

BATMAN İLİ İÇİN EĞİMLİ YÜZEYLERE GELEN VE CAMDAN GEÇEN GÜNEŞ IŞINIM MİKTARININ ANALİZİ

Nesrin İlgin Beyazıt^{1,*}, Hüsamettin Bulut²

¹Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Diyarbakır

²Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Şanlıurfa

*nilgin@dicle.edu.tr

Özet: Binalarda konfor şartlarını sağlamak için kullanılan iklimlendirme sistemleri büyük miktarlarda enerji tüketmektedirler. İklimlendirme sistemlerin çektiği güç binanın soğutma yüküne bağlıdır. Soğutma yükünün önemli bir kısmını ise pencerelerden geçen güneş ışınımı oluşturmaktadır. Bu nedenle pencerelerden geçen güneş ışınımının ısı kazancı olarak doğru bir şekilde hesaplanması, hem sistemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri hem de konfor şartları açısından önemli bir etkiye sahiptir. Güneşten gelen ısı kazancı, bazı enlemler için tablolardan alınabilir veya tüm yerel parametreler biliniyorsa hesaplama sonucu tahmin edilebilir. Yatay düzleme gelen güneş ışınımı ölçülmesine ve literatürde kolaylıkla bu değerlere ulaşılmasına rağmen, eğik yüzeye gelen güneş ışınımı deneysel amaçlar dışında doğrudan ölçülmemekte ve yerleşim yerleri için bu değerler mevcut değildir. Bu çalışmada, Batman ili için uzun dönem güneş ışınım verileri kullanılarak değişik yönler için eğik yüzeylere gelen güneş ışınım değerleri aylık olarak tespit edilmiştir. Güneye yerleştirilmiş kollektörler için en uygun açılar belirlenmiştir. Ayrıca ısı kazancı hesaplamalarında kullanılmak üzere camdan geçen güneş ışınımı tek ve çift cam pencereler için hesaplanarak elde edilen veriler tablolarda verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş ışınımı; Eğik yüzey; Isı kazancı; Pencere; Güneş ışınım modelleri, Batman.

Analysis of Solar Radiation Incident on Tilted Surface and Passed Through Windows for Batman

Abstract: HVAC systems consume a considerable energy in order to provide comfort conditions in buildings. The power consumption of HVAC systems depend on cooling loads. A significant part of cooling load is the solar radiation passed through windows. Therefore, the calculation of solar radiation as a heat gain accurately has a crucial effect on both initial and operation cost of system and providing comfort conditions. Solar radiation passed through windows can be taken from tables or if all local and geographical parameters are known, they can be predicted or calculated. Although global solar radiation on horizontal plane is measured and easily reachable these data, there are not the measured solar radiation incident tilted surfaces except some experimental studies. In this study, solar radiation data on titled surfaces for different orientation were determined for Batman using long term measured data. Optimum tilted angles were calculated for solar collectors oriented to South. In addition to all, solar radiation passed through windows for heat gain calculation were determined for both single and double pane and obtained data are given in tables.

Keywords: Solar radiation; Tilted surface; Windows; Heat gain, Solar radiation models; Batman.

1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde en çok kullanabilme potansiyeli olan güneş enerjisidir. Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, güneş enerjisi uygulamaları ve sistemleri için sağlıklı, güvenilir ve kolay ulaşılabilir güneş verilerine ihtiyaç vardır. Ölçme aletlerinin pahalı olması, ölçüm teknikleri ile ilgili problemler ve ölçümün belirli kuruluşlar tarafından yapılması, ısınım ve güneşlenme süreleri gibi güneş verilerine ulaşmayı zorlaştırmaktadır[1].

Güneş ısınım şiddeti verileri, bina soğutma yükü hesabında, iklimlendirme ve güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında ve performans değerlendirilmesinde gerekli temel parametrelerdir. Güneş enerjisi ile ilgili hesaplamalarda güneş ısınım verilerinin ele alınan il için değerlendirilmesi gerekir. Binalarda yüzeyler genellikle düşey konumda olduklarından ve güneş enerjisi sistemlerindeki kolektör ve fotovoltaik paneller ise eğimli olarak yerleştiklerinden ısı hesaplamalar ve sistem simülasyonları için eğik düzleme gelen toplam güneş ısınımının bilinmesi gerekir. Yatay düzleme gelen güneş ısınımı değerlerinin ölçülebilmesine ve bu değerlere kolaylıkla ulaşılmasına rağmen, eğimli yüzeye gelen güneş ısınımı deneysel amaçlar dışında doğrudan ölçülmemekte ve yerleşim yerleri için bu değerler mevcut değildir. Eğimli yüzeye gelen güneş ısınımı, sadece bazı özel çalışmalarda ölçülmekte ve bilimsel amaçlı yatay düzleme gelen ölçüm değerleri veya modellerden tahmin edilen güneş ısınım değerleri kullanılarak, farklı güneş ısınım modelleri yardımı ile tesbit edilmektedir [1-4].

Bu çalışmanın temel amacı, uzun dönem yatay düzleme gelen saatlik güneş ısınım değerleri kullanılarak tipik referans yıl oluşturmak ve bu değerleri kullanarak değişik açılardaki eğimli yüzeylere gelen güneş ısınımı değerlerini ve camdan geçen güneş ısınım değerlerini Batman (Enlem 37°53' K, Boylam 41°7' D, Rakım 610 m) ili için tespit etmektedir. Hesaplamalarda Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ)'den temin edilen 1985-2001 yılları arası 16 yıllık yatay düzleme gelen saatlik güneş ısınım değerleri kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Güneş Isınımı için Tipik Referans Yılın Tespiti

Bir yıllık meteorolojik veri ihtiyacı, Tipik Meteorolojik Yıl (TMY) veya Test Referans Yıl (TRY) olarak bilinen metodolojilerin gelişimini sağlamıştır. Tipik Meteorolojik Yıl (TMY) veya Test Referans Yıl (TRY), farklı yıllardan seçilmiş ayları içeren ve tam bir yıl oluşturmak için sıralanan tipik verilerdir. Tipik iklim yılları tüm meteorolojik değerler için oluşturulabilir.

