

**ESKİŞEHİR İLİNDE KURULABİLECEK RÜZGAR ENERJİ SANTRALİNİN
EKONOMİK ANALİZİ**

Osman KARATAŞ

Yüksek Lisans Tezi

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Enerji Kaynakları ve Yönetimi Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bülent AÇMA

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ekim 2020

ÖZET

ESKİŞEHİR İLİNDE KURULABİLECEK RÜZGAR ENERJİ SANTRALİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Osman KARATAŞ

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Enerji Kaynakları ve Yönetimi Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ekim 2020

Danışman: Prof. Dr. Bülent AÇMA

Türkiye'nin enerji ile ilgili en önemli problemi dışa bağımlı olmasıdır. Türkiye'nin enerji ile ilgili problemleri aşabilmesi için ülkemizdeki mevcut enerji kaynaklarını verimli bir şekilde değerlendirmeliyiz. Bu araştırmada II. Kısımda enerji kaynakları ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. III. Kısımda ise Dünya'daki ve Türkiye'deki Rüzgar Enerjisinin durumu ile ilgili bilgiler verilmiştir. IV. kısımda ise Dünya'daki ve Türkiye'deki enerji durumu ile ilgili bilgiler verilmiş olup ayrıca Türkiye'deki Elektrik piyasası ile veriler değerlendirilmiştir. V. kısımda, Eskişehir ilinin rüzgar enerjisi potansiyeli ile ilgili bilgiler verilerek, RETScreen yazılımı ile Eskişehir İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerji Santralinin Ekonomik Analizi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; Eskişehir İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerji Santralinin Ekonomik Analizi ile ilgili değerlendirme yaptığımızda çıkan sonucun elektrik enerjisi üretimi için uygun olduğunu söyleyebiliriz.

Anahtar Sözcükler: Enerji ekonomisi, Rüzgar enerjisi, Yenilenebilir enerji kaynakları

ABSTRACT

ECONOMIC ANALYSIS OF WIND ENERGY PLANT TO BE INSTALLED IN ESKİŞEHİR

Osman KARATAŞ

Department of Advance Technologies

Programme in Energy Resources and Management

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, October 2020

Supervisor: Prof. Dr. Bülent AÇMA

Turkey's most important problem with energy is that it is dependent on the external. In order for Turkey to overcome energy-related problems, we must evaluate the existing energy resources in our country efficiently. In this study, general information about energy sources is given in Section II. Part III provided information about the state of Wind Energy in The World and Turkey. In part IV, information about the energy situation in The World and Turkey was given and data were evaluated with the electricity market in Turkey. In section V, information about the wind energy potential of Eskişehir province was given and economic analysis of the Wind Power Plant that could be installed in Eskişehir Province was evaluated with RETScreen software. As a result; When we evaluate the economic analysis of the wind power plant that can be established in Eskişehir Province, we can say that the result is suitable for the production of electrical energy.

Keywords: Energy economics , Wind power, Renewable energy sources

TEŞEKKÜR

“Eskişehir İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerji Santralinin Ekonomik Analizi” başlıklı yüksek lisans tezinin tüm aşamalarında görüş, katkı ve yardımlarıyla destek veren, geniş kapsamlı bilgileriyle yol gösteren değerli tez danışmanım Prof. Dr. Bülent Açma’ ya ilgisi, desteği ve katkıları için saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak; hayatım boyunca verdikleri emek ile her daim yanımda olan babam İsa KARATAŞ ve annem Nezire KARATAŞ olmak üzere Sevgili KARATAŞ ailesine sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Osman KARATAŞ

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Osman KARATAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ KAYNAKLARI	3
2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	4
2.1.1. Kömür enerjisi kaynağı	4
2.1.2. Petrol enerjisi kaynağı	4
2.1.3. Doğalgaz enerjisi kaynağı	5
2.1.4. Nükleer enerji kaynağı.....	5
2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	5
2.2.1. Güneş enerjisi	5
2.2.2. Rüzgar enerjisi.....	5
2.2.3. Hidrolik (hidroelektrik) enerjisi	6
2.2.4. Jeotermal enerjisi	6
2.2.5. Biyokütle enerjisi	6
2.2.6. Hidrojen enerjisi.....	6
2.2.7. Dalga Enerjisi	6
2.2.8. Gelgit Enerjisi	6
3. RÜZGAR ENERJİSİ.....	7

3.1. Rüzgâr Enerjisinin Kaynağı	7
3.2. Rüzgâr Enerjisinin Gücü.....	8
3.3. Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Tarihçesi.....	8
3.4. Rüzgâr Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları	9
3.5. Dünya’ da Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları.....	10
3.6. Türkiye’ de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları	11
4. DÜNYA’DA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ GÖRÜNÜMÜ	26
4.1. Dünya Enerji Görünümü	26
4.2. Dünya Birincil Enerji Tüketimi.....	26
4.3. Türkiye Enerji Görünümü	27
4.3.1. Türkiye elektrik üretimi ve tüketimi	29
4.4. Türkiye Elektrik Piyasası Genel Görünümü.....	32
4.4.1. Lisanslı üretim	32
4.4.2. Lisanslı kurulu güç	33
4.4.3. Lisanssız üretim.....	34
4.4.4. Fatura esaslı elektrik tüketimi	34
4.4.5. İthalat ve ihracat	38
4.4.6. YEK destekleme mekanizması (YEKDEM)	38
5. ESKİŞEHİR İLİNDE KURULABİLECEK RÜZGAR ENERJİ SANTRALİNİN EKONOMİK ANALİZİ	40
5.1. Araştırma Konusunun Seçimi.....	40
5.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi	41
5.3. Araştırmanın Kapsamı	41
5.4. Materyal ve Metot.....	41
5.4.1. RETScreen	42
5.4.2. Eskişehir ilinin coğrafi konumu	42
5.4.3. Eskişehir ilinin rüzgar verileri	43
5.4.4. Eskişehir ilinin rüzgar yönü ve hızı	44
5.4.5. Eskişehir ilinin atmosfer basıncı ve sıcaklık değerleri.....	45
5.5. RETScreen ile rüzgar analizi	45
5.5.1. Proje uygulama bölge seçimi	45
5.5.2. Enerji modeli.....	46

5.5.3. Maliyet analizi.....	49
5.5.4. Emisyon analizi.....	52
5.5.5. Ekonomik analiz	53
6. BULGULAR , TARTISMA VE KARŞILAŞTIRMA	60
7. SONUÇ	63
KAYNAKÇA.....	65
ÖZGEÇMİŞ	68



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Dünya genelinde ilk 20 ülkenin rüzgar kurulu güçleri(MW)	11
Tablo 3.2. Türkiye toplam rüzgâr gücü potansiyeli (50 m)	13
Tablo 3.3. Türkiye deniz rüzgâr gücü potansiyeli (50m).....	13
Tablo 3.4. İşletmedeki rüzgâr enerji santralleri (RES) ve mevcut durumları.	16
Tablo 3.5. İnşa halindeki rüzgâr enerji santralleri.....	23
Tablo 3.6. Türkiye’de yenilenebilir enerji için uygulanan sabit fiyat garantisi	24
Tablo 3.7. Türkiye’de teknoloji bazında yerli katkı ilavesi	25
Tablo 4.1. 2018 yılı elektrik piyasası genel görünümü	32
Tablo 4.2. 2018 yılı lisanslı kaynak bazında elektrik üretimi	33
Tablo 4.3. Lisanssız kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı(MWe-%)	34
Tablo 4.4. Lisanssız elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı(MWh-%)	34
Tablo 4.5. 2018 yılı faturalanan tüketimin tüketici türü bazında serbest tüketici ve abonelere göre dağılımı(MWh).....	35
Tablo 4.6. Faturalanan tüketimin illere ve tüketici türüne göre dağılımı(MWh).....	36
Tablo 4.7. Yıllar itibariyle lisanslı YEKDEM katılımcı sayısı (Adet)	38
Tablo 4.8. Yıllar itibariyle lisanslı YEKDEM katılımcılarının kurulu gücü(MW)	38
Tablo 4.9. Yıllar itibariyle YEKDEM katılımcılarının yıllık üretim miktarları (MWh).....	39
Tablo 5.1. Eskişehir ilinde kurulabilecek rüzgâr enerjisi santrali güç kapasitesi	44
Tablo 5.2. Eskişehir ilinin rüzgar yönü	44
Tablo 5.3. Eskişehir ilinin rüzgar hızı	45
Tablo 5.4. Eskişehir ilinin ortalama sıcaklık değerleri	45
Tablo 5.5. Türbin sayısına göre şebekeye verilen elektrik gücü.....	48
Tablo 5.6. Detaylı yıllık işletme maliyetleri tablosu.....	49
Tablo 5.7. Türbin sayısına göre maliyet analizi	52
Tablo 5.8. Kurulu güçlere göre Emisyon Analizi	53
Tablo 6.1. Çanakkale için üretilen elektrik miktarı, maliyetler, sera gazı emisyon değerleri	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Rüzgarın oluşumu.....	7
Şekil 3.2. Dünya rüzgar haritası	10
Şekil 3.3. Türkiye rüzgar atlası.....	12
Şekil 3.4. Türkiye’de rüzgar enerjisi santrallerinin aylık elektrik üretimi	13
Şekil 3.5. Türkiye’de rüzgar enerjisi santrallerinin elektrik üretimindeki payı.....	14
Şekil 3.6. Türkiye rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç bakımından yıllara göre değişimi.....	14
Şekil 3.7. İşletmedeki RES’lerin bölgelere göre dağılışı(%).....	21
Şekil 3.8. Faaliyetteki RES’lerin illere göre dağılışı(MW)	22
Şekil 3.9. Bir rüzgar santralının yatırım süreci	24
Şekil 4.1. 2015-2040 yılları arası kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımlar	26
Şekil 4.2. Dünya birincil enerji tüketimi kaynaklar bazında (MilyonTep; %)	27
Şekil 4.3. Dünya birincil enerji tüketimi ticari kaynaklar bazında (%)	27
Şekil 4.4. 2017 yılı Türkiye birincil enerji arzı kaynaklar oranı	28
Şekil 4.5. Türkiye birincil enerji tüketiminin sektörel dağılımı	29
Şekil 4.6. 2018 sonu itibarıyla kurulu gücün kaynaklara dağılımı (%)	30
Şekil 4.7. 2018 sonu itibarıyla kurulu gücün kaynaklara dağılımı(%)	30
Şekil 4.8. 2018 Yılı sonu itibarıyla elektrik üretiminin kaynaklara dağılımı(%)	31
Şekil 4.9. 2018 yılı sonu itibarıyla lisanslı kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı (%).....	33
Şekil 4.10. 2018 yılı YEKDEM üretiminin kaynaklara dağılımı (%)	39
Şekil 4.11. YEKDEM ve GÖP fiyatlarının 2018 yılı ortalaması(Kr/kWh).....	40
Şekil 5.1. Eskişehir iline ait 50 metre rüzgâr hızı haritası	43
Şekil 5.2. Eskişehir iline ait 50 metre rüzgâr kapasite faktörü haritası	43
Şekil 5.3. Kurulabilecek RES(10MW) için RETScreen yazılımından rüzgâr türbini seçimi	47
Şekil 5.4. Seçilen türbinin güç ve enerji eğrisi verileri	48
Şekil 5.5. Kurulabilecek RES(10MW) için RETScreen yazılımından hesaplanan üretilen elektrik miktarı.....	49
Şekil 5.6. Detaylı maliyet analizi değerleri	52

Şekil 5.7. Ekonomik analiz bilgileri	54
Şekil 5.8. Yıllık nakit akışı değerleri	55
Şekil 5.9. Finansal sürdürülebilirlik değerleri	56
Şekil 5.10. Nakit akışı değerleri grafiği.....	57
Şekil 5.11. Eskişehir ilinde (a),(b),(c) kurulacak farklı güçteki RES'ler için kümülatif nakit akışları.	59
Şekil 6.1. RETScreen yazılımı ile elde edilen Eskişehir meteoroloji verileri	60
Şekil 6.2. Çanakkale için (a),(b),(c) kurulacak farklı güçteki RES'ler için kümülatif nakit akışları	62



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°	: Derece
°C	: Santigrat Derece
\$	: ABD Para Birimi Dolar
Ar-Ge	: Araştırma – Geliştirme
Bin TEP	: Bin Ton Eşdeğer Petrol
BP	: British Petroleum
Cent/KWh	: 1 Kilowatsaat’e Karşılık Gelen Cent
DGP	: Dengeleme Güç Piyasası
DMİGM	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EİGM	: Elektrik İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
E	: EAST (Doğu)
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GIS	: Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi)
GÖP	: Gün Öncesi Piyasası
GİP	: Gün İçi Piyasası
GSYH	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
GWEC	: Global Wind Energy Council (Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi)
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigawattsaat

İHD	: İşletme Hakkı Devri
J	: Joule
kr	: Türkiye Para Birimi Kuruş
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
kPa	: Kilopascal
KW	: Kilowatt
KWh	: Kilowattsaat
m	: Metre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
MS	: Milattan Sonra
Mt	: Metrik Ton
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Megawatt
MWe	: Megawatt Elektrik
MWh	: Megawattsaat
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
PTF	: Piyasa Takas Fiyatı
RES	: Rüzgar Enerji Santrali
REPA	: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası

s	: saniye
SMF	: Sistem Marjinal Fiyatı
T	: Ton
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TEDAS	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TL	: Türkiye Para Birimi Lira
TUREB	: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TV	: Televizyon
TW	: Terawatt
TWh	: Terawattsaat
TWh/yıl	: 1 Yıllık Terawattsaat
UEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
W	: Watt
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
Yİ	: Yap-İşlet
YİD	: Yap-İşlet-Devret

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında çözüme kavuşturulması gereken küresel problemlerden birisi de sürdürülebilir enerji güvenliğini sağlamaktır. Ülkeler kendi enerjisi ihtiyaçlarını dışa bağımlı olmadan karşılayabildikleri ölçüde bağımsızdılar.

“Dünyanın enerji rezervlerinin tükenme süreleri yaklaşık olarak kömür için 200, gaz için 65, petrol için 40 yıl iken, bu süre rüzgâr enerjisi için sonsuzdur (Dereli, 2001).”

“Dünya’daki enerji tüketim hızı fosil yakıtların oluşum hızının yaklaşık 300 bin katıdır. Yani bir günde yaklaşık bin yıllık fosil yakıt oluşumu tüketilmektedir (Yılmaz vd, 2003: 401).”

“Günümüzde stratejik öneme sahip olan elektrik enerjisi, ülkelerin gelişmişliğinin ve kendi kendine yeterliliğinin de önemli bir ölçütüdür. Dünya nüfusunun hızla artması, sanayileşme, şehirleşme ve teknolojik araç ve gereçlerin insan hayatında yoğun bir şekilde yer alması enerji tüketimini yüksek miktarlara çıkarmıştır. Fabrikalar, atölyeler, evdeki elektronik araçlar, sokak aydınlatmaları, demiryolu taşımacılığı hatta elektrikle çalışan otomobiller gibi birçok alanda enerji temel girdi durumuna gelmiştir. Bütün bu gelişmeler enerji tüketimini her yıl %4-5 oranında arttırmaktadır (Aydın, 2013: 31).”

Dünya genelinde nüfusun artmasına ve teknolojinin gelişmesine bağlı olarak kişilerin elektrik enerjisi tüketimleri de zamanla artmaktadır. Artan bu tüketimi karşılamak için enerjisi üretiminde kullanılan mevcut fosil kaynaklarının sınırlı/sonlu olmaları, gün geçtikçe tükenmeleri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak elektrik enerjisi üretilmesi için yapılan çalışmalar büyük bir hızla devam etmektedir.

Son yıllarda Dünya’daki ve özellikle Avrupa’daki ülkelerin dışa olan bağımlılığı azaltmasından dolayı yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi üretiminde kullanılması için yaptığı çalışmalar artmış olup, bu kapsamda ülkelerin rüzgar potansiyellerinin kullanarak enerjisi üretmeleri ekonomilerine büyük bir katma değer sağlayacaktır.

Günümüzde küresel iklim değışimi ve sera gazı emisyonlarının önemli sebeplerinden biri olarak fosil yakıtlar gösterilmektedir. Elektrik üretimi için kullanılan fosil yakıtlar, havayı kirletmeyen, doğal yolla elde edilen, tükenmeyen, sonsuz bir enerji kaynağı olan rüzgar enerji santralleri ile çevresel etkileri arasında karşılaştırıldığında farkın çok büyük olduğu görülecektir.

Türkiye, Dünya’da rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından karşılaştırıldığında oldukça verimli bir ülke olmasına rağmen, bu potansiyeli kullanmada istenilen düzeye ulaşamamıştır.

Rüzgar enerjisi ile ilgili yapılan çalışmaların yeterli düzeyde olmaması, gerekli teşviklerin sağlanamaması ve yasal boşluklar Türkiye’nin önünde bir engel olarak durmaktadır. Türkiye hem ekonomik hem de çevresel hedefleri açısından mevcut rüzgar potansiyelinin etkili ve verimli olarak kullanarak 2023 yılı için hedeflenen pay içinde yerini alması kaçınılmazdır.

2. ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji kavramını iş yapabilme yeteneği olarak tanımlayabiliriz. “Türkçesi erke olarak bilinen enerji kelimesinin kökeni, eski Yunan dilindeki energos (hareketli, işleyen) kelimesinden türemiş “hareketlilik, iş yapma” anlamına gelen energeia kelimesidir. (İsa ve Onat,2012).”

“İnsanlar diğer canlı varlıklar gibi sadece besinler yoluyla aldıkları enerjiyle yetinmemişler ve besin kaynakları dışında çeşitli enerji kaynakları keşfederek bu kaynakları çeşitli teknolojiler sayesinde ısı, mekanik ve elektrik enerjisine çevirmeyi öğrenmişlerdir. (Aslan, 2006).”

Günlük yaşantımızda kullandığımız aletlerin ihtiyaç duyduğu enerjiyi elde edebilmek için değişik kaynaklar kullanıp, bu enerji kaynaklarını dünyadaki kaynaklarının tükenip tükenmediğine (kaynağın tükenme hızından daha hızlı bir şekilde kendini yenileyebilmesi) göre çeşitlerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

1.Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

- i.) Kömür
- ii.) Petrol
- iii.) Doğal gaz
- iv.) Çekirdeksel fizyon (Nükleer)

2.Yenilenebilir Enerji Kaynakları

- i.) Güneş
- ii.) Rüzgar
- iii.) Biyokütle
- iv.) Hidroelektrik
- v.) Jeotermal
- vi.) Hidrojen
- vii.) Dalga
- viii.) Gelgit

2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Fosil kaynaklardan ve nükleer enerjiden elde edilip, özellikleri şunlardır ;

- Sürekli olan, sürdürülebilir bir kaynak değildir.
- Kükürtlü, azotlu, karbonlu bir yapıya sahiptirler.
- Çevre sorunlarına neden olurlar.
- Sadece belirli bölgelerde bulunurlar.
- Pek çok sektöre hammadde oluştururlar.
- Arz güvenliği tehlikesi meydana getirir.
- Madencilik faaliyeti gerektirirler.
- Enerji üretim tesislerinde çok sayıda ekipman, büyük sahalar, sağlam bir planlama ve çevreci bir yönetim gerektirirler.
- Yenilenebilir enerji kaynaklara ile kıyaslandığında enerji üretim miktarı ve potansiyel değerleri hesaplanabilir.

2.1.1. Kömür enerjisi kaynağı

“Kömürler, eski jeolojik devirlerdeki bitki ve hayvan artıklarının yüksek basınç altında, sıcaklığın etkisiyle bozulmaları sonucu oluşmuşlardır. (Telli,1984).”

Kömürün dünya üzerinde çok fazla rezerv ömrü ve geniş alanlara yayılması sebebiyle 18.yüzyıl Sanayi Devriminden beri kullanımı artmış ve yakın gelecekte de önemi artmaya devam edecektir

2.1.2. Petrol enerjisi kaynağı

Petrol, denizlerdeki bitki ve hayvanların çürüdükten sonraki oluşan kalıntılar deniz yatağında milyonlarca yıl boyunca çürüdükten sonra, geriye yalnızca yağlı maddeler kalır. Çamur ve büyük kaya katmanları altında kalan yağlı maddeler de petrol ve gaza dönüşür.

Dünyada birincil enerji kaynakları arasında yaklaşık %33,6'lık bir tüketim oranı ile lider olan petrolün yakın gelecekte de önemini sürdürmeye devam etmesi bekleniyor.

2.1.3. Doğalgaz enerjisi kaynağı

Doğalgaz yataklarının çoğu petrol yataklarının yakınında veya aynı yatakta bulunmaktadır. Kömürleşme safhalarında ortaya çıkan uçucu bileşenlerin yatak değiştirip toplandığı, dolayısıyla doğalgaz halinde bulunduğu düşünülmektedir. Doğalgazı sadece konutlarda ve sanayide ısı amaçlı kullanılmalıdır. Dışa bağımlısı olduğumuz doğalgazı elektrik üretimi için kullanmamalıyız.

2.1.4. Nükleer enerji kaynağı

Kütlenin enerjiye dönüşümü ile atomun çekirdeğinden elde edilen bir enerji türüdür. Dünya’da birbirine zıt görüşlere rağmen gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkesinde üretim yapan ve inşası devam eden nükleer reaktör tesisleri vardır.

2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Sürdürülebilir enerji kaynaklarını, gelecek nesillerin enerji ihtiyacını karşılamak ve çevreye verilen zararı en aza indirgeyebilmek için verimli bir şekilde değerlendirmemiz gerekir.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının özellikleri şunlardır ;

- Uluslararası anlaşmalara uygun olarak CO2 salınımını azalttığı için çevrecidir.
- Bir ülkenin kalkınmasında ve yerli kaynaklarının geliştirilmesindeki payı büyüktür.
- Dışa bağımlılığı azalttığı için ekonomiktir.
- Yeni iş olanakları sağlar ve işsizliği azaltır.
- Elektrik dağıtımının güç olduğu yerlerde elektriğin kullanılmasını sağlar.

2.2.1. Güneş enerjisi

Dünyaya gelen güneş ışınları paneller aracılığıyla ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülür. Oldukça çevreci olup, günümüzde kullanımı hızla artıp, maliyetleri ise düşmektedir.

2.2.2. Rüzgar enerjisi

Güneş ışınlarının dünyaya geliş açısındaki farklılıklar sayesinde oluşan basınç ve dünyanın dönüşü ile ortaya çıkan rüzgarlar sayesinde elde edilen enerji türüdür.

Dünya’da ve ülkemizde son yıllarda gelişen teknoloji ile Rüzgar Enerjisi santrallerinin sayısı artmaktadır.

2.2.3. Hidrolik (hidroelektrik) enerjisi

Suyun akışının yarattığı kinetik enerjinin kanallar vasıtası ile türbinlere gelerek, türbinlerin döndürülmesini sağlayarak enerji üretilir. Ülkemizde özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde büyük güçlü santraller mevcuttur.

2.2.4. Jeotermal enerjisi

Jeotermal enerji, jeotermal kaynakların bulunduğu yerlerde direkt ya da dolaylı yollardan elde edilerek ısıtma, soğutma, elektrik üretimi ve mineral üretimi gibi farklı amaçlar için kullanılmaktadır.

2.2.5. Biyokütle enerjisi

Biyokütle, ağaç ve ormancılık artıkları, tarımsal ve tarım amaçlı üretilen bitkiler, endüstriyel ya da belediye atık ürünleri gibi yenilenebilir ısı ve enerjiye dönüşebilen bitkilerden türetilen geniş bir biyolojik materyaldir. Biyokütle enerjisi, biyokütle atıklarının yakılarak veya farklı işlemlerden geçirilerek kullanılması sonucunda elde edilen enerji çeşidine denir.

