoroloji örgütü tarafından 3 farklı sınıfa ayrılmıştır; orta kalite, iyi kalite ve yüksek kalite. Türkiye’de güneş enerji santrali lisans başvurusu için gerçekleştirilecek ölçümlerde en az birinci sınıf niteliğindeki yüksek kalitede bir piranometre kullanılması zorunludur.

### 3.2.4 Direkt güneş ışınımı (beam radiation)

Atmosferde dağılmadan yerküre üzerindeki herhangi bir yüzeye yön değiştirmeden dik ve dolaysız olarak gelen ışınımdır. Bu ışınım zenit açısına ve ışınımın dalga boyuna bağlıdır. Yeryüzü ile güneş arasındaki mesafenin uzak olmasında dolayı bu ışınlar paralel olarak gelmektedir. Bulutsuz ve açık bir gökyüzünde yeryüzüne ulaşan toplam ışınım miktarının % 75 ile % 85 arasındadır. Ölçümleri, perheliometre ile yapılmaktadır. Bu alet vasıtasıyla  $0.2 - 4.0 \mu\text{m}$  dalga boyundaki güneş radyasyonu, güneş takip (sun tracker) mekanizması kullanılarak ölçülür.

### 3.2.5 Difüz veya yayılı güneş ışınım (diffuse radiation)

Atmosferden dağılma, yansımaya ve yutma nedeniyle yönü değişerek dolaylı olarak ve her yönden atmosferdeki herhangi bir yüzeye düşen ışınım olarak tanımlanır. Atmosferdeki havada bulunan partikül, toz, moleküller ve su buharına çarparak yansımaya uğrayan ve farklı yönlerde saçılan ışınım türüdür. Bulutlu bir günde yeryüzüne gelen ışınımın yaklaşık tamamını oluşturmaktadır. Ölçümü izleyici toplar kullanılarak ve piranometre üzerinde gölgelendirme yapılarak gerçekleştirilmektedir.

### 3.2.6 Yatay düzleme gelen toplam ışınım modelleri

Güneş enerjisi uygulamalarında; mimari tasarım, güneş enerjisi sistemleri ve özellikle sulama sistemleri tasarımı, bitki büyüme modelleri ve su tüketimi tahminleri de dâhil olmak üzere, birçok uygulama için ilk olarak ihtiyaç duyulan parametrelerden biri o bölgenin güneş ışınım yoğunluğudur.

Güneş ışınımı ölçüm cihazlarının bakımı, kalibrasyonu ve maliyeti nedeniyle kalkınmakta olan ülkelerde güneş radyasyonu belirlemek zahmetli olmaktadır. Bu nedenle, meteorolojik verilere göre güneş radyasyonu öngörü yöntemleri önem teşkil etmektedir. Belirli bölgelerde, global güneş radyasyonunun tahmini için dünya dışı radyasyon, günlük güneşlenme süresi, ortalama sıcaklık, bağıl nem, bulutluluk, yağış miktarı, toprak sıcaklığı, gibi çeşitli parametreler kullanılarak geliştirilmiş modelleme çalışmaları mevcuttur. Tahmin için kullanılacak en önemli parametreler, güneş radyasyonu değeri ve güneşlenme süresidir.

Güneşlenme süresi kolay ve güvenilir bir şekilde ölçülmekte ve verileri yaygın olarak bulunmaktadır. Ölçülen bu değerlere bağlı olarak elde edilen korelasyon ile aylık ortalama toplam günlük güneş ışınımı tahmini yapılabilmektedir. Literatür taraması incelendiğinde global güneş radyasyonunun tahmin edilmesine yönelik bir çok model çalışmasının mevcut olduğu görülmektedir. Bu modellerden en çok kullanılanı ise Angström-tip eşitliklerden oluşmaktadır.

Güneşlenme süresine bağlı model denklemlerin genel formülü, aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım  $H$ , aylık ortalama atmosfer dışı güneş ışınım  $H_0$ , güneşlenme süresi

S, mümkün olan maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süresi  $S_o$  olmak üzere aşağıdaki eşitlik şeklindedir.

$$\frac{H}{H_o} = a + b \left( \frac{S}{S_o} \right) \quad (3.1)$$

Burada, Angström katsayıları olarak da adlandırılan a ve b değerleri regresyon sabitleridir.

Yatay düzleme gelene günlük dünya dışı güneş radyasyonu ( $H_o$ ); Güneş sabiti ( $G_{sc}=1367 \text{ W/m}^2$ ), Dünyanın yörünge eksantrik düzeltme faktörü ( $f$ ), deklinasyon açısı ( $\delta$ ), bölgenin enlemi ( $\phi$ ) ve güneş batış saat açısı ( $\omega_s$ ) nın bir fonksiyonu olarak bulunabilir.

$$H_o = \left( \frac{24}{\pi} \right) \cdot G_{sc} \cdot f \cdot \left[ \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \left( \frac{\pi}{180} \right) \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta \cdot \omega_s \right] \quad (3.2)$$

Saat cinsinden gün uzunluğu ( $S_o$ ); saat açısına ( $\omega_s$ ) bağlı olarak yıl içinde farklı zaman dönemlerine göre değişmektedir

$$S_o = \left( \frac{2}{15} \right) \cdot \omega_s = \left( \frac{2}{15} \right) \cdot \arccos(-\tan \delta \cdot \tan \phi) \quad (3.3)$$

Aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı (H) değerini bulmak için Türkiye ve dünyanın birçok yerinde çeşitli tahmin modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modellerin birçoğu hesaplama yapılmak istenen bölgenin parametrelerini barındırdığından belli bir konuma özgü olmuştur. Aşağıda Türkiye'nin ve dünya genelinde farklı coğrafyalara yönelik yirmi adet özgün hesaplama modeli bulunmaktadır.

1-) Angström, Prescott, Page, Duffie and Beckman Modeli (Model 1)

$$\frac{H}{H_o} = 0.307992 + 0.33741 \frac{S}{S_o} \quad (3.4)$$

2-) Page Modeli (Model 2)

$$\frac{H}{H_o} = 0.23 + 0.48 \frac{S}{S_o} \quad (3.5)$$

3-) Jain Modeli İtalya'ya özgü (Model 3)

$$\frac{H}{H_o} = 0.177 + 0.692 \frac{S}{S_o} \quad (3.6)$$

4-) El-Metwally Modeli Mısır'a özgü (Model 4)

$$\frac{H}{H_o} = 0.228 + 0.527 \frac{S}{S_o} \quad (3.7)$$

5-) Bakırcı Modeli Türkiye'ye özgü (Model 5)

$$\frac{H}{H_o} = 0.2786 + 0.4160 \frac{S}{S_o} \quad (3.8)$$

6-) Alsaad Modeli Ürdün'ün Amman şehrine özgü (Model 6)

$$\frac{H}{H_o} = 0.174 + 0.615 \frac{S}{S_o} \quad (3.9)$$

7-) Katiyar Modeli Hindistan'a özgü (Model 7)

$$\frac{H}{H_o} = 0.2281 + 0.5093 \frac{S}{S_o} \quad (3.10)$$

8-) Lewis Modeli A.B.D'nin Tennessee eyaletine özgü (Model 8)

$$\frac{H}{H_o} = 0.14 + 0.57 \frac{S}{S_o} \quad (3.11)$$

9-) Tırıs Modeli Türkiye'nin Gebze (Kocaeli) ilçesine özgü (Model 9)

$$\frac{H}{H_o} = 0.2262 + 0.418 \frac{S}{S_o} \quad (3.12)$$

10-) Almorox ve Hontoria Modeli İspanya'ya özgü (Model 10)

$$\frac{H}{H_o} = 0.2170 + 0.5453 \frac{S}{S_o} \quad (3.13)$$

11-) Raja ve Twidell Modeli Pakistan'a özgü (Model 11)

$$\frac{H}{H_o} = 0.335 + 0.367 \frac{S}{S_o} \quad (3.14)$$

12-) Li Modeli Çin'in Tibet şehrine özgü (Model 12)

$$\frac{H}{H_o} = 0.2223 + 0.6529 \frac{S}{S_o} \quad (3.15)$$

13-) Said Modeli Libya'nın Trablus şehrine özgü (Model 13)

$$\frac{H}{H_o} = 0.215 + 0.527 \frac{S}{S_o} \quad (3.16)$$

14-) Ülgen ve Özbalta Modeli Türkiye'nin Bornova (İzmir) ilçesine özgü (Model 14)

$$\frac{H}{H_o} = 0.2424 + 0.5014 \frac{S}{S_o} \quad (3.17)$$

15-) El-Sebaii ve Trabea Modeli Suudi Arabistan'a özgü (Model 15)

$$\frac{H}{H_o} = 0.3647 + 0.3505 \frac{S}{S_o} \quad (3.18)$$

16-) Jin Modeli Çin'e özgü (Model 16)

$$\frac{H}{H_o} = 0.1332 + 0.6471 \frac{S}{S_o} \quad (3.19)$$

17-) Ülgen ve Hepbaşı Modeli Türkiye'nin Ankara, İstanbul ve İzmir şehrine özgü (Model 17)

$$\frac{H}{H_o} = 0.2671 + 0.4754 \frac{S}{S_o} \quad (3.20)$$

18-) Aras Modeli Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesine özgü (Model 18)

$$\frac{H}{H_o} = 0.3078 + 0.4166 \frac{S}{S_o} \quad (3.21)$$

19-) Toğrul ve Toğrul Modeli Türkiye'nin Ankara, Antalya, İzmir, Yenihisar (Aydın), Yumurtalık ( Adana) ve Elazığ Bölgelerine özgü (Model 19)

$$\frac{H}{H_o} = 0.318 + 0.449 \frac{S}{S_o} \quad (3.22)$$

20-) Kılıç ve Öztürk Modeli Türkiye'ye özgü (Model 20)

$$a = 0.103 + 0.000017 Z + 0.198 \cos(\phi - \delta) \quad (3.23)$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cos(\phi - \delta)$$

### 3.2.7 Yatay düzleme gelen yayılı ışınımı hesaplama modelleri

Güneş radyasyonu dünyanın atmosferine girdiği andan itibaren difüz ve direkt ışınım olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır ve toplamı global güneş ışınımı değerini vermektedir.

$$H_{\text{Total}} = H_{\text{Beam}} + H_{\text{Diffuse}}$$

Mühendislik uygulamaları ve araştırmalarda global güneş radyasyonun yanı sıra direkt güneş ışınımı ve difüz güneş ışınımı verileri de kullanılmaktadır. Difüz ışınım atmosferdeki havada bulunan partiküller, su buharı ve mikroskobik katı cisimlere çarparak dağınık şekilde gelen güneş ışınlarından oluşmaktadır. Yatay bir düzleme gelen difüz güneş ışınımı değeri  $H_d$  ifadesi ile gösterilirken eğik yüzeyde gösterimi  $I_d$  şeklindedir. Direkt ışınım dünya üzerindeki herhangi bir yüzeye dik olarak ve yön değiştirmeden, dolaysız olarak gelen ışınımıdır. Atmosfer koşulları direkt ışınımı açık ve kuru bir günde % 10 civarında azaltırken, bulutlu ve karanlık bir günde bu oran % 100 civarında olmaktadır. Yatay bir düzleme gelen direkt güneş ışınımı değeri  $H_b$  ifadesi ile gösterilirken eğik yüzeyde gösterimi  $I_b$  şeklindedir.

Yatay düzleme toplam güneş ışınımının ölçülmesi birçok istasyonda yapılmakta olup ölçülen değerlere ulaşma imkânı kolaydır fakat difüz ve direkt güneş ışınımı ölçümleri gelişmekte olan ülkelerde kullanılacak ekipmanların pahalılığından dolayı sınırlı sayıdaki istasyon tarafından gerçekleştirilmektedir. Bundan dolayı literatürde yer alan değişik yatay düzleme gelen aylık difüz ışınım modellerinden faydalanılarak çalışmalar için gerekli veriler hesaplanabilmektedir. Yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınım şiddetinin belirlenmesinde kullanılan modellerde berraklık indeksi ( $K_T$ ) ve yayılı ışınım oranı ( $K_d$ ) temel faktördür

Berraklık indeksi  $K_T$ ; Yatay düzleme gelen günlük dünya dışı güneş radyasyonu  $H_o$  ( $W/m^2$ ), yatay düzleme gelene aylık ortalama günlük toplam güneş ışınım  $H$  ( $W/m^2$ ), güneşlenme süresi  $S$  (h), mümkün olan maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süresinin  $S_o$  (h)'ın bir fonksiyonu olarak bulunur.

