
	YALOVA ÜNİVERSİTESİ ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ HİBRİT ELEKTRİK SİSTEMLERİ PROJESİ	
<u>DERSİN ÖĞRETİM ELEMANI:</u> Prof. Dr. SUNAY TÜRKDOĞAN		

Kırsal Bölgelerde Elektrik Enerjisi İhtiyacının Karşılanması İçin
Şebekeden Bağımsız Biyogaz/PV Hibrit Enerji Sistemi Tasarımı

Buğrahan BALİDEDE, Onur DOĞAN, Zeki Demir EROĞLU

*Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Yalova/Merkez.*

Özet

Bu çalışmada, Ağrı ili Patnos ilçesi Değirmendüzü köyünde şebekeden bağımsız hibrit enerji sisteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Köyün elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla güneş enerjisi, biyogaz ve pil depolamadan oluşan hibrit bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin modellenmesi ve analizi HOMER yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada farklı pil teknolojilerinin (Lityum iyon ve kurşun asit) sistem performansı ve maliyeti üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca PV panellerin Derating Factor değerinin sistem performansına etkisi de analiz edilmiştir. Sonuçlar sistemin her iki pil teknolojisiyle de köyün elektrik ihtiyacını karşılayabileceğini göstermektedir. Lityum iyon pilli sistemler daha yüksek verim ve daha uzun ömür sunmaktadır. Ancak ilk yatırım maliyeti kurşun asit pillere göre daha yüksektir. Ekonomik analiz verileri, lityum iyon pil sistemlerinin ilk yatırım maliyetinin daha yüksek olmasına rağmen, uzun vadede daha düşük işletme ve bakım maliyetleri nedeniyle kurşun asit pil sistemlerine göre daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçları, şebeke dışı yenilenebilir enerji sistemlerinin tasarımı ve uygulanması için önemli bilgiler sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Hibrit Enerji Sistemleri, Biyogaz, Tarım ve Hayvancılık, PV Panel HOMER.

Abstract

In this study, the feasibility of an off-grid hybrid energy system in Değirmendüzü village, located in the Patnos district of Ağrı province, is investigated. In order to meet the electrical energy demand of the village, a hybrid system consisting of solar energy, biogas, and battery storage is designed. The modeling and analysis of the proposed system are carried out using the HOMER software. The effects of different battery Technologies (lithium-ion and lead-acid) on system performance and cost are examined. In addition, the impact of the photovoltaic (PV) panel derating factor on system performance is analyzed. The results indicate that both battery technologies are capable of meeting the electrical energy demand of the village. Lithium-ion battery-based systems offer higher efficiency and longer lifetime; however, their initial investment cost is higher compared to lead-acid battery systems. Economic analysis results show that, despite the higher initial investment cost, lithium-ion battery systems are more economical in the long term due to lower operation and maintenance costs. The findings of this study provide valuable insights into the design and implementation of off-grid renewable energy systems.

Keywords: Hybrid Energy Systems, Biogas, Agriculture and Livestock, PV Panel, HOMER

1. Giriş

Enerji ve enerji kaynakları; insanlara, insanın varoluşundan itibaren bir ihtiyaç olmuş ve insanlık var olduğu müddetçe de ihtiyaç duyulacaktır. Enerji kaynakları tarih boyunca insanlık için en öncelikli araştırma konularından biri olmuştur. Enerji ihtiyacı sanayi devrimi sonrasında global anlamda hızla artmaktadır. Enerji ihtiyacında meydana gelen bu hızlı artış sonrası fosil enerji rezervlerinin giderek azalması, enerji kaynaklarının yeryüzünde sınırlı coğrafik dağılımı ile çevre kirliliğinin hızla artması ülkeleri alternatif arayışına itmektedir. Fosil enerji rezervlerinin kullanılması iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya sebep olmakta ve dünyamızı yaşanmaz bir duruma getirecek risklere yol açmaktadır. Bu sebeple ülkeler yenilenebilir, sürdürülebilir ve daha yeşil enerji kaynaklarına yönelmiştir. Yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı hibrit enerji sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonu, konut tipi elektrik yüklerinin güvenilir bir şekilde karşılanabilmesi ve farklı bina yapılarında PV kurulum potansiyelinin belirlenmesi literatürde önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir [1,2,13,16].