2.2.6. Hidrojen enerjisi

Hidrojen gazının işlenmesi ve dönüştürülmesi ile oluşan enerji türüdür.

2.2.7. Dalga Enerjisi

Denizlerde oluşan dalgaların oluşturduğu basınçtan elde edilen enerji kaynağıdır.

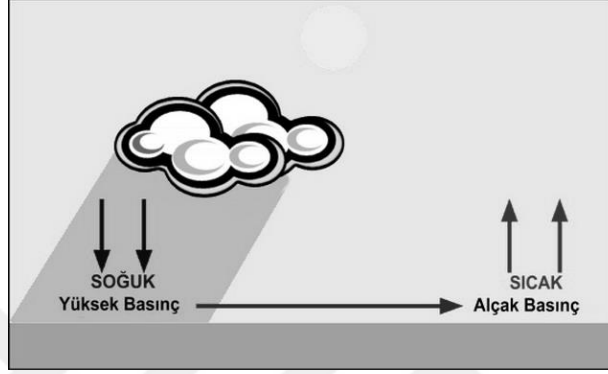
2.2.8. Gelgit Enerjisi

“Bilindiği gibi ayın konumuna bağlı olarak denizlerde yükselme ve alçalma gözlemlenir. Bu olaya bağlı olarak deniz suyunun değişik zamanlardaki seviye farkından kaynaklanan potansiyel enerjiye gel git enerjisi denir.(Meb,2012)”

3. RÜZGAR ENERJİSİ

3.1. Rüzgâr Enerjisinin Kaynağı

Gelgit ve jeotermal enerjisi dışında tüm yenilenebilir enerjilerin kaynağı esas olarak güneştir. Güneşten dünyaya ulaşan enerjinin gücü toplam $1,74 \times 10^{14}$ kW olup bu enerji gücüyle yeryüzünün her bir noktası ortalama olarak her an güneşten 1.000 watt gücünde enerji alır. Şekil 3.1’de rüzgarın oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Rüzgarın oluşumu

“Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi homojen ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur. Bir hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınırsa atmosferin yukarısına doğru yükselir ve bu hava kütlesinin yükselmesiyle boşalan yere, aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir. Bu hava kütlelerinin yer değiştirmelerine rüzgar adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle rüzgar; birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır. Kısacası, Rüzgar gücü güneş enerjisinin dolaylı bir şekli olduğundan yeryüzünün her bölgesinin eşit bir şekilde ısınmayışı ve buna bağlı olarak oluşan alçak ve yüksek basınç merkezlerinin karşılıklı etkileşimi sürecinin eseridir. (Doğanay, 1998: 440)”

3.2. Rüzgâr Enerjisinin Gücü

Rüzgâr hareket halindeki hava olup sahip olduğu kinetik enerji formülü;

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.1.)$$

Burada;

K : Rüzgârdaki kinetik enerji (Joule)

v: Ölçüm yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s)

m: Havanın kütlesi (kg) ile ifade edilir.

Kinetik enerji eşitliği ile ilgili olarak gerekli düzenlemeler yapıldığında, rüzgâr enerjisi aşağıdaki bağıntı ile formüle edilir;

$$K = \frac{1}{2}\rho A \Delta t v^3 \quad (3.2.)$$

Burada;

K : Rüzgârdaki kinetik enerji (Joule)

v: Ölçüm yüksekliğindeki rüzgâr hızı (m/s)

A: Rotor süpürme alanı (m²)

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m³)

Δt : Ölçüm zamanını (s) ifade eder.

3.3. Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Tarihçesi

İskenderiye’de yaklaşık 3000 yıl kadar önce rüzgar enerjisinden yararlanılarak yel değirmenleri kurulduğu düşünülmektedir. Almanya’da 19. Yüzyılın sonlarında, Hollanda’da ise 18. Yüzyılın başlarında rüzgar kuvvet makineleri kullanılmaya başlanmıştır.

“İlk elektrik santralinin 1882’de New York’ta kurulması ve elektrik enerjisinin kullanılmaya başlanmasından sonra da ilk rüzgardan elektrik enerjisi Danimarka’da 1891’de üretilmiştir. 1910’lu yıllardan sonra büyük şehirlerin çoğunda elektrik enerjisi kullanımı yaygınlaşmış, fakat o dönemde petrol türevi yakıtların ekonomik olması nedeniyle rüzgar enerjisi göz ardı edilmiş ve bu durum II. Dünya Savaşı sırasındaki enerji sıkıntısına kadar devam etmiştir. Bu dönemde 50 kW’lık 17,5 m çaplı

Smidtht rbinleri (1942) ve 200 kW’lık 24 m çaplı Gedsert rbinleri (1957) geliştirilmiştir. ( zgener, 2002).”

“Rüzgar enerjisi 1990’lı yılların başından itibaren hızlı bir gelişme göstermiş Amerika ve Avrupa’da yaygınlaşmaya başlamış, son 2-3 yıl içinde Çin’deki yoğun kullanımın da etkisiyle Asya’da da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. (Bektaş, 2013). “

3.4. Rüzgâr Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Rüzgar enerjisinin avantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

- Rüzgar enerjisi tamamen yerli olup, dışa bağımlı değildir,
- Kaynağı güneş olduğu için sürdürülebilir, doğal ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır,
- Asit yağmurlarına ve atmosferik ısınmaya neden olmaz,
- CO2 emisyonu yoktur,
- Doğal bitki örtüsüne ve insan sağlığına olumsuz etkisi son derece azdır,
- Geniş iş olanağına sahiptir,
- Kısa sürede işletmeye sokulabilmekte ve kısa sürede de kurulabilmektedir.

Rüzgar enerjisinin dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

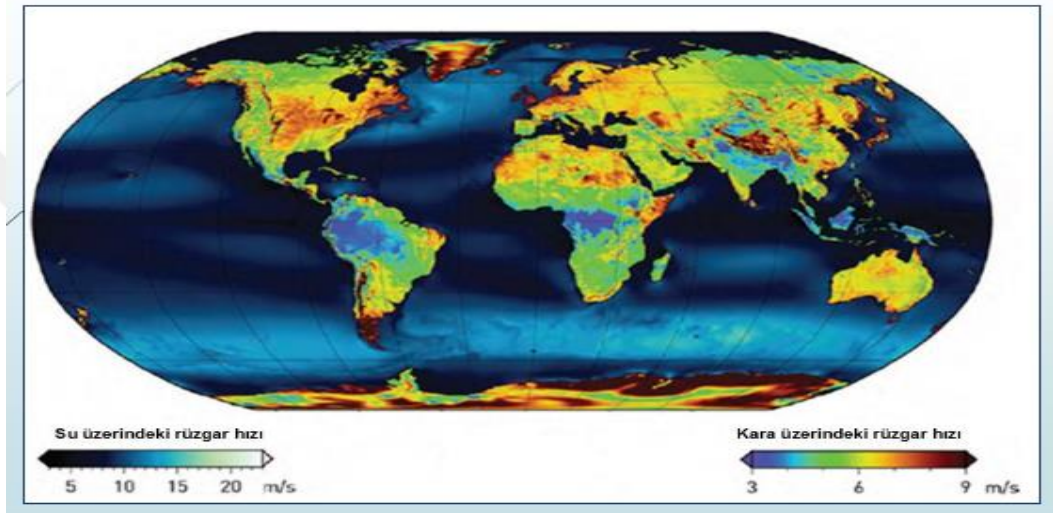
- Çevrede gürültü, görsel ve estetik kirlilik oluşturabilir.
- Kuş ölümlerine sebep olabilir.
- Radyo ve TV alıcılarında parazitlere neden olabilir.

“Rüzgâr enerjisi teknolojilerindeki gelişmeler ve rüzgâr enerji uygulamalarının yaygınlaşması maliyetleri daha da düşürmektedir. Rüzgâr enerjisi en ucuz yenilenebilir enerji kaynaklarındandır. Uygun rüzgâr alanlarında, geleneksel fosil yakıtlar ve nükleer enerji ile rekabet edebilecek düzeyde olan rüzgar enerjisinin maliyetleri de rüzgâr teknolojisi geliştikçe ve kullanım alanları arttıkça düşmektedir. Enerji dar boğazı Türkiye’nin devamlı gündeminde olan bir sorundur. Türkiye son yıllarda enerji dar boğazını aşmak ve fosil yakıtların kullanımını azaltmak, enerji açığını kapatmak ve enerji konusunda dışa bağımlılığa ve maliyetlerin yüksekliğine çözüm olabilecek olan

rüzgâr enerjisinden hem yerli olması hem de potansiyelinin yüksek olmasından dolayı, rüzgar enerjisi uygulama alanlarını artırmaya çalışmaktadır. (Kapluhan, 2017:306).”

3.5. Dünya’ da Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları

Dünya rüzgar enerji potansiyelinin 26.000 TWh/yıl olduğu ve bu değerin 9.000TWh/yıl kapasitenin kullanılabilir olduğu tahmin edilmekte olup, 10 MW/km² üretim kapasitesi ile 300.000 GW kurulu güce sahip olunabileceği teorik olarak hesaplanabilmektedir. Şekil 3.2’de dünya rüzgar haritası gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Dünya rüzgar haritası

Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi 2018 yılı raporuna göre dünya genelindeki başlıca ülkelerin rüzgar kurulu güçleri Tablo 3.1’de gösterilmektedir. 2018 yılında, Çin 211.392 MW ile ilk sırada yer alırken, ABD, 96.665 MW’lık kurulu güç ile ikinci sırada, 59.311 MW ile Almanya üçüncü sırada Hindistan 35.129 MW ile dördüncü sırada olup, Türkiye ise 7.369 MW ile 12. Sırada yer almaktadır.

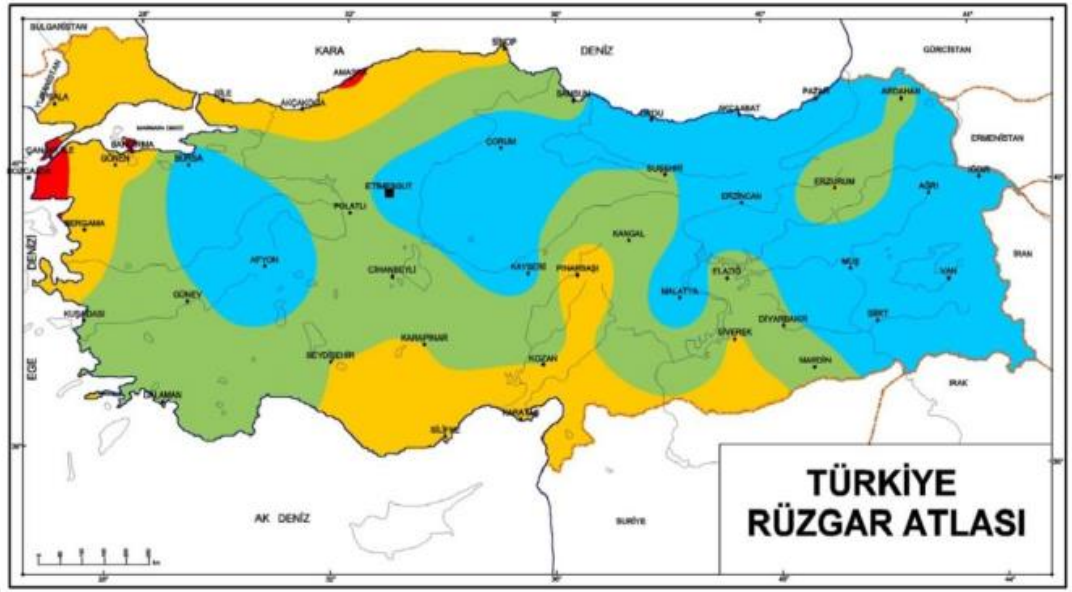
Tablo 3.1. *Dünya genelinde ilk 20 ülkenin rüzgar kurulu güçleri(MW)*

No	Ülke Adı	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Çin	44733	62733	75564	91412	114763	145104	168690	188232	211392
2	A.B.D.	40200	46919	60007	61110	65879	74472	82183	89077	96665
3	Almanya	27214	29060	31332	34250	39165	44947	50019	56132	59311
4	Hindistan	13064	16084	18421	20150	22465	27151	28665	32848	35129
5	İspanya	20676	21674	22796	22959	22987	23025	23075	23170	23494
6	Birleşik Krallık	5203	6540	8445	10711	12440	13603	15030	18872	20970
7	Fransa	5660	6800	7196	8243	9285	10358	12065	13759	15309
8	Brezilya	932	1509	2508	3466	5939	8715	10740	12763	14707
9	Kanada	4008	5265	6200	7823	9694	11205	11898	12239	12816
10	İtalya	5797	6747	8144	8558	8663	8958	9257	9479	9958
11	İsveç	2163	2970	3745	4382	5425	6025	6519	6691	7407
12	Türkiye	1329	1799	2312	2958	3763	4718	6101	6516	7369
13	Polonya	1107	1616	2497	3390	3,834	5100	5782	6397	5864
14	Danimarka	3752	3871	4162	4807	4845	5063	5227	5476	5758
15	Portekiz	3702	4083	4525	4730	4914	5079	5316	5316	5380
16	Avustralya	1991	2176	2584	3239	3806	4187	4327	4557	5362
17	Meksika	733	873	1370	1859	2551	3073	3527	4005	4935
18	Hollanda	2237	2328	2391	2671	2805	3431	4328	4341	4471
19	Japonya	2304	2501	2614	2669	2789	3038	3234	34	3661
20	İrlanda	1379	1614	1738	2049	2272	2486	2830	3127	3564

3.6. Türkiye’ de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları

1984 yılında yayımlanan Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü teşkilatı tarafından bazı rasat istasyonlarından ölçülen ve bu ölçme değerlerinden hesaplanan sonuçlara göre Türkiye’de yıllık rüzgar hızı 2,5 m/sn’dir.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na bağlı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye coğrafyasının tüm kara ve deniz alanlarını kapsayacak şekilde hazırlanmış rüzgâr veri atlası olup Şekil 3.3’de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Türkiye rüzgar atlası

“EİE-DMİ işbirliği ile ortak proje olarak hazırlanan Türkiye rüzgâr atlası, rüzgâr enerji kaynağının değerlendirilmesinde ön referanstır. Türkiye rüzgar atlasındaki bölgeler renklere göre aşağıda açıklanmıştır (Bektaş, 2013)”

Koyu Mavi Bölge ve Kırmızı Bölge rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek olan 50 m yükseklikteki rüzgar hızı ortalaması 6.5 m/s’den büyük olan bölgeleri göstermektedir.

Sarı Bölge ve Yeşil Bölge Türkiye’de yaygın bir dağılıma sahip olup 50 m yükseklikteki rüzgar hızı ortalaması 4.5 m/s’den büyük olan bölgeleri göstermektedir.

Açık Mavi Bölge rüzgar türbini kurmak açısından verimsiz bölge olup rüzgar hızı ortalaması 4.5 m/s’den küçük olan bölgeleri göstermektedir.

“Ülkemiz rüzgâr enerjisi teknik potansiyeli açısından Avrupa’da birinci sıradadır. (Akgün, 2006: 38).” Türkiye’nin kıyı kesimleri, yüksek dağlık bölgeleri olan batı kıyıları , Marmara Denizi çevresi ve Antakya bölgesi en iyi rüzgar potansiyeli alanlarıdır. Tablo 3.2’de Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından hazırlanan Türkiye için 50 m. toplam rüzgâr gücü potansiyeli gösterilmektedir. Tablo 3.3’de ise Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından hazırlanan Türkiye için 50 m. deniz rüzgâr gücü potansiyeli gösterilmektedir.

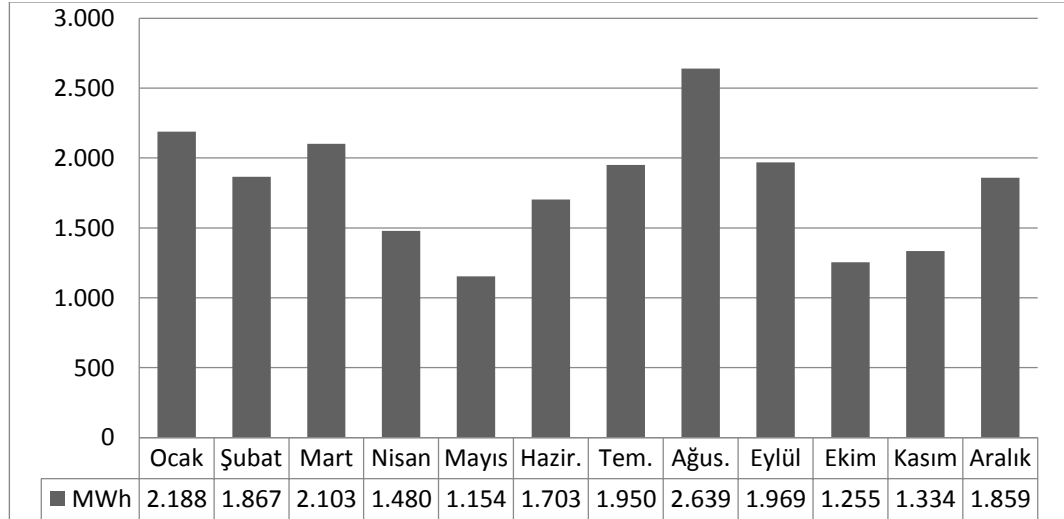
Tablo 3.2. Türkiye toplam rüzgâr gücü potansiyeli (50 m)

Rüzgar sınıfı	Rüzgar gücü(W/m ²)	Rüzgar hızı(m/s)	Toplam potansiyel
3	300-400	6,5 – 7,0	83.906,96
4	400-500	7,0 – 7,5	29.259,36
5	500-600	7,5 – 8,0	12.994,32
6	600-800	8,0 – 8,5	5.399,92
7	>800	>9,0	195,84
Toplam			131.756,40

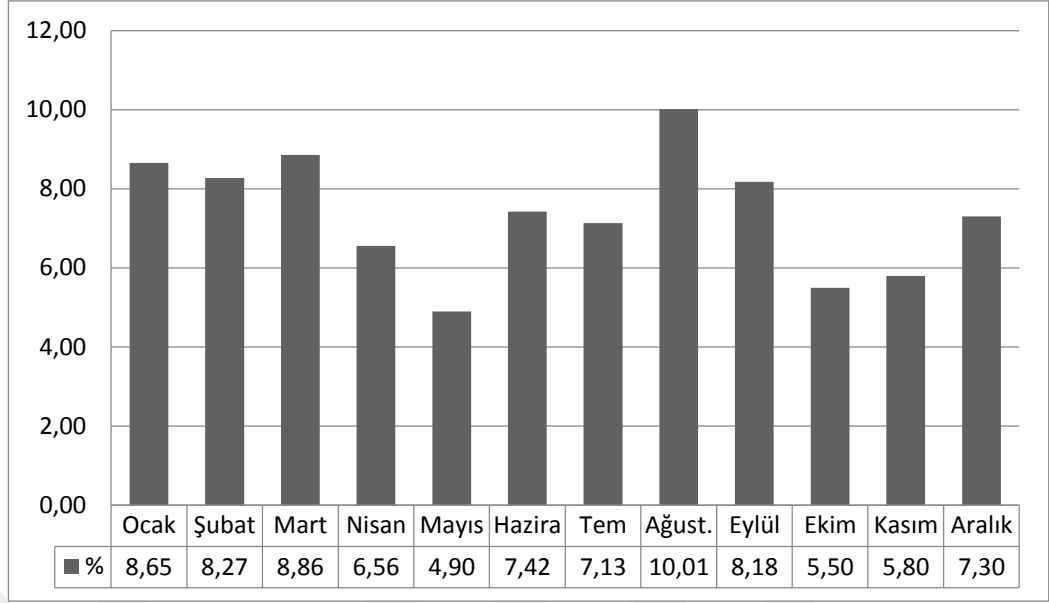
Tablo 3.3. Türkiye deniz rüzgâr gücü potansiyeli (50m)

Rüzgar sınıfı	Rüzgar gücü(W/m ²)	Rüzgar hızı(m/s)	Toplam potansiyel
3	300-400	6,5 – 7,0	6.929,92
4	400-500	7,0 – 7,5	5.133,20
5	500-600	7,5 – 8,0	3.444,80
6	600-800	8,0 – 8,5	1.742,56
7	>800	>9,0	142,72
Toplam			17.393,20

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği 2019 yılı raporuna göre Türkiye'de rüzgar enerjisi santrallerinin elektrik üretimindeki payı yüzde 7,42 ortalama ile 21 milyar 508 milyon kilovatsaat elektrik üretimi olarak gerçekleşmiş olup. bu değerler Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



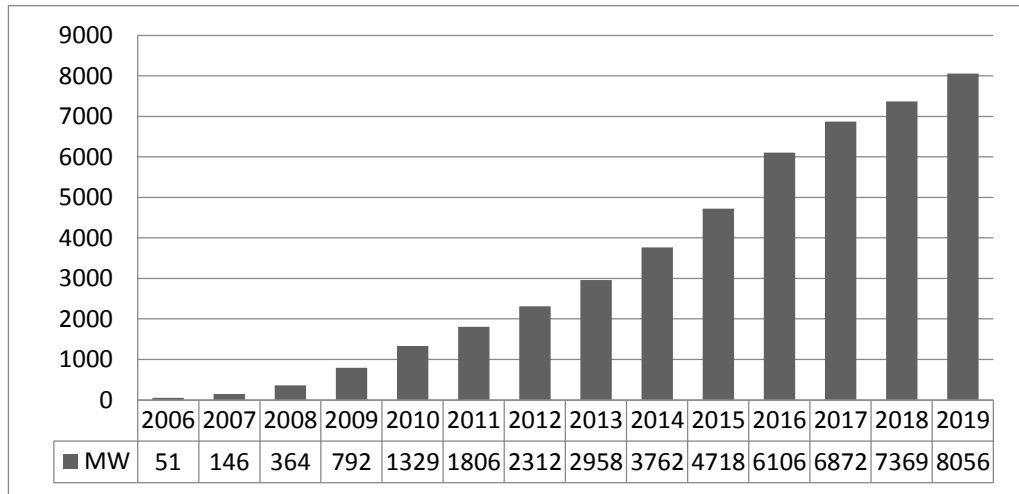
Şekil 3.4. Türkiye 'de rüzgar enerjisi santrallerinin aylık elektrik üretimi



Şekil 3.5. Türkiye’de rüzgar enerjisi santrallerinin elektrik üretimindeki payı

Türkiye’de ilk rüzgar santrali Çeşme’de 1998 yılının Şubat ayında kurulumu tamamlanan her biri 500 kW gücünde 3 türbinden oluşan Germiyan RES ile başlamıştır.

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği 2019 yılı raporuna göre Şekil 3.6’da gösterildiği gibi Türkiye’nin Rüzgar Enerji Santrallerinin kurulu gücü 2006 yılında 51 MW iken 2020 yılı başında kurulu güç 8.056 MW’a yükselmiştir. 2023 yılı için hedeflenen 20.000 MW kurulu güce mevcut şartlardan dolayı ulaşmak çok zor olup iyimser bir tahminle 12.000 MW kötümser bir tahminle ise 10.000 MW kurulu güce ulaşması beklenmektedir.



Şekil 3.6. Türkiye rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç bakımından yıllara göre değişimi

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği'nin 2019 yılı raporuna göre, Türkiye'nin faaliyette olan 198 rüzgâr enerji santrali bulunmaktadır. Yine 2019 yılı raporuna göre inşa halindeki rüzgâr enerji santrali ise 25 ve kurulu türbin sayısı ise 3.285'dir. Tablo 3.4'te görüldüğü gibi işletmede olan RES'lerin büyük bir çoğunluğu Ege, Marmara kıyılarıyla Hatay civarında bulunmaktadır.



