



# Yerleşim Yerleri İçindeki PV Paneller Tozlaşma ve Kirliliğin Enerji Verimliliğine Olan Etki Analizi

## An Analysis of the Impact of Pollution and Pollution of PV Panels in Settlements on Energy Efficiency

Muzaffer Yücel<sup>1</sup>

### Öz

Güneş enerjisinden yararlanma yöntemlerinden biride photovoltaic(PV) paneller ile güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmektir. Panellerin enerji verimliliği normal şartlar altında belirlenir. Normal şartların olmadığı doğal ortamlarda panellerin verimliliğine birçok neden etki etmektedir. Bu etkiler; sıcaklık değişimleri, genleşme, korozyon, yağmur, kirlilik, rüzgâr, eğim açısı gibi sebepler panelin üretim verimliliğini değiştirir. Yapılan çalışmada PV paneller şehir içi ve dışında maruz kaldıkları ortamlara göre ürettikleri enerji değerlerindeki değişimleri incelenmiştir. Panellerdeki kirlenmenin oranları farklı ortamlarda incelenerek etkileri araştırılmıştır. Paneller üzerindeki sıcaklık artışıyla ters orantılı bir şekilde enerji üretmektedir. Sıcaklık artması belirli bir değerden sonra ters etki ederek üretimi düşürmektedir. Paneller üzerine gelen rüzgârın sıcaklık değerine olan etkisi ve ek olarak kirlenme oranına olan etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışma ile şehir içerisinde ve şehir dışında beş farklı bölge belirlenmiş bu bölgelerde kurulan aynı özellikteki panellerin elektrik enerjisi üretim değerleri araştırılıp karşılaştırılmıştır. Üzeri temizlenmiş panel ile belirli bir süre sonunda farklı doğa şartları sonucunda kirlenmiş panellerin enerji üretim farklılıkları karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji, Güneş Paneli, Güneş Enerjisi, Enerji Verimliliği, PV Panel Kirliliği.

### ABSTRACT

One of the methods of benefiting from solar energy is to convert solar energy into electrical energy with photovoltaic (PV) panels. The energy efficiency of the panels is determined under normal conditions. Many reasons affect the efficiency of the panels in natural environments where there are no normal conditions. Causes such as temperature changes, expansion, corrosion, rain, pollution, wind, tilt angle changes the production efficiency of the panel. In the study, the changes in the energy values produced by PV panels according to the environments they are exposed to in and outside the city were examined. The rates of contamination on the panels were examined in different environments and their effects were investigated. It produces energy inversely proportional to the temperature increase on the panel. The increase in temperature reduces the production by having the opposite effect after a certain value. The effect of the wind on the panels on the temperature value and additionally the effect on the pollution rate were investigated. With the study, five different regions were determined in the city and outside the city, and the electrical energy production values of the panels with the same characteristics installed in these regions were investigated. The energy production differences between the cleaned panel and the polluted panels as a result of different natural conditions after a certain period of time were compared.

**Keywords:** Renewable Energy, Solar Panel, Solar Energy, Energy Efficiency, PV Panel Pollution

<sup>1</sup> Corresponding Author | Yetkili Yazar: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, [muzaffer@comu.edu.tr](mailto:muzaffer@comu.edu.tr), 0000-0002-7269-6719



## GİRİŞ:

Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde maksimum verim alınabilmesi için farklı teknikler geliştirilmektedir. PV panellerin dönüştürme oranlarının artırılması yarı iletken teknolojisinin gelişmesi ile aynı hızda ilerlemektedir. Bu durum sistemin kimyasal boyutunu kapsamaktadır. Bunun yanında mevcut üretilen panellerin güneş ışınlarını en yüksek seviyede alabilmesi için geliş açısına dik olması ve panel yüzeyinin temiz olması gerekmektedir. Ayrıca panellerin sıcaklık artışının dezavantaj olduğundan bununda engellenmesi için hava akışı ideal olması sağlanmalıdır. Özellikle küçük çapta, evsel uygulama yapılan yerlerde dış ortam kaynaklı sebeplerin dikkate alınmadığı görülmektedir. Panellerin düzenli temizlenmesi, kurulum açılarına dikkat edilmesi, belirli zaman aralıklarında gölgelenme denetiminin yapılması gerekmektedir. Özellikle çatılarda kurulan panellerde çatıya çıkmanın tehlikeli olmasından dolayı, kurulduktan sonra belirli aralıklarla denetimlerinin yapılmaması, panellerin verimlerinin sürekli düşerek çalıştıkları gözlemlenmiştir.

Paneller üzerinde enerji verimliliğinin düşmemesi için gelen güneş ışınlarının yarı iletken yapıya ulaşmadan yansımaları engellemek gerekmektedir. Eğer gelen foton ile yarı iletken yüzey arasında bir engel var ise (kirlilik geçirgenliği az yüzey kaplaması) nominal verimde enerji üretimi gerçekleşmeyecektir. Kirlilik örtüsü aynı zamanda sera etkisi yaparak panellerin sıcaklığının artmasını sağlayacaktır. Yeni yüzey kaplama teknolojileri ile kir tutmayan yüzeyler tasarlanmaktadır. Bu tasarımlar gelişme aşamasındadır.

