

# **DETERMINATION OF THE DISTRIBUTION OF GLOBAL SOLAR RADIATION FOR TURKEY USING MSG SATELLITE DATA**

**Yasemin ÖZDEMİR**

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü,  
ANKARA, [yozdemir@mgm.gov.tr](mailto:yozdemir@mgm.gov.tr)

## **ABSTRACT**

In this study, the satellite based quadratik model which is developed by combining a current statistical model with cloud index obtained from satellite data is used. It is possible to obtain monthly mean global solar radiation data which have higher temporal and spatial resolution for Turkey with this model. The years of 2004-2008 were selected as study period. The distribution maps of monthly and annual mean global solar radiation for Turkey have been prepared at 3610 points with the resolution of  $0.2^\circ \times 0, 2^\circ$  (latitude x longitude) by using MSG-1 and MSG-2 satellite data which give an image for every 15 minutes. As a result of this study, Turkey has a solar energy potential with the mean of  $4285 \text{ Wh/m}^2$ . The lowest and highest monthly mean values have been computed as  $1926 \text{ Wh/m}^2$  and  $6726 \text{ Wh/m}^2$  in December and June, respectively.

**Key Words:** Solar Radiation, Quadratic Model, MSG, Turkey.

# MSG UYDU VERİLERİNİ KULLANARAK TÜRKİYE İÇİN GLOBAL GÜNEŞ RADYASYONU DAĞILIMININ BELİRLENMESİ

**Yasemin ÖZDEMİR**

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü,  
ANKARA, [yozdemir@mgm.gov.tr](mailto:yozdemir@mgm.gov.tr)

## ÖZET

Bu çalışmada, uydu verilerinden elde edilen bulut indekslerinin mevcut bir istatistiksel bir model ile birleştirilmesiyle geliştirilen, uydu tabanlı kuadratik model kullanılmıştır. Bu modellerle birlikte, Türkiye için daha yüksek zamansal ve uzaysal çözünürlükle aylık ortalama global güneş radyasyon değerleri elde etmek mümkün olmaktadır. Çalışma periyodu olarak 2004-2008 yılları arası seçilmiştir. 15 dakikalık gözlem periyoduna sahip olan MSG-1 ve MSG-2 uydu verileri kullanılarak 3610 noktada  $0,2^{\circ} \times 0,2^{\circ}$  (enlem x boylam) çözünürlükle Türkiye'nin aylık ve yıllık ortalama global güneş radyasyon dağılım haritaları hazırlanmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre, Türkiye ortalama  $4285 \text{ Wh/m}^2$  değerinde potansiyele sahiptir. En düşük ortalama değer  $1926 \text{ Wh/m}^2$  ile Aralık ayında, en yüksek aylık ortalama değer ise  $6726 \text{ Wh/m}^2$  ile Haziran ayında hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Radyasyonu, Kuadratik Model, MSG, Türkiye.

## GİRİŞ

Dünyanın iklimini ve atmosferini etkileyen en önemli faktör Güneş enerjisidir. Yaşamın sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir unsur olan güneş enerjisi, son günlerde iklim değişikliğinin insan yaşamı üzerindeki etkilerinin giderek artmasıyla birlikte, üzerinde daha çok çalışılması gereken bir konu olmuştur. Bu amaçla yere ulaşan güneş enerjisi miktarının belirlenmesi çok önemlidir.

Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla yapılan meteorolojik gözlemler, insan gücü ve önemli ekonomik yatırımlar gerektirmektedir. Gözlem cihazlarının pahalı olması, cihazların bakım ve kalibrasyonlarının yeterli şekilde ve sıklıkta yapılamaması, verilerin iletiminde ve saklanmasında yaşanan problemler, deneyimli ve yeterli eleman olmaması gibi problemler, gözlem istasyonlarının kurulmasını ve işletimini olumsuz yönde etkilemektedir.

Yer gözlemlerinde yaşanan bu sıkıntılar, güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için güneş radyasyonu tahmin modellemesi çalışmalarını gündeme getirmiştir. Önceleri sadece yer istasyonlarından alınan verilerle yapılan modelleme çalışmaları, daha sonraları uydu teknolojisinin gelişmesiyle birlikte; hiçbir yer verisine ihtiyaç duymadan ve sadece uydu görüntüleri kullanılarak yapılmaya başlanmıştır. Ayrıca uyduların yer gözlem istasyonlarının kurulamadığı okyanus, çöl, dağlık alanlar ve kutupsal bölgeler gibi pek çok geniş alanlardan meteorolojik bilgilerin elde edilebilmesini sağlaması da diğer bir avantajıdır.

