

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**RÜZGAR- FOTOVOLTAİK- BİYOGAZ HİBRİT GÜÇ
SİSTEMLERİNİN AKILLI MİKRO ŞEBEKELERDE
KULLANIMININ KONTROL VE DİZAYNI**

Mohammad Habibullah

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Günnur KOÇAR

Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 18.02.2016

Bornova-İZMİR

2016

Mohammad Habibullah tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan "Rüzgar-Fotovoltaik-Biyogaz Hibrit Güç Sistemlerinin Akıllı Mikro Şebekelerde Kullanımının Kontrol ve Dizaynı" başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 18.02.16 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Günnur KOGAR
Raportör Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet Eryılmaz
Üye : Doç. Dr. Eryılmaz Kocatepe

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Rüzgar-Fotovoltaik-Biyogaz Hibrit Güç Sistemlerinin Akıllı Mikro Şebekelerde Kullanımının Kontrol ve Dizaynı” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

23 / 02 / 2016


İmzası

Mohammad Habibullah

ÖZET**RÜZGAR-FOTOVOLTAİK- BİYOGAZ HİBRİT GÜÇ SİSTEMLERİNİN
AKILLI MİKRO ŞEBEKELERDE KULLANIMININ KONTROL VE
DİZAYNI**

MOHAMMAD HABİBULLAH

Yüksek Lisans Tezi, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Günnur KOÇAR

18 Şubat 2016, 66 sayfa

Gelişmekte olan ülkelerin kırsalında yaşayan topluluklar çoğunlukla elektrik şebekelerine bağlı olmadıkları için elektrik enerjisinin kullanımında problemler yaşamaktadırlar. Temel elektrik enerjisi ihtiyacı bu ülkelerde halen çözülememiştir. Fosil yakıtların tükenmesi sebebiyle ve yenilenebilir enerji teknolojilerindeki gelişmeler ışığında kırsal alanların elektrifikasyonu için dağıtık elektrik üretimi konusu önemli hale gelmiştir. Bu tezde de bir hibrit mikro şebeke teknik ve ekonomik açıdan incelenmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları entegre edilmiş mikro şebekelerin tasarımı güncel bir araştırma konusudur. Bu çalışmada fotovoltik, rüzgâr ve biyokütle hibrit sistemi düşünülmüştür. Önerilen şebekenin tasarımı için ücretsiz bir modelleme yazılımı olan HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) kullanılmıştır. Rüzgâr ve güneş enerjisi temel iki kaynak olarak düşünülmüş ve aktif olduklarında hem sahadaki yüklere enerji sağlamak hem de akü bankalarını şarj etmek için kullanılmaktadır. Bununla birlikte enerjinin tavan yaptığı durumlardaki enerji açığını kapatmak için biyogaz enerji üretici kullanılmıştır. Bu güç sisteminin tasarımı için yapılan simülasyon ve optimizasyonlarda yük profili, iklimsel veriler, komponent fiyatları göz önünde bulundurulmuş ve Net Güncel Maliyet (NGM) minimize edilerek güç sisteminin optimum ekonomik tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Bununla birlikte, yük atma, yenilenebilirlik oranı, enerji maliyeti gibi diğer parametreler de tekno-ekonomik açıdan incelenmiştir.

Yenilenebilir enerji üretimini gözlemlemek amacıyla PLC tabanlı bir sistem kullanılmıştır. Evdeki sunucu enerji tüketim ve üretim verilerini toplamakta, enerji kestirimi için analiz etmekte, enerji tüketim çizelgesini kullanarak maliyeti düşürmektedir. Bu araştırmada ayrıca AC-DC mikro şebeke sistemi incelenmiş ve HOMER yazılımı kullanılarak maliyet açısından karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak, bu tezde bir mikro şebekede farklı yenilenebilir enerji kombinasyonları ele alınmış ve minimum enerji maliyeti açısından en uygun çözüm sunulmuştur. Bununla birlikte sistemdeki kısıtlar, kullanılabilirlik ve konuyla alakalı güncel problemler belirtilmiştir.

Anahtar sözcükler: Akıllı Şebeke, Biyokütle Enerjisi, HOMER Modeli, Elektrik Enerjisi, kırsal alan Elektrifikasyonu, Sürdürülebilir ilerleme.

ABSTRACT**DESIGN, CONTROL AND INTEGRATION OF SOLAR, WIND AND
BIOMASS ENERGY IN A MICRO GRID SYSTEM AN APPROACH TO
SMART GRID FOR RURAL ELECTRIFICATION**

HABİBULLAH, Mohammad

MSc in Solar Energy

Supervisor: Prof. Dr. Günnur KOÇAR

18th February 2016, 66 pages

Rural communities in developing countries are facing power crisis mostly due to the lack of grid connected power lines. Basic Electricity need is still an unsolved problem in the rural areas. Due to the depletion trend of fossil fuels and recent advancement in renewable energy technology, distributed generation can be investigated for the electrification of those rural areas. The research presented in this thesis focuses on the technical and economic challenges for introducing hybrid Micro-grid.

Integrating renewable resources and creating micro Grid is a challenging job. In this research PV, Wind and Biomass hybrid system has been considered for supplying an electrical load in a remote area. Well known freeware HOMER modeling tool have been used to design the off-grid system. Wind and solar energy are considered as primary sources to supply electricity directly to the load and to charge battery bank when excess generation is happened. Besides a biogas generator is connected in the grid to mitigate the peak demand. The community's load has been suggested for lighting, fan, school and health clinic equipment load, television, radio. During the design of this power system set-up, the simulation and optimization was done based on the electricity load, climatic data sources, economics of the power components and other parameters in which the NPC has to be minimized to select an

economic feasible power system. Moreover other parameters like capacity shortage, renewable fraction, COE was also considered to check the technical capability so as to select a system that is sound in techno-economic aspects.

A PLC based renewable energy gateway is used to monitor the energy generation of renewable energies. The home server gathers the energy consumption and generation data, analyzes them for energy estimation, and controls the home energy use schedule to minimize the energy cost. The different integration aspects are emphasized here. This research also narrates AC and DC micro grid and then compares the cost analysis by using the software Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources (HOMER). Finally integration of three renewable resources hybrid smart micro grid is developed. Different possible renewable energy resource combinations have been presented and the best combination based on efficiency and minimum cost of energy (COE) criteria has been suggested. The limitations, availability and areas of further research have also been identified.

Keywords: Smart Grid, Rural Electrification, Biomass Energy, HOMER model, Electricity, Energy, Sustainable Development.

TEŞEKKÜR

Böyle bir sonuca ulaşmamda birçok konuda bana yardımcı olan herkese teşekkür etmekten mutluluk duyarım. Öncelikle bana böyle bir imkânı verdiği ve başarabilmemi lütfettiği için Yüce Allah’a hamd olsun. O çok merhametlidir.

İlk olarak yüksek lisans çalışmam boyunca sürekli faydalandığım’, destek ve rehberliğinden ötürü danışman hocam Prof. Dr. Günnur KOÇAR’a en içten teşekkürlerimi arzederim. Onun heyecanı ve coşkusu benim için sürekli bir cesaret ve ilham kaynağı oldu. Ben ondan daha iyi bir gözetmen ve danışman hayal edemiyorum.

Desteklerini inkâr edemeyeceğim kurs hocamlarımdan da bahsetmek zorundayım: Dr. Ahmet ERYAŞAR, Dr. Numan Sabit ÇETİN, Şefik ARICI ve Fulya AYDIN onların yönlendirmesi ve önerileri çalışmama odaklanabilmeme yardımcı oldu. Çalışma sürecimi düzgün bir temelde incelediler ve teori, yazılım bilgimi güçlendirdiler.

Çok sevdiğim bölümümdeki bütün öğretmenlerime de öğrenim hayatım boyunca beni cesaretlendirmeleri, ilhamvermeleri ve motivasyonlarından ötürü teşekkür etmekten mutluluk duyarım. Ayrıca bölümümdeki bütün çalışanlara da, öğrenim hayatım ve çalışmam boyunca faydalandığım farklı yardımlarından ötürü teşekkür ederim. Hamko Group ve Green Enerji’ye destekleri ve yardımlarından ötürü teşekkür ediyorum. "Mikro Kullanımlı Enerji temelli Güneş Sistem Projesi ve Micro Şebeke Projesi" için ihtiyaç duyduğum derin bilgi, teknoloji ve ekonomik yardımlarından ötürü gerçekten müteşekkir olduğumu belirtmekten memnuniyet duyarım. Ayrıca Hamko Group’un Yönetici Yardımcısı Müh. Mehedi Hasan Bey’e, Parlama hesaplamamdaki rehberliği ve iklim bilgisi hesaplamasındaki yardımlarından ötürü teşekkür ederim.

Son olarak, en önemlisi anne babama ve çok sevdiğim eşim Nayeema Habib’e teşekkür ediyorum. Çünkü onların bitmez sabırları ve bana verdiği sevgileriyle bunlar gün yüzü göre bildi.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
TEŞEKKÜR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1 Dünyadaki Yenilenebilir Enerji Potansiyeli.....	9
2.2 Bangladeş'teki Yenilenebilir Enerji Potansiyeli.....	11
2.3 Bangladeş'teki Biyokütle Durumu	15
2.4 Mevcut Başarı ve Yenilenebilir Enerji Güç Üretim Hedefi.....	17
2.5 Metodoloji.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1 Sistemlerin Bileşenleri.....	20
3.2 Tasarım Özellikleri ve Hibrid Sistem Modellemesi.....	23
3.3 Akü.....	24
3.4 Şarj Regülatörü.....	26

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.5 Bağımsız Çeviriciler.....	27
3.6 Akıllı Şebeke.....	28
3.7 Merkezi Kontrol Ünitesi.....	29
3.8 Şebeke Bağlantısı.....	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	31
4.1 HOMER Modelleme.....	31
4.2 Önerilen Sistemlerin Kısa Açıklaması.....	33
4.3 Hibrid Sistem Girişler Optimizasyonu.....	36
4.3.1 Fotovoltaik Panel Boyutu ve Maliyeti.....	37
4.3.2 Rüzgâr Türbini Boyutu ve Maliyeti.....	38
4.3.3 Akü Maliyeti ve Boyutu.....	38
4.3.4 Biyogaz Jeneratörü Boyutu ve Maliyeti.....	39
4.4 Köyün Elektrik Yük Değerlendirilmesi.....	39
4.5 Sistem Optimizasyonu ve Seçim Senaryoları.....	41
4.6 Ekonomi Güç Sistemi Senaryolarının Karşılaştırılması.....	42
4.6.1 Enerji Maliyetini Temel Alarak Karşılaştırma.....	43
4.6.2 Aşırı Elektrik Üretimin Temel Alarak Karşılaştırma.....	44
4.7 Seçilen Senaryo Optimizasyonun Analizi.....	45

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.8 Maliyet Özeti.....	49
4.9 Toplam Sistem Sonucu	51
4.10 Çevre ve Pazar.....	52
4.11 İşlem Riskleri ve Yol Haritası.....	54
5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	56
5.1 Tezin Katkıları.....	57
5.2 İlerisi İçin Öneriler.....	58
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 2015 yılındaki toplam yükleme kapasitesi yüzde olarak.....	13
2.2 2015 yılındaki yakıt türlerine göre yükleme miktarları.....	13
2.3 Elektrik Üretiminde Biyokütle Kullanarak Başarılı Olan Ülkeler.....	14
3.1 Fotovoltaik Hücre I-V Eğrisi ve İlişkili Elektrik Şeması.....	21
3.2 Fotovoltaik Hücre Eşdeğer Devre Modeli Basitleştirilmiş.....	22
3.3 Mikroşebeke merkezi kontrol birimi.....	29
4.1 Benotia köyü haritası (Google Haritadan).....	34
4.2 Yıllık ve Günlük Köyün Enerji Yükünün Profili Şeması.....	37
4.3 Bugünkü Maliyeti dayanarak Senaryoların Karşılaştırılması.....	43
4.4 Enerji Maliyetine dayanarak Senaryoların Karşılaştırılması.....	44
4.5 Fazla Elektrik Yüküne dayanarak Senaryoların Karşılaştırılması..	44
4.6 Aylık Ortalama Elektrik Üretimi.....	45
4.7 Tüm Sistem Bileşenlerinin Güç Üretim Yollarları.....	46
4.8 Bir yıl içinde Rüzgar Türbini Güç Çıkışı.....	47
4.9 Bir yılda Fotovoltaik Güç Çıkışı.....	47
4.10 Jeneratör Güç Çıkışı.....	49
4.11 Bileşenleri Türüne göre Maliyet Dökümü.....	50
4.12 Aylık Ortalama Elektrik Üretimi.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 2014 yılındaki toplam yenilenebilir enerji üretim.....	10
2.2 Rüzgar Türbini Şeması Sonucu.....	15
2.3 2008-2009 yılı Bangladeşteki Hayvancılık ve Kümes Hayvanları sayısı (üretim,Atık).....	16
3.1 Rüzgar Türbini Tanımlama.....	23
4.1 Kategorize Simülasyon Sonucu.....	42
4.2 Rüzgar Türbini Şeması Sonucu.....	46
4.3 Fotovoltaik Şeması Simülasyon Sonucu.....	48
4.4 Jeneratör Şeması Simülasyon Sonucu.....	49
4.5 Toplam mevcut dünya yenilenebilir enerji üretim senaryosu.....	53
4.6 2014 yılında toplam yenilenebilir enerji üretimi.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
EM	(Enerji Maliyeti)
CFL	Kompakt floresan lambalar
DOD	Deşarj derinliği [%]
DC	Doğru akım
BPDB	Bangladesh Power Development Board
E_L	Elektrik Yüğü [kWh]
G	Parlama [W/m ²]
GHG	Sera Gazı
HYES	Hibrid Yenilenebilir Enerji Sistemi
HOMER	Hybrid Optimization Model for Electric Renewable
I_{sc}	Kısa devre akımı [A]
I_L	Işık akım kaynağı [A]
I_D	Diyot akımı [A]
I_{SH}	Şant-kaçak akımı [A]
I	Çıkış akımı [A]
I_{mp}	PV panelin maksimum akımı [A]
I_{sc}	PV panelin kısa devre akımı [A]
I_{mp}	PV panelin en fazla akımı
km ²	Kilometre Kare

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
KW	Kilovat
KWh	kilovat saat
KWh/day.m ²	Kilovat saat / gün. metrekaare
L/min	Litre / dakika
M	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
MW	Megavat
MWh	Megavat Saat
MWt/km ²	Megavat termal kilometrekare
MWe/km ²	Megavat elektrik per kilometrekare
MPP	Maksimum güç noktası
N	Modüllerin sayısı
NREL	Uluslararası yenilenebilir enerji laboratuvarı
NPC	Net Bugünkü Değer
P	Rüzgârda Mevcut Güç [kW]
PV	Fotovoltaik
R	Rotor yarıçapı [m]

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
RF	Yenilenebilir kesir
RES	Yenilenebilir Enerji Sistemi
S	Saniye
T_C	PV hücre sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
V	Rüzgâr hızı [m/s]
Voc	Açık devre voltajı[V]
V_D	Diyoddan geçen voltaj [V]
η_{gen}	Jeneratör verimliliği [%]
η_m	Mekanik verim [%]
η_{INV}	Inverter verimliliği [%]
H	Jeneratör verimliliği [%]
B	Yüzeyin eğimi [$^{\circ}$]
Λ	Boylam [$^{\circ}$]

1. GİRİŞ

Endüstriyel çağın başlaması insanları çok değişik alet ve ekipmanların imkânların ve enerji kaynaklarının toplumsal hayata uygulamasıyla, tarih boyunca eşi görülmemiş bir refaha rahatlığa ve hareket imkânına kavuşturmuştur. Buna ilaveten gittikçe artan bir şekilde daha üretken işleri yapabilme özgürlüğüne ulaştırmıştır. Geçtiğimiz 200 yıllık sürecin önemli bir bölümünde enerji tüketimindeki bu sürekli artış, dünyadaki çoğu ülkede refah seviyesi ve ekonomik imkânların artması ile yakından ilişkilidir. Ama bunun bir sonucu olarak da insanlık şu an çok önemli bir enerji problemiyle yüzleşmek zorunda kalmıştır. Bu problemin en az iki önemli boyutu vardır. Artık şu aşıkardır ki, günümüzde enerji kullanım yöntemleri çevresel açıdan sürdürülebilir değildir. Fosil yakıtlarının kullanımına olan talep ve güven artık çevre için bir risk haline gelmiştir ve bu da doğal sistemler ve insan hayatı için ciddi kötü sonuçlar doğurmaktadır.

Enerji insanların temel ihtiyaçlarından fakat dünyada çoğu ülke toplumun temel gereksinimlerini karşılayacak derecede, az miktarda dahi enerjiye sahip değildir. Enerjinin parasal maliyeti de neredeyse her yerde artmaktadır. Enerji üretiminin çevresel etkileri hızla büyümektedir ve halihazırda dahi lokal, bölgesel ve global çevre sorunlarının önemli bir parçası haline gelmiştir. Küresel ısınma yüzleşmek zorunda olduğumuz, yalnızca çevresel bir problem değildir. Bütün bir insanlığın problemidir. Küresel ısınma, su kaynaklarımızı; tarımsal faaliyetlerimizin, güç kaynaklarımızın, ulaşım ve taşımacılığımızın, doğal çevremizin hatta sağlığımızın ve güvenliğimizin etkilenmesine neden olacak değişiklikleri de beraberinde getirecektir. Küresel ısınmanın temel sebebi insanların tüketime yönelik faaliyetleridir. Bunlar arasında en önemli olanlar; taşıtların kullanımında, ulaşım sektöründe, endüstriyel üretim faaliyetlerinde, elektrik tüketiminde (ve ev işlerimizde) enerji için fosil yakıtların kullanılmasıdır. Fosil yakıtlar modern global ekonomi için temel enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. Güncel olarak dünya elektrik üretiminin yüzde 70'i yüksek karbonlu yoğun fosil yakıtlardandır. Ayrıca günümüz taşımacılığı neredeyse yüzde 95 oranında sıvı fosil yakıtlara dayanmaktadır ve bunlar

da Sera gazı emisyonunun ve diğ er havayı kirleten gaz ve kimyasalların artmasına sebep olmaktadır (IEA, 2014).

Dünya, enerji sektörüyle bağlı olarak m th   bir sorunla kar   kar  yad r. Enerji ve iklim değişikliği, dünyadaki herhangi bir ayrıcalığı bulunmayan yaklaşık 2 milyar insan için son derece önemlidir. Bir yandan enerji kaynakları tükenmekte, bir yandan da özellikle karbondioksit gibi sera gazlarının atmosfere kar   masıyla küresel ısınma hızlanmaktadır. 2013 yılında küresel CO₂ emisyonu önceki yıllara göre 0,7 Gt veya % 2,0 artarak 35,3 milyar tona (Gt) ula  m   r (Mitei, 2015). Bu iki problem, dünya kamuoyunda bir farkındalık yaratm   ve insanların temiz, sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya zorlanm   r.

Bir başka açıdan bakılacak olursa, dünya nüfusunun dörtte biri elektrik enerjisinden yoksundur ve çoğunlukla kırsal alanlarda yaşamaktadır. Aydınlatma ve basit ev aletlerini  alı tırabilmek gibi, bazı temel elektrik enerjisi ihtiyaçlarını dahi kar  layamamaktadır. Bu nedenle bu insanlar aydınlatmada önemli oranda geleneksel formdaki enerji kaynaklarını kullanmaktadırlar. Bunun içindir ki burada yapılabilecek en akıllıca yöntem nüfusun büyük bölümünün yaşadığı kırsal alanda güneş, rüzgâr ve biyokütle elektrifikasyonu temelli kırsal mikro-şebeke tesislerinin kullanımıdır.

Öncelikle hedefimiz, küçük ölçekli güneş ve rüzgâr tabanlı sistemlerin kullanımıyla bu ülkelerin kırsal alanlarında gazyağı lambası ve fosil yakıt gibi geleneksel yöntemlerin kullanımının kaldırılmasıdır. Ama ne yazık ki, tüm yenilenebilir enerji santralleri yoğun sermaye gerektirmekte ve bu da böyle bir kırsal alan elektrifikasyon programını işlevsiz hale getirmektedir. Ayrıca, tek bir kaynak, kırsal alan elektrifikasyonu için uygun bir seçenek değildir. “Hibrit Mikro  ebeke” kavramı kırsal elektrifikasyon problemi için çözüm sunmakta, bu da elektrik enerji sisteminin daha sürdürülebilir ve güvenilir olmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda da, gelir düzeyi düşük insanların güneş enerjisi sistemine sahip olmamalarına rağmen elektrik enerjisine erişimlerini mümkün kılmaktadır.