PV paneller gelen fotonları absorbe eder. Absorbe edilen foton sayısı panelin verimliliğini belirlemektedir. Yarı iletken teknolojisi daha fazla foton yakalamak için yeni teknikler geliştirmektedir. Daha fazla foton yakalamak ve gelen fotonların yansımaları engellemek için, yüzeyin güneş ışınlarına dik konumlandırılması gerekmektedir. Bu şekilde güneşe bakan yüzey alanı sabit tutulmaktadır. Doğal ortamda ayçiçeği bitkisi güneşi takip ederek daha fazla güneş ışığını yakalamaktadır. Ayçiçeği bitkisini taklit ederek yeni güneş takip sistemleri tasarlanmıştır. Burada amaç, otomasyon sistemini kullanarak panelleri sürekli güneşe karşı dik açı konumunda kalmasını sağlamaktır. (Yücel et al, 2018). Yaptıkları güneş takip sistemli su pompası, sabit sisteme göre ortalama %30 daha verimli çalıştığını göstermişlerdir.

Yapılan araştırmalarda bitki örtüsünün az olduğu yerlerde ve nemli olan bölgelerde serbest parçacık miktarı fazla olduğundan toz taşınması fazla olmaktadır. (Ghazi et al, 2013) İngiltere’de yaptıkları bir araştırmada, yıllık periyotlarda %5 lik bir enerji azalması tespit etmişlerdir. İngiltere’de hava koşulları bakımından incelendiğinde yağış alan bölge olması, paneller üzerinde partiküllerin az birikmesi beklenmektedir. Bu durum diğer çöl iklimi ile karşılaştırıldığında, Ortadoğu gibi ülkelerde 8 aylık bir periyot içerisinde %32 ye varan verim düşmesi kaydedilmiştir (Sayigh et al, 1985). Çöl ikliminin hüküm sürdüğü Suudi Arabistan’da yapılan çalışmada aylık toza bağlı verim düşümünün panellerin farklı açılardaki konumları göz önüne alınarak %17-%65 aralığında olduğu hesaplanmıştır. Diğer bir çalışmada, Kuveyt ve Suudi Arabistan’ da ilk 1 ay içerisinde panel verimliliği %33,5 oranında düşmüş ve bu oran 6 ay sonra ise %65,8 düşüş oranına yükseldiğini gözlemişlerdir(Sayigh et al, 1985).

Güneş panelleri üretim aşamasından sonra dik açıda  $1000 \text{ w/m}^2$  ışınım altında ve  $25\text{C}^0$  sıcaklık altında test edilmektedir. Gelen ışınım şiddetini dönüştürdüğü elektrik enerjisine oranı panellerin verimini belirlemektedir. Bu değer ortalama %20 civarındadır(Adak et al, 2019).

Fotonların tamamı elektrik enerjisine dönüşmez ve yansıma meydana gelmez ise panel üzerinde sıcaklık artışına neden olur. Yansımayı engelleyen neden kirlenmedir. Yapılan diğer çalışmalarda panellerin üzerine yapışan toz  $73\text{g/m}^2$  değere ulaştığında verim kaybının %80 olduğu hesaplanmıştır(Mani et al, 2010).

Yapılan başka bir çalışmada paneller üzerine biriken parçacıklar yüzey sıcaklığını artırmakta, sıcaklığa bağlı verimde düşmektedir. Panel sıcaklığının 27.5 C° olması gerekirken kirlenmeye bağlı bu sıcaklık 10 derece artarak 37.5C° çıktığı gözlemlenmiştir (Dorobantu et al, 2011).

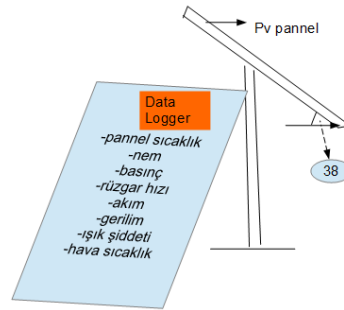
İngiltere’de yapılan bir çalışmada 6x8x1 mm ölçülerindeki cam üzerinde biriken kirlenme miktarları incelenmiştir. Yapılan çalışmada 1-50 mikron arasında bir parçacık birikmesinin olduğu ve 3 haftalık periyot sonunda camlardaki ışık geçirgenlik değerleri %4-5 oranında azaldığı gözlemlenmiştir(Sanaz Ghazi et al, 2013).

Güneş kolektörlerine sadece havada serbest hareket eden parçacıklar etki etmez, bunun yanında böcek ölüsü kalıntıları, kuş pislikleri, tarımsal tozlaşma ve ilaç kalıntıları gibi etmenlerde olumsuz etki yapmaktadır. Bunları toz ve parçacıklarda olduğu gibi su ile temizlemek mümkün olmaz. Özel solüsyonlarla temizlenmektedir. Bununla alakalı yapılan çalışmalarda bu etkinin yaz sezonu boyunca yapılan ölçümlerde %20 verim azalmasına neden olduğu görülmüştür(Dorobantu et al, 2011).

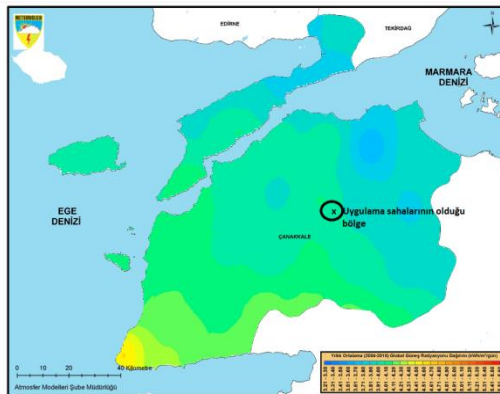
### 1.Yapılan Sistem tasarımı

Yapılan uygulamada 38°lik bir açıyla Şekil 1’ deki gibi yerleştirilmiş olan 2 adet aynı özellikteki panel üzerinden şekilde belirlenen sensörler ile çıkış verileri alınmıştır. Burada iki aynı özellikteki paneller ilk kurulum aşamasında saf su ile temizlenerek montajı yapılmıştır. Daha sonra panellerden biri, 15-20 gün aralıklar ile sürekli temizlenmiştir. Diğer panele ise herhangi bir temizleme işlemi yapılmamıştır. Kurulum yapılan bölge (Çanakkale/Çan) meteorolojik verilerde yıllık ortalama 2004/2018 yılları arasında yapılan ölçümlerde Şekil 2’ deki harita da gösterildiği gibi global güneş radyasyon aralığı 4-4,30 kWh/m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir.

