

Güneş Enerji Santrallerinin Performans Kriterleri Üzerine Bir İnceleme

Kenan SAKA^{1*}

¹Makine Metal Teknolojileri Bölümü/ Yenişehir İbrahim Orhan Meslek Yüksekokulu, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye

*kenansaka@uludag.edu.tr

(Received: 27 January 2025, Accepted: 03 February 2025)

(2nd International Conference on Pioneer and Innovative Studies ICPIIS 2025, January 30-31, 2025)

ATIF/REFERENCE: Saka, K. (2025). Güneş Enerji Santrallerinin Performans Kriterleri Üzerine Bir İnceleme. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(2), 28-36.

Özet – Güneş enerji santrallerinin kurulu güç kapasitesi Türkiye’de ve Dünyada artmaya devam etmektedir. Yaşanan bu artış güneş enerji potansiyeli daha az olan bölgeleri de ön plana çıkarmaktadır. Güneş enerji santrallerinin performansını ortaya koyan farklı kriterler araştırmacılar tarafından önerilmiştir. Bu kriterler arasında en yaygın olarak kullanılanlardan biri performans oranıdır. Ayrıca kapasite faktörü ve sistem kayıpları da dikkate alınan kriterler arasındadır. Bu çalışmada ise santrallerin konumsal farklılığını daha rahat ifade etmek amacıyla mevsimsel etki faktörü adı altında farklı bir kriter dikkate alınmıştır. Bu güne kadar yapılan çalışmalar arasında mevsimsel etkiye bağlı olarak performans incelemesi yapan çalışmalar bulunmaktadır. Mevsimsel etki faktörü bir kat sayıdır. Gerçek üretim değerleri ya da küresel radyasyon değerleri kullanılarak hesaplanabilir. Senenin altı aylık en verimli zamanları ile diğer altı aylık en verimsiz zaman dilimi arasında üretilen enerjinin oranlanmasını ifade eder. Mevsimsel etki faktörünün bire yakın olması santralin mevsimsel etkiden fazla etkilenmediğini gösterir. Yapılan çalışmada küresel radyasyon verileri kullanılarak Türkiye’nin en fazla güneş alan bölgelerinden biri olan Antalya iline ek olarak Bursa, Rize ve Mardin’in mevsimsel etki faktörü açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Bütün iller için üretkenliğin fazla olduğu dönem Nisan-Eylül arası ve üretkenliğin düşük olduğu dönem Ekim-Mart arası olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak Antalya ve Mardin illerine ait mevsimsel etki faktörü 2,11 ile 2,16 olarak hesaplanırken Bursa’ya ait mevsimsel etki faktörü 2,32 olarak çıkmıştır. Bu durum Bursa’nın mevsimsel etkiden daha fazla etkilendiği anlamına gelmektedir. En fazla etkilenen il ise 2,51 etki oranı ile Rize’dir. Buna bağlı olarak bölgede yaz periyodunda üretilen enerji miktarı kış periyodunda üretilen miktarın yaklaşık 2,51 katı olacaktır.

Anahtar Kelimeler – Güneş Enerji Santralleri, Fotovoltaik, Radyasyon, Performans, Mevsimsel Etki.

I. GİRİŞ

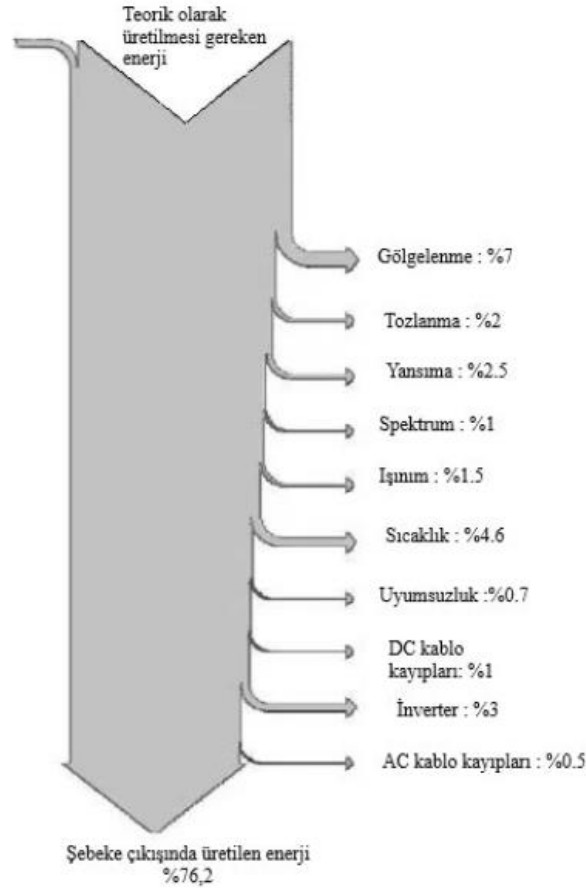
Güneş enerji santralleri (GES) temiz ve sürdürülebilir bir enerji üretimi imkânı sunmaktadırlar. Özellikle fotovoltaik panellerden oluşan güç üretim santralleri günümüzde popüler hale gelmiştir. Fotovoltaik elektrik üretim santrallerinin kurulu güç kapasiteleri her geçen gün daha da artmaktadır. Bu santrallerin verimlilik düzeyleri bilim insanlarının da ilgisini çekmiş ve bu alanda birçok çalışma yapılmıştır.