Kırsal alanlarda bağımsız üretimler için temel yenilenebilir enerji kaynaklarının güneş, rüzgâr ve biyokütle temelli basit mikro şebeke sistemleri olması muhtemeldir. Kırsal alanlarda insanların temel enerji ihtiyaçları için güneş enerjisi sistemlerini kullanabilmesi mümkündür ama bu oldukça maliyeti yüksek bir yöntemdir. Bu yüzden insanlar maliyeti yüksek olan fotovoltaik panelleri kullanamadıkları için elektrik enerjisinden ve refah seviyesi daha yüksek olan yaşam koşullarından yoksun kalmaktadırlar. Sonuç olarak bu sistemlerin daha verimli bir yaklaşımla entegrasyonu, bu toplumların güçlendirilmesi için kayda değer bir adım olacaktır. Bu nedenle, bu çalışmada kırsal alan elektrifikasyonu için bağımsız üretim yapabilecek mikro-şebekelerin modellenmesine odaklanılmıştır.

Bu çalışmada, DC tabanlı, düşük voltajlı bir mikro şebeke tasarım ve uygulama konsepti ele alınmıştır. Biyokütle sistemleri, şebeke için ana enerji üretim tesisleri olarak kabul edilmiştir. Simülasyon ve deneysel sonuçlar da, bu fikri doğrulamak için sunulmuştur. Sonuç olarak iş alanı açısından, bu kavramı uygulamaya yönelik bir fikir de tartışılmıştır. Bu araştırmada daha önce ifade edilen sorunun çözümü ile ilgili, aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

- Güneş, rüzgâr ve biyokütle temelli mikro-şebekeler için doğru model nedir?
- Mikro şebeke kavramı gerçekten de, gelişmekte olan ülkelerin kırsal alanlarındaki enerji arzı için uygun mudur?
- Hiç şebeke bağlantısı olmayan kırsal alanlarda, mikro şebeke kurulumu ne kadar etkili olabilir ve sonuçları neler olabilir?
- Evlerde ve şebekelerde enerji akışlarının kontrol mekanizması nedir?
- Mikro-şebeke için en iyi iletim hattı nedir?
- Bu tarz bir proje için nasıl bir iş modeli olabilir?

Bu kapsamda araştırmanın ana hedefleri;

- HOMER’de tam ağın düzgün bir modelinin tasarlanması.
- Bir örnek çalışma hazırlanması ve mükemmel bir simülasyon yapabilmesi için veri toplanması.

- Farklı bir senaryoda sistemin doğasının değerlendirilmesi.
- Ev sistemlerinin büyüklüğüne ve de ağı göre çözümlerin önerilmesi.
- Doğru bir iş modeli planının oluşturulabilmesi şeklinde belirlenmiştir.

Bu çalışmada öncelikle, Güneş Ev Sistemleri (SHS) rüzgar, biyokütle, mikro-şebeke konsepti ve DC dağıtım ağına yönelik literatür taraması yapılarak, araştırmayı sınırlandıran koşullar belirlenmiştir. Bu şekilde nihai sonuçlara zamanında ulaşabilmek için bir ağ kurmanın amacı düzgün bir şekilde tanımlanmaya çalışılmıştır.

İkinci olarak, mikro şebekeyi modellemek için HOMER yazılımı kullanılarak bu fikir formüle edilmiştir. Bundan sonra, bir vaka çalışması yapılarak HOMER yazılımı tarafından simüle edilmiştir.

Son olarak, mevcut piyasa uygulama stratejisine uygun bir iş modeli önerilmiştir. Piyasa uygulama stratejisi elektriğin olmadığı gelişmemiş bölgelerde, bu projeyi araştırabilecek, geliştirebilecek büyük ulusal veya uluslararası kuruluşların ilgisini çekebilmeye yöneliktir. Bu model; imalat, izleme ve sürdürülebilirlik ölçeği ekonomilerinden yararlanmak için seçilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yenilenebilir enerji seçeneklerinin uygulanması amacıyla yapılan farklı araştırmalarda, yenilenebilir enerji kaynaklarının erişime ve hibrid sistemlerinin kullanımına odaklanmıştır. Bu bölümlerde de görüleceği üzere farklı ülkelerdeki araştırmacılar; farklı tarih ve yerlerde hibrid sistemler üzerinde çalışmışlar, ayrıca simülasyonlar için metodoloji olarak çalışmalarda HOMER ve Matlab programını seçmişlerdir.

Edgar (2014) tarafından yapılan bir araştırmada, 100 kişiden oluşan model bir toplulukta ev, sağlık kliniği ve ilkokul için elektrik sağlanmasında kullanılan fotovoltaik ve rüzgâr türbini hibrid güç üretim sisteminden bahsedilmiştir. Optimal simülasyon sonucu, fotovoltaik / rüzgar türbini / dizel jeneratör / akü ve dönüştürücünün yapılandırılmış bir sistem olduğu ortaya konulmuştur. % 84 yenilenebilir enerji fraksiyonuyla ve yılda 633 saat çalıştırılıp 1.955 litre dizel yakıt tüketildiğinde; konfigürasyon için toplam bugünkü maliyetin ve enerji maliyetini sırasıyla 103,914\$ ve 0.302 \$/kWh olduğu belirlenmiştir.

Kasukana ve arkadaşları (2011) tarafından Demokratik Kongo Cumhuriyeti'nde, mobil telefon istasyonlarında primer enerji kaynağı olarak hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Araştırmacılar tarafından yapılan olası kurulum seçenekleri fotovoltaik -rüzgar türbini, dizel jeneratör, saf FV ve saf rüzgar düzenleri şeklinde yapılandırılmış ve ayrıca tekno-ekonomik ve çevresel etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak optimum hibrid sistemi, 2 rüzgar türbini, 11kW FV, 82 akü ve 7.5kW dönüştürücüden oluşmuş; bugünkü maliyeti ve enerji maliyeti değerleri sırasıyla 196.975 \$ ve 0.372 \$ / kWh olarak elde edilmiştir.

Hindistan Orissa eyaleti Sundargarh bölgesi için fotovoltaik / rüzgar / mikro hidro ve dizel jeneratörden oluşandan bir hibrid sistem simülasyon modeli, Kusakana ve arkadaşları (2013) tarafından sunulmuştur. Araştırmacılar, rüzgâr enerjisi

dalgalanmaları ve evlerin talep farklılıklarının, sistemi etkileyen kısıtlamalar olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Lal ve arkadaşları (2011), Suudi Arabistan'ın Dhahran şehrinin sıcak sahil bölgelerinde enerji temini için şebekeden bağımsız Rüzgâr/Dizel jeneratör hibrid güç sistemleri hakkında bir çalışma yapmışlardır. Rüzgârın kesikli bir enerji kaynağı olması enerji arzında dalgalanmalara sebep olduğu için, bu sorunun çözümünde rüzgâr/dizel ve akü hibrid sistemi önerilmiştir.

Elhassan ve arkadaşları (2005), Suudi Arabistan Krallığı'nın kuzey kırsal alanında bulunan şebekeden bağımsız bir dizel santrali ile rüzgar türbini hibrit sisteminin fizibilitesi üzerinde çalışmışlardır. Burada temel amacın dizel jeneratörleri ile rüzgâr türbinlerinin birleştirilmesi sonucu çalışan dizel jeneratörlerin sayısının minimuma indirilip çevre kirliliğinin azaltılması olduğu belirtilmektedir. Sonuç olarak, mevcut dizel jeneratörlerin rüzgâr türbinleri ile güçlendirilmesinin, rüzgâr hızının 6 m/s'den daha az ve dizel yakıtın litre fiyatının 0,1 \$ olması durumunda fizibil olamayacağı vurgulanmıştır.

Rehman ve arkadaşları (2011), çalışmasında Cezayir'de bir kırsal alanda hibrid (rüzgâr ve dizel jeneratör) sistemlerinin tekno-ekonomik yönlerini incelemişlerdir. Bu çalışma, yakıt tüketiminin azaltılması için mevcut dizel santral sistemlerine rüzgâr türbininin eklenmesi amacıyla yapılmıştır.

Himri ve arkadaşları (2005) tarafından Etiyopya'nın kırsal kesimlerinde elektrik enerjisi tedarik etmek amacıyla bağımsız bir güneş / rüzgar tabanlı hibrit enerji sisteminin fizibilite çalışması yapılmıştır. Bu çalışma da, dizel jeneratör / fotovoltaiik ve dönüştürücülerin diğer uygun maliyetli kombinasyonları belirtilmiştir. Bu durumda takip eden stratejiyi yüklemek için sevk stratejisi kullanılmıştır. Sonuç olarak bu kaynakların belirtilmiş alanlarda, belirtilen güç yapılandırmalarını dağıtmak için uygulanabilir olduğu ortaya konulmuştur.

Bekele ve arkadaşları (2007), fotovoltaik ve yakıt hücresi teknolojisinin beraber olduğu bir hibrid sistem üzerinde çalışmışlardır. Şebekeye bağlı bir fotovoltaik -yakıt hücreli hibrid sistemi, MATLAB / Simulink ortamında modellenmiştir. Fotovoltaik sistemden elde edilen çıkış, voltajı düzensiz bir DC gücü olmuştur. DC - DC yükseltici konvertör, kontrollü ve sürekli bir DC gücünü sağlamak için kullanılmıştır.

Gokay ve arkadaşları (2010), rüzgar, fotovoltaik ve hidrolik sistemi için, dinamik modeller sunmuşlardır. Vaka çalışmaları; kararlı hal ve arıza koşullarında mikro kaynakların performansını değerlendirmek için dağıtım sisteminde yürütülmüştür.

Lin ve arkadaşları tarafından (2014), rüzgâr enerjisi, dizel motor ve fotovoltaik modülleri içeren bir hibrid sistem düşünülmüştür. Maksimum güç ve geliştirilmiş Elman sinir ağı kontrolörü ulaşmak için güneş dizi ile entegre radyal tabanlı fonksiyon ağı rüzgar türbininin perde açısını kontrol etmeyi içeren tasarlanmış bir akıllı kumanda olmasıdır.

Ming ve arkadaşları (2012), Rüzgar , fotovoltaik ve yakıt hücreleri içeren hibrit sistemi üzerinde çalışmışlardır. Yükün kesintisiz tedarikini sağlamak için gerçekleştirilen bu araştırmada önerilen sistem; basit, kontrolü kolay ve düşük maliyetli olduğu vurgulanmaktadır.

Das ve arkadaşları tarafından (2013), şebekeye bağlı hibrit sistem için, geliştirilmiş DC bara geriliminin düzenlenim stratejilerinin geliştirilmesi ve DC bara geriliminin dalgalanmalarının azaltılması amaçlanmıştır.

Ming ve arkadaşları (2006) yük atma ve tepe sınırlayıcı temelli, Bu güç yönetimi stratejileri, ızgara bağımlı rüzgâr / fotovoltaik ve volan enerji depolama hibrit sistemi üzerinde çalışmışlardır. Önerilen strateji, hibrit sistemden uygun maliyetli bir güç kaynağı ve şebekeye bağlı konut uygulamaları için optimum kontrol tekniği seçimini sağlamaktadır.

Ghada ve arkadaşları (2014), MATLAB / Simulink ortamında modellenmiş Enerji Depolama Sistemi (ESS) ile birlikte, 30 kW rüzgar / güneş hibrid sistemini incelemişlerdir.

Sungwoo ve arkadaşları (2012), şebeke bağlantılı rüzgar/ fotovoltaiik hibrit sistemi için yeni bir çok girişli inverter tanıtmışlardır. Bu çalışmanın ana avantajı, rüzgar türbini ve fotovoltaiik sistemden üretilen, aynı anda ya da ayrı ayrı doğrudan şebekeye tedarik edilebilir güçtür.

Ming ve arkadaşları tarafından (2007), sabit şebeke gücünü korumak için DC bağlantılı kapasitör ile değiştirilmiş ve bu, sadece düşük ya da yüksek rüzgar hızlarında fazla gücü depolamak veya serbest bırakmak için değil, aynı zamanda rüzgar enerji sistemi tarafından sağlanan güç belirsizliğini de azaltmak amacıyla yapılmıştır.

Mishra ve arkadaşları tarafından (2012), fotovoltaiik -yakıt hücresi-ultra-kapasitör hibrid sistemi için tek kademeli, tek fazlı, tek başına üç girişli DC-AC yeni bir yükseltici önermişlerdir. Yakıt hücresi ve ultra kondansatörün, uygun çalışma koşullarında çalışması için bir güç yönetim stratejisi geliştirilmiştir.

Danyali ve arkadaşları tarafından (2015), rüzgar, fotovoltaiik, hidroelektrik gibi üç yenilenebilir enerji kaynağından oluşan ve özellikle de ilk defa uzak bölgelerin elektrik enerjisini gereksinimi karşılamak için düşünülen, yeni bir kapalı şebeke hibrid sistemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada uzun süreli veriler ve her potansiyeli, hibrid sistemin tasarımı ve uygulanması öncesinde uygun kararlar verebilmek için toplanmıştır.

Binayak ve arkadaşları tarafından (2014), telekom uygulamaları için fotovoltaiik -yakıt hücresi hibrid sistemini- Otomatik kontrol, yakıt hücresi ve fotovoltaiik paneller arasında koordinasyonu sağlayan güç yönetimi birimi için getirilmiştir. Hibrid sistem modellenmiş ve MATLAB / Simulink ortamında simüle edilmiştir.

Djamila ve arkadaşları tarafından (2014), sabit yükler altında enerji depolama olmadan fotovoltaiik ve dizel motor hibrit sistem için deneysel bir çalışma yapılmıştır. Hibrid sistemin güvenilirliğini artırmak için dizel motordan oluşan artan güç ile pik yük eşit olmalıdır. Fotovoltaiik / dizel jeneratör hibrid sisteminin çalışmasının yüksek radyasyon ve yüksek yükler için güvenilir ve etkili olduğu görülmüştür.

Yamegueu ve arkadaşları (2011), yaptıkları bir çalışmada hibrid sistemde modellemeyi, kontrol ve güç stratejisini irdemişlerdir. Ana karttaki hibrid sistemi, matematiksel modelleme, akü ve güç yönetimi stratejileri üzerinde durmuşlardır.

Zahra ve arkadaşları (2014), bu çalışmada, açık şebeke ya da tek başına çalışma modu olan bir invertör tasarlamışlardır. Hibrid sistem, akü ile birlikte rüzgâr ve güneş enerjisi sistemlerinden yararlanarak oluşturulmuştur. Her bir bileşen için teknik açıklamaları ve kontrol prensipleri belirtilmiştir.

Mehdi ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (2012), rüzgâr türbini ile hibrid sistemini uygun hale getirmek için matematiksel modelleme, akü-güç yönetimi ve mikro açık şebeke stratejileri üzerinde durulmuştur.

2.1 Dünyada Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğası gereği, sürekli olarak tekrarlanan kaynaklardır. Enerjilerini doğrudan veya dolaylı olarak güneş ya da diğer doğal mekanizmalardan (jeotermal enerji, gel git gibi (Krishna vd., 2015) alırlar.

Enerji, sürdürülebilir gelişimin olmazsa olmazıdır. Global enerji tüketimi nüfus artışına ve hızlı kentleşmeye bağlı olarak artmaktadır. Tahminler 2011'den 2030'a kadar, küresel bazda enerji tüketiminin yıllık % 1.6, toplamda ise % 36 oranında artacağını öngörmektedir. Bu süreçte enerji kaynağının % 88'i fosil yakıtlardan elde edilecek ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji 2010'dan 2035 yılına kadar 2.7 kat artacaktır. Bununla birlikte, enerji üretmek demek, aynı zamanda CO₂ emisyonundaki artış demektir. Küresel CO₂ emisyonu 1981 yılında 19074.5 milyon

ton iken 2011 yılında 34032.7 milyon tona çıkmıştır (Texas Renewable Energy Industry, 2015) 2000 yılından 2030 yılına kadar ise % 85 oranında artacaktır (BritishPetroleum, 2013). 2030 yılında toplam olarak yaklaşık 40 milyar ton CO₂ 'nin atmosferde birikmiş olacağı tahmin edilmektedir (ren21, 2014). Güneş, biyokütle, rüzgâr ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları artık iklim değişikliği ile mücadele için alternatif kabul edilmektedir. Günümüzde yenilebilir enerji kaynakları toplam ihtiyacın %11'ini karşılarken 2070 yılında bu oranın % 60 olacağı düşünülmektedir (Hossain vd., 2007).

Fotovoltaik ve rüzgâr teknolojisi dünyanın en hızlı büyüyen, güç-bağımlı, teknolojisi olmakla birlikte günümüzde 100'den fazla ülkede kullanılmaktadır. Sadece 2014 yılında 40 GW güçte FV ile 51 GW kapasitede güç sistemleri mevcut enerji sistemlerine eklenmiştir. Günümüzde FV teknolojisinden üretilen enerji miktarı yaklaşık 177 GW'tır ve bu değer beş yıl önceki değer 10 katına ulaşmıştır (BritishPetroleum, 2013). Çizelge 2.1'de dünyadaki toplam yenilenebilir enerji üretim senaryoları verilmiştir. Burada ilk göze çarpan nokta, en fazla enerjinin hidrolik santrallerden elde edilmesidir 2014 yılına kadar hidroelektrikten elde edilen güç 1055 GW'a ulaşmış ve 2014 yılında 37 GW'lık yeni kapasite eklenmiştir. Bunu 370 GW ile rüzgâr gücü takip etmektedir. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji üretim miktarları bunların yanında önemsiz kalmaktadır. Örneğin FV'den 177 GW, okyanus enerjisinden 0.5 GW, jeotermal kaynaklardan, 12.8 GW ve biyokütleden 93 GW kapasitede güç elde edilmiştir.

Çizelge 2.1 2014 yılında toplam yenilenebilir enerji üretimi

Enerji Üretimi	2014 boyunca (GW)	2014 Sonunda(GW)
Biyokütle Enerji	5	93
Jeotermal Enerji	0.6	12.8
Hidroelektrik	37	1055
Okyanus Enerjisi	0	0.5

Enerji Üretimi	2014 boyunca (GW)	2014 Sonunda(GW)
Fotovoltaik	40	177
Güneş Isıl Güç Sistemleri	0.9	4.4
Rüzgar Enerjisi	51	370

Fotovoltaik teknolojilerin dünya çapında popülerliği günden güne artmaktadır. 2004 yılında sadece 3.7 GW'lık kapasite varken, 2004 yılı içinde yaklaşık 177 GW'lık yeni sistem tesis edilmiştir.

Araştırma ve yatırım faaliyetleri lineer olarak artmaktadır ve 2014 yılının sonunda özel sektörün Araştırma ve Geliştirme (AR-GE) yatırımı devletlerin AR-GE yatırımından biraz daha fazla olmuştur. 2014 yılında toplam yatırım 270.2 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir ve bu miktar 2004 yılındaki yatırımın yaklaşık beş katına tekabül etmektedir.

Enteresan şekilde bugünlerde insanlar fotovoltaik teknolojilerine yapılan yatırımı diğerlerinden daha güvenilir bulmaktadır. Fotovoltaik teknolojisine yapılan yatırım 150 milyar USD olarak gerçekleşirken bunu 99.5 milyar USD ile rüzgar güç santraller takip etmektedir. Kalan yatırım ise biyokütle, sugücü, jeotermal ve okyanus gücüne harcanmıştır.

2.2 Bangladeş'teki Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Çok farklı kaynaklar yenilenebilir enerji üretimi için kullanılabilir. Bangladeş'in, yenilenebilir enerji için iyi bir potansiyele sahip olduğu bilinmektedir. Ancak bugüne kadar bu üretim potansiyelini orataya koymaya yönelik, çok az sayıda sistematik çalışma yapılabilmektedir.

Bangladeş Halk Cumhuriyeti, 23°34' kuzey ve 26°38' enlem ve 88°01 've 92°41' boylamları arasında yer alan Güney Asya'nın kuzey doğu kesiminde bir ülkedir. Ülkenin toplam yüzölçümü 147.570 km²'dir. Ülkenin iklimi genellikle 4 mevsime

göre değişmektedir. Aralık ayından Şubat ayına kadar soğuk hava hüküm sürmekte, Mart ayında başlamakta ve Mayıs ayında sona ermektedir. Haziran ve Eylül ayları arasında Muson iklimi hakim olmaktadır. Sonbahar mevsimine ise Ekim ile Aralık ayları arasında geçmektedir. Kış ve yaz aylarında ortalama sıcaklık sırasıyla 20°C ile 27.75°C olarak gerçekleşmektedir (British Petroleum, 2013).