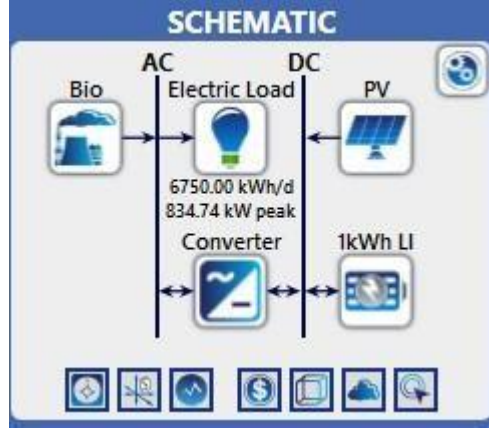
Yenilenebilir enerji kaynakları şunlardır; hidro, jeotermal, güneş, rüzgâr, odun, bitki artıkları, biyokütle, gel-git ve dalgalarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir

özelliği ise birden fazla kaynağı bir hibrit sistemde entegre edebilmektir [3]. Elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarını hibrit bir sistemde kullanmak enerji sürekliliği için önemlidir. Örneğin güneş enerjisinden sadece gündüz vakitlerinde, rüzgâr enerjisinden sadece rüzgârlı günlerde yararlanılabildiği gibi bir süreklilik söz konusu olmaz. Ancak bu kaynaklar hibrit bir sistem içerisinde kullanıldığı zaman birbirlerini destekler, enerji depolanarak üretilmediği anlarda da kullanılabilir, biyogaz jeneratörler veya çeşitli jeneratörler kullanılarak doğa koşulları göz önünde bulundurulmaksızın üretilmiş ham maddeler ile istenilen zamanda elektrik enerjisi üretilebilir. Bu durum bize enerji sürekliliği sağlar ve enerji birim maliyet fiyatını düşürür.

Bu çalışmamızda 450 haneden oluşan 2700 kişilik Ağrı Patnos Değirmendüzü köyünün elektrik ihtiyacını şebekeden bağımsız olarak karşılayan bir hibrit enerji sisteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Hibrit enerji sisteminin modeli HOMER programında oluşturulmuştur. Köyün elektrik yük ihtiyacının hesaplanması için meskendeki trafoların gerekli değerleri alınmış ve yük ihtiyacı hesaplanmıştır. Seçilen köyün meteorolojik verileri HOMER programı tarafından NASA (yüzey meteorolojisi ve güneş enerjisi) veri tabanından alınmıştır. Üzerinde çalışılan sistemin maliyet analizleri yapılmış, sistemin fiyat/performans açısından optimum noktası bulunması için PV panelin değer kaybı hassasiyeti analizleri yapılmıştır. Bu hibrit enerji sistemi için araştırmalar ve analizler tamamlandıktan sonra elde edilen sonuçlar üzerinden sistemin uygulanabilirliği yorumlanmıştır.

2. Sistem Tanıtımı

Bu çalışmada lokasyon olarak Ağrı ilinin Patnos ilçesine bağlı Değirmendüzü köyünde şebekeden bağımsız bir hibrit elektrik sistemin HOMER yazılımı ile simülasyonları uygulanmıştır. Bu uygulanan simülasyonda en uygun sistemle birlikte diğer sistemlerin de enerji maliyeti ve net şimdiki maliyet değerleri ilgili yazılıma buldurulmuştur. Sonrasında ise ana sistem üzerinden hassasiyet analizleri ve optimizasyonlar yapılarak en uygun sistemin bulunması sağlanmıştır. Sistemde optimizasyon yapılırken de-rating faktörü değiştirilmiştir. Tasarlanan hibrit sistemin şematik görünümü Şekil 1' deki gibi olup ilgili lokasyonun elektrik yükü bu sistem üzerinden karşılanacaktır. Şebekeden bağımsız hibrit enerji sistemlerinin küçük ölçekli yerleşim birimlerinde uygulanabilirliği, literatürde teknik ve ekonomik açıdan detaylı biçimde incelenmiş ve bu tür sistemlerin yerel enerji ihtiyacını karşılayabildiği gösterilmiştir [14].



Şekil 1. Tasarlanan sistem modeli

3. Analiz ve Yöntem

Kırsal alanlarda ve çiftlik tipi yapılarda hibrit enerji sistemlerinin ekonomik ve teknik açıdan uygulanabilir olduğu, yapılan çalışmalarda net bir şekilde ortaya konulmuştur [15].

