Makale Türü: Araştırma Makalesi
Makale Gönderim Tarihi:14.04.2022
Makale Kabul Tarihi: 20.05.2022

Şebekeden Bağımsız Güneş/Rüzgâr/Biyogaz/Yakıt Hücresi/Batarya Tabanlı Hibrit Enerji Sisteminin Tekno-Ekonomik Analizi: Muğla Zaferler Köyü Vaka Çalışması

Techno-Economic Analysis of an Off-Grid Solar/Wind/Biogas/Fuel Cell/Battery Based Hybrid Energy System: Muğla Zaferler Village Case Study

Aykut Fatih Güven[1], Cüneyt Hatipoğlu[2]

[1,2] Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Yalova/TÜRKİYE
afatih.guven@yalova.edu.tr, hatip.cuneyt@gmail.com

Öz

ünya çapında hızla artan enerji tüketimi, fosil yakıtlar ve ra gazları nedeniyle sürdürülebilir bir dünya için alternatif erji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Geleneksel enerji rlıklarına bağımlılığı azaltmak için şebekeden bağımsız nilenebilir enerji çerçevesi kullanılabilir. Bunun yanında ibrit Yenilenebilir Enerji Sisteminin (HRES) ani yük ğişimlerine karşı duyarlı ve düşük maliyetli olması içinde en i şekilde boyutlandırılması gerekmektedir. Bu bağlamda lışmada, 220 hane ve 590 kişiden oluşan, 2021 yılına ait talama 1.087,26 kWh/gün ve 162,15 kW elektrik pik yükü lebine sahip Muğla ili Köyceğiz ilçesine bağlı olan Zaferler yü için şebekeden bağımsız HRES 3 farklı senaryo uşturularak araştırılmıştır. HOMER (Hybrid Optimization odel for Electric Renewable) programı kullanılarak seçilen lot bölgenin enerji ihtiyacının HRES ile 3 farklı senaryoya re optimal olarak sağlanıp sağlanamayacağı analiz lilmiştir. Şebekeden bağımsız HRES için yakıt Hücresi ve neratör içeren ama dizel jeneratör içermeyen senaryo 3 en timum sonuç olarak değerlendirilmiştir. Optimizasyon nucunda, sistemin birim enerji maliyeti ve net bugünkü ğer maliyeti 0,152 $ ve 2.69 milyon $ olarak hesaplanmıştır. rada, güneş paneli % 78.9, rüzgar türbini % 1.52, biyogaz neratörü % 1.15 ve yakıt hücresi jeneratörü % 18.4 katkı anı ile ihtiyaç olan toplam enerjiyi karşılamaktadır. Genel arak çalışmada yenilenebilir enerji alanında kurulabilecek brit enerji sistemlerine iyi bir örnek teşkil ederek özellikle ke olarak bu alanda büyük bir potansiyelimiz olduğunu istermekte ve araştırmacıların da bu alanda çalışma pmalarını teşvik edici özelliktedir.

nahtar Kelimeler: Hibrit enerji sistemleri, nilenebilir enerji optimizasyonu, maliyet analizi, OMER.

Abstract

Alternative energy sources are needed for a sustainable world due to rapidly increasing energy consumption, fossil fuels and greenhouse gases worldwide. Off-grid renewable energy framework can be used to reduce dependency on traditional energy assets. In addition, the Hybrid Renewable Energy System (HRES) should be optimally sized to be sensitive to sudden load changes and low cost. In this context, in the study, 3 different off-grid HRES scenarios were created for Zaferler village, which consists of 220 households and 590 people, and has an average electricity demand of 1,087.26 kWh/day and 162.15 kW electricity peak load for 2021, which is connected to the town of Köyceğiz in Muğla province. By using the HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) program, it has been analyzed whether the energy need of the selected pilot region can be optimally met with HRES according to 3 different scenarios. For off-grid HRES, scenario 3 with fuel Cell and generator but no diesel generator was evaluated as the most optimal result. As a result of the optimization, the unit energy cost and net present value cost of the system were calculated as $0.152 and $2.69 million. Here, solar panel 78.9%, wind turbine 1.52%, biogas generator 1.15% and fuel cell generator 18.4% contribute to the total energy needed. In general, the study sets a good example for hybrid energy systems that can be established in the field of renewable energy, showing that we have a great potential in this field, especially as a country, and it encourages researchers to work in this field.

Keywords: Hybrid energy systems, renewable energy optimization, cost analysis, HOMER.

1. Giriş

Enerji insanların yaşam tarzını ve kalitesini belirleyen nemli bir faktör olup, ekonominin temel girdisini luşturmakta ve medeniyetin sürekliliğindeki en önemli ereksinimdir. Dünya nüfusu ve bağlantılı olarak enerji ıtiyacı sürekli olarak artmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler in enerji, kırsal alanların kalkınması için önemli bir eçenektir. Geleneksel kaynaklar bu enerjiyi kesintisiz olarak darik etmek için yeterli değildir. Son zamanlarda dünya eneline bakıldığında enerji krizleri ortaya çıkmaya aşlamıştır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları bugün e gelecekte tek umut kaynağımız olacaktır [1]. Dünya zerinde farklı formlarda ve miktarlarda her ülkede enilenebilir enerji kaynağı mevcuttur. Türkiye'nin üneşlenme süresi ve düşen radyasyon değerlerine akıldığında ülkenin tüm bölgelerinin birbirlerine göre vantajları olmakla birlikte güneş enerjisi için uygun olduğu örülmektedir. Bu bağlamda Türkiye birçok yenilenebilir nerji kaynağını bünyesinde barındırmaktadır. Bu enilenebilir enerji kaynakları coğrafi bölgeye uygun olarak eçileceğinden dolayı, farklı bölgelerde farklı yenilenebilir nerji kaynaklarının kombinasyonlarından yararlanarak hibrit stem kurmak da mümkündür.

enilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş ve rüzgar nerjisi kaynakları, güneş ışınımı ve rüzgar hızı değerleri aatler veya günler arasında büyük ölçüde değişebilir. Bu aynı amanda, özellikle bu tür sistemlerin büyük ölçekli yatırımları lanlandığında, güvenilir ve istikrarlı bir enerji sistemi için orunlara neden olan ölçülemez bir belirsizlik yaratır. enilenebilir enerji kaynaklarının değişken doğasından dolayı rtaya çıkan belirsizlikler, yedekleme üniteleri kullanma orunluluğunu da beraberinde getirmektedir. Bu da üretim aliyetini artırmaktadır [2]. Bu nedenle, yenilenebilir enerji aynaklarına ait sayısal verilerin ölçülmesi, elektrik enerjisi ve nerji üretim sistemlerinin planlanması, yönetimi ve verimli alışması sağlanarak belirsizlik azaltılır. Yenilenebilir enerji aynaklarının istikrarsız ve değişken doğasının üstesinden elmek için temel ve ana çözüm, HRES olarak adlandırılan irden fazla yenilenebilir enerji kaynağı kullanmaktır. Bir nerji sisteminde daha fazla enerji kaynağının kullanılmasıyla, ıtiyaç duyulan enerji, tek bir yenilenebilir enerji kaynağına öre daha az maliyetle, ihtiyaç duyulan saatler ve mevsimler in üretilebilir. Bununla birlikte, belirli bir konumda yük ılebini karşılamak için en uygun boyutlandırmanın elirlenmesi, enerji kaynaklarının değişken doğası, başarılı bir aliyet modelinin hesaplanmasının zorluğu ve optimum oyutlandırmada optimizasyon algoritmalarının uzun işlem asamakları nedeniyle zordur [3]. Bu zorluğun üstesinden elmek için yazılım programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. iteratürde birçok optimizasyon sürecine fayda sağlayan azılımlar olmasına rağmen, bu yazılımların içinde HOMER n fazla kullanılan, farklı kombinasyonların daha kolay ve assas şekilde değerlendiren bir yazılımdır.