Çubukçu ve Gümüş [1] 2130,7 kW_p kapasiteli fotovoltaik ve şebeke bağlantılı bir santralin performans analizini yapmıştır. Santralin Türkiye’nin doğusunda yer aldığı bildirilmiştir. Yazarlar santrale ait performans analizinde referans verimi, dizi verimi, nihai verim, invertör verimi, kayıp yakalama, sistem kaybı, sistem verimi, kapasite faktörü, performans oranı ve yıllık son verim olmak üzere bir çok kriter açısından değerlendirme yapmıştır. Buna bağlı olarak santrale ait performans oranını %81,15 ve sistem verimliliğini %13,18 olarak hesaplamışlardır. Çalışmada dikkate alınan kriterler şu şekilde tanımlanmıştır;

- Nihai verim, fotovoltaik santralinde alternatif akım olarak üretilen enerjinin, santralin nominal gücüne oranıdır.
- Performans Oranı ise fotovoltaik sistemin verimliliğinden ziyade kalitesini gösterir. Sistemin genel kayıptan ne ölçüde etkileneceğini tanımlar. Aynı zamanda ideal kayıpsız bir fotovoltaik sistemine yakınlığın bir ölçüsü olarak kabul edilir.
- Sistem verimliliği, bir fotovoltaik sistemin genel verimliliği, mevcut güneş enerjisinin ne kadarının kullanılabilir alternatif akım (AC) elektrik enerjisine dönüştürüldüğünün ölçümüdür. Şebekeye iletilen AC enerjisinin modül düzlemine gelen güneş enerjisine oranı olarak tanımlanır.
- Kapasite faktörü; bir güneş enerji tesisi, meydana gelen kayıp ve güneş ışığının yetersiz olduğu saatler nedeniyle nominal güçte 7/24 çalıştırılmaz. Kapasite faktörünün değerlendirilmesi, sistemin tam zamanlı olarak maksimum kapasitede çalıştırılması durumunda sistemin ne kadar enerji üreteceğinin hesaplanmasına dayanmaktadır. Daha sonra bu değer, PV santralinin ürettiği enerjinin gerçek değeriyle karşılaştırılır.

GES'lerin performans oranını etkileyerek verimsizliğe sebep olan en büyük fiziksel faktörler şu şekilde sıralanabilir;

- Gölgeleme etkisi
- Tozlanma kaynaklı verimsizlikler
- Yansıma
- Işınım problemi
- Sıcaklık artışı
- İnverter ve kablo kayıpları



Şekil 1. Güneş enerji santrallerinde verimsizlik sebeplerinin yaklaşık yüzdelik etkileri [20]

Bu faktörler GES'lerin teorik olarak ürettiği enerjiyi tahminen %75' e kadar düşürmektedir. Bahsedilen düşüşü en aza indirmek amacıyla devreye kurumların işletme bakımları girmektedir. Yapılan iyileştirmeler sayesinde performans oranının mümkün merteye en üst seviyelerde tutulması için çaba harcanır. Bunu sonucunda elde edilen yüzdeler küçük olabilir.

Fakat uzun vadede büyük kazançlar sağlayan GES'ler üzerindeki etkileri açık şekilde görülebilir. Aşağıda verilen Şekil 1 üzerinde güneş enerji santrallerinde performans düşürücü sebeplerin yaklaşık yüzdeler etkileri gösterilmiştir.

Gopi ve ark. [2] performans oranı kavramına farklı bir yaklaşım getirerek "hava koşullarına göre düzeltilmiş performans oranı" şeklinde ele almışlardır. Hazırladıkları çalışmalarında sıcak ve soğuk iklimlerde fotovoltaik güneş santrallerinin normal ve hava koşullarına göre düzeltilmiş performans oranlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Bu sayede sektör geliştiricilerinin santrallerin konuma ve iklim koşullarına dayalı olarak gerçek performansını değerlendirmesine yardımcı olmayı dolayısıyla da fotovoltaik tesislerin konumlandırılması konusunda sözleşmeden doğan yükümlülüklerini yerine getirmelerine de katkıda bulunmayı hedeflemişlerdir.

Kymakis ve ark. [3] Girit adasında bulunan şebekeye bağlı fotovoltaik bir santralin performans analizini yaptılar. 2002 yılında kurulan santral 171,36 kWp kurulu güce sahipti. 2007 yılında santral tarafında 229 MWh elektrik enerjisi üretildiğini ve şebekeye aktarıldığını rapor etmişlerdir. Yazarlar santrale ait performans oranının %58 ile %73 arasında değiştiğini ve yıllık performans oranını da %67,36 olarak hesaplamışlardır.

Boulmrharj ve ark. [4] Fas'ın El Jadida iklim koşulları altında üç farklı fotovoltaik sistemin performansını modellemeyi, denemeyi ve değerlendirmeyi amaçladılar. Bu sistemler ise polikristalin silikon, monokristalin silikon ve mikromorf tandemden oluşan güneş enerji sistemleri olarak seçildi.

Khalid ve ark [5] performans oranını kullanan literatürdeki çalışmaların bir değerlendirmesini yapmıştır. Çalışmalarında performans oranını doğru bir şekilde tahmin etmek için doğru bir güneş ışığı ölçümüne ihtiyaç duyulduğunu ve sensöre bağlı olarak farklı değerler ortaya çıkabileceğinden pratik sınırlamaları olduğu için zor bir iş olduğunu vurgulamışlardır.

Saka [6] Bursa'da bulunan şebekeye bağlı bir GES'e ait üretim değerlerinin kapalı hava ve kış şartlarından nasıl etkilendiği üzerinde durmuştur. Santralin ilk üretim yılına ait verileri paylaştığı çalışmada en düşük üretim değerlerinin olduğu zaman dilimi Aralık ayıdır.

Ayrıca yazar, aynı yıla ait üretim değerlerinin kullanılması halinde enerji depolama amacıyla üretilebilecek günlük hidrojen miktarını da hesaplamıştır [7]. Buna göre santralde üretilen elektrik şebekeye aktarılacak yerine bir hidrojen üretim tesisinde kullanıldığında açık bir yaz günü 1630 kg hidrojen üretmek mümkündür. Bu rakam yıllık olarak bakıldığında ise 344 ton olarak hesaplanmıştır [8].

Merrouni ve ark. [9] yaptıkları çalışmada Fas'ın Doğu bölgesinin büyük fotovoltaik çiftliklerine ev sahipliği yapma kapasitesini tartışmıştır. Bunu sağlamak için bir güneş haritası ve yüksek çözünürlüklü bir arazi çıkarma veri tabanı oluşturdu. Yaptıkları analizde Oujda ve Almeria bölgelerinde %74'e yakın performans oranı hesaplamışlar ve bölgenin güneş alma potansiyelinin iyi olduğu sonucuna varmışlardır.

Başoğlu ve ark. [10] ise Türkiye'de bulunan Kocaeli iklim şartları altında fotovoltaik modül teknolojilerinin performans analizini yapmıştır. Buna göre multi kristal bir modülün performans oranı %83,8 olarak hesaplanmıştır.

Literatür için yeni sayılabilecek başka bir kriter ise mevsimsel etki faktörüdür (MEF). Mevsimsel etki faktörü bir kat sayıdır. Senenin altı aylık en verimli zamanları ile diğer altı aylık en verimsiz zaman dilimi arasında üretilen enerjinin oranlanmasını ifade eder. Bu sayede bölgesel etkiye bağlı olarak mevsimsel etkinin sayısal olarak ifade edilmesi amaçlanmıştır. Bu güne kadar yapılan çalışmalar arasında mevsimsel etkiye bağlı olarak performans incelemesi yapan çalışmalar bulunmaktadır fakat mevsimsel etki faktörü adı altında bir kriter literatürde yeni önerilmiştir. Saka [11] tarafından tanımlanan bu kriter kullanılarak bir

santralin ilk beş yıllık gerçek üretim verileri incelenmiş ve mevsimsel etki faktörünün 1,84 ile 2,85 arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Maksimum güç noktası izleyicisinin verime etkisi Badak ve Yıldız [12] tarafından incelenmiştir. Sonuç olarak maksimum güç izleyicisi olan bir fotovoltaik güneş paneli sisteminin verimliliğinin %72,6 dan % 92,95'e çıkabileceğini gözlemlemiştirlerdir.

Güner [13] güneş enerjisi uygulamaları için Iğdır ilinde panel eğim açısının optimizasyonu üzerine hazırladığı çalışmada Haziran ayında optimum açı 0° dir. Ayrıca Ocak ve Aralık ayları için 58° optimum açı olarak önerilmiştir.

Öz tüketim modeline sahip bir tekstil fabrikasının güneş enerji santralinde enerji kalitesi araştırması detaylı olarak Dinçer ve Karadağ [14] tarafından yapılmıştır. Sonuç olarak güneş ışınımının iyi olduğu, bulutlanmanın olmadığı, havanın açık olduğu durumlarda dalgalanma meydana gelebileceği gözlemlenmiştir. Bıçakçı ve ark. [15] tarım ve mera alanlarında rüzgâr ve güneş enerji sistemleri kurulması hakkında değerlendirmelerde bulunmuştur. Agrivoltaik sistemler gibi projelerin geliştirilmesi ve yürürlüğe konulması ve hatta desteklenmesinin ekolojik açıdan oluşabilecek hasarı minimize etmesinin yanı sıra, çeşitli olumlu katkılarının da olabileceği düşünülmüştür. Eroğlu [16] ise GES'lere özel uygunluk haritasının elde edilmesi için bir uygulama yapmıştır. Çalışmanın sonunda, GES'ler için en uygun, uygun ve izin verilmeyen yerlerin gösterildiği uygunluk haritası elde edilmiştir. Bu çalışmanın, GES'lerin yer tespitinde daha doğru, çevresel, ekonomik ve sosyal GES santrali kurulumunu netice veren geniş yelpazedeki kriterlerle araştırmacılara faydalı olacağını savunmuştur.

Elektrik dağıtım transformatörlerinde güç dengesizliğinin fotovoltaik solar paneller ile azaltılması için Bozavlı ve ark [17] çalışma yürütmüşlerdir. Her bir transformatör için dağıtım sistemine yaklaşık 3.6 kW ilave enerji sağlanması durumunda transformatörlerden çekilen ortalama akım değerlerinin de azaldığı gözlemlenmiştir.

Eşlik ve ark. [18] ise güneş ışınımı tahmininde ayrıştırma-birleştirme öğrenme yaklaşımı üzerinde çalışmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Ayrıştırma-Birleştirme öğrenme yaklaşımının güneş ışınım verilerinin tahmininde başarılı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada ise küresel radyasyon verileri kullanılarak Türkiye'nin en fazla güneş alan bölgelerinden biri olan Antalya iline ek olarak Bursa, Mardin ve Rize'nin mevsimsel etki faktörü açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Her dört il içinde üretkenliğin fazla olduğu dönem Nisan-Eylül arası ve üretkenliğin düşük olduğu dönem Ekim-Mart arası olarak belirlenmiştir. Mevsimsel etki faktörünün bire yakın olması santralin mevsimsel etkiden fazla etkilenmediğini ve faktörün bir değerinden uzaklaştığı ölçüde bölgenin mevsimsel etkisinin fazla olduğunu gösterir. GES'ler yaygınlaştığı sürece mevsimsel etkinin fazla olduğu bölgelere de kurulumlar yapılacağı için bölgenin karakteristik özelliklerini ifade etmek için mevsimsel etki faktörünün kullanımı faydalı olacaktır.

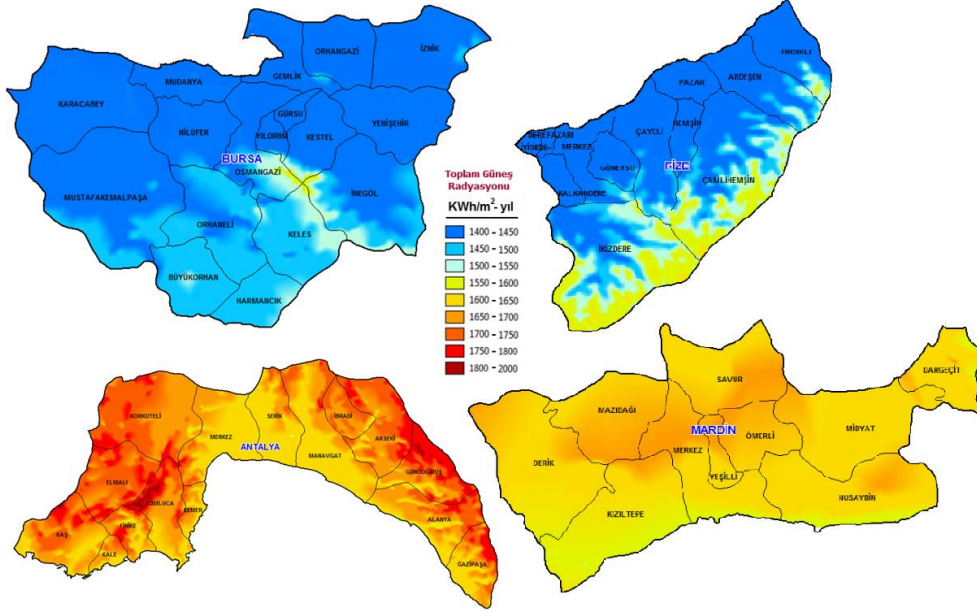
II. MATERYAL VE YÖNTEM

Küresel radyasyon değerleri bir bölgeye ulaşan toplam radyasyonu birim alan için ifade eder. Türkiye için küresel radyasyon verileri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası [19] (GEPA) yardımıyla çevrimiçi olarak yayınlanmaktadır. Aşağıda verilen Şekil 2 üzerinde Bursa, Antalya, Mardin ve Rize illerine ait GEPA görüntüleriyle aylara göre küresel radyasyon değerleri dağılımı verilecektir.

Çalışmada ele alınan şehirler sadece örnekleme amacıyla seçilmiş şehirlerdir. Bu çalışma bütün yurt çapında yapılabilir. Bursa ili yazarın yaşadığı şehir olduğu için çalışmaya dâhil edilmiştir. Antalya ise en yüksek güneş enerji potansiyeline sahip şehirlerden biri olduğu için dikkate alınmıştır. Rize ise yağışlı hava şartlarından en çok etkilenen şehirlerden biridir. Mardin ise ülkenin dört bir yanından örnekleminin tamamlanması için çalışmaya dâhil edilmiştir.

Şekil 2 üzerinde verilen renk dağılımına dikkat edildiğinde Bursa'nın birçok bölgesinde yıllık toplam güneş radyasyonunun metre kare başına 1400-1500 kWh arasında iken Antalya için bu değer 1700-1800 kWh arasındadır. Bir santralde kullanılan panel alanı ve panel verimlilik yüzdesiyle birlikte bölgeye ait yıllık toplam güneş radyasyon değerleri çarpıldığında santralin üretebileceği enerji miktarı hakkında yaklaşık bir fikir verebilir.

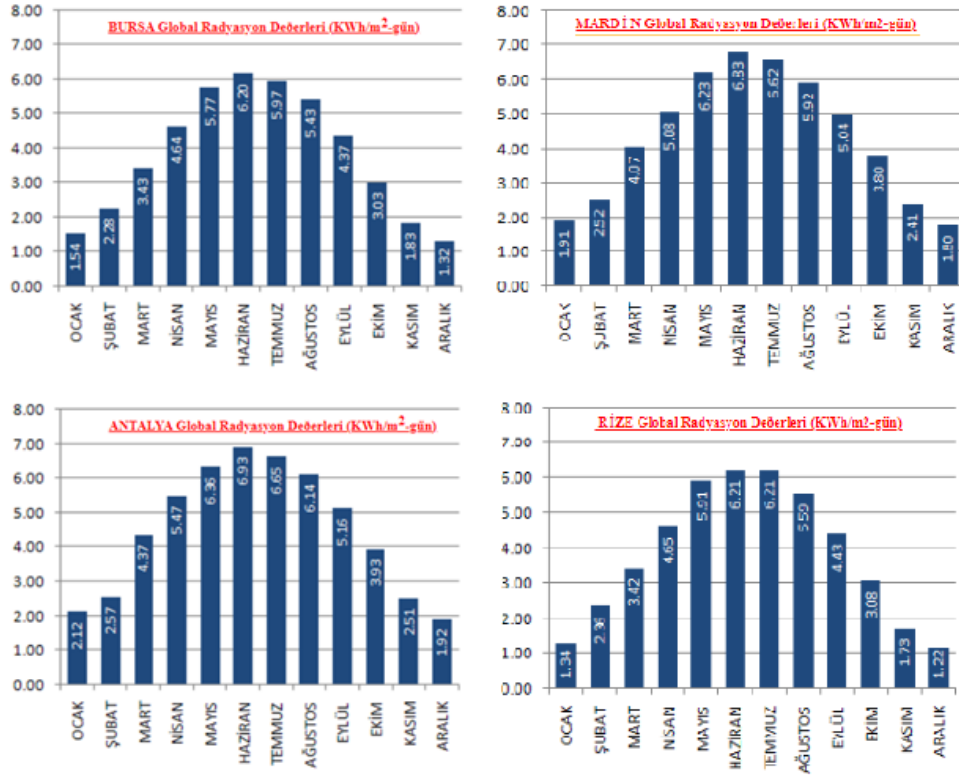
Daha hassas bir sonuç elde etmek için ise santralin atmosfere açık bir şekilde çalıştığını ve santralin başta inverter olmak üzere diğer kısımların da yaşanan kayıpları dikkate almak gerektir.



Şekil 2. Bursa, Antalya, Rize ve Mardin illerinin güneş enerjisi potansiyel atlasında yer alan görüntüleri

Şekil 3 üzerinde verilen küresel radyasyon verileri dikkate alındığında her dört grafikteki aylara göre dağılımın benzer olduğu sadece Antalya'ya ait değerlerin Şekil 2 ile uyumlu olarak daha yüksek olduğu görülebilir.

Her bir aya ait radyasyon değerleri gün sayısı, panel alanı ve sistem elemanlarının verimlilikleri ile çarpıldığında santralde üretilebilecek enerji değeri için yaklaşık bir sonuç bulunabilir



Şekil 3. Bursa, Antalya, Mardin ve Rize illerine ait küresel radyasyon değerleri

Mevsimsel Etki Faktörü

Mevsimsel etki faktörü, santralin bulunduğu konuma bağlı olarak yaz ve kış aylarından nasıl etkilendiğini göstermek için geliştirilmiş bir katsayıdır. Eğer santral yaz aylarında ürettiği kadar kış aylarında da üretmeye devam ederse yaz ve kış dönemlerinde üretilen enerji birbirine yakın olacağı için sonuç bire yakın çıkacaktır. Fakat Türkiye coğrafyasında yaz ve kış aylarına ait küresel radyasyon değerleri arasında ciddi farklar olduğu için mevsimsel etki faktörü bir değerinden daha büyük olarak çıkmaktadır. Diğer bir ifade ile mevsimsel etki faktörünün bir olduğu santralleri gözlemlemek için Türkiye dışında yer alan ve tropikal iklime yakın santraller incelenebilir. Bir bölgeye ait mevsimsel etki faktörünün yıllara göre değişimini görmek için o bölgede yer alan bir santralin yıllık gerçek üretim değerlerini yorumlamak gerekir. Fakat gerçek bir santrale ait üretim bilgileri hesaplamalara dâhil edilemiyorsa ve ortalama bir değer elde etmek istiyorsak o zaman küresel radyasyon değerleri yardımıyla mevsimsel etki faktörünü elde etmek uygun olacaktır.

Şekil 3 üzerinde görüldüğü üzere her dört il içinde Nisan ayından itibaren geçen altı aya ait radyasyon değerleri diğer altı aydan fazladır. Dolayısıyla Nisan ayından itibaren geçen altı ay verimli yaz dönemi olarak kabul edilebilir. Diğer altı ay ise üretimin daha az olduğu aylardır. Denklem 1 üzerinde mevsimsel etki faktörünün (MEF) formül hali gösterilmiştir.

$$MEF = \frac{\text{Verimli altı aylık zaman dilimindeki enerji üretimi}}{\text{Verimli olmayan diğer altı aylık zaman dilimindeki enerji üretimi}} \quad (1)$$

Bu çalışmada küresel radyasyon verilerinden yola çıkılarak Bursa, Antalya, Mardin ve Rize illerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Mevsimsel etki faktörünün hesaplanmasında hem verimli hem de verimsiz zaman dilimi için tek değişken küresel radyasyon değerleri olduğu için panel alanı ve panel verimlilik değerleri sadeleşen bir çarpandan öteye geçmeyecektir.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mevsimsel etki faktörü bir güneş enerji santralının konuma bağlı performansını ifade etmek için literatüre yeni kazandırılmış terimlerden biridir. Saka (2024) tarafından Bursa’da yer alan bir GES için gerçek üretim değerlerine bağlı olarak hesaplanan MEF değerlerinin yıllara göre değişimi Şekil 4 üzerinde gösterilmiştir. Şekil üzerinde de görüldüğü gibi faktör değeri iki civarında değişim göstermektedir. En fazla 2018 yılında 2,85 olan faktör değeri bir sonraki yıl beş yıllık dönem içinde en düşük değer olan 1,84 değerini almıştır.

Bir araştırmacının elinde bir GES’e ait gerçek üretim değerleri olmadığı takdirde daha yaklaşık sonuçlar bulmak için Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası’da yer alan küresel radyasyon değerlerinden yararlanmanın mümkün olduğundan daha önce bahsedilmişti. Dolayısıyla yıllara göre değişim gösteren bir sonuç elde edilemez fakat bölgenin mevsimsel etki faktörüne yakın ve bölge hakkında bir fikir veren sonuçlar elde edebilir.

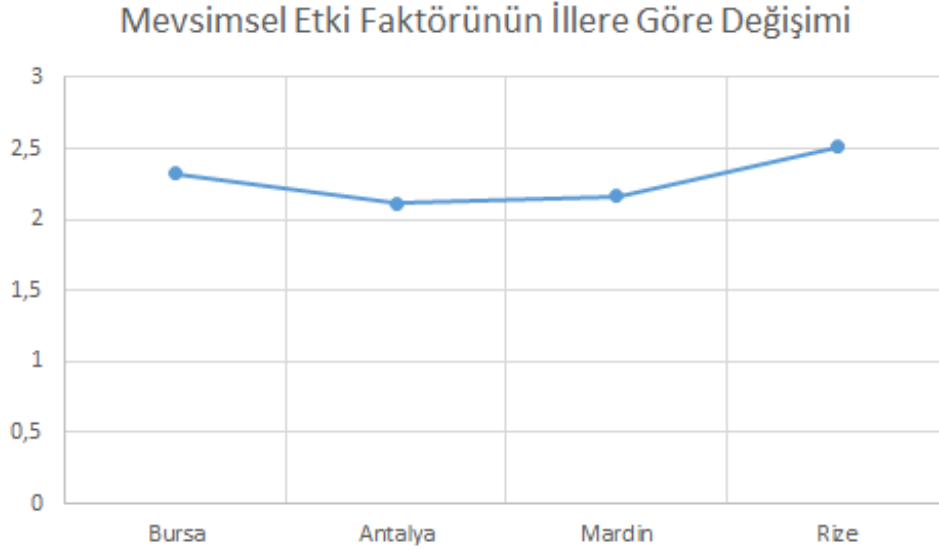
Bu çalışmada her dört ile ait gerçek üretim değerleri olmadan sadece küresel radyasyon değerleri kullanılarak hesaplama yapılmış ve elde edilen sonuç Bursa’da bulunan bir santrale ait gerçek üretim değerlerine bağlı MEF sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.



Şekil 4. Bursa’da bulunan bir güneş enerji santraline ait MEF değerleri [11]

Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası’ndan alınan değerler Denklem 1 yardımıyla hesaplandığında ise Bursa’ya ait MEF değeri 2,32 olarak çıkmaktadır. Şekil 4 üzerinde verilen gerçek üretim değerlerine bağlı ortaya çıkan MEF değeri 1,84 ile 2,85 arasında değişirken küresel radyasyon verilen bağlı MEF değerinin 2,32 çıkması küresel radyasyon verilerinin bu amaçla kullanılabilirliğini gösterir.

Küresel radyasyon verileri yardımıyla diğer üç ilin MEF değerine bakıldığında Antalya 2,11; Mardin 2,16 ve Rize için ise 2,51 olarak çıkmaktadır. Bahsedilen sonuçların bulunduğu dağılım Şekil 5 üzerinde gösterilmiştir. Bu bilgiler ışığında her dört ilinde Türkiye coğrafyasında olmasına bağlı olarak MEF değerinin 2 ile 3 arasında olduğu görülmektedir. Bu durum ülkemizin mevsimsel etki karakteristiğini ortaya koyan bir sonuçtur. Çalışma bütün ülke için yapılsa bile yaklaşık bir sonuçla karşılaşılabileceği ön görülebilir. Diğer bir ifadeyle mevsimsel etki faktörünün bire yakın olarak çıkması için ekvatorial iklime doğru yaklaşmak gerektiği gibi kışların hâkim olduğu bölgeler de mevsimsel etki faktörünün sayısal değeri daha yüksek çıkabilir.



Şekil 5. Mevsimsel etki faktörünün illere göre değişimi

Şekil 5 üzerinde verilen sonuçlar tekrar göz önüne alındığında Antalya’da yaz ve kış ayları arasındaki küresel radyasyon farkı daha az olmasına bağlı olarak 2’ye daha yakın bir sonuç çıkmıştır. Bunun yanında Türkiye’nin dört bir yanını da karşılaştırmaya dâhil etmek için Mardin ve Rize illeri de çalışmaya eklenmişti. Yurt geneli içi kapsamlı bir çalışma gerektirdiği için örnek olarak sadece dört il ile yetinilmiştir. Buna göre mevsimsel etkiden en fazla etkilenen ilimiz 2,51 mevsimsel etki faktörü değeri ile Rize’dir. Karadeniz bölgesinde yer alan ve bol yağış alan bu ilimizin ele alınan dört il içinde mevsimsel etkiden en fazla etkilenen yer olması şaşırtıcı değildir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada güneş enerji santrallerinin kurulduğu konuma bağlı olarak mevsimsel çevre şartlarından nasıl etkilendiklerini ifade etmek amacıyla literatüre yeni kazandırılan mevsimsel etki faktörüne bağlı bir analiz yapılmıştır. Dört farklı il için küresel radyasyon değerleri ışığında hesaplanan mevsimsel etki faktörü literatüre daha önce sunulan gerçek üretim değerlerine bağlı mevsimsel etki faktörü sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Buna göre Bursa’nın yayınlanan radyasyon verilerine bağlı mevsimsel etki faktörü 2,32’dir. Bunun anlamı yılın verimli dönemi olan Nisan-Eylül ayları arasında üretilebilecek olan enerji değerinin diğer altı aylık dönemin 2,32 katı olmasıdır. Gerçek üretim değerlerine göre ise bu oran 1,84 ile 2,85 arasında değişmektedir. Diğer üç il olan Antalya, Mardin ve Rize dikkate alındığında ise Türkiye’nin mevsimsel etki faktörünün 2 ile 3 arasında bir değerde olduğunu söylemek mümkündür. Ele alınan dört il içinde mevsimsel etkiden en az etkilenen ilin Antalya ve en çok etkilenen ilin Rize olduğu görülmüştür. Güneş enerjisi potansiyel atlasları yardımıyla sayısal bir değer olarak konumsal farklılığın ifade edilmesi literatüre yeni kazandırılan bir yaklaşımdır.

KAYNAKLAR

- [1] Cubukcu, M ve Gumus H. (2020). Performance analysis of a grid-connected photovoltaic plant in eastern Turkey. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 39, 100724.
- [2] Gopi, A., Sudhakar, K., Keng, N. W., Krishnan A. R. (2021). Comparison of normal and weather corrected performance ratio of photovoltaic solar plants in hot and cold climates. Energy for Sustainable Development, 65, 53-62.
- [3] Kymakis, E., Kalykakis, S., Papazoglou, T. M. (2009). Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the island of Crete. Energy Conversion and Management, 50, 433 – 438.

- [4] Boulmrharj, S., Bakhouya, M., Khaidar, M. (2022). Performance evaluation of grid-connected silicon-based PV systems integrated into institutional buildings: An experimental and simulation comparative study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53, 102632.
- [5] Khalid, A. M., Mitra, I., Warmuth, W., Schacht, V. (2016). Performance ratio – Crucial parameter for grid connected PV plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 1139-1158.
- [6] Saka, K. (2019). An Evaluation of Overcast Weather on Generation of a Grid Connected PV Power Plant. *Journal of Current Research on Engineering, Science and Technology*, 5 (1), 19 – 28.
- [7] Saka, K., Canbolat, A. S. (2018). An evaluation on solar powered hydrogen production. *The International Journal of Energy & Engineering Sciences*, 3, 26 – 35.
- [8] Saka, K. (2022). An investigation on hydrogen production capacity of a PV power plant. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31, 3542 – 3550.
- [9] Merouni A., A. Mezrhab A., Mezrhab A. (2016). PV sites suitability analysis in the Eastern region of Morocco. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 18, 6-15.
- [10] Baçođlu, M. E., Kazdalođlu, A., Erfidan, T., Bilgin, M. Z., Çakır, B. (2015). Performance analyzes of different photovoltaic module technologies under İzmit, Kocaeli climatic conditions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 357-365.
- [11] Saka, K. (2024). Evaluation of a grid-connected PV power plant: performance and agrivoltaic aspects. *Environment, Development and Sustainability*.
- [12] Badak, U., Yıldız, A. B. (2020). Fotovoltaik Güneş Paneli Sistemlerinde Maksimum Güç Noktası İzleyicisinin Verime Etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2496-2507.
- [13] Güner, E. (2023). Iğdır İlinde Güneş Enerjisi Uygulamaları için Optimum Panel Eğim Açısının Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(4), 2905-2914.
- [14] Dinçer, F., Karadağ, F. (2022). Tekstil Fabrikalarında Öz Tüketim Modeli Güneş Enerjisi Santralinde Enerji Kalitesi Analizi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2): 704-714.
- [15] Bıçakçı, E., Balabanlı, C., Acar, E. (2023). Tarım ve Mera Alanlarında Rüzgâr ve Güneş Enerji Sistemleri Kurulması Hakkında Deđerlendirmeler. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 700-712.
- [16] Eroğlu, H. (2018). Güneş Enerji Santralleri İçin Uygunluk Haritasının Elde Edilmesi: Bir Uygulama. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(4),97-106.
- [17] Bozavlı, U., Yılmaz, M., Çorpsız, M. F. (2024) Elektrik Dağıtım Transformatörlerinde Güç Dengesizliğinin Fotovoltaik Solar Paneller ile Azaltılması. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2),706-717.
- [18] Eşlik, A. H., Akarşlan, E., Hocoaođlu, F. O. (2021). Güneş Işınımı Tahmininde Ayrıştırma-Birleştirme Öğrenme Yaklaşımı. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1),132-144.
- [19] <https://gepa.enerji.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 14.06.2024)
- [20] <https://entegro.com.tr/ges-performans-orani/> (Son erişim tarihi: 14.06.2024)