

Derleme/Review

## VAN İLİ ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNDE GÜNEŞ ENERJİSİNİN MEVCUT DURUMU VE GELECEĞİ

Sabir RÜSTEMLİ<sup>1</sup>, Furkan DİNÇER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Van  
e-posta: sabirrustemli@yyu.edu.tr

**Özet:** Güneş paneli fiyatlarında düşüş yaşanması ve güneş enerjisinin elektrik enerjisi üretiminde temiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı güneş enerjisinin kullanımında son yıllarda önemli bir artış görülmektedir. Yakıt masrafının olmaması ve bakım gerektirmemesi birim kWh başına enerji maliyetini düşürmektedir. Güneş panelleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Elde edilen elektrik enerjisi ile şebekeye bağımlı veya şebekeden bağımsız olarak tüketiciler sorunsuz olarak beslenebilmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde güneş enerjisinin uygulamaları çokça görülebilmektedir. Yapılan bu çalışmada; Van ilinin mevcut güneş enerjisi potansiyeli göz önünde bulundurularak ildeki güneş enerjisi uygulamaları değerlendirilmiş ve güneş enerjisinin yarını için çeşitli birçok öneriler sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Güneş enerjisi, Van, Enerji üretimi

## PRESENT AND FUTURE STATUS OF GENERATION OF ELECTRICITY WITH SOLAR ENERGY IN VAN

**Abstract:** Solar panel prices decline and the generation of electrical energy is a clean source of energy because of the use of solar energy has increased significantly in recent years. Require no maintenance and unit cost of fuel reduces the energy cost for per kWh. Solar panels work as policy-based photovoltaic that is comprised electrical voltage on solar panels when the light comprise on the roof. Customers are benefited with obtained by electrical energy network dependent or independent of the network without any problems. Especially, it can be seen in a lot of solar energy applications in developed countries. In this study, considering the existing potential of solar energy in the province of Van province of solar energy for future applications of solar energy has many different types are evaluated and recommendations are presented.

**Key words:** Solar energy, Van, Energy generation

### Giriş

Günümüzde elektrik enerjisi insanlığın en yaşamsal ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Dünyamızda mevcut enerji kaynakları; fosil, yenilenebilir ve yeni kaynaklar olarak sınıflandırılabilir. Kömür, petrol ve doğalgaz fosil kaynaklardır. Su, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biokütle yenilenebilir kaynaklardır. Nükleer enerji, yakıt hücreleri ve hidrojen enerjisi ise yeni kaynaklardır. Teknolojinin gelişmesiyle enerji ihtiyacı her geçen yıl yaklaşık olarak %4 - %8 oranında artmaktadır. Buna karşılık bu ihtiyaçların büyük bir bölümünü karşılayan fosil yakıt rezervi ise çok hızlı bir şekilde azalmaktadır. Önümüzdeki 50 yıl içerisinde bu rezervlerin tükeneceği ve ihtiyacı karşılayamayacağı

yapılan tahminlerden anlaşılmaktadır. Diğer taraftan fosil yakıtların çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar belirgin bir şekilde hissedilmektedir. Fosil yakıtlardan enerji üretimi ile havaya salınan sera gazları nedeniyle küresel iklim değişikliği, ekolojik dengelerin bozulmaya başladığı günümüzde gerekli önlemlerin alınmaması durumunda dünyamız ise yaşanabilir bir dünya olmaktan çıkabilir. Bundan dolayı araştırmacılar bir yandan yeni enerji kaynaklarını araştırmaya, diğer yandan ise var olan enerji kaynaklarını daha verimli bir şekilde değerlendirme yönünde çalışmalar yapmaya yönelmişlerdir. Dünyamıza ve insanlığa zarar vermeyecek bir şekilde elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması yenilenebilir enerji

kaynaklarının kullanımı ile mümkündür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile bir yandan elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç karşılanırken, diğer yandan da küresel iklim değişikliğinin önlenmesi veya yavaşlatılması mümkün olabilecektir. Yenilenebilir enerji, doğanın kendi evrimi içerisinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı olarak tanımlanabilir. Ülkemizde değerlendirilebilecek çok sayıda yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli bulunmaktadır. Önemli yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik kaynaklar, jeotermal kaynaklar, rüzgâr kaynakları ve güneş kaynakları şeklinde sıralanabilir (Rüstemli 2009; Rüstemov ve Demirtaş 2004; Rüstemli ve ark. 2009).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansları'ndan "temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketim payı tüm enerji kaynakları içerisinde en az %25 olmalıdır" sonucu çıkmıştır. Bu hedefe en geç 30 yıl içerisinde ulaşılması, aksi takdirde dünyada yaşanılmayacak bölgelerin oluşacağı ve değişen iklim koşullarının kalıcı olacağı belirtilmiştir (Çolak, 2005).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en doğal, baskın, ergonomik, bol, kullanışlı ve çevre dostu kaynak güneş enerjisidir. Güneşten dünyaya gelen enerjinin yoğunluğu, atmosferin üzerinde m<sup>2</sup> başına 1.35 kW kadardır. Bu yoğunlukta dünya çapının kapladığı alana gelen güneş gücü 178x10<sup>6</sup> MW düzeyindedir. Dünyanın tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi, 1.22x10<sup>14</sup> TET (ton eşdeğer taş kömürü) ya da 0.814x10<sup>14</sup> TEP gibi görkemli boyuttadır. Bir başka anlatımla, bir yılda gelen güneş enerjisi miktarı, bilinen kömür rezervinin elli katı, bilinen petrol rezervinin 800 katıdır (Rüstemli ve Dinçer 2011). Güneş enerjisi; kömür, petrol gibi fosil yakıtların aksine atmosfere ve çevreye zararlı gaz salınımında olmayan, çevre dostu, temiz bir enerji kaynağıdır. Birçok bilim adamı, güneş enerjisinin sınırsız olması, ulaşılabilir olması, ilgi çekici olmasından dolayı güneş enerjisinin önemini vurgulamıştır ve vurgulamaktadır. (Rüstemli ve ark. 2010).

