

# Balıkesir ilinde farklı iki GES tesisinin panel yerleşimi açısından verimliliklerinin karşılaştırılması

Fatih ATLİM<sup>1,\*</sup>, Bayram ESEN<sup>2</sup>, Metin DEMİRTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TEDAŞ Uludağ Bölge Müdürlüğü, Bursa

<sup>2</sup>Balıkesir Üniversitesi Müh. Fak. Elektrik-Elektronik Müh. Böl., Çağış Kampüsü, Balıkesir

Geliş Tarihi (Received Date): 05.12.2018

Kabul Tarihi (Accepted Date): 25.04.2019

## Özet

Dünya genelinde nüfusa, teknolojiye ve tüketime bağlı olarak enerji talebi de her geçen gün artmaktadır. Artan bu enerji ihtiyacını karşılamak için mevcut kaynakların faydalı ve etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Fosil kaynaklar sınırlı olduğu ve hızla tükendiği için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması da büyük önem kazanmaktadır. Bu yüzden ülkemizde de son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin geçmiş yıllara oranla arttığı görülmektedir. Bu çalışmada, Balıkesir İli Bandırma ilçesinde güneş panelleri farklı açılarla yerleştirilmiş olan iki adet GES (Albatur Enerji GES-Aydın Dülger GES) tesisine ait birer adet 40 kW'lık eviricinin günlük ve aylık olarak performansları karşılaştırılmıştır. Eğim açısından karşılaştırmanın doğru olması için İki GES tesisi birbirine çok yakın konumda seçilmiş olup hava şartlarının, sıcaklığın, güneş ışınımının, yükselti vb. gibi etmenlerden kaynaklanan farklılıkların olmamasına dikkat edilmiştir. Tesislerde kullanılan panel tipleri monokristal ve polikristal yapıdadır. Deneysel ve simülasyon çalışmaları sonucu elde edilen bulgulara göre, panel eğim açılarının doğru seçilmesi durumunda yıllık enerji üretiminde büyük bir kazanç elde edilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Verimlilik, PV panel, güneş enerji sistemleri, monokristal, polikristal.

\*Fatih ATLİM, fatihatlim@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7680-2494>

Bayram ESEN, bayesen@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-6732-2619>

Metin DEMİRTAŞ, mdtas@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-2622-5286>

## Comparison of efficiency of different two solar energy systems in terms of panel settlement in Balıkesir

### Abstract

*Energy demand is increasing day by day due to population and consumption in the world. In order to meet this increasing energy need, the resources should be used useful and effectively. Since fossil sources are limited and rapidly exhausted, renewable energy is gaining importance. Therefore, in recent years, we see that electricity generation from renewable energy sources has increased compared to previous years. In this study, daily and monthly performances of one 40 kW inverters of two Photovoltaic (Albatur Energy-Aydın Dülger Energy) systems, which are located at different angles of solar panels in Bandırma District of Balıkesir province, are compared. The two Photovoltaic systems chosen for the comparison in terms of slope were chosen very close to each other lest not effecting the differences between two different solar panels due to factors such as weather conditions, temperature, solar radiation, elevation etc.. The panel types used in the systems is monocrystalline and polycrystalline. According to the results obtained from experimental and simulation studies, if the angles of the panel are selected correctly, a great gain is obtained in the annual energy production.*

**Keywords:** Efficiency, PV Panel, solar energy system, monocrystalline, polycrystalline.

### 1. Giriş

Güneş, Dünya gezegeni için tükenmez serbest enerjinin ana kaynağıdır. Hâlihazırda, ortaya çıkan güneş enerjisinden elektrik üretmek için yeni teknolojiler kullanılmaktadır. Güneş enerjisi ile ilgili yeni teknolojilerin gelişmesi, dünya çapında artan enerji talebini karşılamak için çevreye duyarlı olarak görülen çözüm önerilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Güneş teknolojileri alanındaki hızlı büyümeler, düşük güneş pili verimliliği, düşük performans dengesi, ekonomik engeller (yatırım maliyeti ve finansman mekanizmalarının eksikliği) gibi çeşitli engellerle karşı karşıya kalmaktadır [1]. Son yıllarda güneş enerjisi, giderek yenilenebilir bir enerji kaynağı haline geldi ve yakın gelecekte yaygınlaşarak daha fazla kullanılması beklenilmektedir [2]. Türkiye’de güneşten elektrik üretim potansiyelinin yaklaşık olarak 500 bin MW olduğu tahmin edilmektedir. Güneş enerjisi mevcut diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında, ülkemizdeki en yüksek potansiyele sahip bir enerji kaynağı olduğu görülmektedir. Türkiye güneşten elektrik üretimi konusunda, kendine en yakın olan İspanya ve Fransa’dan daha fazla bir potansiyele sahiptir [3]. Fotovoltaik (PV) paneller, güneş ışığı şeklinde direkt ya da yaygın olarak gelen radyoaktif dalgaları elektriğe çeviren aygıtlardır. PV modülleri ile ilgili literatür taramasında, farklı ülke ve üniversitelerde birçok araştırmacının farklı yapıdaki PV modüllerin verimlilikleri ve maliyetleri konusunda ulusal ve uluslararası bazda çalışmalar yaptığı görülmektedir. Gün geçtikçe de yeni teknolojilere bağlı olarak farklı yapıda ve yüksek verimlilikte çalışan yeni modüller geliştirilmektedir.

Literatür taramasında öne çıkan çalışmalarda, Mirzaei ve Mohiabadi iki farklı ticari fotovoltaik modül olan monokristal ve polikristal panelleri üzerine, İran’ın yarı kurak bir