Şekil 1. Panel konumlandırma açısı ve ölçüm çeşitliliği



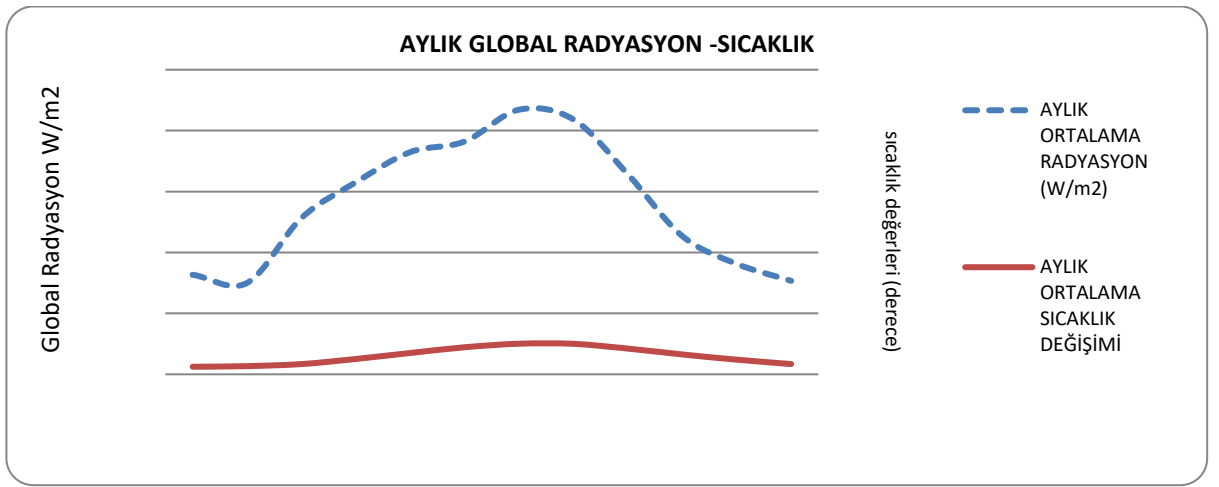
Şekil 2. Çanakkale/Çan ilçesi uygulama yapılan sahaların yıllık ortalama global güneş radyasyonu haritası



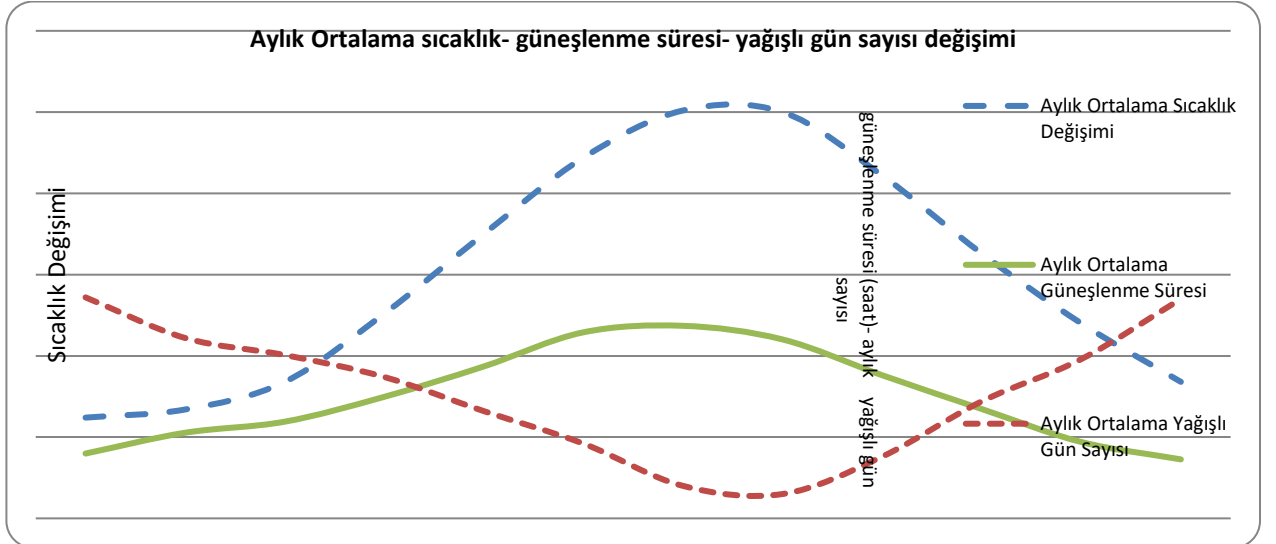
Yapılan çalışmada birbirinin aynı özellikleri taşımayan şehir içi ve yerleşim yeri dışında mikro ve makro ölçekte güneş paneli kurulabilecek 5 farklı bölge belirlenmiştir. Buralara iki adet aynı, aynı yön ve açı ile kurulmuştur. Panellerden bir tanesi aylık periyotlar ile saf su dezenfektan ile temizlenmiştir. Diğer panel için herhangi bir temizleme işlemi yapılmamıştır. Her iki panelin ürettiği enerji değerleri kayıt altına alınmıştır. Kurulum için seçilen bölge de seramik fabrikaları, açık kömür işletmeleri, 2 adet termik santral bulunmaktadır. Ancak 5. Bölge olarak seçilen yer kirleticilerden uzak bir konumdadır.