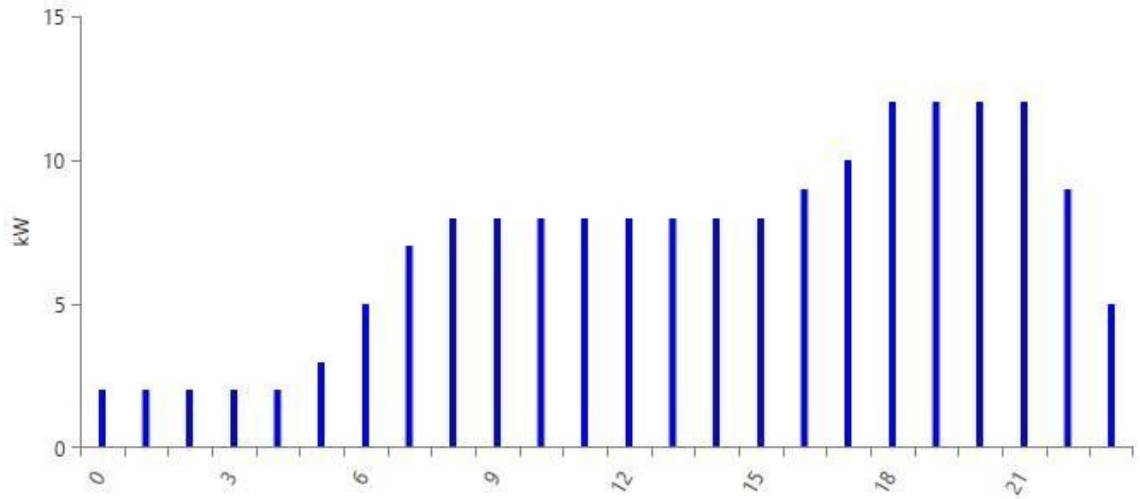
3.1. Hibrit Sistem Girdileri

3.1.1. Proje Uygulama Yeri

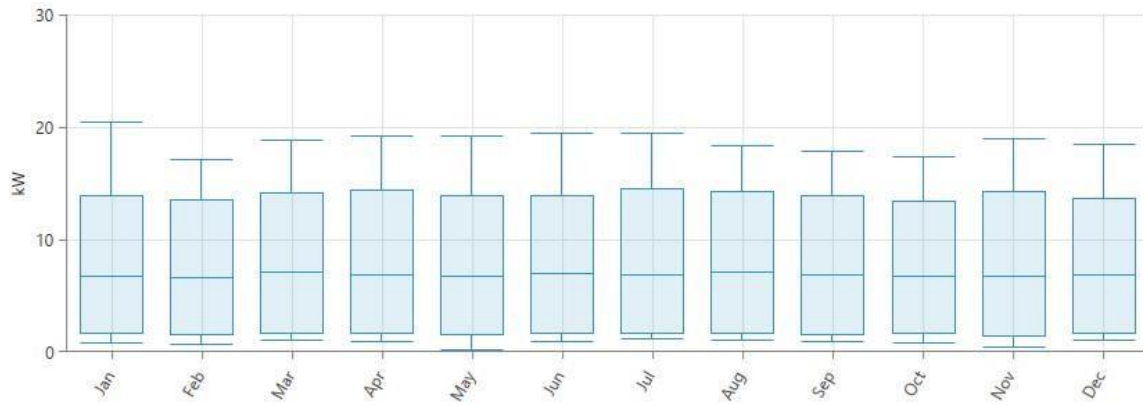
Projenin ilk uygulanma yeri Türkiye’de Doğu Anadolu bölgesinde bulunan Ağrı ilinin Patnos ilçesinin Değirmendüzü (39°13' N 42°58' E) köyüdür [4]. Araştırmalar 450 hane 2700 kişiden oluşan bir topluluk için yapılmıştır.

3.1.2. Elektrik Yük Yapısı

Türkiye’de ortalama bir ailenin aylık ortalama elektrik tüketimi Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yapılan araştırmalara göre 375-458 kWh aralığındadır [5]. 6 kişilik bir ailenin günlük elektrik tüketimi yaklaşık olarak 15 kWh olarak bulunmuştur. 450 hanenin günlük 15 kWh’ten toplam günlük ihtiyacı 6750 kWh’tir. Bir meskende elektrik tüketimi akşam saatlerinde yoğunlaşması beklenmektedir. Çalışmada HOMER programında mevcut olan topluluk yük profili kullanılmıştır (Şekil 2). Topluluğun elektrik tüketimi 6750 kWh ve tepe güç değeri 834.74 kW olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3).