bölgesinde ve açık bir arazide yıl boyunca deneysel çalışmalar yapmıştır. Test edilen iki panel benzer eğim açısında ve aynı bağımsız çerçevelere yerleştirilmiştir. Her bir modülün güç çıkışı, enerji verimi, normalleştirilmiş güç çıkışı, verim ve performans oranı değerleri analiz edilmiş ve bölgenin iklim özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Güneş radyasyonu seviyesinin oldukça yüksek olduğu orta doğu ülkelerinde daha önemli, düşük maliyetli ve çevre dostu teknolojilerin kullanıldığı koşullarda alternatif bir enerji kaynağı olduğunu göstermişlerdir [2]. Edalati ve arkadaşları, 11.04 kWp kapasitesine sahip şebekeye bağlı bir PV sisteminin tasarımı ve performansını araştırmıştır. Bu sistem, benzer karakteristik özelliklere sahip iki tip 5.52 kWp kapasiteli kristal PV teknolojilerinden oluşmaktadır. PV enerji santrali, her iki tip monokristal silikon ve polikristal PV modülleri için güneş ışınları ve ortam sıcaklıklarının aynı olduğu bir sanayi bölgesinde kurulmuştur. Elde edilen sonuçlarda, polikristal modüllerinin özellikle yüksek ortam ve modül sıcaklıklarında daha fazla elektrik ürettiğini tespit etmişlerdir. Yazarlar, Polikristal PV modüllerin normal olarak monokristal modüllerden daha ucuz olduğu için polikristal PV'yi kullanmayı tavsiye etmektedirler [4]. Bashir ve arkadaşları, Pakistan'ın Textila bölgesinde üç fotovoltaik modülün (monokristal, polikristal ve tek eklemlili amorf silikon) performans karşılaştırmasını ve değerlendirmesini yapmışlardır. Deneysel çalışmalar kış aylarında ve açık hava koşullarında gerçekleştirilmiş olup her modül için modül sıcaklık ve güneş ışınımının bu parametreler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yazarlar, monokristal ve polikristal modüller yüksek ışınım koşullarında daha iyi performans gösterirken, ışınımın azalması ile performanslarının ani olarak azaldığını gözlemlemişlerdir. Amorf PV modülünün daha iyi ışık emici özellikleri nedeniyle düşük ışınımda iyi performans gösterdiği ve böylece düşük ışınımda daha yüksek ortalama performansla sahip olduğu görülmüştür. Çalışmada, modül verimliliği ve performans oranının, ışınım ve fotovoltaik modül arka yüzey sıcaklığının artmasıyla azalan bir eğilim gösterdiği tespit edilmiştir [5]. Taşçıoğlu ve arkadaşları, Bursa ilinde monokristal ve polikristal PV panellerinin farklı yükler altında iklimsel verilere dayalı düşük güçlerde elektrik üretimini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, monokristal güneş panelinin Bursa şartlarında polikristal panele göre daha verimli çalışabileceği belirlenmiştir [6]. Heba A. Mosalam bir araştırmasında, Ağustos ve Aralık aylarında iki ay boyunca, monokristal modül sıcaklığı ve ışın ışınlanması parametrelerinin modülün maksimum çıkış voltajı ve gücü üzerine olan etkilerini incelemiştir. Sistemin yapısı ve modül özellikleri kullanılarak benzetim(simülasyon) çalışmaları yapılmış, sonuçlar 4.5 kW kapasitesindeki gerçek sistem verileriyle karşılaştırılmıştır [7]. Afyon Kocatepe Üniversitesi Dazkırı Meslek Yüksekokulu öğrencilerine güneş panelleri hakkında pratik bilgi sağlamayı amaçlayan bir çalışmada, 20 Watt gücünde monokristal ve polikristal güneş panelleri kullanılmıştır. Çalışmanın amacı iki tip güneş panelinin aynı ortamda ürettiği enerji miktarlarını karşılaştırmak için gerilim ve akım sensörlerinin kullanılmasını ve üretilen enerji farklılıklarını göstermektir [8]. Yapılan bir tez çalışmasında, Tekirdağ ve Batı Marmara bölgesi için en verimli panel tipi belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar ve ölçümler sonucunda, Monokristal panelin Tekirdağ iklimi şartlarında ortalama verimi %15 olarak, Polikristal panelin verimi ise %14,9 olarak ölçülmüştür [9]. Mustafa Engin ve arkadaşları üç farklı fotovoltaik (monokristal, polikristal ve kadmiyum tellür) PV sisteminin performansını karşılaştırmış, ince film güneş panellerinin diğer panellere göre daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir [10]. İbrahim Sefa ve arkadaşları mikro denetleyici tabanlı eğitim amaçlı güneş enerjisi kaynaklı yenilenebilir enerji eğitim seti tasarlamışlardır [11].

Literatürde güneş radyasyonunu modelleyen farklı yöntemler vardır. Zenit ( $\theta_z$ ), deklinasyon ( $\delta$ ), güneş azimut açısı ( $\theta_a$ ) ve Güneş doğuş ve batış saat açıları ( $\omega$ ) arasındaki ilişki denklem olarak aşağıda verilmiştir [12,13,14]. Deklinasyon açısının yaklaşık değeri Cooper denkleminde

$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(360 \frac{(28+n)}{365}\right) \quad (1)$$

şeklinde yazılır. Zenit açısı ise

$$\cos\theta_z = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos\omega \quad (2)$$

olarak ifade edilir. Yükseklik açısı ise

$$h = 90 - \theta_z \quad (3)$$

eşitliğinden hesaplanır. Güneş azimut açısı ise

$$\cos\theta_a = \left( \frac{\cos\varphi \sin\delta - \sin\varphi \cos\delta \cos\omega}{\sin\theta_z} \right) \quad (4)$$

olarak yazılır. Güneş doğuş ve batış saat açıları birbiriyle zıttır ve

$$\omega = -\cos^{-1}(-\tan\varphi \tan\delta) \quad (5)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $\varphi$  enlem açısını göstermektedir.

Eğik bir düzleme gelen güneş ışınlarının hesaplanmasında güneş ışınlarının geliş açısı ve eğik düzlem açılarından faydalanılır. Eğik düzlemin yatay düzlemle yaptığı açı eğim açısı olarak tanımlanırsa, geliş açısı ( $\cos\theta_g$ )

$$\cos\theta_g = \cos(\varphi - \beta) \cos\delta \cos\omega + \sin(\varphi - \beta) \sin\delta \quad (6)$$

olarak yazılır. Burada  $\beta$  eğik düzlemin yatay düzlemle yapmış olduğu açıdır.

Yeryüzünde güneş paneline gelen güneş ışınımı direk, yayılı ve yansıyan ışınların toplamına eşittir. Toplam güneş ışınımı günlük olarak

$$Q_t = Q_d + Q_y + Q_{yan} \quad (7)$$

ifade edilebilir. Birgün boyunca eğik düzleme gelen toplam ışınımın ve yatay düzleme gelen ışınımın oranı  $R_d$  olarak tanımlanırsa,  $R_d$  ifadesi

$$R_d = \frac{Q_t}{Q_d} = \frac{\int_{H_1}^{H_2} \cos\theta_g dh}{\int_{-H}^H \cos\theta_z dh} \quad (8)$$

şeklinde yazılabilir. Bir gün boyunca eğik düzleme gelen toplam ışınlama ile yatay düzleme gelen ışınlama arasındaki oransal ilişki

$$R = R_d \frac{Q_d}{Q} + \frac{Q_y}{Q} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (9)$$

şeklinde tanımlanabilir. Burada  $\rho$  çevrenin yansımaya oranı,  $Q$  ise yatay düzleme gelen tüm güneş ışınlama miktarıdır. Bu denkleme göre ışınlama açıları 90 dereceye yaklaşması durumunda panel yüzeyindeki radyasyon oranının arttığı görülmektedir. Güneş panelindeki radyasyon ve güç üretimi arasındaki ilişki

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_i \cdot T_c - T_r] \frac{G}{G_r} \quad (10)$$

olarak yazılabilir. Burada  $I_{ph}$  PV'nin ürettiği akımı (A),  $I_{sc}$  panelin kısa devre akımını (A),  $K_i$  kısa devre akımının sıcaklık katsayısını (A/C<sup>0</sup>),  $T_c$  PV'nin hücre sıcaklığını (C<sup>0</sup>),  $T_r$  referans sıcaklığını (C<sup>0</sup>),  $G$  güneş ışınlama miktarını (W/m<sup>2</sup>),  $G_r$  referans güneş ışınlama miktarını (1000 W/m<sup>2</sup>) göstermektedir. Bu denklemden panel üzerine gelen radyasyon miktarının eğim açısıyla değiştiği, bunun sonucu olarak da panelin güç üretiminin değiştiği görülmektedir.

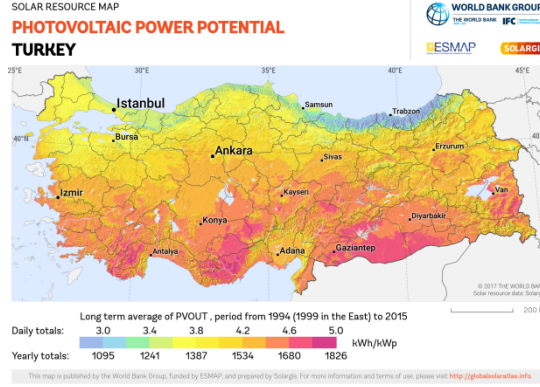
Literatür taramasına göre farklı ülke ve bölgelerde, farklı tip ve güçteki PV panellerin verimlilikleri üzerine ışınlama, gölgelenme, eğim, sabit, tek eksenli, çift eksenli vb. gibi farklı açılardan değerlendirmelerin yapıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Artan enerji ihtiyacı, fosil yakıtlarının çevreye verdiği zarar ve yakın gelecekte tükenecek olması güneş enerjisine olan ihtiyacı her geçen gün daha önemli bir hale getirmektedir. Deneysel çalışmaların fiziki ve maddi imkansızlıklardan dolayı genellikle küçük ölçeklerde yapıldığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada büyük ölçekli ve açıları farklı şekilde yerleştirilmiş ve aynı lokasyonda olan iki farklı GES tesisinin güç üretiminin gerçek ve benzetim sonuçları karşılaştırılmıştır. Bundan sonraki bölümlerde, Balıkesir iline ait güneş enerji potansiyeli, panel eğim açıları, tesislerden alınan gerçek ve benzetim sonuçlarında elde edilen verilerin tablo ve grafik olarak sunulmaları, karşılaştırma ve sonuçları verilmiştir.

