

**A MODEL FOR CALCULATING DAILY GLOBAL, DIFFUSE AND DIRECT SOLAR
RADIATION ON HORIZONTAL SURFACES IN ANTALYA**

Ferhat Özkan ÖZER

MASTER DEGREE THESIS

**Mechanical Engineering Main Science Branch
Energy-Thermodynamic Science Branch**

January-2006, ESKISEHIR

**ANTALYA'DA YATAY DÜZLEME GELEN
GÜNLÜK TÖM, YAYILI VE DİREKT GÜNEŞ İŞİNİMİNİ
HESAPLAMA MODELİ**

Ferhat Özkan ÖZER

Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisans üstü Yönetmeliği Uyarınca

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Enerji-Termodinamik Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prf.Dr. Kemal TANER

Ocak-2006

Ferhat Özkan ÖZER'in yüksek lisans tezi olarak hazırladığı "Antalya ilinde yatay düzleme gelen günlük tüm, yayılı ve direkt güneş ışınımı hesaplama modeli oluşturulması" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisans üstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

16/01/2006

Üye: Prof.Dr.Kemal TANER

Üye: Yrd.Doç.Dr.Haydar ARAS

Üye: Yrd.Doç.Dr.İrfan ÜREYEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nungün
vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Her geçen yıl sürekli artan petrol fiyatlarının yanı sıra, dünya nüfusu da sürekli olarak artmakta, bu da enerji gereksinimini artırmaktadır. Daha hızlı kalkınma isteği ve buna paralel olarak artan enerji gereksiniminin yanı sıra, kullanılan fosil yakıtların atıklarının çevreye onarılamaz zararlar vermesi, alternatif yakıt arayışlarını arttırmıştır. Alternatif enerji kaynaklarının en önemli olanı yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisi güneştir. Güneş enerjisinin kullanıldığı sistemlerin dizaynı ve verimliliğinin belirlenmesi için; yeryüzüne gelen güneş ışınımının bilinmesi gerekmektedir.

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı değerleri (anlık,saatlik ve günlük); meteoroloji istasyonlarındaki güneş ışınımı ölçüm cihazları (pyronometer) ile ölçülerek veya bu bölge için geliştirilen teorik veya ampirik bağıntılar yardımı ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye ve bazı ülkeler için geliştirilen teorik ve ampirik bağıntılar incelenerek Antalya’da yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımının hesaplanmasında kullanılacak bağıntılarla güneş ışınımı hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Güneş ışınımı hesaplama yönteminden elde edilen değerler meteoroloji ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır ve ölçüm değerlerinden olan % sapmalar bulunmuştur.

Bu çalışmada tayin edilen “Antalya’da Yatay Düzleme Gelen Günlük Tüm, Yayılı ve Direkt Güneş Işınımını Hesaplama Modelinden (MODEL-1, MODEL-2, Model-3)” hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı değerleri; MODEL-1 için meteoroloji ölçüm değerlerinden maksimum %-9,91, MODEL-2 için meteoroloji ölçüm değerlerinden maksimum %6,71 ve MODEL-3 için meteoroloji ölçüm değerlerinden maksimum %12,72’ lik sapma göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjili sistemler, güneş ışınımı ölçme cihazları, tüm güneş ışınımı, yayılı güneş ışınımı

SUMMARY

Increasing population of the World and industrialization has caused to rise of energy requirement. Because of the harms to the nature life and environment of fossil (hydrocarbon) based energy sources, researches on alternative energy sources have increased. The most important ones among alternative energy sources are renewable energy sources. The most important renewable energy source is the sun. In order to determine the designs and efficiencies of systems which solar energy is used, daily or yearly global solar radiation is needed to be known.

Global solar radiation values on horizontal plane on land (Momentarily, hourly and daily), comes from the sun, are measured by measurement instruments (pyronometer etc.) at meteorology stations or calculating with theoretical and empirical equations developed for this region. In this thesis, theoretical and empirical equations for Turkey and other countries have been studied and a solar radiation calculation method with equations to calculate the daily global solar radiation to unit area of Antalya's Horizontal Section. The values received from the method of calculation and meteorological measurement have been compared with each other and percentage deflections have been found.

The daily global solar radiation values achieved from " A Calculation Model of Daily Global, Direct, Diffuse Solar Radiation on Horizontal Surfaces for Antalya" shows -9,91% of deflection (MODEL-1) from the measured values, 6,71% of deflection (MODEL-2) from the measured values and 12,72 % of deflection (MODEL-3) from the measured values .

Key words: Renewable energy sources, solar energy systems, solar radiation measurement instruments, global solar radiation, diffuse solar radiation.

TEŐEKKÜR

Bu alıőmanın her aőamasında desteğini benden esirgemeyen , engin bilgilerinden yararlandığım , tezin yürütücüsü, Danıőmanım Sayın Prf.Dr.Kemal TANER'e, tezimi oluőtururken düzeltmelerde bana yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Haydar ARAS'a, iç arkadaşlarıma ve her zaman en yakınımda olan , her türlü özveriye benden esirgemeyen eőime teőekkürü bir borç bilir, saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1.GİRİŞ	1
2. GÜNEŞ AÇILARININ VE GÜN UZUNLUĞUNUN HESAPLANMASI	6
3. ATMOSFER DIŞINDA BİRİM ALANA GELEN GÜNEŞ IŞINIMI	13
3.1. Atmosfer Dışındaki Birim Alana Gelen Anlık Güneş Işınımı	13
3.2. Atmosfer Dışındaki Birim Alana Gelen Saatlik Güneş Işınımı	14
3.3. Atmosfer Dışındaki Birim Alana Gelen Günlük Güneş Işınımı	15
4. GÜNEŞ IŞINIMININ ATMOSFERDEN GEÇERKEN SÖNÜMLENMESİ	16
5. YERYÜZÜNE GELEN GÜNEŞ IŞINIMINI HESAPLAMA YÖNTEMLERİ	27

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
5.1. Kılıç,A (1984) Hesaplama Yöntemi	27
5.2. Bird, R. (1984) Hesaplama Yöntemi	28
5.3. Exel,R.B.H(1978) Hesaplama Yöntemi.....	30
5.4. J.Davies ve D.C.Mckay (1982) Hesaplama Yöntemi	32
5.5. Wenxian,L.(1988) Hesaplama Yöntemi	34
5.6. Barbaro,S.(1980,1979) Hesaplama Yöntemi	36
5.7. Regresyon Eğrisi Yöntemi İle Güneş Işınımının Hesaplanması	38
6. YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK GÜNES İŞİNİMİ HESAPLAMA MODELİ VE ANTALYA İÇİN UYGULAMALARI	43
6.1. Güneş Işınımı Hesaplama Modelinin Windows-Excel'de Programlanması	50
6.2. Antalya'da MODEL-1 Yöntemi Güneş Işınımı Hesaplamaları	52
6.3. Regresyon Eğrisi Yöntemi (MODEL-2)	67
6.4. DMİ-EİE Ortak Projesi Sonucu Oluşturulan Model (Model 3)	79
6.5. Ölçülen ve Hesaplanan Güneş Işınımı Değerlerinin Karşılaştırılması	81
7. SONUÇLAR VE ONERİLER	83
KAYNAKLAR DİZİNİ	86

EKLER

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Güneş Pili	4
1.2 Güneş Kollektörlü Sıcak Su Sistemleri	5
2.1 Deklinasyon Açısının Yılın Günlerine Göre Değişimi	7
2.2 Gün Uzunluğunun Aylara Göre Değişimi	12
3.1 Radyasyonun Tayfsal Dağılımı.....	13
4.1 Ozon Miktarının Mevsimlere ve Enlemlere Göre Değişimi	18
4.2 Su Buharı, Toz Partikülü, Hava Molekülü Saçılımında Atmosferin Geçirme Oranı.....	26
6.1 Aylık Ortalama Güneşlenme Süresinin Yıl Boyunca Değişimi.....	53
6.2 Aylık Tüm Güneş Işınımının Yıl Boyunca Değişimi	54
6.3 K ile K_d Arasındaki Regresyon Eğrisi Grafiği	69
6.4 K ile K_{dir} Arasındaki Regresyon Eğrisi Grafiği.....	69
6.5 KT ile K_d Arasındaki Regresyon Eğrisi Grafiği	70
6.6 K ile KT Arasındaki Regresyon Eğrisi Grafiği	70
6.7 K ile KD Arasındaki Regresyon Eğrisi Grafiği.....	71
6.8 KT ile K_{dir} Arasındaki Regresyon Eğrisi Grafiği.....	71
6.9 Model 1/ 2 /3 için hesaplanan Yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımının ölçülen güneş ışınımı ile yıl boyunca değişimine yönelik karşılaştırma ..	82

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Ayların Ortalama Günündeki Deklinasyon Açısı Değerleri	6
2.2 Ocak Ayı İçin Hesaplanan Yükseklik ve Zenit Açıları	9
2.3 Mayıs Ayı İçin Hesaplanan Yükseklik ve Zenit Açıları	9
2.4 Ayların Ortalama Günündeki Gün Uzunluğu Değerleri	12
4.1 Bulanıklılık Faktörünün Görüş Mesafesi İle Değişimi	25
5.1 Rayleigh saçılmasından dolayı olan geçirgenlik-relatif hava kitlesine göre değişimi..	33
5.2 f_a değeri ile Zenit Açısının Değişimi	34
5.3 Enlemlere Göre Atmosferin Toplam Geçirme Oranı	38
6.1 Antalya için a ve b katsayıları	49
6.4 Antalya iline ait aylık ortalama güneşlenme süreleri	53
6.6 Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınımı Değerleri	53
6.7 Ocak Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1)	55
6.8 Şubat Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1)	56
6.9 Mart Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1)	57
6.10 Nisan Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1).....	58
6.11 Mayıs Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1).....	59
6.12 Haziran Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1).....	60
6.13 Temmuz Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1).....	61

TABLOLAR DİZİNİ (Devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
6.14 Ağustos Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1).....	62
6.15 Eylül Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1)	63
6.16 Ekim Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1)	64
6.17 Kasım Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1).....	65
6.18 Aralık Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-1).....	66
6.19 Hesaplanan Qo, Qd, Qy, K, KT, KD, Kd, Kdir Değerleri (MODEL-2)	68
6.20 Ocak Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2).....	73
6.21 Şubat Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2).....	73
6.22 Mart Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2)	74
6.23 Nisan Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2).....	74
6.24 Mayıs Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2).....	75
6.25 Haziran Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2).....	75
6.26 Temmuz Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2).....	76
6.27 Ağustos Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2).....	76
6.28 Eylül Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2)	77
6.29 Ekim Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2)	77
6.30 Kasım Ayı Ortalama Günü için Hesaplama Sonuçları (MODEL-2).....	78

TABLOLAR DİZİNİ (Devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
6.31 Aralık Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları (MODEL-2)	78
6.32 MODEL-3 Yönteminden Hesaplanan Q değerleri	80
6.33 Model 1, Model 2, Model 3 yöntemleri ile bulunan Q Değerleri ve DMGM'nce ölçülen Tüm Güneş Işınımı Değerlerinin karşılaştırılması	81

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- a_g : Güneş Azimut Açısı (derece)
- ay : Eğimli Yüzey Azimut Açısı (derece)
- at : Aerosol Modeli Hava Kütlesi Tipi
- a, b : Angstrom Bağıntısı Sabitleri
- B_s : Standart Ülke Boylamı (derece)
- B_y : Hesaplama yapılan yerin boylamı (derece)
- BN : Bağıl nem
- BK : Bulutluluk katsayısı
- C_s : Dalga boyuna katsayı
- d : Deklinasyon açısı (derece)
- d_t : Toz partikülü sayısı
- e : Enlem (derece)
- f : Güneş sabitinin günlere göre düzeltme faktörü
- F_a : İleri(pozitif yöndeki aerosol saçılım oranı)
- GS : Güneş saati (saat)
- g : Güneş geliş açısı (derece)
- g_d : Güneş ışınlarına dik düzlem için güneş geliş açısı (derece)
- g_g : Güneye eğimli düzlem için güneş geçiş acısı (derece)
- h : Saat açısı (derece)
- H : Yatay düzlemde gün uzunluğu (derece)

SİMGELER VE KISALTMALAR DIZİNİ (Devamı)

- \bar{I} : Hava molekülü yansıtma indisi
- I : Yeryüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen anlık tüm güneş ışınımı (MJ/m²)
- $I_a(\lambda)$: Yatay yüzeyin birim alanına gelen aerosol saçılımı yapmış anlık güneş ışınımı
- I_d : Yeryüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen anlık direk güneş ışınımı (MJ/m²)
- I_y : Yeryüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen anlık yayılı güneş ışınımı(MJ/m²)
- I_{cr} : Bulutların geriye yansıttığı anlık yayılı güneş ışınımı (MJ/m²)
- I_{d0-s} : Sadece su buharı yutması olduğu durumda güneş ışınlarına dik düzlemin birim alanına anlık direk güneş ışınımı (MJ/m²)
- $I_{dr}(\lambda)$: Güneş ışınlarına dik birim alana gelen Rayleigh saçılımı yapmış anlık güneş ışınımı ye anlık direk güneş ışınımı toplamı (MJ/m²)
- I_f : Güneş öğlesindeki anlık toplam güneş ışınımı ile t zamandaki anlık toplam güneş ışınımı arasındaki fark (MJ/m²)
- I_{gs} : Güneş sabiti (MJ/m²)
- I_{g-a} : Yer ile atmosfer arasında saçılan anlık yayılı güneş ışınımı (MJ/m²)
- I_{od} : Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana gelen anlık güneş ışınması(MJ/m²)
- I_o : Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen anlık güneş ışınması(MJ/m²)
- $I_r(\lambda)$: Yatay yüzeyin birim alanına gelen Rayleigh saçılımı yapmış anlık güneş ışınımı(MJ/m²)
- I_{max} : Gün öğlesindeki yatay düzleme gelen anlık maksimum güneş ışınımı (MJ/m²)
- $I_{sp}(\lambda)$: Atmosfer dışına gelen dalga boyuna bağlı spektral güneş ışınımı(MJ/m²)

SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devamı)

$I_{dm}(\lambda)$: Güneş ışınlarına dik birim alana gelen Mie saçılımı yapmış anlık güneş ışınımı ve anlık direk güneş ışınımı toplamı (MJ/m^2)

$I_T(\lambda)$: Yatay düzlemin birim alanına gelen anlık toplam güneş ışınımı (MJ/m^2)

I_T : Yeryüzündeki birim alana gelen anlık toplam güneş ışınımı (MJ/m^2)

I_{yo} : Sadece su buharı yutması olduğu durumda güneş ışınlarına dik düzlemin birim alanına gelen anlık yayılı güneş ışınımı (MJ/m^2)

K : Bağlı güneşlenme katsayısı

$K_a(\lambda)$: Aerosol saçılımı katsayısı

K_{ca} : Bulut yutma katsayısı

$K_d(\lambda)$: Toz partikülü Mie saçılımı katsayısı

K_D : Yayılı güneş ışınımı oranı

K_d : Direk güneş ışınımı oranı

K_{Dir} : Direk güneş ışınımının, atmosfer dışındaki güneş ışınımına oranı

$K_g(\lambda)$: Düzgün karışımli gazların yutma katsayısı

$K_m(\lambda)$: Mie saçılımı katsayısı

$K_0(\lambda)$: Ozon yutma katsayısı

$K_r(\lambda)$: Rayleigh saçılımı katsayısı

K_z : Zenit açısına bağlı ampirik düzeltme katsayısı

K_T : Berraklık indeksi

$K_T(\lambda)$: Toplam atmosferik zayıflatma katsayısı

SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devamı)

- K_y : Yayılı güneş ışınımının, atmosfer dışındaki güneş ışınımına oranı
- $K_w(\lambda)$: Su buharı Mie saçılımı katsayısı
- $K_{wa}(\lambda)$: Su buharı yutma katsayısı
- M : Aylar(1,2 ,12)
- MS : Memleket saati (saat)
- m_i : İzafi optik hava kütlesi
- m : Mutlak optik hava kütlesi
- m_0 : Optik ozon kütlesi
- m_a : Optik aerosol kütlesi
- m_d : Optik toz partikülleri kütlesi
- n : Yılın günleri (1,2 365)
- n_o : Ayın ortalama gün sayısı(Ocak için 17, Haziran için 162 v.b.)
- p : Yüzey profil açısı (derece)
- P_0 : Deniz seviyesi atmosferik basıncı (101.325 Kpa)
- P : Hesaplama yapılan bölgenin atmosferik basıncı (Kpa) Doymuş su buharı basıncı (Kpa)
- R_0 : Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen saatlik güneş ışınması(MJ/m²-saat)
- r : Hava molekülü yarıçapı
- R^2 : Pearson çarpım momenti korelasyon katsayısı
- S : Yüzey eğim açısı (derece)
- t : zaman

SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devamı)

- t_0 : Ayın ortalama gün uzunluğu (saat)
- t_g : Yatay düzlemde gün uzunluğu (saat)
- t_{gd} : Güneş doğuşu zamanı (saat)
- t_{gb} : Güneş batışı zaman (saat)
- t_r : Güneşlenme suresi (saat)
- t_1, t_2 : Gece yarısından sonra sayılan güneş ışığının bulunduğu saatler (saat)
- T : Hava sıcaklığı (K, C*)
- y : Güneş yükseklik açısı (derece)
- ZD : Zaman düzeltilmesi
- Z : Güneş zenit açısı (derece)
- Z : Hesaplama yapılan bölgenin deniz seviyesinden olan yüksekliği (m)
- Z_b : Bulutun yeryüzünden olan yüksekliği (Km)
- X_1 : Çok bulutlu gökyüzü için bulutluluk oranı
- X_2 : Parçalı bulutlu gökyüzü için bulutluluk oranı
- X_3 : Açık gökyüzü için bulutluluk oranı
- q_1, q_2 : Sabit sayılar
- Q_0 : Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışıması (MJ/m²-gün)
- Q : Yatay yüzeyin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışımasını (MJ/m²-gün)
- Q_d : Yatay yüzeyin birim alanına gelen günlük direk güneş ışımasını (MJ/m²-gün)
- Q_y : Yatay yüzeyin birim alanına gelen günlük yayılı güneş ışımasını (MJ/m²-gün)

SIMGELER VE KISALTMALAR DIZINI (Devamı)

- Q_{bd} : Bulutlu gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük direk güneş ışınımı (MJ/m^2 -gün)
- Q_{by} : Bulutlu gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayın güneş ışınımı (MJ/m^2 -gün)
- Q_b : Bulutlu gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı
- Q_M : M=1,2... 12 aylar olmak üzere aylık günlük tüm güneş ışınımı (MJ/m^2 -gün)
- α : Angström üssel sayısı
- β : Gökyüzü bulanıklık parametresi
- χ : 0261
- $\varepsilon_d, \varepsilon_o, \varepsilon_y$: Bulutların güneş ışınımı yansıtma katsayıları
- φ : Gün Açısı (derece)
- γ : Bulut katmanı kalınlığının, bulut boyunca güneş ışığının geçtiği serbest yola oranı
- λ : Dalga boyu (μm)
- ω : Aerosol ölçüsüne bağlı fonksiyon
- p : Yer yansıtma katsayısı
- p_0 : Aerosol yansıtma katsayısı
- P_{air} : Hava yansıtma katsayısı
- Γ : Stefan-Boltzman sabiti ($5.672.10^{-8} W. m^{-2}.K^{-4}$)
- $\zeta_D, \zeta_O, \zeta_R$: Düşük, orta ve yüksek bulutların bulut yüksekliğine bağlı parametreler
- ζ : Bulut yüksekliğine bağlı katsayı

SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devamı)

- $\tau_r(\lambda)$: Rayleigh saçılımı atmosferik geçirme oranı
- $\tau_w(\lambda)$: Su buharı Mie saçılımı atmosferik geçirme oranı
- $\tau_d(\lambda)$: Toz partikülü Mie saçılımı atmosferik geçirme oranı
- $\tau_a(\lambda)$: Aerosol saçılımı atmosferik geçirme oranı
- $\tau_{aa}(\lambda)$: Sadece aerosol yutulmasının olduğu durumdaki aerosol yutulmasının atmosferik geçirme oranı
- $\tau_{as}(\lambda)$: Sadece aerosol saçılımı olduğu durumdaki aerosol saçılması katsayısı
- τ_T : Atmosferin toplam geçirme oranı
- $\tau_o(\lambda)$: Ozon yutulması atmosferik geçirme oranı
- $\tau_g(\lambda)$: Düzgün karışımli gaz yutulmasının atmosferik geçirme oranı
- $\tau_{wa}(\lambda)$: Su buharı yutulması atmosferik geçirme
- $\tau_w(\lambda)$: Su buharı saçılmasının atmosferik geçirme oranı
- w' : Gerçek şartlar altındaki yoğunlaştırılabilir su buharı kalınlığı (cm)
- w : Basınç ve sıcaklık düzeltmesi yapılmış yoğunlaştırılabilir su buharı kalınlığı (cm)
- ξ_D, ξ_O, ξ_Y : Düşük, orta ve yüksek bulut tipine bağlı parametreler
- ξ_T : Toplam bulut miktarı
- ξ : Bulut miktarı fonksiyonu
- ξ_d : Bulut matlığı fonksiyonu
- ξ_C : Bulut miktarı

SIMGELER VE KISALTMALAR DIZINI (Devamı)

ξ_{ort} : Bütün bulutların ortalama bulut miktarı

ξ_i : İ'nci bulut katmanının bulut miktarı

$\xi_{T_{D,O,H}}$: Düşük, orta ve yüksek bulutların güneş ışınımı geçirgenliği

ψ : Saat açısına bağlı dönüşüm faktörü

Ψ : a sabitinin [Kılıç,A.(1983)] düzeltme katsayısı

1. GİRİŞ

Uygarlığın doğuşu, mağara adamının yaktığı ilk ateşle belirlenebilir ve gelişimi de enerjinin kullanımındaki artış ile bağdaştırılabilirse, insanlığın gelişimi ile kişi başına enerji kullanımı arasındaki orantılı bir artış olduğu görülebilir. Tarih başlangıcından 1900'lü yıllara kadar, insanlığın kullandığı toplam enerjinin nüfus artışı ile hemen hemen orantılı olduğu görülmektedir. Ancak, 20. yüzyılda enerji kullanımı hızlı bir artış göstermiştir. Dünya, bilinen fosil yakıt kaynaklarının % 0,1 kadarını bile kullanıyor olsa, hesaplar sonucu elde edilen kullanma değerleri ile karşılaştırıldığında, bilinen tüm kaynakların 100 yıldan daha az sürede tükenmesi beklenmektedir.

Günden güne artan sanayileşme ve bunun sonucunda ortaya çıkan makineleşme, gittikçe artan bir enerji gereksinimi doğurmaktadır. Özellikle 1950'lerden önce, kömür, enerji üretim ve tüketiminde önemli bir yer tutarken bu yıllardan sonra, Ortadoğu ve Güney Amerika'da bulunan zengin petrol yatakları sayesinde, petrol ön plana geçmiştir. 1950-1973 yılları arasında, neredeyse sabit seyreden petrol fiyatları nedeniyle, enerji gereksinimi petrolden karşılanmıştır. Petrolle rekabet edilememesi nedeniyle, Batı Avrupa ve ABD'de pek çok kömür madeni kapanmıştır. Ancak, 1972 yılında varili 2,5 \$ olan petrol, 1974 yılında 11 \$ 'a fırlamış ve politik bir baskı unsuru olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1973 Arap-İsrail savaşı sırasında, ABD'nin İsrail yanlısı politika izlemesi üzerine, petrol üreticisi Arap ülkelerinin petrol ihracatını kısıp, fiyatları arttırmaları dünyada bir krize yol açmıştır. Bu tarihten sonra, fiyat artışı devam etmiştir.

