



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı

Eskişehir İli Rüzgar Türbini İçin Cam Elyaftan Kanat Üretimi Ön Fizibilite Raporu





T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



BEBKA
Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı

Eskişehir İli Rüzgar Türbini İçin Cam Elyaftan Kanat Üretimi Ön Fizibilite Raporu



2021
ŞUBAT

RAPORUN KAPSAMI

Bu ön fizibilite raporu, yatırımcılara yol göstermek amacıyla Eskişehir ilinde rüzgar türbini için cam elyaftan kanat üretimi tesisi yatırımının uygunluğunu tespit etmek, yatırımcılarda yatırım fikri oluşturmak ve detaylı fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmak üzere Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda faaliyet gösteren Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA) tarafından hazırlanmıştır.

HAKLAR BEYANI

Bu rapor, yalnızca ilgililere genel rehberlik etmesi amacıyla hazırlanmıştır. Raporda yer alan bilgi ve analizler raporun hazırlandığı zaman diliminde doğru ve güvenilir olduğuna inanılan kaynaklar ve bilgiler kullanılarak, yatırımcıları yönlendirme ve bilgilendirme amaçlı olarak yazılmıştır. Rapordaki bilgilerin değerlendirilmesi ve kullanılması sorumluluğu, doğrudan veya dolaylı olarak, bu rapora dayanarak yatırım kararı veren ya da finansman sağlayan şahıs ve kurumlara aittir. Bu rapordaki bilgilere dayanarak bir eylemde bulunan, eylemde bulunmayan veya karar alan kimselere karşı Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA) sorumlu tutulamaz.

Bu raporun tüm hakları Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı'na aittir. Raporda yer alan görseller ile bilgiler telif hakkına tabi olabileceğinden, her ne koşulda olursa olsun, bu rapor hizmet gördüğü çerçevenin dışında kullanılamaz. Bu nedenle; Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı'nın yazılı onayı olmadan raporun içeriği kısmen veya tamamen kopyalanamaz, elektronik, mekanik veya benzeri bir araçla herhangi bir şekilde basılamaz, çoğaltılamaz, fotokopi veya teksir edilemez, dağıtılamaz, kaynak gösterilmeden iktibas edilemez.

İÇİNDEKİLER

1. YATIRIMIN KÜNYESİ	4
2. EKONOMİK ANALİZ.....	6
2.1. Sektörün Tanımı.....	6
2.2. Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler	7
2.2.1. Yatırım Teşvik Sistemi.....	7
2.2.2. Diğer Destekler	7
2.3. Sektörün Profili.....	9
2.4. Dış Ticaret ve Yurt İçi Talep	14
2.5. Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini.....	16
2.6. Girdi Piyasası	16
2.7. Pazar ve Satış Analizi	20
3. TEKNİK ANALİZ	21
3.1. Kuruluş Yeri Seçimi.....	21
3.2. Üretim Teknolojisi.....	24
3.3. İnsan Kaynakları	28
4. FİNANSAL ANALİZ	30
4.1. Sabit Yatırım Tutarı	30
4.2. Yatırımın Geri Dönüş Süresi.....	31
5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ	32

TABLolar

Tablo 1. YEK Destekleme Mekanizması ile Yerli Katkı Fiyatları ve Uygulama Süreleri	8
Tablo 2. 2015 – 2019 Yılları Arası Motorlar ve Motor Parçaları İthalat Değerleri.....	14
Tablo 3. 2015 – 2019 Yılları Arası Motorlar ve Motor Parçaları İhracat Değerleri.....	15
Tablo 4. 2015 – 2019 Yılları Arası Motorlar ve Motor Parçaları İhracatında Öne Çıkan Ülkeler	15
Tablo 5. 2015 – 2019 Yılları Arası Motorlar ve Motor Parçaları İthalatında Öne Çıkan Ülkeler	16
Tablo 6. 2015 – 2019 Yılları Arası Türkiye Cam Elyaf İthalatı ve Miktarı.....	17
Tablo 7. 2015 – 2019 Yılları Arası Türkiye Cam Elyaf İhracatı ve Miktarı.....	18
Tablo 8. Girdiler ve Birim Fiyatları.....	18
Tablo 9. Sarf Malzemeler ve Birim Fiyatları	19
Tablo 10. Kapasite Kullanım Oranı	20
Tablo 11. Eskişehir OSB Arazi M2 Fiyatları ve Diğer Maliyetler	22
Tablo 13. Rüzgar Türbini Kanat Fabrikası Makine ve Ekipman Listesi.....	26
Tablo 14. Eskişehir İl Nüfusunun Eğitim Kademelerine Göre Durumu	28
Tablo 15. Eskişehir İli Çalışma Çağındaki Nüfus (15-65 Yaş Arası) İstatistikleri ve İl Nüfusuna Oranı	29
Tablo 16. Genç Nüfus İstatistikleri ve Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı.....	29
Tablo 17. İstihdam Edilecek Personel ve Ortalama Brüt Maaş	30
Tablo 18. Rüzgar Türbini Kanadı Üretim Maliyeti.....	31

GRAFİKLER

Grafik 1. Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Santralleri (RES) için Kümülatif Kurulum	9
Grafik 2. Faaliyetteki RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı	10
Grafik 3. Faaliyetteki RES'lerin İllere Göre Dağılımı	10
Grafik 4. Lisanslı RES'lerin İllere Göre Dağılımı	11
Grafik 5. 2019 Yılı Pazar Payına Göre Dünya Çapında Lider Rüzgar Türbini Tedarikçileri ...	11
Grafik 6. 2019 Yılı Dünya Çapında Lider Rüzgar Türbini Tedarikçilerinin Gelirleri	12
Grafik 7. İşletmedeki RES'lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı.....	12
Grafik 8. İnşa Halindeki RES'lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı	13

Grafik 9. İnşa Halindeki RES'lerin İllere GÖre Dağılımı13

ŐEKİLLER

Şekil 1. Rüzgar Türbini Sınıflandırılması 6

Şekil 2. Yatay Eksenli Rüzgar Türbin Kanadı, Bölgeleri ve Kanat Kesiti 7

Şekil 3. Eskişehir OSB Mevcut Alan ve Gelişme Bölgesi24

Şekil 4. Vakumlu Direkt İnfüzyon Teknolojisi24

Şekil 5. Vakumlu Kalıplama İŞlemi.....25

Şekil 6. Vakum İnfüzyön ve Türbin Kanadı Kalıbı25

Şekil 7. Liebherr Rüzgar Türbini Kanatı Üretimi Otomasyon Sistemi26

ESKİŞEHİR İLİ RÜZGAR TÜRBİNİ İÇİN CAM ELYAFTAN KANAT ÜRETİMİ ÖN FİZİBİLİTE RAPORU

1. YATIRIMIN KÜNYESİ

Yatırım Konusu	Rüzgar türbini kanadı	
Üretilcek Ürün/Hizmet	Cam Elyaftan Rüzgar Türbini Kanat İmalatı	
Yatırım Yeri (İl – İlçe)	Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi	
Tesisin Teknik Kapasitesi	Yıllık ortalama 60 adet rüzgar türbin kanadı üretimi	
Sabit Yatırım Tutarı	2.470.101 \$	
Yatırım Süresi	1 yıl	
Sektörün Kapasite Kullanım Oranı	% 65,90	
İstihdam Kapasitesi	35	
Yatırımın Geri Dönüş Süresi	15 ay	
İlgili NACE Kodu (Rev. 3)	28.12.20 Akışkan gücü ile çalışan ekipmanların imalatı	
İlgili GTİP Numarası	841290	
Yatırımın Hedef Ülkesi	Tüm ülkeler	
Yatırımın Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Etkisi	Doğrudan Etki	Dolaylı Etki
	Amaç 7: Erişilebilir ve Temiz Enerji	Amaç 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar
Diğer İlgili Hususlar		

Subject of the Project	Investment of Manufacturing of Wind Power Plant Parts (Glass Fiber Wing Manufacturing)	
Information about the Product/Service	Wind Turbine Blade	
Investment Location (Province-District)	Eskişehir Organized Industrial Zone	
Technical Capacity of the Facility	Production of 60 wind turbine blades per year	
Fixed Investment Cost (USD)	2.470.101 \$	
Investment Period	1 years	
Economic Capacity Utilization Rate of the Sector	% 65,90	
Employment Capacity	35	
Payback Period of Investment	15 months	
NACE Code of the Product/Service (Rev.3)	28.12.20 Parts of fluid power equipment	
Harmonized Code (HS) of the Product/Service	841290	
Target Country of Investment	All countries	
Impact of the Investment on Sustainable Development Goals	Direct Effect	Indirect Effect
	Goal 7: Affordable and Clean Energy	Goal 11: Sustainable Cities and Communities
Other Related Issues		

2. EKONOMİK ANALİZ

2.1. Sektörün Tanımı

Rüzgâr türbini, rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bir rüzgâr türbini genel olarak kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), elektrik elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Rüzgârın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanarak veya doğrudan alıcılara ulaştırılır. Rüzgâr türbinleri dönme eksenlerine, devirlerine, güçlerine, kanat sayılarına, rüzgâr etkisine, dişli özelliklerine ve kurulum konumlarına göre sınıflandırılırlar.¹