### 3.2.8 I.Grup Modeller

Bu bölüm içinde yer alan modeller; yatay düzleme gelene aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımına ( $H$ ) ve yatay düzleme gelen günlük dünya dışı güneş radyasyonuna ( $H_o$ ) bağlı olarak aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır;

$$\left(K_d = \frac{H_d}{H_o}\right) \approx f\left(K_T = \frac{H}{H_o}\right) \quad (3.24)$$

1-) Page Modeli (Model 1)

$$\frac{H_d}{H} = 1 - 1.13 \frac{H}{H_o} \quad (3.25)$$

2-) Barbora ve ark. Modeli İtalya'ya özgü (Model 2)

$$\frac{H_d}{H} = 1.0492 - 1.3246 \frac{H}{H_o} \quad (3.26)$$

3-) Aras ve ark. Modeli Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesine özgü (Model 3)

$$\frac{H_d}{H} = 1.0212 - 1.1672 \frac{H}{H_o} \quad (3.27)$$

4-) Tırıs Modeli Türkiye'nin Gebze (Kocaeli) ilçesine özgü (Model 4)

$$\frac{H_d}{H} = 0.583 + 0.9985 \left(\frac{H}{H_o}\right) - 5.24 \left(\frac{H}{H_o}\right)^2 + 5.322 \left(\frac{H}{H_o}\right)^3 \quad (3.28)$$

5-) Taşdemir ve Sever Modeli Türkiye'ye özgü ( Model 5)

$$\frac{H_d}{H} = 1.6932 - 8.2262 \left(\frac{H}{H_o}\right) + 25.5532 \left(\frac{H}{H_o}\right)^2 - 37.807 \left(\frac{H}{H_o}\right)^3 + 19.8178 \left(\frac{H}{H_o}\right)^4 \quad (3.29)$$

6-) Jacovides ve ark. Modeli Kıbrıs adasına özgü (Model 6)

$$\frac{H_d}{H} = 1.03 - 1.17 \frac{H}{H_o} \quad (3.30)$$

### 3.2.9 II. Grup Modeller

Bu bölüm içinde yer alan modeller; güneşlenme süresi (S) ve mümkün olan maksimum aylık ortalama günlük güneşlenme süresine (S<sub>o</sub>) bağlı olarak aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$\left(K_d = \frac{H_d}{H_o}\right) \approx f\left(\frac{S}{S_o}\right) \quad (3.31)$$

7-) Barbora ve ark. Modeli İtalya'ya özgü (Model 7)

$$\frac{H_d}{H} = 0.6603 - 0.5272 \frac{S}{S_o} \quad (3.32)$$

8-) Jain Modeli İtalya ve Zimbabve'ye özgü (Model 8)

$$\frac{H_d}{H} = 0.293 - 0.135 \frac{S}{S_o} \quad (3.33)$$

9-) Aras ve ark. Modeli Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesine özgü (Model 9)

$$\frac{H_d}{H} = 0.6492 - 0.4323 \left( \frac{S}{S_o} \right) - 0.0512 \left( \frac{S}{S_o} \right)^2 \quad (3.34)$$

10-) Ülgen ve Hepbaşlı Modeli Türkiye'nin Ankara, İstanbul ve İzmir şehrine özgü (Model 10)

$$\frac{H_d}{H} = 0.6595 - 0.7841 \left( \frac{S}{S_o} \right) - 0.2579 \left( \frac{S}{S_o} \right)^2 \quad (3.35)$$

### 3.3 İstatistiksel analiz metotları

Toplanan bilgilerin başkaları tarafından da anlaşılabilmesi ve eş yollarla elde edilmiş farklı bilgilerle karşılaştırılabilmesi kaçınılmazdır, verilerin belli kurallara göre, bütün ve dağılımlar halinde özetlenerek sunulması zorunluluğunu getirmiştir. Bu gayeyle, türlü istatistik yöntemler geliştirilmiştir.

Bu istatistik çalışmalarda değişkenler arasındaki ilişkiyi incelemek bilimin uğraşlarından birisi olagelmıştır. Bu meseleyi durumun yapısının açıklanabilmesi sebebiyle doğal karşılamak gerekir. Çünkü ister günlük hayatımızda isterse bilimsel araştırmalarda karşılaştığımız sorunların çoğunluğu iki veya daha çok parametre arasında bir bağ olup olmadığının saptanması ile ilgilidir. İki değişken arasında bir ilişki bulunup bulunmadığı, eğer varsa bu ilişkinin düzeyinin saptanması da istatistiksel analizlerde yoğun karşılaşılan bir meseledir.

Literatürde, güneş radyasyonu tahmin modellerinin performansını değerlendirmek maksadıyla birçok istatistiksel test yöntemi vardır. Bunlar arasında en yaygın olanları; bağıl hata yüzdesi (e), belirlilik katsayısı (R<sup>2</sup>), ortalama sapma hatası (MBE), karekök hatası (RMSE) ve t-istatistik (t-sat) hesaplamasıdır.

#### 3.3.1 Bağıl hata yüzdesi (e %)

Bağıl hata aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$e = \left( \frac{mi - ci}{mi} \right) \times 100 \quad (3.36)$$

Hesaplanan ve ölçülen veri arasındaki yüzdesel sapma miktarı  $e$  ile ifade edilmekte olup ideal değeri sifıra eşittir. Denklemdaki,  $ci$  (calculated) hesaplanan değeri gösterirken  $mi$  (measured) de ölçülen değeri belirtmektedir.

### 3.3.2 Belirlilik (determinasyon) katsayısı ( $R^2$ )

Belirlilik katsayısı bir değişkenin diğerine hangi oranda bağlı olduğunu göstermektedir. Hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki doğrusal ilişkiyi belirlemekte kullanılmaktadır. Bu katsayının değeri 0 ile 1 ( $0 < R^2 < 1$ ) arasında değişmektedir ve ideal değeri 1'e yakın olanıdır.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (ci - ca)x(mi - ma)}{[\sqrt{\sum_{i=1}^n (ci - ca)^2}]x[\sum_{i=1}^n (mi - ma)^2]} \quad (3.37)$$

Burada,  $ca$  ve  $ma$  sırasıyla hesaplanan ve ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

### 3.3.3 Ortalama yüzde hata (MPE %)

Önerilen modellerden tahmin edilen aylık ortalama günlük radyasyon değeri ile ölçülen değerlerin sapması olarak aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{mi-ci}{mi}\right)}{n} x 100 \quad (3.38)$$

Buradaki  $n$  değeri hesaplanan ve ölçülen değerlerin sayısıdır.

### 3.3.4 Ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE %)

Ortalama yüzde hata değerinin, tahmin edilen ve ölçülen değer arasındaki farkın mutlak ortalama değeri olarak aşağıdaki denklemlle hesaplanmaktadır.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left|\left(\frac{mi-ci}{mi}\right)\right|}{n} x 100 \quad (3.39)$$

### 3.3.5 Bağıl hata karesi (SSRE)

Bağıl hataların karelerinin toplamı aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$SSRE = \sum_{i=1}^n \left( \frac{mi - ci}{mi} \right)^2 \quad (3.40)$$

Bu bağıntının sonucu pozitif değerli olmaktadır ve ayrıca ideal değeri sıfıra yakın olanı kabul edilmektedir.

### 3.3.6 Bağıl standart hata (RSE)

Kolerasyon tahmininin doğruluk derecesini saptamak için kullanılır ve sonuçlar pozitif değerlidir.

$$RSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{mi - ci}{mi} \right)^2}{n}} \quad (3.41)$$

### 3.3.7 Ortalama sapma hatası (MBE)

Kolerasyonun uzun vadeli değeri hakkında bilgi vermektedir. Düşük değeri arzu edilmektedir, ideal değeri sıfıra yakın olmasıdır. Aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır.

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (mi - ci) \quad (3.42)$$

### 3.3.8 Ortalama hata kareleri kökü (RMSE)

Bu istatistiksel veri bize kısa dönem ölçülen ve tahmin edilen model performans kıyaslanmasında önem teşkil etmektedir. Her zaman pozitif değer almakla birlikte ideal değeri sıfıra yakın olmalıdır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (c_i - m_i)^2} \quad (3.42)$$

### 3.3.9 t-testi metodu (t-stat)

Hipotez testlerinde en kapsamlı olarak kullanılan yöntemlerden biri olan t testi ile iki grubun ortalamaları karşılaştırılarak, aradaki farkın rastlantısal mı, yoksa istatistiksel olarak mantıklı mı olduğuna karar verilir. Ölçülen güneş ışınım değerleri ile tahmin edilen güneş ışınım değerleri arasındaki istatistiksel anlamının belirlenmesinde önemli faktör olmaktadır.

$$t - stat = \sqrt{\frac{(n - 1) MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad (3.43)$$

Güneş ışınımı verilerinin uygunluğunun istatistiği açısından yukarıdaki bağıntı sayesinde hesaplanmaktadır.

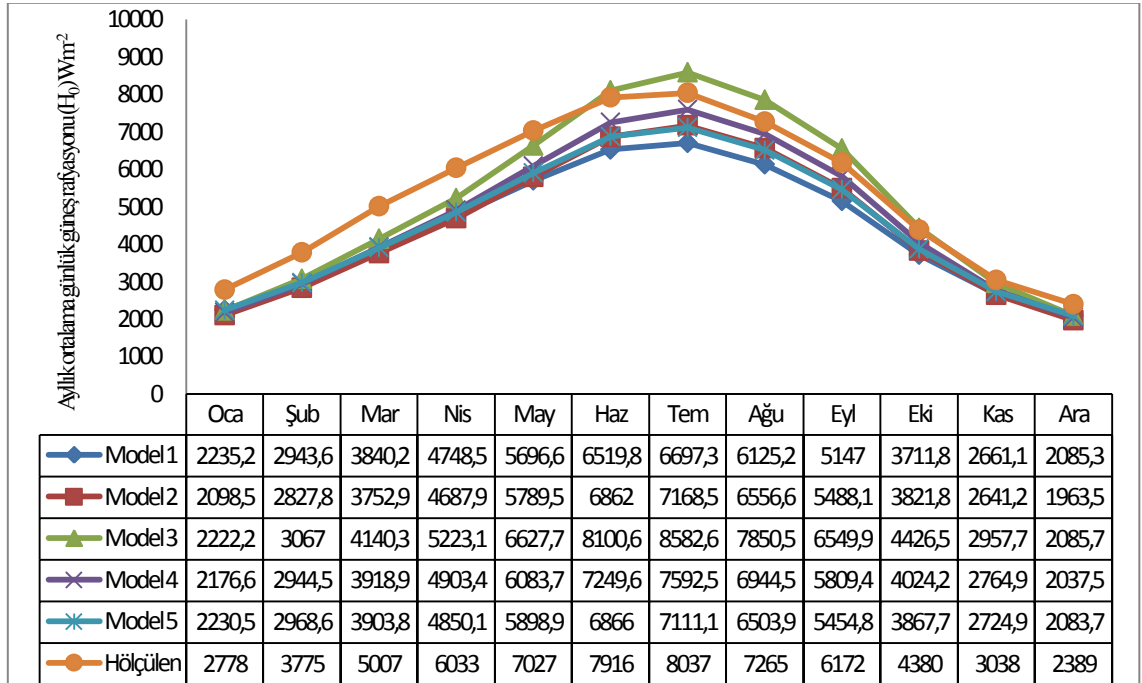
## BÖLÜM IV

### SAYISAL SONUÇLAR

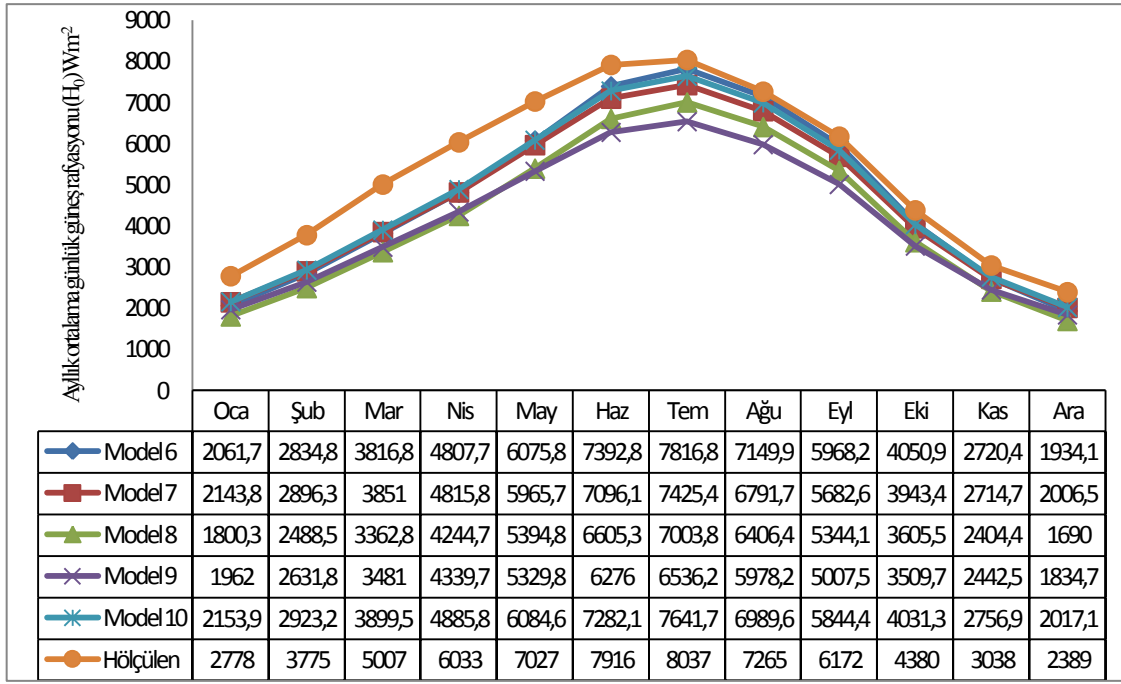
Bu bölümde, tez kapsamında yapılan modelleme ile ilgili sonuçlar verilmiştir. Niğde ili yatay düzleme gelene günlük toplam güneş radyasyonunun ( $H_o$ ) ve yatay düzleme gelen yayılı güneş radyasyonunun ( $H_d$ ) analiz edilmesinde literatürde bulunan farklı coğrafi konumlara ait seçkin modellerden faydalanılmıştır. Analizlerin elde edilmesinde ölçümleri 1970-2011 yılları arasını kapsayan iklim parametrelerine bağlı olarak Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmesiyle oluşturulmuştur.

#### 4.1 Seçilen modellerin global güneş ışınımı değerleri

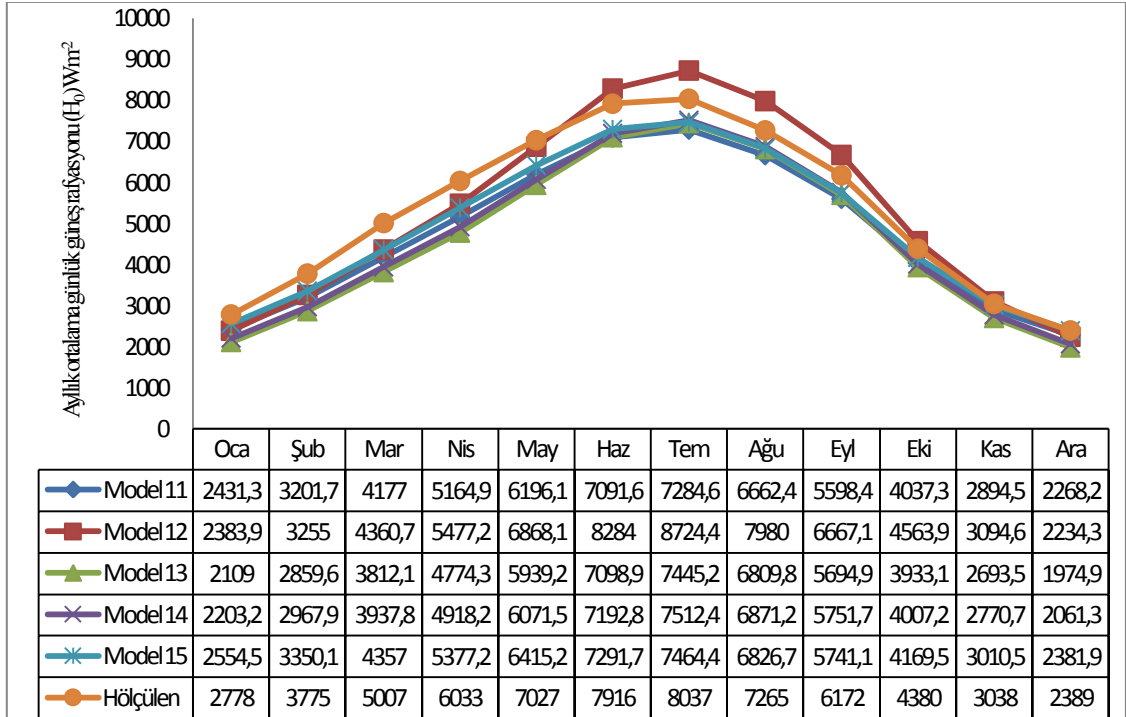
Işınım değeri tahmininde kullanılan yirmi farklı model kolaylık olması açısından mevcut sıra şeklinde beşerli gruplara ayrılmıştır. Mevcut modellerden tahmin edilen ışınım değerleri ile ölçüm değeri arasında mukayese yapılmıştır.



