

Dicle Üniversitesi güneş enerjisi santralının PVsyst ile simülasyonu ve performans parametrelerinin değerlendirilmesi

Cem HAYDAROĞLU*¹, Bilal GÜMÜŞ²

¹ Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

² Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

Makale Gönderme Tarihi: 01.06.2016

Makale Kabul Tarihi: 01.09.2016

Öz

Fosil yakıtların çevresel zararlı etkileri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, özellikle elektrik üretiminde hızla artmaktadır. 2015 yılının Aralık ayında Paris'te yapılan Birleşmiş Milletler İklim Zirvesinde küresel ısınmanın 2°C'nin altında tutulması için eylem planının uygulanması kabul edilmiştir. Bu eylem planı içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Lisansız elektrik üretim yönetmeliğinin yürürlüğe girmesinden sonra Türkiye'de de özellikle güneş enerjisinden fotovoltaik yolla elektrik üreten sistemlerin kurulumu hızla artmaktadır. Bu çerçevede tanıtım, eğitim, üretim ve analiz yapabilmek amacıyla Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bünyesinde de bir güneş enerjisi santrali kurulmuştur. Fotovoltaik güneş enerji santrallerinin tasarımında ve analizinde simülasyon programlarının kullanımı oldukça önemlidir. PVsyst simülasyon programı, fotovoltaik sistem simülasyonu için sunduğu araçlar ile detaylı analiz yapabilme olanağıyla bu programlar içerisinde öne çıkmaktadır. Bu çalışmada Dicle Üniversitesi bünyesinde kurulmuş olan 250 kWp'lik güneş enerji santralinin simülasyonu PVsyst V6.39 simülasyon programı ile yapılmış ve IEC 61724 standardında belirtilen performans kriterlerine uygun olarak performansı analiz edilmiştir. Aynı zamanda santralin Aralık 2015 ile Nisan 2016 dönemi arasındaki üretim değerleri simülasyon sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları, Simülasyon, IEC 61724, Fotovoltaik

Giriş

Tarım, sanayi, binalar, ulaştırma sektörlerinde ve yapılarda geniş uygulama yelpazesi için enerji esastır. Dünya genelinde enerji talebinin %79'u fosil yakıtlar yardımıyla yapılmaktadır. Ancak fosil yakıtların çevreye verdikleri zararlar ve yakın bir zamanda tükeneceği görülmüş ve yavaş yavaş bu enerji kaynaklarının yerini temiz enerji kaynakları almaya başlamıştır. Bunun yanında Aralık 2015'de Paris'te toplanan iklim zirvesi sonunda dünya genelinde küresel ısınmanın 2 °C 'nin altında tutulması için ülkelerin politika geliştirmesi geniş ölçüde kabul edilmiştir (UNFCCC. Conference of the Parties (COP) 2015). Bu kapsamda yapılması planlanan en önemli eylemlerden birisi de yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin sağlanmasıdır. EPDK'nın 2016 Ocak ayı elektrik piyasa raporuna göre Türkiye'nin 2016 yılı Ocak ayı sonu itibarıyla elektrik üretiminde kullanılan kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu tablo incelendiğinde ülkemizde elektrik üretiminin büyük kısmında enerji kaynağı olarak fosil yakıtların kullanıldığı görülmektedir.

Tablo 1. Türkiye'de 2016 Yılı Ocak Ayı Sonu İtibarıyla Lisanslı Kurulu Gücün Kaynak Bazında Dağılımı

Kaynak Türü	Kurulu Güç (MW)	Oran (%)
AKARSU	6.730	9,19
ASFALTİT KÖMÜR	405	0,55
BARAJLI	19.199	26,22
BİYOKÜTLE	344	0,47
DOĞAL GAZ	24.826	33,90
FUEL OİL	833	1,14
İTHAL KÖMÜR	6.064	8,28
JEOTERMAL	635	0,87
LİNYİT	8.978	12,26
LNG	12	0,02
MOTORİN	1	0,001
NAFTA	17	0,02
RÜZGAR	4.543	6,20
TAŞ KÖMÜR	639	0,87
Genel Toplam	73.227	100,00

Türkiye'de birincil enerji tüketimi 2015 yılı verilerine göre 114 mtep (milyon ton petrol eşdeğeri) iken artan nüfus ve teknoloji gelişimine bağlı olarak bu miktarın artacağı

