





Research Article

Meeting Electric Scooter and Home Energy Demand with Renewable Energy Source

Erdi Çakmak¹ , Hasan Hüseyin Çoban² *

¹ Department of Advanced Technologies, Ardahan University, 75002 Ardahan, Türkiye

² Department of Electric and Electronic Engineering, Ardahan University, 75002 Ardahan, Türkiye

* Correspondence: huseyincoban@ardahan.edu.tr

Received: 23 March 2023; Accepted: 22 April 2023; Published: 30 June 2023

Abstract: Microgrid systems are vital for establishing the smart grids of the future, therefore it is important to focus on the intermittency and availability of energy storage systems. In the near future, as the number of electric scooters will increase significantly, the integration of renewable energy sources and integrated electromobility with appropriate user demand-side management can contribute to microgrid stability and reduce grid dependency. Solar energy generation, which is the most important of the renewable energy sources, draws attention due to its decreasing costs. In this study, the average energy consumption of a house was evaluated using solar panels with and without a grid connection. PVSOL programming tool was used in the design. The average daily energy consumption of a house was determined and solar irradiation data were obtained from a solar power plant in Ardahan on a monthly basis for a year. As a result of the study, the energy demand of the house was met by the PV (photovoltaics) panels. In addition, load management was provided independent of the grid with a battery system, and as a result of the simulation, it was determined that critical loads in load-controlled systems had a lifespan up to 3 times longer than in uncontrolled systems. Contributions to the renewable energy sector, especially the photovoltaic sector, will reduce our dependence on foreign energy.

Keywords: renewable energy, solar PV systems, electric scooter, demand side management, battery

Araştırma Makalesi

Elektrikli Scooter ve Bir Evin Enerji İhtiyacının Yenilenebilir Enerji Kaynağıyla Karşlanması

Öz: Mikro şebeke sistemleri, geleceğin akıllı şebekelerini kurmak için hayati önem taşımaktadır, bu nedenle enerji depolama sistemlerinin kesintili ve kullanılabilirliği üzerinde önemli bir odak noktası olacaktır. Yakın gelecekte, elektrikli scooter sayısı önemli ölçüde artacağından, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve uygun kullanıcı talep tarafı yönetimi ile entegre elektromobilitenin entegrasyonu, mikro şebeke istikrarına katkıda bulunabilir ve şebekeye bağımlılığı azaltabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisi olan güneş enerjisi üretimi günümüzde ucuz olmasa da azalan maliyetleri nedeniyle dikkat çekmektedir. Bu çalışmada bir evin ortalama enerji sarfıyatı şebeke bağlantılı ve bağlantısız olarak güneş panelleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Tasarımda PVSOL programı kullanılmıştır. Bir evin günlük bazda ortalama enerji sarfıyatı belirlenmiş ve güneş verileri ise Ardahan ilindeki işletmedeki bir güneş enerji santralinden aylık bazda bir yıllık olarak alınmıştır. Bu çalışmada tamamen gerçek veriler kullanılmıştır. Çalışma sonucu olarak evin enerji ihtiyacı PV paneli tarafından karşılanmıştır. Ayrıca bir akü sistemi ile şebekeden bağımsız olarak yük yönetimi sağlanmış ve simülasyon sonucunda yük kontrollü sistemlerde kritik yüklerin kontrolsüz sistemlere göre 3 kata kadar daha uzun ömürlü olduğu tespit edilmiştir. Fotovoltaik sektörü başta olmak üzere yenilenebilir enerji sektörüne sağlanacak katkılar, enerji konusunda dışa olan bağımlılığımızı da azaltacaktır.

Anahtar Kelimeler: yenilenebilir enerji, solar PV sistemleri, elektrikli scooter, talep tarafı yönetimi

Citation: E. Çakmak and H. H. Çoban, "Meeting Electric Scooter and Home Energy Demand with Renewable Energy Source", *Journal of Studies in Advanced Technologies*, vol. 1, no. 1, pp. 1-10, Jun 2023, doi: 10.5281/zenodo.8074770

1. Giriş

Nüfus artışı ve endüstriyel gelişme çevreyi ciddi şekilde etkilemektedir çünkü geleneksel enerji üretim süreçleri çevreyi kirletmektedir ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Enerji talebindeki artış, ana enerji kaynağı olan fosil yakıtların hızla tükenmesi ve küresel çevre sorunu olan iklim değişikliği nedeniyle sürdürülebilir ve temiz bir enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerjiye olan talebini her geçen gün artırmaktadır. İklim nedenlerinden dolayı kesinti olmadan enerji elde etmenin bir yolu, akıllı bir yük yönetim sistemi oluşturmaktır [1]. Günümüzde enerji talebindeki artış, fosil kaynakların hızla tükenmesi, iklim değişikliği ve dışa bağımlılığı azaltma isteği gibi nedenlerle ülkeler enerjiyi daha verimli kullanabilecek çözümler aramaya başlamışlardır [2]. Önümüzdeki yıllarda enerji açığına en uygun çözüm yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiştir. Yenilenebilir enerji, büyüyen sera gazı emisyonu sorunuyla başa çıkmak için en umut verici çözümdür ve aynı zamanda çevrenin korunmasına da yardımcı olmaktadır. Yenilenebilir enerji, birçok ülke tarafından yeni nesil teknoloji üretmek için kullanılmaktadır [3]. Hidroelektrik, güneş, biyokütle ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerjilerin kullanımı ülkelere göre değişmektedir [4]. Yenilenebilir enerjinin mevcut şebekelere entegrasyonu, şebeke içi kesintiler, voltaj dalgalanmaları ve enerji kayıplarını içeren önemli sorunlar oluşturmaktadır [5]. Akıllı şebeke bu sorunları çözmek için oluşturulmuştur [6]. Yenilenebilir enerjinin olumlu yönleri de enerji ihtiyacını karşılayabilmesi ve sürekliliğini sağlayabilmesidir. Güneş enerjisi sistemleri için gece/gündüz koşulları ve oldukça değişken iklim parametreleri, rüzgâr enerjisi üretiminde ise bulutluluk ve değişken rüzgâr hızı, kesintili güneş ve rüzgâr enerjisine neden olur. Bu sorunları çözmek ve enerji kullanımını en aza indirmek için enerjinin üretimden tüketime kadar izlenmesi ve yönetilmesi, kontrol altında tutulması ve enerji yönetim algoritmalarına göre hareket edilmesi önemlidir [7]. Bu çalışmada şebekeden bağımsız ve şebekeye bağımlı ortalama bir evin güneş paneli kullanarak elektrik ihtiyacı karşılanması araştırılmıştır. Bulunan değerler sonuç ve bulgular kısmında paylaşılmıştır.