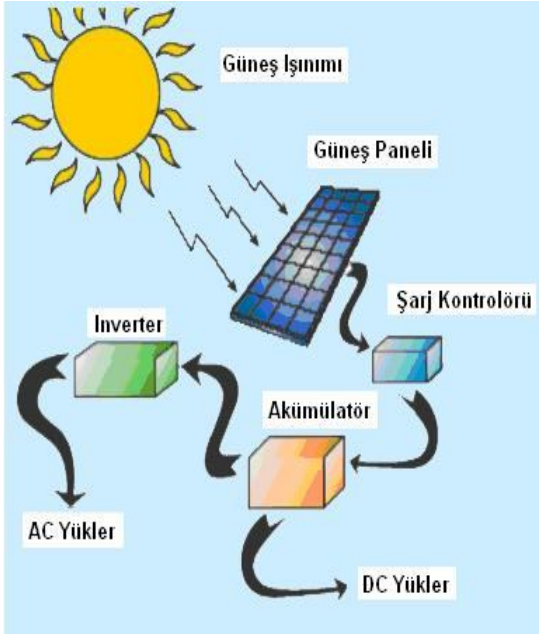
Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi fotovoltaik (PV) adı verilen güneş pilleri ile sağlanmaktadır. Güneş paneli fiyatlarındaki düşüş ve elektrik enerjisi

üretiminde temiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı güneş enerjisinin kullanımında son yıllarda önemli bir artış görülmektedir. Güneş panelleri pahalı olmasına karşın en önemli üstünlükleri; sorunsuz olarak az bakımla 25 – 30 yıl kullanılabilmesi ve çalışma süreleri boyunca doğaya hiçbir kirlenici atık bırakmamalarıdır. Güneş panelleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine güneş ışınları düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Ortam sıcaklığı 25 °C'de üzerine gelen ortalama ışınım şiddeti 1000 W/m<sup>2</sup> olarak kabul edilir. Bir PV hücresinin çıkış gerilimi yaklaşık olarak 0,5 volt civarındadır. Güneş panelinin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş ışınımıdır. Güneş enerjisi, güneş panelinin yapısına bağlı olarak %5 ile %35 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Genellikle 12 voltluk bir akümülatörü şarj etmek için 30 – 36 adet güneş hücresinin birlikte bağlanması yeterlidir. Hücrelerin birleşmesinden modül, modüllerin birleşmesinden panel, panellerin birleşmesinden solar dizi oluşur. Modüller genellikle 1,5 – 35 voltluk gerilim ve 0,15 – 250 W güçleri arasında değişik kapasitelerde üretilir. Paralel bağlantılarla akım, seri bağlantılarla gerilim istenen seviyede ayarlanabilir. Güç çıkışını arttırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel yada seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilirse, bu yapıya güneş pili modülü yada fotovoltaik modül adı verilir. Günümüzde güneş enerjisinden çok farklı yöntemlerle yararlanılabilmektedir. Bunlar; sıcak su üretimi, yemek pişirimi, canlıların büyümesi ve gelişimi, elektrik enerjisi üretimi şeklinde sıralanarak örneklerin sayısı arttırılabilir. Bu çalışmada dünyamız için büyük önem arz eden güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimini irdeleyerek Van ilinin güneş enerjisi potansiyeli hakkında bilgiler sunulmuş ve güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi için detaylı önerilerde bulunulmuştur (Rüstemli ve ark. 2011b).

### **Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminde Maliyet Analiz Öngörüsü**

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi fotovoltaik adı verilen yarıiletken cihazlar ile sağlanmaktadır. Pratik olarak tüm

fotovoltaik cihazlar genel itibariyle fotovoltajın olduğu yarı iletkenin P - N bağlantısını kullanırlar. Bu cihazlar güneş pili olarak da adlandırılabilirler. Binalarda ısıtma ve aydınlatma başta olmak üzere pek çok donanımın gereksindiği enerjinin tamamını veya bir kısmını güneşten karşılayabilme kapasitesi olan fotovoltaik kavramı, ışık anlamına gelen “photo” ve voltaj anlamına gelen “voltaic” kelimelerinin birleştirilmesiyle türetilmiştir. Fotovoltaikler (PV) güneş ışınımını doğrudan elektrik akımına dönüştüren yarıiletken devre elemanlarıdır (Çelebi 2002). Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde fotovoltaik panellerin yanında panellerle entegre olarak çalışabilecek ek sistem ve ekipmanlar da yer alabilmektedir. Fotovoltaik panellerle şebeke ile bağımlı yada şebekeden bağımsız elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Şekil 1’de şebekeden bağımsız güneş enerjisi ile bir konutun elektrik enerjisini sağlamaya yönelik akış diyagramı gösterilmektedir. Böyle bir sistem ile bir konutun tüm elektrik enerjisi ihtiyacı çevre dostu güneş enerjisi ile rahatlıkla sağlanabilmektedir.



Şekil 1: Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretim sistemi (şebeke bağlantısız) (Rüstemli ve ark. 2011b)

Yakıt masrafının olmaması ve bakım gerektirmemesi birim kWh başına enerji maliyetini düşürmektedir. Tipik bir sistemin kullanım süresi yaklaşık 25 yıldır. Güneş paneli sistemlerinin maliyeti temel olarak iki

kısımda incelenebilir. İlki güneş panellerinin maliyeti, ikincisi inverterler, elektronik denetim aygıtları, depolama, kablolama, arazi ve altyapı hazırlama gibi sistem destek elemanlarının maliyetidir. Genellikle güneş panellerinin maliyeti toplam sistem maliyetinin 2/3’ünü oluşturmaktadır. Ancak maliyet hesabında çevre etkileri dikkate alınmamaktadır. European Photovoltaic Industry Association (EPIA) hedefleri doğrultusunda, PV fiyatları oluşturulmuştur. 2020 hedefi olan 1 €/W<sub>p</sub> hedefi sınır olarak verilmekte ve fiyatların daha aşağıya inmesi beklenmemektedir. Güneş pilinden üretilen birim elektrik enerjisi maliyeti, kurulum maliyetinin 30 sene boyunca üreteceği enerjiye bölünmesiyle elde edilmiştir. Ancak, kurulum maliyetleri ele alınırken 1 kW’lık sistem maliyetleri düşünülmüştür. Daha büyük üretim sistemlerinde kurulum maliyetleri belirtilen fiyatların %10 - %40 altında olabilir, bu farka karşılık PV sistemlerinin ortalama ömürleri sırasınca %5 verim kayıpları, sistem bakım ve yenilemeleri vb. bedeller bu hesaba katılmamıştır. Fotovoltaik modüllerin ömür sürelerinin 30 yıl olduğu düşünülürse, yapılan yatırımın kaç yılda geri alınabileceği sorusuna literatürde verilen cevap yaklaşık 5 yıldır (Rüstemli ve ark. 2009).

