



**4. ULUSAL YAPI KONGRESİ VE SERGİSİ**  
**YAPI SEKTÖRÜNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR**  
**6-8 ARALIK 2018, ANTALYA**  
**TMMOB MİMARLAR ODASI ANKARA ŞUBESİ ve ANTALYA ŞUBESİ**

## Antalya bölgesinde yeni tasarlanacak binalarda güneş panellerinin kullanım potansiyelinin incelenmesi

SETENAY UÇAR<sup>1\*</sup>, NİL KOKULU<sup>2</sup>

### ÖZET

Bu çalışmada güneş enerjisinden elektrik üretimi yapılabilmesi için yapılarda güneş panellerinin kullanımının gerekliliğine değinilmiş ve Antalya bölgesindeki çevresel faktörlere göre elektrik üretim veriminin değişmesinin sebepleri anlatılmıştır. Yapılan literatür taramasında sıcaklık, panelin güneşe göre eğimi, nem, hakim rüzgar ve ışıınım miktarları gibi çevresel etkenler göz önünde bulundurulmuş, bu etkenler değerlendirilmiş, Photovoltaic Geographical Information System ve Retscreen hesaplama programları ile hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Antalya’da nemin etkisiyle elektrik üretim verimi düştüğü gözlemlenmiş, sıcaklığın düşürülmesi için de panellerin konumunu rüzgara göre yönlendirmenin elektrik üretimi için önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ilin iklimsel özellikleri incelendiğinde, nem, sıcaklık gibi olumsuz koşullar olmasına rağmen, yüksek ışıınımlar sebebiyle en fazla elektrik üretiminin yapılabileceği il olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, güneş panelleri, sürdürülebilirlik

---

<sup>1</sup> Antalya Bilim Üniversitesi, Çıplaklı Mh. Akdeniz Blv. Pk:07190 Döşemealtı/Antalya; Tel: (0242)2450000; [setenay.ucar@antalya.edu.tr](mailto:setenay.ucar@antalya.edu.tr)

<sup>2</sup> Antalya Bilim Üniversitesi, Çıplaklı Mh. Akdeniz Blv. Pk:07190 Döşemealtı/Antalya; Tel: (0242)2450000; [nilkokulu@antalya.edu.tr](mailto:nilkokulu@antalya.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Sanayi devriminden sonra başlayan fosil yakıtların kullanımları artmış, günümüzde nüfusun çoğalması ve teknolojinin gelişmesiyle bu yakıtlar daha fazla tercih edilir hale gelmiştir. Fosil yakıtların kullanılması ekolojik dengeyi, çevreye yayılan CO<sub>2</sub> emisyonu ve sera gazları oranını, dolayısıyla atmosferi etkilemektedir. Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, dünya genelinde bir kirlilik açığa çıkmıştır. Bu kirliliğin önüne geçebilmek ve fosil yakıtların tükenmesini engellemek için alternatif kaynaklara aranılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Güneş, rüzgar ve su gibi doğal kaynaklardan temiz enerji elde etmek ve bu enerjileri binalarımızda kullanabilmek mümkündür. Toplam enerjinin yaklaşık %40’ı sadece binalar tarafından tüketilmekte ve büyük bir birincil enerji tüketimi haline gelmektedir [1]. En fazla enerji üretimini sağlayan güneşin bir saniyede ürettiği enerji miktarı insanlığın şimdiye kadar kullandığı enerji miktarından fazladır. Dünya güneşten gelen enerjinin sadece milyarda birini almaktadır. Bu enerji 15 dakika depo edilirse toplam dünya nüfusunun yıllık enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir [2].

Enerji ihtiyacının artmasıyla, tükenen fosil yakıtların yok olmasına engel olmak için güneş enerjisine yönelmek hem sağlık hem de çevreyi korumak açısından önemli bir avantajdır. Çevreye zarar veren fosil yakıt kullanımının aksine, güneş panelleri kullanımındaki avantajlar, biyoçeşitliliğin azalmasının engellenmesi, hava kirliliğinin önüne geçilmesi, su kirliliğinin engellenmesi ve geri dönüşümlü kaynakların kullanılarak panellerin ömürleri bittiğinde yeniden bir panele dönüştürülebilmesi olduğu örneklenmektedir. Ayrıca güneş enerjisi, enerji sektörünün iklim değişikliği üzerindeki etkisini hafifletmek için büyük bir potansiyele sahiptir. Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından yapılan bir araştırma, kömür santrallerinin 100 GW güneş enerjisi ile değiştirilmesinin her yıl 100 milyon tondan fazla karbondioksit emisyonunu ortadan kaldırabileceğini göstermektedir [3]. 2016 yılı verilerine göre Amerika’da faaliyet gösteren 20 GW güneş enerjisi tesisi yılda 17 milyon ton sera gazı emisyonunu dengelemektedir [4].