Elektrik enerjisi talebi son yıllarda tüm dünyada önemli ölçüde artmıştır [8]. Bu muazzam enerji talebini karşılamak için ağırlıklı olarak fosil yakıtlara dayalı konvansiyonel enerji kaynaklarının yanı sıra rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları da kullanılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye entegre edilmesinden ve artan güç talebinden kaynaklanan zorluklar, geleneksel güç sistemi mimarisi ve altyapısının yeniden tasarlanmasıyla aşılabılır. Bu güç sisteminin özellikleri mevcut sistemlere göre daha çevreci, güvenilir ve akıllı olmalıdır. Bu yeni nesil güç sistemini tanımlamak için kullanılan en iyi bilinen terim akıllı şebekedir.

Bu çalışmada, elektrikli scootera sahip bir ev için bir güneş enerji yönetimi önerilmiştir. Önerilen sistemde, şebeke açık/kapalı durumu, çok oranlı elektrik tarifeleri ve pillerin şarj durumunu içeren önceden tanımlanmış kriterler kullanılır. Geliştirilen ev enerji yönetim sistemi, RES'li (Yenilenebilir Enerji Kaynağı) veya RES'siz tüm akıllı ev platformlarında kullanılabilir.

Elektrikli scooter ve ev enerjisi talebini yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılamak, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve sürdürülebilir enerji uygulamalarını teşvik etmek için kusursuz bir yoldur. Bunu başarmanın bazı yolları şunlardır:

1. Güneş Enerjisi: Evler ve elektrikli scooterlar için elektrik üretmek üzere çatılara güneş panelleri kurulabilir. Bu, enerjiyi pillerde depolayan şebekeye bağlı güneş sistemleri veya şebekeden bağımsız güneş sistemleri aracılığıyla elde edilebilir.

2. Rüzgâr Enerjisi: Rüzgâr türbinleri, evler ve elektrikli scooterlar için elektrik üretmek üzere sürekli rüzgâr alan alanlara kurulabilir. Bu, evler için küçük ölçekli rüzgâr türbinleri ve scooter şarj istasyonları için daha büyük ölçekli türbinler aracılığıyla elde edilebilir.

3. Jeotermal Enerji: Jeotermal sistemler, dünyanın doğal ısını kullanarak evleri ısıtmak ve soğutmak için kullanılabilir. Bu, yenilenemeyen kaynaklardan elektrik talebini azaltabilir ve daha sürdürülebilir enerji kullanımına izin verebilir.

4. Hidroelektrik Güç: Hidroelektrik güç, evler ve scooter şarj istasyonları için küçük ölçekli hidro türbinler aracılığıyla üretilebilir. Bu, elektrik üretmek için akan suyun enerjisi kullanılarak elde edilebilir.

5. Enerji Verimliliği: Evlerde ve elektrikli scooterlarda enerji verimli uygulamalar kullanmak elektrik talebini azaltabilir. Bu, enerji tasarruflu cihazlar, LED ampuller kullanılarak ve scooter akü şarj sürelerinin optimize edilmesiyle elde edilebilir.

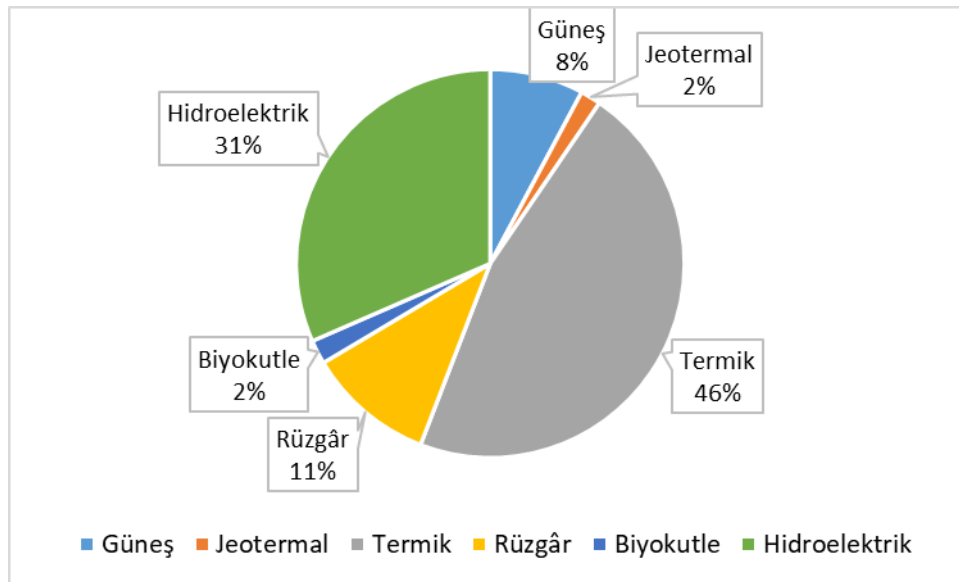
Bu yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji tasarruflu uygulamaları birleştirerek, elektrikli scooterların ve evlerin enerji talebini sürdürülebilir bir şekilde karşılamak mümkündür.

