

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**GÜNÜMÜZDE ENERJİ POLİTİKALARI VE
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI:
AZERBAYCAN'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ
SEKTÖRÜNÜN GELİŞİMİ VE RÜZGAR ENERJİ
TÜRBİNİ TASARIMI**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan
Mushvig SAYYADOV

İstanbul, 2023

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**GÜNÜMÜZDE ENERJİ POLİTİKALARI VE
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI:
AZERBAYCAN'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ
SEKTÖRÜNÜN GELİŞİMİ VE RÜZGAR ENERJİ
TÜRBİNİ TASARIMI**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan
Mushvig SAYYADOV

2020010007

Orcid : 0000-0002-4422-7560

Danışman: Prof. Dr. Abdi KÜKNER

İstanbul, 2023

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Günümüzde Enerji Politikaları Ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Azerbaycan’da Yenilenebilir Enerji Sektörünün Gelişimi Ve Rüzgâr Türbini Tasarımı” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını, patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 07/08/2023

Mushvig SAYYADOV

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZLİ YÜKSEK LİSANS SINAV TUTANAĞI

07.06.2023

Enstitümüz *Makine Mühendisliği* Anabilim Dalı *Makine Mühendisliği* Programı Yüksek Lisans öğrencilerinden 2220010007 numaralı *Mushvig SAYYADOV*'un "İstanbul Beykent Üniversitesi Eğitim-Öğretim Yönetmeliği"nin ilgili maddesine göre hazırlayarak Enstitümüze teslim ettiği "*Günümüzde Enerji Politikaları Ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Azerbaycan'da Yenilenebilir Enerji Sektörünün Gelişimi Ve Rüzgar Enerji Türbini Tasarımı* " konulu tezini, Yönetim Kurulumuzun 06/06/2023 tarih ve 2023/23 sayılı toplantısında seçilen ve On-line toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, İstanbul Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 29. maddesinin 3. fıkrası gereğince 60 dakika süre ile Zoom programı aracılığıyla On-line olarak aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında "*OYBİRLİĞİ*" ile "*KABUL*" kararı verilmiştir.

İşbu tutanak, 2 nüsha olarak hazırlanmış ve Enstitü Müdürlüğü'ne sunulmak üzere tarafımızdan düzenlenmiştir.

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ab*** KÜ***
(İstanbul Beykent Üniversitesi)

ÜYE
Dr. Öğr. Üyesi Mu*** KA***
(İstanbul Beykent Üniversitesi)

ÜYE
Prof. Dr. Şa*** BA***
(İstanbul Teknik Üniversitesi)

Adı Soyadı : Mushvig SAYYADOV
Danışmanı : Prof. Dr. Abdi KÜKNER
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans Tezi, 2023
Alanı : Makine Mühendisliği
Anahtar Kelimeler : Enerji, Yenilenebilir Enerji, Rüzgar Enerjisi, Rüzgar Türbini

ÖZ

GÜNÜMÜZDE ENERJİ POLİTİKALARI VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI: AZERBAYCAN’DA YENİLENEBİLİR ENERJİ SEKTÖRÜNÜN GELİŞİMİ VE RÜZGAR ENERJİ TÜRBİNİ TASARIMI

Enerji doğrudan doğruya gözlemlenemeyen ama konumundan hesaplanabilen fiziksel sistemin geniş ve korunmuş bir özelliğidir. Enerji, fizikte temel önemdedir. Pek çok biçime girebilmesinden dolayı enerjinin kapsamlı bir tanımını yapmak imkânsızdır ama en yaygın tanım şudur: Enerji, bir sistemin iş yapma kapasitesidir.

Yüksek Lisans için yazdığım bu tez çalışması 3 bölümden oluşmaktadır:

İlk bölümde enerji kavramının açıklanması yapılmıştır. Yenilenemez enerji kaynakları hakkında dünya genelindeki durumu incelenmiştir. Yenilenemez enerji kaynaklarının türlerine, yıllara ve ülkelere göre yapılmış araştırmalar tezde tablo olarak yer verilmiştir.

İkinci Bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarının tanıtımı yapılmış, dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitleri hakkında araştırılma yapılmış ve incelenmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları ve dezavantajları incelenmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde ise Azerbaycan’da mevcut yenilenebilir enerji durumu ve gelişimi, yenilenebilir enerji kaynakları hakkında araştırılma yapılmış ve aktarılmıştır. Ayrıca Azerbaycan’da üç kanatlı rüzgar türbini tasarımı hesaplamaları için Azerenerji ASC’ ye giderek, hesaplamalar yapılmış, elde edilen bilgiler derlenerek bu tez çalışması ortaya konulmuştur. Bu tez çalışmasında nitel araştırma yöntemi ve literatür taraması yapılmıştır.

Name and Surname : Mushvig SAYYADOV
Supervisor : Prof. Dr. Abdi KUKNER
Degree and Date : Master Degree Thesis, 2023
Major : Mechanical Engineering
Keywords : Energy, Renewable Energy, Wind Energy, Wind Turbine.

ABSTRACT

TODAY'S ENERGY POLICIES AND RENEWABLE ENERGY RESOURCES: DEVELOPMENT OF THE RENEWABLE ENERGY SECTOR IN AZERBAIJAN AND WIND TURBINE DESIGN"

Energy is a comprehensive and conserved property of a physical system that cannot be observed directly but can be calculated from its location. Energy is of fundamental importance in physics. It is impossible to give a comprehensive definition of energy because it can take many forms, but the most common definition is: Energy is the capacity of a system to do work. This thesis I wrote for my master's degree consists of 3 parts:

In the first part, the concept of energy is explained. The global situation of non-renewable energy resources has been examined. Researches made according to the types, years and countries of non-renewable energy sources are given in the table below.

In the second part, renewable energy sources are introduced, types of renewable energy sources in the world and in Turkey are researched and examined. In addition, the advantages and disadvantages of renewable energy sources are examined. In the third part of the thesis, the current situation and development of renewable energy in Azerbaijan, researches on renewable energy sources have been made and reported. In addition, he went to Azerenerji OJSC for three bladed wind turbine design calculations in Azerbaijan, compiled the information obtained and presented this thesis. In this thesis were made qualitative research method and literature review.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖZ

ABSTRACT

TABLolar LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
KISALTMALAR	vi
SÖZLÜK.....	vii
GİRİŞ	8

BİRİNCİ BÖLÜM

GÜNÜMÜZDE ENERJİ KAVRAMI

1. ENERJİ KAVRAMI VE TANITIMI	12
2. YENİLENEMEZ ENERJİ KAYNAKLARI	14
2.1.Fosil Kaynaklı Yenilenemez Enerji:	15
2.1.1.Kömür	15
2.1.2.Petrol	16
2.1.3.Doğal Gaz.....	18
2.2.Çekirdek Kaynaklı Yenilenemez Enerji Kaynakları.....	20
2.2.1.Uranyum.....	20
2.2.2.Toryumun	20
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	20
3.1.Hidrolik	22
3.2.Güneş Enerjisi	24
3.2.1.Güneş Enerji Sistemlerin Yapısı ve Çalışma Prensibi	25
3.2.2.Fotovoltaik Güneş Panelleri (PV)	25
3.2.3.Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Sistemleri (CSP)	26
3.2.4.Güneş Panellerin Matematiksel Hesaplamaları	28
3.3.Rüzgar Enerjisi.....	32
3.3.1.Rüzgar Türbini Çeşitleri.....	33
3.3.2.Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri	37
3.3.3.Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri	38
3.4.Jeotermal Enerji	38
3.5.Biyokütle Enerjisi	40

3.6.Hidrojen Enerjisi	40
3.7.Dalga Enerjisi.....	41
3.7.1.Dünyada Dalga Enerjisi Potansiyeli.....	42

İKİNCİ BÖLÜM

GÜNÜMÜZDE ENERJİ POLİTİKALARI

1.1.Türkiye’de Enerji Politikaları.....	44
1.2.Azerbaycan’da Enerji Politikaları	49
1.3.Dünya’da Enerji Politikaları	59

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AZERBAYCAN’DA YENİLENEBİLİR ENERJİ SEKTÖRÜNÜN GELİŞİMİ VE RÜZGAR ENERJİ TÜRBİNİ TASARIMI

1. AZERBAYCAN’DA YENİLENEBİLİR ENERJİ SEKTÖRÜNÜN GELİŞİMİ.

.....	62
1.1.Azerbaycan’da Mevcut Enerji Durumu ve Gelişimi	62
1.2.Azerbaycan’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları	67
1.2.1.Rüzgar Enerjisi	68
1.2.2.Güneş Enerjisi	69
1.2.3.Biyokütle Enerjisi	72
1.2.4.Hidrojen Enerjisi	72
1.2.5.Jeotermal Enerjisi.....	73
1.2.6.Dalga Enerjisi ve Gel-Git Enerjisi	74

2. AZERBAYCAN’DA RÜZGAR ENERJİ TÜRBİNİ TASARIMI..... 75

2.1.Azerbaycan’da Rüzgar Enerji Kullanımı ve Kapasitesi.....	75
2.2.Rüzgâr Türbin Çeşitleri	76
2.2.1.Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri.....	77
2.2.2.Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri.....	80
2.2.3.Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri	81
2.3.Rüzgar Türbinlerinin Karşılaştırılması	82
2.4.Rüzgar Türbini Bileşenleri.....	82
2.5.Güç Bakımından Rüzgar Türbinleri	85
2.6.Azerbaycan’da Rüzgar Santrallerinin Kurulumu.....	85
2.6.1.Saha Bulma	85

2.6.2. Rüzgar Santrallerinin Türleri.....	85
2.6.3. Saha Ölçümleri.....	86
2.6.4. Rüzgar Santrallerinin Avantajları.....	87
2.6.5. Rüzgar Çiftliklerin Dezavantajları	87
2.7.Azerbaycan'ın Khizi Arazisininde Yatay Eksenli Rüzgar Santrallerinin Hesaplanması	88
2.8.Azerbaycan'da Kurulan ve Planlanan Rüzgar Enerjisi Santralleri.....	92
2.9.Rüzgâr Enerji Sistemlerin Kurulum Aşamaları	93
Veri toplama	95
2.10. Rüzgâr Türbini Seçimi	96
2.11. Rüzgâr Enerjisi Santrali Maliyetinin Hesabı.....	96
2.11.1. Rüzgâr Santrallerinin Sermaye Harcamaları ve İşletme Harcamaları ..	96
2.11.2. Rüzgar Güç Türbin Santrali İçin Risk Analizi.....	98
SONUÇ.....	100
KAYNAKÇA.....	105

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	13
Tablo 2. Ana Kömür Üreticileri Milyon Ton (Mt) (BP)	16
Tablo 3. On Yıllar İtibariyle Dünyada Kanıtlanmış Petrol Rezervi (Milyar varil)	17
Tablo 4: Bazı Ülkelere Göre Petrol Rezervi (Milyon ton)	17
Tablo 5. On Yıllar İtibariyle Dünyada Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervi (Milyar m3) ...	19
Tablo 6. Ülkelere Göre Doğalgaz Rezervi (Milyar M3).....	19
Tablo 7. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	21
Tablo 8. Türkiye'de Faaliyette Olan En Büyük 10 Güneş Enerji Santralleri	28
Tablo 9. Avrupa Kıyılarındaki Dalga Enerji Potansiyeli	43
Tablo 10. Başlangıçta İmza Törenine Katılan Konsorsiyum Üyeleri Şu Şirketlerdi	50
Tablo 11. Boru Hattı İnşaatı İçin Konsorsiyumda Yer Alan Katılımcıların Payları.....	51
Tablo 12. Teknolojiye Göre Toplam Kurulum Maliyetleri ve LCOE Gidişatı 2010 ve 2020.....	65
Tablo 13. Azerbaycan'da Elektrik Üretim Tesisleri	66
Tablo 14. Azerbaycan'da Toplam Elektrik Üretimi Ve Hidroelektrik Enerjisinin Payı (Milyon Kwh, 1940–2009).....	66
Tablo 15. Azerbaycan'da Yenilenebilir Kaynaklar Potansiyeli	68
Tablo 16. 2018'de Azerbaycan'da Öngörülen Güneş Enerjisi Santrallerinin Listesi	71
Tablo 17. Rüzgar Türbini Sınıflandırılması.....	77
Tablo 18. Yatay Eksenli ve Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri Karşılaştırılması.....	82
Tablo 19. Rüzgarı Alış Yönüne Göre Türbinlerin Karşılaştırılması.....	82
Tablo 20. Rüzgar Hızı Hesaplamaları	89
Tablo 21. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinin 1 Saniyede Ortalama Güç Üretimi Hesaplanması	90
Tablo 22. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinin Ortalama Aylık Ve Yıllık Güç Üretimi Hesaplanması	91
Tablo 23. 20 adet Yatay Eksenli Rüzgar Türbinin Ortalama Aylık Ve Yıllık Güç Üretimi Hesaplanması	91
Tablo 24. Azerbaycan'da Kurulan ve Planlanan Rüzgar Enerji Santrallerinin Listesi ..	92
Tablo 25. Azerbaycan'ın 10 Yıllık Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Kaynağı Analizi	92
Tablo 26. Azerbaycan' da 2011-2021, 10 Yıllık Büyüme Oranı %26.....	93
Tablo 27. Maliye Hesabı Aşamaları.....	98

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 1. Basınç Türbini Kılavuz Tekerleği, 2 - Dönen Tekerlek. (Calilov 2013).....	23
Şekil 2. Çin'de Three Gorges Barajı.....	24
Şekil 3. Güneş Enerjisinden Enerji Üretimi	25
Şekil 4. PV Güneş Panelleri	26
Şekil 5. İvanpah Güneş enerji Santrali	27
Şekil 6. Akülerin Bağlantı Şekilleri	31
Şekil 7. Akülerin Paralel Bağlantı Şekli.....	31
Şekil 8. Lüksemburg'da Rüzgar Türbini.....	37
Şekil 9. Türkiye'deki Jeotermal Enerji Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı	39
Şekil 10. 2009–2020 Türkiye ve OECD ülkelerinin GSYİH Büyüme Oranları, % Olarak	48
Şekil 11. 2020'de Türkiye'nin Ana Doğal Gaz Tedarikçileri.....	49
Şekil 12. Azeri-Çırag- Güneşli Günde Bin Varil Üretim	52
Şekil 13. Azerbaycan'da Toplam Birincil Enerji Harcama Miktarı.....	53
Şekil 14. AB Ülkelerinin Her Biri İçin 2021'de Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Enerjinin Payı Hakkında Bilgi.....	60
Şekil 15. Khızı-Abşeron Rüzgar Enerji Santralleri	69
Şekil 16. Rüzgar-Güneş Hibrit Elektrik Kaynağı, Nahçıvan	70
Şekil 17. Üç Kanatlı Yatay Eksenli Rüzgar Türbini	79
Şekil 18. Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri	80
Şekil 19. Eğik Eksenli Rüzgar Türbini.....	81
Şekil 20. Rüzgar Türbini Bileşenleri	83
Şekil 21. Rapor İzin Değerlendirme Süreci Akış Şeması	95

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Azerenerji ASC	: Azerbaycan Açık Sahimdar Cemiyeti
BP	: British Petroleum
EIA	: Energy Information Administration (Enerji Bilgi İdaresi)
LNG	: Liquefied natural gas, (Sıvılaştırılmış doğal gaz).
NASA	: National Aeronautics and Space Administration, Türkçe: Ulusal Havacılıkve Uzay Dairesi.
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development, (Ekonomik İşbirliği veKalkınma Örgütü).
TTF	: Title Transfer Facility, (Unvan Transfer Tesisi).
V	: Volt

SÖZLÜK

NASA :: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi.

Rüzgar Enerji Türbini : Basit olarak bir rüzgâr gülü gibi çalışır. Rüzgârın sağladığı itme gücü ile bir pervane döndürülür ve mekanik enerji, açığa çıkar. Üreteçlere yönlendirilen mekanik enerji ile elektrik üretimi sağlanır.

Yenilenebilir Enerji : Doğal kaynaklardan elde edilebilen ve doğa tarafından daimî olarak takviye edilebilen enerjiye Yenilenebilir enerji deniyor.



GİRİŞ

İnsanın oluşumu, gelişimi, doğa ile teması ve bunun gibi pek çok başka sorunla birlikte, binlerce yıla yayılan yavaş bir süreç içerisinde gelişmiştir. Önceleri doğa güçleri karşısında çaresiz kalan insanlar, soğuktan ve vahşi hayvanlardan korunmanın yollarını aramışlardır. İlk başta, örneğin yıldırımın düşmesi sonucunda yanan bir ağaçtan tesadüfen ateşi aldılar ve onu korumaya çalıştılar. Daha sonra bu ısı enerjisi kaynağını kullanmak için yakacak odun bulmayı öğrendiler. İnsan, ısı enerjisini almayı ve kullanmayı öğrendiğinde ise kendisini gerçek bir insan gibi hissetmeye başlamıştır.

Daha sonra, insanlar ilk kez su ve rüzgar enerjisinin nasıl kullanılacağını öğrenmeye çalıştılar ve suyun gücüyle çalışan değirmenler yaptılar. Tarihçilerin yazdıklarına göre bu süreç çağımızdan çok önce İran'da M.Ö. 200 yılında başladığını görmekteyiz. Daha sonra 10. yüzyılda ilk yel değirmenleri haçlılar tarafından Avrupa'ya getirildi. Böylece insanlar, rüzgarla oluşan hava akımının enerjisini dönen bir şaftın mekanik enerjisine dönüştürülmesini keşfettiler.

1807'de Amerikalı mucit Robert Fulton, buharla çalışan ilk buharlı gemiyi inşaetti ve buharlı gemi, New York ile Albany arasındaki Hudson Nehri üzerinde düzenli seferler yapmaya başladı. Böylece buhar makinesinin icadı, insan gücünün kullanımını azaltmış ve buharın ısı enerjisinden yararlanılmasını ortaya koyulması suretiyle mühendislikte büyük bir devrime yol açmıştır. 1823'te İngiliz mühendis George Stephenson, ilk olarak kömürle çalışan buharlı lokomotifini tasarlayarak toplu taşımada kullanılan seyahat lokomotifini yaptı. 1825'te Stockton-Darlington güzergâhında ilk demiryolu açıldı. Daha sonra elektrik keşfedilmesi enerji alanında büyük bir gelişimin habercisi oldu. İtalyan mucit fizikçi Alexandro Volta, Luigi Galvani'nin deneylerini sürdürerek 1800 yılında elektrik pilini keşfetti. Böylece, elektrik potansiyel birimini kendi soyadı olan Volt (V) ile isimlendirilmesiyle onurlandırıldı.

Organik ve inorganik yakıtların artan fiyatları ve yaratmış olduğu çevre kirliliği karşısında insanları başka enerji kaynaklarını aramaya zorladı. Günümüzde güneş ve rüzgar enerjilerinin kullanımı, yer altı ve termal suların enerjisi, akan nehirlerin enerjileri, deniz ve okyanuslardaki dalgaların ayrıca gel-git olaylarının oluşturduğu enerjilerin, derinlik değişimlerine bağlı olarak denizlerdeki sıcaklık değişimlerinin

oluşturduğu enerjilerin, yakıt pilleri vb. çevreyi kirletmeyen enerji türleri gün geçtikçe daha cazibedici hale gelmektedir. Enerji ihtiyacının günden güne hızlı bir şekilde artması ve fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin doğayı kirletmesi ve iklim değişikliklerine neden olması temiz enerjiye olan ihtiyacın yenilenebilir sistemlerden elde edilen elektrik enerjisi ile sağlanması yönündeki girişimler hızlı bir şekilde artarak yol almaya başlamıştır. Doğrudan güneş enerjisinden elektrik almayı sağlayan özel dönüştürücüler, rüzgar enerjisini kullanarak elektrik üretmek için özel rüzgar santralleri oluşturulmuş, tükenmeyen yenilenebilir elektrik kaynakların kullanılması için çok sayıda üretim birimleri oluşturulmasına başlanmıştır. Bunlardan en eski olanlardan hidro-elektrik santralleri, suyun potansiyel enerjisini dönüştürülmesi suretiyle elektrik enerjisi üreten santrallerdir. Hidroelektrik enerji santralleri, Türkiye'de ve gelişmiş dünya ülkelerinde çokça kullanılan elektrik enerji üretim yöntemlerinden biridir. Uzun yıllar kullanımda olmasına rağmen, hala bu santrallerin avantajları ve dezavantajları tartışılmaktadır. Dünyada yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik enerjisinin kullanım oranı ile ilgili olan bilgilere konu kapsamındaki kaynaklardan ulaşıla bilir.

Enerji hayatımızın her alanında gerekli olduğu gibi şu sıralar geleceğin yaşam alanlarından olan uzayda da çalışmalar yapılmaktadır Bunlardan ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), 2024 yılına kadar Ay yüzeyinde bir üs kurma planı üzerinde çalıştığı bilinmektedir. Benzer şekilde, Rusya da dahil olmak üzere diğer nükleer güçler, 2030 yılına kadar Ay yüzeyinde bir üs oluşturmak için gerekli tüm çalışmaları tamamlamayı planlamaktadırlar. Nispeten genç bir nükleer güç olan Avrupa Birliği, Japonya ve Çin de bu faaliyetlerde bulunanlar arasındadır. Bu kurulacak üslerde gereksinim duyulan enerji nükleer enerjinin yanı sıra güneş enerji sistemleriyle elde edilmesi yönünde çalışmalar şeklinde olmaktadır.

Bilindiği gibi dünyadaki enerji kaynaklarına baktığımızda temelde kullanılan iki tür enerji kaynağıyla karşılaşırız. Bunlar, daha öncede bahsettiğimiz şekliyle yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarıdır. Bunlardan en çok kullanılan yenilenebilir enerji, güneş ve rüzgar gibi kaynaklardan elde edilen enerji türüdür. Sürekli ve tükenmeyen kaynaklar oldukları içinde yenilenebilir enerji adı verilmiştir. Yenilenemez enerji ise fosil yakıtlardan ve nükleer kaynaklardan elde edilen enerji türüdür. Yenilenemez enerji kaynağı olarak tanımlanmasının nedeni ise bu tür enerjinin bir ömrünün olmasıdır.

Tezin Amacı: Bu tez çalışmanın amacı öncelikle enerji kavramı açıklanarak dünyada, Türkiye ve Azerbaycan’da yenilenebilir enerji kaynaklarının durumunun incelenmesi yapılmıştır.

Ayrıca bu çalışmada tezin başka bir amacı ise, bütünsel ve detaylı olarak araştırmacıların Azerbaycan’da yenilenebilir enerji sektörünün gelişimi ve rüzgar enerji türbini tasarımı incelenmesi yapılmıştır.

Çalışmanın diğer bir amacı da; araştırmacıların Azerbaycan’da yenilenebilir enerji kaynakları ve rüzgar türbini tasarımı hakkında daha kapsamlı bilgiye ulaşmalarını sağlamaktır.

Tezin Kapsamı: Yüksek Lisans için yazdığım bu tez çalışması 3 bölümden oluşmaktadır:

İlk bölümde enerji kavramının açıklanması yapılmıştır. Yenilenemez enerji kaynakları hakkında dünya genelindeki durumu incelenmiştir. Yenilenemez enerji kaynaklarının türlerine, yıllara ve ülkelere göre yapılmış araştırmalar tezde tablo olarak yer verilmiştir.

İkinci Bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarının tanıtımı yapılmış, dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitleri hakkında araştırılma yapılmış ve incelenmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları ve dezavantajları incelenmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde ise Azerbaycan’da mevcut yenilenebilir enerji durumu ve gelişimi, yenilenebilir enerji kaynakları hakkında araştırılma yapılmış ve aktarılmıştır. Ayrıca Azerbaycan’da kurulan bir rüzar türbin tasarımının hesaplamaları yapılmıştır.

Tezin Yöntemi:

Tez çalışması üç aşamalı yöntem ile yazılmıştır. İlk olarak çalışmaya yenilenebilir enerji, yenilenemez enerji kavramlarının anlaşılması adına literatür taraması ve incelenmesi yapılmıştır. İkinci aşamada Azerbaycan’da yenilenebilir enerji ve rüzgar türbin tasarımı ele alınmış bunun için M.F. Ahundov adına Azerbaycan Devlet Kütüphanesinde bulunan değerli kaynaklardan yararlanmıştır.

Üçüncü aşamada ise nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Azerbaycan'da üç kanatlı rüzgar türbini tasarımı hesaplamaları için Azerenerji ASC' ye giderek, hesaplamalar yapılmış, elde edilen bilgiler derlenerek bu tez çalışması ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında dünyada, Türkiye ve Azerbaycan'da yenilenebilir enerjinin kapsamlı araştırılması incelenmiş, Azerbaycan'da üç kanatlı rüzgar türbin tasarımı hesaplamaları yapılmış ve araştırmacılarının enerji konusunda daha kapsamlı bilgilere ulaşmalarını yönünde gerekli bilgiler aktarılmaya çalışılmıştır.



BİRİNCİ BÖLÜM

GÜNÜMÜZDE ENERJİ KAVRAMI

1. ENERJİ KAVRAMI VE TANITIMI

Enerji, günümüzde bilindiği gibi, tüm fiziksel varoluşun temelini oluşturan ana unsur olarak kabul edilebilir. Atomlar ve tüm atom-altı parçacığın temel kavramsal yapı taşı olarak nitelendirilen Einstein'ın matematiksel kanıtı, enerjinin maddeye, tersinin de enerjiye dönüştürülebileceğini ortaya koydu. Enerji, nefes almamızın, uyumamızın, düşünmemizin, ulaşımımızın, ısınmamızın, endüstriyel üretimimizin kısacası tüm yaşam faaliyetlerimizin temelidir. Enerjinin bu kadar önemli olması onu fizikten sosyolojiye, ekolojiye kadar birçok alanda önemli bir parametre haline getirmiştir (Çıtak, 2016, 117-139).

Fiziksel anlamda iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanan enerji kelimesinin kökü, Yunanca "en" (iç) ve "ergon" (anlam) kelimelerinin birleşiminden oluşan "energeia" kelimesinden gelmektedir. Bu nedenle enerji, içsel olarak meydana gelen "iç iş" olarak nitelendirilebilir. Günümüzde enerji, makinelerin, elektrikli cihazların, kısacası günlük yaşamı kolaylaştırmak için tasarlanmış binlerce aletin çalışması için gerekli bir kaynak olarak ifade edilebilecek soyut bir kavramdır. Enerji, nesnelerin hareket etmesine veya hareket ettirmesine neden olur ve yapılan işle ölçülebilir ve değerlendirilebilir. Saç kurutma makinesini açmak, bisiklete binmek, arabaları hareket ettirmek hepsi birer iştir ve hepsi enerji gerektirir (Çokan, 2003).

Türk Dil Kurumu sözlüğüne göre enerji, "maddede bulunan, ısı ve ışık şeklinde görünen güç" olarak tanımlanır.

Potansiyel ve kinetik olarak ikiye ayrılabilir. Enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, nükleer enerji vb. farklı türlerde olabilir ve bir türden diğerine dönüşebilir. Enerji, günlük hayatın devamı için vazgeçilmez bir unsurdur.

Ekonomik açıdan farklı enerji kaynaklarından farklı yollarla alınan enerji aşağıdaki şekillerde sınıflandırılır. Enerji kaynakları, yeniden kullanılabilirlik açısından birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır.

Günümüzde diğ er bir sınıflandırma şekli ise enerji kaynaklarının kullanımına göre yenilenemeyen veya yenilenebilirlik özellikleri dikkate alınarak yapılan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmaya göre, doğal bir döngü içerisinde kullanılmasına rağmen azalmayan, aynı zamanda tükenmeyen enerji kaynaklarına yenilenebilir enerji kaynakları denilir. Kullandık a kendini yenileyemeyen enerji kaynaklarına ise yenilenemez enerji kaynakları adı verilir. Yenilenemez enerji kaynakları da kendi aralarında fosil kaynaklı ve çekirdek kaynaklı olmak üzere iki kısıma ayrılır. Bunlardan petrol, kömür ve doğal gaz fosil kaynaklı olarak göz önüne alınırken, toryum ve uranyum çekirdek kaynaklı yenilenemez enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Rüzgâr, güneş, dalga, gel-git, hidrolik, jeotermal, biok t le ve hidrojen enerjileri ise yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alır. (Tablo 1).

Tablo 1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması



Kaynak: <https://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik/elektrik-enerjisi-nedir-5035/>

2. YENİLENEMEZ ENERJİ KAYNAKLARI

2010 yılında, insanoğlunun Dünya'da ürettiği tüm enerjinin yaklaşık %91'i çeşitli yakıt türlerinin yakılmasıyla elde edilirken, aslan payı yenilenemeyen fosil yakıtlardan oluşuyordu. Amerikan ajansı EIA'nın (Energy Information Administration) tahminlerine göre, 2040 yılına kadar fosil yakıtların payı sadece %78'e düşeceği, 2010'dan 2040'a kadar olan dönemde ise enerji tüketimi %56 artacağı öngörülmektedir. Bununla bağlantılı olarak, modern uygarlığın yenilenemez enerji kaynaklarının tükenmesi, çevre kirliliği ve küresel ısınma gibi küresel sorunları vardır.

Yenilenemez enerji kaynakları doğada tüketildiğinden dolayı çok daha yavaş oluşur ya da geri kazanılır. Bunlar hidrokarbon mineralleri veya fosil yakıtlar olarak da adlandırılan kömür, petrol, doğal gaz, turbadır. Yenilenemez enerji kaynakları iki gruba ayrılır: Fosil kaynaklı (kömür, petrol ve doğalgaz) ve çekirdek kaynaklı (uranyum, toryum)'dur.

Yenilenemeyen enerji kaynakları arasında kömür, doğal gaz, petrol ve nükleer enerji olarakta sayılabilir. Bu kaynaklar bir kez tüketildiğinde, değiştirilemezler, hali hazırda enerji ihtiyacımızın çoğunu bu kaynaklardan sağladığımızdan ve de onlara bağımlı olduğumuzdan ayrıca da küresel ısınma, enerji, çevre ve iklim gibi dünyamızı yakından ilgilendiren pek çok konudan dolayıda insanlık ve çevre için büyük bir sorun teşkil etmektedir.

İnsan toplumunun günlük ihtiyacını karşılamak için kullandığı değişmez enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklardır. Bu iki kaynak türü arasındaki fark, yenilenebilir kaynaklar doğal olarak kendilerini yenileyebilirken, yenilenemez kaynaklar bunu yapamaz. Böylece yenilenemeyen kaynakların talebinin sınırlı olduğu ve sürdürülebilir şekilde kullanılamayacağı anlamına gelir.

Dört ana yenilenemez kaynak türü vardır: petrol, doğal gaz, kömür ve nükleer enerji. Petrol, doğal gaz ve kömür topluca fosil yakıtlar olarak adlandırılır. Fosil yakıtlar, milyonlarca yıl boyunca ölü bitki ve hayvanlardan dünya'da oluştuğundan dolayı adı "fosil" yakıtlar olmuştur. Yeraltı kaya ve tortu katmanlarında bulunurlar. Bitki ve hayvan kalıntılarını ham petrole, kömüre ve doğal gaza dönüştürmek için basınç ve ısı birlikte çalışmasıyla oluşmuştur (Government of Jamaica, 2009). Bu kaynakları sırayla inceleyelim.

2.1. Fosil Kaynaklı Yenilenemez Enerji:

2.1.1. Kömür

Karbon kaynaklı fosil enerji kaynaklarından biride kömürdür. Oluşumu organik yapılı olan bitki kalıntılarının ve bataklık gibi alanlarda birikmesi ile oluşur. Temel olarak kömürün yapısında oksijen hidrojen ve karbon elementleri bulunur.

Dünya kömür rezervlerinin çoğu ABD'de olsa da en önemli kömür üreticisi ülke Çin Halk Cumhuriyeti'dir. Çin Halk Cumhuriyeti, dünya kömür üretiminin %47'sini sağlamakta ve aynı zamanda dünya kömürünün yarısından fazlasını tüketmektedir. (Özgen, 2017).

British Petroleum göre kömür fiyatları 2021'de önemli ölçüde yükseldi; Avrupa fiyatları ton başına ortalama 121\$ ve Asya işaret fiyatı ortalama 145\$/ton ile 2008'den bu yana en yüksek seviyesini gördü. Kömür tüketimi 2021'de %6'nın üzerinde artarak 160 EJ'ye ulaştı, 2019 seviyelerinin biraz üzerinde ve 2014'ten bu yana en yüksek seviyesine geldi. Çin ve Hindistan, sırasıyla 3,7 ve 2,7 EJ artışla 2021'deki kömür talebindeki artışın %70'inden fazlasını oluşturdu. Küresel üretim, tüketimi 440 milyon tonluk bir artışla karşıladı. Çin ve Hindistan, büyük ölçüde yurt içinde tüketilen üretimdeki artışın büyük bir kısmını karşıladı ve Endonezya'nın yanı sıra, daha yüksek ihracatı destekledi. Özellikle, hem Avrupa hem de Kuzey Amerika, yaklaşık 10 yıllık arka arkaya düşüşlerin ardından 2021'de kömür tüketiminde artış gösterdi(British Petroleum (BP), 2018). Tablo 2'de Dünyada ana kömür ücretleri verilmiştir.