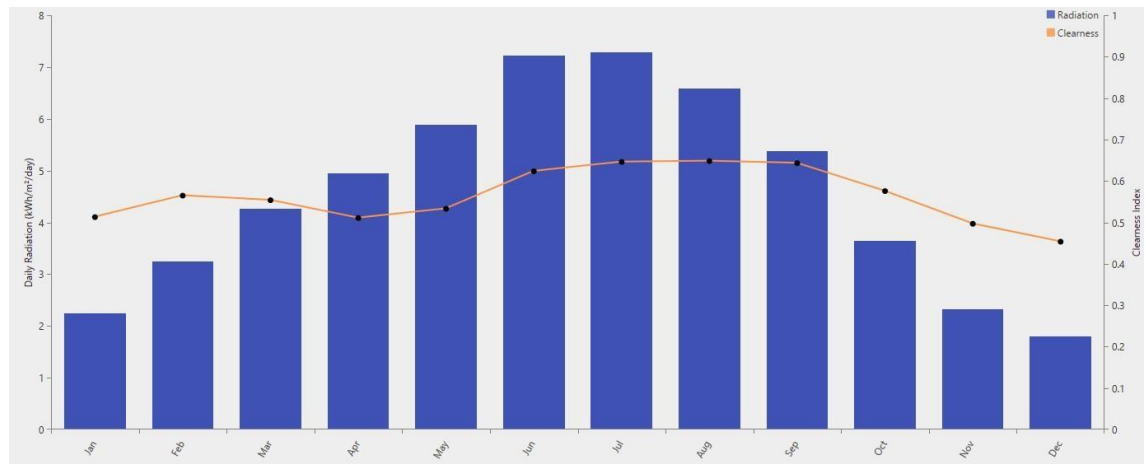
Şekil 2. Elektrik tüketiminin gün içerisinde saatlik yük profili



Şekil 3. Elektrik tüketiminin aylık yük profili

3.1.3. Bölgenin Güneş ve Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

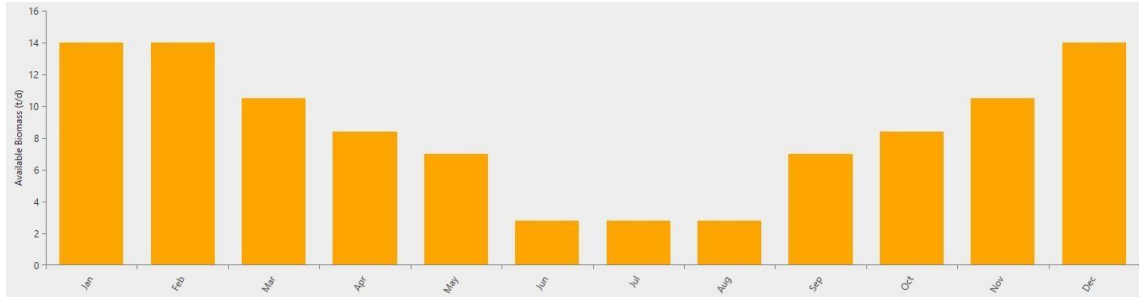
Güneş panellerinin elektrik üretim miktarı, bölgenin meteorolojik verileriyle doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada kullanılan solar enerji verileri, NASA'nın veri tabanından elde edilen ve HOMER programına entegre edilen verilerdir [6]. Şekil 4'te Aylık ortalama solar radyasyon verileri gözlemlenmiştir.



Şekil 4. Aylık ortalama solar radyasyon verileri

İlgili veriler Temmuz 1983-Temmuz 2005 yılları arasında 22 yıllık ölçümler sonucu elde edilmiş ve ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Biyokütle enerjisi, yenilenebilir enerji kaynaklar arasında önemli bir noktada bulunmaktadır. Bu çalışmada, 400 büyükbaş hayvanın gübresi biyokütle enerjisi olarak kullanılacaktır. Büyükbaş bir hayvanın günlük gübre miktarı canlı ağırlığının %8'i kadar (600 kg canlı ağırlıktaki bir inek 48 kg dışkı ve idrar) atık üretir. Bu gübrenin ortalama 15.7 L'si sıvı gübredir. Ortalama bir ineğin katı gübresi yaklaşık olarak 35 kg olarak kullanılmıştır. 400 büyükbaş hayvandan 14 tona kadar katı gübre toplanabilir [7,8]. Bu çalışmada, baz alınan bölgenin şartları değerlendirildiğinde, yetiştirilen hayvanlar yaz aylarında sadece sağım için kapalı alanda tutulur. Diğer zamanlarda merada bulunduğu için katı gübreleri toplanamaz ve elde edeceğimiz gübre miktarı %20 oranına kadar azalabilmektedir. Şekil 5'te ilgili lokasyonun biyokütle potansiyeli gözlemlenmektedir.



Şekil 5. Biyokütle enerji potansiyeli

3.2. Kullanılan Komponentler

3.2.1. Biyogaz Jeneratörü

Yapılmış olan piyasa araştırması sonuçlarına dayanarak biyogaz jeneratörlerinde kW başına enerji maliyetinin 200-300\$ arasında olduğu görülmüştür bu maliyetlerin teyit bilgisi yerel firmalar ile elde edilen görüşmelerden sağlanmıştır. İlgili projede kullanılan biyogaz jeneratör için ortalama olarak 266\$/kW maliyet değeri baz alınmıştır. Biyogaz jeneratörlerin fiyatı kapasitesi ile ters orantılı olarak değişmektedir yani kapasite arttıkça ters orantılı olacak şekilde kW başına maliyet azalımı olmaktadır.

