

Prof. Dr. Ali GÜNGÖR
Arş.Grv. Abdullah
YILDIZ,
Mak. Müh. Yiğit KAR-
TAL

Özet:

Bilindiği üzere Güneş ışınımının değişik enlemlerdeki etki ve miktarlarının tespit edilmesi önemli bir gereksinimdir. Mahallerin ısı yüklerinin tespit edilmesinde, iklimlendirmede soğutma yükleri ve pasif güneş enerjisi kullanan enerji toplama ve değişim sistemlerinin performans değerlerinin belirlenmesinde bu hesaplanan ve ölçülen değerler kullanılabilir.

Ayrıca bu tür veriler mevsimsel değişikliklerin analizinde, tarım da meyve ve sebze yetiştirme, mimaride akıllı binaların uygulamalarında rahatlıkla yön gösterebilecek anahtarlardır. Sınırlı coğrafi alanlarda alınan net ölçümler tüm alanlar için aynı şekilde uygulanamaz. Bunun yerine simülasyon programlarına ihtiyaç duyulur. Bu çalışmada ASHRAE açık gün modeli kullanılarak yarı ampirik ve farklı eğim açılına sahip düzlemler üzerine gelen aylık ve saatlik ortalamalar bilgisayar ortamında yazılan bir program algoritmasıyla hesaplanacaktır. Sonuçlar Mersin ili için verilecektir. Bu algoritma ülkemizin diğer illeri için de veri girişleri ile sonuçları verebilmektedir. Bu sonuçlar özellikle binaların pik güneş ışınımı kazançlarının hesaplanmasında kullanılabilir verilerdir.

Anahtar Kelimeler:

ASHRAE açık gün modeli,
Açık gün ışınımı

Ülkemiz Enlemleri Açık Gün Işınımının Hesaplanması İçin Bir Algoritma, Örnek Uygulama: MERSİN

1. GİRİŞ

Güneş ışınımının dünya yüzeyinde değişik enlemlerdeki bölgelere gelen miktarının kesin tespiti bir çok güneş uygulamasında önem taşımaktadır. Gelen güneş ışınımı değerlerinin bilinmesi halinde, binaların soğutma amaçlı ısı yüklerinin bulunması, pasif bina ısıtma sistemlerinin değerlendirilmesi ve performans sonuçlarının irdelenmesi, güneş enerjisi toplama ve dönüşümü sağlayan sistemlerin çalışma performanslarının analiz edilmesine olanak sağlar. Ayrıca elde edilen veriler vasıtasıyla tarım, su kaynakları kullanımı, güneş ışınımı davranışları ve mimari tasarımlarda optimum parametrelerin elde edilmesi kolaylaşmaktadır. Güneş enerjisi fotosentez yapan bitkilere enerji sağladığı için ürün ekim alanlarının tespiti ve sulama sistemi tasarımlarında önemli bir hal almıştır.

Meteoroloji istasyonlarından alınan sıcaklık, rüzgar hızı, güneş ışınımı değerleri bilindiği üzere dünyanın her noktasında yer kürenin jeofizik yapısından dolayı kullanılamaz. En gelişmiş ülkelerde dahi simülasyon sonuçları ile elde edilen değerler yerel sonuçlarla elde edilen değerlerden farklılıklar göstermektedir. Bu tür durumlarda interpolasyon, regresyon ya da ortalama değerler kullanmak suretiyle gerçeğe yakın değerlere ulaşmak mümkündür. Ancak yukarıdaki teknikleri kullanırken ölçüm yapan istasyonların birbirlerine göre konumlarının 30 km aralığını geçmemesi gerekmektedir [1]. Ancak şu da unutulmamalıdır ki; sistemlerinin analizinde ortalama sonuçlar saatlik değerlerin önem kazandığı uygulamalarda yetersiz kalmaktadır.

Yukarıda değinilen eksiklikler ve gereksinimler nedeniyle çok farklı tasarım ve tahmin programları gerçekleştirilmiştir. Bu programlarda, ampirik ifadelerin yanında yarı ampirik yani farklı lokal parametrelere bağlı ifadeler de bulunmaktadır. Bu farklı hesap sistemlerinin temel nedeni, atmosfere gelen ışınımın farklı sistematik varyasyonlar göstermesidir [2]. ASHRAE açık-gün modeli [3] yukarıdaki beklentileri tatmin etmek amacıyla tasarlanmış bir modeldir. Ancak bu modelin adından da anlaşılacağı gibi kullanımı "açık gün, sabit ve belirli atmosferik koşullar" içindir.

Soğutma sistemlerinin tasarımı esnasında, sistemi meydana getirecek olan ekipmanların tespiti en fazla güneş ışınımının yani ısı yükünün en yüksek olduğu anlar için seçilmektedir. ASHRAE açık gün modeli bizlere bu yükün tespitinde ve analiz edilmesinde önemli bilgilerle ulaştırmaktadır. ASHRAE modeli aşağıda eşitliklerde verilen parametrelere bağlıdır.

Ekvatorun kuzeyindeki veya güneyindeki güneş ışınlarının güneş öğlesinde açısal uzaklığına deklinasyon açısı denir. Kuzey deklinasyon açısı pozitif işaretlerle gösterilir. Güneş-Dünya merkezlerini birleştiren doğrultunun, ekvator düzlemi üzerindeki izdüşümü ile arasındaki açıdır. Şekil 1'de enlem (F), saat açısı (w), deklinasyon açısı (d) ve zenit açısı (q_z) tanımlamaları gösterilmektedir. Deklinasyon açısı çok farklı ifadelerle tasarla bulunabilir. Ancak bu çalışmada Cooper eşitliği kullanılacaktır. Her ayın 21. günü için deklinasyon açısının aylara göre değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir. Deklinasyon açısı, eşitlik (1) ifadesi ile bulunabilir.