## 2. Güneş enerji potansiyeli bakımından Balıkesir ilinin ülkemizdeki yeri

Ülkemiz bilindiği üzere kuzey yarım kürede 36-42 enlemleri ve 26-45 doğu meridyenleri arasında bulunmaktadır. WEB sitesinden (<http://globalsolaratlas.info>) elde edilen bilgilere göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve ışınlama bakımından dünya geneline göre orta seviyede bir durumdadır. Şekil 1'de görüldüğü üzere dünya geneli yıllık güneş enerji potansiyeli 730-2337 kWh/kWp bandı arasında değişirken, Türkiye ortalama olarak 1461-1753 kWh/kWp arasında kendine yer bulmaktadır.

Türkiye güneş haritasındaki ışınlama dağılımı Güney'den Kuzey'e doğru doğal olarak (enlem derecesine kıyasla) azalmakta, ışınlama şiddeti ise iklim ve yeryüzü şekline göre değişim göstermektedir. Güney Doğu Anadolu ülkemizin en çok güneş enerjisi alan

bölgesidir. Akdeniz Bölgesi bunu takip etmektedir. Karadeniz bölgesi ise hem rutubetli, hem de enlem değeri büyük olmasından dolayı en az ışınlam alan bölgedir. Atmosferdeki sis olayları ve su buharları ışınlamın azalmasına sebep olmaktadır. Güney Ege, Batı Karadeniz ve Orta Anadolu Bölgeleri orta derecede ışınlam alan bölgelerdir. Doğu Anadolu ve Doğu Akdeniz bölgeleri ise ışınlam değerleri yüksek olan bölgelerdir [9]. Balıkesir İli konumu itibariye 39 derece enleminde ve 27 derece boylamında (merkezi baz alınmıştır) olmak üzere, Şekil 1' de görüldüğü gibi güneş enerji potansiyeli ve ışınlamı bakımından Türkiye geneline göre 1095-1826 kWh/kWp bandı arasında 1387-1534 kWh/kWp ile orta sıralarda yer almaktadır.



Şekil 1. Türkiye güneş enerji potansiyeli haritası [15].

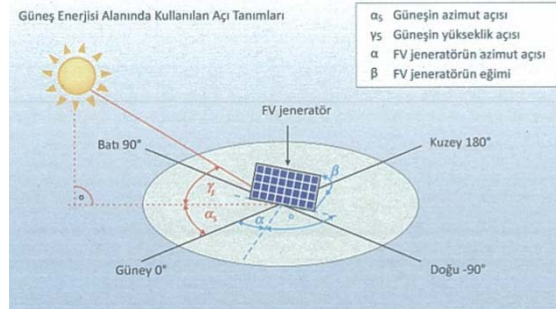
### 3. Panel eğim açısının PV performansına etkisi

Güneş pillerinde güneş enerjisinin taşıyıcı ve yayıcıları olan tanecikli fotonlar, fotovoltaik hücre üzerine düşünce elektrik enerjisine dönüştürürler. Güneş pilleri üzerine düşen güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren yarı iletken aygıtlardır. İlk kez 1839 yılında Becquerel, elektrolit içine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek bulmuştur.

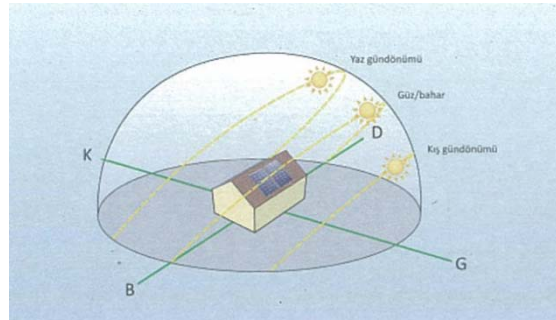
Silisyum, güneş pilinin de en yaygın hammaddesidir. Teknolojik olarak tek kristalli, çok kristalli ve amorf yapıları üretilen güneş pilleri ticari olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve verimleri sırasıyla; %15-17, %12-14, %5-8 olarak verilebilir [16].

PV panellerin performansını etkileyen birçok etmen bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; Konum, yönlendirme ve yüzey eğim açısı, gölgelenme, panel tipi, bakım ve temizlik, modüllerin arkasında oluşan sıcaklık olarak sayılabilir [17]. Bu çalışmada, yukarıda sayılan etmenler içerisinde etkin bir rolü olan, panellerin eğim açısının GES verimini nasıl etkilediği üzerinde durulmaktadır.

Güneşin konumu dünyanın her yerinde güneşin yüksekliği ve güneşin azimut açısı ile tanımlanır. Güneşten gelen ışınlam gücü güneşin yükseklik açısına bağlıdır. Bu açı yatay düzlem esas alınarak ölçülür. Güneşin hareketi nedeniyle yükseklik açısı hem gün içinde hem yıl içinde değişiklik göstermektedir [18]. Güneş teknolojilerinde kullanılan açı kavramları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Güneş teknolojisinde kullanılan açı kavramları [15].



Şekil 3. Güneşin kuzey yarım kürede mevsime göre çizdiği yörüngeler [15].

Güneşin kuzey yarım kürede nasıl bir yörünge çizdiği Şekil 3'te gösterilmiştir. Güneş ışınımı PV modüle ne kadar dik bir açıyla gelirse sistem verimi buna bağlı olarak artar. Arazi uygulamalı Güneşi takip eden PV sistemlerde, panele gelen Güneş ışınımı sabit bir PV sisteme nazaran daha fazla sürede etki edeceğinden, PV veriminin daha yüksek olacağı söylenebilir. Arazi uygulamalı sabit bir PV sistemin optimum açısının belirlenmesinde ise yılın tüm mevsimleri göz önüne alınarak değerlendirilmektedir. Literatürde bu açının ülkemizde 30-35 derece arasında olduğu bilinmektedir. Çatı uygulamalı PV sistemlerde çatının eğimi panelin açısı olacağından optimum açıdan söz etmek sağlıklı olmayacaktır. PV sistemlerin performansı için panel eğim açısının ne derece önemli olduğu buradan da anlaşılmaktadır. Abdelkader ve arkadaşları monokristal ve polikristal PV modüllerin performans ve verimlilikleri arasındaki ilişkiyi deneysel olarak incelemişlerdir [19]. Rüstemli ve arkadaşları, güneş enerjisini aydınlatma ve ısıtmada kullanan, güneşi takip eden bir düzenek geliştirmişlerdir [20].

#### 4. Panel eğim açıları

Bu bölümde Balıkesir İli Bandırma ilçesinde bulunan farklı açılarla sabit olarak yerleştirilmiş farklı iki GES tesisinin verim açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Albatır Enerji GES ve Aydın Dülger GES tesisleri ile ilgili bilgiler alt bölümlerde kısaca verilmiştir.