Tablo 3.4. İşletmedeki rüzgâr enerji santralleri (RES) ve mevcut durumları.

No	PROJE ADI	GÜÇ (MW)	İL	TÜRBİN ÜRETİCİSİ	TÜRBİN MODELİ	TÜRBİN GÜCÜ
1	Ada 2 RES	4,60	Balıkesir	ENERCON	E-70	2,3 MW
2	AdaRES	10,00	İzmir	SIEMENS GAMESA	G97	2 MW
3	AirRES-4	60,80	Kırklareli	SIEMENS GAMESA	SWT-3.2-113	3,2 MW
4	Akbük II RES	21,00	Muğla	SUZLON	S95	2,5 MW
5	Akbük RES	21,60	Aydın	NORDEX	N117	2,4 MW
6	Akbük RES	31,50	Aydın	SUZLON	S 88	2,1 MW
7	Akça RES	4,50	İzmir	NORDEX	N149	4.5 MW
8	Akdağ RES	23,60	Konya	SIEMENS GAMESA	SG 126	2,625 MW
9	Akres	55,00	Manisa	NORDEX	N90/N100	2,5 MW
10	Aksu RES	72,00	Kayseri	VESTAS	V100-2.0	2 MW
11	Aksu RES Ext.	10,20	Kayseri	GOLDWIND	GW140 - 3(S)	3.4 MW
12	Akyurt RES	14,70	Tokat	SIEMENS GAMESA	G114	2.1 MW
13	Alaçatı RES	16,00	İzmir	ENERCON	E-82	2 MW
14	Alaçatı RES	7,20	İzmir	VESTAS	V44-600	0,6 MW
15	Aliağa RES	19,20	İzmir	NORDEX	N117	2,4 MW
16	Alibey RES	30,00	Balıkesir	NORDEX	N117/3.6(5)+ N117/3(4)	3,6 MW + 3 MW
17	Amasya RES	82,00	Amasya	NORDEX	N100/N117	2,5 MW/3 MW
18	Amasya RES	46,20	Amasya	VESTAS	V126-3.3	3,3 MW
19	Arapkir RES	11,70	Malatya	NORDEX	N131/3900	3,9MW
20	Ardıçlı RES	62,70	Konya	SIEMENS GAMESA	G132	3.3 MW
21	ArzuRES	10,80	Amasya	VESTAS	V136-3.45/3.6	3,6 MW
22	Atik RES	18,00	Hatay	SIEMENS GAMESA	G90	2 MW
23	Ayvalık-1 RES	9,00	Balıkesir	NORDEX	N117	3 MW
24	Ayyıldız RES	28,20	Balıkesir	VESTAS	V90-3.0 / V112- 3.3	3 MW/3,3 MW
25	Bağarası RES	48,00	İzmir	NORDEX	N117	2,4 MW
26	Bağlar RES	79,20	Konya	SIEMENS GAMESA	G132	3.3 MW
27	Balabanlı RES	61,40	Tekirdağ	SIEMENS GAMESA	SWT-2.3-108 / SWT-3.6-130	2,3 MW / 3,6 MW
28	Balıkesir RES	143,00	Balıkesir	GE	GE2.75-103	2,75 MW
29	Bandırma RES	30,00	Balıkesir	GE	GE1.5se	1,5 MW
30	Bandırma RES	89,70	Balıkesir	VESTAS	V90-3.0 / V112- 3.3	3 MW/3,3 MW
31	Bandırma RES Ext.	21,50	Balıkesir	NORDEX	N90	2,5 MW
32	Bandırma-3 RES	41,80	Balıkesir	NORDEX	N90/N117	2,5 MW/2,4 MW
33	Barbaros RES	12,45	Tekirdağ	GE	GE2.85-103/ GE3.2-103	2.85MW/ 3.2MW
34	Belen RES	48,00	Hatay	VESTAS	V90-3.0	3 MW
35	Bereketli RES	32,00	Tokat	SIEMENS	SWT-3.2-113	3,2 MW
36	Bergama RES	120,00	İzmir	NORDEX	N90/N117	2,5 MW / 3 MW

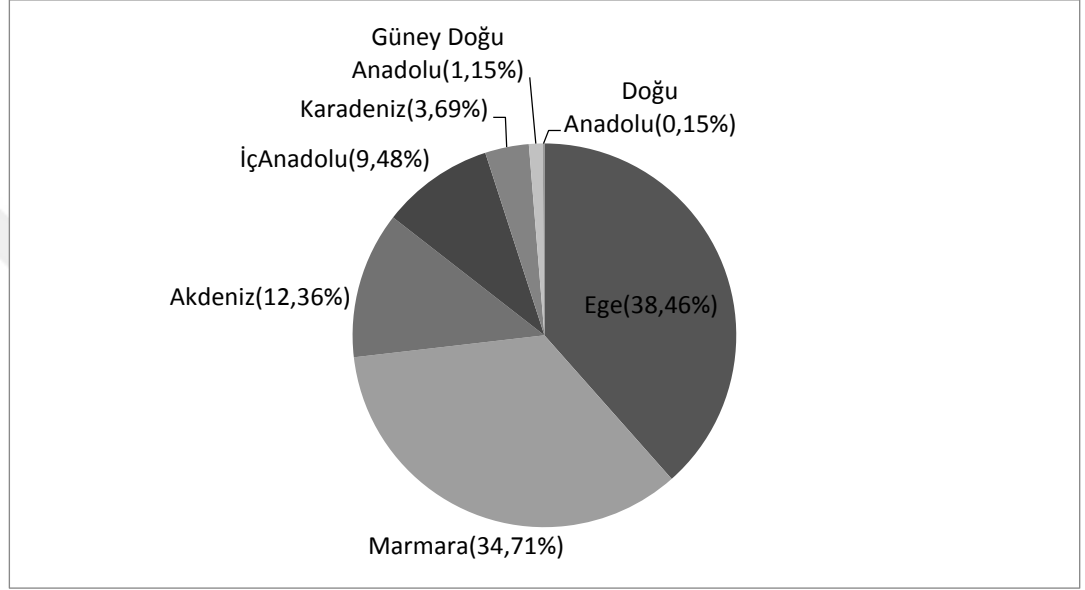
No	PROJE ADI	GÜÇ (MW)	İL	TÜRBİN ÜRETİCİSİ	TÜRBİN MODELİ	TÜRBİN GÜCÜ
37	Bergama RES	25,20	İzmir	NORDEX	N131/3600	3,6MW
38	BergRES	69,95	İzmir	GE	GE3.2-103/ GE2.75-103	3,2 MW / 2,75 MW
39	Biga RES	60,80	Çanakkale	GE	GE3.2-103	3,2 MW
40	Bozcaada RES	10,20	Çanakkale	ENERCON	E-40	0,6 MW
41	Bozyaka RES	19,70	İzmir	NORDEX	N100/N117	2,5 MW/2,4 MW
42	Burgaz RES	14,90	Çanakkale	ENERCON	E-48/E-44	0,8 MW/0,9 MW
43	Cerit RES	57,60	K.Maraş	NORDEX	N131/3600	3,6 MW
44	Çakıl RES	20,45	Yalova	ENERCON	E-92/E-126	2,35 MW/4 MW
45	Çamseki RES	42,30	Çanakkale	ENERCON	E-92	2,35
46	Çamseki RES	20,80	Çanakkale	ENERCON	E-82/E-48	2MW/0,8MW
47	Çanta RES	47,50	İstanbul	NORDEX	N100	2,5 MW
48	Çatalca RES	93,00	İstanbul	VESTAS	V90-3.0 / V117- 3.3	3 MW/3,3 MW
49	Çatalca RES	7,20	İstanbul	NORDEX	N131	3.6 MW
50	Çataltepe RES	27,75	Balıkesir	ENERCON	E-82/E-92	2 MW/2,35 MW
51	Çataltepe RES	12,00	İstanbul	NORDEX	N117	3 MW
52	Çerçikaya RES	57,00	Hatay	ACCIONA	AW125	3 MW
53	Çeşme RES	10,70	İzmir	ENERCON	E-40/E-82	0,5 MW/2,3MW
54	Çeşme RES	18,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW
55	Dağpazarı RES	39,00	Mersin	SIEMENS GAMESA	SWT-3.0-101	3 MW
56	Dares Datça RES	41,60	Muğla	ENERCON	E-48/E-44/E-115	0,8 MW/0,9 MW/3 MW
57	Datça RES	12,50	Muğla	SIEMENS	SG 114	2,5 MW
58	Demirciler RES	23,30	Osmaniye	GE	GE1.7-100/ GE2.85-103	1,7MW/2,85MW
59	Demircili RES	40,00	İzmir	NORDEX	N90(3)+N100(13)	2,5 MW
60	Denizli RES	74,80	Denizli	SIEMENS	SG DD 108	3.4 MW
61	Dilek RES	28,80	K.Maraş	NORDEX	N117	2,4 MW
62	Dinar RES	115,0	Afyon	SIEMENS	SWT-2.3-108	2,3 MW
63	Dinar RES	85,25	Afyon	GE	GE2.75-120	2,75 MW
64	Düzova RES	51,50	İzmir	GE	GE2.5-100/ GE2.75-100	2,5 MW / 2,75 MW
65	Eber RES	39,00	Afyon	NORDEX	N131/3900	3,9 MW
66	Edincik RES	77,40	Balıkesir	NORDEX	N100/N117	2,5 MW/2,4 MW/3 MW
67	Ege RES	9,20	İzmir	ENERCON	E-70	2,3 MW
68	Elmalı RES	30,00	Mersin	VESTAS	V100-2.0	2 MW
69	Elmalı RES	9,90	Mersin	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW
70	Enez RES	21,60	Edirne	NORDEX	N90/N100	2,5 MW/3,3 MW
71	Esenköy RES	32,40	Yalova	NORDEX	N117	3,6 MW
72	Fatma RES	80,00	Muğla	SIEMENS	SWT-3.2-113	3,2 MW
73	Fuat RES	33,00	İzmir	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW
74	Gazi RES	6,90	İstanbul	VESTAS	V126-3,45	3,45 MW
75	GERES	30,00	Manisa	NORDEX	N90	2,5 MW
76	Geriş RES	12,00	Muğla	NORDEX	N117	3 MW
77	Germiyan RES	12,00	İzmir	ENERCON	E-82	2 MW
78	Geycek RES	168,0	Kırşehir	ENERCON	E-82	2,3 MW /3 MW

No	PROJE ADI	GÜÇ (MW)	İL	TÜRBİN ÜRETİCİSİ	TÜRBİN MODELİ	TÜRBİN GÜCÜ
79	Gökçedağ RES	135,0	Osmaniye	GE	GE2.5-100	2,5 MW
80	Gökdağ RES	10,20	Kocaeli	GE	GE1.7-103	1,7MW
81	GökRES	35,75	Manisa	GE	GE2.75-103	2,75 MW
82	Gülpınar RES	14	Çanakkale	ENERCON	E-138	3,5 MW
83	Günaydın RES	20,75	Balıkesir	GE	GE2.5-100/ GE2.75-100	2,5 MW /2,75 MW
84	Gündoğdu RES	9,60	Bursa	NORDEX	N117	2,4 MW
85	Harmanlık RES	52,80	Bursa	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW
86	Hasanbeyli RES	50,00	Osmaniye	NORDEX	N100	2,5 MW
87	Hasanoba RES	51,00	Çanakkale	SIEMENS	SG DD 108	3.4 MW
88	Havza RES	17,5	Samsun	ENERCON	E-138	3,5 MW
89	Hilal-2 RES	9,90	Mersin	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW
90	İncesu RES	29,20	Afyon	VESTAS	V112-3.3/V100- 2.0	3,3 MW/ 2 MW
91	İntepe RES	55,70	Çanakkale	ENERCON	E-48/E-82	0,8 MW /2,3 MW
92	Kalfaköy RES	10,20	Balıkesir	GE	GE1.7-103	1,7MW
93	Kangal RES	50,00	Sivas	SIEMENS	G114	2 MW
94	Kangal RES	78,00	Sivas	VESTAS	V100-2.0 /V110- 2.0	2 MW
95	Kanije RES	64,00	Edirne	SIEMENS	SWT-3.2-113	3,2 MW
96	Kapıdağ RES	28,00	Balıkesir	VESTAS	V80-2.0	2 MW
97	Karabel RES	3,00	İzmir	SENVION	3.4M104	3,4 MW
98	Karaburun RES	224,0	İzmir	ENERCON	E-82 / E-126	2-3-4 MW
99	KaracabeYRES	30,00	Bursa	NORDEX	N100	2,5 MW
100	Karacayır RES	12,60	Sivas	SIEMENS	G114	2.1 MW
101	Karadağ RES	10,00	İzmir	GE	GE2.5-100	2,5 MW
102	Karadağ RES	18,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW
103	Karadere RES	19,20	Kırklareli	GE	GE1.6-100	1,6 MW
104	Karakurt RES	12,00	Manisa	VESTAS	V90-2.0	2 MW
105	Karova RES	30,15	Muğla	GE	GE1.7-103/ GE2.85-103	1,7MW/ 2.85MW
106	Kartaldağı RES	65,55	Gaziantep	VESTAS	V126-3,45	3,45 MW
107	Kavaklı RES	52,80	Balıkesir	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW
108	Keltepe RES	29,90	Balıkesir	ENERCON	E-44/E-70	0,9 MW /2,3MW
109	Kemerburgaz RES	24,00	İstanbul	ENERCON	E-82	2 MW
110	Kınık RES	54,40	İzmir	SIEMENS	SWT-3.2-108	3,2 MW
111	Kırkağaç RES	45,60	Manisa	GE	GE2.85-103	2,85 MW
112	Kıyıköy RES	45,00	Tekirdağ	NORDEX	N117	3 MW
113	Kıyıköy RES	28,00	Kırklareli	SIEMENS	G90/G97	2 MW
114	Kızılcaerzi RES	15,00	Tekirdağ	GE	GE3.8-130 110 m HH	3.8MW
115	Kocalar RES	30,60	Çanakkale	SIEMENS	SG DD 108	3.4 MW
116	Kocatepe RES	48	Afyon	ENERCON	E-126	4,0MW
117	Konakpınarı RES	14,70	Sivas	SIEMENS GAMESA	G114	2.1 MW
118	KORES	25,00	İzmir	NORDEX	N90/N100	2,5 MW
119	Korkmaz RES	25,20	İzmir	SUZLON	S 88	2,5 MW
120	Koru RES	52,80	Çanakkale	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW

No	PROJE ADI	GÜÇ (MW)	İL	TÜRBİN ÜRETİCİSİ	TÜRBİN MODELİ	TÜRBİN GÜCÜ
121	Korudagi RES	3,40	Tekirdağ	GE	GE3.8-130 110	3.4MW
122	Kozbeyli RES	34,55	İzmir	ENERCON	E-70/E-92	2 MW /2,35 MW
123	Kurtini RES	14,40	Mersin	NORDEX	N117	3,6 MW
124	KurtkayasıRES	45,60	Kayseri	NORDEX	N117	2,4 MW
125	Kuyucak RES	50,30	Manisa	ENERCON	E-44-70/E- 82	0,9 MW / 2,3 MW /
126	Kürekdağı RES	36,00	Bursa	NORDEX	N117	3,6 MW
127	MadranbaRES	20,00	Aydın	SIEMENS	G90	2 MW
128	Mahmudi RES	29,90	Çanakkale	SIEMENS	SWT-2.3-101	2,3 MW
129	Mare Manastır RES	56,20	İzmir	ENERCON	E-48/E-44/E-82	0,8MW/0,9M- W/2,3MW
130	Maslakte RES	23,40	Çanakkale	NORDEX	N131	3.9 MW
131	Mazi-3 RES	30,00	İzmir	NORDEX	N90	2,5 MW
132	Mers.Mut RES	62,70	Mersin	VESTAS	V90-3.0/V112-	3 MW/3,45 MW
133	Metristep RES	40,00	Bilecik	NORDEX	N100	2,5 MW
134	Mordoğan RES	15,00	İzmir	ENERCON	E-82	3 MW
135	Mordoğa RES	31,50	İzmir	SUZLON	S 88	2,1 MW
136	Mut RES	52,80	Mersin	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW
137	Ortamandira RES	11,20	Balıkesir	GE	GE1.6-100	1,6 MW
138	OvaRES	18,00	Aydın	SIEMENS	G97	2 MW
139	Ödemiş RES	42,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW
140	Paşalimanı RES	0,80	Balıkesir	ENERCON	E-53	0,8 MW
141	Petkim RES	51,00	İzmir	ALSTOM	ECO110	3 MW
142	Pitane RES	4,80	İzmir	NORDEX	N117	2,4 MW
143	Poyraz RES	77,10	Balıkesir	ENERCON	E-82/E-44/E-92	2,3 MW / 0,9 MW
144	Poyraz RES	32,00	Balıkesir	SIEMENS	SWT-3.2-108	3,2 MW
145	Poyrazgölü RES	48,50	Balıkesir	ENERCON	E-70/E-82/E-92	2,3 MW /2,35 MW
146	Sakarbayır RES	3,45	İstanbul	VESTAS	V126-3,45	3,45 MW
147	Salman RES	27,50	İzmir	GE	GE2.75-100	2,75 MW
148	Samurlu RES	43,90	İzmir	ENERCON	E-70/E-92	2,3 MW /2,35MW
149	Saray RES	6,95	Tekirdağ	ENERCON	E-82/E-92	2,3 MW/2,35 MW
150	SaRES	27,50	Çanakkale	GE	GE2.75-100	2,75 MW
151	Sarıkaya RES	30,00	Tekirdağ	ENERCON	E-82/E-70/E-48	2 MW/ 2,3 MW /
152	Sarıtepe RES	57,00	Osmaniye	GE	GE2.85-103	2,85 MW
153	Sarpıncık RES	32,50	İzmir	NORDEX	N90/N100	2,5 MW
154	Sayalar RES	57,20	Manisa	ENERCON	E-82/E-70/E-44	2,3 MW /0,9 MW
155	Sebenoba RES	63,70	Hatay	VESTAS	V80-2.0 / V112-	2 MW / 3 MW
156	Seferihisar II RES	21,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW
157	Seferihisar RES	21,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW
158	Seyit Onbaşı RES	9,40	Çanakkale	VESTAS	V100-2.0	2.0 MW
159	Seyitali RES	41,50	İzmir	ENERCON	E-70/E-92	2,3MW
160	Silivri RES	60,00	İstanbul	NORDEX	N100/N131	2,5 MW/3 MW
161	Sincik RES	27,50	Adıyaman	NORDEX	N100	2,5 MW

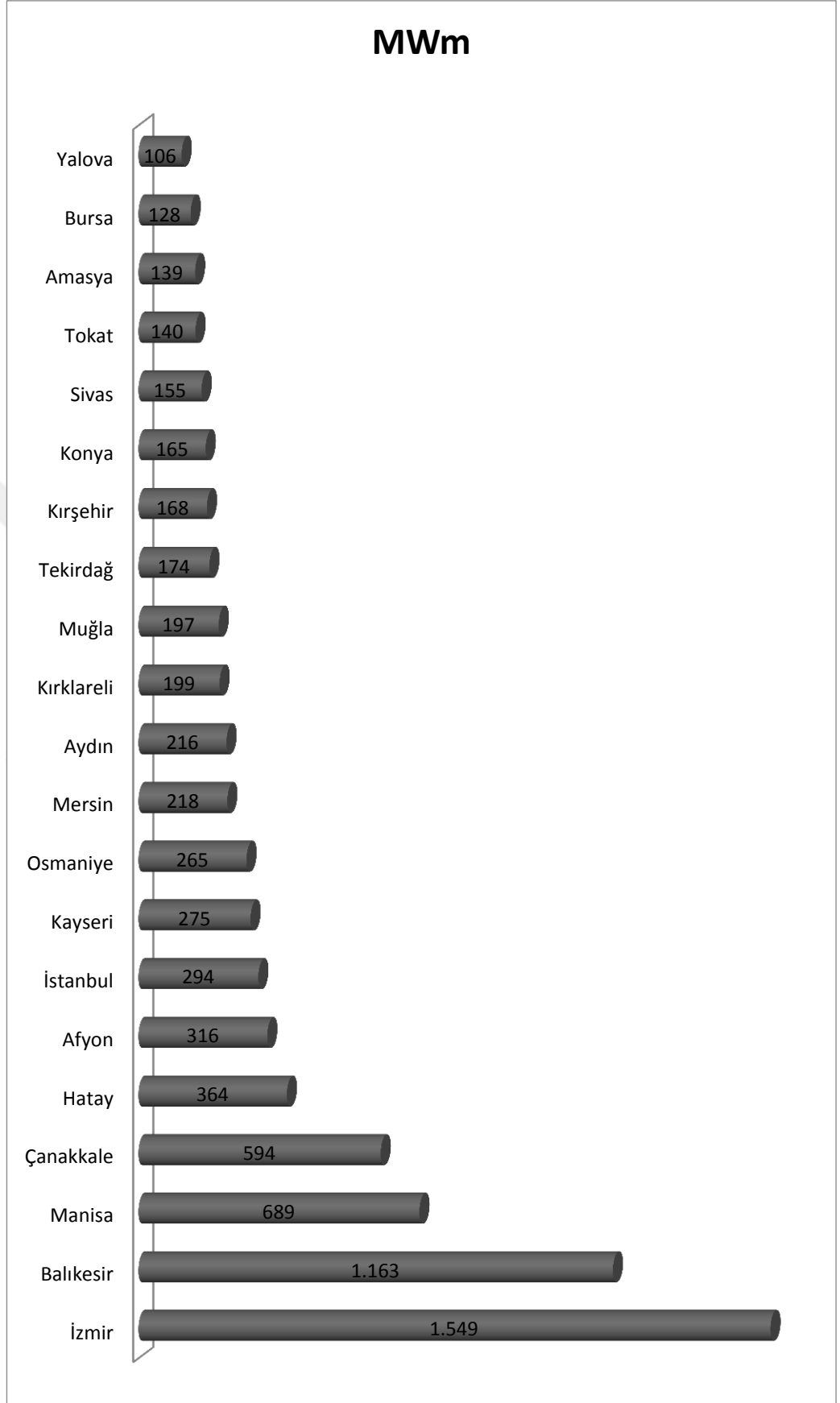
No	PROJE ADI	GÜÇ (MW)	İL	TÜRBİN ÜRETİCİSİ	TÜRBİN MODELİ	TÜRBİN GÜCÜ
162	Soma RES	284,1	Manisa	ENERCON	E-70/E-44/E-126	2,3 -0,9 - 4 MW
163	Soma RES	120,0	Manisa	NORDEX	N90/N117	2,5 MW/3 MW
164	Söke RES	30,00	Aydın	SIEMENS	G90	2 MW
165	Söke RES	49,50	Aydın	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW
166	Sunjüt RES	1,20	İstanbul	ENERCON	E-40	0,6 MW
167	Susurluk RES	75,00	Balıkesir	NORDEX	N100/N90 /N117	2,5 MW/3 MW
168	Süloğlu RES	66,00	Kırklareli	VESTAS	V126-3.3	3,3 MW
169	Şadıllı RES	38,50	Çanakkale	GE	GE2.75	2,75 MW
170	ŞahRES	105,0	Balıkesir	VESTAS	V90-3.0	3 MW
171	Şamlı RES	113,4	Balıkesir	VESTAS	V90-3.0 / V90-1.8	3 MW / 1,8 MW
172	Şenbük RES	38,10	Hatay	VESTAS	V90-3.0/ V112-3.3	3 MW/3,3 MW
173	Şenbük RES	27,70	Hatay	VESTAS	V112-3.0	3 MW
174	Şenköy RES	36,00	Hatay	ALSTOM	ECO100/E CO110	3 MW
175	Tatlıpınar RES	19,50	Balıkesir	NORDEX	N131	3.9 MW
176	TepeRES	0,85	İstanbul	VESTAS	V52-850	0,85 MW
177	TepeRES Ext.	5,00	İstanbul	NORDEX	N90	2,5 MW
178	Tire RES	50,90	İzmir	GE	GE1.7103/ GE3.2-103	1,7MW/3. 2MW
179	Tokat RES	94,00	Tokat	NORDEX	N100/N11	2,5 -3 MW
180	Turguttepe RES	24,00	Aydın	VESTAS	V90-2.0	2 MW
181	Uluborlu RES	61,20	İsparta	GE	GE1.7-103	1.7 MW
182	Umurlar RES	36,40	Balıkesir	VESTAS	V100-2.0/ V126- 3.3	2 MW/3,3 MW
183	Urla RES	15,00	İzmir	ENERCON	E-82	3 MW
184	Urla RES	18,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW
185	Uşak RES	54,00	Uşak	SINOVEL	SL1500/90	1,5 MW
186	Üçpınar RES	112,2	Çanakkale	SIEMENS	SG DD 108	3.4 MW
187	Yahşelli RES	14,40	İzmir	NORDEX	N131	3.6 MW
188	Yahyalı RES	52,80	Kayseri	NORDEX	N117	2,4 MW
189	Yahyalı RES	82,50	Kayseri	VESTAS	V126-3.3	3,3 MW
190	Yalova RES	54,00	Yalova	SINOVEL	SL1500/90	1,5 MW
191	Yamaçtepe RES	33,00	İstanbul	SIEMENS GAMESA	G132	3.3 MW
192	YaylaköyRES	15,00	İzmir	ENERCON	E-82	3 MW
193	YenihisaRES	21,60	Aydın	NORDEX	N117	2,4MW
194	Yuntdağ RES	60,00	İzmir	NORDEX	N90	2,5 MW
195	Zeliha RES	25,60	Kırklareli	SIEMENS GAMESA	SWT-3.2- 113	3,2 MW
196	ZeytineliRES	50,00	İzmir	NORDEX	N100/N90	2,5 MW
197	Zincirli RES	12,00	Kayseri	NORDEX	N117	2,4 MW
198	Ziyaret RES	76,00	Hatay	GE	GE2.5- 100/	2,5 MW / 2,75 MW
TOPLAM		8.056				

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği 2019 yılı raporuna göre Şekil 3.7’de gösterildiği gibi Türkiye’nin faaliyetteki rüzgar santrallerinin kurulu güçlerini dikkate alarak en büyükten en küçüğe doğru Ege Bölgesi (%38,46), Marmara Bölgesi (%34,71), Akdeniz Bölgesi (%12,36) , İç Anadolu Bölgesi(%9,48), Karadeniz Bölgesi, (%3,69) ve Güneydoğu Anadolu(%1,15) Bölgeleri olarak sıralayabiliriz.