Fotovoltaik paneller yaklaşık 50 yıl önce ilk üretildikleri zamanlarda fotovoltaik panelin kendi amorti etme süresi, kendi ömründen daha fazlaydı. Araştırmacıların uzun yıllardır süren araştırma geliştirme faaliyetleri ve özellikle gelişmiş ülkelerin güneş enerjisine ayırmış oldukları önemli bütçeler sayesinde fotovoltaik panellerin kendini amorti etme süreleri 5 – 6 yıla kadar düşebilmektedir. Ülkelere göre verilen teşvikler ve yönetmeliklere göre bu süreler 3 – 4 yıla kadar da düşebilmektedir. Yapılan ve yapılacak araştırmalar gelecekte fotovoltaik panellerin kendilerini amorti etme sürelerinin 2 – 3 yıla kadar düşebileceği öngörülmektedir. Çizelge 1’de fotovoltaik panel ve entegre ekipman sistemleri için geçmiş, mevcut ve gelecekteki durumlar için bir öngörü sunulmuştur (EPIA 2010).

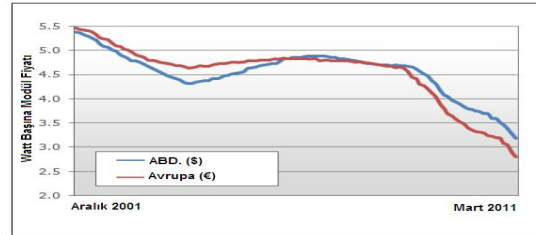
Çizelge 1: Fotovoltaik panel ve entegre sistemlerinin geçmiş, mevcut ve geleceklere hakkında öngörü (EPIA 2010).

	2007	2010	2015	2020	
Büyük ölçekli sistemler için geri ödeme fiyatı (€/Wp)	5	2,5	2	1,5	
Güney Avrupa için Fotovoltaik Sistemden Üretilen Elektrik Enerjisinin Maliyeti (€/kWh)	0.30	0.13	0.10	0.07	
Panel Verimlilik Aralığı (%)	Kristal Silikon	% 13 – 18	% 15 – 20	% 16 – 21	% 18 – 23
	İnce Film	% 5 – 11	% 6 – 12	% 8 – 14	% 10 – 16
	Yoğunlaştırılmış	% 20	% 20 – 25	% 25 – 30	% 30 – 35
İnverter Ömrü (yıl)	10	15	20	>25	
Güney Avrupa için Fotovoltaik Panel Maliyeti + Küçük Ölçekli Depolama (şebeke bağlantılı) (€/kWh)	--	0.35	0.22	<0.15	
Enerji Geri Ödeme Süresi (yıl)	2 – 3	1 – 2	1	0.5	

Bir güneş hücresinin performansı verimi ile ölçülmektedir. Aldığı enerjinin yüzde kaçını kullanabilir elektrik enerjisine dönüştürdüğü verimi belirleyen en önemli parametredir. Ancak belirli dalga boylarındaki güneş ışınları elektrik enerjisine dönüştürülebilir, geri kalan büyük bir miktar hücreyi oluşturan madde tarafından ya emilmekte ya da yansıtılmaktadır. Bundan dolayı günümüzde tipik bir güneş hücresinin laboratuvar şartlarında verimi ancak %34 civarlarındadır. Panel yüzeyine, komşu binalardan ve çevredeki ağaçlardan gölge düşmesi verimi azaltacaktır. Cam yüzeyinin kirlenmesi de %3 - %4 verim kaybına neden olmaktadır. Ülkemiz genelinde geçerli olan 60°'lik kış eğimi ve panel camlarının özelliği nedeni ile panel yüzeyinde buzlanma veya kar birikmesi önlenmektedir (Rüstemli ve ark. 2011b).

Gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımlarını arttırması dünyanın gözünü bu kaynaklara çevirmiştir. Uzun yıllardır özellikle gelişmiş ülkeler enerji maliyetlerini düşürmek adına yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi için araştırma ve geliştirme faaliyetlerine büyük bütçeler ayırmışlardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en kullanışlı, ergonomik, bol, gelişmeye açık ve çevre dostu olan güneş enerjisi kaynağıdır. Gelişmiş ülkeler bu bağlamda güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi için kullanılan fotovoltaik panellerin araştırma geliştirme faaliyetlerine özel önem vermişlerdir. Yıllardır yapılan araştırmalar

sonucunda fotovoltaik panellerin maliyetlerinde hedeflenen ölçüde azalma sağlanabilmiştir. Bu duruma somut örnek şekil 2'de gösterilmektedir. Şekil 2'de Aralık 2001 yılından Mart 2011'e kadar geçen sürede fotovoltaik panellerin maliyetlerinin hem ABD hem de Avrupa Ülkeleri bazında değişim grafikleri verilmektedir (Anonymous 2011).



