



Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 27.01.2025
Kabul Tarihi : 18.03.2025

Received Date : 27.01.2025
Accepted Date : 18.03.2025

MESKEN TİPİ FOTOVOLTAİK SANTRALLER İÇİN TEKNİK, EKONOMİK VE SİMÜLASYON TABANLI FİZİBİLİTE ANALİZİ

TECHNICAL, ECONOMIC AND SIMULATION-BASED FEASIBILITY ANALYSIS FOR RESIDENTIAL PHOTOVOLTAIC PLANTS

*Furkan DİNCER*¹ (ORCID: 0000-0001-6787-0850)
Ahmet Serdar YILMAZ^{2*} (ORCID: 0000-0002-5735-3857)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ahmet Serdar YILMAZ, asyilmaz@ksu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, mesken tipi fotovoltaik santrallerin teknik, ekonomik ve simülasyon tabanlı fizibilitesini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Kahramanmaraş ilinde belirlenen iki abonenin yıllık tüketim profilleri analiz edilerek, mevcut sözleşme gücüyle uygulanabilecek santral ile tüm tüketimi karşılayan santral senaryoları ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Teknik analiz kapsamında; fotovoltaik paneller, invertör ve çatı alanı gereksinimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ayrıca her iki santral için fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi ile simülasyon analizleri yapılmıştır. Önerilen sistem gücü 19,2 kWe AC / 24,96 kWp DC olup, yıllık 34.944 kWh elektrik enerjisi üretimi sağlayarak toplam tüketimin %26,9'unu karşılayabileceği hesaplanmıştır. Sistemin geri dönüş süresi yaklaşık 5,07 yıl olarak belirlenmiştir. Alternatif olarak, 92,76 kWp DC gücünde bir sistem ile tüm tüketimin karşılanabileceği belirlenmiştir. Bu sistemin yıllık üretimi ise 129.864 kWh olup, yatırım maliyeti 1.811.139 TL olarak hesaplanmış ve geri dönüş süresi yaklaşık 4,65 yıl olarak tespit edilmiştir. Sunulan çalışma, bireysel fotovoltaik santral ile güneş enerjisi kullanımının yaygınlaştırılması ve tüketicilere en uygun çözümün sunulması açısından önemli bir örnek teşkil edecektir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik santraller, teknik ve ekonomik fizibilite, fotovoltaik panel verimliliği, geri dönüş süresi analizi

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the technical, economic, and simulation-based feasibility of residential photovoltaic power plants. The annual consumption profiles of two subscribers identified in city of Kahramanmaraş were analyzed and scenarios for a plant that could be implemented with the existing contract power and a plant that could meet all consumption were compared separately. Within the scope of the technical analysis; photovoltaic panels, inverters, and roof area requirements were evaluated as separately. In addition, simulation analyses were performed for both power plants using a photovoltaic geographic information system. The recommended system power is 19.2 kWe AC / 24.96 kWp DC, which is calculated to provide an annual electricity generation of 34,944 kWh, covering 26.9% of the total consumption. The payback period of the system is determined to be approximately 5.07 years. Alternatively, it was determined that a system with a power of 92.76 kWp DC could meet the entire consumption. The annual generation of this system is 129,864 kWh, the investment cost was calculated as 1,811,139 TL and the payback period was determined to be approximately 4.65 years. Presented study will serve as an important example in terms of promoting the use of solar energy with individual photovoltaic power plants and offering the most suitable solution to consumers.

Keywords: Photovoltaic plants, technical and economic feasibility, photovoltaic panel efficiency, payback period analysis

ToCite: DINCER, F., ve YILMAZ, A.S., (2025). MESKEN TİPİ FOTOVOLTAİK ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN TEKNİK, EKONOMİK VE SİMÜLASYON TABANLI FİZİBİLİTE ANALİZİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(3), 1418-1426.

GİRİŞ

Güneş enerjisinden fotovoltaik paneller ile elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Günümüzde fotovoltaik panellerin verimlilik değerlerinin artması ve maliyetlerin de azalması ile beraber güneş enerjisi santrallerinin sayısı hızlı bir şekilde artmaktadır. Güneş ile elektrik enerjisi üretimi artık konvansiyonel kaynaklardan elektrik enerjisi üretim maliyetlerinden neredeyse daha ucuz hale gelmeye başlamıştır. Sürdürülebilir, çevre dostu ve yakıt gerektirmeyen bu kaynak, dünya var olduğu sürece vazgeçilmez bir elektrik enerjisi üretim kaynağı da olacaktır (Dincer & Ozer, 2023; Dincer, 2021; Kisakurek et al., 2024; Adak et al., 2023).