HRES'lerde şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız olarak tasarlanmış sistemin en iyi çalışma koşullarını elde etmek için HOMER yazılımın kullanıldığı farklı çalışmalar bulunmaktadır [4-11]. Akan çalışmasında, Türkiye'de Tekirdağ ilinin kırsal bir bölgesinde şebekeden bağımsız bir müstakil konut için rüzgâr-güneş yenilenebilir enerji kaynakları ile oluşturulan bir hibrit sistemin tekno-ekonomik analizlerini HOMER yazılımı ile gerçekleyerek, güneş enerjisi %61,8, rüzgar enerjisi %38,2 katkı oranı ile yük talebini karşılamıştır [12]. Rajbongshi ve arkadaşları Hindistan'ın Jhawani köyünde elektriksiz hanelerin ihtiyacını karşılamak üzere, HOMER yazılımı kullanarak hibrit sistem tasarlamışlardır. Çalışma sonucu olarak, güneş paneli/biyokütle/dizel tabanlı hibrit sistemin çok uzak köyler şebekeden bağımsız olarak uygulanabilir ve güvenli olduğunu göstermiştir. Ancak önerilen hibrit sistemlerin pratik zorluklarını anlamak için uygulamaya ihtiyaç duyulduğu da ayrıca vurgulanmıştır [13]. Shadid Jaman, yapmış olduğu çalışmada Bangladeş'e bağlı St. Martin adasının bulunduğu konuma göre en optimum hibrit sistem olan güneş paneli/yakıt hücresi önermiş ve sistemin tekno-ekonomik bileşenlerinin analizini ve boyutlandırılmasını HOMER yazılımı ile gerçekleştirerek simülasyonlarda önemli ölçüde CO2 emisyonunu azaldığını gözlemlemiş ve kırsal alanlar için hidrojen temelli hibrit sistemin şebeke bağlantılı mümkün olabileceğini belirtmiştir . Khan ve Iqbal , Newfoundland, Kanada'daki uygulamalar için hidrojeni enerji taşıyıcı olarak kullandıkları bir hibrit enerji sistemi için fizibilite çalışması hazırlamışlardır. Benzetim ve optimizasyon için HOMER programını kullanarak çeşitli yenilenebilir ve konvansiyonel enerji çözümleri ve farklı enerji depolama yöntemleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarında bugünkü fiyatlarla rüzgar-dizel akümülatör sistemi uygun çözüm görünmüş ancak yakıt pillerinde % 15 civarında bir maliyet düşüşü yaşandığı takdirde rüzgar-yakıt pili sistemini daha cazip hale geleceği belirtilmiştir [14].

Bu çalışmada ise Muğla ilinin Köyceğiz ilçesine bağlı Zaferler köyünün 2020 yılındaki elektrik kullanım istatistiklerine bakılarak bölgenin enerji ihtiyacının karşılanması için şebeke bağlantısız Rüzgâr türbini/Güneş paneli/Jeneratör/Batarya hibrit enerji sistemi tasarımı ve tekno-ekonomik analizi HOMER yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Sistem tasarımlarında kullanılan jeneratör bileşeninin 3 farklı türü olan biyogaz, yakıt hücresi ve dizel kullanılarak 3 farklı senaryo uygulanmıştır. Oluşturulan senaryolar arasında en uygun senaryo seçilmiştir. Seçilen senaryolarda, her bir bileşenin sisteme olan etkileri teknik ve ekonomik açıdan incelenmiş ve en optimum sonuç ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, ekonomi ve çevre açısından en uygun sistem tasarımı ve optimizasyonu ortaya çıkarılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

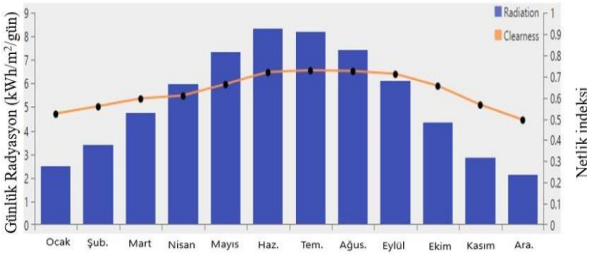
Bu çalışmada, Türkiye'nin Ege Bölgesinde bulunan Muğla ili Köyceğiz ilçesinde yer alan Zaferler köyünün $(36°57.5'N, 28°37.0'E)$ enerji ihtiyacının karşılanması adına hibrit sistem ekonomik analizi yapılmıştır. Zaferler köyünde 220 hane mevcuttur ve 590 kişi köyde yaşamaktadır. Çalışmanın uygulanacağı yörede yaşayan yerel halk geçinimini çiftçilikle sağlamaktadır. Yöre halkı tüm yıl boyunca erken saatlerde kalkmakta, öğlene kadar çalışmakta, birkaç saatlik dinlenmenin ardından tekrar çalışmaya koyulmaktadır. Akşam saatlerine kadar çiftçilikle uğraşan yerel halk gece erken saatler de yatmaktadır.

Yöre halkının 2021 yılı aylık enerji kullanımına ait veriler Aydem Elektrik Dağıtım A.Ş'den alınmıştır. Bu veriler kullanılarak köyün günlük ortalama enerji ihtiyacı 1087,26 kWh olup, günlük tepe değeri ise 162,15 kW olarak hesaplanmıştır. Köy halkının yıl içerisinde en fazla enerji kullanımı Eylül ayı, en düşük ise Mart ayımda gerçekleşmektedir. Yıl içerisinde yaz mevsiminde gerçekleşen tarla sulama enerji ihtiyacında artışa neden olmaktadır. Bu nedenle 5 aylık günlük enerji kullanımı diğer aylara göre fazladır.

Tablo 1: Zaferler Köyü aylık ortalama enerji kullanım değerleri

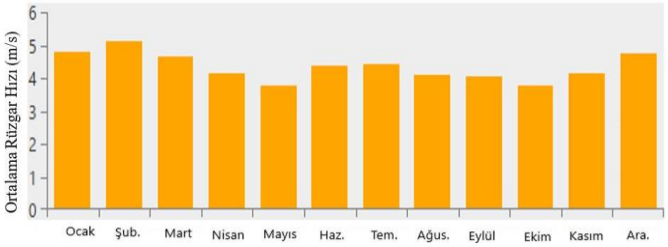
Tarih	Enerji Kullanımı(kWh)	Tarih	Enerji Kullanımı(kWh)
01/2021	784,6666667	07/2021	1261,333333
02/2021	932,8	08/2021	1386
03/2021	718,6666667	09/2021	1562
04/2021	982,6666667	10/2021	1232
05/2021	1173,333333	11/2021	902
06/2021	1144	12/2021	960,6666667

HOMER'da kullanılan meteorolojik veriler ''NASA "Yüzey Meteorolojisi ve Güneş Enerjisi" veri tabanından elde edilmiştir. Buradan elde edilen solar ışıma ve hava sıcaklığı değerleri için 22 yıllık (Temmuz 1983-Temmuz 2005) verilerin ortalaması, rüzgâr hızı değerleri için 10 yıllık (1983-1993) verilerin ortalaması alınmaktadır. Çalışmada ele alınan bölgenin solar enerji potansiyeli yaz aylarında fazlayken, kış aylarında azalmaktadır. Bölgenin yıllık ortalama günlük solar enerji potansiyeli Şekil 2'de de görüldüğü gibi 5,27 kWh/m2/gün olarak belirlenmiştir.



Şekil 1: Aylık ortalama solar radyasyon (kWh/m2/gün) profil

Bölgenin aynı şekilde rüzgâr hızı profili NASA'dan elde edilmiştir. Bu verilere göre bölgenin ortalama rüzgâr hızı 4,34 m/s'dir. Bölgenin rüzgâr hızı profili Şekil 3'te gösterilmiştir. Solar enerjinin yetersiz kaldığı durumlarda rüzgâr enerjisinin tamamlayıcı enerji kaynağı olacağı göz önündedir. Be nedenden dolayı hibrit sistemlerde en çok kullanılan enerji kaynakları olmuşlardır.



