



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Güneş Enerjisi Kullanılarak Bir Villanın Elektrik İhtiyacının Karşlanması

Melike YALILI KILIÇ*, Sümeyye ADALI

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye
Melike YALILI KILIÇ, ORCID No: 0000-0001-7050-6742, Sümeyye ADALI, ORCID No: 0000-0002-5077-7358

*Sorumlu yazar e-posta: myalili@uludag.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 27.05.2022
Kabul: 04.10.2022
Online Nisan 2023

DOI:10.53433/yyufbed.1122428

Anahtar Kelimeler

Bursa,
Güneş,
PV teknolojisi,
Villa,
Yenilenebilir enerji

Öz: Nüfus artışı ve sanayinin gelişimine paralel olarak artan enerji ihtiyacının günümüzde sınırlı rezerve ulaşmış olan fosil tabanlı enerji kaynaklarıyla karşılanmasında yaşanan enerji bunalımı, bu kaynaklara alternatif olan temiz ve çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını gündeme getirmektedir. Bu kaynaklar arasında barındırdığı potansiyel ve çevresel özellikleriyle güneş enerjisi kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada Bursa ili Nilüfer ilçesinde yer alan 250 m² kullanım alanına sahip bir villanın elektrik ihtiyacını güneş enerjisi ile karşılamak üzere şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız olarak sabit ve hareketli enerji sistemlerinin kurulumu ve maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, şebekeye bağlı sabit sistemin villaya uygulanabilecek en uygun sistem olduğu ve bu sistemin maliyetinin 10.363 \$ değerinde olduğu belirlenmiştir. Sabit sistemlerin hareketli sistemlere kıyasla daha uygun maliyete, şebekeye bağlı sabit bir sistemin şebekeden bağımsız sabit sistemle kıyasla yaklaşık %52 oranında daha düşük maliyete sahip olduğu tespit edilmiştir.

Providing the Electricity Need of a Villa Using Solar Energy

Article Info

Received: 27.05.2022
Accepted: 04.10.2022
Online April 2023

DOI:10.53433/yyufbed.1122428

Keywords

Bursa,
PV technology,
Renewable energy,
Solar,
Villa

Abstract: The energy crisis at the point of meeting the increasing energy needs with the fossil-based energy sources that have reached limited reserves today, in parallel with the population growth and the development of the industry, brings the use of clean and environmentally friendly renewable energy sources as an alternative to these sources. Among these sources, the use of solar energy is becoming more and more widespread due to its potential and environmental characteristics. In this study, the installation and cost analysis of fixed and mobile energy systems connected to the grid and independent of the grid, in order to meet the electricity need of a villa with a usage area of 250 m² in the Nilüfer district of Bursa province with solar energy. As a result of the study, it has been determined that the fixed system connected to the grid is the most suitable system to be applied to the villa and the cost of the system is \$ 10,363. It has been determined that fixed systems have more cost-effectiveness compared to mobile systems, and a fixed system connected to the grid has approximately 52% lower cost compared to a fixed system independent of the grid.

1. Giriş

Modern yaşamın bir gerekliliği olarak enerjinin kesintisiz şekilde sağlanması, toplumların en temel ihtiyaçları arasında görülmektedir. Enerji kullanımı ülkelerin sosyal ve ekonomik gelişmişliğinin en önemli göstergeleri arasında yer almaktadır (Turan & Dağdaş, 2010). Günümüzde nüfus artışıyla beraber yapılaşma oranındaki yükseliş, enerji tüketiminde artışı da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla mevcut ve tasarım sürecindeki yapılarda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma konusu son yıllarda önemli derecede ilgi görmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında özellikle güneş paneli uygulamalarının yoğun olarak yer aldığı görülmektedir. Güneş panelleri enerji üretiminin yanı sıra yapılarda gölgeleme, ışık geçirgenlik, ısı yalıtımı ve bina kabuğunda su geçirimsizliği sağlama gibi işlevleriyle inşa maliyetlerini azaltma noktasında önemli bir araç olma özelliği taşımaktadır (Özbalta, 2009).

Güneş enerjisinden elektrik üretimi amacıyla yararlanılan güneş panelleri, panel yüzeyine düşen güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Yüksek güce sahip olan güneş panelleri güneş pili adı verilen panel hücrelerinin seri ve paralel bağlanmasıyla elde edilmektedir (Baş ve ark., 2017). Güneş paneli teknolojilerinde daha ucuz malzeme ile enerji elde etmek amacıyla yapılan araştırmalar son yıllarda önem kazanmış olup, metal/yarı iletken yapılarda panellerin kullanımı en uygun seçenekler arasında yer almaktadır. Bir yarı iletken üzerine sadece ince bir film kaplanması ile daha az enerji harcanarak üretilen bu aygıtların üretimi sırasında yüksek sıcaklık işlemleri uygulanmadığından, aygıt içerisindeki azınlık taşıyıcılarının özelliklerinde herhangi bir bozulma gözlenmemektedir. Bununla birlikte termo-iyonik emisyon karanlık akımının yüksek olması nedeniyle bu panellerin karakteristikleri p-n eklem türündeki güneş panellerine kıyasla daha kötü olmaktadır (Karadeniz ve ark., 2021).

