

## Estimation of KSU Avsar Campus BIPV Roof Potential

Saban Yilmaz (Corresponding author),  
Kahramanmaras Sutcu Imam University,  
Vocational School of Kahramanmaras, 46100,  
Turkey, sabanyilmaz1@hotmail.com

Hasan Riza Ozcalik,  
Kahramanmaras Sutcu Imam University,  
Faculty of Engineering and Architecture, Kahramanmaras, 46100, Turkey

Emre Erkan,  
Batman University, Vocational School of Batman, Batman, Turkey.

### Abstract

Since the need for energy constantly increases in today's world, renewable energy has been receiving increasing attention due to various factors such as scarcity of existing energy sources, high costs, global climate problems and so forth. Among these sources, solar energy has recently witnessed rapid developments due to its unlimited, carbon-free, environmental-friendly, cost effective and feasible nature. However, large lands are needed in order to install photovoltaic (PV) systems which are used to produce electricity from solar energy. Therefore, protection of arable lands and measurement of roof potentials are of vital importance in terms of reducing environment-friendly and renewable energy costs. In this study, potential values of building roofs in Kahramanmaras Sutcu Imam University (KSU) are calculated in detail thanks to various software and programs.

**Keywords:** Solar energy, BIPV, Photovoltaic, Solar Potential Estimation

## KSÜ Avşar Yerleşkesi BIPV çatı Potansiyelinin Tespiti

### Özet

Enerji ihtiyacının her geçen gün arttığı günümüzde, mevcut enerji kaynaklarının kısıtlı olmasından dolayı maliyetler ve çevreye verilen zarar artmaktadır. Yeni enerji ihtiyaçlarının karşılanması için yenilenebilir enerji kaynakları yeni bir umut oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi son yıllarda önemli gelişmeler kaydetmiştir. Güneş enerjisinden elektrik üretmek için kullanılan PV sistemler için büyük arazilere ihtiyaç vardır. Tarım arazilerinin korunması ve yenilenebilir enerji maliyetlerinin azaltılması için bina çatılarının potansiyelinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın konusunu fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri açısından Kahramanmaras Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ) Avşar yerleşkesinin çatı potansiyelinin tespit edilmesi oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerjisi, BIPV, Fotovoltaik, Güneş Potansiyeli Tahmini

## 1. Giriş

Enerji ihtiyacının her gün arttığı günümüzde, yeni enerji kaynakları arayışı hızla devam etmektedir. Fosil yakıtlar her geçen gün azalmakta ve maliyetleri artmaktadır. Fosil yakıtlar çıkarılırken ve kullanılırken çevreye zarar vermektedir. Halen kullanılan petrol, doğalgaz, kömür gibi yenilenemeyen konvansiyonel enerji kaynakları çevreyi ve insan sağlığını tehdit etmekte olup bu kaynakların da giderek azalması ile yenilenebilir enerji kaynaklarından olan ilgi hızla artmaktadır [1-5]. Özellikle fosil enerji kaynaklarının sınırlı ve maliyetli olmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmıştır. Çevreye daha az zarar veren "Yeşil kaynaklar" arasında en önemlilerinden biri güneş enerjisidir. Günümüzde güneş enerjisinden ısı enerjisi ve fotovoltaik dönüşüm ilkesinden yararlanılarak elektrik enerjisi üretmek yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle, fotovoltaik (PV) güneş enerjisi sistemleri önemli ölçüde gelişme göstermiştir [6-9]. PV sistemler veya bina bütünleşmiş PV sistemleri (BIPV) tüm dünyada yaygınlaşmaktadır.