Şekil 2: Aylık ortalama rüzgâr hızı (m/s) profili

Şekil 3: Bölgenin aylara göre günlük sıcaklık değerleri (°C).

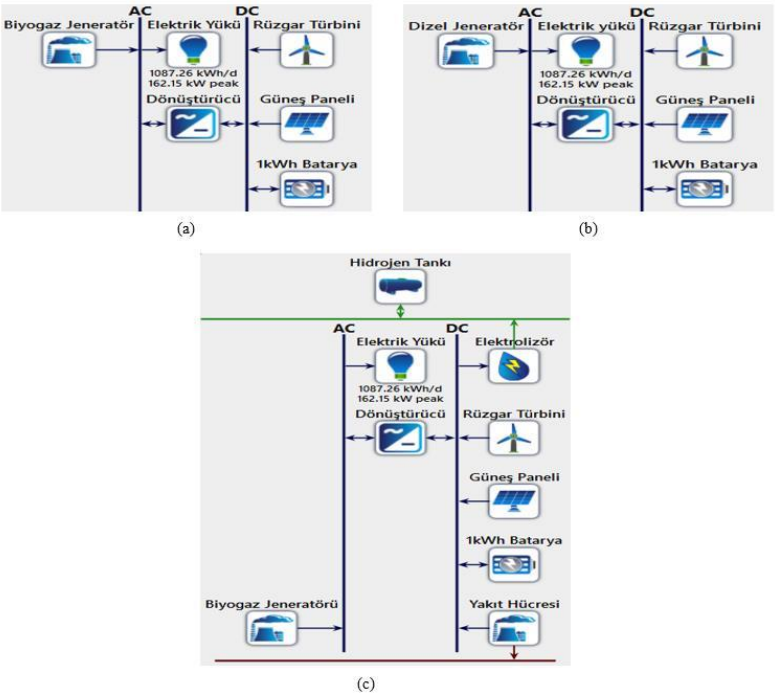
Çalışma yapılacak bölgenin yıllık sıcaklık ortalaması 8,58°C olarak gözlemlenmiştir. Bölgenin aylara göre günlük ıcaklık değerleri Şekil 4'te gösterilmiştir.

2.1 HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Electric Renewables) programı

Temel bir bilgisayar yazılımı olan HOMER programı, Birleşik Devletler Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı NREL) tarafından geliştirilmiş bir mikro güç optimizasyon rogramıdır. HOMER programı dünyanın en gelişmiş nodelleme yazılımıdır [15]. Bu program, sistemlerin fiziksel avranışlarını, işletme ve kurma maliyeti toplamı olan yaşam oyu maliyeti ve enerji birim maliyetini (COE) farklı ombinasyonlar için bulmaktadır. Ek olarak, sistem nodellenirken yapılan herhangi bir değişikliğin ve elirsizliğin anlaşılmasına yardımcı olur. HOMER yazılımı bir ükü besleyen rüzgar türbinlerinin, fotovoltaik panellerin, idroelektrik santrallerin, yakıt hücrelerinin, pistonlu motor eneratörlerinin, biokütle gücünün, akülerin ve hidrojen epolama sistemlerinin bulunduğu şebeke bağlantılı ve şebeke ağlantısız çalışan sistemleri modelleyebilir. Sistem tasarımı aparken birçok değişken vardır. HOMER yazılımı tasarımı orlaştıran bu gibi sorunların önüne geçmesi için tasarlanmış lup üç temel görevi gerçekleştirirler. Bunlar; hassaslık, imülasyon ve optimizasyon analizleridir. Hassaslık analizi ısmında HOMER programı, girişlerdeki değişikliklerin ve elirsizliklerin sistem üzerindeki etkilerini ölçmek için çok ayıda optimizasyon işlemi gerçekleştirir. Optimizasyon işlemi, sistemi tasarlayan kişinin belirlediği bütün değişkenlerin optimum değerlerini belirler. Hassaslık analizinde ise kişinin elinde olmayan değişkenlerin etkilerinin değerlendirilmesinde yardımcı olur. Simülasyon süreci kısmında ise HOMER programı yılın her saati için sistem konfigürasyonu performansını, sistemin teknik fizibilitesini ve yaşam süresi maliyetini belirleyebilmek için modeller.

2.2 Hibrit sistem bileşenleri

Hibrit sistemin temel bileşenleri içinde güneş panelleri, rüzgar türbinleri, dizel jeneratörler, yakıt hücresi, biyogaz jeneratörler, dönüştürücüler ve bataryalar mevcuttur. Dönüştürücüler, istenilen elektrik yüküne bağlı olarak alternatif akıma (AA) veya doğru akıma (DA) dönüştürmek için kullanılır. Tasarlanacak olan sistemde alternatif akıma ihtiyaç vardır. Bu nedenle sisteme dönüştürücü eklenmiştir. Sistem talep edilen yükü karşılamak için yakıt hücresi, rüzgâr türbini ve güneş panelleri kullanmaktadır. Fakat bu bileşenler enerji ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalırsa dizel jeneratör ve biyogaz jeneratörü devreye girecektir. Bütün bu bileşenler sisteme dahil edilmiş ve HOMER programında simülasyonları elde edilmiştir. Ele alınan bölgenin yük ihtiyacını karşılamak için 3 farklı simülasyon yapılmıştır. Bunlar; güneş paneli-rüzgâr türbini-dizel jeneratör-batarya, güneş paneli-rüzgâr türbini-biyogaz jeneratör-batarya ve güneş paneli-rüzgâr türbini-yakıt hücresi-biyogaz jeneratörü-batarya şeklindedir. Bu farklı senaryolara ait HOMER şematik diyagramı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4: (a) Güneş paneli-rüzgâr türbini-biyogaz jeneratör-batarya (b) güneş paneli-rüzgâr türbini-dizel jeneratör-batarya (c) güneş paneli-rüzgâr türbini-yakıt hücresi-biyogaz jeneratörü-batarya hibrit sistem modeli

2.2.1.Rüzgâr türbini

Rüzgâr türbinleri, rüzgâr hızıyla pervanelerin önmesinden oluşan mekanik enerjiyi elektrik enerjisine önüştüren yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Genel olarak üzgâr türbinleri, kule jeneratör, hız dönüştürücüleri, elektrik e elektronik devreler ve pervanelerden oluşan ekipmanlar ütününden meydana gelir. Her enerji kaynağı türüne göre nerji maliyeti değişkenlik göstermektedir [16]. Birim enerji naliyetini düşürmek için en uygun yollardan birisi de rüzgâr ürbinleridir. Fakat rüzgâr türbinlerinin kurulum maliyeti üksek olduğu için düşük kapasiteli rüzgâr türbinleri lverişsizdir. Bu nedenle, çalışmada rüzgâr türbinleri 10 W'lık kullanılmıştır. Bu seçimle kurulum maliyetini üşürmesinin yanında aynı zamanda bölge için verimli bir nerji kaynağı olmuştur. Çalışmada, rüzgâr türbininin ömrü 20 e 25 yıl, türbin yüksekliği ise 24 ve 30 m farklı değerlerde eçilmiştir. Rüzgâr türbinin ekonomik özellikleri Tablo 2'de erilmiştir.

Tablo 2: Rüzgar türbininin ekonomik verileri.