Güneş panelleri elektrik ihtiyacının bulunduğu her alanda elektrik üretimine olanak sağlamaktadır. Güneş paneli modülleri inverterler, akümülatörler, şarj kontrol cihazları ve çeşitli elektronik destek devreleriyle beraber güneş paneli sistemi (fotovoltaik sistem) oluşturmakta olup, bu sistemler yerleşim yerinden uzak, elektrik şebekesi bulunmayan yörelerde, jeneratörün yakıt ihtiyacını karşılamanın zor ve masraflı olduğu durumlarda yoğun olarak kullanılırlar. Bu sistemlerin dizel jeneratörler ya da diğer güç sistemleriyle beraber hibrit kullanımları da yer almaktadır (Güneş & Karagöz, 2017).

Güneş panelleri ile elektrik üretimine hava sıcaklığı ve nem değerleri önemli etkide bulunmaktadır. Dış hava sıcaklığının fazla olması verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Panellerden ideal verim, 25 °C'nin altında ve %50 bağıl neme sahip hava koşullarında elde edilmektedir (Köse, 2018; Kırbaş, 2021).

Güneş enerji sistemlerinin kurulumu şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı olarak iki şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Şebekeden bağımsız sistemler genellikle elektrik şebekesinden uzak olan şebeke bağlantısının kısıtlı yahut mümkün olmadığı durumlarda tercih edilmektedir. Enerji depolamak için akülerin yer aldığı bu sistemlerde sistemin yeterli üretim gerçekleştiremediği durumlarda akülerde depolanan enerjiden faydalanılmaktadır. Kırsal bölgelerde yoğun olarak tercih edilmektedir. Şebekeye bağlı sistemlerde ise enerji sistemi, iki yönlü sayaç vasıtasıyla şebeke elektriğine bağlanmaktadır. Elektriğe ihtiyaç duyulan durumlarda (yeterli üretimin sağlanamaması) şebekeden elektrik çekilmekte, elektrik ihtiyacının olmadığı durumlarda ise sistemde üretilen elektrik şehir şebekesine verilmektedir. Her iki sistemin de üretim potansiyeli mevsimsel ve günlük hava değişimlerinden etkilenmektedir. (Sayın & Koç, 2011).

Ülkemizde lisanssız elektrik üretimi kapsamında 1 MW gücün altında kurulu güneş enerji sistemlerinin şebekeye bağlı hale getirilmesi konusunda büyük kolaylıklar mevcuttur. Bununla birlikte şebekeye bağlı sistemlerde sürekli çalışma durumunda şebekenin enerji kalitesinde özellikle gerilim bakımından olumsuz etkiler oluşabilmektedir. Bu durum bazı güvenlik problemlerinin meydana gelmesine yol açmaktadır. Şebekeyle paralel çalışma durumunda şebekeye bağlı sistemde harmonik akımları ve güç faktörü belirli sınır değerinin altında tutulmalı, sistemden şebekeye doğru akım verilmemelidir (Kandemir & Bayrak, 2015). Bu bağlantıya sahip sistemlerde enerji depolama araçları bulunsun bile yerel yükler beslenemediği için kritik yük durumlarında maddi kayıplar meydana gelebilmektedir. Şebekeye bağlı sistemlerden güvenli şekilde yararlanabilmek amacıyla gerilim dalgalanması, kırışma, DC akım enjeksiyonu, toplam akım bozulması ve faz dengesizliği durumlarının engellenmesi gerekmektedir (Arıcı & İskender, 2020).

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma konusunda oluşan bilinç doğrultusunda Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik'le birlikte binaların enerji performans sınıfının B veya daha iyi olması ve birincil enerji ihtiyacının en az %10'unun yenilenebilir enerji kullanımıyla karşılanması, toplam yapı inşaat alanı 2000 m² ve üstü binaların "Neredeyse Sıfır Enerjili Bina" olarak inşa edilmesi zorunlu hale getirilmiştir (Resmi Gazete, 2022). Bu durum yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının devlet eliyle ülke genelinde yaygınlaştırılması noktasında önemli bir adım olarak görülmektedir.