Tablo 2. Ana Kömür Üreticileri Milyon Ton (Mt) (BP)

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Çin Halk Cumhuriyeti	3563.2	3268.2	3376.1	3,697.7	3,846.3	3,902.0	3.850
Hindistan	683.1	711.7	729.8	760.4	753.9	756.5	705.98
ABD	813.7	660.8	702.3	686.0	640.8	484.7	418.94
Avustralya	512.4	500.3	501.1	502.0	504.1	476.7	466.5
Endonezya	454.8	463.5	487.6	557.8	616.1	562.5	490.5
Rus Federasyonu	351.7	366.3	387.2	441.6	440.9	399.8	380.1
Almanya	184.7	175.6	175.1	168.8	131.3	107.4	103.9
Polonya	135.8	131.0	127.0	122.4	112.4	100.7	100.0
Kazakistan	107.3	103.1	106.0	118.5	115.0	113.2	73.80
Türkiye	58.4	70.6	99.8	83,9	87.1	70.8	90.78

2.1.2. Petrol

Yenilenemez bir enerji kaynağı olan petrol; yer altında bitki ve hayvanların çürümesi neticesinde oluşan kalıntılardan geriye kalan yağlı maddeler çamur ve büyük kaya katmanları altında petrol ve gaz döner. Petrol çoğunlukla sıvı halde bulunan, çeşitli renklerde bulunabilen, yağ kıvamında bir maddedir. Yoğun, kolaylıkla alev alabilen petrol, yeryüzünde doğal olarak bulunan katı, sıvı ve gaz haldeki hidrokarbonların bir karışımıdır. Petrol kelimesi Latince "petra" ve "oleum" kelimelerinden türemiştir. Petra, Latince "kaya" anlamına gelirken, oleum kelimesi de "yağ" anlamına gelir. Ham petrolün rengi çıkarıldığı yere göre farklılık gösterebilir. Petrolün renginin değişkenlik göstermesinin sebebi, içeriğinde bulunan hidrokarbonların çeşitleri ve karışım oranlarındaki farktır.

Petrol fiyatları 2021'de ortalama 70,91 \$/varil ile 2015'ten bu yana en yüksek ikinci seviye oldu. Petrol tüketimi 2021'de günde 5,3 milyon varil arttı ancak 2019 seviyelerinin 3,7 milyon varil altında kaldı. Tüketim artışının büyük bölümü benzinden (1,8 milyon varil/gün) ve dizel/mazottan (1,3 milyon varil/gün) geldi. Bölgesel olarak, büyümenin çoğu ABD (günde 1,5 milyon varil), Çin (günde 1,3 milyon varil) ve AB'de (günde 570.000 varil) gerçekleşti. Küresel petrol üretimi 2021'de günde 1,4 milyon varil arttı ve artışın dörtte üçünden fazlasını OPEC+ oluşturdu. Tüm ülkeler arasında Libya (günde 840.000 varil), İran (günde 540.000 varil) ve Kanada (günde 300.000 varil) en

büyük artışları gördü. Nijerya (günde - 200.000 varil), Birleşik Krallık (günde - 170.000 varil) ve Angola (günde -150.000 varil) en büyük düşüşleri bildirdi. Rafineri kapasitesi, OECD'deki keskin düşüş (günde 1,1 milyon) nedeniyle 30 yılı aşkın bir süredir ilk kez yaklaşık 500.000 varil/gün azaldı. Sonuç olarak, 2021'de OECD'deki rafine kapasitesi 1998'den bu yana en düşük seviyededeydi (British Petroleum, 2020). Tablo 3'de on yıllar itibariyle dünyada petrol rezervi verilmiştir.

Tablo 3. On Yıllar İtibariyle Dünyada Kanıtlanmış Petrol Rezervi (Milyar varil)

Yıl	İlave Rezerv	Rezerv	Değişim
1960	-	291	-
1970	257	548	%88
1980	96	644	%18
1990	349	993	%54
2000	94	1.087	%9
2010	372	1.459	%34
2020	321	1.780	%22

Tablo 4: Bazı Ülkelere Göre Petrol Rezervi (Milyon ton)

Sıra	Ülke	2015 rezervi	2021 Rezervi	Pay %
1	Venezuela	147.6	33.4	0.8 %
2	Suudi Arabistan	568.0	515.0	12.2 %
3	İran	180.2	167.7	4.0 %
4	Kanada	216.1	267.1	6.3 %
5	Irak	195.6	200.8	4.8 %
6	Kuveyt	148.2	131.1	3.1 %
7	Birleşik Arap Emirlikleri	176.1	164.4	3.9 %
8	Rusya	544.6	536.4	12.7 %
9	Libya	20.5	59.6	1.4 %
10	ABD	567.1	711.1	16.8 %
11	Nijerya	105.7	77.9	1.8 %
12	Kazakistan	80.2	86.0	2.0 %
13	Çin Halk Cumhuriyeti	214.6	198.9	4.7 %
14	Katar	75.7	73.3	1.7 %
15	Azerbaycan	42.0	35.1	0.8 %
16	Türkiye	1.8	2	0.1 %

2.1.3.Doğal Gaz

Bir diğer fosil yakıt olan doğalgaz da petrol gibi dünyanın enerji arzının karşılanmasında önemli bir yakıt türüdür. Çok eski tarihlerden beri bilinen ve kullanılan doğal gaz; bugünkü anlamda önemini kazanmaya, 1816 yılında ABD'nin Baltimore kentinin sokak lambalarının doğalgaz aracılığıyla aydınlatılmasıyla başlamıştır. Petrol ve kömür ile karşılaştırıldığında; yanma anında ortaya çıkan sülfür, karbon ve kül daha az olduğundan, dolayısı ile çevreye verdiği zarar çok daha düşük olduğundan kullanım oranı artmıştır. Günümüzde Dünya enerji tüketiminin neredeyse dörtte birini oluşturan doğalgaz talebi Ortadoğu ve Afrika dışında hızla artma eğilimindedir. Asya'daki gelişmekte olan ülkeler ile Güney ve Orta Amerika'da yüksek oranlı talep artışı beklenmektedir. Ayrıca, önümüzdeki dönemde gelişmekte olan ülkelerde de hızlı bir talep artışı öngörülmektedir. Doğal gaz kullanım oranının petrolü geçerek 2030'lu yıllarda zirve yapması, 2085 yıllarında ise kullanımına son verileceği değerlendirilmektedir(T.C.Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, Doğal Gaz Tüketimi,2006).

Doğal gaz fiyatları 2021'de üç büyük gaz bölgesinin tamamında güçlü bir şekilde toparlandı, Avrupa'da dört kat artarak yıllık rekor seviyelere ulaşmaktadır. 2021'de neredeyse ikiye katlanarak ortalama 3,8 \$/mm Btu'ya ulaştı - 2014'ten bu yana en yüksek yıllık seviyesine ulaşmıştır. Küresel doğal gaz talebi 2021'de %5,3 büyüyerek pandemi öncesi 2019 seviyelerinin üzerine çıktı ve ilk kez sınırını geçti. 2021 yılında birincil enerjideki payı %24 ile bir önceki yıla göre değişmemiştir. LNG arzı, 2021'de %5,6 (+26 Bcm) artarak 516 ulaştı ve bu, 2015'ten bu yana (2020 hariç) en yavaş büyüme oranı sayılır. ABD'den gelen LNG arzı 34 milyar metreküp arttı ve bu, yeni artan arzların çoğunu oluşturdu ve esas olarak diğer Atlantik Havzası ihracatçılarından gelen düşüşleri fazlasıyla telafi etti. Çin, dünyanın en büyük LNG ithalatçısı olarak Japonya'yı geride bıraktı ve 2021'de küresel LNG talebindeki artışın yaklaşık %60'ını oluşturdu. Avrupa'ya yapılan Cezayir boru hattı ihracatı, geçen yıl bölgeye yönelik boru hattı tedarik artışının (+13 milyar metreküp) en büyük kaynağı olurken, onu Azerbaycan (+6 milyar metreküp) izledi. Rusya'nın Avrupa'ya boru hattı tedariki 2021'de genel olarak 167 milyar metreküpte sabit kalırken, AB'ye ihracat %8,2 azaldı (-12 milyar metreküp) ulaşmıştır (British Petroleum, 2018). Tablo 5'de on yıllar itibarıyla dünyada doğalgaz rezervi verilmiştir.

Tablo 5. On Yıllar İtibariyle Dünyada Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervi (Milyar m3)

Yıl	İlave Rezerv	Rezerv	Değişim
1960	-	19.168	-
1970	24.293	43.461	127 %
1980	41.209	84.670	95 %
1990	43.967	128.637	52 %
2000	27.899	156.536	22 %
2010	40.966	197.502	26 %
2020	9.310	206.812	5 %
2021	-947	205.865	-0.5%

Tablo 6. Ülkelere Göre Doğalgaz Rezervi (Milyar M3)

Sıra	Ülke	2015 Rezervi	2021 Rezervi	Pay %
1	Rusya	50.205	47,759	23,20
2	İran	33.500	33.988	16,51
3	Katar	24.299	23.831	11,58
4	Türkmenistan	9.755	13.950	6,78
5	ABD	8.709	12.246	5,95
6	Suudi Arabistan	8.588	8.507	4,13
7	Birleşik Arap Emirlikleri	6.091	8.200	3,98
8	Nijerya	5.284	5.848	2,84
9	Irak	3.158	3.714	1,80
10	Çin Halk Cumhuriyeti	2.791	3.269	1,59
11	Azerbaycan	1.284	1.917	0,93
12	Kazakistan	1.907	1.830	0,89
13	Türkiye	3	713	0,35
14	Almanya	46	20	0,01

Kaynak: Bp Statistical Review of World Energy

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

2.2. Çekirdek Kaynaklı Yenilemez Enerji Kaynakları

2.2.1.Uranyum

Uranyum Temel nükleer yakıt hammaddesidir. Günümüzde nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılmaktadır. Doğadaki uranyumun binde yedisi (%0,71) bölünebilir Uranyum-235 izotopu içerir. Doğal uranyum yakıtı, ağır su (bir döteryum- hidrojen izotopu) ile soğutulan reaktörlerde kullanılır. Hafif su soğutmalı reaktörlerde zenginleştirilmiş uranyum yakıtı kullanılır. Doğal uranyumdaki Uranyum-235 izotop oranını artırmak için zenginleştirme işlemi ile zenginleştirilmiş uranyum elde edilir.

2.2.2.Toryumun

Toryum bölünebilir bir malzeme olmadığı için tek başına nükleer yakıt olarak kullanılamaz ve bölünebilir bir izotop olan U233'e dönüşmesi için bir tetikleyiciye (nötron) ihtiyaç duyar. Bu nedenle nükleer yakıt olarak kullanılabilmesi için bölünebilir izotoplar U235 veya Pu239 ile birlikte kullanılması gerekir.

Toryum nükleer yakıt olarak kullanılmasıyla ilgili çalışmalar var ama şu anda toryumla çalışan ticari ölçekte bir nükleer reaktör yok.

Uranyum nükleer reaktörlerde çeşitli aşamalardan geçtikten sonra enerji elde etmek için kullanılır. Reaktörlerde üretilen kullanılmış yakıtlar güvenli bir şekilde elleçlenir(Türkiye'nin Nükleer Hammadde Kaynakları,2016).

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Fosil yakıtlardan elde edilen yenilemeyen enerji kaynaklarının alternatifi yenilenebilir enerji diğer bir tanımla yeşil enerji olarak bilinen kaynaklardır. Yenilenebilir enerji doğanın korunmasını ve de kirlenmesini önlemek için kullanılan bir temiz enerji türüdür. Yenilenebilir enerji kaynakları enerjinin temini açısından, doğa dostu geleceğe daha çok odaklanan umut verici bir alan olarak görülmektedir. Teknolojinin getirdiği yenilikler doğrultusunda insanların yaşam koşullarının iyileştiği ve enerji talebinin hızla arttığı son dönemde bu enerjilerin önemi daha da artmaktadır. Yenilenebilir enerjinin çevreyi kirliletmemesi yanında tükenmeyen enerji kaynağına sahip olmasıdır.

Dünya da ABD, Kanada, İngiltere, Almanya, Rusya gibi gelişmiş ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırarak çevreyi kirlilikten

korumaya çalışmaktadır. Son yıllarda, bağımsız bir devlet olarak yabancı ülkelerin deneyimlerinden yararlanan Türkiye ve Azerbaycan, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırarak hem fosil yakıt (petrol, gaz) kullanımını azaltmak hem de çevre koruma yönünde atacak girişimlerde bulunmaktadır.

Geleneksel olmayan, yenilenebilir enerji kaynaklarının olanaklarının çok büyük alana sahip olduğu bilinmektedir. Bu kaynaklara örnek olarak güneş enerjisi, gezegen, jeotermal sular, rüzgar, gelgitler, nehirler, biyogaz, hidrojen, biyokütle ve yakıt hücreleri verilebilir.

Diğer taraftan, yenilenemeyen enerji kaynaklarının her geçen gün azalma eğilimine girmesi insanoğlunu yenilenebilir ve sürdürülebilir kaynaklar aramaya yönlendirmektedir. Dünya nüfusunun da hızla artma trendine girmesi artan enerji ihtiyacının karşılanmasına gereksinim duyulmaktadır. Bu bakımdan yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynakları önem kazanır hale gelmektedir.

Temelde kaynağı doğa var oldukça bitmeyen yenilenebilir enerji doğanın kirlenmesini önlemek için kullanılan enerjidir. Yenilenebilir enerji, geleceğe daha çok odaklanan umut verici bir alandır. Yenilenebilir enerji kaynakları, hidroelektrik, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle ve gelgit enerjisi kullanılarak elde edilen yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Petrol, doğal gaz, kömür ve uranyum cevheri gibi fosil yakıtların aksine bu enerji kaynakları tükenmez, bu nedenle yenilenebilir olarak adlandırılırlar. Tablo 7’de yenilenebilir enerji kaynakları verilmiştir:

Tablo 7. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Kaynak
1. Hidrolik Enerji	Nehirler Güneş
2. Güneş Enerjisi	Güneş
3. Rüzgar Enerjisi	Rüzgar
4. Jeotermal Enerji	Yer altı suları
5. Biyokütle Enerjisi	Biyolojik atıklar
6. Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler
7. Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler

3.1. Hidrolik

Yenilenebilir kaynaklar arasında olan hidroelektrik enerjisi; hareket halinde olan akarsu, nehir, şelale gibi suların gücünden elde edilir. Hareket eden bir akışkanın enerjisine hidrolik enerji denir. Hidrolik enerji, akan sıvının akış yoluna bir su çarkı veya kavisli kanatlara sahip türden bir türbin yerleştirilerek elde edilen enerjidir.

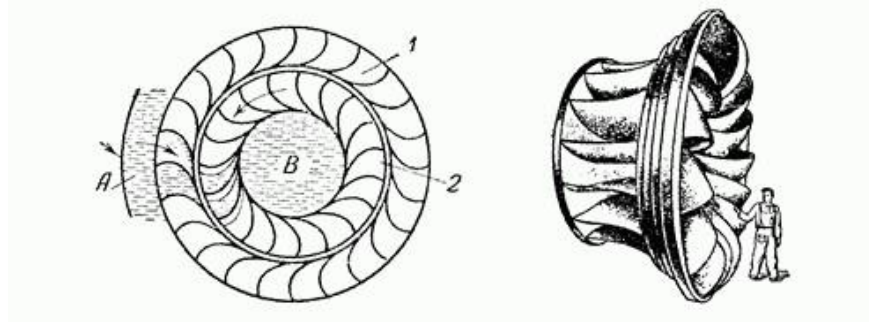
Türbinin nozuldan dışarı akan sıvı jet hızıyla kanata çarpar, bu çarpma sonunda yönünü değiştirerek kanattan hızla aşağı doğru akar. Saniyede kanattan bir sıvı kütlesi akıyorsa, o zaman her saniyede yayılan enerji bu süre boyunca sıvının kaybettiği kinetik enerjiye eşit olacaktır:

$$E = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0'^2}{2}$$

Bu geri dönüş, kanada çarpan sıvının hızının yarısına eşit bir hızda hareket etmesi durumunda en yüksek değerde olacaktır. Gerçekten de, kanat sabitse, üzerindeki basınç en yüksek değere erişecektir, ancak kanadın hareketi söz konusu olmadığından dolayı kanat tarafından herhangi bir iş yapılmayacaktır. Kanat sıvıyla aynı hızında hareket ederse, üzerindeki hidrodinamik basınç sıfıra eşittir: aynı zamanda işte sıfıra eşit olacaktır. İş, kuvvet ve yer değiştirmenin çarpımı ile ölçülür; bu yüzden:

Kanat tarafından üretilen iş, kanat akış hızının yarısına eşit bir ara hızda hareket ettiğinde en yüksek değerde olacaktır.

Yukarıda açıklandığı şekliyle, hidrolik enerji için doğal su akışlarının enerjisi şelaleler, nehirler vb. kaynaklar vasıtasıyla kullanabilir: Hidroelektrik santrallerde suyun uygun düşme yüksekliği baraj vasıtasıyla oluşturulur. Oluşan basıncın büyüklüğüne göre, hidroelektrik santraller düşük basınçlı, orta basınçlı ve yüksek basınçlı (50 m'nin üzerinde) olarak ayrılır. Su türbininin ana kısmı, suyu hareket ettiren türbin tekerleğindeki kanatlarla donatılmış çarktır. Şekil 1 (Guliev ve Mustafinov, 2015, s.18)



Şekil 1. Basınç Türbini Kılavuz Tekerleği, 2 - Dönen Tekerlek. (Calilov 2009)

Tüm dünyadaki nehirlerin endüstriyel kullanıma uygun hidrolik gücü yüz milyonlarca kilovattır ve yaklaşık olarak bir milyar kilovata eşdeğerdir. Döngüye yıllık olarak dahil olan, yani yılda buharlaşan ve ardından yağmur ve kar şeklinde düşen su miktarı karaya düşen yaklaşık sudur. Yağmurla düşen bu miktardan bir kısmı buharlaşır: su her yıl tüm nehirler tarafından denizlere ve okyanuslara taşınır. Bu miktarda, tüm nehirlerin zaman içinde ortalama olarak saniyede 1 milyon ton su "akışına" karşılık gelir. Su enerjisi rezervleri açısından, Sovyetler Birliği dünyada ilk sırada yer almaktadır. (Guliev ve Mustafinov, 2015, s.18).

Hidroelektrik güç veya hidroelektrik olarak da adlandırılan hidrolik enerji, elektrik üretmek için hareket halindeki suyun gücünü (bir şelalenin üzerinden akan su gibi) kullanan bir enerji biçimidir. İnsanlar bu gücü binlerce yıldır kullandılar.

Hidrolik enerji, en yaygın kullanılan yenilenebilir elektrik kaynağıdır. Çin, en büyük hidroelektrik üreticisidir. Dünyanın dört bir yanındaki diğer en büyük hidroelektrik üreticileri arasında Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya, Kanada, Hindistan ve Rusya bulunmaktadır. Dünyada üretilen tüm yenilenebilir elektriğin yaklaşık yüzde 71'i hidroelektriktir. Çin'deki Yangtze Nehri üzerinde bulunan Three Gorges Barajı, elektrik üretimi açısından dünyanın en büyük hidroelektrik barajıdır. Baraj 2.335 metre (7.660 fit) uzunluğunda ve 185 metre (607 fit) yüksekliğindedir ve

22.500 megavat güç üretmeye yetecek kadar jeneratöre sahiptir(Anxiety grows as China's Three Gorges dam hits highest level,2020).



Şekil 2. Çin'de Three Gorges Barajı

Kaynak: <https://edition.cnn.com/style/article/china-three-gorges-dam-intl-hnk-dst/index.html> alınmıştır.

3.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, Güneş'in radyasyon ve ışık biçimindeki enerjisidir. Bu enerji, iklim ve havanın kontrolünü içerir ve yaşamın özüdür. Güneş enerjisi üretimi, fosil yakıtlardan elde edilen elektriğe, havayı ve suyu kirletmeyen, küresel çevre kirliliği yaratmayan ve halk sağlığımızı tehdit etmeyen temiz bir türdür.

Dünya üzerindeki yalnızca tam güneşli 18 günün enerjisi, gezegendeki tüm kömür, petrol ve doğal gaz rezervlerinde depolananla aynı miktarda enerji içerir. Atmosferin dışında, güneş enerjisi metrekare başına yaklaşık 1300 watt içerir. Atmosfere ulaştıktan sonra bu ışığın yaklaşık üçte biri uzaya geri yansır, geri kalanı ise Dünya yüzeyini takip etmeye devam eder.

Güneşin ışınlarının kullanılmasıyla elde edilen enerjiye *güneş enerjisi* denir. Güneş enerjisi dünya'daki tüm enerjinin temel kaynağıdır. Güneş enerjisi hem insanlar hem de diğer canlılar için örneğin hayvan veya bitkilere ısı ve yiyecek sağlayan kaynaktır. Aynı zamanda insan, güneş enerjisini ve türevlerini başka şekillerde

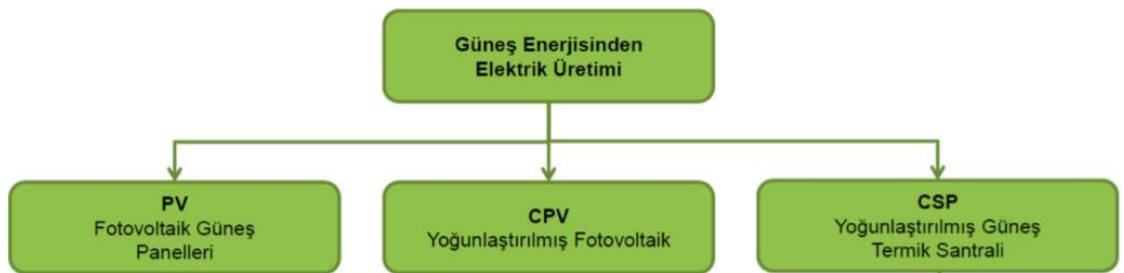
kullanır. Örneğin, elektrik üretmek ve araçları hareket ettirmek için yakılan petrol, kömür ve gaz gibi fosil yakıtların enerjisi, Güneş'in milyonlarca yıl boyunca bağlı ve depolanmış enerjisinden başka bir şey değildir.

3.2.1. Güneş Enerji Sistemlerin Yapısı ve Çalışma Prensibi

Fotoelektrik (PV) paneller ve güneş ışığını yakalayan güneş enerjisi konsantrasyonu (CSP) nesneleri, onu faydalı elektriğe dönüştürebilir. Çatı üstü PV panelleri, güneş enerjisini dünyanın çeşitli yerlerinde olduğu gibi Amerika Birleşik Devletleri'nin hemen hemen her yerinde uygulanabilir haldedir. Los Angeles veya Phoenix gibi güneşli yerlerde, 5 kilovatlık bir sistem yılda ortalama 7.000 ila 8.000 kilovat saat elektrik üretir ki; bu da kabaca tipik bir ABD'deki evin kullandığı elektriğe eşdeğerdir. (Shilton, Powell, Mara ve Craggs 2008, s.253)

2015 yılında, ABD genelinde çatılara yaklaşık 800.000 fotovoltaiik sistem kuruldu. Büyük ölçekli PV projeleri, güneş ışığını elektriğe dönüştürmek için fotovoltaiik paneller kullanılmaktadır. Bu projelerin çoğu zaman yüzlerce megavat aralığında üretimi olmakta ve bu yapılar geniş bir arazi üzerine kurulu milyonlarca güneş panelinden oluşmaktadır. (Shilton, Powell, Mara ve Craggs 2008, s.253)

Şekil 3de güneş enerjisinden elektrik enerjisinin üretilme yolları gösterilmiştir.



Şekil 3. Güneş Enerjisinden Enerji Üretimi

3.2.2. Fotovoltaiik Güneş Panelleri (PV)

Solar fotovoltaiik (PV) paneller, güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştüren yüksek teknoloji ürünü olup ancak yapısı şaşırtıcı derecede basit bir teknolojiye dayanmaktadır.

1839'da Fransız bilim adamı Edmond Becquerel, bazı malzemelerin güneş ışığına çarptığında elektrik kıvılcımları yaydığını keşfetti. Araştırmacılar, fotoelektrik etki adı verilen bu özelliğin yakın gelecekte kullanılabileceğini bulmuşlardır; İlk fotovoltaiik (PV) hücre, 1800'lerin sonlarında selenyumdan yapılmıştır. 1950'de Bell laboratuvarlarındaki bilim adamları teknolojileri revize ettiler ve fotovoltaiik hücrelerde üretilen silikону kullanarak güneş ışığının enerjisini doğrudan elektriğe dönüştürebildiler. Şekil 4



Şekil 4. PV Güneş Panelleri

Kaynak: <https://www.iklimhaber.org/turkiyede-pv-gunes-enerjisi-kapasitesindeki-yillik-artis-5-gwi-asiyor/> 10.11.2021 alınmıştır.

3.2.3. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Sistemleri (CSP)

CSP elektrik üretmek için kullanılmaktadır (bazen güneş termoelektrik olarak adlandırılır, genellikle buharla üretilir). Konsantre güneş sistemleri Teknoloji, güneş ışınlarının geniş bir alanını küçük bir alana odaklamak için izleme sistemli aynalar veya mercekler kullanır. Konsantre ışık, ısı olarak veya geleneksel enerji santralleri için bir ısı kaynağı (güneş termoelektrik) olarak kullanılır. CSP sistemlerinde kullanılan güneş enerjisi yoğunlaştırıcıları, genellikle güneş enerjisiyle iklimlendirme gibi endüstriyel bir ısıtma veya soğutma işlemi sağlamak için de kullanılabilir



Şekil 5. İvanpah Güneş enerji Santrali

Kaynak: <https://www.yesilist.com/dunyanin-en-buyuk-gunes-enerjisi-santrali-elektrik-uretmeve-basladi/> 10.10.2022 alınmıştır.

CSP'nin önemli projeleri arasında ABD'de güneş enerjisi santrali teknolojisi kullanan Ivanpah Güneş Enerjisi Tesisi (392 MW) yer almaktadır. Şekil 5. Termal enerji depolaması ve Fas'taki Ouarzazate'de oluk ve kule teknolojisini birleştiren, birkaç saatenerji depolamalı toplam 510 MW'lık bir güneş enerjisi santralidir.

CSP'nin 2018'deki toplam kurulu gücü, 2005'teki 354 MW'a kıyasla 5.500 MW oldu. İspanya, 2013'ten bu yana ülkede ticari işletmeye yeni bir kapasite getirilmemesine rağmen, dünyanın 2.300 MW'lık kapasitesinin neredeyse yarısını sağladı. Onu 1740 MW ile Amerika Birleşik Devletleri takip ediyor. Kuzey Afrika ve Orta Doğu'nun yanı sıra Hindistan ve Çin'de de ilgi görülüyor. Küresel pazar başlangıçta bir noktada CSP kurulumlarının %90'ını oluşturan parabolik oluk kurulumlarının hakimiyetindeydi. 2010 civarından bu yana, CSP merkezi güç kulesi, 400°C'lik (752°F) maksimum çukur sıcaklığına kıyasla 565°C'ye (1049°F) kadar daha yüksek çalışma sıcaklıkları nedeniyle yeni işletmelerde popüler olmuştur ve daha fazlasını vaat etmektedir. Tablo 8'de Türkiye'nin en büyük 10 güneş enerji santralleri verilmektedir:

Tablo 8. Türkiye'de Faaliyette Olan En Büyük 10 Güneş Enerji Santralleri

1)	<u>Karapınar YEKA-1 GES</u>	Konya	756 MW
2)	<u>Naturel & Esenboğa Enerji GES</u>	Ankara	118 MW
3)	<u>Kayseri OSB Güneş Enerjisi Santrali</u>	Kayseri	50 MW
4)	<u>Van Arısu GES</u>	Van	45 MW
5)	<u>Özkoyuncu Madencilik Balıkesir GES</u>	Balıkesir	40 MW
6)	<u>Kıvanç 2 GES</u>	Mersin	35 MW
7)	<u>Teksin Enerji GES</u>	Karaman	33 MW
8)	<u>Cıngıllı GES</u>	Niğde	26 MW
9)	<u>Akseki Büyükalan GES</u>	Antalya	23 MW
10)	<u>Fernas 4 GES</u>	Burdur	20 MW

Kaynak: <https://www.enerjiatlası.com/en-buyuk/gunes> .html alınmıştır.

3.2.4. Güneş Panellerin Matematiksel Hesaplamaları

Güneş enerjisi sisteminin iyi bir performansta çalışması için düzgün ve verimli bir tasarımın yapılması gerekir. Güneş enerji sistemi tasarımı, yük hesabı, güneş paneli sayısının belirlenmesi, depolama ihtiyacının belirlenmesi, dönüştürücü kapasitesinin seçilmesi şeklinde 4 adımda yapılır.

Yük hesabı yapmak içinde sisteme bağlanacak elektrikli cihazların ne kadar güce gereksinim duyduğunu belirlemek gerekir. Bu amaç doğrultusunda cihazların gücü, sistemde tanımlanan güç değeri watt (W) cinsinden belirtilir. Dolayısıyla toplam gücü bulmak içinde cihazların gücüyle cihaz sayısını çarpıp yeterli olacaktır. İlave cihazlar bulunuyorsa onları da ayrı ayrı çarpıp toplam güce eklemek gerekir. Buna göre;

$$\text{Toplam güç (W)} = \text{cihaz sayısı} \times \text{cihaz gücü (W)}$$

Bu hesaptan sonra toplam enerji tüketimi watt-saat cinsinden bulunur. Bu tüketim miktarı toplam gücün günlük çalışma saati ile çarpılmasıyla elde edilir.

$$\text{Gerekli elektrik enerjisi (Wh)} = \text{toplam güç (W)} \times \text{çalışma süresi (saat)}$$

Bir sonraki adımda güneş panellerinin gerçek gücü hesaplanır ki bu güneş hücrelerinin sahip olduğu teknoloji nedeniyle teknik özelliklerinde belirtilenden daha düşüktür. Güneş panelinin yapısında belirtilen gücü, yaklaşık olarak 0,75 sayısı ile çarpılarak yaklaşık olarak gerçek gücü hesaplanabilir.

$$\text{Gerçek güç (W)} = \text{güç (W)} \times 0,75$$

Buradan bulunan gücün sisteme aktarılması sırasında kayıplar söz konusu olacağından; Güneş panelinin bu ifadeyle bulunan değeri daha düşük olacaktır. Bunun temel nedeni güneş enerji sisteminde kullanılan ekipmanların düşük verimle çalışmasından kaynaklanmaktadır. Sistem verimi kaynaklı kaybı hesaplamak için gerçek gücü belli bir katsayıyla çarpmak yeterli olacaktır. İdeal durumda bu sayı 0.8 olarak alınabilir.

$$\text{Kullanılabilir güç (W)} = \text{gerçek güç (W)} \times 0,8$$

Bir güneş panelinin bir gün boyunca ürettiği toplam enerji, panellerin gücüyle günlük güneşlenme süresinin çarpımıyla hesaplanabilir. Ancak güneşlenme süresi bölgeden bölgeye değişmektedir. Bunun için bu süre ortalama olarak 8 saat alınabilir. **Günlük enerji üretimi (Wh) = kullanılabilir güç (W) x güneşlenme süresi (~8 saat)** Bu çerçevede, gereksinim duyulan güneş paneli sayısı cihazların duyduğu toplam enerji sayısını karşılayacak şekilde olacaktır. Dolayısıyla panel sayısı cihazların kullanacağı enerji bir panelin ürettiği enerjiye bölünerek hesaplanabilir. Yapılan hesaplar sonucunda bulunan sayı küsuratlı çıkarsa bu sayı bir üsse yuvarlatılır.

$$\text{Panel sayısı} = \text{gerekli elektrik enerjisi} / \text{günlük enerji üretimi}$$

Güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi ihtiyaç anında kullanılmak üzere akü ya da pillere depolanır. Aküler ise yaklaşık olarak %80 bir verimle çalışır. Bu bakımdan da enerjinin depolanacağı akülerin kapasitesi ihtiyaç duyulan enerji miktarından daha fazla olacak şekilde olmalıdır.

$$\text{Akü kapasitesi (Wh)} = \text{gerekli elektrik enerjisi (Wh)} / 0,8$$

Üreticiler genellikle akü kapasitesini Wh (kilovat saat) yerine Ah (Amper saat) biriminde ifade eder. Bunu bulmak için de Wh cinsinden akü kapasitesini akü voltajına (12 V ya da 24 V) bölmek gerekir.

$$\text{Akü kapasitesi (Ah)} = \text{akü kapasitesi (Wh)} / \text{akü gerilimi (V)}$$

Güneş panelleri, doğru akım (DC) elektrik üretir. Elektrikli ev aletleri ise alternatif akım (AC) gücü kullanır. Üretilen elektrik enerjisinin DC'den AC'ye

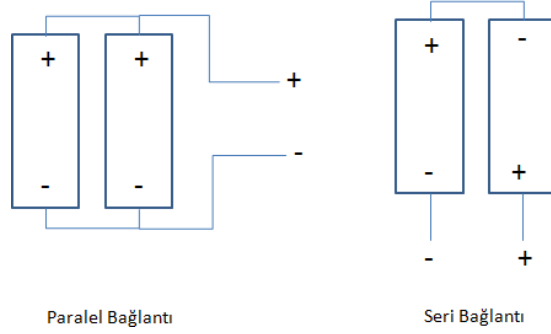
dönüştürülmesi için inverter (dönüştürücü) kullanılır. İnverter gücü ise sisteme bağlı yüklerin toplam gücüne göre belirlenir. İnverter maksimum güç kapasitesi, toplam yükün yaklaşık olarak yüzde 30 fazlası olmalıdır. Bu sistemin sağlıklı bir şekilde çalışması için önemlidir.

İnverter gücü (W) = toplam güç (W) x 1,3

Yapılan bu hesaplamalar neticesinde kurulacak güneş enerji sisteminde kaç tane güneş paneline gereksinim duyulacağı ve inverter boyutunun ne olacağı hususu kolay bir şekilde belirlenebilir. Burada verilen bu hesaplama yöntemi genel anlamda bir evin güneş enerji ihtiyacını karşılamak için yeterli olmakla birlikte eğer bir bölgenin enerjisini gücünü hesaplamak istersek bu hesaplar daha karmaşık hesaplamalar yapmak gerekir.