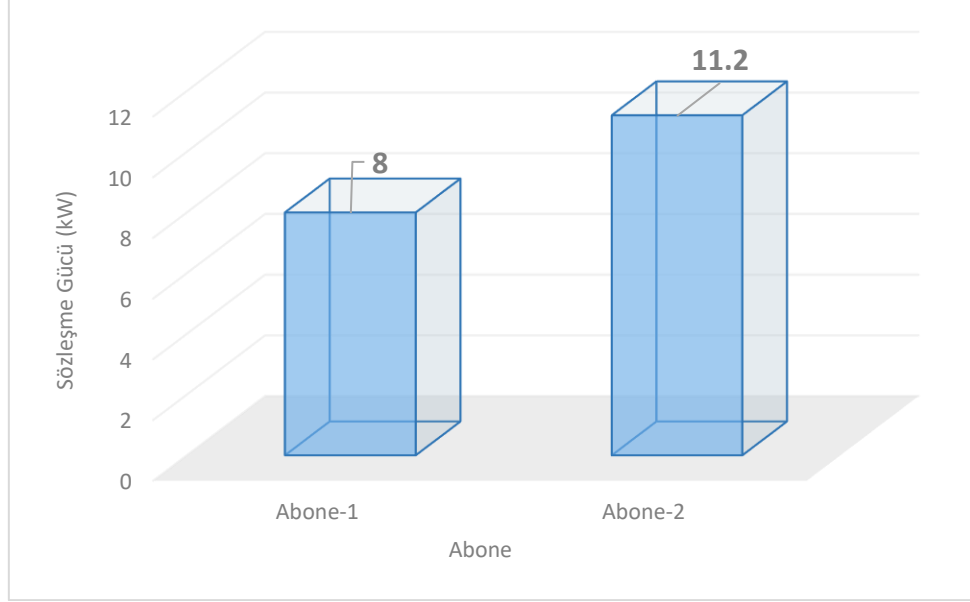
Ülkemizde, 2024 yılı Aralık ayı itibariyle lisanssız güneş enerji santrali kurulu gücü 17.716 MW'a ulaşırken, lisanslı güneş enerjisi santrali kurulu gücü 1.874 MW seviyesine yükselmiştir. Toplam güneş enerjisi santrali kurulu gücü ise 19.590 MW değerine ulaşmıştır. Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi kurulu gücü ise 115.353 MW'a ulaşmış olup (Enerji Ajansı, 2025; Yük Tevzi Bilgi Sistemi, 2025), bunun yaklaşık %17'si güneş enerjisi santrallerinden sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının artması, enerji arz güvenliğini güçlendirirken, dışa bağımlılığı azaltma yönünde de önemli bir katkı sağlamaktadır. Gelecekte, enerji depolama üniteleriyle desteklenen güneş enerjisi santrali projelerinin artması beklenmekte olup, bu gelişmeler enerji sektöründe daha dengeli ve sürdürülebilir bir büyümenin önünü de açacaktır.

Bu güneş enerjisi santrallerinin önemli bir bölümü endüstriyel amaçlı olup mesken abonelerine ait güneş enerjisi santrallerinin kurulu gücü çok azdır. Mesken tipi güneş enerjisi santrali olarak 3 kW, 5 kW veya 10 kW gibi küçük ölçekte kurulu güce sahip mesken abone tipi kullanıcılar ifade edilmektedir. Yerinde üretim ve tüketim konusunda en iyi örnek teşkil edebilecek uygulamalar arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, bu abone tiplerinin de güneş enerjisi santrali kurabilmeleri ekstra teşvik edilmelidir.

Literatürde güneş enerjisi santralleri konusunda çok sayıda çalışma yer almaktadır (Tekdamar & Tekdamar, 2024; Sefer & Kaya, 2024; Bayrak & Aslan, 2023; PVGIS, 2025; Akyazı et al., 2024; Şahin et al., 2022; Akkaya & Akkaya Oy, 2021). Literatür çalışmaları incelendiğinde genellikle genel olarak ifade edilmiş tüketim profilleri kullanılarak fizibilite analizleri yapılmaktadır. Tekdamar ve Tekdamar (Tekdamar & Tekdamar, 2024) çalışmalarında coğrafi bilgi sistemleri tabanlı analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak güneş enerjisi santrali yer seçimi için Mardin ili örneğinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada belirli spesifik bir tüketim senaryosu yer almamaktadır. Akyazı ve ark. (Akyazı et al., 2024) çalışmalarında, PVsyst simülasyon programını kullanarak Türkiye coğrafi bölgelerine göre genel bir simülasyon çalışması ortaya koymuşlardır. Ancak spesifik bir tüketim analizi yer almamaktadır. Şahin ve ark. (Şahin et al., 2022) yaptıkları çalışmada Kahramanmaraş ili Göksun ilçesinde ikamet eden dört kişiden oluşan bir ailenin evde tüketileceği günlük elektrik enerjisi ihtiyacını karşılama amacı ile şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem tasarlamışlardır. Ancak, tüketim profili için genel bir yaklaşım sergilenmiştir. Akkaya ve Akkaya Oy (Akkaya & Akkaya Oy, 2021) farklı güneş radyasyon verilerine sahip olan Samsun, Bayburt ve Mersin şehirlerine şebekeye bağlı 3 kW, 5 kW ve 10 kW kurulu güce sahip çatı tipi güneş enerji santrali modellemesi yapmışlardır. Ancak, farklı tüketim profilleri için farklı senaryolar oluşturmamışlardır. Literatürdeki birçok çalışma ortalama tüketim değerleri üzerinden veya varsayım ile belirlenen bir tüketim değeri üzerinden simülasyon çalışması gerçekleştirmektedir. Bu çalışmada, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak tüketim profilleri için faturalar üzerinden deneysel tüketim verileri baz alınarak ve farklı güç seçenekleriyle detaylı karşılaştırmalar yapılmaktadır. Karşılaştırma için simülasyon çalışmasında fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi analizleri ile saha bazlı tahminleme yapılması sağlanmıştır. Gerçek konum verileri için fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi (PVGIS) ile analiz gerçekleştirilmiştir. Böylece, yapılan simülasyon ile kurulması planlanan güneş santralleri için aylık değişimler detaylı olarak incelenebilmektedir. Ayrıca, literatürden farklı olarak sadece mikro ölçekte değil, sözleşme güç arttırım senaryosu da baz alınarak daha büyük ölçekte 92,76 kWp DC kapasite için alternatif senaryo oluşturulmuştur. Reel ekonomik veriler üzerinden bir çalışmada bulunulmuştur.

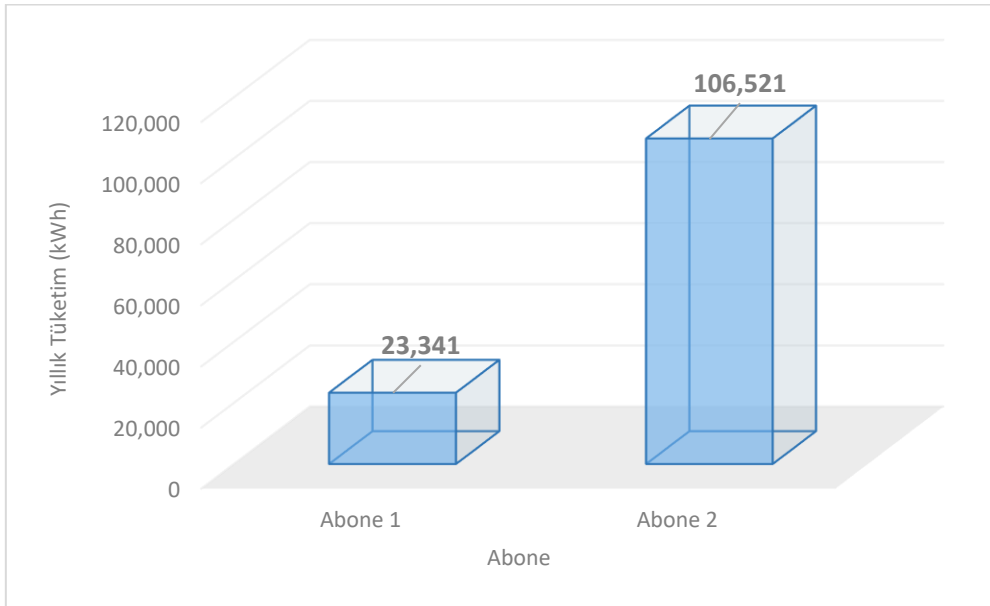
Bu çalışma, mesken tipi güneş enerjisi santrallerinin (GES) teknik ve ekonomik fizibilitesini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, belirlenen abonelerin elektrik tüketim profilleri analiz edilerek uygun sistem kapasitesi belirlenmiş, bileşen seçimi yapılmış ve alternatif senaryolar üzerinde durulmuştur. Ayrıca, mevcut sözleşme gücüne dayalı olarak uygulanabilecek sistem ile tam tüketim karşılayan sistem senaryoları karşılaştırılmış, yatırım maliyetleri, geri dönüş süresi ve yönetmeliklere uygunluk gibi kritik faktörler değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, tüketiciye en uygun maliyet-etkin çözümün belirlenmesi ve güneş enerjisinin yaygın kullanımına katkı sağlanması hedeflenmiştir. Şekil 1'de, Abone 1 ve Abone 2 için belirlenen sözleşme güçleri karşılaştırılmaktadır. Abone 1'in sözleşme gücü 8 kW, Abone 2'nin sözleşme gücü ise 11,2 kW olduğu elektrik faturalarından tespit

edilmiştir. Abone 2'nin sözleşme gücünün, Abone 1'e kıyasla yaklaşık %40 daha fazla olduğu görülmektedir. Bu fark, Abone 2'nin yıllık enerji ihtiyacının daha büyük olmasıyla ilişkilendirilebilir. Kurulması planlanan güneş enerjisi santrali tasarlanırken, her iki abonenin mevcut sözleşme güçleri ve enerji tüketim profilleri dikkate alınarak uygun bir sistem boyutlandırılması yapılmıştır.



Şekil 1. Abonelere Ait Sözleşme Güçleri

Şekil 2'de, Abone 1 ve Abone 2 için yıllık elektrik enerjisi tüketimleri karşılaştırılmaktadır. Abone 1'in yıllık tüketimi 23.341 kWh, Abone 2'nin yıllık tüketimi ise 106.521 kWh olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Abone 2'nin elektrik tüketiminin Abone 1'e kıyasla yaklaşık 4,5 kat daha fazla olduğunu göstermektedir. Tüketim miktarları güneş enerjisi santralinin tasarımında kritik bir parametre olup, her iki abonenin toplam tüketim ihtiyacına uygun bir sistem kurulumu gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle, Abone 2'nin tüketimi toplam sistem yükünün büyük bir kısmını oluşturduğundan, güneş enerjisi kapasitesinin bu ihtiyaca göre ölçeklendirilmesi önemlidir.

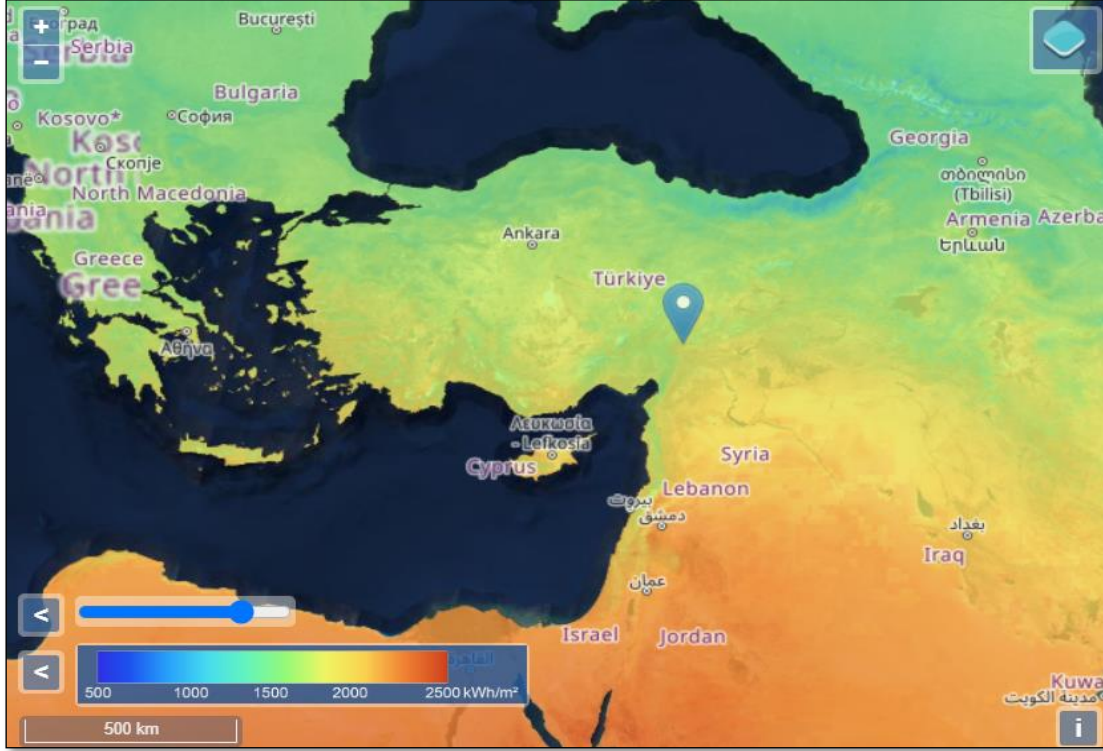


Şekil 2. Abonelere Ait Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketim Değerleri

Bu verilere göre, toplam sözleşme gücü 19,2 kW AC, toplam yıllık tüketim ise 129.862 kWh olarak belirlenmiştir. Bu tüketim miktarlarına göre iki farklı senaryo baz alınmış ve karşılaştırılmıştır.

YERLEŞİM VE ÇEVRESEL KOŞULLAR

Çalışma için seçilen lokasyon Kahramanmaraş ilidir. Şekil 3'te gösterilen harita, Kahramanmaraş ili ve çevresinin yıllık küresel güneş radyasyonu dağılımını sunmaktadır. Renk skalası, düşük (mavi tonları) ile yüksek (turuncu-kırmızı tonları) arasında değişen güneş enerjisi potansiyelini ifade etmektedir. Görseldeki renk kodlamasına göre, Kahramanmaraş ili ve civarı, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli yüksek bölgelerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Haritanın renk skalasına bakıldığında, bu bölgenin yıllık yaklaşık 1600-2000 kWh/m² arasında bir güneş ışınımı aldığı görülmektedir. Kahramanmaraş, Türkiye'nin güneş enerjisi bakımından avantajlı bölgesinde yer almaktadır.



Şekil 3. Kahramanmaraş Lokasyonu ve Küresel Güneş Radyasyonu Dağılımı (kWh/m²) (PVGIS, 2025)

MEVCUT SÖZLEŞME GÜCÜ İLE GES KURULUM ÜRETİM SENARYOSU

Her iki aboneye ait toplam sözleşme gücü için önerilen sistem gücü 19,2 kWe AC / 24,96 kWp DC olarak hesaplanmıştır. Buradaki AC/DC oranı yaklaşık 1,3 olup, bu oran GES'ler için verimlilik açısından uygun olan bir değerdir. Sistem, yıllık ortalama 1.400 kWh/kWp üretim kapasitesi varsayımıyla yaklaşık 34.944 kWh/yıl elektrik enerjisi üretebilecektir. Bu üretim, toplam yıllık tüketimin yaklaşık %26,9'unu karşılayabilecek düzeydedir. Bu durumda, önerilen sistemin mevcut tüketimin tamamını karşılamak için yeterli olmadığı ancak önemli bir kısmını karşılayarak elektrik faturalarında ciddi bir tasarruf sağlayacağı görülmektedir. Daha yüksek bir karşılama oranı istenmesi durumunda, sözleşme gücünün artırılması ve sistem kapasitesinin büyütülmesi gerekecektir.

Mevcut sözleşme gücü için önerilen GES, toplam 24,96 kWp DC kurulu güce sahiptir. Bu güç değeri, sistemin optimum performansla çalışmasını sağlamak ve belirlenen tüketim ihtiyacının bir kısmını karşılamak amacıyla belirlenmiştir. Her bir panelin gücü 550 Wp olup, toplamda yaklaşık 46 adet panel kullanılması planlanmaktadır. Mevcut sözleşme gücü için santral inverter gücü 19,2 kWe AC olarak belirlenmiştir. Direkt bu değerde invertör olmadığı için 20 kWe trifaze gücüne sahip bir invertörün 19,2 kWe değerinde limitlenmesi yapılabilir. Bu bağlamda, GES'in toplam kapladığı alan yaklaşık 92 m² olarak hesaplanmıştır. Bu alan değeri, her bir fotovoltaik panelin yaklaşık 2 m² yer kapladığı dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca, çatı mevcudiyeti, yapısal dayanıklılık ve gölgeleme faktörleri göz önünde bulundurularak, panellerin optimal yerleşimi sağlanmalıdır.

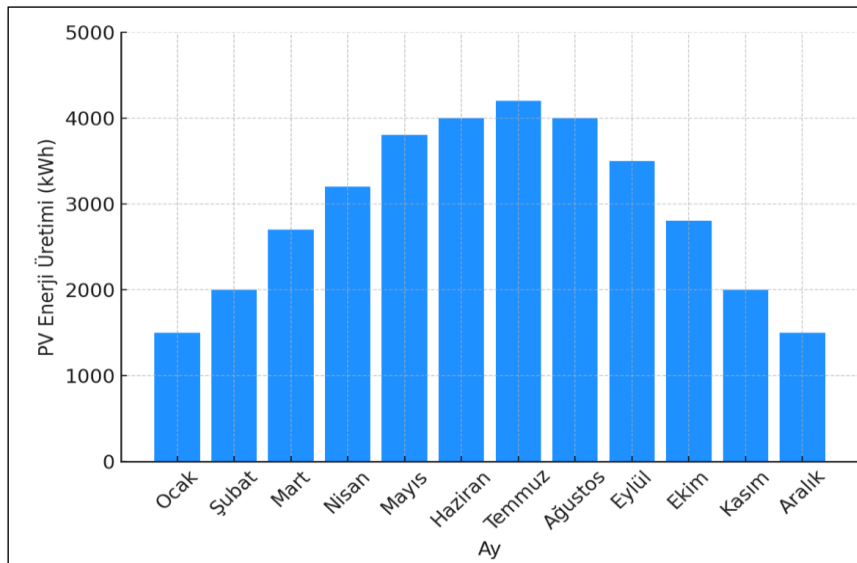
Tablo 1'de PVGIS simülasyon programı (PVGIS, 2025) kullanılarak oluşturulan mevcut sözleşme gücü ile GES kurulum için simülasyon parametreleri sunulmaktadır. Tablo 1'de verilen simülasyon parametreleri, belirlenen

konumda (37.681° enlem, 36.857° boylam) kurulacak 24,96 kWp gücündeki GES'in yıllık elektrik enerjisi üretim potansiyelini analiz etmektedir.

Tablo 1. Mevcut Sözleşme Gücü ile GES Kurulum için Simülasyon Parametreleri

Parametre	Değer
Konum (Enlem/Boylam)	37.681, 36.857
Ufuk Hesaplaması	Yapıldı
Kullanılan Veritabanı	PVGIS-SARAH3
PV Teknolojisi	Kristalin Silikon
Kurulu PV Gücü [kWp]	24.96
Sistem Kayıpları [%]	14
Simülasyon Çıktıları	
Eğim Açısı [°]	15
Azimut Açısı [°]	0
Yıllık PV Enerji Üretimi [kWh]	34.944
Yıllık Panel Üzeri Işınım [kWh/m ²]	1,915.6
Yıldan Yıla Değişkenlik [kWh]	927.66
Çıktıdaki Değişimler	
Işınım Açısı Kaybı [%]	-2.56
Spektral Etkiler [%]	-0.73
Sıcaklık ve Düşük Işınım Kaybı [%]	-13.11
Toplam Kayıp [%]	-27.72

Simülasyon programı kullanılarak mevcut sözleşme gücü ile GES kurulum için aylık elektrik enerjisi üretimi dağılımı Şekil 4'te gösterilmektedir. Genel eğilim incelendiğinde, güneş enerjisi üretiminin yıl boyunca değişiklik gösterdiği ve yaz aylarında en yüksek değerlere ulaştığı gözlemlenmektedir. En düşük üretim ise Ocak ve Aralık aylarında gerçekleşirken, en yüksek üretim ise Haziran ve Temmuz aylarında meydana gelmektedir. İlkbahar aylarında (Mart, Nisan, Mayıs), üretim miktarı kademeli olarak artmakta ve yaz aylarına doğru maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Sonbahar ile birlikte üretim azalmaya başlamaktadır. Güneş ışınımının yaz aylarında daha dik açı ile gelmesi ve daha uzun güneşlenme süreleri sayesinde daha fazla elektrik enerjisi üretilmektedir. Kış aylarında ise güneş ışınımı daha eğik açı ile yeryüzüne ulaşmaktadır. Ayrıca, güneşlenme süreleri de daha kısa olduğu için GES'lerin elektrik enerjisi üretim değerleri de azalmaktadır.



Şekil 4. Mevcut Sözleşme Gücü ile GES Kurulum için Aylık Elektrik Enerjisi Üretimi Dağılımı

Tablo 2'de, mevcut sözleşme gücü ile kurulacak GES (19,2 kWe AC / 24,96 kWp DC) için ekonomik analiz değerlendirilmiştir. Sistemin toplam DC gücü 24,96 kWp olup, 1 Wp başına kurulum maliyeti 0,6 USD olarak

hesaplanmıştır. Bu doğrultuda, toplam kurulum maliyeti 14.976 USD'ye, TL karşılığı ise 531.648 TL'ye (1 USD= 35,5 TL) ulaşmaktadır. Sistemin yıllık elektrik enerjisi üretimi 34.944 kWh olarak belirlenmiş ve 1 kWh elektrik enerjisi birim fiyatı 3 TL olarak kabul edilmiştir. Buna göre, yıllık elektrik enerjisi kazanımı 104.832 TL olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Mevcut Sözleşme Gücü İle GES Kurulum Üretim Senaryosu İçin Ekonomik Analiz

Kategori	Hesaplama	Birim Tutar	Sonuç
Toplam DC Güç	24.960 Wp	-	24,96 kWp
Kurulum Maliyeti (USD)	$24.960 \times 0,6$	0,6 USD/Wp	14.976 USD
Kurulum Maliyeti (TL)	$14.976 \times 35,5$	1 USD = 35,5 TL	531.648 TL
Yaklaşık Yıllık Elektrik Üretimi	$24,96 \times 1.400$	1.400 kWh/kWp	34.944 kWh
Yıllık Elektrik Tasarrufu (TL)	34.944×3	1 kWh = 3 TL	104.832 TL
Geri Dönüş Süresi (yıl)	$531.648 \div 104.832$	-	$\approx 5,07$ yıl

Bu yatırımın geri dönüş süresi yaklaşık 5,07 yıl olarak belirlenmiştir. Bu süre sonunda sistem, yapılan yatırımı amorti edecek ve kalan süre boyunca elektrik enerjisi üretimiyle net kazanç sağlayacaktır. Elektrik enerjisi fiyatlarında yaşanabilecek olası artışlar ve ek destekler geri dönüş süresini daha da kısaltabilir.

TÜKETİMİN TAMAMINI KARŞILAYABİLECEK GES KURULUM ÜRETİM SENARYOSU

Bu alternatif senaryoda, tüm yıllık tüketimin (%100) GES ile karşılanması hedeflenmiştir. Mevcut yıllık elektrik enerjisi tüketimi 129.862 kWh olup, bu ihtiyacı karşılayacak sistem kapasitesi hesaplanmıştır. Bu senaryo, tüketim ihtiyacının tamamını karşılayarak şebeke bağımsızlığı sağlamaya yönelik bir çözüm sunmaktadır. Aslında şebeke bağlantısı ile elektrik şebekesi depo gibi kullanılabilir. Çünkü, GES ile kış aylarında yaz aylarına göre daha az elektrik enerjisi üretilmektedir. Burada tasarımda yıllık elektrik enerjisi ihtiyacı baz alınmıştır. Ancak, büyük çatı alanı gereksinimi ve yatırım maliyetleri, dikkate alınması gereken en önemli faktörlerdir.

Bu durumda tam tüketim ihtiyacını karşılayacak sistem (71,35 kW AC / 92,76 kW DC) için her iki abonenin sözleşme güçlerinde toplamda en az 52,15 kW artırıma gidilmesi gereklidir. Dağıtım şirketine sözleşme güç artırımı talebi yapılmalı, mevcut bağlantı altyapısının uygunluğu kontrol edilmelidir. Yıllık spesifik üretim değeri 1.400 kWh/kWp olarak alınmış ve bu doğrultuda gereken DC güç 92,76 kWp olarak belirlenmiştir. DC/AC oranı 1,3 olarak hesaplanarak AC güç gereksinimi 71,35 kW AC olarak tespit edilmiştir. 550 Wp paneller için toplam 169 adet panel gerektiği hesaplanmıştır.

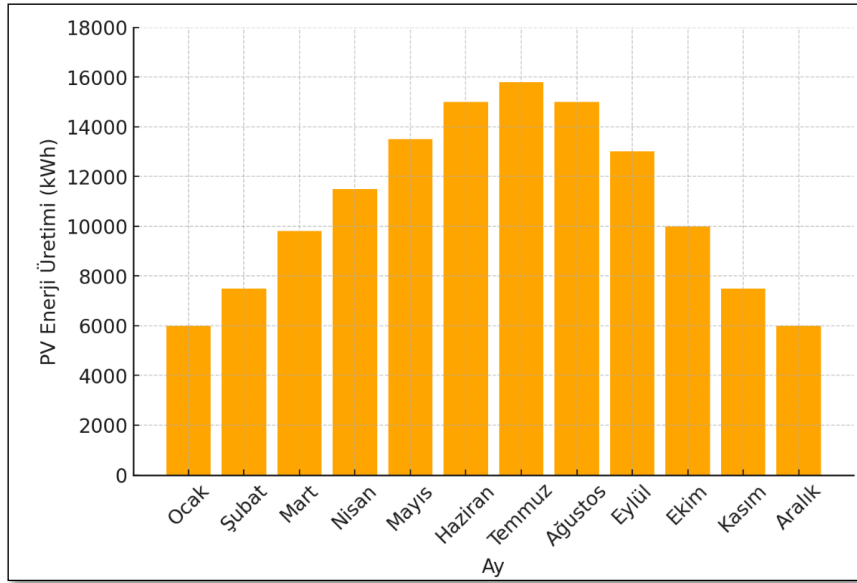
İnverter seçeneği olarak, 1 adet 70 kW trifaze inverter veya 2 adet 35 kW trifaze inverter önerilmektedir. Her bir fotovoltaik panelin yaklaşık 2 m² alan kaplamasıyla toplam çatı gereksinimi yaklaşık 338 m² olarak hesaplanmıştır. Tablo 3'te PVGIS simülasyon programı (PVGIS, 2025) kullanılarak oluşturulan Tüketimin tamamını karşılayabilecek GES kurulum için simülasyon parametreleri sunulmaktadır. Tablo 3'te verilen simülasyon parametreleri, belirlenen konumda (37.681° enlem, 36.857° boylam) kurulacak 92.76 kWp gücündeki GES'in yıllık elektrik enerjisi üretim potansiyelini analiz etmektedir.

Simülasyon programı kullanılarak elektrik enerjisi tüketiminin tamamını karşılayabilecek GES kurulum için aylık elektrik enerjisi üretimi dağılımı Şekil 5'te gösterilmektedir. Verilere göre, güneş enerjisi üretimi yıl içinde değişkenlik göstermektedir ve en yüksek üretim yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) gerçekleşmektedir. Bu dönemde, güneş ışınımı ve gün uzunluklarının artmasıyla birlikte GES'in performansı en üst seviyeye ulaşmaktadır. Temmuz ayı, yaklaşık 15.577 kWh ile en yüksek üretimi sağlayan aydır.