## GÜNEŞ RADYASYONU MODELLEME ÇALIŞMALARI

Yere ulaşan global güneş radyasyonunun hesaplanmasında uydu verilerinin kullanılması ile model çalışmaları hızlanmıştır. Uydu tabanlı güneş radyasyonu modellerini üç ana başlık altında toplayabiliriz. Bunlar, fiziksel (dinamik), istatistiksel ve melez

modellerdir. Fiziksel modeller, radyasyon transfer denklemlerini çözümlerini yatay yüzeye gelen güneş radyasyonunu belirlemeye çalışırlar. Gautier ve arkadaşları (1980) tarafından yapılan çalışmalar bu yaklaşıma örnek olarak verilebilirler. Onların çalışması enerjinin korunumu ilkesine dayanmakta olup açık ve bulutlu havayı ayrı ayrı çözümlenmektedir.

İstatistiksel modeller ise uydu sayma sayıları, yansıma ve ilgili yer ölçümleri arasındaki ilişkilere dayanır. Cano ve arkadaşları (1986) tarafından gerçekleştirilen istatistiksel modelde ilk olarak uydu verilerinden bulut indeksleri hesaplanmıştır. Bulut indeksleri, mevcut uydu görüntüleri ile referans bir albedo haritasının kıyaslanması ile elde edilmiştir. Bulut indeksinin belirlenmesinden sonra güneş radyasyonu gözlem verileri kullanılarak, atmosferik geçirgenlik faktörleri hesaplanmış ve bu faktörler ile bulut indeksi arasında aranan regresyon denkleminde model oluşturulmuştur.

Melez modeller ise basit fiziksel bir yaklaşımı kullanmanın yanı sıra gözlemlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesini de içerdiğinden melez olarak adlandırılmıştır. Oldenburg Üniversitesindeki bir çalışma grubu tarafından tasarlanan bir melez model Diabate ve arkadaşları (1988) tarafından geliştirilmiştir. Model, açık ve bulutlu hava yaklaşımı olarak iki ana bölümde değerlendirilir.

### **UYDU TABANLI KUADRATİK MODEL**

Bu çalışmada kullanılan model, istatistiksel bir modeldir. Yer tabanlı istatistiksel modeller, güneşlenme süresi, sıcaklık ve bulutluluk gibi parametreler ile global güneş ışınımı arasındaki ilişkiye dayanırlar. Global güneş radyasyonu ve güneşlenme süresi arasındaki sayısal ilişki ilk olarak Angström (1924) tarafından verilmiştir. Daha sonra Prescott (1940), Angström eşitliğini şu şekilde ifade etmiştir:

$$\frac{H}{H_0} = a + b(s/S) \quad (1)$$

Bu eşitlikte  $H$  günlük global güneş radyasyonu,  $H_0$  atmosferin dış yüzeyine gelen radyasyon,  $s$  güneşlenme süresi,  $S$  atmosferik güneşlenme süresi,  $a$  ve  $b$  Angstrom katsayılarıdır. Bu denklem Angström-Prescott formülü olarak bilinir.

Akınoğlu ve Ecevit (1990), Angström denkleminin kuadratik formunu elde etmek amacı ile dünyadaki yüz farklı istasyonun  $a$  ve  $b$  değerlerinin değişimini kullandılar. Orijinal Angström doğrusal denklemi, kuadratik formda (Eş.2) türetilmiştir.

$$\frac{H}{H_0} = 0,145 + 0,845\left(\frac{s}{S}\right) - 0,280\left(\frac{s}{S}\right)^2 \quad (2)$$

Bu yaklaşım yapılan tüm istatistiksel analizlerle birlikte küresel olarak geçerliliği kanıtlanmış bir yaklaşımdır. Eğer aylık ortalama güneşlenme süresi verileri mevcut ise aylık ortalama global güneş radyasyonunu iyi bir yaklaşıklıkla tahmin edebilen bir modeldir. İstatistiksel modellerin en büyük avantajları, model performansları yüksek, uygulaması kolay ve girdi veri sayısı düşüktür. Dezavantajı ise deneysel sabitlerin doğru bir şekilde tespit edilmesi için yeteri uzunlukta veri seti gerektirmesidir.