##### 4.1. Albatır enerji GES tesisi

Albatır Enerji GES, Balıkesir İli Bandırma ilçesi Kirazlı Mahallesinde olup, 980 kW gücünde, panel eğim açısı 27 derece ve güneye bakacak şekilde tasarlanmış, açık arazide kurulmuş bir GES tesisidir. Tesiste 20 adet 40 kW, 9 adet 20 kW'lık olmak üzere 29 adet evirici, 4116 adet 265 W'lık polikristal panel kullanılmış olup, sistemin



DC gücü 1.090.74 kWp'dir. Albatur Enerji GES Tesisine ait görüntü Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. Albatur enerji GES tesisi.

#### 4.2. Aydın Dülger GES tesisi

Aydın Dülger GES, Balıkesir İli Bandırma ilçesi Doğruca Mahallesi'nde olup, 853 kWe gücünde panel eğim açısının 9 derece ve güneye bakacak şekilde tasarlanmış, çatıya yerleştirilmiş bir GES tesisidir. Tesiste 21 adet 40 kW, 1 adet 13 kW'lık olmak üzere 22 adet evirici, 3414 adet 285 W'lık monokristal panel kullanılmış olup, sistemin DC gücü 972.990 kWp'dir. Aydın Dülger GES tesisine ait görüntü Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Aydın Dülger GES tesisi.

Albatur Enerji GES ile Aydın Dülger GES tesisi arasındaki kuş uçuşu uzaklık yaklaşık 12 km'dir. İki tesisinde güçleri farklı olduğundan sağlıklı bir sonuca varmak için her iki tesisinden de 1 adet 40 kWe gücündeki eviriciler için karşılaştırma yapılmıştır. Üretim verileri 01.10.2017 ile 31.08.2018 tarihleri arasında aylık bazda REFUSol ([http://www.advanced-energy.com/images/REFUSol/ProductLine\\_TR.pdf](http://www.advanced-energy.com/images/REFUSol/ProductLine_TR.pdf)) evirici tarafından izlenilerek sisteme kaydedilmiştir. Kaydedilen bu veriler performans karşılaştırması için kullanılmıştır. Albatur Enerji GES Tesisine 2017 yılının Eylül ayında yeni üretime başladığı için arıza ve testlerden dolayı bu aya ait verilerin sağlıklı olamayacağı düşünülerek dikkate alınmamıştır.



Her iki GES tesisine ait verilerin özelliklerini karşılaştırmak için parametre değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Tabloda panel açısı, panel yönü, gölgeleme, temizlenme ve konum gibi bilgiler verilmiştir.

Tablo 1. GES tesislerine ait veriler.

Tesisin Adı	Konum	Yıllık Güneş Işınımı (kWh/m <sup>2</sup> )	Panel Açısı (derece)	Panel Yönü	Gölgeleme	Panel Tipi	Panellerin Arka yüzeyinde havalanma	Bakım ve temizlik	Evirici Gücü	Panel Adeti ve (panel gücü)	Toplam panel gücü (kW)
ALBATUR ENERJİ GES	Enlem: 40 11' 44"	1563	27	Güney	Yok	Polikristal	Var	Var	40 kW	168 (265 kW)	44520
	Boylam: 28 07' 27"										
AYDIN DÜLGER GES	Enlem: 40 15' 55"	1560	9	Güney	Yok	Monokristal	Var	Var	40 kW	160 (285 kW)	45600
	Boylam: 28 00' 25"										

Albatur Enerji GES tesisindeki 40 kW’lık eviriciye her bir dizide 265 Wp’lik 21 adet panel olmak üzere 8 dizi bağlanmıştır. Bu durumda eviriciye ait olan DC giriş gücü 44.520 kWp’dir. Aydın Dülger GES tesisindeki 40 kW’lık eviriciye ise her bir dizide 285 Wp’lik 20 adet panel olmak üzere 8 dizi bağlanmıştır. Bu durumda eviriciye ait olan DC giriş gücü 45.600 kWp’dir. Aydın Dülger GES’e ait eviricinin DC giriş gücü Albatur Enerji GES’e ait eviricinin DC giriş gücünden 1.080 kWp daha fazladır. Albatur Enerji GES ve Aydın Dülger GES tesislerinin aylık enerji üretimini gösteren veriler Tablo 2’de verilmiştir. Ülkemiz kuzey yarım kürede yer aldığından en kısa gündüzün yaşandığı 2017 yılı 21 Aralık ayına ait günlük enerji üretim verileri Tablo 3 ve Şekil 6’da, en uzun gündüzün yaşandığı 2018 yılı 21 Haziran ayına ait üretim verileri ise Tablo 4 ve Şekil 7 ’de verilmiştir.

Tablo 2 incelendiğinde, yıllık enerji üretiminin yaz aylarında yüksek olduğu, kış aylarında ise daha düşük olduğu görülmektedir. Aralık, Ocak ve Şubat aylarında gündüzün kısa olması nedeniyle bu aylardaki enerji üretiminin her iki tesis içinde yıllık ortalama üretime göre düşük olduğu, yaz ayları olan Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ise enerji üretiminin her iki tesis içinde yüksek olduğu görülmektedir. Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında Aydın Dülger GES firmasının enerji üretiminin Albatur Enerji GES tesisine göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 2. 40 kW'lık evirici için her iki tesise ait aylık üretim verileri.

	2017 EYLÜL	2017 EKİM	2017 KASIM	2017 ARALIK	2018 OCAK	2018 ŞUBAT
ALBATUR (kWh)	-	5.742,20	3.598,80	3.036,30	3.023,40	2.413,80
AYDIN DÜLGER (kWh)	-	4.563,50	2.737,20	2.208,60	2.293,40	2.157,60
	2018 MART	2018 NİSAN	2018 MAYIS	2018 HAZİRAN	2018 TEMMUZ	2018 AĞUSTOS
ALBATUR (kWh)	4.760,70	7.044,30	6.130,20	6.966,40	7.394,70	7.792,30
AYDIN DÜLGER (kWh)	4.387,30	6.831,70	6.436,50	7.267,70	7.440,20	7.056,60

Tablo 3 incelendiğinde, Aralık ayında Albatur Enerji tesislerinde üretilen enerjinin Aydın Dülger tesislerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

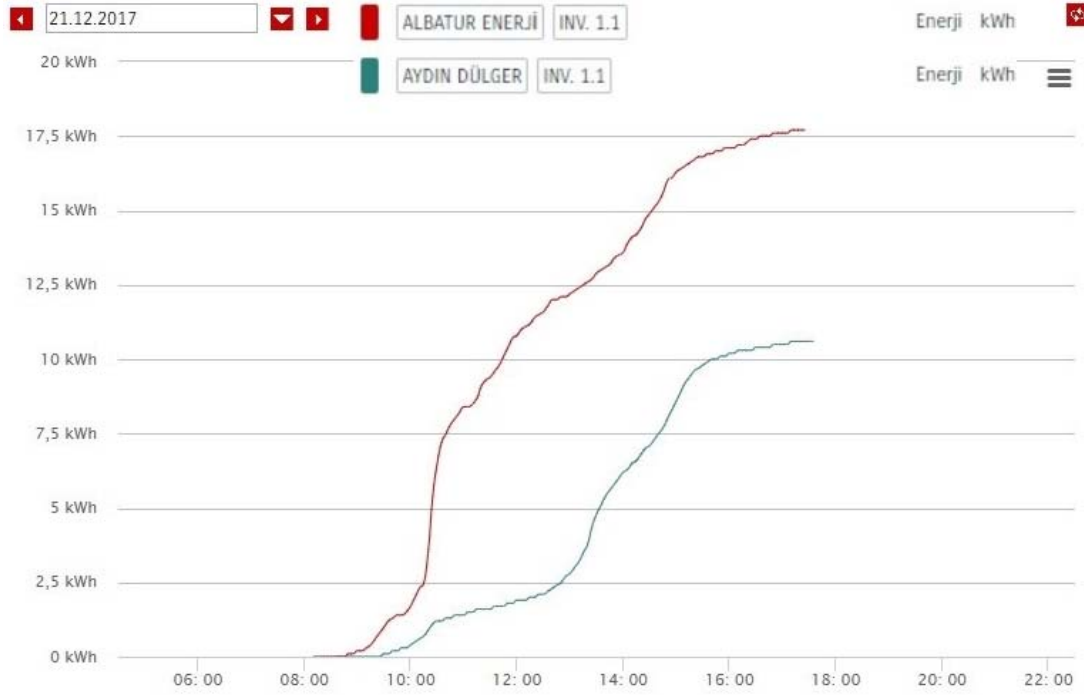
Tablo 3. 40 kW'lık evirici için her iki tesise ait aralık ayı üretim verileri.

