

Elektrik İhtiyacının Karşılanmasında Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemi-Süpermarket Örneği

Melike YALILI KILIÇ^{1*}, Sümeyye ADALI²

^{1,2}Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa

¹<https://orcid.org/0000-0001-7050-6742>

²<https://orcid.org/0000-0002-5077-7358>

*Sorumlu yazar: myalili@uludag.edu.tr

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 22.09.2021

Kabul tarihi:29.12.2021

Online Yayınlanma:08.03.2022

Anahtar Kelimeler:

Enerji ihtiyacı
HOMER Pro
Optimizasyon
Yenilenebilir enerji

Dünya genelinde teknoloji ve gelişmişlik düzeyinin artışına paralel olarak artan enerji ihtiyacının karşılanması noktasında geleneksel enerji kaynaklarının yetersiz durumda olması ve bu kaynakların barındırdığı dezavantajlar, temiz ve çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmayı gündeme getirmiştir. Sanayi ve ticari faaliyetlerde enerji tüketiminin yüksek değerlerde meydana gelmesi nedeniyle, bu işletmelerde yenilenebilir enerji kullanımı enerji maliyetlerinin düşürülmesi noktasında önemli faydalar barındırmaktadır. Bu çalışmada Bursa ili Nilüfer ilçesinde yer alan bir süpermarketin 2020 yılı elektrik tüketim değerleri baz alınarak HOMER Pro programı kullanılarak rüzgar-güneş- şebeke hibrit enerji sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Enerji sisteminin maliyeti 2.760.314,5 \$, sistemin kWh başına elektrik tüketim değeri 0,041 \$ olarak hesaplanmıştır. Yıllık enerji maliyetinden sağlanacak 74.254,3 \$ tasarrufla yenilenebilir enerji maliyetlerinin kendisini 18 yılda amorti edebileceği belirlenmiştir.

Hybrid Renewable Energy System in Providing Electricity Need-Supermarket Example

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 22.09.2021

Accepted: 29.12.2021

Published online:08.03.2022

Keywords:

Energy demand
Homer Pro
Optimization
Renewable energy

The inadequacy of traditional energy sources and the disadvantages of these sources in meeting the increasing energy needs in parallel with the increase in technology and development level throughout the world have brought up the use of clean and environmentally friendly renewable energy sources. Since energy consumption occurs at high values in industrial and commercial activities, the use of renewable energy in these enterprises has significant benefits in terms of reducing energy costs. In this study, a wind-solar-grid hybrid energy system was designed using the HOMER Pro program, based on the electricity consumption values of a supermarket located in Nilüfer district of Bursa province, in 2020. The cost of the energy system was calculated as \$2,760,314.5, and the electricity consumption value per kWh of the system was calculated as \$0.041. It has been determined that renewable energy costs can pay for themselves in 18 years, with a saving of \$74,254.3 from the annual energy cost.

To Cite: Kılıç MY., Adalı S. Elektrik İhtiyacının Karşılanmasında Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemi-Süpermarket Örneği. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(1):224-235.

Giriş

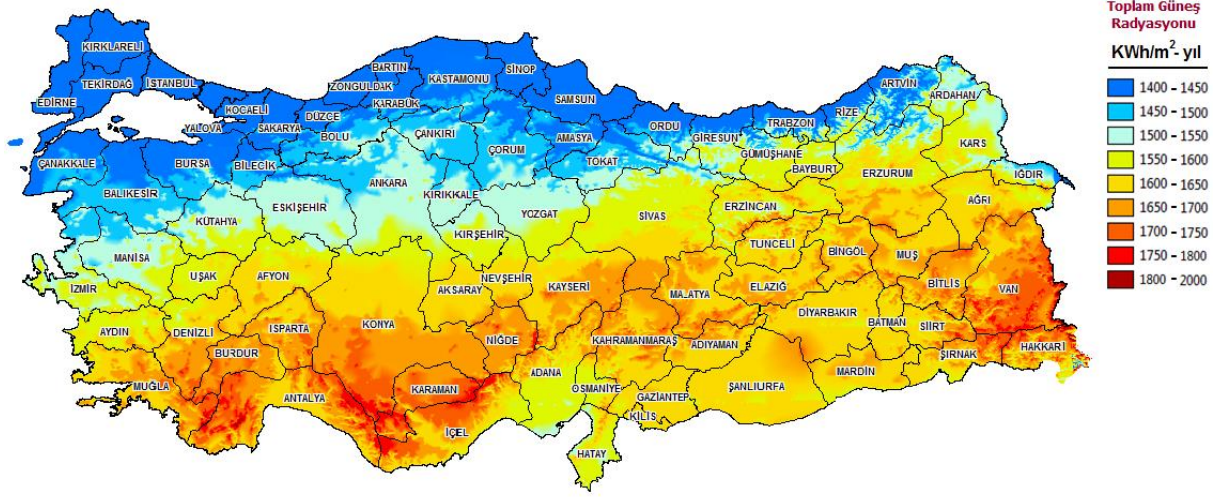
Küresel ölçekte enerji ihtiyacının her yıl yaklaşık %4-5 oranında artış göstermesi, enerji kaynağı olarak yoğun şekilde kullanılan fosil yakıtların arz durumunun değişimi ve bu yakıtların çevre üzerinde oluşturduğu zararlar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep günden güne artış göstermektedir (Gül ve İzgi, 2018). Başlıca yenilenebilir kaynaklar arasında yer alan hidroelektrik,

jeotermal, rüzgâr, biyokütle, dalga ve güneş enerjisi küresel ölçekte önemli bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu kaynaklar içerisinde yer alan güneş enerjisi, yeryüzünün en büyük ve en önemli enerji kaynağı konumunda olup, bu enerji türü fotovoltaik modüller aracılığıyla doğrudan elektrik enerjisine dönüşümü nedeniyle elektrik üretiminde yoğun olarak kullanılmaktadır (Coşgun, 2021; Gümüş ve Demirtaş, 2021). Tablo 1’de ülkelere ait 2020 yılı güneş enerji santralleri kurulu güçleri yer almaktadır.