Daha sonra 2010 yılında MGM ve Orta Doğu Teknik Üniversitesinden oluşan bir ekibin yaptığı çalışma ile yeni bir model geliştirilmiştir (Aksoy ve ark. 2011). Bu model,

Türkiye’den seçilen 5 istasyonun bir yıllık (2004) Meteosat 7 uydu verileri kullanılarak geliştirilmiştir. İlk olarak uydu görüntülerinin piksel değerlerinden türetilen bulut indeksleri hesaplanmıştır. Bulut indeksin, ilgili yerin atmosferik yansımalarının görelî bir ölçüsüdür ve Eş. (3) ile hesaplanmıştır.

$$n = \frac{\rho - \rho_{\min}}{\rho_{\max} - \rho_{\min}} \quad (3)$$

Burada  $\rho$  günlük nispi görünen albedo değeri,  $\rho_{\min}$  yüzey albedo değeri,  $\rho_{\max}$  ise maksimum albedo (diğer bir anlatım ile bulut yansımaları) değerini temsil eder. 0-1 aralığında değışen bulut indeks değeri, açık hava için 0 ve kapalı hava için 1 olacaktır.

Atmosferdeki yansıma, bulutlulukla değıştığı için yer yüzeyinden ölçülen güneşlenme süreleri ile bulut indeksi arasında anlamlı bir ilişki olmalıdır. Bulut indeksi ile güneşlenme süresi arasındaki doğrusal ilişki şu şekilde ifade edilmiştir;

$$\frac{s}{S} = c - dn \quad (4)$$

Eş. (4)’deki  $c$  ve  $d$  katsayılarını hesaplamak için Türkiye’den 5 istasyonun (Sinop, Ankara, İzmir, Afyon, Bursa) verileri kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizleri, günlük  $s/S$  değerleri ile günlük ve aylık olarak hesaplanmış bulut indeksi değerleri kullanılarak yapılmıştır.  $s/S$  ile  $n$  arasında bütün istasyonların günlük verileri kullanılarak aşağıdaki doğrusal ilişki elde edilmiştir.

$$\frac{s}{S} = 0,8181 - 0,8496n \quad (5)$$

Bulunan ilişki Eş. (2)’de yerine konularak yeni kuadratik yaklaşım şu şekilde ortaya konmuştur;

$$\frac{H}{H_0} = 0,649 - 0,329n - 0,202n^2 \quad (6)$$

Bu yöntem Uydu Tabanlı Kuadratik Model (SBQ) olarak adlandırılmıştır. Modelin performansını değıerlendirmek için 5 istasyonun 2005 yılı verileri Eş. (6)’da kullanılarak tahmini global güneş radyasyon değerleri hesaplanmıştır. Doğrulama çalışmaları sonucunda; uydu tabanlı kuadratik modelin, aylık ortalama global güneş radyasyonunu ortalama % 8,91 gibi bir nispi hata ile hesaplayabildiğı bulunmuştur. Bu model, ilgili istasyonların aylık ortalama bulut indeksleri kullanılarak ve  $H_0$ ’nunda bilinen formüllerden hesaplanması ile global güneş radyasyonunu veren bir eşitliktir.

2012 yılında, Uydu Tabanlı Kuadratik Model kullanılarak 2007 yılı için Türkiye’de global güneş radyasyonu dağılımı  $0,2^\circ \times 0,2^\circ$  çözünürlükle hesaplanmıştır (Özdemir, 2012). Doğrulama çalışması için altı meteoroloji istasyonu (Afyon, Ankara, Bolu, Bursa, İstanbul ve Uşak) seçilmiştir. Her istasyon için uydu tabanlı kuadratik model kullanılarak; hesaplanan aylık ve yıllık ortalama global radyasyon değerleri ile meteoroloji istasyonlarından alınan aylık ortalama global güneş radyasyonu verileri arasında istatistiksel bir takım hesaplamalar yapılmıştır ve Tablo 1’de sonuçlar verilmiştir.