Diğer taraftan güneş enerjisi sistemindeki güneş paneli maliyetleri ve miktarı, ortalama elektrik kullanımınıza (kWh) ve coğrafi konumunuza göre belirlenir. Standart güneş panelleri ortalama 250 ile 350 watt elektrik üretir. Belirli bazı markaların güneş panelleri, daha yüksek yani 450-550 watta kadar çalışabilmektedir. Burada göz önüne almamız gereken bir soru da güneş enerji sisteminde kaç tane akü kullanmamız gerekir. Bunun hesabını basit bir örnekle şöyle yapabiliriz: Farz edelim ki 2 adet 275 Watt'lık panelimiz olsun. Bu panellerin ürettiği güneş enerjisi $275 \times 2 = 550$ Watt olacaktır. Bu panellerin bir günde 6 saat güneş aldığını göz önüne alalım. Böylece $550 \text{ watt} \times 6 \text{ saat} = 3300 \text{ Watt}$ (3.3 kWA) Bir akü 12 volt ile çalışır ve amper güçleri değişkendir. Farz edelim ki 12 Volt 100 Amperlik bir akümüz olsun. Bu akü $12 \times 100 = 1200 \text{ watt}$ değerinde güç depolar. Bu tip aküyü evimizde kullandığımızı farzedelim. Bir akü 1200 Watt'lık enerji depoluyorsa 3300 Watt üreten güneş panellerimizden elde edilen elektrik enerjisini depolamak için 3 adet solar aküye ihtiyacımız olacaktır. Birde bu akülerin birbirleriyle nasıl bağlanacağı konusu söz konusu olacaktır. İnverterin gücüne göre bu değişebilmektedir. Örneğin 24 v ile çalışan bir inverter için en az 2 tane akü kullanmamız ve bağlamamız gerekir çünkü genelde aküler 12 v ile çalışır. Bağlantı şekilleri aşağıdaki şekilde verilmektedir. Şekil 6

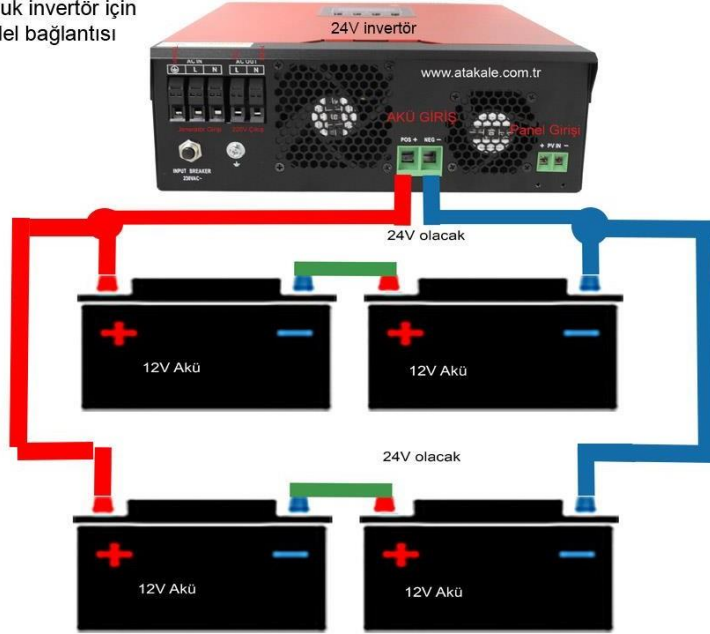
Aşağıda ilave olarak 4 tane akünün invertör için paralel bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 7

Şekil 6. Akülerin Bağlantı Şekilleri

4 Adet 12v Akü nün
24v luk invertör için
paralel bağlantısı



Şekil 7. Akülerin Paralel Bağlantı Şekli

Kaynak: <https://www.solardolap.com/gunes-paneli-hesaplama>

Güneş enerji santral sisteminde en önemli unsurlardan birisi verimliliğidir.

Verimliliği geniş bir güneş panel sistemi için hesaplayacak olursak:

$$\text{Verimlilik (\%)} = 100 \times \text{Maksimum panel gücü (kW)} / \text{Panel alanı (m}^2\text{)}$$

Maksimum panel gücü, güneş panelinin sağlayabildiği en yüksek elektrik gücüdür. Güneş panelinin alanı, genişliği ve uzunluğu çarpılarak kolayca hesaplanabilir.

Maksimum panel gücü, panel alanına bölündükten sonra 100'le çarpılarak yüzde olarak verim hesabı yapılmış olur.

Örneğin; gücü 205 W ve ölçüleri 150 x 68 cm olan bir güneş panelinin verimi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\text{Verimlilik} = 100 \times 0,205 / 1,5 \times 0,68 = \%20,1$$

Aynı güce sahip iki güneş paneli arasındaki verimlilik farkı yalnızca panelin büyüklüğünü etkiler. Yani, %10 verimli 100 W güneş paneli ile %20 verimli 100 W güneş paneli tam olarak aynı miktarda enerji üretir. Diğer bir taraftan %10 verimli güneş panelinin, %20 verimli güneş panelinden iki kat daha büyük olması beklenir.

Güneş sabiti; güneş gücünün, Güneş – Dünya arasındaki uzaklığa oranlanması ile hesaplanmaktadır. Ancak hesaplama yapılırken Güneş ve Dünya küre olarak kabul edilmelidir. Bununla birlikte, Güneş'in elektriksel gücü 3.828×10^{26} Watt, Güneş – Dünya arasındaki uzaklık ise 1.496×10^{11} metre (1 AU) olarak kabul edilmektedir (teknoloji.org, 2022).

Bu veriler kullanılarak güneş sabiti:

$$\sigma = \frac{3.828 \times 10^{26} \text{ W}}{4\pi \times (1.496 \times 10^{11} \text{ m})^2} = 1361 \text{ W/m}^2$$

olarak elde edilir.

3.3. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi atmosferdeki hava kütlelerinin kinetik enerjisinin elektrik, termal ve diğer herhangi bir enerji biçimine dönüştürülmesinde elde edilen bir enerji dalıdır. Dönüşüm, bir rüzgar jeneratörü (elektrik üretmek için), yel değirmenleri (mekanik enerji üretmek için) ve diğer birçok birim türü yardımıyla gerçekleşir. Rüzgar enerjisi, güneşin faaliyetinin bir sonucudur, bu nedenle yenilenebilir bir enerj türüdür.

Rüzgar jeneratörünün gücü, jeneratör kanatlarının süpürdüğü alana bağlıdır. Örneğin Danimarkalı Vestas firmasının ürettiği 3 MW (V90) türbinlerinin toplam yüksekliği 115 metre, kule yüksekliği 70 metre ve kanat çapı 90 metredir. Rüzgardan enerji üretimi için en uygun olan yerler kıyı bölgeleridir. Denizde, kıydan 10-12 kilometre uzakta (ve bazen daha fazla), açık deniz rüzgar santralleri inşa edilmektedir. Rüzgar türbini kuleleri, 30 metre derinliğe kadar çakılan kazıklardan oluşan temeller üzerine kurulur. (Lukutin 2008, s.232)

Rüzgar enerjisi, Güneş'in faaliyetinin bir sonucu olduğu için yenilenebilir enerji olarak sınıflandırılır. Rüzgar enerjisi gelişen bir endüstridir. 2020, bir önceki yıla göre %53 artışla kurulu 93 GW yeni kapasite ile küresel rüzgar endüstrisi için şimdiye kadarki en iyi yıl oldu. 2020'deki rekor büyüme, dünyanın en büyük iki rüzgar enerjisi pazarı olan ve birlikte 2020'de yeni kurulumların neredeyse %75'ini kuran Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kurulumlardaki artıştan kaynaklanmıştır. 2020'de tüm rüzgar türbinlerinin toplam kurulu gücü 743 GW idi, bu da tüm Güney Amerika'nın yıllık karbon emisyonuna veya yılda 1,1 milyar tondan fazla CO₂'ye eşdeğerdir(gwec.net/global-wind-report,2021).

2019'da dünyadaki tüm rüzgar türbinlerinin ürettiği elektrik enerjisi miktarı 1430 terawatt-saate ulaştı (insanlığın ürettiği tüm elektrik enerjisinin %5,3'ü. Bazı ülkeler rüzgar enerjisini geliştirme konusunda özellikle yoğundur. WindEurope'a göre 2019'da tüm elektriğin %48'i rüzgar türbinleri yardımıyla Danimarka'da, İrlanda'da - %33, Portekiz'de - %27, Almanya'da - %26, Birleşik Krallık' ta - %22, İspanya'da - %21 olarak üretildi. Bir bütün olarak Avrupa Birliği'nde bu değer - %15'dir. 2014 yılında dünya çapında 85 ülke rüzgar enerjisini ticari olarak kullandı. 2015'in sonunda dünya çapında rüzgar enerjisinde 1.000.000'den fazla kişi istihdam edildiği bilinmektedir(<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics,2019>).

3.3.1. Rüzgar Türbini Çeşitleri

Rüzgar türbinleri, dikey ve yatay eksen aralığı ile üretilmektedir. En küçük türbinler, tekneler veya karavanlar için yardımcı güç olarak pilleri şarj etmek veya trafik işaretlerine güç vermek gibi uygulamalar için kullanılır. Kullanılmayan enerjiyi satarak ev elektriğine dahil edilen daha büyük türbinler, elektrik şebekesi aracılığıyla kamu hizmetleri sağlamaktadır.

Rüzgar çiftlikleri olarak bilinen büyük türbin dizileri, giderek daha önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır ve birçok ülke tarafından fosil yakıtlara olan bağımlılıklarını azaltma stratejisinin bir parçası olarak kullanılmaktadır.

Rüzgar enerjisi, herhangi bir yakıt kullanımına ihtiyaç duymayan çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Rüzgar türbinlerinin, diğer fosil yakıt sistemlerinde olduğu gibi

çevreyi kirlетici emisyonları yoktur. Diğer taraftan, rüzgar enerjisinin en önemli özelliği, yenilebilir enerji kaynağı olması dolayısıyla da, fosil yakıtlar gibi tükenmesisöz konusu olmamakla birlikte yakıt için herhangi bir ücrette ödenmemektedir. Rüzgar türbinleriyle üretilen elektrik enerjisinin diğer enerji kaynaklarıyla rekabet etmesi ancak sürekli rüzgar alan bölgelerde kurulması ile mümkün olmaktadır. Kurulum maliyetleri çok fazla olsa da bakım ve işletme giderleri düşüktür.

Rüzgar enerjisinin tarihi gelişimine bakacak olursak: Rüzgar enerjisinin ilk kullanım yerinin yelkenli teknelerle olduğunu görürüz. Her ne kadar bu kullanım şekli elektrik enerjisi üretimi olmasa da rüzgarın bir doğal enerji kaynağı olduğu görölmektedir. Rüzgar enerjisinin elektriğe dönüşümü ise jeneratörlerin ve teknolojilerinin gelişimi ile sağlanmıştır. Buna göre rüzgar enerjisinin ilk kullanımı M.Ö. 2000 yıllara dayanmaktadır. Mezopotamya da M.Ö. 17. Yüzyılda o zamanın Babil'in kralı olan Hamurabi döneminde sulama amaçlı olarak rüzgar enerjisi kullanılmıştır. Aynı yıllarda Çin'de de kullanıldığı görölmüştür. İnsanların rüzgar enerjisini değirmenlerde kullanmaya başlaması M.S. 7. yüzyılda Persler tarafından dikey eksenli rüzgar değirmenleri ile olmuştur. Yel değirmenlerinin ise Mısırın İskenderiye şehrinde kurulduğu bilinmektedir. Avrupa da yel değirmenlerinin kullanımı Haçlı seferleri sırasında görölmüştür. Fransa ve İngiltere gibi ölkelerde ise rüzgarla çalışan değirmenler 12. Yüzyılda kurulmuştur. Bu yel değirmenlerinin en çokkullanıldığı Hollanda'ya bakacak olursak; 18. Yüzyılda 10.000 adet olduğu bilinmektedir. Daha sonraları, 19. Yüzyılda rüzgar enerjisi su pompalarında kullanılmaya başlanmıştır. Rüzgar türbini olarak adlandırılan sistemlerin 1890'lı yıllarda Danimarka'da yapıldığı görölmüştür. Bu alandaki çalışmalar teknolojinin gelişimiyle beraber ilerlemeler kaydetmiş ve 1959 yılında 200 kW gücünde bir türbin inşa edilmiştir. Bu çalışmalar çerçevesinde çeşitli tiplerde rüzgar türbinleri geliştirilip yapılmıştır. (Örneğin: Darius tipi dikey eksenli Rüzgar türbinleri gibi). Rüzgar türbinlerini gelişiminin hızlanması ve kullanımın artmaya başlaması 1980'li yıllardan sonraya rastlar. Buna en büyük katkı, Uluslararası Enerji Ajansının yaptığı araştırma ve geliştirmelerin etkisiyle olmuştur. Son yıllarda bu tip santraller hem karada hem de denizde inşa edilmektedir. Denizde bu santrallerin kurulumu 1980 yılların başında Danimarka, Hollanda, İsveç ve ABD tarafından başlatılmış ve konu ile ilgili AR-GE çalışmaları yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Denizde kurulan "Rüzgar Çiftliği" olarak tanımlanan bu

sistemlerden ilki 1991 yılında Danimarka da Loland adası civarında 5 MW'lık elektrik enerji kapasiteli olarak yapılmıştır. Esasında bu rüzgar çiftliği Danimarka Enerji Bakanlığı'nın 100 MW'lık projesinin bir parçasını oluşturmuştur. Daha sonra 1995-1997 yılları sırasında 12 MW kapasiteli rüzgar türbinleri Avrupa'da yapılmış ve bu santrallerin kapasiteleri daha sonra arttırılmıştır. Denizde kurulan bu santrallerin yanı sıra İngiltere'nin doğu kıyısındaki Inner Dowsing adlı bölgede kıyıdan 5 km mesafede 1.4 MW gücünde yapımı planlanmış olan bu rüzgar enerji santrali 9 türbinli olup 12.6 MW enerji üretmesi öngörülmüştür.

Türkiye'de bu alandaki çalışmaların yapılması yönünde Türkiye Enerji Birliği kurulmuş ve bu birlik Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği bünyesi içerisine dahil edilmiştir. Bu birliğin çalışmaları sonucunda Türkiye'nin rüzgar haritası çıkartılmış ve rüzgarın enerjisinden en yüksek verimi alacak bölgelere örneğin; 1998'de İzmir-Çeşme, Alaçatı bölgesinde 7.2 MW gücünde, rüzgar enerji santralleri kurulmuştur. Bunun yanı sıra aynı yıllarda Çanakkale-Bozcaada'da 10.2 MW'lık güçte rüzgar türbinleri inşa edilmiştir. Bunu takiben belli bölgelerde rüzgar türbinleri inşa edilmiş ve edilmeye devam etmektedir. Yapılan çalışmalar çerçevesinde rüzgar enerjisinin dünyadaki potansiyelinin belirlenmesinin zor olduğu görülmüştür ancak yapılacak olan bilimsel çalışmalar bize var olan bu enerji potansiyelinin %10'nun kullanılmasıyla, dünyanın ihtiyacı olan elektrik miktarının tamamının karşılanacağı yönündedir. Dünya Enerji Konseyinin yapmış olduğu çalışma kapsamında dünyadaki rüzgar enerji potansiyelinin km² başına 8 MW üretim kapasitesi ve %23 kapasite faktörü göz önüne alınmak suretiyle dünyanın yıllık rüzgar enerjisi potansiyelinin 20000 TWh olarak bir tahminde bulunmuştur. Aynı zamanda yerden 10 m yükseklikte dünya yüzeyinin yaklaşık olarak %27'sinin yıllık ortalama rüzgar hızı 5.1 m/s'den daha fazla olduğu belirtilmiştir. Ayrıca dünyada rüzgar türbinleri ile elektrik üretecek santrallerin ancak kurulma alanları %4 için uygun olduğu belirlenmiştir. Bu alanlarında kıta sahalarının 50' kuzey ve güney enlemleri arasında 1000 km²'lik sahil şeridi içerisinde yer almaktadır. Diğer taraftan ekonomik, görsellik ve kullanım yönünden oluşan kısıtlamalardan dolayı bu belirtilen alanın ancak 3'te biri kullanılabilir olasıdır. Bu yapılan tahminler sadece karasal bölgeler için belirlenmiş, açık deniz alanlarının kullanımı da buna dahil edilirse kapasite daha artacaktır. Örneğin; Sahilden 10 km uzaklıkta ve su derinliği yaklaşık 10 m olan alan içerisinde bu santrallerin potansiyelleri 750 TWh/yıl olurken, sahilden 30 km uzaklıkta

ve 40 m derinlikte olan alan içerisinde bu potansiyel 3500 TWh/yıl olacaktır (kaynak Erdem, O., “Bozcaada’da CFD Programı Kullanılarak Bir Rüzgar Enerji Santralinin Potansiyelinin Belirlenmesi”, (Tesisat Mühendisliği , 2015 ,s. 20-26,).

Böyle büyük bir kapasiteye sahip olan rüzgar enerjisi özellikle yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasından dolayı da bugünün şartlarında çok sayıda araştırma ve geliştirme projelerine öncülük etmektedir. Küresel iklim değişikliği ve ısınmanın getirdiği koşullarda göz önüne alındığında bu alanın çok yaygın bir şekilde kullanılmasının bir öngörüsünü vermektedir.

Yenilenebilir ve sınırsız enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinden yararlanma konusunda insanlar tarihi boyunca çeşitli çalışmalar yapmışlardır. M.Ö. başlayan bu çalışmalar günümüzün teknolojisinin gelişimiyle oldukça iyi bir noktaya gelmiştir. Bu enerji kaynağından yararlanma yönünde tarihi gelişiminin ise; M.Ö. 400 yılında Yunan filozofu Sokrates güneşten faydalanmak amacıyla evlerin güney yönlerine diğer yönlerinden daha fazla pencere konulmasını önermiş ve bunu yapılmasını sağlamıştır. M.Ö. 218 yılında Arşimet, bugünkü İtalya’nın Sirakuzakentini Roma ordularından korumak için içbükey aynalarla güneş ışınını odaklamak suretiyle Roma ordusunu yakıp bozguna uğratmıştır. 1600’lü yıllarda Galileo Galilei’nin Avrupa’da yıllarca kullanılan mercekleri kullanmak suretiyle güneş ile ilgili araştırmalar yapmış ve bunun bir enerji kaynağı olarak kullanılmasının önemini ortaya koymuştur. 1700’lü yıllarda ise Fransız mühendis Belidor güneş enerjisi ile çalışan bir su pompası yapmıştır. 1860 yılında Fransız bilim insanı Mouchot parabolik aynalar kullanmak suretiyle güneş ışınını odaklayarak ufak bir buhar makinası icat etmiştir. Aynı zamanda güneş pompaları ve güneş ocakları üzerine sayısız çalışması bulunmaktadır. 1900’lü yılların başında ise, Amerikalı mühendis Frank Shuman yaptığı çalışmalar neticesinde güneş enerjisini kullanarak buhar elde etmiştir. 1914 yılında başlayan 1. Dünya savaşında güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar petrolün öne çıkmasıyla yavaşlama göstermiştir. 1973 yılında, petrolün yarattığı krizden dolayı insanların başka özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesine yol açmıştır. Bu kaynaklardan güneş enerjisinin daha uygun ve masrafsız olması çalışmaları bu enerji kaynağı üzerine yoğunlaştırmıştır. Genel olarak evlerde kullanılan suyun ısıtılması yönünde olmuştur. Sanayileşmenin getirdiği enerji talebinin karşılanmasında fosil yakıtların temel enerji kaynağı olarak kullanılması beraberinde küresel ısınmayı, karbondioksit emisyonlarının yükselmesiyle hava kirliliğinin artmasına ve güneş enerji sistemlerine ilgi artmış

durumdadır. Bu çerçevede 1984 yılında endüstriyel olarak Amerika da Los Angeles kentinde Luz Inc., tarafından parabolik aynalar ile yapılmış olan 354 MW'lık güneş enerji santrali kurulmuştur. Bunu takiben 1990 yılında ABD'nin Kaliforniya eyaletinde 10 MW'lık ve Ürdün de 30 MW'lık iki güneş enerji santrali kurulmuştur. 2000 yıllarının başında güneş panellerinde fotovoltaiik sistemlerin uygulanması ile birlikte güneş enerjisine yapılan yatırımlar artmıştır. Ancak bugün bildiğimiz güneş pilleri selenyum değil silikondan yapılmaktadır.

3.3.2.Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Rüzgar yönünde kanatlara sahip büyük üç kanatlı yatay eksenli rüzgar türbinleri, bugün dünyadaki rüzgar enerjisinin büyük çoğunluğunu algılamaktadır. Şekil 7. Çoğunda pervaneyi döndüren bir dişli kutusu bulunur. Bazı türbinler, alt giriş istasyonu için tasarlanmış farklı tipte bir jeneratör kullanırlar, dişli kutusuna ihtiyaç duymazlar ve doğrudan tahriklidirler, yani dişli kutusu olmayan bir jeneratöre bağlanırlar. Hassas tahrikli kütle mıknatıs jeneratörleri, gereken nadir toprak malzemeleri nedeniyle daha pahalı olsa da, bu dişlisiz türbinler bazen dişli jeneratörlere göre tercih edilir çünkü birikmiş yorulma tork yüklerini kapsayan hız arttırıcı dişli kutularını ortadan kaldırır, bu güvenilirlik ve bakım maliyetlerini yükler.



Şekil 8. Lüksemburg'da Rüzgar Türbini

Kaynak:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветроэнергетика#/media/Файл:Windenergy.jpg>

11.10.2021 alınmıştır.

3.3.3.Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Dikey eksenli bir rüzgar türbini, esas olarak, rotor milinin dikey bir konumda monte edildiği ve rüzgarın yönünden bağımsız olarak güç üretebilen bir rüzgar türbinidir. Bu tip dikey rüzgar türbininin avantajı, rüzgarlı bölgelerde ve bina yönetmeliklerinin genellikle yatay rüzgar türbinlerinin kurulmasını yasakladığı kentsel alanlarda bile güç üretebilmesidir.

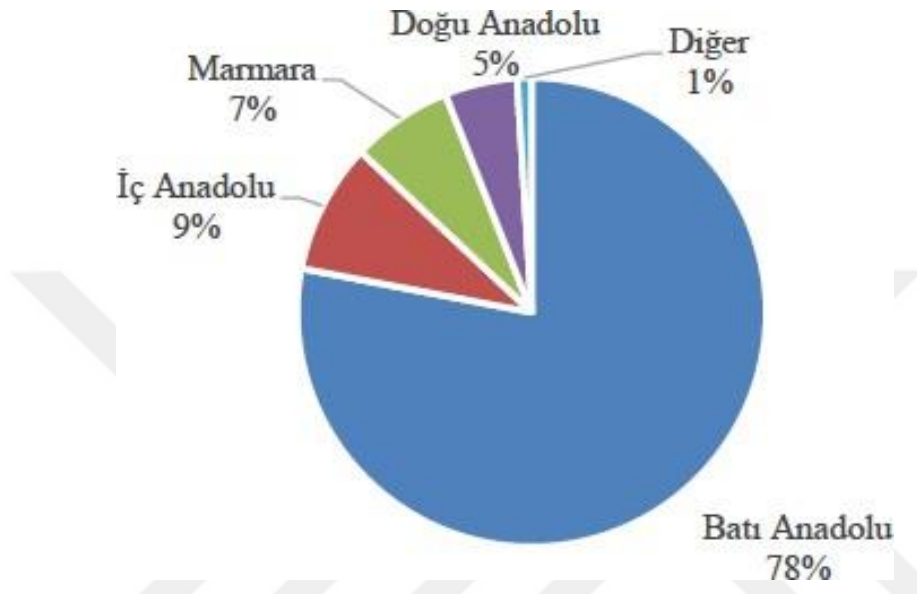
Dikey rüzgar türbinlerinde, kanatlar rüzgarı hareket ettiren kuvvetle döner. Dikey rüzgar türbinleri, yatay olanlardan farklı olarak her zaman rüzgara göre yönlendirilir. Hangi yönde olursa olsunlar, rüzgar yavaş estiğinde bile çalışabilirler. Bu dikey rüzgar türbinlerinin avantajı, yatay türbinlere göre daha küçük ve hafif olmalarıdır. Daha küçük oldukları için daha az enerji üretirler. Ancak evi ısıtılmakta, tüm iç ve dış aydınlatmayı açabilmekte ve bir elektrikli arabanın aküsünü şarj edebilmektedir.

3.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, günün her saati sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlayabilen birkaç yenilenebilir enerji kaynağından biridir. Doğru koşullar altında jeotermal enerji, kömür veya doğal gazla ekonomik olarak rekabet edebilir, bu da ülkelerin ithal yakıtlara olan bağımlılıklarını azaltabilecekleri ve enerji güvenliklerini geliştirebilecekleri anlamına gelir. Jeotermal enerji daha temiz bir elektrik kaynağıdır ve bu nedenle enerji endüstrisinin "karbonsuzlaştırılmasında" da önemli bir rol oynayabilir.

Dünya Bankası Grubu'nun Uluslararası Finans Kurumu (IFC), gelişmekte olan pazarlarda özel sektör jeotermal enerji projelerinin araştırma ve geliştirmesini desteklemek için finansal ve danışmanlık hizmetleri de sağlıyor. Örneğin, 2010 yılında IFC, ülkenin en büyük yeni jeotermal enerji santralini inşa etmesi için Nikaragua'ya 190 milyon dolarlık bir finansman paketi ayarladı. 72 megavatlık San Jacinto santrali faaliyete geçtiğinde Nikaragua'nın elektrik ihtiyacının yaklaşık yüzde 20'sini sağlayacak. Ve 2013 yılında IFC, Türkiye'de jeotermal arama için risk sigortası ürünleri geliştirmek ve pilot uygulama yapmak üzere uluslararası reasürans şirketi Munich Re ile bir anlaşma imzaladı. Dört pilot proje, 420 milyon dolarlık özel yatırımla finanse ediliyor ve 140 megavat kurulu jeotermal kapasite eklemesi bekleniyor.(Kulikova 2008)

Endonezya dünyanın en büyük jeotermal enerji potansiyeline sahiptir. Dünya Bankası'nın Endonezya'daki jeotermal enerji gelişimine verdiği destek, potansiyel dönüştürücü etkiye sahip hükümet tarafından belirlenen öncelikli alanlara odaklanan Dünya Bankası Grubu'nun Ülke Ortaklık Stratejisinin önemli bir bileşenidir.



Şekil 9. Türkiye'deki Jeotermal Enerji Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı

Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>

Jeotermal enerji için küresel potansiyel 70 ila 80 gigawatt (GW) arasındadır. Ancak dünyada jeotermal enerjinin bilinen rezervlerinin sadece %15'i elektrik üretimi için kullanılıyor ve bu tesislerin toplam kapasitesi sadece 13 GW. Üç ila beş jeotermal kuyu için bir keşif çalışmasının ve ilk pilot sondaj programının maliyeti 20 milyon ila 30 milyon dolar arasındadır. Jeotermal enerji, hidroelektrikten sonra Endonezya'daki en büyük ikinci yenilenebilir enerji kaynağıdır ve kömürle çalışan enerjiye çevre dostu bir alternatiftir. Yaklaşık 30 milyon Endonezyalı - nüfusun yüzde 12'si - modern ve güvenilir elektrik kaynaklarına erişimden yoksundur. (Lukutin 2008, s.231)

3.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, bilgisayar enerjisi üretimi için en esnek alternatif hammaddelerden biridir. Metan gazı, bitkisel üretim ve hayvancılıktan kaynaklanan atık ve artıklardan elde edilmektedir. Biyokütle, fotosentez sürecinde güneş enerjisini tutan organik maddedir. Aşağıdaki biyogaz enerji kaynaklarına dönüştürülebilir:

- Elektrik enerjisi
- Termal enerji
- Buhar
- Biyometan

Bu tür alternatif enerji kaynakları elektrik şebekesinde veya ısıtma şebekesinde uygulanabilir, işletmenin ihtiyaçları için kullanılabilir veya üretim süreçleri ile ilişkilendirilebilir. Biyogazın ara depolaması, özel depolama tanklarında organize edilebilir - gasgol. Ayrıca biyogazın gazdan arıtılması ve yakıta alternatif olarak kullanılması fonları, biyogazın alternatif olarak gaz iletim şebekelerinde kullanılması yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen enerjisi, enerjiyi şarj etme, taşıma, üretme ve tüketme aracı olarak nesnelerin toplanmasına dayalı enerji yönetimidir. Hidrojen, uzayda en bol bulunan element olarak seçilir, ciğerlerin yanma ısısı ve oksijendeki yanma ürünü sudur, bu da hidrojen enerji devirlerinde verilir. Hidrojen enerjisi, pomozometikiden hidrojen üretildiğinde, pomozomsevit ile üretilen alternatif enerjiyi ifade eder.

Küresel üretim yapısı üç kaynak kaynağına dağılmıştır: %18'i kömür işlemeden, %4,3'ü "yeşil" bir enerji kaynağından, özellikle su elektrolizinden gelir. Son olarak, büyük bir hacim - ve bu %78'dir - gaz ve petrolün işlenmesidir. (Rinat 2021)

Hidrojen enerjisi, herhangi bir pratik amaç için sağlanacak enerjiyi üretmek için hidrojen veya hidrojen içeren bileşiklerin kullanılmasını içerir. Hidrojen enerjisinin avantajları:

- Yüksek enerji verimliliği,
- Büyük çevresel ve sosyal faydalar,
- Ekonomik rekabet gücü.

3.7. Dalga Enerjisi

Denizlerin ve okyanusların sularının hareketi, mevcut en güçlü yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Gelgitlerin yanı sıra, dalgalar ve akıntılar enerji mühendislerinin zihinlerini yıllarca heyecanlandırmış ve onları bu tükenmez doğal kaynağı etkin bir şekilde kullanmanın yollarını aramaya zorlamıştır.

Dalga enerjisi, dalgalardan, yani rüzgarın deniz yüzeyindeki etkisiyle oluşan ve bazen çok uzun mesafelere yayılan ardışık dalgalardan elektrik enerjisi üretimini ifade eder. Bu enerjiyi kullanmak için farklı cihazlar vardır. Birçok sistem şu anda incelenmektedir, bazıları zaten piyasadadır, ancak hiçbiri endüstriyel olgunluk aşamasına ulaşmamıştır (Smith, Stehly, Musial, 2015).

Dalga enerjisini kullanan ilk bilinen patent, baba ve oğul Girards tarafından Paris'te dosyalandı. 12 Temmuz 1799 Dalga enerjisi kullanan ilk cihazlardan biri, 1910'da Fransa'da Bochaux-Praceique tarafından Royan'daki evlerine güç sağlamak için yapıldı. Akabinde dalga enerjisi, 1940'larda Yoshio Masuda'nın tecrübesiyle ve ardından alternatif enerjiye olan ilgiyi yeniden canlandıran 1973 petrol şokundan sonraki dönemde modernleşmesinde birkaç aşamadan geçti. 1855'ten 1973'e kadar İngiltere'de 340'tan fazla patent başvurusu yapıldı. Edinburgh Üniversitesi'nden Stephen Salter, Kjell Budal ve Norveç Teknoloji Enstitüsü'nden (NTH) Johannes Falnes ve artık Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi ile birleşen Michael E. McCormick, Bristol Üniversitesi'nden David Evans, Lancaster Üniversitesi'nden Michael French, John Nicholas Newman ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden Chan Chang Mei. (Smith, Stehly, Musial, 2015)

"Salter'ın Davulcusu" veya "Salter'ın Ördeği" lakaplı Stephen Salter'ın icadı, 1974'te dalga enerjisinin %90'ını mekanik enerjiye dönüştürmenin mümkün olduğunu gösterdi. 1980'lerde daha ılımlı petrol fiyatlarına dönüşle birlikte, dalga enerjisini geliştirmeye olan ilgi azalmış görünüyor.

2000'li yıllarda iklim endişeleri yenilenebilir enerji kullanımına yöneldiğinde teknoloji yeniden gündeme geldi. Ancak başarısızlıklar ilişkilidir:

2003 yılında, Nantes'teki Central School'un akışkanlar mekaniği laboratuvarı ve Cachan'daki Normal Eğitim Yüksek Okulu'nun mekatronik bölümü

tarafından ortaklaşa geliştirilen Searev adlı bir sistem başlatıldı. 2014 yılında konsepti sanayileştirmeyi amaçlayan şirket tasfiye sürecine girdi.

2008'de Portekiz'deki Agusadura dalga çiftliği sadece iki ay faaliyet gösterdi. Orijinal Pelamis şirketi nihayet 2014'ün sonunda bir alıcı olmadan ortadan kayboldu.

Dalga enerjisi, en umut verici yenilenebilir enerji sektörlerinden biridir.

Enerji kaynakları okyanus dalgası enerjisi, güç yoğunluğu açısından hem rüzgar hem de güneş enerjisinden üstündür. Okyanusların ve denizlerin dalgalarının ortalama gücü lineer metre başına 15 kW'ı aşar ve 2 metre dalga yüksekliği ile güç lineer metre başına 80 kW'ın tamamına ulaşabilir.

3.7.1. Dünyada Dalga Enerjisi Potansiyeli

İngiltere, Norveç, Danimarka, ABD, Japonya, Portekiz ve diğer ülkelerde alternatif elektrik enerjisi kaynağı olarak en yakın deniz dalgası üzerinde pilot endüstriyel örnekler düzeyinde çalışmalar yürütülmektedir. Tablo 9.