Literatürde güneş panelleri ile yapıların elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamaya yönelik birçok çalışma yer almaktadır. Şanlı & Dilsel (2018) Mersin ili Erdemli ilçesinde yer alan 4 kişilik bir konutun elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla güneş enerjisi sistemi tasarımı ve maliyet analizi gerçekleştirmiş olup fotovoltaik sistemle sağlanan enerji birim maliyeti 0,011791 TL/Wh olarak belirlemiş ve sistemin kurulum bedelini 39.874,47 TL olarak hesaplamıştır.

Karaca & Uçar (2018) Burdur ili iklim koşullarında tasarlanan, 4 kişilik bir konutun çatı ve cephesinde 4 farklı şekilde yerleştirilecek güneş enerji sisteminden elektrik üretimini değerlendirmiştir. Ek strüktür yardımıyla çatıdan bağımsız kullanımda Çatı-1; örtü malzemesi olarak çatı sistemi ile bütünleşik olarak kullanımda Çatı-2; ek strüktür yardımıyla cepheden bağımsız kullanımda Cephe-1; cephe kaplaması olarak cephe ile bütünleşik kullanımda Cephe-2 adlandırılmasıyla yapılan yerleşimlerde Çatı-1 uygulamasını yıl boyunca günlük ortalama 8.10 kWh, aylık olarak ortalama 246 kWh enerji üretimiyle incelenen uygulamalar arasında en yüksek enerji sağlayan uygulama olarak belirlemiştir.

Kayıkcı (2020) Aydın ili Didim ilçesinde yer alan bir konutun elektrik ihtiyacını şebekeye bağlı yenilenebilir enerji sistemiyle karşılamak amacıyla ekonomik ve çevresel analiz gerçekleştirmiştir. Aydın ili için en uygun çevresel ve ekonomik sonuçları veren sistemin 19 kW'lık şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem olduğu, sistemin yatırım maliyeti ise 64.900 TL olarak belirlemiştir.

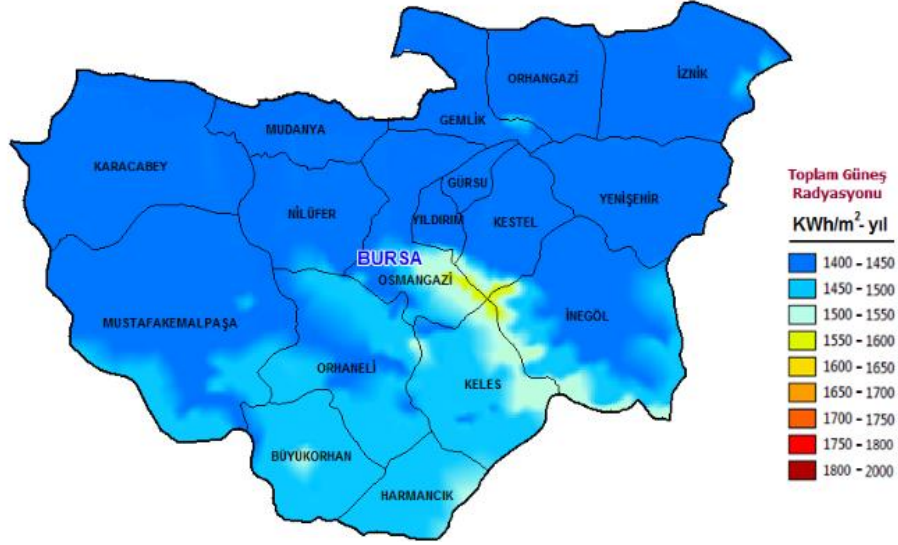
Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği binasının çatısında bulunan güneş enerji sistemi verileri kullanılarak şebekeye bağlı fotovoltaik güç sisteminde üretilebilecek güç ve gerçek üretim verileri karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada İzmit bölgesinde polikristal fotovoltaik sistem kurulumu gerçekleştirildiğinde, sistemin yaklaşık 10.47 yılda kurulum maliyetini karşılayabileceği belirlenmiştir (Al-Shagea ve ark., 2021).

