

SOLAR CAM TEKNOLOJİSİ KONUT UYGULANMASI

Sinan TAŞKESEN

Sinan TAŞKESEN, Ankara Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müd., 06420, Çankaya, Ankara, sinan.taskesen@csb.gov.tr

ÖZET

Güneş enerjisi pazarı gelişmeye devam eden aktif bir sektördür. Üreticiler, geleneksel çatıya monte güneş panellerinin ötesinde daha yaygın olarak kullanabilecek ve dezavantajlarını ortadan kaldıracak çalışmalar yapmaktadırlar. Birçok yapıda, fiziki yapısı gereği klasik fotovoltaik panellerle güneş enerji sistemleri kurulamamaktadır. Solar cam, yapıların, sadece çatıdaki panellerden değil, pencerelerinden veya tasarımında cam kullanılan her bölgesinden (güneşlik, cam balkon vs.) de kendi yenilenebilir elektriğini üretmesine olanak tanıyan yeni bir güneş teknolojisidir. Temel sorumuz bu yeni teknolojinin hayatımıza, özellikle evlerimize girmeye hazır olup olmadığıdır.

Ankara'da 105 m² bir konut referans alınarak pencere ve kapı camları yerine Amorf Silikon Solar Cam'ının kullanıldığı varsayımı ile elde edilecek elektrik enerjisinin, konutun yıllık enerji tüketimine olan katkısı simülasyonlarla hesaplanmıştır. Sonuçlar analiz edilerek solar camların konutlarımızda kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Fotovoltaik cam, Solar Cam, Şeffaf Güneş Paneli, Yeşil teknolojiler

ABSTRACT

HOUSING APPLICATION OF SOLAR GLASS TECHNOLOGY

The solar energy market is an active sector that continues to evolve. Manufacturers are working to eliminate the disadvantages and make it more widely used beyond traditional roof-mounted solar panels. In many buildings, solar energy systems cannot be installed with conventional photovoltaic panels due to their physical structure. Solar glass is a new solar technology that allows buildings to produce their own renewable electricity, not only from the panels on the roof, but also from the windows or every part of the design where glass is used (sunshades, glass balconies, etc.). Our main question is whether this new technology is ready to enter our lives, especially our homes.

Taking a 105 m² residence in Ankara as a reference, the contribution of the electrical energy to the annual energy consumption of the residence has been calculated by simulations, assuming that Amorphous Silicon Solar Glass is used instead of window and door glasses. The results were analyzed and the usability of solar glasses in our houses was evaluated.

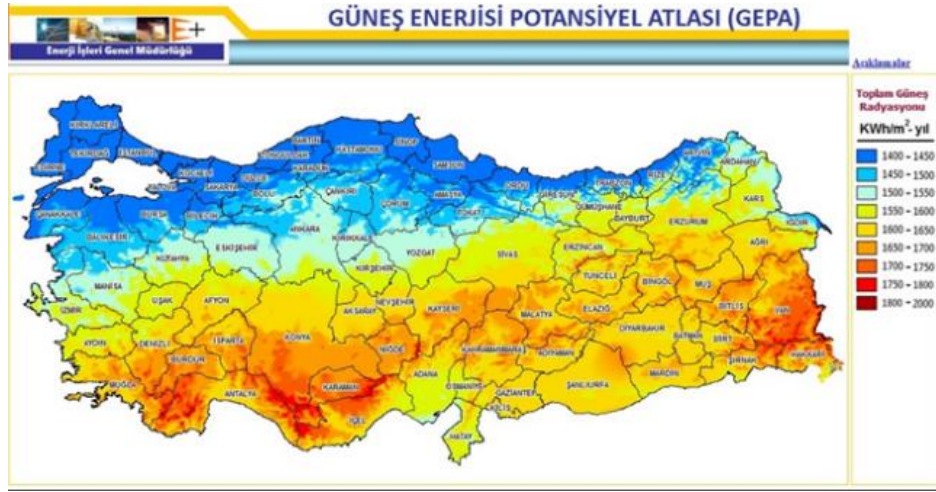
Keywords: Photovoltaic glass, Solar Glass, Transparent Solar Panel, Green technologies

1. GİRİŞ

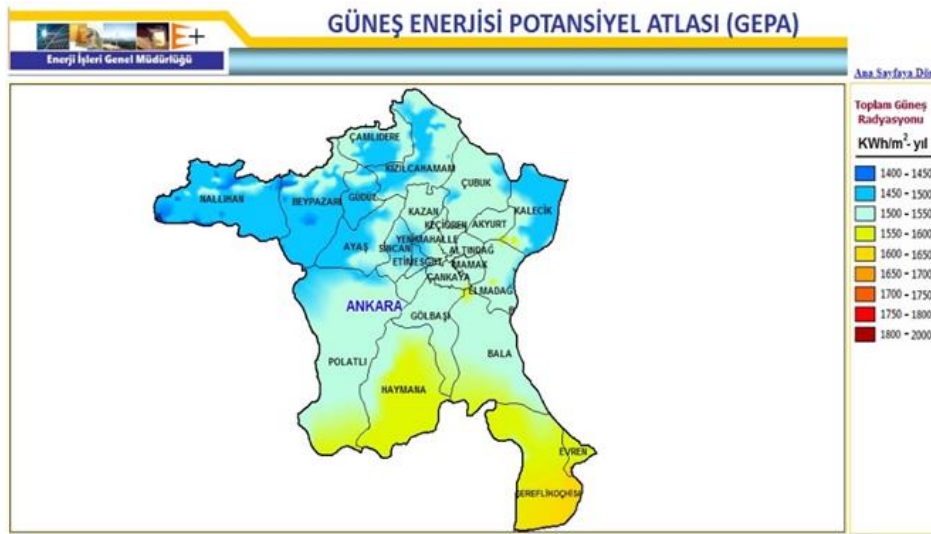
1.1 Türkiye'de ve Ankara'da Güneş Enerjisi

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle dünyanın birçok ülkesine göre güneş enerjisi potansiyeli açısından şanslı sayılabilecek bir konumdadır. Türkiye'de ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saat (günde 7,5 saat), ortalama toplam radyasyon yoğunluğu ise 1527,46 kWh/m²-yıl (4,18 kWh/m²/gün) olarak belirlenmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nün yapmış olduğu Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) çalışması sonucunda Türkiye'de 56,000 MW termik santral kapasitesine eşdeğer güneş enerji kapasitesi bulunduğu ve bu potansiyelden yararlanılması durumunda yıllık ortalama 380 milyar kWh (kilo watt saat) elektrik enerjisi üretim imkânının olduğu belirlenmiştir. Oysaki bu potansiyelden çok az miktarda yararlanılmakta olup hali hazırda Türkiye'deki toplam güneş pili (PV) kapasitesi yaklaşık olarak 1 MW mertebesindedir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Türkiye'nin Şehirlere göre solar ışınım yoğunlukları **Şekil 1** ve Ankara'nın güneş ışınım yoğunluğu **Şekil 2**'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Türkiye'nin şehirlerine göre güneş ışınım yoğunluğu.



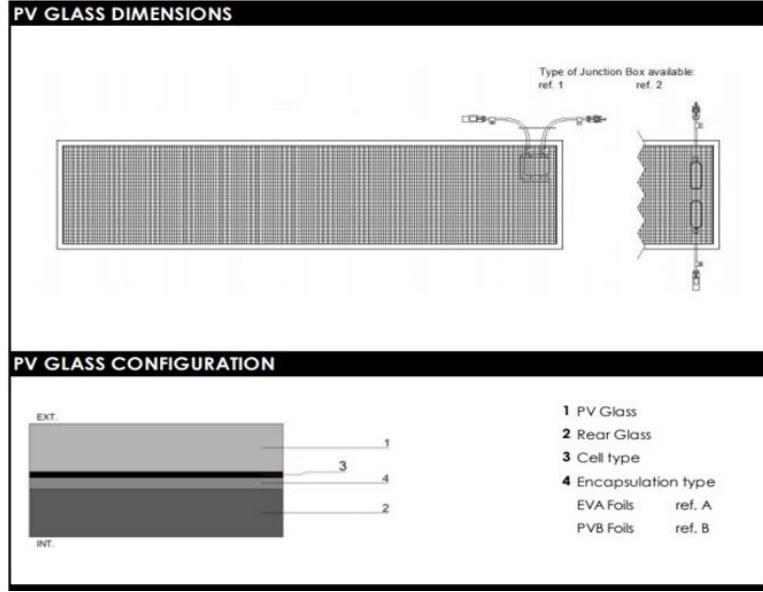
Şekil 2. Ankara'nın güneş ışınım yoğunluğu.