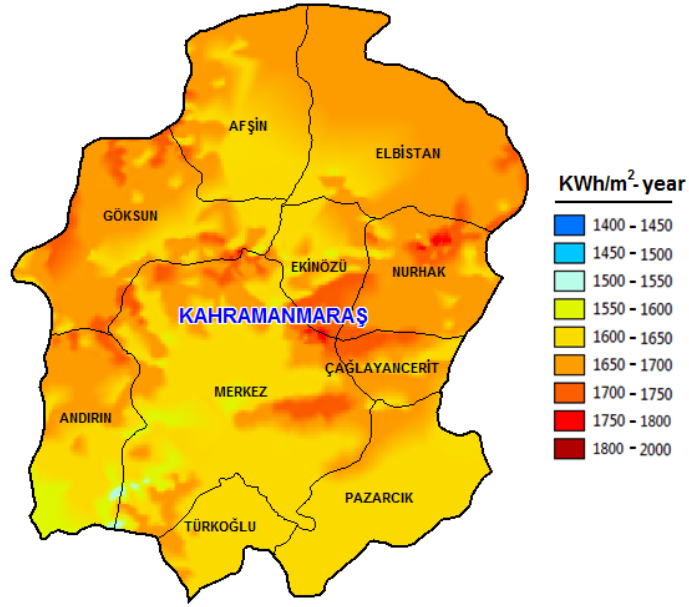
Güneş enerjisi yatırımları ışınım açısından oldukça iyi olan Kahramanmaraş da hızla devam etmektedir. Ancak Kahramanmaraş ışınım açısından iyi olduğu kadar tarım açısından da oldukça verimli topraklara sahiptir. Kahramanmaraş çatı potansiyelinin tespit edilmesi ve yatırımcıların bu alana yönlendirilmesi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı kadar, verimli tarım arazilerinin kurtarılması açısından önemlidir. BIPV sistemlerin teşvik edilmesi gerekmektedir [10-16]. Türkiye enerji kaynaklarının önemli bir kısmını ithal etmektedir. Bu açıdan yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla önem verilmektedir. Güneş enerjisi ile sıcak su elde etme oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneşten elektrik elde etme parabolik ve fotovoltaik sistemlerle yapılmaktadır. Özellikle PV sistemler hızla gelişmektedir. PV sistemler ortalama 1 kWp için 6 m<sup>2</sup> alana ihtiyaç duyar. Güç büyüdükçe bu alan daha da artar ve ciddi alan ihtiyacı ortaya çıkar. Bu çalışmada Kahramanmaraş Merkezde bulunan, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar yerleşkesinin fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri açısından çatı potansiyeli tespit edilmiştir.

### 1.1. Kahramanmaraş'ın güneş potansiyeli

Kahramanmaraş'ın iklim değerleri tablo 1.de görülmektedir. Kahramanmaraş ışınım açısından oldukça iyidir. Kahramanmaraş'ın yıllık güneşlenme süresi 2874 saati bulmaktadır. Ortalama aylık ışınım 131.875 kWh/m<sup>2</sup>, yıllık ortalama sıcaklık 16.405 °C 'dir. Şekil 1.de Kahramanmaraş'ın ışınım haritası görülmektedir [17].

Tablo 1.Kahramanmaraş Merkez İklim Değerleri

| Aylar   | İşınım<br>( $kWh/m^2$ ) | Güneşlenme<br>(h) | Sıcaklık<br>(°C) | Rüzgâr<br>( $m/s$ ) |
|---------|-------------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| Ocak    | 59.70                   | 4.21              | 4.43             | 2.10                |
| Şubat   | 77.40                   | 5.47              | 4.97             | 2.30                |
| Mart    | 125.10                  | 6.61              | 9.03             | 2.50                |
| Nisan   | 152.70                  | 7.85              | 13.91            | 2.50                |
| Mayıs   | 188.70                  | 9.57              | 20.19            | 2.60                |
| Haziran | 204.30                  | 11.49             | 26.01            | 3.30                |
| Temmuz  | 203.10                  | 12.07             | 30.36            | 3.60                |
| Ağustos | 180.00                  | 11.43             | 29.25            | 3.00                |
| Eylül   | 151.80                  | 10.13             | 24.03            | 2.60                |
| Ekim    | 113.40                  | 7.55              | 18.00            | 2.00                |
| Kasım   | 72.00                   | 5.56              | 10.78            | 1.80                |
| Aralık  | 54.30                   | 3.86              | 5.91             | 1.90                |



Şekil 1. Kahramanmaraş'ın ışıınım haritası [17]