Aşağıdaki şekilde 3-4 te panellerin kurulu olduğu bölgenin aylık radyasyon değeri, güneşlenme süresi ve aylık ortalama sıcaklık değişimleri gösterilmiştir. Bölge güneş enerjisi verimi açısından uygun bir bölge olarak görülmektedir.

Şekil 3. Panel kurulumun yapıldığı bölgenin aylık radyasyon ve sıcaklık değerleri ([https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler\\_statistik.aspx?m=CANAKKALE\(1/3/2022\)](https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler_statistik.aspx?m=CANAKKALE(1/3/2022)))



Şekil 4. Panel kurulumun yapıldığı bölgenin aylık güneşlenme süresi ve sıcaklık değerleri ([https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler\\_statistik.aspx?m=CANAKKALE\(1/3/2022\)](https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler_statistik.aspx?m=CANAKKALE(1/3/2022)))



Çalışmaların yapıldığı bölge Ekim- Kasım aylarında yağış almaya başlar Ocak- Şubat ayları ise kar yağışı olmaktadır. Nisan ayında bahar yağmurları düşmektedir. Kış aylarında yoğun sis görülebilmektedir. Şekil 4 grafiğine bakıldığında yağışlı gün sayısı ile güneşlenme süresi ve sıcaklık değişimi ters orantılı olduğu görülmektedir.

### 1.1.Şehir İçi 1. bölge(40.038, 27.066)

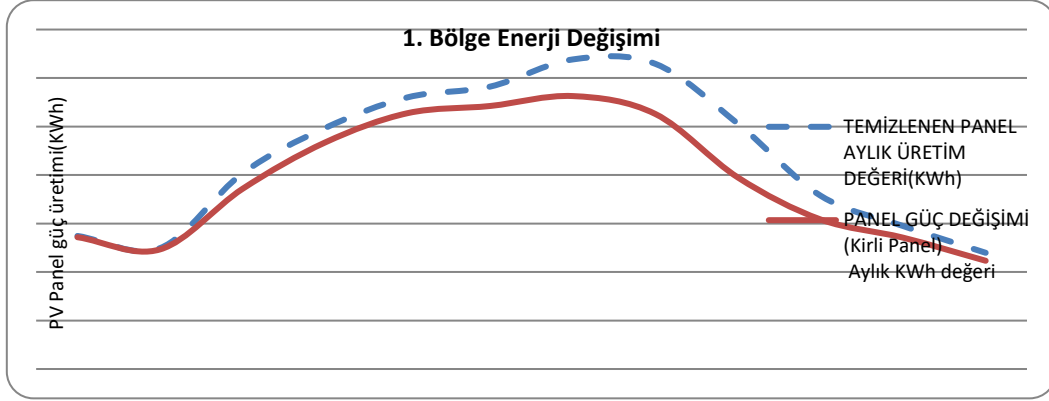
Seçilen 1. Bölgenin bulunduğu konum olarak, yerleşim yeri kenarında seyrek evlerin olduğu, etrafında çam ağaçları ve zemin olarak toprak, az miktarda da küçük otların olduğu bir yerdir. Coğrafi konum bakımından cephesi güney yönüne bakmaktadır. Örnek 2 adet güneş panelinin 38° bir açıyla kurulumu yapılmıştır. Etrafında yaz kış, güneşin doğup batması süresince gölgelenmeye neden olacak herhangi bir etki bulunmamaktadır. Hâkim rüzgârın yönü olarak doğu yönünde estiği görülmektedir. Rüzgâr hızı bakımından etrafta bulunan ağaçlar ve konum itibari ile ortalama 2-4 m/sn arasında düşük hızlarda olduğu görülmektedir.

Şekil 5: Bölge 1 deki kurulu panellerin 30 gün sonundaki yüzey üzerindeki kirlenme ve çamurlaşmanın gösterimi



Şekil 6' da; 1 yıl sonundaki değere bakıldığında temizlen panelin, yıl içerisinde ele ile temizlenmeyen panelere göre %9,9 gibi daha fazla miktarda enerji üretimi sağladığı görülmüştür. yaz aylarında panellerin tozlanmadan kaynaklı olarak daha fazla kirlendiği ve aradaki enerji üretim farkının daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak panellerde kış aylarında yağmur gibi nedenlerden dolayı doğal temizlenme meydana geldiği şeklinde açıklanabilir. Kış aylarında üretim farkının çok açılmadığını diğer yaz aylarında bu açıklığın fazla olduğunu görmek mümkündür.