2017 ARALIK		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ALBATUR ENERJİ GES (kWh)		63,8	81,5	74,6	33,8	93,6	152,4	171,8	195,1	97,9	31,3	187,6	128,8	180	122,5	178,8	
AYDIN DÜLGER GES (kWh)		57	58,8	68,2	16	62	122,5	124,8	129,1	82,1	35,3	119,4	100,3	117	96,7	120,2	
2017 ARALIK		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ALBATUR ENERJİ GES (kWh)		152,6	21	35	20,1	24,9	17,7	8,6	15,9	172,3	191,3	190,2	165,7	119	56,3	19,9	32,3
AYDIN DÜLGER GES (kWh)		108,6	22,5	23,3	30,4	15,3	10,6	4,7	29,7	114,7	125,5	124,3	111,5	86,5	34,6	20,7	36,3

Tablo 4 incelendiğinde, Haziran ayında Aydın Dülger tesislerinde üretilen enerjinin Albatur Enerji tesislerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

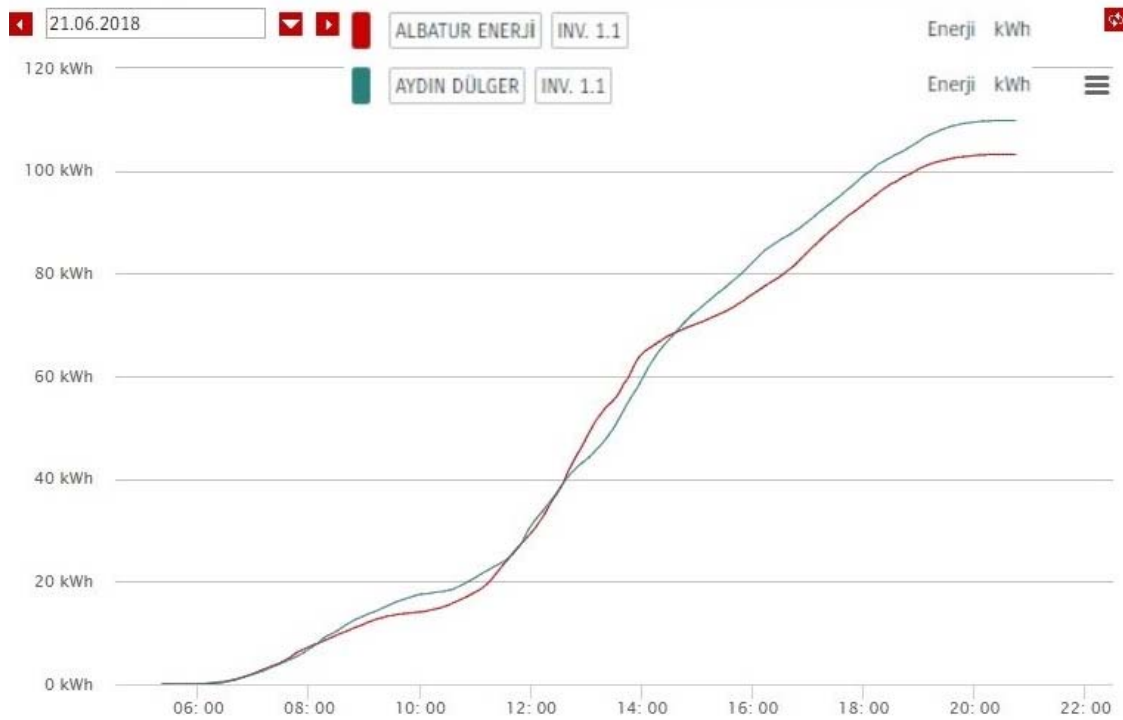
Tablo 4. 40 kW'lık evirici için her iki tesise ait haziran ayı üretim verileri.

2018 HAZİRAN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALBATUR ENERJİ GES (kWh)		278,4	267,1	296,6	268,5	208	262,8	255,6	255	266,8	269,7	282,1	297,9	287,2	272,2	234,1
AYDIN DÜLGER GES (kWh)		297,6	288,3	315,5	278,7	196,7	240,4	259	294,3	271,2	281,7	268,7	304,5	300,2	282,7	218,1
2018 HAZİRAN		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ALBATUR ENERJİ GES (kWh)		145	146,6	238,5	243,2	265,3	103,2	229,7	271,3	180,4	158,4	185,6	175	157,2	241	224
AYDIN DÜLGER GES (kWh)		197	138,9	254,2	277,3	266,8	109,8	223,1	270,2	220,4	241,3	177,3	183,9	168,2	226,3	215,4



Şekil 6. 40 kW'lık evirici için her iki tesise ait 21 Aralık günü üretim verileri.

Şekil 6'da görüldüğü gibi, 21 Aralık günü alınan veriler karşılaştırıldığında, Albatür Enerji tesisinin enerji üretimi Aydın Dölger tesisine göre daha yüksektir. Aydın Dölger tesisi panellerin eğim açısının 9 derece olmasından dolayı enerji üretimine sabah daha geç başladığı görülmektedir.



Şekil 7. 40 kW'lık evirici için her iki tesise ait 21 Haziran günü üretim verileri.

Şekil 7 incelendiğinde, yaz aylarında iki tesisinde sabah erken saatlerde üretime başladığı ve gün boyunca farklılıkların kış aylarına göre daha az olduğu, Albatır GES'in öğleden sonra ürettiği enerjinin biraz daha düşük olduğu görülmektedir.

## 5. GES verilerinin değerlendirilmesi

Önceki bölümdeki tablo ve grafikler incelendiğinde, her iki tesisinde yaz aylarındaki enerji üretiminin kış aylarındakine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. İki tesiste konum olarak birbirine çok yakın olduğu için hava şartlarının aynı olmasından dolayı Haziran ve Aralık aylarındaki grafiklerde iki tesisinde enerji üretiminin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Örneğin Albatır Enerji GES bir önceki gün ürettiği enerjiden daha yüksek enerji üretmiş, Aydın Dülger GES' te aynı şekilde bir önceki gününe göre daha fazla enerji üretmiştir. Haziran ve Aralık aylarının farklı günlerindeki enerji üretimlerinin farklılık göstermesi bulutlanma olarak açıklanabilir. Örneğin 11-16 Aralık arasındaki üretim, 17-23 Aralık arasındaki üretimden yüksek çıkmaktadır.