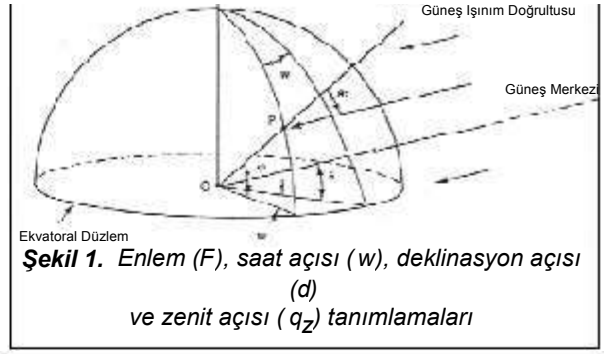
$$d = 23,45 \times \sin \frac{360}{365} (n+284) \quad (1)$$

burada, n, 1 Ocaktan itibaren sayılan gün sayıdır. Tablo 1'de ayları temsil eden n değerleri verilmiştir. Burada, i, gün değeridir.

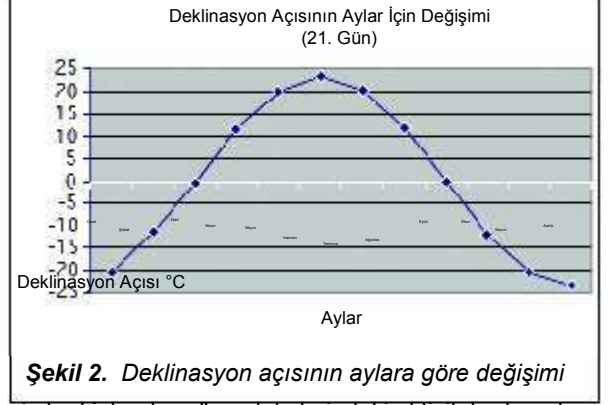
Tablo 1. n değerinin aylara göre değeri

Aylar	n
Ocak	i
Şubat	i + 31
Mart	i + 59
Nisan	i + 90
Mayıs	i + 120
Haziran	i + 151
Temmuz	i + 181
Ağustos	i + 212
Eylül	i + 243
Ekim	i + 273
Kasım	i + 304
Aralık	i + 334

Atmosfer dışı ışınımı etkileyen iki etmen vardır. Bunlardan birincisi güneşten yayılan enerjide oluşan değeri



Şekil 1. Enlem (F), saat açısı (w), deklinasyon açısı (d) ve zenit açısı (q_z) tanımlamaları



Şekil 2. Deklinasyon açısının aylara göre değişimi

şimler ki, bunlar güneş lekelerindeki aktivitelerden etkilenir ve farklı periyotta değişimler gösterir. Yapılan ölçümlerle güneş sabitinin %0.02 oranında her yıl azaldığı belirtilmektedir [4]. İkinci etmen ise, Güneş-Dünya mesafesinin değişken olmasıdır. Bu değişim, atmosfer dışı ışınımın $\pm\%3$ değişimine neden olmaktadır. Atmosfer dışı ışınımın yılın herhangi bir gününde değeri için eşitlik (2) önerilmektedir [5]. Şekil 3'de Mersin için ayın 21'ine göre atmosfer dışı ışınımın aylara göre dağılımı verilmiştir.

$$H_{on} = G_{on} = H_{sc} \times \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (2)$$

burada, H_{sc}, güneş sabiti, farklı kaynaklarda değişik değerlerde verilmekte olup, 1353 W/m² alınmıştır [6].

Güneş doğuş açısı aşağıdaki eşitlik ile bulunur.

$$w_s = \cos^{-1}(-\tan f \tan d) \quad (3)$$

burada, f, derece cinsinden enlemi ifade eder. Enlem, bulunan yerin ekvatorun kuzey veya güneyinde açısal yer olarak tanımlanmasıdır. Mersin ili için $f = 36^\circ 06'$ 'dir.

Atmosfer dışı yatay düzleme gelen toplam ışınım (J/m²) ise eşitlik (4) ile ifade edilir. Şekil 4'de Mersin için atmosfer dışındaki yatay düzleme 21. gün için gelen toplam ışınımın aylara göre değişimi görülmekte

ulaşırlar. Bunlardan birincisi direkt ışınlardır. Bu tür ışınlar yerküreye gelme aşamasında atmosfer katmanlarını geçerken yansımaya yada emilmeyen tür ışınlardır. İkinci tür ışınlar ise, bu gelme aşamasında değişik engeller yada atmosfer katmanları tarafından kırılıp, emilip ya da farklı yönlere gönderilen yayılı (di-

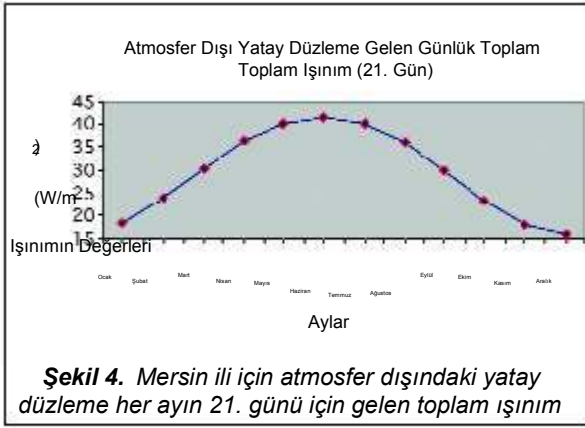


dir.

$$H_d = \frac{24 \times 3600}{p} H_{on} \times \left(\cos \phi \cos \delta \sin w_s + \frac{p w_s}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad (4)$$

Saat açısı derece (°) cinsinden aşağıdaki ifade ile bulunur.

$$w = (GZ - 12) \times 15 \quad (5)$$



burada GZ, güneş zamanını ifade eder.