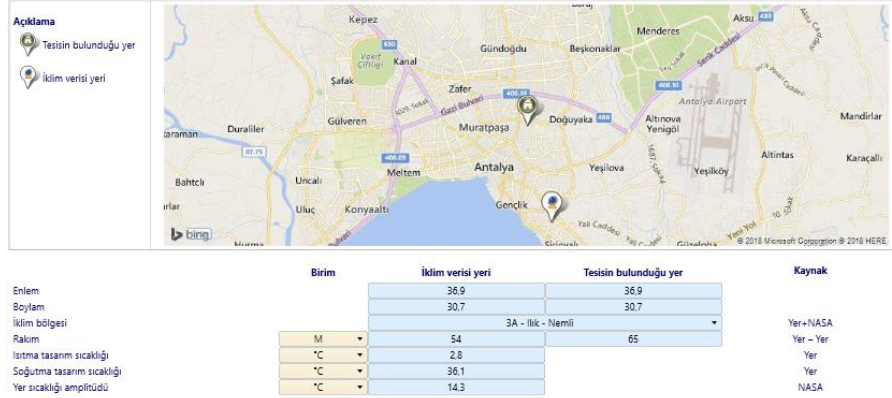
Güneş panellerinin çevresel faydalarının yanı sıra, sağlık açısından da yararlı olduğu düşünülmektedir. Kötü kalitede hava solumasının insan sağlığını etkilediği ve çeşitli hastalıklara yol açtığı bilinen bir gerçektir. En yaygın hastalıklardan bazıları astım ve alerjiler, bronşit, zatürre, baş ağrısı, kalp krizi ve kanserdir. Fosil yakıtların kullanımıyla çevreye yayılan zararlı gazları engellemek için, alternatif olarak panel kullanılması ciddi sağlık

sorunlarının birçoğunu önleyebilir. Örneğin Slavikova'ya göre bir bölgedeki evlere 100 GW güneş enerjisi eklenmesi, her yıl ortalama 437 ölüm vakası, 717 kalp krizi vakası ve 300 solunum yolu hastalığı azaltma potansiyeline sahiptir [5].

Antalya bölgesi, güneş panellerinin binalara uygulanması için çalışmaların yapılması gereken önemli bir şehirdir. Ancak buna rağmen Antalya bölgesinde güneş panellerine yönelik çok fazla örnek görülmemektedir. Bu çalışmada Antalya ilinin iklim ve çevresel faktörleri göz önüne alınarak binalarda güneş panellerinin tasarım halinde düşünülmesine yönelik bilgiler verilmiştir. Estetik olarak bina ile bir bütünlük sağlanması gereken güneş panellerinin; ortamın sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar etkisi ve tozlanma etkisi düşünülmüş ve Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) ve Retscreen hesaplama programları ile hesaplamalar yapılmıştır. Bu sonuçlara göre Antalya ilinin güneş panelleri kullanım potansiyeli incelenmiştir.

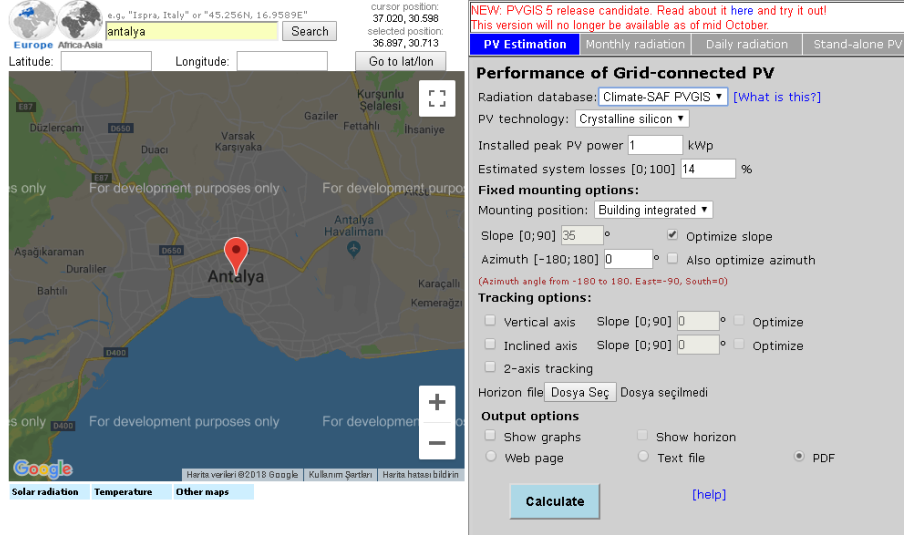
## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada Photovoltaic Geographical Information System ve Retscreen hesaplama programları kullanılmıştır. Kullanılan bu programlar güncel veri analizlerinden bağıl nem, güneş ışınlamı, rüzgar hakkında bilgileri değerlendirilmektedir.