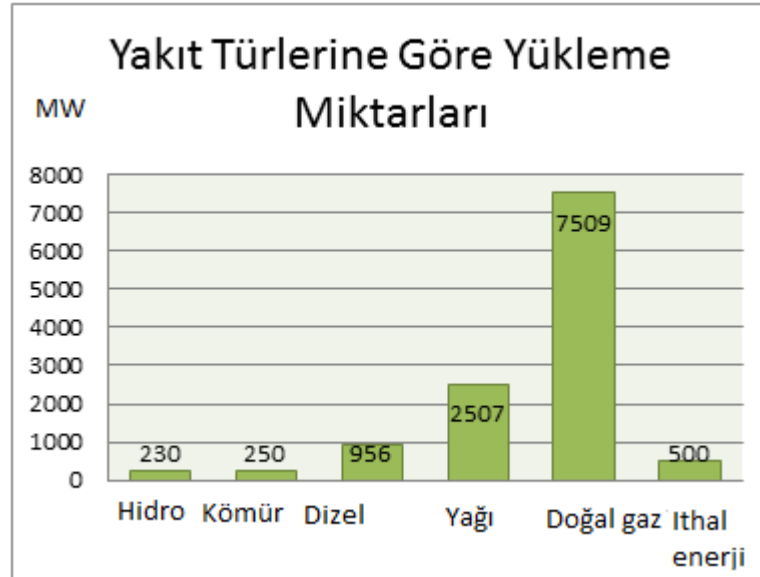
Bangladeş’de enerji gereksinimi hızla yükselmekte ve oluşan talep şimdilik doğalgaz, kömür ve petrol gibi fosil yakıt kaynaklarından elde edilmektedir (ren 21, 2014). Elektrik üretiminin % 67.11’i doğalgaz ile karşılanmaktadır. 2012 yılı Haziran ayı itibarıyla ithal fırın yağı, kömür, dizel ve hidroelektrik kaynaklardan sırasıyla, 1804 MW (21.70 %), 511 MW (6.15 %), 200 MW (2.41 %) ve 220 MW(2.65 %) elektrik üretilmiştir. Ancak tahminlere göre Bangladeş yakın zamanda ciddi enerji açığıyla karşı karşıya kalacaktır. Tahminlere göre yıllık % 7 Gayrisafi yurt içi hasıla artışıyla, elektrik enerjisi talebi, 2021 yılında 18,838 MW’a, 2030 yılında 33,708 MW’a çıkacaktır (EIA, 2011).

Yenilenebilir enerji kaynakları tanımı gereği doğada bulunan tekrarlamalı olarak elde edilen ve sonu gelmeyecek doğal süreçler sonucu oluşan kaynaklardır. Bangladeş’de, biyokütle, rüzgar, güneş ve küçük ölçekli hidroelektrik enerji (MoF, 2012) gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak mümkündür. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş ve biyokütle Bangladeş (BPDB, 2013) için en umut verici kaynaklardır. Mevcut durumda yenilenebilir enerji, toplam enerjinin içinde sadece %0.5 paya sahiptir (Baten et al., 2009). Ancak, Bangladeş Yenilenebilir Enerji (BPPE) Politikası’na (2008) göre, hedeflenen yenilenebilir enerji payı 2015’te % 5, 2020’de ise % 10 oranındadır. Mevcut teknoloji ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen toplam enerji miktarı.



Şekil 2.1 2015 yılında toplam yükleme kapasitesi oranı (İslam vd., 2006).

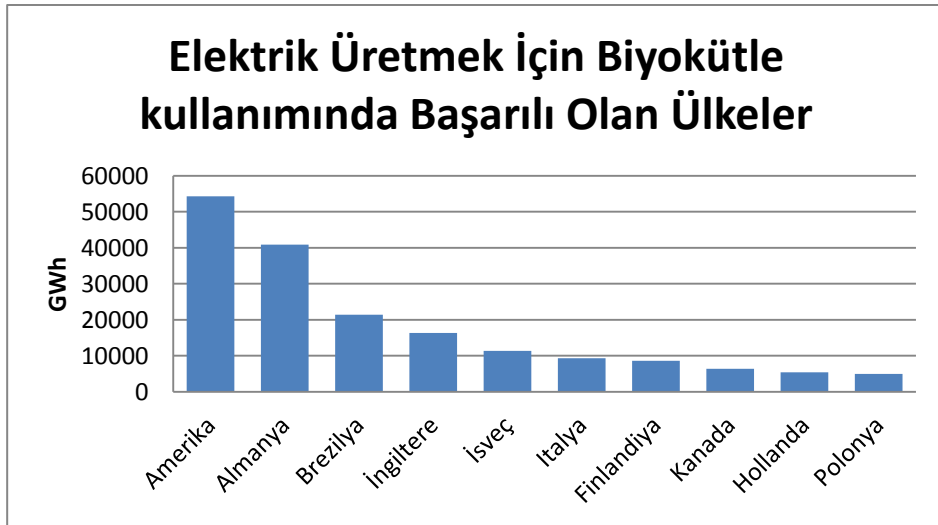
Şekil 2.2'te Bangladeş'in güç tüketim senaryosu gösterilmiştir. Doğalgazdan elde edilen 7000 MW'lık elektrik enerji bariz şekilde diğer kaynaklardan elde edilenden fazladır. Dize ve fırın yağı'ndan ise yaklaşık 4000 MW'lık elektrik üretilmektedir.



Şekil 2.2 2015 yılında yakıt türlerine göre yükleme miktarları (İslam vd., 2006).

Biyokütle, fosil olmayan organik madde kütlesidir. Geçtiğimiz on yıl içinde, biyokütle kullanımı dünyanın birçok yerinde hızla artmıştır. Kyoto azaltım hedefleri ışığında, birçok ülke daha biyokütle kullanımı için iddialı hedefler koymuştur.

Sanayileşmiş ülkelerde biyokütleden elde edilen enerjinin, toplam enerji üretimindeki payı ortalama olarak % 10'dan daha azdır. Ancak gelişmekte olan ülkelerde bu oran % 20-30'lara çıkmaktadır. Özellikle Bangladeş gibi bazı ülkelerde biyokütle toplam enerji talebinin % 50-90'lık kısmını karşılamaktadır (global status report, 2012). Küresel enerji tüketiminin yaklaşık % 16'sı yenilenebilir kaynaklardan karşılanmaktadır. Ancak bu oranın % 10'u ısınma için kullanılan geleneksel biyokütleden (Bangladesh Government, 2015) %3.4'ü ise hidroelektrik kaynaklardan elde edilmektedir. Konut hariç, enerji elde etmek amacıyla biyokütle kaynaklarını en fazla kullanan ülkeler Brezilya, ABD ve Hindistan'dır. Brezilya %18 oran ile endüstriyel kullanımda dünya ülkeleri arasında en üst sırada yer alır. ABD ve Hindistan'ın payı, % 16'lık oranlardır. Nijerya, Kanada, Tayland ve Endonezya ise % 4 ile bu ülkeleri daha geriden takip etmektedir.



Şekil 2.3 Elektrik üretmek için biyokütle kullanımında başarılı olan ülkeler (İea bioenergy., 2015)

Avrupa ülkelerinde biyokütle, en fazla bireysel konut ısıtma için kullanılmaktadır. Avusturya, Finlandiya ve İsveç biyokütleden bölgesel ısıtma amaçlı

yararlanılmaktadır. Finlandiya ve İsveç'te, biyokütle enerji kaynağı toplam enerji kaynaklarının yaklaşık % 20'sini oluşturmaktadır (IEA, 2013).

2050 yılında İngiltere'nin enerji gereksiniminin yaklaşık olarak % 12' sinin (16 GW) biyokütle enerji kaynak larından karşılanacağı belirtilmekte ve bu şekilde % 60 oranda CO₂ salımının azaltılacağı üzerinde durulmaktadır. (Biomass Energy,2015).

2.3 Bangladeş'te Biyokütle Enerji Potansiyeli

Bangladeş'in mevcut biyokütle kaynakları genel olarak tarımsal üretim artıkları, ağaç artıkları, hayvansal atıklar ve evsel katı atıklardan oluşmaktadır. Bu biyokütle enerji kaynaklarından, büyük ölçekli elektrik üretim sistemlerinde yararlanılması mümkündür (Enerji, 2015).

Pirinç, mısır, buğday, hindistan cevizi, yer fıstığı, fasulye, sebze, jüt ve şeker kamışı gibi bitkiler Bangladeş'in başlıca tarımsal ürünleridir. Yetiştiriciliği yapılan bu bitkilerin atıklarından yararlanarak enerji üretmek mümkündür. Pirinç samanı, pirinç kabuğu, şeker kamışından üretilen küspe ve hindistan cevizi gibi bitki artıkları sapı toplam biyokütle enerjisinin yaklaşık % 46'sını oluşturmaktadır (Biomass feedstack, 2015). Çizelge 2.2'de Bangladeş'te yetiştirilen bitkilerin üretim miktarları verilmiştir.

Çizelge2.2 Bangladeş'te yetiştirilen bitkilerin üretimi (Huda,2013)

Bitkiler	Üretim(Kton)	Üretim(Kton)
	2009-2010	2010-2011
Pirinç	31,975.251	33,541.101
Şeker kamışı	4490.812	4671.348
Sebze	3000.433	3061.840
Buğday	901.490	972.085

Bitkiler	Üretim(Kton) 2009-2010	Üretim(Kton) 2010-2011
Jüt	5089.728	8385.840
Hindistan Cevizi	402.391	325.949
Pamuk	15.343	14.453

Çizelge 2.2’de görüldüğü üzere Bangladeş’in geri kazanılabilir pirinç artıklarının 2010-2011 yılında toplam miktarı 33,541.101 ton dur. Bunun da % 51,54’sı hasat sonu artığı, % 48,46’sı da proje sonucu elde edildiren atıktır.

Hayvansal atık, tarımda organik gübre olarak kullanıla bilmektedir. Bangladeş’te genel olarak sığır, keçi, manda ve koyun yetiştiriciliği yapılmaktadır. Hayvansal atıklardan dönüşüm yöntemleri ile elektrik üretimi Bangladeş’in kırsal ve uzak bölgelerinde hayati bir rol oynayabilir. Çizelge 2.3’ de Bangladeş’te yetiştirilen hayvan sayısı, bu hayvanlardan elde edilen atık miktarı ve atık geri kazanım oranları görülmektedir(Islam vd., 2008).

Çizelge 2.3 2008-2009 yılında Bangladeş’te çiftlik (Bangladesh Government, 2012).

Yetiştiriciliği Yapılan Hayvanlar	2008-09 Yılında	Oluşum oranı Kg/gün	Atık oluşumu Kton/ yıl	Atıkgeri kazanımı Kton/ yıl
Sığırlar	22.97	2.86	23978.38	14387.03
Bufalo	1.30	2.52	1195.74	717.44
Koyun	2.87	0.33	345.69	207.41
Keçi	22.4	0.55	4496.8	2698.08
Toplam	49.54	6.28	31933.73	18968.52

Bangladeş'te odun; pişirme ve diğer yerel gereksinimler için ana yakıttır. Bu nedenle 1980 yılında arazisinin yaklaşık olarak sadece % 16'sının ormanlık alanlardan oluştuğu bilinmektedir (fisheries estimation, 2012). En büyük ormanlık alanları Chittagong Hills (1800 km²) ve Sundarbans'ta (2300 km²) bulunmaktadır.

Sanayi ve ticari işyerleri ile evlerden günlük olarak toplanan plere katı atık adı verilmektedir (Forestry in Bangladesh, 2014). Bangladeş'te evler, ticari işletmeler, sanayi ve hastaneler ile belediye katı atığın elde edildiği alanlardır. Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda olduğu gibi Bangladeş'te de, belediye katı atıklarının fazla olması, çok ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır (Forest management, 2012). Evsel katı atık, kâğıt, plastik, deri, kauçuk, tekstil atıkları, odun ve diğer yanıcı özellikteki organik maddeler önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu organik maddelerden enerji elde etmek mümkündür (Municipal solid waste, 2014).

Bangladeş'teki Yani Dhaka, Chittagong, Khulna, Rajshahi, Barisal ve Sylhet gibi altı büyük şehir belediyelerinden elde edilen evsel katı atık izelge:2.3'te verilmiştir.izelge 2.3'te görüldüğü gibi bioktle enerji miktarı 1434,14 petajoule (PJ)'dur. Bu da 398,37 terawatt-saat (TWh) eşdeğerdir. Tarımsal ve hayvansal artıklar, belediye katı atıkları ile orman atıklarının, enerji potansiyelleri sırasıyla %68.29, % 5,8, % 7,5 ve %18.30 şeklinde dir. Tarımsal artıkların en verimli si, 790.79 PJ ile pirinç artıklarıdır. Bu enerji, 219.66 TWh'a eşdeğerdir (Solid waste management, 2007).

2.4 Bangladeş'te Mevcut Durum ve Yenilebilir Enerji

Bangladeş hkmeti tarafından 2021 yılına kadar,3168 MW yenilenebilir enerji kapasitesine ulaşılması hedeflenmiştir.Ayrıca günümüzde %5 olan yenilenebilir enerji olanının 2021 yılında % 10'a çıkarılması planlanmıştır. Ana odak noktası, güneş ve rüzgâr enerjisi kapasitesini, 3 GW'a çıkarılmasıdır.Hkmetin planları arasında 2021 yılına kadar güneş enerjisinden 1740 MW ile rüzgar

enerjisinden 1370 MW kapasitede yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması bulunmaktadır (Karaj vd., 2010).

Biyogaz, metan gazı (CH_4) (yaklaşık % 50-70) ve karbon monoksit (CO) (yaklaşık 30-%40) gazlarından oluşmaktadır. Ayrıca içeriğinde hidrojen sülfat (H_2S), azot (N_2), hidrojen (H_2), amonyak (NH_3) ve karbon monoksit (CO) de bulunmaktadır (Alamgir, 2007). Biyogaz ham madde maliyetinin düşük olmasından dolayı , Bangladeş'te her yerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Singh vd., 2010) .

Biyogaz çeşitli organik artıklardan, esas olarakda hayvansal ve belediye atıklarından elde edilen geleceği parlak bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu enerji yemek pişirme amaçlı kullanılabilir (Bond vd., 2011). Hayvansal atıklardan elde edilen biogaz pişirme amacıyla ocaklarda kullanılabileceği gibi bu sistemlerden küçük ölçekte elektrik üretimi de mümkün olabilecektir.

Fotovoltaik paneller (FV), güneş ışınlarını elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Tüm dünyada, güneş enerjisi geleceği parlak bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir (Biswas vd., 1997). Diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında, en yüksek enerji potansiyeline sahiptir. Dünya yüzeyinde yaklaşık yıllık güneş radyasyonu, 3.400.000 exajoule (EJ) enerji bulundurmaktadır. Aynı zamanda tam potansiyeli 450 EJ enerjidir (Biswas vd., 2011). Bu dünyada kullanılan enerjiden, 7500 kat daha fazla üretilmesi demektir (Kumar vd., 2010).

Fotovoltaik sistemler, açık şebekeli ve kapalı şebekeli olarak iki türdür. Kapalı şebeke sistemleri, gelişmekte olan ülkelerin kırsal alanları için ekonomik açıdan uygundur (Wazel vd., 2008). Bu kapalı şebeke merkezi sistemler güvenilir ve alternatif enerji sistemleri olarak kullanılmaktadır. Açık şebeke sistemi, kapalı sisteme göre daha düşük maliyetli ve uygundur. Çünkü açık şebeke sisteminde depolama gerekli değildir ve açık açık şebeke bağlantı sistemleri, merkezi FV sistemine bağlı anmaktadır. Böylece sistemdeki enerji tek bağlantı şeklinde değil, çoklu bir şekil de verilir (Noor vd ., 2009).

Daha öncede ifade edildiği gibi 20.30° ve 26.38° kuzey enlem ve 88.04° ile 92.44° doğu boylamı arasında yer alan Bangladeş güneş enerjisi açısından oldukça avantajlıdır. Günlük güneş ışınlamı 4 ile 6.5 kWh / m² arasında değişmektedir (Ahmed vd., 2013). Ayrıca, biyogaz üretimi için de uygun bir iklime sahiptir. Mezofilik koşullarda biyogaz üretimi için ideal sıcaklık yaklaşık 35 ° 'dır. Bangladeş'te sıcaklık genellikle 9,6° C ile 33,9° C arasında değişir. Anaerobik fermantasyon için gerekli olan sıcaklık göz önüne alındığında Bangladeş'in iklim koşullarının biyogaz üretimi için uygun olduğu görülmektedir (Geography of Bangladesh, 2015).

2.5 Metodoloji

Hibrit enerji sistemi, güneş, rüzgar, biyokütle jeneratör, invertörler ve piller gibi yenilenebilir kaynakların bileşenlerinin sayılarını bütünleştirir. Bu çalışmada kullanılan yöntemler aşağıda listelenmiştir:

- Kırsal alanlar için uygulanabilir hibrit sistemler üzerine bir literatür çalışması yapılmıştır.
- Farklı hibrit yapılandırma topolojileri çalışılmıştır.
- Tekno-ekonomik hibrit enerji sisteminin yapısını seçmek için farklı senaryolar geliştirilmiş ve karşılaştırılmıştır.
- Tek bir ev için gereken elektrik ihtiyacı hesaplanmış ve buna göre seçilen yerde ikamet eden 180 hane için gereken ihtiyaç tahmin edilmiştir.
- Kapalı şebeke güç sistemi tasarlamak için Yenilenebilir Elektrik Hibrit Optimizasyon Modeli (HOMER) algoritması kullanılmıştır.
- Güç sistem bileşenlerinin her biri için maliyet verileri detaylı bir biçimde farklı web siteleri ve yayınlardan araştırılmıştır.

3 MATERYAL VE YÖNTEM

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünde gerçekleştirilen bu çalışmada kırsal alandaki insanların daha iyi yaşamaları amaçlanmıştır. Elektrik ağı elektrik üreten birimler ile konut, ticari ve endüstriyel milyonlarca tüketiciyi birbirine bağlayan ağıdır. Üç birim veya bölümden oluşur:

1. Güç Üretim İstasyonu: Güç üretim istasyonunda elektrik üretimi geleneksel (kömür, doğalgaz, hidroelektrik, nükleer gibi) ve modern (güneş, rüzgar, biyokütle) kaynaklar ile yapılır. Genellikle enerji kaynağına yakın bir yerde bulunur ve oradan iletim şebekesine bağlanır.
2. İletim: İletim ağı güç üretim istasyonu ile talep bölgesindeki dağıtım ağını birleştirir. Kablo kayıplarını engellemek için iletim ve dağıtım ağı birbirinden izole edilmiştir. Üretim bölgesinde voltaj seviyesi yükseltilir ve farklı elektrik sağlayıcılarına farklı voltaj seviyelerinde iletilir (Sarker, 2012).
3. Dağıtım: Elektrik dağıtım ağı, tüketicilere elektrik sağlayan ağıdır. İletim ağından gelen voltaj seviyesi müşterilerin kullanabileceği voltaj seviyelerine düşürülür (Mondal et al 2010).

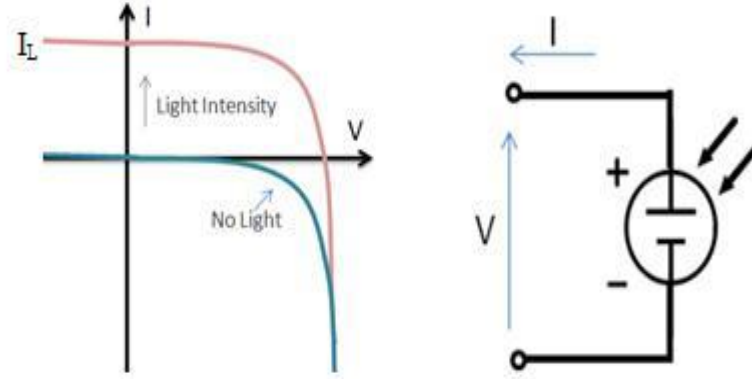
3.1 Sistemlerin Bileşenleri

Hibrit sistemler rüzgâr türbini, fotovoltaik modüller, akü bankaları, çevirici ve biyokütle üreteçlerinden oluşmaktadır.

Yedek jeneratör, hibrit sistemin bir parçasıdır. Güç jeneratörü farklı enerji kaynaklarını kullanarak yanmalı motorların kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir makinedir. İçten yanmalı motorlar, yakıt kullanarak elektrik üretmenin en basit ve maliyet açısından en ucuz yöntemidir. Yedek jeneratör, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen güç çıkışını optimize etmek, enerji kesintilerinde devreye girerek kullanıcıya kesinti yaşatmamak için kullanılır.

FV dizisi, güneş hücrelerinin bir kombinasyonunu temsil etmektedir. Basit bir FV hücre, ideal bir akım kaynağına paralel olarak bağlı ideal bir diyottan oluşmaktadır. FV panele düşen fotonlardan akım üretilir, bu da bir akım kaynağı ile modellenir. Kısa devre akımı ve açık devre voltajı, FV hücrenin en önemli iki parametresidir.