### 1.2.Çalışma sahası

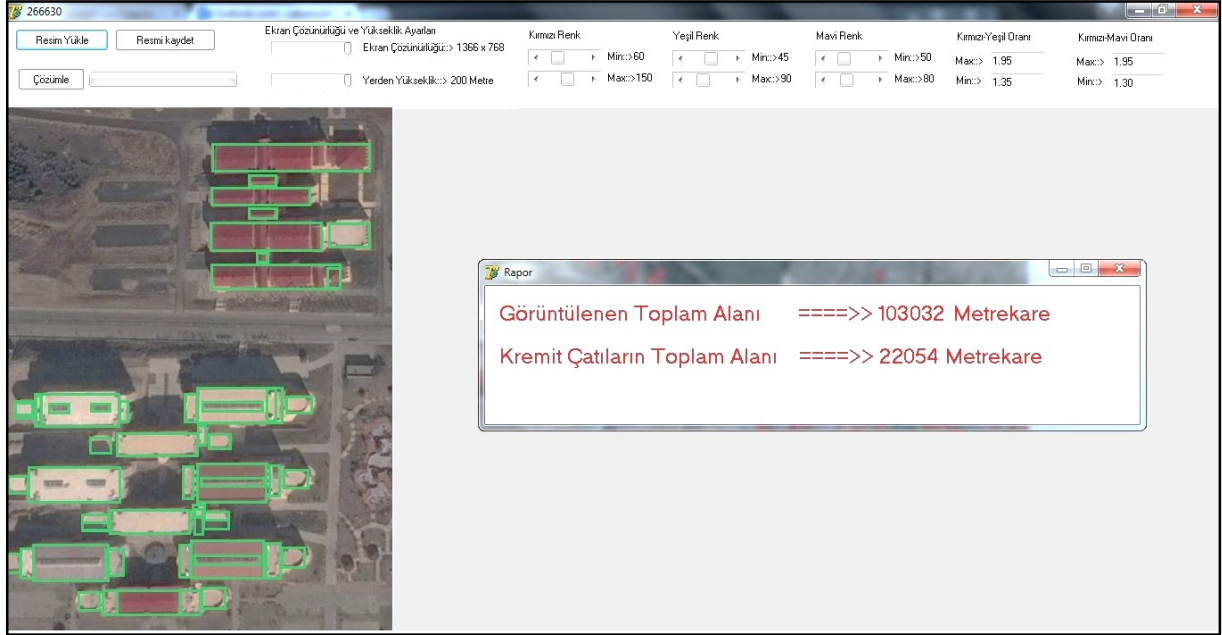
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Kahramanmaraş merkezde ve 37o 35' 11,24" kuzey enlemi ve 36o 49' 24,60" doğu boylamındadır. Üniversitenin bulunduğu Avşar yerleşkesinin rakımı 545 metredir.



Şekil 2. KSU Avşar Yerleşkesi

## 2. Metot

Delphi ile geliştirilen yazılımla görüntü işleme tekniklerini kullanarak, çatı potansiyeli tespit edilmiştir. Google Earth pro yazılımdan alınan bmp uzantılı görüntü özgün geliştirilen I-Roof.01 yazılımı ile işlenmekte ve çatı alanları bulunabilmektedir. Şekil 3.de I-Roof.01 yazılımının ara yüzü görülmektedir.



Şekil 3. I-Roof.01 yazılımının görüntüsü

I-Roof.01 yazılımında ekran çözünürlüğü, fotoğrafın yüksekliği ve seçilecek bölgenin renk sınırları seçilerek alan hesabı yapılmaktadır. Google Earth pro yazılımından elde edilen KSÜ Avşar Yerleşkesi görüntüsü 6 parçada incelenmiştir. Her bir parça ayrı ayrı I-Roof.01 yazılımı ile değerlendirilmiş ve çatı alanları tespit edilmiştir. Şekil 4.de Avşar yerleşkesinde bulunan binaların gruplandırılması görülmektedir.

KSU Avşar Yerleşkesinde oluşturulan bölgede çatıların toplam alanı 71.559 m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. 6 bölge için ölçülen alanlar tablo 2. de görülmektedir.

Tablo 2. 6 Bölgedeki çatı alanları

| Bölge         | Çatı Alanı                  |
|---------------|-----------------------------|
| A-1           | 5256 m <sup>2</sup>         |
| A-2           | 22054 m <sup>2</sup>        |
| A-3           | 11150                       |
| A-4           | 26270 m <sup>2</sup>        |
| A-5           | 4020                        |
| A-6           | 2809 m <sup>2</sup>         |
| <b>Toplam</b> | <b>71.559 m<sup>2</sup></b> |