Şekil 3.7. İşletmedeki RES’lerin bölgelere göre dağılışı(%)

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği 2019 yılı raporuna Türkiye’de fazla RES’in İzmir (%19,23), Balıkesir (%14,44) ve Manisa (%8,56) illerinde faaliyette olduğu gösterilmektedir. Bu illeri Çanakkale, Hatay, Afyon, İstanbul, Kayseri, Osmaniye, Mersin, Aydın, Kırklareli, Muğla Tekirdağ, Kırşehir, Konya ve Sivas gibi iller izlemektedir. Şekil 3.8’de faaliyetteki RES’lerin illere göre dağılışı gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Faaliyetteki RES'lerin illere göre dağılışı(MW)

Türkiye’de Ocak 2020 itibariyle yapımı devam eden 25 rüzgâr enerji santrali olup, işletmeye geçtiklerinde mevcut kurulu güçte 1.309,79 MW’lık bir artış olacağı Tablo3.5’de gösterilmektedir.

Tablo 3.5. İnşa halindeki rüzgâr enerji santralleri.

No	PROJE ADI	GÜÇ (MW)	İL	TÜRBİN ÜRETİCİSİ	TÜRBİN MODELİ	TÜRBİN GÜCÜ
1	Akça RES	18,00	İzmir	NORDEX	N149	4,5 MW
2	Bafa RES	39,00	Aydın	NORDEX	N131	3,9 MW
3	Bağlama RES	53,20	Van	GE	GE3.8-130 85 m HH	3,8 MW
4	Cerit-II RES	35,10	K.Maraş	NORDEX	N131	3,9 MW
5	Dikili RES	5,00	Kocaeli	SENVION	3.6M140	3,6 MW
6	Gazi-9 RES	67,00	Çanakkale	GE	GE4.8-158 121m HH	4,8 MW
7	Geyve RES	52,80	Sakarya	NORDEX	N149	4,8 MW
8	Kartal RES	52,80	Eskişehir	SIEMENS GAMESA	SG-4,8-145	4,8 MW
9	Kıyıköy RES	72,00	Kırklareli	VESTAS	V136	3,6 MW
10	Kirazlı RES	53,00	İzmir	GE	GE3.8-130 110 m HH	3,8MW
11	Mersinli RES	58,24	İzmir	NORDEX	N133	4.48 MW
12	Meryem RES	32,00	Bilecik	GE	GE3.8-130 110 m HH	3,2MW
13	Ovacık RES	28,80	İzmir	NORDEX	N131	3,6 MW
14	Ömerli RES	100,80	İstanbul	NORDEX	N149	4,8 MW
15	Özbek RES	28,80	Hatay	NORDEX	N133	4,8 MW
16	Pamukova RES	22,80	Sakarya	GE	GE3.8-130 110 m HH	3,8MW
17	SAROS Res	138,00	Çanakkale	GE	GE 5.1-158 121,101 m HH	5.1 MW
18	Sibel RES	80,85	İzmir	NORDEX	N117	3.675 MW
19	Sibel RES	80,85	İzmir	NORDEX	N117	3.675 MW
20	Söke RES	110,40	Aydın	NORDEX	N149	4,8 MW
21	Şile RES	51,20	İstanbul	GE	GE3.8-130 110 m HH	3,2MW
22	Tatlıpınar RES	96,00	Balıkesir	NORDEX	N149	4,8 MW
23	Vize-II RES	76,80	Kırklareli	NORDEX	N149	4,8 MW
24	Yahşelli RES	7,20	İzmir	NORDEX	N131	3,6 MW
25	Yeniköy RES	15,00	Çanakkale	SIEMENS GAMESA	SG-3,75-132	3,75 MW
Toplam		1.309,76				

Türkiye’de rüzgâr enerjisi ile ilgili genel mevzuat ele alındığında, önemli kilometre taşları olarak 10 Mayıs 2005’te yayımlanan 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”; 20.02.2001’de yılında yayımlanan 4628sayılı “Elektrik Piyasası Kanunu” ve sonrasında yapılan çeşitli düzenlemeler ön plana çıkmaktadır.

YEKDEM yönetmeliği'nde yıllar içinde birçok değişikliğe gidilmiş olup 2016 yılı itibarıyla uygulanmakta olan bir rüzgar santralinin yatırım süreci aşamaları Şekil 3.9'da gösterilmektedir. Bir rüzgar santralinin yatırım süreci Proje Geliştirme, Yarışma, Ön Lisans ve Lisans ve İşletmeye Alma aşamalarından geçerek ortalama olarak 5-6 yıl sürmektedir.



Şekil 3.9. Bir rüzgar santralinin yatırım süreci.

Yenilenebilir enerji alım fiyatlarında uygulanacak fiyatlar 7,3 ile 13,3 cent / ABD doları arasında değişmektedir. Tablo 3.6. ve Tablo 3.7.'de Türkiye'de teknoloji bazında yenilenebilir enerji için uygulanan sabit fiyat garantisi ve yerli katkı ilavesi yerli katkı ilaveleri görülmektedir.

Tablo 3.6. Türkiye'de yenilenebilir enerji için uygulanan sabit fiyat garantisi

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD doları cent/kWh)
a) Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b) Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c) Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d) Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (Çöp gazı dâhil)	13,3
e) Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

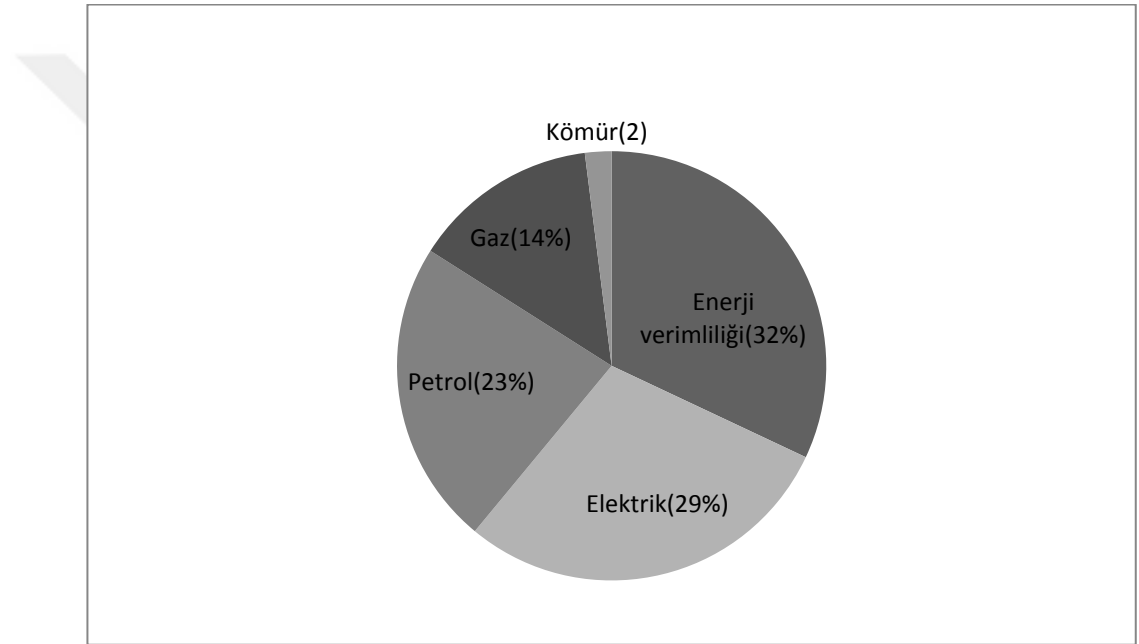
Tablo 3.7. *Türkiye’de teknoloji bazında yerli katkı ilavesi*

Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli İlavesi (ABD cent/kWh)	Katkı doları
A)Hidroelektrik üretim tesisi	1) Türbin 2) Jeneratör ve güç elektroniği	1,3 1,0	
B) Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	1) Kanat 2) Jeneratör ve güç elektroniği 3) Türbin kulesi 4) Rotor ve nasele gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç)	0,8 1,0 0,6 1,3	
C)Fotovoltaik (PV) enerjiye dayalı üretim tesisi	1) PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı 2) PV modülleri 3) PV modülünü oluşturan hücreler 4) İnvertör 5) PV modeli üzerine güneş ışığını odaklayan malzeme	0,8 1,3 3,5 0,6 0,5	
D)Yoğunlaştırılmış enerjiye dayalı üretim tesisi	1) Radyasyon toplama tüpü 2) Yansıtıcı yüzey levhası 3) Güneş takip sistemi 4) Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı 5) Kulede güneş ışığını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı 6) Stirling motoru 7) Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	2,4 0,6 0,6 1,3 2,4 1,3 0,6	
E)Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	1) Akışkan yataklı buhar kazanı 2) Sıvı veya gaz yataklı buhar kazanı 3) Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu 4) Buhar veya gaz türbini 5) İçten yanmalı motor veya stirling motoru 6) Jeneratör ve güç elektroniği 7) Kojenerasyon sistemi	0,8 0,4 0,6 2,0 0,9 0,5 0,4	
F)Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	1) Buhar veya gaz türbini 2) Jeneratör ve güç elektroniği 3) Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	1,3 0,7 0,7	

4. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

4.1. Dünya Enerji Görünümü

Nüfus ve gelir artışı, kentsel gelişim ve sanayileşme ile birlikte dünya birincil enerji tüketimi de giderek artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre enerji sektörüne 2015 ile 2040 yılları arasında küresel ölçekte toplam 68,2 trilyon dolar yatırım yapılacağı tahmin edilmektedir. Bu yatırımların Şekil 4.1' de gösterildiği gibi sırasıyla % 32'si enerji verimliliği sektörüne, % 29'su elektrik sektörüne, % 23'ü petrol sektörüne, % 14'ü gaz sektörüne, % 2'si kömür sektörüne yapılması planlanmaktadır.

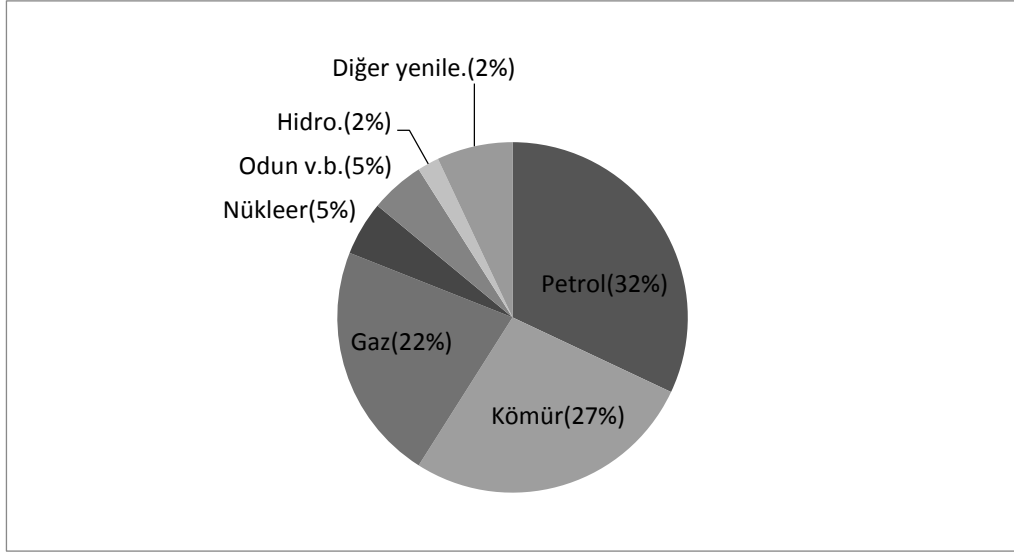


Şekil 4.1. 2015-2040 yılları arası kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımlar

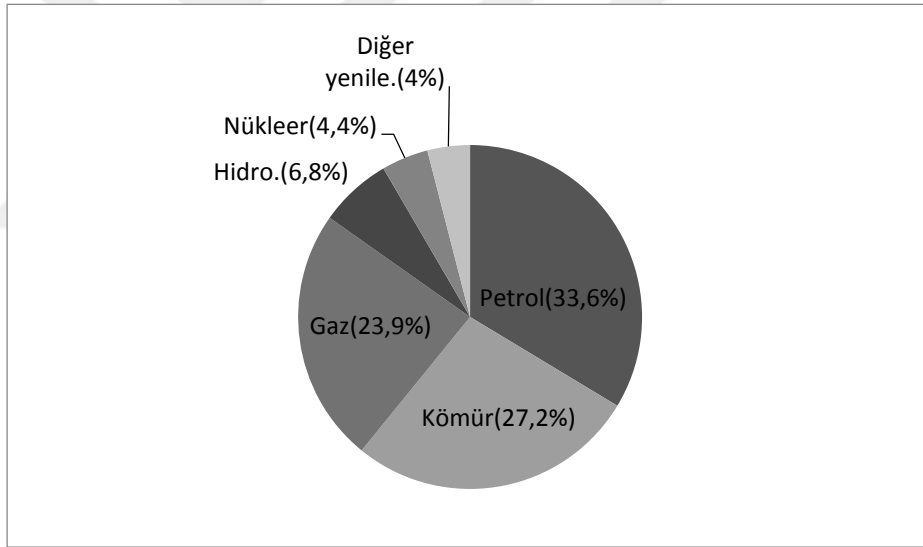
4.2. Dünya Birincil Enerji Tüketimi

BP (British Petroleum) tarafından verilen 2017 yılı verilerine göre , 2017 yılı itibariyle dünya birincil enerji tüketimi yaklaşık 13,97 milyar TEP olup, Çin ve Amerika ilk iki sırayı alırken, ülkemiz 145,3 Milyon TEP ile %1 tüketimlik bir paya sahiptir.

BP (British Petroleum) tarafından verilen 2017 yılı verilerine göre Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de gösterildiği gibi dünya birincil enerji tüketimi günümüzde mevcut itibarıyla büyük oranda petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtlara dayalıdır ve bu durumun yakın gelecekte de devam edeceği tahmin edilmektedir.



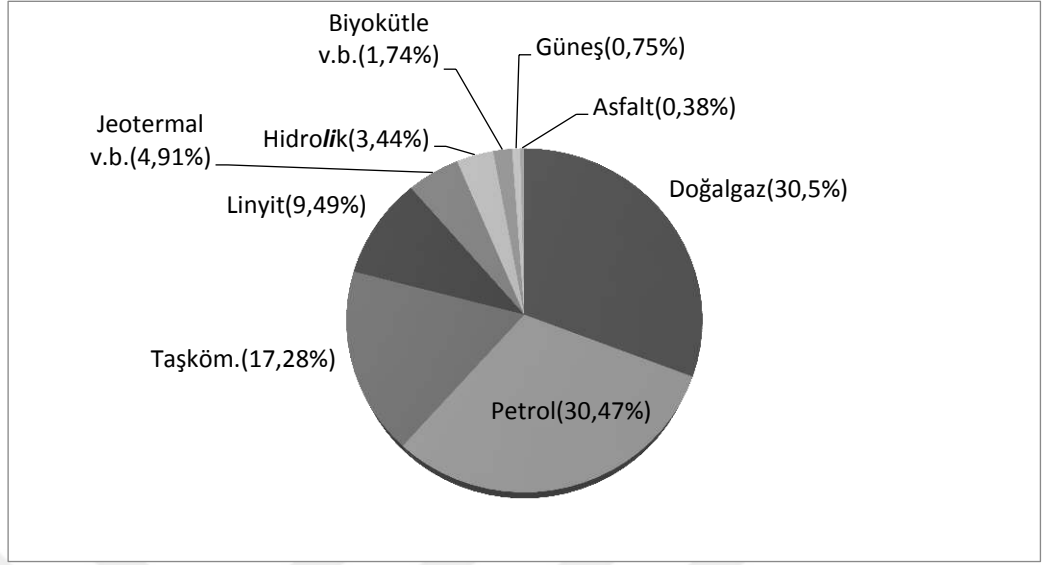
Şekil 4.2. Dünya birincil enerji tüketimi kaynaklar bazında (MilyonTep; %)



Şekil 4.3. Dünya birincil enerji tüketimi ticari kaynaklar bazında (%)

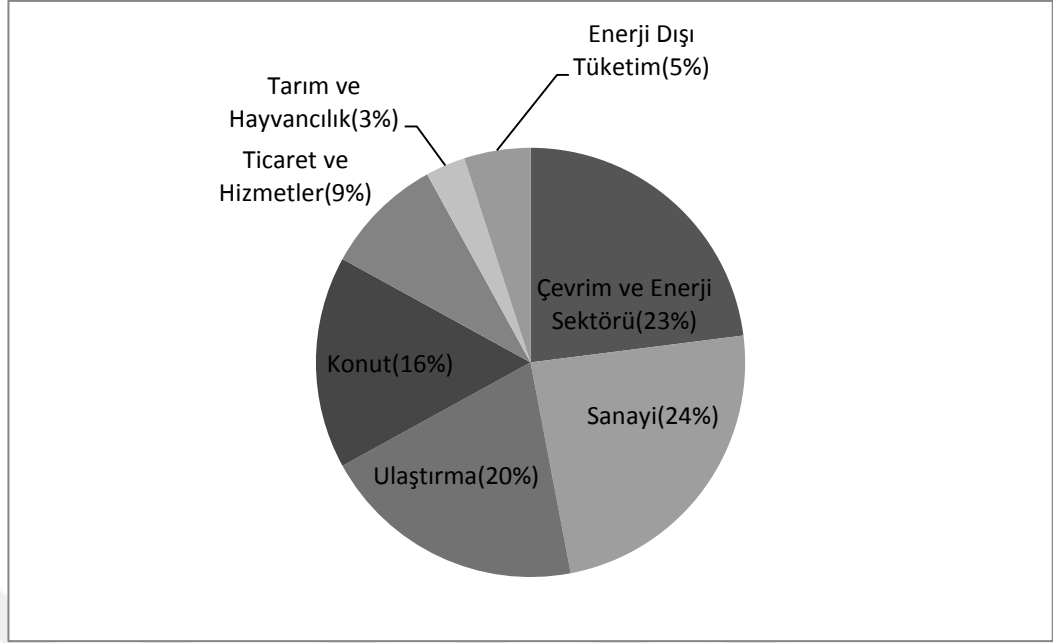
4.3. Türkiye Enerji Görünümü

Ülkemizde de enerji tüketimi halen büyük ölçüde petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtlara dayalıdır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Şekil 4.4’de Türkiye birincil enerji arzı kaynaklar bazında oranlar gösterilmektedir.



Şekil 4.4. 2017 yılı Türkiye birincil enerji arzı kaynaklar oranı

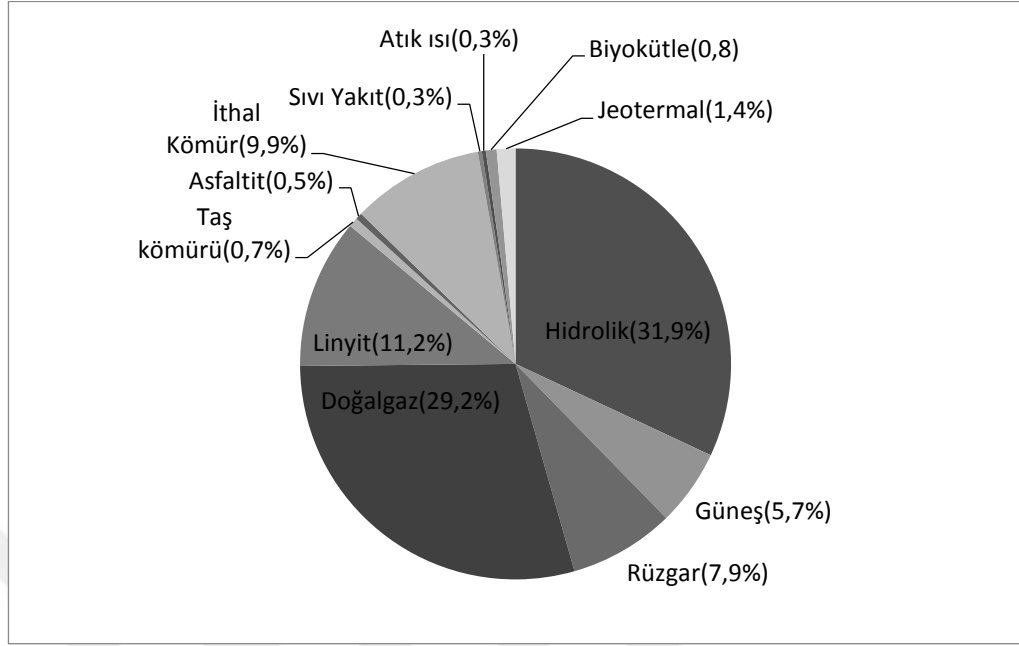
2017 yılı Türkiye birincil enerji arzı kaynaklar oranına göre fosil yakıtlar toplamı % 88,1'lik bir pay almaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Şekil 4.5'de gösterildiği gibi Türkiye birincil enerji tüketiminin sektörel dağılımına baktığımızda ise en büyük payın sanayi sektöründe olduğunu görüyoruz.