Rüzgar türbini	Generic 10 kW
Kurulum maliyeti/kW	7.000 $
Kurulum maliyeti	50.000 $
Yenileme maliyeti	50.000 $
Yıllık operasyon ve bakım maliyeti	500 $
Ömrü	20 ve 25 yıl
Türbin yüksekliği	24 ve 30 m

2.2.2.Güneş paneli

Güneş enerji kaynağının en önemli parçalarından birisi üneş panelidir. Güneş panelindeki fotovoltaik hücreler, gelen şınımı direkt olarak doğru akıma çevirirler. Güneş enerjisi ünyanın enerji ihtiyacını karşılayabilecek bir yenilenebilir nerji kaynağıdır [17]. Doğal olarak, Türkiye'nin de güneş nerji potansiyeli yüksek olmasından dolayı tercih dilebilecek en uygun yenilenebilir enerji sistemidir [18]. IOMER programının kullanılmasıyla tasarlanacak sistemde 'eimer SGM360M paneli tercih edilmiştir. Sistemde ullanılan panelin ömrü 30 yıl olarak alınmıştır. Kullanılacak anelin 1 kW için maliyeti 650$, yenileme maliyeti 650$, bir ıl için operasyon ve bakım maliyeti 20$ olarak kabul edilerek IOMER programında simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. istemde kullanılacak olan panelin azaltma faktörü yani kir, ıcaklık, gölge ve eskime gibi nedenlerden dolayı çıkışında luşacak kayıpların dikkate alınmasını sağlayan değer %80 larak alınmıştır. Peimer SG360M panelinin teknik özellikleri şağıda Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Peimer SGM360M güneş panelinin teknik özellikleri.

Panel tipi	Düz plaka
Değerlendirilen kapasite (kW)	1
Sıcaklık katsayısı	-0,352
Verimlilik (%)	18,5
Ağırlık (kg)	22,5
STC güç derecesi (W)	360

2.2.3.Batarya

Sistem modellemesinde bataryalar, yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilen enerjiyi, üretilen enerji yük ihtiyacından fazla olduğu zaman depolayan ve aynı zamanda üretilen enerji sisteme yeterli olmadığında depoladığı enerjiyi sisteme aktaran elemanlardır. Bataryalar tarafından depolanan enerji ve sisteme aktarılan enerji DA gerilimindedir. Bataryaların maliyeti oldukça fazla olmasından dolayı batarya sayısının sisteme olan etkisi oldukça önemlidir [19]. Sistemde kullanılacak olan bataryaların 1 kWh başına maliyeti 450$, yenileme maliyeti 450$, yıllık operasyon ve bakım maliyeti ise 20$ olarak kabul edilerek simülasyona dahil edilmiştir. Bataryaların ömrü 15 ve 25 yıl olarak eklenmiştir. Aynı zamanda bataryanın deşarj derinliği %80 olarak simülasyonda kullanılmıştır. Sistemde kullanılan bataryanın teknik özellikleri Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4: Generic 1 kWh Li-Ion batarya teknik özellikleri.

Nominal Voltaj (V)	6
Nominal kapasite (kWh)	1
Nominal kapasite (Ah)	167
Gidiş-dönüş verimliliği (%)	90
Maksimum şarj akımı (A)	167
Maksimum deşarj akımı (A)	500

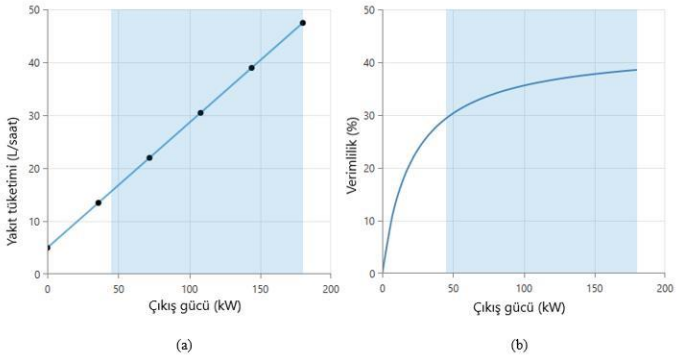
2.2.4.Dizel jeneratör

Çalışmada kullanılan jeneratörlerden biri dizel jeneratördür. HOMER programında tanımlı Autosize Genset jeneratör alınmış olup, sistemde 180 kW'lık dizel jeneratör kullanılmıştır. Dizel jeneratörün kW başına maliyeti 550$, yenileme maliyeti 550$ olarak alınmıştır. Aynı zamanda birim saatte operasyon ve bakım maliyeti 0,030$ olarak alınmıştır. Jeneratörün çalışma ömrü ise 15.000 saat olarak alınmıştır. Dizel jeneratör saatte 4,96 litre yakıt harcamaktadır. Dizel jeneratörde kullanılacak dizelin fiyatı 20 Aralık 2021 tarihinde Merkez Bankası'ndan alınan değerler kullanılarak (1$=17 TL) 0,68$/L değeri alınmıştır. Dizel yakıtın emisyon ve yakıt özellikleri aşağıda Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Sistemde kullanılan dizel yakıtın emisyon ve özellikleri.

Emisyon değerleri		Yakıt özellikleri	
CO (g/L yakıt)	16,5	Alt ısıl değer (MJ/kg)	43,2
Partikül miktarı (g/L yakıt)	0,1	Yoğunluk (kg/m3)	820
NOx (g/L yakıt)	15,5	Karbon içeriği (%)	88
Yanmayan HC (g/L yakıt)	0,72	Sülfür içeriği (%)	0,4

)izel jeneratörün tüketeceği yakıta göre elde edeceği çıkış ;ücü ve çıkış gücüne göre verimliliği Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: (a) dizel jeneratörün tüketeceği yakıta göre çıkış gücü (b) dizel jeneratörün çıkış gücüne göre verimliliği.

2.2.5.Biyogaz jeneratörü

Sistemde kullanılan diğer bir jeneratör tipi biyogaz ;eneratörüdür. Biyogaz jeneratörünün yakıtı kızılçam odun ;eletidir. Çalışma yapılacak bölgede kızılçam ormanları ıevcuttur. Kızılçam ormanlarından hasat edilen dal odunları /luğla il merkezinde bulunan ticari pelet üretimi ;erçekleştiren Yücel Kereste İşletmesinde kızılçam peleti .aline getirilmektedir. Üretilen kızılçam peletlerinin özkütlesi, :ül bırakma yüzdesi ve uçucu madde miktarı sırasıyla 0,671 :/cm3, %4,91 ve %73,9 olarak bulunmuştur. Aynı zamanda C, I, O, N miktarları ise sırasıyla %47.52, %5.15, %42.16, %0.26 olarak bulunmuştur. Kızılçam peletinin ısıl değeri ise 7-18 MJ/kg aralığındadır [20]. Simülasyona kızılçam ;eletinin ısıl değeri 17 MJ/kg olarak dahil edilmiştir. Biyogaz ;eneratörü için kızılçam peleti işletmeden istenilen miktarda lınacaktır. Kızılçam peletinin 1 ton için maliyeti 50$ olarak .esaplanıp simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Tercih edilen ;iyogaz jeneratörünün 1kW için maliyeti 1000$, yenileme ıaliyeti 1000$ ve operasyon-bakım maliyeti 1 saat için 0,30$;larak hesaplanmıştır. Sistemde kullanılan biyogaz jeneratörü 0kW kapasitelidir. Jeneratörün kullanım ömrü ise 20.000 saat ;larak belirlenmiştir.

2.2.6.Yakıt Hücresi

Yakıt hücresi, kaynak olarak hidrojen kullanan ve :ullandığı hidrojenden ısı ve elektrik üreten elektrokimyasal ;ir sistemdir. HOMER programında tanımlı olan Generic Fuel ;ell yakıt hücresi sisteme dahil edilmiştir. Kullanılan yakıt :ücresinin kapasitesi 30 kW, kullanım ömrü 50.000 saat, :urulum maliyeti 2000$/kW, operasyon ve bakım maliyeti ,010$/saat/kW, yenileme maliyeti 2000$/kW alınarak imülasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.2.7.Elektrolizör

Elektroliz işlemini gerçekleştiren ve işlem sonunda .idrojen oluşumunu sağlayan sistem bileşenine elektrolizör denir. Sistemde kullanılan Elektrolizör HOMER programında tanımlı Generic Elektrolizer olup, verimliliği %85, kullanım ömrü 15 yıl olarak alınmıştır. Elektrolizörün kapasitesi 100 kW olarak sisteme dahil edilmiştir. Elektrolizörün ekonomik özellikleri, kurulum maliyeti 1000$/kW, operasyon ve bakım maliyeti 0,10$/saat/kW, yenileme maliyeti 500$/kW olarak değerlendirilmiştir.