Şekil 4. KSU Avşar Yerleşkesi bina grupları

Binaların çatılarının potansiyelinin tam olarak bulunabilmesi için çatı eğimlerinin bilinmesi gerekmektedir. Çatı eğimleri Kahramanmaraş da genellikle 17o-24o arasında değişmektedir. Çatı eğimlerini ortalama olarak 20o alınmıştır ( $\theta_{res} = 20^\circ$ ). Yerleşkedeki binaların çatısında antenler, güneş kolektörleri, bacalar gibi zorunlu kullanılan alanları az olduğu için başka amaçlar için kullanılan çatı alanı oranı 0.07 olarak hesaplanmıştır ( $C_{UA} = 0.07$ ). Binaların yükseklikleri farklı olduğu için, bazı çatılar gölgede kalmakta ve ışınım açısından yetersiz kalmaktadırlar. Yerleşkedeki binaların birbirlerine gölge yapma oranının çok düşük olduğu görülmüştür ( $C_S = 0.09$ ). Tam olarak kuzeye baktığı için yeterince ışık almayan çatı alanlarının oranı yine çok düşük çıkmaktadır ( $C_N = 0.04$ ). Yazılımın ölçme hatası ve emniyet katsayısı toplam 0,10 alınmıştır ( $C_{ME} = 0.10$ ). Kahramanmaraş için görüntü işleme tekniği kullanılarak hesaplanan çatı alanı 71.559 m<sup>2</sup> dir ( $S_{roff} = 71.559$ ).

Fotovoltaik Jeneratörler için kullanılabilir çatı alanı [18-27];

$$S_{avail\ roof} = \{1 - (C_{UA} + C_S + C_N + C_{ME})\} \cdot \frac{S_{roff}}{\cos(\theta_{res})} \quad [1]$$

Formülü ile Fotovoltaik dōşenebilecek net alan 60.204,06 m<sup>2</sup> olarak hesaplanır. 250 watt gücünde bir polycrystalline fotovoltaik panelin alanı yaklaşık 1,6 m<sup>2</sup>'dir. Dolayısıyla 376274 adet fotovoltaik panel potansiyeli hesaplanır. Her bir panel 250 W olduğu için toplam 9.406.749 W Kurulu güç potansiyeli bulunur. Diđer ifadeyle Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar yerleşkesinde bulunan binaların çatılarında 9.406 MWp fotovoltaik jeneratör yerleştirilebilecek potansiyel vardır. Kahramanmaraş iklim şartlarında bir yıllık enerji üretimi 15.156.570,98 kWh olur ( 15.15 GWh ). Türkiye de yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin 1 kWh fiyatı 13,3 cent-dolar olduğu için yıllık 2.015.823,94 USD dolar gelir elde edilebilir.

### 3.Sonuç

Enerji kaynaklarının %74'ünü ithal eden Türkiye için sadece şehir merkezinde kullanılmayan atıl çatı potansiyeli değerlendirilerek çok ciddi enerji ihtiyacı karşılanabilir. Yatırım maliyetinin sorunu küçük girişimciler sayesinde çözülebilir. Kahramanmaraş şartlarında kendi kendini 5-6 yılda amorti edebilecek fotovoltaik jeneratörler, vergi muafiyetleri ve faizsiz kredi imkânlarıyla çok cazip hale getirilebilir ve girişimciler kendi sermayeleri ile yatırım maliyetini karşılayabilirler. Bu çalışmada Kahramanmaraş merkezde bulunan Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Yerleşkesinde bulunan binaların çatılarının fotovoltaik güneş sistemleri açısından potansiyeli hesaplanmış ve Kahramanmaraş için model olması düşünülmüştür. Üretilen elektrik enerjisinin ekonomik karşılığı yıllık 4.918.610 TL olup, aylık 409.884 TL dir. Bu değer yerleşkenin enerjisinin yaklaşık %70'ine karşılık gelmektedir. Yerleşke içerisinde bulunan Tıp Fakültesinin enerji ihtiyacının yüksek olmasından dolayı çatıların fotovoltaik potansiyeli değerlendirildiği takdirde elektrik enerjisinin %70'i, tıp dışı kullanımın %100'ü karşılanabilmektedir.

