

HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
AKADEMİK BİLİM DERGİSİ

**HARRAN
ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK DERGİSİ**

HARRAN UNIVERSITY
JOURNAL OF ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733



HARRAN ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK DERGİSİ

HARRAN UNIVERSITY JOURNAL of ENGINEERING

e-ISSN: 2528-8733 (ONLINE)

Şanlıurfa İlinde Bir Biyogaz Santralinin Üretim Kayıplarını Telafi Etmek için Fotovoltaik Tabanlı Yardımcı Kaynak ve Sistemlerin Kullanımı

Use of Photovoltaic Based Auxiliary Resources and Systems to Compensate Production Losses of a Biogas Plants in Şanlıurfa Province

Yazar(lar) (Author(s)): Merve CİNİVİZ¹, Hasari KARCI²

¹ ORCID ID: 0009-0005-1033-8333

² ORCID ID: 0000-0002-2433-043X

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Ciniviz M., Karci H., “Şanlıurfa İlinde Bir Biyogaz Santralinin Üretim Kayıplarını Telafi Etmek için Fotovoltaik Tabanlı Yardımcı Kaynak ve Sistemlerin Kullanımı”, ***Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi***, 9(1): 01-09, (2024).

DOI: 10.46578/humder.1403231



Şanlıurfa İlinde Bir Biyogaz Santralinin Üretim Kayıplarını Telafi Etmek için Fotovoltaik Tabanlı Yardımcı Kaynak ve Sistemlerin Kullanımı

Merve CİNİVİZ¹, Hasari KARCİ²

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Haliliye/ŞANLIURFA

²Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Haliliye/ŞANLIURFA

Öz

Biyogaz santrallerinde kullanılan biyogaz jeneratörleri elektrik dağıtım şebekesi ile senkronize bir şekilde çalışır. Şebekede yaşanan arızalar sonucunda oluşan gerilim dalgalanmaları biyogaz jeneratörlerinde ani duruşlara neden olur. Ani duruşlar biyogaz jeneratörünün zarar görmesine ve elektrik üretiminin kesintiye uğramasına neden olur. Bu makalede Şanlıurfa ilindeki bir biyogaz santralının enerji ihtiyacını kesintisiz olarak karşılamak için biyogaz santrali ve fotovoltaik sistemden oluşan hibrit bir sistemin tasarım ve analizi yapılmıştır. Hibrit sistem ile biyogaz santrali enerji ihtiyacını FV sistemden karşılar. Hibrit sistemin tasarım ve analizleri HOMER yazılımı ile yapılmıştır ve hibrit sistemin 25 yıl sonundaki net maliyeti \$509,047 yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı ise %97.3 olarak bulunmuştur. Yapılan tasarım ve analizler sonucunda hibrit sistemin uygulanabilir olduğu ve yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde kullandığı sonucuna varılmıştır.

Makale Bilgisi

Başvuru: 11/12/2023
Yayın: 30/04/2024

Anahtar Kelimeler

Biyogaz, FV sistemler,
yenilenebilir enerji,
HOMER yazılımı, hibrit
sistemler, biyogaz
jeneratörü

Keywords

Biogas, PV systems,
renewable energy, HOMER
software, hybrid systems,
biogas generator

Use of Photovoltaic Based Auxiliary Resources and Systems to Compensate Production Losses of a Biogas Plants in Şanlıurfa Province

Abstract

Biogas generators used in the biogas power plant works synchronously with the electricity distribution grid. Voltage fluctuations resulting from faults in the grid cause sudden stop of the generator. Sudden stops cause damage to the biogas generator and interruption of electricity production. In this article, a hybrid system, consisting of a biogas power plant and a photovoltaic system, was designed and analyzed for a biogas plant to meet energy needs without interruption in Şanlıurfa. With hybrid system, the biogas power plant meets its electricity needs from the PV system. Design and analysis of the hybrid system made with HOMER software. The net cost of the hybrid system at the end of 25 years is \$509,047 the usage rate of renewable energy resources was found to be 97.3%. As a result of the design and analysis, it was concluded that the hybrid system is applicable and uses renewable energy resources effectively.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile beraber enerjiye duyulan ihtiyaç artmıştır. Enerji üretiminde kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımının artması küresel ısınma, asit yağmurları ve ozon tabakası delinmesi gibi çevresel sorunlar oluşturmuştur [1]. Çevresel sorunların yanında fosil yakıtların giderek tükenmekte oluşu yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır [2]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara alternatif olarak kullanımının artması, fosil yakıtların sebep olduğu çevresel sorunları azaltabilir. Fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri biyogazdır. Biyogaz biyokütlenin biyometanizasyona uğraması sonucu elde edilir. Belediye atıkları,

biyolojik kökenli endüstri atıkları, bitkisel yağ atıkları, tarımsal atıklar, orman ve ormancılık endüstrisi atıkları ve hayvansal atıklar biyokütlenin hammadde kaynaklarıdır. Biyogazın içinde bulunan metan (CH₄) gazı karbondioksit göre 80 kat daha fazla sera gazı etkisi oluşturması sebebi ile biyogazın biyogaz santrallerinde kullanılması ile karbon emisyonları ciddi ölçüde azalır [3]. Ayrıca biyokütle kaynaklarının biyogaz santrallerinde düzenli depolama yapılarak bertaraf edilmesi ile doğayı düzensiz bir şekilde istila eden atıklardan çürüme ile oluşan azot, hidrojen sülfür, amonyak gibi bileşenlerin yer altı sularına karışarak insan sağlığı üzerinde oluşturacağı olumsuz etkiler önlenmiş olur [4].