Bu çalışmada, yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı için test referans yılının oluşturulmasında en yaygın metod olan Finkelstein-Schafer (FS) istatistiği kullanılmıştır [5-8].

2.2. Eğik Düzleme Gelen Güneş Işınımının Hesabı

Güneş enerjisi uygulamalarında kullanılan kollektör ve fotovoltaik panellerin yüzeyleri eğimli yerleştirildiklerinden, eğimli yüzeye gelen güneş ışınımı, hesaplamalarda önemli bir parametredir. Eğimli yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı; eğimli yüzeye gelen saatlik direkt, difüz ve yansıyan ışınımın toplamıyla hesaplanır. Eğimli yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı (I_{TE}) aşağıdaki denklem ile belirlenir [9-12];

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

Burada eğimli yüzeye gelen direkt ışınım; I_{be} , difüz ışınımı; I_{de} , yansıyan ışınımı I_{re} ifade etmektedir. Direkt, difüz ve yansıyan ışınım değerleri çeşitli modellerden yararlanarak hesaplanır. Bu çalışmada izotropik model olarak Liu ve Jordan modeli [13-15] esas alınmıştır. Liu ve Jordan modelinde eğik düzlem için direkt ışınım;

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

denklemi ile hesaplanır. R_b direkt ışınım dönüşüm katsayısı olup;

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

denklemi 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 ve w ise saat açısıdır. w saat açısı ele alınan saatin yarısı alınabilir. q ise güneş yükseklik açısıdır.

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

Burada g yüzey azimut açısı ve b yüzey eğim açısıdır. Yüzey azimut açısı Güney yönü için 0° alınır. Güneye yöneltilmiş eğimli yüzeyler için güneş yükseklik açısı aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$\cos \theta = \sin d \sin(e - \beta) + \cos d \cos(e - \beta) \cos w \quad (6)$$

$$d = 23.45 \sin \left[\frac{2\pi n}{365} (n + 284) \right] \quad (7)$$

Burada n , 1 Ocak'tan itibaren yılın günlerini göstermektedir. Örneğin 1 Ocak için $n=1$, 31 Aralık için ise $n=365$ 'dir.

I_b yatay düzleme gelen saatlik direkt güneş ışıını olup yatay düzleme gelen toplam ışıını ile difüz ışıınıının farkı olarak hesaplanır.

$$I_b = I - I_d \quad (8)$$

Burada I , yatay düzleme gelen toplam güneş ışıınıı değeridir. Yatay düzleme gelen saatlik difüz güneş ışıınıı, I_d , için bu çalışmada Liu ve Jordan modeli kullanılmıştır;

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

Burada I yatay düzleme gelen güneş ışıınıı ve k_t ise saatlik berraklık indeksidir;

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

Burada I_0 atmosfer dışı yatay düzleme gelen saatlik güneş ışıınıı değeri,

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

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

$$w_1 = (t_1 - 12) \times 15 \quad (11)$$

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

f güneş sabitini düzeltme faktörü olup, aşığıdaki eşitlikle bulunur.

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

Eğik düzleme gelen saatlik difüz güneş ışıınıı bu çalışmada Liu ve Jordan Modeli [18]:

$$I_{de} = \frac{1}{2} I_d (1 + \cos \beta) \quad (15)$$

eşitliği ile hesaplanır. 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 şiddetinin ifade etmektedir

Eğik düzleme gelen saatlik yansıyan güneş ışınımı ise;

$$I_{\text{ref}} = \frac{1}{2} \rho I (1 - \cos \beta) \quad (16)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır [16, 17]. Burada ρ yüzey yansıtma oranını ifade etmektedir. $\rho=0.2$ alınmıştır.

2.3. Camdan Mahal İçine Geçen Güneş Işınımı

İklimlendirme hesabı yapılırken ısı kazancına etki eden en önemli etken pencerelerden gelen ısı kazançlarıdır. Güneş ışınımı zamana ve yere bağlı olarak değiştiği için camdan geçen ısı kazancının önemli bir kısmını oluşturur. Camdan geçen ısının tespit edilebilmesi için dikkatli bir enerji analizi yapılması gerekmektedir. Çünkü yanlış hesaplamalar, istenen ısı konforu veremeyeceği gibi ısıtma ve soğutma sisteminin ilk yatırım masraflarının ve işletme giderlerinin artmasına neden olacaktır [18]. Literatürde camdan geçen toplam güneş radyasyonunu gösteren tablolar mevcuttur. Bu tablolar bazı şartlar için hazırlanmıştır. Türkiye’de 40° enlem için hazırlanmış tablo değerleri, tüm şehirler için kullanılmaktadır. Fakat Türkiye’deki şehirler 36° - 42° kuzey enlemleri arasında kalmakta ve değişik iklim şartlarına sahiptirler [2].

Bu çalışmada, Güney, Kuzey, Batı ve Doğu yönlerindeki 90° eğimli tek ve çift camdan mahal içine geçen güneş ışınımı hesaplanırken Alsaad modeli [19] esas alınmıştır.

$$I_g = \tau I_b (\cos \gamma / \cos \theta_z) [\sin e (\cos d \cos \omega + \tan e \sin d) - \sec e \sin d + \cos d \sin \omega \tan \gamma] + 1/2(I_d + \rho I_g) \quad (17)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Burada γ yüzey azimut açısı ve τ camın geçirgenlik katsayısıdır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 1’de yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı için oluşturulan tipik referans yıl verilmiştir. Tablo 1’den uzun dönem aylık ortalama değerlerin tipik referans yıl ortalamaları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Tablo 2’de tipik referans yıldan türetilmiş yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınım değerleri verilmiştir.