Şekil 1. Rüzgar Türbini Sınıflandırılması



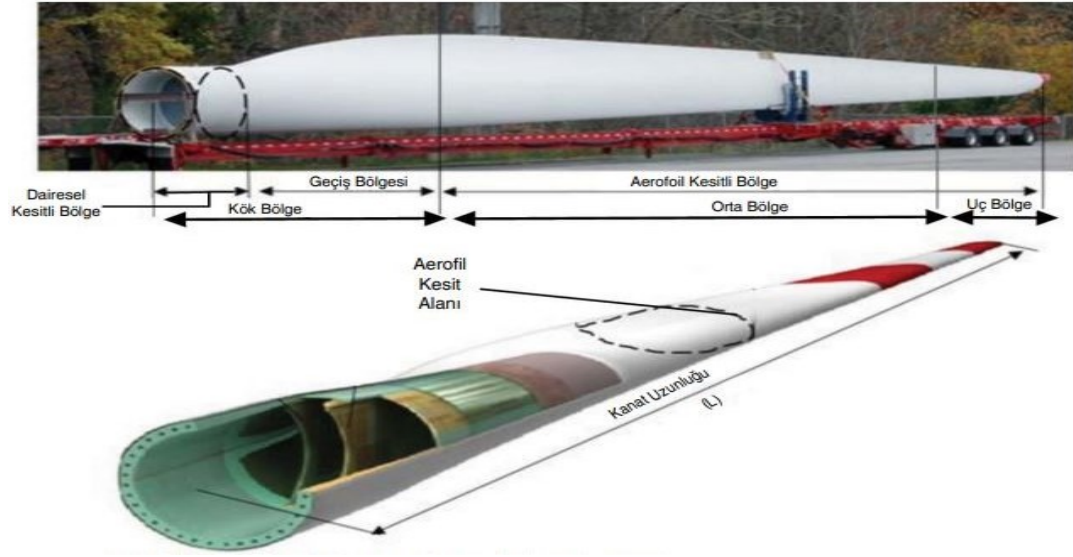
Kaynak: Elibüyük & Üçgöl, 2014

Rüzgâr türbin kanatları, rüzgârın kinetik enerjisini alarak mekanik enerjiye dönüştürüp şafta ileten bir aksamdır. Rüzgâr türbin kanatları aerodinamik ve yapısal fonksiyonuna göre, kök, orta ve uç bölge olmak üzere üç bölüme ayrılmaktadır. Kanat kök bölgesi, kanat bağlantı noktası ile kanadın aerofoil (kanat profili) şeklini aldığı kısım arasında kalan bölge olarak kanadın en fazla zorlanmaya maruz kalan bölgesidir. Bu kısmın başlarında kanat dairesel bir kesit alanına sahiptir. Kanadın orta bölgesi, güç üretiminde en önemli bölgedir ve bu bölümün tasarımında aerodinamik parametreler göz önünde bulundurulmaktadır. Kanadın uç bölgesi ise güç üretimi için önemli bir bölgedir. Günümüz rüzgar türbinlerinde kanat, farklı boyutlarda dairesel kesitli kısımlar ve aerofoil kesitli bölümlerden oluşmaktadır.²

¹ Elibüyük & Üçgöl, 2014

² Kaya & Koç, 2015

Şekil 2. Yatay Eksenli Rüzgar Türbin Kanadı, Bölgeleri ve Kanat Kesiti



Kaynak: Kaya & Koç, 2015

Rüzgar türbini için cam elyaftan kanat imalatı, makine imalat sanayi altında yer almaktadır. 28 Nace kodu “Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı” altında yer alan 5 ana gruptan biri olan 28.1 Nace kodu “Genel amaçlı makinelerin imalatı” altında yer alan 28.12 “Akışkan gücü ile çalışan ekipmanların imalatı” olarak belirlenmiştir. “Türbin ve türbin parçalarının imalatı”nın GTİP kodu ise 841290’dır.

2.2. Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler

2.2.1. Yatırım Teşvik Sistemi

Yenilenebilir enerji üretimine yönelik türbin imalatı yatırımı teşvik sistemi kapsamında öncelikli yatırım olarak değerlendirilmektedir. Yatırım OSB içinde ya da dışında yapılması durumunda teşvik kalemlerinde herhangi bir değişiklik bulunmamaktadır.

Öncelikli yatırımlar kapsamında yararlanılabilecek teşvik ve destekler 5. bölge devlet destekleri kapsamında şu şekildedir:

- Gümrük vergisi muafiyeti
- KDV istisnası
- Yatırım yeri tahsisi
- SGK İşveren Hissesi Desteği (7 yıl %35 Yatırıma Katkı Oranı)
- Vergi İndirimi Desteği (Vergi İndirim Oranı %80, Yatırıma Katkı Oranı %40)
- Faiz Desteği (TL 5 puan, Döviz 2 puan İndirimli, 1 Milyon 400 Bin TL'yi geçemez)

2.2.2. Diğer Destekler

5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” kapsamında, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde; bu tesislerde üretilerek iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi için üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden (30/6/2021 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesislerinde) itibaren beş yıl süreyle aşağıda yer alan II sayılı Cetvelde belirtilen fiyatlar ilave edilir.

Tablo 1. YEK Destekleme Mekanizması ile Yerli Katkı Fiyatları ve Uygulama Süreleri

01/07/2021 Tarihinden 31/12/2025 Tarihine Kadar İşletmeye Girecek YEK Belgeli Üretim Tesisler İçin Güncellemeye Esas YEK Destekleme Mekanizması ile Yerli Katkı Fiyatları ve Uygulama Süreleri

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi		YEK Destekleme Mekanizması Fiyatı (TL Kuruş/kWh)	YEK Destekleme Mekanizması Fiyatı Uygulama Süresi (yıl)	Yerli Katkı Fiyatı (TL Kuruş/kWh)	Yerli Katkı Fiyatı Uygulama Süresi (yıl)
a. Hidroelektrik üretim tesisi		40,00	10	8,00	5
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi		32,00	10	8,00	5
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi		54,00	10	8,00	5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi	Çöp Gazı / Atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynaklar	32,00	10	8,00	5
	Biyometanizasyon	54,00	10	8,00	5
	Termal Bertaraf (Belediye atıkları, bitkisel yağ atıkları, gıda ve yem değeri olmayan tarımsal atıklar, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri, sanayi atık çamurları ile arıtma	50,00	10	8,00	5

	çamurları)				
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	32,00	10	8,00	5	

Kaynak: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020

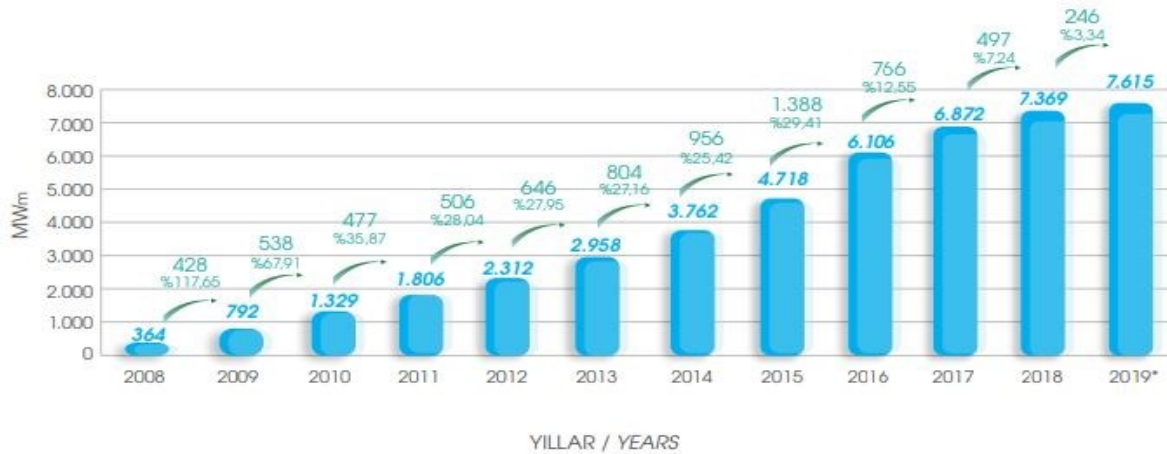
2.3. Sektörün Profili

Rüzgâr enerjisi, kullanımı giderek artan ve potansiyeli yeni keşfedilmiş tükenmez bir enerji kaynağıdır. Dünya rüzgâr enerji potansiyelini belirleyebilmek amacıyla Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda, 5,1 m/s üzerinde rüzgâr kapasitesine sahip bölgelerin, uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile %4'ünün kullanılacağı öngörüsüne dayanarak, dünya karasal teknik rüzgâr potansiyeli 53.000 twh/yıl olarak hesaplanmıştır.³

Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda 5 mw/km² gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1,30'una denk gelmektedir.⁴

2019 yılı verilerine göre Türkiye'de 7.615 mwm kurulu rüzgar gücü, 183 adet faaliyette olan rüzgar enerji santrali, 17 adet inşa halindeki rüzgar enerji santrali ve 3.155 adet kurulu türbin bulunmaktadır. Ülkemiz, enerji santrallerinden ürettiği toplam elektrik ile ihtiyaç duyduğu elektriğin %7,40'ına kadar karşılayabilmektedir.⁵

Grafik 1. Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Santralleri (RES) için Kümülatif Kurulum



Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, 2019

Yukarıda yer alan tabloya bakıldığında Türkiye'de mevcut kurulu rüzgar enerji santrali gücü yıllar bazında dalgalanmalı bir artış göstermiştir. Aynı zamanda 2008 – 2009 yılları arasındaki %117,65

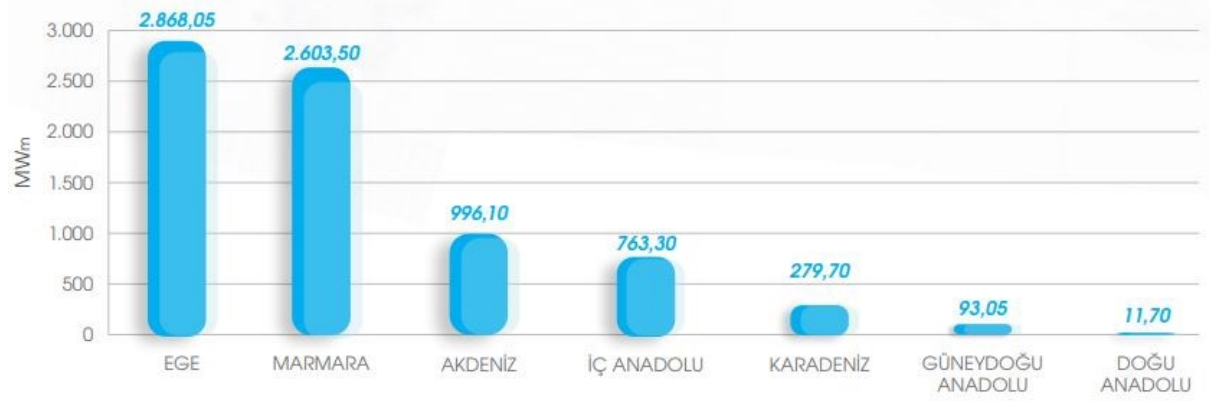
³ Teneler, 2020

⁴ Teneler, 2020

⁵ Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, 2019

oranındaki talep artışının 2018 – 2019 yılları arasındaki artışa oranla ciddi olarak düştüğünü ve %3,34 seviyesine gerilediği görülebilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde Türkiye’de pazarın daraldığı söylenebilir.