Zenit açısı eşitlik (6) ile ifade edilir.

$$\cos q_z = \cos \phi \cos \delta \cos w + \sin \phi \sin \delta \quad (6)$$

Yerküreye ulaşan ışınlar temel itibarıyla iki şekilde

$$m = \frac{1}{\cos q_z} = \frac{1}{\sin h} \quad (11)$$

Yer küre ile güneş arasındaki mesafenin değişimi, su buharı ve diğer atmosferik madde bileşimlerinin mevsimsel dalgalanması sonucu A, B ve C değerleri Çizelge 2'de tanımlanmıştır.

füz) ışınlarıdır [7].

Direkt ışınım için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır.

$$H_b = H_{bn} \sin h \quad (7)$$

(7) eşitliğinde; H_b , direkt ışınım (W/m^2), H_{bn} , normal doğrultudaki direkt ışınım (W/m^2), h , güneş yükseklik açısını ifade eder.

Yayıllı ışınım için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır.

$$H_d = C H_{bn} F_{ss} \quad (8)$$

(8) eşitliğinde; H_d , yayıllı ışınım (W/m^2), C , yayıllı gökyüzü faktörü ve F_{ss} görüş faktörüdür ve

dir. Burada, b , kollektör eğimidir ve yatay yüzeylerde $\cos b = 1$ olduğu için F_{ss} değeri ihmal edilebilir. Eğimli yüzeyler için genel ifade $F_{ss} = \frac{1 + \cos b}{2}$ eşitlik (12)'de verilmiştir.

Yer yüzeyinde anlık ışınım açık gün için yarı ampirik olan şu eşitlik önerilmektedir.

$$H_{bn} = A e^{-B/\sin h} = A e^{-Bm} \quad (9)$$

(9) eşitliğinde; A , hava kütlelerinin bulunmadığı (sıfır olduğu) durumdaki güneş ışınımını (W/m^2), B , atmosferik sönmü katsayısını ve m , hava kütlelerini ifade eder.

Eşitlik (9)'da verilmiş olan h güneş yükseklik açısı aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$\sin h = \sin \phi \cos \delta \cos w + \cos \phi \sin \delta \quad (10)$$

Hava kütleleri, direkt ışınımın arasından geçtiği atmosferik hava kütlelerinin, Güneşin başucunda (zenitte) bulunduğu anda kat ettiği atmosferik hava kütlelerine oranına denir ve aşağıdaki eşitlik ile bulunur.

zeylerde ışınım miktarlarını tespit edebilmek için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır [4,5,6].

$$H_t = H_b R_b + H_d \left(\frac{1 + \cos b}{2} + (H_b + H_d) p_g \right) \left(\frac{\cos b}{2} \right) \quad (13)$$

Eşitlik (12)'de, R_b , direkt ışınım eğim faktörü, b , yüzey eğim açısı, r_g zemin yansıtma katsayısını ifade eder ve Tablo 2'de zeminin durumuna göre yansıtma katsayısı değerleri verilmiştir.

Çizelge 2. ASHRAE açık gün modeli için sabit değerler
(Her ayın 21. günü için) [8]

AY	A (W/m ²)	B	C
Ocak	1229,475	0,142	0,058
Şubat	1213,7125	0,144	0,06
Mart	1185,34	0,156	0,071
Nisan	1134,9	0,18	0,097
Mayıs	1103,375	0,196	0,121
Haziran	1087,6125	0,205	0,134
Temmuz	1084,46	0,207	0,136
Ağustos	1106,5275	0,201	0,122
Eylül	1150,6625	0,177	0,092
Ekim	1191,645	0,16	0,073
Kasım	1220,0175	0,149	0,063
Aralık	1232,6275	0,142	0,057

Burada A, hava kütlelerinin bulunmadığı durumda anlık güneş ışınımı (W/m²), B, boyutsuz, atmosfer sönüm katsayısı ve C, boyutsuz, yatay yüzey üzerinde yayılı ışınımın, direk ışınım oranıdır.

Bu hesaplamalardan sonra toplam ışınım, H, eşitlik (11) ile bulunur.

$$H = H_{bn} + H_d \quad (12)$$

Yüzeyin eğimi, güneş enerjisi kullanan sistemlerde önem taşımaktadır. Yüzeyin normali ile güneş ışınlarının geliş açısının eşit olduğu durumda maksimum ışınım enerjisi eldesi sağlanır. Bu nedenden, özellikle düzlemsel kollektörlerin yerleştirilmesinde, kollektör eğim açısı önemli bir noktayı oluşturur [9]. Eğimli yüzey için

Tablo 2. Zemin yansıtma katsayısının zemin durumuna göre değerleri [5]

Zemin	Yansıtma katsayısı (r _g)
Kar (Yeni yağmış veya buz filmi ile kaplı)	0,75
Kumlu Yüzey	0,5
Topraklar (Kil, başçık v.b)	0,14
Kuru Çim	0,2
Yaş Çim	0,26
Beton Kaplı Alan	0,22
Çakıllı Asfalt	0,2
Su Yüzeyleri (geniş geliş açılarında)	0,07
Patika Yolları	0,04