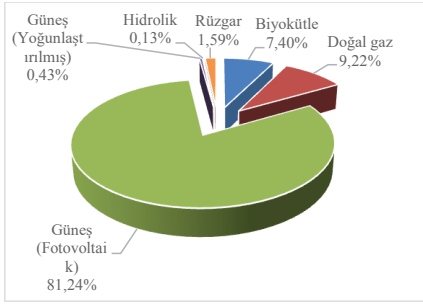
öngörülmektedir. EPDK'nın 2016 Ocak ayı elektrik piyasa raporuna göre Tablo 2'de görüldüğü gibi tüketici türlerine bakıldığında ilk sırada sanayi, ikinci sırada ise sanayiye oldukça yakın tüketim oranıyla meskenler yer almaktadır. İkincil enerji kaynağı olan ve yıllar itibarıyla düzenli olarak artış gösteren elektrik enerjisi tüketimi de 2016 yılında 17.933.430,06 MWh'e ulaşmıştır. TMMOB Makine Mühendisleri Odası'nın hazırladığı 2015 Enerji Raporu'nda son yıllarda enerji sektöründe sera gazı emisyonlarından en fazla sorumlu olarak elektrik enerjisi sektörü açıklanmıştır (Türkyılmaz 2015). Bu durum elektrik enerjisi üretiminde tüm dünyada gittikçe artan oranda kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının ülkemizde de hızla yaygınlaşması ve enerji politikası haline getirilmesi gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

Tablo 2. 2015 yılı Elektrik Tüketiminin Tüketici Türü Bazında Dağılımı

Tüketici Türü	Tüketim Miktarı (MWh)	Oran (%)
Aydınlatma	457.141,72	2,55
Mesken	5.324.982,80	29,69
Sanayi	6.717.607,62	37,46
Tarımsal Sulama	150.366,52	0,84
Ticarethane	5.283.331,39	29,46
Genel Toplam	17.933.430,06	100

Türkiye ciddi oranda yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Bu kaynaklar arasında özellikle güneş ve rüzgar enerjisi öne çıkmaktadır. Güneş enerjisi; potansiyeli kullanım kolaylığı, temizliği, yenilenebilirliği ve çevre dostu olması gibi nedenlerden ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre bir adım öne çıkmaktadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan güneş haritalama çalışmalarında, Türkiye ve özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin önemli oranda değerlendirilebilir güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu görülebilir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü verilerine göre, Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1460 kWh/m²-yıl güneş radyasyonu ve ortalama 2993 saat/yıl güneşlenme süresi ile Türkiye'de toplam güneş

radyasyonu açısından zengin bir bölgedir (Varınca & Gönüllü 2006). Bundan dolayı güneş enerjisinden etkin bir şekilde yararlanmak ve fotovoltaik sistemlerin kullanımı yaygınlaştırmak amacıyla 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu” 29.12.2010 yılında revize edilmiş ve 2013’ te mevzuat çalışmaları tamamlanmıştır. Bu yasal düzenlemelerden biri olan “Elektrik Piyasasında Lisansız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin” yürürlüğe girmesinden sonra kurulan üretim tesisleri içerisinde güneş enerji santralleri büyük bir orana sahiptir (Şekil 1).



Şekil 1. 2016 yılı Ocak ayı itibariyle lisansız elektrik üretim tesislerinin kurulu güçlerinin kaynaklara göre dağılımı

Özellikle lisansız elektrik üretim yönetmeliği çerçevesinde güneş enerjisinden elektrik üreten santrallerin sayısının hızla arttığı görülmektedir. Güneş enerjisine gösterilen yoğun ilgi bu alanda yapılacak yatırımların dikkatli bir şekilde planlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üreten sistemler ülkemizde genellikle fotovoltaik sistemlerden oluşmaktadır. Tasarlanacak güneş enerjisi santralının yer ve ekipman seçiminde simülasyonların yapılması son derece önemlidir. Böylelikle üretim öngörülerini yapılabilmekte ve yatırım kararları alınmaktadır. Doğru karara varılabilmesi açısından da kullanılacak simülasyon programının doğruluğu ve analiz olanakları son derece önemlidir. PVsyst bu simülasyon programlarından birisidir (Kandasamy et al. 2013).

