
Meskenlerde Fosil Enerjiden %100 Yenilenebilir Enerjiye Geçişin Uygulanabilirliği ve Karşılaştırmalı Analizi

Feasibility of Transitioning from Fossil Energy to 100% Renewable Energy in Residential Buildings and a Comparative Analysis

Süleyman KOCAOĞLU¹, Mert YÖNTEM¹ ve Sunay TÜRKDOĞAN^{2*}

¹ Enerji Sistemleri Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Yalova Üniversitesi, Türkiye

² Elektrik-Elektronik Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, Yalova Üniversitesi, Türkiye

*(sunay.turkdogan@yalova.edu.tr)

Özet – Enerji, insanoğlu hayatında sürekli vazgeçilmez bir ihtiyaç olmuştur. Geçmişten günümüze kadar bu ihtiyaç artmış ve çeşitli yollardan giderilmeye çalışılmıştır. Günümüzde nüfusun artması ve teknolojinin gelişmesi ile enerjiye olan ihtiyaç bir hayli artmış durumdadır. Günlük yaşantımızın hemen hemen her yerinde kullandığımız enerji, hayatımızda önemli bir rol oynasa da bazı dezavantajları da beraberinden getirmektedir. Bir yandan yaşam standartlarımızı arttırırken diğer yandan geleceğimizi tehlikeye atmaktadır. Bunun nedeni enerji üretiminde büyük bir yoğunlukla fosil kaynakların tüketilmesidir. Atmosfere salınan zararlı gazlardan dolayı hava kalitesinin düşmesi ve iklim krizinin ortaya çıkması geleceğimizi kötü etkilemektedir. Ayrıca fosil kaynakların yakın gelecekte tükeneceği bilinmektedir. Tükenme tehlikesi taşıyan bu kaynakların sürekli olarak enerji üretimi için kullanılması mümkün değildir. Bütün bunlar göz önünde bulundurulduğunda fosil kaynaklara alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kaynakları tek çözüm yolu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir enerjinin temiz ve sürdürülebilir olması dünyamızın ihtiyacı olan bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir kaynakların tükenme tehlikesinin olmaması gibi çevreye ve doğaya zarar vermeden enerjinin üretilmesini mümkün kılmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin Balıkesir şehrinde bulunan Ayvalık ilçesinde 4 kişilik bir aile evinin enerji ihtiyacının şebekeden, tamamen fosil kaynaktan, yenilenebilir-fosil hibrit ve yenilenebilir hibrit kaynaklardan karşılanması durumu araştırılmış ve %100 yenilenebilir enerjinin mümkün olup olmadığı irdelenmiştir. Dört farklı senaryo HOMER Pro programı kullanılarak tasarlanmış ve farklı senaryolar simüle edilmiştir. Tasarlanan bu sistemler Unity programı ile temsilen çizilmiştir. Analizler sonunda dört farklı durumun avantaj ve dezavantajları değerlendirilerek yenilenebilir enerjinin uygulanabilirliği yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler – Yenilenebilir Enerji, Hibrit Enerji, Güneş Enerjisi, Rüzgâr Enerjisi, Mikro Şebeke.

Abstract – Energy has always been an indispensable need in human life. From past to present, this need has increased and has been met through various means. Today, due to population growth and technological development, the demand for energy has risen significantly. Although energy plays an important role in our daily lives, it also brings certain disadvantages. While it improves our living standards, it simultaneously puts our future at risk. The main reason for this is the extensive use of fossil resources in energy production. The decline in air quality and the emergence of the climate crisis—both caused by harmful gases released into the atmosphere—negatively affect our future. Moreover, it is known that fossil resources will be depleted in the near future, making their continued use for energy production unsustainable. Considering all these factors, renewable energy sources emerge as the only viable alternative to fossil fuels. The clean and sustainable nature of renewable energy makes it an essential solution for our planet. Renewable sources pose no risk of depletion and allow energy to be produced without harming the environment and nature. In this study, the energy demand of a four-person household located in Ayvalık, Balıkesir, Turkey, was analyzed under four different supply scenarios: grid-only, completely fossil-fueled, renewable–fossil hybrid, and fully renewable hybrid systems. The

feasibility of achieving 100% renewable energy was investigated. Four different scenarios were designed and simulated using the HOMER Pro software. These systems were also illustrated using the Unity program. Based on the analyses, the advantages and disadvantages of each scenario were evaluated, and the feasibility of renewable energy implementation was assessed.

Keywords – Renewable Energy, Hybrid Energy, Solar Energy, Wind Energy, Microgrid.

I. GİRİŞ

Tarih boyunca enerjiye ihtiyaç duyan insanlık, bu ihtiyacın farklı yollardan gidermeye çalışmıştır. Yerleşik hayata geçerek tarım toplumlarının oluşması ile artan enerji ihtiyacı için farklı kaynak arayışına gidilmiştir. Göçebe olarak yaşayan insanoğlunun enerji talebi az iken, yerleşik hayata geçip tarımsal üretim yapmaya başlaması ile enerji gereksinimi artmıştır [1-3].

18.yy.'ın Endüstri devrimi, enerji ihtiyacına bir ivme kazandırmıştır. Bu enerji ihtiyacını karşılayan kaynak kömür olmuştur. 20.yy.'da icat edilen içten yanmalı motor ise kömürden farklı bir enerji kaynağı doğurmuş ve petrol devrini başlatmıştır. Bunun nedeni içten yanmalı motorlarda petrol kullanımını kömüre göre daha verimli bir yakıt olmasıdır [3].

Günümüz dünyasında enerji önemli bir bileşen olmakta ve yaşam kalitesinin artmasında etkin bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaşantımızın hemen hemen her yerinde en temel ihtiyaçlarımız yanı sıra konforumuzun artması için de enerjiyi kullanmaktayız. Teknolojinin gelişmesi, artan nüfus ve şehirleşmenin artması gibi nedenler enerjiyi vazgeçilmez evrensel bir kavram haline getirmiştir. Bu gelişmeler elektrik tüketimini oldukça arttırmaktadır. Enerjinin temiz, verimli ve ekonomik olarak kullanılması ülkeler için ayrı bir öneme sahiptir. Ülkenin kişi başına düşen elektrik enerji tüketimi o ülkenin gelişmişlik seviyesi ile doğru orantılıdır. Sürdürülebilir kalkınma için sürekli ve kaliteli bir enerjiye ihtiyaç vardır [4].