Her geçen yıl sürekli artan petrol fiyatlarının yanı sıra, dünya nüfusu da sürekli olarak artmakta, bu da enerji gereksinimini artırmaktadır. 1975 yılında 4 milyar olan dünya nüfusu, bugün 6 milyarı geçmiştir. Daha hızlı kalkınma isteği ve buna paralel olarak artan enerji gereksiniminin yanı sıra, kullanılan fosil yakıtların atıklarının çevreye onarılamaz zararlar vermesi, alternatif yakıt arayışlarını arttırmıştır. Ayrıca, bugünkü tüketim oranları baz alınarak yapılan hesaplamalara göre, kömür 240, petrol 43 ve doğal gaz 67 yıl sonra tükenecektir. Bu durumda, kullanılmakta olan yakıtlara alternatif olabilecek, tükenme olasılığı daha az ve atıkları çevreye zarar vermeyecek

enerji arayışına gidilmiştir. Bu çalışmalar sonucu, geliştirilen pek çok alternatif enerji sistemi vardır ve ülkeler enerji gereksinimlerinin bir kısmını bu sistemlerle karşılamaktadır. (MMO ,2000)

Yeryüzünden 151×10^6 km uzaklıkta bulunan güneş, nükleer yakıtlar dışında, dünyada kullanılan tüm yakıtların ana kaynağıdır. İçinde, sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Ancak, bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173×10^{14} kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan değer $1.395 \text{ kW}'a$ düşmektedir. Yeryüzüne ulaşabilen ışınımın değerinin bu kadar düşük olmasının nedeni, atmosferdeki karbondioksit, su buharı ve ozon gibi gazların ışınımı absorbe etmelerinin yanı sıra kat etmesi gereken yolun uzunluğudur. Dış yüzey sıcaklığı 6000 K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük siyah cisim olan güneşin yaydığı ışınımın yeryüzüne ulaşabilen miktarı %70 kadardır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınım değeri $1367 \text{ w}/m^2$ dir ve bu değer güneş sabiti olarak alınır. (Çıtıroğlu,A 1998)

Güneş enerjisi, daha çok binalarda ısıtma, soğutma ve sıcak su elde etmek için kullanılmaktadır. Sıcak su elde etmek amacıyla kullanım, en yaygın olan kullanım biçimidir. Isıtma amacıyla kullanım, ısıyı depolama tekniklerinin gelişimiyle daha verimli kullanılır hale gelecektir. Soğutma ise yıllık güneşlenme zamanının uzun olduğu bölgelerde verimli olmaktadır.

Yapılan ölçümlere göre, ülkemizin %63 'ünde 10 ay, %17'sinde ise 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Özellikle güney bölgelerimizde, su ısıtmak amacıyla kullanılan güneş kolektörleri gün geçtikçe artmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanmak için kullanılan ısı uygulamaları, düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere üçe ayrılır. Düşük sıcaklık uygulamaları, daha çok düzlem toplayıcılarla su ısıtılması, konut ve sera ısıtılması için kullanılır. Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınımı, odaklı toplayıcılarla toplanarak, sanayi için gerekli sıcak su veya buhar elde etmek için kullanılır. Genellikle bu tip toplayıcılarda, güneş ışınımını sürekli olarak alabilmek için güneşi izleyen

mekanizmalara gerek vardır. 300⁰C sıcaklık değerinin üzerine çıkılabilen, yüksek sıcaklık uygulamalarında ise, geniş bir alana gelen güneş ışınımı bir noktaya odaklanarak, metal ergitme fırınları çalıştırılabilir.

Teknolojik toplama başlığı altında kalan ikinci uygulama türü ise güneş pilleri olarak isimlendirilen fotovoltaik uygulamalardır. Üzerlerine düşen güneş ışınımını direkt olarak elektrik enerjisine çeviren güneş pilleri, doğru akım üretirler. Bu piller, seri veya paralel bağlanarak, ürettikleri akım veya gerilim değeri yükseltilebilir. Üretilen akımı depolayabilmek için, bir akümülatöre gerek vardır. Güneş pilleri, uzay programları için geliştirilmeye başlanmış; ancak, sonraki yıllarda, bilinen yollarla elektrik üretiminin güç olduğu yada güç üretim merkezine uzak olan, deniz fenerleri, orman gözetleme kuleleri, çiftlik evleri, dağ evleri gibi yerlerde de kullanılmaya başlanmıştır. (Oktik, Nisan 1999)

Ülkemizde, ortalama olarak, yılda 2600 saat güneşlenme zamanı, $0,15 \cdot 10^6 \text{ cal/cm}^2$ -yıl değerinde ışınım şiddeti olduğu bilinmektedir.

Çevre sorunlarına neden olmaması, temiz ve güvenilir olması ve tükenme olasılığının az olması gibi nedenlerle, güneş enerjisi, gittikçe daha çok önem kazanmaktadır. Örneğin, rüzgar enerjisi kullanımı, son on yılda, yaklaşık %25 oranında artarken, güneş pili kullanımı %300 den fazla artmıştır. Önümüzdeki on yıl için artış oranları, rüzgar için %45, güneş için ise %800 olarak tahmin edilmektedir. (Stone,1993)

Dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin, çeşitli ülkelerde kişi başına tüketimini ortaya koyan sıralamada, kişi başına 18.117 kWh enerji tüketen Kanada ilk sırada gelmektedir. Sonuncu sırada, kişi başına 24 kWh enerji tüketimi ile Etiyopya bulunmaktadır. Bu sıralamada, Türkiye’de kişi başına tüketilen elektrik enerjisinin, dünya ortalamasının yarısına, komşumuz Yunanistan’ın tüketiminin ise üçte birine eşit olduğu görülmektedir. Elektrik enerjisi talebiyle ilgili yapılan çalışmalarda, 2010 yılında, Türkiye’nin talebinin karşılanabilmesi için 60 GW kurulu güç kapasitesine gerek olacağı, TMMOB Fizik Mühendisleri Odası tarafından 1996 yılında yayınlanan Nükleer Enerji Raporu’nda belirtilmektedir. Ülkenin enerji gereksiniminin karşılanmasıyla ilgili politikalar belirlenirken; dışa en az bağımlı, temiz ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanılmasına öncelik verilmesi, kurulacak tesislerin çevre etkilerinin

mutlaka dikkate alınması, bunların insan sağlığına ve çevreye verecekleri zararlar ve bu zararların giderilmesi maliyetlerinin değerlendirilmesi gerekir.

Ülkemizde, yenilenebilir kaynaklar açısından iyi bir potansiyel bulunmaktadır. Son birkaç yıla kadar, bu konu, daha çok üniversitelerin araştırma konusu olarak kalmışken, günümüzde, giderek yaygınlık kazanmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de evre bilincinin kazanılmaya başlanması ve yaşanmakta olan enerji darboğazı nedeniyle, alternatif enerji kaynakları daha bilinçli kullanılmaya başlanmıştır

Güneşten ışınım yolu ile gelen enerjinin yaklaşık üçte birlik bölümü atmosfer yüzeyinden geriye yansımaktadır. Yarısı dünyaya gelmekte ve atmosfer, deniz ve yeryüzü tarafından yutulurak ısı enerjisine dönüşmektedir. Buharlaşma ve yağış atmosferdeki radyasyonun %23'n, rüzgar ve okyanus akıntıları ise dış atmosferden gelen enerjinin % 1'inden azını kullanmaktadır. Fotosentez şeklinde kullanılan miktar ise ancak %0.06 civarındadır. (Taner, 1998)

Yeryüzüne gelen güneş enerjisi faydalı enerjiye dönüştürülerek (elektrik, mekanik, ısı) kullanılmaktadır. Güneş enerjisi uygulama alanlarından bazıları;(Taner,1998)

- a. Güneş enerjisinden elektrik üretimi,
- b. Güneş enerjisinin fotokimyasal olarak depolanması (güneş pilleri),



şekil (1.1) Gün boyunca güneş enerjisinden üretilen elektrik ile akü şarj edilerek, geceleri lamba çalıştırılmaktadır. Bu birimlerden 2 tanesi Ankara AO Atatürk Evi önünde, 2 tanesi Didim Güneş ve Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi'nde, 1 adeti EİE Genel Müdürlük Binası girişinde çalışmaktadır. Ayrıca, Didim'de 160 Wp gücünde bir sistem ile de evre aydınlatması yapılmaktadır.

c. Soğutma - ısıtma sistemleri,



Şekil (1.2) Güneş kollektörlü sıcak su sistemleri

- d. Güneş enerjisi yardımı ile su üretimi (deniz suyundan tatlı su üretimi, toprak neminin kurutularak su üretilmesi vb.),
- e. Tarım ürünlerinin kurutulması ve konservecilik,
- f. Güneş ocakları ve fırınlar,
- g. Tuz üretimi,
- h. Güneş pompaları,

Güneş ışınım şiddetinin bilinmesine güneş enerjili sistemlerin hesaplarında ihtiyaç vardır. Bunun için standartlara uygun yapılmış ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş ışınımı değerleri; ışınım ölçer cihazlarının (solarimetre) kullanıldığı meteoroloji istasyonu ölçümlerinden veya teorik hesaplama yöntemlerinden elde edilmektedir.

Güneş ışınımı ölçüm sistemlerinin her bölgede olmaması ve bu sistemlerin kurulmasının yüksek maliyetli olmasından dolayı hesaplamalarda teorik yöntemlerin kullanılması daha avantajlıdır. Bu nedenlerden dolayı Antalya'ya gelen güneş ışınımı değerlerini elde etmek için teorik model çalışması yapılmıştır. Literatür araştırması ve mevcut teorik hesaplama yöntemleri incelenerek yapılan bu çalışma; güneş açılarının hesaplanması, atmosfer dışına birim alana gelen güneş ışınımının hesaplanması, güneş ışınımının atmosferde azalması, yeryüzündeki birim alana gelen güneş ışınımı hesaplama modelleri, Antalya'da yatay düzlemin birim alanına gelen güneş ışınımının hesaplanması için teorik model tayini, uygulamalar, sonuç ve öneriler adımları takip edilerek tamamlanmıştır.

2. GÜNEŞ AÇILARININ VE GÜN UZUNLUĞUNUN HESAPLANMASI

Dünya kendi etrafında ve güneş etrafında olmak üzere iki farklı yörüngede hareket eder. Bundan dolayı; güneş enerjisinden yeterli miktarda yararlanmak için belli bir zaman diliminde bir yere gelen güneş ışınımının bilinmesi gerekmektedir. Yeryüzündeki bir düzlemin konumu güneş açıları ile belirlenmektedir. Güneş açıları;

Deklinasyon Açısı (d) :

Dünya - güneş doğrultusunun yerin ekvator düzlemi ile yaptığı açığı *deklinasyon açısı* denilmektedir.

Yılın günleri $n=1,2,3,\dots,365$ olmak üzere deklinasyon açısı (d) ;

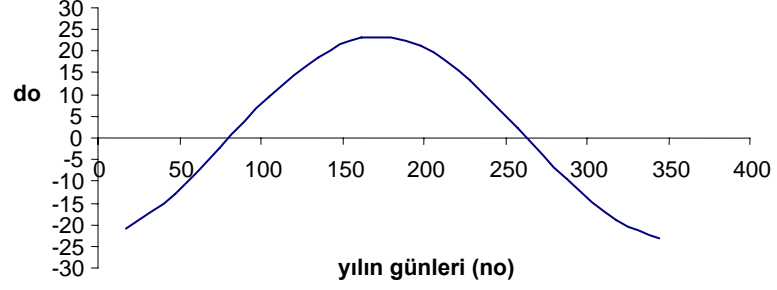
$$d = 23.45 \cdot \sin \left[\frac{360}{365} (n + 284) \right] \quad (2.1)$$

olarak ifade edilir. (Taner,K.1984)

Ayın ortalama günü için Denklem (2.3)'den elde edilen değerler Tablo 2.1'de verilmiştir. Deklinasyon açısının aylara göre değişimi Şekil 2.1'de görülmektedir.

Tablo 2.1. Ayın ortalama günündeki deklinasyon açıları

Aylar	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Gün	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	14	10
No	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
Do	-20,92	-12,95	-2,42	9,41	18,79	23,09	21,18	13,45	2,22	-9,60	-18,91	-23,05



Şekil (2.1) Deklinasyon açısının yılın günlerine göre değişimi

Güneş saati (GS):

Yılın günlerine ($n = 1, 2, 3, \dots, 365$) bağlı değişken (φ)

$$\varphi = \frac{360}{365.242}(n-1) \quad (2.4)$$

olmak üzere, dünyanın dönme hızındaki ve yörüngesindeki düzensizlikten ileri gelen ve gündenden güne değişen zaman düzelmesi (ZD);

$$ZD(\text{saat}) = 0,0043 \cdot \cos \varphi - 0,1236 \cdot \sin \varphi - 0,0608 \cdot \cos 2\varphi - 0,1538 \cdot \sin 2\varphi \quad (2.5)$$

Bağıntısı ile ifade edilir.

Hesaplama yapılacak ülkenin standart ülke boylamı B_s , hesaplama yapılacak yerin boylamı B_y (Doğu-Batı yönü pozitif) ve memleket saati MS olmak üzere güneş saati;

$$GS(\text{saat}) = MS - \frac{(B_s - B_y)}{15} + ZD \quad (2.6)$$

İfadesi ile hesaplanır. Türkiye için standart ülke boylamı $B_s = 30^\circ$ 'dir.

Güneş saati bilinirse $MS=GS+\frac{(B_s - B_y)}{15} - ZD$ (Ballı,Ö.2002) (2.7)

Saat Açısı (h):

Hesaplama yapılacak yerin boylamı ile güneşin bulunduğu boylam arasındaki açıdır. İki boylam arası 1 saat veya 15^0 olduğundan saat açısı;

$$h = 15.(12 - GS) \quad (2.8)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Güneş Zenit Açısı (z):

Kılıç,A.,(1983) güneş zenit açısının hesabını şu şekilde vermiştir.

$$\cos z = \cos d \cdot \cos e \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin e \quad (2.9)$$

Zenit açısı yatay düzlemin normali ile güneş-dünya doğrultusundaki güneş ışınlarının yaptığı açıdır. Deklinasyon açısı d , saat açısı h , enlem e ve zenit açısı z olmak üzere yukarıdaki denklem oluşturulmuştur.(Ballı,Ö.2002)

Güneş Yükseklik Açısı (y):

Kılıç,A.(1983) güneş yükseklik açısını aşağıdaki formülle hesaplamıştır.

$$\sin y = \cos d \cdot \cos e \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin e \quad (2.10)$$

Güneş - dünya doğrultusundaki güneş ışınlarının yatay düzlem ile yaptığı açıdır. Güneş yükseklik açısı ile zenit açısı toplamı tanımlardan anlaşılacağı üzere; $z + y = 90^0$ dir. Diğer bir deyişle birinin sinüs'ü diğerinin kosinüsüne eşittir.

Örnek olarak ocak ayının 20 nci ve mayıs ayının 15 nci günleri için hesaplanan güneş yükseklik ve zenit açılarının değerleri tablo 2-2 ve tablo 2-3'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Ocak ayı için hesaplanan yükseklik ve zenit açıları (Antalya, e=36,53)

N	saat	D	φ	ZD	GS	h	sin y	y(yükseklik)	z (zenit)
20	5	-20,34185	18,71818729	-0,17736	4,850639	107,2404	-0,43022	-25,4816921	64,51831
20	6	-20,34185	18,71818729	-0,17736	5,850639	92,24042	-0,23637	-13,6725517	76,32745
20	7	-20,34185	18,71818729	-0,17736	6,850639	77,24042	-0,04052	-2,32200155	87,678
20	8	-20,34185	18,71818729	-0,17736	7,850639	62,24042	0,144002	8,279468605	81,72053
20	9	-20,34185	18,71818729	-0,17736	8,850639	47,24042	0,304604	17,73434314	72,26566
20	10	-20,34185	18,71818729	-0,17736	9,850639	32,24042	0,430347	25,48958451	64,51042
20	11	-20,34185	18,71818729	-0,17736	10,85064	17,24042	0,512661	30,84126554	59,15873
20	12	-20,34185	18,71818729	-0,17736	11,85064	2,240419	0,545938	33,08875373	56,91125
20	13	-20,34185	18,71818729	-0,17736	12,85064	-12,7596	0,527908	31,86419808	58,1358
20	14	-20,34185	18,71818729	-0,17736	13,85064	-27,7596	0,459801	27,37425032	62,62575
20	15	-20,34185	18,71818729	-0,17736	14,85064	-42,7596	0,346258	20,25860102	69,7414
20	16	-20,34185	18,71818729	-0,17736	15,85064	-57,7596	0,195017	11,245714	78,75429
20	17	-20,34185	18,71818729	-0,17736	16,85064	-72,7596	0,016385	0,938818973	89,06118
20	18	-20,34185	18,71818729	-0,17736	17,85064	-87,7596	-0,17747	-10,2221515	79,77785
20	19	-20,34185	18,71818729	-0,17736	18,85064	-102,76	-0,37332	-21,9206673	68,07933

Tablo 2.3 Mayıs ayı için hesaplanan yükseklik ve zenit açıları

N	saat	D	φ	ZD	GS	h	sin y	y (yükseklik)	z (zenit)
135	5	18,791918	132,0124788	0,064581	5,092581	103,6113	0,012726	0,73	89,27
135	6	18,791918	132,0124788	0,064581	6,092581	88,61129	0,210183	12,13	77,87
135	7	18,791918	132,0124788	0,064581	7,092581	73,61129	0,406384	23,98	66,02
135	8	18,791918	132,0124788	0,064581	8,092581	58,61129	0,587957	36,01	53,99
135	9	18,791918	132,0124788	0,064581	9,092581	43,61129	0,74253	47,95	42,05
135	10	18,791918	132,0124788	0,064581	10,09258	28,61129	0,859568	59,27	30,73
135	11	18,791918	132,0124788	0,064581	11,09258	13,61129	0,931094	68,61	21,39
135	12	18,791918	132,0124788	0,064581	12,09258	-1,38871	0,952236	72,22	17,78
135	13	18,791918	132,0124788	0,064581	13,09258	-16,3887	0,921551	67,15	22,85
135	14	18,791918	132,0124788	0,064581	14,09258	-31,3887	0,841132	57,26	32,74
135	15	18,791918	132,0124788	0,064581	15,09258	-46,3887	0,716458	45,76	44,24
135	16	18,791918	132,0124788	0,064581	16,09258	-61,3887	0,556025	33,78	56,22
135	17	18,791918	132,0124788	0,064581	17,09258	-76,3887	0,370768	21,76	68,24
135	18	18,791918	132,0124788	0,064581	18,09258	-91,3887	0,173311	9,98	80,02
135	19	18,791918	132,0124788	0,064581	19,09258	-106,389	-0,02289	-1,31	88,69

Güneş Azimut Açısı (a_g):

Dam,O.V.(2001) çalışmasında azimut açısının cosinüs'ünü;

$$\cos a_g = \sin d \cdot \cos e - \cos d \cdot \sin e \cdot \cos h \quad (2.11)$$

Kılıç,A.(1983)kitabında azimut açısının sinüs'ünü;

$$\sin a_g = \sec y \cdot \cos d \cdot \sin h \quad (2.12)$$

bağıntısı ile ifade etmişlerdir.

Güneş - dünya doğrultusundaki güneş ışınlarının kuzey-güney doğrultusu ile yaptığı açı azimut açısıdır ve hesaplama yapılan güneş saati; öğleden önce ise $a_g = a_g$, güneş öğleden sonra ise $a_g = 360 - a_g$ 'dir.

Güneş Geliş Açısı (g):

Güneş düzleminin eğik düzlemin normali ile yaptığı açıdır. Eğik düzlemin yatay düzlem ile yaptığı açığa eğim açısı (s), eğik düzlemin normalinin yatay düzlemdeki izdüşümünün güneyden kuzeye doğru yaptığı açığa eğik düzlem azimut açısı (a_y) *denir* ve;

$$\begin{aligned} \cos g = & \cos d \cdot \cos e \cdot \cos s \cdot \cos h + \cos a_y \cdot \cos d \cdot \cos h \cdot \sin e \cdot \sin s + \\ & \sin a_y \cdot \cos d \cdot \sin s \cdot \sin h + \sin d \cdot \sin e \cdot \cos s - \cos a_y \cdot \sin d \cdot \cos e \cdot \sin s \end{aligned} \quad (2.13)$$

bağıntısı ile hesaplanır. (Taner,K.1984)

Ekvatora (güneye) doğru eğik düzlem için düzlem azimut açısı $a_y = 0^\circ$ olduğundan dolayı, güneye eğik düzlem için güneş geliş açısının (g_g) kosinüs'ü;

$$\cos g_g = \cos d \cdot \cos (e-s) \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin (e-s) \quad (2.14)$$

Dik düzlem için düzlem eğim açısı $s=90^\circ$ olduğundan dolayı, dik düzlem için güneş geliş açısının (g_d) cosinüs'ü;

$$\cos g = \cos a_y \cdot \cos d \cdot \cos h + \sin a_y \cdot \cos d \cdot \sin h - \cos a_y \cdot \sin d \cdot \cos e \quad (2.15)$$

bağıntısı ile ifade edilir. (Ballı,Ö.2002)

Profil Açısı (p):

Kılıç,A.(1984) profil açısını aşağıdaki bağıntı ile vermiştir.

$$\tan p = \frac{\tan y}{\cos(a_g - a_y)} \quad (2.16)$$

Bir yüzeye düşen güneş ışınlarının meydana getirdiği gölge düzlemi ile yatay düzlemin yaptığı açıdır .

Gün Uzunluğu (t_g):

Güneş doğuşu ile batışı arasındaki zamana gün uzunluğu denir. Zenit açısı yatay düzlemin normali ile güneş-dünya doğrultusundaki güneş ışınlarının yaptığı açı olduğundan güneş doğuşunda ve batışında güneş zenit açısı $z = 90^\circ$, güneş öğlesinde güneş zenit açısı $z = 0^\circ$ 'dir.