Dünya üzerinde dalga enerjisi açısından en zengin alanlar hem Kuzey hem de Güney yarım kürenin 40°-60° enlemleri arasında kalan alandır. Fakat en yüksek yıllık ortalama potansiyele sahip alan, Güney yarım kürede yer alan 40°-60° enlemleri arasındır. Dalga enerjisi açısından zengin bazı bölgelerin sahip olduğu net dalga gücü (5 kW/m'den küçük alanlar ve buzullar hariç). (Lopez, Andreu, Ceballos, De Alegria Kortabarria, 2013, s.413)

Bazı ülkelere ait dalga güçleri; İrlanda 21GW, Portekiz 10GW, Danimarka GW, İsveç 1GW, İngiltere 120 GW ve Akdeniz tarafında Fransa, İtalya, İspanya ve Yunanistan'ın toplam dalga gücü 30 GW olarak hesaplanmaktadır. (Vicinanza, Contestabile ve Ferrante, 2013, s 506)

Türkiye'de gerçekleştirilen gerçek dalga enerjisi uygulamalarına bakacak olursak, bu konu ile ilgili ülkemizde yapılan ciddi prototip denemelerinden bir tanesi, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) ve Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. (TEMSAN) İşbirliği ile 15 Şubat 2008 tarihinde başlatılan “Dalga Enerjisinden Elektrik Üretimi” isimli projeye Sakarya'nın Karasu ilçesinde gerçekleştirilmiştir. 5 kW gücünde

ve mobil olarak tasarlanan sistem 4 adet duba, şamandıra ve jeneratörden meydana gelmektedir. Sistem dalgaların dikey hareketinin şamandıra ile jeneratöre iletilmesiyle çalışmaktadır. (Kaplukan 2014, s.65)

Dalgaların özgül gücünün potansiyeli aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$P = 0,25pgH^2uL$$

Burada H dalga yüksekliğidir; u yayılma hızıdır; L, dönüştürücünün yatay boyutudur. En güçlü dalgaları 30o ve 60o arasında batıdan esen rüzgarlar oluşturur.

Tablo 9. Avrupa Kıyılarındaki Dalga Enerji Potansiyeli

Avrupa Kıyılarındaki Dalga Enerjisi Potansiyeli		
Ülke	Teknik Potansiyel (TWh/y)	
	Yakın kıyı	Açık deniz
Danimarka	2-3	5-8
Fransa	3-5	12-18
Almanya	0,3-0,5	0,9-1,4
Yunanistan	1-2	4-7
İrlanda	7-11	21-32
İtalya	3-5	10-16
Portekiz	4-6	12-18
İspanya	3-5	10-16
İngiltere	14-21	43-64

Kaynak: [eski.emhk.itu.edu.tr/%5Cimg%5Cemhk%5Cdatafiles/Bihrat ÖNÖZ - Dalga Enerjisi.pdf,2022](http://eski.emhk.itu.edu.tr/%5Cimg%5Cemhk%5Cdatafiles/Bihrat%20N%C3%96Z%20-%20Dalga%20Enerjisi.pdf)

İKİNCİ BÖLÜM

GÜNÜMÜZDE ENERJİ POLİTİKALARI

1.1.Türkiye’de Enerji Politikaları

Türkiye, Avrasya kıtasının en büyük ve en hızlı büyüyen enerji merkezlerinden biridir. Son on beş yılda Türkiye, elektrik ve doğal gaz tüketimindeki büyüme açısından Çin'den sonra, dünyanın en büyük ikinci ekonomisi olmuştur. Türkiye, küresel enerji pazarında giderek daha fazla söz sahibi olma yolundadır.

Türkiye ekonomisi Avrupa'nın en büyük altıncı ekonomisidir ve dinamik büyümesi, enerji sektörünün tüm sekmenleri için enerji arzında artış gerektirmektedir. Türkiye'nin birincil enerji tüketimi yaklaşık 124 Mtep'e (Milyon ton eşdeğer petrol) ulaşmıştır. Ancak 2014 yılında Türkiye, toplam enerji talebinin %25'inden fazlasını yerli kaynaklar tarafından karşılanmadığı ve geri kalan %75'lik bölümün büyük ölçüde petrol, doğal gaz ve kömür ithalatı ile karşılanması nedeniyle enerji kaynakları sıkıntısı yaşamaktadır. Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin büyük bölümünü hidrokarbonlar oluşturmaktadır. 2013 yılında ülkenin enerji dengesindeki ana yakıt türleri gaz (%32), kömür (%31), petrol (%26) ve diğerleri (%11) idi. Son yirmi yılda doğal gaz talebindeki hızlı artış, gazın ülkenin yakıt karışımında ilk sırayı almasına katkıda bulunmuştur. (Kurucak 2016, s.16)

Türkiye, çeşitli kaynaklardan gaz ithalatı yaparak ihtiyacını karşılamaktadır. İthal edilen gazın çoğu (%75) Botaş tarafından satın alınmaktadır. Gazprom Export ile İran ve Azerbaycan ile uzun vadeli sözleşmeler (trans-Balkan koridoru ve Mavi Akım doğal gaz boru hattı yoluyla gaz tedariki) bulunmaktadır. Önce şunu vurgulayalım 8 milyar metreküp gazı, Gazprom'un Boğaziçi gazı da dahil olmak üzere özel şirketler aracılığıyla batı üzerinden ithal etmektedir. Ayrıca Cezayir ve Nijerya'dan LNG temini için uzun vadeli sözleşmeler yapmaktadır. Diğer taraftan son yıllarda farklı ülkelerden spot LNG tedariği de aktif olarak gerçekleştirilmektedir. (Mehdiyev2013, s.158)

Türkiye aynı zamanda önemli bir petrol tüketicisidir. İthalat, tüketilen tüm petrolün %88'ini oluşturmaktadır. Türkiye'ye sevk edilen 25 milyon ton petrolün en büyük yabancı tedarikçileri: (Mehdiyev 2013, s.157)

- Irak (%31);
- İran (%30);
- Suudi Arabistan (%12);
- Nijerya (%10)'dır.

Türkiye'nin önemli ve de yeterli miktarda hidrokarbon rezervleri olmadığından dolayı artan hidrokarbon hammaddelerine olan talebini ithalatla karşılamaya çalışmaktadır. Bu bağlamda, ülkenin ekonomisi bir noktada dış tedarikçilere bağımlı hale gelmektedir. Türkiye'de 2008 yılında, kendi kömür kaynaklarının kullanımına ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine odaklanan Energy Vision 2023 programı kabul edilmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti devleti, yeni hidrokarbon rezervi arama girişimlerini de kendi kıta sahanlıkları içerisinde sürdürmek suretiyle bu bağımlılıktan kurtulma ya da azalma yöntemine gitmeye çalışmaktadır. Enerjiendüstrisindeki ana çabalar, Akdeniz ve Karadeniz kıta sahanlığında hidrokarbonların aranmasına yöneliktir. Böylece Ağustos 2020'de yaklaşık 320 milyar metreküp tahmini rezerve sahip Sakarya sahasının keşfedildiği başarılı arama çalışması duyuruldu. Saha operasyonuna 2023 yılında başlanması planlanmakta olup, 2026 yılında üretimin 15 milyar metreküp ticari hacme ulaşması beklenmektedir. (Mehdiyev 2013, s. 157)

Bugün Türkiye, petrol ve gaz arzı için kilit geçiş koridorlarından biridir. Ülke topraklarından birkaç ana petrol boru hattı geçmektedir. Bunları kısaca şöyle özetleyebiliriz:

Kerkük - Ceyhan (Irak'taki Kerkük sahasını Türkiye'deki Ceyhan kentine bağlayan en büyük ana petrol boru hattı). Bu petrol boru hattının inşaatı 1977'de tamamlanmış ve geçtiğimiz yıllarda petrol boru hattının üretim kapasitesi iki kattan fazla artarak yılda 71 milyon tona ulaşmıştır.

Ceyhan - Kırıkkale, Türkiye topraklarından Ceyhan ilçesine oradan Kırıkkale iline geçmektedir. Petrol boru hattı 1986 yılında işletmeye açıldı, üretim kapasitesi yılda yaklaşık 7 milyon ton'dur. Bu petrol boru hattı, Kırıkkale'de kurulu olan petrol rafinerisine petrol sağlamak için inşa edildi.

BTC (Bakü - Tiflis - Ceyhan). 2006 yılında yapılan bu petrol boru hattı, Türkiye'nin başta Azerbaycan olmak üzere Hazar bölgesinden petrol alımına yönelik olarak inşa edilmiştir. Petrol boru hattının üretim kapasitesi yılda yaklaşık 50 milyon ton'dur.

Türkiye “doğru” enerji politikaları ve diplomasisi sayesinde enerji kaynaklarının kendi topraklarından taşınmasına yönelik önemli projelere imza atmayı ve uygulamayı başarmıştır. Enerji alanında özellikle, aşağıdaki hatları belirtmekte yarar görmekteyiz:

- Kerkük-Ceyhan (petrol boru hattı);
- Bakü-Tiflis-Ceyhan (petrol boru hattı);
- Bakü-Tiflis-Erzurum (gaz boru hattı);
- Ara Bağlantı Türkiye-Yunanistan (ITG) (gaz boru hattı);
- Batı Hattı (gaz boru hattı);
- Mavi Akım (gaz boru hattı);
- İran-Türkiye (gaz boru hattı);
- TANAP (gaz boru hattı projesi);
- Türkiye - Bulgaristan Interconnector (ITB) (gaz boru hattı projesi);
- Türk Akımı (gaz boru hattı projesi).

Bu çerçevede halihazırda ülke topraklarından geçen ve planlanan ana gaz boru hatları aşağıda belirtilen içerikleri kapsamaktadır:

Trans-Balkan doğal gaz boru hattı (Rusya'dan Türkiye'ye doğal gaz sağlamak için döşenen boru hattı, Ukrayna, Moldova, Romanya, Bulgaristan gibi ülkelerin topraklarından geçmektedir). Bu ana gaz boru hattının inşaatı 1987 yılında tamamlanmış, aynı yıl ilk teslimatlarına başlanmıştır. Bugün, bu gaz boru hattının, tasarım kapasitesi yılda 15,8 milyar metreküp olarak tahmin edilen Balkan Akımı doğal gaz boru hattının ana bileşenlerinden birisidir. (Krylov, 2005)

Tebriz – Doğup boru hattı; 1997 yılında Türkiye ile Türkmenistan arasında imzalanan anlaşma sonucunda "Türkmenistan - İran - Türkiye - Avrupa" ana gaz boru hattı projesi olarak başlatıldı, ancak bugün bu boru hattı sadece İran'dan gaz alımında kullanılmaktadır.

Mavi Akım doğalgaz boru hattı; Rusya'dan Türkiye'ye 2003 yılında işletmeye alınan ilk açık deniz doğal gaz boru hattıdır. Doğalgaz boru hattının üretim kapasitesi yılda yaklaşık 16 milyar metreküptür.

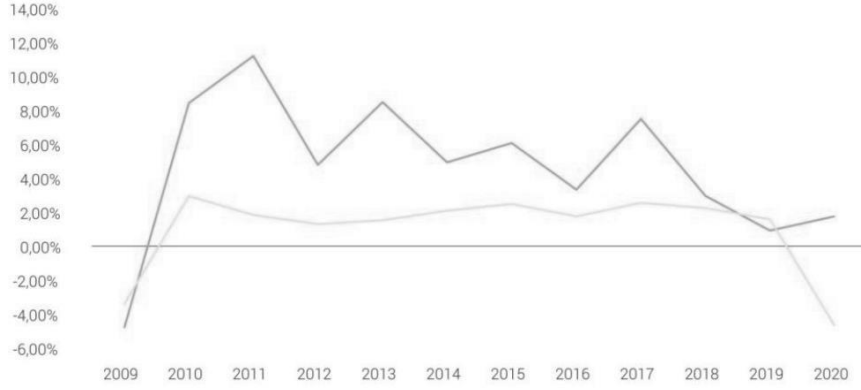
Güney Kafkasya doğalgaz boru hattı (Bakü - Tiflis - Erzurum). 2007 yazının ortasından itibaren Türkiye'ye doğal gaz arzı bu ana gaz boru hattı üzerinden başlamıştır. Bu gaz boru hattının üretim kapasitesi yıllık 16 milyar metreküp'tür.

Suriye ile Türkiye Cumhuriyeti arasında bir ara bağlantılı olan Arap doğal gaz boru hattı. Bu gaz boru hattı 2011 yılında işletmeye açıldı, Türk tarafının tahmini doğal gaz alım hacminin yıllık 4 milyar metreküp gaz olduğutahmin ediliyor, ancak bugün bu gaz boru hattı fiilen kullanılmıyor.(Guliyev 2012, s.104)

Trans-Anadolu doğal gaz boru hattı, Türkiye boyunca uzanıyor ve Güney Kafkasya doğal gaz boru hattını, cumhuriyetin batı kesimindeki Trans- Adriyatik doğal gaz boru hattına bağlıyor. Bu ana gaz boru hattının işletilmesi Haziran 2018'de başladı, üretim kapasitesi yılda yaklaşık 16 milyar metreküp olup, aynı zamanda Türkiye'nin en uzun boru hattıdır. Uzunluğu 1841 km'dir. Türk Akımı doğalgaz boru hattı. Bu gaz boru hattının işletimi Ocak 2020'nin başlarında başladı, Mavi Akım'dan sonra Rusya'dan gelen ikinci açık deniz gaz boru hattı ve verim açısından en büyüğüdür. İşletmede olan iki boru hattıyla Rusya'dan Türkiye'ye yıllık gaz arz hacmi 31 milyar metreküpü geçebilmektedir.

Türkiye'deki hidrokarbon arz altyapısının yüksek düzeyde gelişmesi ve dallanması, Rusya'dan, Orta Asya bölgesi ülkelerinden, Orta Doğu'dan Güney Avrupa ülkelerine bir geçiş koridorunun bir gaz merkezine dönüşmesine katkıda bulunmaktadır.

Türkiye Cumhuriyeti olumlu ekonomik sonuçlar gösteriyor olması ve büyük ölçüde enerji sektörünün gelişmesi nedeniyle enerji tüketim hacmini aktif olarak artış göstermektedir. Şekil 10'da 2009-2020 Türkiye ve OECD ülkelerinin GSYİH büyüme oranları % olarak gösterilmiştir.



Şekil 10. 2009–2020 Türkiye ve OECD ülkelerinin GSYİH Büyüme Oranları, % Olarak

Kaynak: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/10/Yillik-Ekonomik-Rapor-.pdf> alınmıştır.

Transitin gelişmesi sayesinde Türkiye, küresel enerji pazarındaki rolünü giderek güçlendirmektedir. Ancak Türk devletinin bölgede ortak bulmakta yeterince zorluk çekmesi ülkenin ekonomik durumunu olumsuz etkiliyor.

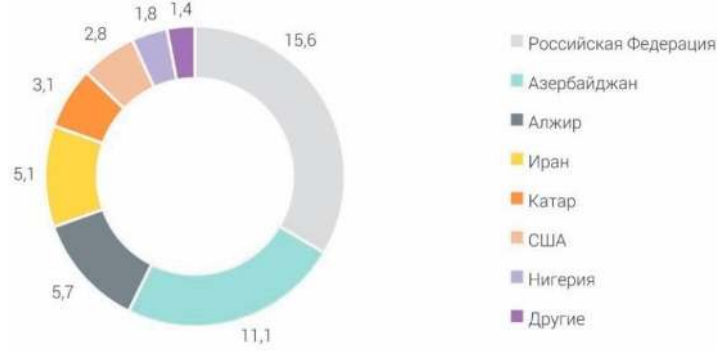
Bu sorunlar, Türkiye'nin katılımının dışlandığı Doğu Akdeniz ülkeleri ile aktif olarak işbirliği yapan ABD ve Avrupa Birliği ülkeleri ile zorlu ilişkileri içermektedir. Üstelik bu, AB'nin Türkiye'nin önde gelen dış ticaret ortağı olmasına rağmen. Bugüne kadar, AB doğrudan yabancı yatırımın yaklaşık

%70'ini Türkiye'ye yaptı.

Batılı ülkelerle ilişkilerin bozulması nedeniyle Türkiye için Rusya ve Çin ile ilişkilerin geliştirilmesi öncelikli hale gelmektedir. Rusya Federasyonu ile askeri ve enerji alanlarındaki ilişkiler aktif olarak gelişme gösteriyor olması enerji alanında bu ülkeyle daha sıkı iş birliği yapmasını beraberinde getirmektedir.

Bugün Türkiye'nin tükettiği hidrokarbonların ana payı Rusya'dan ithal edilmektedir. Böylece Türk Akımı ile yılda Rusya'dan Türkiye'ye 31,5 milyar metreküpe kadar fazla gaz tedarik edilebilmekte, bunun yarısı Türkiye iç pazarına, geri kalanı ise Güney ve Güneydoğu Avrupa ülkelerine ihraç edilmektedir. 2020 yılı verilerine göre Türkiye'ye doğal gaz arzında Rusya 15,6 milyar metreküp ile lider konumda yer alırken, onu 11,1 milyar metreküp ile Azerbaycan, 5,7 milyar metreküp ile

Cezayir, 5,1 milyar metreküp ile İran, Katar - 3,1 milyar metreküp, ABD - 2,8 milyar metreküp, Nijerya 1,8 milyar metreküp takip etmektedir. (Krylov, 2005) Şekil 10'da Türkiye'nin ana doğal gaz tedarikçileri gösterilmiştir.Şekil 11.



Rusya, Azerbaycan, Cezayir, İran, Katar, ABD, Nijer ve vs.

Şekil 11. 2020'de Türkiye'nin Ana Doğal Gaz Tedarikçileri

Kaynak: (Krylov, 2005)

1.2. Azerbaycan'da Enerji Politikaları

Modern dünyada, dünya ülkelerinin ekonomik gelişme düzeyi doğrudan siyasi faktörlere bağlıdır. Ayrıca, dünyanın bazı ülkelerinin faaliyetlerinin bir sonucu olan dış politika faktörleri, Azerbaycan da dahil olmak üzere diğer ülkelerin ekonomisi ve genel yaşam standardı için bir takım olumsuz sonuçlarla karakterize edilmektedir.

21. yüzyılda dünyanın enerji kaynakları için verilen mücadele ve bunun sonucunda ortaya çıkan kaos dünyanın gerçekleridir. Bu sürecin ve mevcut zor durumun ortaya çıkmasında önemli bir pay birçok büyük devlete düşmektedir. Enerji kaynaklarına sahip olmanın siyasi ve askeri çatışmalara yol açması ve uluslararası düzeyde büyük önem taşıması tesadüf değildir. Siyasi çatışmalar ve askeri müdahaleler dikkate alındığında ve bunların sonuçları kronolojik olarak incelendiğinde, tüm bu olayların enerji kaynaklarının geliştirilmesine yönelik olduğunu görüyoruz. Azerbaycan Cumhuriyeti'nin bu yönde uyguladığı uluslararası ve bölgesel projeler, ülkenin gelecekteki kalkınması ve güvenlik beklentileri için geniş bir manevra alanı yaratmaktadır.

12 Aralık 1994 tarihinde, bu anlaşma Azerbaycan Cumhuriyeti yasalarına uygun olarak Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanı Haydar Aliyev'in Kararnamesine dayanan "Asrın Sözleşmesi'ni" onaylamasının hemen ardından yürürlüğe girdi. Geriye dönüp bakıldığında, “Asrın Sözleşmesi” binlerce kişiye iş sağlanmasında özel bir rol oynamış ve Azerbaycan Cumhuriyeti vatandaşları için büyük istihdam fırsatları yaratmıştır. (Gasnov 2014, s.672)

Azerbaycan Cumhuriyeti'nin lideri Haydar Aliyev'in sözlerini not ediyoruz: “*Biz bu petrol stratejisini başarıyla oluşturduk ve uzun vadeli bir stratejinin yardımıyla onu uygulamaya çalışıyoruz. Bu petrol stratejisinin geliştirilmesi için yönergeler hazırladık. Bu stratejinin devletimizin güvenliğini ve uluslararası prestijini artırmada belirleyici rol oynayacağını biliyoruz. Modern ve genç ülkemizin neye ihtiyacı olduğunu biliyoruz*”. (Gasnov 2014, s.672) Tablo 10’da Asrın Sözleşmesinde imza törenine katılan ülkeler verilmiştir.

Tablo 10. Başlangıçta İmza Törenine Katılan Konsorsiyum Üyeleri Şu Şirketlerdi

SOCAR (Azerbaycan)	20 %
British Petroleum (İngiltere)	17.127 %
Amoco (ABD)	17.01 %
Lukoil (Rusya)	10 %
Pennzoil (ABD)	9.82 %
Unocal (ABD)	9.52 %
Statoil (Norveç)	8.563 %
McDermott International (ABD)	2.45 %
Ramco (Büyük Britanya, İskoçya)	2.08 %
TPAO (Türkiye)	1.75 %
Delta-Nimir (Suudi Arabistan)	1,68 %

Kaynak: Gasnov, A. (2014) “The main national development policy and security of the Republic of Azerbaijan”. Baku : Zərdabi LTD MMC. Ss.672
http://anl.az/el_ru/kniqi/2016/qa_pnrba.pdf

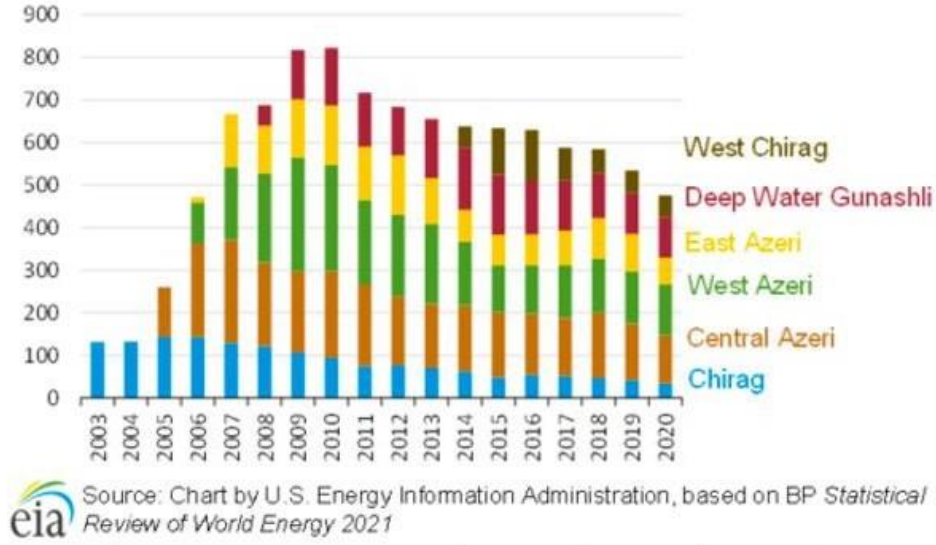
"Asrın Sözleşmesi" nin imzalanmasından sonra Azerbaycan'ın karşı karşıya olduğu önemli sorunlardan biri, üretilen petrolün hangi petrol boru hatlarıyla ve hangi koşullarda ihraç edileceği sorunuuydu. SOCAR ilk anlaşma olarak ABD, İngiltere, Rusya, Norveç, Türkiye ve Suudi Arabistan (Amoco, Pennzoil, Unocal, Exxon, Remoco, McDermott), Lukoil, BP, Statoil ve The Turkish Petrol Deltası) ile sözleşme imzaladı, hidrokarbon üretiminde 25 yıllık kapsamlı deneyime sahip büyük petrol şirketleriyle. Anlaşmanın şartları daha sonra “Yüzyılın Anlaşması” başlığına yansdı. Orijinal sözleşmeye göre Hazar Denizi'nin Azerbaycan sektöründeki Çırac ve Azeri sahalarından 25 yılda 500-520 milyon ton petrol üretilmiştir. (Aliyeva, Valiyev, 2016) Azerbaycan, 2050 yılına kadar Azeri, Çırac ve Güneşli sahalarının derin su bölgelerinin ortak geliştirilmesi ve bir petrol üretim ünitesi için 6 ülkeden 11 şirketle sözleşme imzalamıştır. Şekil 12

2002 yılında, boğazları atlayarak Akdeniz'e erişim sağlayan Bakü-Tiflis- Ceyhan (BTC) boru hattının inşasına başlandı. Boru hattı inşaatı için konsorsiyumda yer alan katılımcıların payları şu şekilde dağıtılmıştır : (Kerimova, 2005) Tablo 11.

Tablo 11. Boru Hattı İnşaatı İçin Konsorsiyumda Yer Alan Katılımcıların Payları

Katılımcılar	%
BP	34,76
SOCAR	25
Statoil	8,71
Unocal	8,90
TPAO	6,87
Eni	5
TotalFinaElf	5
Itochu	3,40
Amerika Hess	2,36

Kaynak: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>



Şekil 12. Azeri-Çirag- Güneşli Günde Bin Varil Üretim

Kaynak: BP Statistical Review of WorldEnergy 2021, ([Full report – Statistical Review of World Energy 2021 \(bp.com\)](#)) alınmıştır.

Türkiye'nin Hazar bölgesine ilgisi SSCB'nin dağılmasından sonra şekillenmeye başlamıştır. Hazar petrol ve doğalgaz yatakları Türkiye'yi cezbetmiştir. Aynı dönemde Türkiye, gelecekteki hidrokarbon kaynaklarının dış pazarlara teslimine odaklanan çeşitli boru hattı projeleri geliştirmeye başlamıştır. Hazar hidrokarbon kaynaklarına ilk dikkat edenlerden biri Türkiye olmuştur.

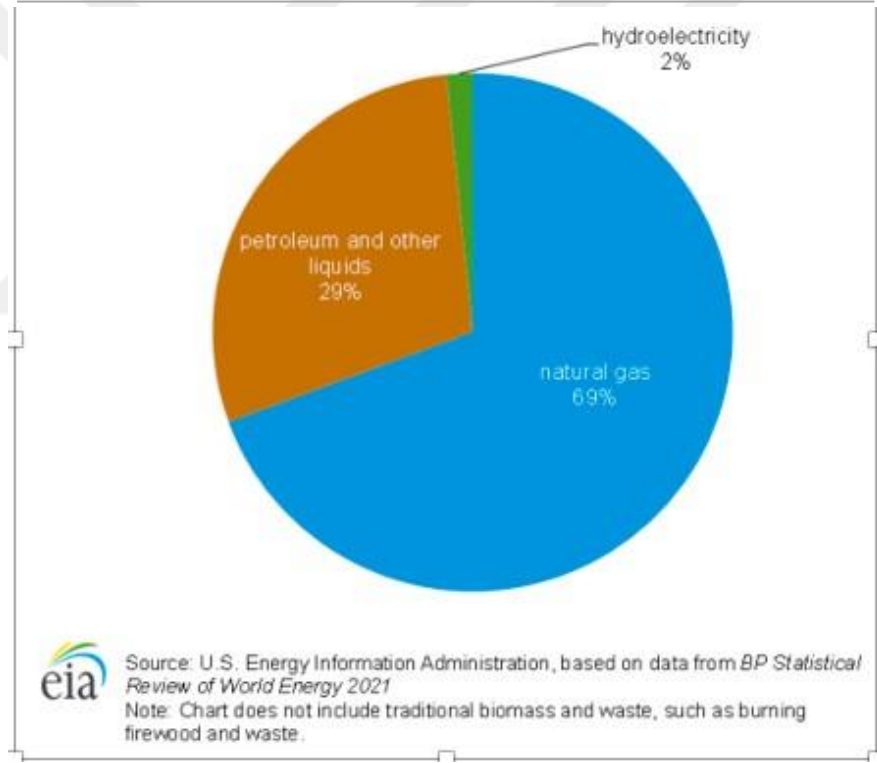
Türkiye, Azerbaycan ve gelecekte Kazak petrolünün Akdeniz'deki Ceyhan limanına taşınmasını sağlayacak yeni boru hatları inşa etmekle ilgileniyordu. Türkiye'nin asıl dikkati Azerbaycan ile enerji işbirliğinin genişletilmesine çekildi.

1990'ların başında, Türkiye Kazak petrolünü de “akılda tutmuş” olsa da, öncelikli olarak Azerbaycan petrolünün taşınmasıyla ilgiliydi. Türkiye'nin Azerbaycan ile yürüttüğü müzakerelerin ilk sonucu, 1993 yılında Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) petrol boru hattının inşasına ilişkin anlaşmanın imzalanması olmuştur. Gelecekteki boru hattının kapasitesi yılda 50 milyon ton, uzunluk - 1920 km olacaktı. Türkiye, topraklarından geçen petrol boru hattının bir bölümünün inşaatını finanse etmeye hazır olduğunu açıklamıştır. (Jilçov, 2009)

Türkiye bu projenin hızla hayata geçirilmesiyle ilgilenmiştir. Ekonomik çıkarlar jeopolitik hırslarla iç içe geçmişti. “Ankara'nın ilk planı görkemli görünüyordu, Türk liderliği Kazakistan ile yakın ilişkiler kurmaya kararlıydı.

Özbekistan, Kırgızistan, Türkmenistan ve Azerbaycan. O dönemde Türkiye'nin önderliğinde tek bir devlet kurulmasından bile bahsediliyordu.

Hazar'da yeni bir boru hattı mimarisinin oluşturulmasını destekleyen ABD'nin uzun vadeli çıkarlarını esas alan Türk enerji politikası, uzun vadeli çıkarlar peşinde koşmuştur. Özellikle, Ankara, boru hattı projelerinin uygulanması ve "gaz vanasına" erişim sağlanması yoluyla Hazar bölgesindeki rolünü artırmaya çalıştı. Ayrıca, Türkiye'nin Hazar Denizi'nin doğu kıyısındaki, özellikle Kazakistan'daki nüfuzunu genişletmesi bekleniyor. Ancak 90'lı yıllarda Türkiye birçok nedenden dolayı emellerini gerçekleştiremedi. Özellikle ekonomik gücü yoktu. (Balci , Liles , 2018) Şekil 13'de Azerbaycan'da Toplam Birincil Enerji Yapımı verilmiştir.



Şekil 13. Azerbaycan'da Toplam Birincil Enerji Harcama Miktarı

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2021.([Full report – Statistical Review of World Energy 2021 \(bp.com\)](https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/bp-statistical-review-of-world-energy-2021-full-report.pdf) alınmıştır.

Azerbaycan'daki konumunu güçlendirmenin ve boru hattı projelerini teşvik etmenin yanı sıra, Türk politikası Gürcistan'daki nüfuzunu genişletmeyi amaçlar. Türkiye'nin de Gürcistan ile ticari ve ekonomik ilişkileri geliştirmesi bekleniyordu ki bu Ankara'nın büyük ilgisini çekiyordu. Özellikle Türkiye, Gürcistan'ın belirli bölgelerinde

varlığını güçlendirerek ekonominin birçok sektöründe hakim konuma geldi. Buna karşılık Gürcistan da Türkiye'nin boru hattı girişimlerine ilgi gösterdi.

Türkiye ve Batı tarafından desteklenen yeni altyapı projelerine katılım, Batı yanlısı politikaların uygulanmasında destek almak için ek bir fırsat olarak görülüyor.

1993–1994'te Türkiye'nin tüm çabalara rağmen enerji politikasının amacına ulaşamadığı ortaya çıktı. Bir yandan, Ankara yeni boru hattı projelerini ilerletecek jeopolitik ağırlıktan ve ekonomik güçten yoksundu. Azerbaycan ise öncelikli olarak Hazar bölgesinde etkinliğini artıran ABD'ye odaklandı. Azerbaycan tarafı, yeni Hazar devletlerinin politikası üzerinde baskın bir etkiye sahip olan Washington'u ana ortak olarak görüyor.

Eylül 1994'te Azerbaycan, büyük petrol şirketleriyle Hazar sahanlığında petrol yataklarının (Azeri, Güneşli, Çıracak sahaları) geliştirilmesine ilişkin bir sözleşme ("yüzyılın sözleşmesi") imzaladı. Bu anlaşmaların Azerbaycan hidrokarbon kaynaklarının ihraç yönünün seçiminde büyük etkisi olmuştur. Anlaşma sertleştirdi Kazakistan'ı projeye dahil etme olasılığını değerlendiren Türkiye'nin çabaları. Kaynakları Azerbaycan'dan petrol akışını artırabilir.

90'lı yılların ortalarında Türkiye, Hazar devletlerinde lider bir pozisyon alma ve gelecekteki petrol hacimlerini taşımak için rota seçme yaklaşımlarını etkileme girişimlerinden vazgeçmemiştir. Bu dönemde Türkiye, boru hatları da dahil olmak üzere Hazar Denizi'ndeki politikasının hedeflerini yalnızca birkaç yıl sonra formüle eden ABD'yi fiilen geride bıraktı. (Balcı , Liles , 2018)

Azerbaycan'ın hidrokarbonlarının yanı sıra Kazakistan'da üretilen Tengiz petrolü de Türk tarafını cezbeder. Türkiye gelecekte Azerbaycan ve Kazak petrolünü bir boru hattında birleştirmeyi planlar. (Kasenov ,1995, s.67)

Daha fazla gelişmeye ilişkin ortak bir Deklarasyonda 1995 yılında Kazakistan ve Türkiye arasındaki işbirliğinin derinleştirilmesi, her iki tarafın Kazak petrolünü teslim etmek için Türkiye topraklarından Akdeniz'e bir boru hattının inşasının teknik, mali ve diğer yönlerine yönelik işbirliğini sürdüreceği dünya pazarına teyit eder. (Jilçov, 2010)

Ancak imzalanan belgede belirtilen görevler pratikte uygulanmamıştır. Ek olarak, ABD, Rusya topraklarını atlayan boru hatları yollarını destekleyen etkisini artırır. Bununla birlikte, Batı'nın maksatlı politikası sonuç verir.

Haziran 1997'de Bakü-Tiflis Ceyhan güzergahı ile ilgili olarak ilk kez "Ana İhraç Boru Hattı" konsepti tanıtılır. ABD ve AB'nin jeopolitik çıkarları, yeni boru hattı projelerine ilişkin karar alma süreçlerine hakimdir.

