

Solar Cell Usage in a House in Erdemli District of Mersin for Meeting Electricity Demand and Cost Analysis

Bengi Gözmen Şanlı ^{a,1}, Elif Turna Dilsel^b

^{a,b} Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 33343, Mersin, TURKEY

Abstract

Energy is the one of the basic needs in order to survive since human existence. The vast majority of this energy is derived from fossil fuels. The increase in energy demand, the limited resources, and harmful effect of diesel fuels on the environment have forced to research for alternative energy sources. Solar energy which is used instead of fossil fuels is one of the most popular alternative energy sources. Photovoltaic cell systems are used to convert the solar energy into the electricity energy directly. These systems consist of solar panels, batteries, charge regulators and inverters. In this study, photovoltaic cell system was installed to supply the electricity demand of a house (4400 Wh/day) in Erdemli, Mersin and the cost of the system was calculated. To provide the electricity demand, six solar panels having the capacity of 165 W, one battery with 400 Ah, one inverter having the capacity of 1000 VA and one charge regulator with 1000 W were used. The solar panels which are effective on the system efficiency were placed with an angle of 59.68° between the panel and ground. The price of energy provided by Photovoltaic cell system was calculated as 0,011791 TL/Wh and the price of mains electricity of EnerjiSa determined by EPDK was about 0,230995 TL/Wh. The life of photovoltaic cell systems is about 25 years and the invoice cost of this system with interest was calculated for 25 years. The cost of system was 49794,28 TL less than the invoice cost. This finding showed that the usage of photovoltaic cell system is quite profitable.

Keywords: “Solar energy, photovoltaic cell system, cost analysis”

1. Giriş

Günümüzde; fosil yakıtların tükenmekte olması ve neden olduğu çevre kirliliği insanlığı yeni enerji kaynakları bulmaya zorlamaktadır. Teknolojinin günden güne gelişmesiyle enerji ihtiyacının artması bu enerji kaynağı arayışını önemli oranda hızlandırmaktadır. Alternatif yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en güncel ve en çok uygulama alanı bulunan sonsuz güç kaynağı olarak görülen güneş enerjisidir. Tükenmeyen, çevre kirliliğine neden olmayan, işletme masraflarının az ve geniş bir alanda uygulanabilir olması gibi avantajlarından dolayı, günümüzde güneş enerjisi kullanımına dair birçok çalışma ve uygulama mevcuttur. Bu çalışmaların başında ise farklı alanlarda güneş pilleri uygulamaları yer almaktadır. Güneş pilleri, üzerine düşen güneş ışınları ile uçlarında elektrik gerilimi oluşturan ve elektrik enerjisi üretebilen cihazlardır [1]. Güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebildikleri için güneş pillerinin önemi üretim aracı olarak gün geçtikçe artmaktadır [2]. Güneş pilleri birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Arı ve diğerleri çalışmalarında; güneş pilleri ile beslenen ve termoelektrik eleman olan Peltier kullanarak soğutma ve ısıtma üniteleri bulunan taşınabilir piknik sepeti tasarlama [3]. Öztürk bir karavanın elektrik ihtiyacını karşılamak üzere güneş pilleri sistemi tasarlamış ve ekonomik olarak analiz etmiştir [4]. Alkan ve diğerleri, Düzce ilçesinde yer alan elektrik ihtiyacını fotovoltaik sistemden sağlayacak bir konut için elektriksel olarak projelendirme, matematiksel analiz ve fizibilite çalışması gerçekleştirmişlerdir [5]. Özgöçmen çalışmasında, 6 hücreli güneş pili kullanarak elektrik enerjisi üretmiştir. Güneş enerjisinden elde edilen enerji, sistemi oluşturan devreler yardımıyla DC’ den AC’ ye çevrildikten sonra elektrikli aygıtı beslemede kullanılmıştır ve sistemin maliyet analizleri yapılmıştır [6]. Demiröz ve diğerleri, Bilecik ve Kütahya illerinin saatlik güneş verilerini toplayıp tasarlanan sistemde güneş pilini kullanarak elektrik enerjisi üretmişlerdir ve sistemin verimlilik analizini gerçekleştirmişlerdir [7]. Öztürk ve diğerleri, şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız olarak bir evin elektrik ihtiyacını karşılamada kullanılan fotovoltaik enerji sistemlerinin kullanım ömürlerini dikkate alarak maliyet analizlerini yapmışlardır [8]. Öztürk ve diğerleri şebekeye bağımlı ve şebekeden bağımsız 2 KVA, 10 KVA ve 20 KVA güç seviyeli sistemlerin gerekli hesaplamalarını yaparak maliyet ve sistem analizini yapmışlardır [9].

