

ADANA İLİNDE EĞİK YÜZEYLERE GELEN GÜNEŞ IŞINIM MİKTARININ BELİRLENMESİ

Hüsamettin BULUT

Harran Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Osmanbey Yerleşkesi, Şanlıurfa
Tel: 0.414.344 00 20, Faks: 0.414. 344 00 31, E-mail: hbulut@harran.edu.tr

ÖZET

Yatay düzleme gelen güneş ışınımı ölçülmesine ve kolaylıkla bu değerlere ulaşılmasına rağmen, eğik yüzeye gelen güneş ışınımı deneysel amaçlar dışında doğrudan ölçülmemekte ve yerleşim yerleri için bu değerler mevcut değildir. Eğik düzleme gelen güneş ışınımı, yatay düzleme gelen ölçüm değerleri kullanılarak farklı güneş ışınım modelleri yardımı ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada 21 yıllık uzun dönem yatay düzleme gelen saatlik güneş ışınım değerleri kullanılarak değişik açılardaki eğik düzleme gelen güneş ışınımı Adana ili için belirlenmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir. Elde edilen değerler tablo ve diyagramlarda sunulmuştur. Adana ili için değişik açılardaki güneye yöneltilmiş eğimli yüzeylere gelen güneş ışınımı değerlerinin, güneş enerjisi uygulamalarında sistem tasarım ve analizinde tasarımcı, mimar ve mühendislere yararlı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Işınımı; Eğik Düzlem; Güneş Işınım Modelleri, Adana.

ABSTRACT

Although solar radiation data are measured in the form of global radiation on a horizontal surface and these data are attained easily, solar radiation on inclined surfaces is not measured except experimental studies and the data are not available for many sites. Solar radiation incident on tilted surfaces is calculated using the values of global radiation on a horizontal surface and different solar radiation models. In this study, solar radiation data incident on tilted surfaces at different angle are determined for Adana province by using 21 years long-term the hourly values of global radiation on a horizontal surface. The results obtained from the study are analyzed and presented in tables and graphs. It is expected that the data of solar radiation incident on inclined south oriented surfaces for Adana will be useful to the

designers, architects and engineers in the design and assessment of solar energy systems as well as those who need to have fairly good estimates of solar radiation on tilted surfaces for Adana.

Keywords: Solar Radiation; Tilted Surface; Solar Radiation Models; Adana.

1.GİRİŞ

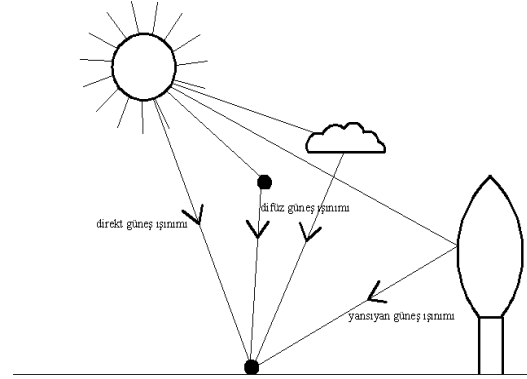
Güneş ışınım şiddeti verileri, bina enerji analizi ve güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında ve performans değerlendirmesinde gerekli temel parametrelerdir. Güneş enerjisi ile ilgili hesaplamalarda güneş ışınım verilerinin ele alınan yer için bulunması gerekir. Türkiye’de güneş ışınım şiddeti ölçümlerini, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI), Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) ve bazı üniversiteler sadece yatay düzlem için yapmaktadır. Dolayısıyla Türkiye’nin birçok yerleşim yeri için yatay düzleme gelen toplam güneş ışınım şiddeti bulunmakta ve bu verilerden bazıları çeşitli kaynaklarda yer almaktadır (Kılıç ve Öztürk,1983; Uyarel ve Öz, 1987; Bulut vd., 1999; EİE, 2001; Bulut ve Büyükalaca, 2003; Bulut, 2004).