Olayların bu şekilde gelişmesi, Kazakistan'ı batı yönünde uzanan yeni boru hatlarına çekmeye çalışan Türkiye'nin çıkarıydı. Nitekim aynı yılın Eylül ayında Türkiye Başbakanı M. Yılmaz Kazakistan'a bir ziyaret gerçekleştirir. Taraflar, Kazak petrolünün Türkiye toprakları üzerinden taşınması konularını yeniden görüştü. Ankara, hidrokarbon kaynaklarının ihracatı için güvenilir bir yol elde etmede Kazakistan'ın çıkarını kullanmayı umarak, kazak tarafı ise böyle bir ihtimali reddetmedi. Bu pozisyon daha sonra Kazakistan liderliği tarafından birden fazla kez onaylar. (Kerimova, 2005)

Ekim 1998'de Türkiye, Azerbaycan, Gürcistan, Kazakistan, Özbekistan Cumhurbaşkanları ve ABD Enerji Bakanı Bakü-Tiflis-Ceyhan güzergahını destekleyen Ankara Deklarasyonu'nu imzaladılar. Bilhassa, Azerbaycan'ın ana ihracat boru hattı hakkında bir karar vermenin eşiğindeki cumhurbaşkanları, ana ihracat olarak Hazar Akdeniz projesini (Bakü-Tiflis-Ceyhan) uygulama niyetlerinin uygulanmasından çok endişe duyuyorlar(online.zakon.kz/lawyer,2022).

ABD ve AB ile sürekli olarak yeni boru hattı projelerini teşvik eden Türkiye'nin enerji politikası sonuç verdi. 2005 yılında Bakü-Tiflis-Ceyhan petrol boru hattı inşa edildi. Bu projenin uygulanması sonucunda “Hazar petrolünün ihraç edildiği petrol boru hatları üzerindeki Rus tekeli ortadan kalkmış ve Rusya'nın Azerbaycan'ın petrol politikasını etkilemesine olanak sağlayan Bakü-Novorossiysk petrol boru hattı stratejik gücünü kaybetmiştir. (Kaymarazova 2008, s.456)

Türkiye, uzun vadeli ABD çıkarlarına uygun bir enerji politikası izledi. Konu Kazak petrolünün Bakü-Ceyhan boru hattı projesine bağlanmasıydı. Daha önce Azerbaycan ve Kazakistan arasında stratejik ortaklık ve müttefiklik anlaşması imzalanmıştı. Ayrıca Gürcistan, Türkiye ve ABD'nin katılımıyla Doğu-Batı enerji koridorunun geliştirilmesi ve genişletilmesine ilişkin Deklarasyon imzalandı. Kazak

tarafı, Aktau'dan Bakü'ye yılda 20 milyon ton kapasiteli bir boru hattı inşa etme fikrini destekledi. (Zaslavskiy 2005, s.177)

Ocak 2007'de Astana'da, Kazak petrolünün Hazar üzerinden tankerlerle ihracına yönelik Kazak Hazar petrol taşıma sisteminin oluşturulması projesi hakkında bir mutabakat zaptı imzalandı. Başlangıçta, bu sistemin gücü düzeyinde planlandı.

Yılda 25 milyon ton petrol ve daha da artarak 38 milyon tona Bu rotanın 2012–2013'e kadar uygulanması gerekiyordu. Bu dönemde Kazakistan'ın Kaşagan'da petrol üretimine başlaması bekleniyor. Kazakistan ile Azerbaycan arasında Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattı için 10 milyon tona kadar Kazak petrolünün tankerlerle tedarikine ilişkin anlaşma da imzalandı. Petrol ihracatı konularına sürekli dikkatin yanı sıra, Azerbaycan gazı Türk politikasının odak noktasındaydı. 2007 yılında Bakü-Tiflis-Erzurum doğalgaz boru hattı inşa edildi. Bunun uygulanması, Hazar hidrokarbonlarını ihraç etme fırsatı bulan Türkiye'nin konumunu güçlendirdi. Böylece boru hattı altyapısı ile Türkiye Hazar'a gitti. Aynı zamanda Türk politikası, denizin doğu kıyısında yer alan Hazar devletleri tarafından üretilen hidrokarbon kaynaklarına erişim sağlamayı hedefliyordu. Aynı zamanda, Ankara'nın böyle bir şeyi bağımsız olarak uygulama fırsatı da yoktu. (Zaslavskiy 2005, s.177)

Bu, iddialı projeler önemli mali kaynaklar gerektiriyordu. Ayrıca Ankara'nın emelleri, Hazar Denizi'nin dibinden boru hattı döşenmesine karşı çıkan Rusya ve İran'ın çıkarlarını karşılamadı. Çin, doğu kıyısında yer alan Hazar devletlerinin petrol ve gazına artan bir ilgi gösterdi. Pekin, Türkmenistan'ın kaynaklarını doğuya ihraç etmesine izin veren bir gaz boru hattı projesini hayata geçirdi. Bu nedenle Türkiye, AB'nin 2011 yılında başlattığı boru hattı projesine destek verdi. Böylece, 8 Haziran'da Türkiye'nin Kayseri şehrinde Nabucco doğal gaz boru hattı projesine destek anlaşması imzalandı. Belge, Nabucco Gas Pipeline International ve beş ülkenin ilgili bakanlıklarının temsilcileri tarafından imzalandı. (Zaslavskiy 2005, s.177)

Projenin uygulanmasındaki zorluklar ve Azerbaycan'ın gazını dış piyasaya ihraç etmek için ek fırsatlar sağlama konusundaki ilgisi, yeni bir boru hattı projesinin geliştirilmesine yol açtı.

2011 yılında Azerbaycan ve AB, Güney Gaz Koridoru projesinin uygulanmasına ilişkin bir deklarasyon imzaladı. Önerilen rota üç bölümden oluşacaktı. Bakü-Tiflis-Ceyhan doğalgaz boru hattının yanı sıra Trans-Anadolu boru hattı (TANAP) ve Trans-Adriyatik boru hattını (TAP) içermesi gerekiyordu.

2012 yılında Azerbaycan ve Türkiye, Trans-Anadolu boru hattının inşası konusunda bir anlaşma imzaladı. Türkiye, Güney Akım yoluyla Rusya'dan gaz ihraç etmek için çeşitli seçenekleri ve Katar'dan sıvılaştırılmış gaz arzını artırmayı düşünmesine rağmen, bu projenin uygulanmasından kendisi için fayda gördü. (Austvik, Rzayeva, 2017, s.539)

Sonraki yıllarda Güney Gaz Koridoru projesi Batı'nın siyasi desteğiyle Azerbaycan ve Türkiye tarafından tutarlı bir şekilde uygulandı. 2016 yılında Avrupa Komisyonu, Trans Adriyatik Gaz Boru Hattı'nın inşasını onayladı. Mayıs 2018'de Trans Anadolu Gaz Boru Hattı hizmete açıldı. Gürcistan-Türkiye sınırında başladı ve Türkiye'nin batı sınırında sona erdi. Boru hattı kapasitesi 16 milyar metreküp.

2020 yılı sonunda TAP projesi tamamlandı. Boru hattı Yunanistan, Arnavutluk topraklarından, ardından Adriyatik Denizi'nin dibinden geçerek İtalya topraklarına gidiyor. Gaz boru hattının kapasitesi 16 milyar metreküp olarak gerçekleşti. Bunların 6 milyar metreküpü. Türkiye'ye yönelik m³ gaz, 10 milyar metreküp gaz - İtalya, Yunanistan ve Bulgaristan.

Güney Gaz Koridoru projesinde Azerbaycan, Gürcistan, Türkiye, Yunanistan, Bulgaristan, Arnavutluk ve İtalya yer aldı. Güney Gaz Koridoru'nun toplam uzunluğu 3500 km idi. Gaz boru hattı sistemini dolduran tek kaynak Hazar Şah Deniz sahasıydı. Büyük ölçekli projenin uygulanması AB tarafından desteklenmiştir. Hazar kaynaklarının Avrupa'ya doğrudan erişimini sağlayan enerji koridoru, hidrokarbon hammaddelerinin elde edilmesi için rotaların çeşitlendirilmesi politikası kapsamında değerlendirildi. Aynı zamanda Azerbaycan'ın Avrupa ülkelerine sağladığı doğal gaz hacmi önemsizdi. 2021'de Avrupa'nın 6,2 milyar metreküp alması gerekiyor. Sonraki yıllarda Azerbaycan'da gaz üretimi artırılırsa arz artmalıdır. Yani 2022'de ihracatın 10,5 milyar metreküp olması gerekiyor. (Abbasova 2021)

Türkiye'nin Güney Avrupa'ya arzı artırma hesabı, Azerbaycan'ın üretimi ve buna bağlı olarak Türkiye topraklarına yönelik ihracat hacmini artıracak beklentisine

dayanmaktadır. “Koridora giren boru hatları önümüzdeki yıllarda tasarım kapasitesine ulaşmalıdır. En azından bu, Azerbaycan'da son yıllarda artan gaz üretimi hızını tahmin etmemizi sağlıyor. 2020 yılında gaz üretimi 36,7 milyar metreküp olarak gerçekleşti. Sırada, boru hatlarını doldurması gereken gazın Azerbaycan'da yeni yataklarının geliştirilmesi var. (İbrahimov 2011).

Bu planların uygulanması sadece Azerbaycan'daki hidrokarbon üretim seviyesinden değil, aynı zamanda Avrupa ülkelerindeki gaz tüketimi seviyesinden de etkilenecektir. Ayrıca Azerbaycan, AB'nin ekonomiyi karbondan arındırma planlarını dikkate almalıdır. AB, hidrokarbon tüketimini azaltmayı içeren iddialı planlar 2050 yılına kadar belirliyor. AB'nin amaçlanan hedefleri en azından kısmen gerçekleştirmesi beklenebilir. Bu durumda, Azerbaycan'ın hidrokarbon kaynaklarının arzını artırmaya yönelik politikası, Avrupa politikasından güçlü bir şekilde etkilenecektir. Buna göre, bu durum Türkiye'nin enerji politikasını etkileyebilir.

Hazar hidrokarbon kaynakları otuz yıl önce olduğu gibi yine bölge dışı devletlerin ilgi odağındaydı. Türkiye, AB ve ABD, Hazar bölgesinden petrol ve doğal gazın çıkarılması ve dış pazara taşınması konusuna artan bir ilgi gösteriyor.

Hazar Denizi'nin Hukuki Statüsüne İlişkin Sözleşme'nin imzalanması, bazı bölge ülkeleri ve bölge dışı devletler tarafından Trans-Hazar doğal gaz boru hattının inşasına engel olarak görülmemektedir. Türkiye, AB ve ABD, hidrokarbon kaynaklarının sadece batıdan değil, aynı zamanda Hazar'ın doğu kıyısından Avrupa pazarına da. Bu konuda Türkiye, Hazar kaynakları için ana geçiş ülkesi konumunu sürekli olarak güçlendiren aktif bir politika izliyor.

Azerbaycan enerji güvenliğini sağlamanın temel ilkeleri şunlardır:

- stratejik ve önemli tesislere güvenilir enerji temini;
- kullanılmış yakıt rezervlerinin yenilenmesi;
- yakıt ve enerji çeşitlendirmesi;
- çevresel gerekliliklerin kabulü;
- enerji kaynaklarının kullanımının sağlanması;

İç ve dış pazarlarda ithalat ve enerji rezervleri için serbest ekonomik koşulların yaratılması

Azerbaycan'ın enerji politikası uygulanabilirliğini kanıtlamıştır; ulaşım yollarının çeşitlendirilmesi, Cumhuriyet'in yalnızca nispeten bağımsız bir dış politika izlemesine izin vermekle kalmadı, aynı zamanda onu olası ekonomik ve siyasi kayıplara karşı güvence altına almıştır. Uygun bir altyapının oluşturulması, sürdürülebilir kalkınmaya ve devletler arasında ilişkilerin güçlendirilmesine ve işbirliğinin diğer faaliyet alanlarına genişletilmesine yardımcı olan yeni projelerin uygulanmasına olanak tanır. (Aliyev, 2003)

Açık denizlere erişimi olmayan ülkeler, öncelikle dünya pazarlarına girmenin alternatif yolları varsa, bu tür işbirliklerinden yararlanabilir. Aksi takdirde, ulaşım altyapısı üzerinde tekel sahibi olan transit devletin enerji projelerinin uygulanmasıyla ilgili kendi çıkarları varsa, üretici ülke kendisini çok savunmasız bir durumda bulabilir. Bu durumdan çıkmanın tek yolu, enerji kaynakları üreten ülkenin gerekirse manevra yaparak olası siyasi ve ekonomik kayıplarını azaltabileceği ihracat koridorlarının oluşturulmasıdır.

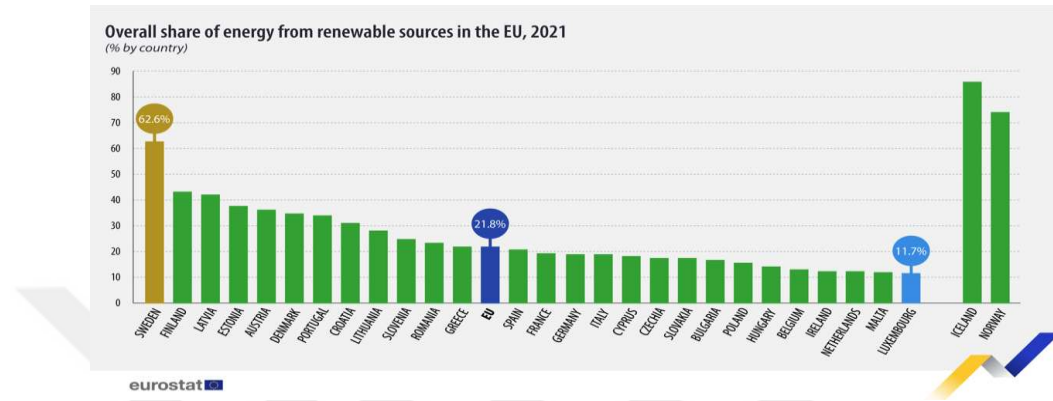
1.3.Dünya’da Enerji Politikaları

Bazı devletlerin ve uluslarüstü varlıkların enerji politikasını incelemenin aciliyeti, dünya siyasi ve ekonomik süreçleri üzerindeki etkisinden, bazı bölgelerdeki siyasi durumun istikrarsızlaşmasından ve jeopolitik çatışmaların şiddetlenmesinden kaynaklanmaktadır. Şu anda, Avrupa Birliği (AB) aktif olarak bir Enerji Birliği oluşturma fikrini ortaya koymaktadır. Fosil yakıtların sürekli aktif kullanımından kaynaklanan büyük miktarlarda karbondioksit emisyonunun neden olduğu iklim değişikliğine de büyük önem verilmektedir. Bu durum ise, çok sayıda insanın dayanılmaz çevre koşulları nedeniyle orijinal yerleşim yerlerini terk etmek zorunda kaldığı sözde iklim göçü sorununa yol açmıştır. (Knill, Lehmkuhl,2002)

Alternatif enerji kaynakları ve çevre politikası alanındaki en önemli Avrupa Birliği belgelerinden biri, 2014 yılında AB tarafından kabul edilen 2020'den 2030'a kadar olan dönemde iklim ve enerji için bir politika çerçevesi'dir. Bu belge, hem yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) geliştirilmesini (2020 yılına kadar AB enerji dengesinde yüzde 20 YEK düzeyine ulaşılması planlanmaktadır) hem de ana enerji tedarikçilerinin çeşitlendirilmesini içeren, enerji güvenliğini sağlamaya yönelik AB

stratejisini yansıtmaktadır. Enerji taşıyıcıları Tüm AB ülkeleri ayrıca 2020 yılına kadar ulaşım yakıtlarının en az %10'unun yenilenebilir kaynaklardan gelmesini sağlamalıdır.

Aşağıdaki istatistikler, AB ülkelerinin her biri için 2021'de yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin payı hakkında bilgi vermektedir (toplam nihai enerji tüketiminin %'si olarak): Şekil 14.



Şekil 14. AB Ülkelerinin Her Biri İçin 2021'de Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Enerjinin Payı Hakkında Bilgi

Kaynak:

https://ec.europa.eu/eurostat/documents/4187653/15726351/20230119_RenewableByCountry_web_v1.png/03e25af9-e503-0874-e29a-e25a5faff639?t=1674114106422

Tüm Avrupalılar İçin Temiz Enerji paketinin de bir parçası olan yeni Kamu Yönetimi Yönetmeliği uyarınca, AB ülkelerinin 2021-2030 yılları için 10 yıllık Ulusal Enerji ve İklim Planı hazırlaması gerekiyor. Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği için yeni 2030 hedeflerine uyması gerekmektedir.

2020'de %4,5 oranında azalan küresel enerji tüketimi, 2021'de %5 arttı. 2020'de gürültüyle %4,5 düşen küresel enerji tüketimi, 2021'de %5 arttı. Bu değer, 2000-2019 yılları arasında gözlemlenen %2/yıl ortalamasından 3 puan daha yüksektir. 2021 yılında küresel enerji tüketimi 2019 yılına göre daha yüksektir. Çoğu ülkede enerji tüketimi arttı: Çin'de +%5,2 (2020'de +%2,2'den sonra), Hindistan'da +%4,7 - Hindistan'da - %5,7 ila +%4,7 - ABD'de % -5,7 (2020'de -%8,6'dan sonra) , Rusya'da +%9 (2020'de - %4'ten sonra) ve AB'de +%4,5 (2020'de -%6,8'den sonra) .). Enerji tüketimi de çoğu bölgede arttı: BDT'de +%9, Latin Amerika'da +%5, Orta Doğu (%-0,4) ve Pasifik bölgesi (%-2,5) hariç +%7.1

ABD Enerji Bilgi İdaresi (EIA) Uluslararası Enerji Görünümü 2021 raporuna göre, özellikle Asya'daki gelişmekte olan pazarlarda güçlü küresel ekonomik büyüme elektrik tüketimini artıracak.

Mevcut yasa ve yönetmeliklere dayalı olarak enerji trendlerini tahmin eden EIA senaryosu, 2050 yılına kadar yenilenebilir enerjide özel bir büyüme öngörüyor.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AZERBAYCAN'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ SEKTÖRÜNÜN GELİŞİMİ VE RÜZGAR ENERJİ TÜRBİNİ TASARIMI

1. AZERBAYCAN'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ SEKTÖRÜNÜN GELİŞİMİ

1.1. Azerbaycan'da Mevcut Enerji Durumu ve Gelişimi

Azerbaycan'ın enerji verimliliği politikası 1996 yılında Azerbaycan Cumhuriyeti'nin "Enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin" Kanununun kabul edilmesiyle uygulanmaya başlamıştır.

Azerbaycan, yenilenebilir enerji kaynakları açısından potansiyeli yüksek olan ülkelerden biridir. Böylece ülkemizin ekonomik olarak uygulanabilir ve teknik olarak kullanılabilir yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli: 3.000 MW rüzgar enerjisi,

23.000 MW güneş enerjisi, 380 MW biyoenerji potansiyeli ve 520 MW dağ nehri potansiyeli olmak üzere 27.000 MW olarak değerlendirilmektedir.

Azerbaycan Cumhuriyeti, enerji kaynakları bakımından zengin olmasına ve dünyada enerji kaynakları ihracatçısı olarak bilinmesine rağmen, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı her zaman ilgi odağı olmuştur. Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanı İlham Aliyev liderliğinde yürütülen enerji güvenliği politikasının temel hedeflerinden biri de ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının güçlendirilmesidir.

Ülkemizde yenilenebilir enerji potansiyelinin etkin bir şekilde kullanılması için atılan temel adımlardan biri de 2004 yılında "Azerbaycan Cumhuriyeti'nde Alternatif ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılmasına Dair Devlet Programı"nın kabul edilmesi olmuştur. Devlet Programının kabulü, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında köklü değişikliklerin uygulanması ve ülkemizin bu alandaki potansiyelinin değerlendirilmesi için geniş fırsatlar yaratmıştır.

Bu alanda yapılan çalışmaların devamı olarak Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanının 22 Eylül 2020 tarih ve 1159 sayılı Kararnamesi ile Azerbaycan Cumhuriyeti Enerji Bakanlığına bağlı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Devlet Ajansı kurulmuştur ve ajans tüzüğü onaylanmıştır.

Ülkemizde yenilenebilir enerji alanının geliştirilmesi, bu alandaki mevzuatın ve kurumsal ortamın iyileştirilmesi için uygun kanunlar ve normatif yasal düzenlemeler kabul edilmiştir. Son yıllarda alanda yürütülen çalışmalara devam edilmiş ve Azerbaycan Cumhuriyeti'nin 31 Mayıs 2021 tarihli ve 339-VIQ sayılı "Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılmasına Dair Kanun" özel bir hale getirmiştir. Kanunun uygulanmasını sağlamak amacıyla, alt mevzuat belgelerinin hazırlanması yönünde ilgili tedbirlerin uygulanmasına devam edilmektedir.

Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanının 2 Şubat 2021 tarihli Kararnamesi ("Temiz çevre" ve "Yeşil büyüme ülkesi") tarafından onaylanan "Azerbaycan 2030: Sosyo-ekonomik kalkınma için Ulusal Öncelikler" belgesinin 5. paragrafında iklim değişikliği ve bununla mücadelenin yanı sıra yeşil enerji alanı ilkelerine dayalı yenilenebilir enerjinin ülkemizde ekonominin her alanına uygulanması konuları yansıtılmıştır. Böylece, ülkenin sosyo-ekonomik kalkınma önceliklerine uygun olarak, içinde bulunan ve gelecekte, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ve “yeşil” teknolojilerin uygulanmasının yaygınlaştırılmasına daha fazla önem verilmektedir. Bu alanda yürütülen çalışmalar çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli olan alanların belirlenmesi ve önceliklendirilmesi doğrultusunda ülke genelinde kamera çalışmalarına devam edilmiştir. Ulusal Öncelikler, BM'nin "Dünyamızın Dönüşümü: 2030'a Kadar Sürdürülebilir Kalkınma Gündem'inden doğan yükümlülüklerin uygulanması doğrultusunda da ayrı bir önem taşımaktadır.

Azerbaycan'ın toplam elektrik üretim kapasitesi 7542,2 MW, büyük hidroelektrik santraller dahil olmak üzere yenilenebilir enerji santrallerinin kapasitesi 1304,5 MW olup toplam kapasitenin %17,3'üdür.

Hidroelektrik enerjinin kapasitesi 1154,8 MW (30 istasyon, 20 küçük hidroelektrik santral), rüzgar enerjisi kapasitesi 66,1 MW (7 istasyon, 2 hibrit), biyoenerji kapasitesi 37,7 MW (2 istasyon, 1 hibrit), güneş enerjisi kapasitesi 45,9 MW (12 istasyon, 2 hibrit). 1 adet hibrit elektrik santralinde (Gobustan), rüzgar - 2,7 MW, güneş - 3 MW ve biyoenerji - 0,7 MW tabanlı cihazlar kurulmuştur. Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti'nde toplam gücü 33 MW olan 4 adet güneş enerjisi santrali işletilmektedir. Büyük hidroelektrik santraller hariç yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücü 2021 yılında 194 MW olup, toplam elektrik üretim kapasitesinin %2,5'ini oluşturmaktadır.

9 Ocak 2020 tarihinde, Enerji Bakanlığı ile Suudi Arabistan'ın "ACWA Power" ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin "Masdar" şirketleri arasında, Bakanlar Kurulu'nda yenilenebilir enerji konusunda pilot projelerin uygulanmasına ilişkin Yürütme Anlaşmaları imzalandı. Azerbaycan Cumhuriyeti Anlaşmalar gereğince "ACWA Power" ile 240 MW'lık rüzgar santralleri ve "Masdar" şirketiyle 230 MW'lık güneş enerjisi santrallerinin yapımına ilişkin pilot projeler planlanıyor.

30 Aralık 2020 tarihinde iki ülke arasında 230 MW'lık güneş enerjisi santrali projesine ilişkin "Yatırım Sözleşmesi", "Enerji Alım Sözleşmesi" ve "İletim Şebeke Bağlantı Sözleşmesi" imzalanmıştır. Enerji Bakanlığı ve "Azerenerji" OJSC ile Birleşik Arap Emirlikleri "Masdar" şirketi arasında 6 Nisan 2021 tarihinde "İletim şebekesi bağlantı anlaşması" imzalandı.

13 Ocak 2022'de 240 MW'lık "Khizi-Abşeron" Rüzgar Enerji Santrali'nin, 15 Mart 2022'de ise 230 MW'lık "Karadağ" Güneş Enerji Santrali'nin temel atma töreni yapıldı. Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanı İlham Aliyev her iki etkinliğe de katıldı.

22 Şubat 2021'de Azerbaycan Cumhuriyeti Enerji Bakanlığı ve BP şirketi, yenilenebilir enerji de dahil olmak üzere büyük ölçekli karbondan arındırılmış ve entegre enerji ve ulaşım sistemleri için gerekli potansiyel ve koşulların değerlendirilmesi konusunda işbirliği yapmak üzere bir Mutabakat Zaptı imzaladı. Azerbaycan'ın bölge ve şehirlerinde projeler. Bu muhtıra, Azerbaycan'ın ekonomik çeşitlenmesi, rekabetçi bir enerji piyasası, temiz çevre ve "yeşil büyüme" ülkesi oluşturulması ve BP'nin 2020 yılında "net sıfır emisyon" hedeflerini açıklaması bağlamında imzalandı. Memorandum'a göre, faaliyetin hayata geçirilebilmesi için bir "Yönlendirme Komitesi" ve "Çalışma Grubu" oluşturulması ve Azerbaycan'ın ilgili bölge veya şehirleri için dekarbonizasyon için bir "Master Plan" hazırlanması öngörülüyor. "Ana Plan" temiz enerji projelerini, düşük karbonlu ulaşımı, yeşil binaları, atık yönetimini, temiz sanayiye, doğal iklim çözümlerini, entegre ortaklıkları ve ayrıca entegre ve karbondan arındırılmış enerji ve ulaşım sistemlerinin geliştirilmesini kapsayacak.

Ayrıca 3 Haziran 2021 tarihinde Azerbaycan Cumhuriyeti Enerji Bakanlığı ile BP arasında Cebrayıl bölgesinde 240 MW'lık güneş enerjisi santrali inşaat projesinin değerlendirilmesi ve uygulanmasına ilişkin Yürütme Anlaşması imzalandı. İşbirliği, Uygulama Anlaşması çerçevesinde güneş enerjisi projesinin teknik ve ticari değerlendirmesini, istasyonun tasarımını, finansmanının sağlanmasını ve nihai yatırım kararını içeriyor.

Azerbaycan'ın yenilenebilir enerji yolculuğu, bol fosil yakıt rezervlerinin uzun süredir enerji üretimi için ana hammadde olarak hizmet etmesi nedeniyle nispeten yenidir. Düşük üretim fiyatı, kaynak arzı açısından yüksek enerji güvenliği ve petrol ve gaz endüstrisindeki büyük sermaye yatırımları, uzun süredir enerji üretmek için tek kaynak olarak hidrokarbonlara odaklanılmasına neden olmuştur. Bu nedenle, Azerbaycan'da sıfır karbonlu enerji üretimine geçiş ivmesi, sağlam yasal çerçeve eksikliği, konuyla ilgili uzmanlık eksikliği ve düşük özel ve kamu sermayesi yatırımları tarafından sorgulanmaktadır. Tablo 12'de 2010-2020 tarihlerinde toplam kurulu maliyetler verilmiştir.

Tablo 12. Teknolojiye Göre Toplam Kurulum Maliyetleri ve LCOE Gidişatı 2010 ve 2020

Tipi	Toplam kurulum maliyeti			Seviyelendirilmiş elektrik maliyeti		
	(2020 USD/kW)			(2020 USD/kW)		
	2010	2020	Değişim Yüzdesi	2010	2020	Değişim Yüzdesi
Solar PV	4731	883	- %81	0.381	0.057	- %85
Kara rüzgar türbini	1971	1355	- %31	0.089	0.039	- %56
Deniz rüzgar türbini	4706	3185	- %32	0.162	0.084	- %48

LCOE = Seviyelendirilmiş elektrik maliyeti

Kaynak: <https://tr.linkedin.com/pulse/te%C5%9Fviksiz-solar-fv-g%C3%BCne%C5%9F-enerjisi-%C3%BCtopya-m%C4%B1-ger%C3%A7ek-mi-murat-g%C3%BCven>

Yenilenebilir enerjiye geçiş, son yirmi yılda uygulanan ve yakın gelecekte tamamlanacağı duyurulan bir dizi yenilenebilir projeye hızlandı.

Sektördeki sınırlı uzmanlık, yetersiz yasal çerçeve ve konuyla ilgili düşük kamuoyu farkındalığı, ülkenin karşı karşıya olduğu zorluklardan bazılarıdır. Yeşil enerji programını destekleyen ana belge olan Azerbaycan Cumhuriyeti'nde Alternatif

ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımına İlişkin Devlet Programı, uygulamadan sorumlu ilgili devlet kurumlarını tanımlayan ve bunun için zaman çerçevelerini belirleyen net bir eylem planıyla 2004 yılında kabul edilmiştir.

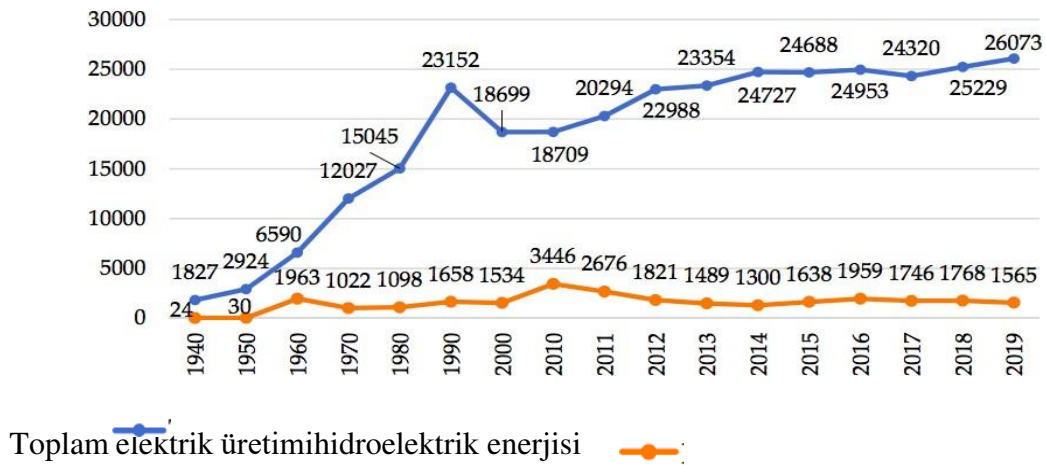
2004 Programı, rüzgar, güneş, hidro, biyokütle ve jeotermal enerjiyi özel olarak sıralayarak, söz konusu kaynakların bolluğu açısından mevcut ayrıcalığı vurgulamaktadır. Bununla birlikte, özel sermayeyi çekmek, enerji piyasasını özgürleştirmek, enerji üretiminin ana kaynağı olarak yeşil kaynakların sahipliğini teşvik etmek için hiçbir özel önlem getirilmedi. Tablo 13’de Azerbaycan’da Elektrik üretim tesisleri verilmiştir.

Tablo 13. Azerbaycan'da Elektrik Üretim Tesisleri

Thermal Power Plants (TPP)	Hydro Power Plants (HPP)	Small Hydro Power Plants (SHPP)
Azerbaijan TPP—2400 MW	Mingachevir HPP—402 MW	Gulabird SHPP—7.5 MW
Janub PP—780 MW	Shamkir HPP—380 MW	Oghuz SHPP 1,2 & 3—3.6 MW
Sumgait PP—525 MW	Yenikend HPP—150 MW	Goychay SHPP—3.1 MW
Shimal 1 and 2 PPs—800 MW	Fuzuli HPP—25 MW	Ismayilli-1 SHPP—1.6 MW
Sangachal PP—300 MW	Takhtakorpu HPP—25 MW	Ismayilli-2 SHPP—1.6 MW
Baku TEC—107 MW	Shamkirchay HPP—25 MW	Balaken-1 SHPP—1.5 MW
Baku PP—105 MW	Varvara HPP—16.5 MW	Gusar SHPP—1 MW
Shahdagh PP—105 MW	Araz HPP—44 MW	Vaykhur HPP—5 MW
Astara PP—87 MW	Bilev HPP—22 MW	
Shaki PP—87 MW	Arpachay 1, Arpachay 2—21.9 MW	
Khachmaz PP—87 MW	Ordubad HPP—36 MW	
Nakhchivan PP—87 MW		
Nakhchivan gas-turbine PP—64 MW		

Kaynak: https://www.azerbaijans.com/content_733_tr.html

Tablo 14. Azerbaycan’da Toplam Elektrik Üretimi Ve Hidroelektrik Enerjisinin Payı (Milyon kWh, 1940–2009)



1.2. Azerbaycan'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji - doğanın kirlenmesini önlemek için kullanılan enerji türüdür. Yenilenebilir enerji, geleceğe daha çok odaklanan umut verici bir alandır. Çevreyi kirlilikten (toprak, su, hava) korumak için alternatif enerji kaynakları kullanılmalıdır. Gelişmiş ülkeler (ABD, Kanada, İngiltere, Almanya, Rusya vb.) alternatif enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırarak çevreyi kirlilikten korumaya çalışmaktadır. Son yıllarda, bağımsız bir devlet olarak yabancı ülkelerin deneyimlerinden yararlanan Azerbaycan, alternatif enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırarak hem değerli yakıt (petrol, gaz) tasarrufu hem de çevre koruma çağrısı yapmaktadır.

Bilindiği gibi Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) sınıflandırmasına göre alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları beş gruba ayrılmaktadır:

- Rüzgar enerjisi
- Güneş enerjisi
- Biyoenerji
- Jeotermal enerji
- Hidroelektrik

Azerbaycan Cumhurbaşkanı'nın "Azerbaycan Cumhuriyeti'nde Alternatif ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanılmasına İlişkin Devlet Programı'nın Onaylanmasına İlişkin Kararı: Tablo 15.