Burada önemli bir değişken olan direkt ışınım eğim faktörü güneşe bakan eğimli yüzeyler için aşağıda tanımlanmıştır.

$$R_b = \frac{\cos(f-b)\cos\delta\cos\omega + \sin(f-b)\sin\delta}{\cos\theta\cos\delta\cos\omega + \sin\theta\sin\delta} \quad (14)$$

Diğer yönlerde bakan eğimli yüzeyler için aşağıdaki genel eşitlik kullanılır.

$$R_b = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (15)$$

ASHRAE açık gün modelinde ışınım miktarı, yukarıda anlatılan eşitlik (1)-(15) parametrelerine bağlı olarak bulunur. Bu denklemler doğrultusunda ülkemizdeki 80 il için Visual Basic programlama ortamında algoritma yapılmıştır. Bu algoritma ile illerimiz için kolaylıkla açık gün ışınımı tahmin edilebilmektedir. Şekil 5'de programın genel görünüşü ve $f = 36^\circ 06'$ enlemindeki Mersin

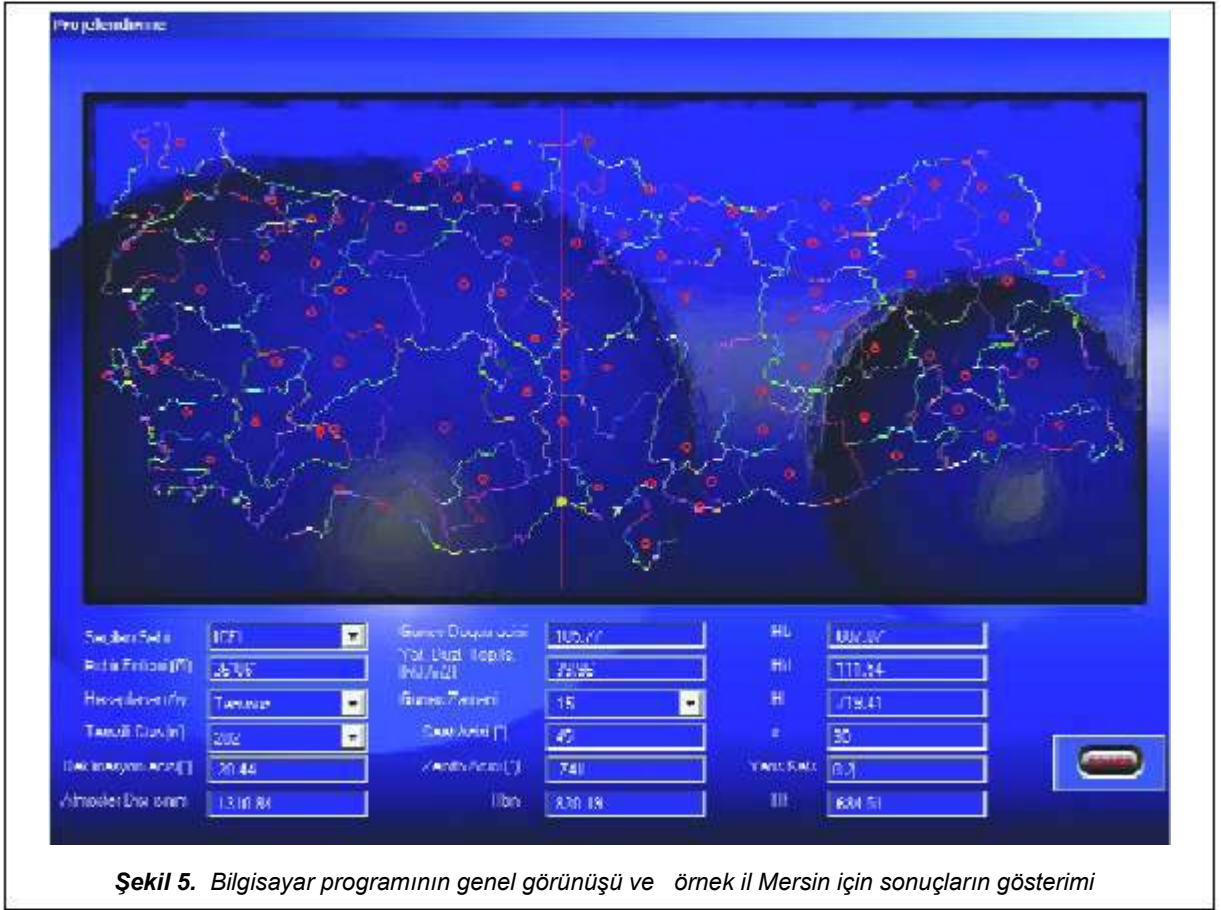
ili için Temmuz ayında, Güneş zamanı ile 15.00'de, 30° eğim ve $r_g = 0.2$ yansıtma katsayısı için sayısal değerler gösterilmiştir.