Türkiye’de biyogaz santrallerinin toplam kapasitesi Eylül-2023 için 2.049,15 MW’tır [5]. Biyogaz santralleri elektrik şebekesine paralel bağlı olarak çalışırlar ve ihtiyaç duydukları enerjiyi elektrik dağıtım şebekesinden alırlar. Biyogaz santrallerinde yaşanan önemli problemlerden biri elektrik şebekesinde meydana gelen kesinti ve gerilim dalgalanmaları nedeniyle üretimin kesintiye uğraması ve bu kesintilerin sonucu olarak biyogaz santrallerinde bulunan biyogaz jeneratörlerinin ani duruşları ile biyogaz jeneratörleri ve jeneratöre ait yardımcı sistemlerin zarar görmesidir. Şebeke kaynaklı yaşanan arızaları önlemek için uygulanan metotlardan biri biyogaz motoru enerji beslemesinin kesintisiz olacak şekilde tasarlanmasıdır. Bu çalışma için Hybrid Renewable Energy Systems (HRES) olarak adlandırılan birden fazla yenilenebilir enerji kaynağının kullanıldığı sistemler geliştirilmiştir [6]-[16]. HRES ile biyogaz santrali enerji ihtiyacını farklı bir yenilenebilir enerji kaynağından alır ve şebekede meydana gelen kesintilerde biyogaz santrali çalışmaya devam eder. Şebeke kesintisi durumunda biyogaz jeneratöründe enerji üretiminin devam edebilmesi için sisteme harici tüketici veya tüketiciler eklenmesi gereklidir. Biyogaz santrallerinde ikili anlaşmalar ile sisteme harici tüketiciler dahil edilebilir. Biyogaz santralının bağlı olduğu elektrik şebekesinin güç kesicisinin açılması durumunda biyogaz jeneratörü çalışmaya sistemdeki tüketiciler de biyogaz jeneratöründen beslenmeye devam eder. Tüketiciler enerjisini hem şebekeden hem biyogaz santralinden karşılayabilir. Hibrit sistem ile biyogaz santrallerinin ani duruşlarının önüne geçilerek üretim kayıpları azaltılır.

Hibrit sistemler ile alakalı Shahzad ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada kırsal alanlardaki enerji ihtiyacını güvenilir bir şekilde karşılamak için FV-Biyokütle temelli şebekeden bağımsız hibrit bir sistemin modelleme ve analizi yapılmıştır. Çalışmada Pakistan’ın Pencap eyaletinde bulunan Layyah köyündeki elektrik tüketimi ve köydeki biyokütle ve güneş enerjisi potansiyeli verileri alınmıştır. Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER) yazılımı ile analiz yapılmıştır [6]-[16]. Analizler sonucunda tasarlanan hibrit sistemin mali açıdan geleneksel sistemlere göre daha verimli olduğu ve bu uygulamanın tekno-ekonomik açıdan uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır [10]. Tazvinga ve Dzobo kırsal alanda bulunan bir kuruma kesintisiz enerji sağlamak için Biyogaz jeneratörü-FV-Batarya sisteminden oluşan hibrit bir sistem önermişlerdir. Hibrit sistemin tasarım ve analizlerini HOMER yazılımı ile yapmışlardır ve önerilen hibrit sistemin kesintisiz enerji sağlayabilecek %100 yenilenebilir enerji sistemi olduğunu belirtmişlerdir [11]. Allouhi ve ark. Fas’ta kırsal konutlar için şebekeden bağımsız FV-Biyokütle temelli hibrit enerji sistemi tasarımı yaparak, bu tasarımı enerji verimliliği ve maliyet açısından değerlendirmişlerdir. Tasarlanan sistemin maliyeti %25 karbon emisyonlarını ise %47,13 oranında azaltabileceği sonucuna varmışlardır. Biyokütle miktarının günlük 2,5 tondan 8,5 tona çıkarılması enerji maliyetinde %46,6 oranda bir düşüşe neden olacağını belirtmişlerdir [12]. Pradhan ve arkadaşları 3.6 kW yüke sahip küçük bir ev için Biyokütle-FV temelli hibrit bir sistem tasarlamışlardır. Tasarlanan sistemin HOMER programı ile modelleme ve analizi yapılmıştır. Bu hibrit sistemin şebekeye ulaşımı olmayan kırsal bölgelerde çözüm olacağını belirtmişlerdir [13]. Salehin ve ark. Bangladesh’te 860 kişilik bir nüfusa sahip Adorsho Char adası için FV-Biyogaz-Dizel hibrit sistemi sunmuşlardır. Çalışmanın amacı şebeke elektriğinden yoksun olan bu ada için şebekeden bağımsız enerji sağlamaktır. Adadan toplanan nüfus, elektrik talebi, biyokütle ve güneş enerjisi potansiyeli verilerini HOMER yazılımında kullanarak sistemin modellemesini ve optimizasyonunu yapmışlardır. Toplanan veriler sonrasında talep yükün karşılanması için en uygun sistem bileşenlerini belirlemişlerdir [14]. Tanim ve ark. Bangladesh’in kırsal bölgelerine enerji tedariği için hem solar hem de biyogaz enerjisini kullanan hibrit bir sistem tasarlamışlardır. Çalışma sahasının mevcut solar ve biyo enerji potansiyelleri araştırılarak HOMER yazılım aracılığıyla analiz edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda bu sistemin mevcut güç krizinde uygulanabilecek uygun maliyetli, temiz ve güvenilir bir çözüm olabileceği sonucuna ulaşmışlardır [15]. Ghenai ve ark. tarafından yapılan çalışmada Sharjah şehrinin elektrik ihtiyacı için FV-biyokütle temelli hibrit sistem tasarlamışlardır. Sharjah şehrindeki yenilenebilir enerji kaynaklarını belirleyerek şehrin