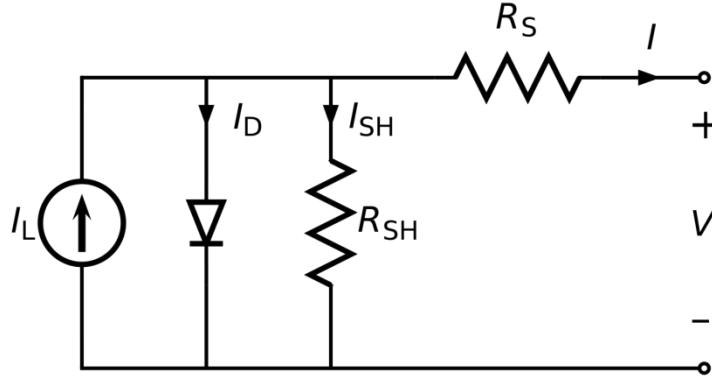
FV hücreler, diyota paralel olarak bağlı bir akım kaynağı olarak modellenir. Işık yok iken FV hücresi diyot gibi davranır. Panele düşen ışık yoğunluğu arttıkça Şekil 3.1’de gösterildiği gibi, akım üretilmeye başlanır.



Şekil 3.1 FV Hücre I-V Eğrisi ve İlişkili Elektrik Şeması

Şekil 3.2’de ise basitleştirilmiş bir fotovoltaik hücrenin eşdeğer devre modeli verilmiştir. FV panele düşen fotonlardan akım üretilir, bu da bir akım kaynağı ile modellenir. Kısa devre akımı ve açık devre voltajı, FV hücrenin en önemli iki parametresidir.

Şekil 3.2’de de görüldüğü gibi fotovoltaiik hücre, bir akım kaynağı, bir diyot ile bir de direk içerir.



Şekil 3.2 Fotovoltaiik Hücre Eşdeğer Devre Modeli Basitleştirilmiş (Smart Grid, 2011).

Şekil 3.2’de de görüldüğü gibi fotovoltaiik hücre, bir akım kaynağı, bir diyot ile bir de direk içerir. FV hücresinin terminalindeki akım, aşağıdaki denklemle gösterilebilir.

$$I = I_{sc} - I_d \quad (1)$$

$$I_d = I_o * e^{q + \frac{V_d}{K+T}} - 1 \quad (2)$$

$$I = I_{sc} - I_o * e^{q + \frac{V_d}{K+T}} - 1 \quad (3)$$

Burada,

I= FV’nin çıkış akımı (A)

V= FV hücresindeki toplam voltaj(V)

$I_{sc} = I_{ph}$ = kısa devre akımı (A)

I_d = Diyot boyunca akım (A)

I_o = Diyotun ters akımı (A)

q = Elektron yükü (1.602), kulomb (C)

V_d = Diyot'taki Voltaj, volt (V)

K = Boltzmann's sabiti (1.381), joule/kelvin (J/K)

T = Kesişim sıcaklığı, Kelvin (K)

3.2 Tasarım Özellikleri ve Hibrit Sistem Modellemesi

Hibrit sistemler rüzgâr türbini, fotovoltaik modüller, akü bankası, çevirici ve biyokütle üreteçlerinden oluşur. Bunların teknik özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir:

Çizelge 3.1 Rüzgar Türbini Tanımlama (Meier, 2013)

RW-5kw Değişken alan Teknik parametreler	
Rüzgar rotor çapı (m)	5.4
Kanat malzemesi ve miktarı	Fiber cam * 3
Maksimum güç (w)	5k/6k
Rüzgar hızı (m/s)	11
Dönüş hızı (rpm)	220
Çalışan rüzgar hızı (m/s)	3-30
Başlangıç rüzgar hızı (m/s)	2
Çalışma voltajı (v)	DC240V(off grid) / DC400V(on grid)AC240
Akü gerilimi / kapasitesi (v, ah)	12*20=240V/100Ah
jeneratör tipi	Üç fazlı, sabit mıknatıslı

RW-5kw Değişken alan Teknik parametreler	
Vites kutusu	Hayır, doğrudan tahrik
Rüzgar türbini ağırlığı (kg)	400
Kule yüksekliği / ağırlık (m/kg)	8/450
Maksimum yatay kuvvet (N)	4100
Gürültü seviyesi (dB)	<65

3.3 Akü

Bu çalışmada, hesaplamalarda Lityum-İyon aküleri seçilmiştir. Bu pillerin lead-asit(LA) pillere göre aşağıda belirtilen bazı avantajları bulunmaktadır.

Ağırlık: Birim ağırlığa düşen enerji depolama kapasitesi kıyaslandığında, LFP'nin kapasitesi LA'nın yaklaşık 3 katına eşittir. Özellikle mobil uygulamalar için büyük bir avantajdır.

Hacim: Eşit enerji taşıma kapasitesi için LFP'nin (lityum ferofosfat) kapladığı hacim, LA'nın(lead-acid battery) yaklaşık yarısı olmaktadır. Bu durum mobil uygulamalar için önemli olmakla beraber, sabit yenilenebilir enerji uygulamaları için hacim çok da önemsenmemektedir.

Akünün doluluk oranı, fotovoltaiik ve rüzgâr güç sisteminden üretilen enerji miktarına bağlıdır. Buna göre,akünün doluluk oranı denklem ile hesaplanabilmektedir.

Akü Şarj Durumu: Şarj esnasında, FV ve rüzgâr jeneratörü talepten daha fazla güç ürettikleri için zamana göre akü kapasitesi Denklem 4'te verilmiştir.

$$SOC(t) = SOC(t - 1)(1 - \sigma) + \left[E_{gen}(t) - \frac{E_L(t)}{\eta_{inv}} \right] \eta_B$$

Akü lityum-iyon akü yapısına göre modellenmiştir. İçinde metal oksit bulunan lityum, pozitif elektrot (katot), karbon ise negatif elektrot (anot) olarak kullanılmıştır. Akü şarj olurken lityum iyonları katottan anoda doğru hareket etmekte, akü deşarj olurken ise ters yönde hareket etmektedirler. Lityum iyon akülerinin genel özelliklerini şu şekilde özetlemek mümkündür.

$$SOC(t) = SOC(t - 1)(1 - \sigma) + \left[\frac{E_L(t)}{\eta_{inv}} - E_{gen}(t) \right] \quad 5$$

$$E_{gen}(t) = E_{pv}(t) + E_{wg}(t) \quad 6$$

Burada;

$SOC(t)$: t saatindeki pil kapasitesinin durumu

$SOC(t-1)$: (t-1) saatindeki pil kapasitenin durumu

σ : akü saatlik kendi kendine başlama oranı ürün satıcıları satıcıları bu oranı, 20° de 6 ayda % 2s olarak verilmektedir (Bioenergy, 2015).

$E_{L(t)}$: t anındaki gerekli yüklenme

η_{inv} : ters dönüşüm verimliliği burada % 90 oranda sabit olduğu varsayılmıştır

η_B : Pilin şarj olma verimliliği

$E_{gen}(t)$: Rüzgar ve Fotovoltaik güç sisteminden elde edilen toplam enerji

$E_{pv}(t)$: FV güç sisteminin toplam enerjisi

$E_{wg}(t)$: Rüzgâr güç sisteminin toplam enerjisi

Şeklinde ifade edilmektedir (solar cells, 2015).

3.4 Şarj Regülatörü

Şarj regülatörü temel olarak, pillerin fazla şarj olmasını önleyen voltaj ve/veya akım regülatörleridir. Güneş panellerinden gelip, pillere giden akımı regüle etmektedirler (Energy Equipment , 2015).

Diğer bir ifadeyle, şarj regülatörü, pilleri şarj eden veya pilden çekilen akımın miktarını limitleyen ünedir. Piller gereğinden fazla şarj edildiğinde pilin performansı düşer, ömrü kısalmır ve güvenlik riski oluşturur. Şarj regülatörleri bu durumlara karşı pilleri korur. Bazı durumlarda da pillerin tamamen deşarj olmasını engeller veya kontrollü bir deşarj sağlar. Bu sayede pillerin ömrünü uzatır (ionbattery, 2015).

PWM ve MPPT olmak üzere iki tip regülatör bulunmaktadır.

1. **PWM**; Küçük sistemler için düşük maliyetli olan uygun bir çözümdür. Güneş paneli sıcaklığının 45°C ile 75°C arasında olması durumunda kullanılmaktadır (Charge Controller, 2015).
2. **MPPT**; “Maksimum Güç Noktası Takip (MPPT)” algoritmasının kullanıldığı regülatörlerdir. Belirli şartlarda FV modüllerinden maksimum gücü çekmek için yararlanılmaktadır. FV modülün maksimum gücü ürettiği voltaj seviyesine, “maksimum (veya tepe) güç noktası” denir. MPPT güneş şarj regülatörü, içinde MPPT algoritmasının aküleri giden akımı maksimize eden regülatörlerdir (Controller, 2015).

MPPT güneş şarj regülatörlerinin ara özelliklerini şu şekilde özetlemek mümkündür:

- MPPT, güneş hücrelerinin algılanan değişimlerini düzeltmek için kullanılır.
- MPPT, maksimum gücü PV modülden almak zorunda olan tüm güneş güç sistemleri için gereklidir (MPPT, 2015).
- MPPT, kullanıcılarına akü sisteminden daha büyük voltajda kullanılan fotovoltaiik modülünü kullanma imkânı verir.
- MPPT sistemi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından küçük su türbinleri ve rüzgâr güç türbinleri için de uygulanabilmektedir.
- MPPT daha yüksek verimli sonuçlar daha az karmaşık bir sistemle ulaşılmasını sağlamaktadır. Ayrıca daha fazla enerji kaynağına uygulanabilmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde, kırsal alandaki elektrik ihtiyacı çok azdır. Bu bölgelerdeki elektriğin kullanıldığı temel alan aydınlatmadır. LED bu alanda büyük faydalar sağlamıştır ve standart bir akkor ampulden çok daha verimlidir. Üstelik birçok elektrikli ev aleti DC güç kullanmaktadır. Piyasadaki ev aletlerinin fiyatı da oldukça uygundur. Cep telefonları her kesimden insanın hayatının vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Yani telefonlarının şarj edilebilir olması insanlara çekici gelmektedir.

3.5 Bağımsız Çeviriciler

Çeviricilerin DC enerjisini fotovoltaiik vektörler tarafından şarj edilen pillerden çektiği, izole sistemlerde kullanılır. Ayrıca birçok bağımsız çevirici pilleri AC'den şarj etmek için kullanılan dâhili pil şarj cihazları ihtiva etmektedir.

• Şebeke Çeviriciler

Şebeke çeviriciler yardımcı kaynağın devre dışı kaldığı durumlarda, otomatik olarak kapanmak üzere tasarlanmışlardır. Bu güvenlik için gereklidir ve böyle durumlarda yedek güç sağlamazlar.

• Akü Yedekli Çeviriciler

Bunlar pillerden enerji çekmek için özel olarak tasarlanmışlardır, pilin şarj durumunu dâhili bir şarj cihazıyla yönetirler ve fazla enerjiyi şebekeye gönderirler. Şebeke kesildiğinde, AC enerjiyi seçilmiş yüklere göre ayarlama yeteneğine sahiptirler.

3.6 Akıllı Şebeke

Geleneksel elektrik şebekeleri, genellikle birkaç merkez kaynaktan birçok kullanıcıya güç taşımak için kullanılır. Buna karşılık, yeni gelişmekte olan akıllı şebeke, elektriği ve veriyi otomatik olarak iki yönlü taşır. Akıllı şebeke kavramını incelemek için birçok araştırma projesi yapılmıştır. Akıllı şebeke üzerine yapılan bir yeni araştırmaya göre (Ellabban vd., 2014), araştırmalar ağırlıklı olarak altyapı sistemi, yönetim sistemi ve koruma sistemi üzerine odaklanmıştır.

Yönetim sistemi; gelişmiş yönetim ve kontrol hizmetleri vermekte olup, bir akıllı şebeke alt sistemidir. Mevcut çalışmaların çoğu; optimizasyon, makina öğrenme ve oyun teorisi gibi yöntemlerle altyapıya bağlı olarak enerji verimliliğini, talep profilini, yararlılığı, maliyeti ve emisyonu geliştirmeye yöneliktir.

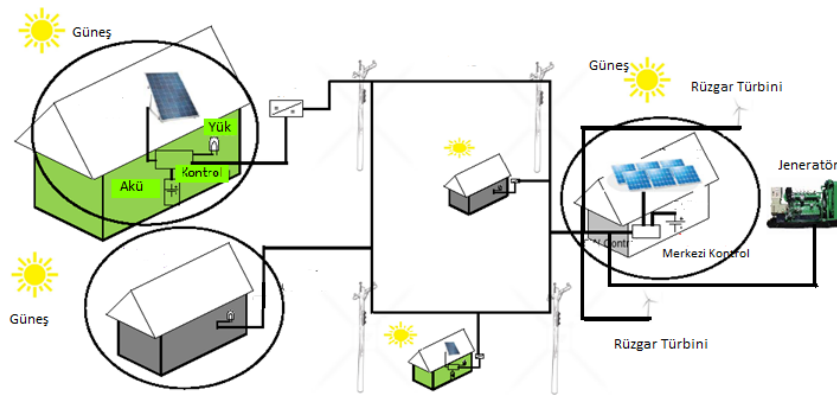
Akıllı şebeke, güç endüstrisine, sistemin parçalarını daha yüksek bir zaman-uzay çözünürlüğünde gözlem ve kontrol imkânı verecektir. Müşteriler ise şebekeden daha ucuza, daha çevre dostu, daha güvenilir ve daha kaliteli elektrik alabileceklerdir. Kullanılan elektriğin çoğunluğu kömür, petrol ve doğal gaz gibi geleneksel fosil yakıt kaynaklarından üretilir. Buna bağlı olarak da bu yakıtların kullanılmasından kaynaklanan karbondioksit (yıllık 21.3 milyar ton) geniş çapta sera etkisi yapmaktadır. Bilindiği üzere CO₂, küresel ısınmayı tetikleyen en önemli sera gazlarının birisidir (Islam, 2008).

Sonuç olarak, çevre kirliliğinin azaltılabilmesi için, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji teknolojisinin kullanımı önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji

kaynakları, çevreyi kirletmeyen ve sürdürülebilir bir elektrik üretim imkanı sunmaktadır. Sürdürülebilir enerjiyi destekleyen yeni teknolojiler; okyanus ve jeotermal enerji kaynaklı sistemlerin kullanımının arttırılması açısından son derece önemlidir. Bu yeni teknolojilerin, mevcut sistemler entegre edilmesi ise yapılması gereken büyük bir iş olarak önümüzde durmaktadır.

3.7 Merkezi Kontrol Ünitesi

Elektrik ağında iki tür tüketici vardır. Birincisi ev tipi güneş enejisi sistemlerini kullanarak kendi elektriğini güneşten tüketicidir. Ancak akşam saatlerinde ki bu zaman diliminde elektrik tüketimi de artmaktadır veya elektrik ihtiyacının arttığı durumlarda ortak şebekeden çekilen elektrik kullanılmaktadır. Bunlar 'A-tipi' tüketici olarak tanımlanır. İkinci tüketici tipi ise hiçbir şekilde elektrik üretmez ve ayrıca tüm gün şebekeden elektrik tüketir. Bunlara da 'B Tipi' tüketici denmektedir. Dikkat edilecek olursa, elektrik ağında üretim ile tüketim arasındaki dengeyi sağlamak ve istikrarlı bir gerilim üretmek oldukça zordur. Bu durumda FV veya biyokütle enerji kaynaklarından elektrik üreten ve büyük bir akü bankasına sahip bir kontrol ünitesi, sistemdeki dengeyi sağlayabilecektir. DC-AC dönüştürücü voltaj seviyesini yükselterek şebekeye enerji göndermek için kullanılmaktadır. Bu sistemde A-tipi tüketiciler, kendi elektrik stokları belli bir seviyenin altına düştüğünde ortak şebekeden enerji çekebileceklerdir.



Şekil 3.3 Mikro şebeke merkezi kontrol birimi

3.8 Şebeke Bağlantısı

Bütün ev tipi güneş enerjisi sistemleri, şebekeye bağlı olacaktır. Şebeke ağı star, mesh veya döngü şeklinde dizayn edilebilir. Kırsal alandaki şebeke, 10-15 adet evi kapsayacağı için döngü tipi ağ bu bölgeler için en uygundur. Temel amaç ev tipi güneş enerjisi sistem tasarlamak ve bunu şebekeye bağlamaktır. B tipi tüketiciler, şebekeden elektrik çekebilecek ancak A tipi kullanıcılar ise sadece kendi depoladıkları enerji belirli bir seviyenin altına düştüğünde şebekenin elektriğini kullanabileceklerdir. Temel olarak, mevcut ev tipi güneş enerjisi sistemi sahip tüketicilerin düşük güçlü ev aletleri sayısı da azdır, çünkü kendi sistemleriyle düşük miktarda elektrik üretmektedirler. Büyük sistemler ise aynı şekilde büyük depolama kapasitesi gerektirmektedir ki bu durumda da maliyet oldukça artmaktadır. Bu çalışmada önerilen akıllı mikro-şebeke, söz konusu tüketicilerin büyük sistemlere çok fazla para ödemedi, ihtiyaç duydukları miktarda enerjiyi şebekeden kullanmalarını sağlayacaktır. Tek yapmaları gereken, mikro-şebeke işletmecilerine aylık ödeme yapmak olacaktır.

Bu bölümde daha öncede ifade edildiği gibi, şebekede bir merkezi kontrol sistemi olacaktır. Bu sistem temel olarak FV paneller, çeviriciler, rüzgâr türbinleri, biyokütle jeneratörleri ve aküden oluşmaktadır. Bu merkezi kontrol sistemi, mikro-şebekedeki talebi hesaplayacak ve FV sistemi ile aküleri bu hesaba göre yükleyecektir.

Yani mikro-şebekede enerji akışı tek yönlüdür. Enerji, merkezi kontrol biriminden tüketicilere doğru akmaktadır. Merkezi birimdeki akü depolama sistemi, kendini şarj etmek için FV dizisini kullanmaktadır. Ancak tamamen şarj olduklarında ve şebekeden de herhangi bir talep olmadığında, kendi kendini bir şönt üzerinden deşarj edecektir. Deşarj olurken ise, pillerin doluluk seviyesi belirli bir seviyenin altına düştüğünde, kendini şebekeden izole edecektir. Burada önerilen sistemde %50 DOD düşünülmüştür (Islam vd., 2008).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

İlk çağlardan itibaren insanlar çok farklı enerji kaynakları kullanmışlardır. Yenilenebilir enerji, olduğunda kendiliğinden ve tekrarlamalı olarak. Ancak, bu enerji kaynakları sürekli değildir. Bu soruna sürekli değildir birkaç yenilenebilir enerji kaynağın birleştirilmesiyle hibrit bir sistemin oluşturulması çözüm olabilecektir. Bu şekilde sürekli güç sağlanabileceği gibi, sistem için gerekli depolama alanında azaltılabilecektir. Ancak yüksek kapasiteli hibrit güç sistemi yük talebini karşılayabilmesine rağmen maliyeti yüksek olabilmektedir. Düşük kapasiteli bir hibrit güç sisteminin ise maliyeti düşük olmasına rağmen yük talebini karşılaması açısından yeterli olmayabilmektedir. Bu nedenle kesintisiz kaynak için homer enerji optimize edilmiş bir tasarım gereklidir.

4.1 HOMER Modelleme

Tek bir kaynaktan güç kapasitesinin sürdürülebildiği, diğer mevcut kaynaklar tarafından sağlanabilir . Böylece Hibrit enerji sistemi enerji üretiminin ana kaynağı olarak, iki ya da daha fazla yenilenebilir veya yenilenebilir olmayan enerji yerine geçebilir (Bahta, 2013). Burada, modelleme ilkeleri matematiksel olarak analiz edilmiş ve kavram daha sonra model HOMER yazılım analizi kullanılarak geliştirilmiştir. Simülasyonda, ilk olarak bazı akülerin depolanmasıyla, güneş, rüzgâr ve biyokütle enerji kaynakları birleştirilmiştir. 90,720 simülasyondan sonra farklı kombinasyonlar oluşturulmuş ve CO₂ emisyonları ile kaynakların potansiyeli gibi çevresel faktörler ve maliyet açısından değerlendirilerek, en uygun tasarım seçilmiştir. Güneş, rüzgâr ve biyokütle enerji kaynaklarının entegrasyonu tamamladıktan sonra güneş, rüzgâr ve dizel jeneratör entegrasyonu düşünülmüştür. Daha sonra bu iki analiz karşılaştırılmış ve en iyi sonuç tespit edilmiştir. Bütün bileşenler, AC hattına bağlanmıştır. AC elektrik üreten bileşenler, AC hattına doğrudan bağlanabilmekte veya sabit bileşen bağlama topoloji olması için AC / DC dönüştürücü gerekebilmektedir.