Tablo 1. Model ve gözlem çıktılarının istatistiksel analizleri

İstasyonlar	Yıllık Ort. (Model) (Wh/m <sup>2</sup> )	Yıllık Ort. (Gözlem) (Wh/m <sup>2</sup> )	MBE (Wh/m <sup>2</sup> )	RMSE (Wh/m <sup>2</sup> )	RE (%)
Afyon	5262	5455	-193	504	9,2
Ankara	4553	4633	-80	457	9,9
Bolu	4273	4187	86	308	7,4
Bursa	4463	4086	377	448	11,0
İstanbul	4906	4797	109	420	8,8
Uşak	4481	4532	-51	360	7,9
<b>ORTALAMA</b>	<b>4656</b>	<b>4615</b>	<b>41</b>	<b>416</b>	<b>9,0</b>

Yapılan hesaplamalarda ortalama nispi hata oranı % 9.0, ortalama MBE 41 Wh/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu ise uydu tabanlı kuadratik model çıktılarının, gözlem çıktılarına göre ortalama 41 Wh/m<sup>2</sup> kadar yüksek değer ürettiğini göstermektedir. Ortalama değer 4656 Wh/m<sup>2</sup> olduğu düşünülürse; model sapmasının makul sınırlarda olduğu söylenebilir. Mutlak değer anlamında; RMSE'nin MBE sonuçlarına göre oldukça artması, farklara ait pozitif ve negatif sayılarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Bu sonuç da istatistiksel olarak anlamlıdır.

### UYDU VERİLERİ VE İŞLENMESİ

Bu çalışmada ise daha geniş bir dönem seçilerek (2004 – 2008) Türkiye için daha sağlıklı bir potansiyel belirleme çalışması yapılmıştır. Radyasyon verileri uydu tabanlı kuadratik modelden elde edilmiştir.

Uydu verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Uzaktan Algılama Biriminden HRIT (High Rate Information Transmission) formatında sağlanmıştır. HRIT formatında alınan ham veriler HDF5 (Hierarchical Data Format) formatına dönüştürülmüştür. HDF5 formatındaki bu veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Uzaktan Algılama Birimi'nde geliştirilen MSGView (Aydın E. ERTÜRK) programı kullanılarak işlenmiştir. Bunun sonucunda; öncelikle radyans değerleri ve bu değerlerden de nispi yansıma (reflektans) değerleri elde edilmiştir.

Nispi yansıma değerleri kullanılarak,  $\rho_{\min}$  ve  $\rho_{\max}$  değerlerini içeren bir Albedo atlası oluşturulmuştur. Albedo atlası ve Eş. (3) kullanılarak bulut indeksleri hesaplatılmıştır. Hesaplanan aylık ortalama bulut indeks değerleri, Aksoy ve ark. (2011) tarafından geliştirilen Uydu Tabanlı Kuadratik Model yaklaşımında yerine konularak (Eş.6), aylık ortalama global güneş radyasyon değerleri hesaplanmıştır. Eş. (6)'da geçen  $H_0$  (ekstraterrestrial radyasyon) Duffie ve Beckmann (1974) tarafından şu şekilde verilmiştir:

$$H_0 = \frac{24}{\pi} I_{sc} \left[ 1 + 0,033 \cos \left( \frac{360n}{365} \right) \right] \left[ \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin w_s + \left( \frac{2\pi}{360} \right) w_s \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta \right] \quad (7)$$

Burada,  $I_{sc}$ , güneş sabiti (1367 W/m<sup>2</sup>), n yılın günü,  $\phi$ , ilgili yerin enlemi,  $\delta$ , güneş deklinasyon açısıdır.