2.2.8.Hidrojen tankı

Elektrolizörde elde edilen hidrojeni sıkıştırılmış gaz halinde depolamaya yarayan en basit yöntem hidrojen tank kullanımıdır. Yapılan araştırmalara göre hidrojen tankının 1kg için 1000-1100 arasında maliyeti olduğu görülmüştür [21]. Hidrojen tankının ekonomik verileri , kurulum maliyeti 1000$/kg, operasyon ve bakım maliyeti 10$/saat/yıl, yenileme maliyeti 500$/kg ve ömrü 25 yıl seçilmiştir.

Ekonomik verileri verilen hidrojen tankı, HOMER programına tanımlı olan Generic Hidrojen Tank olarak sisteme dahil edilmiştir. Hidrojen tank boyutu 0 kg, 100 kg ve 200 kg olacak şekilde tercih edilip simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Sisteme 3 farklı tank boyutu tanımlanmasının sebebi, en uygun tank boyutunun bulunmasıdır.

2.2.9.Dönüştürücü

AA ve DA arasındaki enerji akışını sağlayabilmek için bir güç dönüştürücü gereklidir. HOMER'da dönüştürücü olarak tanımlanan eleman, hem DA-AA dönüştüren evirici hem de AA-DA dönüştüren doğrultucu gibi çalışmaktadır. Sisteme eklenen dönüştürücü, HOMER'da tanımlı Generic System Converter olarak simülasyonları yapılmıştır. Sisteme dahil edilen dönüştürücünün verimi %95, ömrü 15 yıl, kurulum ve yenileme maliyetleri 600$/kW, operasyon ve bakım maliyeti 40$/yıl olarak belirlenmiştir.

2.3.Ekonomik Analiz Girdileri

HOMER programı maliyet hesaplamalarında yıllık gerçek faiz oranını kullanmaktadır. Gerçek faiz oranı bulunurken

güncel faiz oranı ve enflasyon oranlarından yararlanılır. Yıllık gerçek faiz oranı aşağıda verilen denklem ile bulunur.

$$i = (i' - f)/(1 + f) \quad (1)$$

Burada; i yıllık gerçek faiz oranı, i' güncel faiz oranı ve f ise yıllık enflasyon oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında güncel faiz oranı %15.00, enflasyon oranı %19.80 olarak alınmıştır. Bu verilere göre gerçek faiz oranı -%4.01 olarak bulunmuştur.

2.4.Hibrit Sistem Modeli

Bu çalışmada Muğla'nın Köyceğiz ilçesine bağlı Zaferler Köyü'nde şebekeden bağımsız 3 farklı hibrit enerji sisteminin HOMER programı yardımıyla simülasyon ve analizleri yapılmıştır. Yapılan simülasyonda 3 senaryo içinde birim enerji maliyeti ve net şimdiki maliyet değerleri elde edilmiştir. Bu senaryolarda belirtilen optimum maliyet sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: Hibrit enerji sistemlerinin optimizasyon sonuçları.

Senaryo	Rüzgâr Türbini	Güneş Paneli (kW)	Biyogaz Jeneratör (kW)	Dizel Jeneratör (kW)	Yakıt Hücresi Jeneratör (kW)	Dönüştürücü (kW)	Batarya	Optimizasyon Stratejisi	Net Bugünkü Maliyet ($)	Birim Enerji Maliyeti ($)
1	1	546	30	-	-	134	1.077	Döngü Şarj	3.26 M	0,185
2	1	465	-	180	-	119	978	Yük İzleme	2.93 M	0,166
3	1	320	30	-	30	113	431	Yük İzleme	2.69 M	0,152

Bütün senaryolarda güneş paneli/rüzgâr türbini/batarya/jeneratör kullanılmıştır. Oluşturulan hibrit sistemler arasındaki fark jeneratör tipleridir. Senaryo 1'de biyogaz jeneratörü, senaryo 2'de dizel jeneratörü, senaryo 3'te ise biyogaz jeneratörü ve yakıt hücresi kullanılarak hibrit sistemler oluşturulmuştur. Senaryo 3'te kullanılan biyogaz jeneratörü ve yakıt hücresi diğer seçeneklere göre uygun olup, aynı zamanda optimizasyon stratejisinde yük izleme seçilmesi sistemde ihtiyaç duyulan batarya sayısını da azaltmaktadır. Bu sebeplerden dolayı sistemin net bugünkü maliyeti ve birim enerji maliyeti diğer sistemlere göre oldukça düşük çıkmaktadır. Hibrit sistemlerin maliyetleri karşılaştırıldığında, net bugünkü maliyeti 2.69 milyon $ ve birim enerji maliyeti 0,152 $ olan senaryo 3 en uygun model olmaktadır. Sistemlerde optimizasyon yapılırken batarya ve rüzgâr panelinin yaşam ömrü, rüzgâr türbininin kule yüksekliği değiştirilmiştir. Seçilen senaryonun hibrit sistem şematik görünümü Şekil 4 c'de verilmiş olup köy halkının elektrik ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Sistem senaryolarının optimizasyon sonuçlarının yanında aynı zamanda bileşenlerinin de optimizasyon sonuçları incelenip değerlendirilmesi gerekir. Yapılan simülasyonlar ışığında, belirlenen parametreler dahilinde seçilen bölgeye en uygun sistem senaryo 3 olmuştur. Aynı zamanda senaryo 3'ün emisyon değerlerinin de incelenmesi gerekir. Senaryo 3'ün emisyon değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: Seçilen hibrit sistemin emisyon değerleri.

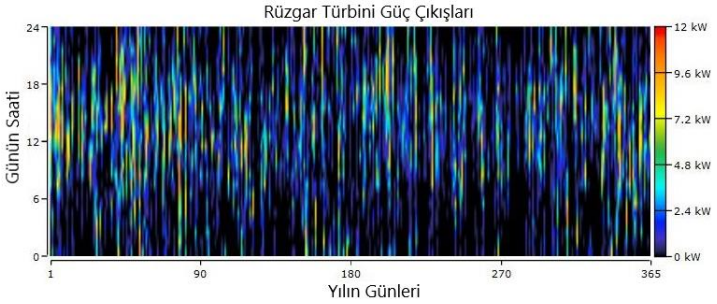
	Değer kg/yıl
Karbon Dioksit	53.163
Karbon Monoksit	5,52
Yanmamış Hidrokarbon	0
Partikül Madde	0
Sülfür Dioksit	0
Nitröz Oksit	0,577

Seçilen sistemin emisyon değerleri diğer sistemlere göre daha azdır. Her ne kadar karbon dioksit miktarı fazla çıksa da aslında biyogaz jeneratöründe kullanılan yakıt kızılçam peleti olduğundan karbon ayak izi neredeyse sıfırdır. Tüm bunlar göz önüne alındığında sistemin yenilenebilir enerji faktörü %67,1 olarak bulunmuştur. Yenilenebilir enerji faktörünün bu şekilde çıkması yine kullanılan kızılçam peletinin etkisidir. Kullanılan

ızılçam peletinin daha temiz bir yakıt olması sağlanabilir. Bu ayede yenilenebilir enerji faktörü arttırılabilir. Sürdürülebilir ir dünya için bunun gibi iyileştirmeler tüm sistemler için aima düşünülmeli ve daha temiz enerji elde etmek için ğraşılmalıdır.

Tasarlanan 3 sistem arasında senaryo 3'ün yılın farklı gün ve saatlerinde rüzgâr türbininden elde edilen çıkış gücü Şekil 6'da verilmektedir. Seçilen bölgede, elde edilen rüzgâr türbininin çıkış gücü o anki rüzgar hızı ve sistemin ihtiyacı olan üretim miktarına bağlıdır.