1.1. Türkiye 'de Yenilenebilir Enerji

Konvansiyonel enerji kaynaklarının, enerji tüketimindeki hızlı artış nedeniyle yakın gelecekte tükenebileceği, bilimsel araştırmalarla kanıtlanmıştır. Yenilenebilir enerji ısıtma, ulaşım ve elektrik üretimi gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; yerli bir kaynak olması, düşük yakıt tüketimi (biokütle için) gerektirmesi, temiz ve çevre dostu özellikleri ile son yıllarda popüler bir enerji kaynağı olmuştur. Bugüne kadar enerji üretiminde ağırlıklı olarak fosil yakıtlar olan kömür, petrol ve doğal gaz kullanılmıştır. Bu kaynakların kullanılması sonucunda dünyanın doğal dengesi bozulmaya ve çevre kirlenmeye başlamıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramları büyük ölçüde atmosferik değişimler sonucu hayatımıza girmiştir. Bu olumsuz olguları ortadan kaldıracak ve dünyayı daha yaşanabilir hale getirecek tedbirler öncelikle çevreye zarar vermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak olmalıdır. Yaygın olarak kullanılan fosil enerji kaynakları stokları yakında tükenecektir. Bu nedenle enerji ihtiyacının büyük bir kısmını yurt dışından alan Türkiye gibi ülkelerin hem ekonomiye hem de çevrenin korunmasına faydalı olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih etmeleri zorunludur.[9]–[11]

Yenilenebilir enerjinin çevreye duyarlı bir üretim sistemi olması, teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha dar alanlarda daha fazla enerji girdisi elde edilmesi, ekipman verimliliğinin artması, maliyetlerin düşmesi gibi nedenlerle yenilenebilir enerjiye ilgi artmaktadır. Bu bağlamda yenilenebilir kaynaklar, son yıllarda yapılan analizlerde ve akademik çalışmalarda odak noktalardan biri haline gelmiştir. Yenilenebilir kaynaklar özellikle Uluslararası Enerji Ajansı raporlarında [12] önemli bir yer tutmaktadır.

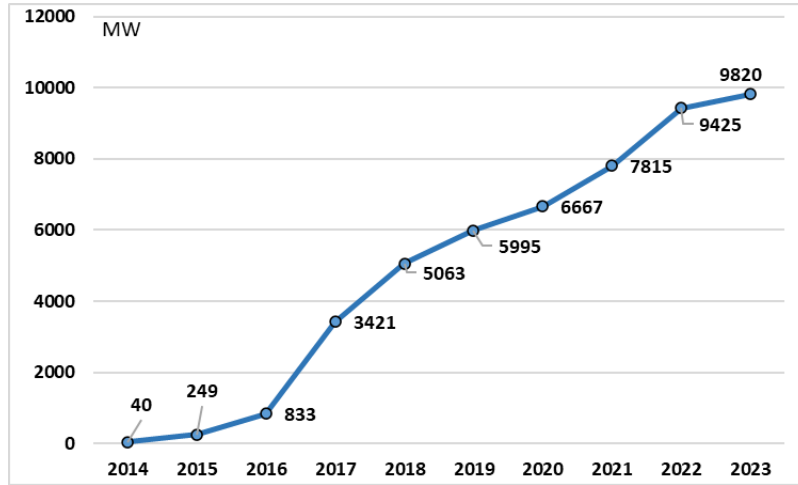
Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2019 ve 2020 raporlarına göre, 2019-2024 yılları arasında küresel enerji kapasitesinin %50 artarak 3.721 GW'a çıkacağı ve bu dönemde kurulu güce 1.200 GW kapasitenin ekleneceği öngörülmektedir. Türkiye'nin 63 GW'lık yenilenebilir enerji kapasitesi ile dünyada 11. sırada yer alacağı düşünülmektedir. Aynı rapora göre Türkiye'nin 2020 yılı sonunda 5,6 GW olan güneş enerjisi kurulu gücünün 2024 yılında iki katına çıkarak 15,1 GW'a çıkması beklenmektedir. Ek 10 GW'lık kapasite artışının 3,7 GW'ı güneş enerjisinde dağıtık enerji sistemlerinden sağlanacaktır. Yine aynı rapora göre yenilenebilir enerji artışı büyük ölçüde güneş ve rüzgar enerjisinden kaynaklanacak ve eklenecek 1200 GW kurulu gücün 530 GW'ı dağıtık sistemlerden elde edilecektir [13]. 2021 yılı ocak ayı sonunda 96.271 MW seviyesine ulaşmış olan Türkiye'nin toplam kurulu gücü, 2021 yılı sonunda 99.820 MW olmuştur. Aralık 2021 yılına ait Türkiye'deki kurulu güç Şekil 1'de gösterilmektedir [14]. Bir sonraki bölümde, kurulacak sistem ve kullanılacak ekipman kısaca özetlenecektir.