Yalılı Kılıç & Adalı (2022) Bursa ilinde yer alan bir çalışma ofisinin elektrik ihtiyacını güneş enerjisi ile sağlamak amacıyla fotovoltaik sistem kurulumunu ele almıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda sistemin yıllık serbest sermaye giderleri 1.953,14 TL (225 \$), sistemin üreteceği yıllık elektrik miktarı tek panel için 17998 Wh, tüm paneller için 197978 Wh, enerji birim fiyatı 0,0144 TL/Wh (0,00166 \$/Wh), sistemin yıllık toplam gideri 2853,14 TL (328,7 \$) olarak belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji sisteminin toplam maliyeti 17730 TL (2042,63 \$) olarak hesaplanmış olup, klasik enerji maliyetinden sağlanacak tasarrufla sistemin kendisini 12.4 yılda amorti edebileceği belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Bursa ili Nilüfer ilçesinde 400 m²'lik arsa alanında 250 m² kullanım alanına sahip iki katlı bir villanın elektrik ihtiyacını güneş panelleri ile karşılamak üzere çatı uygulamalı şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız sabit ve hareketli olmak üzere dört farklı enerji sisteminin tasarımı ve maliyet analizi gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bursa ili 2021 yılında 3.147.818'e ulaşan nüfusuyla Türkiye'nin 4. büyük şehri konumundadır (TÜİK, 2022). Ülkenin kuzeybatısında, 40° boylam ve 28 - 30° enlem daireleri arasında yer alan il, toplamda 11027 km²'lik alana sahiptir. Toplam alanının % 17'si ovalarla kaplı olan ilde, ılıman bir iklim mevcuttur. İlde en sıcak geçen aylar temmuz ve eylül iken, en soğuk geçen aylar ise şubat ve mart'tır (Bursa İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2022). Bursa ilinin güneş enerji potansiyeli incelendiğinde, radyasyon dağılımının 1400-1600 kWh/m²-yıl aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Bursa ili güneş enerjisi potansiyel atlası (ETKB, 2010).

Çalışma kapsamında villada kullanılacak elektrikli cihazların harcadığı enerji miktarları, (1) ve (2) numaralı denklemlerle hesaplanır.

$$\text{Cihazın harcadığı toplam enerji (Wh)} = 1 \text{ saatte harcadığı enerji (W)} * \text{çalıştığı saat (h)} \quad (1)$$

Sistem verimliliği;

$$\eta_{\text{sistem}} = \eta_{\text{panel}} \times \eta_{\text{akü}} \times \eta_{\text{inverter}} \quad (2)$$

Sistemde üretilen gücün tamamı yüke aktarılamamakta, cihazların verimliliklerine bağlı enerji kayıpları oluşmaktadır. Bu nedenle üretilecek elektrik miktarının hesaplanmasında oluşacak enerji kaybı göz önüne alınmalıdır (Baş ve ark., 2017). Bu sebeple (3) numaralı formül yardımıyla üretilmesi gereken enerji bulunur. Enerji kaybı göz önüne alındığından üretilmesi gereken enerji, yükün enerjisinden büyük olacaktır. Yükün enerjisi (YE),

$$YE = \text{Üretilmesi Gereken Enerji (ÜGE)} \times \eta_{\text{sistem}} \quad (3)$$

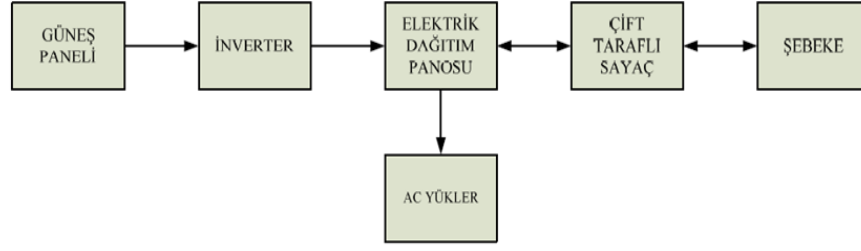
Sistem verimi ve üretilmesi gereken enerji hesaplandıktan sonra panel sayısı hesaplanır. Panel sayısı günlük enerji ihtiyacı, güneş panelinin gücü ve güneşlenme süresine göre belirlenmektedir. Günlük enerji ihtiyacı yerine ÜGE değeri kullanılacaktır (Alkan ve ark., 2014).

$$\text{Panel Sayısı} = \frac{\text{Günlük enerji ihtiyacı}}{(\text{Bir güneş panelinin gücü} \times \text{Günlük güneşlenme süresi})} \quad (4)$$

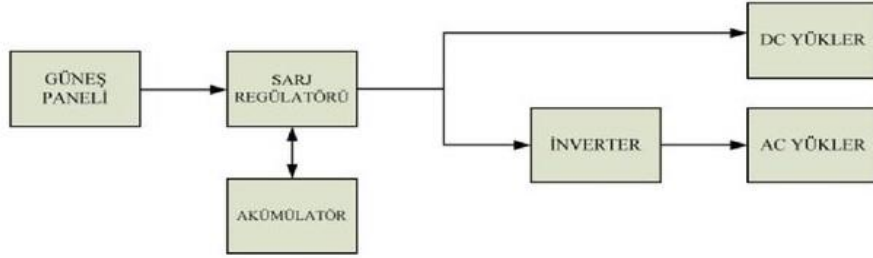
Panel sayısı belirlendikten sonra akü kapasitesi bulunur (Alkan ve ark., 2014; Zenk, 2018).

$$\text{Akü Kapasitesi} = \left(\frac{\text{Günlük enerji ihtiyacı}}{\text{Deşarj olma faktörü}} \right) \times \text{Kapalı geçen gün sayısı} \quad (5)$$

Şekil 2’de şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız sistemlere ait blok diyagram yer almaktadır.