Bu programda öncelik olarak açık gün ışınımını hesaplamak istediğimiz il seçilir. Daha sonra hesaplanmak isten ay programdan seçilir. Bu iki işlem sonunda deklinasyon açısı derece cinsinden, atmosfer dışı ışınım W/m² cinsinden, güneş doğuş açısı derece cinsinden ve atmosfer dışında yatay düzleme gelen toplam ışınım MJ/m² cinsinden bulunur. Daha sonra güneş zamanı girilerek saat açısı derece cinsinden, zenit açısı derece cinsinden, normal doğrultudaki direkt ışınım W/m² cinsinden, direk ışınım W/m² cinsinden ve toplam

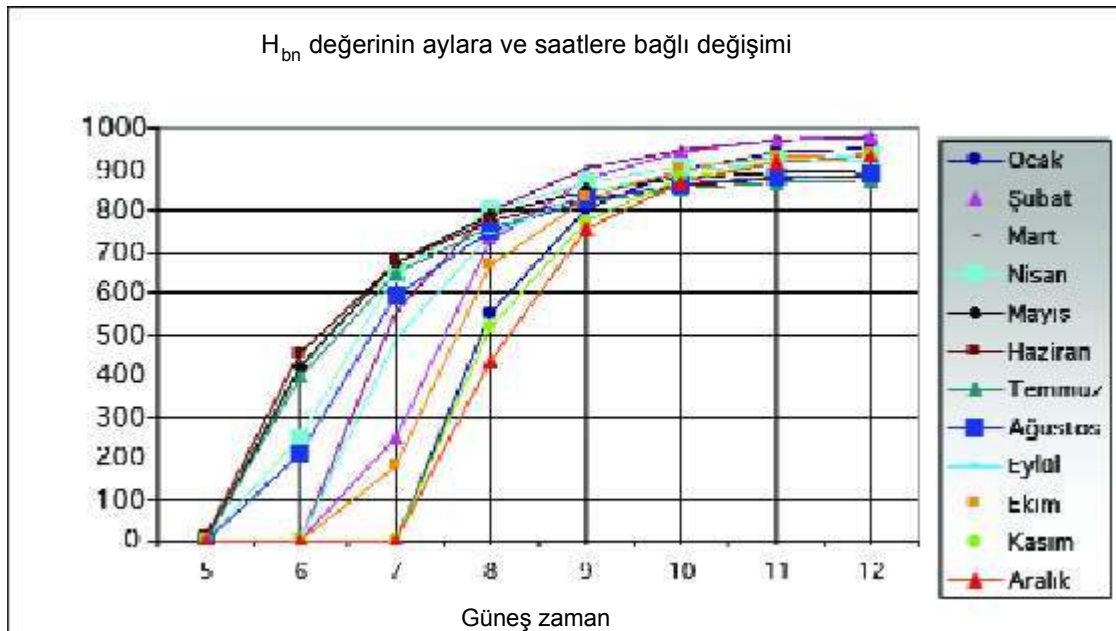
ışınım W/m² cinsinden bulunur. Daha sonra eğimli yüzeyler için, b, kollektör eğimi ve yansıtma katsayısı Tablo 2'den uygun mevsim ve durumlar için girilerek eğimli yüzeye gelen ışınım miktarı W/m² cinsinden bulunur.

3. SONUÇLAR

Şekil 6-11'de, bilgisayar algoritması ile Mersin ili için bulunan değerlerin, aylara ve saatlere bağlı olarak değişimleri gösterilmiştir. Ayrıca, Tablo 3'de Mersin ili güneşe bakan eğimli yüzeylerde zemin yansıtma katsayısı $r_g = 0.2$ için değişik aylarda güneş zamanına bağlı H_b , H ve eğimlere bağlı H_t değerleri verilmiştir.



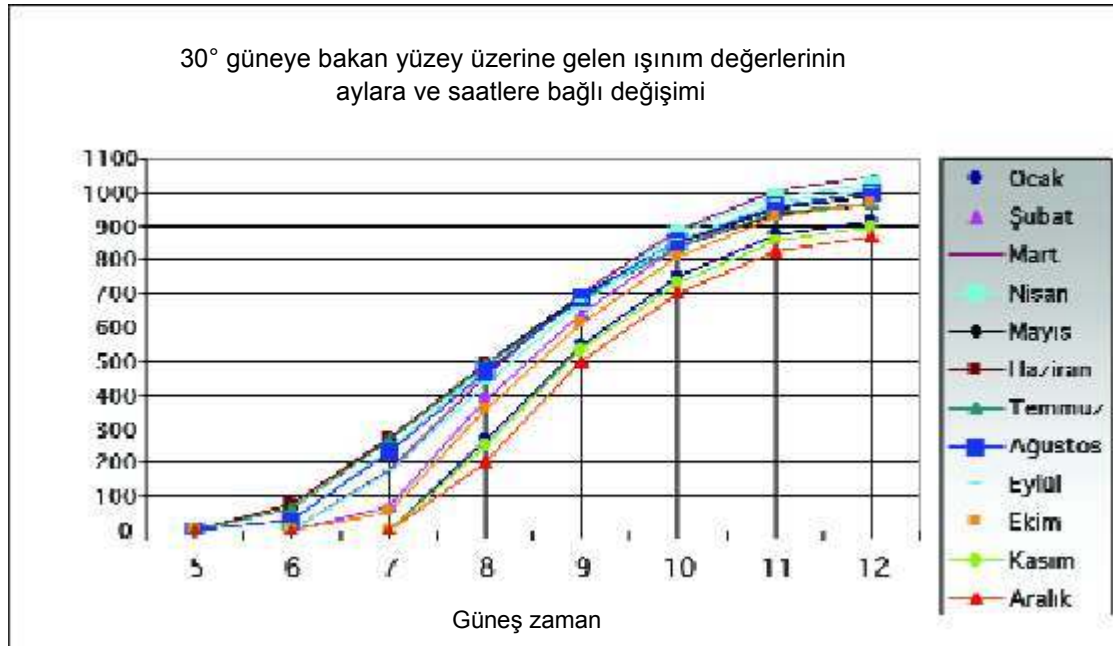
Şekil 5. Bilgisayar programının genel görünüşü ve örnek il Mersin için sonuçların gösterimi