27 derece eğimle güneye bakacak şekilde tesis edilmiş olan Albatır Enerji GES'e ait 40 kW'lık eviricinin yıllık enerji üretiminin aylık ortalaması yaklaşık 5263,92 kWh'tır. Aynı şekilde 9 derece eğimle güneye bakacak şekilde tesis edilmiş olan Aydın Dülger GES'e ait 40 kW'lık eviricinin yıllık enerji üretiminin aylık ortalaması yaklaşık 4852,75 kWh'tır. Bu durumda Albatır Enerji GES'e ait evirici diğerine göre aylık bazda yaklaşık 411,17 kWh'lık daha fazla enerji üretmiştir. Bu durumda yıllık ortalama olarak, 27 derece eğim açısıyla tesis edilmiş panellerin 9 derece eğim açısına göre tesis edilmiş panellerden daha yüksek bir verimle çalıştığı görülmektedir.

Ülkemiz kuzey yarım kürede yer aldığından güneş ışınlarının geliş açısı kış aylarına göre yaz aylarında daha dik olarak gelir. En uzun gündüz süresi 21 Haziranda olduğundan hem bu ay hem de bir önceki ve bir sonraki aylar baz alındığında Aydın Dülger GES tesisinin üretiminin Albatır Enerji GES'ten yüksek olduğu görülmektedir. Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında (bu aylar ülkemize güneş ışınlarının diğer aylara göre en dik açıyla geldiği aylar) Albatır Enerji GES'e ait eviricinin üretimi 20491,3 kWh olup, Aydın Dülger GES'e ait eviricinin üretimi ise 21144,4 kWh' tır. Bu aylarda 9 derecelik panel eğimi olan Aydın Dülger GES'in, 27 derece eğime sahip olan Albatır Enerji GES' ten daha verimli olduğu görülmektedir. Aynı karşılaştırmayı Kasım, Aralık ve Ocak ayları için (bu aylar ülkemize güneş ışınlarının diğer aylara göre en eğik açıyla geldiği aylar) yaptığımızda Albatır Enerji GES'e ait eviricinin üretimi 9658,5 kWh olup, Aydın Dülger GES'in üretimi ise 7239,2 kWh'dır. Bu aylarda Albatır Enerji GES, Aydın Dülger GES'e göre daha verimlidir.

## 6. Benzetim çalışmaları

Benzetim Çalışmaları PVSYST 6.7.6 programında her iki firma içinde yapılmıştır. Programın işleyişini göstermek için ön panel görüntüsü Şekil 10'da gösterilmiştir. Panel üzerinden firma adı, tesisin konumu, panel ve inverter tipinin seçimi, yön, eğim açısı, DC giriş gücü ve bağlantı şekli gibi veriler girilerek tesise ait AC çıkış gücü günlük aylık ve yıllık raporlar halinde alınabilmektedir. Güç olarak Watt, kWatt yada MWatt olarak da güce bağlı raporlar alınabilmektedir. Rapor sonuçları, isteğe bağlı tablo yada grafik şeklide program çıktısı olarak alınabilmektedir. Albatır Enerji GES ve Aydın

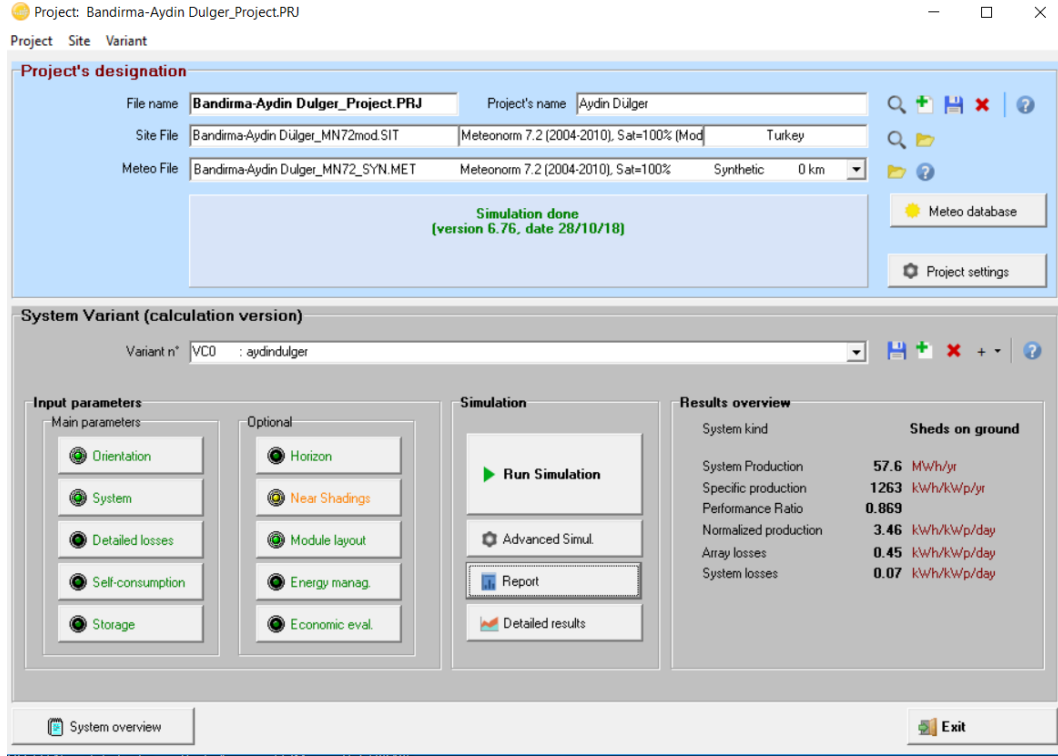
Dülger GES tesislerine ait eğim açıları ve güçleri Şekil 8 ve 9'da verilmiştir. Simülasyon programında Albatur enerji GES için eğim açısı 27° ve kurulu güç 44.52 kW (265 Wx168 panel), Aydın Dülger GES için ise eğim açısı 9° ve kurulu güç ise 45.60 kW (285 Wx160 panel) olarak girilmiştir.

<b>Simulation variant : ALBATUR ENERJİ GES-1</b>			
Simulation date		18/11/18 09h03	
<b>Simulation parameters</b>			
System type		Sheds on ground	
Collector Plane Orientation	Tilt	27°	Azimuth 0°
Models used	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteororm
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	Detailed electrical calculation (acc. to module layout)		
User's needs :	Unlimited load (grid)		
<b>PV Array Characteristics</b>			
<b>PV module</b>	Si-poly	Model	<b>AXIpower AC-265P/156-60S</b>
Original PVsyst database	Manufacturer	Axitec USA	
Number of PV modules	In series	21 modules	In parallel 8 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	168	Unit Nom. Power 265 Wp
Array global power	Nominal (STC)	<b>44.5 kWp</b>	At operating cond. 39.8 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	578 V	I mpp 69 A
Total area	Module area	<b>273 m²</b>	Cell area 245 m²
<b>Inverter</b>			
Original PVsyst database	Model	<b>RefuSol 40K (840P)</b>	
Characteristics	Manufacturer	REFU Elektronik GmbH	
Inverter pack	Operating Voltage	250-900 V	Unit Nom. Power 40.0 kWac
	Nb. of inverters	1 units	Total Power 40 kWac
			Pnom ratio 1.11

Şekil 8. Albatur Enerji GES tesislerine ait eğim açısı, güç ve panel özellikleri.