Zenit açısı formülünde $z = 90^\circ$ yazılarak güneş doğuşu ve batışındaki saat açısının (H) cosinüs'ü;

$$\cos H = \frac{-\sin d \cdot \sin e}{\cos d \cdot \cos e} = -\tan d \cdot \tan e \quad (2.17)$$

şeklinde verilir. Derece cinsinden gün uzunluğu (H),

$$H = \arccos \left[\frac{-\sin d \cdot \sin e}{\cos d \cdot \cos e} \right] = \arccos(-\tan d \cdot \tan e) \quad (2.18)$$

Saat cinsinden gün uzunluğu;

$$t_g = \frac{2}{15} \cdot H = \frac{2}{15} \cdot \arccos(-\tan d \cdot \tan e) \quad (2.19)$$

ile hesaplanmaktadır. (Taner,K.1984,Ballı,Ö.2002)

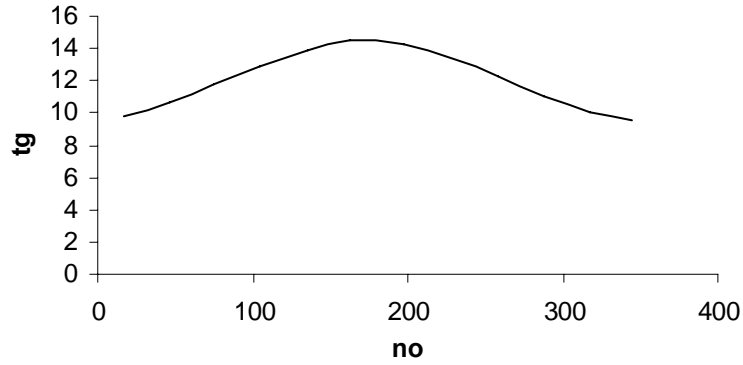
Aylık ortalama gün uzunluğu (t_0) için deklinasyon açısının ortalama aylık değeri (d_0), denklem (2.19)'da yerine yazılarak bulunur ve ;

$$t_0 = \frac{2}{15} H_0 = \frac{2}{15} \cdot \arccos(-\tan d_0 \cdot \tan e) \quad (2.20)$$

bağıntısından hesaplanmaktadır. Antalya'da ayların ortalama günlerindeki gün uzunlukları Tablo 2.4'de verilmiştir. Gün uzunluğunun aylara göre değişimleri Şekil 2.2 'de gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Ayların ortalama günlerindeki gün uzunluğu değerleri (Antalya)

Aylar	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Gün	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	14	10
no	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344
to	9,8	10,69	11,76	12,94	13,94	14,45	14,22	13,36	12,21	11,04	10,03	9,55

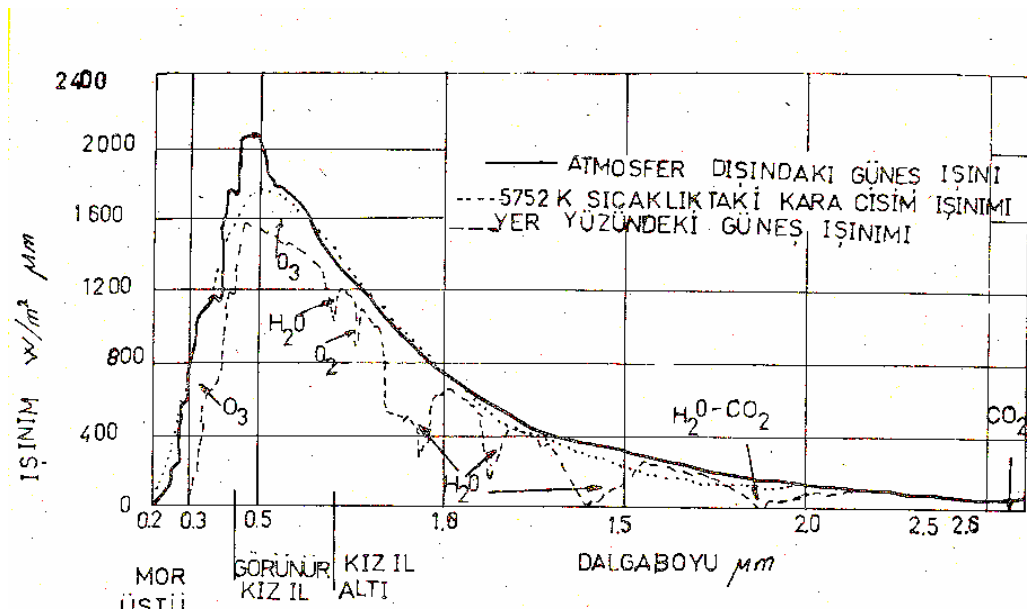


Şekil (2.2) Antalya iline ait tg-no arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

3. ATMOSFER DIŞINDA BİRİM ALANA GELEN GÜNEŞ IŞINIMI

Atmosfer dışına gelen güneş ıŐınımlı Şiddeti yılın günlerine göre değişmektedir. Güneş radyasyonunun atmosfer dışındaki Şiddetine güneş sabiti denir ve I_{gs} ile gösterilir. Güneş sabitinin değerinin dünya ile güneş arasındaki mesafe ile değiştiği bilinmektedir.

Güneş radyasyonunun dalga boyuna göre yayılan enerji miktarı da değişmektedir. Yapılan ölçüler ile dünya-güneş arasındaki ortalama bir uzaklıkta, atmosfer dışında, ve yeryüzünde güneş radyasyonunun tayfsal dağılımı Şekil 3.1'de verilmiştir. (Taner,K,1984)



Şekil (3.1) Radyasyonun tayfsal dağılımı

3.1. Atmosfer Dışındaki Birim Alana Gelen Anlık Güneş IŐınımlı

Iqbal,M.(1983) alıŐmasında atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana gelen anlık güneş ıŐınımlı (I_{od}), güneş sabitine ve güneş sabiti düzeltme faktörüne bağlı olarak;

$$I_{od} = I_{gs} \cdot f \quad (3.1)$$

Bağıntısı ile vermiştir. Ayrıca, atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen anlık güneş ışınımını zenit açısının kosinüs'üne bağlı olarak;

$$I_o = I_{gs} \cdot f \cdot \cos z \quad (3.2)$$

İfade etmiştir. Iqbal,M.(1983) kitabındaki çalışmasında güneş sabiti olarak

$$I_{gs} = 1367 \frac{W}{m^2} \text{ değerini kullanmıştır.}$$

Güneş sabitinin günlere göre düzeltme faktörünü (f) yılın günlerine (n) bağlı olarak; Helwa,N.H.(2000) çalışmasında,

$$f = 1 + 0.034 \cdot \cos \left\{ \frac{360}{365,25} \cdot (n) \right\} \quad (3.3)$$

Kılıç,A.(1983) kitabında;

$$f = 1 + 0.033 \cdot \cos \left\{ \frac{360}{365} \cdot (n) \right\} \quad (3.4)$$

olarak vermişlerdir.

$\cos z$ 'nin değeri denklem (2.9)'dan denklem (3.2)'de yerine yazılarak;

$$I_o = I_{gs} \cdot f \cdot (\cos d \cdot \cos e \cdot \cosh + \sin d \cdot \sin e) \quad (3.5)$$

Bağıntısı elde edilmiştir.

3.2. Atmosfer Dışındaki Birim Alana Gelen Saatlik Güneş Işınımı

Güneş ışığının olduğu t_1 ve t_2 saatleri arasında yatay düzlemin birim alına gelen saatlik güneş ışınımı (R_0),

$$R_0 = I_{od} \cdot \left\{ \sin d \cdot \sin e \cdot (t_2 - t_1) + \frac{12}{\pi} \cdot \cos d \cdot \cos e \cdot [\sin(15 \cdot t_1) - \sin(15 \cdot t_2)] \right\} \cdot 3600 \cdot 10^{-6} \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{saat}} \quad (3.6)$$

Bağıntısı ile hesaplanır.(Iqbal,M.,1983)

Denklem (3.6)'ya benzer şekilde yatay düzlemin birim alanına gelen saatlik spektral güneş ışıını (R₀(λ));

$$R_0(\lambda) = I_{od}(\lambda) \left\{ \begin{aligned} & \sin d \cdot \sin e(t_2 - t_1) + \\ & \frac{12}{\pi} \cdot \cos d \cdot \cos e [\sin(15.t_1) - \sin(15.t_2)] \end{aligned} \right\} 3600.10^{-6} \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{saat}} \quad (3.7)$$

Şeklinde ifade edilir.

3.3. Atmosfer Dışındaki Birim Alana Gelen Günlük Güneş Işını

Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük ışıını Q₀; yatay düzlemin birim alanına gelen anlık güneş ışıını (Denklem (3.2)), gün doğumu (t_{gd}) ile gün batımı (t_{gb}) arasında integrali alınarak bulunur. buna göre Q₀;

$$Q_0 = I_{od} \cdot 3600.10^{-6} \cdot \int_{t_{gd}}^{t_{gb}} \cos z \cdot dt \cdot \frac{MJ}{m^2 - \text{gün}} \quad (3.8)$$

Gün boyunca integral alınır ve zamanı saat açısı cinsinden yazmak için;

$$\frac{dt}{24} = \frac{dh}{2\pi} \Rightarrow dt = \frac{12}{\pi} \cdot dh \quad (3.9)$$

dönüşümü yapılır ise ;

$$Q_0 = \frac{12}{\pi} I_{od}(\lambda) \cdot 3600.10^{-6} \cdot 2 \cdot \int_0^H \{ \cos d \cdot \cos e \cdot \cosh + \sin d \cdot \sin e \} \cdot dh \quad (3.10)$$

veya;

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} I_{od} 3600.10^{-6} \cdot \left\{ \cos d \cdot \cos e \cdot \sin H + \frac{\pi \cdot H}{180} \sin d \cdot \sin e \right\} \cdot \frac{MJ}{m^2 - \text{gün}} \quad (3.11)$$

bağıntıları ile bulunur. (Kılıç,A.,1983)

4. GÜNEŞ IŞINIMININ ATMOSFERDEN GEÇERKEN SÖNÜMLENMESİ

Dünya çeşitli gaz bileşimleri, toz partikülleri, diğer katı ve sıvı maddeleri ve bulutları içeren bir atmosfer ile çevrelenmiştir. Dolayısıyla, güneş ışınımı atmosferden geçerken sönmümlenir, sönmümlenen miktar atmosferik koşullara bağlıdır.

Atmosferde bulunan aerosollerin, hava moleküllerinin, tozların, su buharının, gazların ve ozonun miktarı atmosferin her bölgesinde aynı değildir. Basınca, sıcaklığa, enleme, boylama ve yeryüzünün fiziksel ve endüstriyel yapısına bağlı olarak değişmektedir. (Taner, 1998)

Atmosfer tarafından azaltılan güneş ışınımı miktarı; güneş ışınımının atmosferde kat edeceği mesafeye ve atmosferin azaltma katsayısına (extinction coefficient) bağlıdır. Güneş ışınımının atmosferi geçerken kat ettiği mesafe, güneş ışınımının geliş doğrultusuna göre değişir. Bu mesafe pratik olarak izafi birimler ile ifade edilir. Normal basınçta güneş ışınımının herhangi bir doğrultuda atmosferde kat ettiği mesafenin, güneşin zenitte olduğu konumdaki kat ettiği mesafeye oranına *izafi optik hava kütlesi* denir ve m ile ifade edilir. Güneşin zenitte bulunduğu konumdaki izafi optik hava kütlesi birdir.

Monokromatik ışık demetinin yutulması, Beer veya Bouguer'in eksponansiyel azalma kanunu ile ifade edilir:

$$I_{\lambda} = I_{0\lambda} e^{-c_{\lambda} m} \quad (4.1)$$

Burada, I_0 ve I sırasıyla, verilen λ dalga boyundaki ve m "optik hava kitlesinden" geçtikten sonraki atmosfer dışı ışınım şiddeti, c sönmüm faktörüdür; c_1 Rayleigh, c_2 ozon ve c_3 aerosol veya atmosferik "türbiditeden" dolayı saçılmaları ifade eden faktörleri içermektedir. (Sayigh, 1977)

Direkt güneş ışınımı, temiz gökyüzü şartlarında deniz seviyesinde atmosferden geçerken, atmosferin geçirgenliği ζ_D dünya yüzeyinin aldığı güneş ışınım şiddetinin

I_{Dn} atmosfer dışı ışınım şiddeti I_{0n} 'ye oranıdır.

$$\zeta_D = \frac{I_{Dn}}{I_{0n}} \quad (4.2)$$

Burada n indisi güneş ışınının, yüzeye dik geldiğini belirtmektedir. Tek dalga boyunda geçirgenlik, saçılmadan dolayı geçirgenlik ile yutulmadan dolayı geçirgenliğin çarpımıdır.

$$\zeta_\lambda = \zeta_{\lambda_s} \zeta_{\lambda_y} \quad (\text{Taner,1988}) \quad (4.3)$$

“Z “ güneş zenit açısı olmak üzere,

$$m = \frac{1}{\cos z} \quad (4.4)$$

şeklinde ifade edilir.

Aşağı atmosferdeki oksijen tarafından güneş ışınlarının yutulması çok zayıftır. Bununla beraber, bu yutma ozon oluşumunu doğurduğundan önemli bir rol oynar. Oksijen için yutma oranı,

$$\alpha_{o_2} = 7,5 \cdot 10^{-3} (m^*)^{0,875} \quad (4.5)$$

Bağıntısı ile verilir. Burada, “m*” basınç düzeltmeli hava kitesidir; p(mbar) düşünülen mahaldeki hava basıncı ise

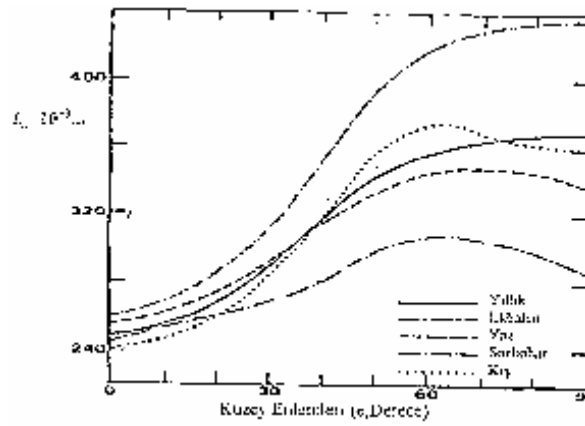
$$m^* = mp/1013 \quad (4.6)$$

olmaktadır. Bu bağıntı Türkiye’de kullanılacak şekilde yazılmıştır. Karbondioksit için yutma oranı ise

$$\alpha_{co_2} = 0,00235(u_{co_2} + 0,0129) - 7,5 \cdot 10^{-4} \quad (4.7)$$

olmaktadır. Burada u_{co_2} =126m atmosferdeki karbondioksit tabaka kalınlığıdır. (Taner,1988)

Ozon, güneş ışınının spektral bölgesinde birçok önemli yutma bandlarına sahiptir. Ozon, atmosferde düzgün olarak dağılmamıştır. Ortalama toplam ozon miktarı üst enlemlerde 0,38cm, ekvator üzerinde ise 0,24 cm'dir. Sonbaharda maksimum, ilk baharda minimumdur. 40°K enleminde 0,35 cm. olduğu söylenebilir. Ozon miktarının mevsimlere ve enlemlere göre değişimi şekil (4.1)'de gösterilmiştir. (Taner,1980)



Şekil (4.1) toplam ozon miktarının enlemlere ve mevsimlere göre değişimi (Berger,1988)

T.K.Van Heuklon, kuzey yarım kürede dünyanın herhangi bir mevkiinde ve senenin herhangi bir gününde cm biriminde, atmosferdeki ozon tabaka kalınlığı u_{o_3} 'u tahmin eden bir ifadeyi aşağıdaki şekilde vermiştir. (Van Heuklon, 1979)

$$u_{o_3} = 235 + \{150 + 40 \sin [0,9865 (N-30)] + 20 \sin [3 (\lambda_B + 20)]\} [\sin'' (1,28 \phi)] \quad (4.8)$$

Burada λ_B göz önüne alınan yerin boylamıdır. Ozon için yutma oranı şu şekilde verilmiştir,

$$\alpha_{o_3} = 0,045(u_{o_3} + 8,34 \times 10^{-4}) - 3,1 \times 10^{-3} \quad (4.9)$$

J.A. Davies ve D.C.Mckay (1982), kullandıkları modelde ozon tabakası geçirgenliğini şu şekilde kullanmışlardır,

$$\zeta_{o_3} = 1 - \frac{0,1082x_1}{(1 + 13,86x_1)} - 0,805 + \frac{0,00658x_1}{1 + (10,36x_1)^3} + \frac{0,002118x_1}{1 + 0,0042x_1 + 0,00000323x_1^2} \quad (4.10)$$

burada izafi hava kitlesi,

$$m_r = \frac{35}{1224 \cos^2 z} \quad (4.11)$$

ozon tabaka kalınlığı,

$$u_{o_3} = 3,5 \text{ mm},$$

ve

$$x_1 = m_r u_{o_3} \text{ olmaktadır.}$$

Guzzi ve arkadaşları (1983) ozon geçirgenliğini modellerinde şu şekilde almışlardır.

$$\zeta_{o_3(\lambda)} = \exp(-c_{o_3} a_{o_3} m_r) \quad (4.12)$$

burada a_{o_3} düşeydeki integrale edilmiş ozon miktarı,

$$m_r = m \left(\frac{p_0}{p} \right),$$

relatif hava kitlesi, p_0 ve p sırası ile standart ve gerçek yeryüzü hava basınçları, c_{o_3} bir katsayıdır.

Su buharı yutma spektrumu karışıktır. Aşağıdaki bağıntı C.H.Hoyt (1976) tarafından kullanılmıştır.

$$\alpha_{H_2O} = 0,11(U_{H_2O} + 6,31 \times 10^{-4})^{0,3} - 0,021 \quad (4.13)$$

U_{H_2O} , ışın yolundaki toplam basınç düzeltmeli su buharıdır. (g/cm^2). Su buharı yutmasının λ dalga boyuna göre değişimi, efektif yutma sabitleri, düşey kolonda su buharı miktarının çeşitli enlemlerdeki değerleri, ışınım şiddeti değişimi, çeşitli su buharı miktarlarında yaz ve kış mevsimleri için dalga boyuna göre çizimi görülebilir (Taner, 1980)

J.A.Davies ve D.C. Mckay (1982), su buharı yutma oranını şu şekilde kullanmışlardır,

$$\alpha_{H_2O} = \frac{0,29}{(1 + 14,15x_2)^{0,635} + 0,5925x_2} \quad (4.14)$$

bu ifadede x_2 izafi hava kütlesi ile su buharı tabaka kalınlığı değerinin çarpımını tanımlamaktadır.

burada su buharı tabaka kalınlığı U_{H_2O} ;

$$U_{H_2O} = \exp(2,2572 + 0,05454 T_d) \left(\frac{p}{p_0} \right)^{3/4} \left(\frac{T_0}{T} \right)^{1/2} \quad (4.14a)$$

$$x_2 = m_r U_{H_2O} \quad (4.14b)$$

T_0 , P_0 standart sıcaklık ve basınç, T , p 'de sırası ile hava sıcaklığı ve basıncı T_d ise T sıcaklığındaki aynı mutlak nemde doymuş nemli havanın sıcaklığıdır ve çiğ noktası sıcaklığı denir. W.Smith, U_{H_2O} su buharı tabaka kalınlığı ile, T_d çiğ noktası sıcaklığı arasındaki ifadeyi şöyle vermektedir, (Taner,1988)

$$U_{H_2O} = [3,8767 / (\lambda_1 + 1)] \times 10^{(17,5T_d - 238,1) / (T_d + 395,1)} \quad (4.15)$$

burada λ_1 bir sabittir.

Guzzi ve arkadaşlarının (1983) kullandığı modelde su buharının geçirgenliği şu şekilde verilmektedir.

$$\zeta_{H_2O(\lambda)} = \exp(-c_{1,2} (u_{H_2O} m_r)^b) \quad (4.16)$$

yukarıdaki denklemde, “b” üs indisi, zayıf yutmalar için 1, kuvvetli yutmalar için 0,5 alınmakta, c katsayıları ve m_r relatif hava kitlesi de (4.12) denklemde belirtilen referanstan alınmaktadır.

S.Barbaro ve arkadaşları (1979) kullandıkları modelde, yoğuşabilir su buharı kalınlığını, şu şekilde almışlardır.

$$U_{H_2O} = 2 X_s \varphi \quad (4.17)$$

burada φ relatif nem, X_s doymuş havadaki su buharı miktarıdır. Bu hususta verilen diğer formül aşağıda verilmiştir;

$$U_{H_2O} = 0,17 P_{ob} \text{ (cm)} \quad (4.18)$$

burada, P_{ob} (mbar) su buharı basıncı olmaktadır.

M.A.Atwater ve J.T.Ball (1978) su buharı yutmasını aşağıdaki şekilde almışlardır;

$$\alpha_{H_2O} = 0,077 (U_{H_2O}/M)^{0,3} \quad (4.19)$$

$$M = \frac{35p}{101,3\sqrt{1224 \cos^2 z + 1}} \quad (4.20)$$

B.Choudhury (1982), ışınım şiddeti hesaplarında kullandığı modelde, aerosol yutma katsayısını C.H.Hoyt'dan almıştır.

$$\alpha_{Ae} = 0,05(1 - g^{m^*}) \quad (4.21)$$

burada m^* basınç düzeltilmeli hava kitesidir;

$$m^* = \frac{mP}{1013} \quad (4.22)$$

g , ise hava kitesi içinde 1 μm dalga boyunda aerosol optik derinliği β "türbidite" den hesaplanmıştır.

$$g = \begin{cases} 1 - 1375\beta & \beta < 0,08 \\ 0,9843 - 11429\beta & \beta \geq 0,08 \end{cases} \quad (4.23)$$

m hava kitlesi için de y güneş yükseklik açısı olmak üzere,

$$m = (\rho^2 \sin^2 y + 2\rho + 1)^{1/2} - \rho \sin y \quad (4.24)$$

formülü kullanılmış $\rho = 797,14679$ oranı alınmıştır.

Güneş enerjisinin atmosferdeki yayılması, bir taraftan havada süspansiyon halde mevcut katı veya sıvı partiküller, diğer taraftan havanın kendi molekülleri tarafından saçılması ile meydana gelir. Partiküllerin boyutu, gelen ışının dalga boyuna eşit veya daha büyük olursa, yalnız yayılma değil, partikül büyükçe önem kazanan kırılma ve yansımada meydana gelir. Bu saçılmaya aerosol saçılması denebilir. Aerosoldan dolayı geçirgenlik katsayısı şöyle yazılır;

$$\zeta_{as\lambda} = \exp\left(-\frac{m\beta}{\lambda^\alpha a}\right) \quad (4.25)$$

burada α_a dalga boyu katsayısı, "Mie" saçılma teorisine göre açıklanır, 0,8 ile 2 değerleri arasındadır. β ise , türbidite katsayısıdır ve $\alpha_a = 1,3$ ortalama değerindeki tekabülüne β_0 denir.

$$\beta = \beta_0 \cdot 0.5^{\alpha_a - 1,3} \quad (4.26)$$

Eğer ölçüm yoksa aşağıdaki bağıntı kullanılabilir. X(km) görüş uzaklığı olduğuna göre,

$$\beta = (0.55)^\alpha \left(\frac{3.91}{X} - 0.01162 \right) [0.02472 \cdot (X - 5) + 1.132] \quad (4.27)$$

ve diğer yandan aerosol veya toz için saçılma oranı,

$$S_a = 1 - g \cdot m^* \quad (4.28)$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Burada g değerinin β 'ya göre değişimi denklem (4.23)'de verilmiştir. (Taner,1980)

Atmosferde bulunan her madde ve gazın yutma, saçma katsayıları (azaltma katsayıları), atmosferik spektral geçirme oranları farklıdır ve güneş ışınımının dalga

boyuna göre değişim göstermektedir. Atmosferde meydana gelen saçma ve yutma olayları; Rayleigh saçılımı, Mie saçılımı, düzgün karışımı gazların yutması, ozon yutması, su buharı yutması şeklinde sıralanabilir. Ozon yutması ve su buharı yutmasına denklem (4.12) ve (4.14)'de değinilmiştir. Rayleigh ve Mie saçılımı ile ilgili olarak yapılan çalışmalar;

Rayleigh Saçılımı :

Hava moleküllerinden saçılma sebebi ile ışınım geçirme katsayısı şu şekilde formüle edilmiştir. Bu saçılma literatürde "rayleigh" saçılması olarak bilinir.

$$\tau_{RS,\lambda} = \exp(-0,0089.m\left(\frac{p}{p_0}\right)\lambda^{-4}) \quad (4.29)$$

Havanın yansıma oranı ise aşağıdaki gibidir; (Taner,1988)

$$S_h = \frac{0,606.m^*}{6,43.m^*} \quad (4.30)$$

Rayleigh saçılımından dolayı atmosferin spektral geçirme oranını mutlak optik hava kütlesi ve dalga boyuna bağlı olarak,

Carder, K.L.(1999) ve Bird, R.(1984) çalışmalarında;

$$\tau_r(\lambda) = \exp(-m.K_r(\lambda)) = \exp\left(\frac{-m}{\lambda^4 \left(115.6406 - \frac{1.335}{\lambda^2}\right)}\right) \quad (4.31)$$

bağıntısı ile vermiştir.

Mie Saçılımı;

Partikel yarıçapı $r > 5A^\circ$ olan ve; $\frac{0.6}{i} < \frac{2.\pi.r}{\lambda} < 5$ eşitliğini sağlayan su buharı, toz partikülleri ve bütün aerosollar *Mie Saçılımı* yapar.

Iqbal,M.(1983) çalışmasında, su buharı için Mie saçma katsayısını dalga boyuna bağlı olarak;

$$K_w(\lambda) = \frac{0.008635}{\lambda^2} \lambda^2 \quad (4.32)$$

bağıntısı ile vermiştir. Su buharının atmosferik geçirme oranı dalga boyuna, zenit yönündeki yoğunlaştırulabilir su buharı miktarına ve izafi optik hava kütesine bağlı olarak;

$$\tau_w(\lambda) = \exp(-K_w(\lambda).w.m_i) \quad (4.33)$$

bağıntısı ile ifade edilmektedir.