Şekil 1. Retscreen Hesaplama Programı [6].

## Antalya'da tasarlanacak binalarda güneş panellerinin kullanımı

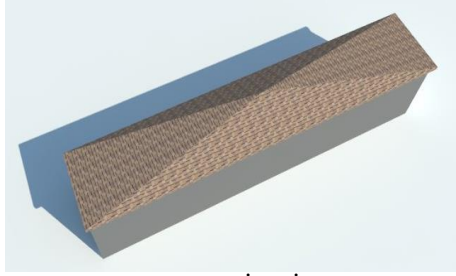


Şekil 2. PVGIS Estimation Hesaplama Programı [7].

Antalya'nın güneşlenme süresi ve iklimsel özellikleri göz önüne alınarak, bölgede güneş panellerinin kullanımlarını etkileyen faktörler belirlenmiştir. Bu amaçla literatür taraması yapılmıştır. Antalya bölgesi için yeni tasarlanacak bina üzerinde dikkat edilmesi gereken faktörlerin, güneş panellerinden elektrik üretim verimlilikleri etkilemesi değerlendirilmiştir.

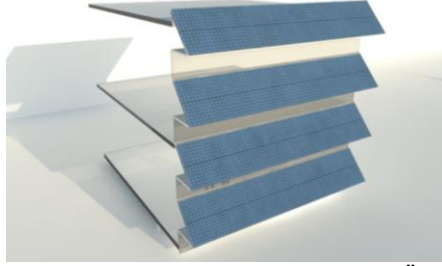
### 2.1. Antalya Bölgesinde Binalara Uygulanacak Güneş Panellerinde Çevrenin Tasarıma Etkisi

Tasarımda dikkat edilmesi gereken çevresel ve iklimsel birçok özellik vardır. Rüzgar, nem, güneş ışınımının panellere dik ulaşması için gereken panel açısı, çevre binaların panellere gölge yapmasını engellemek için tutulacak belli mesafeler, iç hava kalitesini engellemeyecek şekilde binanın yönlendirilişi, enerji kayıplarını önleyebilmek için tasarlanacak bina formları dikkat edilmesi gereken önemli faktörlerdendir. Antalya iklimine bakılacak olursa, binaların sıcak ve nemli bölge olan yamaç tepelerinde konumlandırılması gerekmektedir. Sıcak-nemli bölgelerde enerji kaybını önlemek için bina formuna da dikkat edilmelidir. Şekil 3'deki bina formunda görüldüğü gibi Antalya'da, rüzgarı alabilmek için açık yüzeyler ve dikdörtgen binalar kullanılması gerekmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Sıcak - Nemli Bölge İçin İdeal Dikdörtgen Form

Yatayda kırıklı cephelerde bulunan güneş panellerinin düz cephelere göre elektrik üretim verimleri daha fazladır (Şekil 4). Bunun sebebi de yatay eğimin güneşin panellere dik olarak ulaşabilmesinin avantajıdır. Şekil 4’deki gibi bu tip cephelerde panel temizliğinin yapılması zor olmaktadır ancak yağmurun yağmasıyla doğal bir şekilde paneller temizlenebilmektedir.