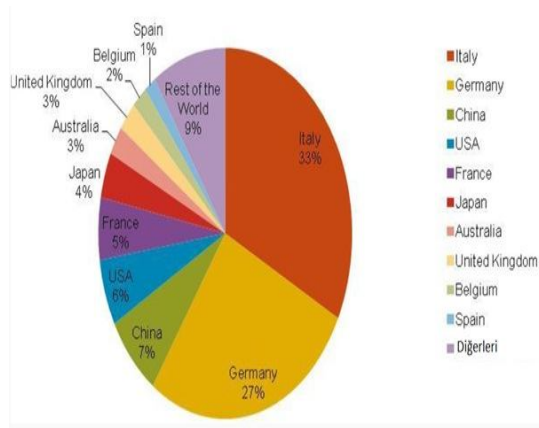
Şekil 2: Solarbuzz firması fotovoltaik panel fiyat gelişim grafiği

Günümüzde fotovoltaik panellerin araştırma geliştirme bütçelerine önemli kaynakların aktarılması ve güneş enerjisinden elektrik enerjisi kurulu gücünün gigawattlar seviyesine ulaşması özellikle gelişmiş ülkelerin güneş enerjisi kaynağına nedenli önem verdiklerinin açık bir göstergesidir. Gelecekte fosil yakıtların tükenmesi ile karşı karşıya kalınacağı, küresel enerji sorunları, çevresel sorunlar ve bunun yanı sıra fotovoltaik panellerdeki maliyet düşüşü, güneş enerjisinin geleceğin enerji kaynağı olacağını işaret etmektedir.

### Dünyada ve Ülkemizde Güneş Enerjisi

Dünya'nın güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi kurulu gücü 2010 yılında bir

önceki yıla göre %139'un üzerinde rekor bir artış göstererek 18,2 GW seviyesine ulaşmıştır. Fotovoltaik endüstrisi 2010 yılında küresel düzeyde 82 milyar dolar civarında gelir üretimi sağlamıştır. 2010 yılına kadar güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi kurulu gücü ülkeler arasında ölçeklendirildiğinde Almanya, İtalya, Çek Cumhuriyeti, Japonya ve Amerika toplam kurulu gücün %80'in üzerinde bir kısmını oluşturmaktadır. 2011 yılı için şekil 3'te ülkeler bazında solar elektrik enerjisi sistemlerinin paylaşımı gösterilmektedir (Anonymous 2011).



Şekil 3: 2011 yılında kurulan solar elektrik sistemlerinin ülkelere göre dağılımı (Anonim 2012).

Başta Almanya, Amerika, İspanya ve Japonya gibi ülkelerin uyguladıkları yenilenebilir enerji kaynakları teşvik politikaları ile güneş panellerinin kullanımı son yıllarda hızlı bir artış göstermiştir. Örneğin, Japonya'da 300,000, Almanya'da 150,000 ve Amerika'da 500,000 den fazla binaya güneş panelleri monte edilmiştir. Burada temel amaç; bina yapı elemanları yerine, güneş panelleri kullanılarak hem binanın elektrik enerjisi üretimi sağlanmakta hem de kiremit, asfalt shingle, çatı membranı, yüzey kaplaması gibi yapı malzemelerinden tasarruf edilmektedir (Türe 2008). Almanya'da yürütülen bir çalışmada, çatılarına yerleştirdikleri güneş panelleriyle ürettikleri elektrik enerjinin üçte birini kullanan ve geri kalanını şebekeye veren tüketiciler mevcuttur. Güneş paneli piyasasının yıllık 500 milyon dolardan fazla olması gelecek yıllar için güneş paneli sektörünün nedenli önemli olacağına bir

göstergesidir. Fransa, İsrail, ABD ve İspanya başta olmak üzere birçok ülke de güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için yoğun araştırmalar yapmaktadır (Çolak ve ark. 2005).

Özellikle gelişmiş ülkeler güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde diğer ülkelere göre oldukça mesafe kat etmişlerdir. Ülkemiz, güneş enerjisi kuşağı altında olması, güneş ışınım miktarının ve güneşlenme sürelerinin dünyadaki birçok ülkeden yüksek olmasına rağmen güneş enerjisinden faydalanılma oranı maalesef epeyce düşüktür.

Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı ve güneşlenme süreleri Çizelge 2'de verilmiştir (Saka 2007).

Çizelge 2: Türkiye'de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri (Saka 2007)

Bölgeler	Güneşlenme Şiddeti			Güneşlenme Süresi		
	Yıllık Ort. (kWh/m <sup>2</sup> - yıl)	Max. (kWh/m <sup>2</sup> - ay)	Min. (kWh/m <sup>2</sup> - ay)	Yıllık Ort. (saat/ yıl)	Max. (saat/ ay)	Min. (saat/ ay)
Güneydoğu Anadolu	1491,2	188,1	49,6	3016	407	126
Akdeniz	1452,7	176,6	48,9	2923	360	101
İç Anadolu	1432,6	176,6	42,2	2712	381	98
Ege	1406,6	168,7	40,9	2726	371	96
Doğu Anadolu	1398,4	182,8	48,6	2693	373	165
Marmara	1144,2	166,9	33,4	2528	351	87
Karadeniz	1086,3	141,7	34	1966	273	82

Çizelge 2'de verilen değerlerin Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az

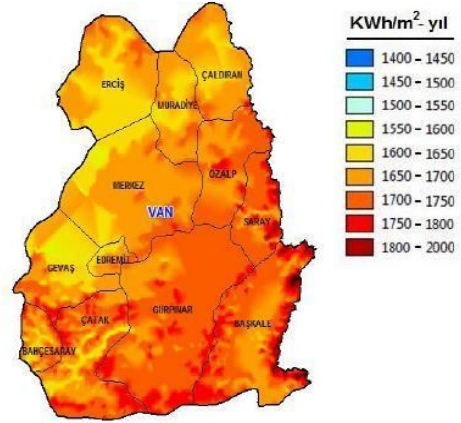


olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmaktadır. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20 - %25 daha fazla çıkması beklenmektedir (Anonim 2010). Bunun iki temel sebebi vardır. Birincisi; bölgede oldukça yetersiz sayıda ve yetenekte ölçüm istasyonu vardır. Bu istasyonlarda ölçülen değerlerin baz alınarak düşük hassasiyetle büyük bir alana yansıtılması hatalı sonuçlara yol açmaktadır. İkincisi, ölçüm cihazlarının uygun olmayan noktalara yerleştirilmesi, bakım ve kalibrasyon yetersizliği nedeniyle, ölçüm değerlerindeki hataların Coğrafi Bilgi Sistemi modeli kullanarak interpolasyon (bazen ekstrapolasyon) yapılmasıdır.