<b>Simulation variant : aydindulger</b>			
Simulation date		28/10/18 16h47	
<b>Simulation parameters</b>			
System type		Sheds on ground	
Collector Plane Orientation	Tilt	9°	Azimuth 16°
Models used	Transposition	Perez	Diffuse Perez, Meteororm
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	Detailed electrical calculation (acc. to module layout)		
User's needs :	Unlimited load (grid)		
<b>PV Array Characteristics</b>			
<b>PV module</b>	Si-mono	Model	<b>Sunmodule SW 285 mono</b>
Original PVsyst database	Manufacturer	SolarWorld	
Number of PV modules	In series	20 modules	In parallel 8 strings
Total number of PV modules	Nb. modules	160	Unit Nom. Power 285 Wp
Array global power	Nominal (STC)	<b>45.6 kWp</b>	At operating cond. 40.7 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	555 V	I mpp 73 A
Total area	Module area	<b>268 m²</b>	
<b>Inverter</b>			
Original PVsyst database	Model	<b>RefuSol 40K (840P)</b>	
Characteristics	Manufacturer	REFU Elektronik GmbH	
Inverter pack	Operating Voltage	250-900 V	Unit Nom. Power 40.0 kWac
	Nb. of inverters	1 units	Total Power 40 kWac
			Pnom ratio 1.14

Şekil 9. Aydın Dülger GES tesislerine ait eğim açısı, güç ve panel özellikleri.



Şekil 10. PVSYST 6.7.6 programının ön panel görüntüsü.

Aydın Dülger ve Albatır Enerji GES tesislerine ait veriler benzetim programına girilerek elde edilen sonuçlar Tablo 5 ve Tablo 6’da sunulmuştur. Veriler, benzetim sonuçlarının sahadan alınan gerçek sonuçlarla karşılaştırma yapılabilmesi için Ocak ve Aralık ayları arasındaki süreler için gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5. Aydın Dülger tesisine ait benzetim sonuçları.

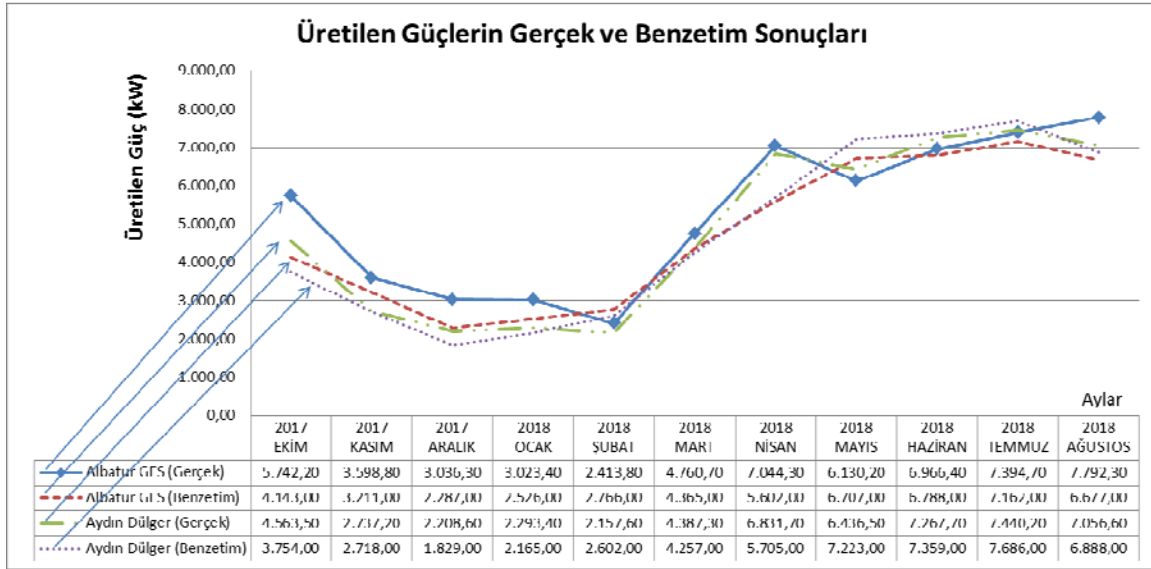
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	MWh	MWh	
January	43.9	27.04	5.01	50.5	47.8	2.213	2.165	0.940
February	55.1	35.28	5.71	60.8	58.1	2.657	2.602	0.938
March	95.3	52.35	8.79	102.6	98.5	4.346	4.257	0.910
April	135.5	57.94	11.74	141.7	136.8	5.827	5.705	0.883
May	181.1	83.33	16.93	183.4	177.1	7.375	7.223	0.864
June	191.0	87.00	21.58	191.4	184.7	7.513	7.359	0.843
July	201.2	86.70	24.87	203.4	196.8	7.849	7.686	0.829
August	174.1	80.50	24.91	180.7	174.4	7.032	6.888	0.836
September	128.3	62.02	20.08	137.2	132.0	5.511	5.399	0.863
October	83.4	39.14	16.14	93.3	89.4	3.833	3.754	0.882
November	55.6	26.91	10.31	65.3	62.1	2.776	2.718	0.913
December	38.1	28.20	6.99	42.8	40.5	1.869	1.829	0.937
Year	1382.8	666.42	14.48	1453.1	1398.2	58.803	57.585	0.869

Tablo 5 incelendiğinde, kış aylarında üretilen gücün az olduğu, yaz aylarında güneşlenme sürelerinin uzun olması nedeniyle giderek arttığı, kışa döndüğünde tekrar azaldığı görülmektedir. Benzetim çalışmalarında sıcaklık, gölgelenme gibi dış etkenler dikkate alınmamıştır.

Tablo 6. Albatur Enerji GES tesisine ait benzetim sonuçları.

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	44.6	28.77	4.95	61.5	59.4	2.581	2.526	0.922
February	53.9	33.37	5.71	68.0	65.7	2.825	2.766	0.914
March	93.6	52.79	8.79	109.8	106.3	4.458	4.365	0.893
April	133.3	59.93	11.84	144.5	139.9	5.721	5.602	0.871
May	179.2	73.81	17.04	177.8	172.3	6.851	6.707	0.847
June	191.3	81.79	21.67	183.6	177.8	6.932	6.788	0.830
July	201.2	86.65	24.87	196.5	190.1	7.313	7.162	0.819
August	173.9	68.49	24.92	183.7	178.2	6.820	6.677	0.816
September	127.9	56.95	20.07	147.7	143.2	5.644	5.528	0.841
October	84.0	47.44	16.13	106.7	103.2	4.228	4.143	0.872
November	56.1	29.20	10.20	80.4	77.9	3.278	3.211	0.897
December	39.5	25.44	6.88	56.1	54.2	2.336	2.287	0.915
Year	1378.5	644.63	14.48	1516.3	1468.3	58.986	57.761	0.856

Tablo 6'ya bakıldığında, kış aylarında üretilen gücün az olduğu, yaz aylarında ise güneşlenme sürelerinin uzun olması nedeniyle üretilen gücün arttığı görülmektedir. GES sistemleri için de yapılan benzetim çalışmalarında sıcaklık, gölgelenme gibi dış etkenler dikkate alınmamıştır. Her iki tesise ait benzetim ve gerçek sonuçlar grafik olarak Şekil 11'de gösterilmiştir. Benzetim sonuçları ve gerçek sonuçlar karşılaştırıldığında üretim açısından panel eğiminin doğrudan sistemin verimliliğine etki ettiği görülmektedir.



Şekil 11. GES tesislerine ait benzetim ve gerçek sonuçlar.

Şekilde 11'de görüldüğü gibi, benzetim çalışmaları ve gerçek uygulama sonuçları arasında çevresel etkilerden dolayı farklılıklar oluşmaktadır. Rüzgar, sıcaklık, gölgelenme gibi faktörler benzetim çalışmalarında dikkate alınmadığı için gerçek uygulama sonuçlarıyla tam olarak örtüşmemektedir. Genel olarak üretilen güçler değerlendirildiğinde, benzetim ve uygulama sonuçlarının aynı dönemlerde artış ve azalma gösterdiği söylenebilir. Tesisler yeni olduğu için bazı dönemlerde gerçek



sonuçlar benzetim sonuçlardan fazla çıkmaktadır. Panel verimleri polikristal panel katalog verilerine göre 25 yılda %15, monokristal için ise %7 olarak doğrusal bir şekilde azalmaktadır.