Iqbal,M.(1983) çalışmasında toz partikülleri için Mie saçma katsayısını dalga boyuna bağlı olarak;

$$K_d(\lambda) = \frac{0.008128}{\lambda^{\frac{3}{4}}} \quad (4.34)$$

bağıntısı ile vermiştir. Toz partikülleri için atmosferik geçirme oranı dalga boyuna, toz partikülü miktarına ve mutlak optik hava kütesine bağlı olarak;

$$\tau_d(\lambda) = \exp\left(-K_d(\lambda).\left(\frac{d_t}{400}\right).m\right) \quad (4.35)$$

ifade edilir.

Iqbal,M.(1983) çalışmasında hava bulanıklık (turbidity) faktörünün yatay yöndeki görüş mesafesine göre değişimini;

$$\beta = (0.55)^2 \cdot \left(\frac{3.912}{L_g} - 0.01162\right) \cdot [0.02472.(L_g - 5) + 1.132] \quad (4.36)$$

bağıntısı ile vermiştir. Görüş mesafesine göre bulanıklık faktörü β 'nin değişimi Tablo 4.1'de verilmiştir.

Carder,K.L.(1999) çalışmasında izafi optik hava kütesine bağlı olarak aerosolların atmosferik geçirme oranını;

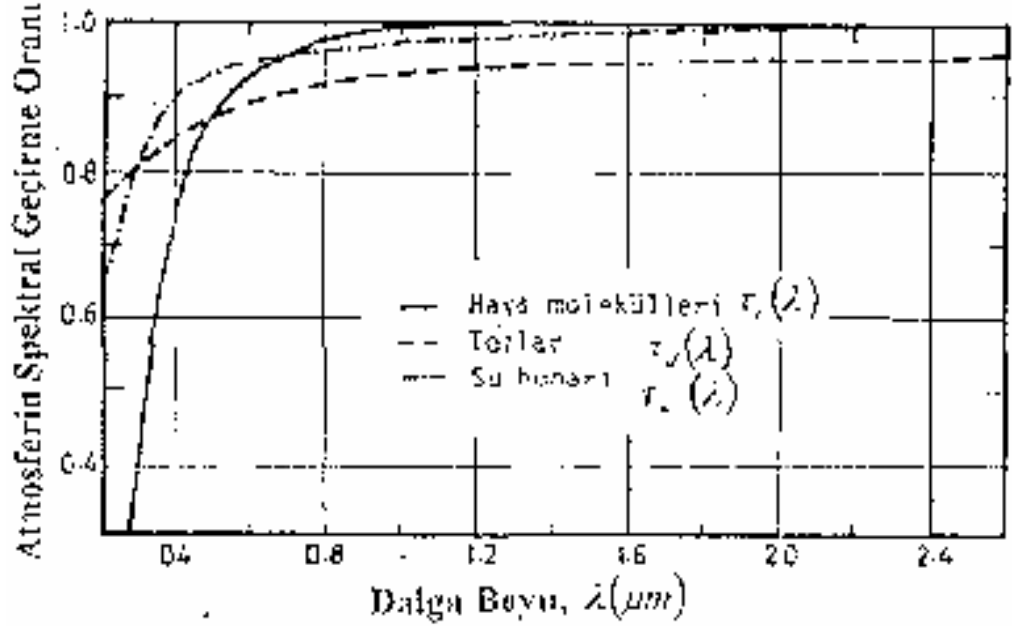
$$\tau_a(\lambda) = \exp(K_a(\lambda).m_i) \quad (4.37)$$

bağıntısı ile hesaplamıştır. (Ballı,2002)

Tablo 4.1 β 'nin Görüş Mesafesine Göre Değişimi (Iqbal,1983,Ballı,2002)

Atmosfer durumu	β	α	L_g =Görülebilirlik
Temiz	0.0	1.30	340 Km
Açık	0.1	1.30	28 Km
Bulanık	0.2	1.30	11 Km
Çok Bulanık	0.4	1.30	5 Km

Su buharı, toz partikülü ve hava molekülleri saçılımının atmosferik spektral geçirme oranlarının dalga boyu ile değişimi Şekil 4.2'de görülmektedir.



Şekil (4.2) Su buharı, toz partikülü ve hava molekülleri saçılımının atmosferik spektral geçirme oranları (Kılıç, 1983)

5.YERYÜZÜNE GELEN GÜNEŞ IŞINIMINI HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Yeryüzüne herhangi bir mevkide gelen güneş radyasyonu şiddeti parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Atmosferin geçirgenliği, enlem ve deniz seviyesinden yükselti bu parametrelerin başında gelmektedir. Güneş radyasyonu şiddetinin saatlik,günlük ve güneş enerjisi kullanılacak bir dizaynda çok aranılan aylık değerlerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu hesaplamalar çeşitli araştırmacıların önerdikleri birçok metod ile yapılabilir. Bu metodlar şöyle sıralanabilir:

- Grafik metodlar
- Benzer enlem,yükselti ve iklim koşullarında yapılmış ölçmeler,
- Çeşitli parametrelere bağlı ampirik formüller ile hesaplanan değerler.

Güneş ışınım şiddetinin hesaplanmasına yönelik olarak yapılan çalışmalar çalışmayı yapanların ismi ile adlandırılarak aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

5.1. Kılıç,A.(1984) Hesaplama Yöntemi

Kılıç,A.(1984) Türkiye için yapmış olduğu çalışmasında, atmosfer dışındaki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımını Q_0 ;

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} \cdot I_{gs} \cdot \left[1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360}{365} \cdot n\right) \right] \cdot \left(\cos d \cdot \cos e \cdot \sin H + \frac{H \cdot \pi}{180} \cdot \sin d \cdot \sin e \right) \quad (5.1)$$

bağıntısı ile hesaplamıştır.Açık gökyüzünde yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımını (Q), güneşlenme süresi (t_r) ve gün uzunluğuna (t_g) bağlı olarak;

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \cdot \frac{t_r}{t_g} \quad (5.2)$$

vermiştir. Bu denklemdeki a ve b katsayılarını;

$$a = 0.103 + 0.000017 \cdot Z + 0.198 \cdot \cos(e - d) \quad (5.3)$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cdot \cos(e - d) \quad (5.4)$$

olarak vermiştir. Türkiye için $a = 0.19 - 0.47$, $b = 0.14 - 0.42$ aralığında vermiştir. (Kılıç,1983)

Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayılı güneş ışınımını, günlük tüm güneş ışınımına ve atmosfer dışına gelen günlük güneş ışınımına bağlı olarak;

$$\frac{Q_y}{Q} = 1 - 1.13 \cdot \frac{Q}{Q_0} \quad (5.5)$$

vermiştir. Yatay düzlemin birim alanına gelen günlük direkt güneş ışınımını (Q_d);

$$Q_d = Q - Q_y \quad (5.6)$$

eşitliği ile vermiştir.

5.2. Bird,R.(1984) Hesaplama Yöntemi

Bird,R.(1984) çalışmasında yeryüzünde güneş ışınlarına dik bir yüzeye gelen anlık direkt spektral güneş ışınımını, rayleigh ve aerosol saçma, ozon, su buharı ve gaz yutması atmosferik geçirme oranı katsayılarına bağlı olarak;

$$I_{do}(\lambda) = I_{sp}(\lambda) \cdot D_2 \cdot \tau_r(\lambda) \cdot \tau_a(\lambda) \cdot \tau_o(\lambda) \cdot \tau_w(\lambda) \cdot \tau_g(\lambda) \quad (5.7)$$

ile hesaplamıştır. (Ballı,2002)

Yılın günlerine bağlı değişken;

$$\varphi = \frac{2\pi}{365} \cdot (n - 1) \quad (5.8)$$

olmak üzere dünya-güneş mesafesi düzeltme faktörünü;

$$D_2 = 1.00011 + 0.034221.C\phi + 0.00128.Sin\phi + 0.000719.Cos2\phi + 0.000077.Sin2\phi \quad (5.9)$$

olarak vermiştir.

Çalışmasında yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen anlık yayılı spektral güneş ışınımını, rayleigh, aerosol ve hava-yer çapraz saçılımı yapmış güneş ışınımının toplamı olarak;

$$I_y(\lambda) = I_r(\lambda) + I_a(\lambda) + I_{g-a}(\lambda) \quad (5.10)$$

bağıntısı ile vermiştir. Buna göre yatay düzlemin birim alanına gelen Rayleigh saçılımı yapmış anlık yayılı spektral güneş ışınımını;

$$I_r(\lambda) = I_{sp}(\lambda).D_2.\cos z.\tau_0(\lambda).\tau_g(\lambda).\tau_w(\lambda).\tau_a(\lambda).[1 - \tau_r(\lambda)].0.5 \quad (5.11)$$

yatay düzlemin birim alanına gelen aerosol saçılımı yapmış anlık yayılı spektral güneş ışınımını;

$$I_a(\lambda) = I_{sp}(\lambda).D_2 : \cos z.\tau_0(\lambda).\tau_g(\lambda).\tau_w(\lambda).\tau_r(\lambda).\tau_{aa}.[1 - \tau_{as}(\lambda)].F_a \quad (5.12)$$

Yatay düzlemin birim alanına gelen hava-yer çapraz yansıma saçılımı yapmış anlık yayılı spektral güneş ışınımını;

$$I_{g-a}(\lambda) = [I_d(\lambda)\cos z + I_r(\lambda) + I_a(\lambda)]C_s \left[\frac{\rho.\rho_{air}}{1 - \rho.\rho_{air}} \right] \quad (5.13)$$

bağıntıları ile hesaplamıştır. Bu bağıntıdaki C_s katsayısı;

$$C_s = \begin{cases} \lambda \leq 0.45 \mu\text{m i} \text{ için } \{\lambda + 0.55\}^{1.8} \\ \lambda > 0.45 \mu\text{m i} \text{ için } 1.0 \end{cases} \quad (5.14)$$

eşitliği ile verilmiştir. ρ ; yer yansıtma katsayısını ve ρ_{air} ; hava yansıtma katsayısını ifade etmektedir. Bu çalışma dünyanın her bölgesindeki anlık spektral güneş ışınımı hesaplamaları için yapılmıştır.

5.3. Exel, R.B.H. (1978) Hesaplama Yöntemi

Exel, R.B.H. (1978) çalışmasını Tayland için yapmıştır. Çalışmasında açık gökyüzü durumunda bütün mevsimler ve enlemler için atmosferden yeryüzüne doğru gelen anlık tüm güneş ışınımını (*downward atmospheric radiation, I*) , hesaplama yapılan bölgedeki hava sıcaklığına (*T, Kelvin*) bağlı olarak;

$$I = \Gamma.T^4.(1 - \chi.\exp\{-\Phi.(273 - T)^2\}) \quad (5.15)$$

bağıntısı ile hesaplamıştır (Ballı,2002). Bu bağıntıdaki sabitler;

$\Gamma = 5,672.10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$ (Stefan Boltzman sabiti) , $\chi = 0,261$, $\Phi = 7.77.10^{-4} K^{-2}$ 'dir.

Bulutlu gökyüzü durumunda bütün mevsimler ve enlemler için atmosferden yeryüzüne doğru gelen anlık tüm güneş ışınımını (*downward atmospheric radiation*) , hesaplama yapılan bölgedeki hava sıcaklığına (*T, Kelvin*) , bulut miktarına (ξ) ve bulut yüksekliğine (ζ) bağlı olarak;

$$I_b = I + (\Gamma.T^4 - I).\zeta.\xi \quad (5.16)$$

bağıntısı ile verilmiştir. Bu bağıntıdaki

- a. ξ atmosferdeki bulutluluk durumunu ifade eder ve bulutlu gökyüzü durumunda $\xi = 1$, bulutsuz gökyüzü durumunda $\xi = 0$ 'dır.

- b. ζ bulut yüksekliğine bağlı parametredir ve bulutun yeryüzünden olan yüksekliğine bağlı olarak ($Z_b = 0 - 3$ km arasında)

$$\zeta = 1 - 0.0875.Z_b \quad (5.17)$$

veya,

$$\zeta = 1 - 0.02335.Z_b + 0.067.Z_b^2 - 0.0085.Z_b^3 \quad (5.18)$$

olarak verilmiştir.

Çalışmasında bulut yüksekliğine bağlı katsayıyı (ζ), bulutların güneş ışınımını yansıtma özelliğine bağlı katsayıyı (ε) ve bulut miktarına bağlı katsayıyı (ξ) düşük (D), orta (O), yüksek (Y) bulutlar için;

- a. Düşük yükseklikteki bulutun güneş ışınımını bulutun güneş ışınımı yansıtma katsayısını $\varepsilon_D = 1$, bulutun miktarı katsayısını $\xi_D = 1$, bulut yüksekliği ($Z_b = 600 - 1000m$) katsayısını $\zeta_D = 0.852$,
- b. Orta yükseklikteki opak bulutun güneş ışınımı yansıtma katsayısını $\varepsilon_O = 0.9$, bulut miktarı katsayısını $\xi_O = 0.5$, bulut yüksekliği ($Z_b = 600 - 1000m$) katsayısını $\zeta_O = 0.615$,
- c. Orta yükseklikteki yarı geçirgen bulutun güneş ışınımı yansıtma katsayısını $\varepsilon_O = 0.7$
- d. Yüksek kalın bulutun güneş ışınımı yansıtma katsayısını $\varepsilon_Y = 0.6$, bulut miktarı katsayısını $\xi_Y = 0.5$, bulut yüksekliği ($Z = 600 - 1000$ m) katsayısını $\zeta_Y = 0.330$,
- e. Yüksek ince bulutun güneş ışınımı yansıtma katsayısını $\varepsilon_Y = 0.4$, olarak vermiştir. Bu verilere bağlı olarak bulut etkisi katsayısını (F_D, F_O, F_Y);

- a. Düşük yükseklikteki bulutlar için,

$$F_D = \zeta_D^{1.4} \cdot \xi_D \cdot \varepsilon_D \quad (5.19)$$

b. Orta yükseklikteki bulutlar için,

$$F_O = \zeta_O^{1.4} \cdot \xi_O \cdot \varepsilon_O \quad (5.20)$$

c. Yüksek bulutlar için;

$$F_Y = \zeta_Y^{1.4} \cdot \xi_Y \cdot \varepsilon_Y \quad (5.21)$$

d. Üç farklı bulut tipinin örtüşmesi durumunda;

$$F_T = F_D \cdot F_O \cdot F_Y + F_D + F_Y + F_O - F_D \cdot F_O - F_D \cdot F_Y - F_O \cdot F_Y \quad (5.22)$$

ile ifade etmiştir.

Bulutlu gökyüzü durumunda , toplam bulut etki katsayısına (F_T) bağlı olarak atmosferden yeryüzündeki birim alana gelen anlık tüm güneş ışınımını;

$$I_b = I + (\Gamma \cdot T^4 - I) \cdot F_T \quad (5.23)$$

bağıntısı ile hesaplamıştır.

5.4. J.Davies ve D.C.Mckay (1982) Hesaplama Yöntemi

J.Davies ve D.C.Mckay, kullandıkları modelde bulutsuz ışınım şiddetinin direkt bileşeni için ;

$$I_D = I_a \cos \theta_z (\zeta_{O_3} \zeta_{SR} - \alpha_{H_2O}) \cdot \zeta_r(a) \quad (5.24)$$

denklemini kullanmışlardır. Bu denklemde ζ_{O_3} ozon tabakası geçirgenliğidir.

$$\zeta_{o_3} = 1 - \frac{0,1082x_1}{(1+13,86x_1)} \cdot 0,805 + \frac{0,00658x_1}{1+(10,36x_1)^3} + \frac{0,002118x_1}{1+0,0042x_1+0,00000323x_1^2} \quad (5.25)$$

burada, izafi hava kitlesi,

$$m_r = \frac{35}{1224 \cos^2 \theta_z} \quad (5.26)$$

ve $U_{o_3} = 3,5 \text{ mm}$,

$$x_1 = m_r \cdot U_{o_3} \quad (5.27)$$

olarak ifade edilmiştir.

ζ_{SR} Rayleigh saçılmasından dolayı olan geçirgenlik, m_r relatif hava kitlesine göre tablo (5.1)'de verilmiştir.

Tablo 5.1. ζ_{SR} Rayleigh saçılmasından dolayı olan geçirgenlik, m_r relatif hava kitlesine göre değişimi

m_r	0,5	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
ζ_{SR}	0,9385	0,8973	0,883	0,8696	0,8572	0,8455	0,8344
m_r	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
ζ_{SR}	0,7872	0,7673	0,7493	0,7328	0,7177	0,7037	0,6907

α_{H_2O} su buharı yutma oranıdır. Ve şu şekilde ifade edilir.

$$\alpha_{H_2O} = \frac{0,29}{(1+14,15x_2)^{0,635} \cdot (0,5925x_2)} \quad (5.28)$$

burada su buharı tabaka kalınlığı U_{H_2O} ;

$$U_{H_2O} = \exp(2,2572 + 0,05454T_d) \left(\frac{P}{P_0}\right)^{3/4} \left(\frac{T_0}{T}\right)^{1/2}$$

$x_2 = m_r u_{H_2O}$ olarak ifade etmişlerdir. I_a düzeltilmiş güneş sabitidir.

$\zeta_{r(a)}$ = aerosol sönümünden sonra geçirgenlik ise aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$\zeta_{r(a)} = k^{mr}$$

bu ifadedeki k aerosol tesir katsayısı, Kanada şehirlerinde 0,91 ile 0,97 arasında alınmıştır.

J.Davies ve D.C.Mckay, yayılı ışınım için şu ifadeyi kullanmışlardır;

$$I_y = I_a \cos \theta \left(\frac{\zeta_{o_3}}{2} (1 - \zeta_{SR}) - (\zeta_{o_3} \zeta_{SR} - \alpha_{H_2O}) (1 - \zeta_{Ra}) w_0 f_a \right) \quad (5.29)$$

ζ_{Ra} toz saçılma katsayısı, w_0 , aerosol için tek saçılma albedosu spektral ortalamasıdır. Kanada için 43-45 derece kuzey enlemlerde 0,7 değeri alınmıştır.

f_a değeri ise zenit açısına göre Tablo (5.2)'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Aerosol tarafından öne doğru saçılmanın toplam saçılmaya oranı f_a ile zenit açısının değişimi

θ_z	0	25,8	36,9	45,6	53,1	60	66,4	72,5	78,5
f_a	0,92	0,91	0,89	0,86	0,83	.78	.71	.67	0.60

5.5. Wenxian,L.(1988) Hesaplama Yöntemi

Wenxian,L.(1988) çalışmasını Çin'in $e=21.87-25,11^0$ kuzey (K) enlemi ve $B_y = 98.5-103.95^0$ doğu (E) boylamları arasında kalan bölgesi için yapmıştır. Çalışmasında güneş ışınımı hesaplamalarını yağışlı ve kuru mevsim olarak iki ayrı bölümde yapmıştır. Hesaplamalarında mevsimsel aylık ortalama zenit yönündeki yoğunlaştırulabilir su buharı miktarını (w_{ort}), mevsimsel aylık ortalama bulut miktarını (ξ_{ort}), deniz seviyesinde olan yüksekliği (Z) ve mevsimsel ortalama bağıl nemi (BN_{ort}) kullanmıştır.

Atmosfer dışındaki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımını Q_0 ;

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} \cdot I_{gs} \cdot \left[1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360}{365} \cdot n\right) \right] \cdot \left(\cos d \cdot \cos e \cdot \sin H + \frac{H \cdot \pi}{180} \cdot \sin d \cdot \sin e \right) \quad (5.30)$$

bağıntısı ile vermiştir.

Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımını (Q); yağışsız mevsim için enlemi, ortalama bağıl nemi, güneşlenme süresi ve gün uzunluğunu kullanarak;

$$\frac{Q}{Q_0} = (-1,07 + 0,03 \cdot BN_{ort}) + \left(3,22 - \frac{56,51}{e} - \frac{3,57}{BN_{ort}} \right) \cdot \frac{t_r}{t_g} \quad (5.31)$$

Yağışlı mevsim için deniz seviyesinden olan yüksekliği, ortalama bağıl nemi, güneşlenme süresi ve gün uzunluğunu kullanarak;

$$\frac{Q}{Q_0} = \left(0,37 + \frac{17,06}{Z} - 0,01 \cdot BN_{ort} \right) + \left(0,34 - \frac{52,24}{Z} + 0,01 \cdot BN_{ort} \right) \cdot \frac{t_r}{t_g} \quad (5.32)$$

bağıntıları ile hesaplamıştır.

Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük direkt güneş ışınımını (Q_d); yağışsız mevsim için deniz seviyesinden olan yüksekliği, ortalama yoğuşturulabilir su buharı miktarını, güneşlenme süresi ve gün uzunluğunu kullanarak;

$$\frac{Q_d}{Q_0} = \left(-1,05 + \frac{77,3}{Z} + \frac{8,34}{w_{ort}} \right) + \left(1,76 - \frac{87,62}{Z} - \frac{11,83}{w_{ort}} \right) \cdot \frac{t_r}{t_g} \quad (5.33)$$

yağışlı mevsim için deniz seviyesinden olan yüksekliği, ortalama bulut miktarını, güneşlenme süresi ve gün uzunluğunu kullanarak;

$$\frac{Q_d}{Q_0} = \left(0,34 - \frac{24,5}{Z} - \frac{6,14}{\xi_{ort}} \right) + \left(-3,54 + \frac{77,02}{Z} + \frac{36,70}{\xi_{ort}} \right) \cdot \frac{t_r}{t_g} \quad (5.34)$$

bağıntıları ile vermiştir.

5.6. Barbaro,S.(1980,1979) Hesaplama Yöntemi

Barbaro,S.(1979) çalışmasını İtalya'nın Gela, Messina, Trapani, Pantelleria, Ustica, ($e = 37.083^\circ, 38.30^\circ, 37.916^\circ, 36.816^\circ, 38.70^\circ N$) bölgeleri için yapmıştır (Ballı,2002).

Çalışmasında bulutsuz gökyüzünde, yeryüzündeki güneş ışınlarına dik birim alana gelen anlık direk güneş ışınımı (I_{do}), atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana gelen güneş ışınımına (I_{od}), mutlak optik hava kütesine (m), havadaki toz partikülü sayısına (d_t) ve zenit yönündeki yoğunlaştırılabilir su buharı miktarına (w) bağlı olarak;

$$I_{do} = I_{od} \cdot \exp\{-0,13491 - 0,00428 \cdot w - 0,0000368 \cdot (d_t - 400)\} \cdot \exp\{- (0,13708 + 0,00261 \cdot w + 0,0001131 \cdot (d_t - 400)) \cdot m\} \quad (5.35)$$

Bulutsuz gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük direkt güneş ışınımını (Q_d);

$$Q_d = \int_{t_{gd}}^{t_{gb}} I_{do} \cdot \cos z \cdot dt \quad (5.36)$$

$$Q_d = \frac{24}{\pi} \cdot I_{do} \cdot \left\{ \cos d \cdot \cos e \cdot \sin H + \frac{\pi \cdot H}{180} \cdot \sin d \cdot \sin e \right\} \quad (5.37)$$

ile vermiştir.

Bulutlu gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük direkt güneş ışınımını (Q_{bd}), izafi güneşlenme katsayısına (K) bağlı olarak;

$$Q_{bd} = K \cdot Q_d$$

bağıntısından hesaplamıştır. Atmosferde yalnızca su buharı yutmasının olduğu zaman, yeryüzünde güneş ışınlarına dik birim alana gelen anlık direkt güneş ışınımını (I_{do-s});

$$I_{do-s} = I_{od} \cdot \{0,938 \cdot \exp(-0,0154 \cdot m \cdot w)\} + 0,004 \cdot (m \cdot w)^{2,1} - 1,1086 \cdot 10^{-5} \cdot (m \cdot w)^3 + \left\{ 121,948 \cdot \left(\frac{1 + m \cdot w}{1 + 10 \cdot (m \cdot w)^2} \right) \right\} \quad (5.38)$$

ile hesaplamıştır.

Bulutsuz gökyüzünde yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayılı güneş ışınımını Q_y , güneş ışınlarına dik birim alana gelen anlık yayılı güneş ışınımına (I_{yo}), ve zenit açısı ampirik düzeltme kat sayısına (K_z) bağlı olarak;

$$I_{yo} = (I_{do-s} - I_{do}) \quad (5.39)$$

$$K_z = 0.5 \cdot \cos^{1/3} z \quad (5.40)$$

$$Q_y = \int_{t_{gd}}^{t_{gb}} K_z \cdot I_{yo} \cdot \cos z \cdot dt \quad (5.41)$$

bağıntıları ile vermiştir.