Güneş enerjisinden elektrik üretimine dikkat çekebilmek, bu alanda tasarım, kurulum, işletme, bakım onarım faaliyetlerinde görev alacak teknik elemanlara eğitimleri sırasında gerçek bir santral üzerinde eğitim verebilmek ve aynı zamanda elektrik enerjisi üretmek amacıyla Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bünyesinde 250 kWp’lik bir güneş enerjisi santrali kurulmuştur. Kurulan bu santral aynı zamanda gerçek çalışma koşulları altında santralın performansının analizi de hedeflenmiştir.

Bu çalışmada Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi santral PV sistemlerinin, simülasyon ve veri analizi, PVsyst V6.39 simülasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Simülasyon sonuçları ile Dicle Üniversitesi güneş enerjisi santralının Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarına ait üretim verileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca IEC 61724 standardında tanımlanmış olan performans parametreleri hesaplanmış, simülasyondan elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Tüm bu veriler ışığında Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santralinin performansı değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santrali

Dicle Üniversitesi Güneş Santrali 40016'E boylam, 37054'N enlem koordinatlarına kurulmuştur. Santral gücü 250 kWp'dir. Güneş enerji santralının ortam hava sıcaklığı ortalaması bir yıl boyunca 31.1 °C - 1,7 °C arasında değişmektedir.

Santralde Viessmann Vitovolt 300 P250 polikristal modüller kullanılmıştır. Bu sistemde 250 Wp gücünde 1000 panel 30 derecelik bir eğim açısı ve 0° lik azimut açısı ile güneye bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Ayrıca her modülde 60 güneş hücresi vardır. Tablo 3'de kullanılan panelin özellikleri verilmiştir.

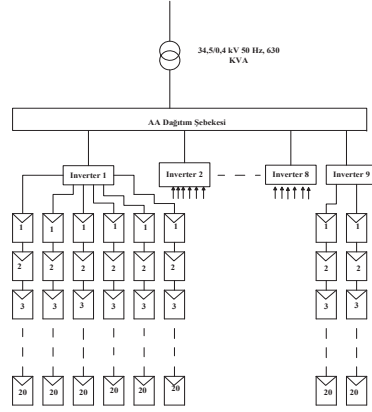
Tablo 3. Viessmann Vitovolt 300 Panel Etiket Değerleri

	Ölçülen Değerler	Oran Değerler
Nominal Güç	253,1438 W	250 W
Maksimum güçte gerilim	30,3639 V	30,38 V
Maksimum akım	8,337 A	8,29 A
Açık devre gerilimi	37,1664 V	37,12 V
Kısa devre akımı	8,796 A	8,76 A
Maksimum sistem gerilimi		1000 V

Santral 8 tane 30 kW ve bir tane 10 kW'lık dokuz diziden (string) oluşmaktadır. Santralde diziler için bir tane 10 kW ABB PVI-10-TL-OUTD, 8 tane de 30 kW ABB TRIO-27.6 TL-OUTD harici tip inverter kullanılmıştır. İnverterlerin iki adet MPPT girişi mevcuttur. 30 kW gücündeki dizilerde 6 adet dize (array) bulunmaktadır. Her üç dize 30 kW'lık inverterlerin bir MPPT girişine bağlanmaktadır. 10 kW'lık dizi de ise 2 adet dize bulunur. Bu dizelerin her biri 10 kW'lık inverterlerin ayrı MPPT girişlerine bağlıdır. Her dizede 20 tane fotovoltaik modül seri bağlanmıştır. Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santrali 34.5 kV bir hat üzerinden şebekeye bağlanmaktadır. İnverter çıkışlarındaki alçak gerilim, üç fazlı 0,4/34,5 kV 50 Hz, 630 KVA'lık bir kuru tip trafo yardımıyla yüksek gerilime dönüştürülmesiyle şebeke irtibatı sağlanmaktadır. Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralinin genel bağlantı konfigürasyonu Şekil 2'de gösterilmiştir.

Fotovoltaik Santrallerin Performans Kriterleri

IEC 61724 standardı güneş enerji santrallerinin performansını incelemek için kullanılan bir standarttır. Dicle Üniversitesi güneş enerjisi santralinin performans analizi IEC 61724 standart parametrelerine göre yapılmıştır (Padmavathi & Daniel 2013; Kisan et al. 1998). Bu standarda göre sistemin enerji ve performans değerleri belli bir periyod (τ) çerçevesinde izlenmektedir. Alınan verilerin analizi aşağıdaki tanımlar ve formüller yardımıyla gün, ay ve yıl olarak değerlendirilebilir (Padmavathi & Daniel 2013; Sharma & Chandel 2013).