Şekil 6. H_{bn} normal doğrultudaki direkt ışınım miktarının r_g = 0.2 için aylara ve saatlere bağlı olarak değişimi

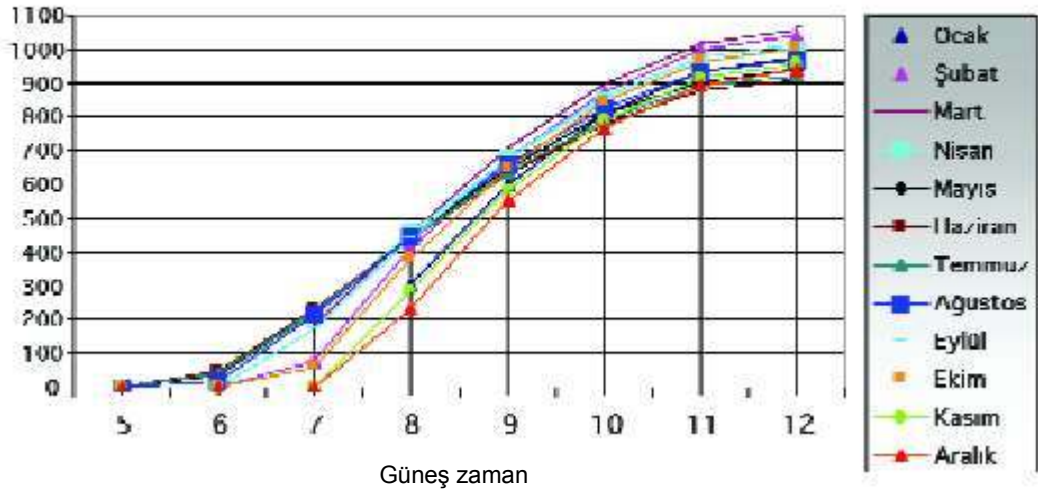


Şekil 7. H toplam ışınımının $r_g = 0.2$ için aylara ve saatlere bağlı olarak değişimi (Mersin ili)



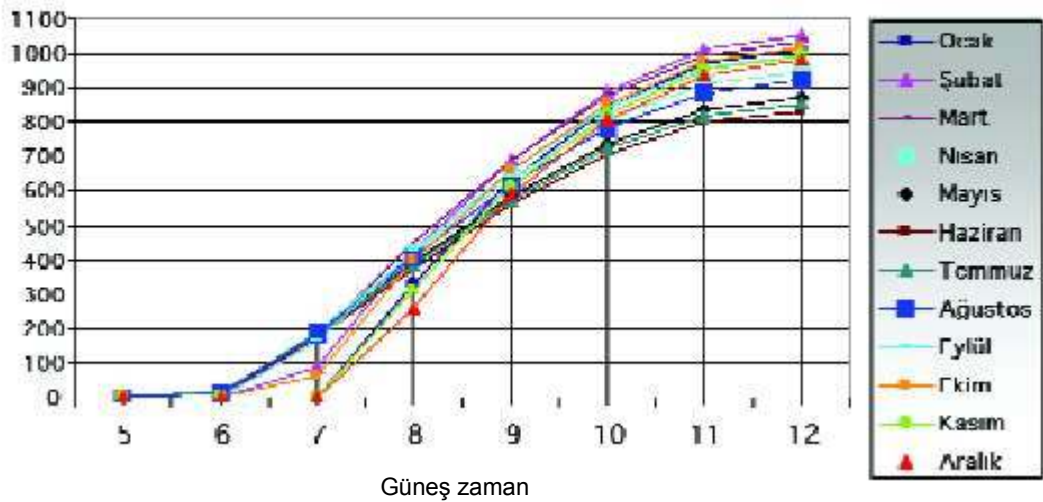
Şekil 8. 30° eğimli yüzey üzerine gelen toplam ışınım değerlerinin $r_g = 0.2$ için aylara ve saatlere bağlı olarak değişimi (Mersin ili)

40° güneye bakan yüzey üzerine gelen ışınım değerlerinin aylara ve saatlere bağlı değişimi



Şekil 9. 40° eğimli yüzey üzerine gelen toplam ışınım değerlerinin $r_g = 0.2$ için aylara ve saatlere bağlı olarak değişimi (Mersin ili)

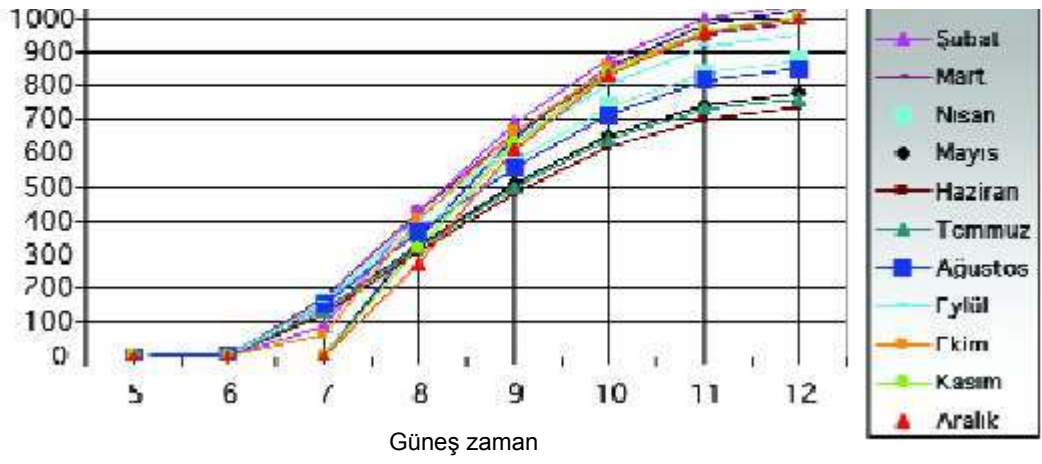
50° güneye bakan yüzey üzerine gelen ışınım değerlerinin aylara ve saatlere bağlı değişimi



Şekil 10. 50° eğimli yüzey üzerine gelen toplam ışınım değerlerinin $r_g = 0.2$ için aylara ve saatlere bağlı olarak değişimi (Mersin ili)

60° güneye bakan yüzey üzerine gelen ışınım değerlerinin aylara ve saatlere bağlı değişimi





Şekil 11. °60 eğimli yüzey üzerine gelen toplam ışınım değerlerinin $r_g = 0.2$ için aylara ve saatlere bağlı olarak değişimi (Mersin ili)

Tablo 3. Mersin ili güneye bakan eğimli yüzeylerde $r_g = 0.2$ için değişik aylarda güneş zamanına bağlı H_b , H ve H_t değerleri (Mersin ili)

GÜNEYE BAKAN EĞİMLİ YÜZEY									
TARİH	GÜNEŞ ZAMANI	H_{bn} (W/m ²)	H (W/m ²)	30°	40°	50°	60°	90°	
21 Ocak	5 19	0	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	0	0	0	0	0	0	0	0
	7 17	0	0	0	0	0	0	0	0
	8 16	549,8	128,9	268	301,54	326,81	343,01	333,84	
	15	803,21	314,5	548,51	599,3	633,55	650,21	592,36	
	10 14	899,32	460,55	749,01	807,42	843,48	856,11	753,14	
	11 13	940,45	552,89	871,94	934,02	970,23	979,47	846,68	
	12	952,25	584,43	913,49	976,7	1012,85	1020,84	877,71	
21 Şubat	5 19	0	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	0	0	0	0	0	0	0	0
	7 17	246,84	37,12	71,52	79,73	85,86	89,72	86,87	
	8 16	727,77	248,57	383,92	410,11	425,25	428,9	371,47	
	9 15	878,61	444,31	642,89	676,55	691,8	688,18	568,04	
	10 14	943,44	595,91	838,15	875,97	889,84	879,35	708,48	
	11 13	972,8	691,48	960,05	1000,13	1012,82	997,72	794,4	
	12	981,41	724,1	1001,52	1042,33	1054,57	1037,87	823,41	
21 Mart	5 19	0	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	0	0	0	0	0	0	0	0
	7 17	553,73	152,81	180,81	181,53	177,8	169,73	122,53	
	8 16	802,41	377,8	456,54	459,79	451,09	430,7	307,21	
	9 15	900,3	574,54	699,65	705,44	692,5	661,24	469,62	
	10 14	947,19	726,09	887,39	895,2	879,03	839,38	594,93	
	11 13	969,54	821,48	1005,69	1014,78	996,59	951,65	673,86	
	12	976,24	854,03	1046,07	1055,61	1036,72	989,98	700,8	
21 Nisan	5 19	0	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	247,71	53,32	28,41	19,08	9,69	0,54	0	
	7 17	650,18	273,16	240,29	217,67	190,23	158,8	50,53	
	8 16	799,61	488,59	485,42	459,76	422,8	375,66	188,73	
	9 15	870,26	674,43	679,89	679,89	636,66	577,42	323,7	
	10 14	907,19	817,16	877,7	852,31	804,85	736,74	432,06	
	11 13	925,57	906,91	986,53	961,67	911,7	838,15	501,51	

	12	931.18	937.52	1023.76	999.1	948.3	872.9	525.38
21 Mayıs	5 19	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	419.85	135.96	64.58	38.2	11.86	0	0
	7 17	675.28	351.27	268.8	228.26	183.09	134.67	0
	8 16	787.95	554.05	493	447.73	391.99	327.47	101.82
	9 15	846.4	728.12	695	648.25	585.58	508.88	219.64
	10 14	878.46	861.6	853.07	806.05	738.77	653.28	315.77
	11 13	894.83	945.47	953.33	906.39	836.43	745.58	377.89
	12	899.88	974.07	987.65	940.78	869.93	777.27	399.31
21 Haziran	5 19	8.85	1.56	0	0	0	0	0
	6 18	453.69	167.17	78.14	45.31	12.53	0	0
	7 17	672.42	376.77	276.3	229.47	178.17	123.97	0
	8 16	775.07	572.85	490.86	438.83	376.79	306.62	69.47
	9 15	830.07	740.93	684.23	630.31	561.18	478.94	180.07
	10 14	860.77	869.74	835.68	781.2	707.38	616.46	270.82
	11 13	876.6	950.65	931.81	877.24	800.7	704.49	329.62
	12	881.51	978.24	964.72	910.17	832.72	734.75	349.93