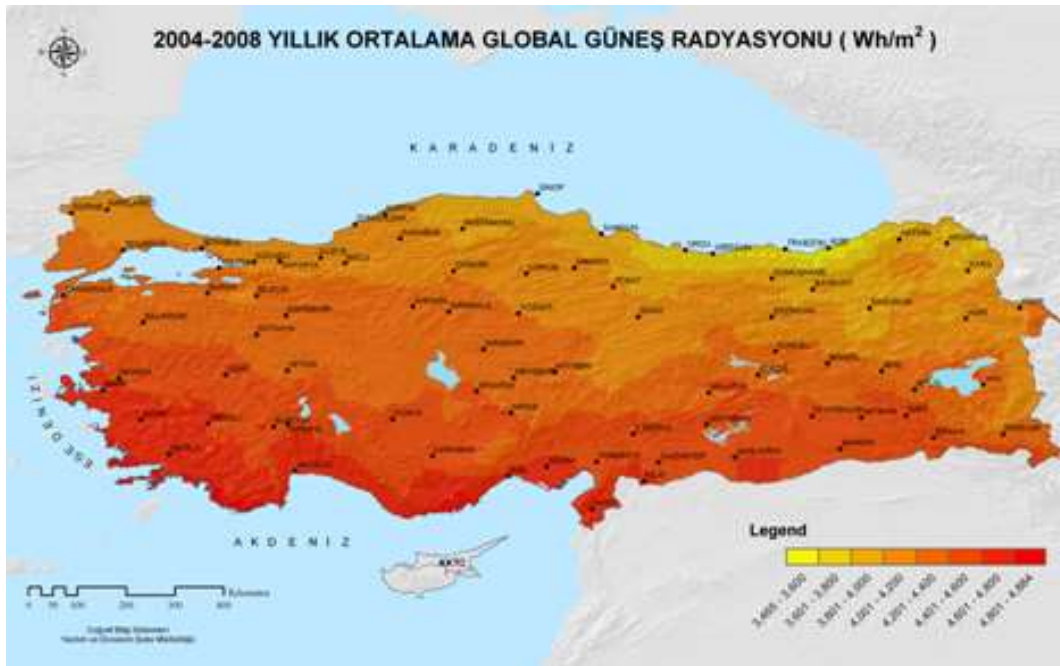
Aylık ortalama global güneş radyasyonu hesaplamaları için MS-Excel bilgisayar programı kullanılmıştır. Şekil 1'de model çıktılarına göre hesaplanan Türkiye'deki 3610

grid noktasının merkezleri gösterilmiştir. Grid noktalarının her biri 0,2° enlem ve 0,2° boylama eşit bir alanı temsil etmektedir.



Şekil 1. Model çıktılarına göre hesaplanan Türkiye'deki 3610 grid noktasının Merkezleri

Hesaplamalar sonucunda, 2004-2008 yılları için aylık ve yıllık ortalama global radyasyon değerleri elde edilmiştir. Dağılımı belirlemek için de ARC-GIS yazılımı kullanılarak haritalandırma yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda ise aylık ve yıllık ortalama radyasyon dağılım haritaları elde edilmiştir. Yer kısıntısından dolayı burada yalnızca yıllık ortalama (Şekil 2) ve ekstrem aylara (Şekil 3 ve 4) ait dağılım haritaları verilmiştir.



Şekil 2. 2004-2008 yılları arası yıllık ortalama Global Güneş Radyasyonu dağılım haritası.



Şekil 3. 2004-2008 yılları arası Haziran ayları ortalama global güneş radyasyonu dağılım haritası.



Şekil 4. 2004-2008 yılları arası Aralık ayları ortalama global güneş radyasyonu dağılım haritası

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Şekil 2’de 2004-2008 yılları için 5 yıllık ortalama, Şekil 3 ve 4’de ise sırasıyla haziran ve aralık aylarına ait ortalama global güneş radyasyonu dağılım haritaları verilmiştir. Bu haritalarda da görüldüğü gibi, güney enlemlerden kuzey enlemlere gidildikçe, global güneş radyasyonu şiddeti azalmaktadır. Bir diğer anlatım ile beklenildiği gibi; radyasyondaki değişim, enleme paralel bir görünüm sergilemektedir. Global güneş

radyasyon şiddeti Türkiye'nin güney bölgelerinde en yüksek değerlere sahipken, kuzeydoğusunda ise en düşük değerlere sahiptir. Enlemlere paralel olarak değişen dağılımın, kuzeydoğu bölgelerimiz üzerinde bir miktar bozulduğu görülmektedir. Bu ise bölgenin oldukça yüksek dağlara sahip olmasının ve Türkiye'yi etkileyen genel atmosferik dolaşımın doğal bir sonucudur. Elde edilen tüm sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda aylara ait değerler ülke genelindeki 3610 grid noktasının ortalamalarıdır.

Elde edilen tüm verilere göre 5 yıllık ortalama global güneş radyasyonu 3351 ile 4892 Wh/m<sup>2</sup> arasında değişmekte olup ortalaması 4285 Wh/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. En yüksek değer 4892 Wh/m<sup>2</sup> ile güney batı kesimlerde ve 2008 yılında tespit edilmiştir. En düşük değer ise 3351 Wh/m<sup>2</sup> ile ülkemizin kuzeydoğusunda ve 2006 yılında belirlenmiştir.

Tablo 2. Aylık ve yıllık ortalama global güneş radyasyonu (Wh/m<sup>2</sup>).