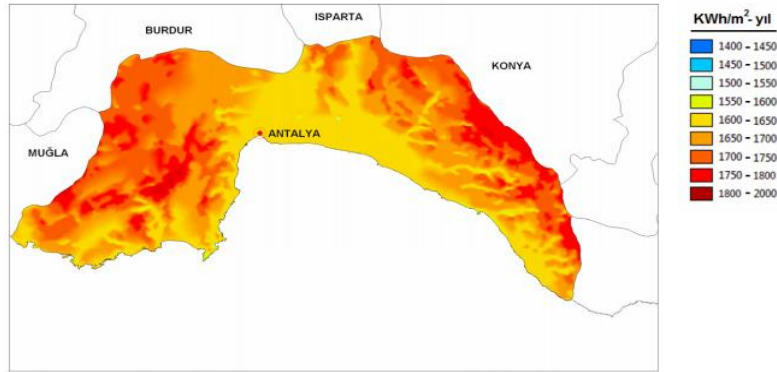
Şekil 4. Yatay Kırıklı Giydirme Cephe Örneği

Arazinin konumu, Güneşten gelen ışınların güneş panelleri ile açısı ve yönüne bağlı olarak binanın tasarlanması gerekmektedir. Örneğin PVGIS hesaplamasına göre, Antalya’da bir çatı üzerinde güneş panelleri kullanılacak ise bina tasarım halinde iken çatı eğiminin ortalama 33 derece olarak verilmesi gerekmektedir. Bu sayede daha çok güneş ışını panellere dik olarak ulaşabilir ve elektrik üretim verimini artır. Antalya’da sadece yazın, kullanılacak güneş panellerinde ortalama eğim derecesi değişmektedir. Yazın güneş ışınlarının daha dik gelmesi sebebiyle 18 derece kışın daha yatay gelen ışınlar sebebiyle 48 dereceye kadar çıkabilmektedir. [8].

Bina çevresinde gölge oluşturabilecek her türlü eleman önceden gölgesi hesaplanarak tasarıma işlenmelidir. Panellere denk gelen gölgeler, bulutlu havalarda güneşin olmadığını varsayıp çalışarak elektrik üretim verimini düşürmektedir. Çevre binalar ve ağaçlar gibi gölgeleme yapan elemanlar sebebiyle güneş panellerinin cephe yerine çatıya yerleştirilmesinin daha uygun olduğu düşünülmektedir. Cephelerde uygun eğimi verebilmek için tasarım olarak yatay kırıklı cepheler kullanılması panellere daha fazla güneş ışınlarının gelmesini sağlayacaktır.

## 2.1. Antalya Bölgesi İkliminin Güneş Panellerine Etkisi

Türkiye’nin Akdeniz Bölgesinde yer alan Antalya ili 36,88 E 30,70 N konumundadır. Güneş enerjisi değeri, birim alanda yıllık toplam 1800 kWh değerine kadar çıkmakta olan Antalya ili yılın 300 günü güneşli olan ve güneş ışınlamı fazla alan bir ildir.



Şekil 5. Antalya Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası

Bir evin elektrik tüketimi ortalama 5 kW’dır. Bu durumda güneşten gelen ışınların panellere ulaştıktan sonra elektrik üretimlerinin 5 kW’dan yüksek olması gerekmektedir. Tüm elektrikli eşyaların aynı anda kullanıldığı varsayılırsa, sistem çalışmaz hale gelebilir. Antalya’da PVGIS hesaplama programı ile ölçülen güneşlenme ve ortalama elektrik üretim verileri Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’e göre güneşten gelen ışınların panellere ulaşımı metre kare başına yıllık ortalama 188 kWh olarak görülmektedir. Günlük ortalama elektrik üretimi en az aralık ayında 14.50 kWh, en fazla temmuz ayında 25,40 kWh olursa, bir evin ihtiyacını fazlasıyla karşılamaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Antalya ili için bina ile bütünleşik fotovoltaik panellerin çatıda ürettiği elektrik verileri

| AY                     | Günlük Ortalama Elektrik Üretimi(kWh) | Aylık Ortalama Elektrik Üretimi(kWh) | M2 Başına Günlük Ortalama Güneşlenme (kWh/m2) | M2 Başına Ortalama Güneşlenme (kWh/m2) |
|------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
| Ocak                   | 15.30                                 | 473                                  | 4.18                                          | 130                                    |
| Şubat                  | 17.80                                 | 499                                  | 4.98                                          | 139                                    |
| Mart                   | 23.00                                 | 714                                  | 6.56                                          | 203                                    |
| Nisan                  | 23.10                                 | 693                                  | 6.60                                          | 198                                    |
| Mayıs                  | 24.00                                 | 743                                  | 6.97                                          | 216                                    |
| Haziran                | 25.20                                 | 756                                  | 7.42                                          | 222                                    |
| Temmuz                 | 25.40                                 | 789                                  | 7.57                                          | 235                                    |
| Ağustos                | 25.30                                 | 784                                  | 7.61                                          | 236                                    |
| Eylül                  | 24.30                                 | 728                                  | 7.24                                          | 217                                    |
| Ekim                   | 21.10                                 | 656                                  | 6.16                                          | 191                                    |
| Kasım                  | 17.60                                 | 528                                  | 4.99                                          | 150                                    |
| Aralık                 | 14.50                                 | 450                                  | 4.00                                          | 124                                    |
| <b>Yıllık Ortalama</b> | 21.40                                 | 651                                  | 6.20                                          | 188                                    |
| <b>Yıllık Toplam</b>   |                                       | 7810                                 |                                               | 2260                                   |