Güneş enerjisi sistemlerindeki kolektör ve fotovoltaik paneller eğimli olarak yerleştiklerinden tasarım aşamasındaki ısı hesaplamalar ve sistem simülasyonları için eğik düzleme gelen güneş ışınımının bilinmesi gerekir. Yatay düzleme gelen güneş ışınımı ölçülmesine ve kolaylıkla bu değerlere ulaşılmasına rağmen, eğik yüzeye gelen güneş ışınımı deneysel amaçlar dışında doğrudan ölçülmemekte ve yerleşim yerleri için bu değerler mevcut değildir. Eğik düzleme gelen güneş ışınımı, yatay düzleme gelen ölçüm değerleri kullanılarak farklı güneş ışınım modelleri yardımı ile tespit edilmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, uzun dönem yatay düzleme gelen güneş ışınım değerleri kullanılarak değişik açılardaki eğimli yüzeylere gelen güneş ışınımı değerlerini Adana (Enlem 36° 59’ K, Boylam 35° 18’ D, Rakım 21 m) ili için tespit etmektedir. Hesaplamalarda DMI’den temin edilen 1986-2006 yılları arası 21 yıllık yatay düzleme gelen saatlik güneş ışınım değerleri kullanılmıştır.

2. EĞİMLİ YÜZEYE GELEN GÜNEŞ IŞINIMI VE HESAPLANMASI

Güneş enerjisi uygulamalarında güneş enerjisinin ısı veya elektriğe dönüştürüldüğü yüzeyler eğimli yerleştirildiklerinden, eğimli yüzeye gelen güneş ışınımı, hesaplamalarda önemli ve temel parametredir. Yeryüzündeki herhangi bir yüzeye gelen toplam güneş ışınımı, direkt, difüz ve yansıyan ışınımlardan oluşur (şekil 1).



Şekil 1. Yeryüzüne gelen güneş ışınım çeşitleri

Eğimli yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı; eğimli yüzeye gelen saatlik direkt, difüz ve yansıyan ışınımların toplamıyla hesaplanır. Bu bileşenlerin hesaplanabilmesi için yatay yüzeye gelen toplam, difüz ve direkt güneş ışınımlarının bilinmesi gerekir. Eğimli yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı (I_{TE}) aşağıdaki denklem ile hesaplanır (Liu ve Jordan, 1961; Duffie ve Beckman, 1980; Iqbal, 1983; Hsieh, 1986);

$$I_{TE} = I_{be} + I_{de} + I_{re} \quad (1)$$

Burada I_{be} , I_{de} ve I_{re} sırasıyla eğimli yüzeye gelen direkt, difüz ve yansıyan ışınımı ifade etmektedir. Direkt, difüz ve yansıyan ışınım değerleri çeşitli modellerden yararlanarak hesaplanır. Direkt ışınım için Liu ve Jordan ve Jimenez ve Castro modeli kullanılmaktadır (Durmaz, 2007). Bu çalışmada izotropik model olarak Liu ve Jordan modeli (Liu ve Jordan, 1960; Liu ve Jordan, 1963; Wong ve Chow, 2001; Notton vd., 2006) esas alınmıştır. Liu ve Jordan modelinde eğik düzlem için direkt ışınım;

$$I_{be} = I_b R_b \quad (2)$$

denklemleri ile hesaplanır. R_b direkt ışınım dönüşüm katsayısı olup;

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (3)$$

denklemleri ile ifade edilir. θ_z zenit açısı olup,

$$\cos \theta_z = \sin d \sin e + \cos d \cos e \cos w \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanır. d deklinasyon açısı, e enlem açısı, w ise saat açısıdır. θ ise güneş yükseklik açısı olup güneşe yöneltilmiş eğimli yüzeyler için aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$\cos \theta = \sin d \sin(e - \beta) + \cos d \cos(e - \beta) \cos w \quad (5)$$

$$d = 23.45 \sin \left[\frac{2\pi n}{365} (n + 284) \right] \quad (6)$$

Burada n , 1 Ocak'tan itibaren yılın günlerini göstermektedir. Örneğin 1 Ocak için $n=1$, 31 Aralık için ise $n=365$ 'dir. β ise yüzey eğim açısıdır. I_b yatay düzleme gelen saatlik direkt güneş ışınımı olup yatay düzleme gelen toplam ışınım ile difüz ışınımının farkı olarak hesaplanır.

$$I_b = I - I_d \quad (7)$$

Burada I , yatay düzleme gelen toplam güneş ışınım değeri olup, bu çalışmada Adana ili için 1986-2006 yılları arası 21 yıllık uzun dönem ölçüm değerleri kullanılmıştır.