Tablo 1. Batman için tipik refrans yıl ve aylık ortalama güneş ışınım değerleri

Ay	Yıl	Uzun Dönem Ortalama ((MJ/m ² gün)	TRY ortalama(MJ/m ² gün)
1	1995	5.67	5.69
2	1990	8.84	8.32
3	1995	12.39	11.5
4	1996	16.09	15.07
5	1991	19.49	17.98
6	1987	21.71	20.33
7	1997	20.48	19.46
8	1987	19.03	17.92
9	1987	16.42	15.12
10	1990	11.3	10.52
11	2001	7.81	7.24
12	1988	4.72	4.65

Tablo 2. Batman' dayatay düzlem eğilim günün toplam güneş ışınımı için Tipik Referans Yıl verileri (MJ/m²gün)

Gün	Ay											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.62	9.77	12.55	18	5.75	16.37	18.45	18.52	18.11	15.09	11.9	5.49
2	1.23	5.23	14.28	11.06	20.86	21.78	19.97	12.77	17.8	15.4	11.52	1.53
3	2.36	6.18	15.09	18.14	22.34	22	20.35	16.45	18.38	14.76	8.97	6.23
4	4.22	11.1	14.78	20.58	20.08	20.79	16.02	20.34	16.63	13.82	10.1	4.29
5	4.4	11.33	14.85	21.37	21.16	23.81	21.55	20.41	12.8	13.41	9.34	4.96
6	6.81	10.26	14.23	14.3	19.84	24.16	21.39	18.88	15.33	13.21	10.5	1.71
7	5.7	11.1	4.68	12.87	20.42	23.81	20.63	18.24	17.33	11.13	10.41	8.1
8	5.11	9.98	11.23	10.67	14.46	23.82	21.46	19.46	17.4	13.21	9.43	6.09
9	7.48	8.95	8.44	20.78	15.93	24.91	21.41	18.39	16.7	13.08	5.68	4.63
10	2.86	11.52	10.27	21.66	21.92	24.55	21.3	19.77	17.07	13.13	9.02	3.6
11	4.29	10.47	4.64	7.91	21.76	24.62	20.93	19.43	15.6	12.91	10.05	3.19
12	5.59	2.85	3.37	2.57	21	24.36	21.41	19.86	14.38	10.39	10.41	7.8
13	8.03	5.75	15.87	17.08	18.77	23.46	21.7	20.08	15.45	12.35	10.35	5.75
14	8.13	1.61	12.81	15.91	19.21	22.52	21.5	19.46	17.27	12.92	7.81	3.41
15	6.38	6.53	5.52	21.08	16.95	18.84	20.8	20.09	18.31	12.83	9.95	3.48
16	1.86	6.38	7.8	17.14	16.09	12.9	21.51	20.26	19	12.66	3.44	7.48
17	1.63	1.69	12.4	6.05	21.08	16.63	21.28	18.71	17.74	13.12	3.34	7.28
18	7.46	2.64	13.13	21.33	22.48	12.01	20.33	19.96	17.46	11.8	9.69	4.97
19	9.98	3.57	10.51	12.53	21.86	17.4	21.85	20.48	18.33	7.85	10.51	2.71
20	10.28	11.08	15.7	13.47	19.93	22.96	20.84	19.81	17.61	10.37	7.89	5.59
21	8.54	12.01	18.04	9.83	16.22	22.81	20.88	20.21	17.19	10.75	1.98	5.27
22	9.86	14.09	16.99	16.06	18.28	23.35	20.66	19.6	16.93	10.65	4.96	3.16
23	9.14	13.69	17.26	18.49	23.58	22.2	20.81	19.53	17.31	8.74	8.84	4.25
24	9.52	14.4	1.32	11.46	22.35	22.54	20.57	19.26	16.6	8.23	7.33	2.65
25	2.64	14.11	13.11	14.89	19.99	23.98	20.67	19.4	15.05	8.56	6.58	0.57
26	3.67	14.22	16.83	21.42	21	24.04	19.8	19.28	11.38	9.27	0.55	0.8
27	8.8	13.72	18.08	22.93	22.57	20.01	19.11	18.12	15.02	8.35	5.12	5.29
28	2.85	3.29	13.85	23.97	21.43	23.36	19.62	18.43	15.12	10.05	8.31	10.35
29	6.52	-	14.04	16.1	20.6	23.6	19.24	18.37	14.95	10.86	8.09	5.25
30	5.02	-	16.02	23.13	19.49	23.85	20.09	18.26	14.5	3.48	2.35	7.61
31	3.89	-	16.38	-	16.65	-	18.7	18.06	-	7.91	-	2.81

Bu çalışmada, tipik referans yılındaki ortalama gündeki saatlik güneş ışınım-ları kullanılarak Alsaad modeline göre camdan geçen güneş ışınım-ları hesaplanmıştır. Tablo 3' de tek cam için Tablo 4' de çift cam için pencerelerden ge-çen güneş ışınım miktarı dört ana yön için verilmiştir. Tablo 3 ve Tablo 4' ten görüldüğü üzere camın tipi ve dolayısıyla geçirgenliği camdan geçen güneş ışınım miktarını etkilemektedir. Örneğin şubat ayı için güney yönü için tek camdan geçen güneş ışınımı saat 12'de 323 W/m² iken bu değer çift cam için 310 W/m²'dir. Temmuz ayı için bu değer tek camdan geçen güneş ışınımı saat 12'de 429W/m² iken bu değer çift cam için 416W/m²'dir. Şekil 1-6 ara-sında değişik aylar için ortalama günlerde tek cam için pencerelerden geçen güneş ışınım değerlerinin değişimi verilmiştir. Şekillerden güneş ışınımının gün içinde yönlere göre değiştiği görülmektedir.