Bu etkenler dışında iklim olarak sıcaklık, nem, rüzgar ve yağmurlu günler güneş panellerinde elektrik üretim verimlerini etkilemektedir. Sıcaklığın aşırı artması güneş panellerinde çalışma verimini düşürmektedir. 40 derecenin üstündeki sıcaklık panelde 80 derece etkisi vermektedir. Antalya için en yüksek sıcaklık temmuz ayında 45 dereceyi bulmuştur ve her sıcaklık artışı panel için olumsuz etki demektir. Bu durumda bina tasarımı yaparken panellerdeki sıcaklık artışını önlemek için bina ile entegre olan güneş panellerinden hava akımının sağlanması, güneş panellerinin önlerine tarımsal faaliyetler için kullanılan %70 geçirgenliğe sahip jütler konularak aşırı sıcakların önlenmesi veya bina tasarımında panellerin yönünü bölgenin hakim rüzgar yönüne yönlendirerek doğal havalandırma sağlanması gerekmektedir [9]. Antalya'nın hakim rüzgar yönü kuzey-kuzeybatıdır. Rüzgar almayan bina tasarımı yapılması durumunda binaya ek panellerin arkasına denk gelecek şekilde soğutucu yerleştirilmesi gerekmektedir.

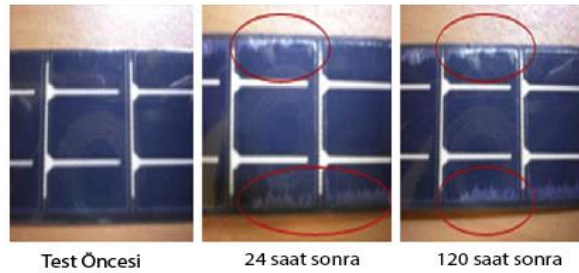
### *Antalya’da tasarlanacak binalarda güneş panellerinin kullanımı*

Sıcak-Nemli bir bölge olan Antalya’da (Tablo 2) bağıl nemin %60’ların üzerinde görülmesi güneş panellerinin kullanımlarındaki potansiyelin azalttığı etkisini göstermektedir.

Tablo 2. Antalya ili yıllık iklim değerleri

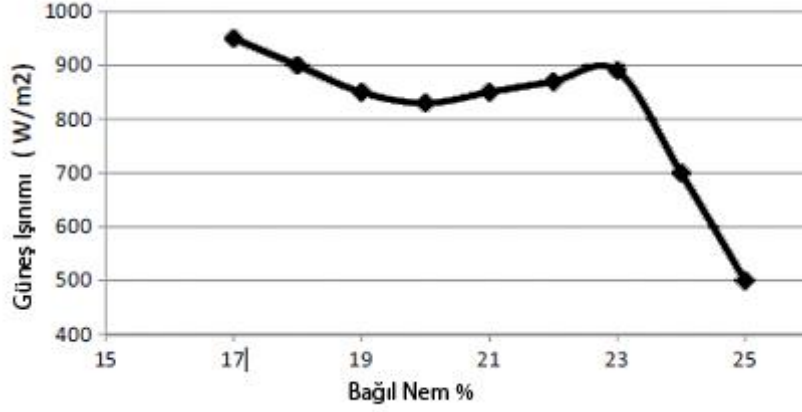
| AY                     | Hava Sıcaklığı<br>(°C) | Bağıl Nem % | Rüzgar Hızı (M/s) |
|------------------------|------------------------|-------------|-------------------|
| <b>Ocak</b>            | 9,7                    | 67,8%       | 3,6               |
| <b>Şubat</b>           | 10,1                   | 64,8%       | 3,9               |
| <b>Mart</b>            | 12,3                   | 66,7%       | 3,4               |
| <b>Nisan</b>           | 16,0                   | 68,9%       | 3,0               |
| <b>Mayıs</b>           | 20,5                   | 66,6%       | 2,8               |
| <b>Haziran</b>         | 5,2                    | 60,0%       | 3,1               |
| <b>Temmuz</b>          | 28,4                   | 57,2%       | 3,0               |
| <b>Ağustos</b>         | 28,1                   | 60,7%       | 2,7               |
| <b>Eylül</b>           | 24,9                   | 59,4%       | 2,9               |
| <b>Ekim</b>            | 20,1                   | 60,6%       | 2,9               |
| <b>Kasım</b>           | 14,4                   | 66,9%       | 3,1               |
| <b>Aralık</b>          | 10,9                   | 70,1%       | 3,4               |
| <b>Yıllık Ortalama</b> | 18,4                   | 64,1%       | 3,1               |