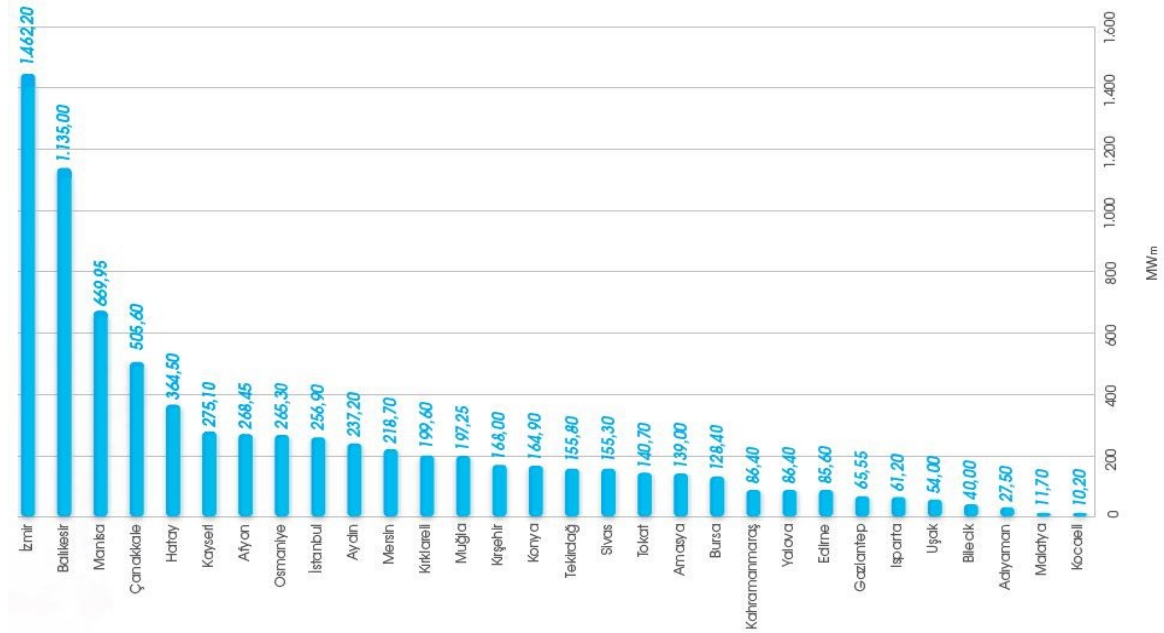
Grafik 2. Faaliyetteki RES’lerin Bölgelere Göre Dağılımı



Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, 2019

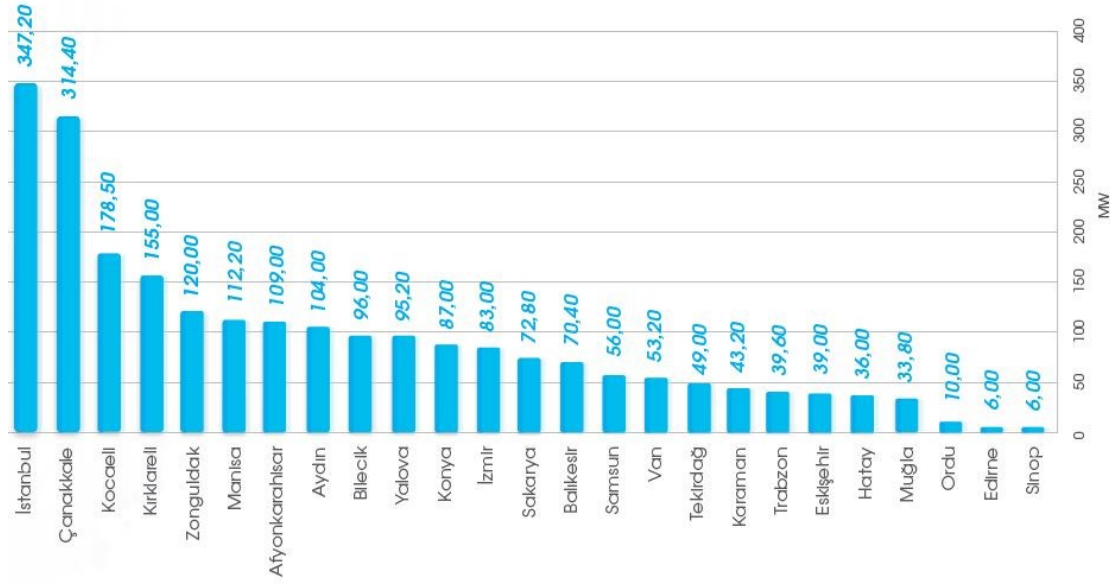
Türkiye’de kurulu reslerin dağılımına bakıldığında Ege, Marmara, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Türkiye’de kurulu res gücünün Enerji Atlası’nda yer alan potansiyel rüzgar enerjisine sahip bölgeler ile paralellik gösterdiği söylenebilir.

Grafik 3. Faaliyetteki RES’lerin İllere Göre Dağılımı



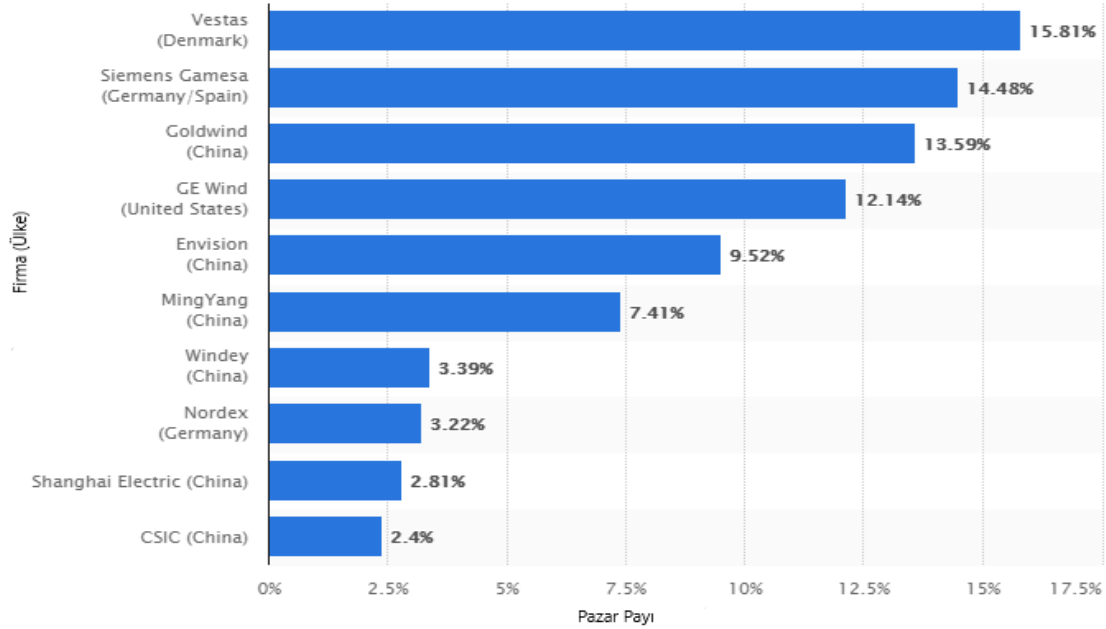
Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, 2019

RES’lerin illere göre dağılımına bakıldığında yoğun olarak İzmir, Balıkesir, Manisa, Çanakkale ve Hatay illerinde kurulduğu görülmektedir. Potansiyel rüzgar elektrik enerjisinin yüksek olduğu illerde rüzgar enerji santrallerinin yoğunlaştığı söylenebilir.

Grafik 4. Lisanslı RES'lerin illere Göre Dağılımı

Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, 2019

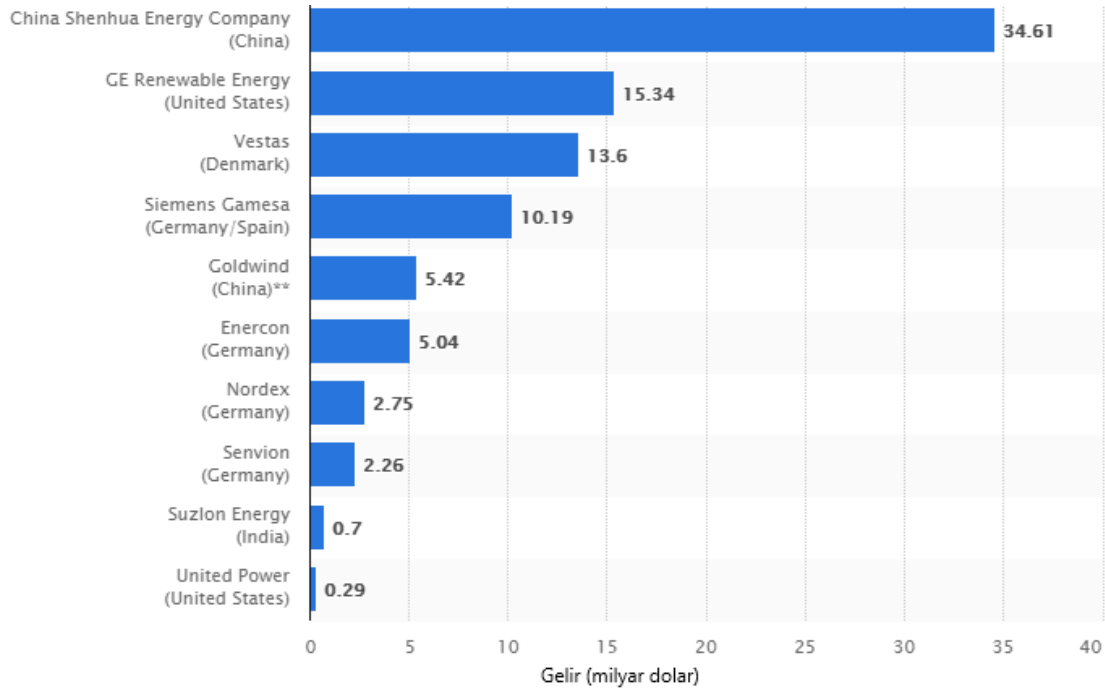
Rüzgar enerjisinde teorik potansiyeli yüksek olan illerde lisanslı rüzgar elektrik santrallerinin yoğunluğu daha fazladır. Aşağıdaki tabloda Türkiye'nin illere göre rüzgar enerjisi potansiyeli verilmiştir. Türkiye'de lisanslı ya da lisanssız kurulu güce bakıldığında illerin enerji potansiyelleriyle paralellik göstermektedir.

Grafik 5. 2019 Yılı Pazar Payına Göre Dünya Çapında Lider Rüzgar Türbini Tedarikçileri

Kaynak: www.statista.com, Erişim Tarihi: 09.11.2020

Türbin üretici markalarının dünya pazar paylarına bakıldığında Türkiye'de de yaygın olarak kullanılan Vestas (Danimarka), Siemens Gamesa (Almanya / İspanya), Goldwind (Çin) ve GE Wind (ABD) dünya pazarının %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır.

Grafik 6. 2019 Yılı Dünya Çapında Lider Rüzgar Türbini Tedarikçilerinin Gelirleri



Kaynak: www.statista.com, Erişim Tarihi: 09.11.2020

Pazar payında Çin diğer ülkelerin gerisinde olmasına rağmen gelir bakımından birinci sırada yer almaktadır. Pazar payları ve elde edilen gelirler ülkeler açısından benzerlik göstermemektedir.