Tablo 3. Tek cam için yönlere göre pencerelerden geçen güneş ışınımı değerleri (W/m²)

Saat		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
OCAK	YATAY	0	0	14	69	69	56	56	50	42	36	42	22	0	0
	GÜNEY	0	0	9	50	54	45	46	42	34	28	30	15	0	0
	KUZEY	0	0	3	11	7	4	3	2	3	4	7	5	0	0
	BATI	0	0	0	3	10	14	21	25	26	27	35	20	0	0
	DOĞU	0	0	13	58	52	35	28	19	10	5	2	0	0	0
ŞUBAT	YATAY	0	0	50	83	208	217	378	397	194	139	69	28	8	0
	GÜNEY	0	0	31	58	157	172	307	323	154	104	48	17	5	0
	KUZEY	0	0	13	16	28	20	27	28	18	18	13	7	3	0
	BATI	0	0	0	2	26	52	141	203	125	106	59	26	8	0
	DOĞU	0	0	46	71	158	139	193	148	47	17	2	0	0	0
MART	YATAY	0	3	36	83	153	350	447	383	231	222	181	36	42	0
	GÜNEY	0	1	21	54	108	263	346	296	173	158	117	21	21	0
	KUZEY	0	1	11	20	27	47	50	43	31	39	42	11	16	0
	BATI	0	0	0	1	18	83	166	196	149	171	157	34	41	0
	DOĞU	0	3	34	72	117	226	229	143	55	26	3	0	0	0
NİSAN	YATAY	8	133	322	489	614	706	753	747	692	592	461	286	56	3
	GÜNEY	3	58	166	286	397	486	536	532	477	382	270	147	24	1
	KUZEY	4	59	114	134	128	114	104	103	113	124	127	102	25	1
	BATI	0	0	0	0	56	150	265	372	442	452	399	267	54	3
	DOĞU	8	129	301	423	469	451	375	263	147	54	0	0	0	0
MAYIS	YATAY	56	189	292	447	586	622	622	447	494	433	236	203	69	14
	GÜNEY	18	74	137	241	348	395	408	294	314	258	127	95	27	4
	KUZEY	32	92	119	150	161	145	132	97	117	120	80	83	34	8
	BATI	0	0	0	12	69	146	228	225	313	325	200	185	66	13
	DOĞU	53	179	266	378	440	394	312	165	118	53	8	0	0	0

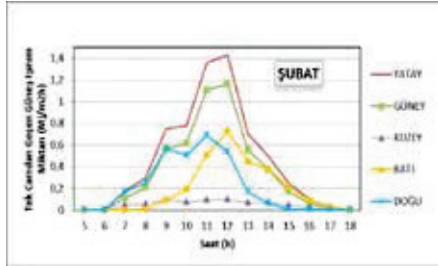
Nesrin İlgin Beyazıt, Hüsamettin Bulut

HAZİRAN	YATAY	97	244	406	531	614	697	747	753	725	650	544	419	278	119
	GÜNEY	29	91	181	273	349	424	470	473	441	370	280	187	103	35
	KUZEY	57	124	174	191	186	182	179	181	189	196	195	180	140	70
	BATI	0	0	0	20	79	168	275	377	455	482	454	377	259	111
	DOĞU	91	228	365	443	455	438	374	277	175	84	21	0	0	0
TEMMUZ	YATAY	42	181	314	447	544	614	669	669	642	572	489	378	250	97
	GÜNEY	13	69	143	235	316	381	429	429	398	332	256	172	95	30
	KUZEY	24	90	132	156	158	153	153	160	166	170	158	124	56	
	BATI	-12	-12	-12	15	68	147	246	336	405	427	411	342	235	91
	DOĞU	39	169	284	376	406	387	336	246	153	72	16	0	0	0
AĞUSTOS	YATAY	11	125	292	447	572	642	669	669	614	544	447	336	194	64
	GÜNEY	4	52	145	253	358	428	461	461	409	340	253	166	81	22
	KUZEY	6	58	110	135	137	125	116	116	121	131	135	127	89	35
	BATI	0	0	0	5	60	144	241	336	392	414	384	312	187	61
	DOĞU	11	120	270	384	435	409	336	241	138	58	5	0	0	0
EYLÜL	YATAY	0	92	244	392	522	614	656	656	628	531	397	258	97	0
	GÜNEY	0	43	132	241	355	446	493	493	456	360	244	140	45	0
	KUZEY	0	37	73	80	66	43	27	27	43	66	81	77	39	0
	BATI	0	0	0	0	18	101	207	313	397	409	349	246	95	0
	DOĞU	0	90	232	344	402	388	313	207	102	18	0	0	0	0
EKİM	YATAY	0	28	153	308	411	489	522	508	447	356	236	97	8	0
	GÜNEY	0	15	93	210	304	381	419	408	349	263	161	59	4	0
	KUZEY	0	10	42	63	60	51	43	42	46	52	48	27	3	0
	BATI	0	0	0	7	49	117	195	260	288	272	203	90	8	0
	DOĞU	0	27	142	266	314	315	267	190	107	43	5	0	0	0
KASIM	YATAY	0	0	50	167	244	342	364	300	250	244	167	42	0	0
	GÜNEY	0	0	32	119	188	277	302	249	203	188	119	27	0	0
	KUZEY	0	0	12	28	28	25	19	16	18	28	28	10	0	0
	BATI	0	0	0	7	33	85	137	152	159	183	141	38	0	0
	DOĞU	0	0	46	141	183	217	185	113	62	33	7	0	0	0
ARALIK	YATAY	0	0	11	56	83	111	125	139	167	167	111	28	0	0
	GÜNEY	0	0	7	40	65	91	105	117	137	130	81	18	0	0
	KUZEY	0	0	2	9	8	7	5	6	11	17	17	6	0	0
	BATI	0	0	0	3	12	28	47	70	105	124	93	25	0	0
	DOĞU	0	0	10	46	62	70	63	52	42	24	6	0	0	0