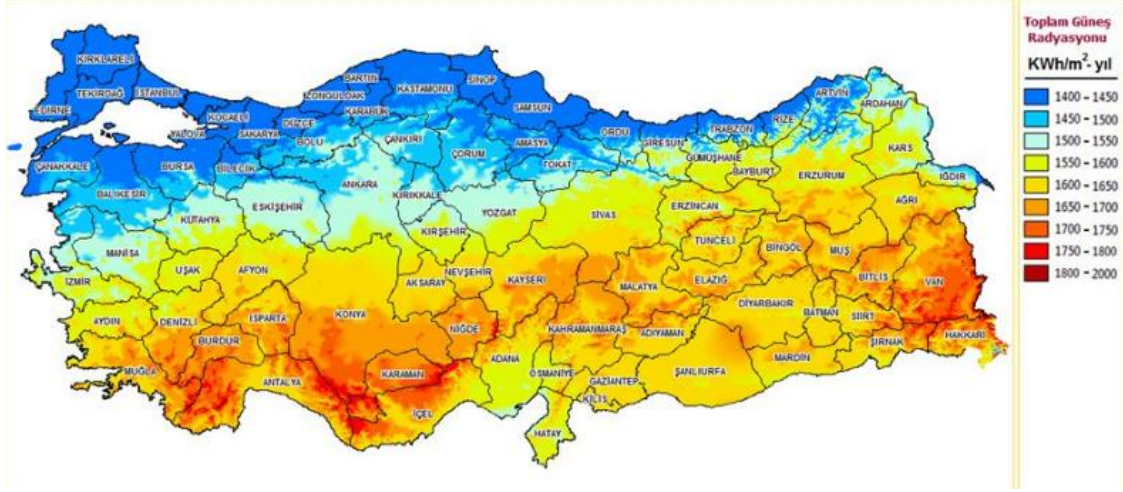
Bu çalışmada, ülkemizin güneyinde yer alan, 300’den fazla güneşli gün gören ve 1. Kuşak adı verilen bölgede yer alan Mersin ili Erdemli ilçesinde bulunan günlük 4400 Wh enerji harcayan bir konutun elektrik ihtiyacını karşılamak üzere güneş pili sistemi tasarlanarak maliyet analizi yapılmıştır.

¹ Corresponding author: Tel: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000
E-mail address: bengigozmen@gmail.com

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre çok daha zengin durumdadır. Enerji Kaynakları Etüt Dairesi Başkanlığı tarafından yapılan çalışmada; Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddetinin 1,311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu belirtilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli bölgeden bölgeye çok büyük farklılık göstermektedir [10]. Yapılan ölçümlere göre, Türkiye'nin %63'ünde 10 ay, %17'sinde ise 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanılabilir [11]. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi 1. Kuşak olarak adlandırılan Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi iken Karadeniz Bölgesi en az güneş enerjisi alan bölge konumundadır [10].