Azerbaycan Cumhurbaşkanı Kararı:

Azerbaycan elverişli doğal koşulları ile yeterli alternatif ve yenilenebilir enerji potansiyeline sahiptir. Ancak bu potansiyel henüz kullanılmamaktadır. Bu yüzden ülkede mevcut alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları pahasına yeni enerji güçlerinin yaratılmasını sağlamak için:

1. "Azerbaycan Cumhuriyeti'nde alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin Devlet Programı" onaylanmalıdır (ekte).

2. Azerbaycan Cumhuriyeti Alternatif ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Devlet Ajansı, Devlet Programında öngörülen önlemlerin koordinatörü olarak belirlenmelidir.

3. Azərbaycan Cumhuriyeti Bakanlar Kurulu bu Emirden doğan sorunları çözmelidir.

4. Azərbaycan Cumhuriyeti Alternatif ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Devlet Ajansı, Devlet Programının uygulanmasını sağlamak için gerekli önlemleri almalıdır.

5. Bu Kararname yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Bakü şəhri, 21 Ekim 2004 Azərbaycan Cumhurbaşkanı İlham ALİYEV

Tablo 15. Azərbaycan'da Yenilenebilir Kaynaklar Potansiyeli

Yenilenebilir Enerji	Teknik Kapasite (MW)
Güneş	23,040
Rüzgar	3000
Biyolojik atık	380
Küçük Hidroelektrik	520
Toplam	26,940

1.2.1. Rüzgar Enerjisi

Azerbaycan, coğrafi koşullar nedeniyle rüzgar enerjisi kullanımının avantajlı olduğu ülkelerden biridir. Abşeron Yarımadası, Hazar Denizi'nin kıyı şeridi ve Hazar Denizi'nin kuzeybatı kesimindeki adalar, Azerbaycan'ın batısındaki Gence-Dashkesan bölgesi ve Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti'nin Şarur-Culfa bölgesi özellikle elverişlidir. 1999 yılında Japon şirketi Tomen, Azerbaycan Enerji ve Enerji Tasarımı Araştırma Enstitüsü ile birlikte Abşeron'da 30 ve 40 metre yüksekliğinde iki kule kurdu ve bağlantılı olarak yıllık ortalama rüzgar hızının 7,9-8,1 m/s olduğunu belirledi. Bununla birlikte Gobustan bölgesine toplam 30 MW kapasiteli yel değirmenlerinin kurulumu için bir fizibilite çalışması hazırlandı.

Hazar Denizi'nin rüzgar enerjisi potansiyeli 157 gigawatt. Bunlardan sığ suda 35 GW'a kadar ve derin su alanlarında 122 GW'a kadardır. 2021 yılında rüzgar enerjisi kapasitesi 67 MW idi.

Ülkedeki en büyük rüzgar enerjisi santrali, alternatif enerji için Gobustan test sahasındaki bir hibrit enerji santralidir.



Şekil 15. Khızı-Abşeron Rüzgar Enerji Santralleri

Kaynak: [Bu gün “Xızı-Abşeron” külək elektrik stansiyasının təməli qoyulur \(karvannews.com\)](http://karvannews.com) 14.10.2022 alınmışdır.

13 Ocak 2022'de Sitalchay ve Abşeron bölgesindeki Pirakeshkul köyünde Khizi-Absheron rüzgar santralının inşaatına başlandı. Santralin kapasitesi 240 MW olacaktır. Şekil 15. Santralin 1 milyar kW/saate kadar üretim yapması planlanıyor. Yılda planlanan tüketici kapsamı - 300 bin konut.

1.2.2.Güneş Enerjisi

Azerbaycan'ın doğal iklimi, güneş enerjisi kullanılarak elektrik ve ısı üretiminin artırılması için fırsatlar sunmaktadır. Yıl boyunca Azerbaycan'da güneşli saat sayısı 2400-3200 saattir. Bu, Azerbaycan topraklarına düşen güneş ışığı miktarının diğer ülkelere göre daha fazla olduğu anlamına gelir. Bu, güneş enerjisi kullanımında yatırımları çekmenin etkinliği için kriterlerden biri olarak kabul edilebilir.

Güneş enerjisinin geliştirilmesi, Azerbaycan'ın bazı bölgelerinde enerji sorunlarını kısmen çözebilir. 2021'de güneş enerjisi kapasitesi 43 MW idi.

Mart 2022'de, 230 megavat tasarım kapasitesi ve yılda 3 milyar kWh elektrik üretimi ile Karadağ güneş enerjisi santralının inşaatına başlandı. Santralin kurulacağı alan 550 hektar olacaktır. 500 bin güneş paneli kurulması planlanıyor. Santral 110.000 eve elektrik sağlamayı planlıyor. Santral, Alyat köyünün yakınlarında inşa ediliyor.

Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti Devlet Enerji Dairesi Başkanı Namig Pashayev bilgi vererek, Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti Devlet Enerji Dairesi ile Çin Halk Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı arasında 26 Ağustos'ta imzalanan anlaşmaya göre , 2019, Bakü, Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti'ne mobil enerji santralleri sağlayacak. 2 set 200 kilovatlık "ISUZU" dizel jeneratör, 410 set 2 kilovatlık mobil güneş enerjisi santrali, 410 set güneş enerjili su ısıtıcı, Özbekistan Cumhuriyeti'ne 6 set 10 kilovatlık Rüzgar-Güneş Hibrit Santrali ünitesi temin edilmiştir. Nahçıvan Devlet Üniversitesi'nde elektrik enerjisi alanında öğrenim gören öğrencilerin, bilgilerini deneyimleyerek derinleştirmeleri ve yeni teknolojileri yerinde tanımaları amacıyla 1 adet 10 kilovatlık "Rüzgar-Güneş Hibrit Elektrik Kaynağı" ve 1 adet Üniversite kampüsüne güneş enerjili su ısıtıcıları kuruldu. Culfa ilçesine bağlı Gülistan köyü yakınlarındaki 3,3 hektarlık ekili olmayan arazide 5 set daha rüzgar türbini ve güneş paneli yeniden tasarlanarak monte edildi ve 1,1 megavatlık yeni bir Rüzgar-Güneş Hibrit Enerji Santrali inşa edildi. Şekil 16.



Şekil 16. Rüzgar-Güneş Hibrit Elektrik Kaynağı, Nahçıvan

Kaynak: <http://rabite.nmr.az/metbuat/x%C9%99b%C9%99rl%C9%99r/gunes.html>
12.10.2021 alınmıştır.

Tablo 16. 2018'de Azerbaycan'da Öngörülen Güneş Enerjisi Santrallerinin Listesi

Project	Capacity (MW)
Surakhani	1.7
Sumgait	1.8
Pirallahi-1	2.2
Pirallahi-2	7.2
Samukh-1	0.4
Samukh-2	7.2
Gobustan HES (solar component)	5.0
Khizi-2 HES (solar component)	10.0
Absheron HES (solar component)	10.0
Siyazan	4.5
TOTAL	50

Kaynak: https://www.azerbaijans.com/content_733_tr.html

Azerbaycan'da oluşturulan yeni üretim kapasiteleri nedeniyle artan elektrik üretimine rağmen, alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi konusunda ciddi çalışmalar önümüzdeki önemli görevlerden biridir. Devlet Ajansı "Azalternativenerji" Limited Şirketi'nin Surakhani Güneş Enerjisi Santrali'nin kurulması, bu yönde yapılan çalışmaların tutarlı olduğunu bir kez daha kanıtlıyor. 2014 yılının Temmuz ayında devlet başkanının katılımıyla hizmete giren ve altı hektarlık bir alan üzerine oluşturulan bu istasyona 8.000 adet güneş paneli yerleştirildi. Bu paneller yaklaşık 12.000 kilovat saat elektrik üretme kapasitesine sahip. günde. Gelecekte, buraya bu tür 4.000 panel daha kurulması planlanıyor. İstasyon, modern ekipmanlarla donatılmıştır ve elektriği tüketiciye kayıpsız olarak ulaştırmak için tüm olanaklara sahiptir.

Yüksek Meclis Başkanı şunları söyledi: "Yeni elektrik santrali Culfa ilçesindeki enerji ihtiyacının yüzde 10'undan fazlasını karşılayacak. Gelecekte, yeni istasyonların inşa edilmesinden sonra dışarıdan bölgeye enerji taşınmasına gerek kalmayacaktır. İstasyonda yeni uzmanların yetiştirilmesine olanak sağlayacak yeni işler de açıldı ve gelecekte diğer istasyonlar yerel uzmanlar tarafından yönetilecek".

Gobustan Hibrit Elektrik Santrali, Surakhani Güneş Enerjisi Santrali, Bilasuvar mülteci kampı, Masallı Spor Kompleksi ile Bakü'de 5 okul ve 2 poliklinik üzerine kurulan güneş panellerinin işleyişi istasyonun kontrol merkezinden izlenebilmektedir. Yakın gelecekte Sumgait, Samukh, Sangachal ve Pirallahi'de güneş enerjisi santrallerinin devreye alınması planlanıyor. Mevcut istasyonların faaliyete geçmesi sonucunda 4 milyon kilovatsaatin üzerinde elektrik üretilmiş, yaklaşık 1.300.000

metreküp doğal gaz tasarrufu sağlanmıştır. Ağırlıklı olarak yerel hammadde ve ekipmanlardan oluşan Surakhani Güneş Enerjisi Santrali'nin tasarım kapasitesi 2800 kilovattır. İstasyonda yıllık elektrik üretimi 4 milyon kilovattır. İstasyonun tam olarak faaliyete geçtiği yıl boyunca 1,5 milyon metreküp gaz tasarrufu sağlanacaktır.

1.2.3.Biyokütle Enerjisi

Azerbaycan'da aşağıdaki biyokütle kaynakları mevcuttur: yanıcı endüstriyel atık, ormancılık ve ağaç işleme sektöründen kaynaklanan atıklar, tarımsal ürünler ve organik karışım atıkları, evsel ve belediye atıkları, petrol ve petrol ürünleri ile kirlenmiş alanlardan gelen atıklar. Yapılan araştırmalara göre ekonominin tüm sektörlerinde üretilen atıkların çoğu biyokütle ürünlerinden oluşuyor. Bu biyokütleden elektrik üretiminde kullanılan gaz, sıvı ve katı biyokütle elde etmek mümkündür. Azerbaycan'da her yıl 2 milyon tonun üzerinde katı evsel ve endüstriyel atık nötralizasyon için düzenli depolama alanlarına atılıyor. Katı evsel ve endüstriyel atıkların işlenmesi, Bakü'deki ve ülkenin büyük sanayi şehirlerindeki evlerin ısınma sorununu kısmen çözebilir. 2021 yılında biyoenerji kapasitesi 45 MW idi.

Jeotermal kaynaklar birçok ülkede sanayide, tarımda, evsel ve toplumsal endüstrilerde ve tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. Azerbaycan toprakları termal sular açısından zengindir. Büyük ve Küçük Kafkas Dağları, Abşeron Yarımadası, Talysh dağ yamacı, Kura havzası ve Hazar-Guba bölgesi gibi geniş bölgelere dağılmışlardır. Termal suların bu alanlarda kullanılması nedeniyle günlük yaşamda ve diğer alanlarda kullanılan termal enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamak mümkündür.

Bakü Katı Atık Bertaraf Tesisi'nin santrali, devreye alındığı andan 2021 yılı sonuna kadar 1 milyon 586 bin megavat/saat elektrik üretti.

1.2.4.Hidrojen Enerjisi

Çevre açısından bakıldığında, su dünyadaki en temiz enerji kaynağıdır. Azerbaycan'da hidroelektrik üretimi 1990'dan beri artmaktadır. 2010 yılında, üretilen hidroelektrik kapasitesi, cumhuriyetin enerji sisteminin toplam kapasitesinin yüzde 17,8'ini oluşturdu. Ülke, henüz kullanılmayan hidroelektrik kaynaklarının geliştirilmesi için geniş fırsatlara sahiptir. Hidroelektrik santrallerin yapılması sonucunda taşkın suları

düzenlenmekte, çevreye duyarlı üretim yapılmakta ve yeni sulama sistemleri oluşturulmaktadır. Azerbaycan topraklarındaki nehirler, küçük hidroelektrik santrallerin kurulması için elverişlidir.

Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti'nin enerji sistemi ile cumhuriyetin ana enerji sistemi arasındaki iletişim eksikliği nedeniyle orta, küçük ve mikro enerji santrallerinin oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Hidroelektrik kapasitesi 2021'de 1.152 MW idi.

1.2.5. Jeotermal Enerjisi

Enerji üretimi ve tüketiminde jeotermal enerji kaynaklarının kullanılmasının avantajı, uygulamalarının büyük ölçekli olmasıdır. Jeotermal enerji, toprakta depolanan ısıyı ifade eder. Dünyaya ısı, gezegenin aktif sıcak bölgesi ve güneş olmak üzere iki kaynaktan sağlanır. Mevcut derinliğe bağlı olarak, bu 'derin' veya 'sığ' olarak sınıflandırılabilir. Dünyanın merkezindeki sıcaklık yaklaşık 4200 santigrat derecedir. Bu ısının bir kısmı, 4,5 milyar yıl önce dünyanın oluşmasına yardımcı olan jeolojik süreçlerden gelir, ancak çoğu radyoaktif izotopların bozulması ile sağlanır.

Listelenen tüm dezavantajlara rağmen jeotermal enerji kaynakları, potansiyel alternatif enerji kaynakları arasında en üst sıralarda yer almaktadır. Dolayısıyla bu tür enerjinin üretimi ülkemiz için faydalı olabilir.

Büyük ve Küçük Kafkas dağları, Abşeron yarımadası, Talış dağlık bölgesi, Kür depresyonu ve Hazar-Guba bölgesi gibi geniş alanları kapsarlar. Belirtilen alanlardaki termal suları kullanarak evlerde ve diğer alanlarda jeotermal enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamak mümkündür. Ülkemizin belirli bölgelerindeki jeotermal suların kaynağı ve fiziksel özellikleri yeterince araştırıldığı için bu alanın gelişimi için ilk adımların atıldığı söylenebilir. Örneğin. Nabyev N., Bashirov M., Safarov C., Shahverdiyev A., Haçmaz bölgesinin jeotermal sularının buhar basıncını detaylı olarak incelenmiştir.

Azerbaycan'da oldukça fazla sayıda aktif çamur volkanı olduğu düşünüldüğünde bu yeni teknolojinin yerel koşullara uyarlanarak ülkemizde uygulanması gerçekçi görünmektedir.

Jeotermal enerji, ayrı orta ve büyük nesneleri, işletme binalarını ısıtmak için aktif olarak kullanılabilir. Azerbaycan'da bu tür uygulama ilk kez ADA Üniversite binasının inşaatı sırasında eğitim kompleksinin havalandırma sisteminin enerji temini sırasında uygulandı.

1.2.6. Dalga Enerjisi ve Gel-Git Enerjisi

Dünya yüzeyinin %71'i sularla kaplıdır. Güneş olmasaydı, gezegenimizin su yüzeyi sadece buzdan ibaret olurdu. Güneş'in faaliyeti sonucunda gezegenimizdeki suyun %98'i sıvı haldedir. Gezegendeki toplam su miktarı 1,4 milyar. km³'tür. Bu miktarın %97,4'ü tuzlu su, sadece %2,6'sı tatlı sudur. Tatlı suyun yaklaşık %25'i kutuplarda, kuzey denizlerinde ve buzullarda, geri kalanı ise esas olarak yeraltı sularında ve toprak neminde yoğunlaşmıştır. Dünyadaki suyun sadece %0,02'si nehirlerde ve göllerdedir. Güneşin etkisi sonucunda Dünya yüzeyinin her metrekaresinden yılda ortalama 980 litre su buharlaşır. Bu, tüm Dünya yüzeyinde yılda 500.000 km³ su anlamına gelir. Güneş'in faaliyetinin bir sonucu olarak Dünya gezegenindeki suyun dolaşımını göstermektedir. Dünya yüzeyindeki toplam güneş radyasyonu miktarının yaklaşık %22'si su döngüsünde yer alır. Bu enerji miktarı, gezegende başlangıçta kullanılan enerji miktarının yaklaşık 3000 katı kadardır

Dalgaların gücü kW/m ile ölçülür. Dalga enerjisi, Dünya gezegenine düşen güneş enerjisinin %0,2'si ve bu enerji sonucunda üretilen rüzgar enerjisinin %0,1'idir. Derin suda dalgaların sahip olduğu enerji miktarı, genliklerinin karesi ve periyotlarıyla doğru orantılıdır. Uzun periyotlu ($T \approx 10$ s) ve büyük genlikli ($a \approx 2$ m) dalgalar, büyük miktarda enerji taşımaları açısından çok önemlidir. Bu dalgaların olduğu yerde, her bir metre mesafeden 50÷70 kW güç üretilebilir.

Derin sularda, dalganın frekansı ve uzunluğu arasında aşağıdaki ilişki vardır:

Burada g – yer çekimi ivmesi, ω - parçacık hareketinin açısal hızıdır. Dalga dönemi:

$$\lambda = \frac{2\pi g}{\omega^2}$$
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{2\pi g}{\lambda}}} = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}}$$

Azerbaycan'da nehirler çok sınırlıdır. Büyük nehirlerin (Kur ve diğerleri) enerji potansiyeli yıllardır kullanılmaktadır. Şu anda bölgelerdeki küçük dağ nehirlerinin

potansiyelini kullanmaya çalışılıyor. Bunun için küçük nehirlerin üzerine elektrik santralleri kuruluyor. Yaklaşık 12-13 fiili istasyonun inşa edilmesi planlanmaktadır. Bazıları zaten uygulandı. Bu alanların iyileştirildiği alanlarda hidroelektrik santraller oluşturulur. Şeki, Balaken, İsmayilli bölgelerinde daha çok küçük nehirler vardır. Şimdi odak noktası bu alanlarda. İleride Guba, Göygöl ve Daşkasan ilçelerinin dağlık bölgelerindeki nehirler üzerine bu tür istasyonların yapılması planlanmaktadır.

Ayın Dünyaya yaklaşıp uzaklaşması sonucunda suyun geri çekilmesi ile oluşan enerjidir. Bu olay günde iki kere oluşur. Gel-Git enerjisi santralleri günümüzde çok az yaygın olan enerji santrallerindendir. En büyük Gel-Git enerji santrali Güney Korede bulunan Shiwa Gölü Gel-Git santralidir.

2. AZERBAIJAN'DA RÜZGAR ENERJİ TÜRBİNİ TASARIMI

2.1. Azerbaycan'da Rüzgar Enerji Kullanımı ve Kapasitesi

Azerbaycan, özellikle Hazar Denizi boyunca uzanan kıyı bölgelerinde mükemmel rüzgar kaynaklarına sahiptir. ABOEMDA tarafından yapılan analize göre, rüzgar potansiyeli 3.000 MW olarak tahmin edilmektedir.

Rüzgar enerjisi, güneş enerjisinin dünya üzerindeki etkinliği sonucunda üretildiği için yenilenebilir bir enerji türü olarak da değerlendirilmektedir. Rüzgar enerjisi miktarı, gezegendeki tüm nehirlerin toplam kinetik enerjisinin 100 katından fazladır.

Bilindiği gibi rüzgar enerjisini mekanik, elektrik ve termal enerjiye dönüştürmek mümkündür. Rüzgar enerjisi çok eski yıllardan beri kullanılmaktadır. Örneğin; Yelkenli gemilerin hareketi, çeşitli değirmenlerin çalışması, kuyulardan çeşitli yöntemlerle su çıkarılması vb. rüzgar enerjisinin kullanılmasından kaynaklanıyordu.

Azerbaycan topraklarında ağırlıklı olarak Bakü, Sumgait, Abşeron, Bina ve Maştag'da rüzgar enerjisinin kullanılması uygun görülmektedir.

Azerbaycan'ın rüzgar rejimi karmaşık bir yapıya sahiptir. Bunun nedeni, ülke topraklarının %60'ının dağlık bölgelerden oluşmasıdır. Cumhuriyetin iklim ve rüzgar rejimi üzerinde dağların etkisi büyüktür. Örneğin, Büyük Kafkas dağları bir bariyer görevi görür ve soğuk hava kütlelerinin kuzeyden ve kuzeydoğudan ülke topraklarına

girmesini engeller. Soğuk hava kütleleri Büyük Kafkas dağlarını aşarak Abşeron yarımadasından Cumhuriyet topraklarına girer. Bu nedenle, Zagatala'da yıllık ortalama rüzgar hızı 1,2 m/sn'dir. Abşeron'da 8,6 m/sn'dir. (AKINCI, ve KABA, Sayime Gül 2003)

Azerbaycan Bilimsel Araştırma Enerji Enstitüsü, Cumhuriyet'in Meteoroloji istasyonlarında toplanan tüm kanat gözlem malzemelerini gruplara ayırdı ve bölgelerin manzaralarına göre aşağıdaki rüzgar hızı dağılım rejimlerini belirledi:

A-tipli rejim, Abşeron'daki yerler ve Hazar bölgesinde Kür diline kadar Cumhuriyet'in kuzey sınırları için tipiktir. Bu bölgedeki ortalama yıllık rüzgar hızı 4m/sn'den fazladır.

B tipli rejim, Kurkenari ovasındaki yerler için tipiktir. Bu bölgedeki ortalama yıllık rüzgar hızı 4m/s ile 3m/s arasındadır.

V tipli rejim, Cumhuriyet'in dağlık bölgeleri için tipiktir. V bölgesinde, ortalama yıllık rüzgar hızı 3 m/s'den azdır.

30 Aralık 2020 tarihinde iki ülke arasında 230 MW'lık güneş enerjisi santrali projesine ilişkin "Yatırım Sözleşmesi", "Enerji Alım Sözleşmesi" ve "İletim Şebeke Bağlantı Sözleşmesi", ve "Enerji Alım Sözleşmesi" imzalanmıştır. Enerji Bakanlığı ve "Azerenerji" OJSC ile Birleşik Arap Emirlikleri "Masdar" şirketi arasında 6 Nisan 2021 tarihinde "İletim şebekesi bağlantı anlaşması" imzalandı.

13 Ocak 2022'de 240 MW'lık "Khizi-Abşeron" Rüzgar Enerji Santrali'nin, 15 Mart 2022'de ise 230 MW'lık "Karadağ" Güneş Enerji Santrali'nin temel atma töreni yapıldı. Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanı İlham Aliyev her iki etkinliğe de katıldı.

2.2. Rüzgâr Türbin Çeşitleri

Genel anlamda rüzgâr türbin çeşitleri aşağıdaki tabloda verilmektedir. Tablo 17.

Tablo 17. Rüzgar Türbini Sınıflandırılması



Kaynak: Shaban, Z. (2014, 21 Kasım).” History of Wind Turbines”. Erişim Tarihi: 14.11.2017, <https://www.renewableenergyworld.com/storage/grid-scale/history-of-wind-turbines/#gref>

Dönüş Eksenlerine Göre Sınıflandırma şu şekilde yapılmaktadır:

- Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri
- Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri
- Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri

2.2.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Bu tip tekerlekler için ana döndürme kuvveti kaldırma kuvvetidir.

Yatay rüzgar türbinleri en çok tercih edilen rüzgar türbinidir. Kanatları rüzgara karşı dönen rüzgar çarkının dönme eksenine paraleldir. Performansın bu versiyonuna "yel değirmeni" adı verildi. Yatay rüzgar jeneratörlerinin tasarımı, rüzgar çarkının ön kısmı rüzgarı ararken otomatik olarak dönecek şekilde yapılmıştır.

Ayrıca kanatların dönüş açısı da en ufak bir rüzgarı bile yakalayacak şekilde değiştirilebilir. Bu tür rüzgar türbinlerinin büyük miktarlarda elektrik üretimi için uygun olduğuna inanılmaktadır. (Tokareva 2018, s.151).

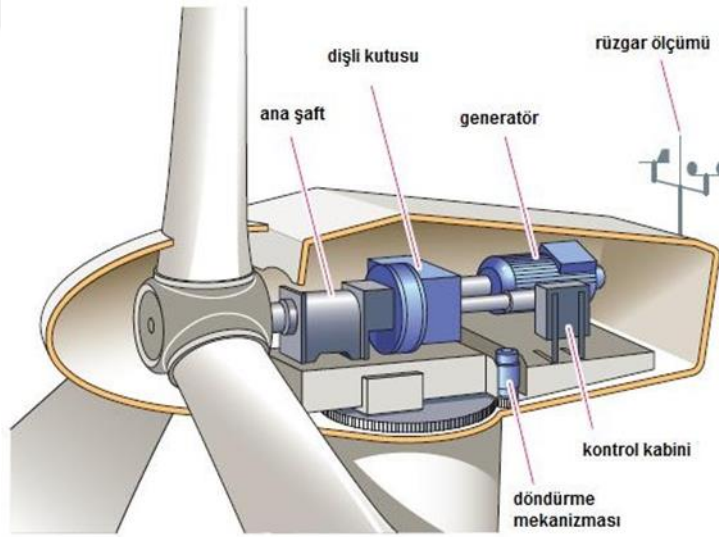
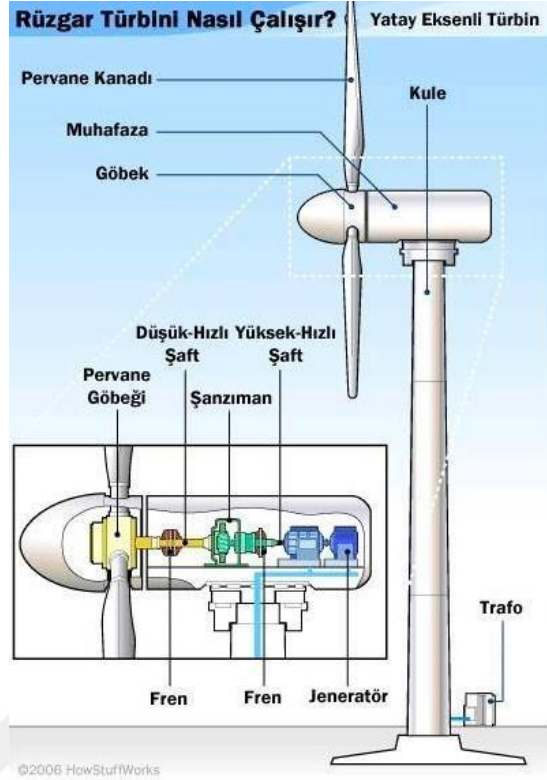
Bu türbinler, yerden 20-30 metre yüksekte ve çevresel engellerden 10 m yüksekte olacak şekilde konumlandırılmalıdır, ideal verimlilikleri %50 - %60

civarındadır. Rüzgar hızının, rotor kanadı uç hızına bölünmesi ile elde edilen orana *kanat uç hız oranı* (λ) denir.

- $\lambda = 1-5$ Çok kanatlı rotor
- $\lambda = 6-8$ Üç kanatlı rotor,
- $\lambda = 9-15$ İki kanatlı rotor,
- $\lambda > 15$ Tek kanatlı rotor kullanılır

Yatay dönme eksenine sahip rüzgar türbinleri için rüzgar çarkı farklı sayıda kanatla yapılabilir. Buna bağlı olarak, bir, iki, üç ve çok bıçaklı modifikasyonlar ayırt edilir.

Üç kanatlı rüzgar türbinleri en çok tercih edilendir. Bu, rüzgar çarkı milinin yatay dönme eksenine sahip rüzgar türbinlerinin en yaygın modifikasyonudur. Danimarkalı bilim adamları tarafından geçen yüzyılın 70'lerinde yapılan araştırmalar, yatay rüzgar türbinlerinin en uygun bıçak sayısının üçe eşittir olduğunu gösterdi. Şekil 17. Bu sonuç, büyük rüzgar türbini üreticileri tarafından iyi karşılandı. Bu nedenle, bu yel değirmenleri piyasada en yaygın şekilde temsil edilenlerdir. Üç kanatlı rüzgar jeneratörleri, birkaç watt ile birkaç megavat arasında değişen güçlerde üretilir. (Bezrukikh 2014, s. 74)



Şekil 17. Üç Kanatlı Yatay Eksenli Rüzgar Türbini

Kaynak: <http://www.emagrup.com/tr/ruzgar-enerjisi> alınmıştır.

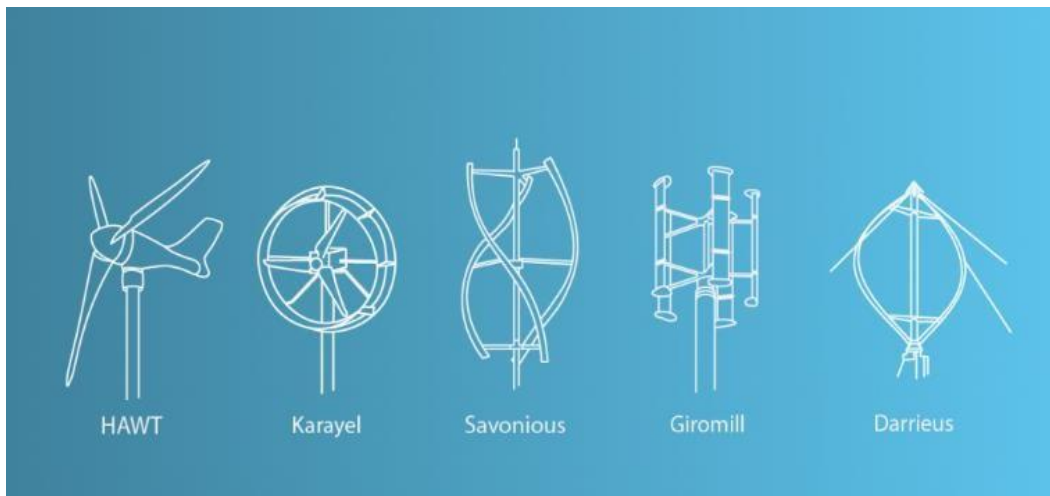
2.2.2. Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Dikey rüzgar türbinleri yatay olanlardan daha az verimlidir. Dikey bir rüzgar jeneratörünün kanatları, rüzgarın herhangi bir yönü ve gücünde dünya yüzeyine dik olarak döner. Şekil 18. Rüzgar çarkının dikey dönüşüne sahip bir rüzgar jeneratöründe, rüzgar gücünün 1/2'si kullanılmaz ve bu da enerji verimliliklerini büyük ölçüde azaltır. Bu ana dezavantajdır. Ek olarak, aşağıdaki türün dezavantajları vardır: (Calilov 2009, s. 214)

- Kanatların bağımsız olarak dönme olasılığı yoktur;
- Yapısal elemanlar üzerinde önemli yük;
- Kanatlar özdeş olmalı ve verilen profile karşılık gelmelidir;
- Çalışma sırasında artan gürültü seviyesi.

Dikey rüzgar türbinlerinin tasarımları, rüzgar çarklarının farklı modifikasyonlarından dolayı önemli farklılıklar göstermektedir. Aşağıda dikey rüzgar türbinlerinin farklı modifikasyonları: (Bezrukikh 2014, s. 74)

- Hawt
- Savonius rotoru
- Rotor Darrieus
- Giromill rotor
- Karayel rotor



Şekil 18. Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri

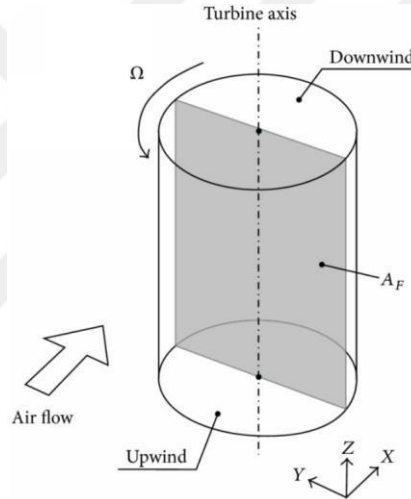
Kaynak: <https://momentumarge.com.tr/ruzgar-turbinleri/> 10.10.2021 alınmıştır

2.2.3. Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri

Dönme eksenleri düşeyle rüzgar yönünde bir açı yapan rüzgar türbinlerine eğik eksenli rüzgar türbini denir. Bu tip türbinlerin kanatları ile dönme eksenleri arasında belirli bir açı bulunmaktadır.²

Bu türbinin kullanım alanı oldukça kısıtlıdır. Rüzgar enerjisi elektrik üretiminde kullanılan ve son derece sağlıklı bir elektrik üretme şeklidir ve kullanım alanı dünya üzerinde ve ülkemizde de oldukça yaygındır ve yaygınlaşmaya devam etmektedir.

Eğik eksenli rüzgar türbinin çalışma prensibi Şekil 19 gösterilmektedir.



Şekil 19. Eğik Eksenli Rüzgar Türbini

Kaynak: De Marco A. ve V.D. (2014). “A Numerical Study on a Vertical-Axis Wind Turbine with Inclined Arms”. *International Journal of Aerospace Engineering* 2014, 14.