elektrik yükünü karşılamak için en uygun konfigürasyonu tasarlamışlardır. Sonuçlar hibrit sistemin şehrin yıllık enerji talebinin %14'lük kısmını karşılayacağı, başlangıç maliyetinin yüksek ancak bakım maliyetlerinin düşük olduğunu göstermiştir [16].

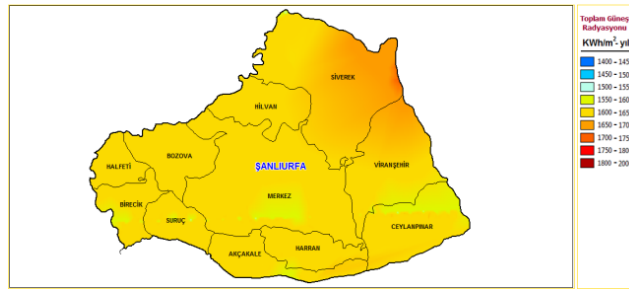
Bu makalede biyogaz santrallerinde yaşanan üretim kayıplarını ve ani duruşlardan dolayı oluşan zararları azaltmak için elektrik tüketimini fotovoltaiik (FV) sistemden karşılayan biyogaz santralinden oluşan hibrit bir sistemin benzetim ve analizi yapılmıştır. Şanlıurfa ilinin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olmasından ötürü FV sistem tercih edilmiştir. Hibrit sistem temel olarak biyogaz jeneratörü, güneş panelleri, inverter ve batarya sistemlerinden oluşmaktadır. Hibrit sistem benzetim ve analizi Hibrit sistemlerin modellenmesinde kullanılan HOMER yazılımı ile yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Şanlıurfa İlinin Biyokütle ve Güneş Enerjisi Potansiyeli

Bu çalışmada belediye katı atıklarındaki organik maddelerin biyometanizasyona uğraması sonucu elde edilen biyogazı yakıt olarak kullanarak elektrik üretimi yapan biyogaz jeneratörü kullanılmıştır. Şanlıurfa ili belediye katı atıkları miktarı açısından zengin bir ildir. Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) tarafından alınan verilere göre Şanlıurfa ilinde biyometanizasyona uygun belediye katı atıklarının yıllık miktarı 267.505,4 ton/yıl; bu atıkların enerji eşdeğeri 55.591,71 TEP/yıl'dır [17].

Şanlıurfa bulunduğu enlem nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan bir ildir [18]. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) tarafından hazırlanan Şanlıurfa iline ait Güneş Enerjisi Potansiyeli haritası Şekil 1'de verilmiştir [19].



Şekil 1. Şanlıurfa güneş enerjisi potansiyeli haritası.

Şekil 1'de görüldüğü üzere Şanlıurfa ilinde yıllık ortalama solar radyasyon değeri 1500-1700 kWh/m²-yıl arasında değişmektedir. Yüksek radyasyonun yanı sıra güneşlenme süreleri de uzundur. Türkiye'de ortalama güneşlenme saati 7,5 saat/gün olmasına karşılık Şanlıurfa'da bu değer 8,31 saat/gündür [19]. Şanlıurfa'da solar radyasyonun yüksek, güneşlenme sürelerinin ise uzun olması, Şanlıurfa ilinin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğunu ve bu bölgede fotovoltaiik sistem kurulumunun elektrik üretimi açısından verimli olduğunu gösterir.

2.2. Biyogaz ve Biyogaz Jeneratör Seti

Biyogaz organik maddelerin oksijensiz ortamda fermantasyona uğraması sonucunda açığa çıkan yanıcı bir gaz türüdür. Ağırlıklı olarak Metan Gazı (CH₄-%55-70) ve CO₂ (%30-45) temel bileşenlerinin yanı sıra azot (N), hidrojen sülfür (H₂S), amonyum (NH₄) ve hidrokarbon (CH) gazlarından oluşur [20]. Biyogazın, biyogaz jeneratörlerinde yakıt olarak kullanılması ile elektrik enerjisi elde edilir. Biyogaz jeneratör setleri gaz motoru, jeneratör ve otomasyon panoları olmak üzere 3 ana bölümden oluşur ve GENSET olarak adlandırılır.