3.2.2. Güneş Paneli

Sistemde kullanılan panel HOMER programındaki entegre panellerden bir tanesidir. Bu noktada sistem için önemli olan şey panelin kW başına kurulum maliyetidir. Güneş enerjisi sektöründe faaliyet gösteren küçük ve büyük çaplı firmalardan edinilen piyasa bilgilerine dayanarak kW başına kurulum maliyeti parametresi 465 \$ olarak belirlenmiştir.

3.2.3.1 Lityum İyon Batarya

Piller sistemde üretilen fazla enerjiyi kimyasal olarak depolayabilen komponentlerdir. Tasarlanacak olan sistemde kullanılacak olan pil lityum iyon pil olup 1 kWh'lik maliyeti 115\$ olarak belirlenmiştir [9].

3.2.3.2 Kurşun Asit Batarya

Tasarlanacak olan sistemde ikinci bir pil olarak kurşun asit piller incelenecektir. Kullanılacak pil için piyasa araştırması sonucunda 65-100 \$ fiyatlar bulunmuş ve sistemde kullanılacak maliyet 80 \$ olarak belirlenmiştir [10].

3.2.4. Konvertör

Konvertörler elektrik enerjisinin farklı formlara (DC-AC, AC-DC) dönüşümüne olanak sağlayan bir ayardır yerel pazarda yapılan araştırmalarda 260-500\$ arası değişken fiyatlar bulunmuştur. Kurulacak sistemde maliyeti ise 300\$ olarak baz alınmıştır.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, literatürde yalnızca yenilenebilir kaynaklara dayalı ve şebekeden bağımsız hibrit enerji sistemleri üzerine yapılan önceki çalışmalarla uyum göstermektedir. [13-15].

4.1. Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Tasarlanan hibrit enerji sisteminin HOMER programında yapılan simülasyon sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Sonuçlar bulunurken sistemin yapılacağı bölgenin meteorolojik verileri baz alınmış, biyogaz o bölgede yetiştirilen hayvanların gübrelerinden üretildiği için yakıt fiyatı 0\$ alınmış, jeneratörün devreye girme yükü %50 olarak alınmış ve sistem yüklerinin değişmeyip sabit kaldığı durumlar incelenmiştir. Lityum iyon ve kurşun asit piller ile yapılan simülasyon sonuçları gözlemlenmiştir.

Tablo 1. Li-ion pil ile simülasyon sonucu açığa çıkan hibrit enerji modelleri

Architecture							Cost				
PV (kW)	Bio (kW)	1kWh Li	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)			
2,872	60.0	6,880	708	LF	\$4.77M	\$0.0976	\$115,149	\$2.40M			
3,551		9,640	703	CC	\$5.94M	\$0.122	\$144,305	\$2.97M			

Tablo 2. Lead-acid pil ile simülasyon sonucu açığa çıkan hibrit enerji modelleri

Architecture					Cost					
PV (kW)	Bio (kW)	1kWh LA	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)		
3,745	60.0	7,980	797	LF	\$6.38M	\$0.131	\$207,832	\$2.10M		
5,024		10,140	753	CC	\$7.56M	\$0.155	\$241,376	\$2.59M		

Simülasyona girilen değerler dahilinde en uygun sistemlerin analizini yapar. Simülasyon sonuçlarına göre lityum iyon pil kullanılan sistemde en uygun birim maliyeti 0.0915\$, kurşun asit pil kullanıldığında ise en uygun birim maliyet 0.131\$ olarak bulunmuştur.

HOMER simülasyon sonuçlarına göre, PV paneller ve biyogaz jeneratörünün birlikte kullanıldığı hibrit sistemin, köyün elektrik ihtiyacını karşılamak için en uygun çözüm olduğu görülmüştür. Li-ion pillerin kullanıldığı sistemde, daha yüksek verimlilik ve daha uzun ömür sağlanmıştır. Ancak, ilk yatırım maliyeti Lead Acid pillere göre daha yüksektir.

Diğer taraftan, Lead Acid pillerin kullanıldığı sistemde daha düşük ilk yatırım maliyeti sunarken, daha düşük verimlilik ve daha kısa ömür gibi dezavantajları da beraberinde getirmektedir.

Ekonomik analiz verileri gözden geçirildiğinde, Lityum iyon pil sisteminin başlangıç yatırım maliyetinin daha yüksek olmasına rağmen, işletme ve bakım masraflarının uzun vadede daha düşük olması sebebiyle kurşun asit pil sistemine göre daha ekonomik olduğu görülmektedir. Lityum iyon pil sisteminin Net Present Cost (NPC) değeri 10.140.000 \$ iken, kurşun asit pil sisteminin NPC değeri 10.783.000 \$ olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde lityum iyon pil sisteminin Levelized Cost of Energy (LCOE) oranı 0.2078 \$/kWh, kurşun asit pil sisteminin LCOE oranı ise 0.2157 \$/kWh olarak tespit edilmiştir.