Şekil 2. Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralinin Sistemin Genel Bağlantı Konfigürasyonu

Performans parametrelerinden ilki olan referans verim (Y_R) belli bir düzleme gelen toplam güneş ışınımının (H_t) referans ışınımına G ($1kW/m^2$) oranıdır ve aşağıdaki eşitlikle tanımlanır:

$$Y_R = \frac{H_t (kWh/m^2)}{G (kW/m^2)} \quad (1)$$

Diğer bir performans parametresi dize verimidir. (Y_A) Dize verimi, belli bir periyotta (gün/ay/yıl) sistemdeki PV dizelerden üretilen enerjinin kurulu güce oranıdır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$Y_A = \frac{E_{A,d} (kWh)}{P_0 (kW)} \quad (2)$$

Bu eşitlikte $E_{A,d}$ sistemin ürettiği enerji ve P_0 ise kurulu güçtür.

Kullanılan performans parametrelerinden bir diğeri de nihai verimdir. (Y_F) Nihai verim, belli bir periyotta (gün/ay/yıl) sisteme verilen enerjinin kurulu güce oranıdır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$Y_F = \frac{E_{Use,PV}}{P_0} \quad (3)$$

Bu eşitlikte $E_{Use,PV}$ sisteme verilen enerji, P_0 ise kurulu güçtür. IEC 61724 standardında tanımlanan performans kriterlerinden biri olan

performans oranı (PR), nihai verimin referans verime oranı olarak tanımlanır (Aste et al. 2013).

$$PR = \frac{Y_F}{Y_R} \quad (4)$$

Bu parametre, performansı ve uzun vadeli değişiklikleri değerlendirmek için kullanılır. Kapasite faktörü (CF), bir yıl boyunca üretilen toplam enerjinin, yıllık PV panel potansiyel enerjisine oranına denir (Milosavljević et al. 2015).

$$CF = \frac{E_{AC,a}}{8760 \times P_{PV, \text{rated}}} \quad (5)$$

Bu eşitlikte $E_{AC,a}$ bir yıl boyunca üretilen toplam enerjinin kWh cinsinden değeri, $P_{PV, \text{rated}}$ kurulu PV gücünü, 8760 ise bir yıldaki saat sayısını ifade eder. İncelenen sistemin verimi aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$\eta_{\text{sys},m} = \frac{E_{AC}}{H_t \times A_a} \quad (6)$$

Burada E_{AC} sistemin ürettiği AC gücü, H_t sisteme gelen ışınımı, A_a sistem yüzey alanını ifade eder. Ayrıca sistemde gerçekleşen enerji kayıpları da hesaplanabilir. Sistemin gerçek şartlar altında işletilmesinde santral yapısında bulunan çeşitli bileşenlerden dolayı kayıplar meydana gelir (Sharma & Chandel 2013). Bu kayıplar aşağıdaki gibi ifade edilir.

Dize kaybı (L_C): sistemin üretilen referans verim ile dize verim arasındaki farktır (Anto et al. 2014).

$$L_C = Y_R - Y_A \quad (7)$$

Sistem kaybı (L_S): Dize verim ile nihai verim arasındaki farktır.

$$L_S = Y_A - Y_F \quad (8)$$

PVsyst Güneş Enerjisi Simülasyon Programı

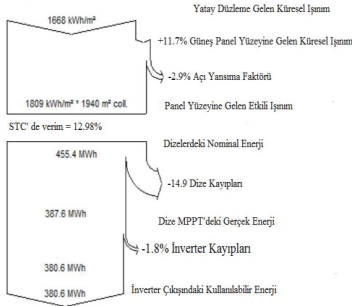
PVsyst programı ile fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerin tasarımı ve analizi yapılabilmektedir. Bu program ile farklı türlerdeki güneş enerjisi sistemi tasarlanabilmektedir (Sun 2011). Bu program ile ongrid (şebeke bağlantılı), offgrid (şebekeden bağımsız) güneş enerjisi sistemleri ve güneş enerjili sulama sistemleri