Eğimli yüzeylere gelen saatlik difüz güneş ışınım değeri literatürde bulunan modeller yardımı ile hesaplanabilmektedir. Bu modellerde eğimli yüzeye gelen saatlik difüz ışınım, yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınımı, eğim açısı ve direkt ışınım dönüşüm katsayısının fonksiyonu olarak ifade edilmektedir (Vartiainen, 2000; Miguel vd., 2001; Notton vd., 2002; Notton vd., 2004; Bulut vd., 2006; Notton vd., 2006). Bu çalışmada difüz güneş ışınım bileşeni için Liu ve Jordan modeli kullanılmıştır. Eğik düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınımı;

$$I_{de} = \frac{1}{2} I_d (1 + \cos \beta) \quad (8)$$

denklemleri ile hesaplanır (Notton vd., 2006). β yüzey eğim açısı, I_d ise yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınımıdır. Yatay düzleme gelen saatlik toplam ve difüz ışınımın şiddetlerinin bilinmesi özel araştırmalar ve mühendislik uygulamaları için gereklidir. Yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımının ölçümü birçok meteorolojik istasyonda yapılmakta olup ölçülen değerlere ulaşma imkânı kolaydır. Ancak yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım şiddeti, sadece özel çalışmalar için ölçülmekte olup bu verilere ulaşma imkânı oldukça kısıtlıdır. Bundan dolayı değişik kaynaklarda yer alan yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım modellerinden faydalanılarak mühendislik uygulamaları ve özel çalışmalar için gerekli yatay düzleme gelen saatlik difüz ışınım hesaplanabilmektedir. Yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınım şiddetinin belirlenmesinde kullanılan modeller saatlik berraklık indeksi ve difüz ışınım oranı gibi parametrelerin fonksiyonu

olarak verilmektedir (Miguel vd., 2001; Wong ve Chow, 2001). Bu çalışmada saatlik difüz güneş ışınımı için Liu ve Jordan modeli kullanılmıştır;

$$I_d = I_0(0.384 - 0.416k_t) \quad (9)$$

Burada I_0 atmosfer dışı yatay düzleme gelen saatlik güneş ışınımı değeri ve k_t ise saatlik berraklık indeksi olup;

$$k_t = \frac{I}{I_0} \quad (10)$$

eşitliği ile hesaplanır (Bulut vd., 1999). Burada I [$\text{MJ}/\text{m}^2\text{h}$] yatay düzleme 1 saatlik periyod içerisinde gelen toplam güneş ışınım şiddetini göstermektedir. I_0 [$\text{MJ}/\text{m}^2\text{h}$] ise atmosfer dışı saatlik toplam güneş ışınım şiddeti olup;

$$I_0 = \left(\frac{12 \times 3600}{\pi} \right) I_c f \left[\frac{\cos(e)\cos(d)(\sin(w_2))}{-\sin(w_1)) + (w_2 - w_1)}{\sin(e)\sin(d)} \right] \times 10^{-6} \quad (11)$$

eşitliğiyle belirlenebilir. I_c güneş sabiti ($1367 \text{ W}/\text{m}^2$), w_2 ve w_1 saat açıları olup t_1 ve t_2 güneş saatleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanırlar:

$$w_1 = (t_1 - 12) \times 15 \quad (12)$$

$$w_2 = (t_2 - 12) \times 15 \quad (13)$$

f güneş sabitini düzeltme faktörü olup, aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$f = 1 + 0.033 \cos \left[\frac{2\pi m}{365} \right] \quad (14)$$

Eğik düzleme gelen saatlik difüz güneş ışınımı ise;