Bulutlu gökyüzünde yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayılı güneş ışınımını (Q_{by}), toplam atmosfer geçirme oranını (τ_T) ve bağıl güneşlenme katsayısına ($K = \frac{t_r}{t_g}$) bağlı olarak;

$$Q_{by} = Q_y \cdot K + \tau_T \cdot (1 - K) \cdot (Q_d + Q_y) \quad (5.42)$$

ile ifade etmiştir. τ_T ; atmosferin güneş ışınımı geçirme oranıdır ve enlemlere göre değişimi Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tablo 5.3: Enlemlere Göre Atmosferin Geçirme Oranları (Barbaro,1979)

e	75	70	65	60	55	50	45	40
τ_T	0.55	0.50	0.45	0.40	0.38	0.36	0.34	0.33
e	35	30	25	20	15	10	5	0
τ_T	0.32	0.32	0.32	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35

Açık gökyüzünde yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımını (Q);

$$Q = Q_d + Q_y \quad (5.43)$$

Bulutlu gökyüzünde yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımını (Q_b);

$$Q_b = \frac{Q_{bd} + Q_{by}}{\left[1 - \rho \cdot \left(0,2 + 0,5 \cdot \left[1 - \frac{t_r}{t_g} \right] \right) \right]} \quad (5.44)$$

bağıntıları ile verilmiştir. ρ ; yer yansıtma oranıdır.

5.7. Regresyon Eğrisi Yöntemi İle Güneş Işınımının Hesaplanması

En yaygın olarak kullanılan tüm güneş ışınımı bağıntıları güneşlenme süresinin fonksiyonu olarak verilen bağıntılardır. Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına

gelen günlük tüm güneş ışınımı (Q) ; atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımına (Q_0), güneşlenme süresine (t_r), gün uzunluğuna (t_g) bağlı olarak;

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \cdot \frac{t_r}{t_g} \quad (5.45)$$

Angström bağıntısından bulunmaktadır. Denklemdaki a , b sabitleri bölgenin bitki örtüsüne, iklim durumu ve topoğrafik yapıya bağlı değerlerdir. (Ballı,Ö.2002)

Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımının (Q), atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Q_0) oranı;

$$\frac{Q}{Q_0} = K_T \quad (5.46)$$

eşitliği ile verilmektedir ve K_T 'ye gökyüzü berraklık (açıklık) indeksi adı verilmektedir.

Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayılı güneş ışınımını (Q_y), yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı (Q) oranı ;

$$\frac{Q_y}{Q} = K_D \quad (5.47)$$

eşitliği ile verilmektedir ve K_D ; yayılı güneş ışınımı oranıdır. Yayılı güneş ışınımı oranının berraklık indeksi ile değişimini gösteren eğriye *regresyon eğrisi* denilmektedir. Regresyon eğrisi yöntemi ile yapılan çalışmalar;

a. Soler,A.(1988) Yöntemi :

Soler, A. (1988), Madrid-İspanya için yaptığı çalışmasında berraklık indeksini;

$$\frac{Q}{Q_0} = K_T \quad (5.48)$$

vermiştir.

Berraklık indeksine bağlı olarak;

(1) Bulutlarla tamamen kapalı gökyüzü için;

$$0,15 \leq K_T \leq 0,19 \quad (5.49)$$

(2) Bulutlu gökyüzü için;

$$0,2 \leq K_T \leq 0,46 \quad (5.50)$$

(3) Parçalı bulutlu gökyüzü için;

$$0,41 \leq K_T \leq 0,70 \quad (5.51)$$

(4) Açık (berrak) gökyüzü için;

$$0,48 \leq K_T \leq 0,84 \quad (5.52)$$

ifadelerini vermiştir.

b. Sfeir, A.A. (1981) Yöntemi :

Sfeir ,A.A.(1981), Lübnan ($e = 33^{\circ}32' - 34^{\circ}6'Kuzey$) için yaptığı çalışmasında berraklık indeksini;

$$\frac{Q}{Q_0} K_T = a + b \cdot \frac{t_r}{t_g} \quad (5.53)$$

bağıntısı ile vermiştir. $M : 1,2,\dots,12$ ay sayıları olmak üzere;

$$a = 0,230 + 0,055 \cdot \text{Sin}[30 \cdot (M - 3)] \quad (5.54)$$

$$b = 0,738 - a \quad (5.55)$$

eşitlikleri ile katsayıları hesaplamıştır.

c. Barbaro, S.(1981) Yöntemi :

Barbaro, S.(1981), Palermo ($e = 38^\circ 07' \text{Kuzey}$), Macerata ($e = 43^\circ 18' \text{Kuzey}$),
Genova ($e = 44^\circ 25' \text{Kuzey}$)-İtalya için yaptığı çalışmasında yayılı güneş ışıını oranını;

(1) Palermo için;

$$K_D = 1,0896 - 1,4797 \cdot K_T + 0,1471 \cdot K_T^2 \quad (5.56)$$

(2) Macerata için;

$$K_D = 2,6845 - 6,6848 \cdot K_T + 4,6701 \cdot K_T^2 \quad (5.57)$$

(3) Genova için;

$$K_D = 0,6153 - 0,2738 \cdot K_T - 0,5561 \cdot K_T^2 \quad (5.58)$$

hesaplamıştır.

Bağıl güneşlenme katsayısına (K) bağlı olarak yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayılı güneş ışıını;

(4) Palermo için;

$$\frac{Q_y}{Q_0} = K_y = 0,2205 + 0,0126.K - 0,1292.K^2 \quad (5.59)$$

(5) Macerata için;

$$\frac{Q_y}{Q_0} = K_y = 0,3627 - 0,4259.K + 0,2678.K^2 \quad (5.60)$$

(6) Genova için;

$$\frac{Q_y}{Q_0} = K_y = 0,1717 - 0,0461.K - 0,0725.K^2 \quad (5.61)$$

bağıntılarından hesaplamıştır.

6. YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK GÜNEŞ IŞINIMINI HESAPLAMA MODELİ VE ANTALYA İLİ İÇİN UYGULAMALARI

Önceki bölümlerde verilen ifadelerden yararlanılarak yatay düzleme gelen günlük güneş ışınımını hesaplamak için gerekli adımlar özet olarak aşağıda verilmiştir.

Öncelikli olarak atmosfer dışındaki yatay düzleme gelen günlük güneş ışınımı şiddetini hesaplamamız gerekmektedir.

Atmosfer dışındaki yatay düzleme gelen anlık güneş ışınımının gün doğuşu ve gün batışı arasında integrali alınarak; atmosfer dışında yatay düzleme gelen günlük güneş ışınımı (Q_0) hesaplanır.

Denklem (3.1)'de Iqbal,M.(1983) atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana gelen anlık güneş ışınımı (I_{od}), güneş sabitine ve güneş sabiti düzeltme faktörüne bağlı olarak;

$$I_{od} = I_{gs} \cdot f$$

bağıntısı ile vermiştir.

Ve yine Denklem (3.2)'de Iqbal,M.(1983) çalışmasında atmosfer dışında *yatay düzlemin birim alanına* gelen anlık güneş ışınımını zenit açısının kosinüs'üne bağlı olarak;

$$I_o = I_{gs} \cdot f \cdot \cos z$$

bağıntısı ile vermiştir.

Atmosfer dışına gelen güneş ışınımı şiddeti yılın günlerine göre değişmektedir. Güneş radyasyonunun atmosfer dışındaki şiddetine güneş sabiti denir ve I_{gs} ile gösterilir. Bu çalışmada güneş sabiti değeri $I_{gs} = 1367 \frac{W}{m^2}$ olarak alınmıştır.

Dünya - güneş mesafesi yılın günlerine bağlı olarak değiştiğinden dolayı atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana gelen anlık güneş ışınımı (güneş sabiti) miktarı da değişmektedir. Bu değişim bir güneş sabiti düzeltme faktörü ile tanımlanır ve f ile gösterilir. Denklem (3.3)'den güneş sabitini düzeltme faktörü (f) ;

$$f=1+0.034.\cos\left\{\frac{360}{365,25} \cdot (n)\right\}$$

ile hesaplanır.

Zenit açısı, yatay düzlemin normali ile güneş-dünya doğrultusundaki güneş ışınlarının yaptığı açıdır. Deklinasyon açısı d , saat açısı h , enlem e ve zenit açısı z olmak üzere zenit açısının cosinüs'ü denklem (2.9)'dan ;

$$\cos z = \cos d \cdot \cos e \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin e$$

şeklinde hesaplanır.

Dünya - güneş doğrultusunun yerin ekvator düzlemi ile yaptığı açığa *deklınasyon açısı* denilmektedir ve ekvator düzleminin kuzey tarafı pozitif alınmaktadır. Yılın günleri $n=1,2,3,\dots,365$ olmak üzere denklem (2.3)'de;

$$d = 23.45 \cdot \sin\left[\frac{360}{365}(n + 284)\right]$$

olarak verilmiştir. Cooper(1969)

Saat açısı, hesaplama yapılacak yerin boylamı ile güneşin bulunduğu boylam arasındaki açıdır. Saat açısı güneş öğlesine göre hesaplanır. Güneş öğlesinden önce saat açısı pozitif, güneş öğlesinden sonra negatiftir. İki boylam arası 1 saat veya 15° olduğundan saat açısı denklem (2.8)'de ;

$$h = 15 \cdot (12 - GS)$$

bağıntısı ile verilmiştir. Burada “GS” güneş saati olup; yılın günlerine ($n = 1,2,3,\dots,365$) bağlı değişken (φ) denklem (2.4)'den,

$$\varphi = \frac{360}{365.242}(n-1)$$

olmak üzere, dünyanın dönme hızındaki ve yörüngesindeki düzensizlikten ileri gelen ve gündün güne değişen zaman düzelmesi (ZD) denklem (2.5)'deki ;

$$ZD(\text{saat}) = 0,0043 \cdot \cos \varphi - 0,1236 \cdot \sin \varphi - 0,0608 \cdot \cos 2 \varphi - 0,1538 \cdot \sin 2 \varphi$$

bağıntısı ile ifade edilir.

Hesaplama yapılacak ülkenin standart ülke boylamı B_s , hesaplama yapılacak yerin boylamı B_y (Doğu-Batı yönü pozitif) ve memleket saati MS olmak üzere güneş saati denklem (2.6)'daki;

$$GS(\text{saat}) = MS - \frac{(B_s - B_y)}{15} + ZD$$

İfadesi ile hesaplanır. Türkiye için standart ülke boylamı $B_s = 30^\circ$ 'dir.

Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük ışıınımı Q_0 ; yatay düzlemin birim alanına gelen anlık güneş ışıınımının (Denklem (3.6)), gün doğumu (t_{gd}) ile gün batımı (t_{gb}) arasında integrali alınarak bulunur.

Zamanı saat açısı cinsinden yazmak için denklem (3.9)'da verilen;

$$\frac{dt}{24} = \frac{dh}{2\pi} \Rightarrow dt = \frac{12}{\pi} \cdot dh$$

dönüşümü yapılır ve $\cos z$ değeri denklem (2.9)'dan denklem (3.8)'de yazılır ,

$$Q_0 = I_{od} \cdot 3600 \cdot 10^{-6} \cdot \int_{t_{gd}}^{t_{gb}} \cos z \cdot dt \cdot \frac{MJ}{m^2 - \text{gün}}$$

ve gün boyunca integral alınır ise denklem (3.10)'da verildiği gibi;

$$Q_0 = \frac{12}{\pi} I_{od}(\lambda) \cdot 3600 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot \int_0^H \{ \cos d \cdot \cos e \cdot \cosh + \sin d \cdot \sin e \} dh$$

veya denklem (3.11)'de verilen;

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} I_{od} 3600 \cdot 10^{-6} \cdot \left\{ \cos d \cdot \cos e \cdot \sin H + \frac{\pi \cdot H}{180} \sin d \cdot \sin e \right\} \cdot \frac{MJ}{m^2 - gün}$$

bağıntıları ile bulunur. (Kılıç, A., 1983)

I_{od} eşitliği formülde yerine koyulursa,

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} I_{gs} \cdot \left[1 + 0,034 \cdot \cos \left(\frac{360 \cdot n}{365,25} \right) \right] \cdot \left[\frac{\cos e \cdot \cos d \cdot \sin H + \frac{H \cdot \pi}{180} \cdot \sin d \cdot \sin e}{3600 \cdot 10^{-6}} \right] \quad (6.1)$$

bağıntısı ile atmosfer dışında yatay düzleme gelen günlük güneş ışınımı (Q_0) bulunur. Bulunan değer birimi $\frac{MJ}{m^2 - gün}$ 'dür.

(6.1)'de geçen "H" derece cinsinden gün uzunluğunu ifade etmektedir.

$$H = \arccos \left[\frac{-\sin d \cdot \sin e}{\cos d \cdot \cos e} \right] = \arccos(-\tan d \cdot \tan e) \quad (6.2)$$

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı ; güneş sabiti, dünya-güneş mesafesi, deklinasyon açısı, saat açısı, enlem, boylam ve deniz seviyesinden olan yükseklik gibi coğrafik faktörlere, atmosferdeki madde ve gazların miktarına, saçma, yutma özelliklerine ve gökyüzü bulutluluk durumu, yer yansıtması gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. (Kılıç, 1983)

Atmosfer dışına gelen güneş ışınımının bir bölümü, atmosferi geçerken atmosferde bulunan hava molekülleri tarafından Rayleigh, toz ve aerosol saçılmasına, zenit açısı yönündeki su buharı, ozon, gaz yutulmasına maruz kalarak yeryüzüne ulaşmamaktadır.

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı; atmosferin güneş ışınımı geçirme oranına bağlı olarak değişmektedir. Atmosferin toplam güneş ışınımını geçirme oranını $\tau_T(\lambda)$; Rayleigh, toz partikülü, aerosol, su buharı saçma katsayısına $[K_r(\lambda), K_d(\lambda), K_a(\lambda), K_w(\lambda)]$, su buharı, ozon, uniform karışimli gazların yutma katsayısına $[K_{wa}(\lambda), K_o(\lambda), K_g(\lambda)]$, izafi ve mutlak optik kütlelerine ve miktarına bağlı olarak;

$$\tau_T(\lambda) = \exp \left\{ - \left[\begin{array}{l} K_r(\lambda).m + K_d(\lambda).m \left(\frac{d_t}{400} \right) + \frac{1.41.K_g(\lambda).m}{(1+118.3.K_g.m)^{0.45}} + \\ \frac{0.2385.K_{wa}.w.m_i}{(1+20,07.K_{wa}.w.m_i)^{0.45}} + (K_o(\lambda).m_o.L_{oz} + \\ K_a(\lambda).m_i + K_w(\lambda).m_w.w \end{array} \right] \right\} \quad (6.3)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Güneş ışınımının geldiği dalga boyunun bilinmemesi ve deklinasyon açısı, saat açısı, enleme bağlı olarak zenit açısının değişmesinden dolayı denklem (6.3)'ün hesaplanması zordur.

Atmosferin geçirme oranı, yer yansıtması vb. faktörlerin etkilerinin teorik olarak hesaplanması zor olduğundan dolayı yeryüzündeki yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımı (Q), atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımına ve bağlı güneşlenme süresine ($K = \frac{t_r}{t_g}$) bağlı olarak;

$$\frac{Q}{Q_o} = a + b \cdot \frac{t}{t_g} = K_T \quad (6.4)$$

Angström bağıntısı ile hesaplanır.

Bu bağıntıdaki a ve b sabitleri; hesaplama yapılan bölgenin yeryüzü örtüsüne, iklim durumuna ve coğrafik faktörlerine bağlı olarak uzun yıllar ölçülen tüm güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verilerinden istatistiki metotlar ile tayin edilmektedir. Atmosfer dışındaki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımının,

yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen tüm güneş ışınımına oranına $\left(\frac{Q}{Q_0}\right)$

berraklık indeksi denir ve K_r ile gösterilir.

Kılıç,A.(1984,1983), Türkiye için yapmış olduğu çalışmasında a ve b sabitlerini deniz seviyesinden olan yüksekliğe (Z), deklinasyon açısına (d) ve enleme bağlı olarak;

$$a = 0,103 + 0,000017.Z + 0,198.\cos(e - d) \quad (6.5)$$

$$b = 0,533 - 0,165.\cos(e - d) \quad (6.6)$$

bağıntıları ile vermiştir.

Devlet meteoroloji genel müdürlüğünün (DMGM) Antalya ili için yaptığı 7 yıllık tüm güneş ışınımı ölçüm verileri ile Kılıç,A.(1983)'nin yaptığı tüm güneş ışınımı hesaplama yönteminden elde edilen değerler arasında; bazı aylar için %9-36 civarında yüzde sapmaların olduğu tespit edilmiştir. Denklem (6.4)'den hesaplanan a katsayıları; yılın günlerine bağlı bir düzeltme katsayısı ile çarpılarak meteoroloji ölçüm verilerine en yakın tüm güneş ışınımı değerleri elde edilmiştir.

Ölçülen tüm güneş ışınımı değerlerini veren a katsayısı bağıntısı hesaplama yapılan yerin enlemine (e), deniz seviyesinden olan yüksekliğine (Z) ve yılın günlerine bağlı olarak yeniden düzenlenmiştir ve

$$a = -0,000004 * (e * n / Z)^2 + 0,0011 * (e * n / Z) + 0,2968 \quad (6.7)$$

eşitliği elde edilmiştir.

Kılıç,A.(1983) kitabında; Türkiye için a katsayısının $a = 0,19 - 0,47$ ve b katsayısının $b = 0,14 - 0,42$ aralığında olduğunu ifade etmiştir. Antalya'da her ayın ortalama günü için Denklem (6.5) ve Denklem (6.7)'den hesaplanan a katsayıları, Denklem (6.6)'dan hesaplanan b katsayıları ve aynı b katsayıları için DMGM'nce Antalya'da 1990-1996 yılları arasında ölçülen tüm güneş ışınımı ölçüm değerlerini veren a katsayıları Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1. Antalya İçin a ve b Katsayıları

ANTALYA $e=36,53$ $Z=42$ m $By:30,42$		Ölçülen değerleri veren a katsayısı	Denk.(6.5)	Denk(6.7) (Model)	Denk(6.6)
Ay	No	a	a	a	b
Ocak 17	17	0,32418	0,211068175	0,31219005	0,443538
Şubat 16	47	0,327575	0,233079224	0,335082382	0,425196
Mart 16	75	0,325283	0,258308911	0,351534427	0,404171
Nisan 15	105	0,377867	0,280391258	0,363896478	0,385769
Mayıs 15	135	0,382883	0,292593465	0,37081183	0,3756
Haziran 11	162	0,380946	0,296510923	0,372378721	0,372336
Temmuz 17	198	0,381118	0,29490788	0,36760507	0,373672
Ağustos 16	228	0,367364	0,286249545	0,35763566	0,380887
Eylül 15	258	0,363296	0,267799423	0,342219553	0,396262
Ekim 15	288	0,341362	0,241630259	0,321356748	0,41807
Kasım 15	318	0,280951	0,216823222	0,295047246	0,438742
Aralık 11	344	0,322612	0,204802604	0,267839904	0,448759
Yıllık Ortalama		0,347953	0,257013741	0,338133173	0,31219005

Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımının (Q_0); açık gökyüzünde atmosferi geçerek yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına direk gelen kısmına *günlük direkt güneş ışınımı* (Q_d) denir.

Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımını (Q_0); atmosferi geçerken, bir kısmı atmosferde madde ve moleküllere (toz partikülü, su buharı, aerosoller v.b.) çarparak yön değiştirirler. Atmosferde bulunan madde ve moleküllere çarpan güneş ışınımının bir bölümü atmosfer dışına doğru (geriye) giderken, kalan kısmı yeryüzüne doğru gelmektedir. Yeryüzüne gelen kısmına *yayıllı güneş ışınımı* denir.

Yeryüzündeki yatay düzleme gelen günlük yayıllı güneş ışınımının (Q_y) yeryüzündeki yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımına oranı (Q);

$$\frac{Q_y}{Q} = K_D \quad (6.8)$$

bağıntısı ile hesaplanır. K_D 'ye yayılı güneş ışınımı oranı denir. K_D katsayısı;

$$K_D = 1,39 - 4,027.K_T + 5,531.K_T^2 - 3,108.K_T^3 \quad (6.9)$$

ile verilen Klein (1976) bağıntısından veya;

$$K_D = 1 - 1,13.K_T \quad (6.10)$$

ile verilen Page (1963) bağıntısından hesaplanır (Taner,1988).

Yeryüzündeki yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımı (Q); günlük direkt güneş ışınımı (Q_d) ile günlük yayılı güneş ışınımının (Q_y) toplamına eşittir. Buna göre yeryüzündeki yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı (Q_d);

$$Q_d = Q - Q_y \quad (6.11)$$

eşitliğinden hesaplanır. Bu çalışmada Angström bağıntısını kullanarak tayin edilen yönteme GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ (MODEL-1) yöntemi denilmiştir.

Meteoroloji hava tahmini ölçümlerine ve güneş ışınımı hesapları yapılan bölgenin berraklık indeksi (K_T) değerlerine veya bağıl güneşlenme oranı (K) değerlerine göre gökyüzünün durumu tayin edilebilmektedir.

6.1.Güneş Işınımı Hesaplama Yönteminin Windows-Excel'de Programlanması

Yatay düzleme gelen günlük tüm yayılı ve direkt güneş ışınımını hesaplayan Angström bağıntısının kullanıldığı GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ (MODEL-1) yöntemi Windows-Excel'de programlanmıştır.

Günlük tüm güneş ışınımı değerlerinin hesaplanması için gerekli verilerin girildiği bölüm birinci adımı oluşturmakta ve girilen verilere göre hesaplama yapılan bölüm ise ikinci adımı oluşturmaktadır. Buna göre ;

Birinci adımda;

- Yılın günü (n),
- Deniz seviyesinden olan yükseklik (Z),
- Enlem (e),
- Gerçekleşen güneşlenme süresi (t_r),
- Ve seçilen güneş sabiti (I_{gs}) bilgileri girilmiştir.

İkinci adımda ise bu değerler kullanılarak ;

- Deklinasyon açısı (d),
- Yatay düzlem için gün uzunluğu (H, t_g),
- Bağlı güneşlenme katsayısı $\left(K = \frac{t_r}{t_g} \right)$,
- Sabit sayılar (a, b),
- Berraklık indeksi (K_T),
- Yayılı güneş ışıınımı oranı (K_D),
- Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışıınımı (Q_0),
- Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışıınımı (Q),
- Günlük yayılı güneş ışıınımı (Q_y) ve
- Günlük direkt güneş ışıınımı (Q_d) değerleri hesaplanmıştır.

İkinci adımda geçen hesaplamalar için aşağıdaki formüller kullanılmıştır:

- a. Deklinasyon açısı (d) için Denklem (2.3),
- b. Derece olarak gün uzunluğu (H) için Denklem (6.2),
- c. Saat olarak gün uzunluğu (t_g) için Denklem (2.19),
- d. Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışıınımı (Q_0) için Denklem (6.1),

- e. a katsayısı için Denklem (6.7), b katsayısı için Denklem (6.6),
- f. Berraklık indeksi K_T ve yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı için Denklem (6.4),
- g. Yayılı güneş ışınım oranı K_D için Denklem (6.8)ve (6.10),
- h. Yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayılı güneş ışınımı için Denklem (6.8)
- i. Yatay düzlemin birim alanına gelen günlük direkt güneş ışınımı için Denklem (6.11) kullanılmıştır.

6.2.Antalya'da MODEL-1 Yöntemi ile Tüm Güneş Işınımı Hesaplamaları

Antalya ili için ölçüm verileri ölçüm istasyonundan alınmıştır. Bu istasyonun konumu; enlem $e= 36,53^0$ N(kuzey) , boylamı $B_y=30,42^0$ E, deniz seviyesinden yüksekliği $Z= 42$ metre olarak verilmiştir.