Grafik 7. İşletmedeki RES'lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı



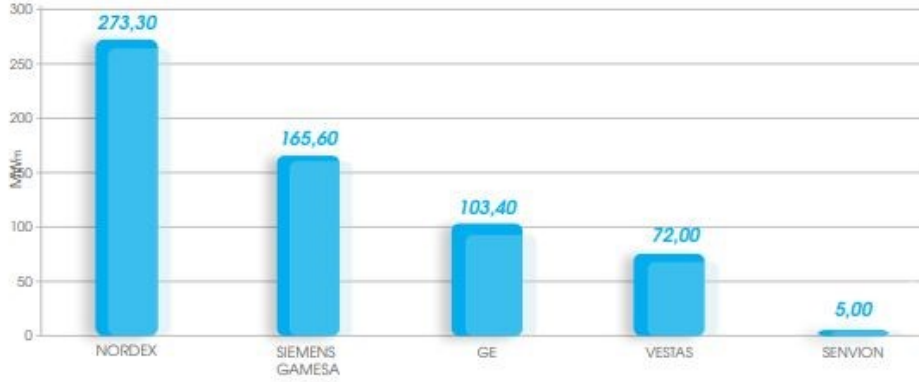
Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, 2019

Türkiye'de kurulu rüzgar enerji santrallerinde yer alan türbinlerin markalarına bakıldığında aşağıdaki markalar öne çıkmaktadır:

- Nordex (Danimarka)
- Vestas (Danimarka)
- Enercon (Almanya)
- GE (ABD)
- Siemens Gamesa (İspanya)
- Suzlon (Hindistan)
- Sinovel (Çin Halk Cumhuriyeti)

- Goldwind (Çin Halk Cumhuriyeti)
- Senvion (Almanya)

Grafik 8. İnşa Halindeki RES'lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı

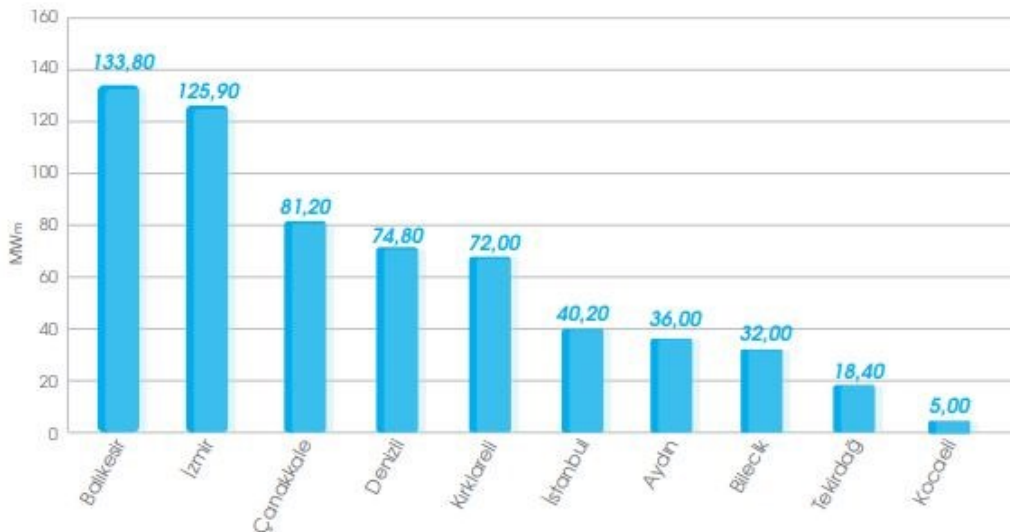


Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, 2019

Türkiye'de kurulu RES gücünde öne çıkan türbin markaları inşa halindeki RES'lerde de öne çıkmaktadır. Tercih edilen markaları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Nordex (Almanya),
- Vestas (Danimarka),
- Siemens Gamesa (İspanya),
- GE (ABD)
- Senvion (Almanya)

Grafik 9. İnşa Halindeki RES'lerin İllere Göre Dağılımı



Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, 2019

Kurulu RES gücünün illere göre dağılımı ile inşa halindeki RES'lerin illere göre dağılımı arasında da paralellik olduğu söylenebilir.

7 m/s üzerinde rüzgar hızına sahip bölgeler için Türkiye'de toplam RES potansiyelinin 48.000 MW olduğu çeşitli kaynaklarda belirtilmiştir. Bu durumda devrede olan 7.876 mW güç ile inşaat halindeki

1.128 mW güç toplam 9.004 mW güç oluşturmakta ve Türkiye toplam RES potansiyelinin %18,75'ine karşılık gelmektedir. ⁶

Türkiye de son yıllarda gerçekleştirilen yatırımlarla dünya pazarında pay sahibi olmaya başlamıştır. "Wind energy and recovery in Europe" isimli raporda Türkiye'de rüzgar türbini parçalarının üretimi konusunda toplam 12 firma olduğu belirtilmektedir. Bu firmalardan 4 tanesi kanat üretimi, 2 tanesi döküm parçalar ve 6 tanesi kule yapımı konusunda faaliyette bulunmaktadır. ⁷

Yapılan araştırma sonucu ulaşılan bilgilere göre Eskişehir'de rüzgar türbini parçalarını üretebilecek veya üretim süreçlerine dahil olabilecek kapasiteye sahip ve Eskişehir OSB'de yer alan firmaların sayısı toplamda 34 adettir. Fakat rüzgar türbininin çok önemli parçalarını oluşturan şebeke bağlantısı ve akümülatör gibi parçaların üretiminde yer alabilecek Nace koduna sahip herhangi bir firma bulunmamasıyla birlikte ilde bulunan imalat sanayinde yer alan firmaların bu parçalara yönelik üretim süreçlerine dahil olabilecekleri Eskişehir Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü tarafından belirtilmektedir.

2.4. Dış Ticaret ve Yurt İçi Talep

Bir ürün ya da ürün grubunun dış ticaretini ve yurtiçi talebini birden fazla faktör etkilemektedir. Ön fizibilitenin konusunu oluşturan rüzgar türbini kanatlarının talebini temelde ülkemizin rüzgar potansiyeli ve mevcutta kurulu olan gücü etkilemektedir. Niş bir ürün olan rüzgar türbini kanatlarına olan yurtiçi talep düzeyinin belirlenmesi istatistiksel anlamda güç bir durumdur. Kanat üretiminde ihracat ve ithalat değerleri alt kırılımda tekil olarak yer almamakla birlikte 8412909081 GTİP koduyla rüzgar türbini kanatları ve göbekleri şeklinde yer almaktadır. Trademap, uncomtrade vb. veri tabanlarında ise 841290 Motorlar ve Motor Parçaları İmalatı olarak yer almaktadır. Türkiye'nin motorlar ve motor parçalarına yönelik ithalatı 2016, 2017 ve 2018 yıllarında ortalama 55 milyon dolar iken 2019 yılında talep %50'den fazla düşerek 21 milyon dolar seviyesine gerilemiştir.

Tablo 2. 2015 – 2019 Yılları Arası Motorlar ve Motor Parçaları İthalat Değerleri

Yıl	Ürün	İthalat Değeri
2019	Motorlar ve Motor Parçaları İmalatı (Kanat imalatı dahildir)	\$21,717,204
2018		\$51,874,877
2017		\$46,518,435
2016		\$58,706,828
2015		\$20,368,612

Kaynak: www.comtrade.un.org/, Erişim Tarihi: 18.10.2020

⁶ www.enerjiatlası.com, Erişim Tarihi: 04.11.2020

⁷ www.windeurope.org, Erişim Tarihi: 26.10.2020

Tablo 3. 2015 – 2019 Yılları Arası Motorlar ve Motor Parçaları İhracat Değerleri

Yıl	Ürün	İhracat Değeri
2019	Motorlar ve Motor Parçaları İmalatı (Kanat imalatı dahildir)	\$231,493,298
2018		\$23,629,198
2017		\$19,979,455
2016		\$18,158,081
2015		\$12,551,573

Kaynak: www.comtrade.un.org, Erişim Tarihi: 18.10.2020

Tablodan yola çıkarak Türkiye'nin motorlar ve motor parçalarına yönelik ihracatı 2019 yılında ciddi miktarda artış göstermiştir. Artışa yansıyan rüzgar türbini kanat ihracatının değerini tam olarak tespit etmek mümkün değildir. Bununla beraber Türkiye'den yurtdışına rüzgar türbini kanat ihracatının gerçekleştiğini belirtmek mümkündür.

Tablo 4. 2015 – 2019 Yılları Arası Motorlar ve Motor Parçaları İhracatında Öne Çıkan Ülkeler

Yıl	Ürün	Ülke	İhracat Değeri
2019	Motorlar ve Motor Parçaları İmalatı (Kanat imalatı dahildir)	ABD	\$57,359,518
2018		İspanya	\$49,868,294
2017		İsveç	\$38,457,302
2016		Almanya	\$14,104,175
2015		Kanada	\$13,482,095

Kaynak: www.comtrade.un.org, Erişim Tarihi: 18.10.2020

Motorlar ve motor parçaları ihracatı en çok ABD'ye yapılmakta ve en çok ithalat da aynı şekilde ABD'den yapılmaktadır. ABD'den sonra en çok ihracat yaptığımız ülkeler arasında AB birliğine üye

ülkeler bulunmaktadır. 2019 yılında Türkiye'nin ihracatı 2019 yılında gerçekleştirilen ithalattan daha fazla olduğundan bu durum cari açığa olumlu bir katkı olarak yansımıştır.

Tablo 5. 2015 – 2019 Yılları Arası Motorlar ve Motor Parçaları İthalatında Öne Çıkan Ülkeler

Yıl	Ürün	Ülke	İthalat Değeri
2019	Motorlar ve Motor Parçaları İmalatı (Kanat imalatı dahildir)	ABD	\$4,507,850
2018		Almanya	\$4,162,323
2017		Çin	\$3,092,631
2016		İtalya	\$1,445,640
2015		Hollanda	\$1,198,666

Kaynak: www.comtrade.un.org, Erişim Tarihi: 18.10.2020

Türkiye'nin motorlar ve motor parçalarını ithal ettiği ülkeler ile Türkiye'de kurulu ve inşa halindeki reslerde tercih edilen dünya markalarının üretiminin sağlandığı ülkeler birbirine benzerlik göstermektedir. Türkiye, rüzgar türbini ve aksamalarını ABD, Almanya, Çin, Danimarka ve İspanya'dan ithal etmektedir.