YILLAR		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
2004	Min	889	1182	2549	4162	4629	5081	4827	4224	3965	2979	1599	778	3507
	Max	2642	3487	4705	5787	6756	7219	7159	6478	5388	4134	2905	2476	4847
	Ort	1727	2518	4060	5130	5975	6634	6737	5932	4934	3521	2252	1798	4268
2005	Min	907	1322	1938	3933	4971	4692	4794	4311	3788	2384	1184	1072	3393
	Max	2622	3574	4614	5812	6700	7310	7119	6491	5352	4110	2927	2535	4834
	Ort	2002	2555	3708	4987	5944	6688	6685	6001	4745	3391	2256	1866	4236
2006	Min	1038	989	2303	3901	4790	4380	3536	4877	3679	2594	1009	733	3351
	Max	2762	3462	4630	5614	6924	7241	7111	6493	5271	3913	3045	2712	4820
	Ort	1927	2384	3839	4981	6193	6757	6537	6041	4691	3223	2512	2113	4266
2007	Min	1340	1857	2402	3330	5058	5023	5193	4332	3959	2861	1403	1321	3554
	Max	2822	3597	4716	5924	6618	7153	7165	6405	5415	4091	2986	2556	4821
	Ort	2170	2696	3893	4964	6080	6716	6670	5948	4857	3542	2406	1996	4327
2008	Min	973	974	2761	3940	4656	5114	4641	3988	3597	2769	1944	1124	3494
	Max	2900	3719	4682	5756	6892	7309	7190	6460	5272	4089	2955	2512	4892
	Ort	2140	2623	3950	5038	6180	6833	6782	5941	4573	3498	2505	1859	4327
Ort.	Min	889	974	1938	3330	4629	4380	3536	3988	3597	2384	1009	733	3351
	Max	2900	3719	4716	5924	6924	7310	7190	6493	5415	4134	3045	2712	4892
	Ort	1993	2555	3890	5020	6074	6726	6682	5973	4760	3435	2386	1926	4285

Tablo 2'ye göre Haziran ayında dağılım, 4380 ile 7310 Wh/m<sup>2</sup> arasında değişmekte olup ortalaması 6726 Wh/m<sup>2</sup>'dir. Haziran ayları içinde hesaplanan en düşük değer 2006 yılında ülkemizin kuzeydoğusunda Rize ilinde belirlenmiştir. En yüksek değer ise Muğla ilinde ve 2005 yılında belirlenmiştir.

Tablo 2'ye göre Aralık ayında global radyasyon, 733 ile 2712 Wh/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Aralık ayları ortalaması ise 1926 Wh/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. En düşük değer, ülkemizin kuzeydoğusunda, 3080 metre yükseklikteki Rize-Erzurum il sınırında olmak üzere 2006 yılında belirlenmiştir. En yüksek değer ise yine ülkemizin güneybatısında Muğla ili civarında 2006 yılında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, NASA verileri ile yapılan bir başka çalışma (Aksoy, 2011) ile de uyum içerisindedir.

## DEĞERLENDİRME

Güneş enerjisi ülkemizin iklim ve coğrafyasına uygun bir alternatif enerji kaynağıdır. Bu amaçla ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli belirlenmesi için pek çok çalışma hala üniversitelerde ve çeşitli devlet kurumlarında yapılmaktadır. Tabii bu potansiyelin belirlenmesi için uzun zamanlı ve doğru ölçülmüş veri setlerine ihtiyaç vardır.



Bu çalışmada, MGM ve ODTÜ Fizik Bölümünden oluşturulan bir ekibin geliştirdikleri istatistiksel bir model olan uydu tabanlı kuadratik model kullanılmıştır. 2004 - 2008 yılları arası MSG uydu verileri kullanılarak Türkiye’de 5 yıllık periyot için güneş enerjisi potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. 2004 yılından 2008 yılına kadar MSG uydusu Kanal 1(VIS 0.6) verileri kullanılarak bir takım yazılımlar yardımıyla bulut indeksleri hesaplanmış, daha sonrada uydu tabanlı kuadratik model kullanılarak aylık ve yıllık ortalama global güneş radyasyonu değerleri 3610 nokta için  $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$  çözünürlükle hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonucunda Türkiye haritası üzerindeki dağılımını görmek için 5 yıllık ortalama ve 5 yıllık aylık ortalama global güneş radyasyonu dağılım haritaları ARCGIS programı kullanılarak çizilmiştir. Ayrıca tüm çıktılar ortalama bazda Tablo 2 de verilmiştir. Elde edilen çıktılara göre, 5 yıllık ortalama global güneş radyasyonu değerleri 3351 ile 4892 Wh/m<sup>2</sup> arasında değişirken, Haziran aylarının ortalama değerleri 4380 ile 7310 Wh/m<sup>2</sup> arasında, Aralık aylarının ortalama değerleri ise 733 ile 2712 Wh/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu çalışmayla birlikte görülmüştür ki; sadece uydu görüntülerinden elde edilen veriler kullanılarak, hiçbir yer verisine ihtiyaç duymadan yere gelen güneş radyasyonunun şiddetini belirlemek mümkündür.