Ülkemizde güneş enerjisinden elektrik enerjisi kurulu gücü yaklaşık olarak 1 MW'tır. Fotovoltaik sektörü hala oldukça küçük olup az sayıda istihdam sağlamaktadır. Ana iş tipi ağırlıklı olarak ithalat, dış ülkelerden temsilcilik alma ve satış üzerine gerçekleştirilmektedir (Rüstemli ve ark. 2011b).

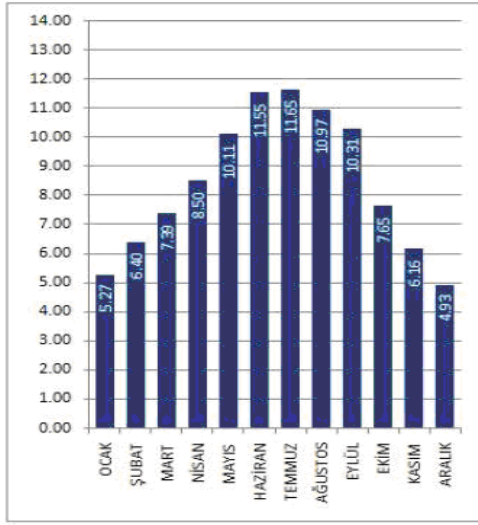
#### Van İli Güneş Enerjisi Potansiyelinin Mevcut Durumu ve Yarım

Van ilinin yıllık ortalama toplam güneş enerjisi global ışınım değeri 1635 kWh/m<sup>2</sup>-yıl'dır. Bu değer Karaman ili için 1660 kWh/m<sup>2</sup>-yıl, Antalya ili için 1646 kWh/m<sup>2</sup>-yıl'dır. Van ili hem güneş enerjisi global ışınım değeri, hem de güneşlenme süresi bakımından miktar olarak Türkiye ortalamasının çok üzerindedir. Bu dağılım şekil 4'te gösterilmektedir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi santrallerinin çalışma ve enerji kazanç durumlarını etkileyen çok sayıda parametre vardır. Bu parametreler de göz önünde bulundurulduğunda Van ili neredeyse ülkemizin en büyük güneş enerjisi potansiyeline sahip il olma özelliğine sahiptir (Sarıkaya 2009).

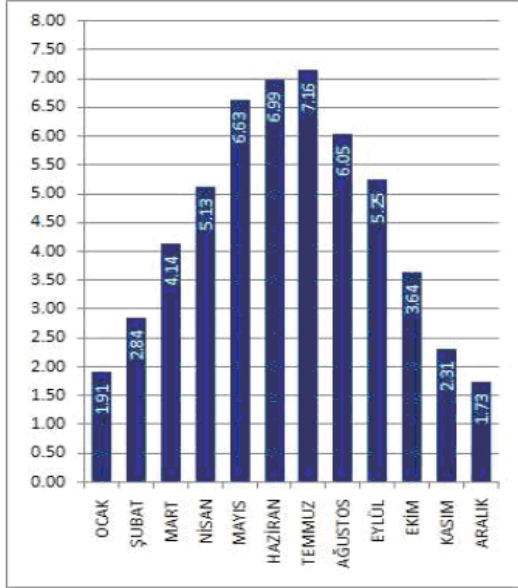


Şekil 4: Van ili için global güneş ışınım dağılımı (Sarıkaya, 2009)

Şekil 4'te, Van iline ait koyu ve açık kırmızı alanların yaygın olduğu görülmektedir. Bu tonlarla boyanmış bölgelerde güneş enerjisi global ışınım değerleri yüksektir. Van ilinin güney bölgesine doğru inildikçe güneş ışınım değeri artmaktadır. Şekil 5'te, Van ili için ayrıntılı ve tekniksel anlamda güneşlenme süresi ve ışınım değer verileri sunulmaktadır. Belirtilen değerler global güneş ışınım dağılımı dikkate alındığında da Van ilinin güney bölgesine doğru inildikçe daha da artabileceği öngörülmektedir. Ayrıca fotovoltaik panellerin uygulamalarında çeşitli yöntem ve tekniklerle güneşten daha fazla yararlanma böylece enerji kazancında artış sağlanabilmektedir. Bu yöntem ve tekniklerden en önemlileri; güneş takip sistemleri, soğutma sistemleri ve gölgeleme etkisinin engellenmesi olarak sıralanabilir. Soğutma sistemleri ve gölgeleme etkisinin giderilmesi ile fotovoltaik panel uygulamalarından yer ve şartlara bağlı olmakla birlikte ortalama %10 daha fazla enerji kazancı sağlanabilmektedir. Ayrıca güneş takip sistemleri ile fotovoltaik panellerin güneşi gün boyunca takip etmesi sağlanarak güneşten optimum düzeyde faydalanılması ve enerji kazancında %25 - %35 oranlarında artış elde edilebilir. Bu ve benzeri teknikler ile şekil 5'te belirtilen değerlerin üzerinde değerlere ulaşarak fotovoltaik uygulama sistemlerinin maliyet-etkin ve yatırıma olanaklı olması gerçekleştirilmiş olacaktır (Sarıkaya 2009).



a) Van ili güneşlenme süresi değerleri (saat)



b) Van ili global ışınım değerleri (kWh/m²-gün)

Şekil 5: Van ili güneşlenme süresi ve global ışınım değerleri (Sarıkaya, 2009)

Global ışınım değerinin en yüksek olduğu yıl içi süre Temmuz ayına aittir. Van ilinin aylık bazda ortalama günlük ışınım şiddetinin  $4,48 \text{ kWh/m}^2\text{-gün}$ , yıllık ortalama toplam global ışınım değerinin ise  $1635,81 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$  ( $4,48 \times 365$ ) olduğu görülmektedir. Tüm bu değerler Van ilinin Türkiye’de güneş enerjisi bakımından en yüksek potansiyele sahip bölgelerden biri olduğunu göstermektedir. Güneşlenme süresinin en yüksek olduğu yıl içi süre Temmuz ayına aittir. Van ilinin aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süresinin  $8,41 \text{ saat-gün}$ , yıllık ortalama toplam

güneşlenme süresinin ise  $3.068,64 \text{ saat-yıl}$  ( $8,41 \times 365$ ) olduğu görülmektedir. Tüm bu değerler Van ilinin güneşlenme süresi bakımından Türkiye ortalamasının çok üzerinde bir değere sahip olduğunu göstermektedir (Sarıkaya 2009).