Şekil 6. Bölge 1 deki kurulu panellerin 1 yıl boyunca enerji üretim değerleri



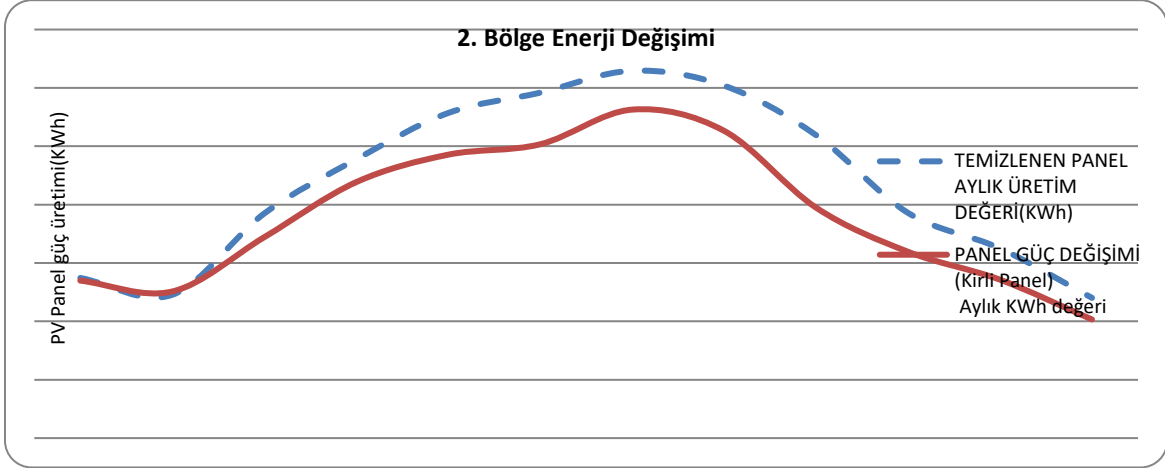
### 1.2.Şehir İçi 2. bölge(40.032, 27.070)

Şekil 7. Panel kurulumu için seçilen 2 bölge gösterimi



2. bölge Şehirlerarası yol kenarında bulunan Şekil 7' de ki gibi tarımsal amaçlı sebze, meyve ekilmiş sera bahçesinin olduğu bir yerdir. Burada genellikle kirlenme olayının tarımsal bitkilerin tozlaşmasından ve karayolu kenarında olduğundan dolayı araçları oluşturduğu egzoz ve kaldırdıkları tozlardan olduğu görülmüştür. Bu bölgede özellikle sulama yapıldığından dolayı yeşil bitkilerin olması çiçek tozlanmasının ve paneller üzerinde yapışkan tortunun diğer bölgelere göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca seçilen bölge kocabaş çayı kenarı olması nedeniyle nem açısından panellerdeki kirlenmeyi arttırıcı neden olarak görülebilir.

Şekil 8. Bölge 2 deki kurulu panellerin 1 yıl boyunca enerji üretim değerleri



Şekil 8' deki değerlere bakıldığında %12,5 lik bir toplam enerji farkının olduğu hesaplanmıştır. 1. Bölge ile arasında mesafe açısından çok fark yoktur. Ancak verim olarak daha düşük verim elde edilmesinin sebebi dış ortam sera karayolu ve kocabaş çayı kaynaklı kirlenmenin fazla olduğu tespit edilmiştir.

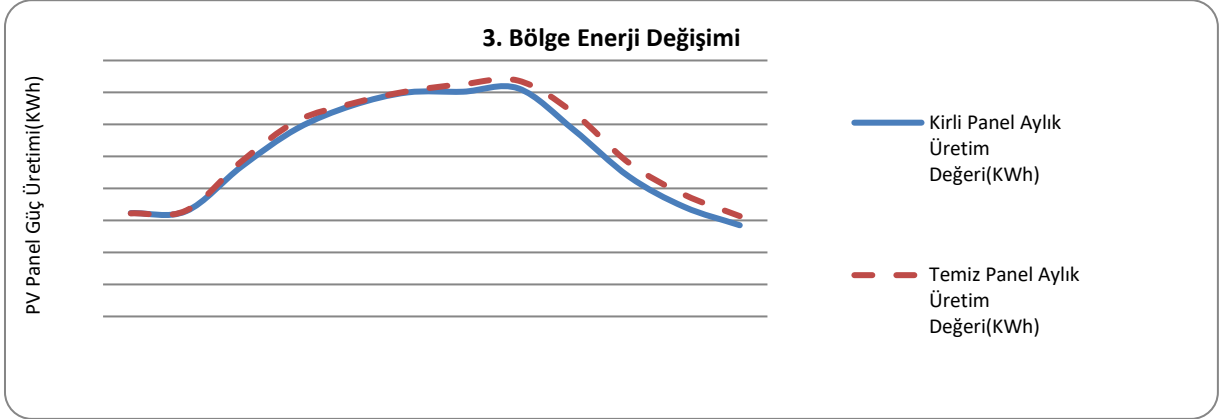
### 1.3. Şehir Dışı 3. bölge(40.011, 27.053)

Şekil 9' da gösterildiği gibi 3. bölge olarak seçilen yer konum olarak rüzgar alan ve etrafında, kirlenmeye neden olabilecek etmenlerin bulunmadığı bir bölgedir. Burada dikkat çeken bir özellik olarak ortalama 5-6m/sn rüzgar hızının var olmasıdır.