Enerji ihtiyacımızın büyük bir kısmı fosil enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Bu kaynakların kullanılması bazı sorunları beraberinde getirmektedir. Bu sorunlar; kaynakların gittikçe azalması, sera etkisi, çevre kirliliği ve kaynakların azalmasından kaynaklı ortaya çıkan enerji maliyetindeki artış olarak sıralanabilir [5].

Fosil yakıtların sonlu kaynaklar olduğu ve yakın gelecekte tükenerek olması bilinmektedir. Enerji tüketiminde çoğunlukla kullanılan kaynaklar arasında petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil kaynaklar bulunmaktadır. Bu kaynakların özellikle 20. yy.'da daha fazla tüketilmesi sonucu ozon tabakasının delinmesi, asit yağmurlarının oluşması,

küresel ısınma ve meteorolojik kökenli pek çok doğal afetin artmasına neden olmuştur [5].

Çevresel anlamdaki olumsuzluğu ise fosil kaynakların elde edilmesi için doğal peyzajların tahrip edilerek çevre kirliliğine sebebiyet vermesidir. Ayrıca bu kaynakların çıkarılması sırasında atmosfere karışan katı, sıvı ve gaz atıklar çevreyi kirletmektedir [3].

Paris İklim Anlaşması, iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu hakkında Türkiye'nin de yer aldığı 195 ülkenin katılımıyla kabul edilen uluslararası bir anlaşmadır. Bu anlaşmanın küresel mücadele için önemli bir dönüm noktası olduğu kabul edilmektedir. Anlaşmanın asıl amacı küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının engellemesidir. Bunun yanında Paris İklim Anlaşması'nın hedeflediği maddelerden birine göre, her ülkenin kendi kapasitesine göre sera gazı salınımlarını azaltılması gerekmektedir [6].

Türkiye'nin bu konuda üzerinde çalıştığı politikalar [6];

- Güneş enerjisinden elektrik üretiminde 2030'a kadar 10 GW kurulu güce ulaşması,
- Rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde 2030'a kadar 16 GW kurulu güce ulaşması,
- Gerekli olan tüm hidrolik kapasitenin kullanılması,
- 2030'a kadar 1 adet nükleer santralin faaliyete geçmesi,
- Elektrik kayıp oranının %15 seviyesine düşürülmesi,
- Elektrik santrallerindeki bakım çalışmalarının iyileştirilmesi

Fosil yakıtların tükenebilir olmasından dolayı ortaya çıkan bir başka dezavantaj ise fiyat artışının olmasıdır. Sınırlı sayıdaki bu kaynaklar azaldıkça enerji maliyeti yükselmektedir. Bu yükselmeler ekonomik açıdan devletlere ve topluma zarar vermektedir [7].

kullanılan kaynak verileri HOMER programına entegre edilmiş olan NASA kaynaklarından alınmıştır [12].

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Sistem Girdileri

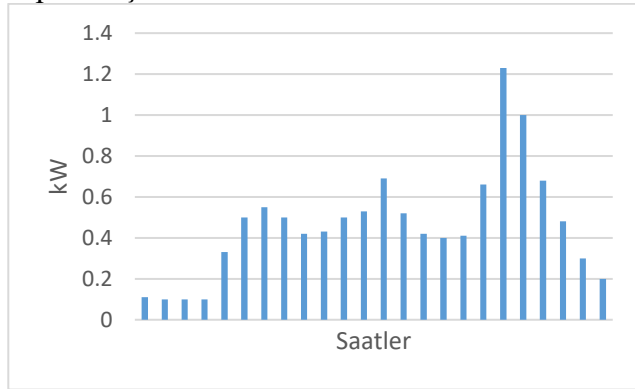
A.1. Proje Uygulama Yeri

Projenin uygulanacağı bölge olarak Türkiye’de Ege bölgesinde bulunan Balıkesir şehrine bağlı Ayvalık ilçesi (39°16.5' N, 26°38.4' E) seçilmiştir [10]. Bu bölgenin seçiminde, bölgenin ortalama rüzgâr hızı ve günlük güneş ışını radyasyon değerleri göz önünde bulundurulmuştur.

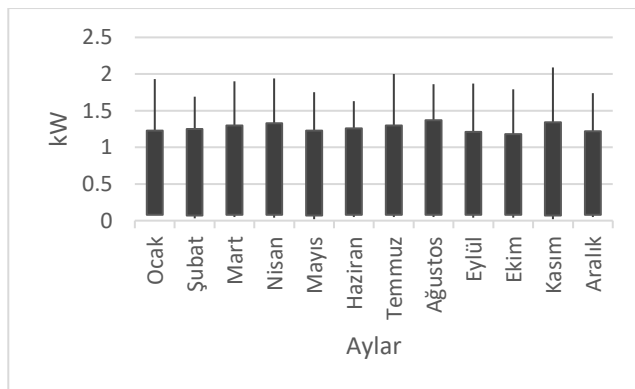
A.2. Elektrik Yük Yapısı

Türkiye’de yaşayan 4 kişilik bir ailenin günlük elektrik tüketimi TEİAŞ tarafından yapılan araştırmalar sonucunda 8.4 kWh olarak belirlenmiştir [11].

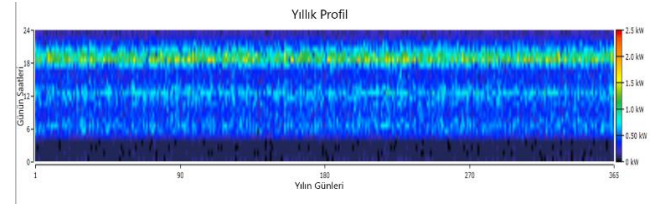
Yapılan çalışmanın elektrik yük yapısı günlük ortalama 8.4kWh olacak şekilde HOMER programı tarafından hazır sunulan mesken yük profili (Şekil3) seçilerek analiz edilmiştir. Şekil 4 ve Şekil 5 aynı yük profilinin aylık ve yıllık olarak değişimini göstermektedir. Tasarlanan sistemin kapasitesi bu yük profilleri göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır.



Şekil 3 Günlük yük profili



Şekil 4 Aylık yük profili

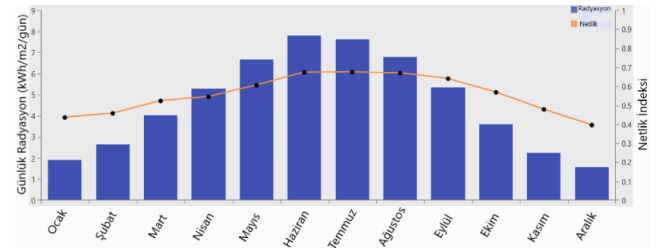


Şekil 5 Yıllık yük profili

A.3. Bölgenin Güneş ve Rüzgâr Enerji Potansiyeli

A.3.1. Güneş Enerji Potansiyeli

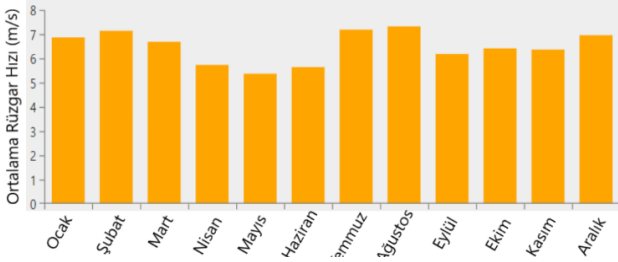
Güneş enerjisinden elektriği üretecek olan güneş panellerinin üretebileceği enerji miktarı bölgenin meteorolojik verilerine göre belirlenir. Bölgenin solar enerji verileri Homer Pro programına entegre edilmiş olan NASA verilerinden temin edilir. Söz konusu veriler Temmuz 1983- Haziran 2005 yılları arasında 22 yıllık ölçümlerin ortalama değeridir [12]. Şekil 6’da görüldüğü gibi ilgili bölgenin solar enerji potansiyeli yaz aylarında yüksek iken kış aylarında bu oran daha düşüktür. Yıl geneli ortalama günlük solar enerji potansiyeli 4.62kWh/m²/gün olarak belirlenmiştir.



Şekil 6 Aylık ortalama solar radyasyonu (kWh/m²/gün)

A.3.2. Rüzgâr Enerji Potansiyeli

Rüzgâr türbinlerinden enerji üretebilmek için gerekli olan rüzgâr hızı profil parametreleri büyük öneme sahiptir. Bölgenin hız profili NASA verileri kullanılarak bulunmuş ve ortalama 6,49 m/s olduğu görülmüştür [12]. Veri tabanındaki rüzgâr hızı verileri Ocak 1984- Aralık 2013 yılları arası 29 yıllık ölçüm sonucu, 50m yükseklikte alınan değerlerin ortalamasıdır. Şekil 7’de görüldüğü gibi, rüzgâr hızının güneş verilerinin aksine kış aylarında daha yüksek olmasından kaynaklı birbirini tamamlayan iki enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir. Bundan dolayıdır ki rüzgâr-güneş hibrit sistem ikilisi yaygın ve popüler hibrit sistemler arasındadır. Grafikteki veriler sonucunda ortalama rüzgâr hızı 6,49 m/s belirlenmiştir.

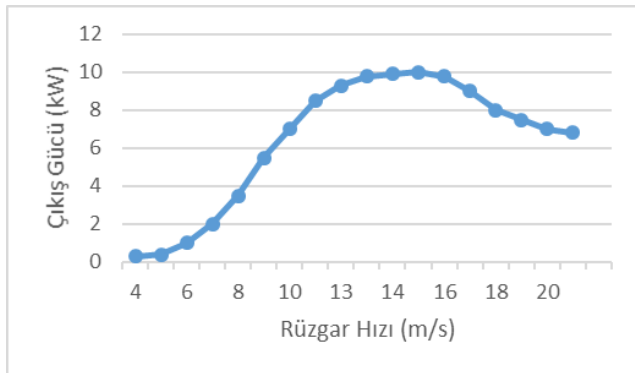


Şekil 7 Rüzgâr hızı (m/s) profil verileri

B. Kullanılan Komponentler

B.1. Rüzgâr Türbini

Birim enerji maliyetini azaltabilecek en uygun sistemlerden biri rüzgâr türbin sistemidir [13]. Sistemde kullanılan rüzgâr türbini 1.5 kW güce sahiptir. Bu türbinin kurulum maliyeti 2000\$'dır. Kurulum maliyetinin yanı sıra değişim maliyeti de 2000\$ olup, bakım maliyeti 120\$/yıl olarak belirlenmiştir. İlgili rüzgâr türbinine sahip çıkış gücü / rüzgâr hızı grafiği Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8 Rüzgâr hızına bağlı rüzgâr türbini güç eğrisi

B.2. Güneş Paneli

Güneş panelleri güneşten gelen ışıklardan doğrudan elektrik üretebilmektedir. Bu elektrik DC (doğru akım) formunda olup invertör ile AC (alternatif akım) formuna dönüştürülerek kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan panel 285 W güce sahip poli-kristal güneş panelidir. Bu panelin fiyatı 125\$ olarak alınmıştır.