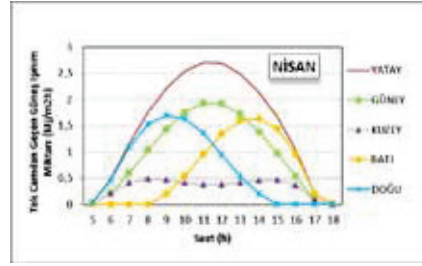
Tablo 4. Çift cam içinyönlere göre pencere lende geçengüneş ışınımı değerleri (W/m²)

Saat		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
OCAK	YATAY	0	0	14	69	69	56	56	50	42	36	42	22	0	0
	GÜNEY	0	0	9	48	52	43	44	40	33	27	29	14	0	0
	KUZEY	0	0	3	13	10	6	5	4	4	5	8	6	0	0
	BATI	0	0	0	6	11	15	21	25	26	26	33	19	0	0
	DOĞU	0	0	12	56	50	34	28	19	11	6	3	0	0	0
ŞUBAT	YATAY	0	0	50	83	208	217	378	397	194	139	69	28	8	0
	GÜNEY	0	0	30	56	151	165	294	310	148	100	47	17	4	0
	KUZEY	0	0	14	18	34	27	40	42	24	22	15	8	3	0
	BATI	0	0	0	5	32	56	144	200	121	101	57	24	8	0
	DOĞU	0	0	44	68	152	135	190	151	51	21	5	0	0	0
MART	YATAY	0	3	36	83	153	350	447	383	231	222	181	36	42	0
	GÜNEY	0	1	20	53	105	253	332	285	167	152	114	20	20	0
	KUZEY	0	1	12	21	30	56	63	54	37	44	46	12	16	0
	BATI	0	0	0	5	22	90	169	194	145	164	149	32	39	0
	DOĞU	0	3	32	69	113	220	226	145	59	32	10	0	0	0
NİSAN	YATAY	8	133	322	489	614	706	753	747	692	592	461	286	56	3
	GÜNEY	3	58	163	279	384	469	516	512	460	370	264	145	24	1
	KUZEY	4	59	116	141	141	131	124	123	129	136	134	104	25	1
	BATI	0	0	0	17	75	164	270	367	428	434	381	254	51	3
	DOĞU	8	123	286	404	450	437	370	268	161	73	17	0	0	0
MAYIS	YATAY	56	189	292	447	586	622	622	447	494	433	236	203	69	14
	GÜNEY	18	75	136	236	340	384	396	285	305	252	125	95	28	5
	KUZEY	31	91	120	154	170	157	145	106	126	127	82	83	34	8
	BATI	0	0	2	29	86	158	232	223	304	313	191	176	62	12
	DOĞU	50	170	253	362	423	383	309	168	127	65	17	2	0	0
HAZİRAN	YATAY	97	244	406	531	614	697	747	753	725	650	544	419	278	119
	GÜNEY	30	93	181	269	342	413	456	460	429	362	276	187	105	37
	KUZEY	56	122	174	194	193	193	193	194	201	204	199	180	139	68
	BATI	0	0	7	40	97	181	280	372	442	464	434	360	246	106
	DOĞU	86	217	348	423	438	425	369	282	188	102	41	8	0	0
TEMMUZ	YATAY	42	181	314	447	544	614	669	669	642	572	489	378	250	97
	GÜNEY	13	70	143	231	309	370	416	416	387	325	252	172	97	31
	KUZEY	24	89	132	160	166	164	165	165	171	174	174	159	123	55
	BATI	0	0	4	32	84	158	250	331	393	411	393	326	223	87
	DOĞU	37	161	271	359	391	376	331	250	165	88	34	5	5	5
AĞUSTOS	YATAY	11	125	292	447	572	642	669	669	614	544	447	336	194	64
	GÜNEY	4	53	143	248	347	414	445	445	396	331	248	165	81	22
	KUZEY	6	57	112	141	147	139	132	132	134	141	141	129	89	34
	BATI	0	0	0	22	77	156	246	331	380	397	366	296	178	58
	DOĞU	10	114	257	366	417	397	331	246	150	74	22	0	0	0

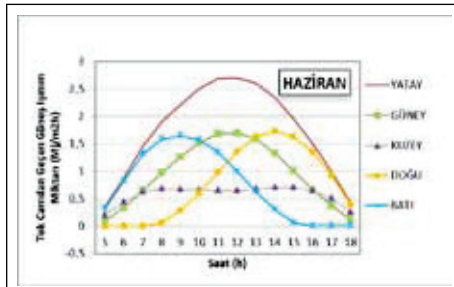
EYLÜL	YATAY	0	92	244	392	522	614	656	656	628	531	397	258	97	0
	GÜNEY	0	42	130	234	342	427	471	471	437	347	237	137	45	0
	KUZEY	0	37	76	88	79	62	49	49	62	80	89	80	39	0
	BATI	0	0	0	0	36	114	212	308	383	391	332	233	90	0
	DOĞU	0	85	220	327	385	375	308	212	116	36	0	0	0	0
EKİM	YATAY	0	28	153	308	411	489	522	508	447	356	236	97	8	0
	GÜNEY	0	14	91	203	293	366	401	391	335	253	155	58	4	0
	KUZEY	0	10	44	70	71	66	60	59	60	61	53	28	3	0
	BATI	0	0	0	19	62	126	198	257	280	261	194	86	8	0
	DOĞU	0	25	135	254	302	306	264	193	116	53	14	0	0	0
KASIM	YATAY	0	0	50	167	244	342	364	300	250	244	167	42	0	0
	GÜNEY	0	0	31	115	181	265	289	239	194	181	115	26	0	0
	KUZEY	0	0	13	32	35	37	32	27	27	35	32	11	0	0
	BATI	0	0	1	13	40	91	139	151	155	177	135	36	0	0
	DOĞU	0	0	43	135	177	211	183	115	66	40	13	1	0	0
ARALIK	YATAY	0	0	11	56	83	111	125	139	167	167	111	28	0	0
	GÜNEY	0	0	7	39	63	87	101	112	131	125	78	18	0	0
	KUZEY	0	0	3	10	11	11	10	11	16	22	20	7	0	0
	BATI	0	0	0	5	14	30	48	70	102	119	89	24	0	0
	DOĞU	0	0	10	44	60	68	63	53	45	28	10	1	0	0