Şekil 4.5. Türkiye birincil enerji tüketiminin sektörel dağılımı

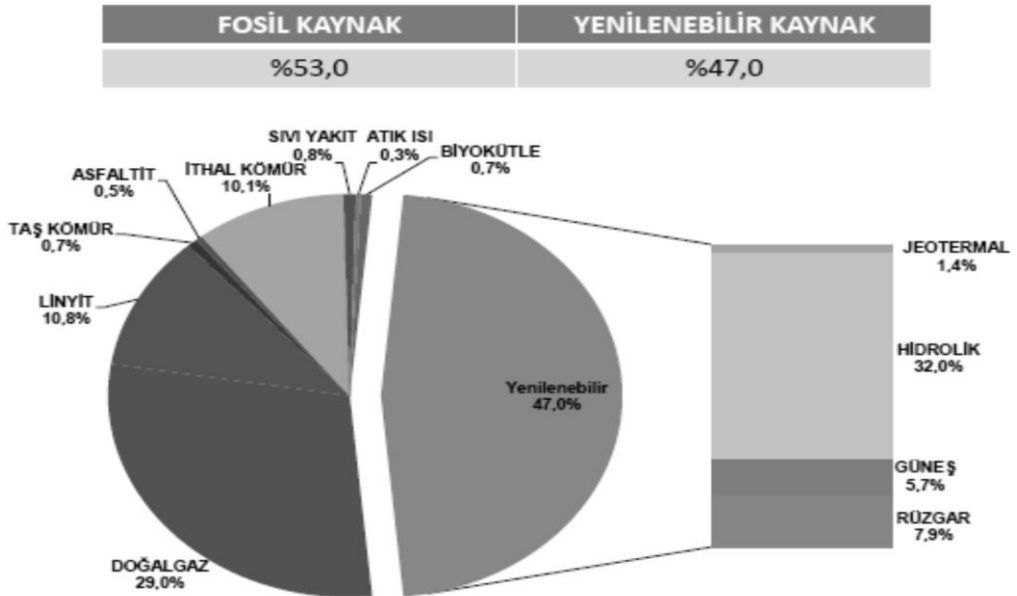
4.3.1. Türkiye elektrik üretimi ve tüketimi

Ülkemizde 2002 yılında 129.400 GWh olan elektrik üretimi, 2018 yılı sonu itibariyle 300.717 GWh olarak gerçekleşmiştir. 1980’li yılların ortasında 10.000MW’ın altında olan kurulu güç, 2018 sonu itibariyle 88.550MW seviyesine çıkmıştır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Şekil 4.6’da gösterildiği gibi 2018 yılı sonu itibariyle kurulu gücümüzün %31,9’su hidrolik, %29,2’si doğal gaz, %21,8’i kömür, %7,9’sı rüzgâr ve %9,2’si ise diğer kaynaklardan oluşmaktadır.



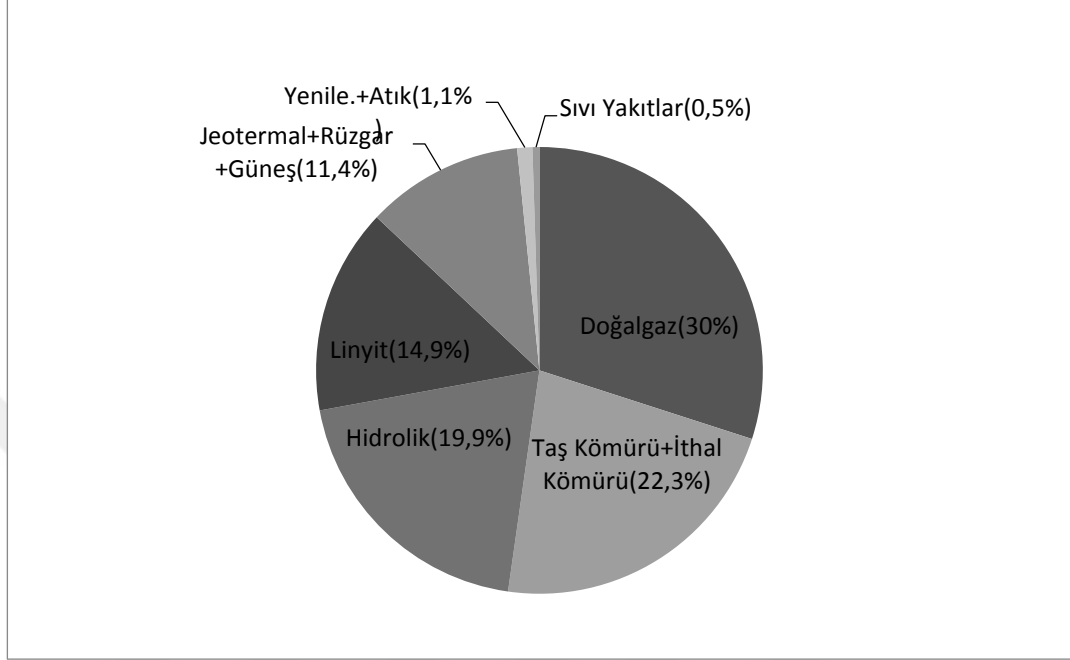
Şekil 4.6. 2018 sonu itibarıyla kurulu gücün kaynaklara dağılımı (%)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Şekil 4.7’de gösterildiği gibi 2018 yılı sonu itibarıyla kurulu gücümüzün %53’ü fosil kaynaklardan, %47’si yenilenebilir kaynaklardan oluşmaktadır.



Şekil 4.7. 2018 sonu itibarıyla kurulu gücün kaynaklara dağılımı(%)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre  ekil 4.8’de gösterildiği gibi 2018 yılı sonu itibarıyla toplam elektrik üretimimizin %67,7’si fosil kaynaklardan, %32,3’  yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır.



Şekil 4.8. 2018 Yılı sonu itibarıyla elektrik üretiminin kaynaklara dağılımı(%)

2018 yılı sonu itibarıyla toplam elektrik üretimimizin %51,2’si ithal kaynaklardan, %48,8’i yerli enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Elektrik  retiminde özel sektörün payı giderek artarak 2018 yılı sonu itibarıyla %84,8 (TETAş portföyünde yer alan Y -Y D- HD santralleri dahil) düzeyine ulaşmıştır.

4.4. Türkiye Elektrik Piyasası Genel Görünümü

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Tablo 4.1’de 2018 yılı sonu itibariyle Türkiye Elektrik Piyasası Genel Görünümüne ilişkin veriler gösterilmiştir.

Tablo 4.1. 2018 yılı elektrik piyasası genel görünümü

Konu Başlığı	Birim	2018 Yılı Değeri
Lisanslı Kurulu Güç	MWe	83.187,05
Lisanslı Üretim	GWh	295.442,15
En Yüksek Ani Puant	MW	46.160
En Düşük Ani Puant	MW	18.212
Lisanssız Üretim	GWh	8.212,41
Lisanssız Kurulu Güç	MWe	5.310,57
YEKDEM Üretim	MWh	62.608.517
YEKDEM Ödeme Tutarı	TL	21.979.237.357
Ortalama YEKDEM fiyatı	TL/MWh	351,1
YEKDEM Ek Maliyeti	TL/MWh	31,75
Fiili Tüketim	GWh	302.772,30
Faturalanan Tüketim	MWh	233.610.029,54
Tüketici Sayısı	Adet	43.653.910
İthalat	GWh	2.466,01
İhracat	GWh	3.073,60
Ağırlıklı Ortalama PTF	TL/MWh	233,101
Ağırlıklı Ortalama SMF	TL/MWh	234,436

4.4.1. Lisanslı üretim

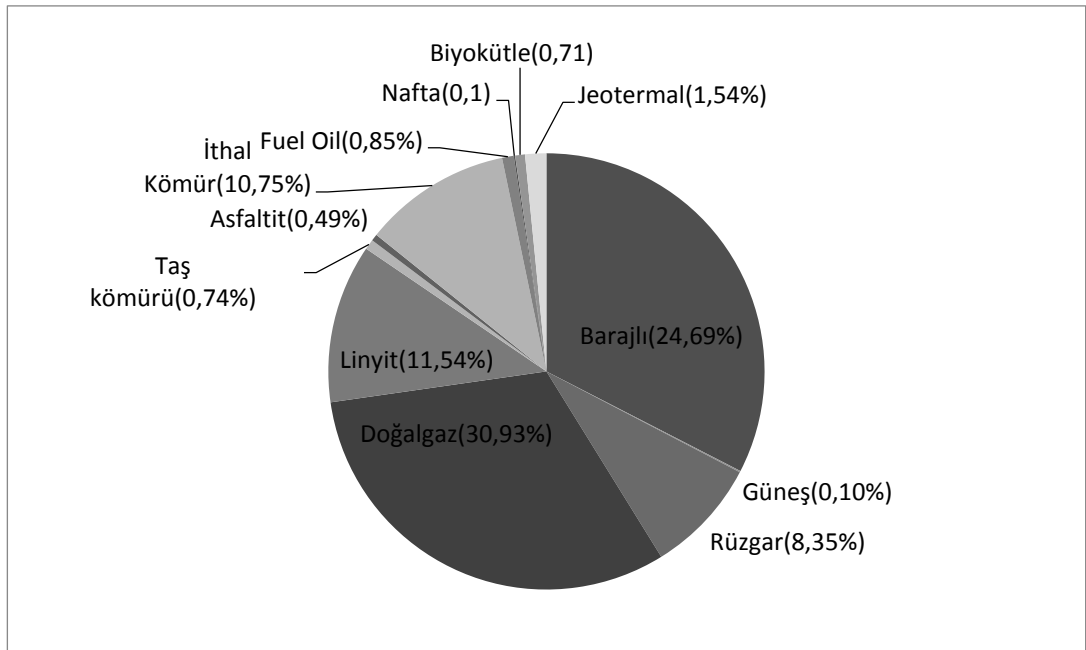
Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Tablo 4.2’de 2018 yılı lisanslı elektrik üretim değerleri verilmiştir. Lisanslı elektrik üretiminin kaynak bazında gelişimine baktığımızda jeotermal, rüzgar, güneş ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı her geçen yıl artmaktadır.

Tablo 4.2. 2018 yılı lisanslı kaynak bazında elektrik üretimi

Kaynak Türü	2018 Değeri (GWh)	Pay (%)
DOĞAL GAZ	91.227,14	30,88
İTHAL KÖMÜR	62.949,64	21,31
BARAJLI	40.961,45	13,86
LİNYİT	45.055,29	15,25
RÜZGAR	19.891,37	6,73
AKARSU	18.975,98	6,42
JEOTERMAL	7.611,58	2,58
TAŞ KÖMÜR	3.005,55	1,02
ASFALTİT KÖMÜR	2.328,50	0,79
BİYOKÜTLE	2.410,00	0,82
MOTORİN	0,98	0,00
FUEL OİL	957,98	0,32
GÜNEŞ	65,56	0,02
LNG	1,12	0,00
Genel Toplam	295.442,15	100,00

4.4.2. Lisanslı kurulu güç

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre 2018 yılı sonu itibariyle lisanslı kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı yüzde olarak Şekil 4.9’da verilmiş olup, en büyük oran %30,93 ile doğalgazındır. Lisanslı kurulu güç için jeotermal, rüzgar, güneş ve biyokütle kaynaklarının kurulu güç içerisindeki payı her geçen yıl artmaktadır.



Şekil 4.9. 2018 yılı sonu itibariyle lisanslı kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı (%)

4.4.3. Lisanssız üretim

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Tablo 4.3’de 2018 yılı lisanssız kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı değerleri yüzde olarak verilmiş olup en büyük pay güneş enerjisine aittir.

Tablo 4.3. Lisanssız kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı(MWe-%)

Kaynak Türü	Kurulu Güç (MWe)	Oran(%)
Güneş (Fotovoltaik)	5.016,99	94,47
Doğal gaz	153,04	2,88
Biyokütle	79,18	1,49
Rüzgar	51,95	0,98
Hidrolik	8,91	0,17
Güneş (Yoğunlaştırılmış)	0,50	0,01
Genel Toplam	5.310,57	100,00

Lisanssız elektrik üretiminin kaynak bazında dağılımına baktığımızda en büyük oranın yine güneş enerjisine ait olduğunu Tablo 4.4’de görüyoruz.

Tablo 4.4. Lisanssız elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı(MWh-%)

Kaynak Türü	İhtiyaç fazlası olarak sisteme verilen enerji miktarı (MWh)	Oran (%)
Güneş	7.859.766,42	95,71
Biyokütle	205.901,95	2,51
Rüzgar	111.990,43	1,36
Hidrolik	34.750,58	0,42
Genel Toplam	8.212.409,37	100,00

4.4.4. Fatura esaslı elektrik tüketimi

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre faturalanan tüketimin tüketici türüne göre dağılımına baktığımızda ilk üç sıranın sanayi, ticarethane ve mesken tüketimi olduğunu Tablo 4.5’de görüyoruz.

Tablo 4.5. 2018 yılı faturalanan tüketimin tüketici türü bazında serbest tüketici ve abonelere göre dağılımı(MWh)

Tüketici Türü	Abone	Oran (%)	Serbest Tüketici	Oran (%)	Toplam	Oran (%)
Sanayi	49.104.564,12	29,86	47.891.284,07	69,23	96.995.848,19	41,52
Ticarethane	51.769.098,88	31,48	16.520.154,79	23,88	68.289.253,67	29,23
Mesken	50.145.851,17	30,50	4.624.128,39	6,68	54.769.979,56	23,45
Tarımsal	8.675.761,25	5,28	123.383,98	0,18	8.799.145,22	3,77
Sulama						
Aydınlatma	4.738.024,53	2,88	17.778,36	0,03	4.755.802,89	2,04
Genel Toplam	164.433.299,95	100,00	69.176.729,59	100,00	233.610.029,54	100,00

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre faturalanan tüketimin illere göre dağılımına baktığımızda ilk üç sıranın İstanbul, İzmir ve Ankara olduğunu Tablo 4.6’da görüyoruz.

Tablo 4.6. Faturalanan tüketimin illere ve tüketici türüne göre dağılımı(MWh)

İller	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Tarımsal Sulama	Ticarethane	Genel Toplam	Payı (%)
ADANA	107.779,16	1.706.348,39	3.148.643,27	140.867,36	1.603.166,20	6.706.804,38	2,87
ADIYAMAN	29.391,49	268.092,08	466.066,53	63.286,95	272.442,05	1.099.279,10	0,47
AFYONK.	59.946,43	376.838,74	724.148,68	142.651,25	486.584,57	1.790.169,67	0,77
AĞRI	20.628,96	188.868,09	53.043,17	230,29	156.452,03	419.222,55	0,18
AKSARAY	28.059,19	212.031,97	270.209,54	253.001,76	271.816,11	1.035.118,57	0,44
AMASYA	30.901,03	201.159,07	157.435,71	23.002,71	186.718,87	599.217,40	0,26
ANKARA	257.946,46	3.951.312,28	4.228.945,71	158.091,14	5.708.928,50	14.305.224,09	6,12
ANTALYA	172.512,24	2.392.589,89	1.133.113,47	174.467,30	4.402.604,64	8.275.287,54	3,54
ARDAHAN	9.633,91	42.751,18	2.069,41	0,00	70.011,95	124.466,45	0,05
ARTVİN	32.324,24	121.034,35	126.859,36	161,43	115.783,82	396.163,20	0,17
AYDIN	80.509,37	930.143,08	628.096,38	72.793,63	963.161,09	2.674.703,53	1,14
BALIKESİR	103.156,34	931.875,07	1.246.818,79	42.661,91	1.002.345,63	3.326.857,74	1,42
BARTIN	25.123,01	126.425,67	199.381,04	751,43	108.020,96	459.702,11	0,20
BATMAN	23.151,25	293.966,20	279.119,67	26.298,74	265.478,72	888.014,57	0,38
BAYBURT	10.495,34	40.589,37	4.958,29	143,01	42.687,88	98.873,89	0,04
BİLECİK	20.370,95	118.610,43	1.599.571,44	4.636,77	141.118,65	1.884.308,24	0,81
BİNGÖL	12.469,50	117.777,66	63.113,36	451,66	111.722,99	305.535,17	0,13
BİTLİS	24.849,68	131.277,41	28.057,72	38.165,75	134.835,30	357.185,85	0,15
BOLU	28.152,37	180.743,35	383.162,50	1.427,83	349.561,95	943.047,99	0,40
BURDUR	25.251,05	150.370,49	513.151,12	35.401,02	177.843,15	902.016,84	0,39
BURSA	134.891,08	1.959.862,76	7.279.275,18	82.629,31	2.364.947,62	11.821.605,96	5,06
ÇANAKKALE	44.183,10	370.429,77	2.046.043,43	35.264,81	501.730,61	2.997.651,73	1,28
ÇANKIRI	23.081,87	108.419,07	260.450,00	2.296,88	101.691,86	495.939,67	0,21
ÇORUM	41.603,86	294.892,89	238.138,36	22.634,79	267.125,65	864.395,55	0,37
DENİZLİ	79.521,31	672.112,56	1.929.623,01	73.020,57	769.697,23	3.523.974,67	1,51
DİYARBAKIR	50.024,27	755.962,69	644.455,46	496.074,28	806.253,31	2.752.770,00	1,18
DÜZCE	29.673,25	226.872,32	532.869,33	658,70	245.906,92	1.035.980,52	0,44
EDİRNE	31.217,40	267.152,95	319.196,59	113.194,88	347.120,59	1.077.882,40	0,46
ELAZIĞ	36.183,05	283.253,08	397.421,57	43.665,58	419.152,27	1.179.675,54	0,50
ERZİNCAN	20.012,89	117.713,06	168.956,12	11.931,77	151.457,92	470.071,76	0,20
ERZURUM	49.197,69	362.683,36	66.654,56	2.199,75	399.120,23	879.855,59	0,38
ESKİŞEHİR	49.113,11	555.277,72	1.574.864,43	176.879,97	629.277,42	2.985.412,65	1,28
GAZİANTEP	79.115,80	1.181.216,57	4.936.336,02	125.881,44	1.156.706,92	7.479.256,75	3,20
GİRESUN	62.314,92	296.857,77	75.616,15	280,44	226.776,75	661.846,04	0,28
GÜMÜŞHANE	20.042,76	67.781,18	227.175,32	415,60	69.168,55	384.583,41	0,16
HAKKARİ	11.547,33	109.124,04	3.226,88	47,18	120.487,38	244.432,82	0,10
HATAY	87.371,26	1.161.012,37	2.187.331,12	206.563,49	928.918,78	4.571.197,02	1,96
İĞDIR	14.182,67	80.293,66	6.048,54	832,96	90.916,23	192.274,05	0,08
ISPARTA	40.572,11	269.702,45	438.418,17	56.790,42	380.085,14	1.185.568,30	0,51
İSTANBUL	513.804,28	11.684.879,25	10.264.977,68	5.934,62	17.982.523,02	40.452.118,85	17,32
İZMİR	230.094,27	4.209.803,25	7.370.266,79	384.751,79	4.261.980,50	16.456.896,60	7,04

İller	Aydınlatma	Mesken	Sanayi	Tarım sal Sulama	Ticarethane	Genel Toplam	Payı (%)
KAHRAMANM.	63.848,15	543.425,39	2.606.978,84	70.377,10	752.339,30	4.036.968,79	1,73
KARABÜK	25.207,03	142.881,86	241.732,56	1.131,91	154.910,36	565.863,71	0,24
KARAMAN	17.351,27	132.295,08	263.615,79	226.390,11	174.422,33	814.074,58	0,35
KARS	14.509,04	106.766,88	55.356,23	153,43	141.492,87	318.278,44	0,14
KASTAMONU	46.872,96	224.802,32	441.399,60	4.354,37	212.236,14	929.665,39	0,40
KAYSERİ	110.895,78	776.304,66	1.807.275,58	164.328,09	792.785,69	3.651.589,80	1,56
KIRIKKALE	22.709,14	162.983,39	212.290,92	3.876,56	168.595,25	570.455,26	0,24
KIRKLARELİ	29.634,30	236.474,45	1.698.767,92	8.297,80	346.075,37	2.319.249,83	0,99
KİRŞEHİR	22.145,31	133.350,23	88.426,54	25.177,51	137.889,26	406.988,85	0,17
KİLİS	10.109,11	105.036,43	42.735,39	18.670,78	99.287,15	275.838,86	0,12
KOCAELİ	90.936,36	1.222.315,12	7.320.666,93	5.038,72	1.625.650,49	10.264.607,62	4,39
KONYA	151.806,84	1.240.866,17	2.039.728,88	1.346.091,68	1.572.630,55	6.351.124,12	2,72
KÜTAHYA	46.171,69	305.933,61	948.553,55	6.071,32	311.626,78	1.618.356,94	0,69
MALATYA	53.480,50	412.151,83	642.439,99	96.531,39	450.944,08	1.655.547,79	0,71
MANİSA	80.672,22	937.316,30	2.204.596,39	305.796,76	1.107.959,15	4.636.340,82	1,98
MARDİN	17.323,11	372.147,37	377.236,06	604.010,99	383.504,43	1.754.221,94	0,75
MERSİN	104.094,75	1.364.994,94	1.353.472,02	178.180,65	1.434.175,46	4.434.917,82	1,90
MUĞLA	81.856,22	1.010.289,25	734.822,41	42.317,76	1.766.505,45	3.635.791,10	1,56
MUŞ	19.683,72	144.373,66	113.069,57	1.765,54	125.229,09	404.121,58	0,17
NEVŞEHİR	34.224,89	179.947,31	157.348,44	160.030,46	230.474,02	762.025,12	0,33
NİĞDE	32.849,89	181.839,29	502.662,65	167.256,21	210.566,66	1.095.174,70	0,47
ORDU	72.949,16	464.784,16	374.925,56	264,98	350.199,63	1.263.123,49	0,54
OSMANİYE	28.486,08	309.173,88	3.444.287,33	16.187,09	251.696,72	4.049.831,11	1,73
RİZE	50.184,66	242.077,68	235.649,05	3,57	222.676,45	750.591,41	0,32
SAKARYA	63.963,14	665.820,65	2.224.727,39	9.195,41	786.462,44	3.750.169,02	1,61
SAMSUN	102.495,07	846.888,04	1.447.994,86	36.773,11	770.044,54	3.204.195,63	1,37
SİNOP	24.826,03	151.656,28	87.350,87	1.359,96	101.844,08	367.037,22	0,16
SİVAS	54.474,84	326.995,96	571.712,44	39.294,20	337.842,26	1.330.319,70	0,57
ŞANLIURFA	58.689,38	986.730,83	685.984,06	2.030.013,58	987.828,08	4.749.245,92	2,03
ŞIRNAK	16.956,79	196.190,54	21.223,48	46.460,07	319.520,30	600.351,17	0,26
TEKİRDAĞ	77.491,30	579.582,59	5.177.472,74	14.812,24	802.300,62	6.651.659,49	2,85
TOKAT	44.295,36	315.066,72	216.410,59	6.963,37	264.393,94	847.129,97	0,36
TRABZON	95.765,93	626.741,24	219.632,95	799,64	557.563,67	1.500.503,42	0,64
TUNCELİ	10.090,51	43.191,91	9.426,16	1.121,32	59.372,79	123.202,69	0,05
UŞAK	29.142,92	215.196,89	1.151.374,91	19.440,75	223.056,90	1.638.212,37	0,70
VAN	49.344,62	410.002,39	109.730,39	2.620,52	393.131,03	964.828,96	0,41
YALOVA	18.013,34	205.145,06	186.486,02	6.331,59	216.186,30	632.162,31	0,27
YOZGAT	37.139,86	210.447,75	164.852,94	101.338,07	223.628,27	737.406,89	0,32
ZONGULDAK	74.606,90	385.573,18	415.912,13	511,60	311.651,73	1.188.255,53	0,51
Genel Toplam	4.755.802,89	54.769.979,56	96.995.848,19	8.799.145,22	68.289.253,67	233.610.029,54	100,00

4.4.5. İthalat ve ihracat

2018 yılında ülkemizden Bulgaristan, Gürcistan, Yunanistan gibi ülkelere toplam 2.466.009,25 MWh'lik elektrik ithalatı gerçekleştirilmiştir. Yine 2018 yılında ülkemizden Bulgaristan, Gürcistan, Yunanistan gibi ülkelere toplam 3.073.600,77 MWh'lik elektrik ihracatı gerçekleştirilmiştir.