B.3. Batarya

Yenilenebilir enerji kaynaklarının tutarsız enerji üretimini telafi edebilecek potansiyele sahip olan bataryalar, yük boyunca gerilim değerini sabit tutarlar [4]. Enerji depolama türleri arasında bataryaların, elektrokimyasal enerji depolama kapasitesi düşüktür ancak verimliliği yüksektir (>95%). Yüksek verimliliğe sahip olmasından

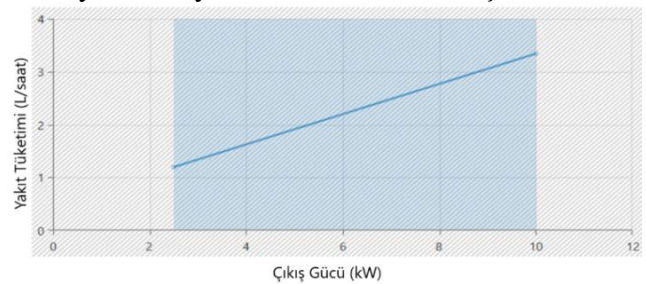
kaynaklı elektrokimyasal enerji depolamaları hem küçük hem de büyük ölçekli uygulamalar için vazgeçilmez bir teknolojidir [14]. Sistemde 1kWh kapasiteye sahip kurşun asit bataryalar kullanılmıştır. Bu bataryaların maliyet değeri 550\$'dır.

B.4. Konvertör

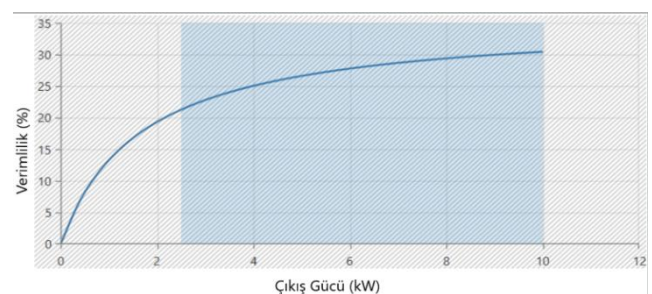
Güneş panellerinde üretilen elektrik akımı DC'dir. Evlerimizde kullanmakta olduğumuz elektrik akımı ise AC'dir. Güneş panellerinde üretilen elektriğin, DC formundan AC formuna dönüştürülmesi gerekmektedir. Tasarlanan sistemde konvertör kullanarak güneş panelleri ile üretilen DC elektriğin, evlerde kullanılan AC formuna dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. 2 kW tam sinüs 24 V konvertör fiyatı 250\$ olarak alınmış ve sisteme entegrasyonu sağlanmıştır.

B.5. Dizel Jeneratör

Yapılan araştırmalar sonucu dizel jeneratörlerin kW başına 250\$-500\$ arasında bir maliyeti olduğu belirlenmiştir [15]. Bu projede kullanılan dizel jeneratör için 300\$/kW maliyet değeri kullanılmıştır. Dizel jeneratörlerin fiyatı kapasitesi ile ters orantılıdır. Kapasitesi arttıkça jeneratör fiyatı azalmaktadır ve daha büyük jeneratörlerin kW başına maliyeti düşmektedir. Fosil kaynaklı sistem ve fosil-yenilenebilir hibrit sistemde kullanılan jeneratörün yakıt tüketimi Şekil 9'da verimlilik grafikleri Şekil 10'da verilmiştir. Grafiklerde de görüleceği üzere jeneratörün etiket değerinde kullanımı verimliliği artırırken, kW başına tüketilen yakıt miktarını azaltacaktır. Bu çalışmada dizel yakıtın fiyatı 1.7\$ olarak alınmıştır.



Şekil 9 Dizel Jeneratöre ait yakıt tüketimi



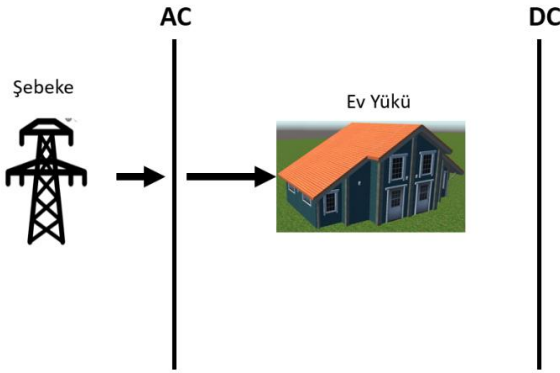
Şekil 10 Dizel Jeneratöre ait verimlilik eğrisi

C. Tasarlanan Modeller

C.1. Şebeke Bağlantılı Enerji Sistemi

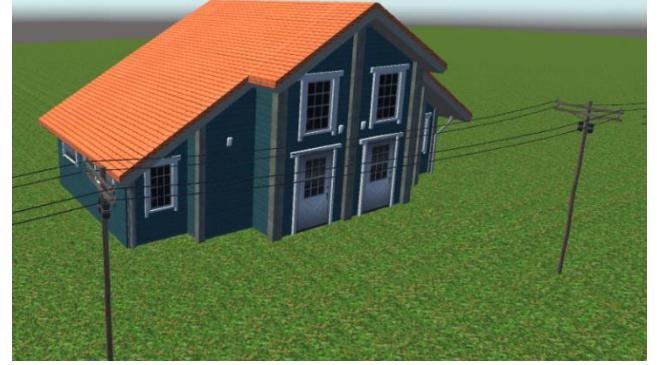
Bu sistem ile ev yükünün sadece şebekeden karşılanması hedeflenmiştir. Hali hazırdaki çoğu tüketici şebeke bağlantısı ile enerji ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bu sistemde enerji üretimi için kullanılacak kaynakların, tüketici tercihinden çok enerji üreticisinin tercihi ile belirlenmektedir. Şebeke ile dağıtılan elektriğin çoğunluğu fosil yakıtlardan üretilmektedir. Fosil kaynaklardan enerji kullanmak istemeyen bir tüketicinin şebeke bağlantılı sistemlerde bunu seçme şansı yoktur. Uzun zamandır kurulmuş olan alt yapılar sayesinde avantajlı bir sistem olarak gözükse de yerleşim yerlerinden uzak yerlerde şebeke bağlantısını uzatmak çok maliyetlidir. Bu durum yerleşim yerlerinden uzak hanelerin elektriğe erişimini güçleştirmektedir. Bunun yanı sıra fosil yakıtların yaygın olarak kullanıldığı bu sistemlerde doğaya ve çevreye verilen zararlar gibi daha da önemli bir dezavantaj bulunmaktadır.