tasarımı yapılabilir (Yadav 2015). PVsyst güneş enerjisi simülasyon programı ile aynı zaman da 3 boyutlu modeller hazırlayarak gölgelenme durumları analiz edilebilmektedir. Tasarlanan güneş enerji sisteminde, güneşin doğuşu ve batışında güneş panellerine düşen gölgeleri gerçek zamanlı görülebilir. Ayrıca çeşitli güçte, gerilimde ve markada inverter, panel bilgilerinin tümünü ara yüzünde barındırarak kurulacak sistemin bir yıllık ortalama sonuçlarını vermektedir (Bouzguenda et al. 2014; Freeman et al. 2014; Fisher et al. 2014). Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santraline ait elektriksel ve teknik bilgiler PVsyst simülasyon programına girilerek santralin simülasyonu yüksek doğrulukla yapılmaya çalışılmıştır. Bu simülasyon programı, bu çalışmada santral performansının analizi için kullanılmıştır.

Bulgular

Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santrali yapımında kullanılan tüm öğelere bağlı kalınarak PVsyst programında modellenmiş ve simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon sonucunda sistemin enerji üretim değerleri, enerji kayıp değerleri ve performans parametreleri elde edilmiştir.

Simülasyon sonucu elde edilen enerji akış diyagramı Şekil 3'de gösterilmiştir. Elde edilen diyagramda Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santralinin kurulduğu alanda yatay düzleme gelen küresel ışınım miktarının 1668 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Fotovoltaik paneller 30°'lik açıyla yerleştirildiklerinden panel yüzeyine gelen ışınım miktarı %11.7 artmaktadır. Dize kayıpları %14.9 inverter kayıpları ise %1.8 olarak hesaplanmıştır. Tüm kayıplardan sonra santralden yılda 380,6 MWh enerjinin şebekeye verilebileceği öngörülmektedir.



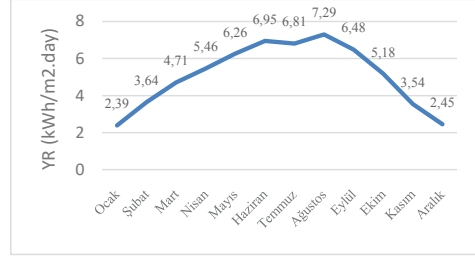
Şekil 3 PVsyst'den elde edilmiş sisteme ait kayıp diyagramı

PVsyst simülasyon programıyla bir yıl boyunca aylık bazda üretilen enerji, panel yüzeyine gelen, ışınım, ortalama sıcaklık değerleri ve IEC standardına göre referans verim, dize verim, nihai verim ve performans oranının aylık bazda değişimlerini elde edilmiştir. Tablo 4' te aylara göre, toplam ve etkin global ışınma dizelerden elde edilen enerji ile şebekeye verilen enerji miktarı ve ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir. Tablodaki verilerin incelenmesinden en yüksek global ışınma ve üretilen enerji değeri Ağustos ayında görülürken, en yüksek ortalama sıcaklık Temmuz ayında görülmektedir.

Tablo 4 Simülasyondan elde edilen aylara göre ışınma, enerji ve ortalama sıcaklık değerleri

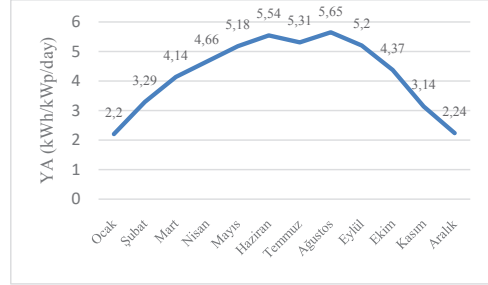
	Global Işınma (total) (kWh/m2)	Global Işınma (eff) (kWh/m2)	EArray (kWh)	E-Grid (kWh)	Temp. (average) °C
Ocak	74,2	71,9	17085	16739	1,3
Şubat	102	99,3	23020	22586	3,8
Mart	146,1	141,8	32081	31506	9,2
Nisan	163,8	158,9	34980	34352	13,4
Mayıs	194,1	188,1	40131	39418	19
Haziran	208,6	201,9	41559	40824	26,2
Temmuz	211,3	204,5	41170	40446	31,2
Ağustos	226	219,7	43801	43017	30,5
Eylül	194,4	189,4	38984	38291	24,3
Ekim	160,5	156,3	33894	33311	18
Kasım	106,3	103,4	23517	23092	8,9
Aralık	76	73,7	17346	17009	3,7
YIL	1863	1808	387569	380591	15,86

Simülasyondan elde edilen günlük referans verimin ortalama değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekil 4' e göre en yüksek referans verime Ağustos ayında ulaşılmıştır ve en düşük değeri ise Ocak ayındadır.