Rüzgar türbini kanatları niş bir üründür. 60 – 80 m yükseklikte rüzgarın geliş yönü ve gücü hesaplamalarına göre siparişe dayalı bir üretim olduğu için üretim miktarlarını belirlemek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle talep tahmininin yapılması oldukça zordur. Hazır stok olarak üretimi gerçekleştirilmesi ve piyasaya sürülmesi mümkün olmamaktadır.

2.5. Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini

Rüzgar türbini kanat üretiminin miktarının ve talep tahminin yapılabilmesi güç bir durumdur. Türkiye pazarının doygunluğa ulaştığı kabul edildiğinde mevcut rüzgar türbinlerinin kanatlarının sensör arızası vermesi, uzun süre güneş ışığına maruz kalmasından dolayı zamanla yıpranması ve verimliliğini kaybetmesi vb. durumlarda yeni kanat üretimlerine ihtiyaç hasıl olacaktır. Öte yandan rüzgar türbinlerindeki kanatların ömrü ortalama 20 yıldır.

Dünya üzerinde yenilenebilir enerji yatırımları giderek artmakta ciddi enerji tasarrufları gerçekleşmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde Gürcistan, Ukrayna vb. rüzgar türbini enerji yatırımlarının artacağından bahsetmek mümkündür. Nihai ürün yapılacak ölçümlere göre siparişe özel üretimler olacağı için rüzgar enerji potansiyeli olan yurtdışı pazarlarına ya da Türkiye'de içinde lisanssız üretim yapacak küçük yapılara satış yapılabilir.

2.6. Girdi Piyasası

Rüzgar türbinleri yaygın olarak, yatay ekseninde dönen 3 adet kanat ile rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürler. Düşey ekseninde 2 kanat ile ya da yatay ekseninde çoklu kanat ile çalışan modeller olsa da verimlilik açısından genel olarak tercih edilmemektedir. Rüzgar türbinlerinin

modellerine ve kapasitelerine göre kanat boylarında ve tasarımlarında farklılıklar olmaktadır. Ancak hemen hemen her model için üretilen kanatlar benzer yöntemler kullanılarak kompozit teknolojisi ile üretilmektedir.⁸

Teknolojik gelişimin hızla ilerlemesi ile sektördeki tüm firmaların ürettiği türbinlerin alt standartları iyice yükselmiş ve önemli bir unsur olarak kanatların dizaynı, malzemesi ve üretim şekli önem kazanır olmuştur. Artık günümüzde rüzgar türbini kanatlarının, türbin verimliliğinde ciddi oranda etkisi olduğu kabul edildiğinden mühendislik ve teknolojik olarak önemli yatırımlar yapılmakta ve sürekli gelişim/değişim yaşanmaktadır. Rüzgar türbini kanatlarından en büyük beklenti; uzun sürede dayanıklılığını koruması, aerodinamik olarak türbinin enerji verimliliğine ilave katkı sağlaması, tüm dış etkenlere karşı bütünlüğünü ve yüzey kalitesini kaybetmemesi gibi özelliklerdir. Bu özellikleri sağlamak için de yapılan tüm çalışmalar ve denemeler sonucunda rüzgar türbinleri kanatlarının kompozit teknolojisi ile üretilmesinin en uygun yöntem olduğu ve kullanılan malzemelerde de günden güne gelişim yaşanması ile bunun desteklendiği görülmüştür.⁹

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte saf haldeki malzemelerin yetersiz kalmasından dolayı kompozit malzemeler geliştirilmiş ve zamanla kullanım alanları çoğalmıştır. Cam elyaf takviyeli polyster (CTP) kompozit malzemeler, iyi mekanik dayanım, elastiklik, yüksek korozyon dayanımı ve ekonomiklik gibi özelliklere sahip olmalarından dolayı dünyada yaygın kullanıma sahiptirler.¹⁰

Tablo 6. 2015 – 2019 Yılları Arası Türkiye Cam Elyaf İthalatı ve Miktarı

Yıllar	Ülke	İthalat Değeri (Dolar)	İthalat Miktarı (kg)
2015	Türkiye	\$193,302,962	97,516,985
2016		\$217,615,826	126,396,226
2017		\$233,754,748	138,364,861
2018		\$228,548,805	115,378,125
2019		\$242,658,512	127,464,622

Kaynak: comtrade.un.org, Erişim Tarihi: 18.10.2020

Türkiye’de kompozit sektörün gelişimine bağlı olarak cam elyaf ithalatında miktar ve değer bakımından 2015 – 2019 yılları arasında artış yaşanmıştır.

⁸ Karabağ, 2011

⁹ Karabağ, 2011

¹⁰ İlhan & Feyzullahoğlu, 2019

Tablo 7. 2015 – 2019 Yılları Arası Türkiye Cam Elyaf İhracatı ve Miktarı

Yıllar	Ülke	İhracat Değeri (Dolar)	İhracat Miktarı (kg)
2015	Türkiye	\$91,149,863	54,869,989
2016		\$84,872,483	49,754,626
2017		\$89,864,950	49,825,978
2018		\$105,698,716	54,450,708
2019		\$86,660,687	51,314,837

Kaynak: www.comtrade.un.org, Erişim Tarihi: 18.10.2020

Türkiye'nin son 5 yılda gerçekleştirmiş olduğu cam elyafı ihracat ve ithalatında bakıldığında 2019 yılında 76 bin 149 ton ve 155 milyon dolar civarında bir açık bulunmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde ülkemiz cam elyaf ihtiyacının büyük bir bölümünü ithalat ile karşılamaktadır.

Rüzgar türbin kanadı üretiminde cam elyaf dışında birçok girdi ve sarf malzeme mevcuttur. Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı'nın yaptığı detaylı çalışmada rüzgar türbin kanadı üretiminde girdi ve sarf malzeme olarak yer alan materyallerin birim bazında fiyatları ve atık oranları aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 8. Girdiler ve Birim Fiyatları

Materyal	Birim	Fiyat (USD)
Çift Eksenli Kompozit Kumaş	Kg	3
Üç Eksenli Kompozit Kumaş	Kg	2,86
Tek Yönlü Cam Elyaf	Kg	1,87
Tek Yönlü Karbon Elyaf	Kg	30
LE Bant	M	2

Boya	Kg	7,23
Köpük	Kg	7,23
Balsa	M ²	13
Reçine	Kg	3,63
Sertleştirici	Kg	3,63
Yapıştırıcı	Kg	9

Kaynak: Bortolotti ve diğerleri, 2019

Tablo 9. Sarf Malzemeler ve Birim Fiyatları

Materyal	Birim	Fiyat (USD)	Atık Oranı	
Soyma Tabakası	M ²	1,94	%15	
Kumsuz Bant (rulo genişliği: 0.127m)	M ²	1,67	%10	
Kıyılmış İplik (uzunluk başına kütle: 0.037 kg/m)	Kg	2,16	%5	
Takkifier	Hacimsel (3.06e-5 m ³ / m ²)	M ³	6,76	%5
	Teneke Kutu (0.022 #/ m ²)	#	6,65	%5
Kalıp Ayırıcı (2.57e-5 m ³ / m ²)	M ³	15,69	%5	
Akış Artırıcı Medyum	M ²	0,646	%15	
Maskeleme Bandı (0.328m)	Rulo	5,50 usd	%10	

Kırılmış Lifler (9.76e-3 kg / m ²)	Kg	6,19	%10
White Lightning (Dolgu malzemesi) (2.04e-5 m ³ / m ²)	M ³	3.006	%10
Sertleştirici (0.012 # / m ²)	#	1,65	%10
Macun (0.0244 kg / m ²)	Kg	6	%10
Macun Katalizörü (4.88e-3 kg / m ²)	Kg	7,89	%10

Kaynak: Bortolotti ve diğerleri, 2019

Tablolarda yer alan girdi ve sarf materyallerinin büyük bir bölümü Türkiye içinden, temin edilebilir. Özellikle Eskişehir ve Bursa illerinde kompozit sektörde yer alan firmalardan temin edilmesi mümkündür. Literatürde belirtilen fiyatlar reel piyasa fiyatlarını tam olarak yansıtmamakla beraber değişkenlik arz edebilir.

2.7. Pazar ve Satış Analizi

Rüzgar türbini parçalarının üretimi konusunda yan sanayi bakımından Eskişehir ili gelişmiştir. Kanat imalatı için kullanılmak üzere cam elyafı üreten kompozit firması bulunmaktadır. Aynı zamanda TR41 bölgesinde yer alan Bursa'da da kompozit malzeme üreticilerinin olması hammaddeye yakınlık açısından Eskişehir'i rekabette öne çıkarmaktadır.

Ön fizibilite çalışmasına konu olan tesisin yıllık rüzgar türbin kanadı üretim kapasitesi ortalama 60 adet olarak belirlenmiştir. Bu kapasite hali hazırda sektörde faaliyet gösteren firmaların yıllık ortalama üretim kapasitelerine göre belirlenmiş olup, belirlenen kapasite ortalama büyüklükteki bir tesis için geçerlidir. Tesisin kapasite kullanım oranı ise yıllık ortalama %65 olarak gerçekleşmesi beklenmektedir. Bunun sebebi aşağıdaki tabloda da görüldüğü gibi sektörün yıllık ortalama kapasite kullanım oranı 2016 – 2020 yılları arasında yaklaşık %10 azalarak %65,90 seviyesine gerilemiştir.

Tablo 10. Kapasite Kullanım Oranı

Başka Yerde Sınıflandırılmamış Makine ve Ekipman İmalatı	
Yıllar	Kapasite Kullanım Oranı Oran (%)
2016	76,34
2017	79,19

2018	74,57
2019	68,11
2020	65,90

Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası, 2021

Tesisin, maksimum kapasite (teorik kapasite) ile çalışması durumunda yıllık 60 adet 34 m uzunluğunda rüzgar türbini kanadı üretmesi beklenmektedir. Sektörün ortalamasına göre değerlendirildiğinde tesisin yıllık ortalama 40 adet 34 m uzunluğunda rüzgar türbini kanadı üretmesi gerçekleştirilecek kapasite olarak kabul edilebilir. Tesis, yıllık ortalama 40 adet rüzgar türbini kanadı üretmesi halinde işletme dönemine geçişin ikinci yılında başabaş noktasına ulaşabilmektedir.

Rüzgar türbinlerinin butik üretimler olması ve üretimin ciddi maliyetli olması bakımından stoklayarak satış yapılması söz konusu olmamaktadır. Kurulması düşünülen bölgede belirli yükseklikte gerçekleştirilecek rüzgar ölçümlerine göre siparişin hazırlanması ve üretimin gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. Bu sebeple üretimi, pazarlaması ve satışı güçtür. Rüzgar türbini parçaları pazar bakımından oldukça dardır. Bu sebeple yurtdışı pazarlarını hedeflemek mantıklı bir çözüm olabilir. Türkiye'ye komşu ülkeler rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından yeni yatırımlar için hedef pazar olma potansiyeline sahiptir. Potansiyel hedef pazarlarından birisi de Gürcistan'ın yenilebilir enerji sektörüdür.