Şekil 9. Panel kurulumu için seçilen 3. bölge gösterimi



Şekil 10. Bölge 3 deki kurulu panellerin 1 yıl boyunca enerji üretim değerleri

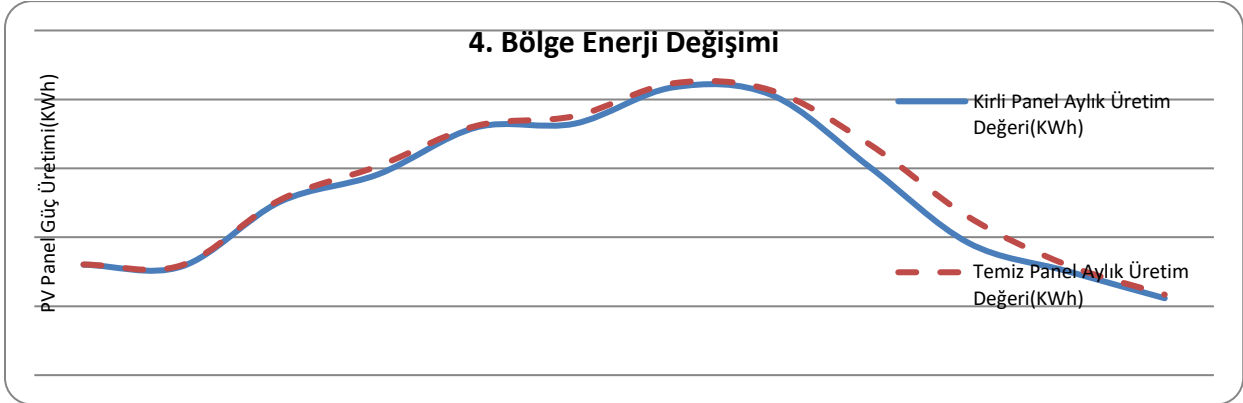


Şeki 10' de gösterilen grafik üretim ve temizlik açısından verimli bir bölge olarak göstermektedir. Panellere etki eden kirlenme etkisinin az olması ve rüzgar hızının fazla olmasından dolayı rüzgarın panel üzerindeki kirli tabakayı süpürdüğü görülmektedir. Yıllık enerji üretim değerleri karşılaştırıldığında temizlenen panel temizlenmeyen panelarasında %3 enerji farklılığı bulunmaktadır.

#### 1.4. Şehir İçi 4. Bölge(40.019, 27.049)

4. bölge olarak seçilen yer konum olarak şehir içerisinde evlerin arasında çok fazla rüzgâr geçişinin olmadığı bir bölgedir. Paneller yıl boyunca herhangi bir gölgelenmeye maruz kalmamaktadır. Coğrafi konum olarak yüzey kuzey yönüne bakmaktadır. Paneller 38 derecelik açı ile güney yönüne bakacak şekilde konumlandırılmışlardır.

Şekil 11. Bölge 4 deki kurulu panellerin 1 yıl boyunca enerji üretim değerleri



Şekil 11' de verilen 4. Bölge enerji verilerinde %3,8 lik bir enerji farkındalığı bulunmaktadır. Yüzeysel panel takiplerine bakıldığında kirlilik çok az görülmektedir. Civardaki binaların ıstma sistemi doğalgazlı olduğundan dolayı kirlilik az olmuştur.

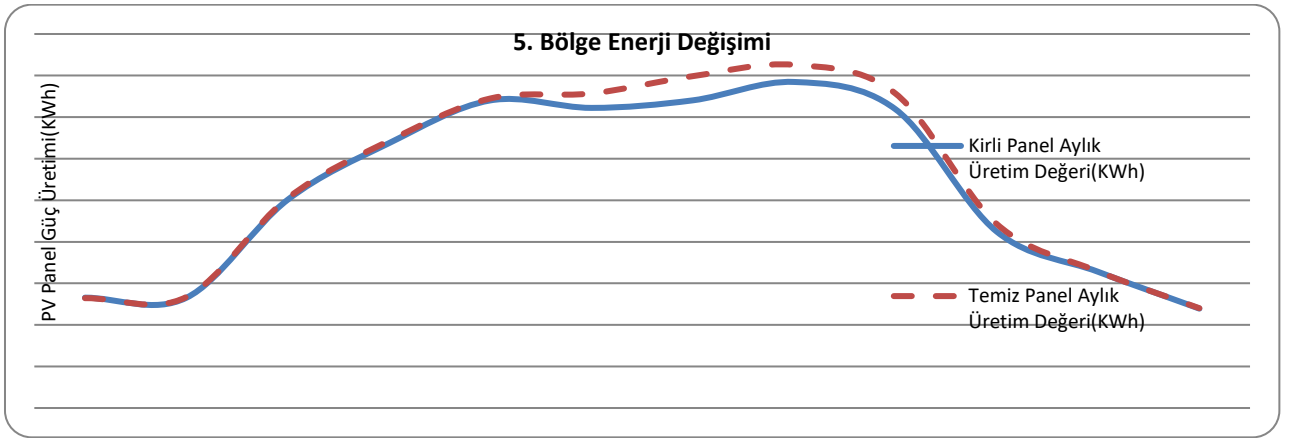
#### 1.5. Şehir Dışı 5. bölge(40.035, 27.180)

5. Bölge olarak seçilen yer şehir dışarısında ve etrafında herhangi bir tozlanmaya neden olabilecek bir etkinin olmadığı bir bölgedir. Bölge özellikle kirlenmeyi engelleyecek olan rüzgar hızı bakımından ortalama **7m/sn** üzerinde rüzgar hızı bulunduğu deneme yapılan bölgeler açısından en ideal bölge olarak görülmektedir. Dış ortam kirlenmeye neden olabilecek bir etki bulunmamaktadır.



Şekil 12 ile verilen grafikte iki panel arasındaki enerji değerlerinin birbirine çok yakın oldukları gözlemlenmektedir. %3 gibi verim farkı bulunmaktadır. Diğer bölgelere göre yüksek verimli bölge burasıdır.

