

Çatı Üstü Güneş Enerji Santrallerinde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi

Himmet Onur TUNÇEZ^{1*}, Levent SEYFİ¹

¹ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya Teknik Üniversitesi, Türkiye

*(onurtuncez@gmail.com)

Özet – Tüm dünyada teknolojik gelişmeler neticesinde enerji tüketiminde büyük artışlar meydana gelmiştir. Bu nedenle temiz ve yenilenebilir enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Hali hazırda enerji ihtiyacının karşılanması için fosil yakıtlar ve doğalgazın kullanımı fazladır. Bu kaynakların kullanımının azaltılması için dünyada ve ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelim artmıştır. Bundan dolayı güneş enerjisi uygulamaları ülkemiz ve dünya da bu tür yenilenebilir enerji kaynaklarının arasında önemli uygulamalardan biri haline gelmiştir. Ülkemizde güneş enerjisinden elektrik üretimi için uygun coğrafi konumda bulunması güneş enerjisinin kullanımı önem arz etmektedir. Ülkemizde güneşlenme süresi bakımından en ideal bölge Güneydoğu Anadolu bölgesidir. En verimsiz bölge ise Karadeniz bölgesidir. Ülkemizde Güneş enerji sistemlerinin ilk uygulamaları olan arazi tipi güneş enerji santrallerinin yapımları yakın zamanda hızla başlamış olup aynı hızla santrallerin yapımları tamamlanmıştır. Arazi tipi santrallerinin sayılarının artması ile trafo kapasitelerinde yer azalmaya başlamıştır. Bu durumdan dolayı arazi tipi santrallerin yapımlarından tüketimin ve üretimin aynı yerde yapılacağı çatı tipi güneş enerji santrallerinin yapımına rağbet artmıştır. Bu çalışmada çatı üstü güneş enerji santrallerinin kurulum ve projelendirme aşamalarında yapılan veya sonradan ortaya çıkan yanlışlıkların performans ve verimlilik üzerine etkileri PV SOL yazılımı ve SCADA sisteminden çekilecek olan veriler üzerinden belirtilecek olup yapılacak olan çalışma ile santrallerin daha verimli bir şekilde üretim yapmasının yöntemleri ortaya çıkarılacaktır.

Anahtar Kelimeler – Güneş Enerjisi, Performans Analizi, Verimlilik, Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerji Santrali, PVSOL

I. GİRİŞ

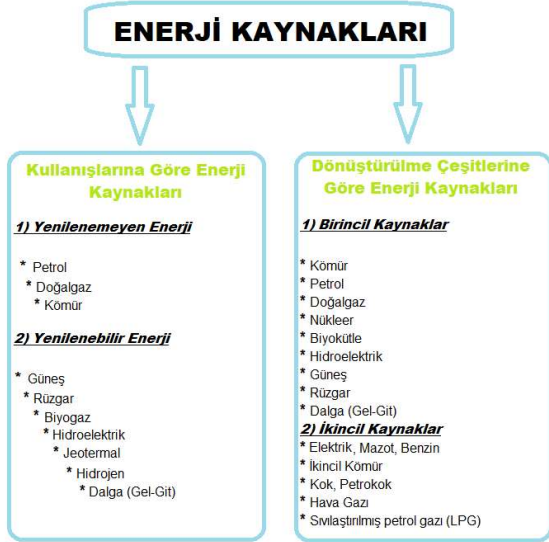
Dünyada ve ülkemizde son yıllarda artan enerji tüketimi ile birlikte enerji temininde sorunlar gözlenmeye başlamıştır. Bu sorunun çözümü için enerji üretiminde yenilebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Yenilebilir enerji kaynaklarına yönelimin artmasının sebepleri ise dünyada enerji üretiminde kullanılan kömür, petrol ve doğalgaz gibi kaynakların tükenmeye ve pahalılaşmaya başlamasıdır. Dünyada enerji üretimi için kullanılan kaynaklar;

- Yenilenebilir Enerji
- Yenilenemeyen Enerji

Şekilde iki ana kola ayrılmaktadır. Enerji kaynakları dönüştürülebilir özelliklerine göre;

- Birincil Kaynaklar
- İkincil Kaynaklar

Şekilde ikiye ayrılmaktadır. Şekil 1’de enerji kaynaklarının tablo şeklinde gösterimi verilmiştir.



Şekil 1 Enerji kaynakları

Dünyada enerji üretiminde kullanılacak olan en önemli enerji kaynağı güneştir. Dünya da bulunan diğer enerji kaynaklarının oluşumunda güneş enerjisi önemli rol oynamıştır. Bu bağlamda büyük potansiyeli bulunan güneş enerjisinin değerlendirilmesi kaçınılmaz bir durum haline gelmiştir. Güneş enerjisinin değerlendirilmesi son birkaç yıl içerisinde ülkemizde artmaya başlamıştır. Güneşten elektrik üretimi yapılabilmesi için santraller kurulmaya başlamıştır. Bu santraller ilk kurulurken teknolojinin çok gelişmiş olmamasından dolayı ilk kurulan santraller verimlilik açısından düşüktür. Teknolojinin gelişmesi ile kurulan santrallerde verimlilik göz önüne alınması gereken en önemli husulardan biri haline gelmiştir. Bu tez çalışmasında çatı üstüne kurulan güneş enerji santrallerinde verimliliği etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine çalışmalar yapılacaktır.