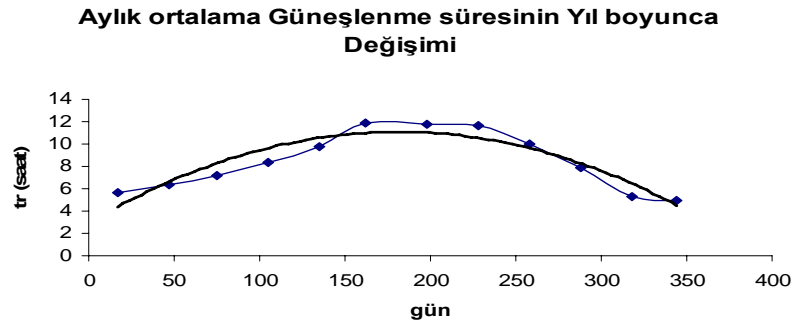
Hesaplamalar için gerekli olan aylık ortalama güneşlenme süreleri,güneş ışınımı değerleri, sıcaklık, bulutluluk miktarı gibi gökyüzü durumunun tayini için gerekli olan verileri DMİ'nin 1990-1996 yılları arasında ölçtüğü aylık ortalama güneşlenme süreleri ile 1930-1970 yılları arasında Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji Bülteni verilerinden yararlanılarak bulunmuştur. EKLER bölümünde DMİ tarafından ölçülen (Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan) 1990-1996 verileri tablo 6.2'de , 1930-1970 yılları arasında ölçülen ortalama sıcaklık verileri aylık bazda Tablo 6.3'de verilmiştir. Ortalaması alınmış aylık ortalama güneşlenme süresi değerleri Tablo 6.4'de ve yıl boyunca değişimi Şekil 6.1'de verilmiştir. Yapılan hesaplamalarda bu ortalama değerler kullanılmıştır.

Ölçülen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımı verileri EKLER bölümünde Tablo 6.5'de verilmiştir. Ortalaması alınmış aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımı değerleri Tablo 6.6'te ve yıl boyunca değişimi Şekil 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.4 . Aylık Ortalama Güneşlenme Süreleri (Antalya,e= 36,53)

Aylar	No	tr
Ocak	17	5,7
Şubat	47	6,4
Mart	75	7,2
Nisan	105	8,4
Mayıs	135	9,8
Haziran	162	11,9
Temmuz	198	11,8
Ağustos	228	11,6
Eylül	258	10
ekim	288	7,9
kasım	318	5,3
aralık	344	4,9

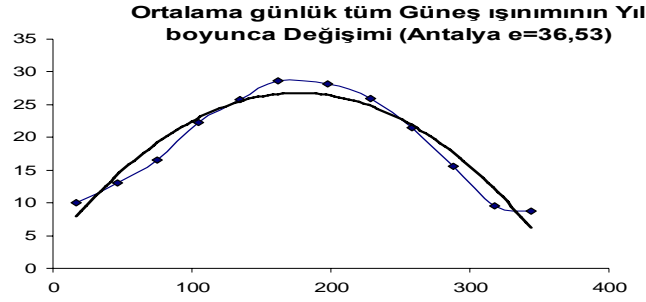
Devlet meteoroloji işleri genel müdürlüğü ölçümleri



Şekil (6.1). Aylık ortalama güneşlenme süresinin yıl boyunca değişimi
(Antalya,e=36,53)

Tablo 6.6 Ölçülen Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınımı Değerleri

aylar	No	Q
ocak	17	10,1
şubat	47	13,1
mart	75	16,6
nisan	105	22,3
mayıs	135	25,8
haziran	162	28,6
temmuz	198	28,1
ağustos	228	25,9
eylül	258	21,5
ekim	288	15,6
kasım	318	9,5
aralık	344	8,8



Şekil 6.2. Ortalama günlük güneş ışınımının yıl boyunca değişimi (Antalya,e=36,53)

Antalya’da yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayılı, direkt ve tüm güneş ışınımı hesaplamak için tayin ettiğimiz güneş ışınımı hesaplama modeli uygulanarak bulunan sonuçlar aylık bazda tablo 6.7’den 6.18’e kadar sunulmuştur. Bulunan değerler SPSS paket programı kullanılarak “t” dağılımı yöntemi uygulanmış ,istatistiksel olarak gerçek değerlerle karşılaştırılmış ve hesaplanan değerlerin ve oluşturulan formülün kabul edilebilir olduğu sonucu alınmıştır. Ayrıca Excel’de gerçek değerler ile hesaplanan değerler arasındaki doğruluğu veren korelasyon katsayısı hesaplanmış ve sonuç 0,998 bulunmuştur. Bilindiği gibi korelasyon katsayısı “1” e ne kadar yaklaşırsa sonuçlar o kadar doğruluk göstermektedir.

Yayıllı güneş ışınımı hesaplamaları Klein (1976) ve Page (1963)’ün yayılı güneş ışınımı oranı bağıntılarından ayrı ayrı hesaplanmıştır. Berraklık indeksi ve bağıllı güneşlenme katsayısına göre gökyüzünün durumu tayin edilmiştir. Oluşturulan modele göre hesaplanan berraklık indeksi katsayıları 0,55 ile 0,69 arasında değişmektedir. Meteoroloji hava tahminlerine göre yapılan değerlendirmede ;

- a. $K_T < 0,60$ için için gökyüzü parçalı bulutlu,
- b. $0,60 \leq K_T$ için gökyüzü açık (berrak) sonucuna varılmıştır.

Tablo 6.7 Ocak Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	Klein(1976)	Page (1963)
n?	17	17
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
Tr	5,7	5,7
Q	10,1	10,1
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	-20,917	-20,917
Gün uzunluğu H?	73,55323	73,55323
Gün uzunluğu tg?	9,807097	9,807097
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,581212	0,581212
a katsayısı ?	0,31219	0,31219
b katsayısı	0,443538	0,443538
Kt katsayısı	0,58197	0,58197
Kd katsayısı	0,307088	0,307088
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1411,504681	1411,504681
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	17,35486	17,35486
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	9,891915	9,891915
Yatay düzleme gelen günlük yayıllı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	3,03769	3,386737
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	6,854225	6,505178
ölçme değerinden olan % sapma	-2,06	-2,06

Değerlendirme :

Hesaplama Ocak ayının ortalama günü (no=17) ve ortalama güneşlenme süresi $t_r=5,7$ saat için yapılmıştır. Bağıllı güneşlenme oranı $K=0,581$ ve $K_t=0,582$ olduğundan gökyüzü parçalı bulutludur. Bulutlu gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı $Q=9,89 \text{ mj/m}^2$ -gün; günlük yayıllı güneş ışınımı $Q_y=3,03 \text{ mj/m}^2$ -gün (Klein,1976) , $Q_y=3,386 \text{ mj/m}^2$ -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı $Q_d=6,85 \text{ mj/m}^2$ (Klein,1976) , $Q_d=6,505 \text{ mj/m}^2$ -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki %sapma; % -2,06 dır.

Tablo 6.8 Şubat Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	Klein(1976)	Page (1963)
N?	47	47
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
Tr	6,40	6,40
Q	13,10	13,10
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklasyon açısı d?	-12,954608	-12,95460
Gün uzunluğu H?	80,1887731	80,188773
Gün uzunluğu tg?	10,6918364	10,691836
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,59858753	0,5985875
a katsayısı ?	0,33508238	0,3350823
b katsayısı	0,42519565	0,4251956
Kt katsayısı	0,58209213	0,5820921
Kd katsayısı	0,30699667	0,3422359
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1399,0965	1399,0965
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	22,5050286	22,505028
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	13,2689468	13,268946
Yatay düzleme gelen günlük yayılı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	4,07352247	4,5411098
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	9,19542432	8,7278369
ölçme değerinden olan % sapma	1,29	1,29

Değerlendirme :

Hesaplama Şubat ayının ortalama günü (no=47) ve ortalama güneşlenme süresi tr=6,4 saat için yapılmıştır. Bağıl güneşlenme katsayısı K=0,598 ve Kt=0,582 olduğundan gökyüzü parçalı bulutludur. Bulutlu gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı Q=13,26 mj/m^2 -gün; günlük yayılı güneş ışınımı Qy=4,07 mj/m^2 -gün (Klein,1976) ,Qy=4,541 mj/m^2 -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı Qd =9,19 mj/m^2 -gün (Klein,1976) ,Qd=8,727 mj/m^2 -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki %sapma; %1,29 dur.

Tablo 6.9 Mart Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	<i>Klein(1976)</i>	<i>Page(1963)</i>
n?	75	75
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
Tr	7,20	7,20
Q	16,60	16,60
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	-2,4177348	-2,4177348
Gün uzunluğu H?	88,2076544	88,2076544
Gün uzunluğu tg?	11,7610205	11,7610206
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,61219176	0,61219177
a katsayısı ?	0,35153442	0,35153443
b katsayısı	0,40417090	0,40417091
Kt katsayısı	0,57271349	0,57271349
Kd katsayısı	0,31401568	0,35283375
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1379,87190	1379,87191
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	28,9848244	28,9848244
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	17,3608817	17,3608817
Yatay düzleme gelen günlük yayıllı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	5,45158908	6,12550509
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	11,9092926	11,2353767
ölçme değerinden olan % sapma	4,58	4,58

Değerlendirme :

Hesaplama Mart ayının ortalama günü (no=75) ve ortalama güneşlenme süresi tr=7,2 saat için yapılmıştır. Bağıl güneşlenme katsayısı K=0,612 ve Kt=0,572 olduğundan gökyüzü parçalı bulutludur. Bulutlu gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı Q=17,36 mj/m^2 -gün; günlük yayıllı güneş ışınımı Qy=5,451 mj/m^2 -gün (Klein,1976) ,Qy=6,125 mj/m^2 -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı Qd =11,90 mj/m^2 -gün (Klein,1976) ,Qd=11,23 mj/m^2 -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki%sapma; %4,58 dir.

Tablo 6.10 Nisan Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	<i>Klein(1976)</i>	<i>Page(1963)</i>
n?	105	105
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
Tr	8,40	8,40
Q	22,30	22,30
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	9,41489334	9,41489335
Gün uzunluğu H?	97,0555619	97,055562
Gün uzunluğu tg?	12,9407416	12,9407416
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,64911272	0,64911272
a katsayısı ?	0,36389647	0,36389648
b katsayısı	0,38576895	0,38576895
Kt katsayısı	0,60782096	0,60782097
Kd katsayısı	0,28778875	0,31316231
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1356,15721	1356,15722
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	35,4940485	35,4940485
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	21,8041364	21,8041364
Yatay düzleme gelen günlük yayılı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	5,93957678	6,32428962
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	15,8645596	15,4798468
ölçme değerinden olan % sapma	-2,22	-2,22

Değerlendirme :

Hesaplama Nisan ayının ortalama günü (no=105) ve ortalama güneşlenme süresi $t_r=8,40$ saat için yapılmıştır. Bağıl güneşlenme katsayısı $K=0,649$ ve $K_t=0,607$ olduğundan gökyüzü açıktır. Açık gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı $Q=21,80 \text{ mj}/m^2$ -gün; günlük yayılı güneş ışınımı $Q_y=5,93 \text{ mj}/m^2$ -gün (Klein,1976) , $Q_y=6,32 \text{ mj}/m^2$ -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı $Q_d =15,86 \text{ mj}/m^2$ -gün (Klein,1976) , $Q_d=15,47 \text{ mj}/m^2$ -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki %sapma; % -2,22 dir.

Tablo 6.11 Mayıs Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	<i>Klein(1976)</i>	<i>Page(1963)</i>
n?	135	135
e?	36,53	36,53
I _{gs}	1367	1367
Tr	9,80	9,80
Q	25,80	25,80
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	18,7919175	18,7919175
Gün uzunluğu H?	104,599602	104,599603
Gün uzunluğu tg?	13,9466136	13,9466137
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,70267953	0,70267953
a katsayısı ?	0,37081183	0,37081183
b katsayısı	0,37560044	0,37560045
Kt katsayısı	0,62575253	0,62575253
Kd katsayısı	0,27431415	0,29289964
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı I _{od} ?(W/m ²)	1335,26676	1335,26677
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Q _o)?(W/m ²)	39,8881085	39,8881085
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m²)	25,3185212	25,3185212
Yatay düzleme gelen günlük yayıllı güneş ışınımı Q _y ? (W/m ²)	6,53810226	6,81335275
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Q _d ? (W/m ²)	18,7804189	18,5051685
ölçme değerinden olan % sapma	-1,87	-1,87

Değerlendirme :

Hesaplama Mayıs ayının ortalama günü (no=135) ve ortalama güneşlenme süresi tr=9,80 saat için yapılmıştır. Bağlı güneşlenme katsayısı K=0,70 ve Kt=0,63 olduğundan gökyüzü açıktır. Açık gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı Q=25,318 mj/m^2 -gün; günlük yayıllı güneş ışınımı Q_y=6,53 mj/m^2 -gün (Klein,1976) ,Q_y=6,81 mj/m^2 -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı Q_d =18,78 mj/m^2 -gün ,(Klein,1976) ,Q_d=18,505 mj/m^2 -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki% sapma; %-1,87 dir.

Tablo 6.12 Haziran Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	Klein(1976)	Page(1963)
n?	162	162
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
Tr	11,90	11,90
Q	28,60	28,60
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	23,085911	23,085911
Gün uzunluğu H?	108,40613	108,406134
Gün uzunluğu tg?	14,454151	14,4541512
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,8232928	0,82329289
a katsayısı ?	0,3723787	0,37237872
b katsayısı	0,3723358	0,3723359
Kt katsayısı	0,6651060	0,66510609
Kd katsayısı	0,2439077	0,24843011
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1323,4168	1323,41684
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	41,600778	41,6007785
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	28,243609	28,2436097
Yatay düzleme gelen günlük yayıllı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	6,3763236	6,30226604
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	21,867286	21,9413437
ölçme değerinden olan % sapma	-1,25	-1,25

Değerlendirme :

Hesaplama Haziran ayının ortalama günü (no=162) ve ortalama güneşlenme süresi $t_r=11,90$ saat için yapılmıştır. Bağlı güneşlenme katsayısı $K=0,82$ ve $K_t=0,66$ olduğundan gökyüzü açıktır. Açık gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı $Q=28,24 \text{ mj}/m^2$ -gün; günlük yayıllı güneş ışınımı $Q_y=6,37 \text{ mj}/m^2$ -gün (Klein,1976) , $Q_y=6,30 \text{ mj}/m^2$ -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı $Q_d=21,86 \text{ mj}/m^2$ -gün, (Klein,1976) , $Q_d=21,94 \text{ mj}/m^2$ -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki % sapma; %-1,25 dir.

Tablo 6.13 Temmuz Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	<i>Klein(1976)</i>	<i>Page(1963)</i>
n?	198	198
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
Tr	11,80	11,80
Q	28,10	28,10
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	21,1836935	21,1836936
Gün uzunluğu H?	106,683452	106,683453
Gün uzunluğu tg?	14,2244603	14,2244604
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,82955695	0,82955695
a katsayısı ?	0,36760507	0,36760507
b katsayısı	0,37367176	0,37367177
Kt katsayısı	0,66860149	0,66860149
Kd katsayısı	0,24112331	0,24448032
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1322,13819	1322,1382
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	40,6598088	40,6598088
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	27,5505612	27,5505612
Yatay düzleme gelen günlük yayıllı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	6,13703054	6,0351386
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	21,4135306	21,5154226
ölçme değerinden olan % sapma	-1,96	-1,96

Değerlendirme :

Hesaplama Temmuz ayının ortalama günü (no=198) ve ortalama güneşlenme süresi $t_r=11,80$ saat için yapılmıştır. Bağıl güneşlenme katsayısı $K=0,83$ ve $K_t=0,67$ olduğundan gökyüzü açıktır. Açık gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı $Q=27,55 \text{ mj/m}^2$ -gün; günlük yayıllı güneş ışınımı $Q_y=6,13 \text{ mj/m}^2$ -gün (Klein,1976) , $Q_y=6,03 \text{ mj/m}^2$ -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı $Q_d =21,41 \text{ mj/m}^2$, (Klein,1976) , $Q_d=21,51 \text{ mj/m}^2$ -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki % sapma; % -1,96 dır.

Tablo 6.14 Ağustos Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	<i>Klein(1976)</i>	<i>Page(1963)</i>
n?	228	228
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
tr	11,60	11,60
Q	25,90	25,90
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	13,4549596	13,4549597
Gün uzunluğu H?	100,208327	100,208327
Gün uzunluğu tg?	13,3611102	13,3611103
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,86819132	0,86819132
a katsayısı ?	0,35763566	0,35763566
b katsayısı	0,38088704	0,38088705
Kt katsayısı	0,67532179	0,67532179
Kd katsayısı	0,23572097	0,23688637
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1333,97647	1333,97647
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	37,1035404	37,1035404
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	25,5390528	25,5390529
Yatay düzleme gelen günlük yayıllı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	5,53960519	5,39403567
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	19,9994476	20,1450172
ölçme değerinden olan % sapma	-1,39	-1,39

Değerlendirme :

Hesaplama Ağustos ayının ortalama günü (no=228) ve ortalama güneşlenme süresi $tr=11,60$ saat için yapılmıştır. Bağlı güneşlenme katsayısı $K=0,86$ ve $Kt=0,68$ olduğundan gökyüzü açıktır. Açık gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı $Q=25,53 \text{ mj}/m^2$ -gün; günlük yayıllı güneş ışınımı $Qy=5,53 \text{ mj}/m^2$ -gün (Klein,1976) , $Qy=5,39 \text{ mj}/m^2$ -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı $Qd =19,99 \text{ mj}/m^2$, (Klein,1976) , $Qd=20,14 \text{ mj}/m^2$ -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki % sapma; %-1,39 dur.

Tablo 6.15 Eylül Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	<i>Klein(1976)</i>	<i>Page(1963)</i>
n?	258	258
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
tr	10,00	10,00
Q	21,50	21,50
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	2,21688678	2,21688678
Gün uzunluğu H?	91,6432522	91,6432522
Gün uzunluğu tg?	12,2191002	12,2191003
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,81839086	0,81839086
a katsayısı ?	0,34221955	0,34221955
b katsayısı	0,39626214	0,39626215
Kt katsayısı	0,68759313	0,68759313
Kd katsayısı	0,22567377	0,22301976
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1354,41645	1354,41646
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	31,2684915	31,2684916
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	20,8409772	20,8409772
Yatay düzleme gelen günlük yayılı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	4,70326192	4,6479498
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	16,1377153	16,1930274
ölçme değerinden olan % sapma	-3,07	-3,07

Değerlendirme :

Hesaplama Eylül ayının ortalama günü (no=258) ve ortalama güneşlenme süresi tr=10 saat için yapılmıştır. Bağıl güneşlenme katsayısı K=0,82 ve Kt=0,69 olduğundan gökyüzü açıktır. Açık gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı Q=20,84 mj/m^2 -gün; günlük yayılı güneş ışınımı Qy=4,70 mj/m^2 -gün (Klein,1976) , Qy=4,64 mj/m^2 -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı Qd =16,13 mj/m^2 (Klein,1976) ,Qd=16,19 mj/m^2 -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki% sapma; %-3,07 dir.

Tablo 6.16 Ekim Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	<i>Klein(1976)</i>	<i>Page(1963)</i>
n?	288	288
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
tr	7,90	7,90
Q	15,60	15,60
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	-9,5993972	-9,5993972
Gün uzunluğu H?	82,8028354	82,8028355
Gün uzunluğu tg?	11,0403780	11,0403781
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,71555520	0,71555521
a katsayısı ?	0,32135674	0,32135675
b katsayısı	0,41806978	0,41806978
Kt katsayısı	0,64051397	0,64051398
Kd katsayısı	0,26308000	0,27621921
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1378,13411	1378,13411
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	24,3554404	24,3554405
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	15,1127641	15,1127641
Yatay düzleme gelen günlük yayıllı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	3,97586608	4,17443574
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	11,1368980	10,9383284
ölçme değerinden olan % sapma	-3,12	-3,12

Değerlendirme :

Hesaplama Ekim ayının ortalama günü (no=288) ve ortalama güneşlenme süresi $tr=7,90$ saat için yapılmıştır. Bağlı güneşlenme katsayısı $K=0,71$ ve $Kt=0,64$ olduğundan gökyüzü açıktır. Açık gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı $Q=15,11 \text{ mj}/\text{m}^2$ -gün; günlük yayıllı güneş ışınımı $Qy=3,975 \text{ mj}/\text{m}^2$ -gün (Klein,1976) , $Qy=4,174 \text{ mj}/\text{m}^2$ -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı $Qd =11,13 \text{ mj}/\text{m}^2$ (Klein,1976) , $Qd=10,93 \text{ mj}/\text{m}^2$ -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki % sapma; %-3,12 dir.

Tablo 6.17 Kasım Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	<i>Klein(1976)</i>	<i>Page(1963)</i>
n?	318	318
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
tr	5,30	5,30
Q	9,50	9,50
Z	42	42
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	-18,911954	-18,911955
Gün uzunluğu H?	75,2977738	75,2977738
Gün uzunluğu tg?	10,0397031	10,0397032
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,52790405	0,52790405
a katsayısı ?	0,29504724	0,29504725
b katsayısı	0,43874231	0,43874231
Kt katsayısı	0,55302016	0,55302016
Kd katsayısı	0,32888196	0,37508721
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1398,95163	1398,95163
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	18,5342295	18,5342296
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	9,76125759	9,76125759
Yatay düzleme gelen günlük yayıllı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	3,51883245	4,10755077
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	6,24242513	5,65370682
ölçme değerinden olan % sapma	2,75	2,75

Değerlendirme :

Hesaplama Kasım ayının ortalama günü (no=318) ve ortalama güneşlenme süresi tr=5,3 saat için yapılmıştır. Bağlı güneşlenme katsayısı K=0,53 ve Kt=0,55 olduğundan gökyüzü parçalı Bulutludur. Bulutlu gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı Q=9,76 mj/m^2 -gün; günlük yayıllı güneş ışınımı Qy=3,51 mj/m^2 -gün (Klein,1976), Qy=4,10 mj/m^2 -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı Qd =6,24 mj/m^2 (Klein,1976) ,Qd=5,65 mj/m^2 -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki % sapma; %2,75 dir.

Tablo 6.18 Aralık Ayı Ortalama Günü İçin Hesaplama Sonuçları

GÜNEŞ IŞINIMI HESAPLAMA MODELİ PROGRAMI (MODEL 1)		
BİRİNCİ ADIM (VERİ GİRİŞİ)		
Yayıllı güneş ışınımı için kullanılan bağıntılar	<i>Klein(1976)</i>	<i>Page(1963)</i>
n?	344	344
e?	36,53	36,53
Igs	1367	1367
tr	4,90	4,90
Q	8,80	8,80
İKİNCİ ADIM (HESAPLAMA SONUÇLARI)		
Deklinasyon açısı d?	-23,049627	-23,049628
Gün uzunluğu H?	71,6273268	71,6273268
Gün uzunluğu tg?	9,55031024	9,55031024
İzafi güneşlenme katsayısı K?	0,51307233	0,51307234
a katsayısı ?	0,26783990	0,2678399
b katsayısı	0,44875949	0,4487595
Kt katsayısı	0,59649281	0,59649281
Kd katsayısı	0,29624925	0,32596312
Atm.Dış.Güneş Işın.Dik.Düz.Gelen Anlık Güneş ışınımı Iod ?(W/m2)	1410,40704	1410,40705
Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Qo) ?(W/m2)	15,9172983	15,9172983
Yatay düzleme gelen günlük ışınımı Q? (W/m2)	7,92818325	7,92818326
Yatay düzleme gelen günlük yayılı güneş ışınımı Qy? (W/m2)	2,60841720	2,9752162
Yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımı Qd? (W/m2)	5,31976605	4,95296706
ölçme değerinden olan % sapma	-9,91	-9,91

Değerlendirme :

Hesaplama Aralık ayının ortalama günü (no=344) ve ortalama güneşlenme süresi $tr=4,90$ saat için yapılmıştır. Bağıl güneşlenme katsayısı $K=0,51$ ve $Kt=0,59$ olduğundan gökyüzü parçalı Bulutludur. Bulutlu gökyüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı $Q=7,92 \text{ mj}/m^2$ -gün; günlük yayılı güneş ışınımı $Qy=2,60 \text{ mj}/m^2$ -gün (Klein,1976) , $Qy=2,97 \text{ mj}/m^2$ -gün (Page,1963); günlük direkt güneş ışınımı $Qd =5,31 \text{ mj}/m^2$ (Klein,1976) , $Qd=4,95 \text{ mj}/m^2$ -gün (Page,1963) olarak bulunmuştur. DMGM' nce ölçülen günlük tüm güneş ışınımı ile MODEL-1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı arasındaki % sapma; %-9,91 dir.