Sistemin simülasyonu HOMER Pro programı ile yapılarak şematik gösterimi Şekil-11'de verildiği gibidir. Şebekeden alınan elektriğin birim maliyeti 0.086\$ olarak hesaplanmıştır [16].



Şekil 11 Şebeke bağlantılı sistem tasarımı

Şebeke bağlantılı bir eve ait sistemin görsel çizimi Unity kullanılarak yapılmıştır. Şekil 12'de görüldüğü üzere tüketicinin tercihi dışında kullanılan kaynaklar ile üretilen elektrik enerjisi hanelere direkt olarak dağıtılmaktadır.

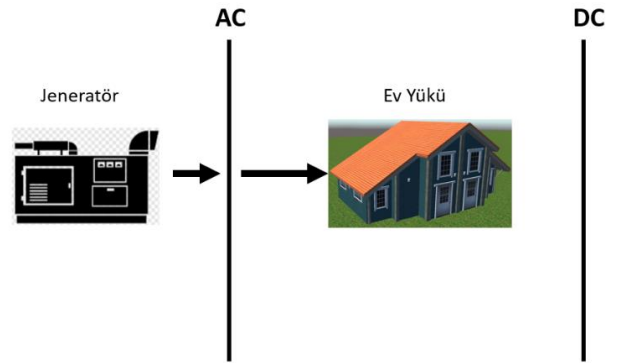


Şekil 12 Şebeke bağlantılı sistemin Unity çizimi

C.2. Fosil Kaynaklı Enerji Sistemi

Bu sistem ile ev yükünün sadece fosil kaynaklardan karşılanması hedeflenmiştir. Dizel yakıtlı bir jeneratör kullanılarak gerekli olan enerji üretimi yapılmıştır. Bu sistem şebeke bağlantısı olan yerlerde pek tercih edilmemekte olup şebekede yaşanacak herhangi bir kesinti sonucu elektrik üretiminin devamlılığı için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yerleşim yerlerinden uzak yerlerde de kullanılması mümkündür. Dizel yakıtlı bir jeneratör kullanarak elektrik üretimi yapılabilmektedir.

Sistemin simülasyonu HOMER Pro programı ile yapılarak şematik gösterimi Şekil 13'te gösterildiği gibidir. Jeneratör kullanılarak üretilen elektriğin birim maliyeti kullanılacak yakıtla bağlıdır. Bu sistemde dizel yakıtlı bir jeneratör tercih edilmiştir. Dizel yakıtın litre fiyatı 1.7\$ olarak hesaplanmıştır [17]. Üretilen enerjinin birim maliyeti 7.26\$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 13 Fosil kaynaklı sistem tasarımı

Sistemin görsel çizimi için Unity programında jeneratör ile fosil yakıt kullanarak enerji üretimi yapan bir evin teknik çizimi yapılmıştır. Şekil 14'te görüldüğü üzere dizel yakıtlı bir jeneratör kullanımı ile şebeke kesintisinde bile enerji tüketimini mümkün kılmaktadır. Bunun yanı sıra yerleşim yerlerinden uzakta bulunan hanelerin şebeke

bağlantısına ihtiyaç duymadan enerji üretimi yapabilmeleri mümkün olmaktadır.

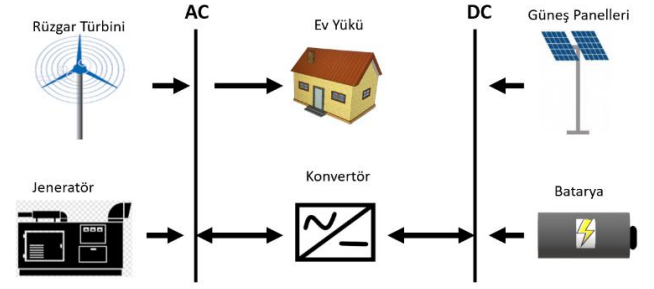


Şekil 14 Fosil kaynaklı sistem Unity çizimi

C.3. Fosil-Yenilenebilir Hibrit Enerji Sistemi,

Fosil kaynakların yakın gelecekte tükenecek olması ve doğaya verdiği zararlardan dolayı çeşitli dezavantajlara sahiptir. Fosil kaynaklara alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının istikrarsız olması da yenilenebilir kaynaklar için bazı dezavantajlar oluşturmaktadır. Bundan dolayıdır ki bu sistemleri bir arada kullanmak dezavantajların telafisini mümkün kılmaktadır. Büyük çoğunlukla fosil kaynaklardan üretilen enerjinin, tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarından üretileceği zamana dek bu hibrit sistemler geçiş süreci olarak kullanılabilir. Bu geçiş döneminde fosil yakıtlara olan bağımlılığın ve doğaya verilen zararların kısmen azaltılmasına olanak sağlayabilir.

Sistemin şematik gösterimi Şekil 15' te görülmektedir. Bu sistemde yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş ve rüzgâr enerjisi tercih edilmiştir. Fosil kaynak olarak da dizel yakıt ile çalışan jeneratör kullanımı uygun görülmüştür. HOMER Pro programına girilen bu üç farklı enerji kaynağı farklı senaryoları ve en uygun olanını karşımıza çıkarmaktadır.



Şekil 15 Fosil-Yenilenebilir hibrit sistem tasarımı

Program tarafından önerilen en uygun sistemler Tablo 1'de görüldüğü gibidir. Bu sonuçlar üretilen enerjinin birim maliyetine göre azdan çoğa göre sıralanmıştır. Birim maliyeti en az olan sistem en uygun sistem olarak karşımıza çıkmakta olup NPC (net bugünkü maliyeti) ve ilk yatırım maliyeti gibi bilgileri de vermektedir.