Son yıllarda Van ilinin güneş enerjisi potansiyeline dikkat çekebilmek adına çok az sayıda çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Örneğin; Van ilinin Gevaş ilçesinde bulunan Akdamar Adası, güneş panellerinden üretilen elektrik enerjisi ile beslenmektedir. Şekil 6’da bu uygulama gösterilmektedir. Böyle bir uygulama sayesinde adanın elektrik enerjisi hiçbir fosil yakıt tüketimi olmadan tamamen çevre dostu güneş enerjisi ile sağlanmaktadır.

Sistemde gücü  $135 \text{ W}$  olan  $145$  adet polikristal PV panel kullanılmıştır. PV panellerinin kapladığı alan  $146 \text{ m}^2$  olup, sistemin kurulu gücü  $19575 \text{ Watt}$ ’tır. Sistem tarafından üretilen yıllık enerji  $19575 \times 3,6 \times 364 = 25651 \text{ kWh}$ ’tir. Adanın yıllık elektrik enerjisi tüketimi  $15000 \text{ kWh}$ ’tir. Yapılan sistem kışın adanın elektrik enerjisi ihtiyacının tamamını, yazın ise mevcut ihtiyacın yaklaşık  $2,5$  katı kadar bir elektrik enerjisi üretmektedir.



Şekil 6: Akdamar Adası güneş enerjisi uygulaması

Kentlerimizde güneş enerjisinden pasif ve aktif olmak üzere iki farklı şekilde yararlanılabilmektedir. Pasif sistemler ile güneş enerjisinden sıcak su elde edimini sağlanırken, aktif sistemler ile güneş enerjisinden güneş panelleri ile elektrik enerjisi üretimi sağlanabilmektedir. Van ili her iki sistem için ülkemizde neredeyse en uygun şartları taşımaktadır. Gelecekte Van

iline bu konuda yeterli önem verilirse, ilin bir güneş kenti olarak anılması sağlanabilir (Rüstemli ve ark. 2011a). Van ilinde ayrıca bazı park ve bahçelerde de elektrik enerjisi güneş enerjisinden sağlanmaktadır. Böylece bu park ve bahçeler dışarıdan ekstra elektrik enerjisi tüketmeden kendi elektrik enerjisini üretilip tüketmektedir. Ayrıca park ve bahçelerdeki bu uygulamalar mimari açıdan da oldukça estetik bir görünüme sahip olmaktadır. Şekil 7’de Van ilinde park ve bahçelerde güneş enerjisi uygulamalarına bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 7: Park ve bahçelerde güneş enerjisi uygulaması

Van ili, Edremit ilçesi’nde aydınlatma amaçlı bir güneş enerjisi uygulaması şekil 8’de gösterilmektedir.



Şekil 8: Van ili, Edremit ilçesinde aydınlatma amaçlı güneş enerjisi uygulaması

Bilindiği üzere Van ilinde elektrik enerjisi üretiminde güneş enerjisinden bir elin parmak sayısını geçmeyecek kadar az sayıda

yararlanılmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi için hâlbuki diğer illerimizdeki gibi birçok örnek uygulama Van ilinde de rahatlıkla uygulanabilir. Üstelik Van ilinin güneş enerjisi potansiyeli diğer illerimize nazaran çok daha yüksek olmasına rağmen uygulama örnekleri çok az seviyedir. Gelecekte Van ilinde güneş enerjisinden daha çok yararlanılacağı umudu ile uygulanabilecek örnekler şekil 9, 10, 11, 12 ve 13’te gösterilmektedir.



Şekil 9: Baz istasyonunun elektrik enerjisi ihtiyacının güneş enerjisiyle sağlanmasına örnek



Şekil 10: Konutlarda elektrik enerjisi ihtiyacının güneş enerjisiyle sağlanmasına örnek

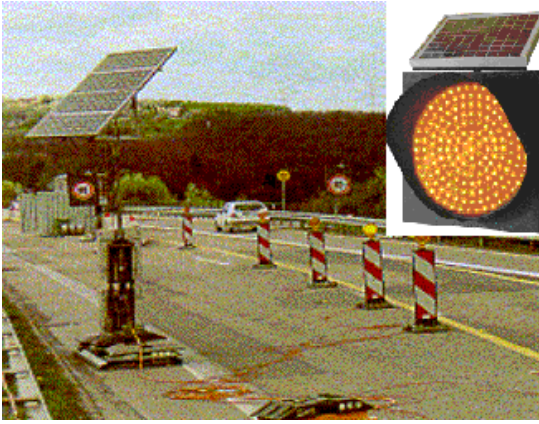


Şekil 11: Park ve bahçelerde elektrik enerjisi ihtiyacının güneş enerjisiyle sağlanmasına örnek





Şekil 12: Tarımsal sulamada elektrik enerjisi ihtiyacının güneş enerjisiyle sağlanmasına örnek



Şekil 13: Sinyalizasyon sistemlerinde elektrik enerjisi ihtiyacının güneş enerjisiyle sağlanmasına örnek

Elektrik enerjisi tüketiminin olduğu her noktada güneş enerjisinden rahatlıkla faydalanılabilmektedir. Çünkü; güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimini sağlayan fotovoltaik paneller taşınabilir, her sisteme entegre olabilir, ergonomik ve kullanışlıdır. Dünyada örnek verilen güneş enerjisi uygulamaları dışında da birçok farklı uygulamalarda da güneş enerjisinden yararlanılmaktadır. Şekil 14'te Muğla Üniversitesi'nde güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimini sağlayan fotovoltaik panel uygulaması gösterilmektedir. Böylece binalar elektrik enerjisinin büyük bir kısmını çevre dostu, temiz enerji olan güneş enerjisi ile sağlamaktadır. Bu ve benzeri uygulamalar üniversitelerde yaygınlaştırılarak

ülkemizdeki üniversitelerin temiz enerji ile beslenmesi sağlanmakla birlikte öğrencilere temiz enerji bilincinin aşılması da gerçekleşmiş olacaktır.