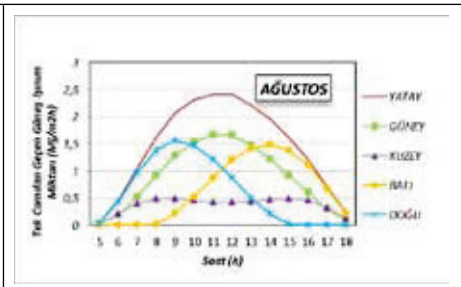
Şekil 1. Şubat ayını temsil eden ortalama gün için tek camdan geçen güneş ışınının gün boyunca değişimi



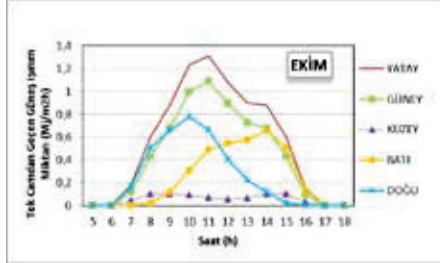
Şekil 2. Nisan ayını temsil eden ortalama gün için tek camdan geçen güneş ışınının gün boyunca değişimi



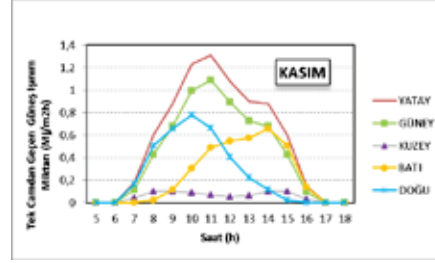
Şekil 3. Haziran ayını temsil eden ortalama gün için tek camdan geçen güneş ışınının gün boyunca değişimi



Şekil 4. Ağustos ayını temsil eden ortalama gün için tek camdan geçen güneş ışınının gün boyunca değişimi



Şekil 5. Ekim ayını temsil eden ortalama gün için tek camdan geçen güneş ışınımının gün boyunca değişimi



Şekil 6. Kasım ayını temsil eden ortalama gün için tek camdan geçen güneş ışınımının gün boyunca değişimi

Eğik düzleme gelen saatlik güneş ışınımı hesabında Liu ve Jordan modeli kullanılmıştır. 5°'lik açılarla 0°'den 90°'ye kadar güneye yönlendirilmiş eğimli yüzeylere gelen güneş ışınımı tipik referans yıldeğerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerindeki kollektörün eğim açısının, yalnız kışın kullanılması durumunda kollektörün kurulacağı yerin enlem derecesinden 15° fazla bir açı ile yalnız yaz sezonunda kullanılması durumunda 15° eksik bir açı ile yıl boyu çalışan bir işletme durumu için bulunulan yerin enlem derecesine eşit yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir [20-22]. Dolayısıyla bu tür işletme durumlarında kullanılmak üzere Batman ilinin (Kollektör için eğim açısı; Kış=52°, Yaz=22°, Yıllık=37°,) eğimli yüzeye gelen güneş ışınım değerleri de hesaplanmıştır. Tablo 5 'de yaz, yıllık ve kış işletme durumuna göre güneye yönlendirilmiş 90° eğimli yüzeye gelen saatlik güneş ışınım değerleri verilmiştir.

Aynı güneş ışınımı verileri kullanılarak Tablo 6 'da 5°'lik açılarla 0°'den 90°'ye kadar güneye yönlendirilmiş eğimli yüzeylere gelen günlük güneş ışınımının yıl boyunca değişimi Batman ili için verilmiştir. En yüksek güneş ışınımını almak için eğim açısının aylara göre değiştiği belirlenmiştir. Tablo 6'da optimum eğim açısı hücre içinde koyu olarak verilmiştir. En yüksek güneş ışınımını almak için eğim açısının yaz ayları için 0° ile 15° arasında olduğu, kış ayları için 50°-65° arasında olduğu ve geçiş ayları (Nisan ve Eylül) için ise 25°-30° olduğu tespit edilmiştir. Batman 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.

Tablo 5. Yaz, yıllık ve kış işletme durumuna göre eğimli yüzeye gelen ışınlım değeri [MJ/m²h]