2.3. HOMER Yazılımı

HOMER yazılımı National Renewable Energy Laboratuvarı tarafından geliştirilen hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin simülasyonu, hassasiyet analizi ve optimizasyonu için kullanılan bir yazılımdır. Simülasyon ile kurulacak hibrit sistemin bileşenlerinin seçimi ve boyutlandırılması yapılabilir ve sistemin

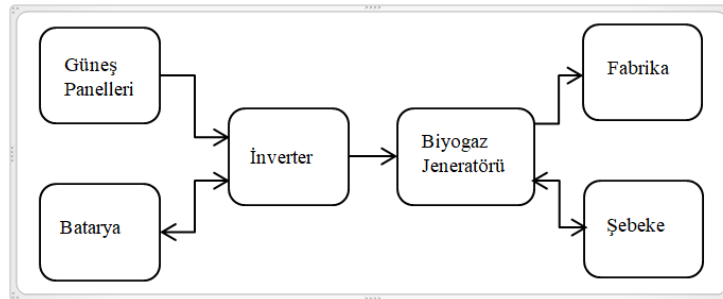
optimizasyonu ve hassasiyet analizi gerçekleştirilebilir. Optimizasyon ile mevcut enerji kaynaklarını ve ekipmanları en doğru şekilde kullanarak kurulacak sistemden en yüksek verimi minimum maliyet ile elde etme hedeflenir. HOMER yazılımı üzerinden optimizasyon için yenilenebilir enerji kaynaklarının miktarı, yük profili, ekipman karakteristikleri, ekonomik ve teknik veriler girilerek hibrit sistemin güç çıkışları hesaplanabilir. Hassasiyet analizi ile solar radyasyon, rüzgar hızı, sıcaklık, akarsu akışı ve biyokütle miktarı gibi belirsiz parametrelerin hibrit sistem üzerindeki etkisi belirlenir.

Hibrit enerji sisteminde kullanılacak her ekipmanın bakım, işletme ve yenileme maliyetleri belirlenerek HOMER yazılımına girilir. Bu veriler simülasyon ve optimizasyon adımında net maliyeti (Net Present Cost (NPC)), sistem tarafından üretilen faydalı elektrik enerjisinin kWh başına ortalama faydalı maliyeti olan seviyelendirilmiş enerji maliyeti (Levelized Cost of Energy (LCOE)) ve sermaye maliyeti (CAPEX) değerlerini belirlemek için kullanılır.

2.4. Hibrit Sistem Tasarımı

Şanlıurfa ili için tasarlamayı amaçladığımız hibrit sistemde fotovoltaik sistem biyogaz santralini besleyecektir. Saatlik maksimum elektrik tüketimi 25 kWh, üretim kapasitesi ise 1560 kWh olan biyogaz santralinin %90 kapasite ile çalıştığı ve arıza bakım nedeniyle çalışmadığı durumlarda göz önünde bulundurulduğunda yıllık elektrik üretimi ortalama 11.592 MWh, günlük maksimum güç tüketimi 600 kWh, yıllık güç tüketimi ise ortalama 219.000 kWh/yıl'dır. Biyogaz santralinin çalışmadığı gün sayısı 20 olarak öngörülmüştür. Fotovoltaik sistemin günlük güç tüketimini karşılayabilmesi için 600 kWh üretim yapması gerekmektedir. DC kayıplar dikkate alındığında fotovoltaik sistemin günlük üreteceği toplam enerji 780 kWh olur. Güneşlenme süresi 6,5 saat alınırsa fotovoltaik sistemin kurulu gücü 120 kW olmalıdır. Bu durumda fotovoltaik sistemin öngörülen yıllık elektrik üretimi 257.400 kWh/yıl'dır. Yoğun bulutlu kış günlerinde fotovoltaik sistemin üretim kaybı göz önünde bulundurularak yıllık enerji üretimi hesaplanırken fotovoltaik sistemin üretim yapmadığı ortalama gün sayısı 30 olarak öngörülmüştür. Fotovoltaik sistem tasarımında kullanılan DC kayıp katsayısı değeri tasarlanacak sistemin coğrafi konumu, yük profili, ekipman karakteristiklerine göre değişir. Bu çalışmada DC kayıp katsayısı 1,3 alınmıştır. Fotovoltaik sistemde güneş panellerinden üretilen enerjinin tamamı 780 kWh depolama kapasitesine sahip batarya grubunda depolanacak ve biyogaz jeneratörü batarya grubunda depolanan enerjiden beslenecektir. Bataryaların şarj kontrolünün sağlanması için fotovoltaik sistemde hibrit inverter tercih edilmiştir. Hibrit inverter batarya grubuna giden voltaj ve akım değerlerini düzenler. Batarya grubu tamamen şarj olduğunda enerji akışını keserek koruma sağlar. Hibrit inverter bataryanın deşarj derinliği, şarj ve deşarj hızı, şarj yüzdesi, sıcaklık ve kapasite gibi parametrelerini optimum değerlerde tutarak batarya performansını kontrol eder ve enerjinin güvenli bir şekilde depolanmasını sağlar.