(a)



(b)

Şekil 2.(a) Şebekeye bağlı (b) Şebekeden bağımsız sistemlere ait blok diyagram (Alkan ve ark., 2014).

3. Bulgular ve Tartışma

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı resmi istatistik verilerine göre, Bursa ilinin 1928-2020 yılları arası aylık ortalama sıcaklık ve 2004-2018 yılları arası aylık ortalama güneş radyasyon değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bursa ili aylık ortalama sıcaklık, radyasyon ve güneşlenme süresi değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022a ve 2022b)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Radyasyon (kWh/m ²)	Ortalama Güneşlenme Süresi (h)
Ocak	5.3	1.939	2.9
Şubat	6.2	2.441	3.5
Mart	8.4	3.449	4.3
Nisan	12.9	4.854	5.9
Mayıs	17.7	5.846	7.8
Haziran	22	6.684	9.8
Temmuz	24.5	6.349	10.7
Ağustos	24.3	6.113	10
Eylül	20.3	4.618	7.9
Ekim	15.6	3.107	5.6
Kasım	11.1	2.194	4.1
Aralık	7.3	1.655	2.9

Sistem tasarımında güneşlenme süresinin en az olduğu aralık ayı verileri baz alınarak enerjinin tüm yıl boyunca eksiksiz olarak elde edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen villada yer alan elektrikli cihazlar içerisinde 1 adet yoğunmalı kombi, 2 adet buzdolabı, 1 adet çamaşır makinesi, 1 adet çamaşır kurutma makinesi, 1 adet bulaşık makinesi, 1 adet çay makinesi, 1 adet kahve makinesi, 2 adet fırın, 1 adet mikrodalga fırın, 1 adet ütü, 3 adet televizyon, 2 adet bilgisayar, 1 adet kablosuz modem, 50 adet iç mekan aydınlatması için ampul, 20 adet dış mekan (bahçe) aydınlatması için ampul, 4 adet klima, 1 adet hava nemlendirme cihazı, 1 adet elektrik süpürgesi, 1 adet mürekkepli yazıcı, 1 adet robot süpürge, 1 adet davlumbaz, 1 adet kettle, 1 adet ev ses sistemi, 1 adet blender bulunmaktadır. Elektrikli aletlerin çalışma süreleri ve bir saatte

harcadıkları enerji dikkate alındığında villanın haftalık 127492 Wh (127.492 kWh), günlük 18213 Wh (18.213 kWh) enerji ihtiyacı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Villadaki elektrikli cihazların harcadığı toplam elektrik enerjisi miktarları (URL-1, 2022)

Elektrikli Aletler	Sayısı	Haftalık Çalışma Süresi (h)	Güç (W)	Harcadığı Toplam Güç (Haftalık) (Wh)
Kombi	1	70	117	8190
Buzdolabı	2	168	36	12096
Çamaşır makinesi	1	7	800	5600
Çamaşır kurutma makinesi	1	6	664	3984
Bulaşık makinesi	1	9	300	2700
Çay Makinesi	1	3	1650	4950
Kahve Makinesi	1	2	500	1000
Hava Temizleme Cihazı	1	7	36	252
Fırın	2	3	2500	15000
Ütü	1	2	2400	4800
Televizyon	2	10	200	4000
Bilgisayar	2	14	250	7000
Kablosuz modem	1	168	25	4200
Ampul (İç mekan)	30	28	20	16800
Ampul (Dış mekan)	10	21	20	4200
Klima	3	10	800	24000
Elektrik Süpürgesi	1	1	750	750
Mürekkepli Yazıcı	1	1	325	325
Robot Süpürge	1	10	30	300
Mikrodalga Fırın	1	1	800	800
Davlumbaz	1	4	20	80
Kettle	1	2	2200	4400
Ev Ses Sistemi	1	7	95	665
Blender	1	2	700	1400
Haftalık Enerji Toplamı				127492
Günlük Enerji Toplamı				18213

Güneş panelinin verimliliği (η_{pv}) %80, akülerin verimliliği ($\eta_{akü}$) %80 ve inverterin verimliliği (η_{inv}) %90 kabul edilmiştir. Bütün bunlar dikkate alındığında sistem için verimliliği;

$$\eta_{sistem} = 0.80 \times 0.80 \times 0.90 = 0.58 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

$$\ddot{U}GE = 18213 \text{ Wh} / 0.58 = 31402 \text{ Wh olarak belirlenmiştir.}$$

$$PS = 31402 \text{ Wh} / (340 \text{ W} \times 2.9\text{h}) = 32 \text{ adet panel gerekmektedir.}$$

$$\text{Akü Kapasitesi} = (31402 \text{ Wh} / 0.65) \times 1.5 \text{ gün} = 72466 \text{ W değerindedir.}$$

Villanın elektrik ihtiyacını karşılamak için tasarlanan enerji sisteminde 32 adet Lexron 340 W monokristal güneş paneline yer verilmiştir. Villada solar akü olarak Lexron 210 Amper Nano Karbon Teknoloji Jel Akü tercih edilmiştir. Kurulacak olan güneş enerjisi sisteminde 30 adet Lexron 210 Amper Nano Karbon Teknoloji Jel akü bulunacaktır.

FV panellerde üretilecek doğru akım değerini villada kullanılacak alternatif akım değerine dönüştürmek amacıyla kullanılacak olan inverter, yükün çekebileceği maksimum gücü kaldırabilmelidir. Yapılan hesaplamalar neticesinde yaklaşık 8 kW değerine sahip 2 adet inverterin kurulacak sistem için yeterli olacağı belirlenmiştir. Bu sebeple inverter olarak, Tommatech Trio Atom 8 kW Trifaze İnverter tercih edilmiştir. Sistemin şebekeden bağımsız ya da şebekeye bağlı olması durumuna göre inverter çeşidi değişebilmektedir. Çizelge 3'te villanın enerji sisteminde kullanılacak elemanların birim maliyeti yer almaktadır.

Çizelge 3. Villanın enerji sisteminde kullanılacak elemanların birim maliyeti (URL-2-8, 2022)

Malzeme	Maliyet (\$)
Panel	191,4
Akü	372,8
İnverter	1.793,6
Solar kablo (m)	1,97
Konnektör	2,5
Tek eksenli hareketli güneş takip sistemi	996,8

Şebekeden bağımsız sistemlerde şebeke bağlantısı yerine akü grubu yer alacağından akü maliyeti hesaba katılmaktadır. Çizelge 4'te şebekeden bağımsız sistemlere ait maliyet bileşenleri yer almaktadır.

Çizelge 4. Şebekeden bağımsız sistemlere ait maliyet bileşenleri (URL-2-8, 2022)

Şebekeden Bağımsız Sistemler	Sayı	Sabit Sistem(\$)	Hareketli Sistem(\$)
Güneş Paneli (340 W)	32	6.124,8	6.124,8
Akü (210 Ah)	30	11.184	11.184
İnverter	2	3.587,2	3.587,2
Solar Kablo	300 m	591	591
Konnektör	24	60	60
Tek eksenli hareketli güneş takip sistemi	5	-	4.984
TOPLAM		21.547	26.531

Sistem hareketli ise hareketli sistem platformu maliyete eklenir. Çizelge 5'te şebekeye bağlı sistemlere ait maliyet bileşenleri yer almaktadır.

Çizelge 5. Şebekeye bağlı sistemlere ait maliyet bileşenleri (URL-2-8, 2022)

Şebekeye Bağlı Sistemler	Sayı	Sabit Sistem(\$)	Hareketli Sistem(\$)
Güneş Paneli (340 W)	32	6.124,8	6.124,8
İnverter	2	3.587,2	3.587,2
Solar Kablo	300 m	591	591
Konnektör	24	60	60
Tek eksenli hareketli güneş takip sistemi	5	-	4.984
TOPLAM		10.363	15.347

Çizelge 6'da enerji sisteminin şebekeye bağlı olup olmamasına, sabit ve hareketli olmasına bağlı değişen maliyetler verilmiştir.

Çizelge 6. Önerilen enerji sistemlerine ait maliyet değerleri (URL-2-8, 2022)

Şebekeden Bağımsız Sistem		Şebekeye Bağlı Sistem	
Sabit Sistem (\$)	Hareketli Sistem (\$)	Sabit Sistem (\$)	Hareketli Sistem (\$)
21.547	26.531	10.363	15.347

Şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız olarak tasarlanan sistemlerin tümünün gölgelenmeyi engellemek amacıyla çatı üzerine monte edilecektir. Kurulması planlanan şebekeden bağımsız sabit sistemin maliyeti 21.547 \$, şebekeden bağımsız hareketli sistemin maliyeti 26.531 \$, şebekeye bağlı sabit sistemin maliyeti 10.363 \$, şebekeye bağlı hareketli sistemin maliyeti ise 15.347 \$ olarak hesaplanmıştır. Şebekeye bağlı sabit sistemin maliyet ve uygulanabilirlik açısından en uygun sistem olduğuna karar verilmiştir. Sabit sistemlerin, hareketli sistemlere kıyasla maliyet açısından daha uygun

olduğu, yapılan çalışmada şebekeye bağlı sabit bir sistemin şebekeden bağımsız sabit sistemle kıyasla yaklaşık %52 oranında daha düşük maliyet değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Şekil 3'te şebekeye bağlı olarak tasarlanan sabit çatı üstü güneş enerji sistemi yer almaktadır.