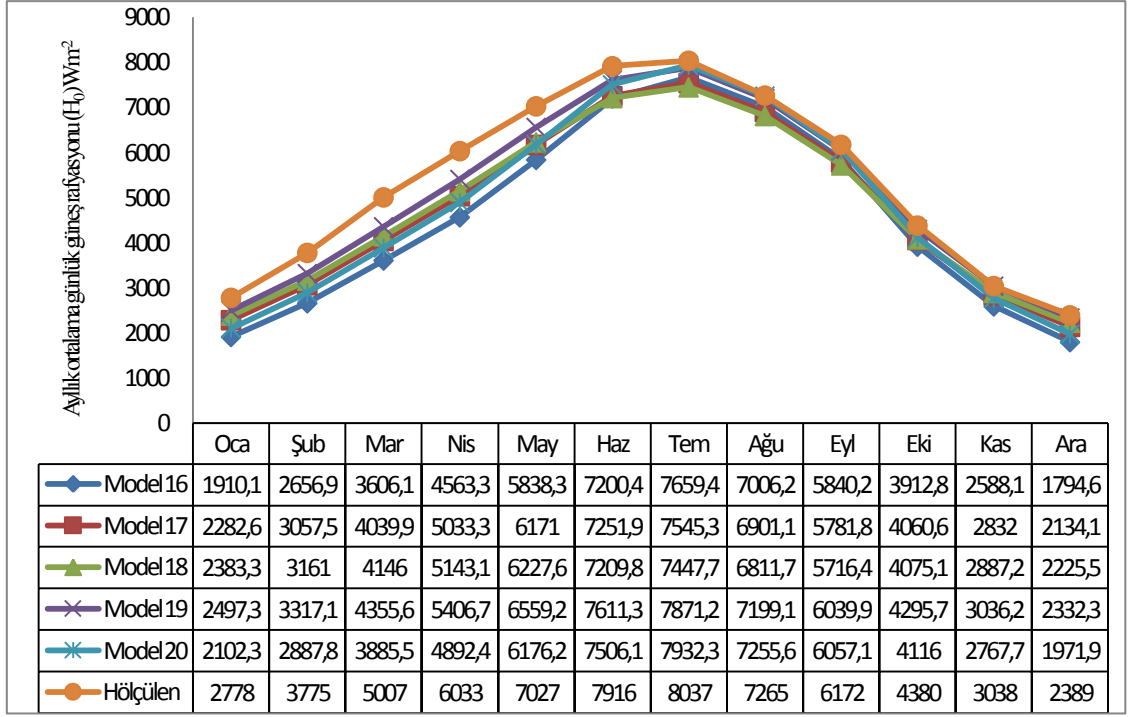
Şekil 4.1. Niğde iline ait ortalama günlük toplam ışınım değerleri model 1-5



Şekil 4.2. Niğde iline ait ortalama günlük toplam ışınım değerleri model 6-10

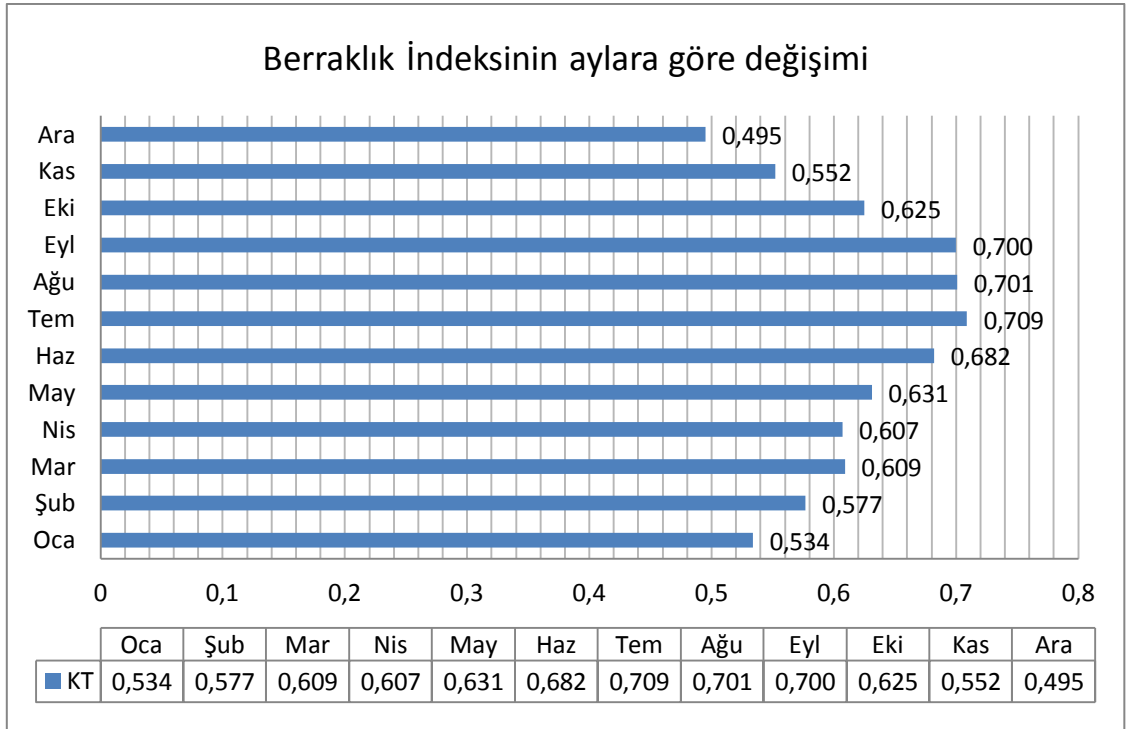


Şekil 4.3. Niğde iline ait ortalama günlük toplam ışınım değerleri model 11-15

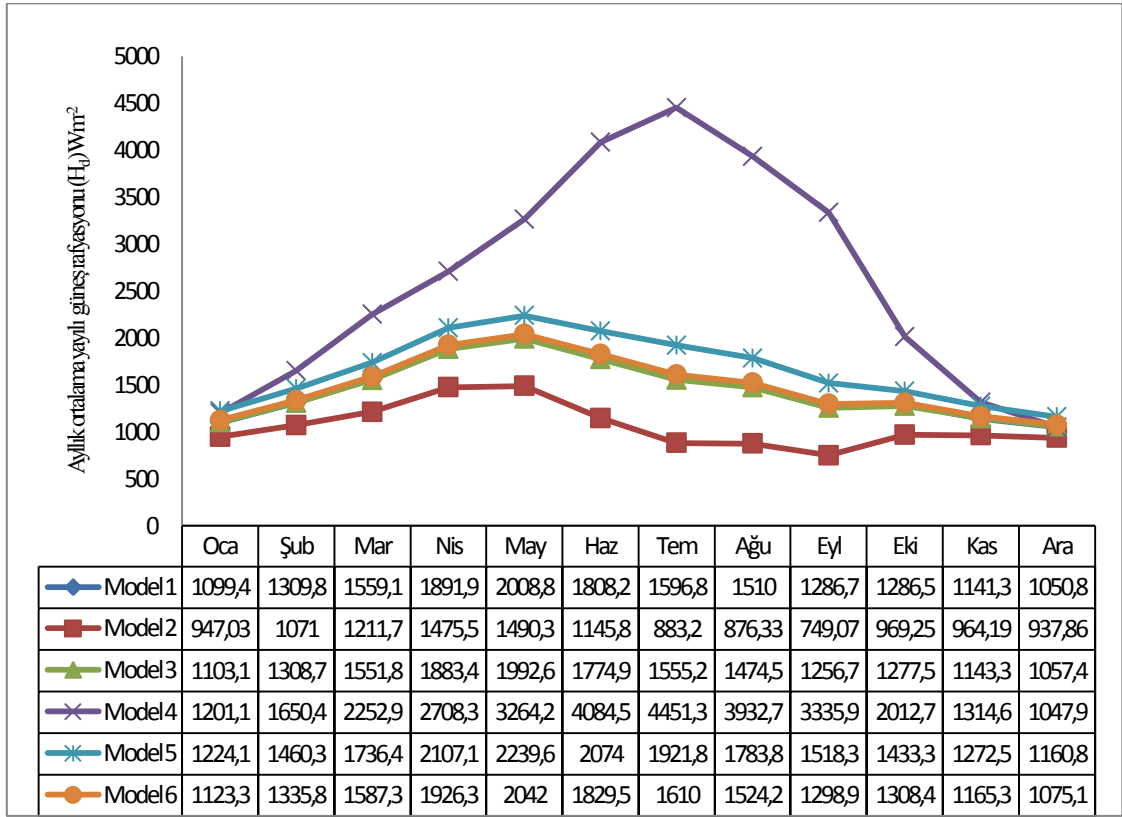


Şekil 4.4. Niğde iline ait ortalama günlük toplam ışınım değerleri model 16-20

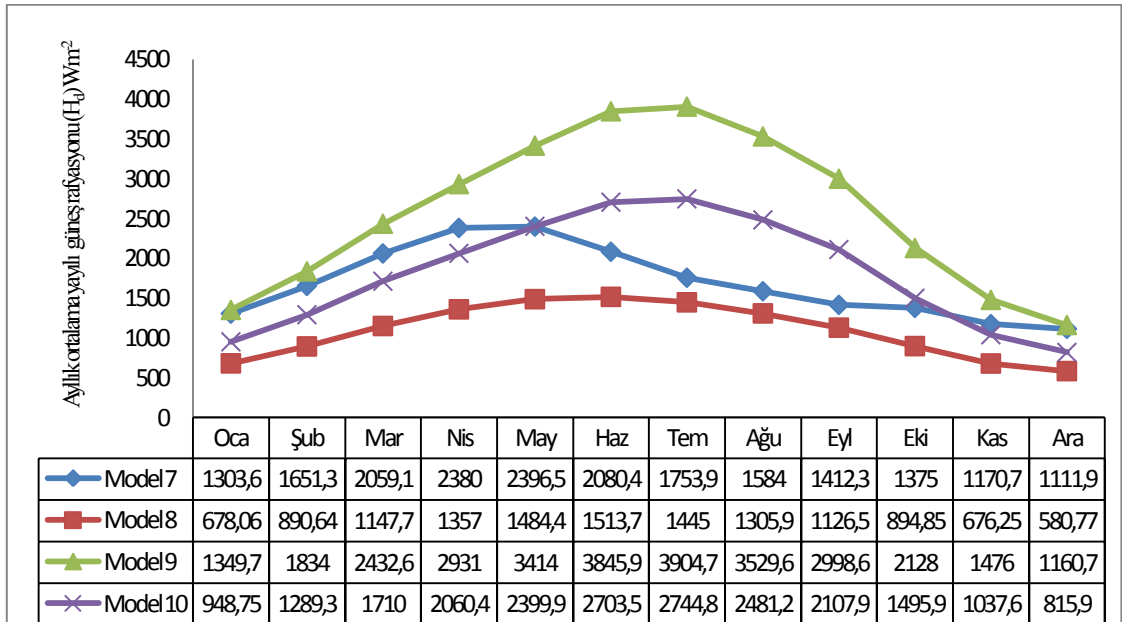
#### 4.2 Seçilen modellerin yayılı güneş ışınım değerleri