Şekil 1. Türkiye Güneşlenme Haritası [10]

Bu çalışma, 300’den fazla güneşli gün görerek 1. Kuşakta yer alan Mersin ilinin Erdemli ilçesinde bulunan bir evin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini güneş enerjisinden elde etmek için gerçekleştirilmiştir. Mersin ili Erdemli ilçesi için aylık ortalama güneş ışınım değerleri ve güneşlenme süreleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1.Mersin İli Erdemli İlçesi için aylık ortalama güneş ışınım değerleri ve güneşlenme süreleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C)(DMİ)	9,8	10,9	13,5	16,9	20,7	24,8	28,1	28,6	25,6	21,1	15,7	11,4
aylık ortalama ışınım değerleri (kW/m2)(EİE)	3,06	3,81	5,31	6,47	7,43	7,94	7,75	7,26	6,01	4,59	3,40	3,25
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)(DMİ)	4,93	5,96	7,26	8,33	9,95	11,21	11,53	11,09	10,16	7,96	6,12	4,58

2.2. Güneş Pili Sisteminin Tasarım Hesapları

Fotovoltaik ilkeye dayalı olarak üzerine düşen güneş ışınının etkisiyle uçlarında gerilimin oluşmasıyla elektrik enerjisi elde eden yarı iletken kristaller güneş pili olarak adlandırılmaktadırlar. Güneş pili sistemi, güneş paneli, akü, şarj regülatörü, inverter (çevirici) ve çeşitli elektronik destek devrelerinden oluşmaktadır. Bu sistemlerinden elde edilen çıkış geriliminin kullanımı genel

elektrik şebekesine bağlı ve şebekeden bağımsız olmak üzere iki farklı şekilde tasarlanabilir. Şebekeden bağımsız sistemler gün ışığı olmadan çalışmaz. Gün ışığı haricinde çalışmasını sağlamak için enerji akü ile depolanır. Şebekeye bağlı sistemlerde ise aküye ihtiyaç duyulmaz [12].

Güneş pili sistemlerinde üretilen enerjinin tamamı iletilecek sisteme aktarılamaz. Bir kısmı kaybolur. Bu kaybolan enerji miktarı, güneş pili sistemini oluşturan elemanların verimliliğine bağlıdır ve ekipman seçimi yapılırken ekipman verimliliğine mutlaka dikkat edilmelidir. Günümüzde kullanılan güneş paneli verimliliği (η_{pv}) %80, akü verimliliği ($\eta_{akü}$) %80 ve inverter verimliliği (η_{inv}) %90 civarındadır [5].

Bir güneş pili sistemi tasarımına başlamadan önce, bu sistemle üretilmesi hedeflenen enerji miktarı belirlenir ve sonrasında güneş paneli seçimi yapılır. Panel seçiminden sonra üretimi hedeflenen enerji miktarına ve panel verimliliğine göre panel sayısı belirlenir. Fotovoltaik güç sistemlerinde, günlük olarak güneş ışınım miktarı sürekli değiştiği için güneş panellerinden her zaman aynı verimle yararlanmak mümkün değildir ve bu problemi çözmek için güneş aküleri kullanılmaktadır. Akülerin ekonomik değerleri ve özellikleri dikkate alınarak uygun akü ve akü sayısı seçimi yapılır. Aküyü aşırı şarjdan ve elektrik boşalmasından korumak için uygun şarj regülatörü seçimi yapılır. En son aşamada ise, inverter kapasitesi belirlenir. Güneş pili sistemlerinde, güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin tipi doğru akımlıdır. Fakat günlük hayatta kullanılan cihazlar alternatif akımla çalışmaktadır. Bu nedenle, bu sistemlerde doğru akımı alternatif akıma çevirecek uygun kapasiteli inverter mutlaka kullanılmalıdır.

Bu çalışmada, güneş pili sistemi tasarımı için, Erdemli için yılın en kötü ayı olan Aralık ayına ait günlük güneş ışınım değeri (Wh/m^2) tespit edilmiş sistem verimi hesaplanmış ve sistem tasarımının yapıldığı mahalde kullanılacak günlük ortalama yük değerleri belirlenmiştir.