$$I_{re} = \frac{1}{2} \rho I (1 - \cos \beta) \quad (15)$$

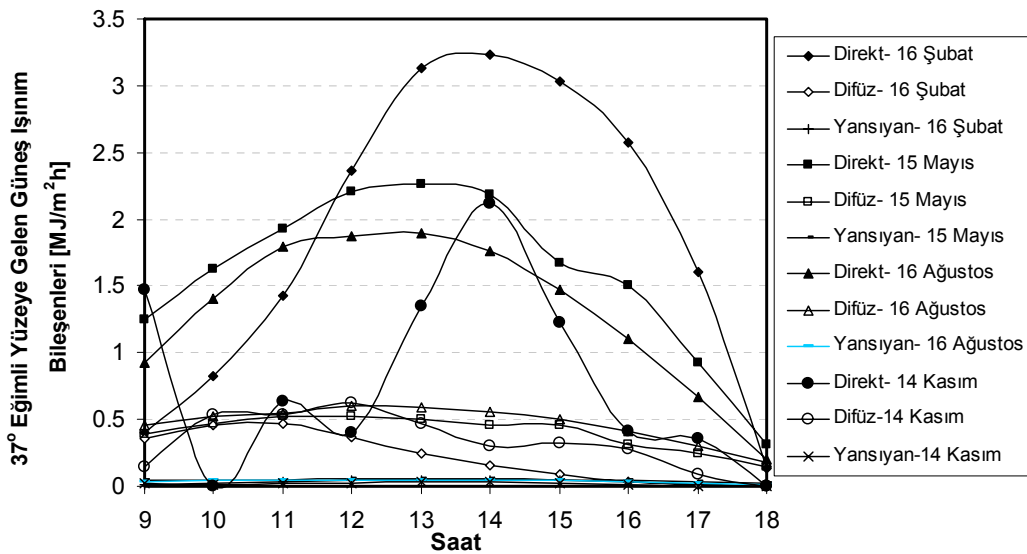
denklemi ile hesaplanmaktadır (Duffie ve Beckman, 1980; Hsiesh, 1986). Burada ρ yüzey yansıtma oranını ifade etmektedir. Bu çalışmada literatürde (Dinçer, 1995; Nijmeh ve Mamlook, 2000; Notton vd., 2006) genellikle kullanılan 0.2 değeri yüzey yansıtma oranı olarak hesaplamalarda esas alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

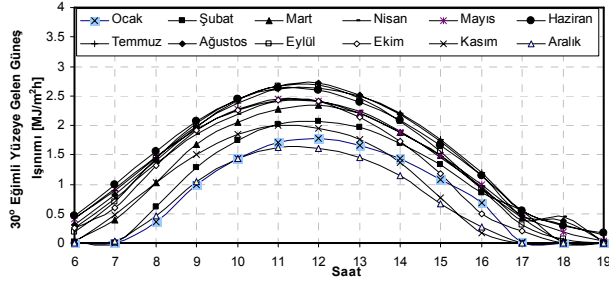
Bu çalışmada eğik düzleme gelen güneş ışınımı hesabında Liu ve Jordan'ın izotropik modelleri kullanılmıştır. 5° 'lik açılarla 90° 'ye kadar güneye yönlendirilmiş eğimli yüzeylere gelen güneş ışınımı 1986-2001 yılları arası her yıl için hesaplanmıştır. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin kollektörü, yıl boyu çalışan bir işletme durumu için bulunulan yerin enlem derecesine eşit bir açı ile veya yalnız yaz sezonunda sıcak suyun istenildiği işletme durumunda bulunulan yerin enlem derecesinden 15° eksik bir açı ile veya yalnız kışın kullanılması durumunda enlem derecesinden 15° fazla bir açı ile yerleştirilmesi tavsiye edilir (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 1984; Dinçer, 1995). Dolayısıyla bu tür işletme durumlarında kullanılmak üzere (Kolektör için eğim açısı: Yılık= 37° , Yaz= 22° , Kış= 57°) eğimli yüzeye gelen güneş ışınım değerleri de Adana ili için hesaplanmıştır. Çizelge 1'de yaz, yıllık ve kış işletme durumuna göre güneye yönlendirilmiş eğimli yüzeye gelen saatlik güneş ışınım değerleri verilmektedir. Çizelge 1'den yüzeye gelen güneş ışınımı en yüksek değerini saat 11-13 arasında aldığı görülmektedir. Şekil 2'de Adana ilinin enlem derecesine eşit (37°) eğim açısı için her mevsimi temsil edecek günler için yüzeye gelen güneş ışınım çeşitlerinin gün boyunca değişimi 2006 yılı için verilmiştir. Şekil 2'den direkt ışınımın toplam güneş ışınımı içinde önemli bir bileşen olduğu görülmektedir. Ayrıca difüz ışınımın gün içinde fazla değişim göstermediği ve yansıyan ışınımında gün boyunca çok düşük değerler aldığı belirlenmiştir. Şekil 3 ve 4'te sırasıyla 30° ve 40° eğim açıları için tipik saatlik güneş ışınımının değişimi tüm aylar için görülmektedir. Çizelge 2'de her ayı temsil eden günlerde eğik yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının 21 yıllık ortalama değerleri farklı eğimler için verilmiştir. Çizelge 2'deki değerler esas alınarak aylara göre en yüksek ışınım değerlerinin elde edildiği eğim açıları koyu olarak belirtilmiştir. Beklendiği gibi yaz aylarında düşük açılar ve kış aylarında ise yüksek eğim açıları en yüksek ışınım değerlerini elde etmek için uygun olduğu tespit edilmiştir. Eğim açısına göre yüzeye gelen güneş ışınımının aylara göre değişimi şekil 5'te verilmektedir. Şekilden her ayın en yüksek güneş ışınım değerini farklı açılarda aldığı görülmektedir. Bahar ve yaz aylarında düşük açılar, güz ve kış aylarında ise yüksek açılar en fazla güneş ışınımını toplamak için uygun olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Yaz, yıllık ve kış işletme durumuna göre eğimli yüzeye gelen saatlik güneş ışıınım değeri [$\text{MJ}/\text{m}^2\text{h}$]