² <https://www.hindawi.com/journals/ijae/2014/180498/>

2.3. Rüzgar Türbinlerinin Karşılaştırılması

Tablo 18. Yatay Eksenli ve Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri Karşılaştırılması

	YERT				DERT	
	<i>Tek Kanatlı</i>	<i>2 Kanatlı</i>	<i>3 Kanatlı</i>	<i>Çok Kanatlı</i>	<i>Savonius</i>	<i>Darrierus</i>
<i>Maliyet</i>	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
<i>Estetik Görünüm</i>	Kötü	Kötü	İyi	İyi	İyi	İyi
<i>Gürültü</i>	Yüksek	Yüksek	Düşük	Az	Az	Az
<i>Çalışma Hızı</i>	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
<i>Kule ihtiyacı</i>	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
<i>Kullanım Amacı</i>	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Az Elektrik & Su pompalama	Az Elektrik & Su pompalama	Az Elektrik & Su pompalama
<i>Günümüzde Kullanımı</i>	Yok	Yok	Var	Var	Az	Az
<i>Rotorun Dönmesi İçin Rüzgarı</i>	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler

YERT: Yatay Eksenli Rüzgar Türbini ve DERT: Düşey Eksenli Rüzgar Türbini

Tablo 19. Rüzgarı Alış Yönüne Göre Türbinlerin Karşılaştırılması

	<i>Yaw Mekanizma İhtiyacı</i>	<i>Kanat Malzeme Yapısı</i>	<i>Kuleye Binen Yük</i>	<i>Rüzgarın Türbine Verdiği Zarar</i>
<i>Rüzgarı Önden Alan RT</i>	Var	Sert	Ağır	Az
<i>Rüzgarı Arkadan Alan RT</i>	Yok	Esnek	Hafif	Çok

Kaynak: Nurbay, N. ve Çınar, A. (2005). “Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması”. Erişim Tarihi: 14.01.2017, http://www.emo.org.tr/ekler/4986d86a17424ee_ek.pdf

2.4. Rüzgar Türbini Bileşenleri

Rüzgar enerjisi türbini aşağıdaki ana bileşenleri içerir: rotor ve kanatları, göbek tertibatı, ana mil, dişli kutusu sistemi, ana çerçeve, şanzıman, sapma mekanizması, aşırı hız koruması, elektrik jeneratörü, makine dairesi, sapma tahriki, güç koşullandırma ekipmanı ve kule. Şekil 20.

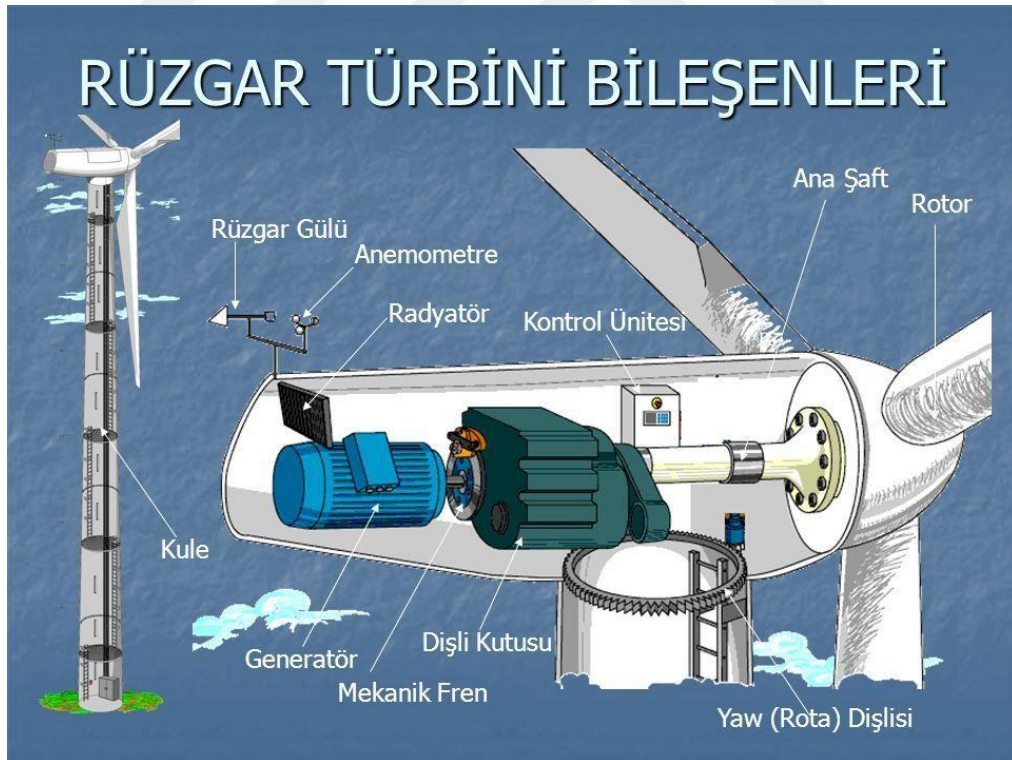
Çoğu rüzgar türbini daha karmaşıktır, bileşenleri aşağıdakileri içerir:

1. Pervane Kanatları – Rüzgar türbinlerinin 2 ve ya 3 pervane kanatı vardır. Esen Rüzgar kanatların dönmesini sağlar ve buda rüzgar enerjisini yakalar.

2. Kule (Tower) - pilon olarak da adlandırılır, rüzgar türbinini destekler ve gerekli bakım veya onarımları yapmaktan sorumlu olanlara erişim sağlar. Kule aynı zamanda üst bloğu da desteklemektedir, bu nedenle çok kuvvetli rüzgarlara dayanması gerekmektedir. İçeride elektrik dağıtım ağının yanı sıra bir erişim merdiveni buluyoruz. (Tokareva 2018, s.151)

3. Rotor - rotor göbeği, ana mile monte edilmiştir ve türbin kanatlarının takılmasına olanak sağlar. Kanatların yönünün türbinin dönüş hızını kontrol etmesini sağlayan bir sistemle donatılmıştır.

Nasel (Naselle) - Motor bölümü, ana çerçeveyi ve ona bağlı bileşenleri koruyan mahfazadır. Bu muhafaza özellikle rüzgar elektrik sistemleri için önemlidir, ancak su pompalama makinelerinde yoktur. (Calilov 2009, s. 215)



Şekil 20. Rüzgar Türbini Bileşenleri

Kaynak: <https://slideplayer.biz.tr/slide/10687320/> 09.10.2021 alınmıştır.

4. Şaft - Dönme enerjisini jeneratöre aktarır
5. Mekanik Fren - Rüzgar çok güçlüyse, üretilen enerji nedeniyle jeneratör arızalanabilir veya ekipman aşırı yüklenebilir. Bu durumlarda mekanik bir fren kullanılır.
6. Anemometre - Rüzgarın hızını ölçer. Platform üzerine monte edilir ve rüzgar hızı 3-4m/s'yi geçince türbini çalıştırır, hız 25m/s'yi geçince durdurur.
7. Jeneratör - Nacelle, destek kulesine döşenen kablolar aracılığıyla trafo merkezine iletilen ve ardından şebekeye beslenen elektriği üreten bir rotor-stator ünitesidir. Halihazırda 10 MW türbin olmasına rağmen, jeneratör gücü orta türbin için 5 kW ile en büyük türbin için 5 MW arasında değişmektedir.
8. Dişli Kutusu - Vitesler düşük hız milini, yüksek hız miline bağlayarak dönüş hızını 30-60 rpm devir/dakika'dan 1000-1800 devir/dakika'ya (elektrik üretmek için gereken dönüş hızına) çıkartırlar. Vites kutusu, ağır ve pahalıdır.

Bu sebeple, günümüzde vites kutusuna gerek kalmadan doğrudan sürüş ile düşük hızlarda elektrik enerjisi üretebilen jeneratör teknolojileri üzerine araştırmalar yapılmaktadır.

9. Yaw (Rota) Dişlisi - Rüzgâr türbinlerinin gövdesi olarak bilinen ve kule haricindeki diğer türbin parçalarını taşıyan bölümü hareket ettirmek için kullanılan kısımdır.
10. Rüzgar Gülü - Rüzgarın yönünü ölçer ve bu bilgiyi sapma sürücüsüne iletir. Böylece rüzgar türbininin rüzgara doğru dönmesi sağlanmış olur.

Piller - enerjiyi depolarlar ve türbinin enerji üretmediği günlerde bile kullanmanıza izin verirler.

Dağıtım istasyonu - Türbin, elektrik kablolarının ürettiği enerjiyi ulusal iletim şebekesine bağlı bir dağıtım istasyonuna iletir. İstasyondan son tüketicilere enerji sağlanır.

2.5. Güç Bakımından Rüzgar Türbinleri .

Küçük Güçlü Türbinler - Güçleri 30 kW'tan az olan türbinlerdir.

Orta Güçlü Türbinler - Güçleri 30 – 100 kW arasında olan türbinlerdir. Büyük Güçlü Türbinler - Güçleri 100 – 1.000 kW arasında olan türbinlerdir.

Çok Büyük Güçlü Türbinler - Bu türbinlerin güçleri, 1 MW veya daha fazladır.

2.6. Azerbaycan'da Rüzgar Santrallerinin Kurulumu

Rüzgar Santrali - bir veya daha fazla yerde monte edilmiş ve birleştirilmiş birkaç rüzgar türbinidir. Büyük rüzgar santralleri 100 veya daha fazla rüzgar türbininden oluşur. Bazen rüzgar santrallerine rüzgar çiftliği de denir. Bildiğimiz üzere dünyada ve Azerbaycan'da en yaygın olan Rüzgar Türbini olan Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleridir. Bakü adından da belli olduğu gibi (Badi Küba) yani Rüzgar Şehri demektir. Rüzgar çiftlikleri için uygun şehirlerden biridir.

2.6.1. Saha Bulma

Rüzgar türbini, serbest hava akışına engel olmayan açık ve düz bir yere kurulmalıdır.

Bugün en yaygın rüzgar çiftliği türü karadadır. Rüzgar jeneratörleri tepelere veya tepelere kurulur. Rüzgar gücünden en iyi şekilde yararlanmak için, rüzgar türbini direği, rüzgarın esme kuvvetini azaltabilecek herhangi bir nesneden mümkün olduğunca uzağa yerleştirilmelidir. Ayrıca kurulumun yapılacağı zeminin özellikle dikkatli bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Rüzgar türbini gevşek kumlu yüzeylere, engebeli zemine veya hava koşullarından dolayı kolayca şekil değiştiren bir yüzeye kurulmamalıdır. Bir rüzgar türbini kurulurken, jeneratör ile tüketici arasındaki mesafe de dikkate alınmalıdır. Mesafe ne kadar kısa olursa, o kadar az kablo gerekir. Sonuç olarak, kablodan geçişi sırasında elektrik kaybı da daha az olacaktır. Elektrik uzun mesafelere iletmek gerekiyorsa, mümkün olan en kalın standart kablonun kullanılması önerilir.

2.6.2. Rüzgar Santrallerinin Türleri.

Rüzgar Santrallerinin 5 türü var: (Calilov 2009, s. 222)

Karada (onshore)- Bugün en yaygın rüzgar çiftliği türüdür. Rüzgar jeneratörleri tepelere kurulur. Hazırlanan bir sahaya 7-10 günde bir endüstriyel rüzgar jeneratörü

kurulur. Bir rüzgar santralının inşası için düzenleyici onayların alınması bir yıl veya daha uzun sürebilir. İnşaat için, gondollar yaklaşık 50 metre yükseklikte kurulduğundan, şantiyeye giden bir yol, 50 metreden fazla erişime sahip ağır kaldırma ekipmanı gereklidir.

Sahilde (nearshore) - Kıyı rüzgar çiftlikleri, deniz veya okyanus kıyılarından kısa bir mesafede kurulur. Kıyıda, kara yüzeyinin ve rezervuarın dengesiz ısınmasından kaynaklanan günlük sıklıkta bir esinti esmektedir. Gündüz veya deniz meltemi su yüzeyinden karaya ve gece veya kıyı meltemi soğuk kıyıda su kütlelerinin doğru hareket eder.

Denizde (Offshore) - İlk yüzer rüzgar türbini prototipi, Aralık 2007'de H Technologies BV tarafından inşa edildi. 80 kW kapasiteli rüzgar jeneratörü, Güney İtalya kıyılarından 10.6 deniz mili açıktaki, 108 metre derinliğinde bir deniz alanında yüzer bir platform üzerine kuruludur.

Norveçli şirket StatoilHydro, derin deniz enerji santralleri için yüzer rüzgar türbinleri geliştirdi. StatoilHydro, Eylül 2009'da 2.3 MW'lık bir demo kurdu. Hywind olarak adlandırılan türbin 5.300 ton ağırlığında ve 65 metre yüksekliğinde. Norveç'in güneybatı kıyılarından çok uzak olmayan Karmøy adasına 10 kilometre uzaklıktadır. 2017 yılında şirket türbin gücünü 6 MW'a, rotor çapını 154 metreye çıkardı.

Havada- Süzülen rüzgar türbinlerine, daha güçlü ve daha kalıcı bir rüzgar kullanmak için yerden yükseğe yerleştirilen rüzgar türbinleri denir.

Dağlarda - Sovyet sonrası uzayda 1,5 MW kapasiteli ilk dağ rüzgar santrali, 2011 yılında Kazakistan'ın Zhambyl bölgesindeki Kordai geçidinde hizmete girdi.

2.6.3. Saha Ölçümleri

Azerbaycan'da rüzgar türbini kurulması için müsait olan yerlerden biride Khizi'dir. Rüzgar ölçümleri izni için önce Azerbaycan Rüzgar Ölçüm İstasyon Kurulum Raporunu hazırlayarak, Meteoroloji yetkisine onaylatılarak ölçümler başlatılabilir. Şu anda en çok kullanılan rüzgar çiftliği tipi Rüzgar türbinleri tepelere veya yüksekliklere kurulur. Hazırlanan bir sahaya 7-10 günde bir endüstriyel rüzgar jeneratörü kurulur. Bir

rüzgar santralının inşası için düzenleyici onayların alınması bir yıl alabilir. Gondollar yaklaşık 50 metre yükseklikte inşa edildiğinden, inşaat, şantiyeye giden bir yol, 50 metreden fazla erişime sahip ağır kaldırma ekipmanı gerektirir.

2.6.4. Rüzgar Santrallerinin Avantajları

- Rüzgar santralleri zararlı emisyonlarla çevreyi kirletmez.
- Rüzgar enerjisi, belirli koşullar altında yenilenemeyen enerji kaynakları ile rekabet edebilir.
- Rüzgar enerjisinin kaynağı - doğa - tükenmez.
- Hava kirliliği sorununu azaltır
- İthalat bağımlılıkları ve yakıt maliliyetleri yoktur
- Partlama yapmaz ve radyasyon yaymazlar

2.6.5. Rüzgar Çiftliklerin Dezavantajları

- Rüzgar, güçlü ve zayıf yönleriyle doğal olarak kararsızdır. Bu da rüzgar enerjisinin kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Rüzgar santralleri oluşturulurken bu eksikliği giderecek teknik çözüm arayışları temel görevdir.
- Yüksek kaliteli rüzgar türbinleri çok pahalıdır ve neredeyse yok edilemez.
- Rüzgar santralleri, çeşitli ses spektrumlarında insanlara zararlı sesler çıkarır. Tipik olarak, rüzgar türbinleri, konut binalarından gürültünün 35-45 desibeli aşmayacağı bir mesafede inşa edilir.
- Rüzgar çiftlikleri televizyon ve çeşitli iletişim sistemlerine müdahale eder. Rüzgar türbinlerinin kullanımı - Avrupa'da 26.000'den fazla var - bu olgunun alternatif elektrik enerjisi endüstrisinin gelişiminde belirleyici bir öneme sahip olmadığını gösteriyor.
- Rüzgar çiftlikleri, göç ve yuvalama yollarına yerleştirildiğinde kuşlara zarar verir.

2.7. Azerbaycan'ın Khizi Arazisinde Yatay Eksenli Rüzgar Santrallerinin Hesaplanması

Rüzgar gücü formülü:

$$\text{Güç (Watt)} \quad \tilde{P} = \frac{1}{2} \times \overset{\text{Havanın yoğunluğu (kg/m}^3\text{)}}{\tilde{\rho}} \times \underbrace{V^3}_{\text{Rüzgarın hızı (m/s)}} \times \overset{\text{Güç katsayısı}}{\tilde{C}} \times \underbrace{A}_{\text{Süpürme alanı (m}^2\text{)}}$$

Power (Güç): Rüzgar türbininin üreteceği gücü gösterir. Birimi Watt'tır.

Constant (Sabit): Sabit bir sayı olarak eşitliğin sağ tarafındaki ilk terimdir.

Air Density (Havanın yoğunluğu): Hava yoğunluğu olarak formüle katılmaktadır. Uluslararası Standart Atmosfer koşullarında (deniz seviyesinde, +15°C sıcaklıkta ve 1013,25 mb atmosfer basıncında) havanın yoğunluğu 1,225 kg/m³ 'tür.

Wind Speed (Rüzgarın Hızı): Rüzgar türbininin kurulacağı yerdeki ortalama rüzgar hızıdır. Yani rüzgarın hızı üretilen güce 3.dereceden üssü kadar katkı sağlamaktadır. Normalde kullanılan hızın birimi m/saniye'dir. Ama biz 3.kuvvetini alarak işleme dahil ediyoruz.

Power Coefficient (Güç Katsayısı): Formülümüzdeki bir diğer sabittir. Rüzgar türbin veriminin yüzdelik ifadesidir. Güç faktörü olarak formülümüze katkı sağlamaktadır. Maksimum değeri yaklaşık olarak 0.5926'dır. Bu değer Betz limiti adını alır. Yani bir rüzgar türbininin maksimum %59.26 verimlilikle çalışacağı anlamına gelir. Günümüzde Türbinler Betz Şartının maksimum 70-80%-lik bir oranında güç katsayısı değerinde bir katkı sağlayabiliyor.

Swept Area (Süpürme Alanı): Rüzgar türbininin kanatlarının süpürdüğü alanı ifade etmektedir. Birimi metrekaredir. Rüzgar türbinlerinin karakteristiklerinde direkt verilebilir veya Rotor Diameter şeklinde ifade edilen rotor yarıçapından hesaplanabilir.

Rüzgar türbininin kanatlarının süpürdüğü alan = rotor yarıçapı * rotoryarıçapı * pi formülüyle hesaplanır.

Yukardaki formül ile Bakü’de kurulmuş olan yatay eksenli rüzgar türbininin aylık ve yıllık ortalama ürettiği güç üretiminin hesaplamaları yapılmıştır. Türbinin ve Bakü şartları için değerler şunlardır:

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3 C A \quad A = \pi r^2 \quad A = 3.14 \times 20^2 = 1256 \text{ m}^2$$

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3 \quad r = 20 \text{ m}$$

$$C = 0.43 \quad \pi = 3.14$$

Rüzgar hızının artması ile gücün üç kat artması sebebi ile rüzgar hızının her ay için ayrı ayrı hesaplamaları yapıldı.

Tablo 20. Rüzgar Hızı Hesaplamaları

Aylar	Rüzgar hızı
Ocak	V = 7 m/san
Şubat	V = 6.6 m/san
Mart	V = 7 m/san
Nisan	V = 5.8 m/san
Mayıs	V = 5 m/san
Haziran	V = 5.5 m/san
Temmuz	V = 5.8 m/san
Ağustos	V = 5.3 m/san
Eylül	V = 5.8 m/san
Ekim	V = 6.4 m/san
Kasım	V = 6.4 m/san
Aralık	V = 7 m/san

Bakü Azerenerji’ ye giderek, Yatay eksenli Rüzgar Türbinin 1 saniyede aylık ve yıllık ortalama güç üretimi hesaplanması yapılmıştır.

Tablo 21. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinin 1 Saniyede Ortalama Güç Üretimi Hesaplanması

Aylar	
Ocak	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 7^3 \times 0.43 = 113\,463 \text{ Watt}$
Şubat	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 6.6^3 \times 0.43 = 95\,103 \text{ Watt}$
Mart	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 7^3 \times 0.43 = 113\,464 \text{ Watt}$
Nisan	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 5.8^3 \times 0.43 = 64\,543 \text{ Watt}$
May	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 5^3 \times 0.43 = 41\,349 \text{ Watt}$
Haziran	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 5.5^3 \times 0.43 = 55\,036 \text{ Watt}$
Temmuz	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 5.8^3 \times 0.43 = 64\,543 \text{ Watt}$
Ağustos	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 5.3^3 \times 0.43 = 49\,248 \text{ Watt}$
Eylül	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 5.8^3 \times 0.43 = 64\,543 \text{ Watt}$
Ekim	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 6.4^3 \times 0.43 = 86\,716 \text{ Watt}$
Kasım	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 7^3 \times 0.43 = 113\,464 \text{ Watt}$
Aralık	$P = 1/2 \times 1.225 \times 1256 \times 6.4^3 \times 0.43 = 86\,716 \text{ Watt}$

Buradan aylık ve yıllık güç üretimini kolayca göstere biliriz. Öncelikle aylık ortalama güç üretimini hesaplayalım. Bu yukardaki değerler saniye başına üretilen güç değerleri olduğundan bunu aylık hesaplamak için önce dakikaya yani 60 ile çarpacağız, sonra saatlik üretimi hesaplamak için yine 60 ile çarpacağız günlük hesaplamak için aldığımız değeri 24 ile çarpacağız ve en son aylık değeri almak için de son değeri 30 ile çarpa biliriz. Burada her ayı 30 gün hesaplayıp hesaplarımızı öyle yapacağız. Yani her ay için aldığımız değeri şu formül ile hesaplamasını yapacağız: $P \times 60 \times 60 \times 24 \times 30$. Bu bize aylık ortalama bir türbinin ürettiği enerjisini gösterecek. Buradan da kısaca böyle yaza biliriz $P \times 2\,592\,000$. Kısa özetle üstteki hesaplarda her ayın ayrı ayrı yaptığımız hesaplar saniye başına üretilen değerler olduğu için bunu aylık değerle hesaplamak için bir ayda kaç saniye varsa o bulduğumuz Watt değerini onla çarpacağız yani $2\,592\,000$ değerine.

Tablo 22. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinin Ortalama Aylık Ve Yıllık Güç Üretimi Hesaplanması

Ocak	$P = 113\,463 \times 2\,592\,000 = 294 \text{ MWatt}$
Şubat	$P = 95\,103 \times 2\,592\,000 = 246 \text{ MWatt}$
Mart	$P = 113\,464 \times 2\,592\,000 = 294 \text{ MWatt}$
Nisan	$P = 64\,543 \times 2\,592\,000 = 166 \text{ MWatt}$
Mayıs	$P = 41\,349 \times 2\,592\,000 = 107 \text{ MWatt}$
Haziran	$P = 55\,036 \times 2\,592\,000 = 142 \text{ MWatt}$
Temmuz	$P = 64\,534 \times 2\,592\,000 = 166 \text{ MWatt}$
Ağustos	$P = 49\,248 \times 2\,592\,000 = 127 \text{ Mwatt}$
Eylül	$P = 64\,543 \times 2\,592\,000 = 166 \text{ MWatt}$
Ekim	$P = 86\,716 \times 2\,592\,000 = 224 \text{ MWatt}$
Kasım	$P = 113\,463 \times 2\,592\,000 = 294 \text{ MWatt}$
Aralık	$P = 86\,716 \times 2\,592\,000 = 224 \text{ MWatt}$
Yıllık Üretim	$P = 2450 \text{ MWatt}$

Buradan gördüğümüz gibi bir tane yatay eksenli rüzgar türbini yıllık ortalama 2450 MWatt güc ürete biliyor. Bu türbinlerden 20 tanesinin aylık üretimi ise şu şekilde olacaktır.

Tablo 23. 20 adet Yatay Eksenli Rüzgar Türbinin Ortalama Aylık Ve Yıllık Güç Üretimi Hesaplanması

Ocak	$P = 294 \times 20 = 5880 \text{ MWatt}$
Şubat	$P = 246 \times 20 = 4920 \text{ MWatt}$
Mart	$P = 294 \times 20 = 5880 \text{ MWatt}$
Nisan	$P = 166 \times 20 = 3320 \text{ MWatt}$
Mayıs	$P = 107 \times 20 = 2140 \text{ MWatt}$
Haziran	$P = 142 \times 20 = 2840 \text{ MWatt}$
Temmuz	$P = 166 \times 20 = 3320 \text{ MWatt}$
Ağustos	$P = 127 \times 20 = 2540 \text{ MWatt}$
Eylül	$P = 166 \times 20 = 3320 \text{ MWatt}$
Ekim	$P = 224 \times 20 = 4480 \text{ Mwatt}$
Kasım	$P = 294 \times 20 = 5880 \text{ MWatt}$
Aralık	$P = 224 \times 20 = 4480 \text{ Mwatt}$
Yıllık Üretim	$P = 49000 \text{ MWatt}$

Buradan gördüğümüz gibi bir yatay eksenli rüzgar türbini yıllık ortalama **49 000 x 0.43 = 21070 MWatt güc ürete biliyor.**

Buna hesaplamalara dayanarak bu sonuca ulaşmak olur:

1 Rüzgar Türbinin Yıllık Gücü: 22050 MWatt Üretim ve Dışsal Maliyeti: 300 milyon dolar Elektrik Üretimi: 1 Mlyrd. KVt-St

2.8. Azerbaycan'da Kurulan ve Planlanan Rüzgar Enerjisi Santralleri

Tablo 24. Azerbaycan'da Kurulan ve Planlanan Rüzgar Enerji Santrallerinin Listesi

Name of the WEP	Output Capacity (MW)	Location
Gobustan	2.7	Gobustan
Shurabad	15	Khizi
	25	Khizi
Pirakushkul	60	Pirakushkul 1
	150	Pirakushkul 2
Shurabad	33	Khizi
Sitalchay	25	Khizi
Khizi	3.6	Khizi
Mushfiq	9	Mushfiq settlement
Pirallahi Wind Park	15	Caspian Sea
New Yashma	50	Khizi
Ecological Park	0.04	Baku
Clean City	9.6	Zira
Samukh Agro-Energy Complex	5	Samukh
TOTAL	402.94	

Tablo 25. Azerbaycan'ın 10 Yıllık Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Kaynağı Analizi

Exajoules (giriş eşdeğeri)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Petrol	127	124	132	135	130	120	118	122	124	118	121
Doğal Gaz	16,0	16,8	17,5	18,4	18,8	18,3	17,8	18,8	23,9	25,9	31,8
Hidroelektrik	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Nükleer enerji	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yenilenebilir enerji üretimi	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Güneş Enerjisi Kapasitesi	†	†	†	0,1	0,2	0,2	0,3	0,7	1,3	1,9	2,3
Rüzgar Enerjisi kapasitesi	†	†	†	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,7	1,4

Kaynak: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>

Tablo 26. Azerbaycan’ da 2011-2021, 10 Yıllık Büyüme Oranı %26

2011-2021 Yıllık büyüme oranı%			
	2021%	2011-21	2021
Petrol	2.8%	-0.5%	0.2%
Doğal Gaz	23.3%	7.1%	0.8%
Hidroelektrik	19.3%	- 7.6%	◆
Nükleer enerji	-	-	-
Yenilenebilir enerji üretimi	0.2%	-	◆
Güneş Enerjisi Kapasitesi	69.7%	109.5%	0.4%
Rüzgar Enerjisi kapasitesi	103.6%	79.0%	0.2%

Kaynak: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>

2.9. Rüzgâr Enerji Sistemlerin Kurulum Aşamaları

Bir endüstriyel rüzgâr enerji santral projesi altı ana aşamadan geçer, bunlar;

- tarama,
- fizibilite
- geliştirme
- sözleşmenin yürütülmesi
- proje teslimi ve proje işletimi.

Böyle bir endüstri projesinin uygulanabilir olup olmadığına karar vermek için ilk adımın, başarıyı engelleyebilecek sorunları elemektir. Bu aşamada, herhangi bir eksiklik ya da tehlike olasılığının olabildiğince erken tespit edilmesi gerekir. Uygun olmayan projeleri mümkün olan en kısa sürede filtrelemek, müşterinin ve kendi zamanımızı verimli kullanmamıza yardımcı olacaktır. Bir projeyi tararken değerlendirdiğimiz ana faktörler şunlardır:

a. Havaalanı Yakınlığı: Havaalanlarının yakınında yüksek yapılar (rüzgar türbinleri dahil) inşa etme konusunda kısıtlamalar vardır. Tipik olarak, bir projenin halka açık bir havaalanından en az 15.000 fit (4500 m) uzakta olması gerekir. Yönetmelikler havalimanı büyüklüğüne ve türbin yüksekliğine göre değişir.

b. Rüzgar Kaynağı: “Yakıtımız” rüzgar olduğundan, güçlü bir rüzgar projesi için güçlü bir rüzgar kaynağı gereklidir. Potansiyel bir proje sahasında rüzgârın iyi mi yoksa güçlü mü olduğunu belirlemek karmaşıktır; ancak, genellikle rüzgâr kaynağının kötü olduğunu hemen anlayabiliriz. Projelerin genellikle uygulanabilir olması için en az %25 kapasite faktörüne ihtiyacı vardır. Sistemin yetersiz rüzgâr kaynaklarını erkenden filtrelemek için ulusal veri kümelerini ve tescilli tarama araçları kullanır.

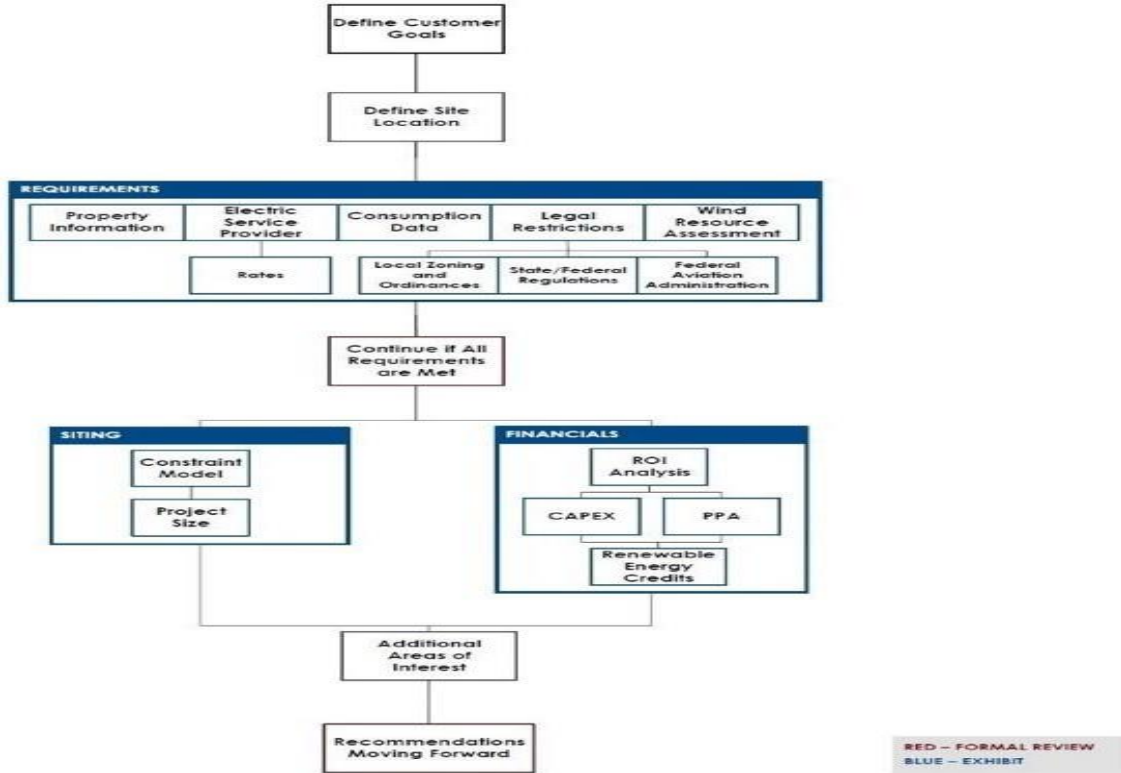
c. Arazi Mevcudiyeti: Rüzgar türbinleri büyüktür. Bu büyük türbinleri sahaya kurmak için tesisin yakınında yeterli miktarda araziye ihtiyacı olacaktır. Endüstriyel rüzgar enerji santral projeleri tipik olarak türbin başına bina ve engel içermeyen 800 fit karelik bir alan (75 metre kare) gerektirir. Ek olarak, türbinler herhangi bir konuttan en az 300 fit (91 metre) uzakta olmalıdır. Tarama aşamasında henüz arazinin alınmasını araştırıyor; sadece yeterli arazi olup olmadığını kontrol edilmesi sağlanmaktadır.

d. Enerji Tüketimi: Tesislerin bir Endüstriyel Rüzgâr projesinde geçerli olabilmesi için yılda en az 4.000.000 kilovat saat elektrik tüketmesi gerekir. Bir tesis ne kadar çok enerji tüketirse, Endüstriyel rüzgâr enerji santral projesi o kadar büyük olabilir. Ve ölçek ekonomileri ile daha büyük projeler genellikle daha düşük enerji maliyetinesahiptir.

e. Güç Fiyatlandırması: Sistemin, rüzgâr projelerini modellemeli ve bir Endüstriyel Rüzgâr projesinin finansal performansına yardımcı olan bir tahmine dayalı veri seti geliştirilmelidir. Sistem, öncelikle müşterinin mevcut kullanım oranını ve bölgedeki rüzgâr kaynağını göz önünde bulundurarak, bir projenin bir müşteri için finansal olarak anlamlı olup olmayacağını belirlenmelidir.

g. Fizibilite: Fizibilite adımı, Sistem için bir İlk Değerlendirme üretilmelidir. İlk Değerlendirme, projenin büyüklüğünü, yerini, enerji üretimini, ekonomisini ve genel uygulanabilirliğini belirlemek için kapsamlı ancak bir ön rapordur. Bu fizibilite çalışmasının, uygulanabilir olup olmadığını belirlemek, boyutunu belirlemek ve ileriye dönük tavsiyelerde bulunmak için bir projenin belirli ayrıntılarını araştırır.

Hazırlanacak olan ana rapor izin, arazi, enerji üretimi ve tüketimi ve yer üstü ve yer altı engeller dâhil olmak üzere bir projenin tüm yönlerini ele alır. Değerlendirme süreci akış şeması aşağıda verilmektedir. Şekil 21.