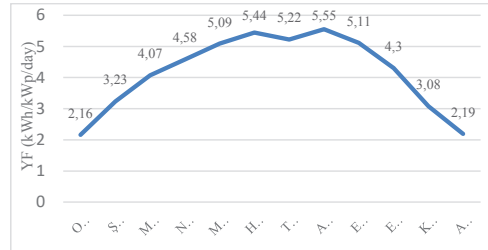
Şekil 4 Referans Verimin Aylara Göre Değişimi

Günlük ortalama dize verimin aylara göre değişimi, Şekil 5'te görülmektedir. Dize verimi de referans verim gibi en yüksek değerine Ağustos ayında en düşük değerine ise Ocak ayında ulaşılmıştır.

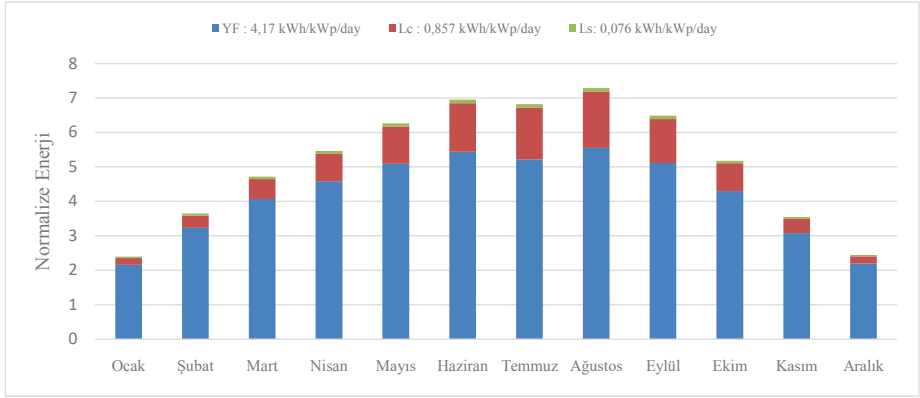


Şekil 5 Dize Verimin Aylara Göre Değişimi

Şekil 6' da ortalama günlük nihai verimin aylara göre değişimi sunulmuştur. En yüksek günlük nihai verim değerine Ağustos ayında en düşük değere Ocak ayında ulaşılmıştır.



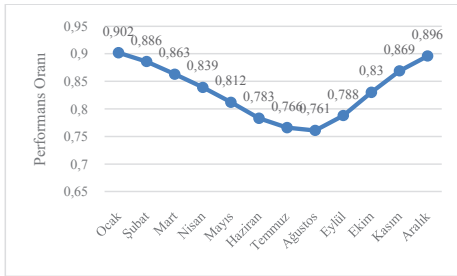
Şekil 6 Nihai Verimin Aylara Göre Değişimi



Şekil 7 Günlük Nihai Verim, Dize ve Sistem Kayıplarının Aylara Göre Değişimi

Simülasyon programından elde edilen günlük bazda nihai verim ve kayıpların aylara göre değişimi Şekil 7’de gösterilmiştir.

PVsyst simülasyon programından elde edilen performans oranları Şekil 8’de gösterilmiştir. Santralin en büyük performans oranına 0.902 değeri ile Ocak ayında ulaştığı, en düşük performans değerine ise 0.761 ile Ağustos ayında sahip olduğu tespit edilmiştir.

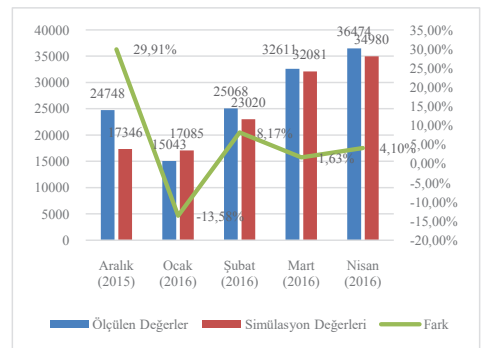


Şekil 8 Performans Oranı Aylara Göre Değişimi

Dicle üniversitesi Güneş Enerji Santralinden elde edilen enerjinin ilk beş aylık gerçek üretim değerleri ile simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 9’da sunulmuştur.