Tablo 1. Ükelere ait 2020 yılı güneş enerji santralleri kurulu güçleri (URL-1, 2021)

Ülke	Kurulu Güç (MW)
Çin	254,355
ABD	75,572
Japonya	67,000
Almanya	53,783
Hindistan	39,211
Güney Kore	14,575
İspanya	14,089
Fransa	11,733
Türkiye	6,667
Güney Afrika	5,990
Rusya	1,428

Tablo 1 incelendiğinde, güneş enerjisi üretiminde Çin, ABD ve Japonya’nın önde geldiği görülmektedir. Bir bölgenin güneş enerji potansiyeli güneşlenme süresi ve güneş radyasyon değeriyle yakından ilişkilidir (Yıldırım ve Aktacir, 2021). Güneş enerjisini kullanan ülkelerin bazıları güneş ışınları potansiyeli bakımından, bazılarıysa sahip oldukları teknolojiden dolayı avantaj barındırmaktadır. Ülkemiz sahip olduğu güneş enerji potansiyeliyle birçok ülkeden daha avantajlı durumdadır. Fakat enerji kullanımı açısından yeterli başarının sağlanamadığı görülmektedir. Ülkemizdeki enerji kurulu gücün yaklaşık %1’i güneş enerjisinden elde edilmektedir. Ülkemizde 2010 yılından önce güneş enerji sistemleri genellikle termal amaçlı olarak kullanılırken, 2010 yılından beri elektrik üretimi amacıyla yapılan çalışmalarda artış gözlenmektedir (Demiryürek ve ark., 2020). Şekil 1’de Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası yer almaktadır.



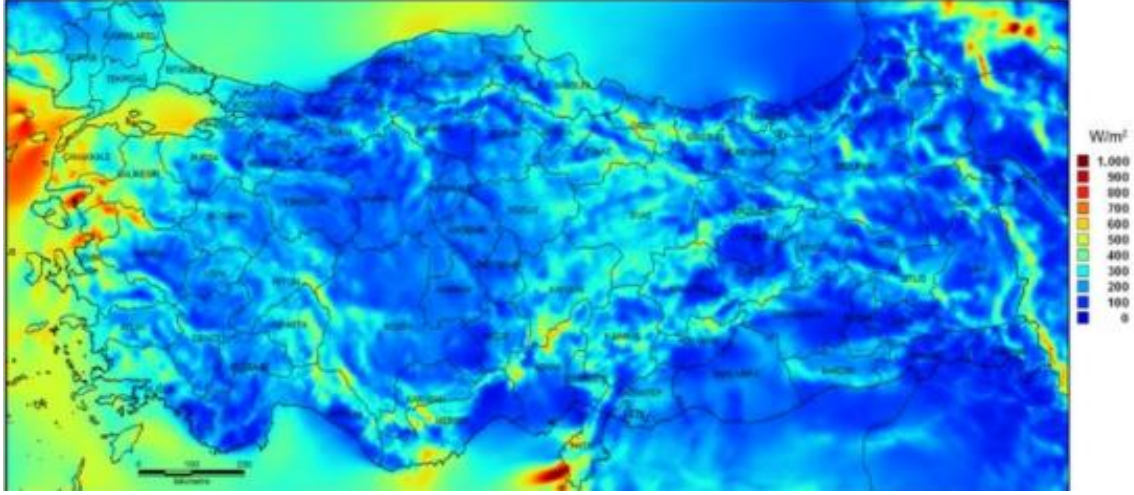
Şekil 1. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (Anonim, 2021a)

Şekil 1 incelendiğinde, ülkemizin bulunduğu coğrafi konumunun güneş enerjisinden faydalanma noktasında büyük bir potansiyel barındırdığı görülmektedir. Bu potansiyelden maksimum ölçüde yararlanmak için güneş enerjisi kurulu gücünün artırılması önem arz etmektedir.

Güneş ışığının gün içerisinde sürekliliğinin olmaması, güneş panellerinden elde edilen enerji veriminin %20-25 civarında olması bu enerji türünün depolanması ya da diğer yenilenebilir enerji türleriyle birlikte kullanılmasını gündeme getirmiş olup, kırsal bölgelerde ve şebekelerde hibrit enerji kullanım talebi artarak devam etmiştir (Bilen ve ark., 2021; Gümüş ve Demirtaş, 2021). Hibrit enerji sistemleri iki ya da daha fazla enerji kaynağının bir arada verimli şekillerde kullanımı ile uygun özellikte ve miktarda enerji eldesini mümkün kılmaktadır. Bu sistemler şebekeli veya şebekesiz olarak kullanılabilenler olup, şebekesiz sistemlerin temelini dizel jeneratörler oluşturmaktadır. Şebekesiz sistemlerde yakıt maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranının artırılması gerekmektedir. Hibrit sistemlerin performansı çevresel koşullara bağlıdır. Bu nedenle çevresel koşulların analiz edilmesi gerekmektedir. Güneş ve rüzgâr enerjisi hibrit sistem kurulumlarında ilk sırada yer almakta olup, bu enerji türlerinin dünya genelinde kullanım oranları iklim koşullarına bağlı olarak değişim göstermesine rağmen günden güne artış göstermektedir (Öztürk ve ark., 2019).