Ülkemizin güneyinde; güneş ışınım potansiyeli olarak 1.kuşak olarak nitelendirilen bölgede yer alan Mersin ili Erdemli ilçesindeki bir konutun elektrik ihtiyacını güneşten karşılamak üzere konutun ihtiyacı olan elektrik enerjisi miktarı belirlenmiş ve Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Bir evde günlük kullanılan cihazların harcadığı toplam elektrik enerjisi

Elektrikli Cihaz	Çalışma Süresi	Gücü	Haftalık Toplam Güç
Aydınlatma	14 saat	60 W	840 Wh
Buzdolabı(No-Frost)	7 gün	2000 W	14000 Wh
Bulaşık Makinesi	3 saat	1200 W	3600 Wh
Çamaşır Makinesi	3 saat	1180 W	3540 Wh
Split Klima	5 saat	1500 W	7500 Wh
55 Ekran TV	12 saat	110 W	1320 Wh
Haftalık Enerji Toplamı			30800 Wh
Günlük Enerji Toplamı			4400 Wh

Erdemli'de bulunan bir konutun elektrik ihtiyacını karşılamak üzere tasarlanan güneş pili sisteminde;

Shell SQ-165 paneli ve EBP400 akü modeli kullanılmıştır ve bunlarla ilgili özellikler Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir. Kullanılması planlanan Shell SQ-165 panelinin alanı; $GPA=1,623 \text{ m} \times 0,815 \text{ m}=1,3228 \text{ m}^2$ 'dir. Güneş panelinin verimini hesaplamak için bu panel alanı kullanılmaktadır.

$$\eta_{GP} = \frac{P_{max}}{(A_{GP} \times H)} \times 100 \quad (1)$$

Bu denklemdeki diğer parametreler; panel maksimum gücü (P_{max}) ve ışınım değerleridir (H) [13]. Bu denklemde ihtiyaç duyulan panel maksimum gücü ise;

$$P_{max} = I_{max} \times V_{max} \quad (2)$$

denkleminde görüldüğü gibi maksimum akım ve maksimum gerilimin çarpımından elde edilmektedir [2]. Güneş panelinin verimi belirlendikten sonra, η_{GP} ; güneş paneli verimi, $\eta_{akü}$; akü verimi ve η_{inv} ; inverter verimi çarpılarak sistem verimi hesaplanır [5].

$$\eta_{sis} = \eta_{GP} \times \eta_{akü} \times \eta_{inv} \quad (3)$$

Tablo 3. SQ-165 güneş paneline ait teknik veriler [14]

Shell SQ-165 Paneli; 72 adet 125mmx125mm Power Max mono kristal silikon güneş hücrelerinin seri bağlanması ile oluşur. Bu pillerin garanti süresi 25 yıldır. (Shell Solar)								
Panel Modeli	P _{max}	V _{pp}	I _{pp}	I _{sc}	V _{oc}	Sıcaklık kaybına bağlı güç kaybı	NOCT	Fiyat
SQ-165	165W	34,5V	4,8A	4,91A	43,7V	%-(0,6°C)	46°C	\$912

Tablo 4. EBP 400 akü modeli için teknik veriler [14]

Akü Modeli	Firma	Kapasite	Fiyat
EBP 400	BP SOLAR	400Ah	\$129

Üretilmesi hedeflenen elektrik enerjisi miktarı belirlendikten sonra PV sistem tasarımının temelini oluşturan güneş paneli sayısı;

$$PS = \frac{\text{Günlük Enerji İhtiyacı} \times \eta_{\text{sis}}}{P_{\text{max}} \times \text{Günlük Güneşlenme Süresi}} \quad (4)$$

denklemden elde edilir ve panel sayısı belirlendikten sonra gerekli olan akü sayısı bulunur [9]. Akü sayısı hesaplanırken akü kaybı %10 alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Akü gerilimi ise 12 V olarak alınmıştır [14]. Bunun nedeni; çıkış gücü 1200 W değerine kadar olan sistemlerde DC voltaj 12 V, çıkış gücü 1200 W-2400 W aralığında olan değerlerde DC voltaj 24 V, 2400 W-4800 W aralığında ise DC voltaj 48 V olarak alınır [15].