Yer gözlemleri güneş enerjisi potansiyelini belirleme çalışmaları için gereklidir. Son yıllarda gelişen yer gözlem sistemleri oldukça güvenilir ölçümler yapmaktadırlar. Yer gözlemlerinin yapılamadığı yerlerde model çıktıları en azından bir fikir vermesi açısından önemlidir. Uydu verilerinin zamansal ve uzaysal çözünürlüğü çok yüksektir. Bu çözünürlüklere yer verileriyle ulaşmak mümkün değildir. Uydu görüntülerinden, sıcaklık, nem, rüzgar gibi farklı türde veriler elde edilebilir. Uydu verilerini iklim değişikliği gibi farklı alanlarda kullanmak mümkündür. Ve bu çalışmayla da gördük ki uydu verilerini kullanarak yapılan model çalışmaları da oldukça iyi performans sergilemektedir. Ayrıca gün geçtikçe ilerleyen uydu teknolojisiyle birlikte daha kısa zamanlarda ve çok daha yüksek çözünürlükle veri elde etmek mümkün olmaktadır.

#### **Teşekkür**

MGM’de birlikte çalıştığım ve çalışmamda bana her türlü yardımını esirgemeyen Bülent AKSOY’a, yine çalışmalarında kullandığım programları yazan Kemal DOKUYUCU’ya, ve haritalandırma konusundaki yardımlarından dolayı Zerrin DEMİRÖRS’e teşekkür ederim.

#### **KAYNAKLAR**

Akinoğlu, B.G., A review of sunshine- based models used to estimate monthly average global solar radiation, *Renewable Energy*, 1( 3/4): 479-497, 1991.

Akinoğlu, B.G. and Ecevit A., Construction of a quadratic model using modified angstrom coefficients to estimate global solar radiation, *Solar energy*, 45: 85-92, 1990.

Angström, A., Solar and terrestrial radiation, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 50: 121-126, 1924.

Aksoy, B., Ener Ruşen, S. and Akinoğlu, B.G., A simple correlation to estimate global solar irradiation on a horizontal surface using METEOSAT satellite images, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 35:125–137, 2011.

Aksoy, B., Solar radiation over Turkey and its analysis, *International Journal of Remote Sensing*, 1–12 ,2011.

Cano, D., Monget, J.M., Albuisson, M., Guillard, H., Regas, N. and Wald, L., A method for the determination of the global solar radiation from meteorological satellite data, *Solar Energy*, 37(1): 31-39, 1986.

Diabeté, L., Demarcq, H., MichouD-Regas, N. and Wald, L., Estimating incident solar radiation at the surface from images of the earth transmitted by geostationary satellites: the Heliosat Project, *Int. J. Solar Energy*, 5, 261- 278, 1988.

Duffie, J. A. and Beckman, W. A., *Solar engineering of thermal processes*, John Wiley & Sons, USA, 1-18, 1974.

Gautier, C., Diak, G. and Masse, S., A simple physical model to estimate incident solar radiation at the surface from GOES satellite data”, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 19: 1005-1012, 1980.

Hammer, A., Heinemann, D., Hoyer, C., Kuhlemann, R., Lorenz. E., Müller, R. and Beyer, H.G., Solar energy assessment using remote sensing Technologies, *Remote Sensing of Environment*, 86: 423-432, 2003.

Iqbal, M., *An introduction to solar radiation*, Academic Press, Toronto, 101, 1983.

Özdemir, Y., *Uydu Tabanlı Kuadratik Model ile Türkiye’de Güneş Radyasyonu Dağılımının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, Ankara, 2012.

Prescott, J.A., Evaporation from a water surface in relation to solar radiation, *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 64: 114-148, 1940.