6.3. Regresyon Eğrisi Yöntemi (MODEL-2)

Bu modelde windows-exel programı yardımı ile grafikler oluşturulmuş ve bu grafiklerden elde edilen denklemler değerlendirilmiştir. Birbirleri arasında regresyon eğrisi bağıntıları oluşturulan ifadeler ve açıklamaları aşağıda sunulmuştur:

a. K ile KT arasındaki regresyon eğrisi bağıntısı;

K, bağıl güneşlenme katsayısı t_r/t_g ,
KT, berraklık indeksi Q/Q_0

b. K ile KD arasındaki regresyon eğrisi bağıntısı,

KD, yayılı güneş ışınım oranı Q_y/Q ,

c. K ile Kd arasındaki regresyon eğrisi bağıntısı,

Kd, direkt güneş ışınım oranı Q_d/Q

d. KT ile Kd arasındaki regresyon eğrisi bağıntısı

e. K ile Kdir arasındaki regresyon eğrisi bağıntısı,

Kdir, yeryüzünde yatay düzlemin birim alanına gelen günlük direkt güneş ışınımının, atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımına oranı Q_d/Q_0 (6.12)

f. KT ile Kdir arasındaki regresyon eğrisi bağıntısı,

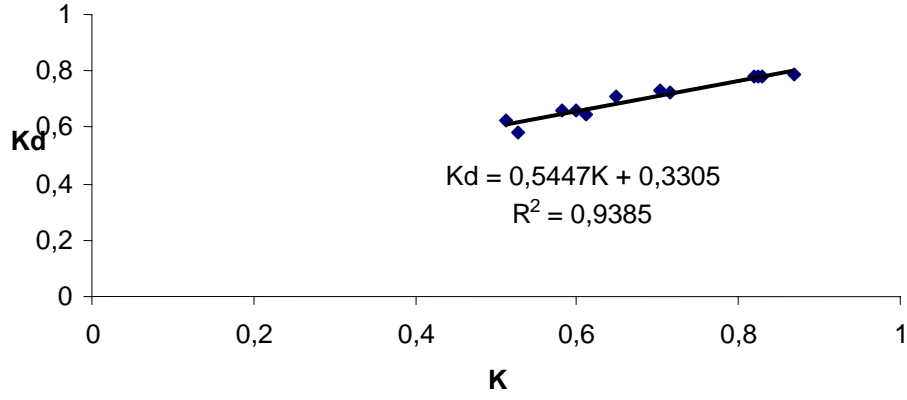
Antalya'da yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı (Q) ve günlük güneşlenme süreleri DMGM' ünce ölçülmüştür. Atmosfer dışındaki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışınımı (Q_0) Denklem (6.1)' den, gün uzunluğu Denklem (2.19)' dan hesaplanmıştır. Denklem (6.10)'da verilen Page (1963) bağıntısından yayılı güneş ışınımı oranı (K_D), Denklem (6.8)'den yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayılı güneş ışınımı (Q_y), Denklem (6.11)'den yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük direkt güneş ışınımı (Q_d) hesaplanmıştır.

Regresyon eğrisi bağıntıları oluşturulan katsayıların (K , KT , K_y , KD , K_d , K_{dir}), hesaplanan Q_o , Q_y , Q_d ve DMGM' tarafından ölçülen tüm güneş ışınımı değerleri Tablo 6.19'da verilmiştir.

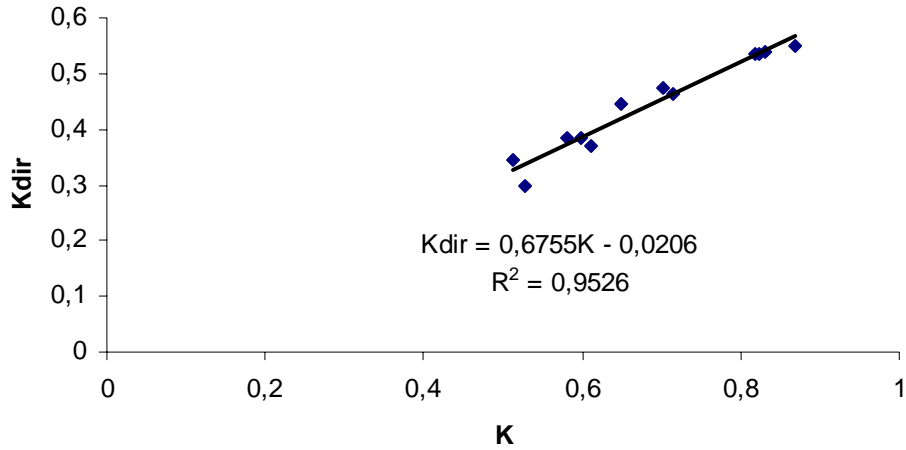
Tablo 6.19 Antalya'da ayın ortalama günü için hesaplanan değerler

Ay	Q_o	Q	$K=tr/tg$	$Q/Q_o=KT$	Q_y	$Q_y/Q_o=K_y$	$Q_y/Q=K_D$	Q_d	$Q_d/Q=K_d$	$Q_d/Q_o=K_{dir}$
OCAK	17,354	10,1	0,5812	0,5819	3,457	0,1992	0,34237423	6,642	0,6576	0,382
ŞUBAT	22,505	13,1	0,5985	0,5820	4,483	0,1992	0,3422359	8,616	0,6577	0,382
MART	28,984	16,6	0,6121	0,5727	5,857	0,2020	0,35283375	10,74	0,6471	0,3706
NİSAN	35,494	22,3	0,6491	0,6282	6,468	0,1822	0,29004999	15,83	0,7099	0,446
MAYIS	39,888	25,8	0,7026	0,6468	6,942	0,1740	0,26910548	18,85	0,7308	0,472
HAZİRAN	41,600	28,6	0,8232	0,6874	6,381	0,1534	0,22313954	22,21	0,7768	0,534
TEMMUZ	40,659	28,1	0,8295	0,6911	6,155	0,1513	0,21905683	21,94	0,7809	0,539
AĞUSTOS	37,103	25,9	0,8681	0,6980	5,477	0,1474	0,21120	20,43	0,7887	0,550
EYLÜL	31,268	21,5	0,8183	0,6875	4,794	0,1533	0,22301976	16,70	0,7769	0,534
EKİM	24,354	15,6	0,7155	0,640	4,309	0,1769	0,27621921	11,29	0,7237	0,463
KASIM	18,534	9,5	0,5279	0,5125	3,997	0,2156	0,42080139	5,502	0,5791	0,296
ARALIK	15,917	8,8	0,5130	0,5528	3,302	0,2074	0,37527087	5,497	0,6247	0,345
ORTALAMA	29,472	18,83	0,68664	0,6235019	5,135	0,1802071	0,29544286	13,69	0,70457	0,4432948

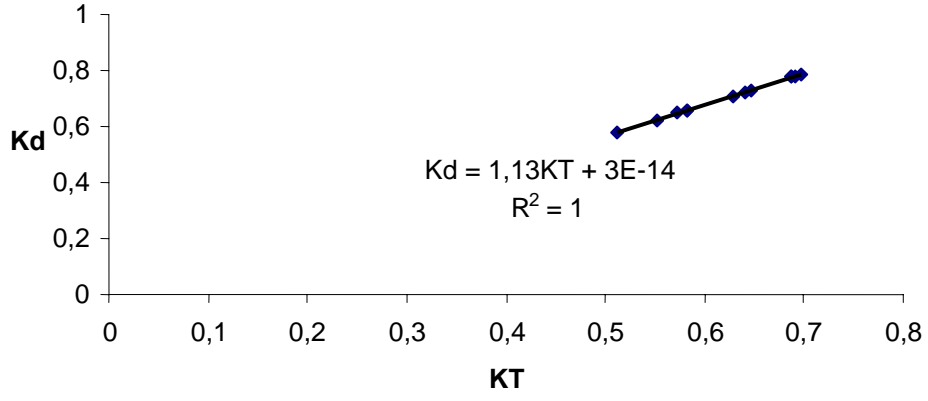
Tablo 6.19'da verilen değerler kullanılarak K ile KT , K ile KD , K ile K_d , KT ile K_d , K ile K_{dir} ve KT ile K_{dir} arasındaki regresyon eğrisi bağıntıları, regresyon eğrilerinin Pearson çarpım momenti korelasyon katsayıları (R^2) ve grafikleri Windows excel'de hesaplanarak Şekil 6.3-6.8'de gösterilmiştir.



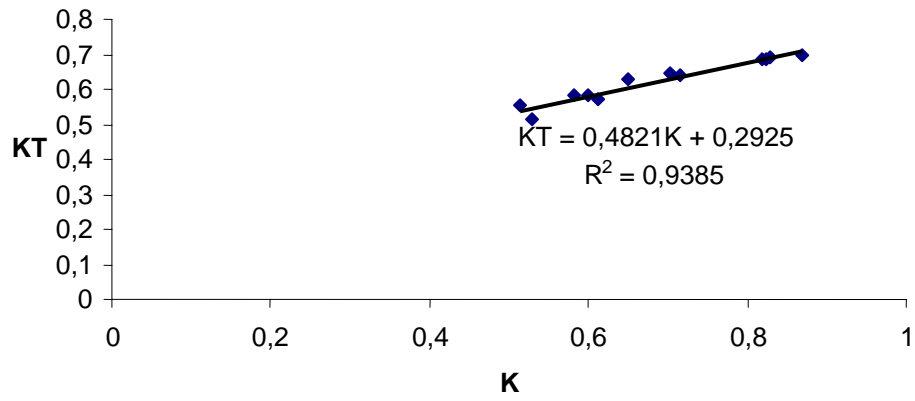
Şekil (6.3). K ile Kd arasındaki regresyon eğrisi grafiği



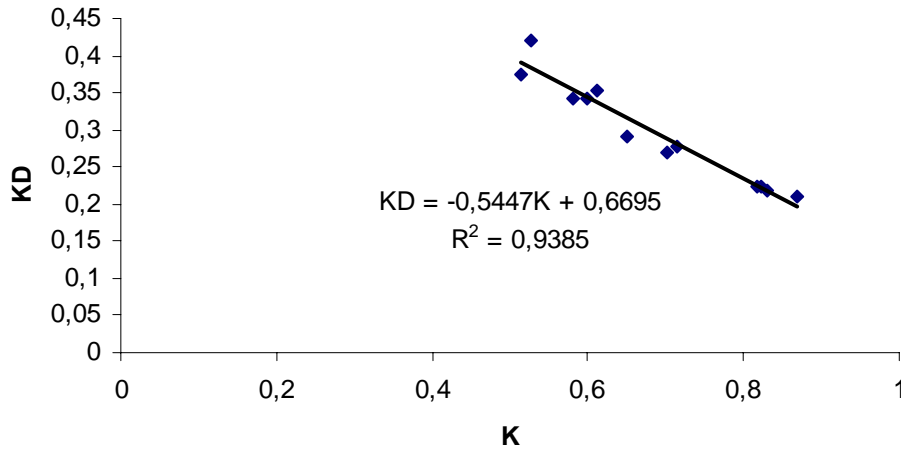
Şekil (6.4). K ile Kdir arasındaki regresyon eğrisi



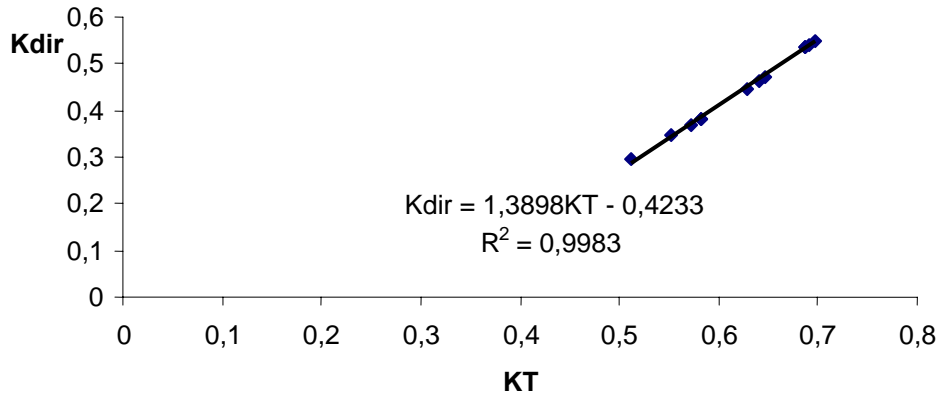
Şekil (6.5). KT ile K_d arasındaki Regresyon eğrisi



Şekil (6.6). K ile KT arasındaki regresyon eğrisi



Şekil (6.7). K ile KD arasındaki regresyon eğrisi



Şekil (6.8). KT ile Kdir arasındaki regresyon eğrisi

Regresyon eğrisi bağıntıları ve Pearson çarpım moment korelasyon katsayısı (R^2) özetle;

$$KT = 0,4821K + 0,2925, \quad R^2 = 0,9385 \quad (6.13)$$

$$KD = -0,5447K + 0,6695, \quad R^2 = 0,9385 \quad (6.14)$$

$$Kd = 0,5447K + 0,3305, \quad R^2 = 0,9385 \quad (6.15)$$

$$Kd = 1,13KT + 3E-14, \quad R^2 = 1 \quad (6.16)$$

$$K_{dir} = 0,6755K - 0,0206, \quad R^2 = 0,9526 \quad (6.17)$$

$$K_{dir} = 1,3898KT - 0,4233, \quad R^2 = 0,9983 \quad (6.18)$$

olarak bulunmuştur.

Denklem (6.13) ve denklem (6-18)'de verilen regresyon eğrisi bağıntıları kullanılarak yapılan günlük güneş ışınımı hesaplama modeline; Model-2 yöntemi adı verilmiştir. Regresyon eğrisi yönteminden ayın ortalama günü için yapılan günlük güneş ışınımı hesaplamaları Tablo 6.20-31'de verilmiştir.

Buna göre KT değeri 0,53 ile 0,71 arasında olup;

- a. $KT < 0.60$ için gökyüzü bulutlu,
- b. $KT > 0.60$ için gökyüzü açıktır değerlendirilmesi yapılabilir.

Tablo 6.20 ocak ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	17
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
güneşlenme süresi, tr	5,70
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	10,10
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	-20,91696257
Gün uzunluğu, derece, H?	73,55322572
Gün uzunluğu, saat, tg?	9,807096763
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,581211763
Berraklık indeksi, KT	0,572702191
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,372641505
Q _o (MJ/m ² -gün)	17,35485523
Q (MJ/m ² -gün)	9,939163613
Q _d (MJ/m ² -gün)	6,467139372
Q _y (MJ/m ² -gün)	3,472024242
ölçme değerinden olan % sapma	-1,592439471

Tablo 6.21 şubat ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	47
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
Güneşlenme süresi, tr	6,40
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	13,10
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	-12,95460809
Gün uzunluğu, derece, H?	80,1887731
Gün uzunluğu, saat, tg?	10,69183641
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,598587535
Berraklık indeksi, KT	0,58107905
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,384283664
Q _o (MJ/m ² -gün)	22,50502863
Q (MJ/m ² -gün)	13,07720067
Q _d (MJ/m ² -gün)	8,648314869
Q _y (MJ/m ² -gün)	4,428885799
ölçme değerinden olan % sapma	-0,174040697

Tablo 6.22 Mart ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	75
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
Güneşlenme süresi, tr	7,20
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	16,60
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	-2,417734805
Gün uzunluğu, derece, H?	88,20765443
Gün uzunluğu, saat, tg?	11,76102059
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,612191769
Berraklık indeksi, KT	0,587637652
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,393398808
Q _o (MJ/m ² -gün)	28,98482443
Q (MJ/m ² -gün)	17,03257417
Q _d (MJ/m ² -gün)	11,40259539
Q _y (MJ/m ² -gün)	5,629978771
ölçme değerinden olan % sapma	2,60586847

Tablo 6.23 Nisan ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	105
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
Güneşlenme süresi, tr	8,40
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	22,30
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	9,414893347
Gün uzunluğu, derece, H?	97,05556196
Gün uzunluğu, saat, tg?	12,9407416
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,649112722
Berraklık indeksi, KT	0,605437243
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,418136681
Q _o (MJ/m ² -gün)	35,49404854
Q (MJ/m ² -gün)	21,4894189
Q _d (MJ/m ² -gün)	15,34078041
Q _y (MJ/m ² -gün)	6,871764509
ölçme değerinden olan % sapma	-3,634892822

Tablo 6.24 Mayıs ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	135
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
güneşlenme süresi, tr	9,80
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	25,80
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	18,79191752
Gün uzunluğu, derece, H?	104,5996027
Gün uzunluğu, saat, tg?	13,94661369
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,702679533
Berraklık indeksi, KT	0,631261803
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,454027654
Q _o (MJ/m ² -gün)	39,8881085
Q (MJ/m ² -gün)	25,17983929
Q _d (MJ/m ² -gün)	18,71972202
Q _y (MJ/m ² -gün)	7,307427152
ölçme değerinden olan % sapma	-2,403723679

Tablo 6.25 Haziran ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	162
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
güneşlenme süresi, tr	11,90
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	28,60
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	23,085911
Gün uzunluğu, derece, H?	108,4061343
Gün uzunluğu, saat, tg?	14,45415124
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,823292894
Berraklık indeksi, KT	0,689409504
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,534841329
Q _o (MJ/m ² -gün)	41,60077853
Q (MJ/m ² -gün)	28,6799721
Q _d (MJ/m ² -gün)	22,99852929
Q _y (MJ/m ² -gün)	6,646533309
ölçme değerinden olan % sapma	0,279622723

Tablo 6.26 Temmuz ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	198
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
güneşlenme süresi, tr	11,80
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	28,10
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	21,18369356
Gün uzunluğu, derece, H?	106,6834527
Gün uzunluğu, saat, tg?	14,22446036
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,829556954
Berraklık indeksi, KT	0,692429407
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,53903839
Q _o (MJ/m ² -gün)	40,65980881
Q (MJ/m ² -gün)	28,15404732
Q _d (MJ/m ² -gün)	22,65471882
Q _y (MJ/m ² -gün)	6,446721461
ölçme değerinden olan % sapma	0,192339203

Tablo 6.27 Ağustos ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	228
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
güneşlenme süresi, tr	11,60
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	25,90
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	13,45495968
Gün uzunluğu, derece, H?	100,2083271
Gün uzunluğu, saat, tg?	13,36111027
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,868191323
Berraklık indeksi, KT	0,711055037
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,56492429
Q _o (MJ/m ² -gün)	37,10354044
Q (MJ/m ² -gün)	26,38265931
Q _d (MJ/m ² -gün)	21,6660254
Q _y (MJ/m ² -gün)	5,604419082
ölçme değerinden olan % sapma	1,863549451

Tablo 6.28 Eylül ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	258
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
güneşlenme süresi, tr	10,00
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	21,50
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	2,216886783
Gün uzunluğu, derece, H?	91,64325221
Gün uzunluğu, saat, tg?	12,21910029
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,81839086
Berraklık indeksi, KT	0,687046234
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,531556856
Q _o (MJ/m ² -gün)	31,26849158
Q (MJ/m ² -gün)	21,48289937
Q _d (MJ/m ² -gün)	16,62098106
Q _y (MJ/m ² -gün)	4,86191831
ölçme değerinden olan % sapma	-0,079537812

Tablo 6.29 Ekim ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	288
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, I _{gs}	1367
Güneşlenme süresi, tr	7,90
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	15,60
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	-9,599397234
Gün uzunluğu, derece, H?	82,80283547
Gün uzunluğu, saat, tg?	11,04037806
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,715555206
Berraklık indeksi, KT	0,637469165
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,462654645
Q _o (MJ/m ² -gün)	24,35544048
Q (MJ/m ² -gün)	15,5258423
Q _d (MJ/m ² -gün)	11,26815768
Q _y (MJ/m ² -gün)	4,257684625
ölçme değerinden olan % sapma	-0,475369861

Tablo 6.30 Kasım ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	318
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, Igs	1367
Güneşlenme süresi, tr	5,30
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	9,50
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	-18,91195474
Gün uzunluğu, derece, H?	75,29777385
Gün uzunluğu, saat, tg?	10,03970318
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,527904053
Berraklık indeksi, KT	0,547002544
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,336924136
Qo (MJ/m ² -gün)	18,53422957
Q(MJ/m ² -gün)	10,13827073
Qd (MJ/m ² -gün)	5,787816603
Qy (MJ/m ² -gün)	3,608810326
ölçme değerinden olan % sapma	6,718639243

Tablo 6.31 Aralık ayı ortalama günü için hesaplama sonuçları

REGRESYON EĞRİSİ YÖNTEMİ (MODEL 2)	
GİRDİ VERİLERİ	
Direkt güneş ışınımı için kullanılan bağıntı, Kdir	Denklem (6.18)
yılın günü, n?	344
enlem, e?	36,53
güneş sabiti, Igs	1367
Güneşlenme süresi, tr	4,90
ölçülen tüm güneş ışınımı, Q	8,80
HESAPLAMA SONUÇLARI	
Deklinasyon açısı d?	-23,04962764
Gün uzunluğu, derece, H?	71,62732683
Gün uzunluğu, saat, tg?	9,550310245
İzafi güneşlenme katsayısı K (tr/tg)?	0,513072337
Berraklık indeksi, KT	0,539852174
Direk güneş ışınımı oranı, Kdir	0,326986551
Qo (MJ/m ² -gün)	15,91729833
Q(MJ/m ² -gün)	8,592988103
Qd (MJ/m ² -gün)	4,824000532
Qy (MJ/m ² -gün)	3,140385661
ölçme değerinden olan % sapma	-2,352407924

6.4. Devlet Meteoroloji İşleri ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğünün Ortaklaşa Oluşturdukları Model (Model 3) :

1981 yılından beri güneş enerjisi konusunda çalışmalar yapan Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) 1990 yılında DMI ile işbirliği içerisinde bir proje başlatmış ve bu proje kapsamında EİE Antalya, Adana, Ankara, Aydın-Yeni-hisar ve İzmir'e güneş enerjisi gözlem istasyonu tesis etmiştir.

Bilgisayar destekli bu sistemlerle aynı istasyonda en az 5 yıl süreyle veri toplanması amaçlanmıştır. Sonraki yıllarda yeterli süre veri alınan Antalya, İzmir ve Aydın-Yeni hisar istasyonları Isparta, Kayseri ve Balıkesir'e nakledilmiştir.

Bu istasyonlarda Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından güneş ışınımı ölçümlerinde en güvenilir olarak kabul edilen Kipp&Zonen ve Eppley marka solarimetreler yardımı ile global güneş ışınımı, diffuz güneş ışınımı, direkt güneş ışınımı ve güneşlenme süreleri ölçülmüştür.

Bu istasyonlardan elde edilen güneşlenme süresi ve ışınım değerleri kullanılarak angström yöntemi ile bir model oluşturulmuştur.

Buna göre;

$$Q/Q_0 = A_0 + A_1 (tr/tg) + A_2 (tr/tg)^2 \quad (6.19)$$

bağıntısından 9 istasyona ait yaklaşık 9000 günlük Q/Q_0 ve tr/tg değerleri kullanılarak ülkemiz için aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$Q/Q_0 = 0,34484 + 0,55167 (tr/tg) - 0,1665 (tr/tg)^2 \quad (6.20)$$

Standart sapma hesapları yapılarak yukarıdaki denklemde yerine konulması ile aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$Q/Q_0 = 0,3420 + 0,5002 (tr/tg) - 0,1014 (tr/tg)^2 \quad (6.21)$$

Bu modele göre Antalya iline ait elde edilen değerler ve yüzde sapma miktarı tablo 6.32 de verilmiştir.