Tasarlanan hibrit sistemde metan gazını yakıt olarak kullanan biyogaz jeneratörü elektrik şebekesine bağlı olarak çalışır. Elektrik şebekesinde kesinti olması durumunda biyogaz jeneratörünün üretime devam edebilmesi için harici tüketici olarak kurulu gücü 1200 kW olan fabrika belirlenmiştir. Hibrit enerji sisteminin genel modeli Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Hibrit enerji sisteminin genel modeli.

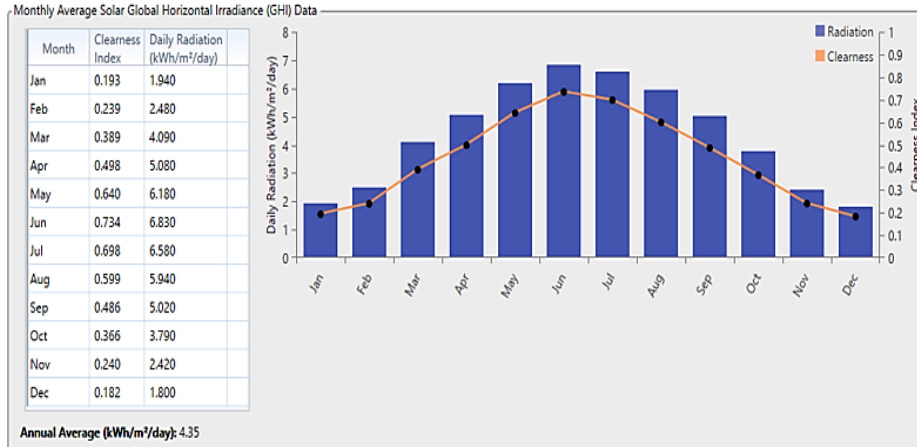
Hibrit sistem tasarımı için hibrit sistemde kullanılacak jeneratör, fotovoltaik sistem, batarya ve invertere ait veriler HOMER yazılımında girilir. HOMER yazılımına girilen hibrit sistem

bileşenlerinin verileri Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Hibrit sistem bileşenleri

Hibrit Sistem Bileşenleri	
Fotovoltaik Sistem	Kurulu güç = 120 kW, sermaye maliyeti= \$877,5/kWh, işletme ve bakım maliyeti = \$1.200, çalışma ömrü = 25 yıl.
Biyogaz Jeneratörü	Güç = 1560 kW, tüketim = 25 kWh, sermaye maliyeti= \$192,3/kW, işletme ve bakım maliyeti = \$50.000/yıl, çalışma ömrü = 12 yıl.
Batarya	Toplam kapasite = 780 kWh, Lityum Batarya, nominal gerilim = 51.2 V, nominal akım = 100 AH, adet = 153, sermaye maliyeti= \$1.292,2/batarya, yenileme maliyeti = \$1.292,2/batarya, çalışma ömrü = 15 yıl.
Inverter	Güç = 120 kW, sermaye maliyeti= \$4.500, yenileme maliyeti = \$4.500, çalışma ömrü = 20 yıl.

Hibrit sistem bileşenlerine ait veriler HOMER yazılımına girildikten sonra solar radyasyon değerleri ve biyokütle miktarı girilir. Günlük ortalama radyasyon (Daily Radiation) ve açıklık endekslerinin (Clearness Index) aylara göre dağılımı Şekil 3’te verilmiştir. Şanlıurfa için biyokütle miktarının aylara göre dağılımı ise Şekil 4’te verilmiştir.



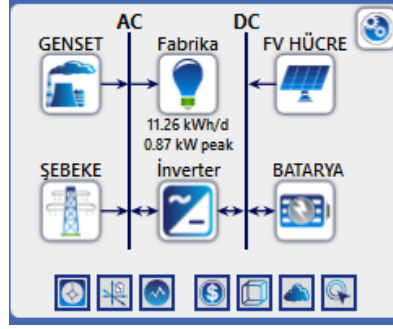
Şekil 3. Şanlıurfa solar radyasyon ve açıklık endeksi verileri.



Şekil 4. Şanlıurfa biyokütle miktarının aylara göre dağılımı.

2.5. Hibrit Enerji Sisteminin Benzetimi

HOMER yazılımı ile hibrit sistemin modellenmesi Şekil 5’te gösterilmiştir. Bu sistemde fotovoltaik sistemde üretilen DC enerji inverter aracılığıyla AC enerjiye dönüştürülerek GENSET’in tüketimini karşılayacaktır. GENSET ile üretilen elektrik şebekeye dahil edecektir. Bu sistem ile şebeke kesintisi durumunda GENSET çalışmaya devam edecek enerji kesintisi yaşanmadan üretim devam edecektir.



Şekil 5. Hibrit sistem modeli.