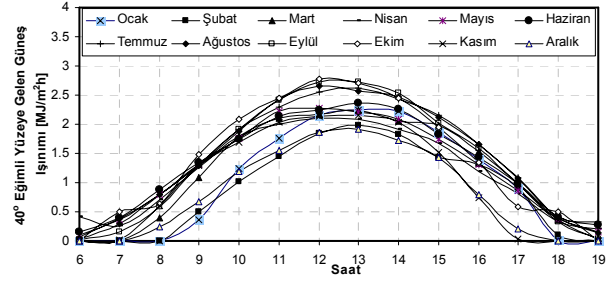
Açı	Ay	Saat											
		7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
22°	1	0.11	0.37	0.94	1.36	1.62	1.67	1.56	1.34	0.97	0.57	0.02	0
	2	0.03	0.61	1.23	1.67	1.93	1.98	1.88	1.61	1.25	0.78	0.44	0
	3	0.4	1.02	1.64	2.01	2.22	2.29	2.16	1.84	1.44	0.9	0.4	0.03
	4	0.78	1.37	1.85	2.19	2.41	2.42	2.25	1.9	1.47	0.97	0.42	0.36
	5	0.98	1.52	1.98	2.31	2.48	2.46	2.25	1.93	1.53	1.06	0.52	0.18
	6	1.07	1.63	2.13	2.51	2.69	2.67	2.46	2.16	1.74	1.23	0.63	0.29
	7	0.94	1.51	2.04	2.43	2.67	2.69	2.55	2.27	1.84	1.27	0.65	0.3
	8	0.85	1.43	1.99	2.44	2.68	2.72	2.53	2.22	1.77	1.2	0.53	0.33
	9	0.7	1.42	2.02	2.42	2.63	2.64	2.43	2.04	1.53	0.92	0.32	0.06
	10	0.56	1.25	1.83	2.17	2.34	2.32	2.06	1.65	1.13	0.48	0.17	0
	11	0.42	0.93	1.41	1.74	1.89	1.85	1.66	1.27	0.72	0.16	0	0
	12	0.05	0.45	0.97	1.34	1.53	1.5	1.36	1.07	0.61	0.23	0	0
37°	1	0.21	0.36	1.02	1.48	1.77	1.83	1.73	1.51	1.14	0.77	0.02	0
	2	0.03	0.62	1.3	1.78	2.05	2.12	2.02	1.75	1.39	0.93	0.64	0
	3	0.38	1.02	1.68	2.06	2.28	2.35	2.22	1.89	1.49	0.94	0.45	0.03
	4	0.73	1.32	1.81	2.15	2.37	2.38	2.21	1.85	1.42	0.91	0.36	0.51
	5	0.88	1.41	1.86	2.2	2.37	2.34	2.14	1.81	1.42	0.94	0.41	0.18
	6	0.92	1.48	1.97	2.35	2.54	2.51	2.3	2	1.57	1.04	0.45	0.29
	7	0.84	1.39	1.91	2.29	2.53	2.55	2.41	2.11	1.67	1.09	0.46	0.3
	8	0.79	1.36	1.91	2.37	2.61	2.66	2.46	2.14	1.68	1.09	0.42	0.43
	9	0.69	1.43	2.04	2.45	2.68	2.68	2.47	2.06	1.54	0.92	0.3	0.08
	10	0.62	1.36	1.97	2.31	2.49	2.46	2.19	1.76	1.2	0.52	0.24	0
	11	0.53	1.07	1.58	1.92	2.08	2.02	1.82	1.41	0.8	0.17	0	0
	12	0.04	0.49	1.08	1.49	1.68	1.66	1.51	1.21	0.7	0.31	0	0
52°	1	0.29	0.34	1.05	1.52	1.83	1.89	1.8	1.6	1.25	0.92	0.02	0
	2	0.09	0.6	1.31	1.79	2.07	2.13	2.05	1.8	1.46	1.02	0.8	0
	3	0.35	0.98	1.62	2	2.21	2.28	2.16	1.85	1.46	0.93	0.49	0.03
	4	0.65	1.2	1.67	2	2.21	2.22	2.06	1.72	1.3	0.81	0.29	0.64
	5	0.73	1.23	1.65	1.98	2.14	2.12	1.92	1.61	1.23	0.77	0.29	0.17
	6	0.74	1.25	1.71	2.07	2.25	2.23	2.03	1.74	1.32	0.81	0.26	0.28
	7	0.7	1.19	1.67	2.04	2.26	2.28	2.14	1.85	1.42	0.86	0.25	0.3
	8	0.69	1.22	1.74	2.17	2.41	2.45	2.26	1.94	1.5	0.93	0.29	0.51
	9	0.65	1.36	1.95	2.35	2.57	2.58	2.37	1.98	1.47	0.86	0.27	0.1
	10	0.64	1.39	1.99	2.32	2.49	2.46	2.19	1.77	1.22	0.53	0.29	0
	11	0.61	1.15	1.65	1.99	2.15	2.09	1.89	1.47	0.84	0.17	0	0
	12	0.03	0.5	1.13	1.55	1.75	1.72	1.58	1.28	0.76	0.37	0	0