1.2 Amorf Silikon Solar Cam

Amorf silikon ilk olarak 1970'li yılların ortalarında güneş pilleri için kullanılmaya başlandı. Bu madde silane gazından (SiH_4) 800°C ile 2000°C plazma destekli kimyasal çöktürme işlemiyle elde edilmektedir. Kristal silikona oranla daha düşük sıcaklıkta daha az enerji ve düşük maliyetle elde edilmektedir. Normal silikon güneş hücresinden tamamen farklıdır. P-N eklemi yerine P-İ-N yapısını kullanmaktadır. Solar cam vasfını kazanması ise amorf silikon filmlerin cam levhalar arasına konumlandırılmasıyla gerçekleşmektedir. Solar camı klasik fotovoltaik panellerden ayıran en önemli özelliği şeffaflığıdır. Ancak tamamen şeffaf değildir. Şekil 3 'de Onyx Solar firmasına ait amorf silikon solar camın yüksek ve orta şeffaflık değerlerinde ışık geçirgenliğinin gösterimine yer verilmiştir. Şekil 4'de ise amorf silikon solar camın yapısına dair görsel bulunmaktadır.



Şekil 3. Amorf silikon solar camın yüksek (solda) ve orta şeffaflık değerlerinde ışık geçirgenliği.



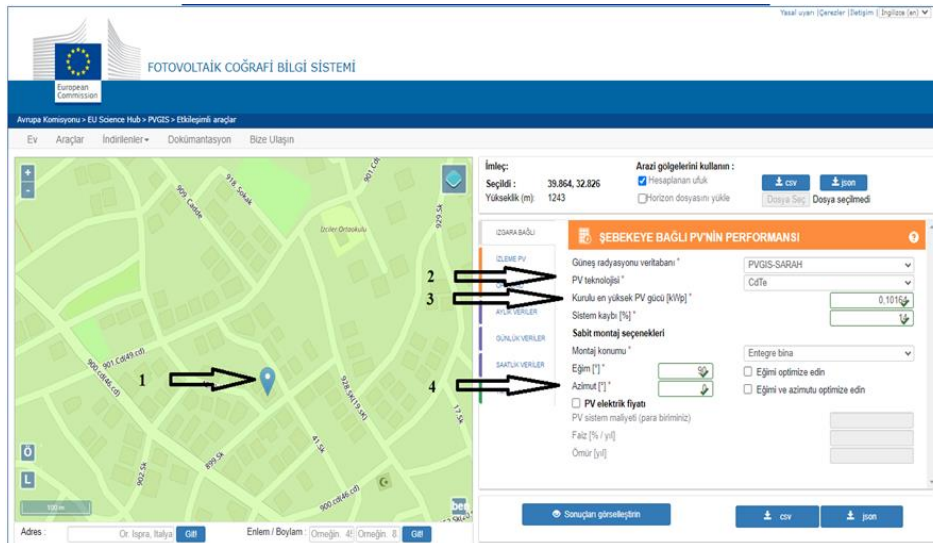
Şekil 4. Amorf silikon solar camın yapısı.

Yarı iletken yoğunluğu (hücre miktarı) arttıkça Şekil 3’de görüldüğü gibi şeffaflık azalmakta ancak birim alanda üretilebilecek enerji artmaktadır. Bu durum camın kullanıldığı yerde ışığa duyulan ihtiyaca göre özelleştirilebilmektedir. Yüksek şeffaflık düzeyinde, mevcut PVC’lere uyumlu kalınlık konfigürasyonundaki versiyonu için **28 wattpeak/m² (Wp/m²)** olarak elektrik çıkış gücü verdiği üretici firmanın teknik dokümanları arasında gösterilmektedir.

1.3 Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi

Avrupa Komisyonu AB Bilim Merkezince tasarlanan Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi, kullanıcının dünyanın birçok yerinde herhangi bir yerde güneş radyasyonu verileriyle ve tasarımı yapılmış fotovoltaik (PV) sistemin enerji üretimi hakkında veri almasını sağlayan bir web uygulamasıdır. Sonuçların ne için kullanılabileceğine dair herhangi bir kısıtlama olmaksızın ve kayıt gerekmeksizin kullanımı tamamen ücretsizdir. Asya ve Amerika’nın büyük bir bölümünün yanı sıra Avrupa ve Afrika’daki herhangi bir yer için bilgi sağlamaktadır. İngilizce, Fransızca, İtalyanca, İspanyolca ve Almanca dillerinde uygulamaya erişim mümkündür.