Güneş enerjisiyle birlikte önemli bir kullanım alanı bulan rüzgâr enerjisi, güneş kaynaklı radyasyonun yer yüzeyini farklı ısıtmasından kaynaklanmaktadır. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Rüzgâr enerjisi kaynaklı elektrik üretiminin ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu, kapasite faktörlerinin düşüklüğü ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları olmasına rağmen, tükenme riskinin olmaması, bakım ve işletme maliyetinin düşüklüğü, nispeten basit bir teknolojiye sahip olması, temiz ve çevre dostu enerji kaynağı olması gibi birçok avantaj barındırmaktadır. Ülkemizde yer seviyesinden 50 metre yüksekte ve 7,5 m/s üstü rüzgâr hızlarına sahip bölgelerde km^2 başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabulüyle rüzgâr enerjisi potansiyeli 48,000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyelle karşılık gelen toplam alan ülke yüz

ölçümünün yaklaşık %1,30'u civarındadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021). Şekil 2'de Türkiye rüzgar güç yoğunluğu haritası yer almaktadır.



Şekil 2. Türkiye rüzgar güç yoğunluğu haritası (50 m) (Yakşı, 2018)

Şekil 2 incelendiğinde, ülkemizde rüzgar enerjisinden denize kıyısı olan bölgelerde daha fazla yararlanma imkanının olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle açık deniz rüzgar santrallerinden enerji eldesi konusunda yapılacak çalışmaların yüksek verim sağlayacağını göstermektedir.

Tablo 2'de ülkelere göre 2020 yılı rüzgar santrali kurulu güçleri yer almaktadır.

Tablo 2. Ünelere göre 2020 yılı rüzgar santrali kurulu güçleri (URL-2, 2021)

Ülke	Kurulu Güç (MW)
Çin	281,993
ABD	117,744
Almanya	62,184
Hindistan	38,559
İspanya	27,089
Fransa	17,382
Brezilya	17,198
Kanada	13,577
İtalya	10,839
Türkiye	8,832
Hollanda	6,600
Polonya	6,267

Tablo 2 incelendiğinde, güneş enerjisinde olduğu gibi rüzgar enerjisi kurulu güç sıralamasında Çin'in lider ülke olduğu görülmektedir. Çin'i sırasıyla ABD ve Almanya izlemektedir. Ülkemiz rüzgar enerji santrali kurulu gücünde Avrupa'da 7., dünyada ise 13. sırada yer almaktadır (URL-2, 2021). Rüzgar enerjisinin elektrik enerjisi üretiminde kullanımı son yıllarda hızlı bir şekilde gelişim göstermiş olup,

yatırım maliyetleri açısından kömür santralleri ile rekabet edebilecek düzeye ulaşmıştır (IRENA, 2018; Öztürk, 2020).

Yenilenebilir enerji sistem tasarımlarının teknik ve ekonomik açıdan analizi ve optimizasyonu, kurulması planlanan mikro şebekelerden en yüksek derecede fayda sağlanması açısından önem taşımaktadır (Çetinbaş ve ark., 2019).

Literatürde farklı alanlarda farklı kullanım amaçları doğrultusunda elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması amacıyla HOMER programı kullanılarak yenilenebilir enerji sistemi tasarımının yapıldığı birçok çalışma mevcuttur. Özcan (2009) tarafından bir bölgede kullanılan belirli bir elektrik yükünü ekonomik açıdan optimum düzeyde besleyebilecek bir sistem konfigürasyonu oluşturabilmek için şebekeye bağlı rüzgar ve güneş tabanlı hibrit bir enerji sistemi HOMER ile modellenerek sistemin simülasyon, optimizasyon ve hassasiyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, şebekeye elektrik sağlamayacak rüzgar türbini ve şebekeli bir sistemin ekonomik olarak optimum olabilmesi için rüzgar hızının en az 7,34 m/s, şebekeye elektrik sağlayabilecek rüzgar türbini ve şebekeli bir sistemin ekonomik olarak optimum olabilmesi için rüzgar hızının en az 6,75 m/s olmasının gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesi Merkezi Derslik 2'nin elektrik ihtiyacının minimum %90 oranında yenilenebilir kaynaklardan karşılayabilecek enerji ve güç üretim sisteminin tasarlandığı çalışmada biyokütle, rüzgar ve güneş enerjisi kullanılarak oluşturulan çeşitli hibrit sistemler arasında optimum hibrit sistem konfigürasyonunun elde edilmesi amacıyla HOMER programı kullanılarak modelleme çalışmaları yapılmıştır (Dursun, 2016).

Gül ve İzgi (2018), Yalova ilinde kurulacak bir sanayi tesisi için oluşturulacak alçak gerilim panosu ve hibrit sistem konfigürasyonunun belirlenmesi amacıyla pano ve rüzgar-güneş enerji sistemlerinin analizini gerçekleştirmişlerdir. Sanayi tesisinin akıllı pano maliyeti 75,130 €, rüzgar-güneş enerji sistemine bağlı akıllı panoya sahip sanayi tesisinin toplam maliyeti yaklaşık 12.053.467 \$, aynı tesisinin konvansiyonel pano maliyeti ise 40.705 € olarak hesaplanmış olup, rüzgar-güneş enerji sistemine bağlı konvansiyonel panoya sahip sanayi tesisinin toplam maliyeti yaklaşık 9.509.164 \$ olarak belirlenmiştir.