Simülasyonda kullanılan fotovoltaik sistem bileşenlerinin boyutlandırılması GENSET'in elektrik ihtiyacını %100 karşılayacak şekilde yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSION)

3.1. Hibrit Enerji Sisteminin Optimizasyonu

Tasarlanan hibrit sistemin yenilenebilir enerji kaynaklarını maksimum şekilde kullanırken minimum maliyet ile hedeflenen üretime ulaşması gerekmektedir. Önerilen sistemin optimizasyon sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Optimizasyon sonuçları

Hibrit Sistem Bileşenleri				Maliyet			Sistem
FV HÜCRE (kW)	GENSET (kW)	BATARYA (kWh)	HİBRİT İNVERTER (kW)	NM (\$)	SEM (\$/kWh)	SM (\$)	YEKO (%)
							
120	1560	780	120	\$509.047	\$0.539	\$598.920	97,3
120	1560	619,52	120	\$467.696	\$0.495	\$557.569	97,3

Şekil 6'da 2 durum listelenmiştir. Birinci durum hibrit sistem bileşenlerinin tamamının tam kapasite ile kullanıldığı durumdur. Bu durumda 120 kW FV sistem, 1560 kW GENSET, 780 kWh lityum batarya, 120 kW inverter bulunmaktadır. Burada kullanım ömrü 25 yıl olarak belirlenen sistemin 25 yıl sonundaki net maliyeti (NM) \$509.047, seviyelendirilmiş enerji maliyeti (SEM) \$0,539, sermaye maliyeti (SM) \$598.920 olup yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı %97,3'tür. İkinci durumda ise batarya kapasitesinin daha düşük seçilerek maliyetin düşürülebileceği önerilmiştir. Bu durum hibrit sistemde biyogaz jeneratörünün güneşlenme süresi boyunca elektrik tüketimini doğrudan güneş panellerinden karşılayıp yalnızca güneşlenme süreleri dışında batarya grubundan elektrik tüketimini karşılamasına istinaden önerilmiştir. Biyogaz jeneratörünün elektrik tüketimini tamamıyla batarya grubundan karşıladığı durumda 153 adet batarya kullanılmaktaydı. Maksimum enerji tüketimi 25 kWh olan biyogaz jeneratörü güneşlenme süresi boyunca tüketimini doğrudan güneş panellerinden alması durumunda güneş panellerinin 6,5 saat'te üretmiş olduğu 162,5 kWh enerjiyi kullanmış olacaktır. Geriye kalan 617,5 kWh enerjinin depolanabilmesi için 5.12 kWh depolama kapasitesine sahip 121 adet batarya kullanılması yeterli olacaktır. Bu durumda birim fiyatı \$1.292,2 olan 32 adet bataryanın eksilmesi ile net maliyet \$41.350,4 azalmış olacaktır. Tasarlanan sistem için önerilen ikinci durum maliyeti azaltmak için tercih edilebilir.

3.2. Hibrit Enerji Sisteminin Hassasiyet Analizi

Hassasiyet analizi ile öngörülemeyen durumların sistem üzerindeki etkisi belirlenir. Tasarlanan hibrit sistemde öngörülemeyen durumlar güneşlenme potansiyelinin ve biyokütle miktarının değişimidir. Güneşlenme potansiyelinin düşmesi durumunda fotovoltaik sistem günlük üretim hedefine ulaşamaz hibrit sistemin verimi azalır. Biyokütle miktarının düşmesi durumunda ise GENSET'e yeterli yakıt sağlanamayacağından GENSET tam kapasite çalışamaz, bu durumda hibrit sistemin tam verimle çalışmasına engel olur.

Solar radyasyonun ve biyokütle miktarının ortalama, en düşük ve en yüksek değerleri hassasiyet değişkenleri olarak girilmiştir. Bu değerler karşısında hibrit sistemde net maliyet (NM), seviyelendirilmiş enerji maliyeti (SEM), sermaye maliyeti (SM) ve yenilenebilir enerji kullanım oranı (YEKO) değerlerinin değişimi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Hassasiyet Analizi

Hassasiyet Değişkenleri		Hibrit Sistem Bileşenleri				Maliyet			Sistem
Ortalama Solar Radyasyon ($kWh/m^2/gün$)	Ortalama Biyokütle Miktarı ($ton/gün$)	FV HÜCRE (kW)	GENSET (kW)	BATARYA (kWh)	HİBRİT INVERTER (kW)	NM (\$)	SEM (\$/kWh)	SM (\$)	YEKO (%)
1,80	1,10	120	1560	780	120	\$509.047	\$0,539	\$598.920	97,3
4,35	1,10	120	1560	780	120	\$454.989	\$0,225	\$598.920	98,7
6,83	1,10	120	1560	780	120	\$428.495	\$0,168	\$598.920	99,0
1,8	1,52	120	1560	780	120	\$509.047	\$0,539	\$598.920	97,3
4,35	1,52	120	1560	780	120	\$454.989	\$0,225	\$598.920	98,7
6,83	1,52	120	1560	780	120	\$428.495	\$0,168	\$598.920	99,0
1,8	1,350	120	1560	780	120	\$509.047	\$0,539	\$598.920	97,3
4,35	1,350	120	1560	780	120	\$454.989	\$0,225	\$598.920	98,7
6,83	1,350	120	1560	780	120	\$428.495	\$0,168	\$598.920	99,0