Şekil 2. 2006 yılı için Adana'da 37° eğimli yüzeye gelen güneş ışıınım bileşenlerinin gün boyunca değışimini



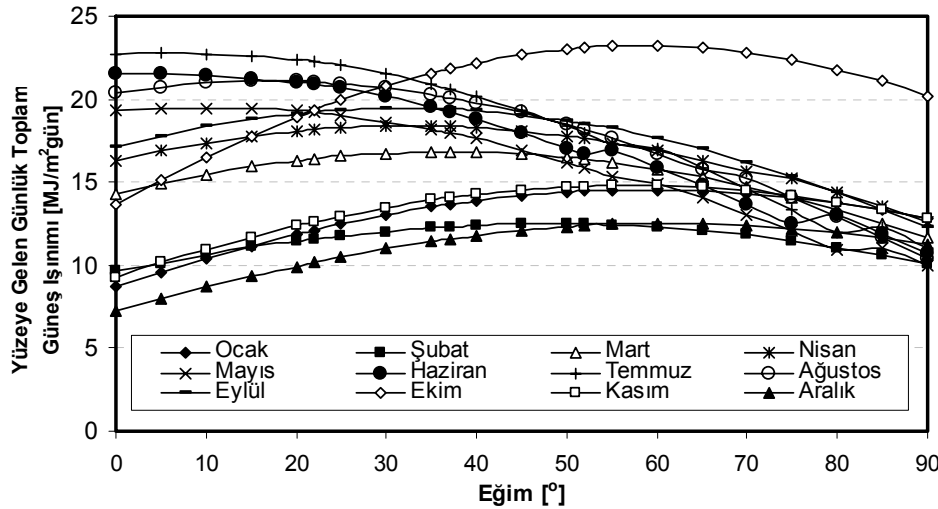
Şekil 3. 30° eğimli yüzeye gelen güneş ışınımının gün boyunca değişimi



Şekil 4. 40° eğimli yüzeye gelen güneş ışınımının gün boyunca değişimi

Çizelge 2. Her ayı temsil eden günler için eğimli yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımı [MJ/m²gün]