$$AS = \frac{\text{Günlük Enerji İhtiyacı} \times \text{Akü Kayıpları}}{\text{Akü Gerilimi} \times \text{Akü Kapasitesi}} \quad (5)$$

Akü cinsi ve sayısı belirlendikten sonra inverter (çevirici) kapasitesi belirlenir. Kapasite hesabı yaparken çeviricinin kendisinden kaynaklanan kayıplar %10 olarak sisteme dahil edilir [9].

$$\text{ÇK} = \frac{\text{Günlük Enerji İhtiyacı} \times \text{Çevirici Kayıpları}}{\text{Günlük Güneşlenme Süresi}} \quad (6)$$

Akülerin sistem içinde düşük veya fazla şarjdan korunmasını önlemek amacıyla kullanılan şarj regülâtörü kapasitesi denklem 7 ile hesaplanır [9].

$$\text{ŞRK} = \frac{\text{Günlük Enerji İhtiyacı}}{\text{Günlük Güneşlenme Süresi}} \quad (7)$$

Güneş panellerinin verimini arttırmak için bölgenin bulunduğu enlem derecesi ile panellerin yerleştirilme açısı arasındaki ilişki önemlidir [14].

$$\beta = \emptyset - \delta \quad (8)$$

\emptyset ; enlem açısını, δ ; denklinasyon açısını yani güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıyı ifade eder. Bu açı dünyanın dönme ekseninin yörünge düzleminin normali ile yaptığı 23°27' lik açıdan ileri gelir [14].

$$\delta = 23,45 \sin \left[\frac{360(n + 284)}{365} \right] \quad (9)$$

"n" değeri yılın günlerini ifade etmektedir, ekinoks dönemi olarak alınır. Sistemde 10 Aralık tarihinde n=344 olarak işleme dâhil edilmiştir [14].

2.3. Güneş Pili Sisteminin Maliyet Analizi

Sistemin ilk yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyetleri toplanarak toplam maliyet belirlenir. Tasarlanan bu sistem ile elde edilen elektrik enerjisinin üretim maliyetini hesaplayabilmek için sistem masraflarının bilinmesi gerekir ve Wh başına enerjinin birim fiyatı;

$$g = \frac{(C_k + C_m + C_f)}{E} = \frac{C_t}{E} \quad (10)$$

denklemlerle belirlenir. Bu denklemde, C_k , yıllık serbest sermaye veya yatırım giderlerini; C_m , yıllık işletme ve bakım giderlerini (C_m , değeri yıllık 100\$ olarak verilmektedir); C_f , yıllık yakıt giderlerini; C_t , yıllık toplam giderleri ve E , yıllık elektrik enerjisi üretimini ifade eder [14]. Yıllık serbest sermaye C_k , amortisman katsayısı ve kurulum ve montaj maliyetlerini çarpılmasıyla hesaplanır.

$$C_k = I_{km} \times a \quad (11)$$

“a” amortisman katsayısını ve “ I_{km} ” kurulum ve montaj maliyetini ifade eder [16]. Amortisman katsayısı ise;

$$a = \frac{(1 + i)^n \cdot i}{(1 + i)^n - 1} \quad (12)$$

formülüyle hesaplanır. Bu denklemde “a” amortisman katsayısını, “n” toplam ömür süresini, “i” faiz katsayısı (%9.5) ve $n=25$ yıl için $a=0.1061$ bulunmaktadır [9]. Toplam maliyet bulunduktan sonra sistemin üreteceği bir yıllık elektrik miktarı bulunur. Üretilecek bir yıllık enerji toplamı;

$$E = I \times A \times E_m \times E_s \times 365 \quad (13)$$

eşitliği ile bulunmaktadır. Burada “I” yıllık ortalama ışık, “A” panel yüzey alanı, “ E_m ” Panel verimliliği (\cong %85), “ E_s ” sistemin toplam verimi (\cong %86) olarak alınmaktadır. Bu değerlere göre, sistem için harcanan toplam gider, elde edilen yıllık enerji miktarına bölünerek birim güç başına düşen maliyet hesaplanmaktadır [17].