Bu çalışmada, 71,35 kW AC / 92,76 kW DC gücündeki tam tüketim karşılayan sistemin maliyet ve geri dönüş süresi analiz edilmiştir. Tablo 4'teki verilere göre, sistemin toplam DC gücü 92,76 kWp olup, 1 Wp başına maliyetin 0,55 USD olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak, kurulum maliyeti 51.018 USD olarak hesaplanmıştır. Kurulum maliyetinin TL cinsinden karşılığı, 1 USD = 35,5 TL kuru üzerinden 1.811.139 TL'ye ulaşmaktadır. Bu yatırımın yıllık elektrik enerjisi üretimi 129.864 kWh olarak öngörülmekte ve 1 kWh elektrik fiyatının 3 TL olduğu kabul edilerek, yıllık 389.592 TL kazanım sağlanacağı hesaplanmaktadır.

Tablo 3. Tüketimin Tamamını Karşılatabilecek GES Kurulum için Simülasyon Parametreleri

Parametre	Değer
Konum (Enlem/Boylam)	37.681, 36.857
Ufuk Hesaplaması	Yapıldı
Kullanılan Veritabanı	PVGIS-SARAH3
PV Teknolojisi	Kristalin Silikon
Kurulu PV Gücü [kWp]	92.76
Sistem Kayıpları [%]	14
Simülasyon Çıktıları	
Eğim Açısı [°]	15
Azimut Açısı [°]	0
Yıllık PV Enerji Üretimi [kWh]	129.864
Yıllık Panel Üzeri Işınım [kWh/m ²]	1.915,6
Yıldan Yıla Değişkenlik [kWh]	3.447,51
Çıktıdaki Değişimler	
Işınım Açısı Kaybı [%]	-2.56
Spektral Etkiler [%]	-0.73
Sıcaklık ve Düşük Işınım Kaybı [%]	-13.11
Toplam Kayıp [%]	-27.72

**Şekil 5.** Tüketimin Tamamını Karşılatabilecek GES Kurulum için Aylık Elektrik Enerjisi Üretimi Dağılımı**Tablo 4.** Tüketimin Tamamını Karşılatabilecek GES Kurulum Üretim Senaryosu için Ekonomik Analiz

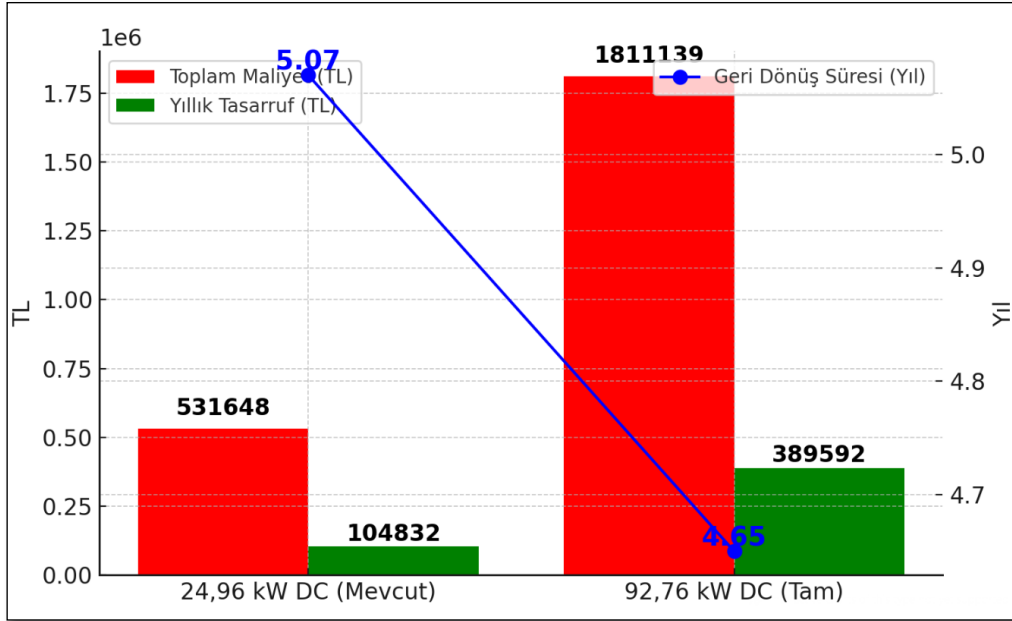
Kategori	Hesaplama	Birim Tutar	Sonuç
Toplam DC Güç	92.760 Wp	-	92,76 kWp
Kurulum Maliyeti (USD)	92.760 × 0,55	0,55 USD/Wp	51.018 USD
Kurulum Maliyeti (TL)	51.018 × 35,5	1 USD = 35,5 TL	1.811.139 TL
Yaklaşık Yıllık Elektrik Üretimi	92,76 × 1.400	1.400 kWh/kWp	129.864 kWh
Yıllık Elektrik Tasarrufu (TL)	129.864 × 3	1 kWh = 3 TL	389.592 TL
Geri Dönüş Süresi (yıl)	1.811.139 ÷ 389.592	-	≈ 4,65 yıl

Bu ekonomik analiz doğrultusunda, sistemin geri dönüş süresi yaklaşık 4,65 yıl olarak belirlenmiştir. Yani, bu süre sonunda yapılan yatırım tamamen geri kazanılacak ve sistem kalan yıllarda tamamen kazanç sağlamaya devam

edecektir. Bu süre, enerji fiyatlarının artışı ve olası teşvik mekanizmaları ile daha da kısalabilir. Sonuç olarak, bu sistemin uzun vadede ekonomik açıdan avantajlı bir yatırım olduğu görülmektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Mesken tipi GES'ler, sadece elektrik enerjisi tüketimini azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda üretim fazlası elektrik enerjisinin şebekeye satılması yoluyla ek gelir elde etme fırsatı sunmaktadır. Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği mevzuatına göre, bireysel GES'ler, tüketim fazlasını dağıtım şirketine satarak elektrik faturalarını dengeleme veya gelir elde etme imkânına sahiptir. Şekil 6'da yapılan üretim senaryoları için ekonomik analiz karşılaştırması yer almaktadır.