Bu sıralamada ele alınan konum için uygun görülen ilk sistem güneş, rüzgâr ve jeneratör' ün beraber kullanıldığı sistemdir. Bu sistemde PV gücü olarak 0.581 kW, 10kW dizel jeneratör ve 2 adet 1.5kW güce sahip rüzgâr türbini yer almaktadır. İlk durumda üretilen enerjinin birim maliyeti 0.213\$ olarak karşımıza çıkmaktadır. NPC değeri 46,831\$ ve ilk yatırım maliyeti 12,791\$ olarak hesaplanmıştır. Depolama için 9 adet 1kWh kurşun asit batarya yer almaktadır.

İkinci mantıklı durum ise, rüzgâr türbini ve jeneratörün beraber kullanımını olmuştur. Bu sistem ile üretilen enerjinin birim maliyeti 0.252\$ olarak hesaplanmıştır. NPC değeri olarak 55,445\$ ve ilk yatırım maliyeti 15,066\$ olarak hesaplanmıştır. Rüzgâr türbin gücü 3 adet 1.5 kW, dizel jeneratör gücünü ise 10kW olarak hesaplama yapılmıştır. Sistemin depolama yapabilmesi için 10 adet 1kWh kurşun asit batarya kullanılmıştır.

Fosil-yenilenebilir hibrit sistem olarak son olan 3.durumda güneş panelleri ve jeneratör kullanımı önerilmiştir. 4.03kW güce sahip güneş panelleri ve 10kW güce sahip dizel jeneratör ile üretilen enerjinin birim maliyeti 0.481\$ olarak belirlenmiştir. Bu sistemde NPC maliyeti 105,947\$ ve ilk yatırım maliyeti 17,640\$ olarak hesaplanmıştır. Siteye depolama için dahil edilen 22 adet 1kWh kurşun asit batarya bulunmaktadır.

Tablo 1 Fosil-Yenilenebilir hibrit sistem analiz tablosu

DURUMLAR	PV Gücü (kW)	Türbin Sayısı (1.5kW)	Jeneratör Gücü (kW)	Akü Sayısı	NPC (\$)	COE (\$)	İlk Maliyeti (\$)
1.Durum	0.581	2	10	9	46,831	0.213	12,791
2.Durum	-	3	10	10	55,445	0.252	15,066
3.Durum	4.03	-	10	22	105,947	0.481	17,640

Şekil-16'da görseli çizilmiş olan hibrit sistem kullanılarak şebeke bağlantısına gerek kalmadan da enerjiye olan ihtiyaç giderilebilmektedir. Bu tarz sistemler sayesinde yerleşim yerlerine uzak hanelerin enerji ihtiyaçları karşılanabilir ve enerji üretimi yaygınlaştırılabilir.



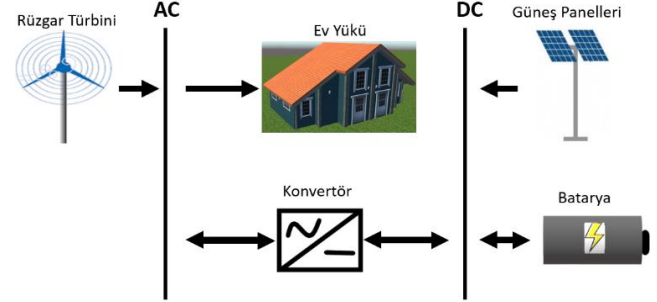
Şekil 16 Fossil-Yenilenebilir hibrit sistem Unity çizimi

C.4. %100 Yenilenebilir Hibrit Enerji Sistemi

Yenilenebilir enerji kaynakları gezegenimiz ve insanlık için hayati öneme sahiptir. Fosil yakıtların yaygın kullanımı sonucu doğaya ve çevreye verilen tahribat sonrası temiz enerji üretimi sağlayan kaynaklar tek çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar olarak rüzgâr, güneş, jeotermal, biyoyakıt vb. birden fazla seçenek vardır. Bu projede lokasyon göz önünde bulundurulduğunda rüzgâr ve güneş kaynaklarının bir arada kullanıldığı %100 yenilenebilir hibrit bir sistem tasarımı yapılmıştır. İki enerji kaynağının kullanılmasının nedeni istikrarsız olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kesikli enerji üretimine sebebiyet vermemesini sağlamaktır. Rüzgâr ve güneş hibrit sistemi ile sürekli enerji üretimi yapmak mümkündür. Gece saatlerinde güneş panellerinin yerine rüzgâr türbini enerji üretebilecekken, rüzgârsız havalarda da güneş panelleri üretime devam edebilmektedir. Her iki kaynağın enerji üretmediği zamanlarda ise aküler ile enerji depolaması yapılarak ihtiyaç halinde kullanıma hazır enerji bulundurulacaktır. Bu tarz hibrit sistemlerin kullanımı ve yaygınlaştırılması gezegenimizin kurtulmasının yanında enerjide dışa bağımlılığı ortadan kaldıracak güce de sahiptir. Evlerde kurulmak üzere küçük sistem tasarımlarının

yanı sıra büyük sistemler ile de bu kaynaklardan enerji üretimi yapmak mümkündür.

Sistemin şematik gösterimi Şekil 17'deki gibidir. HOMER Pro ile yapılan simülasyonlar sonucunda farklı seçenekler ortaya konmuş ve bu seçenekler uygulanabilirlik sırasına göre sıralanmıştır.



Şekil 17 Yenilenebilir hibrit sistem tasarımı

Tablo 2'de simülasyon sonucunda elde edilen iki farklı durum görülmektedir. Sıralama önceki sistem simülasyonlarında olduğu gibi şimdiki net maliyete göre yapılmaktadır.