Çağlayan (2019) bir sera işletmesinin elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla şebeke, rüzgâr, fotovoltaik ve jeneratör sistemlerinin analizinde HOMER Pro programı yardımıyla modelleme ve bilgisayar benzetimleri yapılmıştır. Yapılan simülasyonlar neticesinde fotovoltaik ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin maliyetleri sırasıyla 0,084 \$/kW ve 0,059 \$/kW olarak bulunmuştur. Yıllık enerji üretiminde rüzgâr enerjisinin fotovoltaik enerjiden 3,1 kat daha yüksek enerji üretebileceği belirlenmiştir. İşletme için en uygun sistemin rüzgâr enerjisinden oluşacağı öngörülmüştür.

Adalı ve Yalılı Kılıç, (2021) evsel elektrik ihtiyacının karşılanması amacıyla HOMER Pro programı kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, şebekeden bağımsız güneş-jeneratör hibrit sistem ve şebeke bağlantılı güneş enerji sisteminin analizini yapmışlardır. Şebekeden bağımsız sistemde toplam net bugünkü maliyet 9.159,6 \$ olarak hesaplanırken, şebekeye bağlı sistemde toplam net bugünkü maliyet

1.366,9 \$ olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda şebekeye bağlı sistemin konut kullanımı için en uygun sistem olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Bursa ili Nilüfer ilçesinde yer alan bir süpermarketin elektrik enerjisi ihtiyacının hibrit enerji sistemi ile karşılanması amacıyla HOMER Pro yazılımı kullanılarak ekonomik analiz temelli bir optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Metot

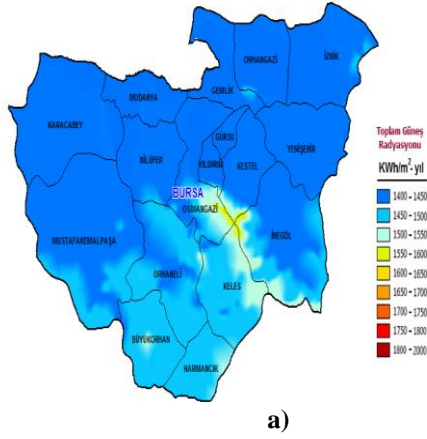
Bursa'nın üç merkez ilçesinden biri olan Nilüfer, 50,756 hektarlık ilçe sınırlarına sahip olup, ilçeye bağlı 42 mahalle, 22 köy muhtarlığı olarak 64 idari birim yer almaktadır. İlçenin 2020 yılında nüfusu 484,832'ye ulaşmıştır (URL-3, URL-4, 2021). İlçe merkezi hızlı bir kentsel gelişme gösterirken, yeşil dokunun korunması için büyük çabalar sarf edilmektedir. Barındırdığı yeşil alanlarla doğa ile baş başa zaman geçirmek isteyenler için alternatifler sunmaktadır. Yeni yapılaşmanın yoğun olduğu bir bölge olması dolayısıyla kent planlamasından çevresel koşullara kadar her konuda çağdaş standartlara sahip olan ilçe, bu yönüyle kısa zamanda Bursa'nın cazibe merkezi olmuştur. İlçe, Bursa'da nüfus artışının en yüksek olduğu yerleşim bölgesidir. (URL-3, 2021).

Bu çalışmada, Nilüfer ilçesinde bulunan bir süpermarketin elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla HOMER Pro yazılımı kullanılarak güneş ve rüzgar enerjisinin yer aldığı hibrit yenilenebilir enerji sistem tasarımı 2020 yılına ait elektrik tüketim değerleri göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. İncelenen süpermarket yaklaşık 6000 m² alana sahip iki katlı bir yapıdır.

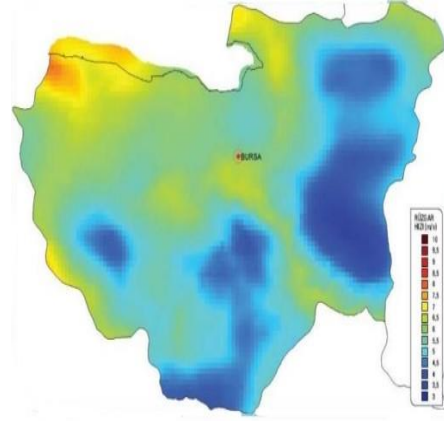
Mikro şebeke yazılımında küresel bir standart olan HOMER, yenilenebilir enerji kaynakları, depolama ve fosil temelli enerji üretimlerine bağlı (yerel jeneratör veya güç şebekesi) mikro şebekelerin ve dağıtılmış güç sistemlerinin tasarım ve uygulamasına dayalı bir programdır. Program büyük ölçüde şebekeden uzak ya da daha geniş bir şebekeye bağlı hibrit yenilenebilir mikro enerji şebekelerin tasarlanmasını gerçekleştirmektedir. Farklı enerji kullanımları için teknoloji maliyeti, elektrik yükü ve enerji kaynaklarının kullanılabilirliğinin hesaplandığı, duyarlılık analizleriyle çok sayıda teknolojik seçeneğin ekonomik ve teknik fizibilitesinin değerlendirilebildiği, kullanımı nispeten kolay bir programdır. Program aracılığıyla tasarlanan sistemlerin simülasyon, optimizasyon ve duyarlılık analizleri yapılabilmektedir (Habibullah, 2016). Analizler, sistemin teknolojik özelliklerine ve yaşam döngüsü maliyetine odaklanmaktadır. Programın yüksek hızda işlem yapabilmesi çok sayıda potansiyel sistem konfigürasyonunun saatlik simülasyonunu değerlendirebilmeyi mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla HOMER modelinin simülasyonları olağan istatistiksel modellerle karşılaştırıldığında daha kesin bir sonuç sağlamaktadır (Jagadeesh ve ark., 2021).

Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında ele alınan süpermarketin 2020 yılı elektrik tüketim değerleri incelenmiş olup, yıllık ortalama tüketim değeri baz alınarak rüzgar-güneş hibrit enerji sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Şekil 3'te Bursa ili güneş ve rüzgâr enerji potansiyelleri yer almaktadır.



a)

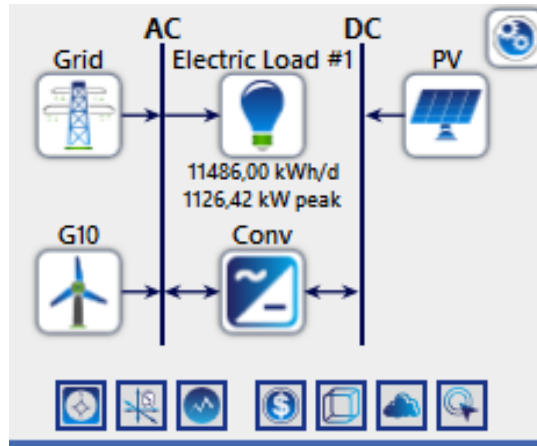


b)

Şekil 3. a) Bursa ili güneş enerjisi potansiyel atlası (URL-5, 2021)

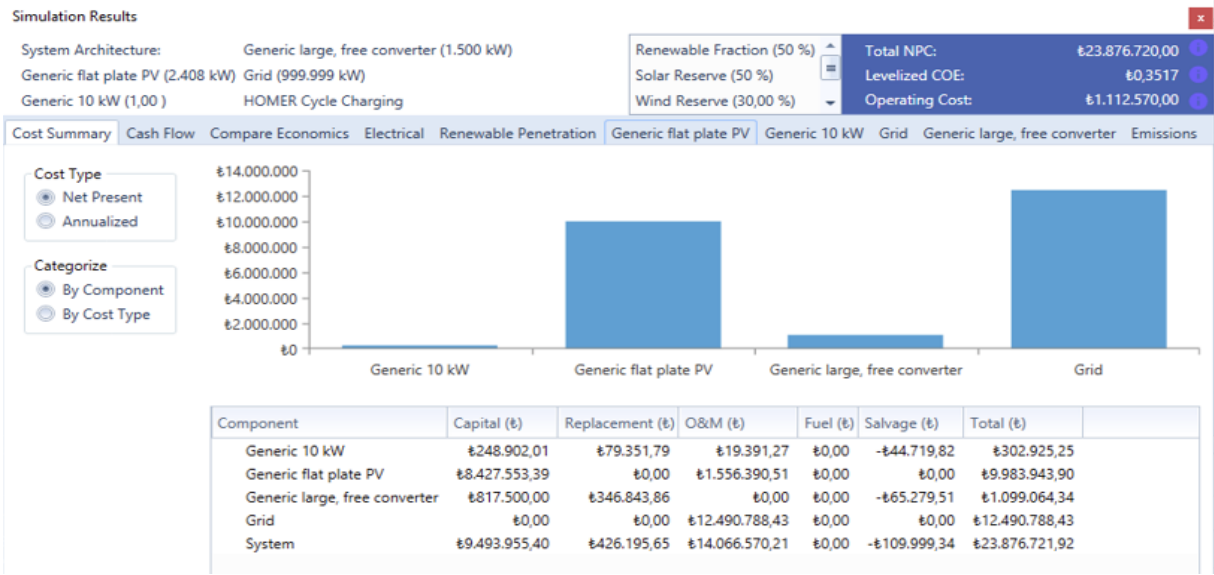
b) Bursa 50 m yükseklikteki rüzgâr hızı dağılımı (m/s) (Bölükbaşı, 2019)

Çalışmanın yürütüldüğü bölgenin hava durumu verileri HOMER Pro programı kullanılarak NASA veri tabanından sağlanmıştır. Süpermarket için tasarlanan enerji sistemi modeli şebekeye bağlı olarak tasarlanmış olup, Şekil 4'te yer almaktadır.