Açı [°]	17 Ocak	16 Şubat	16 Mart	15 Nisan	15 Mayıs	11 Haziran	17 Temmuz	16 Ağustos	15 Eylül	15 Ekim	14 Kasım	10 Aralık
0	8.69	9.64	14.31	16.27	19.30	21.49	22.65	20.42	17.12	13.70	9.28	7.25
5	9.56	10.10	14.93	16.86	19.45	21.52	22.75	20.71	17.78	15.15	10.14	7.98
10	10.38	10.66	15.47	17.35	19.48	21.44	22.71	20.99	18.33	16.5	10.94	8.67
15	11.14	11.09	15.92	17.75	19.41	21.23	22.55	21.10	18.78	17.76	11.68	9.31
20	11.85	11.46	16.28	18.06	19.29	21.05	22.42	21.08	19.11	18.90	12.37	9.91
25	12.48	11.77	16.55	18.26	19.02	20.65	22.04	20.94	19.33	19.92	12.96	10.48
30	13.03	12.02	16.72	18.37	18.64	20.14	21.53	20.68	19.44	20.82	13.48	10.99
35	13.50	12.24	16.80	18.37	18.17	19.51	20.90	20.29	19.43	21.58	13.92	11.43
40	13.89	12.38	16.78	18.27	17.60	18.78	20.16	19.80	19.31	22.20	14.27	11.80
45	14.18	12.47	16.67	18.07	16.95	17.96	19.30	19.19	19.06	22.67	14.53	12.09
50	14.39	12.48	16.47	17.78	16.20	17.04	18.34	18.47	18.71	23.00	14.70	12.31
55	14.51	12.42	16.17	17.38	15.38	16.87	17.28	17.65	18.24	23.17	14.77	12.45
60	14.53	12.29	15.77	16.89	14.96	15.87	16.99	16.74	17.67	23.20	14.76	12.51
65	14.47	12.09	15.29	16.31	14.04	14.81	15.85	15.73	16.99	23.07	14.66	12.49
70	14.31	11.82	14.72	15.65	13.06	13.68	14.63	15.22	16.22	22.79	14.47	12.39
75	14.06	11.47	14.06	15.21	12.03	12.50	13.35	14.11	15.36	22.36	14.19	12.22
80	13.72	11.06	13.33	14.42	10.95	12.99	12.02	12.94	14.40	21.79	13.81	11.96
85	13.30	10.59	12.52	13.55	10.98	11.88	12.29	11.70	13.38	21.07	13.35	11.63
90	12.79	10.06	11.65	12.63	9.94	10.74	11.01	10.42	12.28	20.22	12.81	11.22
22	12.11	11.59	16.40	18.15	19.20	20.91	22.28	21.04	19.21	19.32	12.61	10.14
52	14.45	12.47	16.36	17.63	15.88	16.65	17.93	18.16	18.53	23.09	14.74	12.38
37	13.66	12.30	16.80	18.34	17.95	19.23	20.62	20.11	19.40	21.84	14.07	11.59



Şekil 5. Eğim açısına göre yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımının değişimi

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

21 yıllık uzun dönem yatay düzleme gelen saatlik güneş ışınım değerleri kullanılarak eğik düzleme gelen güneş ışınımı Adana ili için hesaplanmıştır. 5°'er derece aralıklarla yatay düzlemde dikey düzleme kadar olan değişik açılar (0°-90°) ve uygulamada farklı işletme durumları için önerilen açılar (22°, 37° ve 52°) için eğik düzleme gelen güneş ışınımı, Liu ve Jordan izotropik modellerine göre hesaplanmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Elde edilen değerler tablo ve diyagramlarda sunulmuştur. En yüksek güneş ışınımını almak için eğim açısının aylara göre değiştiği belirlenmiştir. En yüksek güneş ışınımını almak için eğim açısının yaz ayları için 5°-15° arasında olduğu, kış ayları için 50°-60° arasında olduğu ve geçiş ayları (Nisan ve Eylül) için ise 30°-35° olduğu tespit edilmiştir. Adana ili için değişik açılardaki eğimli yüzeylere gelen güneş ışınımı değerlerinin, güneş enerjisi uygulamalarında sistem tasarım ve analizinde ve bina enerji analizinde tasarımcı, mühendis ve mimarlara yararlı olacağı düşünülmektedir.