Tablo 3'te Hassasiyet Değişkenleri başlığı altında bulunan Ortalama Solar Radyasyon ($kWh/m^2/gün$) sütununda solar radyasyonun gün içerisinde en düşük değeri, en yüksek değeri ve ortalama değeri hassasiyet değişkenleri olarak girilmiştir. Ortalama Biyokütle Miktarı ($ton/gün$) sütununda biyokütle miktarının en düşük değeri, en yüksek değeri ve ortalama değeri hassasiyet değişkenleri olarak girilmiştir. HOMER yazılımı her bir değer karşılığında hibrit sistemin NM, SEM ve SM değerlerini hesaplamıştır. Solar radyasyon miktarının en düşük olduğu durumlarda NM ve SEM en yüksek değere ulaşmakta, solar radyasyon miktarının en yüksek olduğu durumlarda ise NM ve SEM düşmektedir. Tablo 3'te Sistem başlığı altında bulunan Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı (%) sütunu sistemin yenilenebilir enerji kullanım oranını göstermektedir. Burada solar radyasyon miktarı en düşük değerinde iken yenilenebilir enerji kullanım oranı düşmektedir; solar radyasyon miktarı en yüksek değerinde iken ise yenilenebilir enerji kullanım oranı yükselmektedir.

Solar radyasyon ve biyokütle miktarı maliyetin yanı sıra elektrik üretiminide etkiler. Yıl içinde solar radyasyonun beklenenden düşük seyretmesi durumunda fotovoltaik sistem yıllık öngörülen hedef elektrik üretim değerine ulaşamaz. Hibrit sistem tasarımı yapılırken bulutlu gün sayısı 30 gün olarak öngörülmüştü ve bu durumda yıllık üretim değeri ($257.400 kWh/yıl$) biyogaz santralının yıllık enerji tüketimini ($219.000 kWh/yıl$) karşılamaktaydı. Solar radyasyonun düşük seyrettiği gün sayısının artması durumunda yıllık hedef üretimin tüketimin altına düşmesi durumunda biyogaz santrali şebekeden beslenecektir. Fotovoltaik sistemin öngörülemeyen değişkenlerden dolayı yetersiz kalıp tüketimin

şebekeden karşılanması istenmeyen bir durumdur. Ancak bu öngörülemeyen durumun gerçekleşme ihtimalinde bile yılın sadece belirli günlerinde şebekeden elektrik tüketimini karşılayıp yılın geri kalan çoğunluğunda fotovoltaik sistemden elektrik tüketimini karşılayan biyogaz santrali %100 şebekeye bağımlı çalışan biyogaz santralinden daha avantajlıdır. Yıl içinde biyokütle miktarının beklenenden düşük seyretmesi durumunda ise biyogaz santralinde üretilen elektrik miktarı düşer ve biyogaz santrali yıllık hedef üretimine ulaşamaz. Yıllık hedef üretimin düşmesi biyogaz santralinin yıllık gelirini de düşürecektir. Hassasiyet değişkenleri hibrit sistem tasarımı yapılırken tespit edilmelidir ve sistem üzerinde ki etkisi incelenerek tasarım optimize edilmelidir. Bu çalışmada solar radyasyonun beklenenden daha düşük seyretmesi durumuna karşılık fotovoltaik sistemin kayıp katsayısı yüksek alınmıştır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada Şanlıurfa ilindeki bir biyogaz santrali için biyogaz santrali ve fotovoltaik sistemden oluşan hibrit enerji sistemi tasarlanmıştır. Hibrit sistem tasarımı ile biyogaz santralinde elektrik kesintilerinden dolayı meydana gelen duruşların oluşturduğu zararların ve üretim kayıplarının azaltılması amaçlanmıştır. Bu hibrit enerji sistemi ile biyogaz santrali elektrik tüketim ihtiyacını fotovoltaik sistemden karşılar ve, şebekede yaşanan elektrik kesintilerinden ve gerilim dalgalanmalarından etkilenmez. Hibrit sistemin tasarımında HOMER yazılımı kullanılmıştır.