Tablo 6.32. DMİ-EİE modeline göre sonuçlar

aylar	tr/tg	Qo	Q/Qo	Q	Q (DMİ)	% sapma
ocak	0,581212	17,35486	0,598468	10,38633	10,10	2,834989
şubat	0,598588	22,50503	0,605081	13,61737	13,10	3,949379
mart	0,612192	28,98482	0,610216	17,687	16,60	6,548172
nisan	0,649113	36,68843	0,623962	22,14692	22,30	-0,68645
mayıs	0,70268	41,23036	0,643413	25,66454	25,80	-0,52506
haziran	0,823293	43,00066	0,685081	28,49991	28,60	-0,34998
temmuz	0,829557	42,02802	0,687164	27,93998	28,10	-0,56948
ağustos	0,868191	38,35209	0,699838	25,96648	25,90	0,256692
eylül	0,818391	31,26849	0,683445	21,3703	21,50	-0,60327
ekim	0,715555	24,35544	0,648002	15,78237	15,60	1,169059
kasım	0,527904	17,1784	0,577799	10,70906	9,50	12,72698
aralık	0,513072	14,7529	0,571946	9,103834	8,80	3,452657

Model 3 olarak verilen DMİ-EİE modeline göre ölçülen gerçek değerlerden sapma yüzdesinin %-0.68 ile % 12,72 arasında değiştiği görülmektedir.

6.5 Ölçülen ve Hesaplanan Güneş Işınımı Değerlerinin Karşılaştırılması

Antalya’da yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı değerleri DMİ tarafından ölçülmüştür. Bu çalışmada tayin edilen MODEL1 , MODEL 2 ve MODEL 3 yöntemlerinden ayın ortalama günleri için günlük tüm güneş ışınımı değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı değerleri ve bu değerlerin DMİ tarafından ölçülen değerlerden olan % sapma miktarları tablo 6-33’de gösterilmiştir.

Tablo 6-33 Model 1, Model 2 ve Model 3 ile hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı değerleri ile DMİ tarafından ölçülen değerlerin karşılaştırılması

Aylar	no	K=tr/tg	Qo(MJ/m ² -gün	Ölçülen Q	Model 1		Model 2		Model 3	
					Q	%sapma	Q	% sapma	Q	% sapma
Ocak	17	0,5812	17,35485523	10,10	9,89191	-2,06	9,939	-1,59243	10,386	2,83498
Şubat	47	0,5985	22,50502863	13,10	13,2689	1,29	13,077	-0,17404	13,617	3,94937
Mart	75	0,6121	28,98482443	16,60	17,3608	4,58	17,032	2,605868	17,687	6,5481
Nisan	105	0,6491	36,68843496	22,30	21,8041	-2,22	22,212	-3,63489	22,146	-0,6864
Mayıs	135	0,7026	41,23035648	25,80	25,3185	-1,87	26,027	-2,40372	25,664	-0,5250
Haziran	165	0,8232	43,00065842	28,60	28,2436	-1,25	29,645	0,279622	28,499	-0,3499
Temmuz	196	0,8295	42,02802476	28,10	27,5505	-1,96	29,101	0,192339	27,939	-0,5694
Ağustos	228	0,8681	38,35208679	25,90	25,5390	-1,39	27,27	1,863549	25,966	0,2566
Eylül	258	0,81839	31,26849158	21,50	20,8409	-3,07	21,482	-0,07953	21,370	-0,6032
Ekim	288	0,7155	24,35544048	15,60	15,1127	-3,12	15,525	-0,47536	15,782	1,1690
Kasım	318	0,5279	17,17839713	9,50	9,76125	2,75	9,3966	6,718639	10,709	12,726
Aralık	348	0,5130	14,75290196	8,80	7,92818	-9,91	7,9643	-2,35240	9,1038	3,4526
Yıllık ortalama		0,6866	29,8082	19,2	18,90	-1,52	19,16	-0,17	19,43	1,24

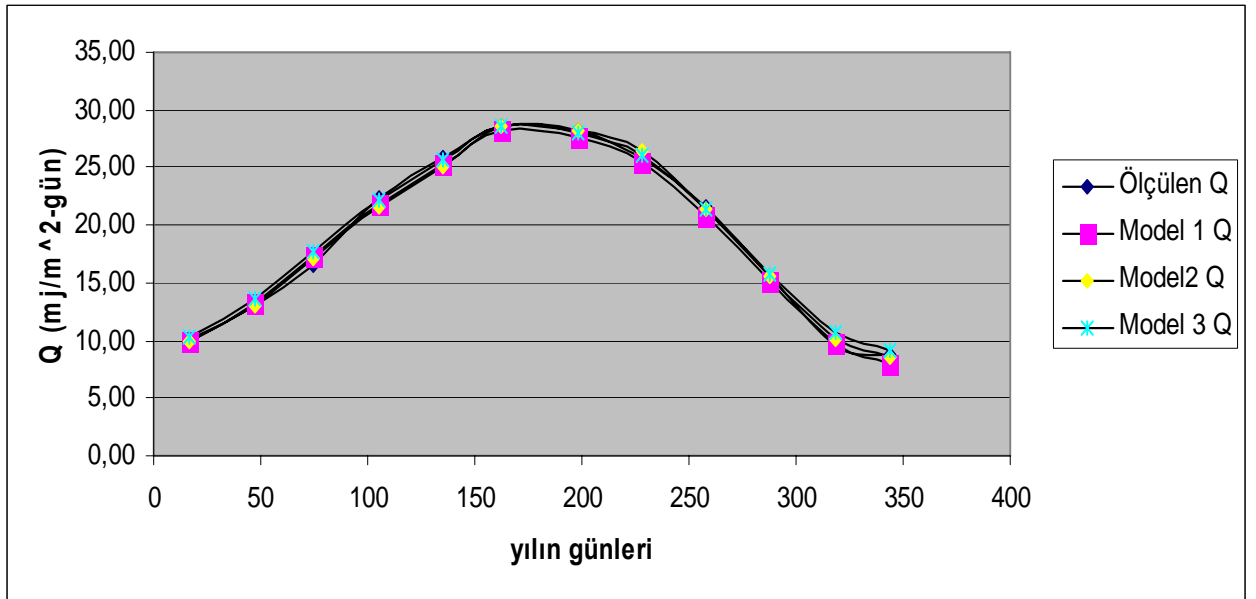
Tablo 6.33 incelendiğinde;

- Model 1 yönteminden elde edilen günlük tüm güneş ışınımı değerinin ölçülen değerden maksimum % sapması Aralık ayında %-9,91, minimum yüzde sapması Haziran ayında %1,25 olarak hesaplanmıştır.

b. Model 2 yönteminden elde edilen günlük tüm güneş ışınımı değerinin ölçülen değerden maksimum % sapması Kasım ayında % 6,71, minimum yüzde sapması şubat ayında %-0,17 olarak hesaplanmıştır.

c. Model 3 yönteminden elde edilen günlük tüm güneş ışınımı değerinin ölçülen değerden maksimum % sapması Kasım ayında % 12,72, minimum yüzde sapması Ağustos ayında %0,25 olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak MODEL1, MODEL2 ve MODEL3 ile hesaplanan tüm güneş ışınımı ile ölçülen güneş ışınımı değerlerinin yıl boyunca değişimi şekil (6.9)'da gösterilmiştir.



Şekil (6.9). Yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımının yıl boyunca değişimi (Antalya , $\epsilon=36,53$ derece)

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünya nüfusunun sürekli olarak artması beraberinde enerji gereksinimini doğurmaktadır. Bu enerji ihtiyaçlarının çoğunun karşılandığı bilinen fosil yakıtlardan kömürün 240, petrolün 43 ve doğal gazın 67 yıl sonra yapılan hesaplamalara göre tükeneceği belirtilmektedir. (MMO,2000)

Artan enerji gereksiniminin yanı sıra kullanılan fosil yakıtların atıklarının çevreye onarılamaz zararlar vermesi, alternatif olabilecek tükenme olasılığı az ve atıkları çevreye zarar vermeyecek alternatif enerji kaynakları arayışına neden olmuştur. Alternatif enerji kaynaklarının en önemlisi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisi ise güneştir.

Kullanılabilir güneş enerjisi miktarı güneş ışınımı olarak bilinir ve genellikle metrekare başına düşen güç miktarı ile ölçülür. Güneş enerjili sistemlerin verimliliği, uygulama alanına günlük ve yıllık gelen güneş ışınımı miktarına bağlıdır. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli EKLER bölümünde verilmiştir.

Yeryüzüne gelen anlık,saatlik ve günlük güneş ışınımı değerleri meteoroloji istasyonları tarafından güneş ışınımı ölçüm cihazları ile ölçülmekte veya bu bölge için geliştirilen teorik veya ampirik bağıntılar yardımı ile hesaplanmaktadır. Bazı Ülkeler için geliştirilen güneş ışınımı hesaplama yöntemleri Bölüm 5'de verilmiştir.

Antalya'daki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımının hesaplanmasında; Angström bağıntısını temel alan MODEL1 ve regresyon eğrisi yöntemini temel alan MODEL-2 geliştirilmiş ve uygulamalar yapılmıştır. Uygulamalarda 1990-1996 yılları arasında DMGM'nce yapılan güneşlenme süreleri ve günlük tüm güneş ışınımı ölçümlerinin aylık ortalama değerleri kullanılmıştır. MODEL1 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı değerleri; DMGM'nce Ölçülen günlük tüm güneş ışınımı verilerinden; aylık bazda maksimum % 9.91'lik sapma (fark), yıllık bazda maksimum % 1,52'lik sapma (fark) göstermiştir. MODEL-2 yönteminden hesaplanan günlük tüm güneş ışınımı değerleri; DMGM' nce Ölçülen günlük tüm güneş ışınımı verilerinden; aylık bazda maksimum % 6.71'lik sapma (fark),

yıllık bazda maksimum % 2.58'lik sapma (fark) göstermiştir. DMİ ve EİE'nin ortaklaşa çalışarak oluşturdukları modele göre hesaplanan günlük tüm güneş ışıınımlı değerleri; DMGM'nce ölçülen günlük tüm güneş ışıınımlı verilerinden; aylık bazda maksimum %12,72'lik sapma (fark), yıllık bazda maksimum % 4.04'lük sapma (fark) göstermiştir.

Hesaplanan değerlere göre ; ölçülen tüm güneş ışıınımlı değerlerine en yakın değerleri veren güneş ışıınımlı hesaplama modeli, MODEL 2 yöntemidir. MODEL1 yöntemi ise KILIÇ yöntemi baz alınarak ve ölçüm verilerine en yakın değerleri verecek şekilde tayin edilmiştir.

Antalya'da günlük tüm güneş ışıınımlı hesaplamaları için, ölçülen tüm güneş ışıınımlı ve güneşlenme süresi verileri arasındaki regresyon eğrisine ve Angström bağıntısına dayanan MODEL-2 yöntemi ile tayin ettiğimiz bağıntılar kullanılacaktır. Buna göre, günlük güneş ışıınımlı hesaplamaları;

Yılın n 'ci günündeki deklinasyon açısı (d);

$$d = 23,45.Sin[(360/365).n+284] \quad (7.1)$$

Deklinasyon açısı (d) ve enleme (e) bağılı olarak gün uzunluğu (H, tg);

$$H = \arccos[-\tan d \cdot \tan e] \quad (7.2)$$

$$tg = 2/15.H \quad (7.3)$$

Atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına gelen günlük güneş ışıınımlı (Q_0);

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} . I_{gs} \left[1 + 0,034 . \cos\left(\frac{360.n}{365,25}\right) \right] \left[\frac{\cos e . \cos d . \sin H + \frac{H . \pi}{180} . \sin d . \sin e}{3600} \right] . 10^{-6} \quad (7.4)$$

Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışıınımlı (Q);

$$Q/Q_0=KT = 0,2925+0,4821 (tr/tg) , R^2= 0,9385 \quad (7.5)$$

Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük yayılı güneş ışınımı (Q_y);

$$Q_y/Q=KD = 0,6695-0,5447 (tr/tg), R^2 = 0,9385 \quad (7.6)$$

Yeryüzündeki yatay düzlemin birim alanına gelen günlük direkt güneş ışınımı (Q_d);

$$Q_d/Q_0=K_{dir} = -0,0206+ 0,6755 (tr/tg) , R^2= 0,9526 \quad (7.7)$$

veya;

$$K_{dir} = - 0,4233 + 1,3898KT, R^2= 0,9983 \quad (7.8)$$

Sonuç olarak, Antalya'da yatay düzlemin birim alanına gelen günlük tüm güneş ışınımı hesaplamaları; hesaplama yapılacak yılın gün sayısı (n) ve güneşlenme süresi (tr)

belirli ise verilen bağıntılardan maksimum % 9,49 sapma (fark) ile yapılabilecektir.

Gökyüzünün durumunu berraklık indeksi katsayısından ($KT=Q/Q_0$)

- a. $KT < 0.60$ için bulutlu,
- b. $KT > 0.60$ için açık olarak belirleyebiliriz.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- ATWATER,M.A., BALL,J.T., “A Numerical Solar Radiation Model Based On Standart Meteorological observations” Solar energy vol.21 pp.163-170,1978
- BALLI,Ö., Eskişehirde Yatay Düzleme Gelen Günlük tüm,yayıllı ve direkt güneş ışınımını hesaplama modeli, yüksek lisans tezi, Nisan 2002,Eskişehir
- BARBARO, S., CANNATO, G., COPPOLINA, S., LEONE, C. AND SINAGRA, E., 1981, A Correlation Between Relative Sunshine And State Of Sky, Solar Energy, Vol:26, pp:537-SSO , Pergamon Press Ltd., Great Britain
- BARBARO, S., COPPOLINA, S., LEONE, C. AND SINAGRA, E., 1980, An Atmospheric Model Applied To Some Actinometric Stations Of Sicily, Solar Energy, Vol:25, pp:201 -206 Pergamon Press Ltd., Great Britain
- BARBARO, S., COPPOLINO,C. LEONE, “An atmosphere Model For Computing Direct and Diffuse Solar Radiation” Solar energy vol.22,pp. 225-228,1979
- BERGER,X.(1988), A Simple Model for computing the spectral radiance of clear skies,solar energy, vol:40,no:4, pp:321-333, pergamon pres ltd.,printedin USA
- BIRD,R., RIORDAN, C., 1984SİMPLE SOLAR SPECTRAL MODEL for direct and diffuse irradiance on horizantel and tilted planes at the earth’s surface for cloudless atmospheres, SERI/TR-215-2436,Task no:3434.10,solar energy research institute, colarado,USA
- CARDER K.L., CHEN.F.R.,and HAWES, S.K., 1999, Instantaneous Photosynthetically Avaliable Radiation And Absorbed Radiation By Phytoplankton, MODIS ocean sience team algorithm theoretical basis document, unpress, university of South Florida, USA
- CHOUDHURY,B., “A Parameterized Model for Global Insolation Under Partially Cloudy Skies” Sol.Ener.Vol.29, No.6,pp.479-486,1982
- Çıtıroğlu, R. Ahmet ,Alternatif Enerji Kaynakları, Ders Notu, 1998,yayınlanmamış
- DAVIES,J.A.,MC.KAY,D.C., Estimating Solar Irradiance And Components S.E.Vol.29 pp.55-64,1982
- ELEKTRİK İŞLERİ ETÜT İDARESİ GENEL MD.LÜĞÜ,Türkiye Güneş ışınımı ve güneşlenme süresi değerleri, Ankara, Mayıs 2001
- EXEL, R.H.B.(1981), A Mathematical Model For Solar Radiation In South-East Asia (Thailand), Solar Energy, Vol:26, pp: 161-168, Pergamon Press Ltd., Printed in Great Britain

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

EXEL, R.H.B., 1978, The Atmospheric Radiation Climate of Thailand, Solar Energy, Vol:21, pp:73-79, Pergamon Press Ltd., Great Britain

GUZZI,R., RIZZI, R, VECCHIO,G.L ,SCALABRIN,G ,Experimental Validation Of A Spectral Direct Solar Radiation Model Solar Energy vol.31, pp.359-363,1983

HELVA,N.H., BAHGAT,A.B.G., EL SHAFEE, A.M.R, and EL SHENAWY, E.T., 2000, Compuation Of the solar energy captured by different solar tracking system ,energy sources 22,pp:35-44, Taylor &Francis

Hoyt C.H., “A Simple Model for Estimating The transmittance of Direct Solar Radiation Through Clear Atmospheres” Solar energy vol.18 pp.129-134,1976

IQBAL,M.,1983, An introduction to solar radiation, pp:43-332,Academic Pres, N.Y.,USA

KILIÇ,A., ÖZTÜRK,A.1983, Güneş enerjisi,331 sayfa kipaş dağıtım, İstanbul

KILIÇ,A., ÖZTÜRK,A.1984, Güneş enerjisi,135 sayfa segem Ankara

KLEIN, S.A.,BECKMAN,W.A.DUFFIE,J.A., A design procedure for solar air heating system ISES winnipeg,1976,American Sec.Canada, vol.4

McVEIGH,J.C., Sun Power” An Introduction To The Applications Of Solar energy. Pergamon press Oxford 1977

Montgomery,Douglas C.” Introduction to statistical quality control” Published in Canada 1985

MMO, Mühendis Makine dergisi,Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi Haziran 2000 , sayı 485

Oktik, Şener, Prof. Dr. Fotovoltaik Güneş Pilleri, Temiz Enerji Vakfı, Nisan 1999

SAYIGH,A.A.M.,Solar Energy Engineering” Edited by A.A. M. Sayıgh, Acedemic press, London.1977

Stone, Jack L, Photovoltaics; Unlimited Electrical Energy From the Sun, Physics Today, September 1993.

TANER,K. “Güneş enerjisinden konut konforunda yararlanma”, Anadolu Üniversitesi Basım evi, Eskişehir 1984

TANER,K. “Güneş ışınımı, termosifon akışlı toplaç-ayna sistemlerinde ısıl ve akış analizi Anadolu Üniversitesi Yayınları Eskişehir, 1988

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

TANER, K.,Güneş enerjisinin Atmosferden geçerken Sönümü” Eskişehir Devlet Müh.ve Mim.Akademisi dergisi, sayı 4, Eskişehir, 1980

TANER,K.,1998, yenilenebilir enerji kaynakları ders notları, Yayımlanmamış

VAN HEUKLON T.K, Estimating Atmosphere Ozone for Solar Radiation Models Sol.E.Vol.22,pp.63.,1979

YENER,C., “Güneşin ışınım enerjisinin Türkiye’deki dağılımı”, Türkiye Bilimsel Teknik Araştırma Kurumu, Ankara.1976.

WENXIAN, L. (1988), a General Correlation For Estimating The Monthly Average Daily Direct Radiation Incident On A Harizontal Surface In Yunnan Province China, Solar Energy, Vol:41, No:1, pp: 1-3, Pergamon Press Ltd., Printed in USA

EKLER

EK.1 Tablo 6-2 DMİ tarafından ölçülen 1990-1996 güneşlenme süresi verileri

EK.2 Tablo 6-3 1930-1970 ortalama sıcaklık ve ortalama bulutluluk verileri

EK-3 Tablo-6-5 DMİ tarafından ölçülen 1990-1996 günlük tüm güneş ışınımı değerleri

EK.4 Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli

EK.5 Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

**Tablo 6-2 ANTALYA İLİNE AİT AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ
(saat/gün)**

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	Toplam	Yıllık ort.
1990	7,3	7,2	9,0	8,5	10,2	12,3	11,5	11,8	10,2	8,1	5,9	4,8	2886,5	8,64
1991	5,8	5,7	6,2	8,0	9,0	12,2	11,2	11,2	10,0	7,5	6,4	4,2	2965,7	8,13
1992	7,4	6,1	6,7	9,0	9,2	10,2	11,7	11,7	10,3	8,2	5,9	5,5	3105,2	8,48
1993	5,5	5,9	8,4	8,5	7,4	11,9	12,6	11,8	10,3	8,4	6,7	5,0	3119,3	8,55
1994	5,0	6,5	6,9	7,7	10,8	12,3	11,8	12,0	9,9	6,3	5,8	5,0	3044,8	8,34
1995	3,8	7,5	6,8	8,8	11,0	11,6	12,2	11,5	10,0	8,8	6,4	4,8	3139,9	8,6
1996	5,2	5,8	6,2	8,5	11,0	13,0	11,8	11,3	9,6	8,0	6,0	5,0	3088,9	8,44
toplam	40,0	44,7	50,2	59,0	68,6	83,5	82,8	81,3	70,3	55,3	37,1	29,3	21350,3	59,8
aylık ortalama	5,7	6,4	7,2	8,4	9,8	11,9	11,8	11,6	10,0	7,9	5,3	4,9	3050,0	

Kaynak: Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü

Tablo 6.3 Antalya iline ait Ortalama Sıcaklık ve Ortalama Bulutluluk Verileri

ENLEM: 36 53 N BOYLAM : 30 42 E YÜKSEKLİK: 42 m Rasat Süresi: 1930-1970	ORTALAMA SICAKLIK	ORTALAMA BULUTLULUK (Bulutluluk (10 da))
OCAK	10.1	5.9
ŞUBAT	10.7	5.7
MART	12.8	5.3
NİSAN	16.4	4.8
MAYIS	20.5	4.4
HAZİRAN	25	2.6
TEMMUZ	28.2	1.4
AĞUSTOS	28.1	1.3
EYLÜL	24.9	1.7
EKİM	20.3	3.7
KASIM	15.6	4.8
ARALIK	11.9	5.8

Bu sayfadaki bilgiler DMI Genel Müdürlüğü Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji Bülteninden (Başbakanlık Basımevi Ankara-1974) derlenmiştir. Ayrıntılı ve Güncel Bilgiler İçin DMİ Genel Müdürlüğü'ne başvurulmalıdır. (DMİ Genel Md.Tel: (0312)3597545)

Tablo 6-5 ANTALYA İLINE AİT AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞ İŞİNİMİ DEĞERLERİ (MJ/m²-gün)

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	Toplam	Yıllık ort.
1990	11,1	13,6	13,4	22,4	26,4	28,9	28,0	26,1	21,6	15,7	11,0	8,6	6906,1	20,68
1991	10,0	12,5	16,4	21,9	25,0	28,8	27,6	25,8	21,5	15,3	11,2	8,2	6829,3	18,71
1992	11,6	13,0	17,4	23,0	25,1	27,1	27,9	25,9	21,6	16,1	10,6	9,3	6965,3	19,03
1993	9,8	12,8	18,9	22,7	23,4	28,6	28,6	26,0	21,7	16,1	11,5	9,1	6982,3	19,13
1994	9,7	13,1	17,0	21,4	26,7	28,8	28,1	26,1	21,4	14,0	10,7	8,9	6881,3	18,85
1995	8,9	14,0	16,8	22,6	27,0	28,6	28,4	25,9	21,3	16,3	11,3	8,8	7001,1	19,18
1996	9,6	12,6	16,6	22,2	27,3	29,3	28,1	25,7	21,1	15,6	11,0	8,5	6934,2	18,95
toplam	70,7	91,6	116,5	156,2	180,9	200,1	196,7	181,5	150,2	109,1	66,3	52,9	48499,6	134,53
aylık ortalama	10,1	13,1	16,6	22,3	25,8	28,6	28,1	25,9	21,5	15,6	9,5	8,8	6988,5	

Kaynak: Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Md.lüğü, Mayıs 2001

Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli			
AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103
ŞUBAT	5,44	63,27	115
MART	8,31	96,65	165
NİSAN	10,51	122,23	197
MAYIS	13,23	153,86	273
HAZİRAN	14,51	168,75	325
TEMMUZ	15,08	175,38	365
AĞUSTOS	13,62	158,4	343
EYLÜL	10,6	123,28	280
EKİM	7,73	89,9	214
KASIM	5,23	60,82	157
ARALIK	4,03	46,87	103
TOPLAM	112,74	1311	2640
ortalama	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün
Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü			

Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü