



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Samsun, Bayburt ve Mersin İllerine Kurulabilecek Güneş Enerjisi Santrallerinin Modellenmesi

 Sezai AKKAYA ^{a,*},  Sibel AKKAYA OY ^b

^a Elektrik-Elektronik Mühendisi, Mersin, TÜRKİYE

^b Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Bilimleri Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Ordu, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: sezai.akkaya52@gmail.com

DOI: 10.29130/dubited.785908

ÖZET

Enerjinin temel kaynağı olan güneşi insanoğlu geçmişten günümüze doğrudan veya dolaylı olarak kullanmıştır. Sanayi devrimi ile birlikte insanoğlu bu enerji ihtiyacını yüzyıllar boyunca fosil kaynaklar ile gidermiştir. Ancak bu fosil kaynaklar çok büyük çevre problemlerine (küresel ısınma, buzulların erimesi, canlı türlerinin yok olması vs.) yol açmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların kullanılması ile enerji yönünden devamlılığın sağlanması imkansızdır. Bütün bu sebepler yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde etmeyi zorunlu kılmıştır. Bu çalışmada; Farklı güneş radyasyon verilerine sahip olan Türkiye'nin İki farklı bölgesinde bulunan Samsun, Bayburt (Karadeniz Bölgesi) ve Mersin (Akdeniz Bölgesi) şehirlerine şebekeye bağlı 3 kW, 5 kW ve 10 kW kurulu güce sahip çatı tipi güneş enerji santrali modellemesi yapılmıştır. Ayrıca 7,224 kWh günlük enerji talebini karşılayacak şebekeden bağımsız çatı tipi Güneş Enerjisi Santrali (GES) modellemesi de yapılmıştır. Bu modellemeler, PVGIS, PVsyst ve HOMER simülasyon programları ile yapılmıştır. Çatı tipi GES modellemelerinin üretim ve maliyet analizleri yapılarak yatırım yapılabilirlik seviyeleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Çatı Tipi GES, Maliyet Analizi, PVGIS, PVsyst, HOMER

Modelling of Solar Power Plants that can be Installed in Samsun, Bayburt and Mersin Provinces of Turkey

ABSTRACT

Mankind have used the sun as the main source of energy directly or indirectly from past to present. With the industrial revolution, mankind have met this energy need with fossil sources for centuries. However, these fossil sources cause enormous environmental problems (global warming, melting of glaciers, extinction of living species, etc.). In addition, it is impossible to achieve energy sustainability by using fossil fuels. All these reasons make it compulsory to obtain energy from renewable energy sources. In this study; roof type solar power plant modeling is performed those installed capacity with 3 kW, 5 kW and 10 kW and connected to the city electrical network in two different regions of Turkey, which have different solar radiation data as Samsun, Bayburt (Black Sea region) and Mersin (Mediterranean region). In addition, off-grid roof type SPP (Solar Power Plant) modeling has been performed to meet the daily energy demand of 7,224 kWh. These models were made with PVGIS, PVsyst and HOMER simulation programs. The investment feasibility levels of the roof type SPP models are examined by making production and cost analyzes.

Keywords: Solar Energy, Roof Type SPP, Cost Analysis, PVGIS, PVsyst, HOMER

I. GİRİŞ

Günümüzde insan medeniyetinin ihtiyaç duyduğu enerjinin %80'inden fazlası fosil yakıtlardan karşılanmaktadır [1]. Ciddi çevresel sorunlara neden olmasına rağmen fosil yakıtların azalması enerji güvenliği açısından ciddi endişelere yol açmıştır [2]. Bütün bu sebepler yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde etmeyi zorunlu kılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları, doğal ortamdaki enerji döngüsünde, sürekli veya tekrarlanır akımdan elde edilen enerji veya kullanıldıkları hızda yeri doldurulan enerji akışları olarak tanımlanır [3]. Yenilenebilir enerji kaynakları: Hidrolik, güneş, biyokütle, rüzgar, jeotermal, dalga (Gel-Git) ve hidrojenidir. Güneş enerjisi, kurulum ve kullanım kolaylığı olmasının yanı sıra çevreyi kirletmemesi ve zararlı atık oluşturmaması gibi özelliklere sahip bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisinin avantajlarından biri de küçük güçlerde santral tasarımına imkan vermesidir.

Güneş enerjisi santral bileşenleri; güneş paneli, invertör, akü, AG dağıtım panosu, kablo, konnektör, çift yönlü sayaç, topraklama kazığı, sigorta, kaçak akım rölesi ve çatı konstrüksiyonundan vb. oluşmaktadır [3,4].

Petrol ve doğal gaz rezervleri bakımından fakir bir konumda bulunan ülkemiz, enerji ham maddeleri ithalatı maliyeti 2012 yılında 60 milyar Dolar, 2013 yılında 55.9 milyar Dolar, 2014 yılında 54.9 milyar Dolar, 2015 yılında 37.8 milyar dolar, 2016 yılında 27.2 milyar Dolar ve 2017 yılında ise 36.8 milyar Dolar seviyelerinde olmuştur [4,5].

17 Ocak 2018 tarihinde çıkarılan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik ile çatı ve cephe uygulamalı elektrik üretim tesisi kurulumunun ve ihtiyaç fazlası üretilen elektriğin Devlet'e satılması yasal dayanağa dayandırılmıştır [6]. Meskenlerde bağlantı anlaşma gücü aşılmaması kaydı ile 10 kW'a kadar (10 kW dahil) GES kurulumunun önü açılmıştır [6]. 10.05.2019 tarihli 30770 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 1044 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile üretilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi için EPDK tarafından ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli, tesisin işletmeye giriş tarihinden itibaren on yıl süreyle uygulanır maddesi ile ihtiyaç fazlası elektrik için uygulanacak fiyat tarifesi belirlenmiştir [7].

Güneş enerjisi sistemlerinde modelleme, maliyet analizi gibi simülasyonları gerçekleştirebilmek için birçok yazılım bulunmaktadır. Bu yazılımları; SAM, PVSyst, PVSol, PVWatt, HOMER, RETScreen, PVDesign-Pro ve TRNSYS diye sıralayabiliriz [8].

Bu çalışmada, üç (3) farklı simülasyon programı (PVGIS, PVSyst ve HOMER) ve şebekeden bağımsız tasarımlarda matematiksel modelleme kullanarak elde edilen bulgular ve veriler hem karşılaştırılıp hem de birleştirilerek daha verimli bir sonuç elde edilmesi amaçlanmıştır.

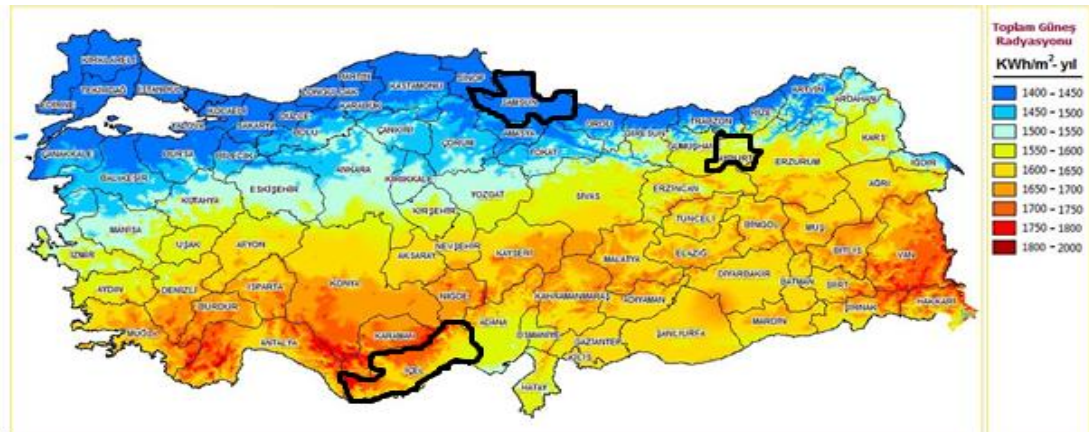
Literatürde simülasyon programlarını kullanarak birçok GES tasarımı ve analizi yapılmıştır. Çakmak ve Altaş (2016), yayımladıkları makalede Trabzon'un güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyelini PVGIS, GEPA ve 2 farklı veri tabanı kullanarak ele almış ve Almanya ile karşılaştırmışlardır [9]. Haydaroğlu ve Gümüş (2016), yayımladıkları makalede Dicle Üniversitesi bünyesinde kurulmuş olan 250 kW'lık güneş enerji santralini simülasyonu ve performans analizini PVSyst programı ile yapmışlardır [10]. Nurunnabi ve Roy (2015), yayımladıkları makalede Bangladeş'in güney kırsal bölgelerinde (Lobon, Chora, Khulna) şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız hibrit (FV ve Rüzgar türbini) santral tasarımlarının HOMER programı ile üretim ve ekonomik analizini yapmışlardır. Yapılan çalışmaya göre şebekeye bağlı hibrit santral tasarımı daha ekonomik bulunmuştur [11]. Rohani ve ark. (2010), yayımladıkları makalede elektrik şebekesinin ulaşamadığı yerler için FV ve Rüzgar türbini ana enerji kaynağı, jeneratör ve aküler yedek enerji kaynağı olacak şekilde HOMER programında şebekeden ayırık santral modellemesinin ekonomik ve çevresel etkilerini incelemişlerdir [12]. Yadav ve ark. (2015), yayımladıkları makalede Hindistan'nın Hamirpur, Himachal ve Pradesh lokasyonlarında 1 kW kurulu güce sahip güneş enerjisi santrali tasarımını PVSyst kullanarak simüle etmişlerdir [13]. Kandasamy ve

ark. (2013), yayımladıkları makalede Tamilnadu'nun güneyinde bazı yerlere 1 MW kurulu güce sahip güneş enerjisi santralinin kurulmasının uygulanabilirliğinin PVsyst kullanarak santralin enerji üretimi ve kurulum maliyetinin geri dönüşüm süreleri incelenmiştir [14]. Psomopoulos ve ark. (2015), yayımladıkları makalede Yunanistan'da bulunan 9,6 kW çatı tipi GES, 105,6 kW GES ve 98,4 kW kurulu güce sahip 2(iki) açılı güneş takip mekanizmalı santrallerin 24 aylık üretim verileri ile PVGIS, PVWatts ve RetScreen programlarından elde edilen verilerin karşılaştırmasını yapmışlardır [15]. Ceylan ve Taşdelen (2018), yayımladıkları makalede simülasyon ortamında PV*SOL, Helioscope, Polysun ve PVGIS PV simülasyon programları kullanılarak iklim verilerinin, yük taleplerinin ve temel sistem bileşenlerinin simülasyonu yapıp, kurulu 1MW güneş enerjisi santralinin elektrik üretim verileri ile karşılaştırması yapılmıştır. Simülasyon verileri ile gerçek verilerin tutarlılığı analiz edilmiştir [16]. Dondariya ve ark. (2018), yayımladıkları makalede Hindistan, Ujjain'de bir ev için şebekeye bağlı çatı tipi GES tasarımının, PV*SOL, PVGIS, SOLARGIS ve SISIFO FV simülasyon yazılımları ile üretim ve performans analizini yapmışlardır [17]. Literatürde yer alan çalışmalar yukarıda görüldüğü üzere daha çok modelleme, performans analizi ve gerçek bir santralle simülasyon programında elde edilen üretim değerlerinin karşılaştırması şeklindedir.

Bu nedenlerle bu çalışmada çatı tipi GES modellemelerinin üretim ve maliyet analizleri yapılarak yatırım yapılabilirlik seviyeleri incelenmiştir. Bu modelleme verileri ile güneş radyasyon verileri Türkiye ortalamasının altında olan Samsun şehri, güneş radyasyon verileri Türkiye ortalamasına yakın olan Bayburt ve güneş radyasyon verileri Türkiye ortalamasının üzerinde olan Mersin şehirlerindeki yatırım yapılabilirlik seviyeleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Güneş radyasyon verileri Türkiye ortalamasının altında, Türkiye ortalamasına eşit ve Türkiye ortalamasının üzerinde iller seçilerek Türkiye'nin 7(yedi) bölgesini kapsayacak verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

II. SAMSUN, BAYBURT VE MERSİN İLLERİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresinin 2.741 saat (günlük toplam 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisinin 1.527 kWh/m² (günlük toplam 4,18 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir [18,5]. Türkiye global radyasyon değerleri Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında en yüksek seviyede olurken, ortalama güneşlenme süreleri Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek seviyede olmaktadır. Global radyasyon değerleri bölgelere göre incelendiğinde; İlk sırada Güneydoğu Anadolu Bölgesi ikinci sırada Akdeniz Bölgesi ve son sırada Karadeniz Bölgesi gelmektedir. Güneş enerjisinde öncü ülkelerden olan Almanya'nın aldığı en fazla ışınım değeri olan yıllık 1200 kWh/m², Türkiye'nin en az ışınım alan bölgesi olan Karadeniz Bölgesi'nin ışınım değeriyle hemen hemen aynıdır [5].

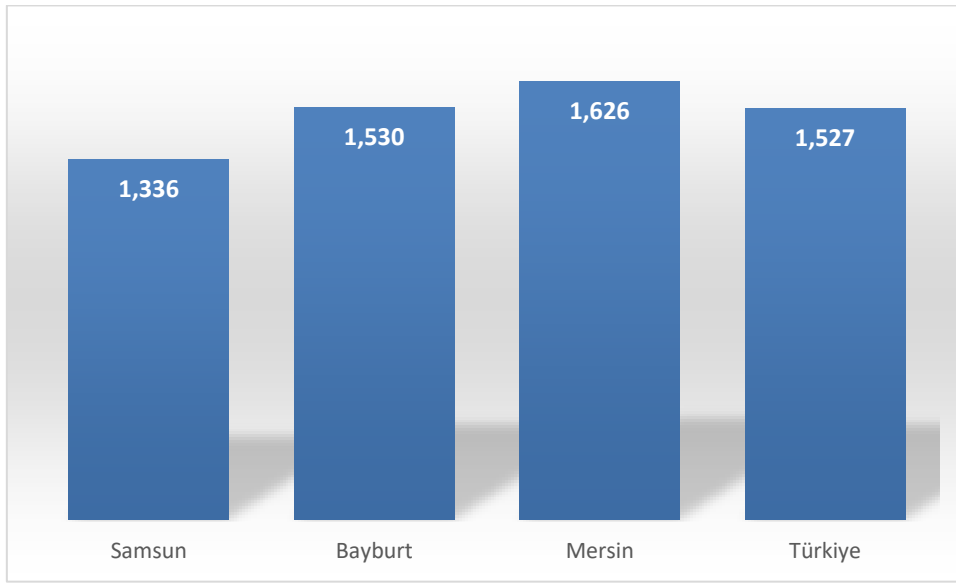


Şekil 1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası(GEPA) [18].

Şekil 1’de görüldüğü üzere Samsun ili GEPA’ya göre 1.336 kWh/m²-yıl toplam güneş radyasyonu ile Türkiye ortalamasının altındadır. Bayburt ili GEPA’ya göre 1.530 kWh/m²-yıl toplam güneş radyasyonu ile Türkiye ortalamasına yakındır. Mersin ili GEPA’ya göre 1.626 kWh/m²-yıl toplam güneş radyasyonu ile Türkiye ortalamasının üzerindedir [18,19].

III. TASARIMLARI YAPILAN ÇATI TİPİ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

İllerin yıllık toplam güneş radyasyonu ortalaması karşılaştırıldığında Mersin Türkiye ortalamasının üzerinde, Bayburt Türkiye ortalamasına yakın ve Samsun Türkiye ortalamasının altında kaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 2). Bayburt ili Samsun ilinden yaklaşık %14,5 yıllık toplam güneş radyasyonuna sahipken, Mersin ili Bayburt ilinden yaklaşık % 6,3 yıllık toplam güneş radyasyonuna sahiptir (Şekil 2).



Şekil 2. GEPA’ya göre illerin yıllık toplam güneş radyasyonu ortalaması [kWh/m²]

12.05.2019 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan; Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği ile aylık mahsuplaşma düzenlemesi yapılmıştır [20]. Böylece günlük mahsuplaşmadan aylık mahsuplaşmaya geçilerek GES üreticilerinin elde ettiği gelir arttığından santralin geri ödeme süresi azalmıştır. Aylık mahsuplaşma sisteminde bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücüne (Hanelerde bağlantı anlaşma gücü genelde 5 kW olmaktadır [19].) kadar üretim tesisi kurulmasına imkan tanınıyor [19]. Simülasyon yapılan illerde seçilen hanelerin günlük ortalama elektrik tüketimi 7,224 kWh ve yıl boyunca sabit kabul edilmiş ve tesis kullanım süresince günlük tüketimin değişmediği farz edilmiştir. 01.05.2019 tarihinde kurulan GES’lerde, 01.04.2019 EPDK elektrik tarifesi birim fiyatları kullanılmıştır. 01.05.2020 tarihinde kurulum yapılan GES’lerde, 01.04.2020 EPDK elektrik tarifesi birim fiyatlarının yıllar içinde değişmediği farz edilmiştir. Yıl boyunca meskenlerin iç tüketimlerinin yarısını şebekeden yarısının da güneş enerjisinden yaptığı farz edilmiştir. Şebekeden çekilen enerji miktarı dağıtım firmasına ödenecek çekiş yönlü dağıtım bedeli hesaplanırken kullanılmaktadır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından 12 Mayıs 2019 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği ile:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak gerçek veya tüzel kişiler tarafından kurulan ve işletilen üretim tesislerinde aylık mahsuplaşma sonucunda her fatura döneminde şebekeye verilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi görevli tedarik şirketi tarafından, on yıl süreyle satın alınacaktır [20].

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunca (EPDK) tarafından 26 Haziran 2019 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren güneş enerjisinde dayalı çatı ve cephe uygulamaları için aylık mahsuplaşmayla ilgili dağıtım tarifeleri ile:

- Mahsuplaşma kapsamındaki tüketim karşılığı üretim için tüketim tesisinin abone grubuna özgü tüketici dağıtım tarifesinden %50 indirim
- Mahsuplaşma sonucu, tüketimin üretime eşit veya tüketimin üretimden fazla veya az olduğu durumlarda veriş yönünde dağıtım bedeli üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren 10 yıl süre ile %100 indirimli uygulanacak
- Çekiş yönlü sistem kullanım bedellerinde ise tüketimin üretime eşit veya tüketimin üretimden düşük olduğu durumlar için % 50 indirim uygulanacak iken, tüketimin üretimi aşan kısmı için ise ilgili tüketici grubu için belirlenmiş çekiş yönlü tüketici dağıtım bedelinde herhangi bir indirim uygulanmayacaktır [21].

Meskenlerde tüketilen enerji bölgelere göre farklılık göstermekte ve birçok etkene göre değişkenlik göstermekte olduğundan 2017 Ekim ayından beri ikamet etmiş olduğum konutun elektrik tüketim değerleri baz alınarak 3 il için de aynı tüketim değerleri yapıldığı farz edilerek kullanılmıştır. Modellemelerde baz olarak kullanılan Mersin’de 2 kişinin yaşadığı mesken, 2019 yılında ortalama 6,262 kWh/gün, en düşük tüketim Haziran ayında 2,95 kWh/gün ve en yüksek tüketim Eylül ayında 11,18 kWh/gün olarak gerçekleşmiştir. Samsun ve Bayburt illeri için de aynı tüketim değerleri yapıldığı farz edilmiştir. 2018,2019 ve 2020 yılındaki tüketim değerleri incelendiğinde; Ocak, Şubat, Ağustos ve Eylül aylarında en yüksek elektrik enerjisi tüketimi gerçekleşmiştir. Ayrıca 3 il için de üretim değerleri incelendiğinde Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında güneş enerjisinden en düşük elektrik üretimi gerçekleşmiştir [19].

A. ŞEBEKEYE BAĞLI ÇATI TİPİ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

İllere yapılan şebekeye bağlı çatı tipi 3 kW, 5 kW ve 10 kW GES tasarımlarında geri dönüş süresi hesaplanırken yıllık mahsuplaşma kullanılmıştır. Aylık mahsuplaşma olarak tasarımları yapmış olsaydık; Samsun yıl boyunca günlük tüketim 7,224 kWh/gün olduğu durumda sadece 3 kW GES tasarımında, Kasım, Aralık ve Ocak ayları hariç GES üretim değeri tüketilen enerjiden fazla olacak, yıl içinde tüketim değeri değişkenlik gösterdiği durumda ise Ocak ve Şubat ayları hariç GES üretim değeri tüketilen enerjiden fazla olarak gerçekleşecektir. Bayburt ve Mersin illerinde ise günlük tüketim 7,224 kWh/gün olduğu durumda 12 ay boyunca GES üretim değeri tüketilen enerjiden fazla olacak, yıl içinde tüketim değeri değişkenlik gösterdiği durumda ise Şubat ayı hariç GES üretim değeri tüketilen enerjiden fazla olarak gerçekleşecektir [19]. Hanelerin elektrik tüketim değerleri GES üretim değerlerini aştığı durum sadece 2-3 ayla sınırlı kaldığı ve üretim ile tüketim arasındaki fark çok olmadığından işlem kolaylığı açısından yıllık mahsuplaşma tercih edilmiştir [19].

1 Nisan 2020 itibariyle EPDK tarafından belirlenen elektrik tarifelerine göre alçak gerilim (AG) mesken abonelerinin aktif tüketim perakende birim fiyatı 0,348202 TL/kWh, dağıtım bedeli birim fiyatı 0,225831 TL/kWh’dir [22]. Yaklaşık %22 vergi vb. eklenince 1 kWh = 0,71 TL olmaktadır. Çekiş yönünden dağıtım bedeli fiyatı 0,113 TL/kWh’dir. İhtiyaç fazlası üretilen elektriğin satış bedeli 0,348202 TL/kWh’dir [7]. Dolayısıyla mevcut yatırım maliyetleri ve elektrik fiyatları dikkate alındığında özellikle güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için kişilerin aylık tüketimlerini karşılayacak büyüklükte üretim tesisi kurmasının yatırımın geri dönüş süresi açısından avantajlı olacaktır.

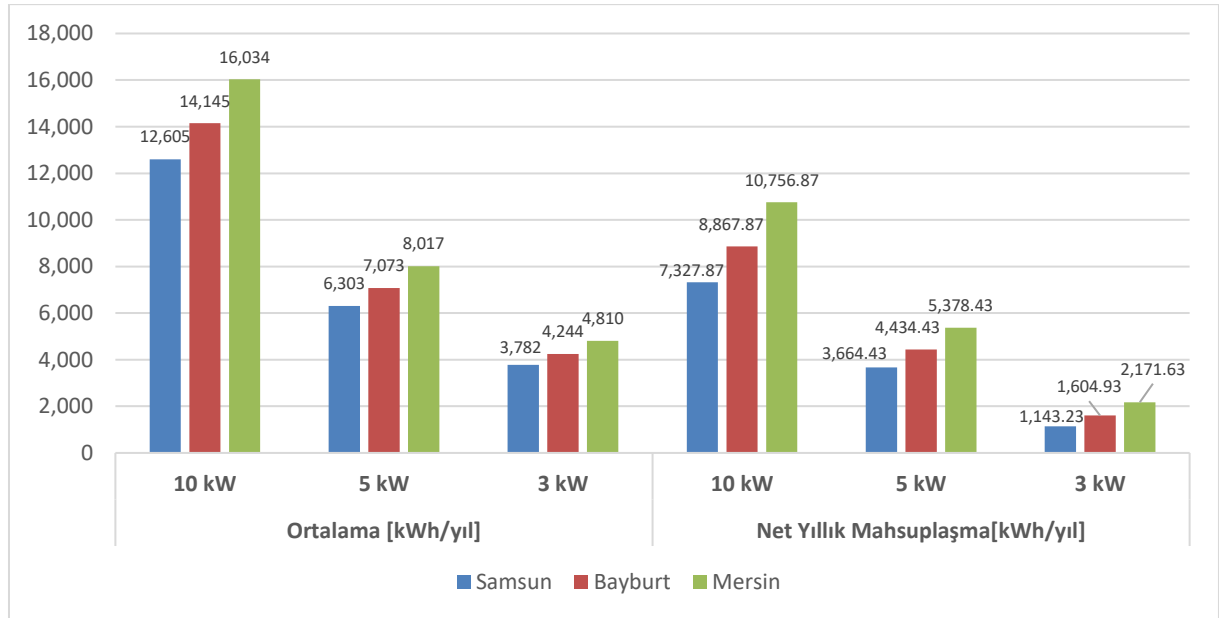
$$SYNK = YTTE*0,71 + YTNM*0,348202 - YTŞÇE*0,113 \quad (1)$$

$$SGÖS = TKM / YNG \quad (2)$$

SYNK: Santralin Yıllık Net Kazancı [TL]
 YTTE: Yıllık Toplam Tüketilen Enerji [kWh]
 YTNM: Yıllık Toplam Net Mahsuplaşma [kWh]
 YTŞÇE: Yıllık Toplam Şebekeden Çekilen Enerji [kWh]
 SGÖS: Santralin Geri Ödeme Süresi [Yıl]

01.05.2020 tarihinde seçilen illere kurulan şebekeye bağlı 3 kW, 5 kW ve 10 kW kapasiteli çatı tipi GES'lerin üretimleri, tüketimleri ve ürettiklerinden tükettiklerini çıkararak yapılan mahsuplaşma ile bulunduğu bölgede bulunan enerji dağıtım firmasına satıp gelir elde ettikleri üretim miktarları karşılaştırıldığında; En fazla üretim sırasıyla Mersin, Bayburt ve Samsun'da olduğu gözlemlenmiştir. Bayburt, Samsun'dan yaklaşık %12'lik bir oranda daha fazla elektrik üretmekte, Mersin ise Bayburt'tan yaklaşık %13'lük bir oranda daha fazla elektrik üretmektedir (Şekil 3).

Çatı tipi GES kurulumu yapılan illerde seçilen hanelerin günlük ortalama elektrik tüketimi 7,224 kWh/yıl boyunca sabit kabul edilmiş ve tesis kullanım süresince günlük tüketimin değişmediği farz edilmiştir. Şebekeye bağlı 3 kW ve 5 kW GES'lerde tek hanenin yıllık toplam tüketilen enerjisi 2.638,566 kWh/yıl ve şebekeye bağlı 10 kW GES'lerde 2(iki) hanenin yıllık toplam tüketilen enerjisi 5.277,132 kWh/yıl olmaktadır.



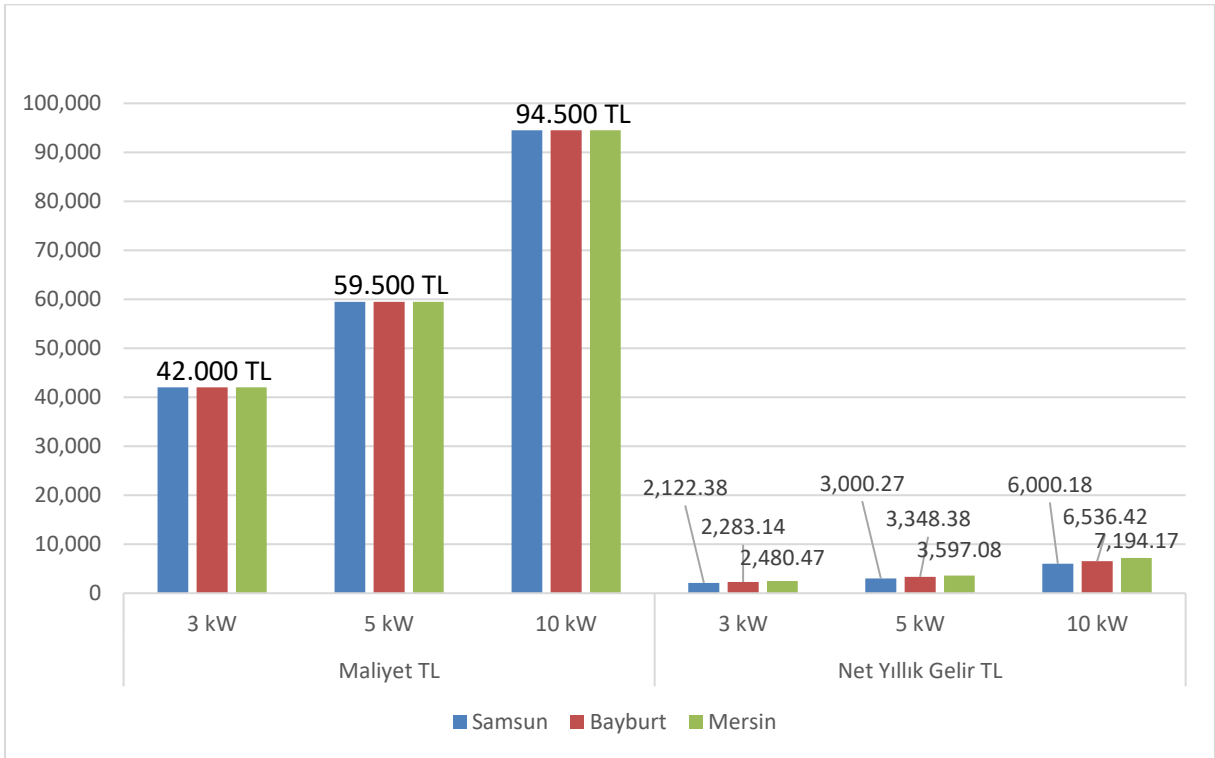
Şekil 3. İllerin yıllık güneş enerjisi üretim ve mahsuplaşma ortalaması [kWh/yıl]

Şekil 3'te verilen GES'lerin yıllık ortalama elektrik üretim değerleri PVGIS, PVsyst ve HOMER programlarından elde edilen üretim değerlerinin ortalamasıdır [19]. Şekil 3'te elde edilen verilere göre; Mersin iline kurulan şebekeye bağlı GES, Bayburt iline kurulan GES'e göre yaklaşık % 13 daha fazla elektrik üretmektedir. Bayburt iline kurulan GES ise Samsun iline kurulan GES'e göre yaklaşık % 12 daha fazla elektrik üretmektedir. Şekil 2 ve Şekil 3 karşılaştırıldığında yıllık güneş radyasyon ortalaması fazla olan ilin yıllık ortalama daha fazla elektrik ürettiği ve iller arasındaki ortalama üretim değerleri farkının çok fazla olmadığı sonucuna varılmaktadır. Şekil 3'te elde edilen verilere göre; Mersin iline kurulan şebekeye bağlı GES, Bayburt iline kurulan GES'e göre yaklaşık % 21 daha fazla net yıllık mahsuplaşma elde edilir. Bayburt iline kurulan GES ise Samsun iline kurulan GES'e göre yaklaşık % 21 daha fazla net yıllık mahsuplaşma elde edilir. Mersin iline kurulan GES ile Samsun iline kurulan GES karşılaştırıldığında ise Mersin iline kurulan GES yıllık ortalama yaklaşık % 27 daha fazla elektrik üretmekle birlikte yaklaşık % 47 daha fazla net yıllık mahsuplaşma elde edilir.

Yapılan piyasa araştırmasına göre Türkiye'nin herhangi bir ilinde bulunan evin çatısına üretime hazır şekilde her şey dahil 3 kW kurulu güce sahip santral tasarımının maliyeti KDV dahil 6.000 Dolar, 5 kW

kurulu güce sahip santral tasarımının maliyeti KDV dahil 8.500 bin Dolar iken 10 kW kurulu güce sahip santral tasarımının maliyeti KDV dahil 13.500 bin Dolar seviyelerinde olmaktadır. Dolayısıyla 3 kW kurulu güce sahip santralin birim maliyeti 2.000 Dolar/kW, 5 kW kurulu güce sahip santralin birim maliyeti 1.700 Dolar/kW ve 10 kW kurulu güce sahip santralin birim maliyeti 1.350 Dolar/kW olmaktadır. Buradan kurulu güç arttıkça birim maliyetin düştüğü ortaya çıkmaktadır. GES kurulumu yapan firmalardan edinilen bilgiye göre santrallerin 3 ayda 1 işletme bakımı ortalama 5 Dolar/kW olmaktadır. Buradan hareketle 3 kW santralin 60 Dolar/Yıl, 5 kW santralin 100 Dolar/Yıl ve 10 kW santralin 200 Dolar/Yıl bakım maliyetleri olmaktadır. Santralin daha verimli çalışması için periyodik bakımlarının yaptırılması önerilmektedir. Periyodik bakımlar, geri dönüş süreleri hesaplanırken ilk yatırım maliyetinin içinde olmadığı için hesaba katılmamıştır.

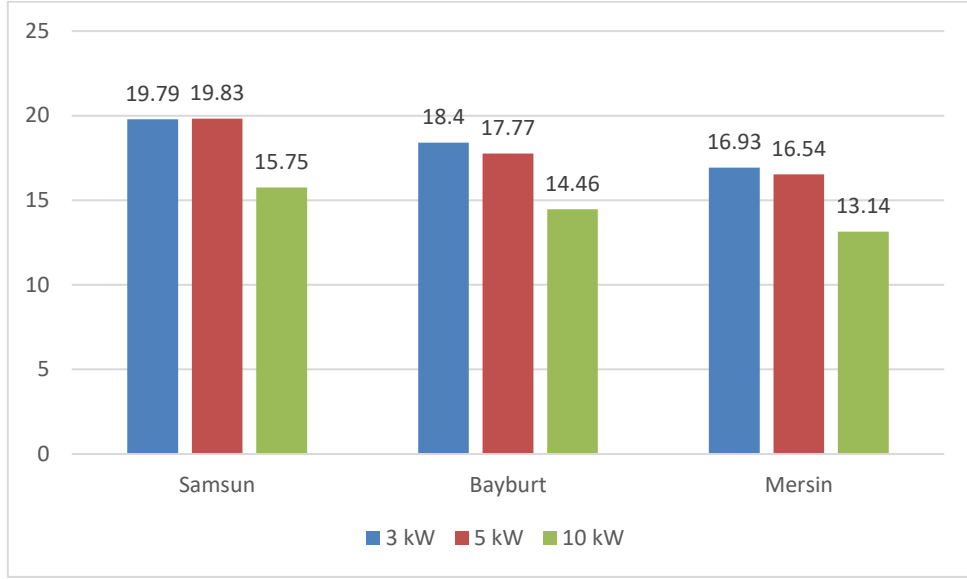
01.05.2020 tarihli dolar kuruna göre 1 dolar = 7 Türk Lirasıdır. 01.05.2020 tarihi itibariyle kurulumu yapılan şebekeye bağlı 3 kW GES yatırım maliyeti yaklaşık 42.000 TL, 5 kW GES yatırım maliyeti yaklaşık 59.500 TL ve 10 kW GES yatırım maliyeti yaklaşık 94.500 TL olmaktadır (Şekil 4). İlgili hesaplamalar sonucu iller arası geri dönüşüm yılları azdan çoğa sırasıyla; Mersin, Bayburt ve Samsun olduğu tespit edilmiş ve iller arası geri ödeme süreleri farkı 1-2 yıl olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. İllere tasarlanan şebekeye bağlı santrallerin yaklaşık maliyet ve net yıllık geliri [TL]

Şekil 4 incelendiğinde Mersin iline kurulan şebekeye bağlı GES'ten elde edilen net yıllık gelir, Bayburt iline kurulan şebekeye bağlı GES'ten elde edilen net yıllık gelire göre yaklaşık % 10 daha fazla olmaktadır. Bayburt iline kurulan şebekeye bağlı GES'ten elde edilen net yıllık gelir ise Samsun iline kurulan şebekeye bağlı GES'ten elde edilen net yıllık gelire göre yaklaşık % 9 daha fazla olmaktadır. Mersin iline kurulan şebekeye bağlı GES'ten elde edilen net yıllık gelir, Samsun iline kurulan şebekeye bağlı GES'ten elde edilen net yıllık gelire göre yaklaşık % 20 daha fazla olmaktadır.

Şekil 5 incelendiğinde illere kurulan 10 kW kurulu güce sahip santrallerin geri ödeme sürelerine göre daha iyi olduğu ve en avantajlı ilin Mersin olduğu ortaya çıkmıştır. Geri ödeme süresi en az olan Mersin, geri ödeme süresi en fazla olan Samsun'a göre yaklaşık 2,5 yıllık bir avantaja sahip olması iller arasında çok ciddi bir farkın olmadığını ortaya çıkarmaktadır.



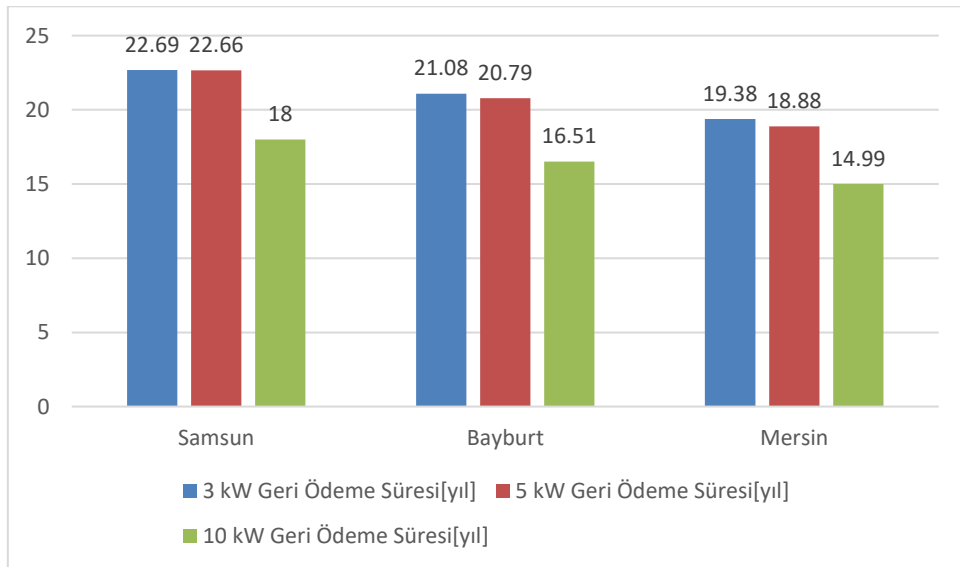
Şekil 5. İllere tasarlanan şebekeye bağlı santrallerin geri ödeme süresi [Yıl]

01.04.2019 itibariyle EPDK tarafından belirlenen elektrik tarifelerine göre AG mesken abonelerinin aktif tüketim perakende birim fiyatı 0,263304 TL/kWh ve dağıtım bedeli birim fiyatı 0,171147 TL/kWh'dir [23]. Çekiş yönünden dağıtım bedeli fiyatı 0,0855735 TL/kWh'dir [7]. Yaklaşık %22 vergi vb. eklenince 1 kWh = 0,53 TL olmaktadır. İhtiyaç fazlası üretilen elektriğin satış bedeli 0,263304 TL/kWh'dir.

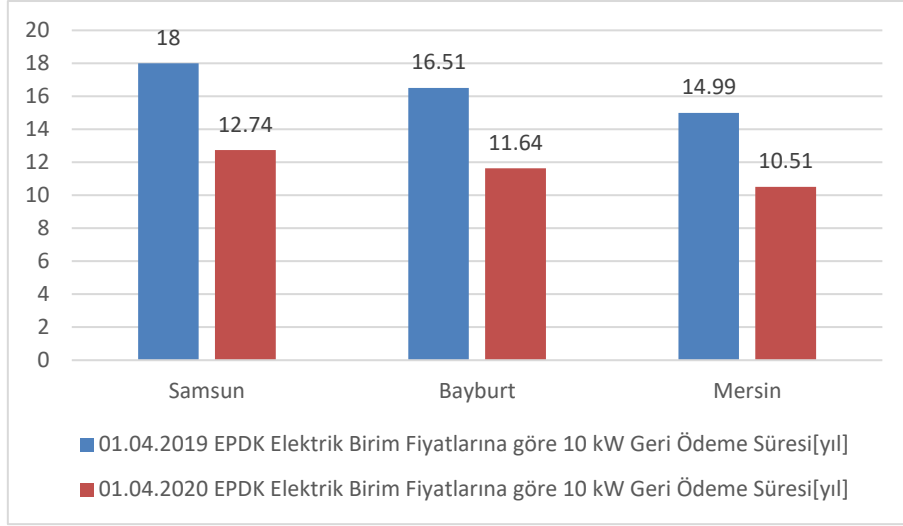
01.05.2019 tarihli dolar kuruna göre 1 dolar = 6 Türk Lirasıdır [19]. 01.05.2019 tarihi itibariyle kurulumu yapılan şebekeye bağlı 3 kW GES yatırım maliyeti yaklaşık 36.000 TL, 5 kW GES yatırım maliyeti yaklaşık 51.000 TL ve 10 kW GES yatırım maliyeti yaklaşık 81.000 TL olmaktadır.

$$SYNK = YTTE*0,53 + YTNM*0,3263304 - YTŞÇE*0,0855735 \quad (3)$$

$$SGÖS = TKM / YNG \quad (4)$$



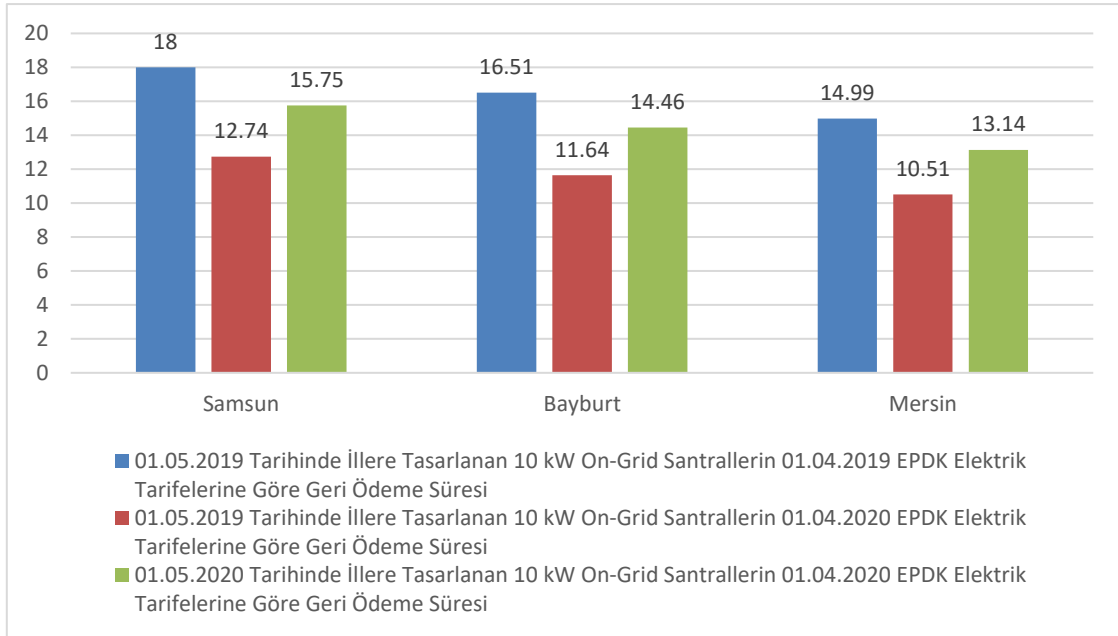
Şekil 6. 01.05.2019 tarihinde illere tasarlanan şebekeye bağlı santrallerin geri ödeme süreleri [Yıl]



Şekil 7. 01.05.2019 tarihinde illere tasarlanan şebekeye bağlı 10 kW santralin 1 yıllık süreçteki geri ödeme sürelerinde meydana gelen değişim [Yıl]

01.05.2019 ve 01.05.2020 tarihlerinde yapılan tasarımlar karşılaştırıldığında 3 il için de aylık ve yıllık mahsuplaşma için en ideali 10 kW'lık şebekeye bağlı GES tasarımı olduğu tespit edilmiş fakat 3 kW GES ile 5 kW GES'lerin geri dönüş sürelerinin yakın olmasının sebebi 5 kW GES tasarımı yapılan hanenin tükettiği enerjiden fazla enerji üretilmesinden kaynaklıdır (Şekil 5, Şekil 6). Ayrıca 10 kW GES tasarımı yapılan hanelerde yıllar içinde tüketilen enerji miktarı düşerse santralin geri ödeme süresi artacaktır. Dolayısıyla güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için kişilerin aylık tüketimlerini karşılayacak büyüklükte üretim tesisi kurmasının yatırımın geri dönüş süresi açısından avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 7'de elde edilen veriler incelendiğinde Samsun, Bayburt ve Mersin illerine 01.05.2019 tarihinde yapılan santral tasarımlarında 1(bir) yıllık süreçte geri ödeme süresinde yaklaşık % 41-42'lik düşme meydana gelmiştir. Bunun sebebi 1(bir) yıllık süreçte elektrik tarifelerinde meydana gelen yaklaşık % 34'lük artış ve 01.05.2019 tarihinde kurulumu yapılan GES'lerin sahipleri bu artış nedeniyle santralin elde ettiği net yıllık gelir artmıştır.

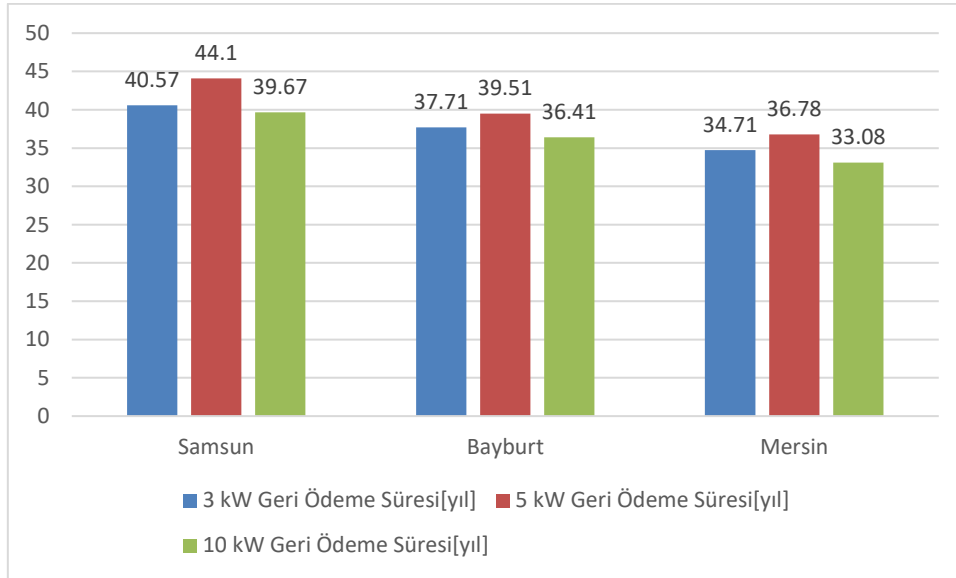


Şekil 8. İllere tasarlanan şebekeye bağlı 10 kW santrallerin geri ödeme sürelerinin karşılaştırılması [Yıl]

Şekil 8’de elde edilen veriler incelendiğinde Samsun, Bayburt ve Mersin illerine 01.05.2019 tarihinde yapılan santral tasarımları, 01.05.2020 tarihinde yapılan santral tasarımlarına göre yaklaşık % 23-25 oranında geri ödeme sürelerinde avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi 1 yıllık süreçte doların yaklaşık % 17’lik artış göstermesi, elektrik tarifelerinde meydana gelen yaklaşık % 34’lük artıştır. 01.05.2019 tarihinde kurulumu yapılan GES’lerin sahipleri döviz kurunun ve elektrik tarifelerinde meydana gelen yükselmeden olumlu etkilenmiştir. 01.05.2020 tarihinde kurulumu yapılan GES’ler dövizde meydana gelen artıştan olumsuz etkilenmiştir.

Bir yıllık süredeki dolarda ve enerji fiyatlarındaki değişimler dikkate alındığında, döviz kurunun artması santral tasarım maliyetini arttırmakta fakat enerji fiyatlarındaki artış üreticinin gelirini ve tasarrufunu artıracığından geri ödeme süresini düşürmektedir.

Simülasyon programlarına göre 01.05.2020 tarihinde tasarlanan, 3 kW şebekeye bağlı GES maliyeti 12.300 Dolar (86.100 TL), 5 kW şebekeye bağlı GES maliyeti 18.900 Dolar (132.300 TL) ve 10 kW şebekeye bağlı GES maliyeti ise 34.000 Dolar (238.000 TL) olmaktadır [19]. Dolayısıyla 3 kW kurulu güce sahip santralin birim maliyeti 4.100 Dolar/kW, 5 kW kurulu güce sahip santralin birim maliyeti 3.780 Dolar/kW ve 10 kW kurulu güce sahip santralin birim maliyeti 3.400 Dolar/kW olmaktadır. Matematiksel olarak daha önce yapılan işlemler uygulanırsa Şekil 9’daki geri ödeme süreleri elde edilir.

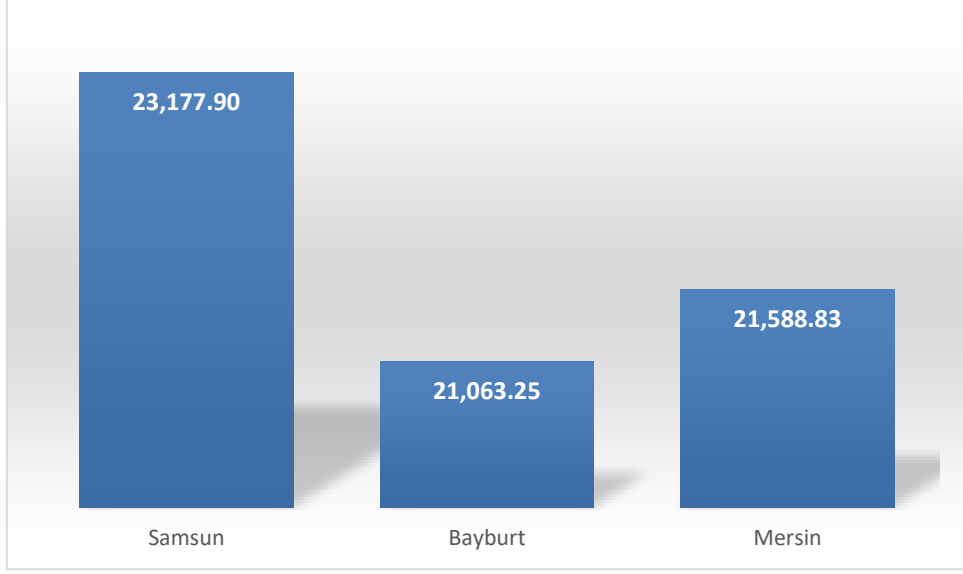


Şekil 9. Simülasyon programlarında illere tasarlanan şebekeye bağlı santrallerin geri ödeme süresi [Yıl]

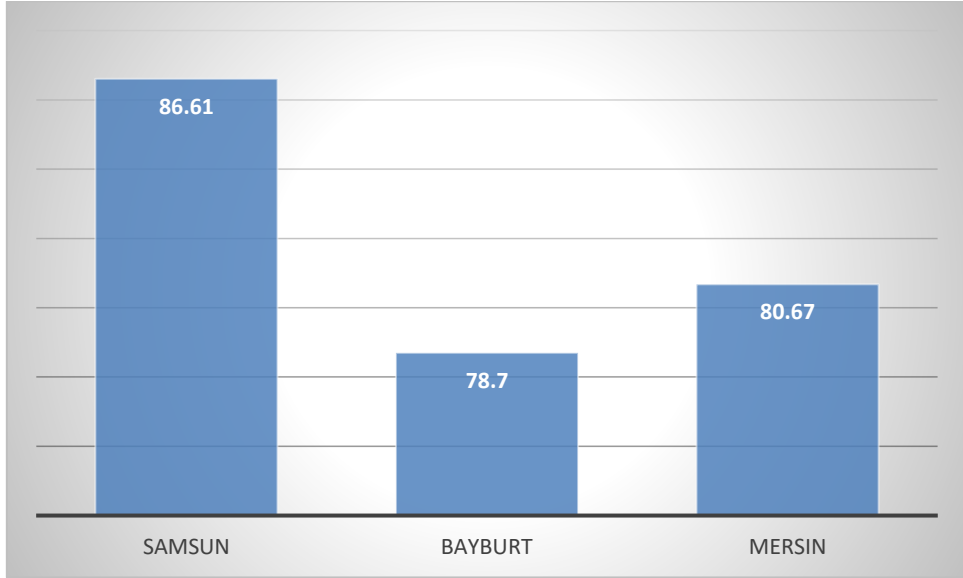
Kullanılan program sonuçlarına göre geri ödeme süresi en düşük sırasıyla; Mersin, Bayburt ve Samsun olmuştur [19]. Şekil 9 incelendiğinde en ideal santral tasarımı 10 kW ve Samsun ile Mersin arasındaki geri ödeme sürelerinin farkı yaklaşık %20 olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6 ve Şekil 9’da görüldüğü üzere kullanılan simülasyon programları ile yapılan piyasa araştırması sonuçları karşılaştırıldığında geri ödeme sürelerinde 2-3 katlık bir fark olduğu tespit edilmiştir [19].

B. ŞEBEKEDEN BAĞIMSIZ ÇATI TİPİ GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Simülasyon programlarına göre 01.05.2020 tarihinde tasarlanan, şebekeden bağımsız GES’lerin yaklaşık maliyet ve geri ödeme süreleri Şekil 10 ve Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 10. Simülasyon programlarında illere tasarlanan şebekeden bağımsız santrallerin yaklaşık maliyeti [Dolar] [19]



Şekil 11. Simülasyon programlarında illere tasarlanan şebekeden bağımsız santrallerin geri ödeme süreleri [Yıl]

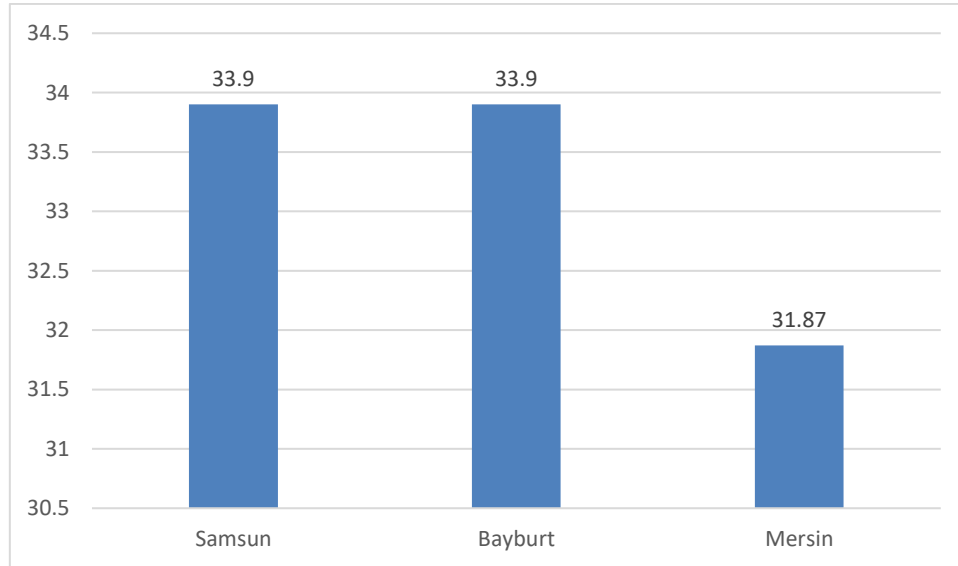
Şekil 10 ve Şekil 11 incelendiğinde geri ödeme sürelerine göre en ideal şebekeden bağımsız santral Bayburt iline tasarlanan santral olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi Bayburt iline yapılan santral tasarımının maliyetinin daha düşük olmasıdır [19].

Tablo 1. Matematiksel Modelleme Olarak Tasarlanan Şebekeden Bağımsız Santraller İçin Seçilen Cihazlar

Cihaz	Kapasite	Adet			Birim Fiyat	Toplam Fiyat		
		Samsun	Bayburt	Mersin		Samsun	Bayburt	Mersin
FV Modül	270 W (Nominal 24 V çıkışlı)	12	12	8	950	11.400	11.400	7.600
Şarj Regülatörü	48 V girişli 50 A	1	1	1	2.500	2.500	2.500	2.500
Akü	12 V 200 Ah	12	12	12	2.800	33.600	33.600	33.600
Off-Grid invertör	5000 W/5000 VA	1	1	1	6.000	6.000 TL	6.000	6.000
Kablo, konnektör,montaj ,nakliye vb.		1	1	1	10.000	10.000	10.000	10.000
TOPLAM					22.250 TL	63.500 TL	63.500 TL	59.700 TL

Tablo 1 incelendiğinde şebekeden bağımsız santral tasarımlarında toplam maliyetin yaklaşık % 43-47'lik kısmını aküler oluşturmaktadır.

Matematiksel olarak şebekeden bağımsız santral tasarımlarında illerin kış güneşlenme süreleri hesaba katılarak ve en az 2 gün bulutluluk olduğu varsayılarak güneş paneli, akü ve invertör hesaplamaları yapılmıştır [19]. Samsun ilinde kış güneşlenme süresi ortalama 3,6 saat, Bayburt ilinde 3,53 saat ve Mersin ilinde 4,99 saat olmaktadır [4,19]. Santrallerde kurulu olan 12 adet akü toplam 28.800 Wh / gün elektrik enerjisini depolayabilmektedir.



Şekil 12. 01.05.2020 tarihinde illere tasarlanan şebekeden bağımsız santrallerin geri ödeme süreleri (matematiksel modelleme)

1 hanenin günlük 7,224 kWh'lik tüketimini karşılayacak şebekeden bağımsız santral tasarımları daha optimum sonuç almak için 9 kWh/gün seçilmiştir. Şekil 11 ve Şekil 12'de görüldüğü üzere 1 hanenin günlük 7,224 kWh'lik tüketimini karşılayacak şebekeden bağımsız santrallerin geri dönüş süreleri yatırım yapılabilir seviyeden uzak kalmaktadır [19]. Ortalama maliyete yıllık bakım maliyetleri ve ortalama 5-6 yılda bir değişecek akülerin maliyetleri ilk kurulum maliyetinin içinde olmadığı için

eklenmemiştir. Bu verilere göre şebekeden bağımsız santraller, şebekeye bağlı santrallere göre düşük verimli bulunmuşlardır.

IV. SONUC

Samsun, Bayburt ve Mersin illerine PVGIS, PVsyst ve HOMER programları ile çeşitli güçlerde şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız çatı tipi GES tasarımları yapılmıştır. Güneş radyasyon oranı en yüksek olan sırasıyla Mersin, Bayburt ve Samsun illerinde elektrik üretim miktarları da aynı sırayla gerçekleşmektedir. Bayburt ili Samsun ilinden yaklaşık %14,5 yıllık toplam güneş radyasyonuna sahipken, Mersin ili Bayburt ilinden yaklaşık % 6,3 yıllık toplam güneş radyasyonuna sahiptir. Yıllık GES'lerin üretimleri ve geri dönüş sürelerine bakıldığında; iller arasındaki yıllık net toplam elektrik üretimi arasındaki fark sırasıyla % 12 – 13, geri ödeme süreleri arasındaki fark sırasıyla 1 – 2 yıl olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla Türkiye'nin 7(yedi) bölgesi de güneş enerjisi alanında verimli bulunmuştur. Güneş enerjisi alanında lider ülkelerden biri olan Almanya'nın güneş radyasyon oranı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan illere yakın olduğu düşünüldüğünde Türkiye güneş enerjisi potansiyelini tam olarak kullanamadığı ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisi karbon salınımı olmayan ve sürekliliği olan yenilenebilir enerji olduğu için elektrik üretiminde bu alana yatırım yapılması zorunluluktur.

Yapılan simülasyon ve matematiksel tasarımlar karşılaştırıldığında 3 il için de aylık ve yıllık mahsuplaşma için en ideali 10 kW'lık şebekeye bağlı GES tasarımı olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri için kişilerin aylık tüketimlerini karşılayacak büyüklükte ve birim maliyeti düşük olan üretim tesisi kurmasının yatırımın geri dönüş süresi açısından avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan simülasyon programlarında elde edilen yaklaşık maliyet, yapılan piyasa araştırması sonucu elde edilen maliyetin 2-3 katı olduğu tespit edilmiştir. Elektrik tüketimi yüksek olan haneler için şebekeden bağımsız GES verimsiz olduğu tespit edilmiş fakat şebekenin olmadığı ve düşük güçte tüketimin olduğu meskenler için ideal bir çözüm olarak değerlendirilebilir bulunmuştur.

01.05.2019 ve 01.05.2020 tarihlerinde yapılan piyasa araştırmasına göre tasarlanan GES'ler incelendiğinde; 01.05.2019 tarihinde tasarlanan GES'ler geri ödeme süreleri açısından daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi döviz kurunun artması 01.05.2020 tarihinde kurulan santral tasarım maliyetini arttırması ve enerji fiyatlarındaki artışın üreticinin gelirini ve tasarrufunu arttırdığından geri ödeme süresini düşürmesidir. İllere tasarlanan 10 kW GES'lerin geri ödeme süreleri 01.05.2020 tarihi itibarıyla 10-16 yıl aralığında olduğundan yatırım yapılabilir seviyeden uzak kalmaktadır.

Döviz kurlarının artması, GES bileşenlerinin ithalata bağımlı olması ve Ülkemizde güneş enerjisi AR-GE çalışmalarının istenilen seviyede olmaması nedeniyle ilk girdi maliyetinin artması yatırımları olumsuz etkilemektedir. Enerji fiyatlarındaki enflasyondan etkilenilmeyeceğinden yıllar içinde geri ödeme sürelerinde düşüş yaşanacak olması cazip yanıdır.

Çatı ve cephe tipi GES'e yönelimlerin artması için; GES teknolojisi alanında AR-GE yatırımları desteklenerek ilk yatırım maliyetlerinde en yüksek paya sahip olan FV modül ve invertör fiyatlarının düşmesine katkı sağlanmalı, GES bileşenlerinin dövizle olan bağımlılığı azaltılmalı, ithalatın azalması ve geri ödeme sürelerinin 5-6 yıl seviyelerine düşmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini istenilen düzeyde kullanamadığı tespit edilmiş ve vatandaşların güneş enerjisine katkısının en kolay yolu olan çatı ve cephe tipi GES'ler incelenmiştir. Bu alanın gelişmesi için çeşitli öneriler verilmiştir. Bu çalışma ile yatırımların Türkiye geneline yayılmasına, enerji arz güvenliği sağlanmasına ve güneş enerjisinin gelişmesine katkı sağlanabileceği düşünülmektedir.

V. KAYNAKLAR

- [1] “IEA World Energy Outlook 2013,” International Energy Agency (IEA), 2013.
- [2] “BP Energy Outlook 2017 Edition,” British Petroleum (BP), 2017.
- [3] H. Öztürk ve D. Kaya, *Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi : Fotovoltaik Teknoloji*, 1. baskı, Kocaeli, Türkiye: Umuttepe Yayınları, 2013, ss. 1-417.
- [4] A. Yiğit ve İ. Atmaca, *Güneş Enerjisi Mühendislik Uygulamaları*, 2. baskı, Bursa, Türkiye: Dora Yayıncılık, 2018, ss. 1-263.
- [5] Makine Mühendisleri Odası (MMO), “Türkiye’nin Enerji Görünümü 2018,” MMO Yayın No 691, 2018.
- [6] *Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik*, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2018. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-92/elektriklisanssiz-uretim>
- [7] *10.05.2019 Tarih ve 30770 Sayılı Resmi Gazete*, T.C. Cumhurbaşkanlığı, 2019. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190510.pdf>
- [8] T. K. Geoffrey ve T. S. Joshua, “Models Used to Assess the Performance of Photovoltaic Systems,” *Sandia Rep.*, c. SAND2009-8258, 2009.
- [9] R. Çakmak, ve İ. H. Altaş, “Solar energy potential of eastern black sea region of Turkey: A case study for Trabzon Province,” in *2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering*, Bursa, Turkey, 2016, ss. 86-90.
- [10] C. Haydaroğlu ve B. Gümüş, “Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralının PVsyst İle Simülasyonu Ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi,” *Mühendislik Dergisi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, c. 7, s. 3, ss. 491-500, 2016.
- [11] Md. Nurunnabi ve N.K. Roy, “Grid Connected Hybrid Power System Design Using HOMER,” *Proceedings of 2015 3rd International Conference on Advances in Electrical Engineering*, Dhaka, Bangladesh, 2015, ss. 18-21.
- [12] A. Rohani, K. Mazlumi ve H. Kord, “Modeling of a hybrid power system for economic analysis and environmental impact in HOMER,” *Proceedings of ICEE*, 2010, ss. 818-822.
- [13] P. Yadav, N. Kumar ve S.S. Chandel, “Simulation And Performance Analysis Of A 1 kw Photovoltaic System Using Pvsyst,” *International Conference On Computation Of Power, Energy, Information And Communication*, 2015, ss. 358–363.
- [14] C.P. Kandasamy, P. Prabu ve K. Niruba, “Solar Potential Assessment Using PVSYST Software,” *2013 International Conference on Green Computing, Communication and Conservation of Energy (ICGCE)*, 2013, ss. 667-672.
- [15] C.S. Psomopoulos, G.C. Ioannidis, S.D. Kaminaris, K.D. Mardikis ve N.D. Katsikas, “A Comparative Evaluation Of Photovoltaic Electricity Production Assessment Software (PVGIS, PVWATTS And RETSCREEN),” *Department of Electrical Engineering, Piraeus University of Applied Sciences*, Greece, 2015, ss. 175-189.

- [16] O. Ceylan ve K. Taşdelen, “İsparta İli İçin Fotovoltaik Programlarının Simülasyon Sonuçlarının Doğruluğunun İncelenmesi,” *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 18, s. 3, ss. 895-903, 2018.
- [17] C. Dondariya, D. Porwal, A. Awasthi, A.K. Shukla, K. Sudhakar, M.S.R. Monahar ve A. Bhimte, “Performance Simulation Of Grid-Connected Rooftop Solar PV System For Small Households: A Case Study Of Ujjain, India,” *Energy Reports*, c. 4, ss. 546-553, 2018.
- [18] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. (2020, 15 Mayıs). “Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA).” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>
- [19] S. Akkaya, “Samsun, Bayburt ve Mersin illerine kurulabilecek güneş enerjisi santrallerinin modellenmesi”, Yüksek lisans tezi, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Ordu Üniversitesi, Ordu, Türkiye, 2019.
- [20] *Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği*, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-92/elektriklisanssiz-uretim>
- [21] *Dağıtım Lisansı Sahibi Tüzel Kişiler Ve Görevli Tedarik Şirketlerinin Tarife Uygulamalarına İlişkin Usul Ve Esaslarda Değişiklik Yapılması Hakkında Karar*, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-10284/dagitim-lisans-sahibi-tuzel-kisiler-ve-gorevli-t>
- [22] *26.03.2020 Tarih ve 9270 Sayılı Kurul Kararı*, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2020. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/03/20200331-4.pdf>
- [23] *27.03.2019 Tarih ve 8518 Sayılı Kurul Kararı*, T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.lexpera.com.tr/mevzuat/kurul-kararlari/enerji-piyasasi-duzenleme-kurulunun-27-03-2019-tarihli-ve-8518-sayili-karari-8518-1>