Şekil 1. Türkiye kurulu güç dağılımı

Bugün gelişmekte olan ülkelerden biri olan Türkiye'nin enerji arzında dramatik bir değişim yaşanmaktadır. Sanayide ve evlerde elektrik tüketimi ve ulaşımında fosil yakıtlar hala uygun maliyetli görünmektedir. Ancak sınırlılıkları, kötü güç verimleri ve çevremiz üzerindeki kötü etkileri gibi dezavantajlarının giderek daha fazla anlam kazandığı anlaşılmaktadır. Bu nedenlerle günümüzde yenilenebilir enerji kotasının artırılması için birçok çalışma yapılmaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisinde 2023 Mart sonu

itibarıyla 10.000MWh'a yaklaşan kapasitesi 78 şehre yayılan santrallerden oluşurken, 35 ilde 100MW'lık kapasitenin üzerinde güneş santrali bulunuyor (bakınız Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücü

Fotovoltaik enerjinin payı şu anda %9 olsa da gelecekte çok önem kazanacağı beklenmektedir. Bunun başlıca nedenleri şunlardır:

- Yeryüzüne düşen güneş ışınlarının sadece dördte birini kullanarak küresel enerji ihtiyacı karşılanabilecek durumdadır.
- Türkiye'nin ihtiyaç duyduğu enerji için ülkenin yeterli güneş ışınımı vardır.
- Güneş enerjisi sınırsız ve bedelsizdir.
- Fotovoltaik sistemler tarafından çok az sera gazı üretilmektedir.
- PV (Fotovoltaik) sistemleri, en fazla enerjinin gerekli olduğu gün boyunca elektrik enerjisi sağlar.
- Elektrik enerjisi, merkezi olmayan uzak bölge sistemleri için doğrudan ihtiyaç duyulan yerde üretilebilir.

Elektrikli bisikletler ve scooterlar için PV sistemlerinin kullanılması yine de bazı zorluklara sahiptir [15]:

- Mevsimlere ve hava durumuna bağlı olarak, PV sistemlerinden toplanan enerji çok değişkendir. Ancak elektrikli bisikletlerin sıklıkla şarj edilmesi gerekmektedir.
- PV sistemlerinden gelen ve o an için bisikletler, scooterlar ve ev için gerekli olmayan enerji, elektrik şebekesine beslenmelidir. Şebekeye değişken güç besleyen çok sayıda PV sistemi varsa, bu dengesiz bir enerji kaynağına neden olacaktır.

1.2. Yük Yönetim Sistemleri

Şebekenin otonom sistemde üretilen enerjiden maksimum verimin alınması ve tüketimi için kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle bağımsız çalışan, farklı senaryolara uyum sağlayan ve ihtiyaç duyulduğunda kullanıcı konforunu artıran yük yönetim sistemleri ortaya çıkmaktadır. Yük yönetim sistemlerinin, yenilenebilir enerjinin daha fazla kullanılması yoluyla birçok çevresel ve sosyal faydanın yanı sıra tüketicilere çok büyük faydalar sağladığı açıktır [7]. Yük yönetim sistemi, güç üreticileri tarafından üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin güç ve yük faktörünü artırmak için yük eğrilerini değiştirmeye yönelik bir uygulamadır [16]. Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, yenilenebilir olmaması ve fiyatının çok yüksek olması günümüzün en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Bu nedenden dolayı dünya çapında enerji tasarrufu politikaları benimsenmiştir. Özellikle enerji tüketimi bir evin inşa aşamasında maliyetlerini etkileyen faktörlerin önemli bir parçasıdır. Bu maliyetler, enerji tasarrufu önlemleri uygulanarak azaltılabilir [17].

Elektrik talebi gün içinde dengesizdir ve yoğun dönemlerdeki talep günün geri kalanındaki talepten çok daha fazladır. Arz tarafı, üretim, iletim ve dağıtım ağı ile sınırlıdır. Geçmişte en büyük sorunlar elektrik enerjisi açığı veya yetersiz altyapıdan kaynaklanıyordu. Bu tür sorunlar, üretim, dağıtım kapasitesinin genişletilmesi veya elektrik ithal edilmesi yoluyla çözülmüştür [18].

Elektrik şebekelerindeki yük ile ilgili sorunların ekonomik ve teknik gerekçeleri olabilir. Yük yönetimi yöntemlerinin uygulanmasındaki en güçlü argümanlar arasında ekonomik olması, yeni bir santral inşaatı

ihtiyacını ertelemeyi hedeflemesi, gerçek maliyetleri enerji fiyatlarına yansıtması, enerji tüketimini azaltması ve elektrik faturasında tasarruf sağlamasıdır [18].

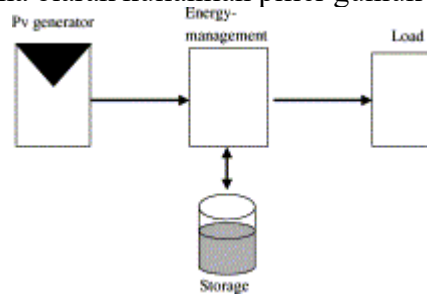
1.3. Bataryalar

Batarya, elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştüren, depolayan ve depolanan kimyasal enerjiyi gerektiğinde elektrik enerjisine çeviren bir cihazdır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilen enerji çevresel faktörlere göre değişiklik gösterdiği için depolanması gerekmektedir. Piller depolama aygıtı olarak kullanılır [7]. Kullanıcının tercihine bağlı olarak, ev tipi elektrik santrali konfigürasyonuna depolama cihazları dâhil edilebilir. Başlangıç maliyeti önemli ölçüde artsa bile verim makul olacaktır.

Fotovoltaik sistemlerde, üretilen güç ve yükün gücü eşit değildir. Güneş enerjisi dalgalanmalarının etkisini azaltmak için bir depolama sisteminin kullanılması gereklidir. Daha basit bir yol, herhangi bir depolama cihazı kullanmadan elektriği doğrudan şebekeye aktarmaktır. Güneş radyasyonunun gün içinde farklı dalgalanma periyotları olduğu için, farklı depolama büyüklükleri mümkündür. Fotovoltaik sistemleri kesintisiz çalıştırmak için depolamanın minimum boyutu bir gecelik enerji içeriğidir. Fotovoltaik gücünün mevsimsel bir etkisi varsa, maksimum makul depolama boyutu, yaz ve kış ayları arasındaki farkları eşitleyecek mevsimsel bir depolama olacaktır. Belirli bir sistem için en iyi depolama boyutunu bulmak bir optimizasyon görevidir. Bu optimum depolama boyutu, ortam, sistem ve depolama parametrelerine bağlıdır. Dolayısıyla şarj durumu SOC(t) aşağıdaki kısıtlamalara sahiptir:

$$SOC_{min} < SOC(t) \leq SOC_{max}$$

Şekil 3'de gösterildiği gibi depolama olarak kullanılan piller günlük enerji talebinin %33'ü kadardır [19].