Açı	Ay	Saat													
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
22	1	0.000	0.000	0.018	0.124	0.141	0.120	0.123	0.110	0.090	0.073	0.075	0.029	0.000	0.000
	2	0.000	0.000	0.066	0.149	0.422	0.466	0.832	0.875	0.418	0.282	0.124	0.037	0.009	0.000
	3	0.000	0.003	0.047	0.149	0.310	0.752	0.985	0.844	0.496	0.450	0.323	0.047	0.046	0.000
	4	0.009	0.147	0.419	0.870	1.240	1.513	1.656	1.644	1.484	1.195	0.821	0.373	0.061	0.003
	5	0.061	0.207	0.380	0.797	1.184	1.335	1.369	0.985	1.062	0.877	0.422	0.265	0.077	0.015
	6	0.107	0.268	0.526	0.944	1.240	1.496	1.644	1.656	1.555	1.313	0.969	0.544	0.304	0.132
	7	0.046	0.198	0.409	0.797	1.100	1.317	1.473	1.473	1.377	1.156	0.870	0.491	0.274	0.107
	8	0.012	0.138	0.380	0.797	1.156	1.377	1.473	1.473	1.317	1.100	0.797	0.437	0.213	0.071
	9	0.000	0.101	0.319	0.698	1.056	1.317	1.442	1.442	1.347	1.072	0.708	0.337	0.107	0.000
	10	0.000	0.031	0.200	0.550	0.832	1.050	1.150	1.119	0.960	0.720	0.422	0.128	0.009	0.000
	11	0.000	0.000	0.066	0.298	0.495	0.734	0.802	0.661	0.537	0.495	0.298	0.055	0.000	0.000
	12	0.000	0.000	0.015	0.100	0.169	0.239	0.276	0.306	0.358	0.338	0.199	0.037	0.000	0.000
37	1	0.000	0.000	0.015	0.109	0.126	0.108	0.111	0.100	0.081	0.066	0.066	0.024	0.000	0.000
	2	0.000	0.000	0.055	0.131	0.377	0.420	0.751	0.790	0.377	0.252	0.109	0.030	0.009	0.000
	3	0.000	0.003	0.039	0.131	0.277	0.677	0.889	0.762	0.446	0.402	0.284	0.039	0.045	0.000
	4	0.009	0.143	0.347	0.763	1.107	1.361	1.494	1.483	1.335	1.067	0.720	0.309	0.060	0.003
	5	0.060	0.202	0.315	0.699	1.057	1.201	1.236	0.889	0.956	0.783	0.370	0.220	0.075	0.015
	6	0.105	0.261	0.435	0.828	1.107	1.345	1.483	1.494	1.399	1.172	0.849	0.450	0.296	0.128
	7	0.045	0.193	0.338	0.699	0.983	1.185	1.329	1.329	1.239	1.033	0.763	0.406	0.267	0.105
	8	0.012	0.134	0.315	0.699	1.033	1.239	1.329	1.329	1.185	0.983	0.699	0.362	0.208	0.069
	9	0.000	0.099	0.264	0.613	0.943	1.185	1.302	1.302	1.212	0.958	0.621	0.279	0.105	0.000
	10	0.000	0.030	0.166	0.483	0.743	0.945	1.038	1.010	0.865	0.643	0.370	0.106	0.009	0.000
	11	0.000	0.000	0.055	0.262	0.443	0.661	0.724	0.597	0.484	0.443	0.262	0.045	0.000	0.000
	12	0.000	0.000	0.012	0.087	0.151	0.215	0.249	0.277	0.323	0.302	0.175	0.030	0.000	0.000
52	1	0.000	0.000	0.034	0.199	0.212	0.175	0.177	0.160	0.131	0.110	0.119	0.055	0.000	0.000
	2	0.000	0.000	0.124	0.238	0.635	0.682	1.206	1.268	0.612	0.423	0.199	0.069	0.013	0.000
	3	0.000	0.004	0.089	0.238	0.466	1.102	1.428	1.224	0.726	0.678	0.516	0.089	0.064	0.000
	4	0.010	0.203	0.796	1.396	1.872	2.223	2.405	2.387	2.179	1.804	1.317	0.707	0.085	0.003
	5	0.069	0.286	0.721	1.277	1.787	1.960	1.987	1.428	1.557	1.321	0.675	0.502	0.106	0.017
	6	0.121	0.370	1.001	1.515	1.872	2.196	2.387	2.405	2.284	1.982	1.555	1.035	0.419	0.149
	7	0.052	0.274	0.776	1.277	1.660	1.934	2.138	2.138	2.021	1.745	1.396	0.933	0.378	0.121
	8	0.014	0.190	0.721	1.277	1.745	2.021	2.138	2.138	1.934	1.660	1.277	0.830	0.295	0.080
	9	0.000	0.140	0.604	1.119	1.592	1.934	2.094	2.094	1.977	1.618	1.135	0.639	0.148	0.000
	10	0.000	0.042	0.378	0.881	1.254	1.540	1.668	1.623	1.408	1.084	0.675	0.241	0.013	0.000
	11	0.000	0.000	0.124	0.476	0.745	1.076	1.162	0.958	0.787	0.745	0.476	0.103	0.000	0.000
	12	0.000	0.000	0.028	0.159	0.254	0.350	0.399	0.443	0.525	0.508	0.318	0.069	0.000	0.000

Tablo 6. Her ayı temsil eden günler için eğimli yüzeye gelen günlük toplam güneş ışınımı [MJ/m²gün].

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
0	1.640	6.380	7.800	21.100	16.96	24.620	21.280	20.260	18.310	12.830	7.810	3.590
5	1.846	6.801	8.134	21.657	17.031	24.543	21.262	20.440	18.993	14.204	8.561	4.059
10	2.041	7.191	8.424	22.094	17.009	24.332	21.129	20.540	19.567	15.498	9.265	4.506
15	2.224	7.546	8.668	22.407	16.895	23.989	20.882	20.595	20.028	16.703	9.915	4.926
20	2.394	7.858	8.862	22.595	16.728	23.519	20.549	20.537	20.372	17.809	10.507	5.316
25	2.549	8.125	9.006	22.655	16.481	23.045	20.164	20.367	20.595	18.808	11.036	5.674
30	2.689	8.343	9.100	22.587	16.145	22.450	19.672	20.085	20.698	19.693	11.499	5.997
35	2.812	8.513	9.141	22.393	15.723	21.737	19.077	19.694	20.678	20.456	11.892	6.282
40	2.917	8.632	9.130	22.072	15.218	20.912	18.383	19.196	20.536	21.092	12.21	6.527
45	3.003	8.699	9.067	21.628	14.635	19.982	17.595	18.596	20.274	21.596	12.456	6.731
50	3.070	8.714	8.952	21.064	13.977	18.953	16.719	17.899	19.892	21.964	12.622	6.891
55	3.096	8.592	8.682	20.103	13.023	17.529	15.479	16.838	19.150	22.023	12.606	6.959
60	3.145	8.589	8.571	19.595	12.483	16.782	14.823	16.231	18.785	22.283	12.718	7.078
65	3.153	8.449	8.308	18.700	11.693	15.632	13.828	15.275	18.067	22.231	12.648	7.103
70	3.139	8.259	7.999	17.708	10.851	14.417	12.774	14.305	17.248	22.039	12.498	7.081
75	3.106	8.020	7.647	16.626	9.963	13.145	11.670	13.279	16.332	21.707	12.270	7.014
80	3.053	7.735	7.254	15.498	9.037	11.863	10.523	12.196	15.328	21.238	11.966	6.901
85	2.980	7.404	6.822	14.299	8.078	10.673	9.434	11.063	14.242	20.637	11.589	6.744
90	2.887	7.032	6.3566	13.036	7.185	9.455	8.365	9.890	13.083	19.906	11.141	6.543
22	0.903	3.680	4.453	11.437	9.037	12.868	11.123	10.742	9.948	7.170	4.441	2.036
37	0.805	3.301	3.996	10.203	8.078	11.523	9.948	9.596	8.882	6.408	3.975	1.822
52	1.372	5.469	6.624	17.387	13.67	19.449	16.875	16.321	15.093	10.806	6.653	3.052