Şekil 4.5. Niğde iline ait berraklık indeksinin aylara göre değişimi



Şekil 4.6. Niğde iline ait ortalama aylık yayılı ışınım değerleri model 1-6

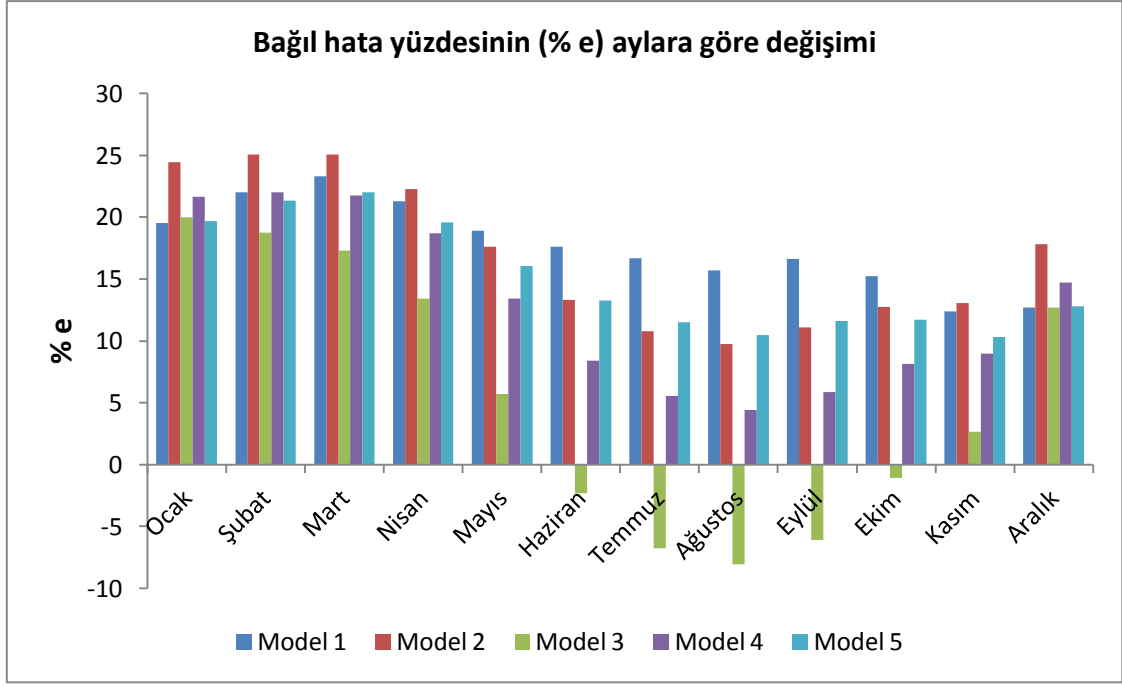


Şekil 4.7. Niğde iline ait ortalama aylık yayılı ışınım değerleri model 7-10

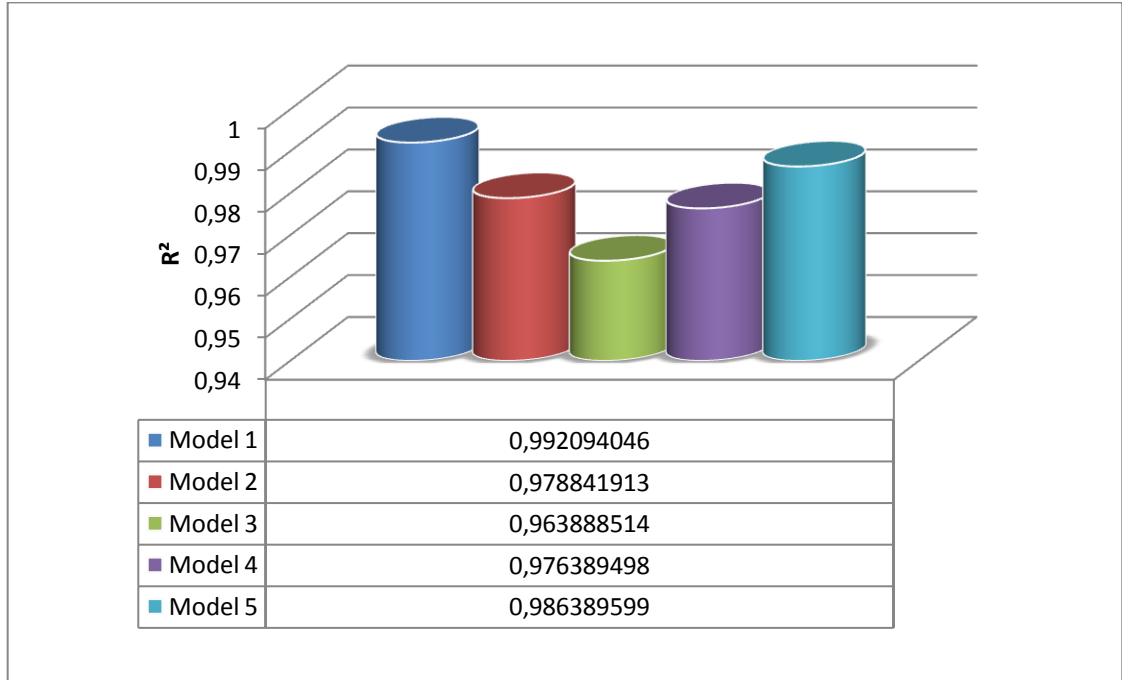
### 4.3 Seçilen modellerin uyumluluğu

Çizelge 4.1. Niğde iline ait ortalama toplam ışınım değerlerinin analizi model 1-5

TOPLAM GÜNEŞ İŞİNIMI DEĞERLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ					
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
	% e	% e	% e	% e	% e
Ocak	19,5378612	24,46099107	20,00688701	21,65015634	19,70903089
Şubat	22,02510517	25,0905453	18,75426056	21,99868662	21,36236119
Mart	23,3025034	25,04707929	17,30974488	21,73176779	22,03327164
Nisan	21,29155326	22,29559644	13,42419436	18,72374462	19,60703083
Mayıs	18,93333183	17,61084241	5,682652213	13,42360269	16,05337387
Haziran	17,6370889	13,31461446	-2,332205306	8,41782524	13,26380802
Temmuz	16,66914331	10,80639951	-6,788315665	5,53075303	11,52080534
Ağustos	15,68847992	9,750571948	-8,058510089	4,411509098	10,47655721
Eylül	16,60692519	11,08090617	-6,122971662	5,874903354	11,6204682
Ekim	15,25533251	12,74470413	-1,06074516	8,124126849	11,69660354
Kasım	12,40500823	13,06231629	2,644390783	8,987933871	10,30675711
Aralık	12,71108016	17,81224818	12,69639946	14,71122901	12,78033206
R	0,996039179	0,989364399	0,981778241	0,988124232	0,993171485
R <sup>2</sup>	0,992094046	0,978841913	0,963888514	0,976389498	0,986389599
MPE %	17,67195109	16,92306793	- 5,51298171	12,79885321	- 15,03586666
MAPE	17,67195109	16,92306793	9,573439761	12,79885321	15,03586666
SSRE	0,38806678	0,382471226	0,158739393	0,24743425	0,293223566
RSE	0,179830193	0,178528995	0,115014272	0,143594989	0,156317936
MBE	950,4370332	846,5652097	165,2752722	613,9316447	779,4245559
RMSE	1022,321234	901,7243537	523,9737519	683,2303092	833,9733664
t-stat	8,370781986	9,041517306	1,102430895	6,791361185	8,713788966



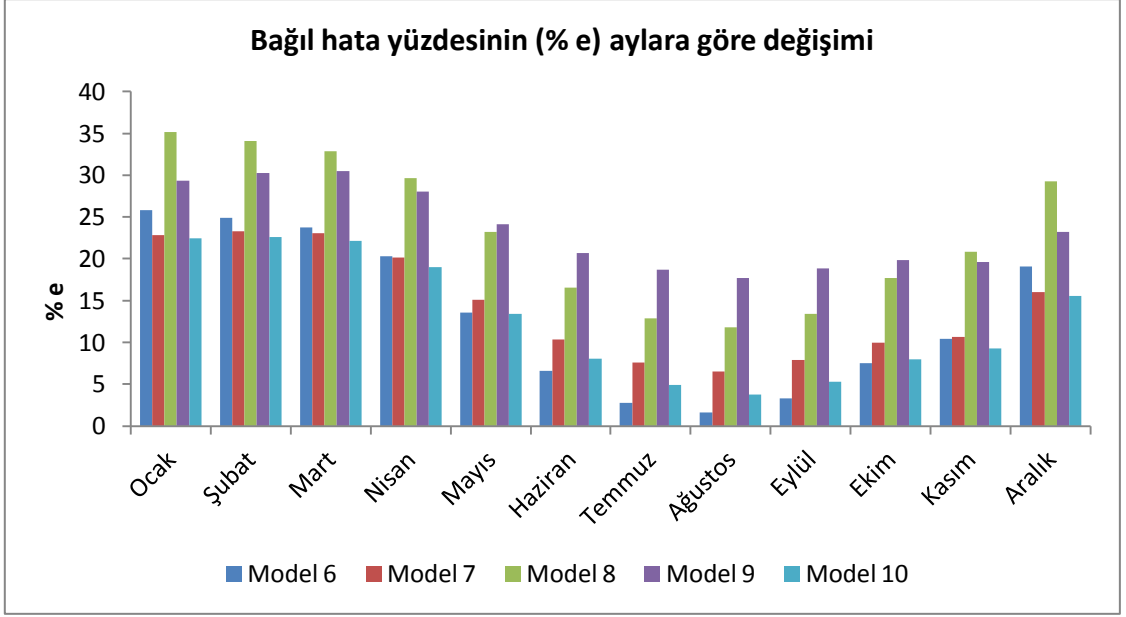
**Şekil 4.8.** Bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi; model 1-5



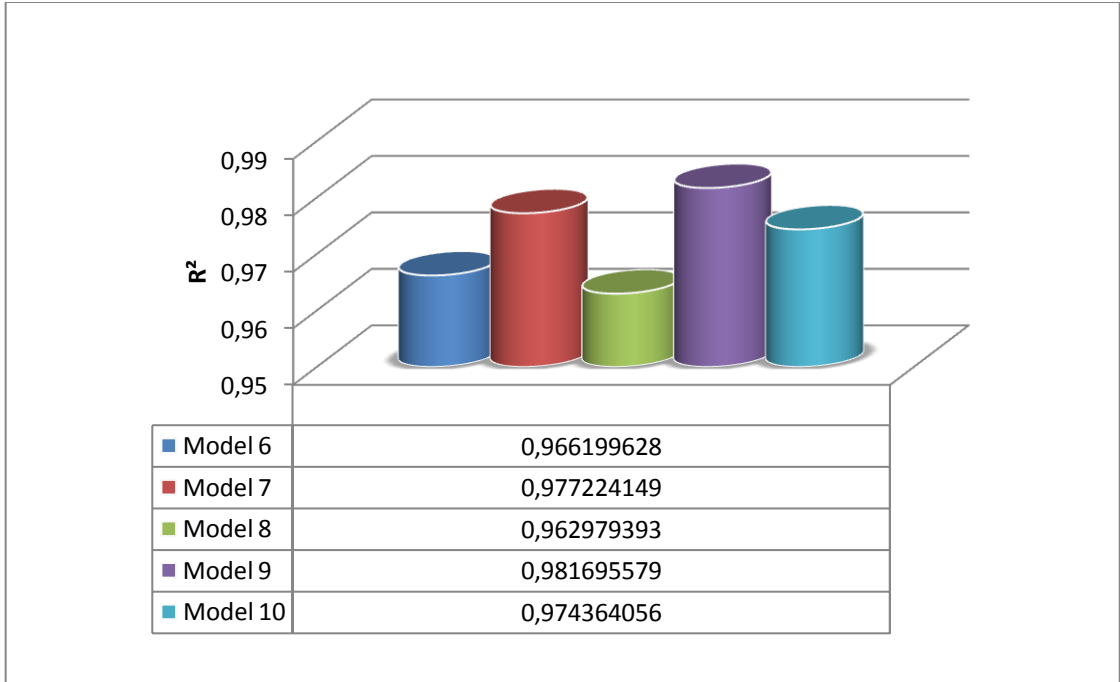
**Şekil 4.9.** Belirlilik katsayısının modellere göre değişimi; model 1-5

**Çizelge 4.2.** Niğde iline ait ortalama toplam ışınım değerlerinin analizi model 5-10

<b>TOPLAM GÜNEŞ IŞINIMI DEĞERLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ</b>					
	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10
	% e	% e	% e	% e	% e
Ocak	25,78567106	22,83085947	35,19341649	29,3729405	22,46722765
Şubat	24,90573293	23,27609412	34,08064909	30,28323481	22,56350013
Mart	23,77119175	23,08748764	32,83900148	30,47698306	22,11820723
Nisan	20,30922649	20,17641946	29,64151856	28,06729581	19,01566421
Mayıs	13,5357696	15,10385652	23,22778974	24,1531935	13,41060639
Haziran	6,609421665	10,35759722	16,55768837	20,71711817	8,008141827
Temmuz	2,739881498	7,609651188	12,85570037	18,67368272	4,918008424
Ağustos	1,583812237	6,515354233	11,81888695	17,71200461	3,790732361
Eylül	3,302074935	7,928713189	13,41385008	18,86754754	5,307101474
Ekim	7,513350388	9,9687229	17,68345176	19,87001865	7,960387374
Kasım	10,45550537	10,64055648	20,85709816	19,60236412	9,251574358
Aralık	19,04295584	16,01082645	29,25704592	23,20173742	15,56572562
R	0,98295454	0,988546483	0,981315134	0,99080552	0,987098807
R <sup>2</sup>	0,966199628	0,977224149	0,962979393	0,981695579	0,974364056
MPE %	13,29621615	14,45884491	23,11884141	23,41651007	12,86473975
MAPE	13,29621615	14,45884491	23,11884141	23,41651007	12,86473975
SSRE	0,303895342	0,297071556	0,725935835	0,68448361	0,256664613
RSE	0,159137085	0,157340278	0,245956608	0,238831114	0,146248821
MBE	598,9240358	707,0066881	1122,212074	1207,322423	608,8897931
RMSE	707,8625392	767,5742562	1185,845388	1272,213494	684,6991431
t-stat	5,264717235	7,846310454	9,711933466	9,982560129	6,448749447



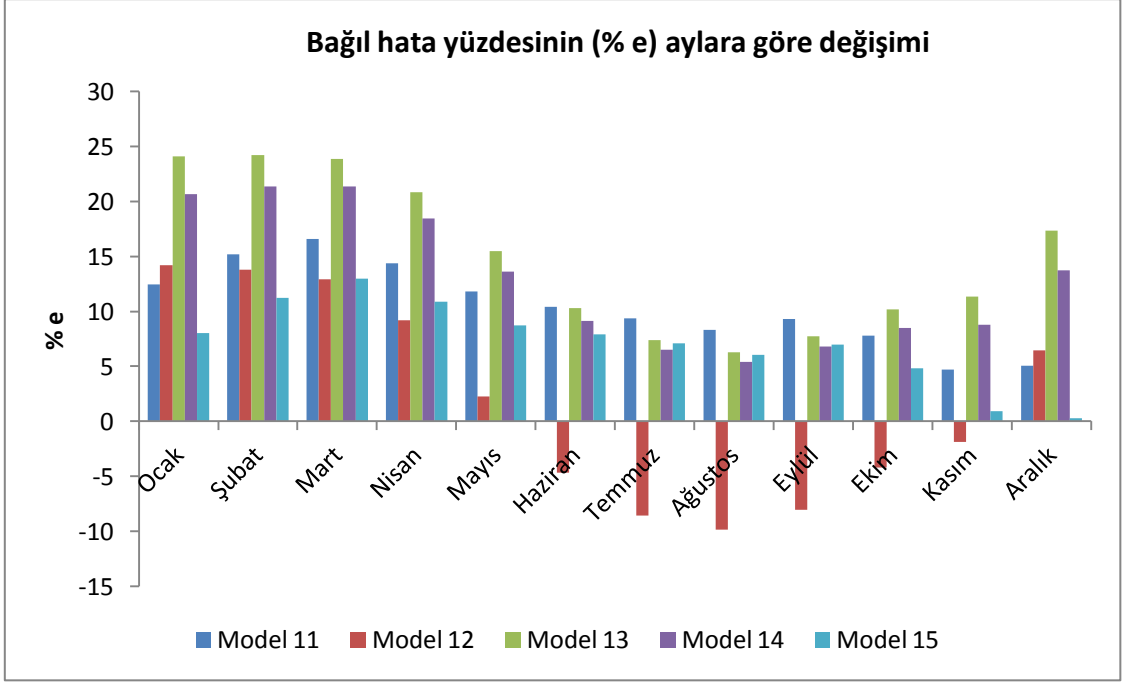
**Şekil 4.10.** Bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi; model 6-10