HOMER, mikro şebeke yazılımında küresel bir standarttır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına, depolamaya ve fosil temelli enerji üretimlerine bağlı (ya yerel jeneratör veya güç şebekesi aracılığıyla) mikro şebekelerin ve dağıtılmış güç sistemlerinin tasarım ve uygulanmasını dayalı bir programdır. HOMER modeli, büyük ölçüde şebekeden uzak ya da daha geniş bir şebekeye bağlı hibrit yenilenebilir mikro şebekeleri; tasarlanmasını kolaylaştırır. Farklı varyasyonlar için teknoloji maliyetleri, elektrik yükü ve enerji kaynaklarının kullanılabilirliğinin hesaplanabildiği, duyarlılık analizi algoritmalarıyla çok sayıda teknolojik seçeneğin ekonomik ve teknik fizibilitesinin değerlendirilebildiği kullanımı nispeten kolay bir programdır. Bu yazılım simülasyon, optimizasyon ve duyarlılık analizim yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Simülasyon; Bu sistem 8,760 saatin 1 saati içindeki yük talebi ve enerji arzını karşılaştırır. Bu süre zarfında gelen yükün kullanımına ya da pil ve jeneratörlerin çalıştırılmasına karar verir.

Optimizasyon; Optimizasyonun amacı tasarımcı tarafından karar verilen değişkenlere göre optimum sistemi belirlemektir. HOMER yazılımı; FV hücre boyutu, rüzgar türbinlerinin miktarı, jeneratör boyutu, çevirici büyüklüğü akü miktarı ve iletim stratejisi gibi değişkenleri içerebilmektedir.

Duyarlılık analizi; Optimizasyon işlemi, duyarlı parametrik değişkenler yazılımda bir girdi olarak belirtildikten sonra tekrarlanır. Duyarlılık değişkenleri; iklimsel veri varyasyonları ve bileşenleri, yakıt maliyeti, faiz oranı, kapasite yetersizliği, duyarlı işlenecek rezervler ve diğer faktörler olabilir. HOMER güç sisteminin ne kadar hassas olduğunu görmek için çeşitli hassas girdiler kullanarak birden fazla optimizasyon yapmaktadır. Gelen duyarlılık sonuçlarını da çizelge ve grafik şeklinde görüntülenebilmektedir.

4.2 Önerilen sistemlerin Kısa Açıklaması

Bu çalışmada güneş, rüzgar ve biyokütle olmak üzere üç yenilenebilir enerji kaynağın hibrit bir sistemde kullanımı düşünülmüştür. Buradaki amaç akü kullanımını azaltarak uygun bir batarya tasarımı yapmaktır. Sabah saat 8.00 ile 17.00 arasında güneş enerjisinden yararlanmak mümkün olabilecektir rüzgardan gündüz ve gece enerji elde etmek mümkün iken en fazla gece yararlanılabilecektir. Biyokütle enerjisi ile çalışan jeneratör ise bekleme modunda yedek olarak bekleyecektir Herhangi bir sistem arızası ortaya çıktığında biyokütle jeneratörü, bir baz santrali olarak dengeyi sağlamak için anında devreye girecektir. Biyoenerji sağlamada yedek olarak kullanılabileceği gibi, ana kaynak olarak da kullanılabilmektedir.

Dünyadaki mevcut şebeke sistemleri, güneş, rüzgar, dizel vb gibi güç sistemlerinden oluşuyor. Dünyada güneş, rüzgar ve biyokütle enerjisi hibrit güç sistemleri teorik olarak araştırılmakta ve uygulanmaya yönelik çalışmalar üzerinde durulmaktadır. Özellikle Afrika ve Asya'da ki gelişmekte olan bazı ülkelerde hibrit yenilenebilir enerji sistemlerin uygulanması bu sistemlerin yaygınlaştırılması açısından önemli olabilecektir.

Bangladeş'in Benotia şehrinde (şekil 4.1) evler şebekeye bağlı değildir ve bu şehirde yaşayan insanlar elektrik enerjisine erişim istemektedirler. Bunun içindir ki, bu çalışmada Benotia ve Pabna'da FV-rüzgar ve biyokütle enerjisinden yararlanmak için hibrit tabanlı bir sistem planlanmıştır. Bu sistemin ile 250 kWp'lık güneş fotovoltaik paneli, 250 kW rüzgar enerjisi dönüştürücü sistemi, 1200 KWS akü şarj ünitesi ile 5x50kW biyokütle jeneratörden oluşturulması düşünülmüştür. Bu sistemin kurulumunun gerçekleştirilmesiyle 200 konutun, 10 dükkan ve devlet ofisini; elektrik enerjisi sağlanabilecektir.

Genellikle bu çevrede her evin birden fazla ineği vardır. Bizim önerdiğimiz sistemin yanında da bir inek çiftliği var. Çiftçiler projeye inek gübresi satmaya hazırlar. Bu durumda bizim teknisyeniyiz gübreleri satın alabilir veya onlar bunları kendileri getirebilirler, bunun maliyeti düşüktür.



Şekil 4.1 Benotia köyü haritası (Google map, 2015) .

Anket farklı yerlerde yapıldı ve anketi yürütmek için bazı sorular sormaya ihtiyaç vardır. Anket bu soruları takiple yürütülecektir.

Kırsal alanda yaşayan insanlar hangi biogaz ve güneş enerjisi sistemlerini satın almaktadır?

Bir kullanıcı için günlük yük profili nedir?

Hangi tür yük güneş sistemine bağlanmaktadır?

STK lar satış sonrası müşteri desteği nasıl sağlıyorlar?

Pahalı olan ev güneş sistemlerini alan müşteriler için ödeme planı ne?

STK lar tarafından sağlanan destekten müşteriler memnun mu?

Müşterilerin günlük tüketim değerlendirmeleri nasıl?

Güneş ve biogaz enerji sistemlerine sahip olmayanlar hayatlarını nasıl devam ettiriyorlar?

Anket farklı yerlerde yapıldı. Benatio koyunun pazarında, Güneş sistemini kullananlar farklı tip dükkan sahipleri (Çay bahçesi, Berber, Sağlık ocağı vb.)

Bu dükkanlar birlerine çok yakınlar, yalnızca 50 metre mesafede 15 dükkan konumlanmış. Evler de pazar yerinin çok yakınında. Burada iki tip kullanıcı vardır; Evlerinde 1 tip batarya depolama sistemi var fakat bu sistem en yüksek kullanım için yeterli olmuyor. Onlar şebekeden ekstra elektriğe ihtiyaç duyuyor. Diğerlerinin de depolama sistemleri yoktur, onlar şebekeye bağlıdırlar. Önerilen/geliştirilen mikroşebekelerle tüketiciye merkezi kontrol sisteminden elektrik sağlayabilmektedir. Bu yüzden bu konsept buralarda rahatlıkla uygulanabilir.

Pabna ilçesinde yük talebini sağlamak için bizim bu çalışmada yaptığımız bir simülasyon gibi bir vaka çalışması yapılmıştır. Pabna ilçesi Bangladeşin kuzeydoğusunda bir ilçedir. Rajshahi bölgesinin en güneyin ve idari başkenti adını verdiği Pabna şehridir. Pabna, Rajshahi bölgesinin güney-doğu sınırını oluşturur. Sirajganj ilçesi kuzeydoğuda, padma nehri ise, Kutsal nehir Ganj nehrinin ana kolu, Güneyde Rajbari İlçesi ve Kushtia İlçesi'ni ayırır. Januma nehri Manikgonj şehrinden doğu sınırı boyunca akar. Kuzeybatıda Natore İlçesi ile ortak bir sınırı vardır. Maksimum sıcaklık ortalaması 36,8° C, en az 9,6 °C; Yıllık yağış 1872 mm'dir.

Bu bölgenin seçilmesinin sebebi bu köyde Biyokütle enerji kaynaklarının kullanılabilir olması ve aynı zamanda güneş ve rüzgârın olmasıdır. Bu 3 yenilenebilir enerji kaynağının var olduğu uygun bir yer bulmak çok zordur. Biz akıllı şebeke ile yaklaşık bir mikro ızgara oluşturabiliriz. (Her inek verimi = 10 kg gübre / gün , gübre verimi 1 kg = 0.037 m³ gaz , biyogaz her metreküp (m³) kalorifik enerjinin 6 kWh eşdeğer içerir (Habibullah vd., 2014).

Ancak, biyogazı elektriğe dönüştürdüğümüz zaman, bir biyogaz destekli elektrik jeneratöründe kullanılabilir elektriğin yaklaşık 2 kWh alınabilir ve geri kalanı da ısıtma uygulamaları için kullanılabilecek ısıya dönüşür.

Bangladeş, ortalama ev geliri 15.000 taka (Bangladeş para birimi) dır. Nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu ve işçilik maliyetinin çok düşük olduğu bir ülkedir. Her ürün kolayca kullanılabilir. Bu bölgede insanların çoğu çiftçidir. İnsanların çoğunda

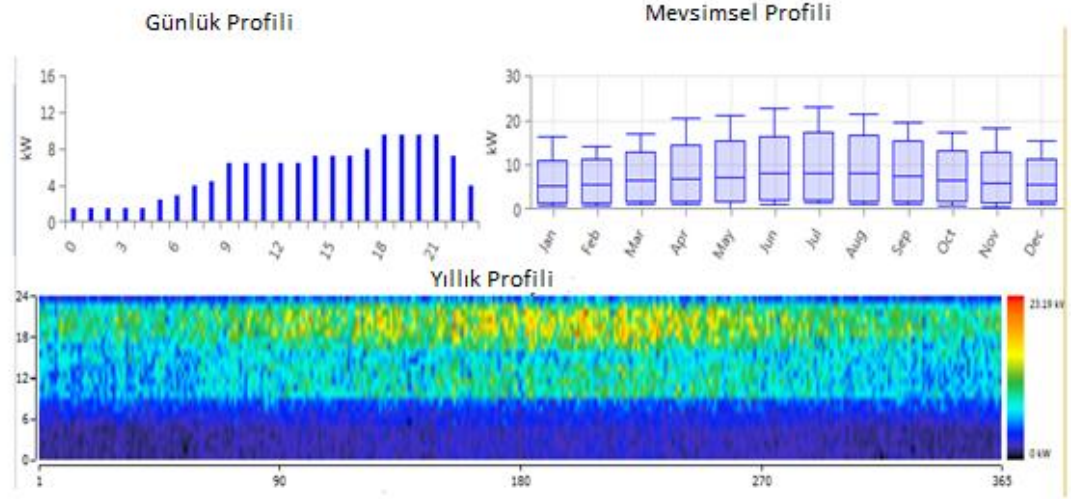
inek vardır. Bazı STK'lar (sivil toplum kurumları) onlara buzağı verir ve onlar hayvancılığı gözlemler. Onlar da onların bazı aşı ve eğitimlerini sağlar.

Görünüşe göre bu köyde kümes hayvanları, tarım işçisi olan birçok ev vardır. Bu açıdan hibrit çözümler köy için idealdir. O bölgedeki ailelerin elektrik almaya paraları var ama elektrik şebekesi yok. Elektriği olanlar varsa onlar çeşitli elektrikli makine teçhizatı ile kumaş, konfeksiyon ve diğer üretim için daha verimli işler yapabilir. Ancak, mevcut durumda onlar büyük ölçüde sığır, kümes hayvanları, süt ve çiftçiliğe dayalı tarımsal gelire bağlıdır.

4.3 Hibrit Sistem Girişler Optimizasyonu

Bu tezde amacımız 200 ailelik bir topluluğun yük talebini karşılayabilmektir. Bu tezde kullanılan önemli yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, biyogaz ve rüzgârdır. Yedekleme ve pil bankası olarak biyogaz jeneratör, enerji sistemi için ve enerji depolama enerji sistemleri için de kullanılmıştır. Rüzgar türbini ve biyogaz jeneratör, doğada alternatif olarak AC tip gerilim üretirken FV panellerden çıkış DC tipindedir. Temelde alternatif akım tipi yükü DC'ye dönüştürerek aküleri şarj edebilen ve akülerdeki yükü de tekrar AC akıma çevirebilen çift yönlü dönüştürücüler bu konfigürasyon için uygundur. Tüketiciler tarafından gerekli olan tüm yükler AC türündedir. Yazılım için giriş değerleri boyut ve miktar olarak ifade edilmiştir. Rüzgar türbinlerinde, aküler güç sistemi bileşenleri olup miktar açısından değişirken , güneş FV, Jeneratör ve dönüştürücü boyut açısından değişen diğer bileşenlerdir.

Simülasyonda biz bir tane 10 KW rüzgâr türbiniyle, 10 KW FV sistemli bir adet 15 KW jeneratör kullandık. Sonra optimum sonucu elde edebilmek için çeşitli hassas analizler yaptık.



Şekil 4.2 Yıllık ve Günlük Köyün Enerji Yükünün Profili Şeması

Birincil yük talebi Şekil 4.2’de belirtilmiştir, elektrik yük profili gün içinde değişmektedir. Yük talebi gece yarısından sabaha kadar, 00-6.00 saatleri arasında neredeyse sıfırken sabahleyin saat 7.00-9.00’dan itibaren yükselmeye başlar. Akşamları da, özellikle geceleri saat 23.00’dan başlayarak, maksimuma ulaşır. Bu şema elektriğin aydınlatma amaçlı tüketildiğini açıkça göstermektedir.

Net Mevcut Maliyet (NPC -Net Present Cost) ve Enerji Maliyeti bileşenlerin seçiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu HOMER simülasyonunda üç tür maliyet vardır. Birincisi, bileşenlerin İlk sermaye maliyeti: Bu projenin başında bileşeni satın almak ve yüklemek için gereken toplam maliyettir. İkincisi, O & M maliyeti: Sistemin bakımı ve işletilmesi için gerekli olan maliyettir. Üçüncüsü yerine koyma maliyeti: Bu maliyet bileşenlerin başlangıç maliyetinden şu nedenlerden dolayı, farklıdır. 1. Her döngünün sonunda bütün bileşenlerin değişmesi gerekmemektedir. 2. Donorların maliyetleri ilk maliyeti düşürebilir veya ortadan kaldırabilir.

4.3.1 FV Boyutu ve Maliyeti

Güneş panelinin Jetion –Solar Şirketi tarafından her biri 250 W kapasiteye sahip 4 güneş modülünden oluştuğu ve gücünün 1kW olduğu kabul edilmiştir.

Seçilen paneller 14 ila 15% verimliliğiyle çalışmaktadır. JT305 PM model olarak bilinen poli-kristalin silikon yapımıdır. Fiyatları € 0,456'dan başlamaktadır. / Wp (PV panel data, 2015).

Bu yazıda kurulum maliyeti FV bedelinin% 55'i olarak kabul edilmiştir ve işletme ve bakım maliyeti de yılda % 1 olacaktır (Akella vd ., 2010). Burada yazılan st ve alt sınır değerlerinin ortalamasına göre olan FV yükleme maliyetini (2.650 \$ / KW) dikkate almıştır. HOMER'e girilen panel boyutları kW'dır ama m² değildir. Bundan dolayı verimliliği bir girdi olarak ele alamayız.

4.3.2 Rüzgâr Türbininin Boyutu ve Maliyeti

Bu tez çalışması için alınan rüzgâr türbini 10 kW güç derecesindedir. Qingdao Enerji Verici Ekipmanları Ltd.şti (in) tarafından imal edilmiştir. (Weaver vd., 2008) 'de gösterildiği gibi rüzgâr türbininin O & M maliyetinin ilk sermaye maliyetinin yaklaşık %2'si olması önerilmiştir. Rüzgâr türbinlerinin toplam kurulum maliyeti Avrupa ve in'de 2011 yılından bu yana kurulan rüzgâr türbinlerine göre tahmin edilmiştir. Toplam kurulum sermaye maliyeti in için ortalama 1050 \$ / kW dan 1350 \$ kadar belirlendi. Avrupa için ise ve o 1800 \$ / kW ile 2050 \$ / kW arasında oldu (Taylor, 2012). Bu tezde yükleme maliyeti yaklaşık olarak 1.100 \$ / kW alınmıştır. Bu durumda 20 yıl hizmet ömrü sonrasında rüzgâr türbininin yenilenmesi maliyetinin sermaye maliyetinin yaklaşık % 70'i olduğu düşünülmüştür. Sırasıyla 45.000, 40.000 ve 500 tutarındaki sermaye maliyeti, Yedek maliyeti ve O & M maliyeti aralığında (0 ila 4'e kadar), dört seçenek verdik.

4.3.3 Ak Maliyeti ve Boyutu

Kullandığımız ak diğer aküler gibi yan sisteme sahiptir. Akünün şarjı minimum seviye düşmemesi için her zaman şarj durumundadır. Önerilen Minimum ak seviyesi yüzde 30-50 arasındadır. Seçilen akünün kullandığı marka HOMER aracı üreticisi olan Rolls markasıdır. Genel 1 KWh Li-ion olarak seçilmiştir. Seçilen batarya nominal kapasitesi, tek pil için 6V gerilim ve 3000kWh şeklinde enerji

depolamaktadır. Maksimum şarj akımı 167Ah'dır. Ve şarj en az % 40'da sabit durması gerekmektedir. Kabul edilen Akü Miktarı: 1, 2, 5, 20, 25'tir. Akünün maliyeti: 480 \$ / Akü ve Yenilenme Maliyeti: 400\$ / akü. İşletme ve bakım maliyeti: 10 \$ /yıl şeklindedir.

4.3.4 Biyogaz Jeneratör Boyutu ve Maliyeti

Biyogaz jeneratörleri farklı türlerde piyasada mevcuttur. Biyogaz jeneratör seçimi yük tipine, güç kapasitesine, piyasada en düşük fiyata ve yakıt tüketimi kısıtlamalarına göre alınacaktır. Piyasada Biyogaz jeneratörleri maliyeti 17.500 \$ ile 5500 \$ / kW arasında değişmektedir (Generator Price, 2015). Jeneratörün kapasiteye uygun bulunması halinde simülasyona tabi tutulacaktır.

Bu tezde jeneratörün maliyeti 400 \$/ kW olarak seçilmiştir. Sermaye maliyeti 400 \$ / KW ve Değiştirme maliyeti 350 \$/kW olarak alınmıştır: O & M maliyeti ise 0,030 \$ / saat olarak alınmıştır.

Güç dönüştürücü AC ve DC güç sistem bileşenleri arasındaki enerji akışını korumak için gereklidir. Invertör nominal gücü seçtiğimiz için eşit veya daha büyük ve yoğun seviye yük olmalıdır. Dönüştürücü Sermaye maliyeti 750 \$ olarak alınmıştır. Yenilenme maliyeti sermaye maliyetinin% 65'i olan yaklaşık \$ 550 olduğunu görülmektedir. Dönüştürücü verimliliği% 90 civarında olup dönüştürücü ömrü 15 yıl sona erecektir.

4.4 Köyün Elektrik Yük Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında Bangladeş'in özellikle Pabna bölgesinde, Haziran ve Temmuz ayları haricinde yıl boyunca elektrik tüketimi verileri değişmez. Bu tezde, köy topluluğunun elektrik yükü taleplerine göre üç ana kategoriye ayrılmıştır. Aydınlatma, TV, Radyo ve vantilatör ev grubuna girmektedir. Aydınlatma, masaüstü bilgisayar, yazıcı ve vantilatör okul grubuna girmektedir. buzdolabı, radyo, TV, ampül ve vantilatör dükkân grubuna girmektedir. Elektrik kullanımı şehirdeki

kullanımdan doğal köy olması sebebiyle düşüktür. Bu nedenle bu bölgeye enerji sistemini rahat ve sorunsuz bir şekilde kurabiliriz.

Köyün enerji harcaması: Köy, 200 haneden oluşmaktadır. Her hane de ortalama 5 kişi yaşamaktadır. Toplam nüfus sayısı 1000 kişi olarak hesaplanmıştır. Köy insanların ekonomik durumları pek iyi değildir. Kullandıkları cihazlar yoksulluk sebebiyle düşük fiyatlı malzemelerdir. Bir hane en az 1 ampul ve 1 radyo kullanmaktadır.

Eğitim her milletin can damarı olmuştur. Ülkelerin sosyo-ekonomik olarak kalkınması için kaliteli eğitim gerekmektedir. Her aileden en az 2 çocuk okula gitmektedir. Bölgenin okulunda ilkokul seviyesi için 5 sınıf bulunmaktadır. Ayrıca 2 idari odanın içinde 2 bilgisayar (60 W) 1 yazıcı (50 W) 2 tanede lamba (7 W) bulunmaktadır. Okulda toplam 7 oda bulunmaktadır. Gündüzleri dersler olduğu sınıflarda lambaya gerek duyulmamaktadır. Elektriğin çoğu bilgisayar ve yazıcıya gitmektedir.