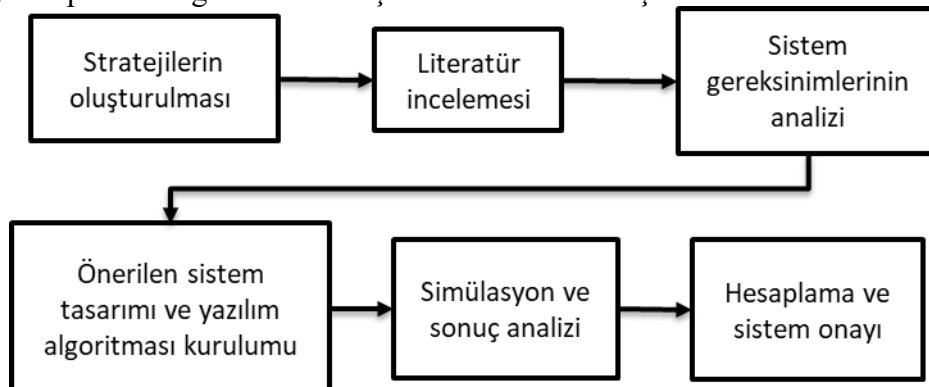


Şekil 3. Depolamalı tipik bir PV sistemi [19].

2. Yöntem

Fizibilite bir PV sisteminin koşullarını modeller ve potansiyel performans özelliklerini ve ekonomik uygulanabilirliğini belirler. Bu bölümde, bir PV sisteminin ana bileşenleri sunulmakta, sistemi değerlendirmek için kullanılan performans ölçütleri ana hatlarıyla verilmekte ve bir fizibilite modeli açıklanmaktadır.

Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye, dışa bağımlılığı azaltmak ve %100 yenilenebilir kaynaklardan elektrifikasyon yapmak için birçok proje üstlenmektedir. Şekil 4, genel konseptin yanı sıra ve çalışmada takip edilen metodolojiyi göstermektedir. Güneş paneli, önerilen sistem tarafından belirlenen belirli yükleri kontrol eden ve enerji sağlayan şarj kontrol cihazına enerji sağlar. Ek olarak, sistem algoritması, akış şeması, sonuç analizi, simülasyon, hesaplama ve genel sistem açıklamasını özetlemiştir.



Şekil 4. Takip edilen metodoloji.

Tüm sistemin matematiksel modeli geliştirilmiş ve modelde fotovoltaik panel enerji üretiminin belirlenmesi için referans denklemi aşağıda gösterilmiştir.

$$E_{PV}(t) = \eta \cdot A \cdot R(t)$$

Burada $E_{PV}(t)$ zaman içindeki güç çıkışıdır, A PV alanıdır (m^2), η PV sisteminin verimliliğidir ve $R(t)$ gelen güneş radyasyonudur (W/m^2). Sistem verimliliği $\eta = \%15$ olarak varsayılmıştır. Elektrikli scooterı olan ortalama bir ev senaryosunda bir günde 16 kW enerji, aylık olarak ortalama 466 kW elektrik kullanılmaktadır. Ortalama olarak alınan ev günde 15 kW kullanılmaktadır. Elektrikli scooterı olan ev sahibi scooterı işe gidip gelmek üzere haftanın 5 günü kullanılmaktadır. Elektrikli scooter günde tek dolmuş 800 W harcamaktadır. Aylık bazda Elektrikli Scooter 16 kW elektrik harcamaktadır. Toplamda senaryodaki ev 496 kW enerji harcamaktadır. Elektrikli scooterın etiket değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir [20].

Tablo 1. Seçilen elektrikli scooter özellikleri [20]

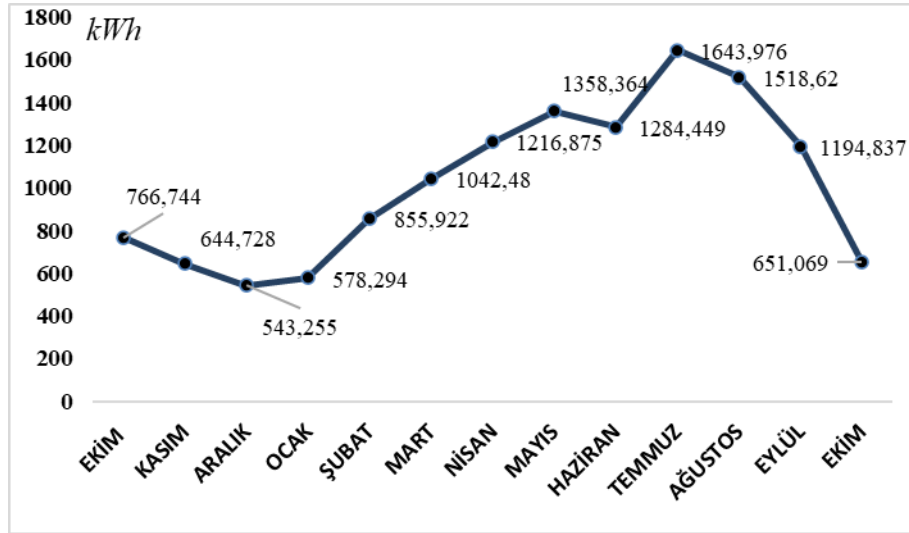
Özellikler	Değerler
Marka	ONVO Elektrikli Scooter
Motor	800 W
Max. Hız	45 Km Hız
Max. Menzil	40 - 50 Km
Lithium Batarya	48 V 10 Ah
Max. Taşıma Kapasitesi	150 Kg
Mak. Yokuş Tırmanma	30 Derece
Su Geçirmezlik	IPX4
Amortisör	Ön ve Arka çift sistem süspansiyon
Tekerlek Boyutu	10 inç geniş offroad pnömik lastik
Fren	Ön ve Arka disk fren
LCD Ekran	Hız, güç göstergesi, menzil
Şarj Voltajı	100 - 240 V (INPUT) / 54.6 V (OUTPUT) / 2A
Şarj Süresi	5 - 7 saat
Paket Boyutu	118*27*45 cm
Brüt Ağırlık	24 kg