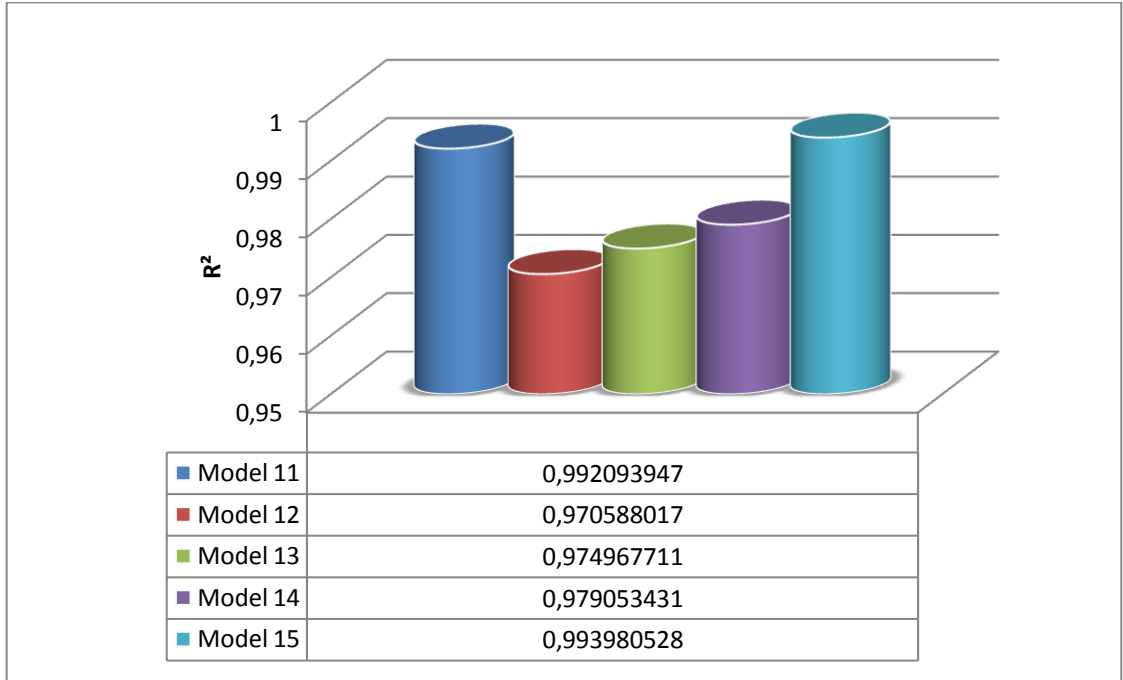
**Şekil 4.11.** Belirlilik katsayısının modellere göre değişimi; model 6-10

**Çizelge 4.3.** Niğde iline ait ortalama toplam ışınım değerlerinin analizi model 11-15

<b>TOPLAM GÜNEŞ İŞİNIMI DEĞERLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ</b>					
	Model 11	Model 12	Model 13	Model 14	Model 15
	% e	% e	% e	% e	% e
Ocak	12,48193175	14,18476919	24,08131404	20,69191339	8,045760295
Şubat	15,1872711	13,77572697	24,24817505	21,37952233	11,25498948
Mart	16,576675	12,90717771	23,86504653	21,3533005	12,9820575
Nisan	14,38937074	9,212133864	20,86384958	18,4780206	10,86958871
Mayıs	11,82432579	2,261349239	15,48064597	13,59811513	8,705862004
Haziran	10,4143807	-4,649150657	10,32171698	9,135626844	7,886634765
Temmuz	9,36153724	-8,552938335	7,363994811	6,527249085	7,124386587
Ağustos	8,294875623	-9,841498802	6,265939711	5,420851686	6,032724212
Eylül	9,293866445	-8,021634446	7,730817434	6,810251782	6,981693454
Ekim	7,823778995	-4,198315434	10,20404048	8,511253128	4,806429635
Kasım	4,723532982	-1,864207604	11,3409312	8,797949177	0,90529233
Aralık	5,056490456	6,473558853	17,33368924	13,7151702	0,295471787
R	0,996039129	0,985184256	0,987404532	0,989471289	0,996985721
R <sup>2</sup>	0,992093947	0,970588017	0,974967711	0,979053431	0,993980528
MPE %	10,4523364	1,807247545	14,92501342	12,86826865	7,15757423
MAPE	10,4523364	7,995205091	14,92501342	12,86826865	7,15757423
SSRE	0,146847665	0,096652784	0,320536449	0,240732973	0,077598518
RSE	0,110622355	0,089746302	0,163436137	0,141637146	0,080414819
MBE	567,4232549	-6,362674333	722,7221399	629,2526213	406,4238013
RMSE	623,9895116	465,718145	786,5385082	690,9180838	465,2756779
t-stat	7,2492592	0,045316193	7,72359575	7,314511606	5,95130112



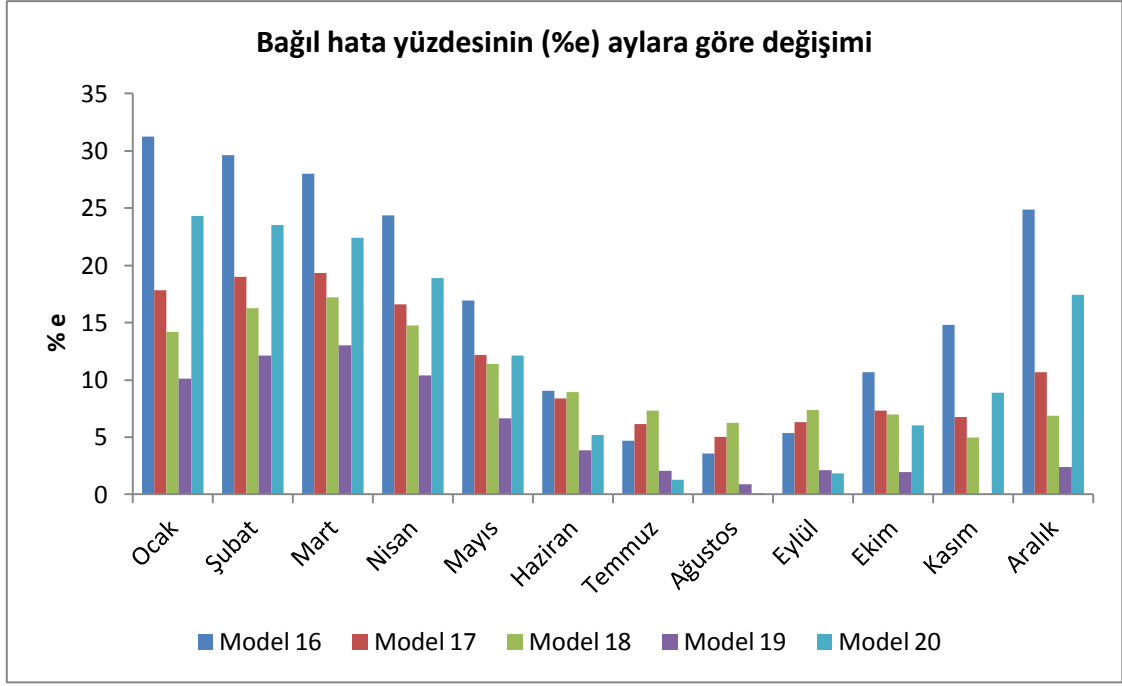
**Şekil 4.12.** Bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi; model 11-15



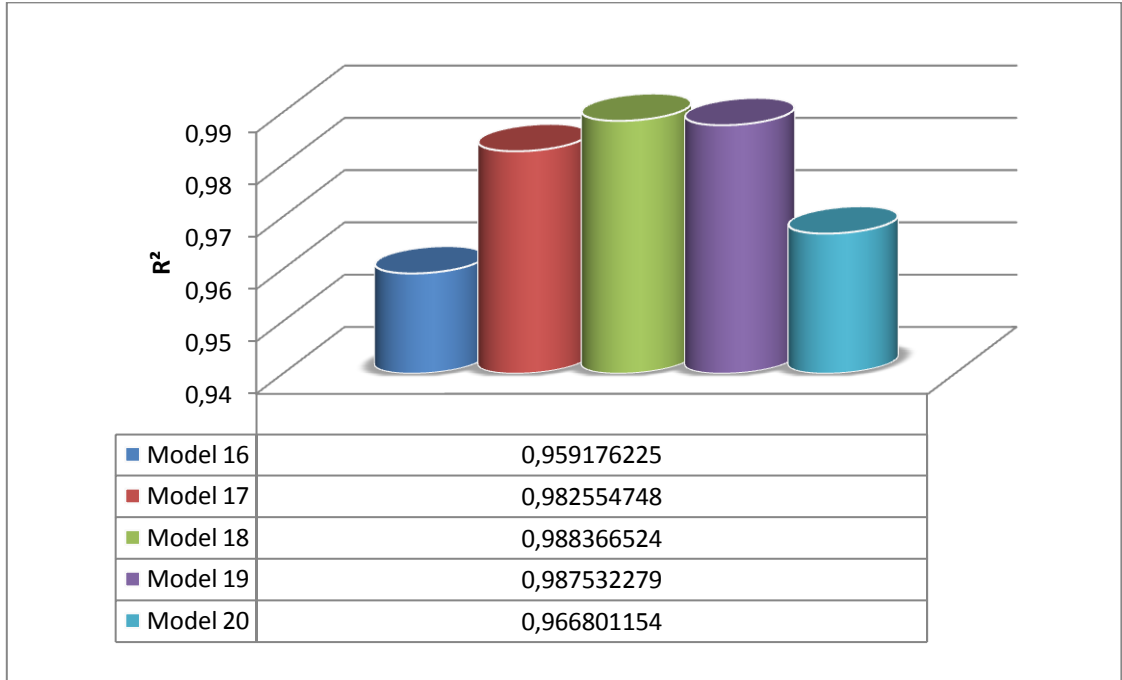
**Şekil 4.13.** Belirlilik katsayısının modellere göre değişimi; model 11-15

**Çizelge 4.4.** Niğde iline ait ortalama toplam ışınım değerlerinin analizi model 16-20

<b>TOPLAM GÜNEŞ İŞİNIMI DEĞERLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ</b>					
	Model 16	Model 17	Model 18	Model 19	Model 20
	% e	% e	% e	% e	% e
Ocak	31,24057498	17,83455072	14,20761897	10,10457545	24,32478351
Şubat	29,61763015	19,00733007	16,26577563	12,1308125	23,50176988
Mart	27,97796645	19,31562862	17,19508652	13,00958816	22,39899431
Nisan	24,36149612	16,56987582	14,7502246	10,38179728	18,90647524
Mayıs	16,91578415	12,18114579	11,37544406	6,656772492	12,10724716
Haziran	9,040260953	8,389128007	8,92112284	3,849722663	5,178607112
Temmuz	4,697660607	6,118553017	7,332113102	2,062469105	1,302526963
Ağustos	3,562553283	5,008781528	6,239420399	0,907187323	0,129585024
Eylül	5,376193082	6,32188161	7,381695026	2,139867158	1,861294086
Ekim	10,66677925	7,292495183	6,961726484	1,923958653	6,027798333
Kasım	14,81034243	6,781423041	4,964928473	0,060458723	8,897551086
Aralık	24,87996476	10,67114131	6,845144998	2,371671787	17,45977313
R	0,979375426	0,991238997	0,994166246	0,993746587	0,983260471
R <sup>2</sup>	0,959176225	0,982554748	0,988366524	0,987532279	0,966801154
MPE %	16,92893385	11,29099456	10,20335842	5,466573441	11,84136715
MAPE	16,92893385	11,29099456	10,20335842	5,466573441	11,84136715
SSRE	0,461309903	0,186129408	0,145581101	0,060440904	0,260212367
RSE	0,19606757	0,124542298	0,110144262	0,070970008	0,147256117
MBE	770,0440308	560,5003545	531,8809129	274,6157002	522,1842547
RMSE	872,9487834	619,4488525	584,9785659	350,7567219	647,7808575
t-stat	6,211212	7,048621756	7,243922889	4,173909155	4,517984255



**Şekil 4.14.** Bağıl hata yüzdesinin aylara göre değişimi; model 16-20



**Şekil 4.15.** Belirlilik katsayısının modellere göre değişimi; model 16-20

Güneş ışınımının tahmini için seçilen modellerin Niğde iline ait ışınım verileri ile istatistiksel açıdan mukayese yapıldığında ölçüm sonuçlarına en yakın değerleri model 15 olarak belirtilen El-Sebaii ve Trabea tarafından Suudi Arabistan'a özgü geliştirilen ampirik bağıntıdır. Modelin  $R^2$ 'si 0,993980528 ve  $R$ 'si 0,996985721 değerlerini alarak uyumluluk bakımından Niğde ilinin ışınım verileri ile oldukça dengelidir. Aylıksal değerler bazında incelendiğinde Aralık ayı en yüksek uyumu gösterirken sırasıyla bu ayı Kasım, Ekim, Ağustos, Eylül, Temmuz, Haziran, Ocak, Nisan, Şubat ve Mart ayı izlemektedir. Aylık bağıl hata yüzdesi değeri 0,2954 ile 12,982 değeri arasında aylara göre değişim göstermektedir. Bu modeli sırasıyla Model 11 olarak tanımlanan Raja ve Twidell tarafından Pakistan'a özgü geliştirilen bağıntı ve Model 1 olarak belirtilen Angström, Prescott, Page, Duffie ve Beckman tarafından dünyanın geneline özgü olarak geliştirilen eşitlik takip etmiştir.