Şekil 5’de Fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi veri giriş ekranı yer almaktadır. Görsel dikkatli incelenirse 1 numaralı okla gösterilen coğrafi konum, 2 numaralı okla PV panel teknolojisi, 3 numaralı okla ilgili yönde bulunan zirve gücü değeri kWp olarak konumlanmıştır. Son olarak 4 numaralı okla gösterilen alana fotovoltaik panelin (solar camın) yönelim bilgisi girilebilmektedir.

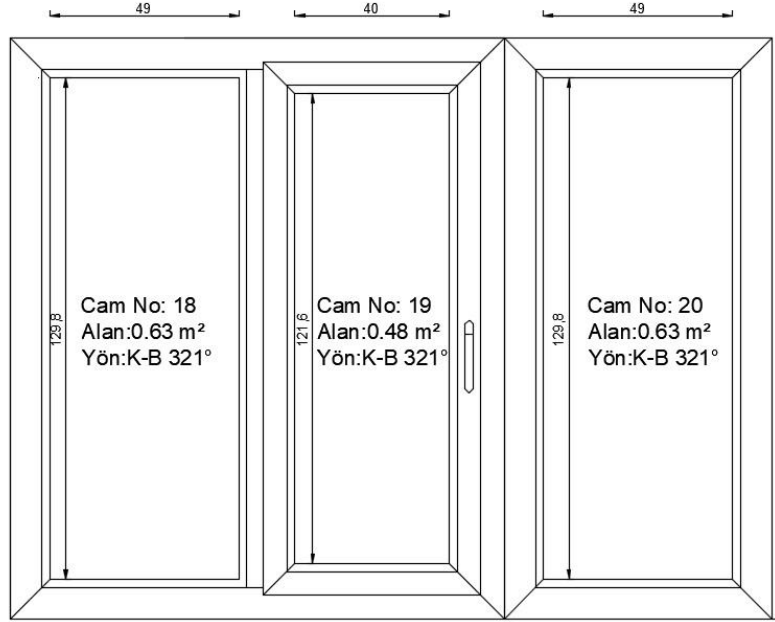


Şekil 5. Fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi veri giriş ekranı.

2. UYGULAMA

2.1 Cam Yüzeyleri

Uygulamaya konu, Ankara’da çeşitli güneş açılarına sahip 105 m²’lik 3 oda 1 salon konuttun, dış yüzeyinde bulunan pencere ve kapılara takılı; azimut 0°, azimut 90°, azimut -90° yönlerine konumlanmış 27 adet pencere ve kapı camı bulunmaktadır.(azimut 0° güney yönü referans edilerek bulunan yönelimdir.) Camların toplam yüzey alanı 17,17 m² olarak ölçülmüştür. **Şekil 6**’da örnek bir odaya ait cam yüzeyleri ve yönleri görselleştirilmiştir.



Şekil 6. Oda-1 cam yüzeyleri ve yönleri.

2.2 Elektrik Yükleri

Konutun elektrik enerjisi tüketen cihazları, ortalama güç değerleri, günlük kullanım süreleri, günlük aylık ve yıllık enerji tüketimleri kWh (kilo watt saat) olarak ölçülerek **Çizelge 1**’de gösterilmiştir. **Çizelge 1** incelendiğinde günlük ortalama enerji ihtiyacının 6,4 kWh, aylık ortalama enerji ihtiyacının 192 kWh ve yıllık ortalama enerji ihtiyacının ise 1.966,5 kWh olduğu görülmektedir. Bazı cihazlar mevsimlik çalışması sebebiyle hesaba katılmamıştır. Yıllık tüketim 12 aylık faturalardan hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Cihaz listesi ve tüketim değerleri.

S.No	Cihaz	Ortalama Güç Değeri (kW)	Günlük Çalışma Süresi (Saat)	Günlük Tüketim (kWh)	Aylık Tüketim (kWh)	Yıllık Tüketim (kWh)	Açıklama
1	Aydınlatma (7 ad 9w led)	0,063	1	0,063	1,89	22,68	Aktif kullanılan oda sayısına göre hesaplandı.
2	Televizyon	0,265	3	0,795	23,85	286,2	
3	Ses Sistemi	0,095	3	0,285	8,55	102,6	
4	Çamaşır Makinesi	0,95	0,3	0,285	8,55	102,6	Haftalık çalışma günlük saate dönüştürüldü.
5	Bulaşık Makinası	2	0,4	0,8	24	288	Haftalık çalışma günlük saate dönüştürüldü.
6	Buzdolabı	0,0838	10	0,838	25,14	301,68	