Sağlık kliniği köy için çok önemlidir. Genellikle sağlık kliniğinde küçük hastalıklar, doğum ve basit tedavili işlemler yapılıyor ve farklı hastalıklar durumunda hasta şehir hastanelerine gönderiliyor Bu klinikte elektriği kullanan başlıca aletler düşük enerji ampuller, haberleşme cihazları, radyo, televizyon, bilgisayar, yazıcı, laboratuvar mikroskop ve aşı dondurucusu bulunmaktadır. Sağlık ocağı danışma ve tuvalet de dahil olmak üzere toplam 5 odaya sahiptir. Fakat klinik sadece gündüzleri çalıştığı için geceleri sadece 5 W LED lamba dışında çalışıyor.

Bangladeş'te bir ev için önerilen düşük enerji Işık Yayan Diyot (LED), kişisel ev aletleri olarak radyo veya kaset kaydedici, TV, Fan ve buzdolabıdır. Bangladeş'te en fazla elektrik harcayan ev aleti buzdolabıdır. Ev aletleri için tavsiye edilen enerji tüketimi 3 ünite 5W LED lamba, oturma odası için 2 ünite ve 5 saatlik dışarı kullanımı için 1 ünite, (18.00 dan 23.00'a) kadardır. Saat 18.00 'dan 21.00'a kadar 3 saat faaliyet gösterecek 5W telsiz önerilmektedir. 65W 14 inç televizyon, 12.00 den başlayarak 14.00'a kadar ve 18.00'dan 24.00'a kadar. Bangladeş'te, hafta sonları ve

dini bayramlar olarak tanımlanan günlerde özellikle tarımsal alanlarda, yapılan faaliyetler vardır. Hafta sonları ve tatillerde yük taleplerinde normale göre artış yaşanacaktır. Çünkü TV ve radyo normal kullanımdan daha çok açık kalacaktır. Bu süre zarfında televizyon 14 saat işlev görecektir 08.00'den 22.00'a kadar ve radyo 6 saat için eğlence amaçlı olarak 06.00'dan 12.00'a kadar kullanılacaktır.

Köy, şu enlem ve boylam da yer almaktadır: 24,082230 N, boylam: GMT +6 89,679654 ve zaman dilimini: GMT +6:00 dır. Ne kadar güç gerektiğini elde etmek amacıyla solar güneş panelleri tarafından HOMER yazılımı içine kw/m^2 birimlerinde güneş enerjisi kaynaklı ölçülen verilerin girilmesi gerekir. Güneş enerjisi, rüzgâr ile aynı hızda aynı yıl ve aynı bölgede ölçülür. Rüzgâr hızı 50 metre ve 30 metre yükseklikli rüzgar direklerinde ölçüldü ama bu yazıda kullanılan veriler sadece 30 metre yükseklikli direklerle ölçülen verilerden alındı.

4.5 Sistem Optimizasyonu ve Seçim Senaryoları

Homer simülasyonunun enerji sistem bileşenlerini farklı yapılandırmasına rağmen yine de ekstra detaylı analizi için uygulanabilir güç düzeni senaryoları görüntüleyebilir. Bu yazıda 6 tasarım parametresi ve 90720 potansiyel tasarımları vardır. En ileri analiz verilerini ve optimum sistemi bulma olanağını artırmak için. önerilen yedi farklı senaryo vardır. Yüksek yenilenebilir fraksiyonun, daha az NPC, daha az COE, daha az kapasite sıkıntısı, daha küçük aşırı elektrik ve minimum yakıt tüketimi ile Güç düzenleri, uygun değer sistem olacaktır. Masanın 5.1 simülasyon sonucu, aynı veri değerlerine dayalı önerilen senaryoları en düşük maliyetli sonuçlar arasından ve tekno-ekonomik açıdan aynı değişken durumlarda kullanıp karşılaştırmak için vardır.

- Solar PV-rüzgar türbini-Jeneratör aküsü- Dönüştürücü (senaryo A)
- Rüzgar Jeneratörü- jeneratör- pil şarj ünitesi- - Dönüştürücü (senaryo B)
- Solar PV-Jeneratör- Dönüştürücü (senaryo C)
- Solar PV-rüzgar türbini-jeneratör- Dönüştürücü (senaryo D)

Bu bölümün optimizasyon bölümünde, daha az NPC ile güç düzenlerinin farklı konfigürasyonları, enerji ve ilk sermaye maliyetinin minimum maliyetli sistem fikri ile seçilmiş olması gerekiyordu.

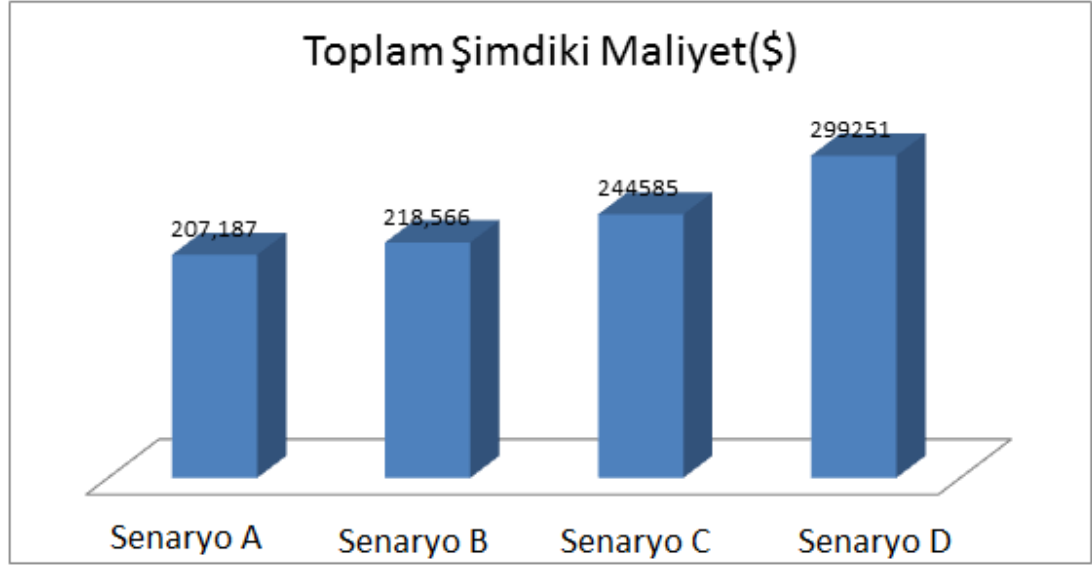
4.6 Ekonomi güç sistemi senaryolarının karşılaştırılması

Maliyet etkin sistem Çizelgesunda 4.1’de görüntülenir. En iyi enerji sistemi olan NPC ve COE, yüksek yenilenebilir fraksiyonu, daha az kapasite sıkıntısı, daha az aşırı elektrik ve daha az yakıt tüketimine dayalı olacak şekilde seçildi.

Çizelge 4.1 Kategorize Simülasyon Sonucu

Architecture						Cost				System	Biogas Generator			PV	
						COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Hours	Production	Fuel (L)	Capital Cost	Product
						\$0.219	\$161,867	\$8,684	\$49,600	79	3,735	40,792	4,141	30,000	22,714
						\$0.243	\$179,270	\$12,351	\$19,600	79	6,383	58,560	4,768		
						\$0.281	\$207,187	\$9,483	\$84,600	80	3,640	40,560	4,061	20,000	15,142
						\$0.296	\$218,566	\$11,910	\$64,600	73	4,968	54,307	5,371		
						\$0.331	\$244,585	\$17,837	\$14,000	76	8,760	69,227	6,087	2,000	1,514
						\$0.405	\$299,251	\$18,584	\$59,000	77	8,736	66,863	5,942	2,000	1,514

Belirtilen parametreler için birincil yük olarak 156.50 kWh/gün, gübre fiyatı \$1 /ton, % 10 maksimum kapasite sıkıntısı ve% 40 minimum yenilenebilir fraksiyon, tekno-ekonomik uygulanabilir güç sisteminin karşılaştırma parametreleri aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

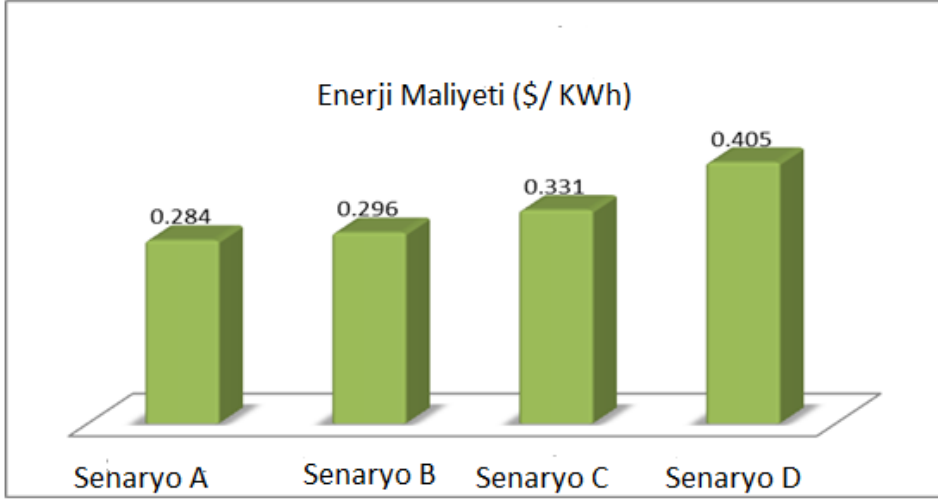


Şekil 4.3 Bugünkü maliyeti dayanarak senaryoların karşılaştırılması

Şekil (4.3)'de sistemler mimarisi (senaryo A) bugünkü maliyeti yaklaşık 2,07,187\$ kadardır ve tüm diğer senaryolardan daha az maliyetlidir. Sıradaki sistem senaryo B,daha az NPC ile çalışmakta ve diğer senaryoların maliyeti (B,C,D) sırasıyla artmaktadır. B,C,D senaryolarının Senaryo A ya göre bugünkü maliyetleri artıyor. B,C,D net bugünkü maliyetleri sırasıyla \$218566, \$244585 ve \$299251.

4.6.1 Enerji Maliyeti Dayanarak

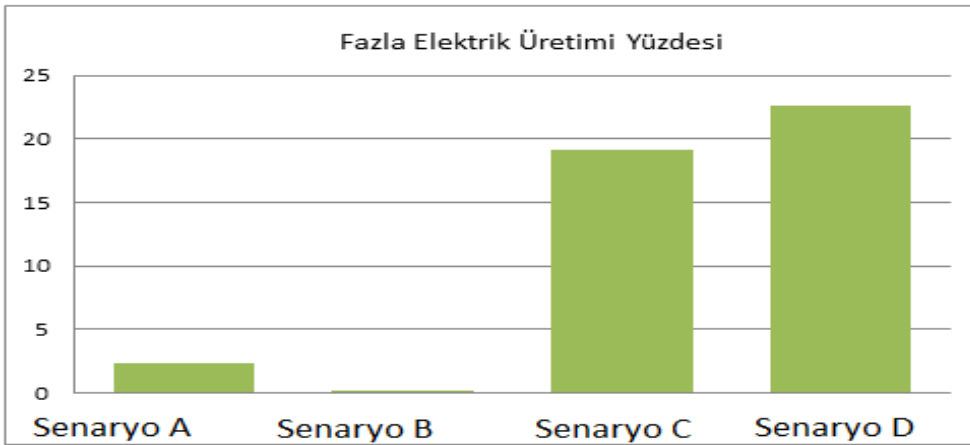
Detaylı bilgi almak için COE diğer güç konfigürasyonları şekil 4.4'de yansıtılmıştır, senaryo A ve senaryo B küçük farklılıklarla hemen hemen aynı maliyettedir, Ancak tüm senaryolar arasında ki en küçük değer senaryo A içindir. Senaryo A için COE 0,284\$/kWh civarındadır, senaryo B, yaklaşık 0.296 / kWh, senaryo C için yaklaşık 0,331 \$/kWh, senaryo D için maliyet 0,405 \$ / kWh kadardır. Bu parametre karşılaştırma kriterleri dikkate alınarak, burada senaryo A tüm kurulumlardan en avantajlı ve hesaplı olanıdır. Bunun üzerine net mevcut maliyet ve enerji maliyeti, diğer ikincil karşılaştırma ölçütleri belirlendi ve aşağıda şekil 4.4'da gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Enerji maliyeti dayanarak senaryoların karşılaştırılması

4.6.2 Aşırı Elektrik Üretim Temel Alarak

Kabul edilmiş diğer karşılaştırma parametresi aşırı elektrik üretimidir. En düşük fiyat fazla elektrik enerji üretimi için en uygun sistemdir. En düşük en fazla elektrik üretilen bu yarışma kazanan olarak seçilmiştir; Senaryo B sadece 0,2% ile en düşük elektrik üretilen senaryo seçilmiştir.

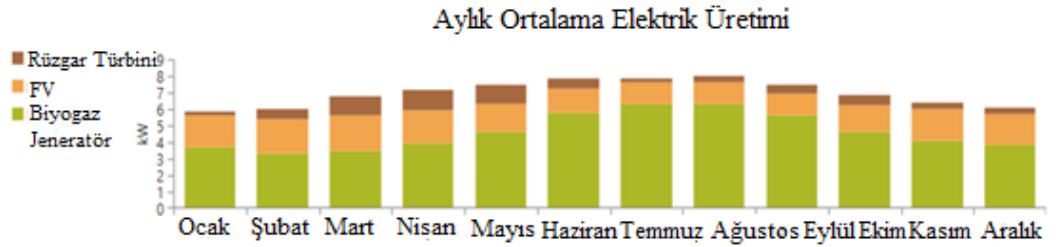


Şekil 4.5 Fazla elektrik üretimine dayanarak senaryoların karşılaştırılması

Fazla elektrik üretim tasarımcısı tüm kısıtlamalardan sorumluydu. Her ne kadar aşırı elektrik üretimi için kullanılmış ise yük talep daha fazla genişlerse ekstra maliyete maruz kalır. Fazla elektrik üretiminin sadece büyüklüğüne bakıldığında, senaryo B bu durumda seçilmiş iyi bir seçenektir. 10 % saatlik çalışma rezerv, güneş ve rüzgar değişimleri ve tasarımcı (opsiyon A) tarafından belirlenen kapasite sıkıntısı gibi tüm kısıtları dikkate alınarak yukarıda Şekil 4.5’de açıklanmıştır.

4.7 Seçilen Senaryo Optimizasyonu Analizi

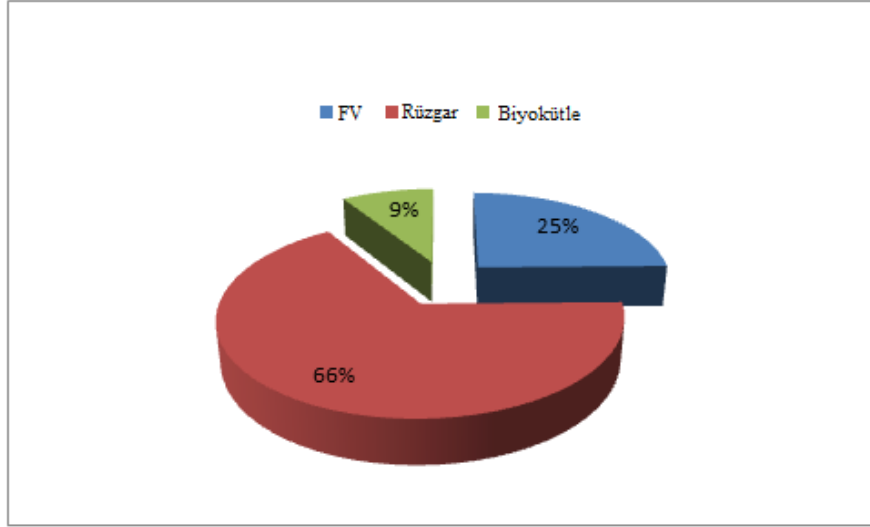
Bu sistem bileşenleri şunlardan oluşmaktadır; 10 kw lık bir rüzgâr tribünü, 10 kW lık fotovoltaik panel, 15 kW’lık dizel jeneratör, 20 ünite akü ve 15 kW’lık dönüştürücü 64 bit operasyon sistemli, 2,2 Ghz işletim sistemli, 4 GB RAM’li bir bilgisayar kullanılarak, 25 analiz içeren 90720 simülasyon oluşturuldu. Simülasyonun sonuçları bu karakterler için aşağıdaki (Şekil 4.6’de ki) grafikteki gibi geldi. Yıllık elektrik enerjisi üretimi, başlangıçtaki sermaye maliyeti, aşırı elektrik, karşılanmamış elektrik yükü, jeneratörün kapasite sıkıntısı, yıllık yakıt tüketimi ve çalışma saatleri vb. Bu senaryonun en önemli kriterleridir.



Şekil 4.6 Aylık ortalama elektrik üretimi

Bir aylık güç üretimi şekil 4.6’ de gösterilmiştir. Rüzgâr potansiyeli şu 4 ayda en yüksektir; Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran. Rüzgâr türbini tarafından elektrik güç üretimi şu üç ay içerisinde en düşüktür. Ocak, Kasım, Aralık. Yıl boyunca bütün güç üretim uygulamaları kullanılmaktadır. Fakat hiçbirisi zirve yapmamaktadır.

Fotovoltağin gece çalışmaması ve yenilenebilir enerji kaynağının aküsünün yeterli olmaması nedeniyle, dizel jeneratör bütün yıl boyunca çalışır durumda olmalıdır.



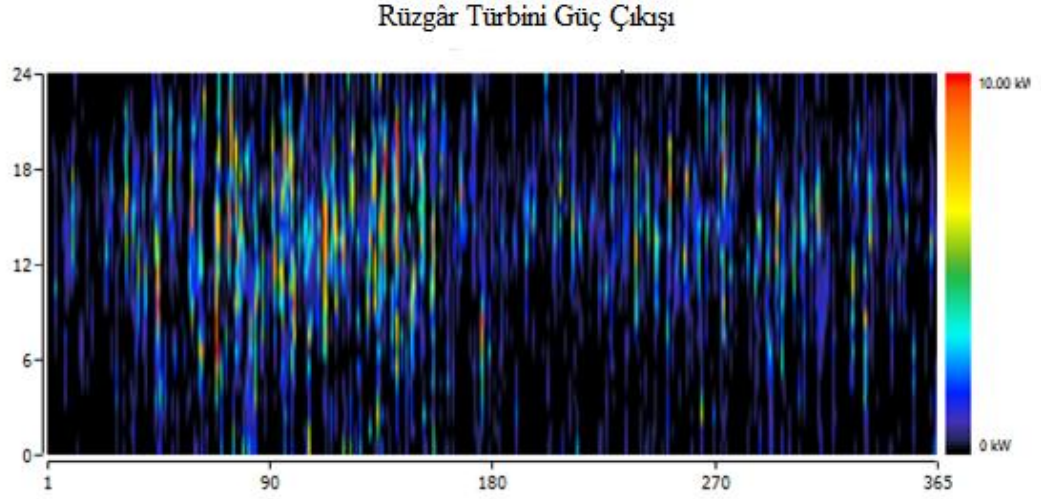
Şekil 4.7 Tüm sistem bileşenlerinin güç üretimi yüzde olarak

hibrit sistem için tüketimleri verilmiştir. FV hesaplamaları için; 25% (15142 kWh/yıl), rüzgâr tribünü için; 9% (5509 Wh/ yıl), jeneratör için; 67 % (40560 kWh/yıl)'dır.