Kullanılan pillerin teknik özellikleri Tablo 3'te karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. Pil cinsine göre elektriksel özellikler

Pil Cinsi	Kurşun Asit	Lityum İyon
Nominal Voltaj (V)	12	6
Max. Şarj Akımı (A)	16.7	167
Max. Deşarj Akımı (A)	24.3	500
İlk Şarj Durumu (%)	100	100
Minimum Şarj Durumu (%)	40	20
Ömür (yıl)	15	25

4.2. Hassasiyet Analizlerinin Değerlendirilmesi

PV panellerin performansı, çeşitli faktörlerden etkilenerek enerji üretiminde düşüşe neden olabilir. Bu düşüşü hesaba katmak için derating faktörü (DF) kullanılır. Çalışmada, DF'nin sistem performansı ve maliyeti üzerindeki etkisi, %80 (referans), %70 ve %90 olmak üzere üç senaryoda değerlendirilmiştir. PV panellerin performansı, derating faktörü gibi teknik parametrelerin yanı sıra, kurulum yapılan binanın mimari tasarımı ve panel konumlandırmasından da doğrudan etkilenmektedir.[16].

HOMER simülasyonlarına göre, DF'nin artışı toplam maliyeti (NPC) ve enerji üretim maliyetini (LCOE) düşürmektedir. DF %90 olduğunda NPC 10.140.000 \$ ve LCOE 0.2078 \$/kWh olarak hesaplanırken, DF %80 için NPC 10.783.000 \$ ve LCOE 0.2157

\$/kWh, DF %70 için ise NPC 11.416.000 \$ ve LCOE 0.2234 \$/kWh'a yükselmektedir. Bu durum, yüksek DF'nin panellerin daha verimli çalışmasını sağladığını ve daha az ekipman ihtiyacıyla maliyeti düşürdüğünü göstermektedir.

Ancak, gerçekçi bir DF belirlemek kritik öneme sahiptir. Aşırı iyimser DF (%90 gibi) seçimi, sistemin beklenen performansı sağlayamamasına yol açabilir. Bu çalışmada DF değeri %80 olarak kullanılmıştır. Şekil 6'da lityum iyon pil üzerinden DF karşılaştırılması yapılmıştır.

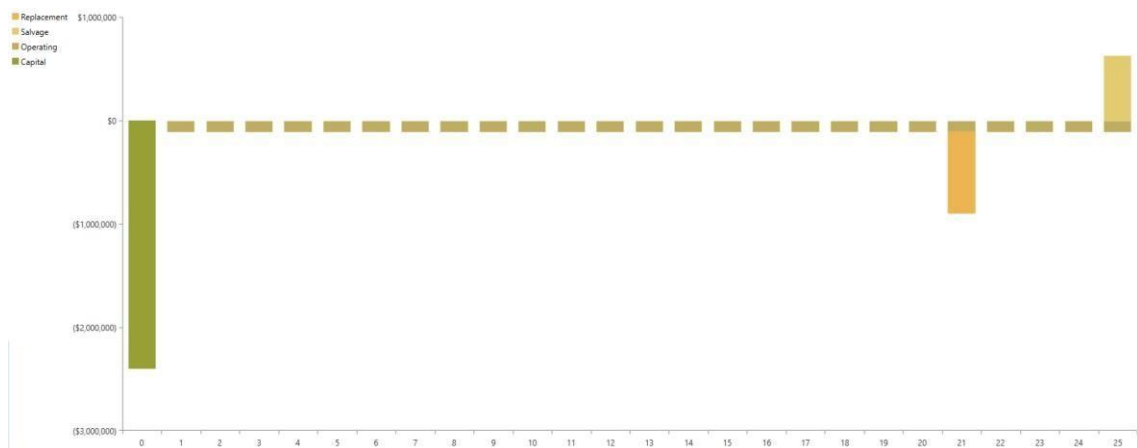
Sensitivity		Architecture							Cost			
PV Derating (%)		PV (kW)	Bio (kW)	1kWh LI	Converter (kW)	Dispatch		NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	
70.0		3,183	60.0	7,400	636	LF		\$5.06M	\$0.103	\$120,554	\$2.58M	
80.0		2,872	60.0	6,880	708	LF		\$4.77M	\$0.0976	\$115,149	\$2.40M	
90.0		2,528	60.0	7,080	668	LF		\$4.57M	\$0.0934	\$112,488	\$2.25M	