Gürcistan, yılda 4 milyar kilovat-saat üretebileceği tahmin edilen önemli bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir. Doğal enerji potansiyeline göre Gürcistan bölgesi dört bölgeye ayrılmıştır: ¹¹

- Yüksek hız bölgesi - Güney Georgia'nın dağlık bölgeleri, Kakhaber Vake ve Kolkheti Vadisi'nin orta bölgesi. Çalışma süresi, yılda 5000 saatten fazladır.
- Kısmen yüksek hız ve düşük hız bölgesi - Mtsheta'dan Rustavi'ye kadar Mtkvari geçidi, Javakheti'nin güney kısmı, Poti'den Kakhaber Vake'ye Karadeniz hattı. Çalışma süresi yılda 4500-5000 saattir.
- Düşük hızlı dağ silsilesi etkili kullanım bölgesi - Gagra sıradağları, Kolkheti Vadisi ve Doğu Gürcü ovaları.
- Düşük hızlı dağ silsilesi sınırlı kullanım bölgesi - Iori Zegani ve Sioni su rezervuarı.

Gürcistan topraklarında kalan dağ sıralarının geri kalanı rüzgar santralleri tarafından kullanılmak üzere uygun alanlar değildir.

3. TEKNİK ANALİZ

3.1. Kuruluş Yeri Seçimi

Eskişehir'de rüzgar türbin kanadı üretebilecek bir fabrikanın kurulabileceği en uygun alan Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi olarak karşımıza çıkmaktadır. OSB'nin altyapı (elektrik, su, doğalgaz, fiber internet) konusunda herhangi bir sorunu bulunmamaktadır. Ayrıca İmişehir genişleme alanında arazi eğimi çok düşüktür. Yatırım için OSB arazisinin en uygun alternatif olarak karşımıza çıkmasının temel sebepleri arasında OSB içerisinde rüzgar türbini parçalarını üretebilecek kapasiteye sahip yan sanayinin bulunması ve Eskişehir'in önemli illerin güzergahı üzerinde yer alması olarak gösterilebilir.

¹¹ www.energy.gov.ge Erişim Tarihi: 20.10.2020

Tablo 11. Eskişehir OSB Arazi M² Fiyatları ve Diğer Maliyetler

Eskişehir OSB Arsa Fiyatları ve Maliyetler			
Fiyatlar	Türk Lirası (TL)	ABD Doları (\$)	Euro (€)
Arsa Fiyatları (m2)			
OSB	300	38,71	33,33
1.Bölge A	235	30,32	26,11
1.Bölge B	210	27,10	23,33
1.Bölge C	188	24,26	20,89
Doğalgaz Fiyatı (sm3) Bu fiyatlara ÖTV ve Taşıma Bedeli dahildir.			
OSB	1,433120	0,1849	0,1592
1.Bölge	1,596768	0,2060	0,1774
Elektrik Fiyatı (Kwh) Aylık değişmekte olup tüm bölgede fiyat aynıdır.			
Elektrik (Kwh)	0,414473	0,0535	0,0461
Dağıtım Bedeli (Kwh)	0,023547	0,0030	0,0026
İletim Sistemi Kullanım Bedeli (Kwh)	0,021591	0,0028	0,0024
Yekdem Bedeli (Kwh)	-0,005005	-0,0006	-0,0006

Su Fiyatı (m3) %8 KDV ilave edilecektir.

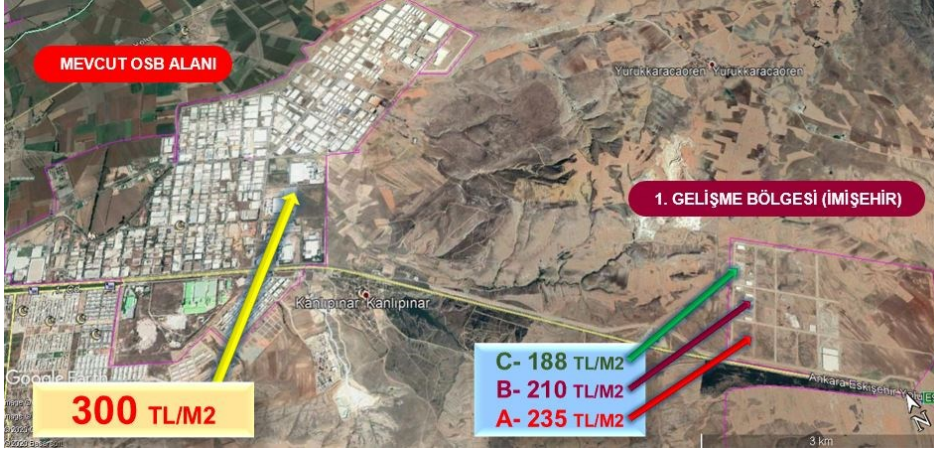
0-500 m3	0,920	0,119	0,102
501-5.000 m3	0,810	0,105	0,090
5.001-20.000 m3	0,750	0,097	0,083
20.001.40.000 m3	0,710	0,092	0,079
40.001 m3	0,700	0,090	0,078

Atıksu Fiyatı (m3) %8 KDV ilave edilecektir.

Kusup	0,780	0,101	0,087
Atık Su Birim Fiyatı	1,070	0,138	0,119

Katılım Fiyatı (TL/m) Ruhsat durumuna göre farklı uygulanacaktır.

M. Zeytinoğlu Bulvarı	2,510	0,324	0,279
Bulvarlar	1,630	0,210	0,181
Caddeler	1,130	0,146	0,126

Şekil 3. Eskişehir OSB Mevcut Alan ve Gelişme Bölgesi

İmişehir bölgesindeki arazi büyük ölçüde düz zemin olup, eğim çok düşüktür. Arsa konumuna ve büyüklüğüne göre hafriyat miktarı ve maliyeti değişebilmektedir. İmişehir bölgesinde 10 bin m²'den 300 bin m²'ye arazi bulunmaktadır. Maliyet açısından bakıldığında İmişehir bölgesi yatırım yapılması uygun bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.2. Üretim Teknolojisi

Rüzgar türbini endüstrisinde, genellikle üç kanatlı türbin, her bir kompozit kanat açık kalıp (örneğin, elle yatırma, püskürtme) veya kapalı kalıp (ör. infüzyon, reçine transfer kalıplama = kısaca RTM) yöntemleri kullanılarak üretilmektedir. Ancak üretim süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından ve uçucu organik maddelerin oluşturmuş olduğu emisyon miktarının azaltılması gerektiğinden dolayı kapalı kalıp kullanma yöntemi zorunludur. Bununla beraber RTM yöntemi rüzgar türbini üretimi için endüstriyel bir çözüme sahiptir: Yüksek kaliteli son işlem, iyi mekanik özellikler, daha düşük maliyet ve iki parça olan kabukların birleştirme işleminin olmamasıdır.¹²

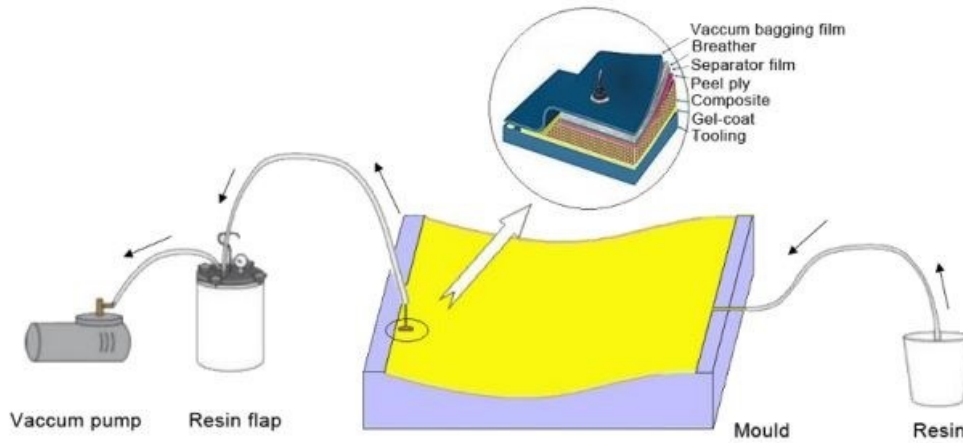
- **Vakum infüzyon işlemi**

Şekil 4. Vakumlu Direkt İnfüzyon Teknolojisi

¹² Bortolotti ve diğerleri, 2019

Bu kalıplama işleminin prensibi, önce kalıbın iç yüzüne bir ayırma filmi uygulamak ve ardından ince bir jel kaplama tabakası uygulamaktan oluşur. Ardından, kaplanmış alan üzerine kuru elyaf takviyeleri uygulanarak ardından (i) bir soyma katı, (ii) bir ayırıcı film ve (iii) bir havalandırma işlemi gerçekleştirilir. Son olarak, tüm sistem Şekil 2.'de gösterildiği gibi torba film (hava geçirmez plastik film) ile sarılır. Böylece, plastik film standart bir kalıbın üst kısmı gibi olacak şekle gelerek esnek bir destek görevi görecektir. Bu koşullar altında, kapalı odada oluşturulan vakum, reçinenin yayılmasını ve doygunluğa kadar elyaf takviyelerini kademeli olarak emprenye etmesini sağlar. Reçine sertleştikten sonra, plastik film, soyma katı, ayırıcı film ve havalandırma çıkarılır ve üst veya alt bıçak parçaları, ara parçası olarak işlev gören sıkıştırılmış hava ve plastik takozlar kullanılarak kalıptan çıkarılır. Bu işlemi uygularken, kompozit kanat yapısı iki yarım kabuktan (üst ve alt yüzeyler) ve uzunlamasına bir direk takviyesinden yapılır. Daha sonra, bütün bıçağı üretmek için tüm parçalar iki bileşenli bir yapıştırıcıyla (reçine ve sertleştirici) birbirine yapıştırılır. Bu yapıştırılmış alanlarda, bir yapısal bileşenden diğerine yük aktarımı, yapışkan bağlantının mekanik mukavemetine zarar verebilecek herhangi bir olumsuz etki olmaksızın gerçekleştirilmelidir. Tasarım aşamalarında, yapışkan bağlantı, normal çalışma koşullarında güvenli bir şekilde çalışacak ve maksimum yük taşıma kapasitesini, yorulma direncini ve iklim koşullarına dayanacak kadar güçlü tasarlanmalıdır.¹³

Şekil 5. Vakumlu Kalıplama İşlemi



Farklı bıçak parçalarının yapıştırma işlemi ve dolayısıyla yapışkan bağlantı tasarımından ve arıza riskinin analizinden kaçınmak için, RTM işlemi tercih edilmektedir.