Çizelge 4.2 Rüzgar Türbini Şeması Sonucu

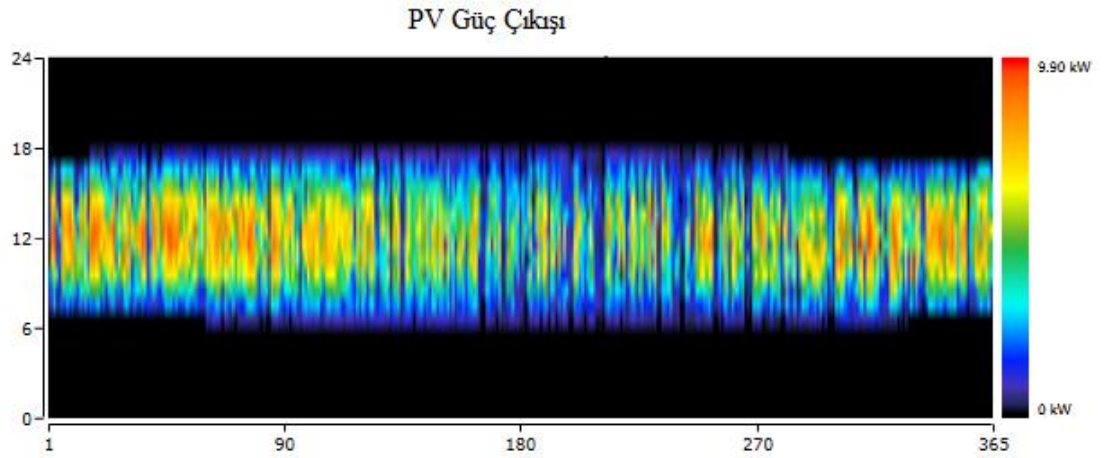
Miktar	Değer	Birim
Toplam Nominal Kapasite	10	KW
Çıkışı ortalama	0.63	KW
Kapasite Faktörü	6.29	%
Toplam Üretim	5,509.40	KWh/yr
Minimum Çıktı	0.0	KW
Maksimum Çıktı	10.00	KW
Rüzgar Penetrasyon	9.64	%
Çalışma saatleri	5684.00	Hrs/yr

Miktar	Değer	Birim
Değere Getirilmiş Maliyet	0.80	\$/KWh



Şekil 4.8 Bir Yıl İçinde Rüzgâr Türbini Güç Çıkışı

Rüzgar tribünü tarafından elektrik üretimi Şekil 4.8’de ve Çizelge 4.2’de yansıtılmıştır. Rüzgâr tribünü tarafından elektrik üretimi yaz aylarında yüksek ve yağmurlu sezonda normaldir, en yüksek rüzgâr gücü elektrik üretimi Kasım ayında dır. Rüzgar tribününden en yüksek çıkış 10 kW, en az 0 kW’dır. Rüzgâr tribünü için değer maliyeti 0.80 \$/kWh’dır.



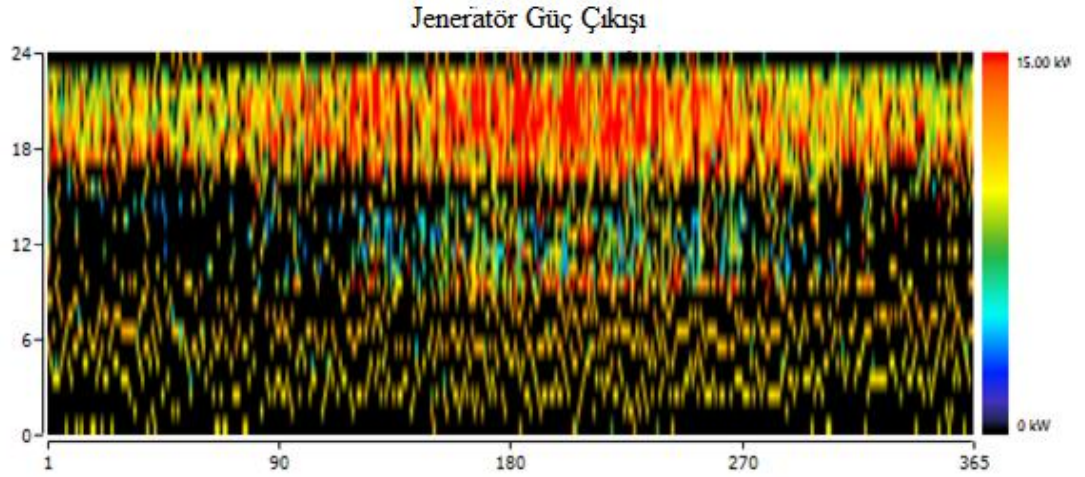
Şekil 4.9 Bir Yılda PV Güç Çıkışı

Çizelge 4.3’ de FV tarafından elektrik üretimi yansıtılıyor. Şekilde de gördüğümüz gibi Güneş radyasyonu Mart ayında meydana gelir.Ortalama güç yaklaşık olarak 1.73 kW civarındadır.Gökyüzünün yeterince temiz olduğu zamanlarda ise güç çıkışı 10 kW’dır ,güneşsiz zamanlarda en küçük güç çıkışı 0 kW dır.Bu sistem için elektrik maliyeti 0.11 \$/kWh dır.

Çizelge 4.3 PV Şeması Simülasyon Sonucu

Miktar	Değer	Birim
ToplamNominal Kapasite	10	KW
Çıkışı ortalama	41.49	KWh/d
Kapasite Faktörü	17.29	%
Minimum Çıktı	0.0	KW
Maksimum Çıkış	9.90	KW
Fotovoltaik Penetrasyon	26.50	%
Çalışma saatleri	4373.00	hrs/yr
Değere Getirilmiş Maliyet	0.11	\$/KWh

Biyogaz jeneratörü için güç üretimi (Şekil 4.10)’de ve (Çizelge 4.4) de yansıtılmıştır. Hibrit sistemde kullanılan 15 kw’lık biyogaz jeneratörü için ortalama güç çıkışı 11.14 kW’dır ,en küçük elektrik çıkışı 3.75 kW dır.Bu sistem bir yıl içerisinde 2.356 saat çalışabilir ve 15 yıl kullanılabilir.



Şekil 4.10 Jeneratör Güç Çıkışı

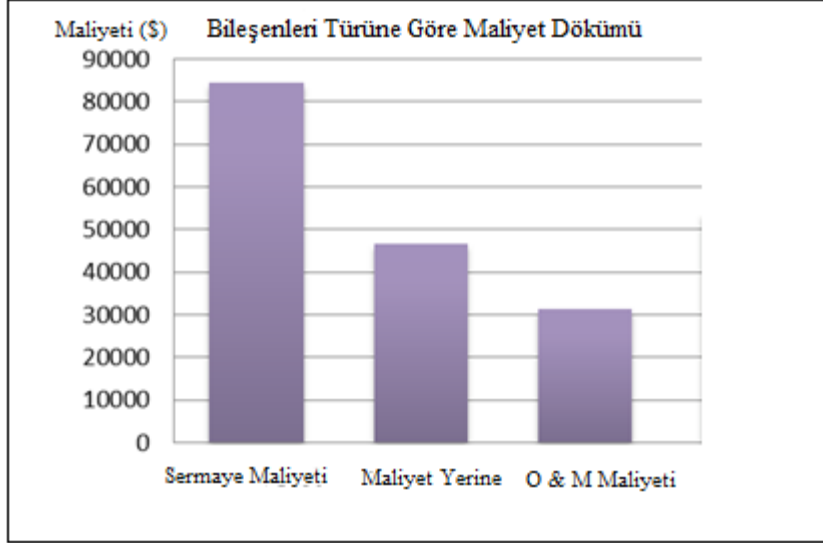
Çizelge 4.4 Jeneratör Şeması Simülasyon Sonucu

Miktar	Değeri	Birimler
Asgari Çıktı	1.73	KW
Çıkışı ortalama	11.14	KW
Kapasite Faktörü	30.87	%
Minimum çıkış gücü	3.75	KW
Maksimum Çıkış	15	KW
Çalışma saatleri	3640.00	hrs/yr

4.8 Maliyet Özeti

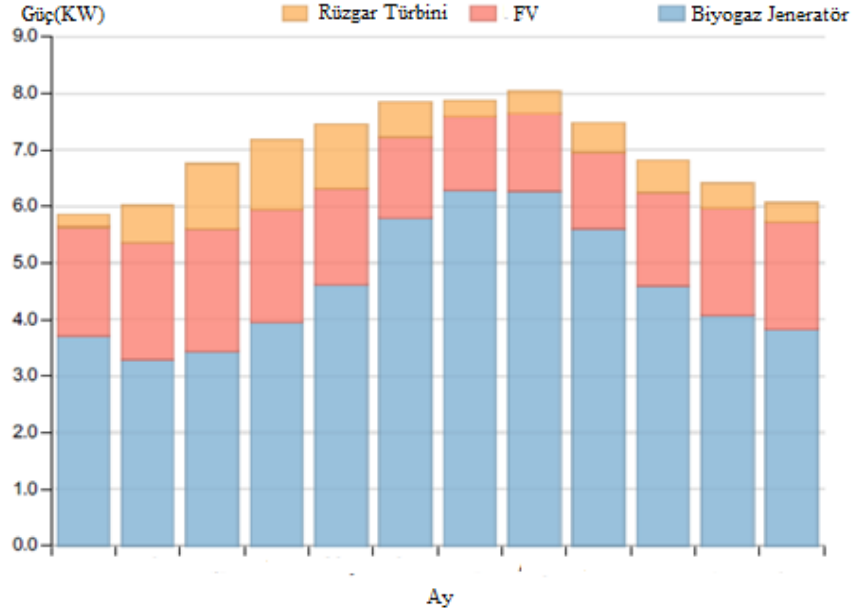
En büyük maliyet kazanımı yaklaşık \$ 94770 toplam maliyeti ile jeneratördedir. Ondan sonra Rüzgâr Türbini 57.029 \$ civarında olan maliyetiyle ikinci en yüksek toplam NPC yi aldı. Batarya 27,944\$ lük maliyeti ile üçüncü sıradadır onu 21,293\$ maliyetiyle solar FV ve 61,050\$ maliyetiyle dönüştürücü izler.

Şekil 4.11' bileşenleri hibrit güç düzeni için akış özeti maliyeti sunuyor. Bu grafikten toplam sermaye maliyeti, maliyet yerine, O ve M maliyeti sırasıyla \$84,600, \$46840 ve \$ 31,517 olarak hesaplanır ve yaklaşık enerji maliyeti 'nin 0.2822\$ / kWh olduğu fark edilir.



Şekil 4.11 Bileşenleri türüne göre maliyet dökümü

Jeneratör 595,938\$ maliyetiyle tüm toplam sermaye yatırım bileşenleri yanında ikinci en yüksek maliyet ile katkıda bulunur. Rüzgâr tribününde en yüksek katkı 829,858\$ ile NPC' dedir. Sırasıyla 278,400\$ ve 120,000\$ maliyet paylaşımlarıyla sistemin dönüşümüne 3. en yüksek katkıda FV bulunur. COE sistemindeki farklılık yukarıdaki listeden çok fazla değildir. Bileşenler arasındaki en büyük yeri kaplayanlar sermaye tüketimi ve yakıttır bunu takiben yenileme ücretidir.



Şekil 4.12 Aylık ortalama elektrik üretimi

Toplam Yük tüketimi 57.120 KWh / yıl kadardır. Belirgin bir şekilde biyogaz Jeneratör elektrik üretimi birinci sıradadır ve bunu FV ve rüzgâr üretimi takip eder. biyogaz jeneratör vasıtasıyla yıl boyunca daha çok elektrik üretilir. Buna ek olarak, Temmuz ve Ağustos aylarında biyogaz üretim zirvededir, 6 kW ın biraz üzerinde bir tutarla ve en düşük üretim Şubat ayında oldu. Fotovoltaik 'den elektrik üretimi Şubat ve Mart aylarında yüksek iken Mart-Ağustos aylarında rüzgârla elektrik üretiminden zirve yapıldı. Bu veriler 4.12' de gösterilmiştir.

4.9 Toplam Sistem Sonucu

Ağın boyutu ve hibrit sistemler için ödeme planı: İki tür tüketici vardır, evlerinde bir akü depolama sistemi olanlar ve herhangi bir sisteme sahip olmayanlardır. Son olarak, toplam sistem maliyeti 84600\$'dır. Yenileme maliyeti 47,606\$, O ve M maliyeti 30854\$, hurda maliyeti 10124\$'dır. Toplam Proje maliyeti 208,450\$'dir. İlginçtir ki toplam NPC 208,450\$ ve seviyelendirilmiş maliyet 0,2822\$'dir.

İki gün boyunca destek sağlamak için, merkezi kontrol ünitesi akü kapasitesi 2934 Ah ve PV büyüklüğü 2.5 kW olmalıdır. Yenilenebilir enerji ekipmanlarının fiyatı çok yüksek ve gelişmekte olan ülkelerde insanlar için satın almak neredeyse imkânsızdır. Fakat Mikro kredi tabanlı iş modeli Bangladeş yeşil enerji sektöründe önemli bir rol oynayabilir. Eğer bazı mikro kredi programları düzenlenirse fakir insanlar da alım gücüne kavuşurlar. Müşteriler paralarını taksitle geri ödeyebilir. Ayrıca, IDCOL gibi bazı sivil toplum kuruluşları mikro kredi için finans sağlamaktadır İnsanlara bazı yıllık faizli krediler verilebilmektedir ve farklı şirketlerin farklı uygulamaları var ancak genelde ilk peşinat verdikten sonra 3 yıl içinde ödeme geri yapılması gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji sistemleri tüm dünyada iş kapıları açmaktadır. Güneş, rüzgâr, biyokütle ve karma enerji sistemleri birçok olası iş fırsatının kapısını aralamaktadır. Ayrıca Asya, Afrika ve Güney Amerika'daki gelişmemiş ülkelerin birçoğu güvensiz elektrik kaynağı sorunlarıyla yüzleşmektedir. Kırsal elektrik dağıtım sistemleri enerji verimliliği ve güvenilirliği dikkate alarak tasarlanmalıdır.

4.10 Çevre ve Pazar

FV ve rüzgâr teknolojisi, dünyanın en hızlı gelişen güç elde etme teknolojisidir. 100'den fazla ülkede hali hazırda uygulanmıştır. Sadece 2014 yılında, tahminen 40 GW enerji kapasitesine 51 GW daha eklenmiştir. Rüzgâr enerjisiyle şu anda toplam enerji üretimi 117 GW civarındadır ve bu veri geçmiş 5 yılda kurulandan 10 kat daha fazladır. Çizelge 4,1'de Dünyada var olan yenilebilir enerji ve üretim şekilleri gösterilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere, en çok enerji su gücünden; 2014 yılında 1055 GW ve 2014 yılında 37 GW daha üretildi. Ardından rüzgâr enerjisi, 370 GW 2014 yılı sonuna kadar kurulmuştur. Diğer enerji kaynakları dikkate değer miktarda elektrik enerjisi üretmemektedirler. Fotovoltaik güneş pili, okyanus dalgası gücü, jeotermal enerji ve biyoenerji alanında sırasıyla 177 GW, 0,5 GW, 12,8 GW ve 93 GW olarak verilmiştir. Çizelge 4.5'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Toplam mevcut dünya yenilenebilir enerji üretim senaryosu (Bhandari, 2013)

Enerji üretimi (GW)	2014 boyunca	2014 sonunda
Biyo Enerji	5	93
Jeotermal Enerjisi	0.6	12.8
Hidroelektrik	37	1055
Güneş Fotovoltaik	40	177
CSP	0.9	4.4
Rüzgar Enerjisi	51	370

Şüphe yoktur ki, araştırma ve yatırımlar düzenler olarak artmaktadır. Kooperatif araştırma geliştirme faaliyetleri devletlerinkilere göre biraz daha fazladır. 2014 sonunda toplam yatırım neredeyse 270.2 milyar doları yani 2004 yılındaki değerinin neredeyse 5 katını bulmaktadır.

İlginçtir ki, insanlar bugünlerde yatırımlarını yaparken diğer kaynaklara göre, fotovoltaik güneş teknolojisine daha çok güvenmektedirler (150 milyar dolar güneş enerjisi, 99.5 milyar dolar rüzgar). Paranın kalanı biyokütle, biyoyakıt, su enerjisi, jeotermal enerji ve okyanus enerjisine harcanmaktadır. Ayrıca güneş enerjisi yatırımı diğer yıllarla göre yapılmış en yüksek düzeyde yatırımlara sahiptir. Güneş pili teknolojisi dünya çapında günden güne daha da popülerleşmektedir. 2004 yılında 177 GW gücünde inşa yapıldı ancak sadece 3.7 GW kadardı 2004 yılındadır. Sonradan %50'den fazla arttı. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar Çizelge 4.6 da detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 2014 yılında toplam yenilenebilir enerji üretim (Bhandari, 2013).

Yeni Yatırım, Billion USD					
	2010	2011	2012	2013	2014
Güneş Enerjisi	103.3	155.7	144.3	119.8	149.6

Yeni Yatırım, Billion USD					
	2010	2011	2012	2013	2014
Rüzgar Enerjisi	98.9	84.2	84.1	89.3	99.5
Biyo kütle Enerjisi	16	17.4	12.4	9.3	8.4
Biyo yakıtlar	10.1	10.4	7	5.5	5.1
Hidroelektrik	5.7	7.2	6.4	5.5	4.5
Jeotermal Enerjisi	3	3.7	1.8	2.2	2.7
Toplam	237.2	278.8	256.4	231.80	270.2

4.11 İşlem Riskleri ve Yol Haritası

Girişime başlandığında, işlem risklerini ve yol haritasını gelecekte işin ne olacağı hakkında geniş kapsamlı olarak belirlemek gerekir.

- İş/Stratejik risk
- Ekonomik risk
- Pazar riski
- Uygulama riski
- Politik/kanunsal risk
- Hava durumuna bağlı hacimsel risk
- Hırsızlık/ saldırı riski.
- Önemli elemanların bozulması(rulman, bıçaklar vs.) riski
- Rüzgâr kaynağının değişkenliği riski.
- Açık deniz kablolanması riski
- Yakıt kullanımı ve depolanması konusunda çevresel duyarlılık
- Kaynak riski (Gazın azalması)
- Organik gıdaların nitelik ve çeşidinin azalması.
- Muhaliflere karşı itibarı korumaya yönelik planlama.
- Büyük yeşil enerji şirketleri çözümü var olan yapılarıyla çözebilirler ve işi başlatabilirler.

Yönetme ve yenilenebilir enerji risklerinin azaltılması aşağıda belirtilmiştir:

- Çevre yerleşim planında düzenin sağlanması
- Politikacılar, yöneticiler ve endüstri kuruluşları ile daha sık ve / veya detaylı iletişim
- Medya, tüketiciler ve belediyeler ile daha sık veya detaylı iletişim
- Binalar son teknoloji ile inşa edilmesi
- Fabrikaların düzenli olarak bakım bakılması
- Ar-Ge Yatırım
- Çalışanların Eğitimi verilmesi
- Acil durumlarda itfaiyeler için rahat ulaşım sağlanması
- En iyi uygulama prosedürlerinin geliştirilmesi.
- Uzun vadeli sözleşmeler Biyo kütle kaynak sorunları çözebilir.
- Geliştirme ve destek zinciri yönetilmesi
- Sanayi ve pazar eğilimleri gözlemlerin artırılması
- Yatırım yapılacak yerin ve hava şartlarının analiz edilerek verimli yerin bulunması

Yukarıda risklerin nasıl azaltılacağını söyledik. Şimdi ise işin engel olabilecek durumları anlatacağız.

- Eksik bilgi birikimiyle sorunların çözülememesi
- Üst yönetimin sözünde durmaması
- Risk yönetimi fonksiyonunun eksikliği
- Hava ile ilgili risk bilgilerinde eksiklik
- İç faaliyetleriyle ilgili bilgi eksikliği
- Risk yönetiminin rolünün bilinç eksikliği
- Finansman ile ilgili risk bilgilerinin eksikliği
- Pazar veya mal ile ilgili riskler hakkında bilgi eksikliği
- Risk yönetimi için fon veya diğer kaynakların eksikliği

5. SONUÇLAR VE İLERİDE YAPILACAK İŞLER

Bu tez çalışması Bangladeş'in Pabna kırsal köyünde ikamet eden 200 haneli bir topluluk için bir şebekeye bağlı olmayan, yenilenebilir hibrit güç sistemi tasarımını konu edinmiştir. Bentia köyüne ait rüzgar hızı ve küresel radyasyon potansiyelleri NASA yüzey meteorolojisinden elde edilmiştir. Her iki kaynağın ortalama aylık profilleri ve saatlik verileri Homer kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar göstermiştir ki rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyelleri elektrik üretilmesi için oldukça yeterlidir. Ancak, Bangladeş gibi gelişmekte olan ülkelerde kırsal alanların elektrifikasyonu her zaman için zorlu bir iş olmuştur.

Şimdilik, geleneksel yakıtlarla çalışan enerji santralleri ve şebekeye bağlı güç sistemleri, yenilenebilir enerji sistemleriyle karşılaştırıldığında, yenilenebilir enerji sistemleri yüksek maliyetli gözükmemektedir. Bununla birlikte, çevre koruma gerekliliği, kırsal toplulukların yaşam standardının yükseltilmesi ve küresel pazarda akaryakıt eğiliminin artışı çevre dostu teknolojileri zorunlu kılmaktadır ve dolayısıyla burada da yenilenebilir enerji temelli teknolojiler başı çekmektedir. Bangladeş'teki ana enerji kaynağı doğal gaz olduğu için ülkedeki mevcut COE ölçümü bu tezdeki şebekeden bağımsız hibrit sistemden elde edilen değerden (0,2822 \$ / kWh) daha düşüktür. Ancak mevcut araştırmalar bu doğal kaynakların birkaç yıl sonra yok olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, komşu ülkeden ithal edilen güç yüksek maliyetlidir. Üstelik ülkede kiralık santraller boy göstermeye başlamıştır ve bunlar yalnızca çevreyi mahvetmekle kalmayıp, aynı zamanda oldukça pahalıdır. Bundan dolayı, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, ülkenin elektrik üretimini artıracaktır.