4. SONUÇ

Batman için toplam güneş ışınım değerlerine ait tipik referans yıl, Finkels-tein-Schafer istatistiği kullanılarak oluşturulmuştur. Tipik referans yıl de-ğerleri kullanılarak tek cam ve çift camlı pencerelerden geçen güneş ışınımı değerleri her ayı temsil eden ortalama günler için hesaplanarak tablolarda verilmiştir. Camdan geçen güneş ışınımının yöne ve saate göre değiştiği görülmüştür. Güneş enerjisi uygulamalarında yaz, kış ve yıl boyu işletme durumu için tavsiye edilen eğimler (22°, 37°ve 52°) için yüzeye gelen güneş ışınım değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca güneş enerjisi uygulamalarındaki ko-lektörler için optimum eğim açıları tespit edilmişti. Optimum eğim açıları aylara göre 0°-65° arasında değişmekte olup yıllık ortalaması yaklaşık 35°dir. Optimum eğim açısı kış aylarında yüksek (50°-65°) , yaz aylarında düşük değerlerde (0°-15°) olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma sonucu verilen değerlerin Batman ili için güneş verileri açığını kapatacağı ve güneş enerjisi uygulamalarında sistem tasarım ve analizinde ve bina enerji analizinde tasarımcı, mühendis ve mimarlara yararlı olacağı düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] BULUT, H., 2008. Adana ilinde eğik yüzeylere gelen güneş ışınım miktarının belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi 30.Yıl Sempozyumu, 1-6, Adana.
- [2] BULUT, H., DURMAZ, A.F., 2008. Türkiye için pencerelerden geçen güneş ışınımının analizi, UGHEK'2008: II. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 85-95, Eskişehir.
- [3] NOTTON, G., CRISTOFARI, C., MUSELLI, M., POGGI, P., 2004. Calculation on an hourly basis of solar diffuse irradiations from global data for horizontal surfaces in Ajaccio, Energy Conversion and Management, 45, 2849-2866.
- [4] NOTTON, G., CRISTOFARI, C., POGGI, P. AND MUSELLI, M., 2002. Calculation of solar irradiance profiles from hourly data to simulate energy systems behaviour, Renewable Energy, 27, 123-142.
- [5] BULUT, H., 2004. Typical solar radiation Year for Southeastern Anatolia, Renewable Energy, 29(9), 1477-1488.
- [6] BULUT, H., BÜYÜKALACA, O., YILMAZ, A., 2009. Generation of Typical Solar Radiation Year for Mediterranean Region of Turkey. International Journal of Green Energy, 6/2, 173-183.
- [7] BULUT, H., 2010. Generation of representative solar radiation data for Aegean Region of Turkey. International Journal of the Physical Sciences, 5/7, 1124-1131.
- [8] BULUT, H., BÜYÜKALACA, O., 2003. Diyarbakır ili için güneş verilerinin analizi ve tipik güneş ışınım değerlerinin türetilmesi, III. GAP ve Sanayi Kongresi Bildiriler Kitabı, 337-343, Diyarbakır.
- [9] DUFFIE, J.A., BECKMAN, W.A., 1980. "Solar Engineering of Thermal Processes", John Wiley & Sons, Inc.
- [10] HSIESH, J.S., 1986. "Solar Energy Engineering", Prentice-Hall, Inc.
- [11] IQBAL, M., 1983. "An introduction to Solar Radiation", Canada: Academic Press.
- [12] LIU, B.Y.H., JORDAN, R.C., 1961. Daily insolation on surface tilted toward the equator, ASHRAE Journal, 3, 53-59
- [13] WONG, L.T., CHOW, W.K., 2001. Solar radiation model, Applied Energy, 69, 191-224.
- [14] LIU, B.Y.H., JORDAN, R.C., 1960. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation, Solar Energy, 4, 3, 1.
- [15] LIU, B.Y.H., JORDAN, R.C., 1963. The long-term average performance of flat-plate solar energy collectors, Solar Energy, 7, 53.
- [16] DUFFIE, J.A., BECKMAN, W.A., 1980. "Solar Engineering of Thermal Processes", John Wiley & Sons, Inc.
- [17] HSIESH, J.S., 1986. "Solar Energy Engineering", Prentice-Hall, Inc.
- [18] DURMAZ, A.F., 2007. 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.
- [19] ALSAAD, M. A., 1999. Transmitted Solar Radiation Through Jordanian Windows of Various Orientation", World Renewable Energy Congress, Kuala Lumpur-Malaysia, 349-351.
- [20] DİNÇER, İ., 1995. Optimum tilt angle for solar collectors used in Cyprus, Renewable Energy, 6(7), 813-819.
- [21] UYAREL, A.Y., ÖZ, E.S., 1987. "Güneş Enerjisi ve Uygulamaları", Birsen yayınevi, İstanbul.
- [22] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, "Güneşli Su Isıtıcıları", Teknik El Kitapları 3, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, 1984.