3.1.Rüzgâr Türbininin Sisteme Etkisi



Şekil 6: Seçilen sistemin yılın farklı zamanlarında rüzgâr türbini güç çıkış değerleri.

Şekilde gözüktüğü üzere sisteme entegre edilen rüzgar ürbini, yılda 6.489 saat çalışarak 10.765 kWh/yıl elektrik nerjisi üretmektedir. Üretilen elektrik enerjisinin birim naliyeti 0,170 $/kWh, rüzgar türbinin ortalama güç çıkışı 1,23 W, kapasite faktörü %12,3 olmaktadır. Rüzgar türbini örüldüğü üzere yılın ilk aylarında daha fazla kullanılmıştır. Bunun nedeni kış aylarında güneş panellerinin sağlayamadığı eya kullanımda olmadığı durumlarda rüzgar türbinin ihtiyaç lan elektrik enerjisini üretmesinden kaynaklıdır.

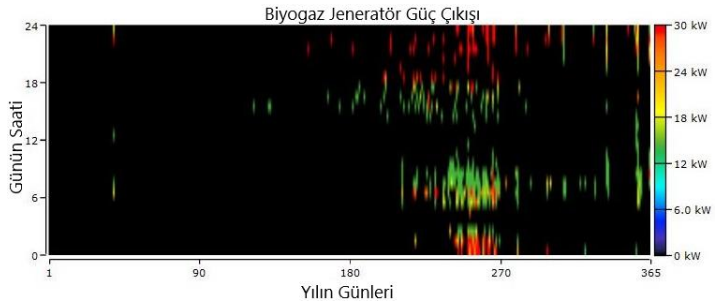
3.2.Güneş Panellerinin Sisteme olan Etkisi

Şekil 7'de senaryo 3'te kullanılan güneş panellerinin yılın arklı gün ve saatlerinde elde ettiği çıkış gücü değerleri gözükmektedir. Seçilen bölgenin konumu itibariyle, güneş panellerinin elde ettiği güç miktarı sistemin ana enerji kaynağıdır. Aynı zamanda panellerin kapasitesi yüksek olmasından dolayı kısa sürede daha fazla enerji üretmektedir. Sistem için seçilen güneş panelleri yılda 4.387 saat çalışarak toplamada 558.809 kWh/yıl elektrik enerjisi üretmektedir. Panellerin günlük ortalama güç çıkışı 1.531 kWh ve kapasite faktörü %19,9 olmaktadır. Sisteme entegre edilen güneş panellerinin maksimum çıkış gücü ise 334 kW olarak ortaya çıkmıştır. Panellerin ürettiği elektrik enerjisinin birim maliyeti 0,0160 $/kWh olmaktadır. Şekil 7'de de görüldüğü üzere günün belli saatleri güç çıkışı elde eden panellerin tek başına yeterli olmadığı gözükmektedir.

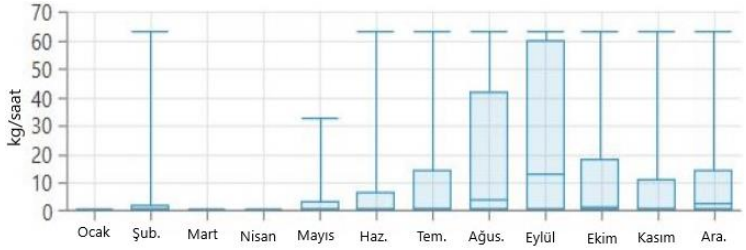
Şekil 7: Yılın farklı zamanların sisteme entegre edilen güneş panellerinin çıkış gücü değerleri.

3.3.Biyogaz Jeneratörünün Sisteme olan Etkisi

Şekil 8'de görüldüğü üzere biyogaz jeneratörü en yüksek üç çıkışını gece saatlerinde elde etmiştir. Aynı zamanda aptığı üretimin büyük kısmını yaz aylarında kullanıcıya edarik etmiştir. Bunun sebebi yöre halkının yaz aylarında aptığı tarla sulama olayıdır. Sulamadan kaynaklı elektrik ullanımının artması biyogaz jeneratörünün güç çıkışında büyük role sahiptir. Sisteme entegre edilen biyogaz jeneratörü yılda 201 kez çalıştırılmış olup, yılda 399 saat çalıştırılmış ve toplamda 8.123 kWh elektrik enerjisi üretmiştir. Jeneratörün spesifik yakıt tüketimi 2,15 kg/kWh olup yıllık yakıt tüketimi ise 23.6 ton olarak ortaya çıkmıştır. Kullanılan yakıt olan kızılçam peletinin aylık kullanım miktarları Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8: Sisteme entegre edilen biyogaz jeneratörünün çıkış gücü değerleri.

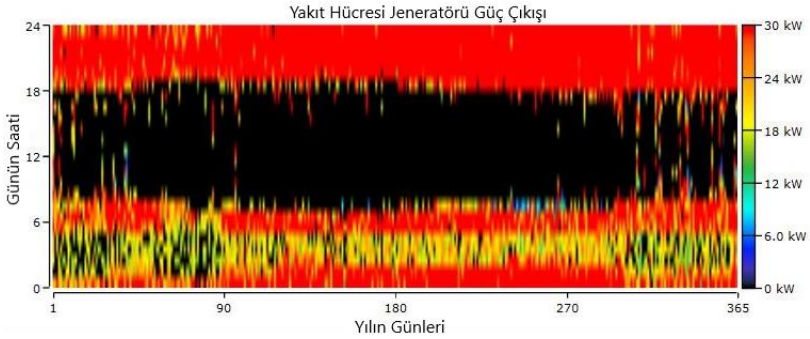


Şekil 9: Biyogaz jeneratörünün kullandığı kızılçam peletinin aylık tüketimi.

Şekil 9'da görüldüğü üzere yaz aylarında jeneratörün ullandığı yakıt miktarı artmış ve en yüksek eylül ayında yakıt ullanılmıştır. Kızılçam peletinin ortalama günlük jeneratör eslemesi 0,0646 ton ve ortalama saatlik jeneratör beslemesi ,00269 ton olarak ortaya çıkmıştır.

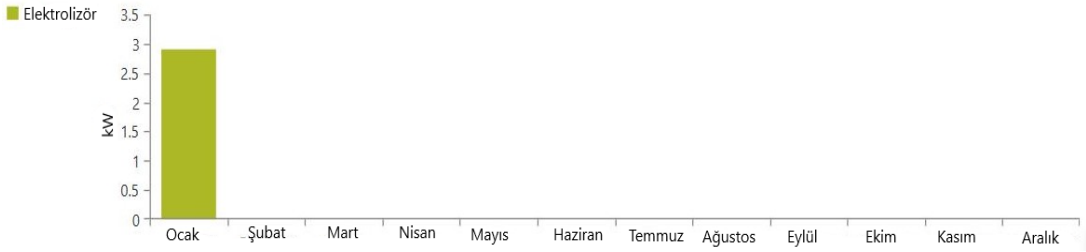
3.4.Yakıt Hücresi Jeneratörünün Sisteme olan Etkisi

Yakıt hücresi jeneratörü yakıt olarak hidrojen kullanılır. Kullanılacak olan hidrojen, elektrolizör vasıtasıyla suyun elektrolizi ile meydana gelir. Suyun elektrolizi sırasında kullanılacak olan elektrik enerjisi sistemdeki fazla elektrik enerjisinden sağlanır. Elde edilen hidrojeni depo etmek için hidrojen tankı kullanılmıştır. Yani sisteme entegre edilen bu yenilenebilir enerji sistemi bir nevi enerji depolama ve enerji üretme sistemidir. Çalışmada kullanılan yakıt hücresi jeneratörünün çıkış gücü değerleri Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10: Sisteme entegre edilen yakıt hücresi jeneratörünün çıkış gücü değerleri.