Makale

TARİH	GÜNEŞ ZAMANI	H_{bn} (W/m^2)	H (W/m^2)	30°	40°	50°	60°	90°
21 Temmuz	5 19	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	396.58	135.54	66.85	41.37	15.87	0	0
	7 17	647.79	348.33	267.11	227.29	182.96	135.46	0
	8 16	760.96	548.14	486.64	441.83	386.82	323.3	101.88
	9 15	820.19	719.41	684.51	638.02	576.03	500.41	216.45
	10 14	852.81	850.64	839.39	792.51	725.89	641.56	310.15
	11 13	869.51	933.07	937.65	890.77	821.46	731.83	370.76
	12	874.68	961.17	971.28	924.45	854.25	762.83	391.67
21 Ağustos	5 19	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	207,33	50,18	28,76	20,63	12,42	4,36	0
	7 17	595,89	266,22	234,43	212,81	186,63	156,7	53,85
	8 16	749,27	477,7	472,61	447,44	411,52	365,93	186,25
	9 15	823,13	659,64	686,96	661,22	618,92	561,34	316,43
	10 14	862,05	799,2	854,26	828,83	782,25	715,92	421,26
	11 13	881,51	886,9	960,2	935,18	886,08	814,39	488,53
	12	887,45	916,81	996,44	971,59	921,65	848,14	511,66
21 Eylül	5 19	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	0	0	0	0	0	0	0
	7 17	489.41	146,35	169,73	169,67	165,58	157,59	113,17
	8 16	740,77	365,88	436,5	438,44	429,21	409,09	291
	9 15	843,16	557,54	672,35	676,56	663,09	632,33	448,22
	10 14	892,82	705,02	854,57	860,65	843,96	805,03	569,68
	11 13	916,62	797,8	969,39	976,68	958	913,91	646,22
	12	923,77	829,46	1008,59	1016,29	996,93	951,08	672,34
21 Ekim	5 19	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	0	0	0	0	0	0	0
	7 17	180,24	28,42	54,17	60,34	64,97	67,92	66
	8 16	666,88	232,33	358,59	383,24	397,69	401,51	349,58
	9 15	827,9	424,15	614,04	646,57	661,66	658,86	546,59
	10 14	897,77	572,81	806,27	843,14	857,13	847,81	686,31
	11 13	929,52	666,52	926,16	965,37	978,31	964,58	771,49
	12	938,84	698,51	966,93	1006,89	1019,43	1004,15	800,21
21 Kasım	5 19	0	0	0	0	0	0	0
	6 18	0	0	0	0	0	0	0
	7 17	0	0	0	0	0	0	0
	8 16	515,03	121,43	252,72	284,47	308,43	323,89	315,88
	15	776,29	304,75	532,34	581,92	615,48	632,01	577,04
	10 14	876,06	449,33	731,89	789,32	824,98	837,77	738,61
	11 13	918,82	540,76	854,07	915,29	951,23	960,78	832,29

		01.01.20	01.02.20	01.03.20	01.04.20	01.05.20	01.06.20	01.07.20	
	12	931,09	572	895,36	957,74	993,65	1001,99863,33		
21 Aralık	5	19	0	0	0	0	0	0	
	6	18	0	0	0	0	0	0	
	7	17	0	0	0	0	0	0	
	8	16	434,42	83,91	204	234,39	258,3	274,99	277,86
	9	15	754,99	261,74	498,72	553,19	592,29	614,85	579,01
	10	14	869,93	404,06	702,14	766,34	809,25	829,54	752,14
	11	13	917,82	494,28	825,34	894,05	937,88	955,52	849,91
	12		931,41	525,12	866,83	936,88	980,87	997,46	882

4. TARTIŞMALAR

ASHRAE açık gün modelini meydana getiren parametreleri eşitlik (1)-(15) ile tanımladık. Bu parametrelerde oluşacak değişiklikler sonuçların değişmesinde birinci dereceden önem taşımaktadır.

Bilindiği üzere ASHRAE açık gün modelinin uygulanabilirliği her ayın 21. günü için sonuçlar vermektedir. Yıllık diğer günlerinin analiz edilmesinde, kullanılan sabit değerler için doğrusal interpolasyonla A, B ve C sabitleri hesaplanarak devam edilmelidir.

Bu modelde hesaplanan sonuçların açık gün hesaplamaları olduğu ve yüzeylerin alabileceği en çok ışınım olduğu unutulmamalıdır. Bu veriler doğrudan güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri için kullanılmamalıdır. Bunun için meteorolojik ortalamalara dayanan modeller önerilir. Bu veriler özellikle sistemlerin maksimum davranışlarının analizinde önem kazanır ve özellikle de iklimlendirme uygulamaları için kullanılabilir.

Bu algoritma ülkemizin diğer illeri (79 il) için de uygulanabilir özellikte olup, veri girişleriyle sonuçlar alınabilmektedir.

5. KAYNAKLAR

[1] Supit I, van Kappel R.R. A simple method to estimate global radiation, Solar Energy, 63 (3), 147-160,

1998.

- [2] Munroe MM. Estimation of totals of irradiance on a horizontal surface from UK average meteorological data, Solar Energy, 24 (3), 235-238, 1980.
- [3] ASHRAE, Handbook of Fundamentals 2001, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, New York, 2001.
- [4] Goswami D, Yogi Kreith, Frank Kreider Jan F. Principles of Solar Engineering, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2nd edition, 1999.
- [5] Duffie JA, Beckman WA. Solar engineering of thermal process. 2nd ed. New York, Wiley, 1991.
- [6] Hsieh JS. Solar energy engineering. New Jersey, Prentice-Hall, Inc, 1986.
- [7] Toğrul TI, Toğrul H, Evin D. Estimation of global solar radiation under clear sky radiation in Turkey. Renewable Energy, 21, 271-287, 2000
- [8] ASHRAE, Handbook HVAC Applications, Chapter 32, 2003
- [9] Siegel R, Howell JR. Thermal Radiation Heat Transfer. Second Edition New York, Hemisphere Publishing, 1981.
- [10] Al-Sanea, AS, Zedan MF, Saleh A. Adjustment factors for the ASHRAE clear-sky model based on solar-radiation measurements in Riyadh. Applied Energy, 79, 215-237, 2004.