HOMER yazılımı ile yapılan optimizasyon sonucunda 2 farklı durum listelenmiştir. İlk durumda batarya kapasitesi güneş panellerinden üretilen enerjinin tamamını depolayacak şekilde hibrit sisteme dahil edilmiştir. İkinci durumda ise batarya kapasitesi biyogaz jeneratörünün sadece güneşlenme süreleri dışında kullanacağı enerjiyi karşılayacak şekilde hibrit sisteme dahil edilmiştir. İlk durumda hibrit sistemin 25 yıl sonundaki net maliyeti \$509.047 iken, ikinci durumda sistemde kullanılan batarya sayısı azaldığından net maliyet \$467.696'a düşmüştür. Her iki durumdada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı %97,3 olarak bulunmuştur. Hibrit sistemde fotovoltaik sistemin yıllık enerji üretimi 257.400 kWh/yıl, biyogaz santralinin yıllık enerji üretimi 11.592 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Hassasiyet analizi ile hibrit sistemde solar radyasyon ve biyokütle miktarının maliyet, yenilenebilir enerji kullanım oranı ve yıllık üretilmesi hedeflenen elektrik üzerinde ki etkisi incelenmiştir. Solar radyasyon miktarının en düşük olduğu durumlarda maliyetin arttığı, yenilenebilir enerji kullanım oranının düştüğü; solar radyasyon miktarının en yüksek olduğu durumlarda ise maliyetin düştüğü, yenilenebilir enerji kullanım oranının yükseldiği görülmüştür. Solar radyasyon miktarının yıl içinde beklenenden düşük seyretmesi durumunda fotovoltaik sistemde yıllık üretilmesi hedeflenen elektrik miktarının düştüğü, biyokütle miktarının yıl içinde beklenenden düşük seyretmesi durumunda ise biyogaz santralinde yıllık üretilmesi hedeflenen elektrik miktarının düştüğü belirtilmiştir. Yapılan tasarım, analiz ve incelemeler sonucunda bu hibrit sistemin uygulanabilir olduğu ve yenilenebilir enerji kaynaklarını yüksek oranda etkin bir şekilde kullandığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca Şanlıurfa bölgesindeki yüksek biyokütle ve güneşlenme potansiyeli açısından bu sistemin uygulanması verimli olacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] A. Kavooosi, Environmental Pollution Caused by the use of Fossil Fuels in Architecture and the Need for Renewable Energy, Science and Tech. of the Day, 2:4 (2021) 314-319.
- [2] M. Ş. Üney, and N. Çetinkaya, Comparison of CO2 emissions fosil fuel based energy generation plants and plants with Renewable Energy Source, Proceedings of the 2014 6th Int. Conf. on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Bucharest, Romania, (2014) 29-34.
- [3] R. Gu, Methane Gas Emission Detection using Deep Learning and Hyperspectral Imagery, 2021 IEEE 3rd Int. Conf. on Frontiers Technology of Information and Computer (ICFTIC), Greenville, SC, USA, (2021) 36-44.

- [4] M. A. Sanz-Bobi, F. de Cuadra, and C. Batlle, A review of keypoints of an industrial biogas plant. A European perspective, 2012 Int. Conf. on Renew. Energy Research and Applications (ICRERA), Nagasaki, Japan, (2012) 1-6.
- [5] Elektrik Aylık Sektör Raporu Listesi, [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23/>.
- [6] Hybrid Optimization Model for Electric Renewable, [Online]. Available: www.homerenergy.com.
- [7] A. Ghasemi et al., Technoeconomic analysis of stand-alone hybrid photovoltaic-diesel-battery systems for rural electrification in eastern part of Iran-A step toward sustainable rural development, *Renew. Sustainable Energy Rev.*, 28 (2013) 456-462.
- [8] S. Bahramara, M.P. Moghaddam, and M. Haghifam, Optimal planning of hybrid renewable energy systems using HOMER: A review, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 144:62 (2016) 609–620.
- [9] R. Rajbongshi a, b, Devashree Borgohain a, Sadhan Mahapatra a, Optimization of PV-biomass-diesel and grid base hybrid energy systems for rural electrification by using HOMER, *Energy*, 126 (2017). 461-474.
- [10] M. K. Shahzad, Techno-economic feasibility analysis of a solar-biomass off grid system for the electrification of remote rural areas in Pakistan using HOMER software, *Renew. Energy*, 106 (2017) 264-273.
- [11] H. Tazvinga, and O. Dzobo, Feasibility Study of a Solar-Biogas System for Off-Grid Applications, 2019 9th Int. Conf. on Power and Energy Systems (ICPES), Perth, WA, Australia, 2019, pp. 1-5.
- [12] A. Allouhi, S. Rehman, and M. Krarti, Role of energy efficiency measures and hybrid PV/biomass power generation in designing 100% electric rural houses: A case study in Morocco, *Energy and Buildings*, 236 (2021) 1-12.
- [13] S. R. Pradhan, P. P. Bhuyan, and S. K. Sahoo, Design of Stand alone Hybrid Biomass&PV System of an Off Grid House in a Remote Area, *Int. Journal of Engineering Research and Application* 3:6 (2013) 433-437.
- [14] S. Salehin et al., Optimized Model of a Solar PV-Biogas-Diesel Hybrid Energy System for Adorsho Char Island, Bangladesh, 2014 3rd Int. Conf. on the Developments in Renew. Energy Tech. (ICDRET), Dhaka, Bangladesh, (2014) 1-6.
- [15] M. M. Tanim, N. A. Chowdhury, and M. M. Rahman and J. Ferdous, Design of a photovoltaic-biogas hybrid power generation system for bangladesh remote area using HOMER software, 2014 3rd Int. Conf. on the Developments in Renewable Energy Tech. (ICDRET), Dhaka, Bangladesh, (2014) 1-5.
- [16] C. Ghenai, and I. Janajreh, Design of Solar-Biomass Hybrid Microgrid System in Sharjah, *Energy Procedia*, 103 (2016) 357-362.
- [17] Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası, [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://bepa.enerji.gov.tr/>.
- [18] M. Atmaca, G. Yusufoglu, and A. Kurtulus, Güneş enerjili sulamanın tarım sektöründe uygulaması, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 3:2 (2015) 142-153.
- [19] Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/63.aspx>.
- [20] C. Moya et al., Design of biogas upgrading processes based on ionic liquids, *Chemical Engineering Journal*, 428 (2022).