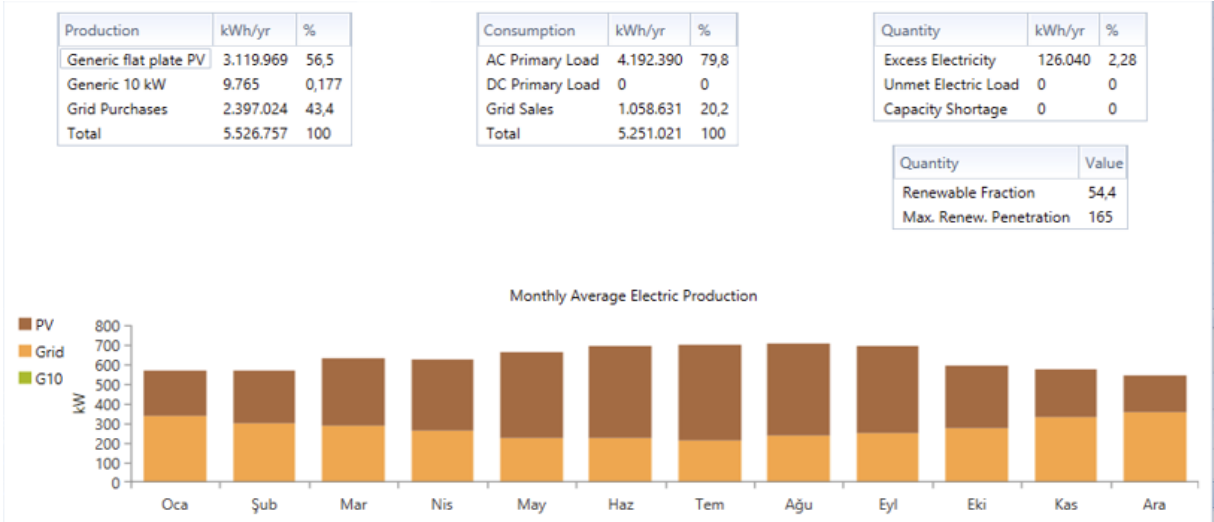


Şekil 4. Süpermarket için tasarlanan enerji sistemi modeli

Şebeke bağlantılı yenilenebilir enerji sistemi her biri 1 kW kapasiteye sahip güneş panellerinden ve 10 kW kapasiteye sahip bir rüzgâr türbininden ve bir dönüştürücüden oluşmaktadır. Belirlenen pik değere göre dönüştürücü kapasitesi 1,500 kW olarak belirlenmiştir. Güneş panellerinin kullanım ömrü 25 yıl, rüzgâr türbininin kullanım ömrü ise 20 yıl olarak belirlenmiştir. Her bir panelin yatırım maliyeti 3,500 TL, yıllık bakım ve işletme maliyeti ise 50 TL olarak sisteme girilmiştir. Rüzgâr türbininin yatırım maliyeti 248.902,01 TL, yıllık işletme ve bakım maliyeti 1,500 TL olarak alınmıştır. Tasarımı yapılan enerji sistemine ait simülasyon sonuçları Şekil 5-9'da yer almaktadır.



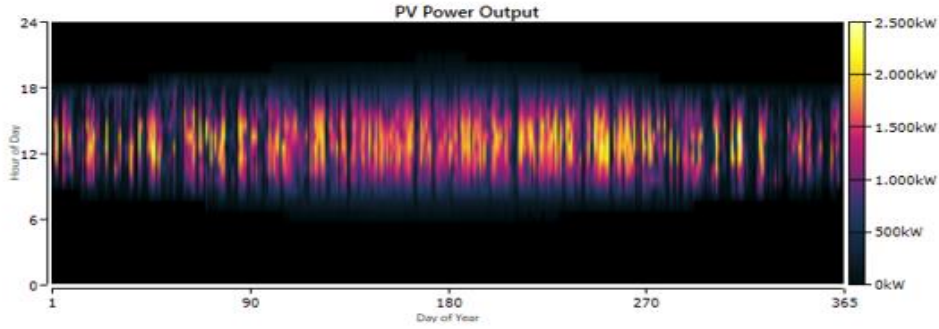
Şekil 5. Tasarlanan sisteme ait maliyet özeti



Şekil 6. Sistemde üretilen aylık ortalama elektrik üretim değerleri

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	2.408	kW
Mean Output	356	kW
Mean Output	8.548	kWh/d
Capacity Factor	14,8	%
Total Production	3.119.969	kWh/yr

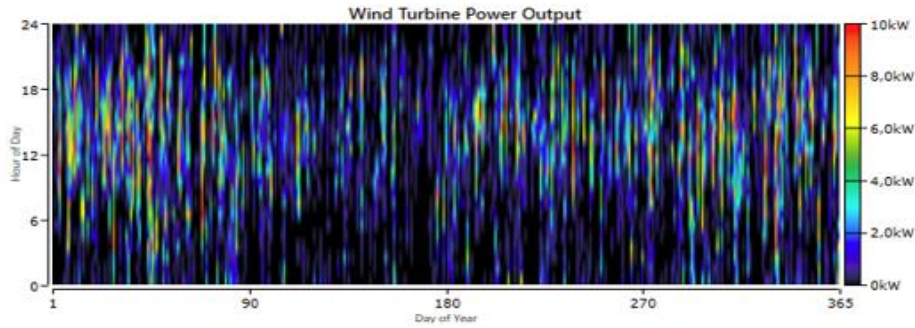
Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	2.478	kW
PV Penetration	74,4	%
Hours of Operation	4.394	hrs/yr
Levelized Cost	0,248	€/kWh