Şebekeden bağımsız sistemin tasarımı için elektriksel yük, iklimsel veriler ve sistem bileşenlerinin maliyetlerine bağlı bir optimizasyon yapılmıştır. HOMER simülasyonunun göstermiştir ki bugünkü maliyeti kriterine göre en yukardan aşağıya en ekonomik sistemler; 10kW güç üreten rüzgar türbünü, 10kW üreten fotovoltaik panel, 15kW üreten biyogaz üretici, 20 tane pil ve dizel jeneratörünün LF (load following) stratejisiyle çalıştığı 15kW'lık çevirici şeklinde sıralanabilir.

Bu tezdeki temel hedefimiz kırsal kesimde yaşayanlara elektrik sağlamaktır. Tezin büyük kısmı kırsal kesimler için bir model oluşturmaya ayrılmıştır ve solar ve non-solar ev sistemleri merkezi bir şebekeye entegre edilmiştir. Buna ek olarak, enerji akışı, şebekedeki tüketici sayısı ve kontrol edilebilir yük açısından gerçek bir vaka çalışması analiz edilmiştir. Bütün bu etkenlere rağmen modelimiz güzel sonuçlar vermekte ve önerilen konseptin uygulanabilirliği hakkında fikir vermektedir. Modelimizdeki bazı parçalar henüz piyasadan temin edilebilecek ürünler değildir ve bu da önerdiğimiz sistem açısından dezavantaj oluşturmaktadır. Son olarak, önerdiğimiz şebeke kırsal kesimdeki yenilenebilir şebekeyi daha verimli hale getirmektedir. Tezin temel amaçları ve sonuçları aşağıdaki paragraflarda anlatılmıştır:

5.1 Tezin Katkıları

Bu bölümde tezin temel katkıları listelenmiştir:

- Kırsal kesim elektrifikasyonu için kullanılacak Hibrit Enerji Sistemlerinin detaylı bir HOMER ekonomik yazılım modeli.
- İçinde şebekeye bağlı birçok ev sistemlerinin olduğu bağımsız bir şebekenin vaka çalışması.
- Önerilen akıllı mikro şebeke geliştirmekte olan ülkeler için faydalı olacak bir teknoloji olabilir.
- Araştırmamızın ana odağı hibrit sistemlerin modellenmesi olduğu için, tezimiz evlerin enerji gereksinimleri, ev için elektrik üretimi ve depolanması hakkında fikir vermektedir..
- PV, Akü, Şarj Kontrolörü ve kontrollü yükün detaylı modellenmesi yapılmıştır, ki bunlar da yenilenebilir enerji çalışmalarının en önemli parçalarıdır.
- Tezde önerilen şebekenin tamamı yenilenebilir enerjiye dayanmaktadır. Yani çevre dostudur.

5.2 İlerisi İçin Öneriler

Tezin kapsamı oldukça geniştir; mikro şebekeyle ilgili birçok geliştirme yapılabilir. Bunlardan bazıları:

- **Gelişmiş Kontrol Sistemi**

Bu tezdeki temel amacımız gelişmiş kontrol sistemleri gerektirmeyen hibrit enerji sistemleri geliştirmektir. Bu oldukça detaylı bir çalışma ve akıllı şebeke kontrol sistemlerinin modellenmesini gerektirmektedir.

- **Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Analizi**

Önerilen mikro-şebeke güneş, rüzgar ve biyokütle kaynaklarını kullanmaktadır, ancak bunlar dışındaki diğer yenilenebilir enerji kaynakları da sisteme dahil edilebilir. Böylelikle sistem daha ekonomik ve verimli hale getirilebilir. Bir de yenilenebilir kaynaklar süreklilik arz etmediği için elektrik üretiminde kesintiler oluşmaktadır. Bu kesintileri telafi etmek için daha fazla seçenek geliştirilmelidir. Örneğin. Dahası, sistemin daha kararlı hale getirilmesi için dizel motorlar düşünülebilir. Bunlardan ayrı olarak, gelecek araştırmalar aşağıdaki konular da incelenmelidir:

- Yenilenebilir enerji bileşenlerinin maliyetine ait daha doğru veriler elde edilmelidir.
- Optimizasyon için yüksek işlem gücüne sahip bir bilgisayar, özellikle de yüksek hassasiyet gerektiren vakaların analizi için.
- Gelişmiş kontrol sistemleri tasarlanmalıdır.
- Daha fazla yenilenebilir enerji kaynağı eklenmelidir.
- Şebekeye elektrikli arabalar dahil edilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Ahmed, S., Hasan, M., Monjurul, A. S.M. and Habibullah, M., 2013, Solar pv energy achievements and prospects in development of rural Bangladesh, International Journal of Science and Research, volume 2, issue 4, 333-337pp.

Alamgir, M., Bidlingmaier, W., Glawe, U., Martens, J., Sharif, A., Visvanathan, C. and Stepniewski, W., 2007, Safe and sustainable management of municipal solid waste in Khulna city of Bangladesh, Proceedings of eleventh international waste management and landfill symposium, S. Margheritadi Pula, Cagliari, Italy;1–5 October.

Bahta, S.T., 2013, Design and Analyzing of an Off-Grid Hybrid Renewable Energy System to Supply Electricity for Rural Areas, M.Sc thesis, Royal Institute of Technology, 109p.

Bangladesh Government, "Bangladesh Power Development Board" <http://www.bpdb.gov.bd/bpdb/> (Erişim tarihi: 05 Kasım 2015).

Bangladesh Bureau of Statistics (BBS), "Crop estimation of Bangladesh", <http://www.bbs.gov.bd/WebTestApplication/userfiles/Image/ArgYearBook11/Chapter-3.pdf> (Erişim tarihi: 09 Kasım 2015)

Bangladesh Bureau of Statistics (BBS), "Livestock, forestry and fisheries estimation of Bangladesh", <http://www.bbs.gov.bd/WebTestApplication/userfiles/Image/ArgYearBook11/Chapter-8.pdf> (Erişim tarihi: 15 Kasım 2015)

Baten, Z., Amin, E.M, Sharin, A., Islam, R. and Chowdhury, S.A., 2009, Renewable energy scenario of Bangladesh: physical perspective, proceedings of the IEEE 1st international conference on the developments in renewable energy technology (ICDRET)

Battery university, "Thelithium-ionbattery", http://batteryuniversity.com/learn/article/is_lithium_ion_the_ideal_battery (Erişim tarihi:19 Aralık 2015).

Bekele, G. and Palm, B., 2010, Feasibility study for a standalone solar–wind-based hybrid energy system for application in Ethiopia, applied energy, 87(2), 487–495pp.

Bhandari, B., Poudel, S. R., Lee, K.T. and Ahn, S.H., 2014, Mathematical modeling of hybrid renewable energy system: a review on small hydro-solar-wind power generation; international journal of precision engineering and manufacturing green technology vol. 1, No. 2, 157-173pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

Bhandari, B., Lee, K., Lee, C.S., Song, C., Maskey, R.K. and Ahn, S., 2014, A novel off grid hybrid power system comprised of solar photovoltaic, wind and hydro energy sources. Appl Energy, 133, 236–242pp.

Biomass Feed Stack, 2015, "<http://biomassmagazine.com/>", (Erişim tarihi: 09 Kasım 2015)

British Petroleum (BP), "Energy outlook 2030", http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/BP_World_Energy_Outlook_booklet_2013.pdf(Erişim tarihi: 31 Aralık 2015)

British Petroleum (BP), "BP Statistical review of world energy", http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2012.pdf (Erişim tarihi: 31 Aralık 2015)

Biswas, M.M., Das, K.K., Baqee, I., Sadi, M.A. and Forhad, H., 2011, Prospects of renewable energy and energy storage systems in Bangladesh and developing economics. Global Journal of Research in Engineering, 11: 23–31pp.

Biswas, W.K. and Lucas, N.J.D., 1997, Economic viability of biogas technology in a Bangladesh village, Energy, 22(8), 763–770pp.

Bond, T. and Templeton, M.R., 2011, History and future of domestic biogas plants in the developing world, Energy Sustain Dev, volume 15, 347–54pp.

Bekele, G. and Boneya, G., 2011, Design of a photovoltaic-wind hybrid power generation system for Ethiopian remote area, Energy Procedia, 14, 1760 – 1765pp.

Chen, Y., Liu, Y., Hung, S. and Cheng, C., 2007, Multi-input inverter for grid-connected hybrid PV/wind power system. IEEE Trans Power Electron, volume 22, 1070–1077pp.

Chen, Y., Cheng, C. and Wu, H., 2006, Grid-connected hybrid PV/wind power generation system with improved DC bus voltage regulation strategy, Proceedings of IEEE conference publications, 1088–1094pp.

Danyali, S., Mozaffari, N., Hosseini, S.H., Gharehpetian, G.B. and Sabahi, M., 2015 New single-stage single-phase three-input DC–AC boost converter for standalone hybrid PV/FC/UC systems, Electric Power Systems Research, 127, 1–12pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Das, D., Esmaili, R., Xu, L. and Nichols, D., 2005, An optimal design of a grid connected hybrid wind/photovoltaic/fuel cell system for distributed energy production, Proceedings of IEEE conference publications, 2499–2504pp.

Biomass Energy, 2015, "<http://www.biomassenergycentre.org.uk>" (Erişim tarihi: 09 Ocak 2015)

Djamila, R., Samia, B. and Nabila, B., 2014, Development of hybrid photovoltaic-fuel cell system for stand-alone application, International Journal of Hydrogen Energy, 39(3), 1604–1611pp.

Elhadidy, M.A. and Shaahid S.M., 2005, Decentralized hybrid wind–diesel power systems to meet residential loads of hot coastal regions, Energy Conversion and Management, 46(15), 2501–2513pp.

Ellabban, O., Rub, H. and Blaabjerg, F., 2014, Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39, 748–764pp.

Marti, L., Domenech, B., Villoria, A., Pastor, R. and Milp, A., 2012, Model to design hybrid wind-photovoltaic isolated rural electrification projects in developing countries, European Journal of Operational Research, 293–300pp.

Generator Company, "Jiangsu Jianghao Generator", <http://jstzth.com/> (Erişim tarihi: 15 Aralık 2015).

Ghada, B. and Lotfi, K., 2014, A dynamic power management strategy of a grid connected hybrid generation system using wind, photovoltaic and flywheel energy storage system in residential applications, Energy, volume 71, 148–159pp.

Gokay, B. and Mehmet, C., 2014, Grid connected fuel cell and PV hybrid power generating system design with Matlab Simulink, International Journal of Hydrogen Energy, 39(16), 8803–8812pp.

Google Map, "Bentia location", <https://maps.google.com/> (Erişim tarihi: 22 Aralık 2015)

Habibullah, M., Koçar, G. and Imran, M.H., 2014, Energy demand & prospect of biomass energy as the solution of energy crisis of Bangladesh-An approach to green energy solution, 7th International Ege Energy Symposium & Exhibition June 18-20, Uşak, Turkey.

Himri, Y., Stambouli, A.B., Draoui, B., and Himri, S., 2008, Techno-Economical study of hybrid power system for a remote village in Algeria, Energy, volume 33(7), 1128–1136pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Homer Energy, "Description of Homer Software", <http://www.homerenergy.com/> (Erişim tarihi: 20 Aralık 2015)

Hong, C., Ou, T. and Lu, K., 2013, Development of intelligent MPPT (maximum power point tracking) control for a grid-connected hybrid power generation system. *Energy*, 50, 270–291pp.

Hossain, A.K. and Badr, O., 2007, Prospects of renewable energy utilization for electricity generation in Bangladesh, *Renew Sustain Energy Rev*, 11, 1617–49pp.

IEA (International Energy Agency), "An International Collaboration in Bioenergy", <http://www.ieabioenergy.com> (Erişim tarihi: 09 Kasım 2015)

IEA (International Energy Agency), "Total Primary Energy Supply in Bangladesh", http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/BDTPES.pdf. (Erişim tarihi: 02 Aralık 2015)

International Energy Agency (IEA), "World Energy Outlook", <http://www.iea.org/newsroomandevents/graphics/world-electricity-demand-since-1990-with-related-total-and-regional-co2-emissio.html> (Erişim tarihi: 25 Haziran 2015)

Islam, M.R. and Beg, M.R.A., 2008, Renewable energy resources and technologies practice in Bangladesh, *Renew Sustain Energy Rev*, 12, 299–343pp.

Islam, A.K.M., Islam, M. and Rahman, T., 2006, Effective Renewable energy activities in Bangladesh, *Renew Energy*, 31, 677–688pp.

Krishna, K.S. and Kumar, K.S., A review on hybrid renewable energy systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 907–9916pp.

Karaj, S.H., Rehl, T., Leis, H. and Muller, J., 2010, Analysis of biomass residues potential for electricity generation in Albania, *Renew sustain energy Rev* 14, 493–499pp.

Kumar, A., Kumar, K., Kaushik, N. and Sharma, S., 2010, Renewable energy in India: Current status and future potentials. *Renew Sustain Energy Rev*, 14, 2434–2442.

Kusakana, K. and Vermaak, H. J., 2013, Hybrid renewable power systems for mobile telephone base stations in developing countries, *Renewable Energy*, 51, 419–425pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Lal, D. K., 2011, Optimization of PV/wind/micro-hydro/diesel hybrid power system in homer, International Journal on Electrical Engineering and Informatics, 3(3), 307–325pp.

Mehdi, D., Jamel, B. and Xavier, R., 2010, Hybrid solar/wind system with battery storage operating in grid-connected and stand-alone mode: Control and energy management: experimental investigation, Energy, 35: 2587–2595pp.

Meier, A.V., 2013., Lecture 2: Introduction to Electric Power Systems, Electrical Engineer 137A: Electric Power Systems, Slide 33.

Mishra, Y., Mishra, S. and Li, F., 2012, Coordinated tuning of DFIG-based wind turbines and batteries using bacteria foraging technique for maintaining constant grid power output, IEEE Syst J 6(1), 16–26pp.

Massachusetts Institute of Technology Energy Initiative (MITEI), "Energy Needs in the Developing World", <https://mitei.mit.edu/research/global-systems/energy-needs-developing-world> (Erişim tarihi: 25 Haziran 2015)

Mittal, S., "Bangladesh Plans Over 3 GW Renewable Energy Capacity" <http://cleantechnica.com/2015/11/11/bangladesh-plans-3-gw-renewable-energy-capacity-2021/> (Erişim tarihi: 28 Kasım 2015).

Ministry of Finance, Government of Bangladesh (MoF), "Bangladesh Economic Review 2012", http://www.mof.gov.bd/en/budget/13_14/ber/en/chapter-10_en.pdf.desh2011.htm (Erişim tarihi: 02 Aralık 2015).

Mondal, M.A.H. and Denich, M., 2010, Assessment of renewable energy resources potential for electricity generation in Bangladesh. Renew sustain energy rev, 14:2401–13pp.

Netherland environmental assesment agency, "Emissions Database for Global Atmospheric Research". http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2014-trends-in-global-co2-emissions-2014-report-93171.pdf (Erişim tarihi: 28 Haziran 2015)

Noor, N. and Muneer, S., 2009, Concentrating Solar Power (CSP) and its prospect in Bangladesh, in Proceedings of the 1st IEEE International Conference on the Developments in Renewable Energy Technology (ICDRET), doi: 10.1109/ICDRET.2009.5454207, 1-5pp.

Rahman, M. Z., 2012, Multitude of progress and unmediated problems of solar PV in Bangladesh, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 , 466– 473pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Rehman, S., El-Amin, I.M., Ahmad, F., Shaahid, S.M., Shehri, A.M., Bakhshwain, J.M. and Shash, A., 2007, Feasibility study of hybrid retrofits to an isolated off-grid diesel power plant, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(4), 635–653pp.

Renewable energy, "Efficient Use of Fossil Fuels", <https://www.mhi-global.com/company/technology/review/> (Erişim tarihi: 09 Kasım 2015)

Renewables 2014 global status report, "Renewable energy policy network for the 21st century", http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_KeyFindings_low%20res.pdf(Erişim tarihi: 02 Aralık 2015)

Sarker, M.J., 2012, Modeling of a DC Micro-grid with Distributed Generation for Rural Electrification, M.Sc thesis at Royal Institute of Technology, 89p.

Singh, J. and Gu, S., 2010, Biomass conversion to energy in India—a critique. *Renew Sustain Energy Rev*, 14,1367–1378pp.

Solar Electric, “Solar Charge Controller”, <http://www.solar-electric.com/solar-charge-controller-basics.html/> (Erişim tarihi:19 Aralık 2015)

Sungwoo, B. and Alexis, K., 2012, Dynamic modeling and operation strategy for a microgrid with wind and photovoltaic resources, *IEEE Trans Smart Grid*, 3(4), 1867–1876pp.

Sustainable innovation forum, "Climate action" <http://www.cop21paris.org/about/cop21> (Erişim tarihi:15 Aralık 2015)

International Renewable Energy Agency (IREA), "Renewable energy technologies: Cost analysis" http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-WIND_POWER.pdf (Erişim tarihi:15 Aralık 2015)

Texas Renewable Energy Industries Association, "Texas Renewable Energy Industry Alliance", <http://www.treia.org>, (Erişim tarihi: 31 Aralık 2015)

Maximum Power Point Tracking, "<https://www.victronenergy.com/blog/2014/07/21/which-solar-charge-controller-pwm-or-mppt/>" (Erişim tarihi:18 Aralık 2015)

Wazed, M.A. and Ahmed, S., 2008, Micro hydro energy resources in Bangladesh: A review, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2, 1209–1222pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wikipedia, "Bangladesh", http://en.wikipedia.org/wiki/Pabna_District, (Erişim tarihi: 20 Aralık 2015)

Wikipedia, "Basic of Charge Controller", https://en.wikipedia.org/wiki/Charge_controller (Erişim tarihi: 18 Aralık 2015)

Wikipedia, "Forestry in Bangladesh", http://en.wikipedia.org/wiki/Forestry_in_Bangladesh (Erişim tarihi: 20 Kasım 2015)

Wikipedia, "Geography of Bangladesh", http://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Bangladesh. (Erişim tarihi: 18 Aralık 2015)

Wikipedia, "Grid-connected Photovoltaic Power System", https://en.wikipedia.org/wiki/Grid-connected_photovoltaic_power_system (Erişim tarihi: 15 Kasım 2015)

Wikipedia, "Municipal solid waste", http://en.wikipedia.org/wiki/Municipal_solid_waste (Erişim tarihi: 25 Kasım 2015)

Wikipedia, "Theory of solar cells", https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_solar_cells (Erişim tarihi: 19 Aralık 2015)

Yamegueu, D., Azoumah, Y., Py, X. and Zongo, N., 2011, Experimental study of electricity generation by solar PV/diesel hybrid systems without battery storage for offgrid areas, *Renew Energy*, 36(6), 1780–1787pp.

Ye, L., Sun, H.B., Song, X.R. and Li, L.C., 2012, Dynamic modeling of a hybrid wind/solar/hydro micro-grid in EMTP/ATP, *Renew Energy*, 39(1), 96–106pp.

Zahra, M., Djamila, R. and Toufik R., 2014, Modeling, control and power management of hybrid photovoltaic fuel cells with battery bank supplying electric vehicle, *International Journal of Hydrogen Energy*, 39(27), 15178–1587pp.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mohammad Habibullah

Doğum tarihi : 01.01.1990

Doğum yeri : Khulna (BD)

Adres : Balatçık mah. 8785 sok. No: 93 D:1, Çigli/İzmir Türkiye

Telefon :(+90) 5534196369

E-mail : habibullahiut@gmail.com

Eğitim :

- 2006–2010 İslam Teknoloji Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği
Bölümü CGPA: 3.62 /4

Çalışmalar :

- **Habibullah, Md., Koçar, G. and Imran, M, H.,** 2014, “Energy Demand & Prospect of Biomass Energy as the Solution of Energy Crisis of Bangladesh – An Approach to Green Energy Solution” 7th International Ege Energy Symposium & Exhibition June 18-20, 2014,Usak, Turkey
- **Habibullah, Md., Sultana, N. and Koçar, G.,** 2014, “Design, Control and Integration of Solar and Biomass Energy in a Micro Grid System an Approach to Smart Grid in Bangladesh” SOLAR CONFERENCE & EXHIBITION 19 – 21 November 2014, Izmir, Turkey