3. Bulgular

Erdemli 'de bulunan bir konutun elektrik ihtiyacını karşılamak üzere tasarlanan güneş pili sistemi için, ilgili denklemler kullanılarak; maksimum panel gücü 165,6 W, panel verimliliği %15, sistem verimliliği %86 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 6 adet SQ-165 panel, bu panellerin elde edeceği elektrik enerjisini depolamak için 1 adet EBP 400 akü, hesaplama sonucu elde edilen 1056,76 VA'lık kapasite için 1000 VA kapasiteli Mean-Well S-1000 model inverter ve 960,69 W güç miktarına karşılık ESRDI-12100 model 1000 W kapasiteli akü şarj regülatörü kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca panel verimini önemli derecede etkileyen güneş panelinin kurulumunda, denklinasyon açısı -23.05° ve yerleştirme açısı 59.68° olarak belirlenmiştir.

Yapılan maliyet analizi çalışmaları sonucunda, bu güneş pili sisteminin maliyeti Tablo 5'te gösterilmektedir. Maliyet analizi sırasında, “ C_k ” yatırım gideri 4762,69 TL, “a” amortisman katsayısı 0.1061, “E” üretilecek bir yıllık toplam enerji 56154,58 W ve Wh başına düşen enerjinin birim fiyatı “g” 0,011791 TL/Wh olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. GPS sisteminin maliyeti

Ekipmanlar	Adet	Br. Fiyat	Tutar(\$)	Tutar(TL)
Shell Solar SQ-165	6	912 \$	5472 \$	29111,04 TL
EBP400	1	129 \$	129 \$	686,28 TL
MeanWell S-1000	1	290 \$	290 \$	1542,8 TL
ESRDI-12100	1	355 \$	355 \$	1888,6 TL
ARA TOPLAM	-	-	6246 \$	33228,72 TL
Kurulum Maliyeti %20	-	-	1249,2 \$	6645,74 TL
Toplam Tutar	-	-	7495,2 \$	39874,47 TL
Merkez bankası 21.11.2018 dolar kur değerine göre hesaplanmıştır.(1\$=5,32 TL)				

4. Sonuç

Fosil yakıt rezervlerinin günden güne azalması sonucu güneş enerjisi uygulama alanları her geçen gün artmaktadır. Günümüzde özellikle güneş enerjisinin konutlar için uygulama alanları oldukça geniştir. Bu çalışmada Mersin ili Erdemli ilçesinde 4 kişilik bir ailenin yaşam alanı olarak kullandığı günlük 4400 Wh enerji tüketen bir konutun elektrik ihtiyacını karşılamak üzere güneş pili sistemi tasarımı ve maliyet analizi yapılmıştır. Güneşlenme kapasitesinin en düşük olduğu Aralık ayı verileri kullanılarak gerekli olan enerjinin tüm yıl boyunca eksiksiz elde edilmesi garantilenmiştir. Güneş pili sisteminin tasarımına, bu tür bir evin günlük elektrik ihtiyacı belirlenerek başlanmış ve ihtiyacı karşılamak üzere 6 adet Shell Solar SQ-165 model güneş paneli, 400 Ah kapasiteye sahip 1 adet BP Solar EBP 400 model akü, 1000 W kapasiteli ESRDI-12100 model şarj regülatörü ve 1000 VA kapasiteli MeanWell S-1000 model inverter kullanılmıştır. Bu fotovoltaik sistemle elde edilen enerjinin Wh başına bedeli 0,011791 TL/Wh olarak belirlenmiştir. Ocak 2018 tarihinde EPDK'nin belirlediği EnerjiSa şebeke elektriğinin fiyatı 0,230995 TL/kWh'tir. Bu durumda bu konutta günlük enerji tüketim miktarı 4400 Wh olduğundan, yıllık $4400 \times 365 = 1606000$ Wh enerji tüketilir ve bunun için yılda 407,90 TL kadar fatura bedeli ödenir. Güneş pili sistemlerinin ömürlerinin 25 yıl olduğu dikkate alınarak faiziyle beraber bu fatura bedeli 25 yıl sonra 89668,75 TL olacaktır. Bu sistem için tek bir seferde ödenen kurulum bedeli ise 39874,47 TL olduğundan, iki tutar karşılaştırıldığında güneş pili sisteminin 49794,28 TL kadar daha ucuza mal olduğu ve enerji üretimi için güneş pili sistemi kullanımının oldukça karlı olduğu görülmektedir.