Şekil 6. Vakum İnfüzyon ve Türbin Kanadı Kalıbı



¹³ Attaf, 2013

- **RTM kalıplama işlemi**

RTM işleminin prensibi, infüzyon işleminde kullanılan ve standart bir kalıbın üst tabaka bileşenini oluşturan plastik filmin sert bir parça ile değiştirilmesinin dışında infüzyon ile aynıdır. Bu yöntem, reçinenin sıvı halde kuru elyaf takviyesinin (cam elyaf preform) önceden yerleştirildiği kapalı bir kalıp içerisine enjekte edilmesini içerir¹⁴:

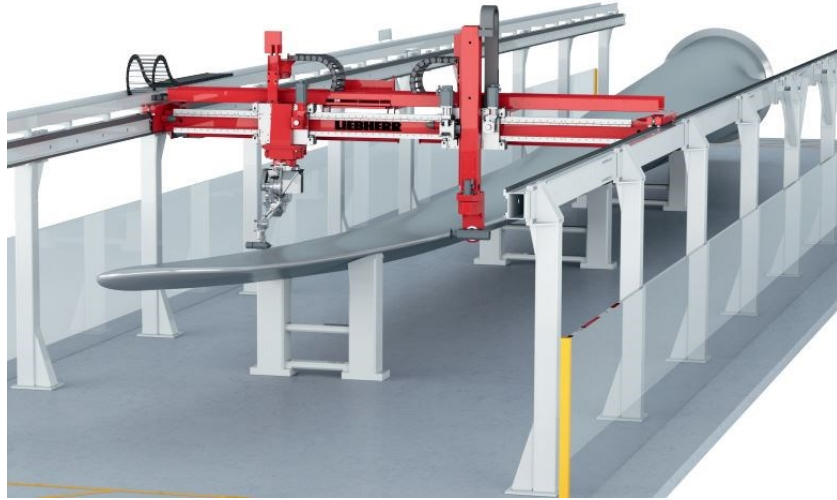
- Aşama 1: tasarım ofisi tarafından önerilen fiber donatı seçimi;
- Aşama 2: lif ön kalıbının hazırlanması (liflerin oryantasyonu ve istifleme sırası);
- Aşama 3: kalıbın kapatılması ve fiber ön kalıbın yerleştirilmesinden sonra havalandırma işlemi;
- Aşama 4: reçinenin enjeksiyonu ve takviyenin doluma kadar aşamalı olarak empenye edilmesi;
- Aşama 5: reçinenin polimerizasyonu, kurutulması ve sertleştirilmesi (kürleme);
- Aşama 6: kalıbın açılması ve kompozit bıçağın tüm parçasının kalıptan çıkarılması

şeklinde aşamalardan oluşmaktadır.

Son yıllarda gelişen teknolojiyle beraber üretim süreçlerinde otomasyona geçiş artmıştır. Türbin kanadı üretiminde Alman Liebherr firmasının sunmuş olduğu çözümler bulunmaktadır. 60 metreye kadar olan ölçülerde üretilecek olan rüzgar türbini kanatları için sunulan teknolojinin özellikleri şöyledir:

- Rotor kanadı bileşenlerinin otomatik olarak kırılması
- Rotor kanadı yüzeylerinin otomatik polisajı
- Önceden kesilmiş camın ve karbon fiber levhaların otomatik konumlandırılması ve döşenmesi

Şekil 7. Liebherr Rüzgar Türbini Kanatı Üretimi Otomasyon Sistemi



Rüzgar türbin kanatı üretecek firmada genel olarak olması gereken makine – ekipman ve fiyatları aşağıdaki gibidir.

Tablo 12. Rüzgar Türbini Kanat Fabrikası Makine ve Ekipman Listesi

Makine ve Ekipman	Maliyet (\$)

¹⁴ Attaf, 2013

Kesici	5.000
İnfüzyon kökü preformu lp	15.000
İnfüzyon kökü preform hp	15.000
İnfüzyon ağları (ađ başına)	1.700
İnfüzyon direk kapakları lp	1.700
İnfüzyon direk kapakları hp	1.700
İnfüzyon cilt kabuğu lp	1.600
İnfüzyon deri kabuğu hp	1.600
Montaj	6.600
Kırpma	25.000
Kaplama	250
İyileőtirme	28.500
Kök kesim ve matkap	390.000
Kök donanım kurulumu	15.500
Yüzey hazırlama	160
Boyama	57.000

Yüzey inceleme ve tamamlama	800
Ağırlık ve denge	200.000
Kontrol ve analiz	400
Sevkiyat hazırlığı	8.000
TOPLAM	775.510

Kaynak: Bortolotti, ve diğeri, 2019

3.3. İnsan Kaynakları

Eskişehir ilinde Türkiye'nin köklü üniversitelerinin yer almasından dolayı eğitimin önemli olduğu bir şehir olarak karşımıza çıkmaktadır. Mesleki ve Teknik okullaşma oranı ve okur-yazar oranı Eskişehir ilinde nüfusa oranla iyi durumdadır.

Tablo 13. Eskişehir İl Nüfusunun Eğitim Kademelerine Göre Durumu

	İlköğretim	İlkokul	Ortaokul/ Dengi Meslek Ortaokul	Lise/ Dengi Meslek Okulu	Yüksekokul/ Fakülte	Yüksek Lisans	Doktora
2014	90.941	209.048	66.837	180.626	105.243	8.985	3.559
2015	78.673	208.761	78.281	184.974	114.339	9.715	3.674
2016	70.256	206.279	88.445	195.867	122.028	10.137	3.652
2017	71.877	204.015	92.521	199.238	125.236	12.859	4.115
2018	72.977	193.707	94.867	206.616	130.342	14.107	4.140

Kaynak: TÜİK, 2021

2014 – 2018 yılları arasında Eskişehir'de eğitim kademelerine göre nüfus sayısında yaşanan artış oranları şu şekilde gerçekleşmiştir:

- Ortaokul / Dengi Meslek Ortaokul, %29,55 artış
- Lise / Dengi Meslek Okulu, %12,58 artış
- Yüksekokul / Fakülte, %19,26 artış
- Yüksek Lisans, %36,31 artış,
- Doktora, %14,03 artış

Tablo 14. Eskişehir İli Çalışma Çağındaki Nüfus (15-65 Yaş Arası) İstatistikleri ve İl Nüfusuna Oranı

Yıllar	15-65 yaş	Toplam Nüfus	Oran (%)
2015	591.157	826.716	71,51
2016	603.783	844.842	71,47
2017	612.074	860.620	71,12
2018	617.014	871.187	70,82
2019	626.307	887.475	70,57

Kaynak: TÜİK, 2021

Çalışma çağındaki nüfusun toplam nüfusa oranına bakıldığında yıllar arasında küçük oranlarda azalış göstermektedir. İstatistiklere bakıldığında Eskişehir ili nüfusunun %70'i çalışabilir durumda olduğu görülmektedir.

Tablo 15. Genç Nüfus İstatistikleri ve Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı

Yıllar	15-24	15-65 yaş	Oran (%)
2015	130.475	591.157	22,07
2016	132.436	603.783	21,93
2017	133.417	612.074	21,80
2018	132.447	617.014	21,47

2019	132.138	626.307	21,10
------	---------	---------	-------

Kaynak: TÜİK, 2021

Eskişehir ilinin genç nüfus ve çalışma çağındaki nüfus durumuna bakıldığında genç nüfusun çalışma çağındaki nüfusa oranı küçük dalgalanmalar yaşasa da %21 oranında gerçekleşmektedir.

Tablo 16. İstihdam Edilecek Personel ve Ortalama Brüt Maaş

İstihdam Edilecek Personel	Personel Sayısı	Ortalama Brüt Maaşı (USD)	İşverene Maliyeti USD (Brüt Ücret + İşveren SGK Payı)
İşçi	40	445	522,875
Usta	10	700	822,5
Teknisyen	5	750	881,25
Mühendis	5	850	998,75
İdari	10	850	998,75
Toplam	70	3.595	4.224,12

İstihdam edilecek 70 personelin yıllık ortalama brüt maaş toplamı $3.595 \times 70 = 251.650$ USD olarak gerçekleşecektir. 70 personelin yıllık işverene toplam maliyeti¹⁵ ise $4.224,12 \times 70 = 295.688,4$ USD olarak gerçekleşecektir.

4. FİNANSAL ANALİZ

4.1. Sabit Yatırım Tutarı

Rüzgar türbini yatırımlarında bina büyüklüğü üretilmesi düşünülen türbin kanadı büyüklüğüne göre değişmektedir. Üretilmesi düşünülen kanat uzunluğunun da bina büyüklüğünde hesaba katılarak metre cinsinden ortalama 3 m² ile çarpılarak uygun alan büyüklüğü bulunabileceği literatürde belirtilmektedir. Her bir proses için ortalama m² alanı hesaplanarak fabrikanın büyüklüğü ve maliyeti bulunabilir. Örneğin toplamda 19 adet proses için 34 metrelik bir türbin kanadı üretebilecek bir

¹⁵ SGK İşveren Primi indirimli olarak %15,5 kabul edilmiştir. SGK İşveren İşsizlik Primi ise %2 olarak kabul edilmiştir.

fabrikanın kabaca $19 \times 34 \times 3 \text{ m}^2 = 1938 \text{ m}^2$ şeklinde alan büyüklüğü elde edilebilir. Bu durumda kabaca 2000 m^2 binaya ihtiyaç duyulduğu söylenebilir. Bu durumda bina maliyeti ise literatürde belirtilen birim m^2 başına düşen $800 \$$ maliyeti ile hesaplandığında $2000 \text{ m}^2 \times 800 \$ = 1$ milyon 600 bin dolar olarak bulunabilir. TL cinsinden değerlendirildiğinde ise $1.600.000 \$ \times 7,95$ (25.11.2020 tarihi dolar kuru) = 12.720.000 TL olarak belirlenebilir.¹⁶

Rüzgar türbini kanat imalatı için ortalama 2.000 m^2 açık alan ve 2.000 m^2 kapalı alan olarak toplamda 4 bin m^2 lik ve İmişehir bölgesi en düşük arazi maliyeti olan bir alana inşa edilmesi durumunda arazi bedeli $4000 \text{ m}^2 \times 188$ (m^2 birim fiyatı) = 752.000 TL olarak gerçekleşmektedir.