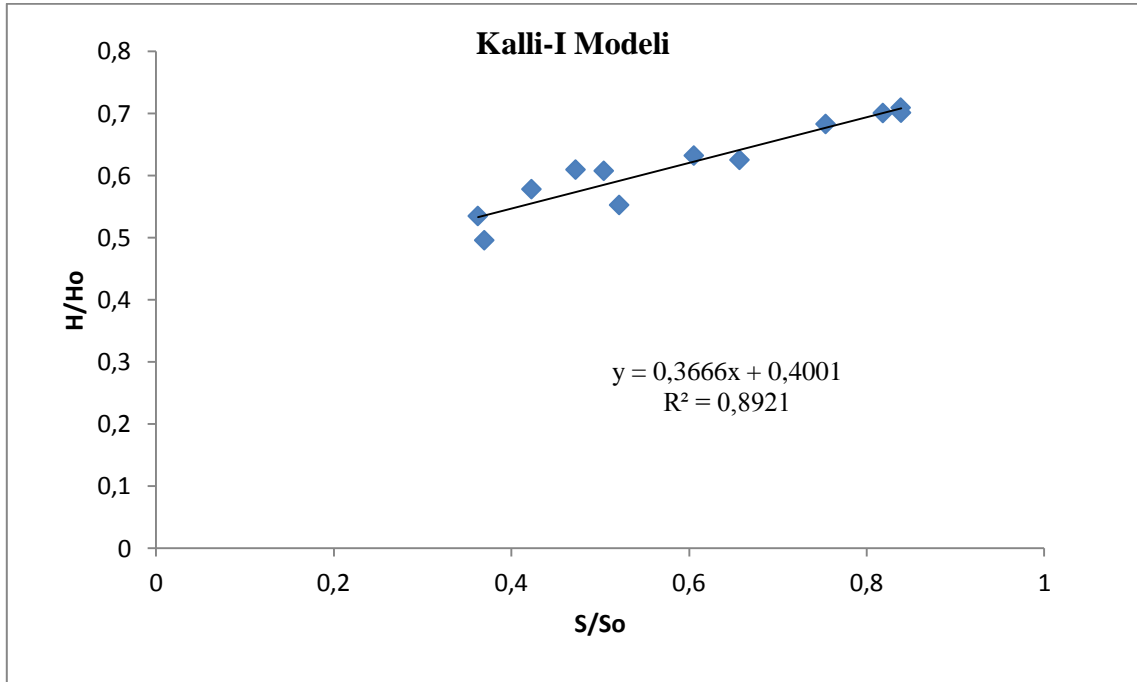
#### **4.4 Niğde iline özgü geliştirilen modeller**

Niğde ilinin iklim verilerin dayanarak yatay düzleme gelen güneş ışınımının tahmininde kullanılmak üzere modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller sadece Niğde bölgesine özgüdür. Modellerin geliştirilmesinde kullanılan veriler, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 1970-2011 yılları arasındaki (31 yıllık) ölçüm verilerinden sağlanmıştır. Değerlendirmelerde, öncelikle iklim elemanlarının ortalama değerleri ele alınmıştır. Model oluşturulmasında kullanılacak temel parametreler olan  $H/H_0$  ve  $S/S_0$  değerlerinin doğrultusunda oluşturulmaktadır.

**Çizelge 4.5.** Niğde iline ait ortalama toplam ortalama günlük H - H<sub>0</sub> ve S - S<sub>0</sub> değerleri

<b>Niğde iline ait 1970 - 2011 arası H/H<sub>0</sub>, S/S<sub>0</sub> değerleri</b>		
<b>Aylar</b>	<b>H/H<sub>0</sub></b>	<b>S/S<sub>0</sub></b>
Ocak	0,534724677	0,362345253
Şubat	0,577909178	0,422726279
Mart	0,609390593	0,472408434
Nisan	0,607446845	0,504193642
Mayıs	0,631975035	0,605581058
Haziran	0,682811933	0,753954493
Temmuz	0,709126321	0,83853187
Ağustos	0,701023801	0,838895773
Eylül	0,70046346	0,81842867
Ekim	0,625025952	0,657017175
Kasım	0,552486817	0,52149842
Aralık	0,495717721	0,369623438

#### 4.4.1 Geliştirilen Lineer Model A

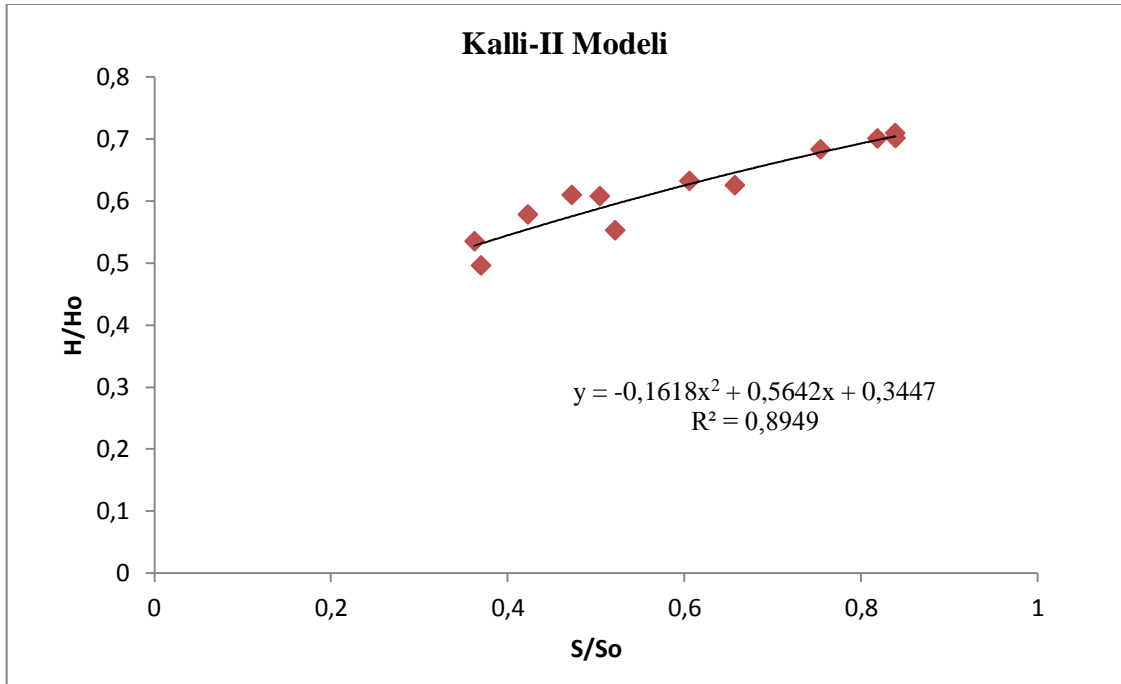


**Şekil 4.16.** Geliştirilen lineer modelinin korelasyon eğrisi

Niğde'ye özgü geliştirilen lineer modelin a ve b değerleri sırasıyla 0,4001 ve 0,3666 bulunmuş ve belirleme katsayısı  $R^2=0,8921$  değerini almıştır.

$$\frac{H}{H_0} = 0,3666 \frac{S}{S_0} + 0,4001 \quad (4.1)$$

#### 4.4.2 Geliştirilen Karekök Model B

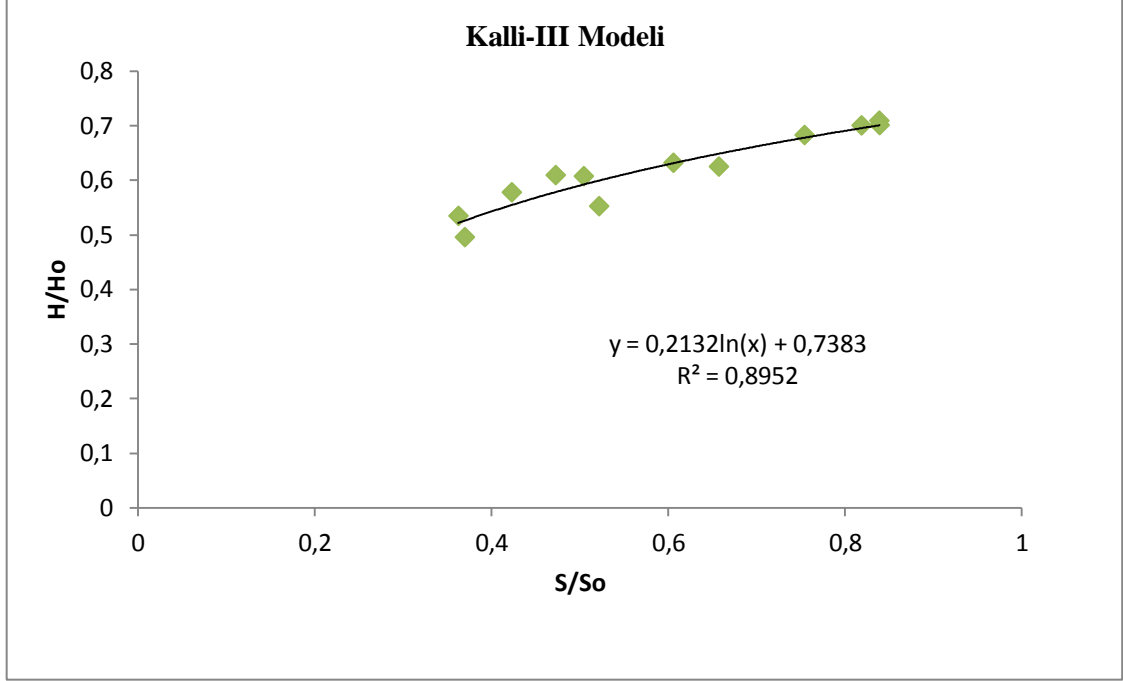


Şekil 4.17. Geliştirilen karekök modelinin korelasyon eğrisi

Niğde'ye özgü geliştirilen karekök modelin a, b ve c değerleri sırasıyla 0,3447, 0,5642 ve -0,1618 bulunmuş ve belirleme katsayısı  $R^2=0,8949$  değerini almıştır.

$$\frac{H}{H_0} = -0,1618 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + 0,5642 \left(\frac{S}{S_0}\right) + 0,3447 \quad (4.2)$$

#### 4.4.3 Geliştirilen Logaritmik Model C

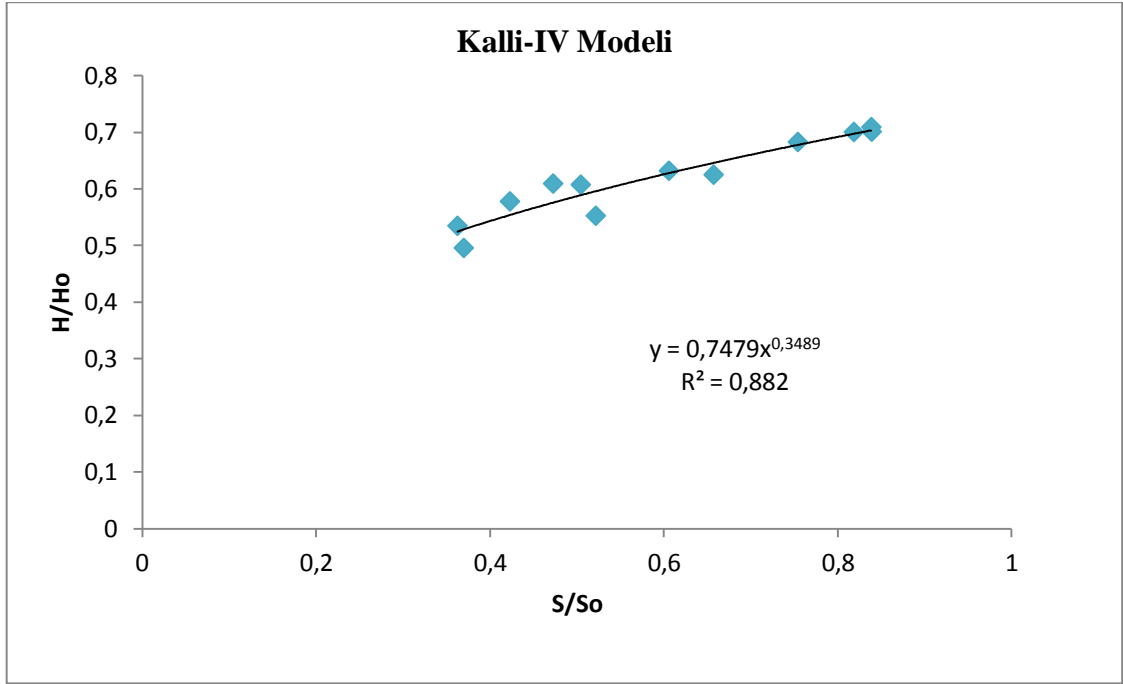


Şekil 4.18. Geliştirilen logaritmik modelinin korelasyon eğrisi

Niğde'ye özgü geliştirilen logaritmik modelin a ve b değerleri sırasıyla 0,7383 ve 0,2132 bulunmuş ve belirleme katsayısı  $R^2=0,8952$  değerini almıştır.

$$\frac{H}{H_0} = 0,2132 \ln \frac{S}{S_0} + 0,7383 \quad (4.3)$$

#### 4.4.4 Geliştirilen Üssel Model D

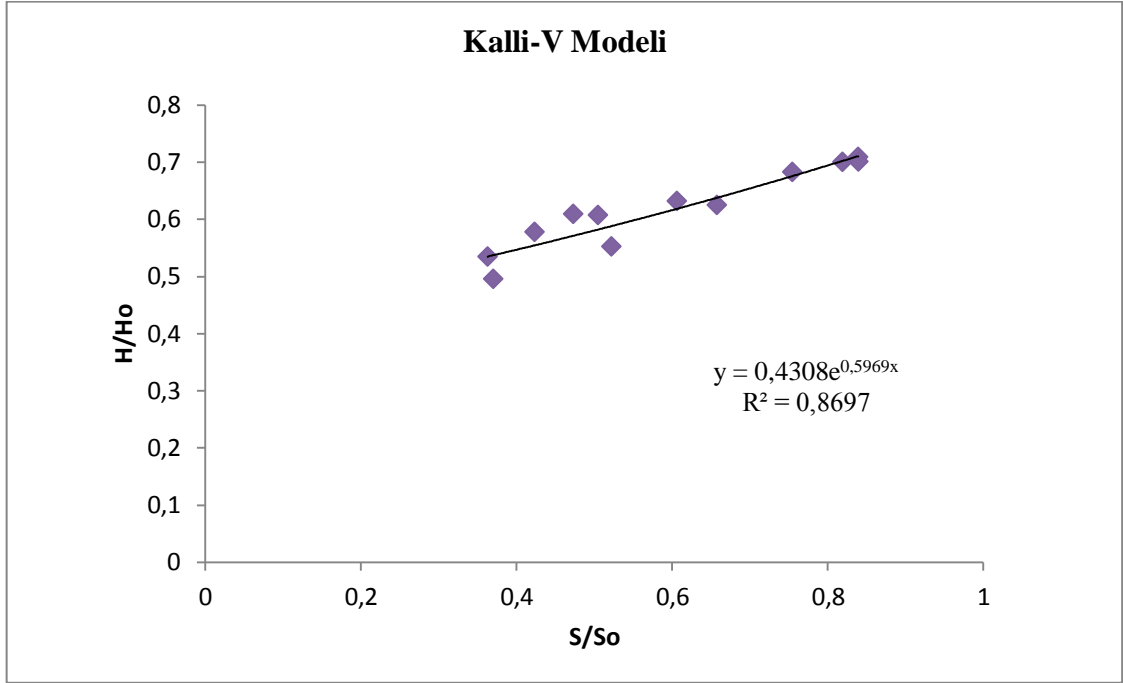


Şekil 4.19. Geliştirilen üssel modelinin korelasyon eğrisi

Niğde'ye özgü geliştirilen üssel modelin a ve b değerleri sırasıyla 0,7479 ve 0,3489 bulunmuş ve belirleme katsayısı  $R^2=0,882$  değerini almıştır.