7	Fırın	3,3	0,2	0,66	19,8	237,6	Haftalık çalışma günlük saate dönüştürüldü.
8	Aspiratör	0,03	0,3	0,009	0,27	3,24	
9	Elektrikli Süpürge	0,55	0,2	0,11	3,3	39,6	Haftalık çalışma günlük saate dönüştürüldü.
10	Tost Makinası	1,8	0,08	0,144	4,32	51,84	Haftalık çalışma günlük saate dönüştürüldü.
11	Ütü	1,25	0,08	0,1	3	36	
12	Bilgisayar	0,381	2	0,762	22,86	274,32	
13	Kombi	0,125	10	1,25	37,5	112,5	Kış ayları dikkate alındı.(3 ay)
14	Saç Kurutma Makinası	1,95	0,02	0,039	1,17	14,04	
15	Şarj aletleri	0,005	4	0,02	0,6	7,2	
16	Kablosuz Modem	0,01	24	0,24	7,2	86,4	
Toplam				6,4	192	1966,5	

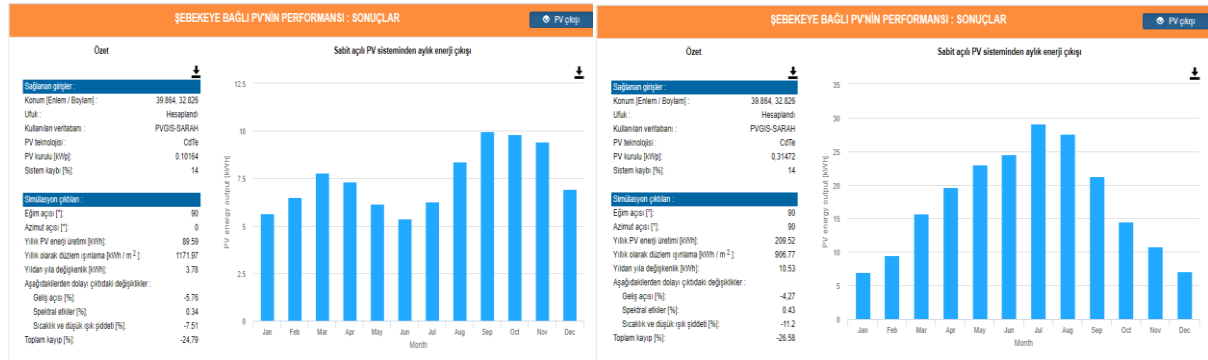
2.3 Hesaplamalar

Girdi verilerinin belirli bir güneş radyasyon periyodunda maruz kalacağı radyasyona göre analize tabi tutmak zorunludur. Aksi halde sonuçlar hatalı olacaktır. Bu sebeple solar camların konumlandırılacağı bölgeye ait güneş radyasyon veri tabanından yararlanılmıştır. Birçok farklı veri tabanı bulunmakla birlikte Avrupa Meteorolojik Uyduları İşletme Teşkilatı (EUMETSAT) tarafından sağlanan SARAH güneş radyasyonu veri tabanı hesaplamalarda kullanılmıştır.

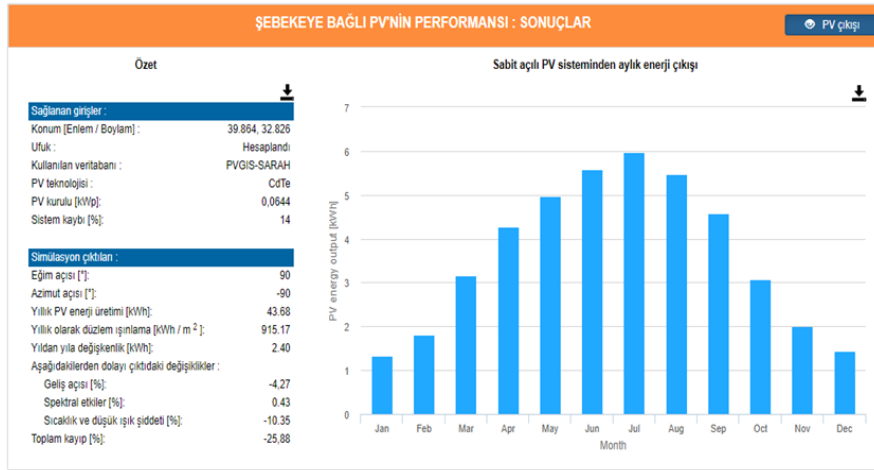
Daha önce **Şekil 5'**de gösterilen Fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi veri girişi ekranı için referans alınan konut ve solar camların teknik verileri ise daha önce bahsedilen girdi verilerini oluşturmaktadır. Bunlar; Azimut (0°) Cam Yüzeyi 3,63 m², Azimut (90°) Cam Yüzeyi 11,24 m² ve Azimut (-90°) Cam Yüzeyi 2,3 m² olarak toplam 17,7 m² cam yüzeyi bulunmaktadır. Yüksek şeffaf amorf silikon Solar cam zirve gücü (Pmpp) 28 Wp/m² olduğu onyx solar firmasına ait teknik dokümanlardan alınmaktadır. Üç farklı yöne konumlanacak solar camların ayrı ayrı zirve güçleri **Denklem 1'** de gösterdiği biçimde hesaplanmaktadır.