34 metrelik bir türbin kanadı üretecek fabrikada her bir proses için ayrı bir makine ya da makine grubunun kurulması gerekmektedir. Makine ve ekipmanın toplam maliyeti 775.510 dolardır¹⁷. TL cinsinden değerlendirildiğinde ise $775.510 \$ \times 7,95$ (25.11.2020 tarihi dolar kuru) = 6.165.304,5 TL olarak belirlenebilir.

34 metrelik rüzgar türbini kanadı üretebilecek firmanın toplam yaptırım maliyeti $2.470.101 \$$ olarak gerçekleşebilir. TL cinsinden ise $19.637.304,5$ TL olarak gerçekleşmesi beklenebilir.

4.2. Yatırımın Geri Dönüş Süresi

Literatür çalışmalarından yola çıkarak cam elyaftan 34 metrelik bir rüzgar türbini kanat üretim maliyetinin proses aşamalarına göre aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

Tablo 17. Rüzgar Türbini Kanadı Üretim Maliyeti

Maliyetler	Maliyet (\$)
Malzeme maliyeti	73.638,82
İşçilik maliyetleri	24.640,7
Genel işçilik maliyetleri	13.484
Hizmet maliyetleri	693,07
Ekipman maliyetleri	4.347,16
Takım maliyetleri	11.854,42
Bakım maliyetleri	4.417,42

¹⁶ Bortolotti, ve diğerleri, 2019

¹⁷ Raporun Üretim Teknolojisi bölümünde ayrıntılı tablo yer almaktadır

Bina maliyeti	32.000
Sabit maliyetler	41.444,07
TOPLAM	206.519,66

Kaynak: Bortolotti ve diğerleri, 2019

Literatürde belirtilen maliyetlerin bir bölümü bu ön fizibilitede yer alan diğer maliyetlere göre uyarlanmış ve bu durumda cam elyaftan üretilen bir rüzgar türbin kanadının ortalama maliyeti 206.519,66 \$ olarak bulunmuştur. Toplam yatırım maliyeti ise 2.470.101 \$'dır. Yılda 40 adet kanat üretimi gerçekleştirilmesi ve ortalama %25 kar oranında 258.149,575 \$ dan satılması halinde bir adet kanat satışından elde edilecek gelir 51.629,915 \$'dır. Toplam net kar ise $40 \times 51,629,915 = 2.065.196,6$ \$'dır. Bu durumda yatırımın geri dönüş süresi $2.470.101 / 2.065.196,6 = 1$ yıl 2,5 ay olarak gerçekleşebilir. Tesis, yıllık ortalama 40 adet rüzgar türbini kanadı üretmesi halinde işletme dönemine geçişin ikinci yılında başabaş noktasına ulaşabilmektedir.

5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir bir biçimde kullanımı çevreye, doğaya ve insana faydalı olmaktadır. Rüzgar türbini parçalarının üretimi konusunu Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği Ek-1'de yer alan Çevresel Etki Değerlendirmesi Uygulanacak Projeler Listesinde yer almamaktadır. Bu sebeple ÇED raporu gerekli değildir denilebilir. Fakat her halükarda ilgili ve gerekli prosedürleri uygulanarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na başvuru yapılmalı ve ÇED gerekli değildir belgesinin alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Attaf, B. (2013). Designing Composite Wind Turbine Blades from Cradle to Cradle. Recent Advances in Composite Materials for Wind Turbine Blades.
- Bortolotti, P., Berry, D., Murray, R., Gaertner, E., Jenne, D., Damiani, R., . . . Dykes, K. (2019). A Detailed Wind Turbine Blade Cost Model. National Renewable Energy Laboratory.
- Chomakhidze, D., & Melikidze, M. (2018). Renewable Energy Potential and Its Utilization in Georgia.
- Elibüyük, U., & Üçgöl, İ. (2014). Rüzgâr Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgâr Enerjisi Depolama Yöntemleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Yekarum E-Dergi.
- İlhan, R., & Feyzullahoğlu, E. (2019). Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Kompozit Malzemelerde Kullanılan Doğal Elyaf ve Dolgu Maddeleri. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 6, No: 2.
- Karabağ, S. (2011). Rüzgar Türbini Kanadı İmalatı. İzmir Rüzgâr Sempozyumu ve Sergisi.
- Kaya, K., & Koç, E. (2015). Yatay Eksenli Rüzgar Türbinlerinde Kanat Profil Tasarımı ve Üretim Esasları. Makine ve Mühendis, Cilt:56, Sayı: 670, 38-48.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2019). On Birinci Kalkınma Planı (2019 - 2023) Enerji Teknolojilerinde Yerli üretim.
- Teneler, G. (2020). Türkiye'de Rüzgar Enerjisi. Türkiye'nin Enerji Görünümü Oda Raporu.
- Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi: 20.10.2020.
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. (2019). Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu. www.energy.gov.ge, Erişim Tarihi: 20.10.2020.
- www.enerjiatlas.com, Erişim Tarihi: 04.11.2020.
- www.evwind.es, Erişim Tarihi: 11.11.2020.
- www.investingeorgia.org, Erişim Tarihi: 24.11.2020.
- www.statista.com, Erişim Tarihi: 09.11.2020.
- www.tcmb.gov.tr, Erişim Tarihi: 26.03.2021.
- www.windeurope.org, Erişim Tarihi: 26.10.2020.

Ek-1: Fizibilite Çalışması için Gerekli Olabilecek Analizler

Yatırımcı tarafından hazırlanacak detaylı fizibilitede, aşağıda yer alan analizlerin asgari düzeyde yapılması ve makine-teçhizat listesinin hazırlanması önerilmektedir.

- [Ekonomik Kapasite Kullanım Oranı \(KKO\)](#)

Sektörün mevcut durumu ile önümüzdeki dönem için sektörde beklenen gelişmeler, firmanın rekabet gücü, sektördeki deneyimi, faaliyete geçtikten sonra hedeflediği üretim-satış rakamları dikkate alınarak hesaplanan ekonomik kapasite kullanım oranları tahmini tesis işletmeye geçtikten sonraki beş yıl için yapılabilir.

Ekonomik KKO= Öngörülen Yıllık Üretim Miktarı /Teknik Kapasite

- [Üretim Akım Şeması](#)

Fizibilite konusu ürünün bir birim üretilmesi için gereken hammadde, yardımcı madde miktarları ile üretimle ilgili diğer prosesleri içeren akım şeması hazırlanacaktır.

- [İş Akış Şeması](#)

Fizibilite kapsamında kurulacak tesisin birimlerinde gerçekleştirilecek faaliyetleri tanımlayan iş akış şeması hazırlanabilir.

- [Toplam Yatırım Tutarı](#)

Yatırım tutarını oluşturan harcama kalemleri yıllara sari olarak tablo formatında hazırlanabilir.

- [Tesis İşletme Gelir-Gider Hesabı](#)

Tesis işletmeye geçtikten sonra tam kapasitede oluşturması öngörülen yıllık gelir gider hesabına yönelik tablolar hazırlanabilir.

- [İşletme Sermayesi](#)

İşletmelerin günlük işletme faaliyetlerini yürütebilmeleri bakımından gerekli olan nakit ve benzeri varlıklar ile bir yıl içinde nakde dönüşebilecek varlıklara dair tahmini tutarlar tablo formunda gösterilebilir.

- [Finansman Kaynakları](#)

Yatırım için gerekli olan finansal kaynaklar; kısa vadeli yabancı kaynaklar, uzun vadeli yabancı kaynaklar ve öz kaynakların toplamından oluşmaktadır. Söz konusu finansal kaynaklara ilişkin koşullar ve maliyetler belirtilebilir.

- [Yatırımın Kârlılığı](#)

Yatırımı değerlendirmede en önemli yöntemlerden olan yatırımın kârlılığının ölçümü aşağıdaki formül ile gerçekleştirilebilir.

Yatırımın Kârlılığı= Net Kâr / Toplam Yatırım Tutarı

- [Nakit Akım Tablosu](#)

Yıllar itibariyle yatırımda oluşması öngörülen nakit akışını gözlemek amacıyla tablo hazırlanabilir.

- [Geri Ödeme Dönemi Yöntemi](#)

Geri Ödeme Dönemi Yöntemi kullanılarak hangi dönem yatırımın amorti edildiği hesaplanabilir.

- [Net Bugünkü Değer Analizi](#)

Projenin uygulanabilir olması için, yıllar itibariyle nakit akışlarının belirli bir indirgeme oranı ile bugünkü değerinin bulunarak, bulunan tutardan yatırım giderinin çıkarılmasıyla oluşan rakamın sıfıra eşit veya büyük olması gerekmektedir. Analiz yapılırken kullanılacak formül aşağıda yer almaktadır.

$$NBD = \sum_{t=0}^n (NA_t / (1-k)^t)$$

NA_t : t. Dönemdeki Nakit Akışı

k: Faiz Oranı

n: Yatırımın Kapsadığı Dönem Sayısı

- [Cari Oran](#)

Cari Oran, yatırımın kısa vadeli borç ödeyebilme gücünü ölçer. Cari oranın 1,5-2 civarında olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Cari Oran} = \frac{\text{Dönen Varlıklar}}{\text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}}$$

Likidite Oranı, yatırımın bir yıl içinde stoklarını satamaması durumunda bir yıl içinde nakde dönüşebilecek diğer varlıklarıyla kısa vadeli borçlarını karşılayabilme gücünü gösterir. Likidite Oranının 1 olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Likidite Oranı} = \frac{\text{Dönen Varlıklar} - \text{Stoklar}}{\text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}}$$

Söz konusu iki oran, yukarıdaki formüller kullanılmak suretiyle bu bölümde hesaplanabilir.

- [Başabaş Noktası](#)

Başabaş noktası, bir firmanın hiçbir kar elde etmeden, zararlarını karşılayabildiği noktayı/seviyeyi belirtir. Diğer bir açıdan ise bir firmanın, giderlerini karşılayabildiği nokta da denilebilir. Başabaş noktası birim fiyat, birim değişken gider ve sabit giderler ile hesaplanır. Ayrıca sadece sabit giderler ve katkı payı ile de hesaplanabilir.

$$\text{Başabaş Noktası} = \frac{\text{Sabit Giderler}}{(\text{Birim Fiyat} - \text{Birim Değişken Gider})}$$

Ek-2: Yerli/İthal Makine-Teçhizat Listesi

İthal Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	F.O.B. Birim Fiyatı (\$)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyet (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı

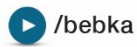
Yerli Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyeti (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı



Altınova Mah. İstanbul Cad. 424/4 Buttım İş Merkezi Buttım
Plaza Kat 6 16250 Osmangazi/Bursa TÜRKİYE

Tel: 0 224 211 13 27 Faks: 0 224 211 13 29

bebka.org.tr



Kalkınma Ajansı Yayınları Bedelsizdir, Satılmaz