$$\frac{H}{H_0} = 0,7479 \left( \frac{S}{S_0} \right)^{0,3489} \quad (4.4)$$

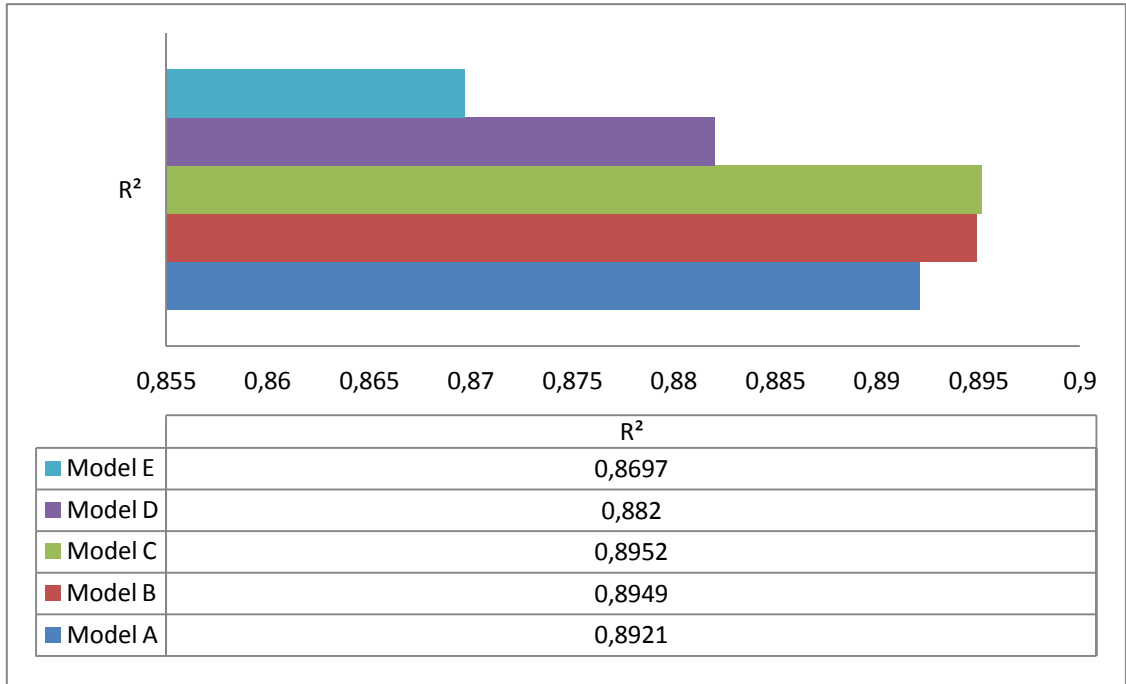
#### 4.4.5 Geliştirilen Üstel Model E



Şekil 4.20. Geliştirilen üstel modelinin korelasyon eğrisi

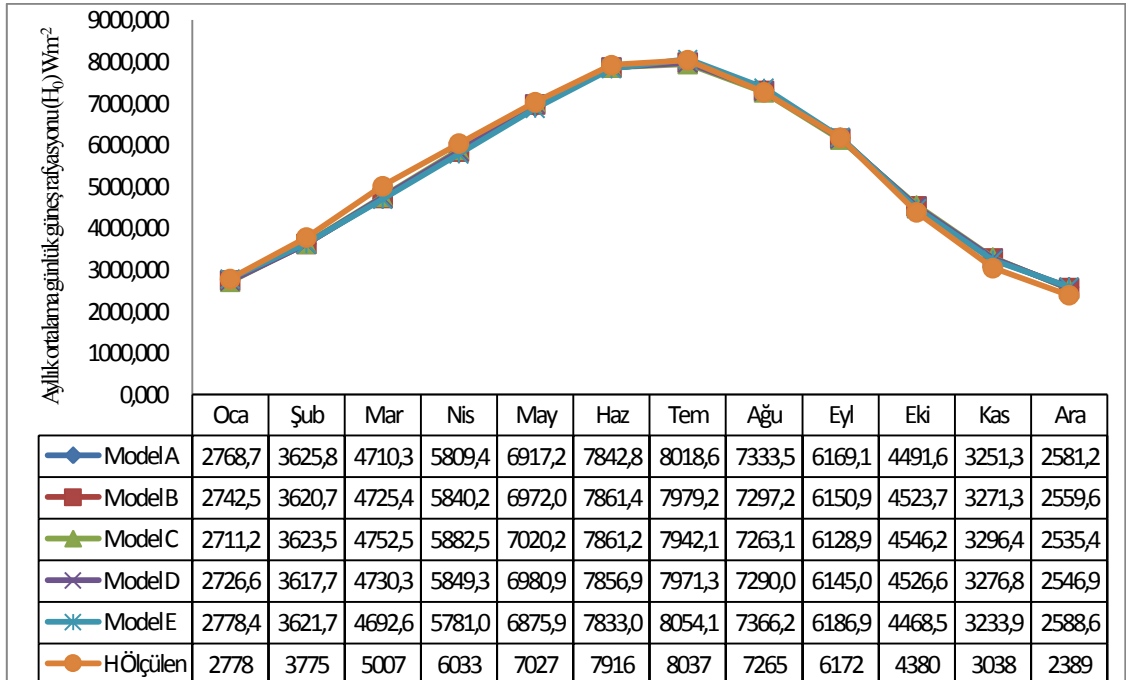
$$\frac{H}{H_0} = 0,4308 \exp^{0,5969\left(\frac{S}{S_0}\right)} \quad (4.5)$$

Niğde'ye özgü geliştirilen üstel modelin a ve b değerleri sırasıyla 0,4308 ve 0,5969 bulunmuş ve belirleme katsayısı  $R^2=0,8697$  değerini almıştır.



Şekil 4.21. Geliştirilen modellerdeki uyumun belirlilik katsayısının değişimi

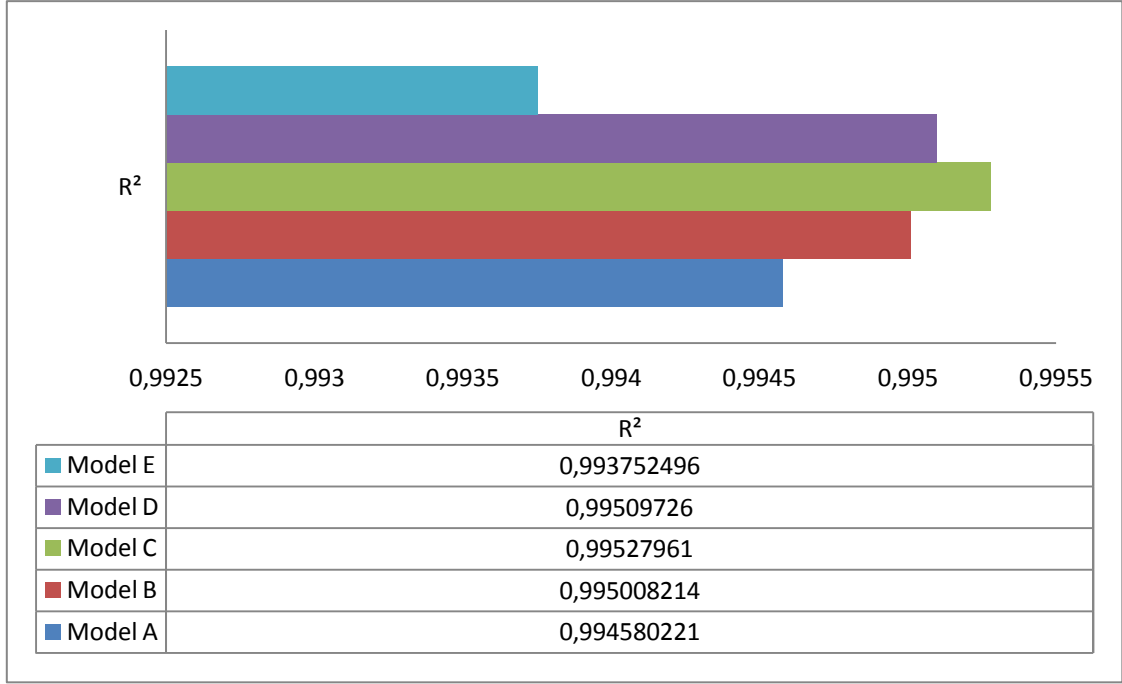
#### 4.5 Geliştirilen modellerin karşılaştırılması



Şekil 4.22. Niğde iline ait geliştirilen modellerin toplam ışınlam değerleri model A-E

**Çizelge 4.6.** Niğde iline ait geliştirilen modellerin analizi model A-E

<b>GELİŞTİRİLEN MODELLERİN TOPLAM GÜNEŞ IŞINIMI DEĞERLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ</b>					
	Model A	Model B	Model C	Model D	Model E
	% e	% e	% e	% e	% e
Ocak	0,334557235	1,277825774	2,404283657	1,849820014	-0,01760259
Şubat	3,951788079	4,087205298	4,011152318	4,166807947	4,06002649
Mart	5,924885161	5,623087677	5,082404634	5,524925105	6,27777112
Nisan	3,705585944	3,19569037	2,493237195	3,044720703	4,17700978
Mayıs	1,561619468	0,782126085	0,096385371	0,655571368	2,150007115
Haziran	0,924444164	0,68914856	0,691927741	0,745970187	1,04847145
Temmuz	0,228530546	0,718352619	1,18052756	0,817307453	-0,21322632
Ağustos	-0,943675155	-0,444363386	0,025161734	-0,344253269	-1,39351686
Eylül	0,046759559	0,340311082	0,69698639	0,437216461	-0,24248217
Ekim	-2,549748858	-3,282853881	-3,795114155	-3,347031963	-2,02262557
Kasım	-7,021790652	-7,681500987	-8,508722844	-7,862672811	-6,44911125
Aralık	-8,046169946	-7,144872332	-6,130640435	-6,610590205	-8,35747174
R	0,997286429	0,997500985	0,997637013	0,997545618	0,996871354
R <sup>2</sup>	0,994580221	0,995008214	0,99527961	0,99509726	0,993752496
MPE %	-0,156934538	-0,15332026	-0,146034236	-0,076850751	-0,08189588
MAPE	2,936629564	2,938944838	2,92637867	2,950573957	3,034110207
SSRE	0,018934999	0,018291737	0,018067112	0,01792673	0,019663931
RSE	0,039722998	0,039042431	0,038801968	0,038650927	0,040480376
MBE	24,75633333	22,68816667	21,0995	24,86591667	27,97208333
RMSE	152,1229657	146,2270951	142,7632386	145,0339762	161,3422738
t-stat	0,547036528	0,520906032	0,495618858	0,577177961	0,583848266



**Şekil 4.23.** Geliştirilen modellerdeki belirlilik katsayısının değişimi

Analizler sonucu incelendiğinde Niğde iline en uygun modelin Model C olduğu görülmektedir. Bu modeli sırasıyla Model D, Model B, Model A ve Model E takip etmektedir. Model C detaylı göz atıldığında logaritmik bir bağıntı olduğu görülür. Bu modelin ölçüm sonuçları ile uyumluluğu açısından bakıldığında R<sup>2</sup>'si 0,99527961 ve R'si 0,997637013'dir. Bu oranların bir değerine oldukça yakın olmasından dolayı mevcut literatürde genel açıdan herkes tarafından kabul görmektedir. Ayrıca modelin sonuçlarının diğer incelenen istatistiksel veriler arasında yer alan bağıl hata yüzdesi, MAPE, yüzdesel MPE SSRE, RSE, MBE, RMSE ve t-stat değerleri de oldukça makul çıkmıştır. Geliştirilen logaritmik modelin aylık değişim uyumluluğu incelendiğinde Ağustos ayı en yüksek uyumu sağlarken bu ayı sırasıyla Mayıs, Haziran, Eylül, Temmuz, Ocak, Nisan, Ekim, Şubat, Mart, Aralık ve Kasım takip etmiştir.

Niğde iklim coğrafyasında uygun güneş ışınımının tahmini en uygun şekilde karşılayabilecek matematiksel modelin logaritmik denklem olduğu anlaşılmıştır.

## BÖLÜM V

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Güneş enerjisinin kullanıldığı sistemlerin tasarımı ve verimliliğinin belirlenmesinde önemli bir faktör olan yeryüzüne gelen güneş ışınımının bilinmesi mühendisler tarafından önem taşımaktadır. Yeryüzüne gelen güneş ışınımı değerleri (anlık, saatlik ve günlük) meteoroloji istasyonlarındaki güneş ışınımı ölçüm cihazları ile ölçülerek veya bu bölge için geliştirilen matematiksel bağıntılar yardımı ile hesaplanmaktadır. Ülkemiz gelişmekte olan ülkeler statüsünde girdiğinden ölçüm cihazlarının maliyeti, cihazların bakım ve kalibrasyonu, veri iletimindeki problemler ve beşeri faktörlerinin etkisiyle sağlıklı, tutarlı, uygun sıklıkta ve yeterli zaman dizisi uzunluğunda ışınım verileri elde etmek nispeten güçtür.