4.4.6. YEK destekleme mekanizması (YEKDEM)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Tablo4.7' de gösterildiği gibi 2018 yılında YEKDEM kapsamında faaliyet gösteren toplam kurulu gücü 19.266,29 MW olan 708 adet lisanslı şirket bulunmaktadır.

Tablo 4.7. Yıllar itibariyle lisanslı YEKDEM katılımcı sayısı (Adet)

Türü	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Güneş	-	-	-	-	-	-	2	3
Hidrolik	4	44	14	40	126	388	418	447
Rüzgar	9	22	3	21	60	106	141	151
Biyokütle	3	8	15	23	34	42	57	70
Jeotermal	4	4	6	9	14	20	29	37
Genel Toplam	20	78	38	93	234	556	647	708

YEKDEM kurulu gücünün kaynak türüne göre dağılımına baktığımızda hidrolik ve rüzgar santrallerin en büyük paya sahip olduğunu Tablo 4.8'de görüyoruz.

Tablo 4.8. Yıllar itibariyle lisanslı YEKDEM katılımcılarının kurulu gücü(MW)

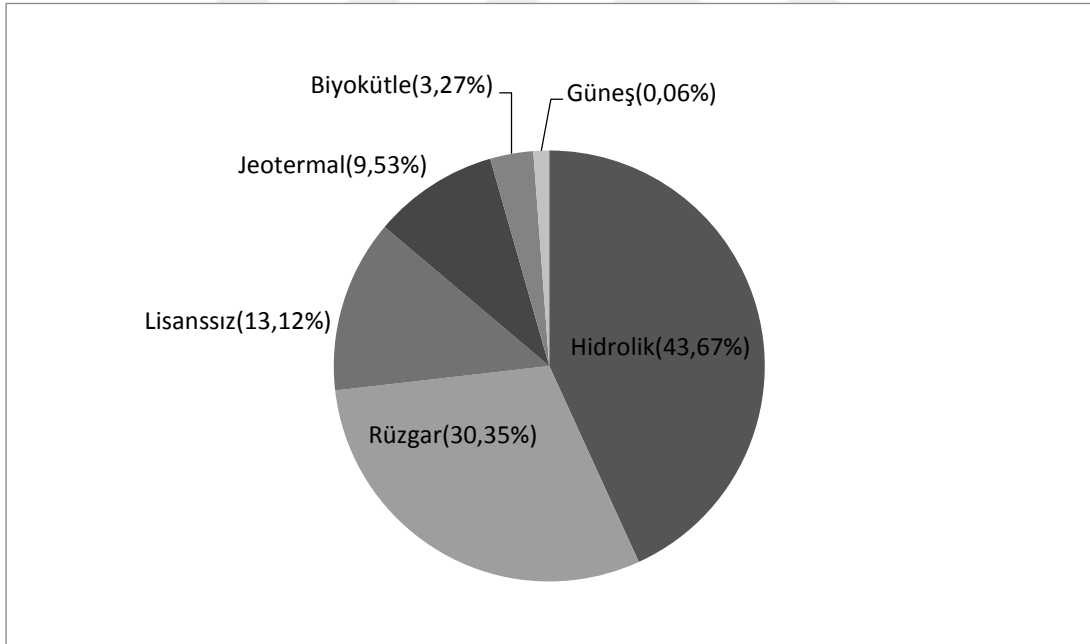
Türü	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Güneş	-	-	-	-	-	-	12,90	13,90
Hidrolik	21	930	217	598	2.116,33	9.960,00	11.096,26	11.706,41
Rüzgar	469	685	76	825	2.732,14	4.319,83	5.238,70	6.199,99
Jeotermal	72	72	140	228	389,92	599,16	752,11	996,78
Biyokütle	45	73	101	147	185,23	203,72	299,97	349,21
Genel Toplam	608	1.760	534	1.798	5.423,63	15.082,72	17.399,94	19.266,29

Lisanssız elektrik üretimi kapsamında 2018 yılı sonu itibariyle 5.310,37MW'lık kurulu gücün doğal gaz hariç 5.157,53 MW'lık kısmı da YEKDEM kapsamında işlem görmektedir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Tablo 4.9'da gösterildiği gibi lisanssız santraller de dahil olmak üzere YEKDEM kapsamındaki kurulu gücün Türkiye kurulu gücüne oranı 2017 yılında %24,28 iken, 2018 yılında bu oran %27,60 olmuştur.

Tablo 4.9. Yıllar itibariyle YEKDEM katılımcılarının yıllık üretim miktarları (MWh)

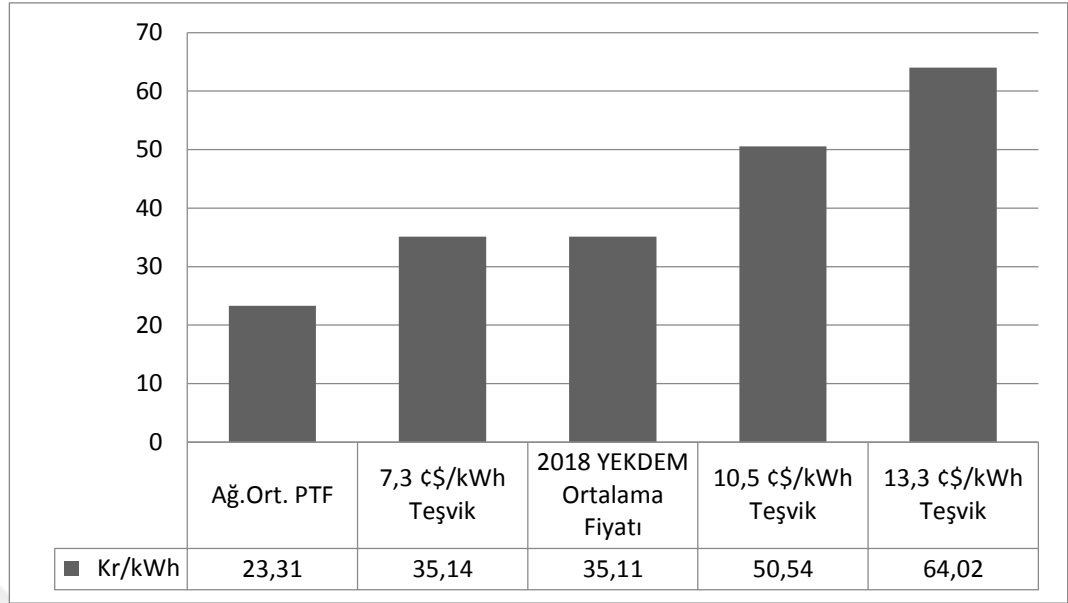
Türü	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Güneş	-	-	-	-	-	24.268	39.140
Lisanssız	-	-	-	222.724	1.134.024	3.031.558	8.212.478
Hidrolik	2.296.04	528.646	1.072.83	5.683.331	25.520.25	24.417.13	27.338.75
Rüzgar	2.081.74	234.000	2.378.81	8.275.992	14.163.40	16.765.41	19.002.86
Jeotermal	487.364	857.527	1.436.57	2.710.856	3.706.764	4.503.345	5.968.202
Biyokütle	374.002	750.715	925.516	1.050.796	1.306.057	1.789.053	2.047.082
Genel Toplam	5.239.158	2.370.8	5.813.74	17.943.69	45.830.50	50.530.77	62.608.51

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre 2018 yılı YEKDEM kapsamındaki üretiminin kaynak türlerine dağılımı Şekil 4.10'da gösterilmektedir. En fazla üretim sırasıyla hidrolik ve rüzgardan elde edilmiştir.



Şekil 4.10. 2018 yılı YEKDEM üretiminin kaynaklara dağılımı (%)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılı raporundaki verilere göre Şekil 4.11'de 2018 yılı için YEKDEM'de yer alan santrallerin tabi oldukları teşvik miktarları ve YEKDEM Ortalama Fiyatı ile GÖP fiyatı beraber gösterilmiş olup bahar aylarında YEKDEM fiyatı ile GÖP fiyatı arasındaki farkın açıldığı gözlenmektedir.



Şekil 4.11. YEKDEM ve GÖP fiyatlarının 2018 yılı ortalaması(Kr/kWh)

5. ESKİŞEHİR İLİNDE KURULABİLECEK RÜZGAR ENERJİ SANTRALİNİN EKONOMİK ANALİZİ

5.1. Araştırma Konusunun Seçimi

Günümüz dünyasında ülkeler kendi enerjisi ihtiyaçlarını dışa bağımlı olmadan karşılayabildikleri ölçüde bağımsızdırlar. Son yıllarda Dünya'daki ve özellikle Avrupa'daki ülkelerin dışa olan bağımlılığı azaltmasından dolayı yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi üretiminde kullanılması için yaptığı çalışmalar artmış olup, bu kapsamda ülkelerin rüzgar potansiyellerinin kullanarak enerjisi üretmeleri ekonomilerine büyük bir katma değer sağlayacaktır.

Türkiye, Dünya'da rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından karşılaştırıldığında oldukça verimli bir ülke olmasına rağmen, hem ekonomik hem de çevresel hedefleri açısından bu potansiyeli kullanmada istenilen düzeye ulaşamamıştır.

Bu çalışmada Türkiye'nin hem dışa bağımlılığını azaltmak, hem de ekonomisine katma değer sağlamak için İç Anadolu bölgesinde yer alan Eskişehir ilinin mevcut rüzgar potansiyelini kullanarak bir rüzgar enerji santrali kurulması ile ilgili bir çalışma planlanmıştır.

5.2. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Eskişehir ilinin mevcut rüzgar potansiyelini kullanarak bir rüzgar enerji santrali kurulması ile ilgili RETScreen yazılımından yararlanarak hesaplanan değerlere göre çıkan sonucun ekonomik yönden uygun olup olmayacağı amaçlanmıştır.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde yapılan yatırımların kısa sürede kendisini amorti edip kara geçmesi beklenir. Biz de yapacağımız bu çalışma ile yapılan yatırımın ne kadar sürede kendisini amorti edip kara geçmiş olduğunu görüyor olacağız. Böylece ülkemizin mevcut enerji kaynaklarından etkili ve verimli yararlanarak enerjide dışa olan bağımlılığımızı azaltmış olacağız.

5.3. Araştırmanın Kapsamı

Bu çalışmada Eskişehir ilinde rüzgar enerji santrali yapılabilecek bir bölge için RETScreen programı kullanılarak farklı kurulu güçlerde yapılacak olan rüzgar enerji santrali yatırımlarının fizibilite analizi yapılarak birbirleriyle karşılaştırılacaktır.

Yapılacak çalışma ile Eskişehir ilinde rüzgar enerji santrali yapılabilecek bir bölge için farklı sayıda 2.0 MW'lık VESTAS V90 -105M türbini seçilerek, kullanılacak türbin adedine göre şebekeye verilen yıllık elektrik miktarları hesaplanacaktır.

Program yardımıyla 5, 10 ve 20 adet türbin kullanılarak inşası planlanan santraller için detaylı maliyet analizi yapılacaktır. Ayrıca kurulması düşünülen rüzgar enerji santrallerinin yıllık işletme maliyetleri hesaplanacaktır. Yapılacak bu fizibilite çalışmasında kurulması düşünülen rüzgar enerji santrallerinin RETScreen programı ile finansal parametreler, maliyet ve tasarruflar, yıllık nakit akışları, yıllık ciro ve finansal sürdürülebilirlik değerleri elde edilerek projenin kaç yılda kendini amorti edebileceği belirlenecek ve yıllık nakit akışları değerleri hesaplanacaktır.

5.4. Materyal ve Metot

“Eskişehir ili için rüzgar enerjisi potansiyeli ile ilgili 2014 yılında Hasan D. YILDIZAY, Haydar ARAS ve Veysel YILMAZ tarafından Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Meşelik Kampüsü'ndeki rüzgar ölçüm istasyonundan alınan veriler bölgesel olarak detaylandırılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi sonucunda rüzgar enerjisi kaynaklı enerji üretiminin ekonomik olup olmadığı tespit edilmiştir. (Yıldızay ve arkadaşları 2014).”

“Eskişehir bölgesi rüzgar enerjisi potansiyeli Mehmet KURBAN, Yeliz MERT KANTAR , Fatih Onur HOCAOĞLU tarafından 2005 yılı Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında saatlik olarak ölçülen rüzgar hızı verilerine dayanarak, Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü’ndeki rüzgar enerjisi potansiyeli istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bölgenin rüzgar enerji potansiyeli araştırmasında Weibull ve Rayleigh dağılımları kullanılmıştır. Ortalama hız, standart sapma, enerji ve güç yoğunluğu tahmininde kullanılan Weibull ve Rayleigh dağılımlarının parametreleri, En Küçük Kareler Yöntemi ile belirlenmiştir. Yapılan bu ön araştırma sonucunda kampusun rüzgar enerjisi potansiyelinin istatistiksel olarak elektrik enerjisi üretimi bakımından uygun olduğu görülmüştür.(Kurban ve arkadaşları 2005).”

“Eskişehir ili için rüzgar enerjisi potansiyeli ile ilgili 2006 yılında Fatih Onur HOCAOĞLU, Mehmet KURBAN, Ümmühan BAŞARAN FİLİK tarafından yapılan çalışmada rüzgar potansiyelinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan WASP yazılımı tanıtılmış ve örnek bir uygulama olarak Eskişehir bölgesinde bulunan Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsünden 1 saat aralıkla ölçülüp kaydedilmiş olan rüzgar hızları ve yönleri verileri kullanılarak rüzgar türbini simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon sonucu ele alınan rüzgar türbinine ait olası enerji üretimi 849,421MWsaat olarak hesaplanmıştır. (Hocaoğlu ve arkadaşları 2006).”

Bu çalışmada daha önce yapılan çalışmadan farklı metotlar kullanılmıştır. Eskişehir bölgesi için “ RETScreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımı” kullanılarak ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Eskişehir İstasyonundan alınan rüzgar enerjisi veriler karşılaştırılmıştır.

5.4.1. RETScreen

RETScreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımı, yatırımcılara, kullanıcılara Kanada Hükümeti tarafından tümüyle ücretsiz olarak sağlanarak dünya genelinde temiz enerji projeleri ile ilgili çalışmalarda kolaylıklar sağlamıştır.

5.4.2. Eskişehir ilinin coğrafi konumu

29-32 derece doğu boylamları ile 39-40 derece kuzey enlemleri arasında yer alan Eskişehir coğrafi özelliklerini genel olarak İç Anadolu Bölgesi'nden alır. Gece ve gündüz arasındaki ısı farkı olan Eskişehir’de sert bir kara iklimi etkilidir.

Tablo 5.1. Eskişehir ilinde kurulabilecek rüzgâr enerjisi santrali güç kapasitesi

Rüzgar hızı (m/s)(50m)	Rüzgar gücü (W/m ²)(50m)	Toplam alan (km ²)	Toplam kurulu güç(MW)
6,8 – 7,5	300-400	8,22	41,12
7,5 – 8,1	400-500	0,00	0,00
8,1 – 8,6	500-600	0,00	0,00
8,6 – 9,5	600-800	0,00	0,00
> 9,5	> 800	0,00	0,00
Toplam		8,22	41,12

5.4.4. Eskişehir ilinin rüzgar yönü ve hızı

Eskişehir’de egemen rüzgar, yıl içinde toplam 5.533 kez esen batıdır.(Günbatısı) Bunu doğu (Güneydoğusu) ve kuzeybatı (Karayel)rüzgarları izlemektedir. Merkez ilçede en hızlı rüzgar kuzey (Yıldız) ve kuzeybatı (Karayel) rüzgarlarıdır. Yıllık en kuvvetli rüzgar Temmuz ayında NW(kuzeybatı) ve N(kuzey) yönlerinden ortalama 3 m/sn hızla eser. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Eskişehir istasyonundan alınan verilere göre yıllara göre Eskişehir için hakim rüzgar yönü aylara göre Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2. Eskişehir ilinin rüzgar yönü

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Yön	E	E	W	W	W	W	W	W	W	W	E	E

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Eskişehir istasyonundan alınan verilere göre yıllara göre Eskişehir için ortalama hızları Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3. Eskişehir ilinin rüzgar hızı

Yıllar	Ortalama Hız(m/s)
2007	1,655
2008	1,739
2009	1,725
2010	2,01
2011	1,72
2012	1,80
2013	1,68
2014	1,71
2015	1,717

5.4.5. Eskişehir ilinin atmosfer basıncı ve sıcaklık değerleri

Yıllık sıcaklık ortalaması, 10.9° olan Eskişehir ilinde yılın en soğuk ayı -1,5° ile ocak ,en sıcak ay ise 21,4° temmuz ayıdır. Yıllık ortalama atmosferik basınç 91 kPa olan Eskişehir’de Ağustos ayında en yüksek değere ulaşmaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Eskişehir istasyonundan alınan verilere göre yıllara göre Eskişehir için ortalama sıcaklık değerleri Tablo 5.4’de verilmiştir.

Tablo 5.4. Eskişehir ilinin ortalama sıcaklık değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ort.Sic.	-1,5	1,3	4,9	10,4	15,1	18,8	21,4	21,2	17,1	12	6,7	2,2

5.5. RETScreen ile rüzgar analizi

5.5.1. Proje uygulama bölge seçimi

RETScreen programı ile RES Projesi için Fizibilite Analizi basit veya detaylı olarak yapabilmektedir. Programın basit ve detaylı analizindeki farklılık, programa santral maliyetlerinin farklı şekilde tanımlanmasıdır. Detaylı analiz ile bütün maliyetlerin teker teker programa tanımlanması sağlanırken; basit analizde bu maliyetler toplu şekilde tanımlanmaktadır.

Rüzgâr veri yeri olarak RETScreen yazılımından Eskişehir seçildiğinde 10 m. yükseklik için ortalama rüzgar hızı 3,2 m/s olarak hesaplanmaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Eskişehir istasyonundan alınan verilere göre bu değer biraz yüksek olduğunu görüyoruz. Daha sağlıklı olarak hesaplama yapmak için

bu çalışmada Eskişehir için 10 m. yükseklik için yıllık ortalama rüzgâr hızı 2,6 m/s seçilerek devam edilmiştir.

5.5.2. Enerji modeli

Programın Enerji modeli bölümünde türbin tipi ve gücünü seçerek yıllık üretililecek maksimum enerji miktarını elde edebiliriz.

Ülkemizde son yıllarda yapılan Rüzgar Enerjisi Santrallerinde 2 MW ve 2 MW üstü güce sahip türbinler kullanılmaktadır. Bu çalışmamızda ülkemizdeki santrallerde de kullanılan 80,95,105 metre göbek yüksekliği bulunan, 2.0 MW gücündeki VESTAS V90 rüzgar türbinleri tercih edilmiştir.

“Bir türbinin rüzgârdaki enerjiyi elektriğe dönüştürebilme oranına kapasite faktörü denir. Türbinin yıllık enerji üretim miktarının, türbin tarafından “nominal güçte” yılda üretililecek teorik enerji miktarına oranı olarak ifade edilebilir. (Kıncay, 2012).” Rüzgâr enerji santralleri için kapasite faktörü genellikle % 25 ile % 35 arasında değişmektedir.

Bu çalışmada kullanılan türbin sayıları sırasıyla 5,10 ve 20 olup her biri 2MW gücünde olup toplam kurulu güçler ise sırasıyla 10, 20 ve 40 MW’tır. Şekil 5.3’de kurulabilecek RES(10MW) için RETScreen yazılımından rüzgâr türbini seçimi sayfası gösterilmektedir.

Rüzgar

Açıklama: Rüzgar türbini

Not:

Seviye

Seviye 1 Seviye 2 Seviye 3

Rüzgar - Seviye 2

Kaynak değerlendirme

Kaynak yöntemi: Rüzgar hızı

Rüzgar hızı - yıllık: M/s 2,6

Ölçüm yeri: M 10

Rüzgar kesmesi kuvveti: 0,3

Hava sıcaklığı - yıllık: °C 11

Atmosferik basınç - yıllık: kPa 91

İklim verileri

Türkiye - Eskişehir (Tur-AFB)

3,2

10

11,1

91,1

Rüzgar türbini

Türbin başına güç kapasitesi: kW 2.000

İmalatçı: Vestas

Model: VESTAS V90-2.0 MW - 105M

Türbin sayısı: 5

Güç kapasitesi: kW 10.000

Bağlantı noktası yüksekliği: M 105

Türbin başına rotor çapı: M 90

Türbin başına taranan alan: M² 6.361,73

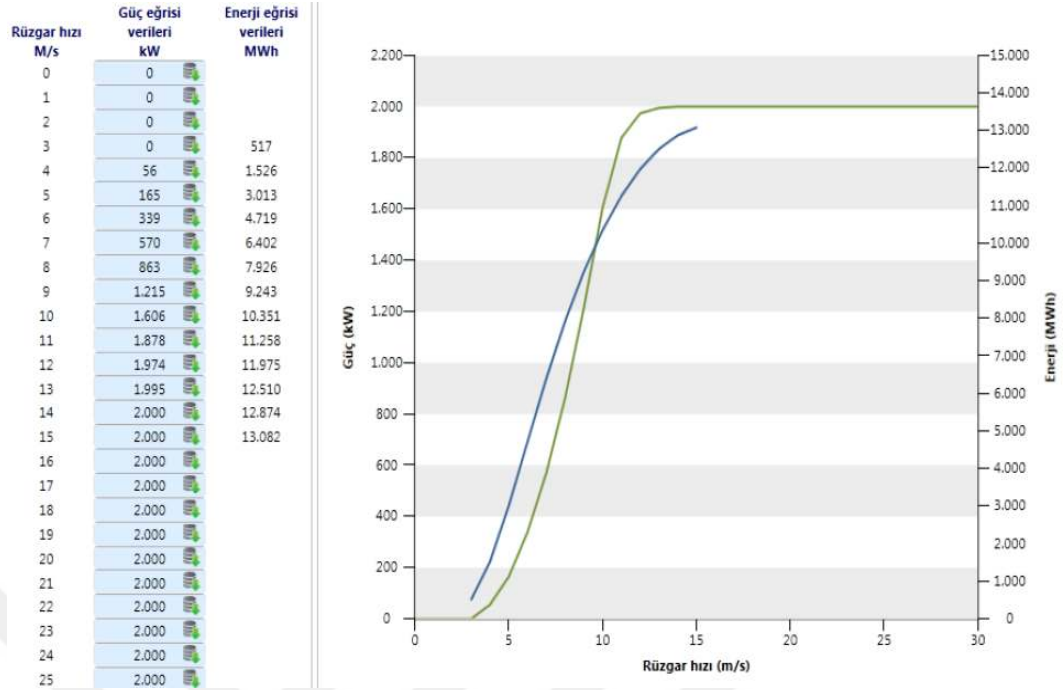
Enerji eğrisi verileri: Standart

Şekil faktörü: 2

5,3 M/s

Şekil 5.3. Kurulabilecek RES(10MW) için RETScreen yazılımından rüzgâr türbini seçimi

Şekil 5.4.'de sunulan, türbinin güç ve enerji eğrisi değerleri RETScreen yazılımı kütüphanesinden elde edilmiştir.