Sonuçların analizinden gerçek üretim değerleri ile simülasyon sonuçlarının karşılaştırılmasından en büyük farkın %29,91 ile Aralık ayında olduğu görülmektedir. Bu ay için gerçek üretim değerleri simülasyondan büyük çıkmıştır.

Ocak ayında ise gerçek üretim değerleri simülasyonda öngörülenden %13,58 az olmuştur. Diğer aylarda gerçek üretim değerlerinin simülasyon sonuçlarından fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 9 Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santrali Üretim Değerleri ile Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde kurulmuş ve 2015 Aralık ayından beri üretim verileri kaydedilmekte olan güneş enerjisi santralının gerçek değerlerine uygun olarak simülasyonu PVSyst simülasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Simülasyon ile fotovoltaik güneş santralının performans değerlendirilmesinde kullanılan IEC 61724 standardına göre tanımlanmış performans kriterleri ve enerji üretim değerleri elde edilmiştir.

Sonuçların analizinden referans verim, dize verim ve nihai verimin en büyük değerine Ağustos ayında ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durum en büyük ışımanın Ağustos ayında gerçekleşmesi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Performans oranının en düşük değerinin Ağustos ayında meydana geldiği belirlenmiştir. En yüksek ışıma değerinin Ağustos ayında olmasına rağmen en düşük performans oranının yine aynı ayda gerçekleşmesi sıcaklık nedeniyle panel veriminin düşmesinden kaynaklanmaktadır.

Simülasyon sonuçlarına göre santralin yılda ortalama 380.6 MWh enerji üreteceği öngörülmektedir. Santralin gerçek üretim değerlerinin simülasyon sonuçları ile karşılaştırılmasında Aralık ve Ocak aylarında sonuçların birbirinden daha çok uzaklaştığı görülmüştür. Şubat, Mart ve Nisan aylarında ise sonuçların %10'unun altında fark ile yakınsadığı belirlenmiştir. Ocak ayı dışında gerçek üretim değerlerinin simülasyon değerlerinden daha büyük olduğu gözlenmiştir. Bu durum santralin kurulumunu ilk yılında olması nedeniyle maksimum panel verimine sahip olması, simülasyonun ise ortalama panel verimini kullanması ile açıklanabilir. Bunun yanında yaşanan meteorolojik olayların uzun dönem meteorolojik tahminlerden farklı olma olasılığının mevcut olması da sonuçları farklılaştırabilmektedir. Santralin üretim verilerinin bir yılı tamamlaması ile yıllık bazda karşılaştırma yapabilmek mümkün olacaktır. En doğru karşılaştırma ise birkaç yıllık üretim verisinin ortalamasının simülasyon verisi ile karşılaştırılması ile elde edilebilir.

Simülasyon programları ile güneş enerji santralının simülasyonun yapılarak performans parametrelerinin elde edilmesi, santralin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Böylelikle performansı artırma yönünde çalışmalara ışık tutacak veriler elde edilmektedir.

Kaynaklar

- Anto, R., Jose, J. & Scholar, P.G., (2014). Performance Analysis Of A 100kW Solar Photovoltaic Power Plant.
- Aste, N., Del Pero, C. & Leonforte, F., (2013). The first installation under the Italian PV Rooftop Programme: A performance analysis referred to 11 years of operation. 4th International Conference on Clean Electrical Power: Renewable Energy Resources Impact, ICCEP 2013, pp.628–633.
- Bouzuenda, M., Al Omair, A., Al Naeem, A., Al Muthaffar, M. and Ba Wazir, O., (2014). Design of an off-grid 2 kW solar PV system. 2014 9th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2014, pp.1–6.
- Fisher, B., Ghosal, K., Riley, D., Hansen, C., King, B. and Burroughs, S., (2014.) Field performance modeling of Semprius CPV systems. 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conf., PVSC 2014, pp.759–765.
- Freeman, J., Whitmore, J., Blair, N. and Dobos, A. P., (2014). Validation of multiple tools for flat plate photovoltaic modeling against measured data. 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference, PVSC 2014, pp.1932–1937.
- Kandasamy, C.P., Prabu, P. & Niruba, K., (2013). Solar potential assessment using PVSYSY software. Proceedings of the 2013 Int. Conf. on Green Computing, Communication and Conservation of Energy, ICGCE 2013, pp.667–672.
- Kisan, M., Sangathan, S. & Nehru, J., (1998). Photovoltaic System Performance Monitoring-Guidelines for Measurement, Data Exchange and Analysis, *Indian Standard, India*
- Milosavljević, D.D., Pavlović, T.M. & Piršl, D.S., (2015). Performance analysis of A grid-connected solar PV plant in Niš, republic of Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, pp.423–435.
- Padmavathi, K. & Daniel, S.A., (2013). Performance