### 4. Kaynaklar

- [1] Araya-Muñoz D., Carvajal D., Sáez-Carreño A., Bensaid S., Soto-Márquez E., "Assessing the solar potential of roofs in Valparaíso (Chile)", *Energy and Buildings*, 69, pp. 62–73, 2014.
- [2] Arnette A. N., "Integrating rooftop solar into a multi-source energy planning optimization model", *Applied Energy* 111, pp. 456–467, 2013.
- [3] Brito M.C., Gomes N., Santos T., Tenedorio J.A., "Photovoltaic potential in a Lisbon suburb using LiDAR data", *Solar Energy* 86, pp. 283–288, 2012.
- [4] Luka N., Seme S., Zlaus D., Stumberger G., Zalik B., "Buildings roofs photovoltaic potential assessment based on LiDAR (Light Detection And Ranging) data", *Energy*, 66, pp. 598-609, 2014.
- [5] Ko L., Wang J. C, Chen C. Y , Tsai H. Y., "Evaluation of the development potential of rooftop solar photovoltaic in Taiwan", *Renewable Energy* 76, pp. 582-595, 2015.
- [6] Alonso-Garcia, M.C., Ruiz, J.M., Herrmann, W., "Computer simulation of shading effects in photovoltaic arrays." *Renewable Energy* 31, pp. 1986–1993, 2006.
- [7] Bergamasco, L., Asinari, P., "Scalable methodology for the photovoltaic solar energy potential assessment based on available roof surface area: further improvements by ortho-image analysis and application to Turin (Italy)." *Solar Energy* 85, pp.2741–2756, 2011.
- [8] Huld, T., Müller, R., Gambardella, A., "A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa." *Solar Energy* 86 (6), 2012.
- [9] Ibarra, D., Reinhart, C.F., "Solar availability: a comparison study of irradiation distribution methods. In: *Proceedings of Building Simulation 2011*", 2011

- [10] Jakubiec, J.A., Reinhart, C.F., 2012. The 'adaptive zone' – a concept for assessing glare throughout daylight spaces. *Lighting Research and Technology* 44 (2), pp.149–170, 2012.
- [11] Hofierka, J., & Kanuk, J. "Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools.", *Renewable Energy*, 34, pp.2206–2214, 2009.
- [12] López, G., Batlles, F. J., & Tovar-Pescador, J., "Selection of input parameters to model direct solar irradiance by using artificial neural networks." *Energy*, 30, pp.1675–1684, 2005.
- [13] Mellit, A., Benghanem, M., Hadj Arab, A., & Guessoum, A. "A simplified model for generating sequences of global radiation data for isolated sites: Using artificial neural network and a library of Markov transition matrices.", *Solar Energy*, 79(5), pp. 468–482, 2005.
- [14] Mubiru, J., & Banda, E. J. K. B., "Estimation of monthly average daily global solar irradiation using artificial neural networks.", *Solar Energy*, 82(2), pp.181–187, 2008.
- [15] Suri, M., Huld, T. A., Dunlop, E. D., & Hofierka, J., "Solar resource modeling for energy applications. In R. J. Peckham, & G. Jordan (Eds.), *Digital terrain modeling, development and applications in a policy support environment*", pp. 259–273, 2007.
- [16] Hachem C, Athienitis A, Fazio P. Investigation of solar potential of housing units in different neighborhood designs. *Energy and Buildings* 2011; 43(9): 2262–73.
- [17] General manager of renewable energy, Turkey
- [18] Ordoñez J, Jadraque E, Alegre J, Martíñez G. "Analysis of the photovoltaic solar energy capacity of residential rooftops in Andalusia (Spain). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2011; 14(7):2122–30.
- [19] Wiginton, L.K., Nguyen, H.T., Pearce, J.M., 2010. Quantifying rooftop solar photovoltaic potential for regional renewable energy policy. *Computers, Environment and Urban Systems* 34 (4), 345–357.
- [20] Bergamasco, L., Asinari, P., 2011. Scalable Methodology for the Photovoltaic Solar Energy Potential Assessment based on Available Roof Surface Area: Application to Piedmont Region (Italy). *Solar Energy* 85, 1041–1055.
- [21] Mavromatakis F, Makrides G, Georghiou G, Pothrakis A, Franghiadakis Y, Drakakis E, Koudoumas E. Modeling the photovoltaic potential of a site. *Renewable Energy* 2010; 35:1387–90.
- [22] Mardaljevic J, Rylatt M. Irradiation mapping of complex urban environments: an image-based approach. *Energy and Buildings* 2003; 35:27–35.
- [23] Compagnon R. Solar and daylight availability in the urban fabric. *Energy and Buildings* 2004; 36:321–8.
- [24] Hofierka J, Kanuk J. Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools. *Renewable Energy* 2009; 34:2206–14.
- [25] Suri M, Huld TA, Dunlop ED, Ossenbrink HA. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. *Solar Energy* 2007; 81:1295–305.
- [26] Vardimon R. Assessment of the potential for distributed photovoltaic electricity production in Israel. *Renewable Energy* 2011; 36:591–4.
- [27] Ordoñez J, Jadraque E, Alegre J, Martínez G. Analysis of the photovoltaic solar energy capacity of residential rooftops in Andalusia (Spain). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010; 14:2122–30.