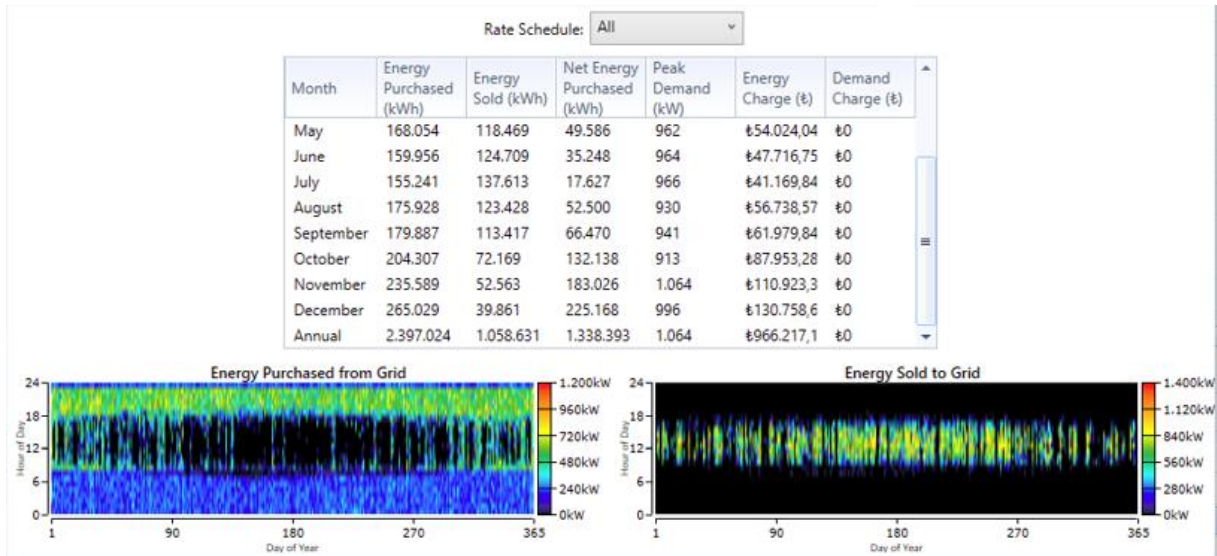
Şekil 7. Güneş paneli elektrik üretim verileri

Quantity	Value	Units
Total Rated Capacity	10,0	kW
Mean Output	1,11	kW
Capacity Factor	11,1	%
Total Production	9.765	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0	kW
Maximum Output	10,0	kW
Wind Penetration	0,233	%
Hours of Operation	6.493	hrs/yr
Levelized Cost	2,40	€/kWh



Şekil 8. Rüzgar türbini elektrik üretim verileri



Şekil 9. Şebekeden alınan-satılan enerji ve maliyet değerleri

Programa şebekeden çekilen elektrik fiyatı 0,54 TL/kW; şebekeye satılan elektrik fiyatı 0,31TL/kW olarak tanıtılmıştır (Anonim, 2021b). Yapılan duyarlılık analizleri sonucunda yenilenebilir fraksiyon oranı %50 olarak belirlenmiştir. Tasarlanan sistemin maliyeti 23.876.720 TL (2.760.314,5 \$) (Şekil 5) olarak bulunmuştur (Anonim, 2021c). Sistemin kWh başına elektrik tüketim değeri 0,352 TL (0,041 \$) olarak belirlenmiştir. Kurulacak sistemde üretilen elektrik değerleri incelendiğinde toplam üretimin 5.526,757 kWh/yıl (Şekil 6), güneş panellerinden üretilen enerji değerinin 3.119,969 kWh/yıl (Şekil 7), rüzgar türbininden elde edilen enerji değerinin ise 9,765 kWh/yıl (Şekil 8) olarak gerçekleşeceği hesaplanmıştır.

Şekil 9 incelendiğinde sistemin yıllık enerji kullanım maliyeti 966,217 TL'ye (111.701,4 \$) düşmüş olup, 2020 yılı için 1.608,516,4 TL (185.955,7 \$) olarak hesaplanan klasik enerji tüketim maliyetinden 642299,4 TL (74254,3 \$) tasarruf sağlanabileceği; sağlanan tasarrufla sistemin yenilenebilir enerji maliyetlerinin kendisini 18 yılda amorti edebileceği belirlenmiştir.

Bu çalışmaya benzer olarak Çağlayan (2019) bir sera işletmesinin elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla şebeke, rüzgâr, güneş ve jeneratör sistemlerinin enerji modelleme ve benzetim çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Yapılan benzetimler sonucunda fotovoltaik ve rüzgâr enerji sistemlerinin maliyetleri sırasıyla 0,084 ve 0,059 \$/kW olarak belirlenmiştir. Optimizasyon sonuçlarından enerji maliyeti değerinin hem rüzgar, hem de rüzgar-güneş hibrit sistemleri için benzer olduğu belirlenmiş olup, rüzgar-güneş hibrit enerji sistemi yerine sadece rüzgar enerji sisteminin kurulmasının daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar

Gelecekte artan enerji ihtiyacının karşılanması noktasında yetersiz hale gelecek olan geleneksel enerji kaynaklarının günümüzde artan maliyet ve çevreye olan zararlarının azaltılması ve ülkelerin enerji güvenliğinin sağlanması hususunda yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir potansiyel barındırmaktadır.

Bu çalışmada ticari bir işletmenin elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması amacıyla rüzgar-güneş hibrit enerji sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistemin toplam maliyeti 23.876.720 TL (2.760.314,5 \$), kWh başına elektrik tüketim maliyeti 0,352 TL (0,041 \$) olarak hesaplanmış olup, kurulacak sistemin kendisini 18 yılda amorti edebileceği; bu sürenin uzun gibi görünmesine rağmen uzun vadede ülke ekonomisi, işletmenin enerji maliyetinin azaltılması ve temiz enerji eldesi noktasında yenilenebilir enerji yatırımlarının önemli avantajlar sağlayabilecek bir araç olacağı öngörülmektedir.