Şekil 3. Şebekeye bağlı olarak tasarlanan sabit çatı üstü güneş enerji sistemi (URL-9, 2022).

Bu çalışmaya benzer olarak Alkan ve ark. (2014), bir evin elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması amacıyla fotovoltaik sistem tasarımları gerçekleştirmiştir. Sistemler şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı olarak sabit veya hareketli olma durumlarına göre analiz edilmiştir. Eşit güçlerdeki sabit sistemin hareketli sistem olarak kurulması durumunda maliyetinin yaklaşık %25 arttığı görülmüştür. Eşit güce sahip şebekeden bağımsız bir sistemin şebekeye bağlı olarak kurulması durumunda maliyetinin %30 oranında azaldığı belirlenmiştir. Şebekeden bağımsız sabit enerji sisteminin maliyetinin 11.339,8 \$, şebekeye bağlı sabit enerji sisteminin maliyetinin 7.563,8 \$ değerinde olacağı belirlenmiştir.

4. Sonuç

Günümüzde enerji güvenliğinin sağlanması konusunda oluşan güvensizlik ortamı, ülkeleri alternatif enerji kaynakları arayışına yönlendirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, yerli çevreci ve ekonomik olması dolayısıyla enerji sektöründe fosil yakıtlara alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu kaynaklar arasında yer alan güneş enerjisi sahip olduğu potansiyel ve yaygın uygulama olanakları nedeniyle oldukça önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Bursa ilinde yer alan bir villanın elektrik ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılamak amacıyla villa çatısına uygulanması planlanan şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı sabit ve güneş takip sistemine sahip fotovoltaik sistem tasarımları gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistemler arasında ekonomik ve uygulanabilirlik açısından en uygun sistemin şebekeye bağlı sabit sistem olduğu ve sistemin maliyetinin 10.363 \$ olduğu hesaplanmıştır. Şebekeye bağlı sabit sistemin şebeke bağlantısız sabit sistemden yaklaşık %52 oranında daha düşük maliyete sahip olduğu belirlenmiştir.