Şekil 12. Bölge 5 deki kurulu panellerin 1 yıl boyunca enerji üretim değerleri



## SONUÇ

Yapılan çalışma Çanakkale ili Çan ilçesinde şehir içerisinde, şehir kenarında ve herhangi bir yerleşim yerinden uzak olan beş farklı bölgede iki adet aynı özellikte panel kurulmuş ve bu panellerin davranışları bir yıl gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma panellerdeki kirlenmeye bağlı olan verim kaybının nasıl değiştiğine yöneliktir. Şehre yakın beş farklı bölgedeki ölçümlerde kirlenmenin etrafındaki kirleticilerin yakınlığı ile alakalı arttığı gözlemlenmiştir. Panel kurulacak olan bölgelerde şehre yakınlığı karayollarına yakınlığı ve diğer kirlenme etmenlerinde dikkate alınarak değerlendirilmesi ve buna göre panel kurulumunun yapılması gerekmektedir.

Tablo 1: Farklı bölge için yapılan çalışma sonucunda temiz ve kirli panelden elde edilen 1 yıllık enerji çıkış değerleri ve % olarak fark değerleri

KİRLİ ve TEMİZ PANEL YILLIK TOPLAM ENERJİ SONUÇLARI				
	KİRLİ PANEL	TEMİZ PANEL	FARK	% VERİM
1. BÖLGE	235,65	261,59	25,94	0,099163
2. BÖLGE	228,53	261,72	33,19	0,126815
3. BÖLGE	306,48	319,52	13,04	0,040811
4. BÖLGE	316,55	329,28	12,73	0,03866
5. BÖLGE	318,34	328,69	10,35	0,031489

Yapılan çalışmada kirlenmeye neden olabilecek karayolları araç trafiği, zemin bitki örtüsü, çiçeklenmeye bağlı tozlaşma, şehir içi kirlenme ve yakın çevrede fabrika, maden ocağı gibi nedenlerden dolayı kirlenmenin çok çeşitli etmenlerin olduğu gözlemlenmiştir. Kirlenmenin özellikleri de önemlidir. Nemli yapışkan bitki kaynaklı kirlenmeler panellerde daha fazla olumsuzluğa neden olmaktadır. Bu tarzdaki kirlilik normal su ile temizlenememekte, bazı özel solisyonlar kullanılarak temizlenmektedir. Bu durum ekonomik olarak kayıp olarak görülebilir. Kirlilik panellerdeki sıcaklık artışına neden olduğu gözlemlenmiştir. Aynı anda yapılan ölçümlerde panel yüzeyindeki sıcaklık temiz panelde **32C°** iken kirli panel üzerinde yapılan ölçümlerde **37C°** olarak ölçülmüştür.

Yapılan çalışma ile yukarıdaki Tablo 1' de gösterildiği gibi, kirli ve temiz paneller için yılsonunda elde edilen aylık toplam enerji değerleri göz önüne alınmıştır. Temiz panel ile kirli panel arasında **1. Bölge %9, 2. Bölge %12, 3. Bölge %4, 4. Bölge %3,8 ve 5. Bölge için %3** enerji üretim farkı ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmada panellerin temizlenmesinin önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Yıl içerisinde her ay için yapılan temizlik, ortalama toplam %5lik bir verim kaybının önüne geçilebileceği öngörülmüştür. Panellerin kurulum yapılmadan önce yapılan fizibilite çalışmalarında bölgelerin etrafında kirleticilerin varlığı ve etkisi araştırılmalıdır. Bunun yanında rüzgâr hız ve yönünün paneller üzerindeki kirlenmeyi azalttığı yapılan bu araştırma ile görüldüğünden, bunun sonucun da rüzgârında olumlu etkisinin olduğu göz ardı edilmemelidir.

#### Etik Standart ile Uyumluluk

**Çıkar Çatışması:** Yazar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

**Etik Kurul İzni:** Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

**Finansal Destek:** Yoktur.

#### KAYNAKÇA:

Adak S. , Hasan Cangi H. , Yılmaz A.S. (2019). Fotovoltaik Sistemin Çıkış Gücünün Sıcaklık ve Işımaya Bağlı Matematiksel Modellemesi ve Simülasyonu. UMAGD, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Dergisi (2019) 11(1), 316-327. DOI: 10.29137/umagd.456988 Kırıkkale Üniversitesi mühendislik fak. Dergisi Cilt/Volume:11 Sayı/Issue:1

Dorobantu L., Popescu M. O., Popescu Cl., Craciunescu A.(2011). Theeffect of surface impurities on . In: Proceeding the international conference on renewable energies and power quality, Las Palmas de GranCanaria, Spain, 13th – 15th April 2011

Eliminar H. K., Ghitas A. E., Hamid R. H. , El-Hussainy F., Beheary M.M., Abdel-Moneim K.M.(2006).Effect of dust on thetransparentcover of solar collectors. Energy conversion and management 2006 47(3): 192-203

*Ghazi S., Ip K., Sayigh A.(2013). Preliminary study of environmental solid particles on solar flat surfaces in the UK, Energy Procedia, 42, 765-774*

Mani M. , Pillai R.(2010). Impact of dust on solar photovoltaic performance: research status, challenges and recommendations. Renewable and sustainable energy reviews 2010 14(3): 124-131

Sayigh A, Al-Jandal S, Ahmed H. (1985). Dusteffect on solar flat surfaces devices in Kuwait. In: Furlan C, Mancini NA, Sayigh AAM, Seraphin BO, editors. Proceedings of the Workshop on the Physics of Non-Conventional Energy Sources and Materials Science for Energy, 1985 Sept. 2–20. 1985. p. 353-367.