Şekil 5.4. Seçilen türbinin güç ve enerji eğrisi verileri

Programın enerji modeli sayfasında elektrik satış fiyatı tarafımızdan 87 \$/MWh olarak girilmiştir. Bu değer Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun aylık olarak yayınladığı raporlarda 2019 yılı ekim ayı raporundaki 2019 yılı Ocak-Ekim arası ortalama YEKDEM fiyatı ile 2019 yılı ekim ayı için Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın yayınladığı dolar kuruna göre hesaplanmıştır.

Şekil 5.5'de kurulabilecek RES(10MW) için RETScreen yazılımından hesaplanan üretilen elektrik miktarı değerleri gösterilmektedir. Kullanılacak türbin adedine göre şebekeye verilen yıllık elektrik miktarı Tablo 5.5.'de sunulmuştur.

Tablo 5.5. Türbin sayısına göre şebekeye verilen elektrik gücü

Türbin Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Şebekeye Verilen Elektrik(MWh)
5	10	19.719
10	20	39.438
20	40	78.876

Özet

Kapasite faktörü	%	22,5%	
İlk maliyetler	\$/kW		\$
	\$		
İşletme ve Bakım maliyetleri (tasarrufları)	\$/kW-yıl	94,77	\$
	\$	947.678	
Elektrik ihracat fiyatı		Şebekeye verilen elektrik - yıllık	
	\$/MWh	87	
Şebekeye verilen elektrik	MWh	19.719	
Elektrik ihraç geliri	\$	1.715.584	

Şekil 5.5. Kurulabilecek RES(10MW) için RETScreen yazılımından hesaplanan üretilen elektrik miktarı

5.5.3. Maliyet analizi

RETScreen yazılımı maliyet analizi kısmında tercih edilebilecek iki yöntem vardır. Birinci yöntem daha basit, sade maliyetlerle hesaplama yaparken; ikinci yöntem daha detaylı bir hesaplama yapılmasını sağlar. Tablo 5.6'da türbin kullanılarak yapılan santralin yıllık işletme maliyetleri hesaplamaları gösterilmektedir.

Tablo 5.6. Detaylı yıllık işletme maliyetleri tablosu

Maliyet Adı	Birim	Miktar	Birim Maliyeti(\$)	Maliyet(\$)	Açıklama
Bakım ve Onarım	Türbin	5	\$6.000	\$30.000	Tek türbin fiyatının%0,3'ü civarındadır.
Arazi ve Kaynak Kiralama	Dönüm	50	\$100	\$5.000	Türbin için 10 dönüm alana ihtiyaç vardır.
Sigorta	Türbin	1	\$240.000	\$240.000	Tüm santral maliyetinin %2'si civarındadır.
Yedek Parçalar ve İşgücü	Santral	5	\$24.000	\$120.000	Türbin başına \$24.000 parça ihtiyacı olmaktadır.
Genel ve İdari	Ay	12	\$5.000	\$60.000	Aylık olarak 5.000 belirlenmiştir.
Yıllık Yedekte Tutma	Maliyet	19.719	\$3,5	\$69.016	Santral enerji kapasitesine göre ayrılan yedektir.
Amortisman	Türbin	5	\$80.000	\$400.000	1/teknik ömür oranında amortisman ayrılmıştır.
Sistem Kullanım-Sistem İşletim Bedeli	Maliyet	19.719	\$0,12	\$23.662	0,12 dolar cent/kWh olarak kabul edilmiştir
TOPLAM				\$947.678	

Sektörde kabul edilen genel geçer kural baz alınarak 1 MW kurulu güç başına 1.200.000 dolar yatırım tutarı öngörülmüştür.

Programda 5, 10 ve 20 adet türbin kullanılarak inşası planlanan santraller için detaylı maliyet analizi yapılmıştır. Bu analizlerden 5 türbin kullanılarak yapılan analiz, örnek olarak Şekil 5.6.'de gösterilmiştir.



İlk maliyetler (krediler)	Birim	Miktar	Birim maliyet	Miktar	Nisbi maliyetler
Fizibilite etüdü					
☐ Fizibilite etüdü	maliyet ▼	1	\$ 80.000	\$ 80.000	
☐					
Ara Toplam:			\$	80.000	0,6%
Geliştirme					
☐ Geliştirme	maliyet ▼	1	\$ 80.000	\$ 80.000	
☐					
Ara Toplam:			\$	80.000	0,6%
Mühendislik					
☐ Mühendislik	maliyet ▼	1	\$ 160.000	\$ 160.000	
☐					
Ara Toplam:			\$	160.000	1,1%
Elektrik sistemi					
Rüzgar türbini	kW	10.000	\$ 1.200	\$ 12.000.000	
Yol yapımı	km ▼	5	\$ 80.000	\$ 400.000	
İletim hattı	km ▼	5	\$ 80.000	\$ 400.000	
Trafo Merkezi	proje			\$ -	
Enerji verimliliği önlemleri	proje			\$ -	
☐ Kullanıcı tanımlı	maliyet ▼			\$ -	
☐					
Ara Toplam:			\$	12.800.000	90,4%

Sistem dengesi ve diğer				
Yedek parçalar	%	1,0%	\$ 12.000.000	\$ 120.000
Nakliye	proje	1	\$ 125.000	\$ 125.000
Eğitim ve işletmeye alma	p-g	1	\$ 120.000	\$ 120.000
- Kullanıcı tanımlı	maliyet		\$	-
+ Öngörülme giderler	%	5,0%	\$ 13.485.000	\$ 674.250
İnşaat dönemi faizi		12 ay	\$ 14.159.250	\$ -
Ara Toplam:			\$ 1.039.250	7,3%
Toplam ilk maliyetler			\$ 14.159.250	100,0%
Yıllık maliyetler (krediler)				
	Birim	Miktar	Birim maliyet	Miktar
İşletme ve bakım				
Verileri göster			\$	947.678
Parçalar ve işgücü	proje		\$	-
- Kullanıcı tanımlı	maliyet		\$	-
+ Öngörülme giderler	%	5,0%	\$ 947.678	\$ 47.384
Ara Toplam:			\$	995.062

Şekil 5.6. Detaylı maliyet analizi değerleri

Yazılımda kullanılan türbin sayısına göre toplam maliyet ve toplam maliyetin içerisinde yer alan gider başlıklarının yüzdesel oranlarını içeren maliyet analizi, her bölge için de RES kurulumda maliyetin aynı olmasından dolayı tek bir tabloda Tablo 5.7’de gösterilmiştir.

Tablo 5.7. Türbin sayısına göre maliyet analizi

Türbin Sayısı	5 Türbin	10 Türbin	20 Türbin
Kurulu Güç	10 MW	20 MW	40 MW
Toplam Maliyet (\$)	14.159.250	27.856.500	55.251.000
Fizibilite Etüdü (%)	0,6	0,3	0,1
Geliştirme (%)	0,6	0,3	0,1
Mühendislik (%)	1,1	0,6	0,3
Elektrik Sistemi (%)	90,4	91,4	91,9
Sistem Denge-Diğer (%)	7,3	7,5	7,6
Yıllık Maliyetler (\$)	947.678	1.519.358	2.473.112

5.5.4. Emisyon analizi

Yenilenebilir enerji kaynakları, geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla çevreye verdikleri zarar çok daha düşüktür. Emisyon azalımı RES yatırımcısını direkt olarak etkilemese de yapılan yatırımın sonucunda toplumsal ve çevresel kazanımları ifade eder. Kurulu güçlere göre Emisyon Analizi verileri Tablo 5.8.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Kurulu güçlere göre Emisyon Analizi

Kurulu Güç (MW)	Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (MWh)	Yıllık Sera Gazı Emisyon Azalması (tC02)	Tüketilmeyen Ham Petrol Varili	Geri Kazanılan Atık (t)
10 MW	19.719	9.298	21.640	3.210
20 MW	39.438	18.596	43.280	6.420
40 MW	78.876	37.192	86.560	12.840

5.5.5. Ekonomik analiz

Programın ekonomik analiz kısmı “Finansal Parametreler, Yıllık Gelir, Proje Maliyetleri ve Gelir Özeti, Finansal Sürdürülebilirlik ve Yıllık Nakit Akışı” olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. “Proje Maliyetleri ve Gelir Özeti” ile “Yıllık Gelir” bölümleri; “enerji modeli”, “maliyet analizi” ve “emisyon analizi” yazılım sayfalarının özetidir. Kullanıcının “Finansal Parametreler” bölümüne ilgili veriler girildiğinde “Finansal Sürdürülebilirlik” bölümünde projenin finansal göstergeleri oluşur. Bu çalışmada yatırımın tamamının öz sermaye ile karşılanacağı, santral kullanım süresinin 25 yıl olacağı hesap edilmiş; Türkiye koşulları için “yıllık enflasyon oranı” %11,84, “yıllık gelir vergisi oranı” %35, “elektrik ihracat fiyatı eskalasyon oranı” %11 olarak hesap edilmiştir. (Hazine Müsteşarlığı, 2020).

Bu fizibilite çalışmasında RETScreen programı ile finansal parametreler, maliyet ve tasarruflar, yıllık nakit akışları, yıllık ciro ve finansal sürdürülebilirlik elde edilmiştir. Şekil 5.7. ve Şekil 5.8.’de örnek gösterim olarak 10 MW kurulu güç için yapılan ekonomik analiz bilgileri ve projenin yıllık nakit akışları gösterilmektedir.

RETScreen - Finansal Analiz

Finansal parametreler

Genel

Enflasyon oranı	%	11,84%
İskonto oranı	%	12,75%
Proje ömrü	yıl	25

Finansman

Teşvikler ve hibeler	\$	
Borç oranı	%	0%

Gelir vergisi analizi

Geçerli gelir vergisi oranı	%	35%
Zarar beyanı?		Hayır ▼
Amortisman yöntemi		Azalan denge ▼
Yarı yıl kuralı - yıl 1	evet/hayır	Hayır ▼
Amortisman vergi matrahı	%	100%
Amortisman oranı	%	4%
Vergi tatili var mı?	evet/hayır	Hayır ▼

Yıllık ciro

Elektrik ihraç geliri

Şebekeye verilen elektrik	MWh ▼	19.719
Elektrik ihracat fiyatı	\$/kWh ▼	0,09
Elektrik ihraç geliri	\$	1.715.584
Elektrik ihracatı eskalasyon oranı	%	11%

SG azaltım geliri

Brüt sera gazı azaltımı	tCO ₂ /yıl	9.298
Brüt sera gazı azaltımı - 25 yıl	tCO ₂	232.445

Şekil 5.7. Ekonomik analiz bilgileri

Yıllık nakit akışları			
Yıl	Vergi öncesi	Vergi sonrası	Kümülatif
#	\$	\$	\$
0	-14.159.250	-14.159.250	-14.159.250
1	791.421	712.653	-13.446.597
2	869.129	755.234	-12.691.362
3	954.279	802.969	-11.888.393
4	1.047.557	856.293	-11.032.100
5	1.149.710	915.677	-10.116.423
6	1.261.553	981.640	-9.134.783
7	1.383.966	1.054.744	-8.080.039
8	1.517.909	1.135.600	-6.944.439
9	1.664.419	1.224.873	-5.719.566
10	1.824.622	1.323.285	-4.396.281
11	1.999.739	1.431.620	-2.964.662
12	2.191.088	1.550.725	-1.413.936
13	2.400.097	1.681.520	267.584
14	2.628.307	1.824.998	2.092.582
15	2.877.381	1.982.233	4.074.815
16	3.149.113	2.154.381	6.229.196
17	3.445.433	2.342.691	8.571.886
18	3.768.419	2.548.505	11.120.391
19	4.120.301	2.773.267	13.893.658
20	4.503.473	3.018.526	16.912.185
21	4.920.499	3.285.942	20.198.127
22	5.374.121	3.577.292	23.775.419
23	5.867.265	3.894.471	27.669.889
24	6.403.050	4.239.501	31.909.391
25	6.984.794	4.600.566	38.309.956

Şekil 5.8. Yıllık nakit akışı değerleri

Projenin Rapor kısmında ise proje ile ilgili özet bilgiler bulunmaktadır. Rapor kısmında yer alan Finansal Sürdürülebilirlik ve Nakit Akışı ile bilgiler Şekil 5.9, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de verilmiştir.

Finansal sürdürülebilirlik

Finansal parametreler

Genel			
Enflasyon oranı	%		11,8%
İskonto oranı	%		12,8%
Proje ömrü	yıl		25
Gelir vergisi analizi			
Geçerli gelir vergisi oranı	%		35%
Zarar beyanı?			Hayır
Amortisman yöntemi		Azalan denge	
Yarı yıl kuralı - yıl 1			Hayır
Amortisman vergi matrahı	%		100%
Amortisman oranı	%		4%

Yıllık ciro

Elektrik ihraç geliri			
Şebekeye verilen elektrik	MWh		19.719
Elektrik ihracat fiyatı	\$/kWh		0,087
Elektrik ihraç geliri	\$		1.715.584
Elektrik ihracatı eskalasyon oranı	%		11%

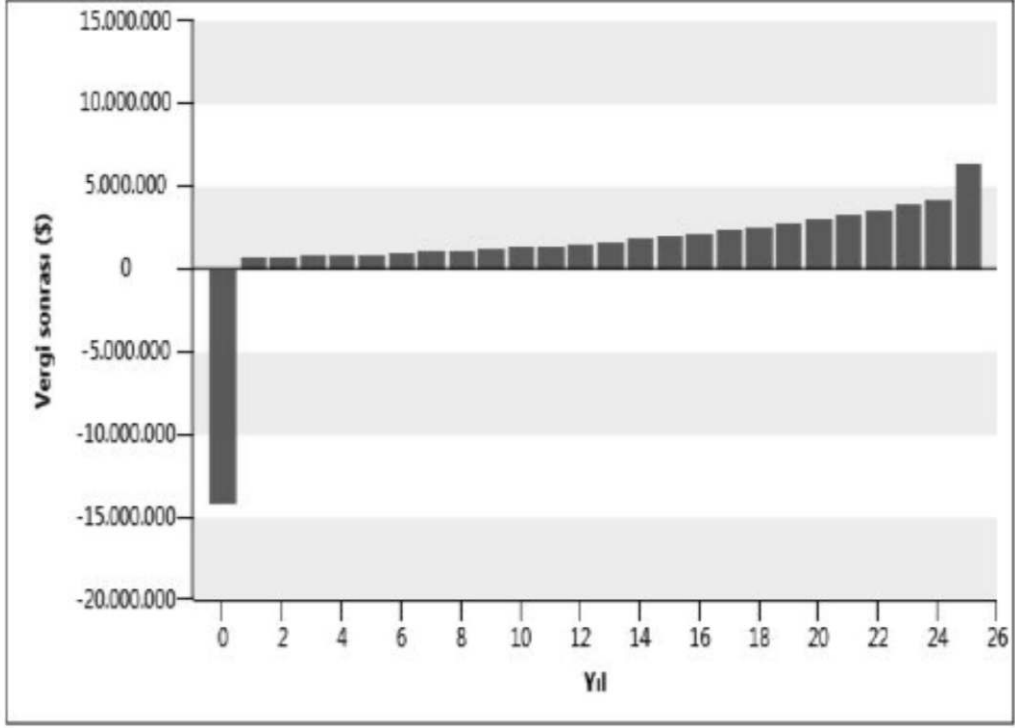
Maliyetler | Tasarruflar | Hasılat

İlk maliyetler			
Fizibilite etüdü	0,57%	\$	80.000
Geliştirme	0,57%	\$	80.000
Mühendislik	1,1%	\$	160.000
Elektrik sistemi	90,4%	\$	12.800.000
Sistem dengesi ve diğer	7,3%	\$	1.039.250
Toplam ilk maliyetler	100%	\$	14.159.250
Yıllık maliyetler ve borç ödemeleri			
İşletme ve bakım		\$	995.062
Toplam yıllık maliyetler		\$	995.062

Şekil 5.9. Finansal sürdürülebilirlik değerleri

Nakit akışı

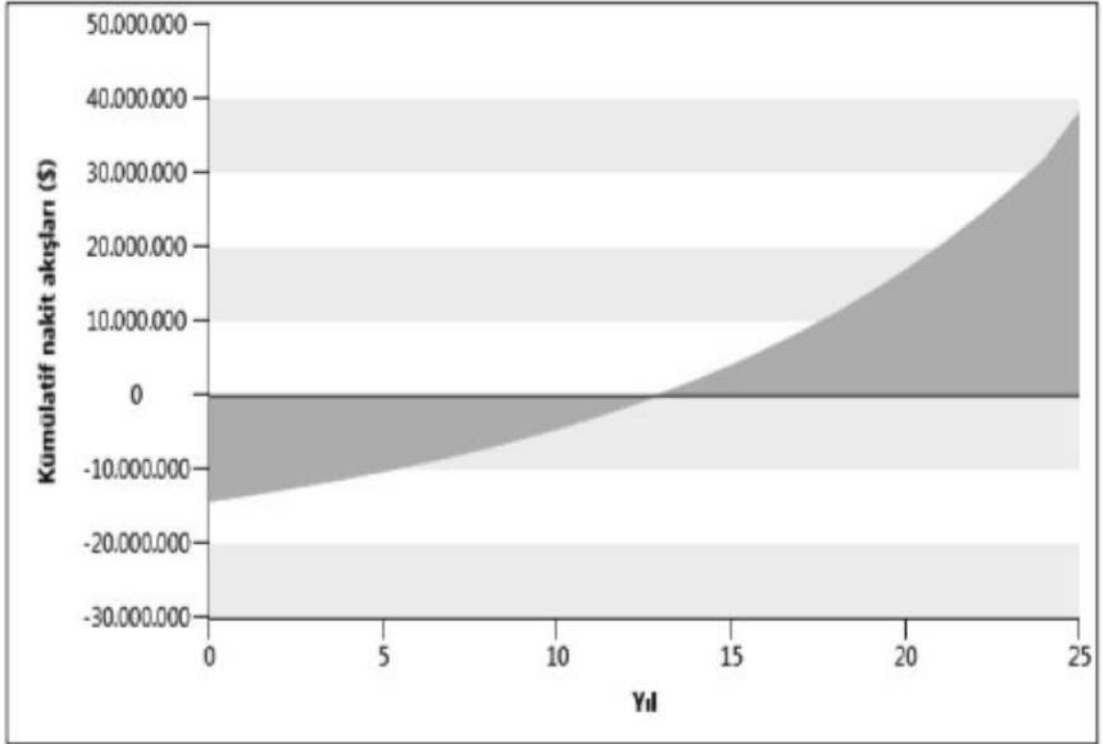
Yıllık



Şekil 5.10. Nakit akışı değerleri grafiği

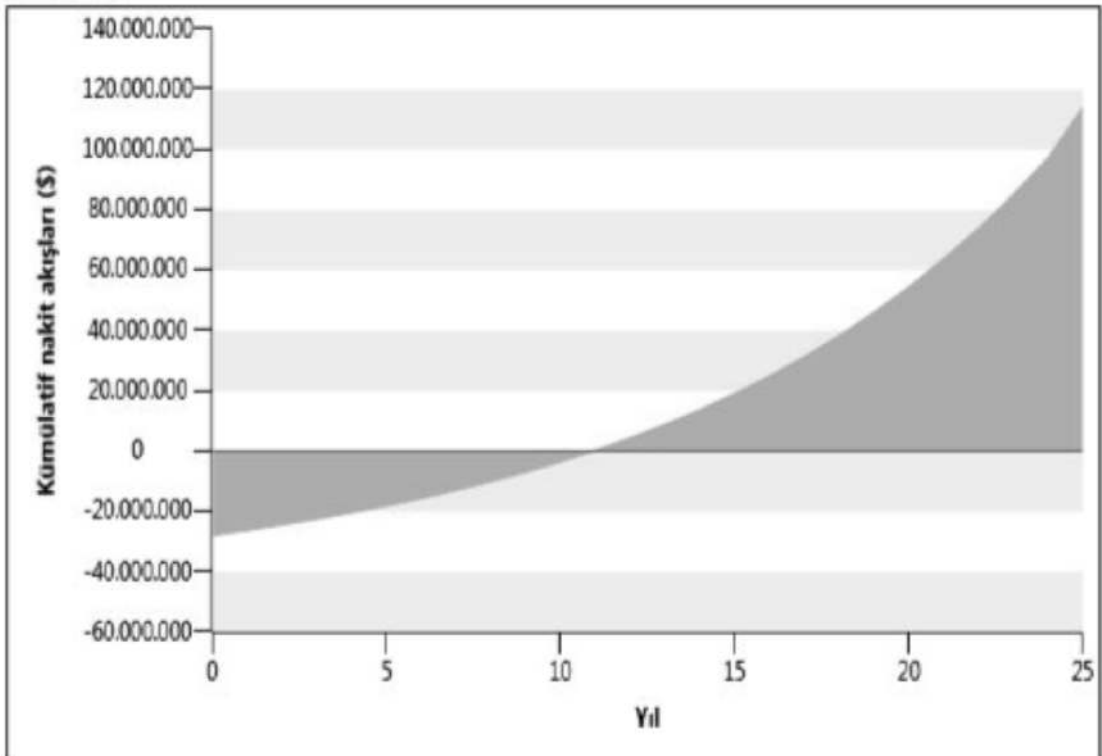
Projenin kümülatif nakit akışı genellikle negatif değerlerden başlayarak yıllar içinde artmakta ve pozitif değerler almaktadır. Kümülatif nakit akışının 0 değerini alması ise projenin başa baş noktasını göstermektedir. Bu çalışmada seçilen 5, 10 ve 20 adet türbinin kümülatif nakit akışları değerlendirildiğinde söz konusu türbin sayılarına ait projelerin geri ödeme sürelerinin sırasıyla 12,8 yıl, 10,9 yıl ve 9,9 yıl olduğu tespit edilmiş olup Şekil 5.11’de gösterilmiştir.