Bütün meteorolojik ve atmosferik parametrelerin birbirleriyle etkileşimlerinin, bir dizi matematiksel bağıntılarla açıklanması anlamında kullanılan modellemeler, mühendislik bilimi açısından zorunludur. Niğde iline ait meteorolojik verilerden yola çıkılarak mevcut literatürdeki seçkin modellerle yatay düzleme gelen toplam ve yayılı ışınım şiddetinin 12 aylık değişimi belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçların ölçülen değerlerle ne kadar uyumlu olduğunu ve araştırılan bölgeye en yakın modeli anlamak adına istatistiksel çözümleme metotları kullanılmıştır. Ancak matematiksel modelin kararlı sonuçlar vermesi bakımından bölgesel konumda hazırlanması gereksinimini doğurmuştur. Bu düşünceye bağlı olarak sadece Niğde'ye özgü modelin oluşturulması amacıyla için 31 yıllık meteorolojik veriler kullanılarak literatüre beş farklı ampirik model kazandırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Niğde ili için geliştirilen modeller arasındaki fark önemsenmeyecek kadar azdır. Fakat logaritmik olarak tanımlanan Kalli-III modeli diğer modellere kıyasla daha üst performanslıdır. Bu model sonuçlarına göre Niğde ili yıllık ortalama güneş enerji potansiyeli  $5.296 \text{ W/m}^2 \cdot \text{gün}$  olarak belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma neticesinde, güneş enerjisi uygulamalarında Niğde iline gelen güneş radyasyonu tahmininde sayısal modellemenin rahatlıkla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca ölçüm sonuçlarının gerçeğe yakın sonuçlar verdiğini ve istatistiksel olarak iklim verilerini iyi bir hassasiyetle temsil ettiği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

Ajayi O. Ohijeagbon O., Nwadialo C., and Olasope O., “New model to estimate daily global solar radiation over Nigeria” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 5, 28-36, 2014

Akinoglu, B. G. and Ecevit, A. “Construction of a quadratic model using modified Angstrom coefficients to estimate global solar radiation”, *Solar Energy* 45(2):85-92, 1990

Almorox J, Hontoria C. “Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain”, *Energy Conversion and Management*;45:1529-35., 2004

Angström, A.,”Solar and Terrestrial Radiation” *Q. J. Roy. Met. Soc.* 50, 121125, 1924

Anonim 2008 “Güneş enerjisi ders notları”  
<http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/gun-uc.pdf>

Anonim 2013, “Niğde ili genel bilgileri”,  
<http://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/nigde/genelbilgiler>

Anonim 2014, “Niğde ili coğrafi özellikleri”,  
<http://www.nigdetarim.gov.tr/index.php/features/nigdetaniyalim>

Aras, H., Ballı, O., and Hepbaşlı, A.,. “Estimating the horizontal diffuse solar radiation over the Central Anatolia Region of Turkey”. *Energy Conversion and Management*, 47: 2240 – 2249., 2006

Bahel V., Bakhsh H. Ve Srinivasan R., “A correlation for estimation of global solar radiation”, *Energy* 12, 131-135, 1987

Barbaro S., Cannato G., Coppolina S., Leone C ve Sinagra E, “Diffuse solar radiation statistics for Italy”, *Solar Energy*, 26:429-35, 1981

Bashahu, M.,” Statistical comparison of models for estimating the monthly average daily diffuse radiation at a subtropical African site.” *Solar Energy*, 75: 43-51, 2003

Behr, H.D., “Solar radiation on tilted South oriented surfaces: validation of transfer-models.” *Solar Energy*, 61: 399-413, 1997

Duffie John A. and. Beckman William A “ Solar Engineering of Thermal Processes, Second Edition”, *A Wiley-Interscience Publication, John wiley& Sons, inc, Canada*, 888p, 1991

Benson, R.B., Paris, M.V., Sherry, J.E., Justus, C.G.. “Estimation of daily and monthly direct, diffuse and global solar radiation from sunshine duration measurements”. *Solar Energy*. (32), 523-535., 1984

Bulut T, H., Büyükcalaca, O., Yılmaz, T.,. “Bazı iller için Güneş Işınım Şiddeti, Güneşlenme Süresi ve Berraklık indeksinin Yeni Ölçümler Işığında Analizi”, *Güneş Günü Sempozyumu, 25 - 27 Haziran, Kayseri*, 22 - 29., 1999

Bulut, H., Durmaz, A.F., ve Yeşilata, B.,. “Eğik düzleme gelen güneş Işınım değerlerinin deneysel olarak incelenmesi”. *I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21 - 23 Haziran, Eskişehir*, 143 - 149., 2006

Che H. Z., Shi G. Y., Zhang X. Y., Zhao J. Q. and Li Y. “Analysis of sky condition using 40 years records of solar radiation data in china.”, *Theoretical and applied climatology*, 89: 83-94, 2007

Chen, R., Ersı, K., Yang, J., Lu, S., and Zhao, W.,. “Validation of five global radiation models with measured daily data in China”. *Energy Conversion and Management*, 45: 1759 - 1769., 2004

Coppolino, S., “A new correlation between clearness index and relative sunshine”, *Renewable Energy*, 4(4), 417-423., 1994

Dogniaux, R., Lemoine, M.. “Classification of radiation sites in terms of different indices of atmospheric transparency”. *Solar energy research and development in the European community*. Dordrecht, Holland, 1983

Duzen, H., and Aydin, H. “Sunshine-based estimation of global solar radiation on horizontal surface at Lake Van region (Turkey)”, *Energy Conversion and Management*, 58, 35-46., 2012

Elagib, N., Mansell, M.G.. “New approaches for estimating global solar radiation across Sudan”. *Energy Convers Management*. (41), 419-434., 2000

El-Metwally M. “Sunshine and global solar radiation estimation at different sites in Egypt”. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*;67:1331-42., 2005

El-Sebaili AA, Al-Ghamdi AA, Al-Hazmi FS, Faidah A. “Estimation of global solar radiation on horizontal surfaces in Jeddah, Saudi Arabia”. *Energy Policy*;37:3645-9. 2009

Ertekin, C. and Evrendilek, F. “Spatio-temporal modeling of global solar radiation dynamics as a function of sunshine duration for Turkey” *Agricultural and Forest Meteorology*. (145), 36-47. 2007

Ertekin, C. and Yaldiz, O. “Estimation of monthly average daily global radiation on horizontal surface for Antalya, Turkey”. *Renewable Energy*. (17), 95-102. 1999.

Glover, J., McGulloch, J.D.G.. “The empirical relation between solar radiation and hours of sunshine” *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. (84), 172-175. 1958

Gopinathan, K.K.,” A simple method for predicting global solar radiation on a horizontal surface”, *Solar and Wind Technology*, (5), 581-583., 1988.

Görcelioğlu E.,” Güneş açıları ve bunların feyzaj düzenlemelerindeki önemi”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri B, Cilt 19, Sayı 3, 1969

Güngör, A., Yıldız, A. ve Kartal, Y., “Ülkemiz Enlemleri Açık Gün Işınımının Hesaplanması İçin Bir Algoritma, Örnek Uygulama: Mersin” **TMMOB Makine Mühendisleri Odası Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi**, 24-25 Haziran, s.161-174., 2005

Haydar, A., Balli, O., Hepbasli, A. “Global solar radiation potential, Part 2: Statistical analysis”, **Energy Sources**. (1), 317-326, 2006

Hijazin, M.I., “The diffuse fraction of hourly solar radiation for Amman/Jordan”, **Renewable Energy**, 13: 249-253, 1998

Jacovides, C. P., Hadjioannou, L., Pashiardis S. and Stefanou, L., “On the diffuse fraction of daily and monthly global radiation for the island of Cyprus”, **Solar Energy** 56(6), 565-572., 1996

Jain PC., “Global irradiation estimation for Italian locations” **Solar and Wind Technology** 3(4):323-8, 1986

Jin, Z., Yazheng, W., and Gang, Y.,. “General formula for estimation of monthly average daily global solar radiation in Chine”. **Energy Conversion and Management**, 46: 257 - 268., 2005

Kamil B. Varınca, Gamze Varank, “Rüzgar Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri”, **Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları / Enerji Yönetimi Sempozyumu**, pp. 367-376, 2005

Kamil B. Varınca, M. Talha Gönüllü, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Çevresel Olumlu Etkileri”, **VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES 2006)**, 2006

Kılıç, A. ve Öztürk, A., “Güneş Enerjisi”, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, 1983

Lewis G. “An empirical relation for estimating global irradiation for Tennessee.” **USA Energy Conversion and Management** 33, (12):1097-9, 1992

Li H, Maa W, Lian Y, Wang X, Zhao L. “Global solar radiation estimation with sunshine duration in Tibet, China”, *Renewable Energy* 36:3141-5, 2011

Menges, H.O., Ertekin, C., Sonmete, M.H., Evrendilek F.,and Haciseferoğulları H., “Assensing montly average solar radiation models,A Comparative Case Study İn Turkey”. *Energy Conversion and Management*, 2010.

Menges, H.O., Ertekin, C., Sonmete, M.H.”Evaluation Of Global Solar Radiation Models For Konya, Turkey”, *Energy Conversion and Management* 3149 - 3170., 2006

Miguel, A.D., Bilbao, J., Aguiar, R., Kambezıdı, H., and Negro, E.,. “Diffuse solar irradiation model evaluation in the Northmediterranean belt area”, *Solar Energy*, 70 : 143 -153, 2001.

Miguel, A.D., Bilbao, J., and Diez, M., “Solar radiation incident on tilted surfaces in Burgos, Spain Isotropic models” *Energy Conversion and Management*, 36: 945 - 951. 1995.

Newland, F.J. “A study of solar radiation models for the coastal region of South China” *SolarEnergy* (31), 227-235., 1988.

Notton, G., Cristofari, C., Poggi, P., and Muselli, M., “Performance evaluation of various hourly slope irradiation models using mediterranean experimental data of Ajacco”, *Energy Conversion and Management*, 47: 147-173., 2006

Notton, G., Cristofari, C., Poggi, P., and Muselli, M.,. “Calculation on an hourly basis of solar diffuse irradianations from global data for horizontal sufaces in Ajaccio”. *Energy Conversion and Management*, 45: 2849-2866, 2004

Ogelman, H., Ecevit, A. and Taşdemiroğlu, E.,”A new method for estimating solar radiation from bright sunshine data”, *Solar Energy* 33, 619 - 625., 1984

Oliveira, A.P., Escobedo, J.F., Machado, A.J., and Soares, J., "Correlation models of diffuse solar radiation applied to the city of Sao Paulo, Brazil". *Applied Energy*, 71: 59 - 73., 2002

Page, J.K. "The estimation of monthly mean values of daily total short wave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitudes 40° N 40° S". *Conference on New Sources of Energy*. 378-390, 1961

Raja IA, Twidell JW. "Distribution of global insolation over Pakistan", *Solar Energy*, 44:63-71., 1990

Raja, I.A and Twidell, J.W. "Distribution of global insolation over Pakistan", *Solar Energy* 44, 63-71, 1990.

Raja, I.A., Twidell, J.W. "Diurnal variation of global insolation over five locations in Pakistan". *Solar Energy* 44, 73-76, 1990.

Remund, J., Salvisberg, E., and Kunz, S., "On the generation of hourly shortwave radiation data on tilted surfaces." *Solar Energy*, 62: 331 – 344., 1998

Rıfkın J., Howard T., "Entropi Dünyaya Yeni Bir Bakış", *İz Yayınevi*, 1997.

Rietveld, M.R. "A new method for estimating the regression coefficients in the formula relating solar radiation to sunshine", *Agricultural Meteorology* 19, 243-252, 1978.

Samuel, T.. "Estimation of global radiation for Sri Lanka". *Solar Energy*. (47), 333-337., 1991

Srivastava, S.K., Gaur, A., Singh, O.P., and Tiwari, R.N., "Comparison of methods for estimating daily and hourly diffuse solar radiation". *Applied Energy*, 51: 119 – 123., 1999

Tahran, S. and Sarı, A. “Model selection for global and diffuse radiation over the Central Black Sea (CBS) region of Turkey”, *Energy Conversion and Management* 46, 605 – 613, 2005

Tasdemiroglu E. and Sever R. “Estimation of monthly average daily, horizontal diffuse radiation in Turkey”, *Energy* 16(4):787-90, 1991

Tiris, M., C. Tırıs, and I. E. Türe,. “Correlations of monthly-average daily global, diffuse and beam radiations with hours of bright sunshine in Gebze, Turkey”, *Energy Conversion and Management* 37, 1417 - 1421. 1997

Toğrul, I. T., and E. Onat.. “A study for estimating the solar radiation in Elazığ using geographical and meteorological data”. *Energy Conversion and Mgmt.* 40(14): 1577 - 1584., 1999

Toğrul, İ. T. and Toğrul, H. “Global solar radiation over Turkey: Comparison of predicted and measured data”, *Renewable Energy* 25, 55 - 67., 2002

Ülgen, K. and Hepbaşlı, A. “Solar radiation models. Part 2 Comparison and developing new models”, *Energy Sources* 26, 521 – 530, 2004

Ülgen, K., Hepbaşlı, A., “Solar Radiation Models. Part 1”, *A Review Energy Sources*, 26: 507 - 520., 2004.

Vecan, D., Measurement and comparison of solar radiation estimation models for Izmir/Turkey, *Master of Science, İzmir Institute of Technology*, İzmir, s.24-27, 2011.

Wong L.T., Chow, W.K., “Solar Radiation Model”, *Applied Energy*, 69:191-224, 2001

Yiğit A., Atmaca İ., “Güneş Enerjisi”, *Alfa Aktüel*, 2010

Zabara K., “Estimation of the global solar radiation in Greece”, *Solar Energy Wind Technoogy*, 3:267, 1

## ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Ali KALLIOĞLU 19.04.1986 tarihinde Niğde’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Niğde’de tamamladı. 2005 yılında girdiği Erciyes Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nden Haziran 2010’da mezun oldu. 2010-12 yılları arasında özel sektörde yetkili mühendis unvanı ile proje koordinatörlüğünde çalıştı. 2011-12 Öğretim yılında Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi’ne araştırma görevlisi olarak atandı ve Niğde Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.