Yapılan bu çalışmanın neticesinde, tasarlanan enerji sisteminin incelenen işletmenin enerji giderlerinin azaltılmasına, sistemde kullanılan yenilenebilir enerji türlerinin fosil yakıt kaynaklı sera gazlarının azaltılması ve çevre sağlığının korunmasına önemli katkı sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Adalı S., Yalılı Kılıç M. Evsel elektrik ihtiyacının hibrit yenilenebilir enerji sistemleriyle karşılanması: Bursa örneği. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2021; 10(2): 520-526.
- Anonim. Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA). <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> Erişim Tarihi: 19.09.2021. 2021a.
- Anonim. Devlete elektrik satış fiyatı 2020. <https://www.powerenerji.com/devlete-elektrik-satis-fiyati-2020.html> Erişim Tarihi: 19.09.2021. 2021b.
- Anonim. Güncel döviz kuru. <https://bigpara.hurriyet.com.tr/doviz/dolar/> Erişim Tarihi: 19.09.2021. 2021c.
- Bilen K., Işık B., Gezer S., Kıyık F. Hava soğutmalı fotovoltaik panellerde kanatçık tipinin soğutmaya etkisinin teorik olarak incelenmesi. Politeknik Dergisi 2021; 1-1.
- Bölükbaş E. Su çıkarma amaçlı rüzgar enerjisi kullanımının teknik analizi: Karacabey örneği. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 82, Bursa, Türkiye, 2019.
- Coşgun AE. Türkiye’de 50MW üstü GES üretimi gerçekleştiren şehirlerimizde agrivoltaic sistem kullanılabilirliğinin incelenmesi. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi 2021; 13(2): 711-718.
- Çağlayan N. Bir sera işletmesi için şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız rüzgâr, fotovoltaik ve jeneratör sistemlerinin teknik ve ekonomik değerlendirmesi. Mediterranean Agricultural Sciences 2019; 32(2): 175-184.
- Çetinbaş I., Tamyürek B., Demirtaş M. Design, analysis, and optimization of a hybrid microgrid system using HOMER software: Eskişehir Osmangazi University example. Int. Journal of Renewable Energy Development 2019; 8(1): 65-79.
- Demiryürek HK., Arifođlu U., Bolat M. 2020. Lebit enerji güneş santralinin Pvsyst programı ile analizi. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 2020; 9(3): 1351-1363.
- Dursun S. Biyokütle-rüzgar-güneş hibrit güç üretim sistemi kullanılarak Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesinin tekno-ekonomik açıdan değerlendirilmesi. Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 142, Kırklareli, Türkiye, 2016.
- Gül SE., İzgi E. Rüzgar ve güneş enerji üretim sistemlerine bağlı akıllı veya konvansiyonel panolu bir sanayi tesisinin analizi. Güç Sistemleri Konferansı, 15-16 Kasım 2018, s. 59-63, Ankara.
- Gümüş Z., Demirtaş M. Fotovoltaik sistemlerde maksimum güç noktası takibinde kullanılan algoritmaların kısmi gölgeleme koşulları altında karşılaştırılması. Politeknik Dergisi 2021; 24(3): 853-865.

- Habibullah M. Rüzgar- fotovoltaik- biyogaz hibrit güç sistemlerinin akıllı mikro şebekelerde kullanımının kontrol ve dizaynı. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 88, İzmir, Türkiye, 2016.
- IRENA. Renewable Power Generation Costs in 2017. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2018.
- Jagadeesh P., Ansari MMT., Saiveeraju M. Optimal power management of an educational institution using HOMER. Journal of Electrical Engineering & Technology 2021; 16: 1793-1798.
- Özcan H. Bir hibrid enerji sisteminin modellenmesi ve analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 204, İstanbul, Türkiye, 2009.
- Öztürk HK. Rüzgar türbinlerinde işletme ve bakım. Mühendis ve Makina 2020; 61(701): 262-279.
- Öztürk Z., Tosun S., Öztürk A. Örnek bir hibrit yenilebilir enerji sisteminin HOMER ile modellenmesi, ekonomik ve teknik yönden analizleri. Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2019; 2(2): 286-299.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021. Rüzgar. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar> Erişim Tarihi: 12.09.2021.
- URL-1. Ülkelere göre güneş enerjisi. <https://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html> Erişim Tarihi: 12.09.2021.
- URL-2. Ülkelere göre rüzgar enerjisi. <https://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-ruzgar-enerjisi.html> Erişim Tarihi: 12.09.2021.
- URL-3. Nilüfer. <https://bursa.ktb.gov.tr/TR-94934/nilufer.html> Erişim Tarihi: 21.09.2021
- URL-4. Bursa Nilüfer nüfusu. https://www.nufusu.com/ilce/nilufer_bursa-nufusu Erişim Tarihi: 21.09.2021
- URL-5. Bursa güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA). <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/16.aspx> Erişim Tarihi: 12.09.2021.
- Yakşı B. Bursa ili kıyı şeridi rüzgar enerjisi potansiyel analizi. Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 111, Bursa, Türkiye, 2018.
- Yıldırım E., Aktacir MA. Çatı üstü PV elektrik üretim potansiyelinin belirlenmesi: Şanlıurfa örneği. DÜMF Mühendislik Dergisi 2021; 12(1): 69-77.