Günümüzde enerji konusunda tüm dünyada yaşanan belirsizlik ortamı nedeniyle başta elektrik olmak üzere enerji fiyatlarında yaşanan artışlar, güvenilir ve yerli özellik taşıyan yenilenebilir enerji kaynaklarını cazip hale getirmektedir. Ülkelerin enerji konusunda sıkıntı yaşamamaları için özellikle tükenmez kaynak niteliği taşıyan güneş enerjisinden maksimum ölçüde faydalanmaları büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Al-Shagea, E., Sezen, S., & Özdemir, E. (2021, Mayıs). *Lisanssız elektrik üretiminde şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemlerin performans analizi*. International Marmara Sciences Congress (Spring 2021), Kocaeli, Türkiye.
- Alkan, S., Öztürk, A., Zavrak, S., Tosun, S., & Avcı, E. (2014, Kasım). *Bir evin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak fotovoltaik sistemin kurulumu*. Eleco 2014 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, Bursa.
- Arıcı, N., & İskender, A. (2020). Fotovoltaik güneş santrallerinde şebeke bağlantı sorunları ve çözümleri. *Politeknik Dergisi*, 23(1), 215-222. doi:10.2339/politeknik.644820
- Baş, Z., Zıba, S., & Yılmaz, A. S. (2017). Fotovoltaik üretim sistemlerinin şebekeye ve maliyetlere etkisinin incelenmesi. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 72-78. doi:10.17780/ksujes.319681
- Bursa İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (2022). Bursa coğrafyası. <https://bursa.ktb.gov.tr/TR-70229/cografya.html> Erişim tarihi: 18.02.2022.
- ETKB. (2010). Bursa ili güneş enerjisi potansiyel atlası. <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/16.aspx> Erişim tarihi: 18.02.2022.
- Güneş, N., & Karagöz, İ. (2017, Nisan). *Türkiye’de güneş enerjisi ve Bursa için bir uygulama*. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Kandemir, Ç., & Bayrak, M. (2015). Fotovoltaik sistemler şebekeye bağlı olduğunda oluşan sorunlar. https://www.emo.org.tr/ekler/39a721e7e13d0df_ek.pdf Erişim Tarihi:7.09.2022
- Karaca, Ü. B., & Uçar, S. (2018). Konut çatı ve cephelerinde farklı fotovoltaik sistem uygulamalarının değerlendirilmesi. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 65-76.
- Karadeniz, S., Barış, B., Karadeniz, H., Ocak, S. B., & Selçuk, A. B. (2021). Güneş pilleri uygulamalarında kullanılan organik tabanlı Schottky diyotlarında iyonize radyasyonun aygıt parametrelerine etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 222-238. doi:10.31466/kfbd.904677
- Kayıkcı, B. (2020). *Aydın ili Didim ilçesindeki kırsal bölgede yer alan bir konutun elektrik ihtiyacının hibrit güneş-rüzgar enerji sistemi ile karşılanmasının analizi*. (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kocaeli, Türkiye.
- Kırbaş, İ. (2021). Taşınabilir fotovoltaik (PV) sistem tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25, 675-679. doi:10.31590/ejosat.928200
- Köse, E. (2018). Fotovoltaik sistemlerin sıcaklığa bağlı enerji verimliliği performansının analiz edilmesi. *Dünya Multidisipliner Araştırmalar Dergisi*, 2018(2), 39-53.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2022a). İllere ait mevsim normalleri. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURSA> Erişim tarihi: 16.02.2022.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2022b). Bursa ili güneş radyasyon verileri. https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx?il=bursa Erişim tarihi: 16.02.2022.
- Özbalta, T. G. (2009). Sürdürülebilir mimarlık bağlamında güneş pili uygulamaları. http://www.emo.org.tr/ekler/5ee06811d09e11c_ek.pdf Erişim tarihi: 18.02.2022.
- Resmi Gazete, (2022, Şubat 19). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Sayı: 31755.
- Sayın, S., & Koç, İ. (2011). Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik (PV) sistemler ve yapılarda kullanım biçimleri. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(3), 89-106.
- Şanlı, B. G., & Dilsel, E. T. (2018). Solar cell usage in a house in Erdemli district of Mersin for meeting electricity demand and cost analysis. *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 2(2), 73-79.
- Turan, B., & Dağdaş, S. (2010, Mayıs). *Güneş enerjisi ve artan kullanım imkanları*. III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, Artvin.
- TÜİK. (2022). Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2021-45500> Erişim tarihi: 18.02.2022.

- URL-1. (2022). Elektrikli aletlere ait tüketim değerleri. <https://www.arcelik.com.tr/> Erişim tarihi: 9.09.2022.
- URL-2. (2022). İnverter fiyatı. <https://www.trendyol.com/tommatech/trio-atom-8-0kw-uc-faz-inverter-p-328997826> Erişim Tarihi: 10.09.2022
- URL-3. (2022) Monokristal panel fiyatı. <https://solaravm.com/340-watt-gunes-paneli-60-hucreli-lexron-monokristal> Erişim Tarihi: 10.09.2022
- URL-4. 2022. Akü fiyatı. <https://www.ekonomiksolar.com/lexron-210-amper-nano-karbon-teknoloji-jel-aku.html> Erişim Tarihi: 10.09.2022
- URL-5. (2022). Konnektör fiyatları. <https://solaravm.com/staubli-multicontact-mc4-konnektor-seti-kbt4-kst4-orijinal> Erişim Tarihi: 10.09.2022
- URL-6. (2022) Solar kablo fiyatları. <https://solaravm.com/staubli-multi-contact-solar-kablo-6-mm-10-metre> Erişim Tarihi: 10.09.2022
- URL-7. (2022). Güneş takip sistemi fiyatı. <https://tr.aliexpress.com> Erişim Tarihi: 10.09.2022
- URL-8. (2022) Güncel dolar kuru. <https://bigpara.hurriyet.com.tr/doviz/> Erişim Tarihi: 10.09.2022
- URL-9. (2022) 10 Kw on grid çatı projesi. <https://vipnetsolar.com.tr/10-kw-on-grid-cati-projesi-uygulamalari-fiyatları> Erişim Tarihi: 3.10.2022
- Yalılı Kılıç, M., & Adalı, S. (2022). Çalışma ofislerinin enerji ihtiyacının güneş pilleri kullanılarak karşılanması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10, 716 – 728. doi:10.29130/dubited.952679
- Zenk, H. (2018). Yayla evlerinin optimum enerji ihtiyacının fotovoltaik sistemler kullanılarak düşük maliyetle karşılanması. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(12), 1768-1774. doi:10.24925/turjaf.v6i12.1768-1774.2087