Referanslar

- [1] Karaca C. “Güneş ve Rüzgar Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi Sistemi Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2012.
- [2] Altaş İ. H., “Fotovoltaik Güneş Pilleri: Yapısal Özellikleri ve Karakteristikleri”, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, Bileşim Yayıncılık A.Ş., 47, 66-71, Nisan 1998.
- [3] Arı M., Bilgin G. ve Özcan O., “Alternatif Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Günlük Hayatta Kullanılabilirliği ve Güneş Enerjisi ile Çalışan Piknik Sepeti Tasarımı”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 8, No:1, 163-171, 2017.
- [4] Öztürk R., “Güneş Pilleri ile Elektrik Enerjisi Üretimi ve Karavanlarda Uygulanmasının Teknik ve Ekonomik Analizi”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Cilt 75, 14-18, 2003.
- [5] Alkan S., Öztürk A., Zavrak S., Tosun S. ve Avcı E., “Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Kurulumu”, Elektrik, Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu (ELECO), 78-82, 27-29 Kasım 2014.
- [6] Özgöçmen A., “Güneş Pilleri Kullanarak Elektrik Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007.
- [7] Demiröz E., Kurban M. ve Dokur E., “Güneş Enerjisi Sistemlerinin Verimlilik Analizi, Bilecik-Kütahya Uygulaması”, Düzce İleri Teknolojileri Bilimleri Dergisi, Cilt 5, No: 2, 87-100, 2016.
- [8] Öztürk M., Bozkurt Çırak B. ve Özek N., “Evsel Fotovoltaik Sistemlerin Ömür Boyu Analizi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 18, No: 1, 1-11, 2012.
- [9] Öztürk A. ve Dursun M., “2, 10 ve 20 kVA'lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı”, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS), 16-18 May 2011.
- [10] <http://www.eie.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 01.11.2018)
- [11] Buldum B., “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinden Temiz Enerji Elde Etme Uygulamaları ve İktisadi Faydaları”, Mali Ufuklar, Cilt 2, 76-81, 2008.
- [12] Köroğlu T., Teke A., Bayındır K.Ç. ve Tümay M., “Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı”, Elektrik Mühendisliği Dergisi, TMMOB Yayınevi, Cilt 439, 98-104, 2010.
- [13] Kutlu S., “Güneş Tarlası ile Elektrik Enerjisi Üretimi ve SDÜ Kampüs Alanında Bir Uygulama Analizi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2002.
- [14] Keçel S., “Türkiye'nin Değişik Bölgelerinde Evsel Elektrik İhtiyacının Güneş Panelleri ile Karşılmasına Yönelik Model Geliştirilmesi”, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2007.

[15] Rodríguez-Rodríguez M., Moreno-Ostos E., de Vicente I., Cruz-Pizarro L. ve da Silva S.L.R., “Thermal Structure and Energy Budget in a Small High Mountain Lake: La Caldera”, *New Zealand Journal of Marine and Fresh water Research*, Vol. 38, No: 5, 879-894, 2004.

[16] Kutlu N., “Isparta İlinde Bir Evin Elektrik İhtiyacını Karşılacak Panel Sayısı, Verimi ve Ekonomik Analizin Hesabı”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*, Cilt 1, No: 1, 41-52, 2016.

[17]Korkmaz A., “Güneş Enerjisinden Direk Elektrik Üretimi”, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2001.*

** Bu çalışma, 05-08 Temmuz 2018 tarihlerinde Nevşehir’de düzenlenen *II. International Scientific and Vocational Studies Congress – Engineering And Natural Sciences* adlı sempozyumda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.