Nem güneş panellerini olumsuz etkilemektedir. Nemin artması ile paneller üzerinde su damlaları oluşur. Bu durumda güneşten gelen ışınların kırılarak güneş panellerine dik ulaşamamaktadır. Şekil 6’da nemin panele etkisi görülmektedir.



Şekil 6. Nemli bölgede yapılan deneyde güneş hücrelerinde 120 saatte değişim [10]





Tablo 3. Güneş ışınlamaları ile bağıl nem arasındaki ilişki

Tablo 3'te belirtildiği gibi güneş ışınlamalarının nem arttıkça düştüğü grafik ile görülmektedir (Tablo 3). Bağıl nem %15'ten %25'e geldiğinde güneş ışınlamalarında neredeyse yarı yarıya düşüş görülmektedir [10].

### 3. SONUÇ

Çatı üzerinde güneş panellerin kullanılması en çok tercih edilen uygulama şeklidir. Çatı üzerinde güneş panelleri, uygulama yapılacak bina etrafında gölgelemenin engel olmadığı sürece güneşi en fazla dik açılarla alabilen yüzeyleridir. Çatılarda ve yatay kırıklı cephelerde güneş panellerinin kurulmasının avantajı panellerin yağmurla kendi kendine temizleme özelliğine sahip olmasıdır. Tozlanma veya ağaçlardan dökülen yapraklar yağmurla temizlenebilmektedir. Güneş panellerinde aşırı ısınma olmaması için kuzey-kuzeybatı rüzgarına göre yönlendirilmesi gerekmektedir. Bina ile panel arasında rüzgar geçişi yok ise aşırı ısınmanın engellenmesi için bir soğutma sisteminin panellerin arkasına yerleştirilmesi gerekmektedir. Nem güneş panellerini olumsuz etkilemektedir. Ortalama %64,1 bağıl neme sahip olan Antalya'da paneller üzerinde oluşan su damlaları güneş ışınlarını bloke etmektedir. Bu sebepten dolayı Antalya iklimsel ve çevresel özellikleri bakımından güneş panelleri kurmaya uygun potansiyelde olmasına rağmen nemin yüksek olması güneş panellerinin elektrik üretim verimini düşürdüğü sonucuna varılmıştır. Nemli olan bu bölgede gerekli elektrik ihtiyacını karşılamak için kullanılan panel sayısını arttırmak gereklidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Maheshwari, S. , Chauhan, P. and Tandon, S. (2017). *A Review Study on Net Zero Energy Building*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4,1567-1570.
- [2] Güneşin Yapısı Hakkında Kısa Bilgi (4 Ekim 2013) <https://www.turkeyarena.net/konu/gunesin-yapisi-hakkinda-kisa-bilgi.68744/> (8 Haziran 2018).
- [3] Grover, S. (2007) *Energy, Economic, and Environmental Benefits of the Solar America Initiative* No. ADJ-7-77253-01
- [4] Berkeley National Laboratory <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/05/160518165257.m>
- [5] What Are the Health and Environmental Benefits of Solar Energy? (20 Kasım 2017) <https://greentumble.com/what-are-the-environmental-benefits-of-solar-energy/> (16 Temmuz 2018)
- [6] RetScreen 2016 Hesaplama Programı, Versiyon 3, Kanada
- [7] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Versiyon 4. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>
- [8] Çatının Şekline Göre Güneş Paneli Yön Tespiti ve Enlem-Boylam Hesabı (30 Haziran 2016) <http://www.thesisat.org/gunes-paneli-yon-tespiti-enlem-boylam-hesabi.html>
- [9] Uçar, S. (2018). *Çatı ve Cephelerde Fotovoltaik Panel Uygulamaları Üzerine Bir Çalışma: Burdur Örneği*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Mekhilef, S. , Saidur, R. ve Kamalisarvestani, M. (2012) *Effect of dust, humidity and air velocity on efficiency of photovoltaic cells*. 16 : 2920–2925.