$$\text{Zirve Gücü (Wp)} = \text{Cam Yüzeyi} \times \text{Solar Cam Zirve Gücü} \quad (1)$$

Denklem 1.'e göre Azimut (0°)'da zirve gücü 101,64 Wp, Azimut (90°)'da zirve gücü 314,72 Wp ve Azimut (-90°)'da zirve gücü 64,4 Wp olarak hesaplanmaktadır. Fotovoltaik coğrafi bilgi sistemine veriler girildiğinde **Şekil 7** ve **Şekil 8'**de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 7. Azimut (0°)'da yer alan (sol) ve Azimut (90°) yer alan solar camların aylık enerji üretim verileri.



Şekil 8. Azimut (-90°)'da yer alan solar camların aylık enerji üretim verileri.

Tasarım verileri ve coğrafi konum verileri ile Fotovoltaik coğrafi bilgi sistemiyle yıllık olarak Azimut (0°)'da yer alan solar camların 89,59 kWh, Azimut (90°)'da yer alan solar camların 209,52 kWh, Azimut (-90°)'da yer alan solar camların ise 43,68 kWh elektrik enerjisi üreteceği görülmektedir.

3. SONUÇ

Tüm yönelimlerde konumlanan solar camların yıllık üreteceği elektrik enerjisi **342,79 kWh** olarak hesaplanmıştır. Konutun yıllık enerji ihtiyacı **Çizelge 1.**'de 1966,5 kWh olarak belirlenmişti. Netice olarak konuttaki camların yerine yüksek şeffaflık değerine sahip solar cam kullanıldığında, yaklaşık yıllık enerji ihtiyacının **%17,43**'ü camlardan elde edilebileceği hesaplanmaktadır.

Binaların cam veya cam barındırabilecek tüm yüzeyleri değerlendirildiğinde hesaplanan **%17,43**'lük bu tüketimi karşılama oranını yukarıya taşımak çok olasıdır. Yapıların pasif materyalinin aktif bir materyale dönüşümü enerji kaynağına yapıda yer arama problemini ortadan kaldırmaktadır.

Sonuç olarak önemli miktarda solar cam kullanan binalar, pencerelerden veya cephe kaplamalarından kendi elektriğinin bir kısmını üretebilir. Üretilen elektrik gücü, kaynağı yenilenebilir olduğu ve kirliliğe neden olmadığı için yeşil veya temiz elektrik olarak kabul edilir. Enerji maliyeti tasarruflarına ek olarak, solar cam kullanımının potansiyel faydaları arasında tesislerin ve konutların karbon ayak izinin azaltılması, sürdürülebilirliğe katkıda bulunulması sayılabilir. Henüz gelişim aşamasında olan bu teknoloji yeterli şeffaflık düzeyinde yüksek zirve gücü değerlerine eriştiği takdirde hayatımızda camın olduğu her yerde bize temiz yenilenebilir enerji elde etme fırsatı sunacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazar, teknik doküman ve görsel desteği için Sera Solar LTD. 'den Sn. Andre Pfab Onyx Solar Türkiye Distribütörü 'ne katkılarından dolayı teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Pfab, A., 2022. Kurumsal site. <https://www.onyx-solar.com/product-services/technical-specifications> [Erişim tarihi: 23.08.2022].

Enerji ve Tabii Kayn. Bak., 2022. Kurumsal site. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> [Erişim tarihi: 20.08.2022].

Avrupa Birliği Komisyonu., 2022. Kurumsal site. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#TMY [Erişim tarihi: 18.08.2022].