Şekil 6. Üretim Senaryoları için Ekonomik Analiz Karşılaştırması

Tam tüketim karşılayacak bir GES kurulumu için sözleşme gücü artırımı gereklidir. Burada, mevcut sözleşme gücü ile kurulabilecek GES (24,96 kWp DC) ve tam tüketim karşılayabilecek GES (92,76 kWp DC) için ekonomik analiz karşılaştırması yapılmıştır. Mevcut GES'in toplam maliyeti 531.648 TL olup, yıllık elektrik enerjisi kazanımı 104.832 TL olarak hesaplanmıştır. Bu GES için geri dönüş süresi yaklaşık 5,07 yıl olarak belirlenmiştir. Tam tüketim karşılayabilecek GES için ise 1.811.139 TL maliyet ile yıllık 389.592 TL elektrik enerjisi kazanımı sağlanarak yaklaşık 4,65 yıl içinde yatırım kendini amorti edebilecektir. Daha büyük ölçekli bu GES, uzun vadede daha yüksek ekonomik avantaj sunmaktadır. Sonuç olarak, her iki GES de yatırım açısından avantajlı olup, tam tüketim karşılayan GES'in geri dönüş süresi daha kısa olması sebebiyle yatırımcılar için daha cazip olabilir.

Ayrıca, mesken abone tipine ait güneş enerjisi santrallerinin yaygınlaştırılması için çeşitli iyileştirmelerin yapılması önerilmektedir. Bunlar; başvuru süreçlerinin basitleştirilerek tüm izin ve başvuru süreçlerinin bir araya toplandığı bir "hızlandırılmış ges başvuru platformu" geliştirilebilir. Bu süreçler, E-Devlet üzerinden kolaylıkla yürütülebilir. 10 kW altı kapasiteli sistemlerde yalnızca "kurulum ve güvenlik bildirimini" ile süreç tamamlanabilir. Fazla üretilen elektrik enerjisinin belirli bir süre için sabit bir alım fiyatıyla satın alınması (piyasa takas fiyatından az olmaması) sağlanabilir. %0,5 gibi düşük faiz oranlarıyla mesken GES finansmanına erişim imkanı teşvik edilebilir.

KAYNAKLAR

Adak, S., Cangi, H., Yılmaz, A.S., & Arifoglu, U., (2023). Development software program for extraction of photovoltaic cell equivalent circuit model parameters based on the Newton–Raphson method. *Journal of Computational Electronics*, 22, 413–422.

Akkaya, S., & Akkaya Oy, S. (2021). Samsun, Bayburt ve Mersin İllerine Kurulabilecek Güneş Enerjisi Santrallerinin Modellenmesi. *Duzce University Journal of Science and Technology*, 9(2), 759-773, <https://doi.org/10.29130/dubited.785908>.

Akyazı, Ö., Başlık, Ş., Khidirzade, K., & Çavdar, B., (2024). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin PVSyst ile Analizi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 14(3), 1486-1502, <https://doi.org/10.31466/kfbd.1478610>.

Bayrak, M., & Aslan, E. (2023). Türkiye'deki Lisanssız Güneş Enerjisi Santrallerinde Üretim Kayıplarının Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 233-240.

Dincer, F., & Ozer, E. (2023). Assessing the Potential of a Rooftop Grid-Connected Photovoltaic System for Gaziantep Islamic Science and Technology University/Turkey. *Jordan Journal of Electrical Engineering*, 9(2), 149-165.

Dincer, F., (2021). Lifetime and performance alteration of photovoltaic panels, the case of Aerzen, Germany. *Dicle University Journal of Engineering*, 12(4), 591-594, doi: 10.24012/dumf.1001925.

Enerji Ajansı. Kurulu Güç Raporu. (2025). [https://enerjiajansi.com.tr/turkiyenin-kurulu-gucu/#:~:text=\(TE%C4%B0A%C5%9E\)%20verilerine%20g%C3%B6re%202024%20Aral%C4%B1k,say%C4%B1s%C4%B1%20da%2033.165%20adet%20oldu./](https://enerjiajansi.com.tr/turkiyenin-kurulu-gucu/#:~:text=(TE%C4%B0A%C5%9E)%20verilerine%20g%C3%B6re%202024%20Aral%C4%B1k,say%C4%B1s%C4%B1%20da%2033.165%20adet%20oldu./) Accessed 27.01.25.

Kisakurek, S.M., Yılmaz, A.S., & Sekkeli, M., (2024). Providing Reactive Power Support from Photovoltaics for Voltage Profile Improvement in Distribution Networks. *Jordan Journal of Electrical Engineering*, 10(4), 661-673.

PVGIS. (2025). https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/ Accessed 25.01.25.

Sefer, T., & Kaya, M. (2024). Detection Of Dust On Solar Panels With Deep Learning. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(4), 1451-1464, <https://doi.org/10.17780/ksujes.1371448>.

Şahin, Z.R., Dinçer, F., & Yılmaz, A.S., (2022). 4 Kişilik Bir Ailenin Elektrik Enerjisi İhtiyacı İçin Şebeke Bağlantılı Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı Ve Simülasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 46-56.

Tekdamar, D.A., & Tekdamar, K. (2024). Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi: Mardin İli Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 199-212, <https://doi.org/10.17780/ksujes.1371448>.

Yük Tevzi Bilgi Sistemi. Türkiye Elektrik İstatistikleri. (2025). https://ytbsbilgi.teias.gov.tr/ytbsbilgi/frm_istatistikler.jsf/ Accessed 27.01.25.