Ardahan ilinde ortalama güneş aralığı 11 saat olarak alınmaktadır. Panellerimiz güneş takip sistemli olup (güneşin hareketine göre hareket etmektedir), 11 saat tam kapasite üretmektedir. Bu verilere göre; bir panel günde ortalama 4,950 kW elektrik üretmektedir. Sistemimizde 4 adet panel bulunmaktadır. Panellerimiz ayda ortalama 594 kW elektrik üretmektedir. Bu çalışma için seçilen güneş panelinin etiket bilgileri Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Seçilen solar panel özellikleri [21]

Özellikler	Değerler
Üretici	Gazioğlu Solar Enerji
Modül Güç Sınıfı / Module Class	GSE-HC450MP
V _{mpp} (±3%)	41,41 V
I _{mpp} (±3%)	10,88 A
V _{oc} (±3%)	48,79 V
I _{oc} (±3%)	11,39 A
Hücre Teknolojisi/ Cell Tech.	Half Cut Mono-PERC
Koruma Sınıfı / Satefy Class	II
Max Akım Kor. / Max OC Protect	20A
Max. Sis. Volt. / Max Sys Voltage	1500 VDC
Boyutlar / Dimensions	2096 x 1040 x 40 mm
Ağırlık / Weight	24 kg
Yangın Sınıfı / Fire Rating	C Sınıfı / Class C
Çalışma Sıcaklığı / Oper. Temp.	-40 C / +85 C
Koruma Kat. / Safety Factor Ym	1,5

Güneş enerjisi verilerini aldığımız Hanak Belediyesi Güneş Enerjisi Santrali Ardahan'ın Hanak ilçesindedir (41°15'32.2"N 42°51'16.2"E). Belediyeye ait santral 1250 kVa kurulu gücü, 2109 panel ve 1.200m aktarım hattı ile Hanak ilçesinin %12,5 enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Yılda ortalama 2.310 saat/yıl güneş alan bölgede santral 19,5 dönüm üzerine kurulmuştur. Santral ortalama 4000 kWh elektrik üretimi ile yaklaşık 450 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise günlük 115 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır. Şekil 5'de 2021-2022 yılına ait bir panelin ürettiği elektriğin ay bazında dağılımını göstermektedir.



Şekil 5. Bir panelin Ardahan ilinde ürettiği elektrik enerjisi (2021-2022)

2.1. İnvörtör

İnvörtör, doğru akımı alternatif akıma çeviren bir cihaza verilen isimdir. Elektrik enerjisi dönüştürme elemanı olarak da tanımlanabilir [22]. İnvörtörler, bir DC kaynağından gelen voltajı işleyen ve AC voltajı üretmek için kullanılan elektronik devrelerdir. On-grid invörtörler lisanssız güneş enerjisi sistemlerinde üretilen elektriği dönüştürmek için kullanılır. Sistemimizde on-grid invörtör kullanılmıştır [23]. Sistemde 20 kW'lık trifaze bir invörtör yeterli olmaktadır. İnvörtör seçimi şebekeden bağımsız sistemimiz içindir. Şebekeye bağlı sistemde off-grid bir invörtör kullanılmıştır. İnvörtör etiket bilgileri Tablo 3'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Tablo 3. Seçilen invörtör etiket değerleri

Özellikler	Değerler
Üretici, Güç	Lexron 20kW
Max. DC Input Power (Kw)	26
Max. DC Input Voltage (V)	1000
Start-Up DC Input Voltage (V)	250
MPPT Operating Range (V)	200-850
Max. DC Input Current (A)	25 + 25
Number of MPPT / Strings Per MPPT	2
Size (Mm)	400Wx520Hx250.5D
Wight (Kg)	28

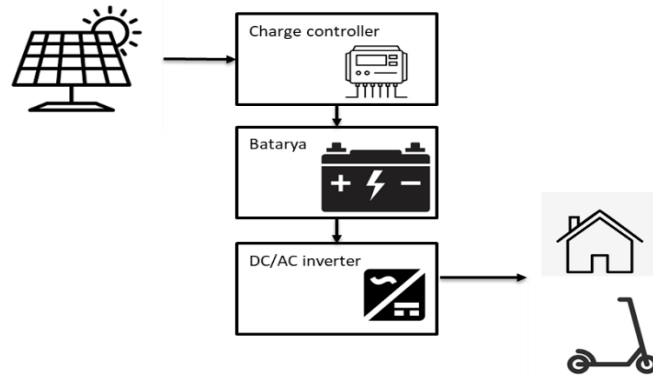
Genel olarak invörtörler, büyük ölçekli PV sistemlerinin arızalanmasının başlıca nedenidir. Kalite ve kullanım ömrü sorunlarına ek olarak, solar PV invörtörlerinde güç verimliliğini kısıtlamıştır. Normalde Si teknolojisi ile invörtör verimliliği %94–96 civarındadır ve yük azaldıkça verimlilik %94'ün altına düşebilir [24]. Şebekeden bağımsız sistemde 4 adet seri bağlı 12V 100 Ah'lik akü kullanılmıştır. Akü etiket bilgileri Tablo 4'de detaylı olarak gösterilmektedir.