Albatur Enerji GES ve Aydın Dülger GES Tesisleri için pvsyst 6.7.6 programına göre optimum eğim açısının 29 derece olduğu belirlenmiştir. Benzetim sonucuna göre Albatur enerji GES tesisi 27 derece panel eğim açısında yıllık 57761 kWh enerji üretirken aynı tesis 29 derece eğim açısında yıllık 57797 kWh enerji üretecektir. Bu da tesisin yıllık 36 kWh daha az enerji üretmesi anlamına gelmektedir. Yine de bu rakam ciddi bir fark oluşturmadığından tesisin optimal bir şekilde kurulduğu söylenebilir.

Aydın Dülger GES tesisi için yapılan çalışmanın benzetim sonuçları değerlendirildiğinde, panel eğim açısının 29, azimut açısının 16 derece olması durumunda yıllık 59987 kWh enerji üretilirken, panel eğiminin açısının aynı kalıp azimut açısının 0 olması durumunda 60253 kWh enerji üretecektir. Aynı tesis, 9 derece panel eğim açısında ve 16 derece azimut açısında yıllık 57585 kWh enerji üretmektedir. Buna göre tesisin konumu değişmeden (azimut açısı 16 derece olduğu durumda) optimum açıda tesis edilmiş olsaydı yıllık 2402 kWh (%4.17) daha fazla enerji üretilmiş olacaktı. Bu tesis hem optimum açıda hem de güney yönlü (azimut 0 derece) tesis edilmiş olsaydı yıllık 2668 kWh (%4,63) daha fazla enerji üretilmiş olacaktı. Söz konusu tesis çatı zeri GES tesisi olduğundan hem panel eğim açısının optimum şekilde ayarlanamayacak oluşu hem de panel yönünün değiştirilemeyecek oluşundan dolayı optimal bir şekilde kurulduğundan bahsetmek mümkün olmayacaktır.

## 7. Sonuçlar ve tartişma

Fotovoltaik hücrelerin, farklı işınım Őiddetleri ve alışma Őartları altında ürettikleri güç değerleri sistem performansını belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Işınım miktarı, çalışma sıcaklığı, gölgelenme, eğim açısı, kirlilik ve iklimsel değişikliklere bağlı parametreler güneş panellerinin çıkış glerinin belirlenmesinde çok etkilidir. Bu alışmada Balıkesir'in Bandırma ilçesinde kurulu bulunan iki adet GES tesisinin panel eğimi bakımından karşılaştırılması yapılmıştır. Tesisin birinde monokristal, diğerinde ise polikristal yapıda paneller bulunmaktadır. GES'lerin karşılaştırılmasındaki amaç, panel eğim açısının sistemin verimini nasıl etkilediğini incelemektir. 27 derece eğime sahip olan tesisin 9 derecelik eğime sahip tesise nazaran yıllık verimin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kısacası Güneş işınları panel yüzeyine ne kadar dik bir açıyla gelirse PV modülün ürettiği g o derece fazla olur. Bu nedenle panellerin buldukları konuma göre optimum eğimleri ve yönleri belirlenmelidir. Belirlenen bu değerlere göre panellerin yerleştirilmesi durumunda GES tesislerinden maksimum değerde verim elde edilebilmektedir. Benzetim sonuçlarına göre, incelenen GES'lerden maksimum verim alınabilmesi için eğim açılarının 29 derece olması gereklidir. Bu şekilde kurulan tesislerin amortisman süresi kısaltılarak ekonomik getirisi artırılabilir. Balıkesir ilindeki güneş işınım miktarları dikkate alındığında, kullanılan panellerin güney yönünde 28 ile 30 derece arasında kurulmasının uygun olacağı söylenebilir.

## Teşekkür

Albatur Enerji GES, Aydın Dülger GES ve Sunvital Energy tesislerindeki yetkililere, sahadaki çalışmalarda elde edilen verilerin alınması ve değerlendirilmesinde, bu çalışmaya yaptıkları katkıdan dolayı teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- [1] Kabir E., Kumar P., Kumar S., Adedeji, A. A. ve Kim K.H., Solar energy: Potential and future prospects, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 82, 894-900, (2018).
- [2] Mirzaei M., Mohiabadi M. Z., A comparative analysis of long-term field test of monocrystalline and polycrystalline PV power generation in semi-arid climate conditions, **Energy for Sustainable Development**, 38, 93-101, (2017).
- [3] Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği, **Geomatik Dergisi**, 3(1);1-21, (2018).
- [4] Edalati S., Ameri M., Iranmanesh M., Comparative performance investigation of mono- and poly-crystalline silicon photovoltaic modules for use in grid-connected photovoltaic systems in dry climates, **Applied Energy**, 160, 255-265, (2015).
- [5] Anser Bashir M., Ali H. M., Khalil S., Ali M. ve Siddiqui A. M., Comparison of Performance Measurements of Photovoltaic Modules during Winter Months in Taxila, Pakistan, **International Journal of Photoenergy**, Article ID 898414, 8 pages, (2014).
- [6] Taşçıoğlu A., Taşkın O. ve Vardar A., A Power Case Study for Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels in Bursa City, Turkey, **International Journal of Photoenergy**, Article ID 7324138, 7 pages, (2016).
- [7] Mosalam H. A., Experimental Investigation of Temperature Effect on PV Monocrystalline Module, **International Journal of Renewable Energy Research**, 8 (1), (2018).
- [8] Şihab R. Özcan K., Görgülü S., Karakan A., The comparison of energy production of monocrystalline and polycrystalline solar panel by using the wirelessly and measurement of energy, **IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering**, 12 (6) ,76-82, (2017).
- [9] Arslan İ., Tekirdağ Koşullarında Polikristal ve Monokristal Tip PV Güneş Panellerinin Verimlilik Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2018)
- [10] Başoğlu M. E., Kazdaloğlu A., Bilgin M. Z., Erfidan T., Çakır B., Farklı Güneş Paneli Teknolojilerinin Kocaeli ili için Performans Değerlendirmesi, Eleco 2014, Bursa, 96-100, (2014).
- [11] Sefa İ., Demirtaş M., Bayındır R., Güneş Enerjisi Eğitim Seti Tasarım ve Uygulaması, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 13(3), 327-336, (2007).
- [12] Taze G., Düz Güneş Kollektörü Verimini Etkileyen Bazı Parametrelerin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2010).
- [13] Obukhov S. G., Plotnikov I. A., Masolov V. G., Mathematical model of solar radiation based on climatological data from NASA SSE, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 363, (2018).

- [14] Er Z., Utilization of the collector two colored rainbow system in Istanbul, **Acta Physica Polonica A**, 300-302, 128 (2015).
- [15] <https://globalsolaratlas.info/downloads/turkey>
- [16] Küpeli A.  ., Güneş Pilleri ve Verimleri, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, (2005).
- [17] Turhan, S. ve  etiner,  ., Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirmesi, 6. Ulusal  atı & Cephe Sempozyumu, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, (2012).
- [18]  ataklı, M., Fotovoltaik Sistemler, German:  ataklı Enerji, 2.12-2.13, (2012).
- [19] Abdelkader M. R., Al-Salaymeh A., Al-Hamamre Z., Sharaf F., A comparative analysis of the performance of monocrystalline and multiycrystalline PV cells in semi arid climate conditions: the case of Jordan, **Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering**, 4(5), 543- 552, (2010).
- [20] Rustemli S., Dincadam F., Demirtas M., Performance Comparison of the Sun Tracking System and Fixed System in the Application of Heating and Lighting, **Arabian Journal for Science and Engineering**, 35(2), 171-183, (2010).