Sanaz Ghazi, KennethIp, , Ali Sayigh (2013).Preliminary study of environmental solid particles on Solar flatsur faces in the UK. The Mediterranean Green Energy Forum 2013, MGEF-13 Energy Procedia 42 ( 2013 ) 765 – 774

Yücel M., Kılıçarslan. Y, Yıldırım. M, (2018). Güneş takip sistemiyle çalışan güneş panellerinin sulama Uygulamasın da verimlilik düzeyleri. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, vol.6, 2018

## EXTENDED SUMMARY <sup>2</sup>

### Research Problem:

The aim of this study is related to how much the energy output values of the solar panels installed inside and outside the settlements change on a yearly basis due to dusting and pollution. The importance of cleaning the solar panels installed in polluted areas at certain periods is mentioned.

### Research Questions:

What is the importance of keeping photovoltaic panels clean? At what rates do solar panels show pollution in the city and outside the city? Do dirty panels affect efficiency? Is a temperature increase observed on dirty panels?

### Literature Review:

PV panels absorb incoming photons. The number of photons absorbed determines the efficiency of the panel. Semiconductor technology is developing new techniques to capture more photons. In order to capture more photons and prevent the reflection of incoming photons, the surface must be positioned perpendicular to the sun's rays. In this way, the surface area facing the sun is kept constant. In the natural environment, the sunflower plant catches more sunlight by following the sun. New solar tracking systems have been designed by imitating the sunflower plant. The aim here is to keep the panels at a right angle to the sun by using the automation system. (Yucel et al, 2018). The water pump with solar tracking system they made has shown that it works 30% more efficiently than the fixed system.

In the research carried out, the amount of free particles is high in places where there is less vegetation and in areas with humidity, dust transport is high. (Ghazi et al, 2013) In a study they conducted in England, they found a 5% energy reduction in annual periods. When examined in terms of weather conditions in England, it is expected to be a rainy region and less accumulation of particles on the panels. When this situation is compared with other desert climates, in countries such as the Middle East, a yield decrease of up to 32% has been recorded within an 8-month period (Sayigh et al, 1985). taken into account, it was calculated to be in the range of 17%-65%. In another study, they observed that panel efficiency decreased by 33.5% in the first month in Kuwait and Saudi Arabia, and this rate increased to 65.8% after 6 months (Sayigh et al, 1985).

Solar panels are tested at right angles under 1000 w/m<sup>2</sup> radiation and 25°C temperature after the production phase. The ratio of the incoming radiation intensity to the electrical energy it transforms determines the efficiency of the panels. This value is around 20% on average (Adak et al, 2019).

If not all photons are converted into electrical energy and reflection does not occur, it causes an increase in temperature on the panel. The reason that prevents reflection is pollution. In other studies, it has been calculated that the yield loss is 80% when the dust adhered to the panels reaches 73g/m<sup>2</sup> (Mani et al, 2010).

In another study, the particles deposited on the panels increase the surface temperature and decrease in efficiency depending on the temperature. While the panel temperature should be 27.5 °C, it was observed that this temperature increased by 10 degrees to 37.5 °C due to pollution (Dorobantu et al, 2011).

In a study conducted in England, the amount of contamination accumulated on the glass measuring 6x8x1 mm was examined. In the study, it was observed that there was a particle accumulation between 1-50 microns and the light transmittance values in the glasses decreased by 4-5% at the end of the 3-week period (Sanaz Ghazi et al, 2013).

Not only the particles moving freely in the air affect the solar collectors, but also factors such as insect dead remains, bird droppings, agricultural pollination and pesticide residues have a negative effect. It is not possible to clean them with water, as with dust and particles. It is cleaned with special solutions. In studies related to

this, it has been observed that this effect causes a 20% decrease in yield in measurements made during the summer season (Dorobantu et al, 2011).

### Methodology:

In the study, 5 different regions where micro and macro scale solar panels can be installed were determined, which do not have the same characteristics in the city and outside the settlement. Two identical panels have been installed here, with the same direction and angle. One of the panels was cleaned monthly with pure water disinfectant. No cleaning was done for the other panel. The energy values produced by both panels are recorded.

### Results and Conclusions:

In the study, two panels with the same characteristics were installed in the city, on the edge of the city and in five different regions far from any settlement, in the Çan district of Çanakkale province, and the behavior of these panels was observed for one year. The study is about how the efficiency loss due to the pollution on the panels changes. In measurements in five different regions close to the city, it was observed that the pollution increased with the proximity of the surrounding pollutants. In the regions where the panel will be installed, it should be evaluated by taking into account its proximity to the city, proximity to highways and other polluting factors, and panel installation should be done accordingly.

In the study, it has been observed that there are various factors of pollution due to reasons such as highway vehicle traffic, ground vegetation, pollination due to flowering, urban pollution and factories and mines in the vicinity that may cause pollution. The characteristics of the contamination are also important. Moist sticky plant-derived pollutants cause more negative effects on the panels. This type of pollution cannot be cleaned with normal water, it is cleaned using some special solutions. This situation can be seen as an economic loss. It has been observed that the pollution causes the temperature increase in the panels. In the measurements made at the same time, the temperature on the panel surface was 32C on the clean panel, while it was 37C in the measurements made on the dirty panel.

With the study, as shown in Table 1 above, the monthly total energy values obtained at the end of the year for the dirty and clean panels were taken into account. Between the clean panel and the dirty panel, an energy production difference of 9% for the 1st Region, 12% for the 2nd Region, 4% for the 3rd Region, 3.8% for the 4th Region and 3% for the 5th Region has emerged.

In the study, it was revealed that cleaning the panels is important. It has been predicted that an average total of 5% efficiency loss can be prevented by cleaning for each month during the year. The presence and effect of pollutants around the areas should be investigated in the feasibility studies carried out before the panels are installed. In addition, it should not be overlooked that the wind speed and direction reduce the pollution on the panels, which has a positive effect on the wind.