Eğik düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınım değerlerinin ışınım ölçerler ile ölçülmesi bilgilerin kullanılacağı çalışmalarda daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Ancak uygulamada sadece yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı ölçüldüğünden, eğik düzlemler için farklı güneş ışınımı modellerinden elde edilen sonuçlar analiz edilerek en uygun modellere göre hesaplamaların yapılması daha uygun olacaktır. Dolayısıyla Türkiye'de her il veya bölge için uygun güneş modelleri tespit edilip eğik düzleme gelen güneş ışınımı tüm yönler için belirlenmesi gerekir.

5. KAYNAKLAR

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Güneşli Su Isıtıcıları. Teknik El Kitapları 3, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü*, 1984.

Bulut, H. ve Büyükalaca, O., Diyarbakır ili için güneş verilerinin analizi ve tipik güneş ışınım değerlerinin türetilmesi, *III. GAP ve Sanayi Kongresi Bildiriler Kitabı*, 337-343, 2003.

Bulut, H., Büyükalaca, O. ve Yılmaz, T., Bazı iller için güneş ışınımı, güneşlenme süresi ve berraklık indeksinin yeni ölçümler ışığında analizi, *Güneş Günü Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 22-29, 1999.

Bulut, H., Durmaz, A.F., ve Yeşilata, B., Eğik düzleme gelen güneş ışınım değerlerinin deneysel olarak incelenmesi, *I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 143-149, 2006.

Bulut, H., Typical solar radiation year for Southeastern Anatolia, *Renewable Energy*, 29, 9, 1477-1488, 2004.

Dinçer, İ., Optimum tilt angle for solar collectors used in Cyprus, *Renewable Energy*, 6, 7, 813-819, 1995.

Duffie, J.A. and Beckman, W.A., Solar engineering of thermal processes. *John Wiley & Sons, Inc*, 1980.

Durmaz, A.F., Eğik yüzeylere gelen güneş ışınımının analizi ve cam yüzeylerden geçen güneş ışınımının tespiti, *Yüksek Lisans Tezi*, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa, 2007.

EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), Türkiye güneş ışınımı ve güneşlenme süresi değerleri. Ankara, 2001.

Hsieh, J.S., Solar energy engineering. *Prentice-Hall, Inc.*, 1986.

Iqbal, M., An introduction to solar radiation. *Canada: Academic Press*, 1983.

Kılıç, A. ve Öztürk, A., Güneş Enerjisi. *Kıpaş Dağıtımçılık*, İstanbul, 1983.

Liu, B.Y.H. and Jordan, R.C., Daily insolation on surfaces tilted towards the equator, *ASHRAE Journal*, 3, 53-59, 1961.

Liu, B.Y.H. and Jordan, R.C., The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation, *Solar Energy*, 4, 3, 1, 1960.

Liu, B.Y.H. and Jordan, R.C., The long-term average performance of flat-plate solar energy collectors, *Solar Energy*, 7, 53, 1963.

Miguel, A.D., Bilbao, J., Aguiar, R., Kambezidis, H. and Negro, E., Diffuse solar irradiation model evaluation in the North mediterranean belt area, *Solar Energy*, 70, 143-153, 2001.

Nijmeh, S. and Mamlook, R., Testing of two models for computing global solar radiation on tilted surfaces, *Renewable Energy*, 20, 75-81, 2000.

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

Notton, G., Cristofari, C., Poggi, P. and Muselli, M., Calculation of solar irradiance profiles from hourly data to simulate energy systems behaviour, *Renewable Energy*, 27, 123-142, 2002.

Notton, G., Poggi, P. and Cristofari, C., Predicting hourly solar irradiations on inclined surfaces based on the horizontal measurements: Performances of the association of well-known mathematical models, *Energy Conversion and Management*, 47, 1816-1829, 2006.

TTMD, Türkiye İklim Verileri. *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği*, Ankara, 2000.

Uyarel, A.Y. ve Öz, E.S., Güneş Enerjisi ve uygulamaları. *Birsan yayınevi*, İstanbul, 1987.

Vartiainen, E., A new approach to estimating the diffuse irradiance on inclined surfaces, *Renewable Energy*, 20, 45-64, 2000.

Wong, L.T. and Chow, W.K., Solar radiation model, *Applied Energy*, 69, 191-224, 2001.