Birinci durumda rüzgâr ve güneş enerji kaynakları beraber kullanılarak bir sistem tasarımı yapılmıştır. Bu sistemden üretilen enerjinin birim maliyeti 0.308\$'dır. NPC maliyeti 65,656\$ ve ilk kurulum maliyet değeri 9,479\$ olarak bulunmuştur. 9 adet 1kWh kurşun asit bataryalardan kullanılması gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji hibrit sisteminin ikinci ve son durumunda sadece rüzgâr türbini ile üretilen enerjinin birim maliyeti 0.367\$ olarak hesaplanmıştır. 3 adet türbin kullanılacak bu sistemde, NPC maliyeti 77,979\$ olup, ilk maliyet değeri 10,643\$ olarak karşımıza çıkmaktadır. Sadece rüzgâr türbini kullanarak üretilen enerjinin depolanabilmesi için 8 adet 1kWh kurşun asit batarya kullanılması gerekmektedir.

Tablo 2 %100 Yenilenebilir hibrit sistem analiz tablosu.

DURUMLAR	PV Gücü (kW)	Türbin Sayısı (1.5kW)	Akü Sayısı	NPC (\$)	COE (\$)	İlk Maliyeti (\$)
1.Durum	0.327	2	9	65,656	0.308	9,479
2.Durum	-	3	8	77,979	0.367	10,643

Şekil 18 %100 yenilenebilir enerji kullanılarak tasarlanan bir eve ait 3D çizimi göstermektedir. Bu tarz sistemler sayesinde yerleşim yerlerine uzak hanelerin enerji ihtiyaçları şebeke bağlantısına gerek kalmadan karşılanabilir ve tüketicinin enerji üretimi yaygınlaştırılabilir. Bu sistemlerin yaygınlaşması ile uzun şebeke bağlantılarına gerek kalmayacağı gibi herkesin temiz ve yenilenebilir enerji üretimi sağlaması mümkün olabilecektir.



Şekil 18 Yenilenebilir hibrit sistem Unity çizimi

III. SONUÇ

Bu projede 4 kişilik bir ailenin günlük elektrik tüketimi olan 8.4 kWh'lik enerjinin farklı enerji üretim sistemleriyle karşılanması için çalışmalar yapılmıştır. Dört farklı durum göz önünde bulundurularak her durumda kullanılan sisteme ait parametreler ayrı ayrı incelenmiştir. Bu durumlar sırasıyla aşağıdaki gibidir;

- 1-) Sadece şebeke bağlantısı,
- 2-) Sadece fosil kaynaklı sistem,
- 3-) Fosil-yenilenebilir hibrit sistem,
- 4-) %100 yenilenebilir hibrit sistem.

Her bir sistem ile enerji üretimi yapıp yük ihtiyacının karşılanması için analizler yapılmıştır.

En yaygın olarak kullanılan sistem şebeke bağlantılı sistemdir. Bunun nedeni hali hazırda var olan şebeke alt yapılarıdır. Ancak şebeke bağlantısı ile tüketilen enerjinin büyük bir çoğunluğu fosil kaynaklardan üretilmektedir. Fosil kaynakların yakın gelecekte tükenmesi ve çevreye verdiği zararlardan dolayı bu sistemin en büyük dezavantajıdır. Aynı durum jeneratör kullanarak sadece fosil yakıtlardan üretilen enerji için de geçerlidir. Fosil yakıtların yaygın kullanımı sonucunda atmosfere salınan zararlı gazların artması üzerine enerji üretimi yapılırken daha temiz kaynaklar tercih edilmelidir. Yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir ve temiz kaynaklardır. Tükenme sorunu olmamasının yanında doğaya ve çevreye zarar vermeden enerji üretimini mümkün kılmaktadır. Bundan dolayıdır ki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşması hayati öneme sahiptir. Bu çalışma için HOMER Pro programında yapılan ayrı ayrı simülasyonlar sonucunda her sistemden üretilen enerjinin birim maliyeti bulunmuş ve sırasıyla 0.086\$, 7.26\$, 0.213\$ ve 0.308\$ olduğu ortaya konmuştur.

Farklı sistemlerin kullanılması sonucu üretilen elektrik enerjisinin birim maliyet fiyatı karşılaştırıldığında %100 yenilenebilir kaynakların kullanılmasıyla enerji ihtiyacının şebekeden satın alınan elektriğin maliyetinin yaklaşık üç buçuk katıyla elde edilmesi mümkün olmaktadır. Her ne kadar enerji birim maliyet fiyatı artsa da fosil kaynakların çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurulursa ve fosil yakıtların günden güne tükenmesi nedeniyle maliyetinin arttığı düşünülürse %100 yenilenebilir enerji sistemleri ile bir meskenin enerji ihtiyacının karşılanmasının mümkün olabileceği ortaya çıkmaktadır.

Sadece fosil yakıt kullanarak enerji üretildiğinde enerji birim fiyatının 7.26\$ olduğu ve maliyetli bir üretim yöntemi olduğu ortaya konulmuştur. Fosil-Yenilenebilir hibrit kaynaklardan üretilen enerjinin birim maliyeti ise yenilenebilir kaynakların desteğiyle 0.213\$' a düşmüş olup tamamen yenilenebilir hibrit sistemin kullanılması durumunda üretilen elektriğin birim fiyatının ise 0.308\$ olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. %100 Yenilenebilir hibrit sistemden üretilen enerjinin birim maliyeti fosil-yenilenebilir enerjiden üretilen enerjinin birim maliyetinden neredeyse bir buçuk katı olmasının yanı sıra atmosfere salınan gazların emisyon değerleri de epey yüksektir. Tablo 3 ve 4' te Fosil-Yenilenebilir ve %100 yenilenebilir hibrit sistemlerin emisyon değerleri görülmektedir. Bu değerleri karşılaştırdığımızda sadece yenilenebilir enerji kullanımının karbondioksit (CO₂), sülfür dioksit (SO₂), Karbonmonoksit (CO), yanmamış hidrokarbonlar, partikül madde ve nitrojen oksit (NO_x) gibi zararlı gaz değerlerinin sıfıra düşürdüğü görülmektedir. Yenilenebilir hibrit sistem kullanımının enerjinin birim maliyeti düşürdüğü gibi emisyon değerlerinde de ciddi avantajlar sağladığı açıkça ortaya konmuştur.