Şekil 14: Muğla Üniversitesi'nde güneş enerjisi uygulamasına örnek

Van Gölü'nün tanıtımı için kamu kurumları ve üniversite yoğun bir çaba harcamaktadırlar. Van Gölü'ne enerjisini tamamen güneş enerjisinden alan bir tekne uygulaması yapılarak hem ulusal hem de uluslararası çapta çok önemli bir tanıtıma imza atılabilir. Böyle bir uygulama güneş enerjisi uygulaması olarak örnek teşkil edebilecek, gölün de tanıtımını sağlayacaktır. Örnek teşkil edecek uygulamalar şekil 15'te gösterilmektedir.



Şekil 15: Enerjisini tamamen güneş enerjisinden alan tekne uygulaması

Şebekeden bağımsız olarak Harran Üniversitesi'ndeki güneş enerjisi uygulamaları şekil 16'da gösterilmektedir.

Otobüs duraklarında, park ve bahçe aydınlatması ve köprü üzerinde çeşitli güneş enerjisi uygulamaları Harran Üniversitesi içerisinde yer almaktadır. Van ilinde de benzeri birçok uygulamaya örnek teşkil etmesi açısından önemli bir uygulama olmaktadır.



Şekil 16: Harran Üniversitesi'nde güneş enerjisi uygulamalarına örnekler

### Sonuç

Ülkemizin güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli, ülkemizin tüm bölgeleri için ciddiyle ele alınmasını gerektiren bir büyüklüktedir. Güneş enerjisinin aktif yöntemle yapı ısıtılmasından, seraların ısıtılmasına, tarımsal ve endüstriyel kurutmaya, endüstriyel ısı uygulamalarına, soğutmaya, metalürjik fırınlara, fotokimyasal ve foto biyolojik işlemlere dek çeşitli kullanım alanlarındaki araştırmaların desteklenmesinin yanı sıra uygulamaların yaygınlaştırılmasına da çalışılmalıdır. Bu çerçevede güneşli soğutma konusu, ülkemiz koşullarında tarımsal ürünlerin ve gıda sanayi ürünlerinin saklanması açısından üzerinde önemle durulması gereken bir seçenektir.

Yapıların güneş enerjisi ile ısıtılması ve serinletilmesi güneş mimarisi ile bütünleşik bir mühendislik konusu olarak ele alınmalı ve yerleşim alanları ölçeğinde geliştirilmelidir. Bu konuda bölgelerimiz için verimli ve maliyet etkin çözümler geliştirmek amacıyla araştırmalara kaynak ayrılması, ilgili firmaların ve kullanıcıların teşviklerle desteklenmesi gerekmektedir (Rüstemli ve ark. 2011a).

Güneş fotovoltaik sistemleri trafik sinyalizasyonu, otoyollarda aydınlatma ve telefon iletişimi, orman kuleleri, deniz fenerleri, park ve bahçe aydınlatması,

şebekeden uzak kırsal ünitelerdeki elektrik gereksiniminin karşılanması gibi öncelikli uygulama alanları bulabilir. Dünya'da örnekleri olan bu tür kullanımlar pilot uygulamalarla Türkiye'de de başlatılmalı ve fotovoltaik (PV) panellerin ekonomikliğine bağlı biçimde geliştirilmelidir. Fotovoltaik çevrimle güneşten elektrik enerjisi üretiminde kullanılan PV panellerin yerli üretimine olanak sağlayacak araştırmalar desteklenmelidir. Türkiye'de güneş enerjisi uygulamalarının yaygınlaştırılıp geliştirilmesi, gerekli kurumsal altyapının oluşturulması, güneş enerjisi ile ilgili sanayiye ve tüketicilere teşvikler uygulanması için yasal bir düzenleme yapılmalıdır. Kaçak elektrik kullanımının yoğun olduğu bölgelerde, vatandaşa yönelik, devlet destekli üç - dört yılda ödeme olanağı olan seçeneklerle PV panellerin ve güneş enerjili sıcak su kullanım sistemlerinin de yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

Evlerde PV sistemleri ile elektrik enerjisi üretim sistemlerini kurmak isteyen yurttaşlar için çift taraflı çalışan elektrik sayaçların kullanılması sağlanmalıdır. Bu amaçla elektrik şebekesine alıp-verme durumuna olanak sağlayacak düzenlemeler mevzuatta yapılmalıdır. Çift taraflı sayaçlar sayesinde bireyler veya kurumlar maliyeti ne olursa olsun kendi elektrik enerjilerini üretebilecekler, ürettikleri elektrik enerjisini kendilerinin kullanmadıkları saatlerde şebekeye verebileceklerdir.

Van ili sahip olduğu geniş coğrafyasıyla güneş enerjisi santralleri (GES) yatırımları açısından yüksek bir potansiyele sahip olduğu yapılan ölçümlerle de teyit edilmiştir. İl bazında GES yatırım potansiyeli bakımından ülkemizde birinci sırada olduğu yapılan çalışmalarda ortaya çıkmıştır. Özel bir firma tarafından yapılan ölçümler ve çalışmalar sonucunda Van ilinin günümüz teknolojisi ile kurulacak güneş enerjisi kurulu güç değeri mera alanları dikkate alınmadığında 4500 MW, mera alanlarıyla birlikte 7000 MW'lık kurulu güç kapasitesi bulunduğu tespit edilmektedir. Ülkemizin 2010 yılı sonunda kurulu elektrik enerjisi güç kapasitesinin 47000 MW düzeylerinde olduğu göz önünde bulundurulduğunda, Van ilinin sadece güneş enerjisi güç kapasitesi bu oranın %15'ine denk geldiği anlaşılmaktadır.