Şekil 6. Derating factor hassasiyet analizi

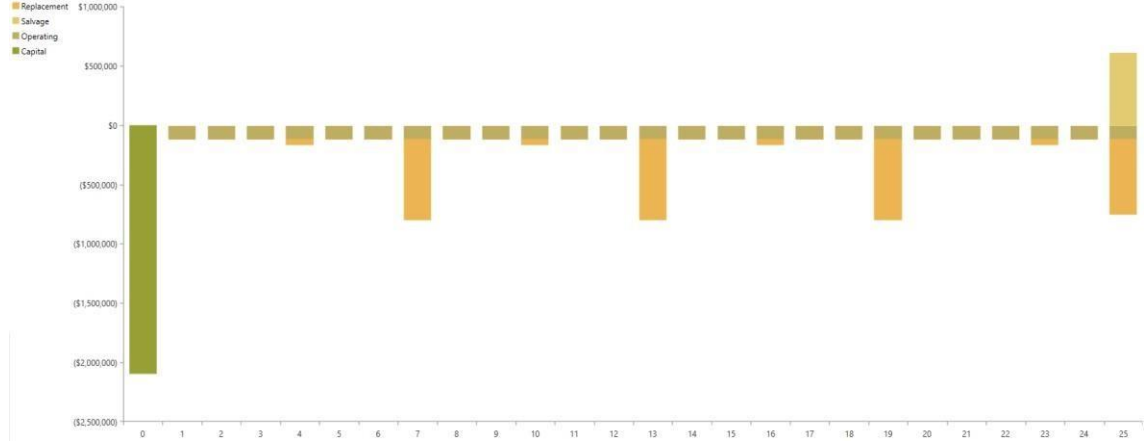
4.3. Mali Sonuçların Analizi

Analiz sonuçlarına göre, her iki pil teknolojisi ile de sistemin köyün elektrik ihtiyacını karşılayabileceği görülmüştür. Lityum iyon piller, kurşun asit pillere göre daha yüksek verimlilik ve daha uzun ömür sunarken, ilk yatırım maliyeti daha yüksektir. Diğer taraftan, kurşun asit piller daha düşük bir ilk yatırım maliyeti sunarken, daha düşük verimlilik ve daha kısa ömür gibi dezavantajlara sahiptir.

Maliyet analizi sonuçları, lityum iyon pil sisteminin daha düşük bir NPC ve daha düşük bir LCOE değerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, lityum iyon pillerin uzun vadede daha ekonomik bir seçenek olduğunu göstermektedir. Sistem mali özet sonuçları, lityum iyon pil için Şekil 7'de, kurşun asit için Şekil 8'de gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Lityum iyon pil için mali sonuçlar



Şekil 8. Kurşun asit pil için mali sonuçlar

5. Sonuç

Fosil yakıtların azaldığı dünya koşulları göz önüne alındığında çevreci enerji sistemlerinin tasarımı büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte değişen atmosferik özellikler de gerek Türkiye'yi gerekse farklı ülkeleri yenilenebilir enerji kullanımına sevk etmektedir.

Fakat bu yenilenebilir enerji sistemlerinin gün içerisinde süreklilik arz etmediği (Eşdeğer güneşlenme saati, rüzgâr hızındaki farklılık, vb.) göz önünde bulundurularak hibrit enerji sistemleri tercih edilmelidir

PV/Pil ve PV/Biyo/Pil sistemleri karşılaştırıldığında, yaklaşık olarak 0.0976 \$ COE ile PV/Biyo/Pil sistemi uygulanabilir olarak bulunmuştur. Bu sistemin ayrıca 2 farklı pil türü ile karşılaştırılmalı tekno-ekonomik analizi de yapılmıştır. Başlangıç maliyetleri incelendiğinde kurşun asit pil lityum iyona göre daha uygun bir tercih olmaktadır. Ancak lityum iyon pil, kurşun asit pillere göre çok daha yüksek şarj ve deşarj akımlarına dayanabilir. Bu, daha hızlı şarj süreleri ve daha yüksek güç çıkışı anlamına gelir [11]. Ayrıca lityum iyon piller, kurşun asit pillere göre çok daha uzun ömürlüdür. Bu, uzun vadede daha az pil değişimi gerektiği anlamına gelir ve maliyeti düşürür.

İlgili sistemde biyogaz jeneratöründe yakıt maliyetinin, yakıtın hayvan atıklarından elde edilmesi sayesinde 0 \$ olması da COE'yi düşüren etkenlerdendir. Ayrıca hayvansal atıklar biyogaz üretimi için kullanıldığında, bir miktar atık sıvı da elde edilmektedir. Bu atık sıvının da gübre olarak kullanılabilmesi söz konusudur [12]. Yerel çiftçilere ve de köy halkına satışı ile ek bir gelir de elde edilebilecektir.