Tablo 4. Seçilen akü özellikleri

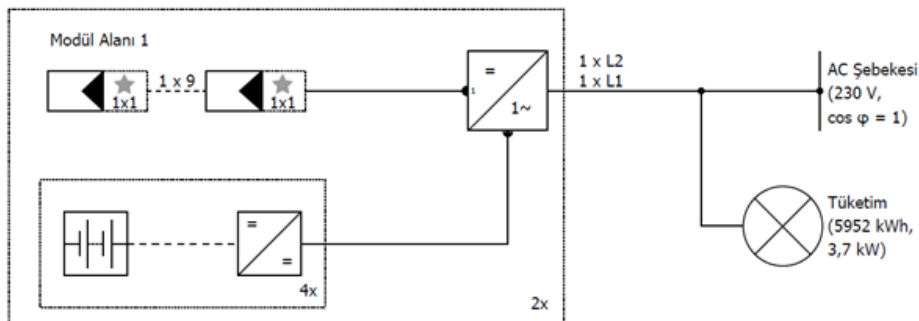
Özellikler	Değerler
Üretici	Solar 7/24 Deepcycle Jel Akü
Nominal Voltaj	12 V
Kapasite	100 Ah / 20 Hr
Deşarj Akımı	0,17 C
Şarj Akımı	2,4 V
Şarj Deşarj Kapasitesi	120%
Şamandıra tasarım Ömrü	12 yıl
Sızdırmama Kapasitesi	400 döngüde %100 deşarj derinliği
Ölçüler (UxGxY)	500 x 180 x 195 mm
Ağırlık	31 kg

2.2. Güneş Paneli ile Enerji Dönüşümü

Tüm sistem iki parçaya ayrılmıştır ve ilk bölüm PV panelden sağlanacak güç girişidir. İkinci blok, yükü de kontrol eden şarj kontrolörü, depolama sistemi, batarya ve yüküdür. Bağımsız bir PV ev sistemi tasarımı Şekil 6'da gösterilmektedir.

**Şekil 6.** Ev ölçeğinde güneş enerji sisteminin kavramsal çizimi

Şebekeden bağımsız sistemimiz için 4 adet 450 W panel, 20 kW on-grid trifaze invertör ve 4 adet 12 V seri bağlı akü grubumuzla sistemimiz tamamlanmıştır. Aylık bazda ortalama 594 kW elektrik üretimi gerçekleştirildi. Bu çalışma sonucunda ortaya çıkan maliyet 67.449,79 TL (3590\$) olmuştur. Şekil 7'de şebekeden bağımsız ortalama bir evin simülasyon sonucu gösterilmiştir.

**Şekil 7.** Şebekeden bağımsız ortalama bir evin simülasyon sonucu

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada ortalama bir evin günlük olarak enerji sarfiyatı belirlenmiş, güneş verileri Ardahan ilindeki bir işletmenin güneş enerji santralinden aylık periyotlar halinde bir yıllık olarak alınmış ve tamamen gerçek veriler kullanılmıştır. Çalışma sonucu olarak evin enerji ihtiyacı PV paneli tarafından karşılanmıştır. Ayrıca bir akü sistemi ile şebekeden bağımsız olarak yük yönetimi sağlanmış ve simülasyon sonucunda yük kontrollü sistemlerde kritik yüklerin kontrolsüz sistemlere göre 3 kata kadar daha uzun ömürlü olduğu tespit edilmiştir. Fotovoltaik sektörü başta olmak üzere yenilenebilir enerji sektörüne sağlanacak katkılar, enerji konusunda dışa olan bağımlılığımızı da azaltacaktır.

Şebekeye bağlı sistemde akü sistemi olmadığından dolayı maliyet açısından daha avantajlı görünmektedir. Ancak iklim şartlarını göz önünde bulundurursak zorlu ve soğuk iklimlerde akıllı yük yönetim sistemi kullanılması daha uygundur.

Yenilenebilir ve sürdürülebilir güneş enerjisi yüksek etkiye sahiptir ve geleneksel fosil yakıtların etkili bir ikamesidir. Kullanımı NO_x, CO_x, ve CH_x emisyonunu azaltır ve küresel ısınma tehdidinin üstesinden gelmek için daha çevreci bir seçenek sunar. Geçtiğimiz birkaç on yılda, atmosferde sera gazlarının birikmesiyle bağlantılı potansiyel tehlikeler konusunda artan bir endişe vardır. Enerji kullanımı iklim değişikliğine ve çevreye önemli bir etki sağladığından, güneş enerjisinin gerçekten de çevre ve iklim değişikliğini hafifletecek ölçekte kullanılması, fosil yakıtın sınırlı doğası ile birlikte günümüzün elektrik enerjisi sistemi için ciddi zorluklar oluşturacaktır. Bu çalışmada, küresel enerji talebi için gelecekteki ekonomik, güvenilir ve iklim dostu bir güç sisteminin sağlanması önerilmektedir. Basit güneş enerjisi yakalamanın gösterimi ve yenilikçi güneş paneli tarafından elde edilmesi gerçekten de küresel enerji talebini tam olarak karşılayacaktır. Bu sonuçlar sadece umut verici değil, aynı zamanda çevre dostu olduğu kadar sürdürülebilir bir enerji kaynağı olacak güneş enerjisinin maksimum kullanımı için küresel olarak teşvik edebilecek ölçüde çok hesaplıdır.