Şekil 21. Rapor İzin Değerlendirme Süreci Akış Şeması

Rüzgâr çiftliği geliştirme karmaşık bir süreçtir. Bir proje, çeşitli geliştirme aşamalarından geçerken, bir rüzgâr santralının nihai sonucunu ve başarısını ciddi şekilde etkileyebilecek birçok hata oluşumu vardır. Aslında, rüzgâr enerji santralının kurulumunu en büyük hatalardan bazıları erken aşamalarda başlar ve proje ilerledikçe üstesinden gelinmesi zor hal alır.

Veri toplama

Projenin büyüklüğüne ve arazinin karmaşıklığına bağlı olarak, rüzgâr akışını doğrulamak için bir dizi saha ölçümü gereklidir. Finanse edilebilir bir rüzgâr ölçüm kampanyası, ölçüm yerlerinin ve yüksekliklerinin doğru seçimini, güvenilir bir ölçüm aletini ve bir donanım bakım planını içerir. Ayrıca, yüksek derecede veri kurtarma ve kapsamlı dokümantasyon da gereklidir.

Bağımsız bir mühendisten tipik olarak mali inceleme sonucundan önce rüzgâr rejimini ve enerji projeksiyonlarını doğrulaması istenir, bu nedenle rüzgâr ölçüm

kampanyası kapsamlı bir şekilde belgelenmeli ve sistemin kuleleri potansiyel bir geliştirme sahasına tam olarak kurulmalıdır. Kule konumu, montaj yükseklikleri, vinç kolu yönleri, cihaz modelleri, seri numaraları, kalibrasyon katsayıları ve saha fotoğrafları gibi kurulum detaylarının tümü, bağımsız mühendisin görevini doğru bir şekilde yerine getirmesi için gereklidir.

2.10. Rüzgâr Türbini Seçimi

Projeniz için seçtiğiniz türbin, rüzgâr kaynağınıza ve projenizin hedeflerinin yanı sıra fiyat, kullanılabilirlik ve bir türbini güvence altına almak için gereken ön ödemeye bağlı olacaktır. Projeniz için hangi türbinin doğru olduğuna karar verirken, çeşitli üreticilerle çalışma deneyimlerini öğrenmek için bölgenizdeki diğer rüzgâr geliştiricilerle konuşmalısınız.

Rüzgâr türbinlerinin boyu arttıkça ve kanatları uzadıkça, rüzgâr hızlarını göbek yüksekliğinde ve kanadın süpürülen alanının dikey profili içinde ölçmek çok önemlidir. Doğru rüzgâr ölçümlerinin elde edilememesi, bir saha için türbin sertifikası alma şansını tehlikeye atabilir. Seçilen ölçüm aracının türü de önemlidir ve kalite önemlidir. Düşük kaliteli enstrümanlar, zayıf verilere ve rüzgâr rejiminde daha yüksek belirsizliğe neden olabilir. Bu da, daha ucuz enstrümantasyonda tasarruf edilen miktardan çok daha fazla, önemli ölçüde daha yüksek finansman maliyetlerine yol açabilir.

2.11. Rüzgâr Enerjisi Santrali Maliyetinin Hesabı

2.11.1. Rüzgâr Santrallerinin Sermaye Harcamaları ve İşletme Harcamaları

Rüzgâr santralının tipik olarak dört ana bölüme ayrılmış sermaye harcaması (CAPEX) vardır. Bu kısımlar türbinlerin maliyeti, destek sistemi ile ilgili giderler, elektrik sistemi için giderler ve sigorta gibi ek giderleri de kapsayabilen proje geliştirme ve yönetim giderlerini içermektedir. Aşağıdaki Denklem 18, bir açık deniz rüzgâr santralının CAPEX maliyetlerini hesaplamak için kullanılır.

$$C_{CAPEX} = C_{turbines} + C_{support} + C_{cable} + C_{substation} + C_{transmission} + C_{GC}$$

Burada,

$C_{turbines}$ nakliye ve kurulum masrafları dahil olmak üzere rüzgâr türbinlerinin maliyetidir.

$C_{support}$ temel ve kuleyi içeren destek sisteminin maliyetidir. Üretim, nakliye ve kurulum masraflarını kapsar.

C_{cable} rüzgar çiftliğinde kullanılan kablolarla ilişkili maliyettir.

$C_{substation}$ trafo merkezinin toplam maliyetidir.

$C_{transmission}$ iletim hatlarının maliyetidir.

C_{GC} şebeke bağlantı maliyetidir.

Bir açık deniz rüzgar santralının işletme ve bakım maliyeti, idari maliyetler, sigorta primleri ve telif ücretleri, enerji santralının işletme giderlerini (OPEX) oluşturur [59]. Tahminlere göre, OPEX'in, projenin 20 yıllık ömrü boyunca yıllık toplam CAPEX'in %1,9'unu oluşturacağı tahmin edilmektedir .(Kim, J.-Y., Oh, K.-Y., Kang, K.-S., & Lee, J.-S. (2013)

Aşağıda bulunan maliyet analizinde 1MW gücünde,%35 kapasite faktörüne sahip bir noktada kurulan rüzgar türbinine göre hesap yapılmıştır.

İlk Yatırım bedeli:1750 \$/kW(1MW ve üstü rüzgar türbinlerinin yaklaşık maliyeti 1400 \$ kabul edilmiştir. Montaj bedeli, rüzgar analizi, projelendirme bedelleri yaklaşık olarak 350\$ kabul edilmiştir.)

Toplam İlk yatırım bedeli:1750\$/kW $\times$ 1.000kW =1.750.000 \$

=1.350.000 Euro

Yıllık Elektrik Üretim Miktarı:

= 1.000 kW $\times$ 365 $\times$ 24s $\times$ 0.35

= 3.066.000 kW_s

Üretilen elektriğin satılması durumunda satış bedeli 0.055 Euro/kW_s dir. İşletme maliyeti 0.010 Euro/kW_s kabul edilmiştir.

Yıllık üretilen elektriğin karı: 3.066.000 kW_s*(0.055-0.010)Euro/kW_s

= 137.970 Euro

Geri Dönüş Süresi:1.350.000Euro/137.970Euro

= 9.78 Yıl

Tablo 27. Maliye Hesabı Aşamaları

MALİYET HESABI AŞAMALARI



2.11.2. Rüzgar Güç Türbin Santrali İçin Risk Analizi

Rüzgar türbinlerini risk analizi yönünden inceleyecek olursak; Bu santraller ile ilgili olarak aklımıza takılacak bazı sorular olabilir; Rüzgâr hızları düşerse ne olacak? Ve küresel ısınmayla bu durum daha sık yaşanmaya başlayacak mı? Böyle bir durum enerji güvenliğini nasıl etkileyecektir? Bu soruların temelinde iklim değişikliğinin rüzgâr değişkenliği üzerinde bir etkisinin olabileceğini söylenmektedir. Bu belirsizliği de kurulacak rüzgâr türbin modelleri üzerinde yapılacak bazı değişikliklerle gidermek mümkün olabileceği öngörülmektedir. Ayrıca bu gibi problemleri şimdiden görebildiğimiz için bunları yönetmenin yollarının var olduğunu ve de gelecekte bu problemler biraz daha sık yaşansa da gelişen teknolojiyle bunları aşabilecek durumda olduğunu söylemek mümkündür. Bilindiği gibi, daha düşük rüzgâr hızlarında türbinler daha az güç üretir ancak tasarımı değiştirilebilir, böylece jeneratöre göre daha büyük bir rotor elde etmek mümkündür. O zamanda daha düşük rüzgar hızında, daha kısa sürede nominal güce ulaşılabilir. Bu da daha düşük rüzgâr hızlarında bile daha sabit güç üretebilecekleri anlamına gelmektedir.

Bugün rüzgâr dünyanın daha geniş yenilenebilir enerji sisteminin yalnızca bir bileşenidir. Ayrıca, rüzgâr kuraklığına ilişkin güvenilir verilere ve karşılaşılabileceğimiz koşullara yönelik tahminlere sahip olmak, rüzgârı etkili bir şekilde yönetebilmek için oldukça önemli olacaktır.

Rüzgâr enerji santralleri beraberinde bazı zorlukları da getirmektedir. Kurulacak olan bu santraller doğal afetlerden olan fırtınalardan ve depremlerden oldukça etkilenirler. Bunun çözüm yollarından birisi enerji santrallerinin kurulacak bölgeye göre uygun ve sağlam bir tasarımın yapılması ile olacaktır. Sabit tiplerde rüzgâr türbinin önce deniz tabanına iyece bağlanması gerekir. Burada karşımıza çıkacak temel sorun santralin kurulacağı zemin sağlamlığıdır. Bu nedenle kurulacak rüzgâr türbin santrali tabanının topografyasından ve jeolojisinden etkilenir. Bu yüzen yapılar için en büyük zorluk, fırtınalar, kasırgalar ve depremlerin etkisiyle oluşan olumsuzluklardan başa çıkmak olacaktır. Bunun için sistemin dengesini sağlayacak mekanizmalar ile savrulma hareketini aza indirecek düzenlemeleri sağlayacak teknolojilerinden yararlanmak olacaktır. Tabii burada santralin kurulacağı yerin zeminetütleri son teknolojik sistem ve yöntemlerle yapılması suretiyle tesislerin doğal afetlere karşı dayanıklı olarak tasarlanması önemli bir rol oynamaktadır.

Diğer bir risk unsuru ise, çok güçlü fırtınaların olduğu ancak ve sıradan rüzgârların bulunduğu alanlarda rüzgâr türbin santralleri verim açısından yeterli olmamasıdır. Bu gibi sorunları çözmek ve de verimi arttırmak için rüzgâr türbininin kanat boyunu uzatmak ya da inceltmek çözümlerden birisidir. Bilindiği gibi kanat uzunluğu arttıkça normal güç üretimi de artmaktadır. Bunun yanı sıra ince kanatlar da fırtınalar sırasında aşırı rüzgârı kısıtlar ayrıca da kanatların kırılma ya da bozulma riski ortaya çıkar. Bunun çözümü de çok uzun, ince ve güçlü kanatların kompozit olarak yapılmasıdır.

Ayrıca kuşlar ve diğer unsurların kanatlara çarparak kırılma riskini kompozit malzeme kullanarak önlenir.

SONUÇ

Yenilenebilir enerji kaynakları üzerine kurulmuş olan bu tezin ilk bölümünde enerji kavramının açıklanması ele alınmış, olup daha sonrada yenilenemez enerji kaynakları hakkında dünya genelindeki durumu incelenmiştir. Yenilenemez enerji kaynaklarının türleri ile ilgili, yıllara ve ülkelere göre yapılmış olan araştırmalar tezin içerisinde tablolar halinde verilmiştir.

İkinci Bölümde ise yenilenebilir enerji politikaları tanıtımı yapılmış, dünyada ve Azerbaycan'da yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitleri ve enerji politikaları ile ilgili yapılan araştırmalar incelenmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde Azerbaycan'da mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarının durumu ve gelişimini takiben, örnek bir rüzgar enerji türbininin hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca endüstriyel bir rüzgar türbin santralının kurulma aşamaları ve karşılaşılabilecek riskler ele alınmıştır.

Azerbaycan bugün yenilenebilir enerji kaynakları arasında en verimli olanlardan bir tanesi küçük hidroelektrik santralleri olarak kabul edilmektedir. Ülkenin toplam hidroelektrik potansiyeli 40 milyar kilovat saat olup, bunların %12'si küçük hidroelektrik santrallerinden oluşmaktadır. Avrupa Kalkınma Bankası, küçük hidroelektrik santrallerinin hayata geçirilmesi projesine yaklaşık 40 milyon dolar ayrılmayı planladığını açıklamıştır.

Azerbaycan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Devlet Ajandası Hesaplamalarına göre ülkede bulunan 50 küçük nehir üzerinde kurulu olan hidroelektrik santralleri 4,8 milyar kilovatsaat enerji üretilme kapasitesine sahiptirler. Ancak, bu 9 küçük hidroelektrik santralinden sadece ikisi çalışır durumdadır. Bunlar: Şeki ve Muğan santralleridir.

Azerbaycan'da bir başka alternatif potansiyel enerji kaynağı da rüzgar enerjisidir. Bilindiği gibi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde rüzgar enerjisi ön plandadır. Rüzgar enerjisi, yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak fosil ve diğer enerji kaynaklarına göre birçok avantaja sahiptir. Öncelikle rüzgar enerjisi yenilenebilir, temiz ve bedelsiz bir enerji kaynağıdır. Dünya ve güneş var olduğu sürece bu kaynağın tükenme olasılığı yoktur. Rüzgar enerjisinin kullanılması ile hava kirliliği sorunu azalmakta ve rüzgar türbinleri için fosil yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliği söz konusu

olmamaktadır. Rüzgar türbinleri yakıt olarak rüzgarı kullandıkları için atmosfere zehirli gaz atıkları salmazlar, küresel ısınmaya katkıda bulunmazlar ve iklimdeğişikliğine neden olmazlar.

Azerbaycan da rüzgar santralleriyle elektrik üretim potansiyeli 800 megavata yakındır. Bu, yılda 4 milyar kilovat saat veya mevcut üretimin yüzde 25'i anlamına gelmektedir. Bu kaynaklardaki enerji üretilirse, yılda 1 milyon ton konvansiyonel yakıt tasarrufu sağlanacağı açıktır. Ancak Avrupalı uzmanlar rüzgar enerjisinin gücünün daha fazla olduğu görüşündedirler. Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası'nın (EBRD) 2002 yılında Abşeron Yarımadası'nda yaptığı izleme ve araştırma sonucundarüzgar enerjisinin teknik potansiyelinin 3000 megavat olduğu tespit edilmiştir.

Bu tezde de belirtildiği şekliyle, endüstriyel rüzgar türbinlerinin tasarım ve teknolojik özellikleri göz önüne alındığında, Azerbaycan için kurulacak rüzgar güç türbinlerinin tipinin seçiminde başlangıç olarak en uygun olanı dikey tip rüzgar enerjisi modelidir. Böylece minimum rüzgar hızlarından başlayarak kurulacak rüzgar türbini santralleri bu alanda sistemi harekete geçirmede öncülük görevi yapacaktır. Bunun yanı sıra;

1. Yatay tip rüzgar türbini daha güçlü olup, bir sonraki aşamada çok daha büyük güce sahip olan rüzgar türbin güç santrallerinin kurulumunu sağlayacaktır.
2. Dikey eksenli rüzgar türbinleri uygun yerlere kurulmak suretiyle sistemdeki jeneratöre erişim ve bakımları kolaylaştıracak bir sisteme yön verecektir.
3. Dikey rüzgar jeneratörleri, minimum rüzgar direncine sahip oldukları için çok yönlü rüzgarların veya fırtınaların etkisine dayanıklıdırlar. Tüm bu özellikler, rüzgar türbinlerini konutların yakınına ve hatta şehirlere kurmasına olanak sağlayacaktır.

Rüzgar türbinlerinden büyük miktarda elektrik enerjisi elde etmenin yolu rüzgar çiftliklerinin kurulmasıyla olur. Bu yönde kurulacak rüzgar türbini çiftliklerindeki türbin sayısı ve mesafeleri ayrıca da kurulacak yerin seçimi büyük rol oynamaktadır. Rüzgar türbinlerinin oluşturduğu dezavantajların başında gürültü kirliliği gelmektedir. Ayrıca elde edilecek enerjinin gücü kullanılan kanatların tipi, uzunluğu ve türbin kapasiteleriyle ilgilidir. Rüzgarın hızına bağlı olarak kanatların kırılma ihtimali bulunmaktadır. Bu yüzden rüzgar türbini kurulacak yerlerin seçiminin bu dezavantajları

bertaraf edecek şekilde yapılması gerekir. Diğer taraftan, bir rüzgar çiftliğinin kapasitesini artırmanın maliyeti yüksek olan bir işlemdir.

Yenilenebilir enerji kaynakları çevreyi özellikle de hava kirliliğinden korurlar. Günümüzde hava kirliliğinin ana unsurlarından biri, termik santrallerde fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan parçacık ve kül emisyonlarıdır. Her gün tonlarca kullanılan fosil yakıtlar çevre kirliliğine büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır. Rüzgâr türbinleri tarafından kullanılan rüzgâr için herhangi bir ücret ödemesi söz konusu olmadığı gibi çevreye herhangi bir etkisinin de bulunmamasından dolayı doğal bir yakıttır, bu nedenle rüzgâr çiftlikleri zararsız bir enerji kaynağıdır.

Sonuç olarak:

A) Azerbaycan da bugün kullanılan enerji kaynakları içerisinde fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının belirlenmesi, ayrıca bu konuda gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması yönünde ne gibi adımların atılması ile ilgili gerekli olan konuların belirlenmesidir. Örneğin yenilenebilir enerji alanında yıllara göre nasıl bir artış yapılması yönündeki öngörülerin ne olabileceği ayrıca bu konuda nasıl bir yol haritasının olması gerekir? Bu hususlar açıklanmalıdır.

B) Azerbaycan da kurulacak olan rüzgar türbini santralleri için öncelikle;

- 1) Bütün Azerbaycan için rüzgar gücü haritalarının çıkartılması,
- 2) Hangi bölgelerde en verimli rüzgar türbini santralının kurulmasının tespiti,
- 3) Kurulacak olan rüzgar türbini çiftliklerinde hangi kanat tipinin ve boyutunun ve de türbin sayısının kullanacağı ile ilgili tanımlayan bir ön fizibilite çalışmasının yapılması öncelikli olan husustur.

Özellikle unutmamak gerekir ki; rüzgardan enerji elde edildiğinde herhangi bir yanma söz konusu olmadığı için karbon salınımı olmaz ve karbonla ilgili zararlı süreçlere katkı sağlamaz. Elde edilmesi kolay olduğu için yakıt maliyeti yoktur. Bol olduğu veya her yerde bulunabildiği için akaryakıt ithalatını ve ithalat bağımlılığını ortadan kaldırır. İstihdam ve bölgesel kalkınma sağlayarak işsizliğin azalmasına yolaçar. Azerbaycan da rüzgâr tribünleri ve kuleleri üreten bir firma olduğu

düşünüldüğünde, inşaat faaliyetleri bölge halkına hem bu inşaat için hem de inşaat aşamasında iş imkânı sağlayacaktır. Kırsal alanlarda elektrik şebekesini geliştirir. Ayrıca kırsal alanlara kurulan rüzgâr türbinleri, arazi için ödenen satın alma veya kiralama bedelleri ile bölge insanına ciddi bir ekonomik katkı sağlayabilecektir.

Yeryüzünde sürekli, her zaman ve her yerde bulunduğu için enerji güvenliğini sağlar. Rüzgar serbest estiğinden yakıt fiyatının yükselme veya düşme riski yoktur. Kurulumu fazla zaman almadığı içinde termik ve hidrolik santrallere göre daha hızlı kurulur. Rüzgâr çiftliklerinin söküm maliyetleri çok azdır veya hiç yoktur. Çünkü sökülen türbinlerin hurda değeri, söküm masraflarını karşılamaktadır. Bu çiftliklerin ömürlerinin tamamlanmasından sonra türbinlerin kullanıldığı alan kolaylıkla restore edilebilmektedir. Rüzgâr çiftliği içinde veya çevresinde tarımsal ve endüstriyel faaliyetler yapılabilirdiği için arazi dostudur. Rüzgâr santralleri kuruldukları alanın sadece %1'ini kaplar, geri kalanı ise rahatlıkla tarımsal faaliyetler için kullanılabilir.

Azerbaycan devletinin rüzgârı santralleri için net bir strateji geliştirmeli ve bu yönde gerekli adımları atmalıdır. Bunun için oluşturulacak olan politikalar süreklilik arz edecek şekilde sürdürülebilir olmalıdır.

Tablo Yakıt cinslerinin artı ve eksi yönlerinin karşılaştırılması

Yakıt Cinsi	Artıları	Eksileri
Petrol	Petrol ucuzdur ve petrolü depolamak, taşımak ve kullanmak kolaydır.	Petrol yenilenebilir bir kaynak değildir ve petrol çıkarmanın maliyeti her geçen gün artıyor. Petrolün yakılmasıyla atmosfere büyük miktarlarda sera gazı salınır. Petrol sızıntıları, özellikle denizlerdeki, çok ciddi kirliliğe yol açıyor.
Doğal Gaz	Doğal gaz nispeten ucuzdur ve petrole kömüre kıyasla daha az sera gazı üretir.	Doğal gaz yakmak karbondioksit salar. Doğal gaz yenilenebilir değildir ve Dünya'nın doğal gaz rezervleri sınırlıdır. Doğal gaz boru hatları Kuzey Amerikaren geyiği gibi kimi hayvanların göç yollarını engelleyebilir.
Kömür	Kömür ucuzdur ve kömür kaynaklarının bir 150 yıl daha yetmesi bekleniyor.	En çok sera gazını kömürle çalışan santraller salar. Ayrıca, sülfürdioksit üretip asit yağmurlarına yol açıyorlar. Kömür madenciliği doğa için çok zararlı olabiliyor.
Nükleer	Nükleer güç sürekli ve güvenilirdir. Küresel ısınmada rolü yoktur.	Nükleer güç yenilenebilir değildir çünkü temel nükleer yakıt olan uranyumun sınırlı olduğu ve tükenmesi beklenmektedir. Nükleer atık o kadar tehlikelidir ki binlerce yıl gömülü kalması gerekir. Ayrıca nükleer kaza riski de önemli bir sorundur.
<u>Rüzgar Enerjisi</u>	Rüzgar enerjisinin yakıt gereksinimi yoktur, yenilenebilir ve kirliliğe yol açmaz.	Rüzgar öngörülemez bir enerji kaynağı olduğundan rüzgar çiftliklerinin yedek güç kaynaklarının olması gerekir. Türbinler kuş sürüleri için tehlike arz eder. Bir nükleer santralin üreteceği enerjiyi üretebilmek için binlerce rüzgar türbini gerekir.
<u>Güneş Enerjisi</u>	Güneş enerjisinin yakıt gereksinimi yoktur, yenilenebilir ve kirliliğe yol açmaz.	Güneş enerjisi santrallerinin maliyeti çok yüksektir çünkü güneş (fotovoltaik) pilleri ürettikleri elektrik miktarı göz önünde bulundurulduğunda pahalıya mal olur. Çok güneşli iklimlerde kullanılmadığı sürece güvenilir değildirler.
<u>Hidroelektrik Enerji</u>	Hidroelektrik enerjinin yakıt gereksinimi yoktur, yenilenebilir ve kirliliğe yol açmaz.	Hidroelektrik enerjinin inşaat maliyetleri çok yüksektir. Büyük bir baraj çok büyük bir alanı sular altında bırakarak oradaki hayvan ve insanları etkiler. Barajlar aşağı taraflarındaki su kalitesini de etkiler.
<u>Jeotermal Enerji</u>	Jeotermal enerjinin yakıt gereksinimi yoktur, yenilenebilir ve kirliliğe yol açmaz.	Çok derin olmayan yerlerde doğru türde sıcak kayaların bulunmasını gerektirdiğinden jeotermal enerji santrallerine uygun çok fazla yer yoktur. Busantrallerin “buharı tükenir”. Yer altındaki zehirli gazlar da tehlike arz edebilir.
<u>Biyoyakıtlar</u>	Biyoyakıtlar ucuz ve yenilenebilir, atıklardan elde edilebilirler.	Enerji üretiminde kullanılan bitkileri yetiştirmek, yiyecek üretimine ayrılan alanı daraltır ve tatlı su gibi yaşamsal kaynakları kullanır. Fosil yakıtlar gibi biyoyakıtlar da sera gazı üretebilir.
<u>Gelgit Enerjisi</u>	Gelgit enerjisinin yakıt gereksinimi yoktur, güvenilir ve yenilenebilir, kirliliğe yol açmaz.	Gelgit enerjisi makinelerini üretmek pahalıdır ve deniz seviyesinin yükselip çekilirken, yani sadece günde 10 saat boyunca, enerji sağlar. Verimli bir elektrik üretme yöntemi değildir.

KAYNAKÇA

- Abasov, F., (2007), “Azerbaycan`ın Petrol Sektörü ve Transit Ticaret Yollarının Dış Ticaretine Etkileri”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), İzmir.
- Abbasov, K., (2015), “Role of Energy In Azerbaijan`s Foreign Policy During İlham Aliyev Era”, Middle East Technical Univerity, (Doctoral Thesis), Ankara.
- Abbasova N., 2021. The transit of Azerbaijani gas to Europe via TANAP in 2021 will amount to 6.2 billion cubic meters // <https://nangs.org/news/midstream/ tranzit-cherez-tanap-azerbaydzhanskogo-gaza-v-evropu-v-2021g-sostavit-62-mlrdkubometrov>, accessed 14.05.2021. (In Russ.)
- Abdurrahman Kurucak, Anastasia Shcherbakova,(2016,) Estimating the hedging value of an energy exchange in Turkey to a retail power consumer, Energy, Volume 101, Pages 16-26, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.02.005> .
- AC Kültür ve Turizm Bakanlığı, (2011), Neft Daşları (Bibliografik vesayit), (Ed. S.E.Şefiyeva), Bakü.
- Ahmedov, N., (2016), “Azerbaycan`ın Petrol İmalatı Endüstrisinde Teknolojik Gelişim ve Verimlilik”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Afro- Avrasya Özel Sayısı, ss.528-534.
- Akgül, F., (2007). “Rusya`nın Putin Dönemi Avrasya Enerji Politikalarının Türkiye-Rusya İlişkilerine Etkileri”, Güvenlik Stratejileri Dergisi, S. 5, ss. 147-150
- Akinci, Abdulvahap; Kaba, Sayime Gül (2003) Journal of Economics, Business, Politics, & International Relations (JEBPIR) / Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi (JEBPIR) . 2023, Vol. 9 Issue 1, p88-106. 19p
- Akyüz, E., (2015), “Türkiye`nin Enerji Görünümü ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi”, Akademik Bakış Dergisi, S. 49, ss. 494-504.
- Alieva L.,Valiev S., (2016). “Azerbaycan'ın enerji güvenliği: farklı tarafların fikir ve görüşleri”, Bakü.

- Aliyev I., (2003) “Azerbaycan'ın Hazar petrolü”, Bakü.
https://azertag.az/xeber/AZARBAYCANIN_XAZAR_NEFTI_REGIONAL_A_MAKDASLIGA_XIDMAT_EDIR-291897
- Balci, B. and Liles, T. (2018), “Turkey's Comeback to Central Asia”, Insight Turkey 20(4): 11-26
- British Petroleum (BP), (2018). “BP Statistical Review of World Energy, 2018.London: British Petroleum”.
- C Knill, D Lehmkuhl (2002) The national impact of European Union regulatory policy: Three Europeanization mechanisms_- European Journal of Political Research, <https://doi.org/10.1111/1475-6765.00012>
- Calilov. M.F.(2009) Alternatif rejeneratif enerji sistemleri. Ders kitabı. Bakü, NPM "Eğitim", 406 s
- Çıtak, E., (2016), “Bölgesel Güvenlik Denkleminde Türkiye-Azerbaycan Enerji İlişkisinin Önemi”, Bölgesel Çalışmalar Dergisi, Cilt 1, sayı 1, ss. 117-139.
- Çokan , M. , (2003), “Dalga Enerjisi (Dalga Elektrik Santralleri)”, II. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildirileri , İzmir: TMMOB Elektrik Mühendisliği Odası
- Çokan, M., (2004). “Dalga Enerjisi (Dalga Elektrik Santralleri)”, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı, C.2, İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Çukurçayır, M. A. & Sağır, H. (2008). ENERJİ SORUNU, ÇEVRE VE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI . Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi , (20) , 257-278 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/susbed/issue/61796/924262>) OK
- Dinçer O.B. – Özdal H. – Necefoğlu H.,(2010), “Yeni Dönemde Türk Dış Politikası Uluslararası IV. Türk Dış Politikası Sempozyumu Tebliğleri”, Ankara: USAK Yayınları. OK doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.008

- Ganz, A. (2022). *Fuelling Insecurity: Energy Securitization in Azerbaijan* (1st ed.). Bristol University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv21zp23c> OK
- Gasnov, A. (2014) "The main national development policy and security of the Republic of Azerbaijan". Baku : Zərdabi LTD MMC. Ss.672
http://anl.az/el_ru/kniqi/2016/qa_pnrba.pdf
- Guliev I.A., Mustafinov R.K. (2015) Karadeniz bölgesinde enerji diplomasisi // Petrol, gaz ve ticaret.. No. 8. S. 18-20.
- Ibragimov Rovshan Açık denizlere erişimi olmayan ülkeler tarafından enerji kaynaklarının taşınması (Azerbaycan örneğinde) // Kafkasya ve küreselleşme. 2011. Sayı 1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transport-energeticheskikh-resursov-stranami-lishennymi-vyhoda-k-otkrytiyu-moryam-na-primere-azerbaydzhana>
- Kapluhan, E., (2014), "Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu",
- Kasenov O., 1995. Transcaucasia and Central Asia: Oil, Pipelines and Geopolitics // Central Asia. Conflict, Resolution a Change / Ed. by Roald Z. Sagdeev and Susan Eisenhower. CPSS Press. Chavy Chase. Maryland. P. 67–79.
- Kaymarazova M. A., 2008. Caspian territories of Russia and neighboring states in new geopolitical conditions // Russian Neighborhood Policy: Collection of reports of the international scientific conference (Moscow, October 12–13, 2007). M. 456 p. (In Russ.)
- Kerimova U., 2005. Nursultan Nazarbayev: «The Baku – Tbilisi – Ceyhan route will become one of the main ways for Kazakhstan to supply oil to world markets» // <https://news.day.az/economy/25494.html>, accessed 12.05.2021. (In Russ.)
- Krylov, N., Röckner, M. Strong solutions of stochastic equations with singular time dependent drift. *Probab. Theory Relat. Fields* **131**, 154–196 (2005).
<https://doi.org/10.1007/s00440-004-0361-z>
- Kurucak A., Shcherbakova A., (2016) "Estimating the hedging value of an energy exchange in Turkey to a retail power consumer". *Energy*. vol. 101, pp. 16-26.

- López, Iraide & Andreu, Jon & Ceballos, Salvador & Martínez de Alegría, Iñigo & Kortabarria, Iñigo, (2013) "[Review of wave energy technologies and the necessary power-equipment](#)," [Renewable and Sustainable Energy Reviews](#), Elsevier, vol. 27(C), pages 413-434.
- Lukutin V.V. Yenilenebilir elektrik kaynakları: ders kitabı. -Tomsk: Tomsk Politeknik Üniversitesi Yayınevi. -2008. -187 s. Marmara Coğrafya Dergisi
- Mehdiyev E.T., (2013). "The Strategy of extra-regional Powers in the area of the South Caucasus". Eurasian Law Journal. 2013 No 11 (66). Ss. 157-158 [1.pdf \(politicus.od.ua\)](#)
- Mironycheva-Tokareva N P (2018) IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. **201** 01 DOI10.1088/1755-1315/201/1/012014
- Ole Gunnar Austvik, Gülmira Rzayeva, (2017) Turkey in the geopolitics of energy, Energy Policy, Volume 107, Pages 539-547, ISSN 0301-4215, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.008>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517302926>)
- Ozdemir V., (2013) "Economic aspects of Russian-Turkish relations in the gas sector Moscow".
- Ozdemir V., Guliyev I.A. (2016) ENERGY DIPLOMACY OF TURKEY. MGIMO
- Özgen U, Demirci Aksoy a (2017). Tüketicilerin ekolojik ayak izi farkındalık düzeyleri (ANKARA ili örneği). Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi, 52(3), 46 - 65. 10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.17.11.790
- P.P. Bezrukikh, P.P. (2020) Rüzgar enerjisi. Kurgu ve Gerçek: Cevaplanan 100 Ciltsiz Soru – 13 Mayıs. Yayımcı : LAP LAMBERT Akademik Yayıncılık Review of International Relations.; (2(47)): 101-110. (In Russ.) <https://doi.org/10.24833/2071-8160-2016-2-47-101-110>
- Sergey V. Pyankov, Nikolay G. Maximovich, Elena A. Khayrulina, Olga A. Berezina, Andrey N. Shikhov & Rinat K. Abdullin , (2021). Monitoring Acid Mine Drainage's Effects on Surface Water in the Kizel Coal Basin with Sentinel-2 Satellite Images. Mine Water Environ **40**, 606–621

<https://doi.org/10.1007/s10230-021-00761-7>

Shilton, A. N., Mara, D. D., Craggs, R., & Powell, N. (2008). Solar-powered aeration and disinfection, anaerobic co-digestion, biological CO₂ scrubbing and biofuel production: the energy and carbon management opportunities of waste stabilisation ponds. *Water science and technology*, 58(1), 253-258.

Smith, A., Stehly, T., & Musial, W. (2015). 2014-2015 Offshore Wind Technologies Market Report. <https://doi.org/10.2172/1225506>

Younkyoo Kim & Stephen Blank (2016) The New Great Game of Caspian energy in 2013–14: ‘Turk Stream’, Russia and Turkey, *Journal of Balkan and Near Eastern Studies*, 18:1, 37-55, <https://doi.org/10.1080/19448953.2015.1094250>

Zaslavsky M., 2005. Trumpet Case. M.: Europe. 177 p. (In Russ.)

Zhiltsov, S.S., Zonn I.S., ABD Hazar'ın peşinde. Moskova: Uluslararası ilişkiler, 2009

Zhiznin S.Z., Guliyev I.A. Energy Diplomacy in the Caspian region. *MGIMO Review of International Relations*. 012; (1(22)):241-247. (In Russ.) <https://doi.org/10.24833/2071-8160-2012-1-22-241-247>

İnternet Kaynakları

ERDEM ,Onur, (2015) Bozcaada'da CFD Programı Kullanarak Bir Rüzgâr Enerji Santralinin Potansiyelinin Belirlenmesi. *sayı: 147 Mayıs - Haziran 2015 Tesisat Mühendisliği Dergisi* Yayın Kurulu ve Kuralları http://www1.mmo.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=1557&dergi=3