Van ilinin sahip olduğu mevcut güneş enerjisi yatırım potansiyelinin mali değeri ise günümüz fiyatlarıyla yaklaşık 14 milyar/\$'dır (Sarıkaya, 2009).

29 Aralık 2010 tarihinde 6094 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda (5346 sayılı yasa) Değişiklik yapılmasına Dair Kanun” yürürlüğe girmiştir. İlgili yasa kapsamında 2013 yılı sonuna kadar maksimum 600 MW'lık güneş enerjisi yatırımı yapılmasına izin verilmiştir. Yasa kapsamında yatırımlarda kullanılacak ekipmanların yurtiçinden karşılanma oranına bağlı olarak kWh başına verilecek destek miktarı (Sarıkaya, 2009);

- Güneş enerjisi PV teknolojisinde; taban: 13,3 cent/\$, tavan: 20 cent/\$
- Güneş enerjisi CSP teknolojisinde; taban: 13,3 cent/\$, tavan: 22,5 cent/\$

olarak belirlenmiştir. Verilen bu destekler sayesinde kurulacak sistemlerin kendilerini kısa sürede amorti etmesi de sağlanmış olacaktır.

Van ilinin ülkemiz en büyük güneş enerjisi potansiyeline sahip illerden biri olması göz önünde bulundurulduğunda Van ili bir güneş kent özelliği taşımaktadır. Yapıların güneş enerjisi ile ısıtılması ve serinletilmesi güneş mimarisi ile bütünleşik bir mühendislik konusu olarak ele alınmalı ve yerleşim alanları ölçeğinde geliştirilmelidir.

Ülkemiz illeri arasında güneş enerjisi potansiyeli bakımından Van ilinin ayrı ve özel bir konumu bulunmaktadır. Uzun yıllardır yapılan güneş enerjisi ölçümleri ve Avrupa Birliği Enerji Komisyonu'nun güneş enerjisi ile ilgili verilerinde bu durum teknik olarak açıkça belli olmaktadır. Van ilinin güneş enerjisi potansiyeline dikkat çekmek amacıyla çeşitli spesifik uygulamalar yapılmaya çalışılmıştır. Fakat Van ilinin ülkemizde güneş enerjisi potansiyeli en yüksek olan illerden birisi olmasına rağmen yeterli ölçüde güneş enerjisi uygulamaları yer almamaktadır. Gelecek yıllarda bu tarz uygulamaların artması ve ekolojik çevre bilincinin kazandırılması gerekmektedir. Ayrıca ülkemizdeki kaynakların sınırlılığı ve dışa bağımlı olmama gerekliliği göz önüne alındığında, yeni ve yenilenebilir enerji

kaynaklarına yönelmemiz gerektiği anlaşılmaktadır.

### Kaynaklar

- Anonim, 2010. Güneş enerjisi. [www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html).
- Anonim, 2012. Güneş enerjisi (EPIA). <http://akademimuhendislik.net/gunes-enerjisi/solar-enerji-piyasalari-2011/item/solar-enerji-piyasalari-2011.html>.
- Anonymous, 2011. Photovoltaic report. <http://www.solarbuzz.com/our-research/recent-findings/solarbuzz-reports-world-solar-photovoltaic-market-grew-182-gigawatts-20>.
- Çelebi, G., 2002. Bina düşey kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri. gazi üniv. müh. mim. fak. dergisi, 17(3): 17-33.
- Çolak İ., Bayındır R., Sefa İ., Demirbaş Ş., Ergen H., 2005. Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 19-21 Ekim 2005, Mersin.
- European Photovoltaic Industry Association (EPIA), 2010. Photovoltaic Technology Platform, Solar Europe Industry Initiative (SEII) Draft Summary Implementation Plan 2010-2012.
- Rüstemli, S., Dincadam, F., Demirtas, M., 2010. Performance Comparison of the Sun Tracking System and Fixed System in the Application of Heating and Lighting, The Arabian Journal for Science and Engineering, 35, (2B): 171 – 183.
- Rüstemli, S., 2009. Van ilinin enerji sorunları ve çözüm önerileri, Van Kent Sempozyumu 1-3 Ekim 2009, Van.
- Rüstemli, S., Cengiz, M., S., Dinçer, F., 2011a. Van ili elektrik enerjisinin dün, bugün ve yarın, Kaynak Elektrik Dergisi, (260): 108–115.
- Rüstemli, S., Dinçadam, F., Demirtaş, M., 2009. Güneş pilleri ile sıcak su elde etme ve sokak aydınlatması, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 19 – 21 Haziran 2009, Diyarbakır.
- Rüstemli, S., Dinçer, F., 2011. Modeling of photovoltaic panel and examining effects of temperature in matlab/Simulink. Elektronika Ir Elektrotehnika (Journal of

- Electronics and Electrical Engineering), 3(109): 35–40.
- Rüstemli, S., Dinçer, F., Dinçadam, F., 2011b. Elektrik enerjisi üretiminde güneş enerjisinin dünü, bugünü ve yarını, Kaynak Elektrik Dergisi, (261): 140–144.
- Rüstemov, S., Demirtaş, M., 2004. Rüzgar enerjisinin bugünü ve yarını, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 26 – 28 Mayıs 2004, İstanbul.
- Saka, Ö., 2007. Konya koşullarında güneş pillerinin aydınlatma uygulamalarında kullanım imkanları, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Sarıkaya, S., 2009. Güneş enerjisi sektörel analiz raporu, Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı, Van.
- Türe, İ., E., 2008. Çatı malzemesi olarak güneş enerjisi sistemleri, 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler” Sempozyumu 13-14 Ekim 2008, İstanbul.