Elde edilen maliyetlerin gelişen teknoloji koşullarıyla (teknik özelliklerin gelişimi, fiyatların azalması) ilerleyen zamanlarda azalması söz konusu olabilecektir.

Kaynaklar

- [1]. Denizbilen, S. Y. Enerji Talebi ve Dünya Ekonomisi Açısından Önemi. **İktisadi Araştırmalar Dergisi**, 1(1), 18-23.
- [2]. Aydın, F. (2010). Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, (35), 317-340.
- [3]. T.C. Dışişleri Bakanlığı. Yenilenebilir enerji kaynakları. **T.C. Dışişleri Bakanlığı**. <https://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.tr.mfa#:~:text=Yenilenebilir%20enerji%20kaynaklar%C4%B1%2C20hidro%2C%20jeotermal,ve%20dalga%20olarak%20kabal%20edilmektedir>
- [4]. Google Earth. Değirmendüzü, Patnos/Ağrı. **Google Earth**. https://earth.google.com/web/search/Değirmendüzü,+Patnos/Ağrı/@39.22114883,42.96630035,1769.93763573a,1017.41975497d,35y,0h,0t,0r/data=CiwiJgokCUV7wcMB80NAEQmAxOgRnENAGZqmmKgt2UVAIQ8XU_fr8kRAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP_____wEQAA
- [5]. Doğan, Y. (2023, 10 Mart). Türkiye'de ortalama bir evin aylık ve yıllık elektrik ihtiyacı ne kadardır? **SB Solar**. <https://sbsolar.com.tr/turkiyede-ortalama-birevinaylik-yillik-elektrik-ihtiyaci-ne-kadardir>
- [6]. HOMER Energy. Solar resource data in HOMER. **HOMER Energy Support Center**. <https://homerenergy.my.site.com/supportcenter/s/article/solarresourcedata-in-homer>
- [7]. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2017). Büyükbaş hayvan yetiştiriciliği. **Hayvancılık Genel Müdürlüğü**. <https://www.tarimorman.gov.tr/HAYGEM/Belgeler/Hayvanc%C4%B1%C4%B1k/B%C3%BCy%C3%BCKba%C5%9F%20Hayvanc%C4%B1%C4%B1k/2017%20Y%C4%B1%C4%B1/B%C3%BCy%C3%BCKba%C5%9F%20Hayvan%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf>
- [8]. Cao, Z. J., Ma, M., Yan, X. Y., Li, S. L., & Zhang, X. M. (2009). A simple urinecollecting apparatus and method for cows and heifers. **Journal of dairy science**, 92(10), 5224-5228.
- [9]. Statista. Global lithium-ion battery pack costs 2010-2022. **Statista**. <https://www.statista.com/statistics/883118/global-lithium-ion-batterypack-costs/>
- [10]. Eco Tree Lithium. *Lead acid vs lithium batteries*. **Eco Tree Lithium**. <https://ecotree lithium.co.uk/news/lead-acid-vs-lithium-batteries/>
- [11]. Tariq, N. U. S. A., Zeb, K., Kamal, M., Amin, S., & Ali, M. U. Improving Charging Time of Li-Ion Batteries Using Non-Linear Controller.
- [12]. Khan, M. U., Hassan, M., Nawaz, M. H., Ali, M., & Wazir, R. (2018, September). Techno-economic Analysis of PV/wind/biomass/biogas hybrid system for remote area electrification of Southern Punjab (Multan), Pakistan using HOMER Pro. In **2018 International conference on power generation systems and renewable energy technologies (PGSRET)** (pp. 1-6). IEEE.

- [13]. Turkdogan, Sunay. "Design and optimization of a solely renewable based hybrid energy system for residential electrical load and fuel cell electric vehicle." **Engineering Science and Technology, an International Journal** 24.2 (2021): 397-404.
- [14]. Türkdoğan, Sunay, Muhammet Talha Mercan, and Tuğçe Çatal. "Şebekeden bağımsız hibrit enerji sistemleri kullanılarak 40 hanelik bir topluluğun elektrik ve termal yük ihtiyacının karşılanması: Teknik ve ekonomik analizleri." **Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi** 18 (2020): 476-485.
- [15]. Türkdoğan, Sunay, Serkan Dilber, and Barış Çam. "Hibrit Enerji Sistemlerinin Şebekeden Bağımsız Bir Çiftlik Evinde Uygulanabilirliğinin Ekonomik ve Teknik Açıdan İncelenmesi." **Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi** 3.2 (2018): 52-65.
- [16]. Arslan, Furkan, and Sunay Türkdoğan. "Kamu binalarında çatı üzeri fotovoltaik panel kurulum potansiyelinin belirlenmesi ve enerji üretim artışı için mimari tasarımın ele alınması: Yalova ili örneği." **Journal of Innovative Engineering and Natural Science** 2.2 (2022): 76-94.