Kümülatif

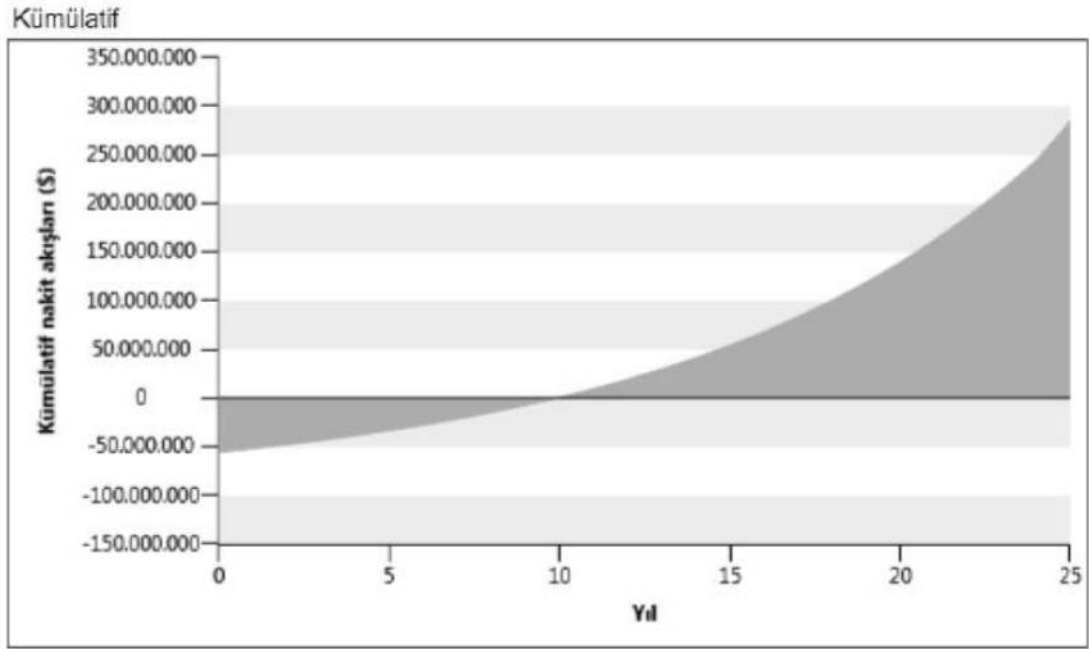


(a) 10 MW kapasiteli RES

Kümülatif



(b) 20 MW kapasiteli RES



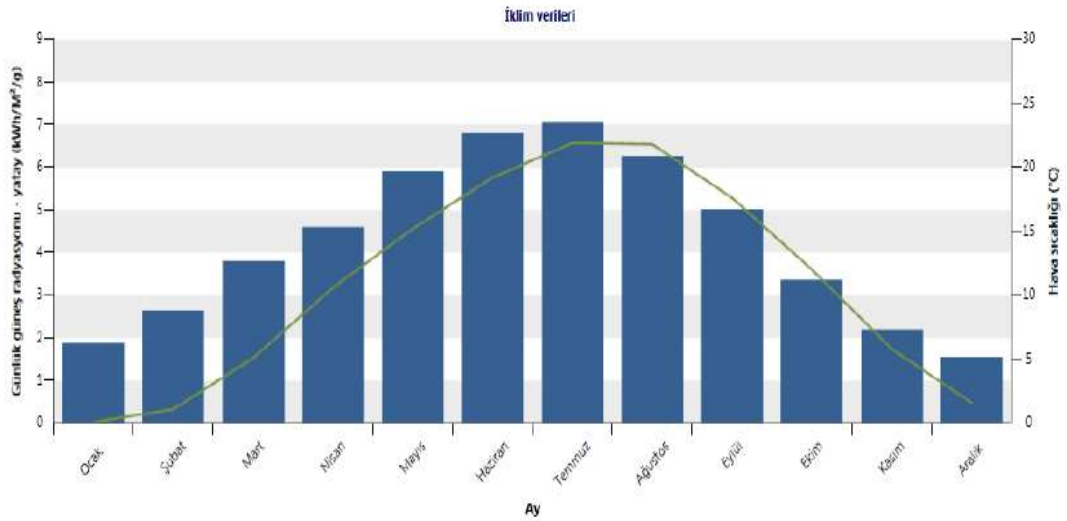
(c) 40 MW kapasiteli RES

Şekil 5.11. Eskişehir ilinde (a),(b),(c) kurulacak farklı güçteki RES'ler için kümülatif nakit akışları.

6. BULGULAR , TARTISMA VE KARŞILAŞTIRMA

RETScreen yazılımı ile Eskişehir konumu işaretlediğinde Şekil 6.1'deki meteorolojik değerler ortaya çıkmıştır. Gerekli parametreler seçildikten sonra rüzgar analizi oluşturulmuştur. Oluşturulan analize göre türbin markası ve türbin yüksekliği seçildiğinde elde edilen değerlerin değiştiği gözlenmiştir.

Hava sıcaklığı	Bağıl nem	Yağış	Günlük güneş radyasyonu - yatay	Atmosferik basınç	Rüzgar hızı	Yer sıcaklığı	Isıtma derece-gün 18 °C	Soğutma derece-gün 10 °C
°C	%	mm	kWh/M ² /g	kPa	M/s	°C	°C.g	°C.g
0,1	81,8%	101,26	1,89	91,2	3,1	1,0	555	0
1,1	77,4%	84,34	2,64	91,1	3,4	1,9	473	0
5,1	70,7%	70,64	3,82	91,0	3,5	6,2	400	0
10,6	67,5%	63,98	4,62	90,9	3,3	12,6	222	18
15,2	66,5%	54,64	5,91	91,0	3,1	18,6	87	161
19,2	63,9%	34,23	6,80	91,0	3,3	23,2	0	276
21,9	61,9%	23,79	7,06	90,9	3,8	26,4	0	369
21,8	62,9%	36,83	6,27	90,9	3,6	25,9	0	366
17,6	65,1%	42,13	5,03	91,2	3,0	21,7	12	228
12,0	72,5%	55,33	3,36	91,4	2,6	14,6	186	62
5,8	78,1%	79,27	2,20	91,3	2,9	7,1	366	0
1,6	83,0%	109,96	1,56	91,3	3,2	2,3	508	0
11,1	70,9%	756,31	4,27	91,1	3,2	13,5	2.809	1.480
Yer	Yer	NASA	NASA	NASA	Yer	NASA	Yer	Yer
				M	10	0		



Şekil 6.1. RETScreen yazılımı ile elde edilen Eskişehir meteoroloji verileri

Karşılaştırma yapmak amacıyla Çanakkale ile ilgili REPA haritasından ortalama rüzgar hızı ve kapasite faktörü değerlerini RETScreen programına girdiğimizde aşağıdaki tabloda üretilen elektrik miktarı, maliyetler, sera gazı emisyon

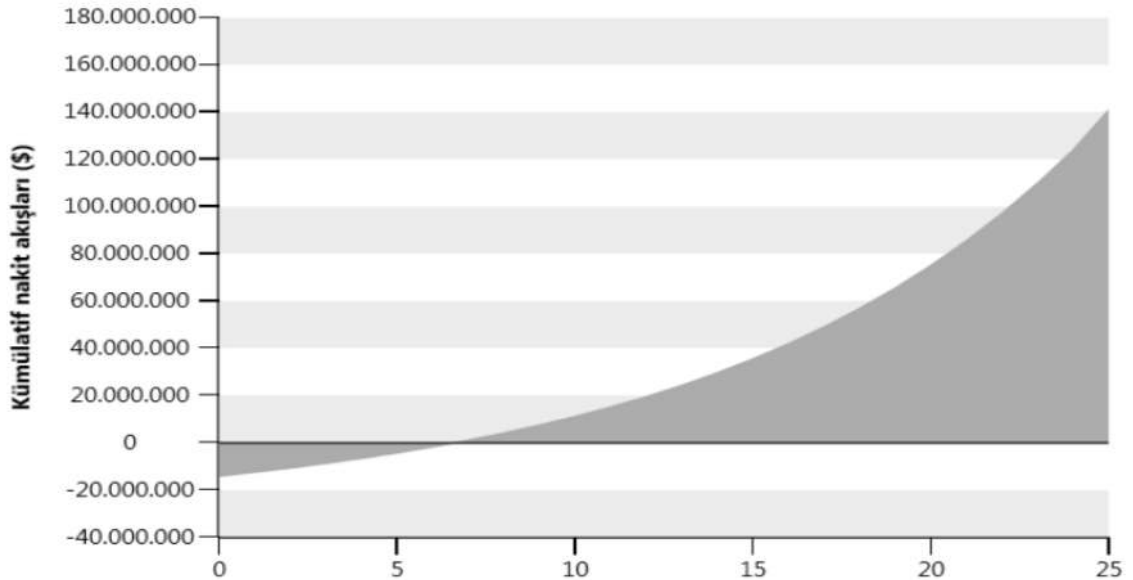
değerleri bulunmuştur. Ayrıca aşağıdaki şekillerde ise bu değerlere göre kümülatif nakit akışları gösterilmiştir.

Rüzgâr veri yeri olarak RETScreen yazılımından Çanakkale seçilip yıllık ortalama rüzgâr hızının 8,5 m/s ve kapasite faktörü % 40 olan bir bölge seçilerek devam edilmiştir. Çanakkale ortalama rüzgar hızı ve kapasite faktörü değerleri açısından oldukça zengin bir bölgedir. Tablo 6.1’de RETScreen yazılımından Çanakkale için üretilen elektrik miktarı, maliyetler, sera gazı emisyon değerleri verilmiştir.

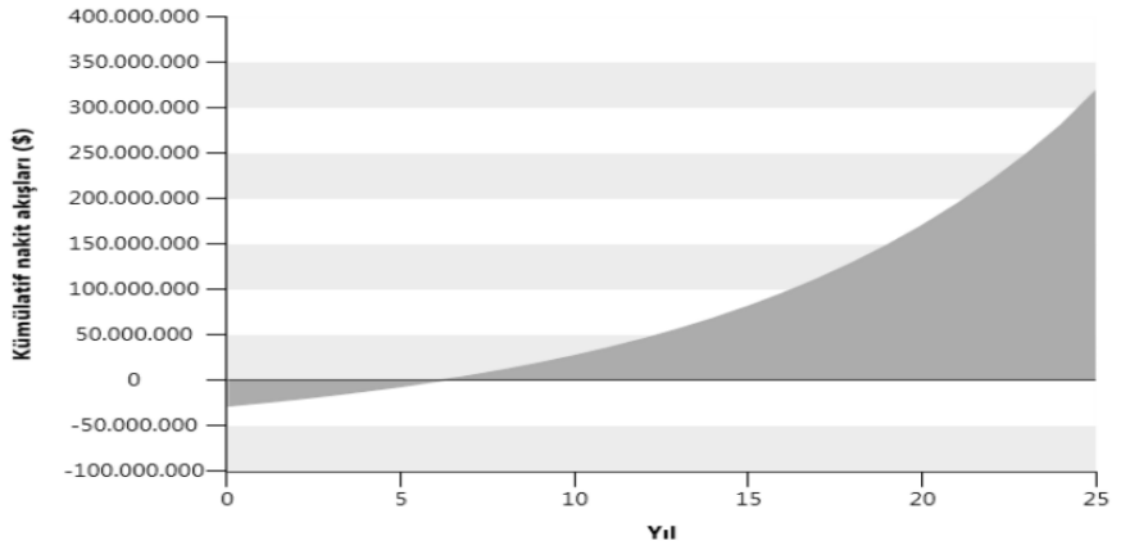
Tablo 6.1. Çanakkale için üretilen elektrik miktarı, maliyetler, sera gazı emisyon değerleri

Santral Kurulu Gücü(MW)	10	20	40
Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (MWh)	35.010	70.021	140.042
Yıllık Maliyetler (\$)	1.019,547	1.663,094	2.760,588
Yıllık Sera Gazı Emisyon Azalması (tC02)	16.508	33.015	66.030

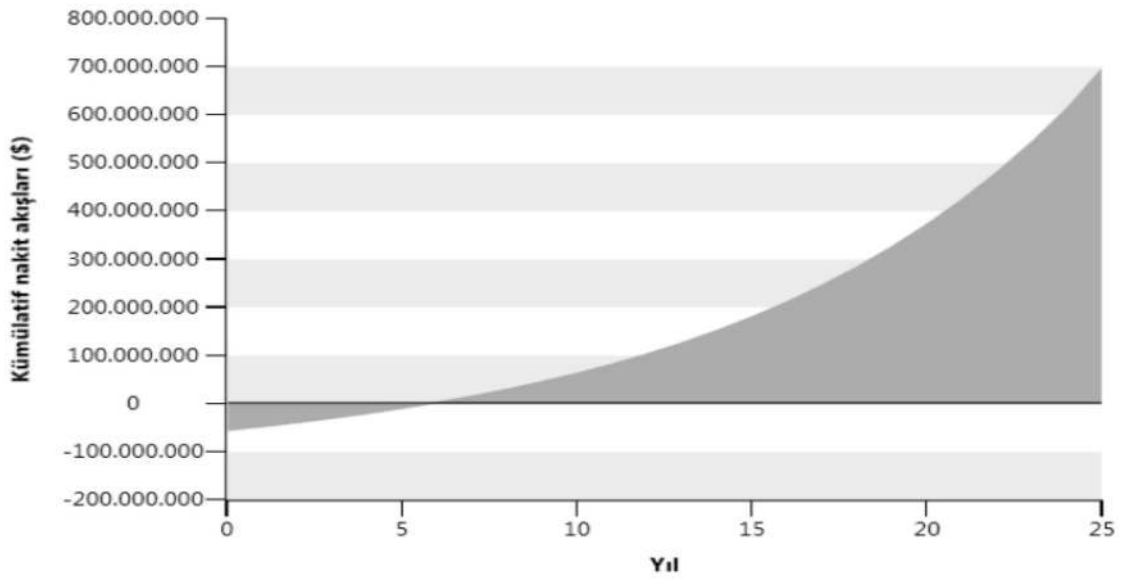
Çanakkale için seçilen 5, 10 ve 20 adet türbinin kümülatif nakit akışları değerlendirildiğinde söz konusu türbin sayılarına ait projelerin geri ödeme sürelerinin sırasıyla 6,6 yıl, 6,1 yıl ve 5,8 yıl olduğu tespit edilmiş olup, Şekil 6.2’ de elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.



(a) Çanakkale için 10 MW kapasiteli RES



(b) Çanakkale için 20 MW kapasiteli RES



(c) Çanakkale için 40 MW kapasiteli RES

Şekil 6.2. Çanakkale için (a),(b),(c) kurulacak farklı güçteki RES'ler için kümülatif nakit akışları

Yaptığımız çalışmada rüzgar santrali yatırımlarının Çanakkale ilinin Eskişehir ilinden daha kısa sürede kendi maliyetini karşılayabileceğini görmüş oluyoruz.

7. SONUÇ

Dünya’da ve Türkiye’de son yıllarda yapılan rüzgar enerji santrallerinde yüksek güçlü rüzgar türbinleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada Eskişehir ilinin fiziksel şartlarını dikkate alarak ülkemizdeki santrallerde de kullanılan 80,95,105 metre göbek yüksekliği bulunan, 2.0 MW gücündeki VESTAS V90 rüzgar türbinleri tercih edilmiştir. Yaptığımız bu uygulamada kullanılan türbin sayıları sırasıyla 5,10 ve 20 olup, her biri 2MW gücünde olup toplam kurulu güçler ise sırasıyla 10,20 ve 40 MW’tır. Bu türbinlerin ömürleri ortalama 25 yıldır.

Daha önceden yapılan bölgenin rüzgar enerji potansiyeli araştırmasında Weibull ve Rayleigh dağılımları kullanılmıştır. Ortalama hız, standart sapma, enerji ve güç yoğunluğu tahmininde kullanılan Weibull ve Rayleigh dağılımlarının parametreleri, En Küçük Kareler Yöntemi ile belirlenmiştir. Yapılan bu ön araştırma sonucunda kampusun rüzgar enerjisi potansiyelinin istatistiksel olarak elektrik enerjisi üretimi bakımından uygun olduğu görülmüştür. (Kurban ve arkadaşları 2005).

Yaptığımız bu çalışma yöntem olarak bu araştırmalardan farklıdır. Bu çalışmada Eskişehir’in rüzgar enerji santrali yapılabilecek bir bölgesi için RETScreen programı kullanılarak farklı kurulu güçlerde yapılacak olan rüzgar enerji santrali yatırımlarının fizibilite analizi yapılmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada Eskişehir için rüzgar enerji santrali yapılabilecek bir bölgesi için farklı sayıda 2.0 MW’lık VESTAS V90 -105M türbini değerlendirilmiş olup 5, 10 ve 20 adet türbinin kümülatif nakit akışları değerlendirildiğinde söz konusu türbin sayılarına ait projelerin geri ödeme sürelerinin sırasıyla 12,8 yıl, 10,9 yıl ve 9,9 yıl olduğu tespit edilmiştir.

2018 yılı Faturalanan Tüketimin İllere ve Tüketici Türüne Göre Dağılımına baktığımızda Eskişehir’in 2.985.412,65 MWh Türkiye geneli 1,28’lik bir paya sahip olduğunu görüyoruz.

Yaptığımız bu çalışma ile 40 MW kurulu güçlü bir santralin üretebilecekleri yıllık 78.876MWh ile Eskişehir’in elektrik tüketiminin % 2,64’ünü karşılayabileceğini görmekteyiz.

Eskişehir ili, Tepebaşı ilçesi, Tilkilik Tepe, Leyleksektiği Tepe, Yelli Tepe, Kızmezarının Tepe, Kireçocağı Tepe, Erikliagıl Tepe ve Dikilitaş Tepe Mevkileri'nde 52,8 MW kurulu gücünde “Kartal RES” kurulması ve işletilmesi planlanıyor. İnşa halindeki bu proje ile 145 metre yüksekliğinde 11 adet 4,8 MW'lık rüzgar türbini kurulumu yapılarak elektrik üretimi gerçekleştirilmesi düşünülüyor. İşletme ömrü 49 yıl olan tesiste üretilen elektrik enerjisi, 154 kV enerji nakil hattı ile Eskişehir 3 Trafo Merkezine bağlanacaktır.

Giderek artan nüfus, şehirleşmenin artması ve gelişen sanayi ile birlikte Türkiye'de enerji üretimi ile tüketimi arasındaki açık hızla büyümektedir. Bunun sonucunda Türkiye'nin ekonomik anlamda enerji konusunda dışa bağımlı olduğu için sıkıntıları artmaktadır.

Türkiye fosil enerji kaynaklarının tükenme olasılığını göz önünde bulundurarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeli ve bu alanda özel sektöre teşviklerini sürdürmelidir. Her ne şekilde düşünülürse düşünülün rüzgar enerjisi ülkemizin en önemli enerji kaynaklarından biridir. Yapılması gereken bu doğal ve temiz enerji kaynağımızı sonuna kadar kullanabilecek yönetsel, teknik ve altyapı düzenlemelerini bir an önce yerine getirmektir.

KAYNAKÇA

- Ağçay, M.(2007). Rüzgar Elektrik Santrali Tasarımı, Yıldız Teknik Üniversitesi,
Sayfa: 41- 42, İstanbul.
- Akbulut,U.,Doğan, B.T., Kıncay,O.(2008).Ülkemizde Rüzgar Enerjisi Başvuruları
Gerekçe,Usul ve Bazı Gerçekleri. IV. Ege Enerji Sempozyumu, 43-52, Ege
Üniversitesi, İzmir.
- Akgün, N. (2006).“Rüzgâr Enerjisi”, Ankara: Devlet Meteoroloji İşleri Genel
Müdürlüğü,s. 36 -38.
- Başkaya, Z.(2017). Bilecik İlinin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Metristepe Rüzgar
Enerjisi Santrali, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 5, Sayı: 57, s. 253- 276.
- Bayraç, H. N.(2011). Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları, Uludağ
Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt/Vol. XXX,
Sayı/No.1, Sayfa: 37-57, Bursa.
- Boztepe, M.(2009). Rüzgardan Yakalanan Güç (Mekanik Güç), Rüzgâr ve Güneş
Enerjili Güç Sistemleri, Sayfa: 9-19, İzmir.
- Boztepe, A.A.(2010). Risk Yönetimi Temelli Rüzgar Enerjisi Ekonomisi, Yüksek
Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğan, B.T., Çolakoğlu, A., Kıncay, O. (2012). RETScreen Analiz Programı ile
Hatay’da Rüzgar Enerji Santrali Fizibilite Analizi. Türk Mühendis ve Mimar
Odaları Birliği, Makine Mühendisleri Odası, 131, 22-27.
- Doğanay, H.(1998). Ekonomik Coğrafya 2: Enerji Kaynakları, Erzurum: Şafak Yayınevi.
- Deloitte (2016).Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği Rüzgar Enerjisi ve Etkileşim Raporu.
- EPDK, Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, Ankara:2019.
- EPDK, Elektrik Piyasası 2019 Yılı Ekim Ayı Sektör Raporu, Ankara:2019.
- Erdem,O. , Batur,B. , Bilge,Z.D. ve Temir,G.(2015). Bozcaada’da Kurulacak Olan Bir
Rüzgâr Enerjisi Santralinin Ekonomik Analizi, Tesisat Mühendisliği, Sayı 148,
Temmuz/Ağustos 2015, Sayfalar 22 – 27.

- Hocaoğlu, F. O. ve Kurban, M.(2005). Rüzgar Gücünden Elektrik Enerjisi Üretimi İçin Rüzgar Türbini Tasarımı, 1. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu Notları, s.124, Kocaeli.
- Hocaoğlu, F. O. , Kurban, M. ve Başaran Filik, Ü.(2006). WAsP Yazılımı ile Rüzgar Potansiyeli Analizi ve Uygulama, Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir.
- İlbaç,M.(2014).Gazi Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliğine Giriş Ders Notları,Ankara.
- Kapluhan, E. (2017). Rüzgar Enerjisi Uygulamalarına Bir Örnek: Sincik (Adıyaman) RüzgarEnerji Santrali, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt: 10, Sayı: 50, Issn: 1307- 9581.
- Kaya, K., Koç, E., Okumuş, Ö.Z. (2016). Samsun 19 mayis ilçesi yörükler mahallesine kurulabilecek rüzgar türbin santrali için fizibilite analizi. 1st Internatonal Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC), Adana, 672, 2322- 2330.
- Koşar, O., Genç, M.S., Özkan, G., Karasu, İ. (2015). Kayseri Pınarbaşı Rüzgar potansiyeline uygun Küçük Ölçekli Rüzgar Türbini aerodinamik tasarımı. İzmir Rüzgar Sempozyumu, İzmir.
- KPMG, Türkiye Sektörel Bakış Enerji 2019, Ankara:2019.
- Kurban, M. ve Kantar, Y.M. ve Hocaoğlu, F.O.(2006). Rüzgar enerji potansiyelinin araştırılmasında weibull ve rayleigh dağılımlarının kullanılması,Sakarya Üniversitesi Fen, Cilt 10 , Sayı 1, Sayfalar 14 – 21, Sakarya.
- MEB(2012). Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi, Ankara.
- Özçelik, B.D. (2016). Türkiye'de Rüzgar Enerjisinin Durumu: Karaburun, Urla, Samandağ ve Hereke Rüzgar Enerjisi Santralleri Fizibilite Analizi, Maliye Finans Yazıları,(106),49-72.
- Resmi Gazete(2012). Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularına İlişkin Ölçüm Standardı Tebliği, 22/02/2012 tarihli ve 28212 sayılı Resmî Gazete.

- Şanlı,B.G. ve Günöz ,A.(2018).Mersin İlinin Farklı İlçelerinde Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrallerinin RETScreen Programı ile Fizibilite Analizleri ve Karşılaştırılmaları, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2018, 11(3), 478-487, Erzincan.
- Taşkın, B. (2013). Niğde İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerji Santralinin Fiziksel ve Ekonomik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- TMMOB, Türkiye Enerji Görünümü 2019, Ankara:2019.
- TÜBA, Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri Raporu 2019, Ankara:2019.
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (2020), Türkiye Rüzgar İstatistik Raporu, <https://www.tureb.com.tr/turebsayfa/duyurular/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-ocak-2020>
- Üçüncü,K.(2016).Enerji Yönetimi Ders Notları, Trabzon..
- Yıldızay, H.D. ve Aras, H. ve Yılmaz, V.(2014). Eskişehir’de rüzgar ve güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik dergisi, Cilt: 5,sayı 1, Sayfalar 49-58,Diyarbakır.
- 5346 YEK Kanunu, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Aksamın Yurt İçinde İmalatı Hakkında Yönetmelik, 19.06.2011 No:27969, EPIAŞ

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0002-0909-4272

Adı Soyadı : Osman KARATAŞ

Yabancı Dil : İngilizce

Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir / 1984

E-Posta : oskar26060@gmail.com

Eğitim Geçmişi:

2005,Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Öğretmenliği

2009,Anadolu Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme

2015,Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

2020, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İleri Teknolojiler

Anabilim Dalı, Enerji Kaynakları ve Yönetimi Dalı