Gelecekteki çalışmanın amacı, yoğun ve yoğun olmayan saatlerde bir evdeki ağır yük cihazlarının otomatik kontrolünü yönetmek olacaktır. Elektrik dağıtım firması, mikrodenetleyicide besleme olarak hesaplanan temel yük değerleri ile yük cihazlarını kontrol edecektir.

Kaynakça

- [1] M. Akçin, B. Baykant Alagöz, C. Keleş, A. Karabiber, and A. Kaygusuz, "Dağıtık Kontrol ile Akıllı Şebekelerde Geniş-alan Yönetimi ve Geleceğe Dönük Projeksiyonlar," *SAU J. Sci*, vol. 17, no. 3, pp. 457–470, 2013.
- [2] A. Sagbaş and B. Başbuğ, "Sürdürülebilir Kalkınma Ekseninde Enerji Verimliliği Uygulamaları: Türkiye Değerlendirmesi," *EJEAS Eur. J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 43–50, 2018, [Online]. Available: <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/615038>
- [3] G. Resch, A. Held, T. Faber, C. Panzer, F. Toro, and R. Haas, "Potentials and prospects for renewable energies at global scale," *Energy Policy*, vol. 36, no. 11, pp. 4048–4056, Nov. 2008, doi: 10.1016/j.enpol.2008.06.029.
- [4] C. Lins, L. E. Williamson, S. Leitner, and S. Teske, "The first decade: 2004—2014: 10 years of renewable energy progress. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century," *REN21*, 2014.
- [5] E. Amal, K. Yilmaz, and E. Özdemir, "Rüzgar Enerji Santrallerinin Elektrik Şebekesine Etkilerinin İncelenmesi," *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, Dec. 2022, doi: 10.53410/koufbd.1096254.
- [6] T. Mazhar *et al.*, "Electric Vehicle Charging System in the Smart Grid Using Different Machine Learning Methods," *Sustainability*, vol. 15, no. 3, p. 2603, Feb. 2023, doi: 10.3390/su15032603.
- [7] G. S. Aslan, "Şebekeden Bağımsız Bir Ev İçin Akıllı Yük Yönetim Sistemi," Ege Üniversitesi, İzmir, 2019.
- [8] D. Çelik, M. E. Meral, and M. Waseem, "The progress, impact analysis, challenges and new perceptions for electric power and energy sectors in the light of the COVID-19 pandemic," *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 31, p. 100728, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.segan.2022.100728.
- [9] Ç. Adıyaman, "Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları," Niğde Üniversitesi, 2012.
- [10] Ö. Torunoğlu Gedik, "Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları ve çevresel etkileri," İstanbul Technical University, 2015.
- [11] K. Kaya, M. C. Şenel, and E. Koç, "Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının

- Değerlendirilmesi,” *NWSA Acad. Journals*, vol. 13, no. 3, pp. 219–234, Jul. 2018, doi: 10.12739/NWSA.2018.13.3.2A0152.
- [12] IEA – International Energy Agency, “World Energy Outlook 2022,” 2023. Accessed: Apr. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- [13] S. Ghosh and R. Yadav, “Future of photovoltaic technologies: A comprehensive review,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 47, p. 101410, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.seta.2021.101410.
- [14] C. Hakyemez, “Aylık Enerji Bülteni, Aralık 2021 #43,” *TSKB Ekon. Araştırmalar*, 2022.
- [15] S. Mesentean, W. Feucht, H.-G. Kula, and H. Frank, “Smart charging of electric scooters for home to work and home to education transports from grid connected photovoltaic-systems,” in *2010 IEEE International Energy Conference*, IEEE, Dec. 2010, pp. 73–78. doi: 10.1109/ENERGYCON.2010.5771778.
- [16] K. Tanrıöven, H. Cengiz, and E. Metin, “Yük Yönetim Sistemi ve Techizatları,” in *II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi*, Izmir, 2011.
- [17] G. Mumlu, “Enerji yönetim sistemi ve bir sanayi tesisinde enerji yönetimi uygulaması,” Sakarya Üniversitesi, 2008.
- [18] K. Kostková, E. Omelina, P. Kyčina, and P. Jamrich, “An introduction to load management,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 95, pp. 184–191, Feb. 2013, doi: 10.1016/j.epsr.2012.09.006.
- [19] A. Jossen, J. Garche, and D. U. Sauer, “Operation conditions of batteries in PV applications,” *Sol. Energy*, vol. 76, no. 6, pp. 759–769, 2004, doi: 10.1016/j.solener.2003.12.013.
- [20] ONVO, “ONVO OV-110 Elektrikli Scooter 800W,” 2022. <https://onvo.com.tr/urunler/scooter/onvo-ov-110-elektrikli-scooter-800w/> (accessed Nov. 25, 2022).
- [21] Gazioğlu Solar, “Güneş Panelleri Ürünlerimiz,” 2019. <http://gazioglusolar.com.tr/urunlerimiz> (accessed Nov. 25, 2022).
- [22] Solaravm, “İnverter Seçerken Nelere Dikkat Etmeliyiz?,” 2022. <https://solaravm.com/inverter-secerken-nelere-dikkat-etmeliyiz-2> (accessed Nov. 25, 2022).
- [23] İncitaş Motorlu Araçlar San. ve Tic. A.Ş., “İnverter (invertör) Nedir? İnverter Ne İşe Yarar?,” 2022. <https://www.incitas.com.tr/bilgi-merkezi/blog/inverter-invertor-nedir-inverter-ne-ise-yarar> (accessed Nov. 25, 2022).
- [24] R. Dogga and M. K. Pathak, “Recent trends in solar PV inverter topologies,” *Sol. Energy*, vol. 183, pp. 57–73, May 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.02.065.