- analysis of a 3MWp grid connected solar photovoltaic power plant in India. *Energy for Sustainable Development*, 17(6), pp.615–625. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.esd.2013.09.002>.
- Sharma, V. & Chandel, S.S., (2013). Performance analysis of a 190kWp grid interactive solar photovoltaic power plant in India. *Energy*, 55, pp.476–485. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.075>.
- Sun, J., (2011). An optimum layout scheme for photovoltaic cell arrays using PVSYST. Proceedings 2011 International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer, MEC 2011, pp.243–245.
- Türkyılmaz, O., (2015). Ocak 2015 İtibarıyla Türkiye'nin Enerji Görünümü Raporu. *Makina Mühendisleri Odası Bülten Eki*, 200.
- UNFCCC. Conference of the Parties (COP), (2015). Adoption of the Paris Agreement. Proposal by the President. Paris Climate Change Conf. November 2015, COP 21, 21932 (December), p.32. Available at: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>.
- Varınca, K.B. & Gönüllü, M.T., (2006). Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, pp.270–275.
- Yadav, P., (2015). Simulation and Performance Analysis of a 1kWp Photovoltaic System Using PVsyst., pp.358–363.

Simulation of Dicle University Solar Power Plant and Evaluation of Performance Parameters

Extended abstract

The world primary energy demand is increasing day by day. Energy supply safety issue is an important agenda in the world as our country. 79% of energy demand in the world is gained from fossil fuels. On the other hand fossil fuels damage environment and results of this damage will be seen only in the future. So clean energy began take place of this energy resources slowly. At the Paris Climate Conference in December 2015, 195 countries adopted first ever universal legally binding global climate deal. The agreement sets out a global action plan to put the world on track to avoid dangerous climate change by limiting global warming to well below 2°C. In order to use achieve this goal use of renewable energy have to be increased because renewable energy resources are crucial key to achieve the goal of meeting energy demand that is growing with advancement in technology. The sun is probably the most important source of renewable energy available today. Solar electricity generation represents a clean alternative to electricity from fossil fuels with no air and water pollution no global warming pollution and no threats public health.

After amendments in regulation of unlicensed electricity production in Turkey installation of photovoltaic systems and solar power plants increased rapidly. One of these solar power plants was established in Dicle University Engineering Faculty at November 2015. This solar power plant has 250 kWp installed capacity and its production data has been recorded since December 2015.

Simulation programs are significant tools for design and analysis of photovoltaic systems. PVsyst simulation software is a widely used program for PV systems. PVsyst simulation program has some advanced tools for analysis and design. In this study, Dicle University Solar Power Plant is simulated by PVsyst program.

Simulation results were analysed according to IEC 61724 standards which defines the photovoltaic solar power plant performance evaluations.

From the analysis of simulation results it was seen that, reference yield, and final yield reached its maximum value in August. This situation arises due to highest radiation ratio in August. Although maximum radiation values have been seen in August minimum performance was gained at the same time. This was resulted from the decrease of the panel efficiency due to high temperature.

The PVsyst simulated annual energy production of Dicle University Solar Power Plant is 380.6 MWh per year. The comparison of the simulation results with the measured production value of the plant has showed that, there was a diversion between results of the simulation and measured data in December and January. In February, March and April there was a maximum 10% between simulation and measured values divergence. In all periods, measured values were higher than simulation values except January. This may occur because of the fact that, efficiency of the PV panels is maximum in first year of installation.

Developers and designers require the tools for evaluating solar power plant's performance. The annual performance calculated by the PVsyst has been validated against actual operating data from Dicle University Solar Power Plant. These results will be important for design criteria in South-eastern Anatolia Region of Turkey.

Keywords: Solar energy, renewable energy sources, PVsyst simulation