Tablo 3 %100 Yenilenebilir hibrit sistemin emisyon değerleri.

Miktar	Değer	Birim
Karbondioksit(CO ₂)	0	Kg/yıl
Karbonmonoksit(CO)	0	Kg/yıl
Yanmamış Hidrokarbonlar	0	Kg/yıl
Partikül Madde (PM)	0	Kg/yıl
Sülfür Dioksit (SO ₂)	0	Kg/yıl
Nitrojen Oksit(NO _x)	0	Kg/yıl

Tablo 4 Fosil-Yenilenebilir hibrit sistemin emisyon değerleri.

Miktar	Değer	Birim
Karbondioksit(CO ₂)	122	Kg/yıl
Karbonmonoksit(CO)	0.921	Kg/yıl
Yanmamış Hidrokarbonlar	0.0336	Kg/yıl
Partikül Madde (PM)	0.0558	Kg/yıl
Sülfür Dioksit (SO ₂)	0.299	Kg/yıl
Nitrojen Oksit(NO _x)	1.05	Kg/yıl

Tablo 5’te dört ayrı sistemden üretilen enerjinin birim maliyeti verilmiştir. Bu sistemler arasında üretilen enerjinin en ucuz olduğu sistem 0.086\$ ile şebeke bağlantılı sistemdir. %100 yenilenebilir hibrit sistem, şebeke bağlantılı sistemden neredeyse üç buçuk kat daha fazla birim maliyete sahiptir. Ancak şebeke bağlantılı sistemlerde üretilen enerji için kullanılan yakıt genellikle fosil yakıtlar olduğu için büyük bir dezavantaja sahiptir. Fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükenecek olmasından dolayı yakıt ücreti sürekli artmaktadır. Güneş panellerinin zamanla geliştirilmesi ve yaygınlaşması sonucunda da fiyatları zamanla düşmektedir.

Tablo 5 Her sistem için üretilen enerjinin birim maliyeti

Şebeke Bağlantılı Sistem:	Fosil Kaynaklı Sistem:
0.086\$	7.26\$
Fosil-Yenilenebilir Hibrit Sistem:	%100 Yenilenebilir Hibrit Sistem:
0.213\$	0.308\$

Fosil kaynakların yakın bir gelecekte tükeneceğini ve çevreye verdiği zararları göz önünde bulundurarak bu dört ayrı sistemden en mantıklı ve uygulanabilir sistemin yenilenebilir hibrit sistem olduğunu söylemek ve mevcut durumdaki enerji maliyetinin şebekeden alınan enerjiden çokta pahalı olmadığını söylemek mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] (2022) The HOMER Pro website. [Online]. Available: <https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html>.
- [2] (2022) The Unity website. [Online]. Available <https://www.unity.com/>
- [3] A. Durukan, and M. Yılmaz, “Yenilenebilir Enerjinin Önemi ve Latin Amerika Coğrafyasındaki Yeri: Brezilya Örneği,” *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, cilt. 1, no.61, pp. 339–358, 2021.
- [4] S. Türkdöğen, S. Dilber, and B. Çam, “Hibrit Enerji Sistemlerinin Şebekeden Bağımsız Bir Çiftlik Evinde

- Uygulanabilirliğinin Ekonomik ve Teknik Açından İncelenmesi,” *Sinop Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi*, cilt 2, no.3, pp 52-65, 2018.
- [5] Z. Öztürk, S. Tosun, and A. Öztürk, “Örnek Bir Hibrit Yenilenebilir Enerji Sisteminin HOMER ile Modellenmesi, Ekonomik ve Teknik Yönden Analizleri,” *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, cilt 2, no.2, pp 286-299, 2019.
 - [6] C. Genç, “Türkiye’nin Paris İklim Anlaşması Dahilindeki Yükümlülükleri ve İklim Değişikliğinin Bu Yükümlülükler Üzerindeki Etkisi,” *İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, 2021.
 - [7] A. F. Güven, and M. Mertcan, “Balıkesir İli Erdek İlçesi İçin Bağımsız Hibrit Enerji Sisteminin Fizibilite Çalışması ve Ekonomik Analizi,” *Konya Mühendislik Bilimler Dergisi*, cilt 4, no.9, pp 1063-1076, 2021.
 - [8] (2022) The GEPA website. [Online]. Available: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>.
 - [9] (2022) The Meteoroloji Genel Müdürlüğü website. [Online]. Available <https://www.mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx>.
 - [10] (2022) The Google Earth website. [Online]. Available <https://earth.google.com/web/search/>
 - [11] (2022) The TEİAŞ website. [Online]. Available <https://www.teias.gov.tr/>.
 - [12] (2022) The NASA website. [Online]. Available <https://www.nasa.gov/>.
 - [13] S. Türkdöğen, M. T. Mercan, and T. Çatal, “Şebekeden Bağımsız Hibrit Enerji Sistemleri Kullanılarak 40 Hanelik Bir Topluluğun Elektrik ve Termal Yük İhtiyacının Karşlanması: Teknik ve Ekonomik Analizleri,” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, no. 18, pp 476-485, 2020.
 - [14] A. Altınay, “Elektrik Enerjisi Depolama Sistemi Olarak Tüm Krom ve Demir-Krom Redoks Akış Bataryaları için Elektrolit ve Elektrot Geliştirilmesi”, 2020.
 - [15] M. J. Khan, and M. T. Iqbal, “Pre-Feasibility Study of Stand-Alone Hybrid Energy System for Applications in Newfoundland,” *Renewable Energy*, no. 30, pp 835-854, 2005.
 - [16] (2022) The EPDK website. [Online]. Available <https://www.epdk.gov.tr/>.
 - [17] (2022) The Opet website. [Online]. Available <https://www.opet.com.tr/akaryakit-fiyatları/istanbul-avrupa>.