Şekil 10'da görüldüğü üzere yakıt hücresi jeneratörünün ıkış gücü değerleri yılın farklı gün ve saatlerine göre erilmiştir. Sisteme entegre edilen bu jeneratör yılda 4.947 aat çalışarak toplamda 130.361 kWh/yıl elektrik enerjisi retmiştir. Aynı zamanda yakıt hücresi jeneratörünün toplam akıt tüketimi 27.376 m3 hidrojen ve spesifik yakıt tüketimi ,210 m3/kWh olarak bulunmuştur. Sisteme dahil edilen bu eneratör Şekil 12'de görüldüğü üzere, günün öğle saatlerinde fazla çalışmamıştır. Genellikle akşam saatlerinden başlayıp öğle saatlerine kadar çalışmıştır. Bunun sebebi ise güneş panellerinin öğle saatlerinde ihtiyaç olan enerjiyi karşılamaya başlamasıdır. Bütün bunların yanında hidrojen üretmek için gereken elektrolizörün performansını da incelemek yerinde olur. Elektrolizörün aylık harcadığı enerji miktarı Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11: Sisteme entegre edilen elektrolizörün aylık enerji kullanımı.

Şekil 11'de verilen grafiğe göre elektrolizör sadece Ocak ayında üretim yapmıştır. Sisteme entegre edilen elektrolizör yıllık 90 kg üretim yapmıştır. Sistem simülasyonu yapılırken 100 kW kapasiteli elektrolizör seçilmiştir. Burada 3-5 kW kapasiteli elektrolizör bu sisteme yeterli olacaktır. Sistem bileşenlerinden biri olan hidrojen tankı üretilen hidrojeni gerektiği zaman kullanılması için depo etmektedir. Daha önceden hidrojen tankı için girilmiş olan tank boyutları 100 kg ve 200 kg olacak şekilde seçenek belirlenmişti. Şekil 11'de görüldüğü üzere elektrolizör yalnızca ocak ayında üretim yapmış olup, bu üretim 90 kilogramdır ve hidrojen tankında depolanmaktadır. Bütün bunlar göz önüne alındığında 100 kg boyutundaki hidrojen tankı yeterli olacaktır. Şekil 12'de hidrojen tankının aylık depoladığı hidrojen miktarı verilmiştir.

Şekil 12: Sisteme entegre edilen hidrojen tankının aylık depo ettiği hidrojen miktarı.

Sistem dahilinde mevcut 100 kg hidrojen tankı 3.333 kWh enerji depo etme özelliğine sahiptir.

3.5.Batarya Kullanımının Sisteme Etkileri

Sistem içerisinde batarya kullanımı sistem maliyetini önemli derecede arttırmıştır. Tablo 8'de 3 senaryo için sistemlerin net bugünkü değerleri ve birim enerji fiyatları verdikleri batarya sayılarıyla birlikte verilmiştir.

Görüldüğü üzere batarya sayısının artması sistemin maliyetini önemli oranda arttırmıştır. Batarya sayısının 1.077 olduğu senaryo 1 de enerji maliyeti 0,185 $ iken, 431 batarya sayısına sahip senaryo 3 ise 0,152 $ birim enerji maliyetine sahiptir. Bu bilgilere dayanarak senaryo 3'teki batarya sayısının miktarı ile birlikte birim enerji maliyeti ve net bugünkü değer de düşmüştür. Sisteme entegre edilmiş bataryaların yıl içerisindeki şarj durumunu saatlik olarak Şekil 13'te gösterilmiştir.

Tablo 8: Farklı senaryoların batarya sayısı, NBD ve birim enerji maliyeti.

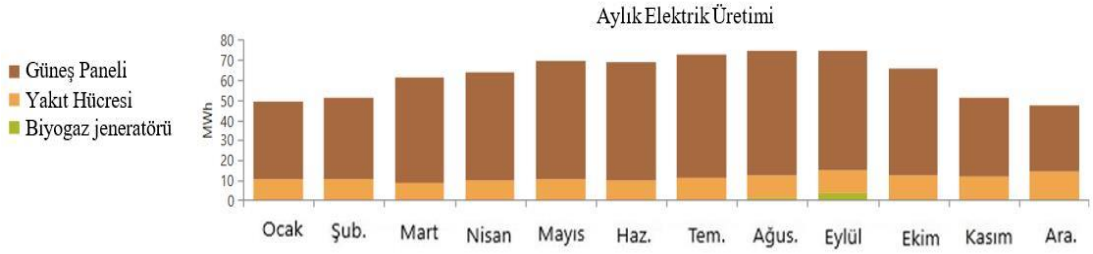
Senaryolar	Batarya Sayısı	Net Bugünkü Değer ($)	Birim Enerji Maliyeti ($)
1	1.077	3.26 M	0,185
2	978	2.93 M	0,166
3	431	2.69 M	0,152

Şekil 13: Bataryaların yıl içerisindeki şarj durumu.

Görüldüğü üzere bataryalar günün gündüz vaktinde şarj olmakta ve akşam vakitlerinde kullanılmaktadır. Bataryalara yıllık 76.732 kWh enerji girdisi olup, yıllık 7.690 kWh kayıp vardır.

4.Sistem Bileşenlerinin Üretim Dağılımı

Sistem bileşenlerinin toplam üretime ne kadar payı olduğu eğerlendirme için önemlidir. Şekil 14'te sistem bileşenlerinin ylık enerji üretimi verilmiştir.



Şekil 14: Sistem bileşenlerinin aylık enerji üretim dağılımı.

Görüldüğü üzere elektrik üretiminin büyük bir kısmını üneş paneli ve yakıt hücresi sağlamıştır. Tablo 9'da toplam enerji üretiminin bileşenler tarafından ne kadarlık bir paya sahip olduğu verilmiştir.

Tablo 9: Sistem bileşenlerinin enerji üretimindeki payları

Üretim	Güneş Paneli	Rüzgar Türbini	Biyogaz Jeneratörü	Yakıt Hücresi Jeneratörü	Toplam
kWh/yıl	558.809	10.765	8.123	130.361	708.057
%	78,9	1,52	1,15	18,4	100

Tablo 9'da verilen değerlere göre güneş paneli ardından akıt hücresi jeneratörü üretimde yüksek enerji üretim payına ahiptir. Biyogaz jeneratörü ve rüzgar türbini enerji üretim ayında çok küçük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Bütün u sistemin fazla elektrik üretimi yılda 279.354 kWh, arşılanmamış elektrik yükü yılda 132 kWh ve kapasite ıkıntısı yılda 386 kWh olarak bulunmuştur. Seçilen sistemin enilenebilir enerji faktörü %67,1 olarak elde edilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, Muğla ilinin Köyceğiz ilçesine bağlı olan Zaferler köyünün elektrik ihtiyacının karşılaması amacıyla ebeke bağlantısız bir hibrit enerji sistem analizleri yapılmıştır. Toplanan veriler HOMER programında kullanılarak farklı istemler karşılaştırılmış ve simülasyonları yapılmıştır. HOMER programında 3 farklı senaryonun simülasyonu erçekleştirilmiştir. Bütün senaryolarda rüzgâr türbini, güneş aneli ve bataryalar kullanılırken, senaryo 1'de biyogaz eneratörü, senaryo 2'ye dizel jeneratörü ve senaryo 3'e yakıt ücresi ve biyogaz jeneratörü eklenmiştir. Bütün senaryoların imülasyon sonuçlarına göre, birim enerji maliyeti ve net ugünkü değerleri göz önüne alındığında senaryo 3 en uygun ibrit sistem olarak karşımıza çıkmıştır. Senaryo 3'ün birim nerji maliyeti, net bugünkü değeri, kurulum maliyeti ve perasyon ve bakım maliyeti sırasıyla 0,152 $, 2.69 milyon $, 09.980 $, 42.222 $ olarak hesaplanmıştır. Her hanenin aklaşık 12.300 $ yatırım yapmasıyla 25 yıllık hem elektrik em de tarla sulama ihtiyacını karşılayabileceği üşünülmektedir. Senaryo 3'ün bileşenlerinden olan güneş aneli % 78.9, rüzgar türbini % 1.52, biyogaz jeneratörü % .15 ve yakıt hücresi jeneratörü % 18.4 olacak şekilde ihtiyaç lan toplam enerjiyi karşılamıştır. Her ne kadar biyogaz jeneratörü ve rüzgâr türbininin toplam enerji ihtiyacını karşılamada payları düşük olsa da ana enerji üretim kaynağı olan güneş panelinin enerji üretmediği zamanlarda ihtiyaç olan yükü karşılamışlardır. Bunun yanında biyogaz jeneratörünün yakıt olarak kullandığı kızılçam peleti üretimi için çevrede bolca bulunan kızılçam artıkları bu sistem bileşeninin avantajlarından birisidir. Aynı zamanda sistem bileşeninde bulunan yakıt hücresi jeneratörü fazla üretilen enerjiyi hidrojen olarak depo ettiği ve ihtiyaç zamanında kullandığı için sistemde batarya sayısı diğer senaryolara göre oldukça düşüktür. Bu durumda senaryo 3'ün maliyetini düşürmüş ve sistemin daha avantajlı bir sistem olmasını sağlamıştır. Bu değerlendirmeler kapsamında, seçilen bölgeye güneş paneli/rüzgar türbini/biyogaz jeneratörü/yakıt hücresi jeneratörü/batarya sistemi simülasyonları gerçekleştirilen sistemler arasında kurulumu yapılabilecek en uygun sistemdir. Fakat hibrit sistem konfigürasyonlarının pratik zorluklarını anlamak için uygulamaya ihtiyaç vardır.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yenilenebilir enerji bileşenlerinin düşmesi ve fosil yakıtların tükenmesinden dolayı fiyat artışı yakın bir gelecekte hibrit enerji sistemlerinin ürettiği enerjinin birim maliyetinin geleneksel yolla üretilen enerjinin birim maliyetinden daha uygun olacağını ortaya koymaktadır.

5. Kaynakça

[1] S. Jaman, "Techno-Economic Analysis Of A Solar Pv-Fuel Cell Based Hybrid Energy System For St. Martin Island Using Homer," Seu J. Sci. Eng., Vol. 12, No. 1, 2018.

[2] A. Maleki, M.G. Khajeh, M. Ameri, Optimal sizing of a grid independent hybrid renewable energy system

incorporating resource uncertainty, and load uncertainty, Int. J. Electr. Power Energy Syst. 83 (2016) 514–524.
3] G. Tina, S. Gagliano, S. Raiti, Hybrid solar/wind power system probabilistic modelling for long-term performance assessment, Sol. Energy. 80 (2006) 578–588.
4] A. Tabak, "Konya İlinde Bir Fabrikanın Enerji Talebinin Karşılanması Için Hibrit Enerji Üretim Sisteminin Analiz Ve Tasarımı Analysis And Design Of A Hybrid Energy Production System To Meet The Energy Demand Of A Plant In Konya," 2021.
5] B. E. Türkay And A. Y. Telli, "Economic Analysis Of Standalone And Grid Connected Hybrid Energy Systems," Renew. Energy, Vol. 36, No. 7, Pp. 1931–1943, 2011.
6] D. Ribó-Pérez, Á. Herraiz-Cañete, D. Alfonso-Solar, C. Vargas-Salgado, And T. Gómez-Navarro, "Modelling Biomass Gasifiers In Hybrid Renewable Energy Microgrids; A Complete Procedure For Enabling Gasifiers Simulation In Homer," Renew. Energy, Vol. 174, Pp. 501–512, 2021.
7] M. S. Hossain, A. G. Alharbi, K. Z. Islam, And M. R. Islam, "Techno-Economic Analysis Of The Hybrid Solar Pv/H/Fuel Cell Based Supply Scheme For Green Mobile Communication," Sustain., Vol. 13, No. 22, Pp. 1–29, 2021.
8] Ş. Emeç and G. Akkaya, "Techno-economic analysis of a university's electrical energy consumption with hybrid systems," J. Inf. Optim. Sci., vol. 42, no. 2, pp. 417–430, 2021.
9] A. Singh and P. Baredar, "Techno-economic assessment of a solar PV, fuel cell, and biomass gasifier hybrid energy system," Energy Reports, vol. 2, pp. 254–260, 2016.
10] B. K. Das, R. Hassan, M. S. Islam, and M. Rezaei, "Influence of energy management strategies and storage devices on the techno-enviro-economic optimization of hybrid energy systems: A case study in Western Australia," J. Energy Storage, vol. 51, no. March, p. 104239, 2022.
11] S. Madhura and V. Boddapati, "Optimal sizing and assessment of a hybrid energy based AC microgrid," Mater. Today Proc., vol. 49, pp. 326–332, 2021.
12] A. E. Akan, "Techno-Economic Analysis Of An Off-Grid Hybrid Energy System With Homer Pro," Icontech Int. J., Vol. 5, No. 3, Pp. 56–61, 2021.
13] R. Rajbongshi, D. Borgohain, And S. Mahapatra, "Optimization Of Pv-Biomass-Diesel And Grid Base Hybrid Energy Systems For Rural Electrification By Using Homer," Energy, Vol. 126, Pp. 461–474, 2017.
14] P. Nema and S. Dutta, "Feasibility Study of 1 MW Standalone Hybrid Energy System: For Technical Institutes," Low Carbon Econ., vol. 03, no. 03, pp. 63–68, 2012.
15] S. Dursun, "Optimal Wind / Pv / Biomass Hybrid Power System For Forest Mugla Journal Of Science And Technology Optimal Wind / Pv / Biomass Hybrid Power System For Forest," Vol. 2, No. June, Pp. 43–47, 2016.
[16] M. A. Vaziri Rad, M. Panahi Vaghar, A. Kouravand, E. Bellos, and A. Kasaeian, "Techno-economic evaluation of stand-alone energy supply to a health clinic considering pandemic diseases (COVID-19) challenge," Sustain. Energy Technol. Assessments, vol. 51, no. August 2021, p. 101909, 2022.
[17] S. Basu, A. John, Akshay, And A. Kumar, "Design And Feasibility Analysis Of Hydrogen Based Hybrid Energy System: A Case Study," Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 46, No. 70, Pp. 34574–34586, 2021.
[18] A. F. Güven And M. Mete, "Balikesiili Erdeilçesiiçin Bağimsihibritenerjsisteminfizibilite Çalişmasi Ve Ekonomianalizi," Konya J. Eng. Sci., Vol. 8055, Pp. 1063–1076, 2021.
[19] M. F. Roslan, M. A. Hannan, P. Jern Ker, R. A. Begum, T. M. Indra Mahlia, and Z. Y. Dong, "Scheduling controller for microgrids energy management system using optimization algorithm in achieving cost saving and emission reduction," Appl. Energy, vol. 292, no. October 2020, 2021.
[20] T. Türkoğlu And C. Gökoğlu, "Kızılçam Ormanları Hasat Artıklarından Yapılan Odun Peletinin Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi," Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg., Vol. 21, No. 1, P. 58, 2016.
[21] F. Dawood, G. M. Shafiullah, And M. Anda, "Standalone Microgrid With 100% Renewable Energy: A Case Study With Hybrid Solar Pv-Battery-Hydrogen," Sustain., Vol. 12, No. 5, 2020.

Özgeçmişler

Aykut Fatih Güven, Lisans ve Yüksek Lisans eğitimlerini sırasıyla 2000 ve 2004 yıllarında Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. 2018 yılında başladığı doktora eğitimine Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında devam etmektedir. Halen Yalova Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Araştırma alanları; yenilenebilir enerji, hibrit enerji sistemleri yönetimi, güç sistemi analizi ve meta-sezgisel optimizasyon algoritmaları.

Cüneyt Hatipoğlu, Lisans eğitimini, 2022 yılında Yalova Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünde tamamlamıştır. Araştırma Alanları; hibrit enerji sistemleri, biyokütle ve yenilenebilir enerji kaynakları.