Atalay, 2019 yılında yapmış olduğu çalışmada, PV çatı panel uygulamalarında verimi etkileyen en büyük sebeplerin güneş açısı, panel verimi, gölgeleme, ortam sıcaklığı ve ortamın tozlu olması olduğunu belirtmiştir. Kar ve yağmur olaylarının panel verimliliğini etkilediği ve panellerin üst kısımlarının tozlardan arındırılmasının verimliliği etkilediğini belirtmiştir [1].

Sadikoğlu, 2018 yılında yaptığı tez çalışmasında 1MWp gücünde şebekeye bağlı güneş enerji santralinin performans analizini yaparak santralde oluşan tozlanma sorununun performans ve ekonomik değerler üzerine etkisinden bahsetmiştir. Panel temizliği sürecinin hem temizleme masrafları hem de üretim değerleri göz önüne alındığında haftalık olarak yapılan temizlik çalışmalarının panel

temizliği için yeterli olduğu sonucunu elde etmiştir [2].

Boztepe, 2017 yılında yaptığı EMO İzmir şubesi Aylık Bülteni için yazmış olduğu yazıda fotovoltaik güç sisteminde verimliliği işletme ömrünü etkileyen parametreleri incelemiştir. Santralin tasarımı esnasında benzetim yöntemi ile tasarımın doğrulanması gerektiğini belirtmiştir [3].

Dondariya ve arkadaşları, 2018 yılında yaptıkları çalışmada Hindistan'ın Ujjain şehrinde 6.4 kWp şebekeye bağlı çatı güneş fotovoltaik tesisin fizibilitesini incelemiştir. PVSOL yazılımını kullanarak, 20 adet 320 Wp nominal güçte mono-kristal silikon PV teknolojisinin enerji üretimini ve performans oranını belirlemiştir. Performans analizi ele alındığında, mono-kristal silikon yılda 1528.125 kWh / kWp enerji üreterek, elektrik ihtiyacının yaklaşık %41'inden fazlasını karşıladığını gözlemlemiştir [4].

Aksangör 2019 yılında yapmış olduğu tez çalışmasında Ankara ilinde bulunan kampüse ait binaların elektrik tüketimini güneş enerji sistemleri ile karşılanmak istenmesi durumunda kurulacak sistemlerin performanslarının simülasyon yazılımları sayesinde belirlenmesi amaçlamıştır. Tasarlanan sisteme ait performans oranının %84,1 olacağını öngörmüş olup tasarladığı sistemin bileşenler ile uyumlu çalışacağını belirtmiştir [5].

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Santral Tasarımında Kullanılan Simülasyon Programları

Güneş enerji santralleri kurulmaya karar verildiğinde bu santrallerin kurulumunun yapılacak santralin ne kadar üretim yapacağı ne kadar ışınım alacağını önceden tahmin edebilmek için geliştirilmiş çeşitli simülasyon programları mevcuttur.

Bu çalışmada PVsyst ve Pv*Sol simülasyon programları kullanılacaktır. Bu programlar piyasada çeşitli firmaların kullandığı en popüler yazılımlardır.

B. PVsyst Simülasyon Programı

PVsyst programı İsviçre Genevre Üniversitesi tarafından geliştirilmiş olan şebeke bağlantılı veya şebeke bağlantısız güneş enerji sistemlerinin tasarımında kullanılabilen simülasyon programıdır. Bu yazılım sayesinde kurulacak olan santralin kurulmadan önce kurulumun yapılacak yerin aylık güneşlenme süreleri, saatlik ışınım verileri

kullanılarak santralin performans tahminlerini gerçekleştirir [6].

C. PVSOL simülasyon yazılımı

PVSOL yazılımı Alman firması olan Valentin Software tarafından üretilmiştir. Bu yazılım fotovoltaik sistemler için kullanılan bir yazılım hem şebekeye bağlı sistem hem de şebekeden bağımsız sistemlerin tasarımında kullanılabilen bir yazılımdır. Bu yazılım iklim verileri için MeteoSyn adı verilen iklim veri tabanı kullanılmaktadır. Bu veri tabanında haritadan santralin bulunduğu nokta seçilerek iklim verileri seçiliyor. Yazılımda piyasada bulunan çoğu fotovoltaik modül ve invertörlerin teknik bilgilerini içeren bir veri tabanı bulunmaktadır. Bu veri tabanında bulunmayan modül ve invertör manuel olarak eklenebilir. Tasarlanmak istenen santrallerin 3 boyutlu tasarımı da yapılabilmektedir. Bu durum da görsel olarak projeyi zenginleştirmektedir [7].

Bu çalışmada kullanmış olduğumuz santralimizin AC gücü 540 kWe DC gücü ise 503 kWp olan bir çatı üstü güneş enerji santralidir. Bu santralde maksimum aktif gücü 305 W olan paneller kullanılmıştır. Kullanılan panel sayısı 1650 adettir. Çatı üstünde paneller iki farklı açı ile kullanılmıştır. Bu açılar kuzey yönüne doğru 3 derece güney yönüne doğru 13 derece olarak montaj edilmiştir. Bu uygulama ile yıl içerisinde daha fazla güneş ışığını elektriğe çevirmesi ön görülmüştür.

Santralde fotovoltaik panellerden gelen doğru akımı (DC) akımı şebekede kullanılabilecek hale getirebilmek için ilk olarak alternatif akıma (AC) çevrilmesi gerekmektedir. Bunun için DC-AC çevirici diye bilinen invertörlere ihtiyaç vardır. Bu santralde çıkış gücü 60 KW olan string (dizi) invertörlerden toplam 9 adet kullanılmıştır. Bu invertörlerin çıkış gerilimi 400 Vac dir. Bu invertörlerde üretilen enerjiyi şebekeye iletebilmek için uygun şebeke gerilimine ayarlamak için fabrikanın trafo binasında bulunan trafo yardımı ile şebeke gerilimi olan 31.5 kV' a yükseltilerek şebeke bağlantısı gerçekleştirilir. Fotovoltaik modül sistemimizde maksimum çalışma gerilimi 1000 Vdc olarak belirlenmiştir. Kullanılan invertörler maksimum gücünde ise 66 kW a kadar çıkış verebilmektedir. Aşağıda bulunan Tablo 1 ve Tablo 2'de santralde kullanılan fotovoltaik modül ve invertörlerin teknik bilgileri verilmiştir.

Tablo 1. Modül Teknik Bilgileri

Maksimum Güç	Pmax [W]	305
Modül Verimi	%	18,63
Maksimum Güç Noktası Akımı	Imp [A]	9,30
Kısa Devre Akımı	Isc [A]	9,83
Maksimum Güç Noktası Voltajı	Vmp [V]	32,8
Açık Devre Voltajı	Voc [V]	40,3
Ölçü	mm	1649*902*35
Ağırlık	Kg	18
Maksimum Sistem Voltajı	[V]	DC 1000/1500 V
Çalışma Sıcaklığı	°C	-40 °C - 85 °C
Sıcaklık Katsayısı (Akım, Isc)	[%/K]	0,07
Sıcaklık Katsayısı (Gerilim, Uoc)	[%/K]	-0,36
Sıcaklık Katsayısı (Güç, Pmpp)	[%/K]	-0,38

Tablo 2. İntertör Teknik Bilgileri

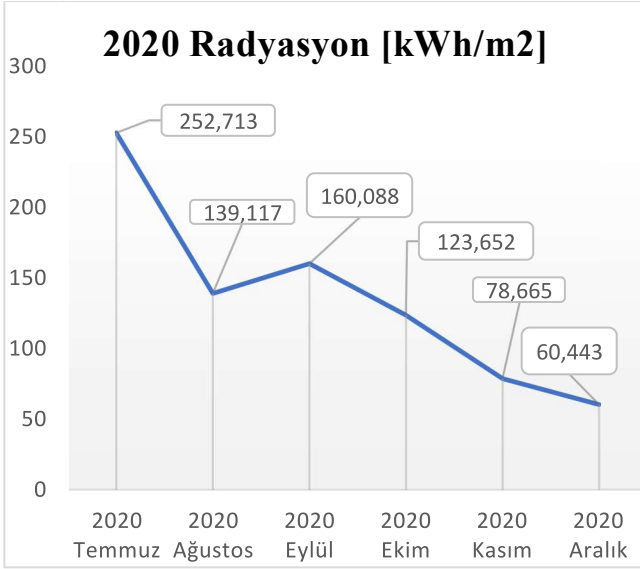
Max.Verimlilik	%	98.6
Maks.DC Güç	[W]	67400
Maks. Giriş Voltajı	[V]	1100
MPPT Başına Maks. Akım	[A]	22
MPPT Başına Maks.Kısa Devre Akımı	[A]	30
Başlangıç Voltajı	[V]	200
MPPT Çalışma Gerilimi Aralığı	[V]	200 ~ 1000
Nominal Giriş Gerilimi	[V]	720
Giriş Sayısı		12
MPPT Sayısı		6
AC Anma Aktif Güç	[W]	60000
Maks. AC Görünür Güç	[VA]	66000
Maks. AC Aktif Güç (cosφ=1)	[W]	66000 W
Nominal Çıkış Gerilimi	[V]	220 V / 380 V, 230 V / 400 V
Nominal Çıkış Akımı	[A]	86.7 A @400 V
Maks. Çıkış Akımı	[A]	95.3 A @400 V
Boyutlar	mm	1075 x 555 x 300
Ağırlık	kg	74
Çalışma Sıcaklığı Aralığı	°C	-25°C - 60°C
MPPT Min. Giriş Voltajı	[V]	200
MPPT Maks. Giriş Voltajı	[V]	1000

III. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

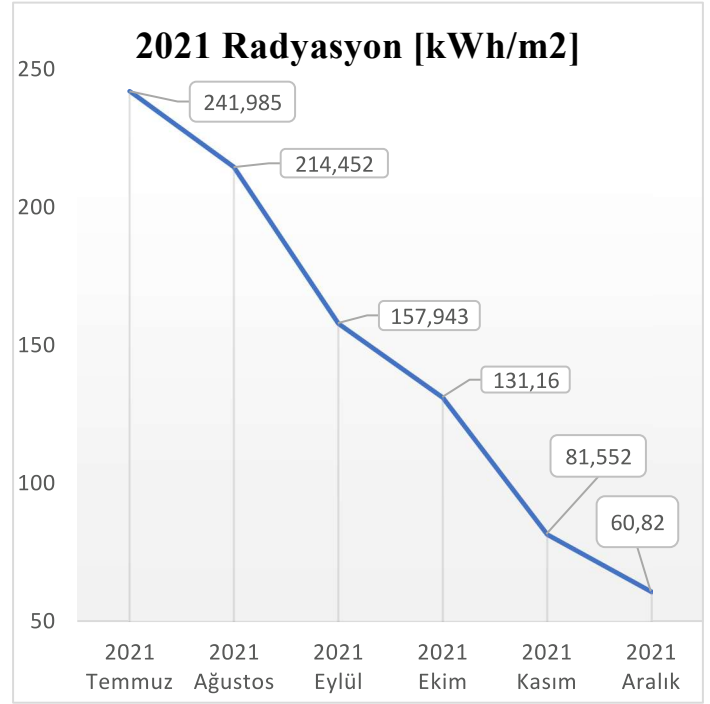
Santralin kurulum işlemi 2019 yılının Ekim ayında tamamlanmıştır. Tezimizin amacı doğrultusunda çatı üstü güneş santrallerinde verimliliği etkileyen faktörleri sıralamak gerekirse bunlar;

- Toz, kirlilik
- Gölge unsurları
- Sıcaklık
- Projelendirilme hataları

İlgili santralimizde bulunan piranometre cihazından elde etmiş olduğumuz 2020 yılı son 6 ayına ait radyasyon verisi Şekil 2’de mevcuttur. 2021 yılı son 6 aya ait radyasyon verisi Şekil 3’te verilmiştir.

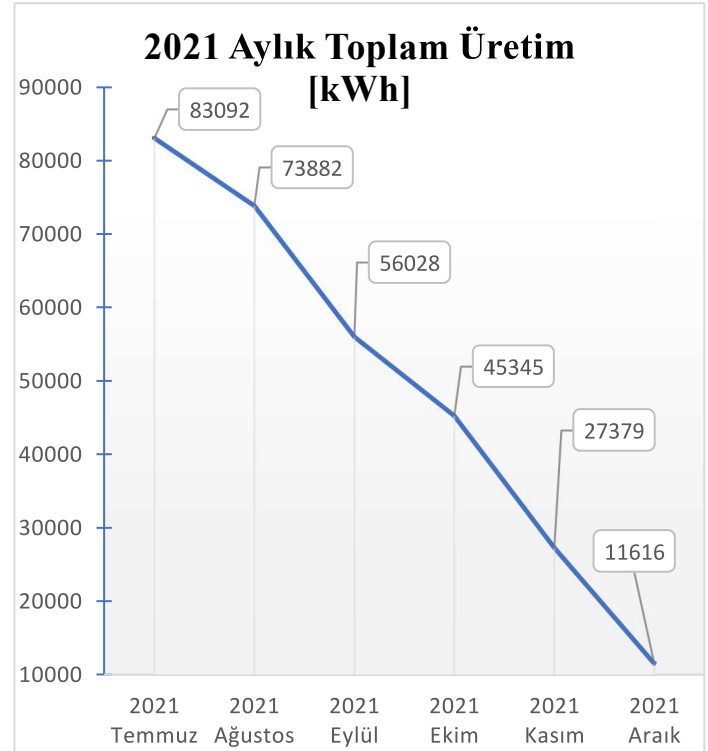


Şekil 2. 2020 yılı son 6 ay radyasyon verisi

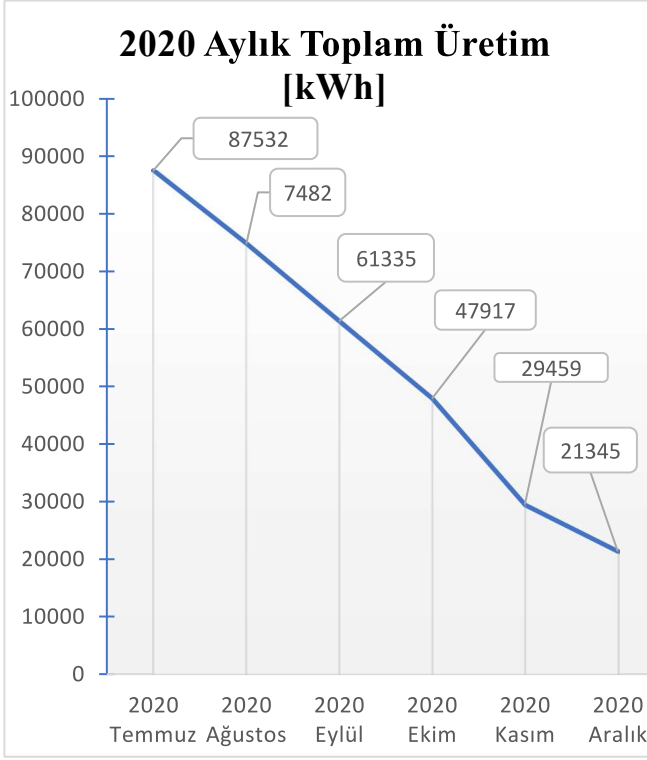


Şekil 3. 2021 yılı son 6 ay radyasyon verisi

İki grafik karşılaştırıldığında iki yılın aynı dönemlerinde oluşan radyasyon farkı toplam 73,24 kWh/m2 fark çıkmaktadır. Şekil 4’te ve Şekil 5’te 2020 ve 2021 yılının son 6 ayında üretilen enerji grafikleri verilmiştir.



Şekil 4. 2021 yılı son 6 ay üretim verisi



Şekil 5. 2020 yılı son 6 ay üretim verisi

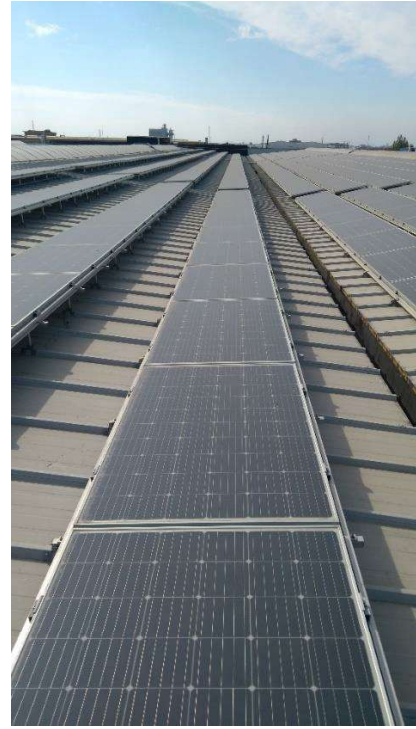
İki grafik karşılaştırıldığında 2020 yılında 2021 yılından 25072 kWh kadar daha fazla üretim yapılmıştır. Radyasyon oranının 2021 yılının 2020 yılına göre daha fazla olmasına rağmen 2021 yılında daha az üretim olmuştur. Santralde 2020 ile 2021 arasında kurulu güçte veya üretimi etkileyecek herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da santralde bulunan panellerin kirlilik düzeyi gösterilmiştir.



Şekil 6. 2020 kasım ayı panel kirlilik düzeyi



Şekil 7. 2021 kasım ayı panel kirlilik düzeyi



Şekil 8. 2020 kasım ayı panel kirlilik düzeyi



Şekil 9. 2021 kasım ayı panel kirlilik düzeyi

Santrale 2020 yılında daha az ışınım gelmesine rağmen 2021 yılına göre daha fazla üretim olmasının en büyük sebebi olarak panel yüzeyinde oluşan kirlilik miktarının artışı söylenebilir.

Panellerin kirliliği durumunda güneş enerji santrallerinin veriminin düşeceği bilinmektedir. Bundan dolayı panellerde kirlenmenin yoğunlaştığı gözlemlendiğinde panellerin temizlenmesi gerekliliği ortaya çıkabilmektedir. Analizi yapılan çatı üstü güneş enerji santralinin panelleri kirlendiği için yıkama işlemi yapılmıştır. Panel temizliğinin enerji üretimine etkilerini görebilmek adına yıkamadan önceki 15 günlük (1-15 Mayıs 2022) ölçümler ve yıkama tamamlandıktan sonraki 15 günlük (1-15 Haziran 2022) ölçümler kaydedilmiş ve sırasıyla Tablo 3 ve 4'te verilmiştir.

Yıkamadan önceki dönem dikkate alındığında PR değeri %65 iken yıkamadan sonraki bu değer %79'a çıkmıştır. İki dönemin PR değerleri arasında %14'lük bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış, panellerin yıkanmasının ve mayıs-haziran radyasyon artışının (%13) katkısıyla mayıs-haziran ayının sıcaklık artışına (%58) rağmen gözlemlenmiştir. Sıcaklık artışının panellerin verimini düşüreceği burada göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 3. Yıkama öncesi santral gerçek ölçüm değerleri

YIKAMA ÖNCESİ				
Tarih (2022)	Radyasyon [kWh/m ²]	Üretim [kWh]	PR	Ortalama Sıcaklık (°C)
1 Mayıs	4436.5	1323	59%	13.5
2 Mayıs	3936.75	1248	63%	13.8
3 Mayıs	6426.75	1961	61%	17.4
4 Mayıs	4004	1409	70%	12.7
5 Mayıs	4608.75	1540	66%	9.8
6 Mayıs	3331.25	1239	74%	9.3
7 Mayıs	3525.75	1201	68%	10.2
8 Mayıs	7967.25	2669	67%	12.8
9 Mayıs	7883.5	2612	66%	15.5
10 Mayıs	7940	2583	65%	16.2
11 Mayıs	5923	1981	66%	16.0
12 Mayıs	7827.75	2561	65%	17.0
13 Mayıs	8163.5	2572	63%	19.1
14 Mayıs	7138	2348	65%	20.0
15 Mayıs	6022.5	2034	67%	15.5
Gün.Ort.	5942.35	1952	65%	14.6

Tablo 4. Yıkama sonrası santral gerçek ölçüm değerleri

YIKAMA SONRASI				
Tarih (2022)	Radyasyon [kWh/m ²]	Üretim [kWh]	PR	Ortalama Sıcaklık (°C)
1 Haziran	7794.75	3147	80%	25.6
2 Haziran	7940	3157	79%	25.9
3 Haziran	7682	3030	78%	27.5
4 Haziran	6855	2812	82%	25.6
5 Haziran	7784.75	3085	79%	24.0
6 Haziran	6031.5	2449	81%	23.0
7 Haziran	5009.75	2131	85%	20.7
8 Haziran	5411	2269	83%	21.1
9 Haziran	7479.25	2953	78%	22.7
10 Haziran	7691.5	2891	75%	24.7
11 Haziran	7010.5	2747	78%	25.0
12 Haziran	4392.5	1750	79%	19.8
13 Haziran	5932.5	2342	78%	19.9
14 Haziran	5450.75	2207	80%	19.2
15 Haziran	8308.25	3119	75%	22.3
Gün.Ort.	6718.3	2673	79%	23.1

Güneş enerji santrallerinde verimliliği etkileyen bir diğer unsur projelendirme kısmıdır.

Bu tez çalışmasında konu olan çatı üstü güneş enerji santrali 503.25 kWp gücündedir. Bu santralin panel yerleşimleri mevcut sistemde kuzey cephede bulunan paneller 3°, güney cephede bulunan paneller ise 13° açılı şekildedir. Bu santralin (mevcut santraldeki ile aynı model panel ve invertör

kullanılarak) olası 6 farklı kurulum senaryosu analiz edilecektir.

Tasarım Planı 1: Santralin toplam DC kurulu gücü 564 kWp, toplam 1848 adet panel ve toplam 10 adet 60 kW gücünde invertör kullanılmıştır. Paneller kuzey cephede 1°, güney cephede 11° açı ile yerleştirilmiştir. Bu versiyonun PVsyst programında simülasyonu yapıldığında yıllık toplam üretim 893.6 MWh/year olduğu görülmüştür. Simülasyon sonucunda özgül kazanç değerinin 1585 kWh/kWp/year olduğu görülmüştür. Performans oranı ise %86.01 olmuştur.

Tasarım Planı 2: Bu senaryo da santralin kurulu gücü 503.25 kWp'dir. Toplam 1650 adet 305 W Monokristal panel ve toplam 9 adet 60 kW gücünde invertör kullanılmıştır. Paneller çatı üzerine her iki cephede de (kuzey-güney) 13° açılı bir şekilde yerleştirilmiştir. PVsyst yazılımında yapılan simülasyonda yıllık toplam üretimin 802.5 MWh/year olduğu görülmüştür. Özgül kazanç değerinin 1595 kWh/kWp/year olduğu görülmüştür. Performans oranı ise %84,99 değerinde gözlenmiştir (var olan sisteme göre konstrüksiyon maliyeti daha fazla olacak).

Tasarım Planı 3: Bu senaryoda santralin kurulu gücü 503.25 kWp'dir. Toplam 1650 adet panel ve 9 adet 60 kW gücünde invertör kullanılmıştır. Paneller çatı üzerine her iki cephede de (kuzey-güney) 10° açılı bir şekilde yerleştirilmiştir. PVsyst yazılımında yapılan simülasyonda yıllık toplam üretim 799.9 MWh/year olduğu görülmüştür. Özgül kazanç değerinin 1590 kWh/kWp/year olduğu görülmüştür. Performans oranı ise %85,32 olarak hesaplanmıştır.

Tasarım Planı 4: Bu senaryoda santralin kurulu gücü 503.25 kWp'dir. Toplam 1650 adet panel ve 9 adet 60 kW gücünde invertör kullanılmıştır. Paneller çatı üzerine her iki cephede de (kuzey 3° güney 13° açılı bir şekilde yerleştirilmiştir. PVsyst yazılımında yapılan simülasyonda yıllık toplam üretim 802.2 MWh/year olduğu görülmüştür. Santralin özgül kazancı ise simülasyon sonucunda 1594 kWh/kWp/year çıkmıştır. Yıllık radyasyon miktarı 1794.5 kWh/m², yıllık performans oranı ise %86,0 olarak hesaplanmıştır.

Tasarım Planı 5: Bu senaryoda PV*SOL yazılımında simülasyon gerçekleştirilmiştir. Kurulu güç (503.25 kWp), panel sayısı (1650), invertör sayısı (9) ve panel yerleşim açıları (kuzey 3° güney 13° mevcut sistem ile aynı olacak şekilde seçilmiştir. Simülasyon sonucunda yıllık üretim

değeri 736.668 kWh/year çıkmıştır. Performans oranı da %81,9 çıkmıştır. Özgül kazanç değerinin 1463.62 kWh/kWp/year olduğu görülmüştür.

Tasarım Planı 6: Bu senaryoda tasarımcı planı 4'ten farklı olarak santralin kurulu olduğu çatıda gölge unsuru olduğu varsayılmıştır. Her çatıya 0,85 m çapında 1.20m uzunluğunda 6 adet baca konulmuş olup PV*SOL yazılımında simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Kullanılan toplam baca sayısı 36 adettir. Bacalı tasarımın görseli Şekil 9.9'da görülebilir. Kurulu güç (503.25 kWp), panel sayısı (1650), invertör sayısı (9) ve panel yerleşim açıları (kuzey 3°/güney 13°) mevcut sistem ile aynı olacak şekilde seçilmiştir. Simülasyon sonucunda yıllık üretim değeri 719.871 kWh/year çıkmıştır. Gölgeden dolayı oluşan kazanç kaybı ise %5,7 olarak hesaplanmıştır. Performans oranı da %80,32 çıkmıştır. Özgül kazanç değerinin 1430.25 kWh/kWp/year olduğu görülmüştür.

IV. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

A. Sonuçlar

Bu çalışmada Konya OSB'de kurulan çatı üstü güneş enerji santrali baz alınarak güneş enerjisinden elektrik üretiminin verimliliğini etkileyen faktörler belirlenmiş ve santral kurulumunda dikkat edilmesi gereken hususlar ifade edilmiştir.

Sistemin verimliliğini etkileyen faktörlerin başında panellerin yüzeylerinde oluşan kirlenme gelmektedir. Özellikle sanayi bölgelerinde kurulan santraller için baca atıkları, döküm tozu, demir tozu, yağ gibi panellerin kirlenmesini hızlandıran ve daha kötü hale getiren etkenler panel üzerine düşen ışınımı azalttığı için sistemin verimini belirgin bir şekilde düşürmektedir. 2020 yılına kıyasla 2021 yılında %8,99 daha fazla radyasyon olmasına rağmen 2021 yılına kıyasla 2020 yılında %8,43 daha fazla üretim olmuştur. Bu durumun böyle olmasının en büyük sebebi panel yüzeyinde oluşan aşırı kirliliktir. Santralde 2022 yılında gerçekleştirilen panel temizliğinin önceki ve sonraki aylarda yapılan 15 günlük ölçümler ile paneldeki temizliğin üretime katkısı gözlenmiştir. Yıkama öncesi ve sonrası günlük PR değerleri arasında %14'lük bir artış gözlenmiştir. Bu artış, panellerin yıkanmasının ve mayıs-haziran radyasyon artışının (%13) katkısıyla mayıs-haziran ayının sıcaklık artışına (%58) rağmen gözlenmiştir.

Çatı üstü güneş enerji santrallerinde kurulum yapılan çatılar genelde sandviç panel üzerinde olur.

Bu sandviç paneller genelde beyaz renkte olmaktadır. Beyaz renk güneşten gelen bütün ışığı yansıttığı için çatılar yer seviyesine göre daha sıcak olmaktadır. Çatılarda sıcaklığın daha fazla olması panellerin yüzey sıcaklığını da artırmaktadır. Panel sıcaklığı arttıkça (sıcaklık katsayıları hesaplamalarında görüldüğü üzere) panellerin üretim performansı etkilenmektedir. Bu etki panelin teknik verisinde bulunan sıcaklık katsayılarına göre değişmekte olup ortalama olarak $0.35/K$ ile $0.45/K$ olarak alınırsa $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık farkı %7 ile %9 arasında bir güç dengesizliği meydana getirerek santralde verimi azaltmaktadır.

Çatı tipi güneş enerji santrallerinin kurulumu bina çatısının yapısına göre değişiklik gösteriyor olsa da genelde 2 farklı cephe şeklinde olur. Analizi yapılan çatı üstü güneş enerji santrali için hesaplanan farklı senaryoların PVsyst yazılımında yapılan simülasyon sonuçları karşılaştırıldığında bunlar arasında özgül kazanç oranında tasarım planı 2'nin ve tasarım planı 4'ün diğer tasarımlara göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. Tasarım planı 2'nin santral kurulumunda tercih edilmemiş olmasının sebebi ise bu tasarımda panellere açı vermek için daha fazla konstrüksiyon kullanılacak olması ve dolayısı ile kurulum maliyetinin artacak olmasıdır.

Yapılan yatırımın minimum sürede geri kazanımı için takılan her bir panelden en yüksek seviyede üretim yapılması önem arz etmektedir. Tasarım planı 1'de diğer planlara göre bu oran düşüktür (kurulu güç diğer planlara göre daha yüksek olmasına rağmen). Bu oranın düşük olmasının sebebi ise fazla panel yerleştirilmesi için panel açılarının düşük tutulmuş olması ve dolayısıyla gölgelemenin artmış olmasıdır.

PV*SOL yazılımında yapılan 2 farklı simülasyonun birincisinde (tasarım planı 5) mevcut santralin birebir aynısı tasarlanıp ikincisinde (tasarım planı 6) ise mevcut çatıya baca ilave edilmiştir. Bacanın eklenmesinden dolayı yıllık üretim değeri 735.628 kWh/year 'den 719.871 kWh/year 'e düşmüş olup %2.20 azalmıştır. Özgül kazanç ise $1461.56\text{ kWh/kWp/year}$ 'den $1430.25\text{ kWh/kWp/year}$ 'e düşerek %2,1 azalmıştır. Böylece gölgelemenin etkisi ortaya koyulmuştur.

B. Öneriler

Çatı tipi güneş enerji santrallerinde kurulum yapılırken santral yakınlarında panellerin kirlenmesini etkileyecek herhangi bir unsur var olup

olmadığına dikkat edilmelidir. Panelleri kirletecek unsurlara endüstriyel atık püskürten bacalar ve hafriyat alanı gibi yerler örnek olarak verilebilir. Eğer panel kurulumu yapılan binada baca söz konusu ise bacanın filtre sistemlerinin kontrol edilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca, kirletici unsurların bulunduğu ortamlarda panellerin temiz tutulması amacıyla yılda en az 2 kere yıkanması tavsiye edilir.

Kurulumu yapılmış olan güneş enerji santralinin bakımları düzenli olarak yapılarak yıl içerisinde arıza kaynaklı üretim kaybı engellenmelidir. Güneş enerji santralinin bir izleme sistemine entegrasyonu yapılarak oluşacak arıza, enerji kesintisi gibi durumlarda çabuk tedbir alınması sağlanabilir. Santral kurulumu yapılmadan önce farklı simülasyon programlarında birkaç farklı yerleşim planı oluşturularak aralarından en uygun olanının seçilmesi santral kurulum maliyetinin geri kazanım süresini en düşük seviyelere düşürmek için katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Atalay, Ö., 2019, Fotovoltaik (Pv) Güneş Enerjisi Sistemleri ve Çatı Uygulamaları, TMMOB Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi.
- [2] Sadıkoğlu F. (2018). 1 MWp Şebekeye Bağlı Güneş Enerjisi Santrali Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [3] Boztepe, M., 2017, Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler, EMO İzmir Şubesi aylık bülteni.
- [4] Dondariya, C., Porwal, D., Awasthi, A., Shukla A. K., Sudhakar, K., Manohar M., Bhimte, A., (2018). Performance simulation of grid-connected rooftop solar PV system for small households: A case study of Ujjain, India, Energy Reports, Vol. 4, 546-553.
- [5] Aksangör, N.N., Martin, K., Boran, K., 2019, PVsyst Simülasyon Aracı Kullanarak Ankara'da Fotovoltaik Güneş Sistemlerin Performans Analizi, 3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies, Ankara, Türkiye. 4 (1): 217-220.
- [6] Sekuçoğlu S., 2012, Fotovoltaik (PV), rüzgâr ve hibrit sistemlerin tasarımı ve ekonomik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [7] Shagea E. (2021). Lisanssız Elektrik Üretiminde Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Sistemlerin Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı.