

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**BULANIK TOPSİS VE BULANIK VİKOR
YÖNTEMİ KULLANILARAK RÜZGAR ENERJİSİ
SANTRAL YER SEÇİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:
Neslihan TUYĞUN

İstanbul, 2017

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**BULANIK TOPSİS VE BULANIK VİKOR
YÖNTEMİ KULLANILARAK RÜZGAR ENERJİSİ
SANTRAL YER SEÇİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

Neslihan TUYĞUN

Öğrenci No:

140792016

Danışman:

Yrd. Doç .Dr. Ümit TERZİ

İstanbul, 2017

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Bulanik TOPSİS Ve Bulanik VİKOR Yöntemi Kullanılarak Rüzgâr Enerjisi Santral Yer Seçimi” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Neslihan TUYĞUN



T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 140792016 no'lu Neslihan TUYĞUN'in 08/05/2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda 90 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliğiyle, kabul kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği
Programı : Endüstri Mühendisliği
Tez Başlığı³ : Bulanık Topsis ve Bulanık Vikor Yöntemi Kullanılarak Rüzgar Enerjisi Santral Yer Seçimi

<u>Tez Sınav Jürisi</u>	<u>Öğretim Üyesi</u>
Danışman	: Yrd.Doç.Dr. Ümit TERZİ
Üye	: Yrd.Doç.Dr. Yıldız ŞAHİN
Üye	: Yrd.Doç.Dr. S.Kerem AYTULUN

İmza



¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında “kabul”, “düzeltme” veya “red” kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

BULANIK TOPSİS VE BULANIK VİKOR YÖNTEMİ KULLANILARAK RÜZGÂR ENERJİSİ SANTRAL YER SEÇİMİ

Hazırlayan: Neslihan TUYĞUN

ÖZET

Ülkemizde rüzgar enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Ancak rüzgâr enerjisi konusu ülkemiz gündemine 2000’li yıllarda girebilmiştir. Buna karşın önemi giderek artmış, 2007 yılından sonra yatırımlara hız verilmiştir. Rüzgar enerjisinde geç kalınmış olsa da, açığı kapatmak için yatırımlar hızla devam etmektedir. Rüzgar enerjisi yatırımlarında en önemli konulardan biri santral yeri seçimidir. Seçilen yerin rüzgar potansiyeli, sosyal etkiler, teknik, ulaşım, maliyet gibi bir çok kriter bu seçimin sonucunu etkilemektedir. Bu çalışmada rüzgar enerjisi santrali yer seçimi çok kriterli karar verme problemine bulanık TOPSİS ve bulanık VİKOR yöntemleri kullanılarak çözüm önerisi sunulmuştur. Anket yardımıyla uzmanlardan bilgi alınmış, çıkan sonuçlar doğrultusunda sayısal analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Kaynakları, Rüzgâr Enerjisi, Tesis Yeri Seçimi, Bulanık TOPSİS Yöntemi, VİKOR Yöntemi

WIND ENERGY POWER PLANT SELECTION USING FUZZY TOPSİS AND FUZZY VİCIO METHOD

Presented by: **Neslihan TUYĞUN**

ABSTRACT

Wind energy potential in our country is quite high. However, wind energy has entered the agenda of our country in the year 2000. On the contrary, the prominence has increased steadily, and investments have been accelerated since 2007. Although wind energy is late, investments are continuing to close the gap. One of the most important issues in wind energy investments is the location of the power plant. Many criteria such as wind potential, social influences, technique, transportation, cost affect the result of this selection. In this study, a solution proposal is presented by using fuzzy TOPSİS and fuzzy VİKOR methods for multi-criteria decision making of wind energy plant site selection. Expert information was obtained with the help of questionnaire, numerical analyzes were made in the direction of the results and the results were compared.

Keywords: Energy Resources, Wind Energy, Site Selection, Fuzzy TOPSİS Method, VİKOR Method

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
KISALTMALAR	vii
1.GİRİŞ	1
2. ENERJİ TANIMI VE ÇEŞİTLERİ	3
2.1. Enerjinin Tanımı.....	3
2.2. Enerji Kaynakları	3
2.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	3
2.2.2. Yenilenebilen Enerji Kaynakları	5
3. RÜZGAR ENERJİSİ VE TEKNOLOJİSİ	8
3.1. Rüzgar Enerjisinin Gelişimi	8
3.1.1. Rüzgar	8
3.1.2. Rüzgar Enerjisi	8
3.2. Rüzgar Türbin Çeşitleri	21
3.2.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri (YERT)	21
3.2.2. Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri (DERT)	22
3.2.3 Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri (WAGNER).....	24
3.3. Rüzgar Türbinlerinin Parçaları	24
3.3.1. Nacelle	25
3.3.2. Türbin Bıçakları.....	25
3.3.3. Düşük Hız Dişlisi	25
3.3.4. Dişli Kutusu	25
3.3.5. Yüksek Hız Kutusu	26
3.3.6. Elektrik Jenaratörü	26
3.3.7. Elektronik Kontrolcü	26
3.3.8. Hidrolik Sistem.....	26
3.3.9. Soğutma Birimi Fanı.....	26
3.3.10. Kule.....	27
3.3.11. Yaw Mekanizması.....	27

4. BULANIK TOPSİS VE BULANIK VİKOR YÖNTEMLERİ	28
4.2. Üçgen Bulanık Sayılar.....	28
4.3. TOPSİS Yöntemi.....	29
4.4. Bulanık TOPSİS Yöntemi	30
4.5. VİKOR Yöntemi	32
4.6. Bulanık VİKOR Yöntemi.....	33
5.RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ YER SEÇİMİ	36
5.1.Santral Yer Seçimi Problemi Tanımı	36
5.2. Kriter ve Alt Kriterlerin İle Alternatiflerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması	37
5.3 Bulanık TOPSİS Yöntemi ile Rüzgar Yer Seçimi Uygulaması	41
5.4. Bulanık VİKOR Yöntemi ile Rüzgar Yer Seçimi	46
6. SONUÇ.....	50
KAYNAKÇA	52
EKLER.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 1. Dünya Teknik Rüzgâr Potansiyeli Dağılımı.....	10
Şekil 2. Küresel Toplam Rüzgar Enerjisi Kapasitesi.....	11
Şekil 3. Aralık 2016 Dünya'da İlk 10 Ülke.....	11
Şekil 4. Dünyadaki Toplam Rüzgar Enerjisi- Bölgesel Dağılımlar.....	15
Şekil 5. Dünyadaki Yenilenebilir Enerji Dağılımı.....	16
Şekil 6. Avrupa'daki Rüzgar Enerjisi Kara-Deniz Dağılımı.....	17
Şekil 7. Rüzgar Enerjisi Avrupa Ülkeleri Dağılımı	17
Şekil 8. Gibi Avrupa Birliğinde Yenilenebilir Enerji Kullanım Miktarı	18
Şekil 9. Türkiye'nin 2007-2016 Yılları Arasındaki Toplam Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi	20
Şekil 10. Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü.....	20
Şekil 11. Yatay Eksenli Türbin Yapısı	22
Şekil 12. Düşey Eksenli Türbin Yapısı.....	23
Şekil 13. Savonius Ve Darrieus Türbin Tipleri	24
Şekil 14. Rüzgar Türbini Bileşenleri	25
Şekil 15. (1, M, U) Bulanık Üçgen Sayısı	29
Şekil 16. İdeal Ve Uzlaşık Çözümler.....	33

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo.1. Kriterlerin Önem Ağırlığını Belirlemede Kullanılan Dilsel İfadeler.....	41
Tablo 2. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler.	41
Tablo 3. Bulanık Karar Matrisi.	43
Tablo 4. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi.	44
Tablo 5. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi	45
Tablo 6. Pozitif Ve Negatif İdeal Çözüm Uzaklıkları.	46
Tablo 7. Pozitif Ve Negatif İdeal Çözüm Uzaklıkları	46
Tablo 8. Tüm Kriter Fonksiyonlarının En İyi Fj* Ve En Kötü Fj- Değerleri	48
Tablo 9. Bütün Kriterlere Göre I Alternatifinin En İyi Bulanık Değere Mesafesinin Toplamını Veren S _i Değeri	48
Tablo 10. R _i Değerleri	48
Tablo 11. S _i Ve R _i En İyi Ve En Kötü Değerleri	49
Tablo 12. Alternatiflerin Hesaplanan Q _i Değerleri	49
Tablo 13. Q, R ve S Değerleri	49

KISALTMALAR

AC	: Alternatif Akım
AD	: Alt Yapı Durumu
AM	: Arazi Maliyeti
ANP	: Analytic Network Process
ASMU	: Askeri ve Sivil Radar Merkezlerine Uzaklık
AWEA	: American Wind Energy Association
ÇE	: Çevresel Engeller
ÇKKV	: Çoklu Kriterli Karar Verme
DERT	: Düşey Eksenli Rüzgar Tribünleri
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DYEÇ	: Doğal Yaşam ve Ekolojik Çevre
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EMU	: Elektrik İhtiyacı Olan Merkezlere Uzaklık
EWEA	: European Wind Energy Association
BNİÇ	: Bulanık Negatif İdeal Çözüm
BPİÇ	: Bulanık Pozitif İdeal Çözüm
HRY	: Hakim Rüzgar Yönü
HU	: Havaalanına Olan Uzaklık
İBM	: İşletme ve Bakım Maliyeti
KM	: Kablolama Maliyeti
LM	: Lojistik Maliyeti
M	:Maliyet
MM	: Montaj Maliyeti
MW	: Megawatt
OA	: Ormanlık Alan
REPA	: Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
RES	: Rüzgâr Enerjisi Santrali
RH	: Rüzgâr Hızı
RK	: Rüzgâr Karakteristiği
RY	: Rüzgâr Yoğunluğu
S	: Sosyal

T	: Teknik
TFN	: Triangular Fuzzy Number
TMU	: Trafo Merkezlerine olan Uzaklık
TOPSİS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TUREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
TTU	: Tarihi ve Turistik Alana Uzaklık
WEC	: World Energy Council
VİKOR	: Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
YBU	: Yerleşim Birimlerine olan Uzaklık
YERT	: Yatay Eksenli Rüzgâr Tribünleri



1.GİRİŞ

Dünyada giderek artan nüfus, modern hayatın getirmiş olduğu yenilikler ve gelişen teknoloji ile birlikte enerjiye olan ihtiyaç hızla artmaktadır. Enerji üretiminde kullanılan konvansiyonel enerji kaynaklarının sınırlı olması ve bir gün tükenecek olmaları, insanları farklı alternatif yolları aramaya itmektedir.

Fosil yakıta bağlı enerji kullanımının sakıncaları bulunmaktadır. Ciddi ve tehlikeli boyutlarda çevre kirlenmesi, rezervlerin sınırlı olması, fosil yakıtların günden güne fiyatının artması, atmosferde oluşan sera etkisi, doğal yaşam ve çevreye onarılmaz zararlar vermesi gibi sakıncalar hızla yeni enerji kaynakları bulunması zorunluluğunu doğurmaktadır.

Enerjideki küresel dar boğaz ve artan enerji ihtiyacının karşılanamaması, enerji üretimi ve tüketiminde açığın sürekli büyümesi nedeniyle, yenilenebilir enerji giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde elektrik üretimi konusunda en fazla kullanılan kaynağın rüzgar enerjisi olduğu görülmektedir. Rüzgar enerjisi, temiz ve güvenilir, doğada sınırsız olup tükenmeyen ve kendini sürekli yenileyebilen ucuz bir enerji kaynağıdır. Ayrıca diğer fosil kaynaklı (termik, nükleer) santrallerle karşılaştırıldığında daha düşük maliyetle enerji üretilebilmektedir. Bu bağlamda birçok ülkede ve Avrupa Birliğinde kısa ve uzun dönemli planlarda enerji ihtiyacının % 10'unun rüzgar enerjisinden sağlanması planlanmaktadır. [1]

Ülkemizde rüzgar enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Ancak rüzgar enerjisi konusu ülkemiz gündemine 2000'li yıllarda girebilmiştir. Buna karşın önemi giderek artmış, 2007 yılından sonra yatırımlara hız verilmiştir. Rüzgar enerjisinde geç kalınmış olsa da, açığı kapatmak için yatırımlar hızla devam etmektedir.

Rüzgar enerjisi yatırımlarında en önemli konulardan biri santral yeri seçimidir. Seçilen yerin rüzgar potansiyeli, sosyal etkiler, teknik, ulaşım, maliyet gibi bir çok kriter bu seçimin sonucunu etkilemektedir. Bu çalışmada rüzgar enerjisi santrali yer seçimi çok kriterli karar verme problemine bulanık TOPSİS ve bulanık VİKOR

yöntemleri kullanılarak çözüm önerisi sunulmuştur. Anket yardımıyla uzmanlardan bilgi alınmış, çıkan sonuçlar doğrultusunda sayısal analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Birinci bölümde enerjinin tanımı ve enerji çeşitlerini anlatılmıştır. İkinci bölümde ise Rüzgar enerjisinin gelişimi ve teknolojisi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde Bulanık TOPSİS ve Bulanık VİKOR yöntemi uygulama adımları anlatılmıştır. Dördüncü ve son bölümde ise Bulanık TOPSİS ve Bulanık VİKOR yönteminin rüzgar enerjisi santrali yer seçimi problemine uygulanması anlatılmış, sonuçlar değerlendirilmiştir.



2. ENERJİ TANIMI VE ÇEŞİTLERİ

2.1. Enerjinin Tanımı

Enerji, mevcut olan bir sistemin bir maddenin veya herhangi bir cismin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir.

Enerji tek bir türde olmayıp, enerjinin çeşitli şekilleri vardır Bunlar, Kinetik Enerji, Potansiyel Enerji, Isı Enerji, Elektrik Enerji, Mekanik Enerji, Kimyasal Enerji olarak sıralanabilir. Bu enerji türleri enerji dönüşüm sistemleri ile birbirlerine dönüşebilir ve bir iş yapabilme özelliğine sahiptirler. Enerji kaynakları herhangi bir yolla enerji elde ettiğimiz kaynaklardır. [2]

2.2. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları yenilemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır.

2.2.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Klasik kaynaklar, daha çok karbon içeren kömür, petrol, doğalgaz gibi doğal enerji yakıtlarıdır.

Klasik kaynakların, oluşumu çok uzun zaman aldıkları için yenilenemez enerji olarak da adlandırılırlar.

2.2.1.1. Kömür

Enerji sektöründe tüketilen fosil kaynaklar içerisinde bulunan kömür, dünyada geniş rezervlere sahiptir ve tüketim kolaylığı güvenilirliği sebebiyle dünya genelinde en çok kullanılan yakıt arasında yer almaktadır.

Bugün enerji ihtiyacının % 25'e yakın bir oranı kömürden sağlandığı bilinmektedir. Sektörel bakımdan kömür genellikle yerel-bölgesel yönden talep gören bir yakıt türüdür. [3]

Türkiye'de bilinen en önemli taş kömürü havzası, Zonguldak'tadır bunun dışında Antalya-Kemer ve Diyarbakır-Hazro'da iki küçük yatak bulunmaktadır . [4]

2.2.1.2. Petrol

Petrol, milyonlarca yıl öncesinde deniz ortamında yaşamış hayvan ve bitki kalıntılarından meydana gelmektedir. Bu canlıların atıkları gömülerek sıkıştıkları zaman, bu organik kalıntılar çok karmaşık olmayan sıvı ya da gaz halinde bilhassa tortul kayaçların(kum taşı, kireç taşı, dolomit gibi)gözeneklerden toplanarak petrol yataklarını meydana getirir. [5]

Günümüzde en önemli fosil kaynaklarından biri olan petrol Dünya genelinde stratejik bir öneme sahiptir. Bu enerji rekabet halindeki ülkelerin gelişmelerinde büyük bir paya sahiptir.

Petrol yaşıntımızın her alanında kilit bir rol üstlenerek kullanımımıza girmiştir. İnsanlık tarafından en çok tercih edilen enerji kaynağı petrol olmuştur. Petrol hammadde veya doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılıp alternatifi henüz tam olarak mevcut değildir. Yeryüzünde birincil derecede enerji kullanımında %40'lık oranla petrol en büyük değere sahiptir. [2]

2.2.1.3. Doğalgaz

Doğalgaz yer kabuğunun içindeki fosil kaynaklı yanıcı gaz karışımıdır. Doğalgaz, petrol ve kömürün oluşumlarına benzer şekilde ortaya çıkmıştır

Doğalgaz içinde daha çok metan gazı bulunmaktadır bunun yanısıra içinde etan, propan, bütan ve pentan, karbondioksit yer almaktadır renksiz, kokusuz ve hafif bir gaz yakıtıdır. Doğalgazın içerisinde bulunan metan gazı, niteliği kimyasal özelliği karbonel içerik olarak en düşük ve yapısal olarak basit olan hidrokarbon gazı özelliği taşımasıdır. Bundan dolayı yanma işlemi kolaydır ve yanma tam gerçekleşir aynı zamanda yanma özelliği en yüksek olan yakıt türüdür.

Doğalgazın kullanım alanları çok geniş olduğundan dolayı petrolden sonra en çok tüketilen enerji kaynağıdır. [2]

2.2.1.4. Nükleer Enerji

Nükleer enerji ile atomdaki çekirdek yapısının bozulması neticesinde yüksek derecede bir enerji meydana gelir. Nükleer santraller olarak adlandırılan tesislerde atom parçalarının birleştirilmesi (filyon) veya atom çekirdeğinin parçalanması (füsyon) tepkimeleriyle elde edilir. [6]

1986 yılında meydana gelen Çernobil kazasından sonra nükleer santraller güvenlikleri konusunda yoğun tartışmalara konu olmuşlardır. gelişmiş ülkelerde nükleer enerji kullanılmakla beraber yeni santral yapımı azalmakta; bununla birlikte gelişmekte olan ülkelerde ise nükleer enerji kullanımı giderek artmaktadır.

Nükleer enerji Türkiye’de uzun zamandır tartışılmakta fakat henüz proje aşamasından öteye geçememektedir. [7]

2.2.2. Yenilenebilen Enerji Kaynakları

Kısaca yenilenebilir enerjiyi, bir enerji kaynağından temin edilen enerjiye eşit oranda ya da kaynağın azalma hızından daha hızlı bir biçimde kendini tekrarlama özelliği taşıması yenilenebilir enerji olarak ifade edilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynağı gücünü güneşten alır. Sanki hiç tükenmeyecek gibi düşünülür. Çevreye emisyon yaymayan doğal bir enerji çeşididir. [2]

2.2.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneş ışığından enerji elde edilmesine bağlı yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

Son yıllarda enerji piyasasındaki yükselişlerden ve kullanım alanlarının yaygınlaşmasından dolayı güneş enerjisi, ekonomik olarak daha cazip olarak görülmeye başlanmıştır. Alternatif enerji kaynağı olarak kullanılan güneş enerjisinin, petrol ve kömür gibi birincil enerji kaynakları arasındaki yükselişi umut vericidir.

Güneş enerjisi; teknolojiye, sanayide, ulaşım-iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik enerjisi üretiminde gibi birçok alanda kullanımı sıralanabilir. [8]

2.2.2.2. Jeotermal Enerji

Jeotermal kaynak yer ısısı olarak tanımlanabilir. Yer kürenin bazı alanlarında birikmiş ısıнын meydana getirdiği kimyasal içeriğe sahip sıcak su, buhar ve gazlardır.

Jeotermal Enerji ise sözü geçen kaynaklardan meydana gelen enerjiden direkt veya dolaylı şekillerde istifade etmeyi içermektedir . [9]

Jeotermal enerji; yenilenebilir, temiz, çevre dostu, ucuz ve doğal bir enerji türüdür. Bu enerji; elektrik enerjisi üretiminde CO₂, NO₂, SO₂ gazlarının salınım emisyonu çok düşük oranda olmasından ötürü temiz bir enerji kaynağı olarak belirtilmektedir.

Jeotermal enerji doğru teknolojiler kullanıldığında olumsuz bir etkiye yol açmamaktadır. Doğru teknolojiler kullanılmadığında ise çevre kirliliğine sebep olmaktadır. [10]

2.2.2.3. Biokütle ve Biyogaz Enerjisi

Biyolojik temeli olan biyokütle, fosil özelliği taşımayan organik bir madde kütlesi olarak ifade edilmektedir. diğer yandan. Enerji kaynağı olarak bileşenleri karbonhidrattan meydana gelen bitkisel ve hayvansal kökenli bütün saf maddeler enerji kaynağını oluşturmaktadır. Burdan temin edilen enerji biyokütle enerjisi olarak ifade edilmektedir.

Biyokütle enerjisi; elektrikte, ısıda ve taşıtların yakıtında kullanılan yenilenebilen önemli bir enerji kaynağıdır.

Biyokütlenin enerji teknolojisinde kullanımı; alternatif katı, sıvı ve gaz biyoyakıt üretilerek doğrudan yakmayla veya fiziksel ve kimyasal süreçlerle sağlanabilmektedir. [11]

Genellikle hayvan ve insan dışkılarıyla bitkisel atıklardan yararlanılarak biyogaz üretimi gerçekleştirilir. Bu gaz türünün, açık olan elektrik mavisi alevle yandığı, gün ışığında gözlenemediği, petrol veya kömür gazından daha kokusuz ve sıcak özelliği taşıdığı toksit içermediği, ayrıca bulunduğu ortamları karartıcı bir duman çıkarmadığı bilinmektedir. Bununla birlikte üretimden arta kalan kısım zenginleşmiş gübre olarak faydalanılır. Dolayısıyla atıklar hem enerji hem de gübre üretimi amacıyla kullanılırken çevre kirliliğinin önlenmesine olumlu ölçüde katkı sağlamaktadır. [2]

2.2.2.4. Hidrolik Enerji

Hidroelektrik santralleriyle birlikte kullanılamayan sudan yararlanılarak ülke ekonomisine katkı sağlanmaktadır. Dolayısıyla bu santrallerin kuruluş, işletme ve onarım maliyetlerinin dışında, herhangi bir masrafı bulunmamaktadır.

Enerji üretiminde kullanılan bu yöntem çevre dostu olup, üretimin her aşamasında çevre herhangi bir zararlı atık oluşturmaz. [12]

3. RÜZGAR ENERJİSİ VE TEKNOLOJİSİ

3.1. Rüzgar Enerjisinin Gelişimi

3.1.1. Rüzgar

Rüzgar enerjisi değişime uğramış güneş enerjisidir. Güneşten yerküreye her saat 100.000.000.000.000 Kwh'lik enerji düşmektedir. Başka bir söyleyişle, yeryüzü Güneş'ten 10^{17} Watt'a yakın güçte enerji toplamaktadır. Güneşten alınan enerjinin yaklaşık %1-2'si rüzgar enerjisine çevrilir. Yani rüzgar enerjisi, kinetik enerjiye dönüşmüş güneş enerjisidir.

Güneşin karaları, denizleri ve atmosferi her bölgelerde farklı ölçütlerde ısıtmasının sonucu olarak meydana gelen sıcaklık ve basınç farkları rüzgarı oluşturmaktadır. Diğer bir ifadeyle; rüzgar, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru ilerleyen hava akımıdır.

Dünya'da oluşan hava kütlesi değişim hareketleri, yerin dönüşümünden açığa çıkan coriolis kuvvetinden ve yer ile akışkan hava kütesinden meydana gelen sürtünme kuvvetinden etkilenirler. [13]

3.1.2. Rüzgar Enerjisi

Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinin, çevre üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi yok denecek kadar azdır. Fosil kaynaklı yakıtlarda elektrik enerjisi üretiminin oluşturduğu çevresel hiçbir faktör, rüzgar enerjisinde mevcut değildir. Yapılan bilimsel çalışmalarda; 500 Kw'lık bir rüzgar türbini 57.000 ağacın yaptığı CO₂ temizleme görevine eş değer nitelikte bir iş yaptığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte tüm dünya genelindeki elektrik enerjisi gereksiminin sadece %10'luk diliminin 2025 yılına kadar rüzgar enerjisinden temin edilmesi durumunda, atmosfere salınan CO₂ emisyonun 1.41 Gton/1 Yıl azalacağı tahmin edilmektedir.

3.1.2.1. Rüzgar Enerjisi Tarihi

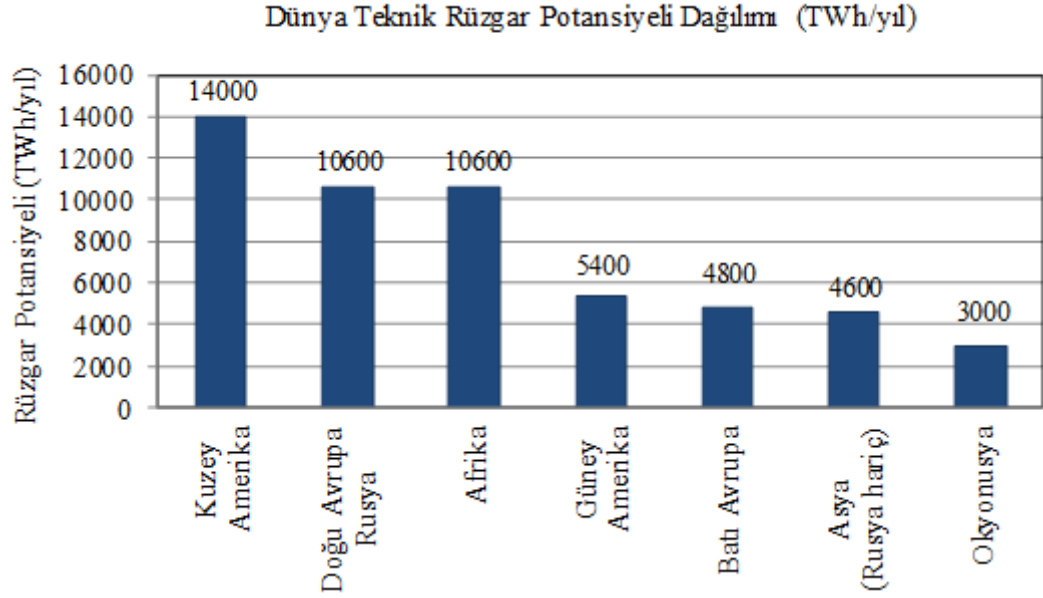
Rüzgarın sahip olduğu gücün kullanılmaya başlanması oldukça eski dönemlere dayanır. Rüzgar gücü; yelkenli gemilerin, yel değirmenlerin ve rüzgar millerinin temel güç kaynağı olmuştur. Çoğunlukla buğday, mısır, öğütme ve su pompalama gibi önemli ihtiyaçlar uzun dönemler boyunca bu güç kaynağı kullanılarak karşılanmıştır.

Rüzgar enerjisi kullanımı ilk olarak M.Ö. 2800'lü yıllarda Orta Doğu'da kullanılmaya başlanmıştır. M.Ö. 17. Yüzyılında ise Babil kralı Hamurabi döneminde Mezopotamya'da ve Çin'de sulama amacıyla kullanılmıştır.

Yel değirmenleri önce İskenderiye'de kurulmuştur. Sonra Mısır, İran ve Uzak Doğu'da ve Haçlı Seferleri'nin etkisiyle birlikte Avrupa'da görülmüştür. Fransa, İngiltere ve Hollanda'nın yel değirmenlerini kullanımı ilk kez M.S. 12. yy.'da başlamıştır. Daha sonra M.S. 19. yy'da yel değirmenleri kuyudan su çekmek ve elektrik elde etmek gibi uygulamalarla görülmüştür. [14]

3.1.2.2. Dünya'da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Rüzgar enerjisi; kullanımı gün geçtikçe artan, büyük bir potansiyeli olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. 2020 yılına kadar Dünya'nın elektrik ihtiyacının %12'sinin bu enerjiden karşılanabilmesi için gerekli çalışmalar yapılmaktadır. Şekil 1' de gösterilen, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yapılan araştırmanın sonuçlarına göre; 5,1 m/s üzerinde rüzgar kapasitesine sahip yerlerin uygulamaya yönelik çeşitli toplumsal kısıtlar sebebiyle % 4'nün kullanılabileceği varsayımına dayanarak, Dünya teknik rüzgar potansiyeli 53000 TWh/Yıl olarak hesaplamıştır. Rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek olan bölgeler sırasıyla; Kuzey Amerika (14000 TWh/Yıl), Doğu Avrupa ve Rusya (10600 TWh/Yıl), Afrika (10600 TWh/Yıl), Güney Amerika (5400 TWh/Yıl), Batı Avrupa (4800 TWh/Yıl), Asya (4600 TWh/Yıl) ve Okyanusya (3000 TWh/Yıl) olarak belirlenmiştir. Bu veriler; Doğu Avrupa, Kuzey Amerika, Rusya ve Afrika'nın Dünya rüzgar enerji potansiyelinin %66'sına sahip olduğunu belirtmektedir. [15]



Şekil 1. Dünya Teknik Rüzgâr Potansiyeli Dağılımı [15]

3.1.2.3. Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

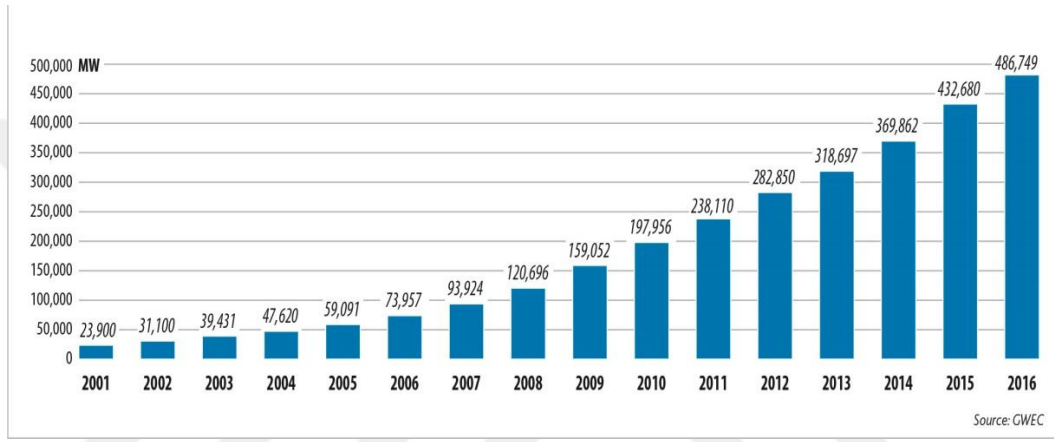
Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) Türkiye rüzgar kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla Elektrik İşleri Etüd idaresi(EİE) tarafından 2006 yılında kurulmuştur. Bu atlasta verilen rüzgar kaynağı haritaları elektrik enerjisi üretimine aday bölgelerin tespit edilmesinde yararlanabilecek bir zemin oluşturur. senelik ortalama kriterler dikkate alındığında; ülkemizin en verimli rüzgar kaynak sahaları; kıyı kesimleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesi veya açık saha yakınlarında bulunurlar. Bu bağlamda verimlilik bakımından en şiddetli senelik ortalama rüzgar hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca, Marmara Denizi dolaylarında ve Antakya çevresinde küçük bir alanda görülmektedir. Orta şiddetteki rüzgar hızına sahip aynı zamanda rüzgar gücü yoğunluğu, Türkiye'nin orta kesimlerinde yer almaktadır. [16]

REPA'da yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7 m/s üzeri rüzgar hızları incelendiğinde Türkiye kara rüzgar potansiyeli 48000 MW olarak tespit edilmiştir. Rüzgar enerji potansiyeli yüksek olan bölgeler sırasıyla Marmara, Güneydoğu Anadolu, Ege, Akdeniz, Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri'dir. [15]

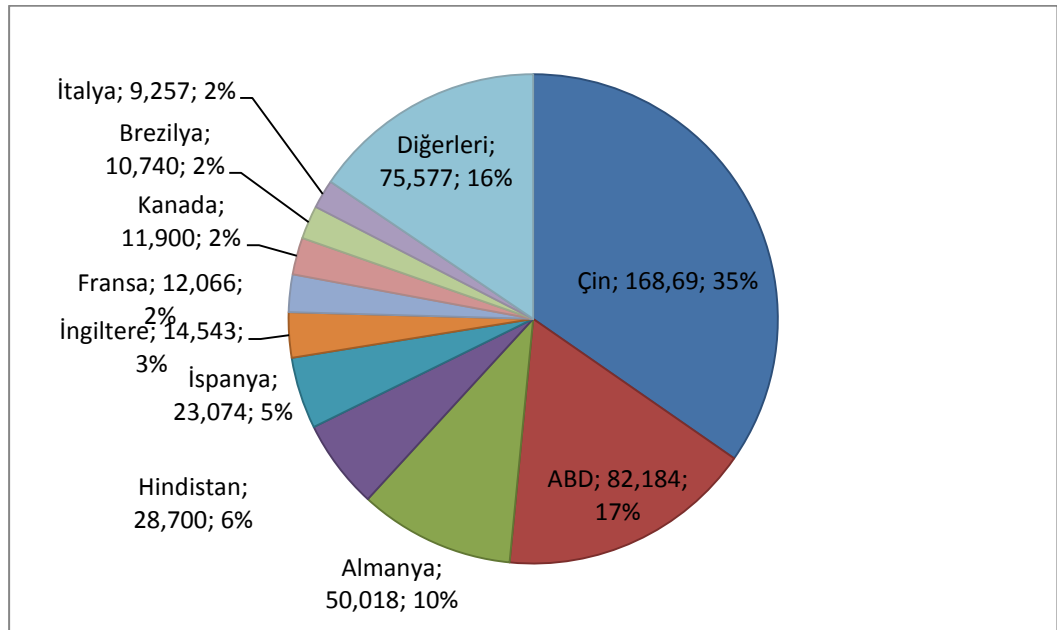
3.1.2.4. Dünya’da Rüzgar Enerjisi Kullanımı

Yenilenebilir enerjiler arasında yer alan rüzgar enerjisi en gelişmiş ve ticari bakımdan en elverişli enerji çeşididir. Rüzgar enerjisi çevreye en az zarar veren doğa dostu tükenme ihtimali olmayan bir enerji kaynağıdır.

Dünya rüzgar enerjisi kurulu gücü 1996 yılında 6.1GW iken 2016 yılında 79 katına çıkarak 370 GW’lık bir kurulu güce ulaşılmıştır. Şekil 2’den de görülebileceği gibi, özellikle 2007’den sonra yatırımlar hızla artmıştır. [17]



Şekil 2. Küresel Toplam Rüzgar Enerjisi Kapasitesi [17]



Şekil 3. Aralık 2016 Dünya'da Rüzgar Enerjisi Kullanımında İlk 10 Ülke [17]

2016 yıl sonu verilerine göre rüzgar enerjisi kurulu gücü en yüksek 10 ülke görülmektedir. Bu ülkelerin pazardaki yüzdelik dilimleri verilmektedir. Kurulu güç kapasitesini artıran % 35 Çin, ABD, Almanya'yı geride bırakarak bu alanda kurulu güç miktarı ile lider konumundadır. Her ülkenin kullandıkları enerjinin % 20'sinin rüzgar enerjisinden sağlanması için gerekli çalışmalar ve yatırımlar yapılmaktadır [2]

Şekil 4. Dünyadaki Toplam Rüzgar Enerjisi- Bölgesel Dağılımlar [17]

AFRİKA&ORTADOĞU	2015 SONU	2016 BAŞI	2016 SONU
Güney Afrika	1.053	418	1.471
Mısır	810	—	810
Fas	787	—	787
Etopya	324	—	324
Tunus	245	—	245
Ürdün	119	—	119
Diğerleri	150	—	150
Toplam	3.488	418	3.906

Şekil 4. Dünyadaki Toplam Rüzgar Enerjisi- Bölgesel Dağılımlar [17]

ASYA	2015 SONU	2016 BAŞI	2016 SONU
Çin	145.362	23.328	168.690
Hindistan	25.088	3.612	28.700
Japonya	3.038	196	3.234
Güney Kore	835	201	1.031
Tayvan	647	35	682
Pakistan	308	282	591
Thayland	223	—	223
Diğer	253	25	276
Toplam	175.970	27.680	203.643

AVRUPA	2015 SONU	2016 BAŞI	2016 SONU
Almanya	44.941	5.443	50.018
İspanya	23.025	49	23.074
İngiltere	13.809	736	14.543
Fransa	10.505	1.561	12.066
İtalya	8.975	282	9.257
İsveç	6.029	493	6.520
Türkiye	4.694	1.387	6.081
Polonya	5.100	682	5.782
Portekiz	5.050	268	5.316
Danimarka	5.064	220	5.228
Hollanda	3.443	887	4.328
Romanya	2.976	52	3.028
İrlanda	2.446	384	2.830
Avusturya	2.404	228	2.632
Belçika	2.218	177	2.386
Avrupa'nın geri kalanı	7.220	1.077	8.241
Toplam	147.889	13.926	161.330

Şekil 4. Dünyadaki Toplam Rüzgar Enerjisi- Bölgesel Dağılımlar [17]

LATİN AMERİKA VE KARAYİPLER	2015 SONU	2016 BAŞI	2016 SONU
Brezilya	8.726	2.014	10.740
Şili	911	513	1.424
Uruguay	845	365	1.210
Arjentina	279	—	279
Kosta Rika	278	20	298
Panama	270	—	270
Peru	148	93	241
Dominik Cumhuriyeti	86	50	136
Karayipler	164	—	164
Honduras	176	—	176
Toplam	12.218	3.079	15.296

Şekil 4. Dünyadaki Toplam Rüzgar Enerjisi- Bölgesel Dağılımlar [17]

KUZEY AMERİKA	2015 SONU	2016 BAŞI	2016 SONU
Amerika	73.991	8.203	82.184
Kanada	11.219	702	11.900
Meksika	3.073	454	3.527
Toplam	88.283	9.359	97.611

Şekil 4. Dünyadaki Toplam Rüzgar Enerjisi- Bölgesel Dağılımlar [17]

PASİFİK BÖLGESİ	2015 SONU	2016 BAŞI	2016 SONU
Avusturalya	4.187	140	4.327
Yeni Zelanda	623	—	623
Pasifik Adası	13	—	13
Toplam	4.823	140	4.963
DÜNYA TOPLAMI	432.680	54.600	486.749(MW)

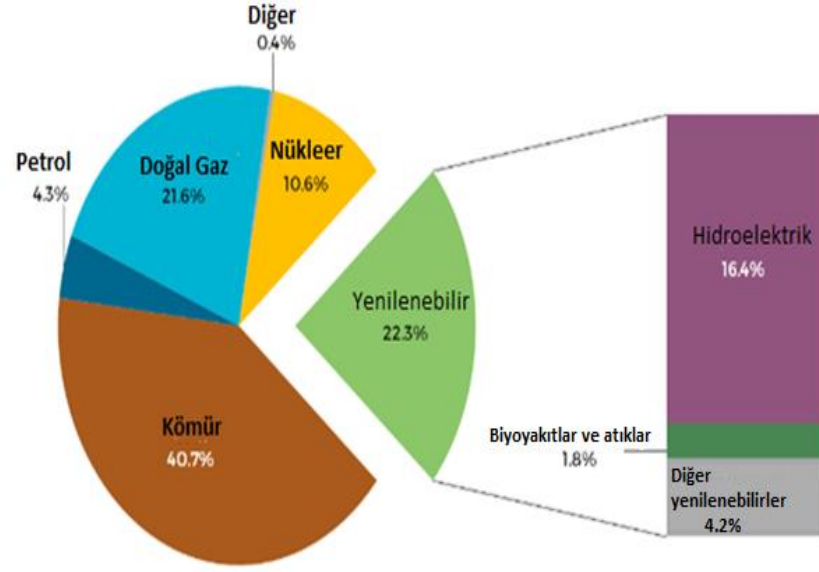
Şekil 4 ‘ten görülebileceği gibi Afrika bölgesi rüzgar enerjisi yatırımı bir önceki seneye göre azalmakla beraber, Ortadoğu’da hiçbir ülkesinde rüzgar enerjisi yatırımı yapılmamıştır.

Asya bölgesinde Çin ve Hindistan’da Rüzgar Enerjisi Kurulu güç kapasiteleri ve artan yatırımları ile birlikte ilerleyen yıllarda çok daha iyi seviyelere gelecektir.

Avrupa’da ise Almanya sektörde önemli bir yere sahiptir. Türkiye, Fransa, İtalya, Polonya son yıllarda rüzgar enerjisinde yaptıkları yatırımlarla dikkat çeken bir artış sağlanmıştır ve bu artışın devam etmesi beklenmektedir.

Latin Amerika bölgesinde ise rüzgar enerjisi kurulu gücü kapasitesi ile Brezilya ve Şili ilk sırada yer almaktadır bu ülkelerin enerji stratejilerinde rüzgar enerjisine önem verdiklerini göstermektedir. Kuzey Amerika bölgesinde ise Amerika Birleşik Devletleri önemli bir paya sahiptir. Daha önceki yıllarda rüzgar enerjisinde yapmış olduğu yatırımlarla 7 yıl öncesine kadar en fazla kurulu güç kapasitesine sahip olan ABD yatırımlarını artırarak Çin’i yakalamaya çalışmaktadır.

Gelişmiş ve çağdaş uygarlık sürecine yakalama aşamasında bulunan ülkelerin büyük çoğunluğu rüzgar enerjisinin sürdürülebilir ve temiz enerji kaynağı olduğunun farkına varmış, kurulu güç kapasitesini giderek artırma çabasına gireceklerdir. [2]



Şekil 5. Dünyadaki Yenilenebilir Enerji Dağılımı [17]

Şekil 5'ten görülebileceği gibi dünyada yenilenebilir enerji kullanımı giderek artmaktadır. Rüzgar enerjisi yenilenebilir enerjiler arasında ilk sırada yer almaktadır. Bu yükselişi sağlayan iki sebep bulunmaktadır. Bunlar; dünyayı tehdit eden küresel ısınma ile fosil kaynaklı yakıtların kullanımının çevre kirliliği oluşturması ve ömürlerinin sınırlı olması.

3.1.2.5. Avrupa Kıtasında Rüzgar Enerjisi Kullanımı

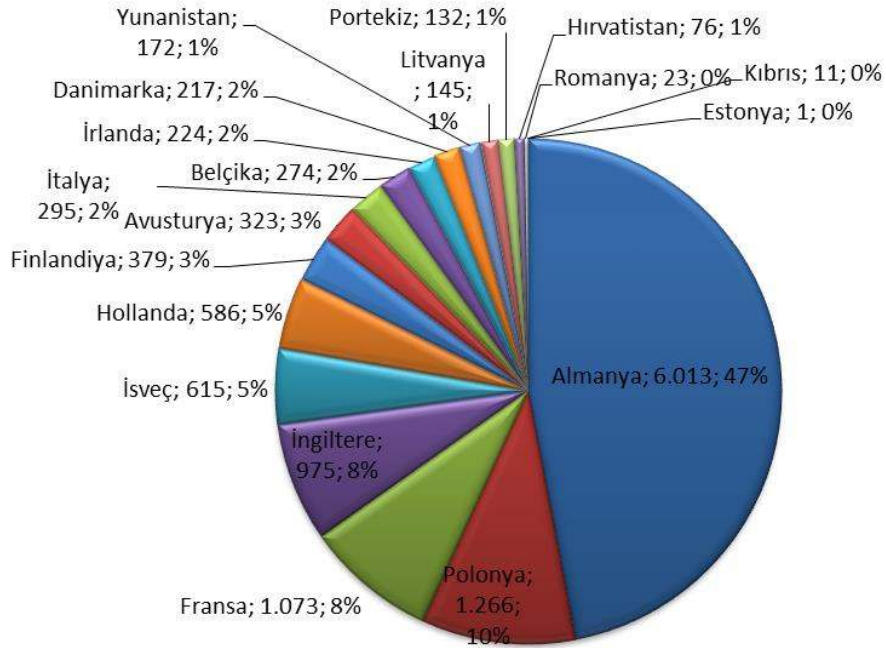
Avrupa Birliği, 2016 yılında elektrik kapasitesine 12,5 GW yeni kurulum eklenerek, toplamda 153 bin 700 MW kapasitesi ile yeni gelişmelerle en güçlü bölgelerden biri olmaya devam etmektedir. 2000 yılından bu yana, kurulu rüzgar gücü kapasitesi 12,9 GW'dan 154 GW'a yaklaşık 12 kat artış göstermiştir. Rüzgar enerjisi Avrupa'da en hızlı büyüyen güç teknolojisidir. [18]



Şekil 6. Avrupa'daki Rüzgar Enerjisi Kara-Deniz Dağılımı [18]

Şekil 6'da 2005-2016 yılları arası Avrupa rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi miktarları yıllık bazda kümülatif olarak verilmektedir

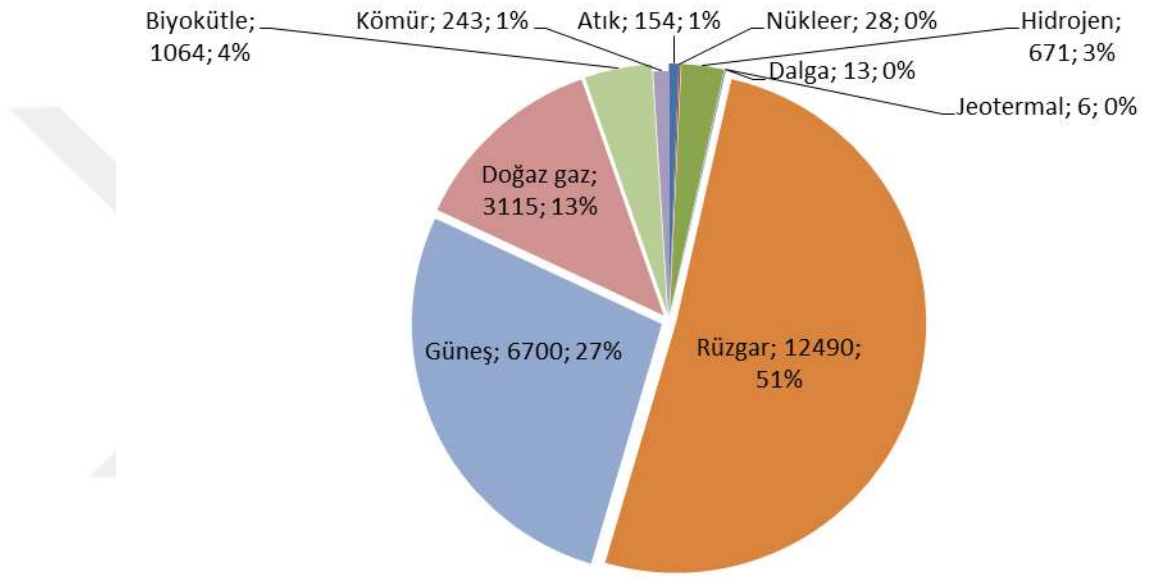
Avrupa'da 2005 yılında kurulmaya başlanmış olan açık deniz rüzgar parkları elektrik gereksinimini karşılayabilme hususunda alternatif bir olarak yaratmaktadır.



Şekil 7. Rüzgar Enerjisi Avrupa Ülkeleri Dağılımı [18]

Şekil 7’ten görülebileceği gibi, 2016 yılı içerisinde rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesini %47 artıran Almanya birinci sırada yer alırken bu ülkeyi sırasıyla Polonya, Fransa, İngiltere takip etmektedir.

Avrupa’da 153 bin 700 MW’ ta ulaşan rüzgar enerjisinin 2016 yılında üretilen 300 KWh ile rüzgar enerjisi Avrupa birliğinin elektrik talebinin %10.4’ünü karşıladı. [18]



Şekil 8. Avrupa Birliği’nde Yenilenebilir Enerji Kullanım Miktarı [18]

Şekil 8’den de görülebileceği üzere, dünyada olduğu gibi Avrupa Birliği’nde de yenilenebilir enerji kullanımı giderek artmaktadır rüzgar enerjisi ilk sırada yer almaktadır.

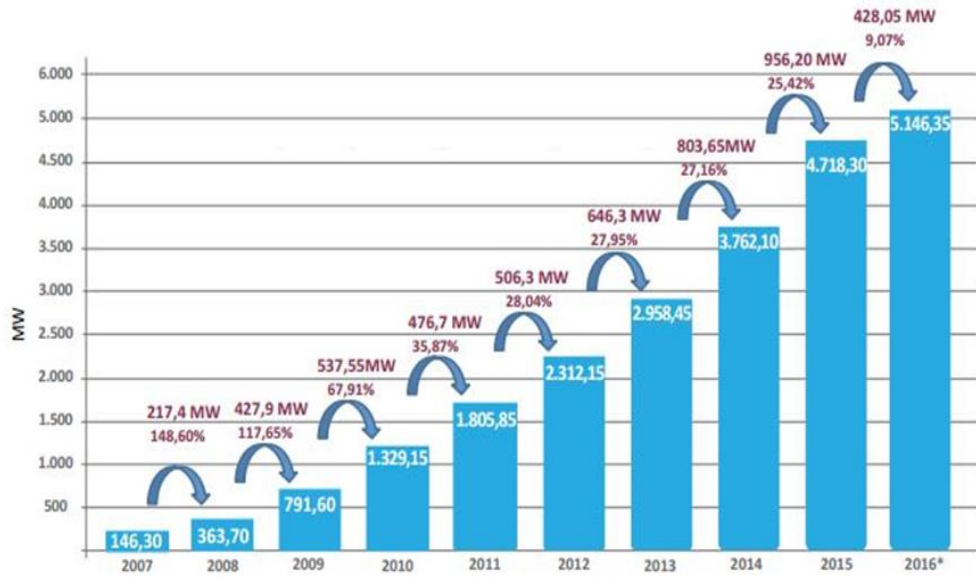
3.1.2.6 Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Kullanımı

Her geçen gün büyüyen ekonomisi, artan nüfusu ve enerji gereksinimiyle Türkiye, son 20 yılda dünya en hızlı büyüyen enerji pazarına sahip ülkelerden biri haline gelmiştir. Türkiye petrol ve doğalgaz kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle, fosil yakıt ithalatını en aza indirmek ve enerji güvenliğini daha çok artırmak

amacıyla, sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya yönelik son zamanlarda büyük gelişmeler kaydetmiştir.

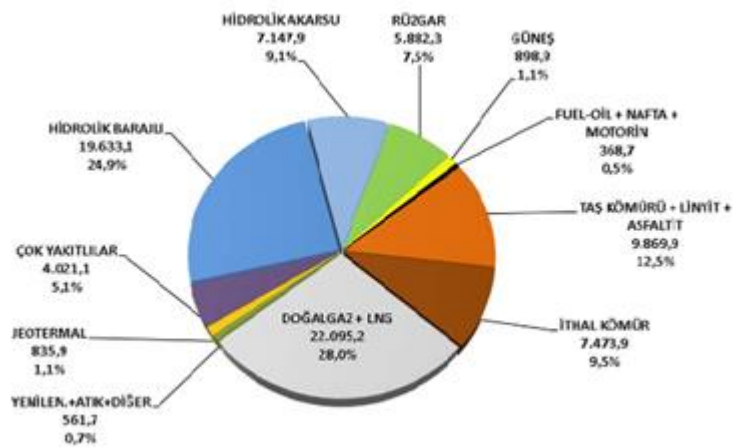
Ülkemizde rüzgar enerjisiyle ilgili çalışmalar çok eski yıllara dayanmamaktadır. 1980’li yıllarda Elektrik İşleri Etüd Dairesi konuyla ilgili çalışmaları en önce hayatta geçiren kuruluş olmuştur. İlk olarak rüzgarın durumunu anlamaya yönelik çalışmaları kapsamıştır. Ayrıca bu dönemlerde rüzgar enerjisini inceleyen herhangi bir kanun hükmü henüz yoktu. 1995 yılından itibaren bazı küçük uygulamalar “Yap - İşlet – Devret” modeliyle uygulanmıştır. Türkiye’de ilk faaliyete giren rüzgar santrali Demirer Holding’e Çeşme’de inşa edilen santral olmuştur. Diğerleri, İzmir Çeşme Germian’da (1.5 MW), Alaçatı’da (7.2 MW); Çanakkale Bozcaada’da (10.2 MW); İstanbul Hadımköy’de (1.2 MW) yapılanlardır.

Ülkemiz de rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarımızı kapsayan ilk kanun 2001 yılında çıkarılan Elektrik Piyasası Kanunu’dur. Çıkarılan bu kanun ile devletin belirli bir fiyat aralığından alım gerçekleştirmesi teminatından feragat etmesi zaten alt seviyelerde olan rüzgâr enerjisi yatırımlarının durmasına neden olmuştur. Bu çerçevede Rüzgar enerjisine verilmiş olan resmi önemin ilk göstergesi ilk ciddi adımıysa 2005’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu ile ortaya atıldığı görülmektedir. Bu kanunun akabinde Bandırma, Çeşme Yarımadası, Hatay, Manisa ve Çanakkale’ de faaliyete geçirilmiş olan 150 MW gücündeki santraller çıkarılmış olan kanunun ilk ürünleridir. [2]



Şekil 9. Türkiye'nin 2007-2016 Yılları Arasındaki Toplam Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi [19]

Şekil 9'da yer alan grafikte Türkiye'nin 2007-2016 yılları arasındaki toplam rüzgar enerjisi kurulu güç kapasitesi gösterilmektedir. Türkiye'de rüzgar enerjisi alanında ciddi yatırımlar 2007 yılından itibaren yapılmaya başlanmış olup aşamalı olarak artış gözlenmiştir. Bu yıldan itibaren, Türkiye'de rüzgar enerjisi kapasitesi her geçen gün yükselmektedir.



Şekil 10. Türkiye'de Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü [19]

Şekil 10'dan görülebileceği gibi, dünyada ve Avrupa'da olduğu gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ülkemizde de hızlı bir şekilde artmakta olup, rüzgar enerjisi ilk sırada yer almaktadır.

3.2. Rüzgar Türbin Çeşitleri

Rüzgar türbininin çalışma prensibi; rüzgardaki hareket enerjisini önce mekanik, daha sonra da elektrik çevirmesidir. Genellikle rüzgar türbinleri kule, jeneratör, hız, çeviricileri (dişli kutusu), elektrik ve elektronik araçlar ile pervaneden meydana gelir. Rüzgarın hareket enerjisi rotorda mekanik enerjiye dönüştürülür. Rotor milininin tur hareketinin hızı artırılarak gövdedeki jeneratöre iletilir. Jeneratör sayesinde oluşturulan elektrik enerjisi aküler aracılığıyla toplanır ya da direkt alıcılara aktarılır. Rüzgar enerjisinin kaynak kullanım limiti için, fazla sayıda rüzgar türbini birbirine yakın olarak belirli bir alanda yapılır.

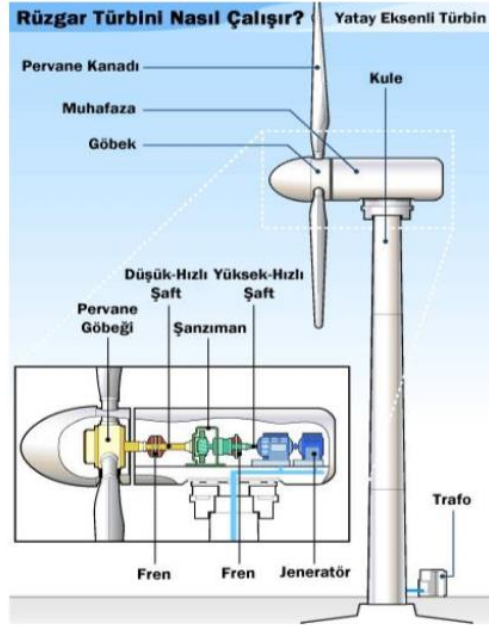
Rüzgar türbinleri devir eksenine göre yatay eksenli rüzgar türbinleri (YERT), düşey eksenli rüzgar türbinleri (DERT) ve eğik eksenli rüzgar türbinleri (WAGNER RT) olarak üç gruba ayrılır. [20]

3.2.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri (YERT)

Bu tip türbinlerin dönme eksenli rüzgara paralel olacak şekilde yapılmıştır. Kanatları ise rüzgar yönüyle 90 derecelik açı yapar. Ticari amaçlı türbinler çoğunlukla yatay eksenli türbinlerdir. Rotor, rüzgarı en verimli alacak şekilde, dönebilen bir tabla üzerine monte edilmiştir. Şekil 11'de yatay eksenli türbin yapısı gösterilmektedir.

Yatay eksenli türbinlerin büyük bir kısmı, rüzgarı karşıdan alacak şekilde dizayn edilmiştir. Rüzgarı arkasından alan türbinler olmasına karşın kullanımı fazla talep görmemiştir. Rüzgarı karşıdan alan türbinlerin faydalı yanı, kulenin meydana getirdiği rüzgar gölgelenmesinden aşırı etkilenmemesidir. Faydalı yanı ise, türbinin devamlı rüzgarı görmesi için gemilerdekine benzer dümen sistemine benzer bir yapının kurulu olmasıdır.

Pervane tipli rüzgar türbinleri, yatay eksenli rüzgar türbinlerine örnek olarak verilebilir. Bu türbinlerin kanatları bir parça olabileceği gibi birden fazla parçadan da oluşturulabilir. Günümüzde en çok tercih edilen türbin çeşidi üç kanatlı türbinlerdir. Bu türbinlerden elektrik üretmek amacıyla yararlanılır.

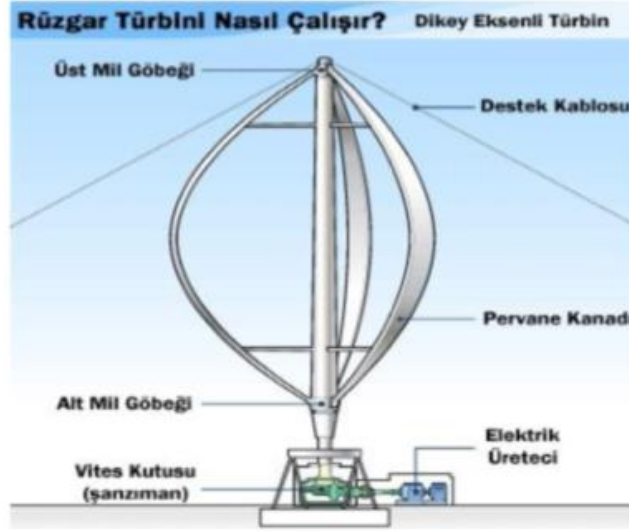


Şekil 11. Yatay Eksenli Türbin Yapısı [2]

3.2.2. Düşey Eksenli Rüzgar Türbinleri (DERT)

Bu rüzgar türbinleri, hem zemine hem de rüzgar yönüne 90 derece ve rüzgarı açıdan toplayacak şekilde dizayn edilmiştir. Yatay eksenli türbinlere nazaran pervane görüntüsüne sahip değildir. Şekil 12’de düşey eksenli türbin yapısı gösterilmektedir.

Jeneratörler ve dişli kutusu zemine yakın tasarlandığı için, bu turbini kule üzerine inşa etmek gerekmez. Mevcut yapı rüzgar doğrultusunda dönebildiği için dümen yapısına gereksinim olmaz. Verimlilik oranının az olduğu bilinmektedir. Düşey eksenli rüzgar türbinleri ticari amaçlı kullanımlara karşın daha çok bilimsel araştırmalara yönelik kullanılır. Düşey eksenli rüzgar türbinlerinin savonius ve darrieus olmak üzere iki çeşidi vardır.



Şekil 12. Düşey Eksenli Türbin Yapısı [2]

i) Darrieus Tipi

Bu tip rüzgar türbinlerinde kanatlar düşey olarak tasarlanmıştır. Bu kanatlar türbin mili uzun eksenli ve neredeyse daire oluşturacak şekilde kurulmuştur. Kanatların iç ve dış bükümlü yüzeyleri arasındaki yaklaşma farkı nedeniyle çevirme hareketi meydana gelir. Bu şekildeki rüzgar türbinlerinde devir başına iki kez en fazla değerde tork elde edilir. Rüzgarın tek taraftan geldiği düşünülürse; türbinin verdiği güç, sinüse benzer şekilde eğim meydana getirir.

ii) Savonius Tipi

Bu tip türbinler, birden fazla kepçeye benzer nitelikte kesitlerin birleşimi olarak düşünülebilir.

En çok yaygın olanı iki adet kepçenin bulunduğu haldir ve “S” harfine benzer bir görünüme sahiptir ve akışkan özelliği taşıyan içbükey kanat üstünde türbülans şeklindeki yolu izleyerek dönel akışlar meydana getirirler. Ortaya çıkardıkları bu akışlar savonius adlı türbininin performans hızını minimum seviyeye düşürür, bundan dolayı elektrik üretiminde çok fazla talep edilmemektedir. Genellikle su pompalama amaçlı ve rüzgar ölçümlerinde faydalanan anemometre olarak tercih edilirler.

Savonius ve darrieus türbinleri Şekil 13’de gösterilmektedir.



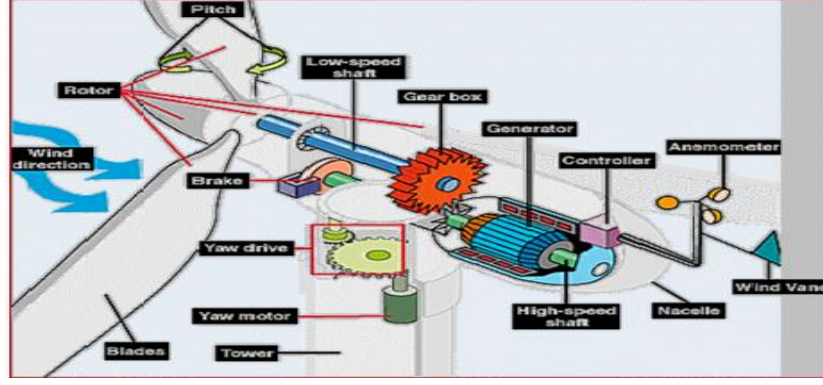
Şekil 13. Savonius ve Darrieus Türbin Tipleri [2]

3.2.3 Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri(WAGNER)

Eğik eksenli rüzgar türbinleri rüzgarın geliş yönüne göre herhangi bir açı oluştururlar. Bu çeşit türbinlerin kanatları ile devir eksenleri birlikte belli bir açı oluşturur. Bu açı, bir kısım türbinlerde rüzgara dayalı olarak değişmekle birlikte rüzgardan en yüksek yararı alabilmeyi sağlamaktadır. [20]

3.3. Rüzgar Türbinlerinin Parçaları

Rüzgar türbinleri, nacelle, türbin bıçakları, düşük hız dişlisi, dişli kutusu, yüksek hız kutusu, elektrik jeneratörü, elektronik kontrolcü, hidrolik sistem, soğutma birimi fanı, kule ve yaw mekanizması olmak üzere 11 ana parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar Şekil 14’de gösterilmektedir.



Şekil 14. Rüzgar Türbini Bileşenleri [13]

3.3.1. Nacelle

Nacelle, ana parçalar olarak rüzgar türbininin dişli kutusu ve elektrik jeneratörünü kapsar. Hizmet çalışanları nacelleye türbin kulesinden ulaşabilir. Nacellenin sol tarafında türbin rotoru, rotor kanatları ve noktası vardır.

3.3.2. Türbin Bıçakları

Türbin bıçaklarının kanatları vuran rüzgar hapseder ve onun gücünü direkt rotora iletir. Teknoloji bakımından üstün bir 600 KW'lık rüzgar türbininde her kanat 20 metre uzunluğunda olup, uçağınkine benzer yapıda dizayn edilmektedir.

3.3.3. Düşük Hız Dişlisi

Düşük hız dişlisi pervane göbeğinin yüksekliğinden dişli kutusuna bağlanır. Teknoloji bakımından üstün bir 600 KW'lık rüzgar türbini rotoru, 19-30 dönüş /dakika (RPM) kadar yaklaşık olarak daha yavaş döner. Şaft, aerodinamik frenleri harekete geçirebilecek hidrolik sistemleri borulara kombine eder. [21]

3.3.4. Dişli Kutusu

Dişli kutusunun solunda düşük hız şaftı bulunur. Bu şaftan 50 kata yakın daha hızla dönen şaft olan yüksek hızlı şaft ise kutunun sağındadır.

3.3.5. Yüksek Hız Kutusu

Yüksek hız kutusu, 1500 Dönüş/Dakika'ya yakın devire ulaşır ve elektrik jeneratörüne işlerlik kazandırır.

Acil durumlar için mekanik disk freni düşünülmüştür. Aerodinamik frenlerin hatalı olması durumlarında veya türbin serviste olduğu zamanlarda mekanik fren çalışır.

3.3.6. Elektrik Jeneratörü

Rüzgar türbinlerindeki elektrik jeneratörleri mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılan önemli bir parçadır. Çoğunlukla indüksiyon jeneratörü ya da asinkronous jeneratörü olarak adlandırılır. Bir rüzgar türbininin normal koşullar altındaki elektrik gücü 500 ila 1500 Kilowatt arasında bir değere sahiptir. [22]

3.3.7. Elektronik Kontrolcü

Elektrik kontrolcü rüzgar türbininin çalışmasını sürekli olarak takip eden ve yaw mekanizmasını denetleyen bir bilgisayara sahiptir. Olası bir bozulma halinde (dişli kutusu veya jeneratörün fazla ısınması v.s.), sistemi otomatik olarak devre dışı bırakır ve geri bildirim bilgisayarı operatörüne iletir. [22]

3.3.8. Hidrolik Sistem

Hidrolik sistem, türbinin aerodinamik frenlerini kontrol altında tutmak için kullanılır.

3.3.9. Soğutma Birimi Fanı

Soğutma birimi fanı, adından anlaşılacağı üzere elektrik jeneratörünü soğutur. Bununla birlikte dişli kutusundaki yağı soğutmak üzerine tasarlanmış ayrı

bir bölüm bulundurur. Bir kısım türbinlerde ise su soğutmalı jeneratörlere rastlanabilir.

3.3.10. Kule

Kule, baş kısmını ve rotoru bünyesinde barındırır. Çoğunlukla zeminden yukarıda olması avantaj sağlar. Dolayısıyla rüzgar hızı zeminden uzaklaştıkça yükselir.

Teknolojik bakımdan bir tipik 600 KW'lık rüzgar türbinin kulesi, genellikle 40 ila 60 ton yükseliğe sahiptir. Bu tip kuleler tüp veya kafes şeklindedir.

Tüp şeklindeki kuleler hizmet personelleri için daha yararlıdır. Dolayısıyla bir merdiven kullanılarak türbinin tepesine tırmanmak basittir. Kafes kulelerinin bir yararı da ekonomik olarak ucuz oluşlarıdır. [21]

3.3.11. Yaw Mekanizması

Bu mekanizma, rüzgar pervanesi aracılığıyla rüzgar yönünü saptayan bir elektronik kontrolcü tarafından çalıştırılır.

Rüzgardan en yüksek derecede yararlanabilmek için kanatların, rüzgarla 90 derecelik açı yapmalıdır.

Rüzgar yönünün değiştiği durumlarda, bu mekanizma otomatik olarak çalışarak türbin kanatlarını en ideal konuma getirir.

Bu genel olarak küçük açısal değişimlerle oluşturulabilir. [21]

4. BULANIK TOPSİS VE BULANIK VİKOR YÖNTEM PROSESLERİ

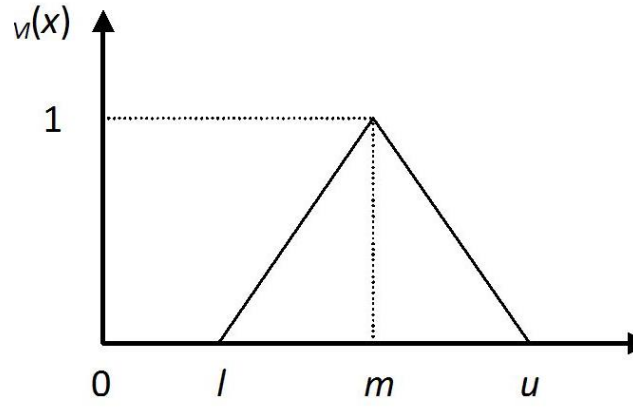
4.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık mantık kavramı, ilk olarak 1965 yılında California Üniversitesi, Berkeley’de Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Ancak bu teori 1970’li yılların ilk yarısından sonra kullanılmaya başlanmış olup, 1980’li yılların ikinci yarısından sonra Japonların bulanık mantığı kullanmasıyla hız kazanarak günümüzde birçok alanda tercih edilen bir mantık haline gelmiştir.

Bulanık küme teorisinde, kesinlik içermeyen problemlerin çözümünde insana özgü düşüncelerin ifadesinde sayılar ile değil yerine dilsel ifadelerin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır . Günlük hayatta kullanılan sözel ve sayısal ifadelerin küme olarak düşünüldüğünde, bu ifadeler kişiden kişiye değişir, karşılaşılan bu belirsizlikler kesinlik yaklaşımıyla modellenememektedir. Bulanık mantık, insan düşünce ve algılarındaki bu belirsizlikleri bulanık kümelerle modelleyerek, bulanık sayılarla matematiksel olarak ifade etmektedir. Klasik mantıkta, bu ifadelerin değerleri 0, 1 olarak belirtilirken, bulanık mantıkta bu kavramlar daha geniş ölçüde düşünülerek $\{0, 1\}$ arasındaki değerlerde gösterilmektedir. Böylelikle birçok belirsizliğin, daha gerçekçi ifade edilmesi sağlanmaktadır. [23]

4.2. Üçgen Bulanık Sayılar

Bir üçgen bulanık sayı $(l | m, m | u)$ veya (l,m,u) şeklinde ifade edilir. Bir bulanık vaka için l,m ve u parametreleri, sıralandırıcaz olursak, mümkün en küçük değeri, en çok beklenen değeri ve mümkün en büyük değeri temsil eder. Şekil 15’te (l,m, u) üç gen bulanık üçgen sayısının grafiksel gösterimi yer almaktadır.



Şekil 15. (1, m, u) Bulanık Üçgen Sayısı [23]

Bir üçgen bulanık sayının lineer gösterimi sağ ve sol taraf şeklinde Formül (4.2.1)'de gösterilen üyelik fonksiyonuyla tanımlanabilir.

$$\mu_{\tilde{M}}(x): R \rightarrow [0,1] \quad (4.2.1)$$

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l \text{ veya } x > u, \\ (x - l)/(m - l), & l \leq x \leq m \\ (x - u)/(m - u), & m \leq x \leq u \end{cases} \quad (4.2.2)$$

4.3. TOPSİS Yöntemi

TOPSİS yöntemi, çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde en çok kullanılan yöntemlerden biri olup, uygulamada geniş bir alanda kullanılmaktadır . [23]

TOPSİS, ideal yakınlığı temsil eden toplama fonksiyonuna dayanmaktadır. Seçilen alternatif, ideal çözüme en kısa mesafede, negatif ideale ise en uzak mesafede olmalıdır. Pozitif ideal çözüm, tüm niteliklerde ulaşabilecek en iyi değerlere sahip olan alternatif; negatif ideal çözüm ise tüm niteliklerde olası en kötü puanları alan alternatif olarak tanımlanmaktadır. TOPSİS ideal çözüme yaklaşık olan bir çözüme ulaşmaya çalışan uzlaşma modellerinden biridir.

4.4. Bulanık TOPSİS Yöntemi

Bulanık TOPSİS yöntemi bulanık ortamlarda grup kararı verme problemlerini çözmek maksadıyla TOPSİS'i genişleten sistemli bir yaklaşımdır. Bu çerçevede Bulanık TOPSİS'te daha gerçekçi bir yaklaşım tarzı için sayısal değer yapısı değil dilsel ifadelerin kullanıldığı dikkat çekmektedir. Bulanık TOPSİS metodu, karmaşık özelliği gösteren bulanık koşullarda grup kararı vermeye yardımcı olmaktadır.

Bulanık TOPSİS, dilsel belirsizliğin bulunduğu ve grup kararı almayı gerektiren sorunların çözülmesinde önemli derecede kullanışlı olduğu görülmektedir. Keza karar verici kişiler, karar ölçütlerinin önem seviyesini ve bu karar ölçütlerine göre bütün alternatif seçenekleri değerlendirmektedirler .

Bulanık TOPSİS yöntemlerinin uygulanabilmesi için karar vericilere, kriter ve alternatiflere ihtiyaç duyulmaktadır. Karar verici kişiler ortaya konulan kriter ve alternatifleri değerlendirirken fikirlerini dilsel olarak ifade etmektedirler ve bu dilsel ifadeler daha sonra üçgen ya da yamuk bulanık sayıya çevrilerek her bir alternatifin yakınlık katsayısı hesaplanmaktadır. Elde edilmiş yakınlık kat sayıları, değerlerine göre sıralanarak uygun alternatif seçilmektedir.

Bu yöntemde kullanılan kriter ağırlıkları ve alternatif değerlendirmeleri, üçgen bulanık sayılarla belirtilen dilsel ifadelerle yapılmaktadır . [23]

Bulanık TOPSİS yönteminin aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Uzman karar vericiler grubu oluşturulur. Karar vericilerin ardından alternatifler ve bu alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler belirlenir.

2. Uzman karar vericiler tarafından kriterlerin önem ağırlıkları ve her bir kriter için alternatifler değerlendirilir. Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde ve her bir kriter için alternatiflerin değerlendirilmesinde dilsel ifadeler kullanılır. Dilsel ifadeler cinsinden verilen cevaplar bulanık sayılara dönüştürülür.

3. Bulanık karar matrisi $\tilde{D}$ ve önem ağırlıkları vektörü $\tilde{W}$ oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.4.1)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \dots, \tilde{w}_n] \quad (4.4.2)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 (+) \tilde{x}_{ij}^2 (+) \dots (+) \tilde{x}_{ij}^K] \quad (4.4.3)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 (+) \tilde{w}_j^2 (+) \dots (+) \tilde{w}_j^K] \quad (4.4.4)$$

Burada, $A_i, i = 1, 2, \dots, m$ seçim yapılacak olan alternatifleri; $K_j, j = 1, 2, \dots, n$ kriterleri; K karar verici sayısını; $\tilde{x}_{ij}$ i alternatifinin j kriterine göre aldığı değeri; $\tilde{w}_j$ j kriterinin karar vericiden aldığı önem ağırlığını göstermektedir.

4. Bulanık karar matrisi normalize edilerek normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{R} = [r_{ij}]_{m \times n} \quad (4.4.5)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \text{ eğer } j \in B \quad (4.4.6)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_j^*}, \frac{a_j^-}{c_j^*}, \frac{a_j^-}{c_j^*} \right), \text{ eğer } j \in C \quad (4.4.7)$$

Burada, B fayda kriterleri kümesini, C maliyet kriterleri kümesini gösterir. Eğer j bir fayda kriteriyse $c_j^* = \max_i(c_{ij})$; maliyet kriteri ise $a_j^- = \min_i(a_{ij})$ şeklinde hesaplanır.

5. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi $\tilde{R}$ 'nin oluşturulmasının ardından her bir kriterin ağırlığı dikkate alınarak, ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j, \quad (4.4.8)$$

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4.4.9)$$

6. Her bir alternatifin pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (4.4.10)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (4.4.11)$$

$$\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1), \quad \tilde{v}_j^- = (0, 0, 0) \quad (4.4.12)$$

Burda $\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1)$ pozitif ideal çözümü, $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ ise negatif ideal çözümü göstermektedir.

7. Alternatiflerin sıralanmasını belirleyebilmek için her bir alternatifin yakınlık katsayısı hesaplanır. Yakınlık katsayısına göre, alternatiflerin sıralaması belirlenir ve bu alternatifler sıralamasından en uygun olan seçilir.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.4.13)$$

4.5. VİKOR Yöntemi

VİKOR yöntemi, ilk defa Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından karmaşık sistemleri çok kriterli optimizasyonu için geliştirilmiştir. Sırpça bir kısaltma olan VİKOR'un açılımı ise "Vise Kriterijumska Optimizacijeni Kompromisna Resenje" olup türkçe'deki anlamı ise; çok kriterli optimizasyon ve uzlaşık çözümdür. VİKOR yönteminin esasında, alternatifler varlığında ve değerlendirme kriterleri kapsamında bir uzlaşık çözümün tespit edilmesi vardır. Bu yöntemin amacı, sıralamada ve seçimde uzlaşık çözümü bulabilmektir. Bu uzlaşık çözüm, ideal çözüme en yakın çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Uzlaşık çözüm alternatifler için çok kriterli sıralama dizini oluşturarak belirli koşullar kapsamında ideal çözüme en yakın kararın verilmesini belirtmektedir. Uzlaşık sıralamaya, ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak ulaşılmaktadır. [24]

4.6. Bulanık VİKOR Yöntemi

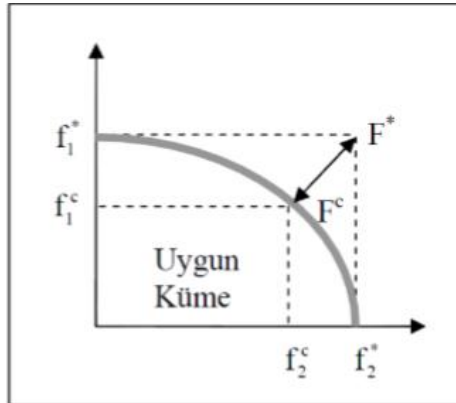
Bulanık çok kriterli problemlerin çözümü için geliştirilen bulanık VİKOR yöntemi, çelişkili kriterleri olan bir problem için uzlaşık çözümler tanımlamaya ve alternatifler arasında sıralama yapmaya dayanmaktadır. Burada uzlaşık çözüm, ideale en yakın çözüm olup, uzlaşma karşılıklı tavizler dahilinde oluşan bir anlaşma anlamına gelmektedir . Ayrıca uzlaşık çözüm bulunurken, ideal çözüme yakınlık ölçüsüne dayanan çok amaçlı sıralama indeksi uygulamaktadır . Her bir alternatif her bir kriter fonksiyonuna göre değerlendirildiği için, uzlaşık sıralama i ideal alternatifte yakınlık mesafesi karşılaştırılarak yapılmaktadır . [23]

VİKOR yöntemi, L_p ölçütünden türetilmiş olan toplama fonksiyonuna dayanmaktadır.

$$L_{pi} = \left\{ \sum_{j=1}^n [(f_j^* - f_{ij}) / (f_j^* - f_j^-)]^p \right\}^{1/p} \quad 1 \leq p \leq \infty; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.5.1)$$

Burda f_{ij} , a_j alternatifinin i kriterine göre değerlendirme sonucunu, $f_i^* = \max_j f_{ij}$ 'i ve $f_i^- = \min_j f_{ij}$ 'i gösterir.

Uzlaşık çözüm F^c , ideal çözüm F^* 'a en yakın uygun çözümdür ve karşılıklı ödünlerden meydana gelen bir anlaşma anlamına gelmektedir. İdeal ve uzlaşık çözümler Şekil 16'te görülmektedir.



Şekil 16. İdeal ve Uzlaşık Çözümler [23]

Bulanık VİKOR'un adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir. Bulanık VİKOR'un ilk üç adımı Bölüm 4.5'te detayları verilen bulanık TOPSİS ile aynı olduğundan ilk üç adıma bu bölümde bir daha yer verilmemiştir.

- 1) Her bir kriter için en iyi f_j^+ ve en kötü f_j^- değerleri belirlenir.

$$f_i^+ = \max_j f_{ij}, f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (4.5.2)$$

- 2) $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerleri hesaplanır. $\tilde{S}_i$, bütün kriterlere göre i. alternatifin en iyi bulanık değere olan uzaklığının toplamıdır. $\tilde{R}_i$ ise j. kritere göre i. alternatifin en kötü bulanık değerlere olan maksimum uzaklığıdır.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n [\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^+ - \tilde{f}_{ij}^+) / (\tilde{f}_j^+ - \tilde{f}_j^-)] \quad (4.5.3)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j [\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^+ - \tilde{f}_{ij}^+) / (\tilde{f}_j^+ - \tilde{f}_j^-)] \quad (4.5.4)$$

- 3) $\tilde{Q}_i$ değerleri hesaplanır.

$$\tilde{Q}_i = v(\tilde{S}_i - \tilde{S}^+) / (\tilde{S}^- - \tilde{S}^+) + (1 - v)(\tilde{R}_i - \tilde{R}^+) / (\tilde{R}^- - \tilde{R}^+) \quad (4.5.5)$$

Burda $\tilde{S}^+ = \min_j \tilde{S}_j$, $\tilde{S}^- = \max_j \tilde{S}_j$, $\tilde{R}^+ = \min_j \tilde{R}_j$, $\tilde{R}^- = \max_j \tilde{R}_j$ ve v değeri grup faydası ile bireysel pişmanlığı gösterir.

- 4) S, R ve Q değerleri elde edilen dizinlere göre alternatifler sıralanır. Dizin değeri en küçük olan en iyi alternatifi temsil etmektedir.
- 5) Belirlenen en iyi alternatifin uzlaştırmacı çözüm olup olmadığı olmadığını tespit etmek için iki koşulun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

- i. Kabul edilebilir avantaj koşulu

$$Q(A'') - Q(A') \geq DQ \quad (4.5.6)$$

Burada, $DQ = \frac{1}{M-1}$ 'i; M alternatif sayısını; değeri sıralamada birinci sırada yer alan alternatif ve A'' sıralamada en iyi ikinci alternatifi gösterir.

ii. Kabul edilebilir istikrar koşulu

Alternatif A', S ve /veya R değerlerine göre yapılan sıralamada en iyi alternatif olmalıdır . [23]

Eğer kabul edilebilir avantaj sağlanmaz ise, yani $Q(A_m) - Q(A') \leq DQ$ ve olursa, A' ve A'' benzer uzlaştırıcı çözümlerdir. Eğer kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanmıyorsa A' karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip olmasına rağmen karar vermede istikrar yoktur. Bu nedenle A' ve A'' uzlaştırıcı çözümü aynıdır.

6) Q değeri en az olan alternatif en iyi çözüm olarak seçilir.

5.RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ YER SEÇİMİ

5.1.Santral Yer Seçimi Problemi Tanımı

Fosil yakıtların belirli bir zamandan sonra tükeneyeceği nükleer enerjininse halen tartışılan ve olumsuz yanlarına net olarak mantık çevresinde herkesin şüpheyne yer vermeyecek cevaplar verilemediği düşünüldüğünde yenilenebilir, çevreyle ahenkli güneş, rüzgar, dalga vb enerjilerin hem dünya hem de biz insanlar için çözüm önerileri ortaya koyacağı öngörülmektedir.

Ülkemizde bulunan oldukça büyük bir potansiyele sahip olduğumuz henüz tam verim olarak kullanamadığımız rüzgar enerjisi bu konuda ön plana çıkan bir başlık olmaktadır. Bu sebeple araştırmalar kurulu olan sınırlı kapasitenin tam verimle çalışması üzerine de yapılmaktadır. Tam verim de günümüz şartları için gelişmiş teknolojinin yanında iyi incelenen ve hesaplarının, mikro konuşlandırmalarının detaylı ve dikkatlice yapıldığı, bir araştırma aşamasıyla sağlanmaktadır inşa edilecek santral yer belirlenmesinde bir çok etmenin inceleniyor olması ve etmenlerin genel üzerine olan etkilerinin de hesaba katılması hem verimi arttıracak hem de günümüz koşullarında firmalar için en önemli başlıklardan biri olan maliyetin düşürülerek yatırımın sağlıklı yapılması sağlayacaktır. Yatırım öncesi yapılan hesaplamalarda ki % 10'luk bir hatanın kurulum ve çalışma esnasında oluşturacağı kaybın % 30 oranında olması da bu konunun önemini bir kez daha ön plana çıkmaktadır . [13]

Bu çalışmada enerji santrali kurulumu için hangi yerin seçileceğine, sözel ifadeleri göz önünde bulundurarak insani düşünme şeklini yansıtan ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlayan Bulanık TOPSİS ve Bulanık VİKOR yöntemleri kullanılmasına karar verilmiştir.

Uygulamada kullanılan kriterler ve alternatifler ile bunlar arasındaki ilişkiler konuyla ilgili uzmanların bilgi ve tecrübeleri ile literatürde yer alan çalışmalardan faydalanılarak oluşturulmuştur

Bu çalışmada özellikle rüzgar enerjisi firmasında çeşitli pozisyonlarda çalışan mühendisler ile yapılan anket sonuçları kullanılmıştır.

Bu anketler göz önüne alınarak yapılan değerlendirmeler kriterlerin seçiminde esas olmuştur daha sonra her bir ana kriter için, yine uzmanların bilgi ve tecrübelerinde faydalanarak alt kriterler oluşturulmuştur. Bu alt kriterle ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

5.2. Kriter ve Alt Kriterlerin İle Alternatiflerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Daha önce belirtildiği gibi kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesinde uzman kişilerden alınan fikirler ve bilgilerden faydalanılmıştır. bu şekilde; potansiyel, teknik, sosyal etkenler, ulaşım, maliyet olmak üzere 5 ana kriter belirlenmiştir.

Belirlenen her bir ana kriter için, uzman kişilerden alınan fikirler ve literatürdeki çalışmalara bakılarak alt kriterler oluşturulmuştur. Aşağıda belirlenen ana kriterler ve alt kriterler ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

POTANSİYEL (P):Bu ana kriter rüzgarın o bölgede ne kadar olduğunu belirleyen alt kriterleri içerir. Bu başlık altında rüzgar hızı, rüzgar yoğunluğu, hakim rüzgar yönü, çevresel engeller ve kapasite faktörü gibi alt kriterler bulunmaktadır. Santralin kurulabilmesi için çevresel engeller harici alt kriterlerin yüksek olması istenir. Potansiyel santral kurulumu için belirleyici bir unsurdur.

Rüzgar Hızı (RH): Rüzgar hızı, EİE tarafından hazırlanan rüzgar enerjisi potansiyel atlasındaki uzun dönem verileri ve tesis yeri alternatiflerini seçtikten sonra en az bir senelik kısa dönem verileri incelenerek belirli istatistik değerlerine ulaşarak değerlendirilir. 5 m/s değerinin altındaki rüzgar hızı değerleri verimli sayılmamaktadır.

Rüzgar Yoğunluğu (RY): Rüzgar yoğunluğu bir bölge için m^2 'deki üretilebilecek enerji miktarının ifadesidir

Hakim Rüzgar Yönü (HRY): Türbin rüzgarı bünyesindeki enerjiyi topladıktan sonra arkasındaki türbine ileteceği rüzgarı ve enerjisini indirmektedir. Bundan dolayı standart olarak türbinleri mümkün olduğunca baskın rüzgar yönüne uygun olarak kurmak gerekir. Bu enerji yönünün uygun olduğu taraflarda, türbinler arası mesafe küçük olması koşuluyla kurularak hem saha hem de şebekeyle iletişime geçme, park yolu ekonomisi en aza indirilir.

Çevresel Engeller (ÇE): Rüzgar çiftliğinin kurulacağı arazideki ağaç, bina vb yapılar yüzünden rüzgar hızı azalabilir ve yönü değişebilir. Bu şekilde olan arazilerdeki enerji verimliliği önemli derecede düşmektedir. Kurulacak olan santralin çevresel engeller yönünden en az seviyede olan alana kurulması gerekmektedir.

Kapasite Faktörü (KF): Türbinin bir yılda ürettiği enerji miktarını, yine bir yılda normal seviyedeki güçle üretilen teorik enerji miktarına oranlayarak ulaşabiliriz.

TEKNİK: Bu kriterde tesisin seçilecek yere kurulması için dikkat edilecek deprem kuşağı, altyapı durumu ve ormanlık alan gibi alt kriterleri içinde bulunduran teknik konular incelenir. Teknik kriterinin seçilmesinin sebebi teknik açıdan tesisin kurulumunun mümkün olup olmadığı incelenir.

Deprem Kuşağı (DK): Teknolojinin gelişmesi ile rüzgardan daha fazla verim almak adına kule yüksekliklerinin giderek artması bu konudaki dayanıklılık ve dayanım değerlerinin de artmasını gerektirmiştir. Deprem kuşağında olan bir yapının temel hesapları bu konu göz önüne alınarak yapıldığından bu başlığın bir alt kriter olarak alınmasına gerek duyulmuştur

Altyapı Durumu (AD): Kurulacak olan tesisin o bölgedeki elektrik dağıtım ağının yeterli kapasitelerinin olması rüzgar santrallerinin kurulumunda önemli role sahiptir. Bölgedeki dağıtım hattının seviyesi santralden verimli şekilde dağıtılan enerji miktarını da etkilemektedir.

Ormanlık Alan (OA): Ormanlık alan yüksek ağaçların engel statüsüne girmesinden ötürü hem ölçümleri etkilediğinden hem de belirli ormanlık arazilerin koruma altında olmasından ve tesis kurulumuna izin verilmemesinden ötürü önemli bir alt kriter olarak karşımıza çıkmaktadır

SOSYAL ETKENLER: Asker ve sivil radar tesislerine uzaklık, doğal yaşam ve ekolojik denge, hava alanına olan uzaklık, yerleşim birimlerine uzaklık, tarihi-turistik alana uzaklık gibi alt kriterlerin incelendiği sosyal etkenler, tesislerin kurulum yerinin etraftakileri nasıl etkilediği açısından önem taşımaktadır.

Askeri ve Sivil Radar Tesislerine Olan Uzaklık (RTU): Rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinin elektromanyetik cihazların doğru çalışmamasına neden olmaktadır. Bu nedenden dolayı tesisin askeri bölgelerden uzak yerlere kurulması gerekmektedir. Askeri bölgede bulunak elektromanyetik cihazlarda rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinin çalışmasını olumsuz yönde etkilemektedir

Doğal Yaşam ve Ekolojik Denge (DYED): Rüzgar türbinlerinin çalıştırılması kuşlara zaiyat verebilir. Bu zaiyat kule veya kanatlar ile çarpışma neticesi kuşların telef olması türbin etrafındaki kuş barınma veya beslenme yerlerinin bozulmaya uğraması olarak iki şekilde gerçekleşmektedir. yalnız kuşlar için değil diğer bitki ve hayvan türlerinin ve onların su sistemlerinin kompleks yapısının parçalanması için de endişe duyulmaktadır. Bu bağlamda Her bir bölgenin ekolojik önemi rüzgar tarla gelişiminden olumsuz yönde etkilenmektedir

Hava Alanına Olan Uzaklık (HAU): Rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinin dönen kanatları elektromanyetik iletişim cihazlarında girişime neden olabileceğinden hava alanına yakın yerlere santral kurulması da pek istenen bir durum değildir.

Tarihi-Turistik Alana Uzaklık (TTAU): Tarihi alanların devlet tarafından koruma altında olması ve bu yerlere bu tarihi yapıları bozacak bir yatırımın yapılmasına izin verilmemesi günümüzde gelişmiş teknolojisi ile bu yapıya aykırı bir görüntü oluşturan rüzgar türbinlerini kurulum yeri açısından sınırlandırmaktadır.

ULAŞIM (Ana Kriter): Bu kriter tesis yerine ulaşım konusundaki alt kriterler olan trafo merkezlerine uzaklık, elektrik ihtiyacı olan merkezlere uzaklık ve sahaya yakın karayolu uzaklığı başlıklarını içerir.

Bu başlıklar altında incelenen ulaşım faktörü tesisin kurulumunda ve üretilen elektriğin iletiminde önem taşır.

Trafo Merkezlerine Uzaklık (TMU): Kurulacak rüzgar çiftliğinde oluşturulan alt yapının yanı sıra ana toplama merkezi olan trafolarla olan mesafede enerji kaybında önemli rol oynamaktadır. Bu kayıplar en aza indirgenecek şekilde dağıtım merkezlerine olan uzaklık göz önüne alınmalıdır

Elektrik İhtiyacı Olan Merkezlerle Uzaklık (EİMU): Tesiste üretilecek enerjinin dağıtımından kaynaklanacak olan enerji kayıplarını en aza indirmek ve enerjinin maddi olarak geri dönüşümünü sağlamak için elektriğin satılacağı olan merkezlere tesisin yakın olması önemli yere sahiptir

MALİYET: Kurulacak olan tesisin maliyet fonksiyonları bu ana kriter altında incelenecektir. Kurulum maliyeti, Arazi maliyeti, işletme ve bakım maliyeti olarak alt kriterler olarak sıralanmıştır. Artan rekabet ile birlikte artık şirketlerin ilk baktığı kriterler arasında maliyet unsuru önemli yer tutmaktadır.

Kurulum Maliyeti (KM): Bilindiği üzere rüzgar enerjisi santrali kurulumu için ilk yatırım miktarları yüksektir. Maliyet kalemleri arasında en büyük payı bu sebeple kurulum maliyeti almaktadır. Türbin sayısı ve kapasitesi değişken olabileceğinden bu araştırmada kurulum maliyeti MW başına dikkate alınmıştır.

Arazi Maliyeti (AM): Rüzgar santralinin kurulacağı bölgenin miktarını belirtmektedir. Kurulacak olan rüzgar tribünleri satın alınan arazinin tamamına yerleştirilmediğinden bölüm bölümde arazi alımı gerçekleştirilebilir

İşletme ve Bakım Maliyeti (İBM): İşletme ve bakım maliyetleri türbinlerin boyutuna, yaşına ve araziye kurulmuş olan türbinlerin ömürlerini etkileyen etmenlere göre değişir. Bununla birlikte rüzgâr çiftliğindeki bir arızanın düzeltilmesi

esnasındaki enerji üretimindeki azalma da işletme ve bakım maliyetlerine etki etmektedir. Çalışan kişiler, alınan danışmanlık hizmetleri de işletme giderleri açısından bu alt kriteri etkiler.

5.3 Bulanık TOPSİS Yöntemi ile Rüzgar Yer Seçimi Uygulaması

Bulanık TOPSİS yöntemiyle rüzgar enerjisi santrali yer seçimi uygulamasında hesaplama izlenen adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Adım 1. Bu adımda uzmanlar tarafından belirlenen kriter ağırlıkları ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak dilsel ifadeler ve onlara karşılık gelen üçgen bulanık sayılar belirlenir. Kriterlerin önem ağırlığını belirlemede kullanılan dilsel ifadeler ve onlara karşılık gelen üçgen bulanık sayılar

Tablo.1’te gösterilmektedir.

Tablo.1. Kriterlerin Önem Ağırlığını Belirlemede Kullanılan Dilsel İfadeler.

Çok Düşük	(0, 0, 0.1)
Düşük	(0, 0.1, 0.3)
Biraz Düşük	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta	(0.3, 0.5, 0.7)
Biraz Yüksek	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek	(0.7, 0.9, 1)
Çok Yüksek	(0.9, 1, 1)

Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve onlara karşılık gelen üçgen bulanık sayılar

Tablo. 2’te gösterilmiştir.

Tablo. 2. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler.

Çok Zayıf	(0, 0, 1)
Zayıf	(0, 1, 3)
Biraz Zayıf	(1, 3, 5)
Orta	(3, 5, 7)
Biraz İyi	(5, 7, 9)
İyi	(7, 9, 10)
Çok İyi	(9, 10, 10)

Adım 2. Kriter ağırlıkları karar vericiler tarafından değerlendirilir. İlgili cevaplar Eklerde yer alan Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

Adım 3. Dilsel ifadeler kullanılarak değerlendirilen kriter ağırlıkları üçgen bulanık sayılara dönüştürülür. İlgili tablo Eklerde yer alan Tablo 3 ve Tablo 4’te gösterilmektedir.

Adım 4. Karar vericiler her bir kritere göre rüzgar türbini lokasyonlarını tek tek değerlendirir. İlgili tablolar Eklerde yer alan Tablo 5 ve Tablo 6’da gösterilmektedir.

Adım 5. Karar vericiler tarafından her bir kritere göre değerlendirilen rüzgar türbini lokasyonlarına ait dilsel ifadeler bulanık sayılara dönüştürülür. İlgili tablolar Eklerde yer alan Tablo 7 ve Tablo 8’de gösterilmektedir

Adım 6. Bulanık karar matrisi ve önem ağırlıkları vektörü oluşturulur. Önem ağırlıkları vektörü Eklerde yer alan Tablo 9’da, bulanık karar matrisi ise Tablo 5’te gösterilmektedir.

Adım 7. Tablo 6’da gösterilen normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

Adım 8. Tablo 7’de gösterilen ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

Adım 9. Tablo 8’de gösterilen pozitif ve negatif ideal çözüm uzaklıkları hesaplanır.

Adım 10. Alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için Tablo 9’da detayları gösterilen her alternatifin yakınlık katsayısının hesaplanması yapılır Buna göre alternatiflerin sıralaması yapıldığında sıralama $A1 > A2 > A3$ şeklinde olacaktır. Yani Çanakkale ili Ezine ilçesinin Üvecik Köyü rüzgar türbin lokasyonu olarak seçilmektedir.

Tablo 3. Bulanık Karar Matrisi.

C1	A1	7,1333	8,7333	9,6000	C7	A1	5,8000	7,6667	9,0000	C13	A1	5,2667	7,1333	8,5333	C6	A3	4,7333	6,4000	7,9333
	A2	8,0667	9,4667	9,9333		A2	5,4000	7,2667	8,8000		A2	3,7333	5,5333	7,2000					
	A3	6,8667	8,4667	9,3333		A3	4,8000	6,6000	8,2000		A3	3,5333	5,3333	7,0000					
C2	A1	6,6000	8,2000	9,2000	C8	A1	5,6667	7,5333	8,9333	C14	A1	6,4667	8,0000	8,9333					
	A2	7,8000	9,3333	9,9333		A2	4,9333	6,7333	8,2667		A2	5,9333	7,6000	8,7333	C12	A3	4,2667	6,0667	7,6000
	A3	6,8667	8,3333	9,0667		A3	3,9333	5,6000	7,2667		A3	5,2000	6,7333	7,8667					
C3	A1	5,0667	6,9333	8,4000	C9	A1	4,8667	6,8000	8,2667	C15	A1	3,9333	5,7333	7,4000					
	A2	6,0667	7,8000	8,9333		A2	4,7333	6,6000	8,2000		A2	3,6000	5,4000	7,0667					
	A3	5,5333	7,4000	8,6667		A3	3,9333	5,7333	7,4000		A3	3,4667	5,3333	7,0667	C18	A3	4,4000	5,9333	7,2667
C4	A1	5,5333	7,4000	8,8000	C10	A1	5,4000	7,2667	8,6667	C16	A1	6,6000	8,4667	9,6000	C19	A1	6,6000	8,4000	9,4667
	A2	5,5333	7,4000	8,7333		A2	4,0000	5,8000	7,5333		A2	5,8667	7,7333	9,0667		A2	6,0000	7,6000	8,6667
	A3	6,0000	7,6667	8,8000		A3	4,2667	5,8000	7,2667		A3	5,1333	6,8000	8,2000		A3	5,8667	7,6000	8,8000
C5	A1	7,0000	8,6667	9,5333	C11	A1	3,9333	5,6667	7,2000	C17	A1	6,6000	8,3333	9,4000					
	A2	7,2667	8,7333	9,5333		A2	3,7333	5,2667	6,6667		A2	6,2000	7,8667	9,0000					
	A3	6,8667	8,5333	9,4000		A3	3,4000	4,9333	6,4667		A3	5,1333	6,8000	8,0667					
C6	A1	5,4000	7,2667	8,7333	C12	A1	6,2000	8,0667	9,2000	C18	A1	5,4667	7,0667	8,3333					
	A2	5,9333	7,7333	9,0667		A2	4,6667	6,5333	8,0667		A2	4,7333	6,4000	7,8000					

Tablo 4. Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi.

C1	A1	0,7181	0,8792	0,9664	C10	A1	0,6231	0,8385	1,0000	C19	A3	0,6197	0,8028	0,9296
	A2	0,8121	0,9530	1,0000		A2	0,4615	0,6692	0,8692		A2	0,6338	0,8028	0,9155
	A3	0,6913	0,8523	0,9396		A3	0,4923	0,6692	0,8385		A3	0,6197	0,8028	0,9296
C2	A1	0,6644	0,8255	0,9262	C11	A1	0,5463	0,7870	1,0000					
	A2	0,7852	0,9396	1,0000		A2	0,5185	0,7315	0,9259					
	A3	0,6913	0,8389	0,9128		A3	0,4722	0,6852	0,8981					
C3	A1	0,5672	0,7761	0,9403	C12	A1	0,6739	0,8768	1,0000					
	A2	0,6791	0,8731	1,0000		A2	0,5072	0,7101	0,8768					
	A3	0,6194	0,8284	0,9701		A3	0,4638	0,6594	0,8261					
C4	A1	0,6288	0,8409	1,0000	C13	A1	0,6172	0,8359	1,0000					
	A2	0,6288	0,8409	0,9924		A2	0,4375	0,6484	0,8438					
	A3	0,6818	0,8712	1,0000		A3	0,4141	0,6250	0,8203					
C5	A1	0,7343	0,9091	1,0000	C14	A1	0,7239	0,8955	1,0000					
	A2	0,7622	0,9161	1,0000		A2	0,6642	0,8507	0,9776					
	A3	0,7203	0,8951	0,9860		A3	0,5821	0,7537	0,8806					
C6	A1	0,5956	0,8015	0,9632	C15	A1	0,5315	0,7748	1,0000					
	A2	0,6544	0,8529	1,0000		A2	0,4865	0,7297	0,9550					
	A3	0,5221	0,7059	0,8750		A3	0,4685	0,7207	0,9550					
C7	A1	0,6444	0,8519	1,0000	C16	A1	0,6875	0,8819	1,0000					
	A2	0,6000	0,8074	0,9778		A2	0,6111	0,8056	0,9444					
	A3	0,5333	0,7333	0,9111		A3	0,5347	0,7083	0,8542					
C8	A1	0,6343	0,8433	1,0000	C17	A1	0,7021	0,8865	1,0000					
	A2	0,5522	0,7537	0,9254		A2	0,6596	0,8369	0,9574					
	A3	0,4403	0,6269	0,8134		A3	0,5461	0,7234	0,8582					
C9	A1	0,5887	0,8226	1,0000	C18	A1	0,6560	0,8480	1,0000					
	A2	0,5726	0,7984	0,9919		A2	0,5680	0,7680	0,9360					

Tablo 5. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

C1	A1	0,5697	0,8147	0,9407	C9	A2	0,2672	0,5163	0,7935		A3	0,3859	0,6125	0,8410
	A2	0,6443	0,8831	0,9733		A3	0,2220	0,4485	0,7161	C18	A1	0,3761	0,6162	0,8867
	A3	0,5484	0,7898	0,9145	C10	A1	0,2742	0,5254	0,7933		A2	0,3257	0,5581	0,8299
C2	A1	0,4872	0,7099	0,9015		A2	0,2031	0,4194	0,6896		A3	0,3027	0,5174	0,7732
	A2	0,5758	0,8081	0,9733		A3	0,2166	0,4194	0,6652	C19	A1	0,4415	0,6862	0,9133
	A3	0,5069	0,7215	0,8884	C11	A1	0,2331	0,4460	0,8733		A2	0,4014	0,6208	0,8362
C3	A1	0,2836	0,5019	0,7836		A2	0,2212	0,4145	0,8086		A3	0,3925	0,6208	0,8490
	A2	0,3396	0,5646	0,8333		A3	0,2015	0,3883	0,7844					
	A3	0,3097	0,5357	0,8085	C12	A1	0,3864	0,6488	0,9200					
C4	A1	0,3940	0,6615	0,9467		A2	0,2908	0,5255	0,8067					
	A2	0,3940	0,6615	0,9395		A3	0,2659	0,4880	0,7600					
	A3	0,4273	0,6854	0,9467	C13	A1	0,2633	0,5016	0,8067					
C5	A1	0,5727	0,8303	0,9667		A2	0,1867	0,3891	0,6806					
	A2	0,5945	0,8367	0,9667		A3	0,1767	0,3750	0,6617					
	A3	0,5618	0,8175	0,9531	C14	A1	0,5550	0,8119	0,9667					
C6	A1	0,3574	0,6198	0,8669		A2	0,5092	0,7713	0,9450					
	A2	0,3926	0,6596	0,9000		A3	0,4463	0,6834	0,8512					
	A3	0,3132	0,5459	0,7875	C15	A1	0,2268	0,4649	0,8067					
C7	A1	0,3265	0,5849	0,8267		A2	0,2076	0,4378	0,7703					
	A2	0,3040	0,5544	0,8083		A3	0,1999	0,4324	0,7703					
	A3	0,2702	0,5036	0,7532	C16	A1	0,3804	0,6409	0,9067					
C8	A1	0,3425	0,6128	0,8733		A2	0,3381	0,5854	0,8563					
	A2	0,2982	0,5477	0,8082		A3	0,2959	0,5147	0,7744					
	A3	0,2378	0,4555	0,7104	C17	A1	0,4962	0,7506	0,9800					
C9	A1	0,2747	0,5319	0,8000		A2	0,4661	0,7086	0,9383					

Tablo 6. Pozitif Ve Negatif İdeal Çözüm Uzaklıkları.

	A*	A-
A1	8,0470	12,6421
A2	8,4078	12,1757
A3	9,1135	11,3325

Tablo 7. Pozitif Ve Negatif İdeal Çözüm Uzaklıkları

	A*	A-	CC	
A1	8,05	12,64	0,61	A1
A2	8,41	12,18	0,59	A2
A3	9,11	11,33	0,55	A3

5.4. Bulanık VİKOR Yöntemi ile Rüzgar Yer Seçimi

Bulanık VİKOR yöntemiyle rüzgar enerjisi santrali yer seçimi uygulamasında hesaplama izlenen adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Adım 1. Bu adımda uzmanlar tarafından belirlenen kriter ağırlıkları ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak dilsel ifadeler ve onlara karşılık gelen üçgen bulanık sayılar belirlenir. Kriterlerin önem ağırlığını belirlemede kullanılan dilsel ifadeler ve onlara karşılık gelen üçgen bulanık sayılar

Tablo.1’te gösterilmektedir. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve onlara karşılık gelen üçgen bulanık sayılar

Tablo. 2’te gösterilmiştir.

Adım 2. Kriter ağırlıkları karar vericiler tarafından değerlendirilir. İlgili cevaplar Eklerde yer alan Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

Adım 3. Dilsel ifadeler kullanılarak değerlendirilen kriter ağırlıkları üçgen bulanık sayılara dönüştürülür. İlgili tablo Eklerde yer alan Tablo 3 ve Tablo 4’te gösterilmektedir.

Adım 4. Karar vericiler her bir kritere göre rüzgar türbini lokasyonlarını tek tek değerlendirir. İlgili tablolar Eklerde yer alan Tablo 5 ve Tablo 6’da gösterilmektedir.

Adım 5. Karar vericiler tarafından her bir kritere göre değerlendirilen rüzgar türbini lokasyonlarına ait dilsel ifadeler bulanık sayılara dönüştürülür. İlgili tablolar Eklerde yer alan Tablo 7 ve Tablo 8’de gösterilmektedir

Adım 6. Bulanık karar matrisi ve önem ağırlıkları vektörü oluşturulur. Önem ağırlıkları vektörü Eklerde yer alan Tablo 9’da, bulanık karar matrisi ise Tablo 5’te gösterilmektedir.

Adım 7. Tüm kriter fonksiyonlarının en iyi F_j^* ve en kötü F_j^- değerleri hesaplanır. İlgili değerler Tablo 10’da gösterilmiştir.

Adım 8. $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerleri hesaplanır. İlgili değerler Tablo 11 ve Tablo 12’de verilmiştir.

Adım 9. $\tilde{Q}_i$ değerleri hesaplanır. İlgili değerler Tablo 14’te verilmiştir. Formül 4.5.5’ten fõrõlebileceđi õzere $\tilde{Q}_i$ değerleri hesaplanırken kullanılan v değerleri maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin önemini ifade eder iken, $1-v$ bireysel pişmanlık değerini ifade eder. Uzlaşmacı çoğunluk için bu uygulamada $v \approx 0.5$ alınmıştır.

Adım 10. Bulanık sayıların ortalamaları alınarak durulaştırılmış Q_i , S_i ve R_i değerleri bulunur. Elde edilen indekslere göre alternatifler sıralanır. İlgili indeksler Tablo 15’te verilmiştir.

Adım 11. Belirlenen en iyi alternatifin uzlaştıracı çözüm olup olmadığını belirlemek için kabul edilebilir istikrar ve kabul edilebilir avantaj koşullarının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Buna göre seçilen konum Balıkesir’in Sahil Yenice Köyü’dür. Burada Q indeksi esas alınmış ancak fark DQ ’den küçük olduğundan ötürü kabul edilebilir avantaj şartı sağlanmamıştır. Kabul edilebilir istikrar koşuluna bakıldığında A1 yani Çanakkale’nin Ezine İlçesi’nin Üvecik Köyü de seçilebilecektir.

Tablo 8. Tüm Kriter Fonksiyonlarının En İyi Fj* Ve En Kötü Fj- Değerleri

	fj*			fj-		
C1	8,07	9,47	9,93	6,87	8,47	9,33
C2	7,80	9,33	9,93	6,60	8,20	9,20
C3	6,07	7,80	8,93	5,07	6,93	8,40
C4	6,00	7,67	8,80	5,53	7,40	8,73
C5	7,27	8,73	9,53	6,87	8,53	9,40
C6	5,93	7,73	9,07	4,73	6,40	7,93
C7	5,80	7,67	9,00	4,80	6,60	8,20
C8	5,67	7,53	8,93	3,93	5,60	7,27
C9	4,87	6,80	8,27	3,93	5,73	7,40
C10	5,40	7,27	8,67	4,27	5,80	7,27
C11	3,93	5,67	7,20	3,40	4,93	6,47
C12	6,20	8,07	9,20	4,27	6,07	7,60
C13	5,27	7,13	8,53	3,53	5,33	7,00
C14	6,47	8,00	8,93	5,20	6,73	7,87
C15	3,93	5,73	7,40	3,47	5,33	7,07
C16	6,60	8,47	9,60	5,13	6,80	8,20
C17	6,60	8,33	9,40	5,13	6,80	8,07
C18	5,47	7,07	8,33	4,40	5,93	7,27
C19	6,60	8,40	9,47	6,00	7,60	8,67

Tablo 9. Bütün Kriterlere Göre I Alternatifinin En İyi Bulanık Değere Mesafesinin Toplamını Veren S_i Değeri

A1	3,26	3,55	2,61
A2	4,78	6,07	7,18
A3	10,19	12,84	15,61

Tablo 10. Ri Değerleri

A1	0,73	0,86	0,97
A2	0,63	0,79	0,95
A3	0,79	0,93	1,15

Tablo 11. Si Ve Ri En İyi Ve En Kötü Değerleri.

Si*(min)	3,26	3,55	2,61
Si-(max)	10,19	12,84	15,61
R*(min)	0,63	0,79	0,95
R-(max)	0,79	0,93	1,15

Tablo 12. Alternatiflerin Hesaplanan Qi Değerleri

A1	0,31	0,26	0,07
A2	0,11	0,14	0,18
A3	1,00	1,00	1,00

Tablo 13. Q, R ve S Değerleri

	Q indeks	Sıra	S indeks	Sıra	R indeks	Sıra
A1	0,21	2	3,14	1	0,86	2
A2	0,14	1	6,01	2	0,79	1
A3	1,00	3	12,88	3	0,96	3

6. SONUÇ

Günümüzde dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı sürekli artmaktadır. Giderek artan enerji tüketimi ve hızlı tükenen fosil enerji kaynakları bütün dünyayı alternatif enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları, doğada bol miktarda mevcut olup, aynı zamanda çevre dostu, temiz ve bedava olmaları nedeniyle daha çok talep edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan rüzgar enerjisi dünya ülkelerinde birçok alan için enerji sağlamada önemli bir rol oynamakta; dünyanın birçok ülkesi için kısa ve uzun dönemli planlarda enerji ihtiyacının % 30'unun rüzgar enerjisinden sağlanması planlanmaktadır. Ülkemiz ve diğer dünya ülkeleri esas alındığında; ülkemizin yenilenebilir kaynağı olarak rüzgar enerjisinin büyük bir oranda olmasına karşın bu oranı üretime tam yansıtamadığı gözlenmektedir.

Bir rüzgar santralinin iktisadi ve teknik yönden başarıya ulaşmasının temelinde sağlıklı verilere dayalı olarak hesaplanan enerji üretim miktarları olduğundan, rüzgar enerjisi yatırımlarında en önemli konulardan biri rüzgar enerjisi santrali yer seçimidir. Mühendislerin sistemin tasarımında ve işletmesinde başarılı olabilmeleri için rüzgar enerjisi yer seçimi kurulumundaki verimliliği artırmak ve en yüksek çıktıyı sağlayabilmek amacıyla iyi hazırlanmış fizibilite çalışması ve sağlıklı verilerin en az yanılma payı ile işlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, rüzgar enerjisi santrali yer seçimi problemi için birçok kriterin varlığı ışığında, çok sayıda karar vericinin yer aldığı ve birden fazla alternatifin içinden seçim yapılmasının gerekli olduğu durumlarda kullanılan ÇKKV yöntemleri ve bulanık mantığı kullanarak rüzgar santrali yer seçimi kararının daha sağlıklı verilmesini sağlamak ve bu yolla rüzgar enerjisi santralinin verimliliğini arttırmaktır.

Bu çalışmada, rüzgar enerjisi santrali yer seçimi için ÇKKV yöntemlerinden Bulanık TOPSİS ve Bulanık VİKOR yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada Bulanık TOPSİS ve Bulanık VİKOR yöntemleri anlatılmış ve rüzgâr santrali yer seçimi değerlendirilmesine yönelik uygulama yapılarak bu konuda verilecek olan kararlar ve yapılacak olan yatırımlara yardımcı olacak bir çalışma yapılmıştır.

Çalışmanın uygulaması olarak, belirlenen onbeş karar verici, rüzgar enerjisi santrali yeri için seçilmiş üç alternatifi, belirlenen ondokuz kritere göre değerlendirmiş; bu değerlendirmeler, üçgen bulanık sayılara dönüştürüldükten sonra bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleriyle analiz edilmiştir.

Bulanık TOPSIS yöntemine göre yapılan analizde rüzgar enerjisi santrali yer seçimi için en uygun alternatifi Çanakkale ilinin Ezine İlçesi'nin Üvecik Köyü olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunu Balıkesir ili Bandırma ilçesinin Sahil Yenice köyü ve Hatay ili Samandağ ilçesinin Gözene köyü izlemektedir.

Bulanık VIKOR yöntemine göre yapılan analiz sonucuna göre ise Çanakkale ilinin Ezine İlçesi'nin Üvecik Köyü ile Balıkesir ili Bandırma ilçesi Sahil Yenice Köyü'nün uzlaştırıcı çözümler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu alternatifleri, ve Hatay ili Samandağ ilçesinin Gözene köyü izlemektedir.

Bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinin analiz sonuçları karşılaştırıldığında bölgeler arasında rüzgar enerjisi yer seçimi için en iyi alternatifi Çanakkale ilinin Ezine İlçesi'nin Üvecik Köyü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] İ. Öztürk ve A. Çelik, «Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Kullanım Durumu ve Geleceğe Yönelik Beklentiler,» *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak.Derg.*, 2006.
- [2] Y. Aydın, *Bulanık Topsis ve Vikor Yöntemleri Kullanılarak Rüzgar Enerjisi Santral Yer Seçimi*, İstanbul: Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programı Yıldız Teknik Üniversitesi, 2013.
- [3] H. Bayraç, «Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye:Petrol ve Doğal gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma,» *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2008.
- [4] F. Turhan, *Rüzgar Enerjisinin Dünya'da ve Türkiye'de Kullanımı, Eskişehir Merkezinin Rüzgar Değerlerinin İncelenmesi*, Eskişehir: Yüksek Lisans Tezi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2008.
- [5] Z. Şen , *Temiz Enerji Kaynakları*, İstanbul: Su Vakfı, 2002.
- [6] K. Temuçin ve A. Aliağaoğlu, «Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye'de Nükleer Enerji Gerçeği,» *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2003.
- [7] H. Palabıyık, H. Yavaş ve M. Aydın, *Nükleer Enerji ve Sosyal Kabul*, Ankara: Uşak Yayınları, 2010.
- [8] A. U. Bozkurt, *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi*, İzmir: Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim dalı İşletme Programı Dokuz Eylül Üniversitesi, 2008.
- [9] D. Özcan, *Muğla Bölgesinde Örnek Bir Rüzgar Elektrik Santrali Yatırımı Rüzgar Elektrik Santrali Yatırımında,Reel Opsiyonların Kullanımı Üzerine Bir İnceleme*, Muğla: Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi , 2013.
- [10] F. Çanka Kılıç ve M. Kesinkılıç, «Jeotermal Enerji ve Türkiye,» *Mühendis ve Makina*, cilt 54, no. 639, pp. 45-46, 2013.
- [11] E. Kapluhan, «Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme,Biyokütle Enerjisinin Dünyada'ki ve Türkiyede'ki Kullanım Durumu,» *Marmara Coğrafya Dergisi*, no. 30, pp. 97-125, 2014.
- [12] H. H. Özcan, *Rüzgar Enerjisi Yatırımları ve Isparta İlinde Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santralinin Ekonomik Analizi*, Isparta: Yüksek Lisans Tezi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Süleyman Demirel Üniversitesi, 2009.

- [13] U. Yalçın, *Bulanık Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Rüzgar Enerjisi Santral Yer Seçimi*, İstanbul: Yüksek Lisans Tezi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yıldız Teknik Üniversitesi, 2007.
- [14] S. Hayli, «Rüzgar Enerjisinin Önemi,Dünya'da ve Türkiyede'ki Durumu,» *Fırat Üniversitesi Coğrafya Dergisi*.
- [15] M. C. Şenel ve E. Koç, «Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Durumu Genel Değerlendirme,» *Mühendis ve Makina*, cilt 56, no. 663, pp. 45-46, 2015.
- [16] Z. Taç Altuntaşoğlu, «Türkiye'de Rüzgar Enerjisi, Mevcut Durum Sorunlar,» *Mühendis ve Makina*, cilt 52, no. 617, 2011.
- [17] TUREB, «Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği,» 2016. [Çevrimiçi]. Available: http://www.tureb.com.tr/files/bilgi_bankasi/dunya_res_durumu/gwec_prstats2016_en_web.pdf. [%1 tarihinde erişilmiştir14 02 2017].
- [18] TUREB, «Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği,» 2016. [Çevrimiçi]. Available: http://www.tureb.com.tr/files/bilgi_bankasi/avrupa_res_durumu/windeurope_annual_statistics_2016.pdf. [%1 tarihinde erişilmiştir17 02 2017].
- [19] TUREB, «Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği,» 2016. [Çevrimiçi]. Available: http://www.tureb.com.tr/files/bilgi_bankasi/turkiye_res_durumu/temmuz_rapor_2016.pdf. [%1 tarihinde erişilmiştir11 02 2017].
- [20] U. Elibüyük ve İ. Üçgül, «Rüzgar Türbinleri,Çeşitleri ve Rüzgar Enerjisi Depolama Yöntemleri,» YEKAİRUM e DERGİ, Isparta, 2014.
- [21] H. İ. Karadağ, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Rüzgar Türbini Tasarımı*, İstanbul: Yüksek Lisans Tezi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yıldız Teknik Üniversitesi, 2009.
- [22] C. Ü. Ver, *Rüzgar Enerjisi Sistemlerinin İncelenmesi ve Bir Uygulama Devresinin Gerçekleştirilmesi*, İstanbul: Yüksek Lisans Tezi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Yıldız Teknik Üniversitesi, 2008.
- [23] A. Erol, *Tersanelerde İmalatı Yapılacak Gemi Tipinin Bulanık Topsis ve Bulanık Vikor Yöntemi ile Belirlenmesi*, İstanbul: Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı Yıldız Teknik Üniversitesi, 2014.
- [24] M. Ağdaş, *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Lojistik Tesis Yer Seçimi : Kamu Sektöründe Bir Uygulama*, Ankara: Yüksek Lisans Tezi Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı , 2014.

EKLER

Tablo 1 Kriter Ağırlıklarının Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi (D1-D7).

KRİTERLER		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
C1	Rüzgar hızı	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)
C2	Rüzgar yoğunluğu	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)
C3	Hakim rüzgar yönü	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Düşük (0, 0,1, 0,3)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)
C4	Çevresel engeller	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Biraz Düşük (0,1, 0,3, 0,5)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)
C5	Kapasite faktörü	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)
C6	Askeri ve sivil radar tesislerine olan uzaklık	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Düşük (0, 0,1, 0,3)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C7	Doğal yaşam ve ekolojik denge	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Düşük (0, 0,1, 0,3)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C8	Hava alanı ve uçakları yönlendirici yer istasyonlarına olan uzaklık	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Biraz Düşük (0,1, 0,3, 0,5)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C9	Yerleşim birimlerine uzaklık	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Düşük (0, 0,1, 0,3)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C10	Tarihi-turistik alana uzaklık	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Düşük (0, 0,1, 0,3)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C11	Deprem kuşağı	Biraz Düşük (0,1, 0,3, 0,5)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)
C12	Altyapı durumu	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)
C13	Ormanlık alan	Biraz Düşük (0,1, 0,3, 0,5)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Biraz Düşük (0,1, 0,3, 0,5)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C14	Trafo merkezlerine uzaklık	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)
C15	Elektrik ihtiyacı olan merkeze uzaklık	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Biraz Düşük (0,1, 0,3, 0,5)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C16	Sahaya yakın karayolu uzaklığı	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Düşük (0, 0,1, 0,3)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C17	Kurulum maliyeti	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0,5, 0,7, 0,9)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C18	Arazi maliyeti	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)
C19	İşletme ve bakım maliyeti	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Orta (0,3, 0,5, 0,7)	Çok Yüksek (0,9, 1, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)	Yüksek (0,7, 0,9, 1)

Tablo 2. Kriter Ağırlıklarının Karar Vericiler Tarafından Değerlendirilmesi (D8-D15).

KRİTERLER		D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
C1	Rüzgar hızı	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)
C2	Rüzgar yoğunluğu	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)
C3	Hakim rüzgar yönü	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)
C4	Çevresel engeller	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)
C5	Kapasite faktörü	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)
C6	Askeri ve sivil radar tesislerine olan uzaklık	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)
C7	Doğal yaşam ve ekolojik denge	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)
C8	Hava alanı ve uçakları yönlendirici yer istasyonlarına olan uzaklık	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Biraz Düşük (0.1, 0.3, 0.5)
C9	Yerleşim birimlerine uzaklık	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Biraz Düşük (0.1, 0.3, 0.5)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)
C10	Tarihi-turistik alana uzaklık	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Biraz Düşük (0.1, 0.3, 0.5)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)
C11	Deprem kuşağı	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)
C12	Altyapı durumu	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)
C13	Ormanlık alan	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)
C14	Trafo merkezlerine uzaklık	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)
C15	Elektrik ihtiyacı olan merkeze uzaklık	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Biraz Düşük (0.1, 0.3, 0.5)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)
C16	Sahaya yakın karayolu uzaklığı	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)
C17	Kurulum maliyeti	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Biraz Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)
C18	Arazi maliyeti	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Biraz Düşük (0.1, 0.3, 0.5)
C19	İşletme ve bakım maliyeti	Düşük (0, 0.1, 0.3)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Düşük (0, 0, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Çok Yüksek (0.9, 1, 1)	Yüksek (0.7, 0.9, 1)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)

Tablo 3. Kriter Ağırlıklarının Değerlendirilen Dilsel İfadelerin Bulanık Sayıya Dönüştürülmesi (D1-D7).

KRİTER AĞIRLIKLARI	D1			D2			D3			D4			D5			D6			D7		
Rüzgar hızı	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1
Rüzgar yoğunluğu	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1
Hakim rüzgar yönü	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0	0,1	0,3	0,9	1	1
Çevresel engeller	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	0	0	1	0,9	1	1
Kapasite faktörü	0,9	1	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1
Askeri ve sivil radar tesislerine olan uzaklık	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0	0,1	0,3	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1
Doğal yaşam ve ekolojik denge	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0	0,1	0,3	0,7	0,9	1
Hava alanı ve uçakları yönlendirici yer istasyonlarına olan uzaklık	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1
Yerleşim birimlerine uzaklık	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0	0,1	0,3	0,7	0,9	1
Tarihi-turistik alana uzaklık	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0	0,1	0,3	0,7	0,9	1
Deprem kuşağı	0,1	0,3	0,5	0	0	1	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1
Altyapı durumu	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,9	1	1
Ormanlık alan	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1
Trafo merkezlerine uzaklık	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1
Elektrik ihtiyacı olan merkeze uzaklık	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1
Sahaya yakın karayolu uzaklığı	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0	0,1	0,3	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1
Kurulum maliyeti	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1
Arazi maliyeti	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0	0	1	0,7	0,9	1
İşletme ve bakım maliyeti	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1

Tablo 4. Kriter Ağırlıklarının Değerlendirilen Dilsel İfadelerin Bulanık Sayıya Dönüştürülmesi (D8-D15).

KRİTER AĞIRLIKLARI	D8			D9			D10			D11			D12			D13			D14			D15		
Rüzgar hızı	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9
Rüzgar yoğunluğu	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0	0	1	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7
Hakim rüzgar yönü	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0	0	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1
Çevresel engeller	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1
Kapasite faktörü	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1
Askeri ve sivil radar tesislerine olan uzaklık	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1
Doğal yaşam ve ekolojik denge	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1
Hava alanı ve uçakları yönlendirici yer istasyonlarına olan uzaklık	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,1	0,3	0,5
Yerleşim birimlerine uzaklık	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7
Tarihi-turistik alana uzaklık	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
Deprem kuşağı	0,3	0,5	0,7	0	0	1	0,5	0,7	0,9	0	0	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1
Altyapı durumu	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0	0	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1
Ormanlık alan	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0	0	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1
Trafo merkezlerine uzaklık	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1
Elektrik ihtiyacı olan merkeze uzaklık	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0	0	1	0,1	0,3	0,5	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
Sahaya yakın karayolu uzaklığı	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0	0	1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9
Kurulum maliyeti	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,9	1	1	0	0	1	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9
Arazi maliyeti	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5
İşletme ve bakım maliyeti	0	0,1	0,3	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0	0	1	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7

Tablo 5. Karar Vericiler Tarafından Her Bir Kritere Göre Rüzgar Türbini Lokasyonlarını Tek Tek Değerlendirilmesi (D1-D7).

		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
C1	A1	Çok İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Biraz İyi	İyi	İyi	İyi
C1	A2	Çok İyi	Çok İyi	İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi
C1	A3	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Orta	İyi	İyi	Biraz İyi
C2	A1	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Orta	Çok İyi	Biraz İyi	İyi
C2	A2	Çok İyi	Çok İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
C2	A3	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Orta	Çok İyi	Çok İyi	İyi
C3	A1	Orta	Orta	İyi	Biraz İyi	İyi	Zayıf	İyi
C3	A2	Orta	İyi	İyi	Orta	Çok İyi	Orta	İyi
C3	A3	Orta	İyi	Çok İyi	Orta	İyi	İyi	İyi
C4	A1	İyi	Biraz İyi	Biraz İyi	Biraz Zayıf	Çok İyi	Biraz Zayıf	İyi
C4	A2	İyi	Biraz İyi	İyi	Orta	İyi	Biraz Zayıf	İyi
C4	A3	İyi	Biraz İyi	İyi	Biraz Zayıf	Çok İyi	Çok İyi	İyi
C5	A1	Çok İyi	Çok İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
C5	A2	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Orta	Çok İyi	Çok İyi	Biraz İyi
C5	A3	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Orta	İyi	İyi	İyi
C6	A1	Biraz İyi	Biraz İyi	İyi	Orta	Çok İyi	Orta	İyi
C6	A2	Biraz İyi	Biraz İyi	Çok İyi	İyi	İyi	Biraz Zayıf	İyi
C6	A3	Biraz İyi	Biraz İyi	Orta	Zayıf	Çok İyi	Çok Zayıf	Biraz İyi
C7	A1	Biraz İyi	Biraz İyi	İyi	İyi	İyi	Orta	İyi
C7	A2	Biraz İyi	Biraz İyi	İyi	İyi	Çok İyi	Orta	Biraz İyi
C7	A3	Biraz İyi	Biraz İyi	Orta	Biraz İyi	İyi	Orta	İyi
C8	A1	Biraz İyi	Biraz İyi	İyi	İyi	Çok İyi	Biraz Zayıf	İyi
C8	A2	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	İyi	Zayıf	İyi
C8	A3	Orta	Biraz İyi	Orta	Orta	Çok İyi	Çok Zayıf	Biraz İyi
C9	A1	Biraz Zayıf	Orta	İyi	Biraz İyi	İyi	Orta	İyi
C9	A2	Orta	Orta	Biraz İyi	Orta	Çok İyi	Orta	İyi
C9	A3	Biraz İyi	Orta	Biraz İyi	Orta	İyi	Biraz Zayıf	İyi
C10	A1	Orta	Orta	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	İyi
C10	A2	Orta	Orta	Biraz İyi	Orta	İyi	Orta	Biraz İyi
C10	A3	Orta	Orta	Orta	Biraz İyi	Çok İyi	Çok Zayıf	İyi
C11	A1	Orta	Zayıf	İyi	Orta	İyi	Biraz Zayıf	Biraz İyi
C11	A2	Biraz Zayıf	Çok Zayıf	Biraz İyi	Orta	Çok İyi	İyi	İyi
C11	A3	Biraz Zayıf	Çok Zayıf	Biraz İyi	Biraz İyi	İyi	Biraz Zayıf	İyi
C12	A1	İyi	Orta	İyi	İyi	Çok İyi	İyi	İyi
C12	A2	İyi	Orta	Biraz İyi	Biraz İyi	İyi	İyi	İyi
C12	A3	İyi	Orta	Biraz İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz Zayıf	İyi
C13	A1	Orta	Orta	Çok İyi	Orta	İyi	Biraz Zayıf	Biraz İyi
C13	A2	Orta	Orta	Orta	İyi	Çok İyi	Biraz Zayıf	Biraz İyi
C13	A3	Orta	Orta	İyi	Orta	İyi	Zayıf	İyi
C14	A1	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Çok İyi	Biraz İyi
C14	A2	Çok İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Biraz İyi	İyi	İyi	İyi
C14	A3	Çok İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Biraz Zayıf	Çok İyi	Biraz Zayıf	Biraz İyi
C15	A1	Orta	Orta	İyi	Biraz Zayıf	İyi	Zayıf	İyi
C15	A2	Orta	Orta	Orta	Orta	Çok İyi	Biraz Zayıf	Biraz İyi
C15	A3	Orta	Orta	Biraz İyi	Orta	İyi	Orta	İyi
C16	A1	İyi	İyi	Biraz İyi	İyi	Çok İyi	İyi	Orta
C16	A2	Biraz İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Biraz İyi	İyi
C16	A3	Biraz İyi	İyi	Orta	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	İyi
C17	A1	İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Orta	İyi	Çok İyi	Biraz İyi
C17	A2	İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Orta	Çok İyi	Çok İyi	Biraz İyi
C17	A3	İyi	Çok İyi	Orta	Biraz Zayıf	İyi	Orta	İyi
C18	A1	Orta	Çok İyi	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Çok Zayıf	Biraz İyi
C18	A2	Orta	Çok İyi	İyi	Orta	İyi	Zayıf	İyi
C18	A3	Orta	Çok İyi	Orta	Orta	Çok İyi	Zayıf	İyi
C19	A1	İyi	Çok İyi	İyi	Orta	İyi	İyi	Biraz İyi
C19	A2	İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Biraz Zayıf	Çok İyi	İyi	Biraz İyi
C19	A3	İyi	Çok İyi	Orta	Orta	İyi	Biraz İyi	İyi

Tablo 6. Karar Vericiler Tarafından Her Bir Kritere Göre Rüzgar Türbini Lokasyonlarını Tek Tek Değerlendirilmesi (D8-D15).

		D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
C1	A1	İyi	Çok İyi	Orta	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
C1	A2	İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
C1	A3	İyi	Çok İyi	İyi	İyi	Orta	Çok İyi	Çok İyi	Orta
C2	A1	Orta	Çok İyi	Orta	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Çok İyi	Biraz İyi
C2	A2	İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Çok İyi	Biraz İyi
C2	A3	İyi	Çok İyi	Biraz Zayıf	İyi	Orta	Çok İyi	Çok İyi	Orta
C3	A1	İyi	Orta	Orta	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	İyi
C3	A2	İyi	Orta	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi	Orta	Biraz İyi
C3	A3	İyi	Orta	İyi	İyi	Orta	Çok İyi	Orta	Biraz Zayıf
C4	A1	Biraz İyi	Biraz İyi	Orta	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	İyi	İyi
C4	A2	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	Biraz İyi	Çok İyi	İyi	Biraz Zayıf
C4	A3	İyi	Biraz İyi	İyi	Çok Zayıf	Biraz İyi	Çok İyi	İyi	Biraz İyi
C5	A1	Orta	Çok İyi	Orta	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Çok İyi	İyi
C5	A2	İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Çok İyi	Biraz İyi
C5	A3	İyi	Çok İyi	İyi	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Çok İyi	Biraz Zayıf
C6	A1	Biraz Zayıf	Biraz İyi	Biraz İyi	Orta	İyi	Çok İyi	Biraz İyi	İyi
C6	A2	Biraz İyi	Biraz İyi	Orta	Çok İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	İyi
C6	A3	İyi	Biraz İyi	Orta	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Orta
C7	A1	Biraz Zayıf	Biraz İyi	Biraz İyi	Orta	İyi	Çok İyi	İyi	Çok İyi
C7	A2	Orta	Biraz İyi	Orta	Orta	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	İyi
C7	A3	İyi	Biraz İyi	Orta	Çok Zayıf	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Orta
C8	A1	Biraz Zayıf	Biraz İyi	Biraz İyi	İyi	İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Biraz İyi
C8	A2	Biraz Zayıf	Biraz İyi	Orta	Biraz İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	Orta
C8	A3	Orta	Biraz İyi	Orta	Zayıf	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	Orta
C9	A1	İyi	Orta	Biraz İyi	İyi	İyi	Çok İyi	Biraz Zayıf	Biraz Zayıf
C9	A2	Orta	Orta	İyi	Biraz İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Biraz Zayıf
C9	A3	Biraz Zayıf	Orta	İyi	Zayıf	Orta	Çok İyi	Biraz İyi	Zayıf
C10	A1	İyi	Orta	İyi	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	Orta
C10	A2	Orta	Orta	Çok Zayıf	Biraz İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	Orta
C10	A3	Biraz İyi	Orta	Çok İyi	Zayıf	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	Zayıf
C11	A1	Biraz Zayıf	Çok Zayıf	İyi	Orta	Orta	Çok İyi	Orta	İyi
C11	A2	Biraz Zayıf	Çok Zayıf	İyi	Orta	Orta	Çok İyi	Biraz Zayıf	Zayıf
C11	A3	Zayıf	Çok Zayıf	İyi	Orta	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz Zayıf	Zayıf
C12	A1	İyi	Orta	İyi	Orta	Orta	Çok İyi	İyi	İyi
C12	A2	Biraz Zayıf	Orta	Zayıf	Orta	Orta	Çok İyi	İyi	Orta
C12	A3	Zayıf	Orta	Biraz Zayıf	Biraz Zayıf	Orta	Çok İyi	İyi	Orta
C13	A1	İyi	Orta	Biraz İyi	İyi	İyi	Çok İyi	Orta	İyi
C13	A2	Orta	Orta	Orta	Orta	Biraz Zayıf	Çok İyi	Orta	Zayıf
C13	A3	Zayıf	Orta	Biraz Zayıf	Biraz Zayıf	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	Biraz Zayıf
C14	A1	Biraz Zayıf	Çok İyi	Orta	Orta	Orta	Çok İyi	Çok İyi	İyi
C14	A2	Orta	Çok İyi	Biraz Zayıf	Orta	Biraz İyi	Çok İyi	Çok İyi	Biraz Zayıf
C14	A3	Zayıf	Çok İyi	Biraz Zayıf	İyi	Orta	Çok İyi	Çok İyi	Biraz Zayıf
C15	A1	Biraz İyi	Orta	Biraz İyi	Zayıf	Biraz İyi	Çok İyi	Orta	Biraz Zayıf
C15	A2	İyi	Orta	Biraz Zayıf	Biraz Zayıf	Orta	Çok İyi	Orta	Zayıf
C15	A3	Zayıf	Orta	Biraz Zayıf	Biraz Zayıf	Orta	Çok İyi	Orta	Biraz Zayıf
C16	A1	İyi	İyi	İyi	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	İyi	Biraz İyi
C16	A2	İyi	İyi	Zayıf	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Orta
C16	A3	Zayıf	İyi	Orta	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Çok Zayıf
C17	A1	İyi	Çok İyi	İyi	İyi	Orta	Çok İyi	İyi	Biraz İyi
C17	A2	Biraz Zayıf	Çok İyi	Orta	İyi	Biraz İyi	Çok İyi	İyi	Biraz İyi
C17	A3	Zayıf	Çok İyi	Biraz İyi	İyi	Orta	Çok İyi	İyi	Zayıf
C18	A1	İyi	Çok İyi	Biraz İyi	Orta	Orta	Çok İyi	Orta	Biraz İyi
C18	A2	Zayıf	Çok İyi	Biraz İyi	Orta	Biraz Zayıf	Çok İyi	Orta	Biraz İyi
C18	A3	Zayıf	Çok İyi	Orta	Biraz Zayıf	İyi	Çok İyi	Orta	Zayıf
C19	A1	İyi	Çok İyi	İyi	İyi	Orta	Çok İyi	İyi	Biraz İyi
C19	A2	Çok Zayıf	Çok İyi	İyi	İyi	Orta	Çok İyi	İyi	Biraz İyi
C19	A3	Biraz İyi	Çok İyi	İyi	İyi	Orta	Çok İyi	İyi	Zayıf

Tablo 7. Karar Vericiler Tarafından Her Bir Kritere Göre Değerlendirilen Rüzgar Türbini Lokasyonlarının Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi (D1-D7).

		D1			D2			D3			D4			D5			D6			D7		
C1	A1	9	10	10	9	10	10	5	7	9	5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10
C1	A2	9	10	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10
C1	A3	9	10	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	5	7	9
C2	A1	9	10	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	5	7	9	7	9	10
C2	A2	9	10	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10
C2	A3	9	10	10	9	10	10	9	10	10	3	5	7	9	10	10	9	10	10	7	9	10
C3	A1	3	5	7	3	5	7	7	9	10	5	7	9	7	9	10	0	1	3	7	9	10
C3	A2	3	5	7	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10
C3	A3	3	5	7	7	9	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	7	9	10
C4	A1	7	9	10	5	7	9	5	7	9	1	3	5	9	10	10	1	3	5	7	9	10
C4	A2	7	9	10	5	7	9	7	9	10	3	5	7	7	9	10	1	3	5	7	9	10
C4	A3	7	9	10	5	7	9	7	9	10	1	3	5	9	10	10	9	10	10	7	9	10
C5	A1	9	10	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10
C5	A2	9	10	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	9	10	10	5	7	9
C5	A3	9	10	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	7	9	10
C6	A1	5	7	9	5	7	9	7	9	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10
C6	A2	5	7	9	5	7	9	9	10	10	7	9	10	7	9	10	1	3	5	7	9	10
C6	A3	5	7	9	5	7	9	3	5	7	0	1	3	9	10	10	0	0	1	5	7	9
C7	A1	5	7	9	5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	7	9	10
C7	A2	5	7	9	5	7	9	7	9	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	5	7	9
C7	A3	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	7	9	10	3	5	7	7	9	10
C8	A1	5	7	9	5	7	9	7	9	10	7	9	10	9	10	10	1	3	5	7	9	10
C8	A2	7	9	10	5	7	9	9	10	10	5	7	9	7	9	10	0	1	3	7	9	10
C8	A3	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	9	10	10	0	0	1	5	7	9
C9	A1	1	3	5	3	5	7	7	9	10	5	7	9	7	9	10	3	5	7	7	9	10
C9	A2	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10
C9	A3	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	7	9	10	1	3	5	7	9	10
C10	A1	3	5	7	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	7	9	10
C10	A2	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	7	9	10	3	5	7	5	7	9
C10	A3	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9	9	10	10	0	0	1	7	9	10
C11	A1	3	5	7	0	1	3	7	9	10	3	5	7	7	9	10	1	3	5	5	7	9
C11	A2	1	3	5	0	0	1	5	7	9	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10
C11	A3	1	3	5	0	0	1	5	7	9	5	7	9	7	9	10	1	3	5	7	9	10
C12	A1	7	9	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10
C12	A2	7	9	10	3	5	7	5	7	9	5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10
C12	A3	7	9	10	3	5	7	5	7	9	5	7	9	9	10	10	1	3	5	7	9	10
C13	A1	3	5	7	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10	1	3	5	5	7	9
C13	A2	3	5	7	3	5	7	3	5	7	7	9	10	9	10	10	1	3	5	5	7	9
C13	A3	3	5	7	3	5	7	7	9	10	3	5	7	7	9	10	0	1	3	7	9	10
C14	A1	9	10	10	9	10	10	7	9	10	5	7	9	9	10	10	9	10	10	5	7	9
C14	A2	9	10	10	9	10	10	5	7	9	5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10
C14	A3	9	10	10	9	10	10	5	7	9	1	3	5	9	10	10	1	3	5	5	7	9
C15	A1	3	5	7	3	5	7	7	9	10	1	3	5	7	9	10	0	1	3	5	7	9
C15	A2	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	9	10	10	1	3	5	5	7	9
C15	A3	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	7	9	10	3	5	7	7	9	10
C16	A1	7	9	10	7	9	10	5	7	9	7	9	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7
C16	A2	5	7	9	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	7	9	10
C16	A3	5	7	9	7	9	10	3	5	7	5	7	9	7	9	10	5	7	9	7	9	10
C17	A1	7	9	10	9	10	10	5	7	9	3	5	7	7	9	10	9	10	10	5	7	9
C17	A2	7	9	10	9	10	10	5	7	9	3	5	7	9	10	10	9	10	10	5	7	9
C17	A3	7	9	10	9	10	10	3	5	7	1	3	5	7	9	10	3	5	7	7	9	10
C18	A1	3	5	7	9	10	10	7	9	10	5	7	9	9	10	10	0	0	1	5	7	9
C18	A2	3	5	7	9	10	10	7	9	10	3	5	7	7	9	10	0	1	3	7	9	10
C18	A3	3	5	7	9	10	10	3	5	7	3	5	7	9	10	10	0	1	3	7	9	10
C19	A1	7	9	10	9	10	10	7	9	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	5	7	9
C19	A2	7	9	10	9	10	10	5	7	9	1	3	5	9	10	10	7	9	10	5	7	9
C19	A3	7	9	10	9	10	10	3	5	7	3	5	7	7	9	10	5	7	9	7	9	10

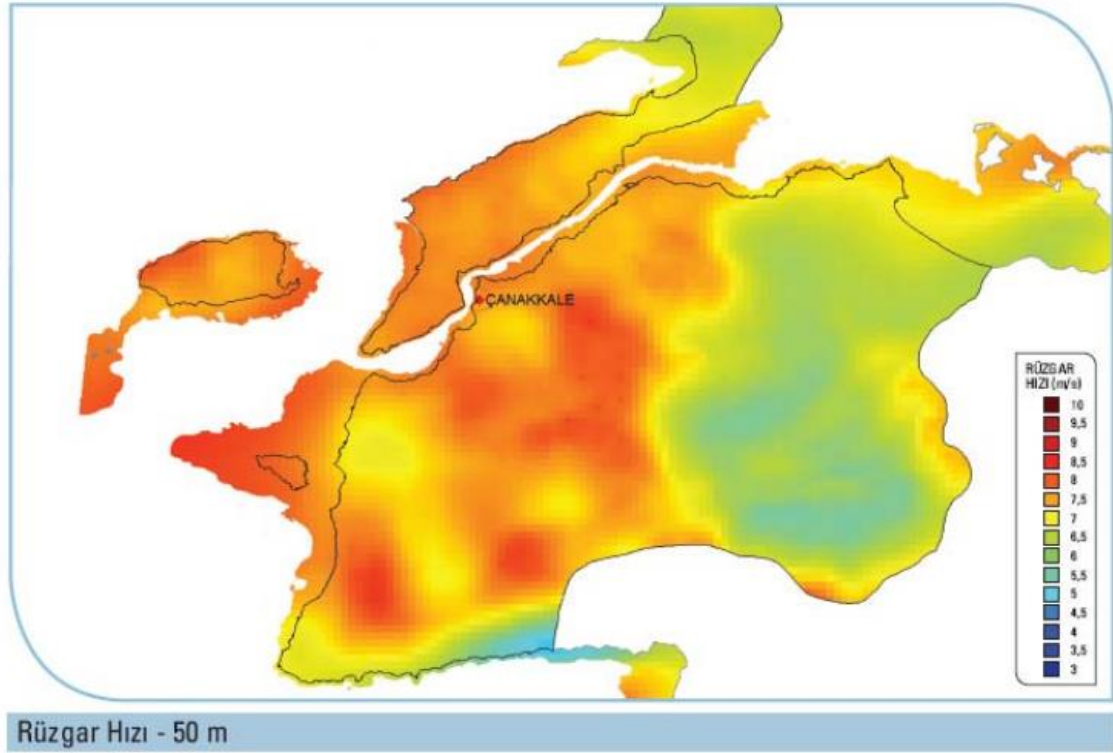
Tablo 8. Karar Vericiler Tarafından Her Bir Kritere Göre Değerlendirilen Rüzgar Türbini Lokasyonlarının Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi (D8-D15).

		D8			D9			D10			D11			D12			D13			D14			D15		
C1	A1	7	9	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	9	10	10	9	10	10
C1	A2	7	9	10	9	10	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10
C1	A3	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	9	10	10	3	5	7
C2	A1	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	9	10	10	5	7	9
C2	A2	7	9	10	9	10	10	9	10	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10	5	7	9
C2	A3	7	9	10	9	10	10	1	3	5	7	9	10	3	5	7	9	10	10	9	10	10	3	5	7
C3	A1	7	9	10	3	5	7	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	7	9	10
C3	A2	7	9	10	3	5	7	9	10	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	5	7	9
C3	A3	7	9	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	3	5	7	1	3	5
C4	A1	5	7	9	5	7	9	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	7	9	10
C4	A2	7	9	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	5	7	9	9	10	10	7	9	10	1	3	5
C4	A3	7	9	10	5	7	9	7	9	10	0	0	1	5	7	9	9	10	10	7	9	10	5	7	9
C5	A1	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	9	10	10	7	9	10
C5	A2	7	9	10	9	10	10	5	7	9	9	10	10	5	7	9	9	10	10	9	10	10	5	7	9
C5	A3	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	9	10	10	9	10	10	1	3	5
C6	A1	1	3	5	5	7	9	5	7	9	3	5	7	7	9	10	9	10	10	5	7	9	7	9	10
C6	A2	5	7	9	5	7	9	3	5	7	9	10	10	5	7	9	9	10	10	5	7	9	7	9	10
C6	A3	7	9	10	5	7	9	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	5	7	9	3	5	7
C7	A1	1	3	5	5	7	9	5	7	9	3	5	7	7	9	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10
C7	A2	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	5	7	9	9	10	10	5	7	9	7	9	10
C7	A3	7	9	10	5	7	9	3	5	7	0	0	1	5	7	9	9	10	10	5	7	9	3	5	7
C8	A1	1	3	5	5	7	9	5	7	9	7	9	10	7	9	10	9	10	10	5	7	9	5	7	9
C8	A2	1	3	5	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9	9	10	10	3	5	7	3	5	7
C8	A3	3	5	7	5	7	9	3	5	7	0	1	3	5	7	9	9	10	10	3	5	7	3	5	7
C9	A1	7	9	10	3	5	7	5	7	9	7	9	10	7	9	10	9	10	10	1	3	5	1	3	5
C9	A2	3	5	7	3	5	7	7	9	10	5	7	9	5	7	9	9	10	10	5	7	9	1	3	5
C9	A3	1	3	5	3	5	7	7	9	10	0	1	3	3	5	7	9	10	10	5	7	9	0	1	3
C10	A1	7	9	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	5	7	9	9	10	10	3	5	7	3	5	7
C10	A2	3	5	7	3	5	7	0	0	1	5	7	9	5	7	9	9	10	10	3	5	7	3	5	7
C10	A3	5	7	9	3	5	7	9	10	10	0	1	3	5	7	9	9	10	10	3	5	7	0	1	3
C11	A1	1	3	5	0	0	1	7	9	10	3	5	7	3	5	7	9	10	10	3	5	7	7	9	10
C11	A2	1	3	5	0	0	1	7	9	10	3	5	7	3	5	7	9	10	10	1	3	5	0	1	3
C11	A3	0	1	3	0	0	1	7	9	10	3	5	7	5	7	9	9	10	10	1	3	5	0	1	3
C12	A1	7	9	10	3	5	7	7	9	10	3	5	7	3	5	7	9	10	10	7	9	10	7	9	10
C12	A2	1	3	5	3	5	7	0	1	3	3	5	7	3	5	7	9	10	10	7	9	10	3	5	7
C12	A3	0	1	3	3	5	7	1	3	5	1	3	5	3	5	7	9	10	10	7	9	10	3	5	7
C13	A1	7	9	10	3	5	7	5	7	9	7	9	10	7	9	10	9	10	10	3	5	7	7	9	10
C13	A2	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	9	10	10	3	5	7	0	1	3
C13	A3	0	1	3	3	5	7	1	3	5	1	3	5	5	7	9	9	10	10	3	5	7	1	3	5
C14	A1	1	3	5	9	10	10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	9	10	10	9	10	10	7	9	10
C14	A2	3	5	7	9	10	10	1	3	5	3	5	7	5	7	9	9	10	10	9	10	10	1	3	5
C14	A3	0	1	3	9	10	10	1	3	5	7	9	10	3	5	7	9	10	10	9	10	10	1	3	5
C15	A1	5	7	9	3	5	7	5	7	9	0	1	3	5	7	9	9	10	10	3	5	7	1	3	5
C15	A2	7	9	10	3	5	7	1	3	5	1	3	5	3	5	7	9	10	10	3	5	7	0	1	3
C15	A3	0	1	3	3	5	7	1	3	5	1	3	5	3	5	7	9	10	10	3	5	7	1	3	5
C16	A1	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	5	7	9
C16	A2	7	9	10	7	9	10	0	1	3	7	9	10	5	7	9	9	10	10	5	7	9	3	5	7
C16	A3	0	1	3	7	9	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	5	7	9	0	0	1
C17	A1	7	9	10	7	9	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	5	7	9
C17	A2	1	3	5	9	10	10	3	5	7	7	9	10	5	7	9	9	10	10	7	9	10	5	7	9
C17	A3	0	1	3	9	10	10	5	7	9	7	9	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	0	1	3
C18	A1	7	9	10	9	10	10	5	7	9	3	5	7	3	5	7	9	10	10	3	5	7	5	7	9
C18	A2	0	1	3	9	10	10	5	7	9	3	5	7	1	3	5	9	10	10	3	5	7	5	7	9
C18	A3	0	1	3	9	10	10	3	5	7	1	3	5	7	9	10	9	10	10	3	5	7	0	1	3
C19	A1	7	9	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	5	7	9
C19	A2	0	0	1	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	5	7	9
C19	A3	5	7	9	9	10	10	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	7	9	10	0	1	3

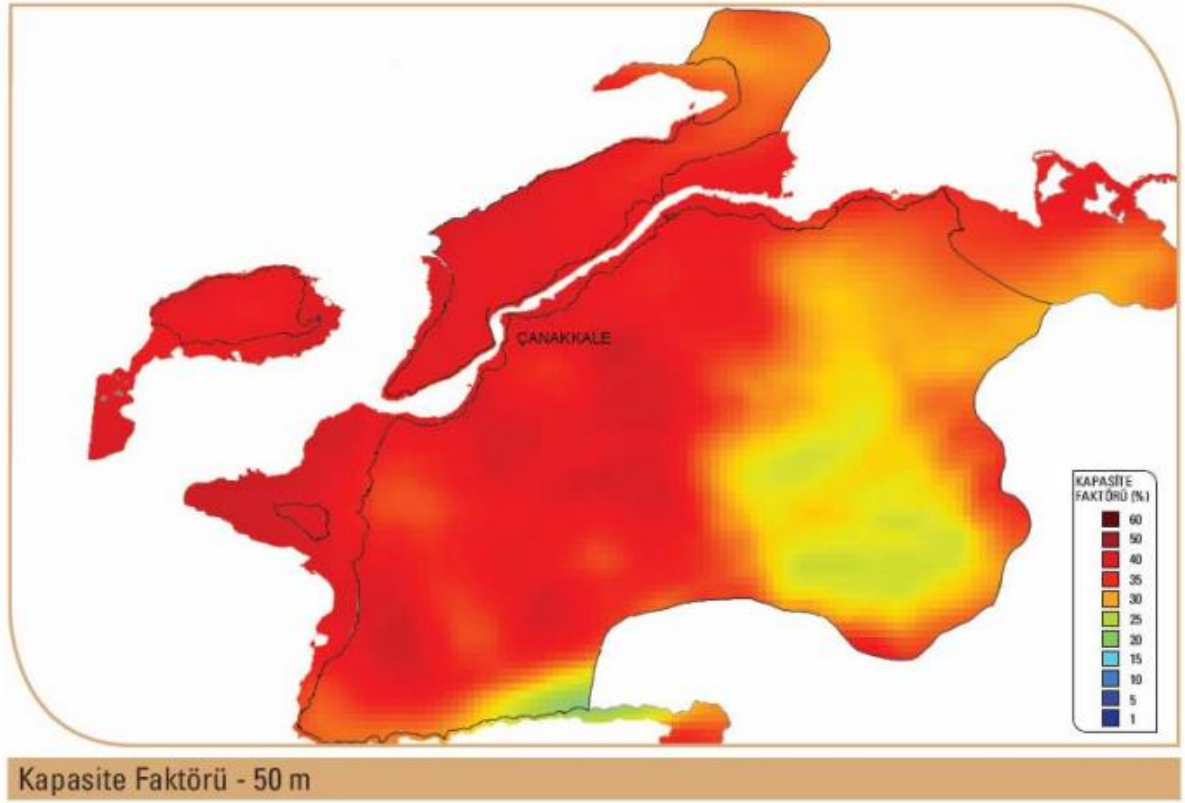
Tablo 9. Önem Ağırlıkları Gösterilmektedir.

C1	0,7933	0,9267	0,9733
C2	0,7333	0,8600	0,9733
C3	0,5000	0,6467	0,8333
C4	0,6267	0,7867	0,9467
C5	0,7800	0,9133	0,9667
C6	0,6000	0,7733	0,9000
C7	0,5067	0,6867	0,8267
C8	0,5400	0,7267	0,8733
C9	0,4667	0,6467	0,8000
C10	0,4400	0,6267	0,7933
C11	0,4267	0,5667	0,8733
C12	0,5733	0,7400	0,9200
C13	0,4267	0,6000	0,8067
C14	0,7667	0,9067	0,9667
C15	0,4267	0,6000	0,8067
C16	0,5533	0,7267	0,9067
C17	0,7067	0,8467	0,9800
C18	0,5733	0,7267	0,8867
C19	0,6333	0,7733	0,9133

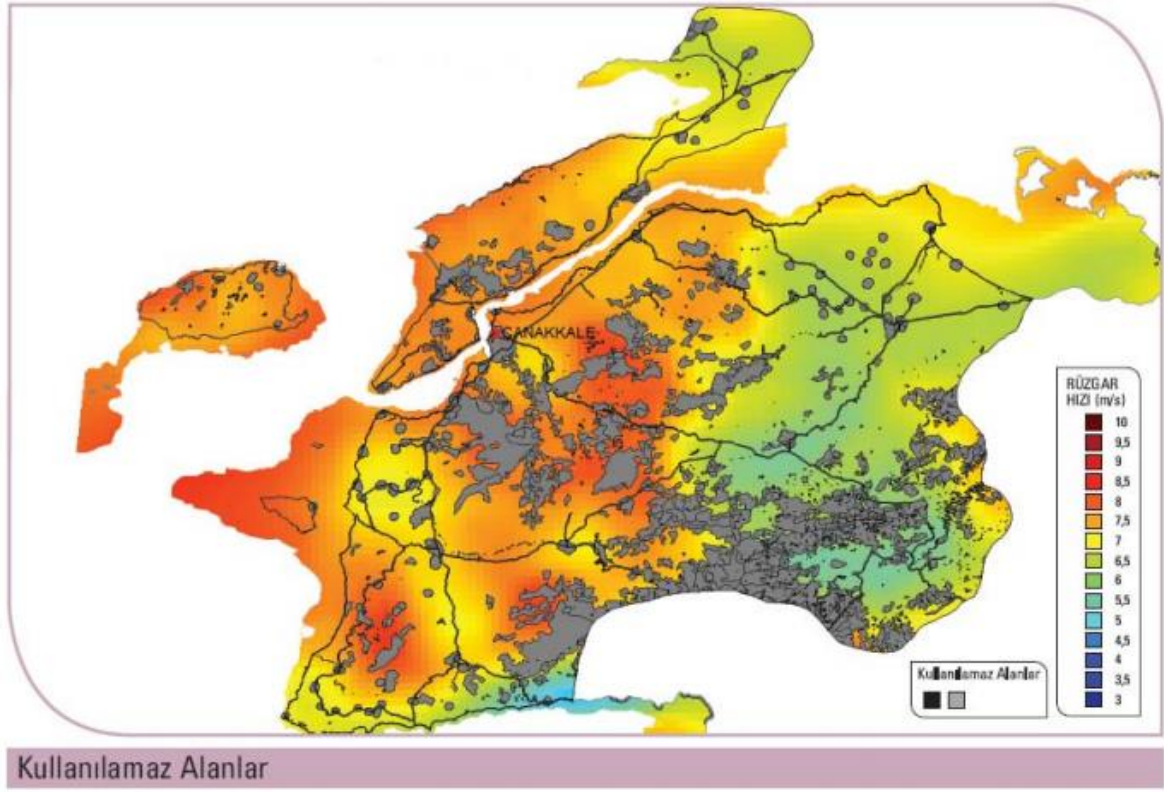
ÇANAKKALE İLİ RÜZGAR KAYNAĞI BİLGİLERİ



Şekil EK1- Rüzgar Hız Dağılımı -50 Metre

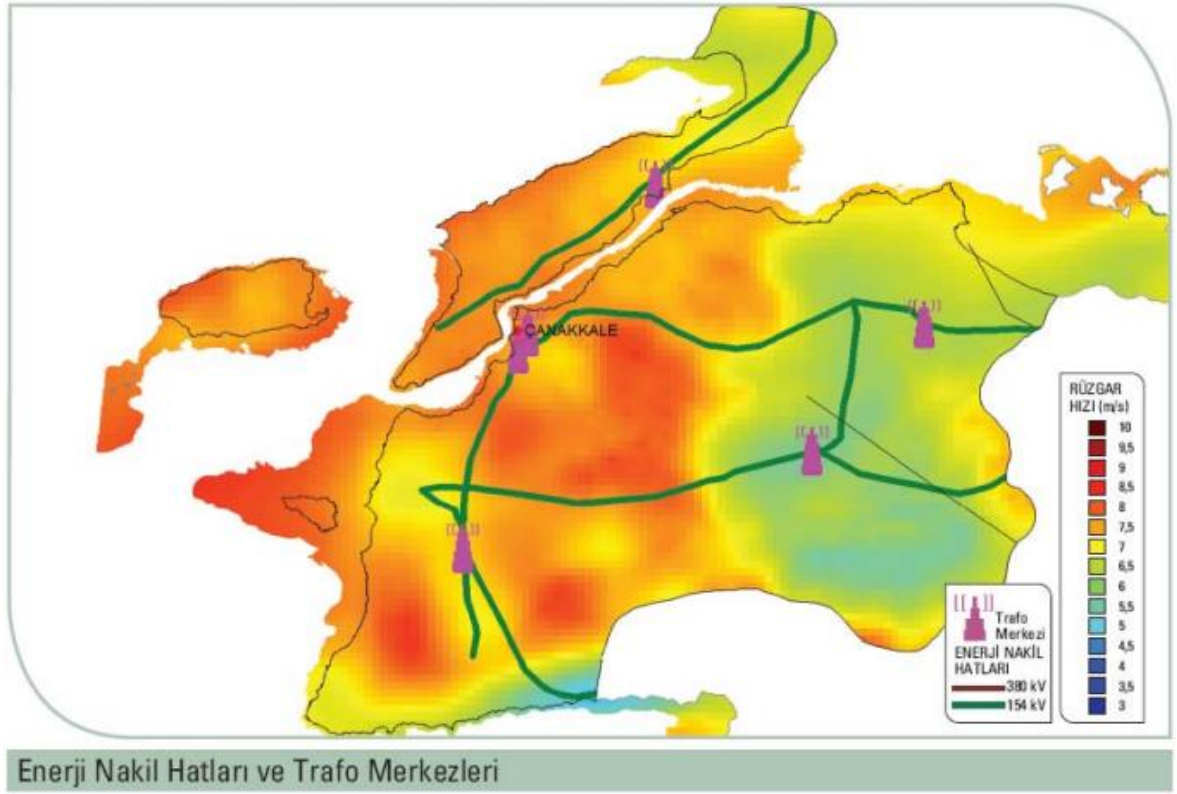


Şekil EK2- Kapasite Faktörü Dağılımı – 50 Metre



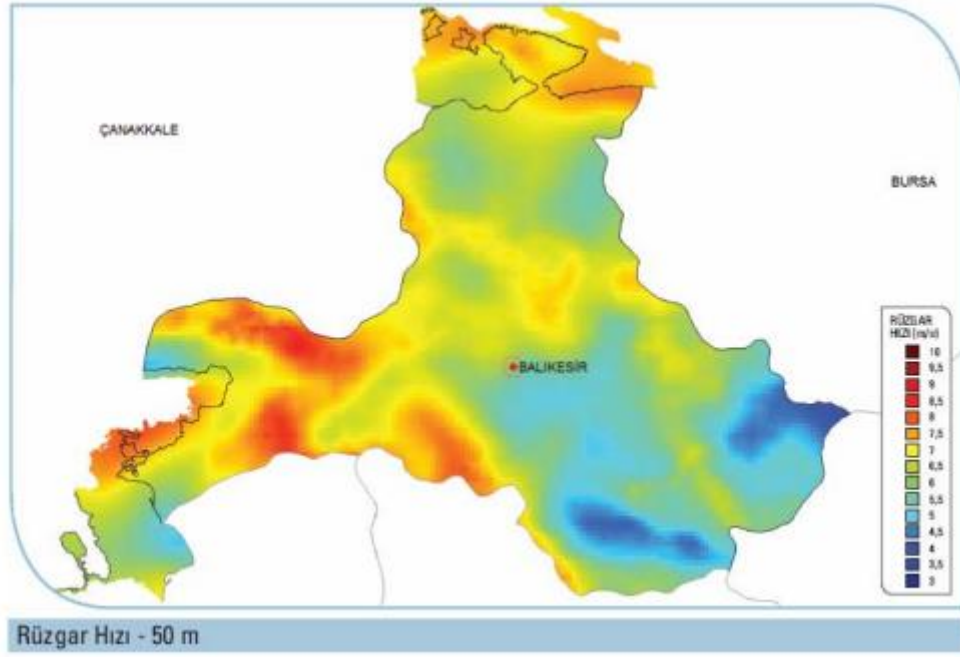
Şekil EK3- Rüzgar Enerjisi Santrali Kurulabilir Alanlar

Gri renkli alanlar rüzgar enerji santrali kurulamayacağını belirtmektedir

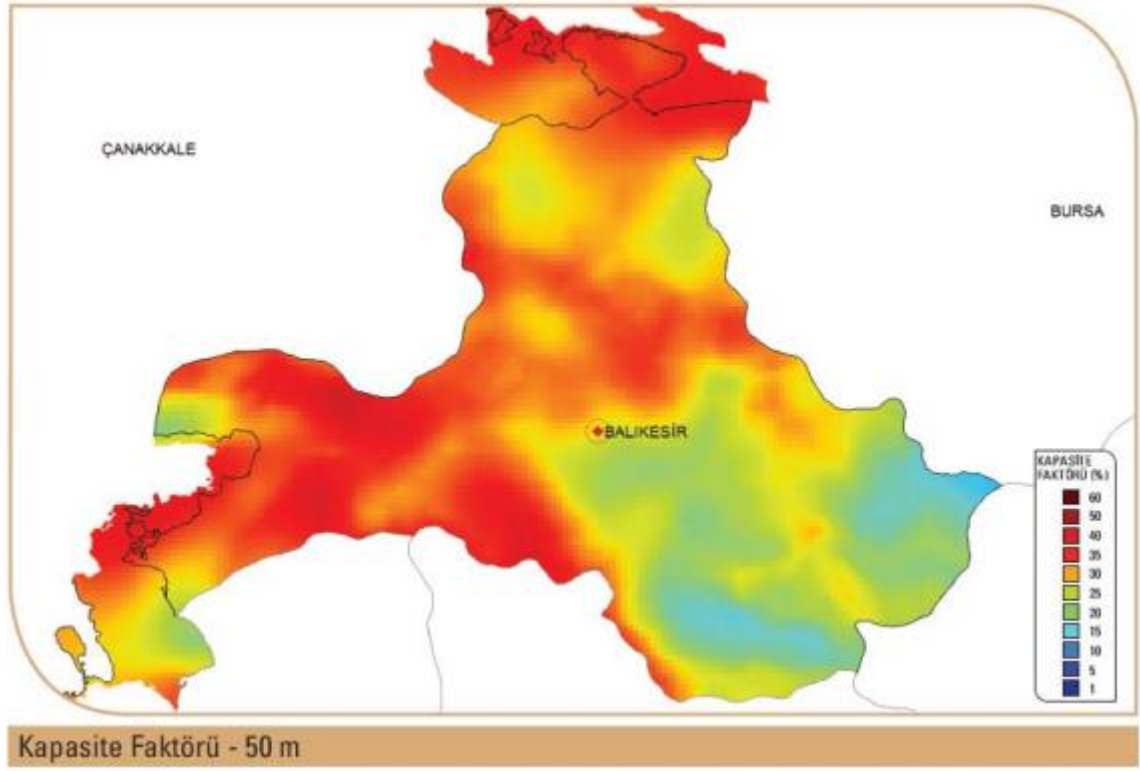


Şekil EK4- Enerji Nakil Hatları ve Trafo Merkezleri

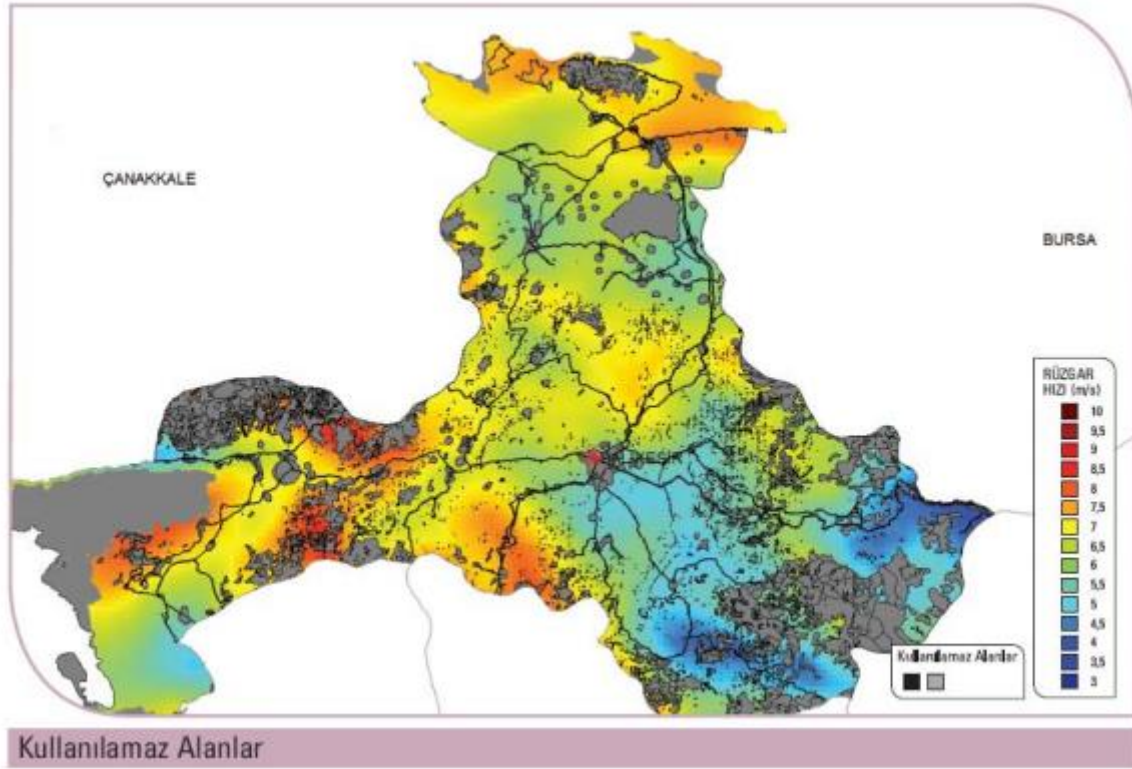
BALIKESİR İLİ RÜZGAR KAYNAK BİLGİLERİ



Şekil EK5- Rüzgar Hız Dağılımı -50 Metre yüksekliğe

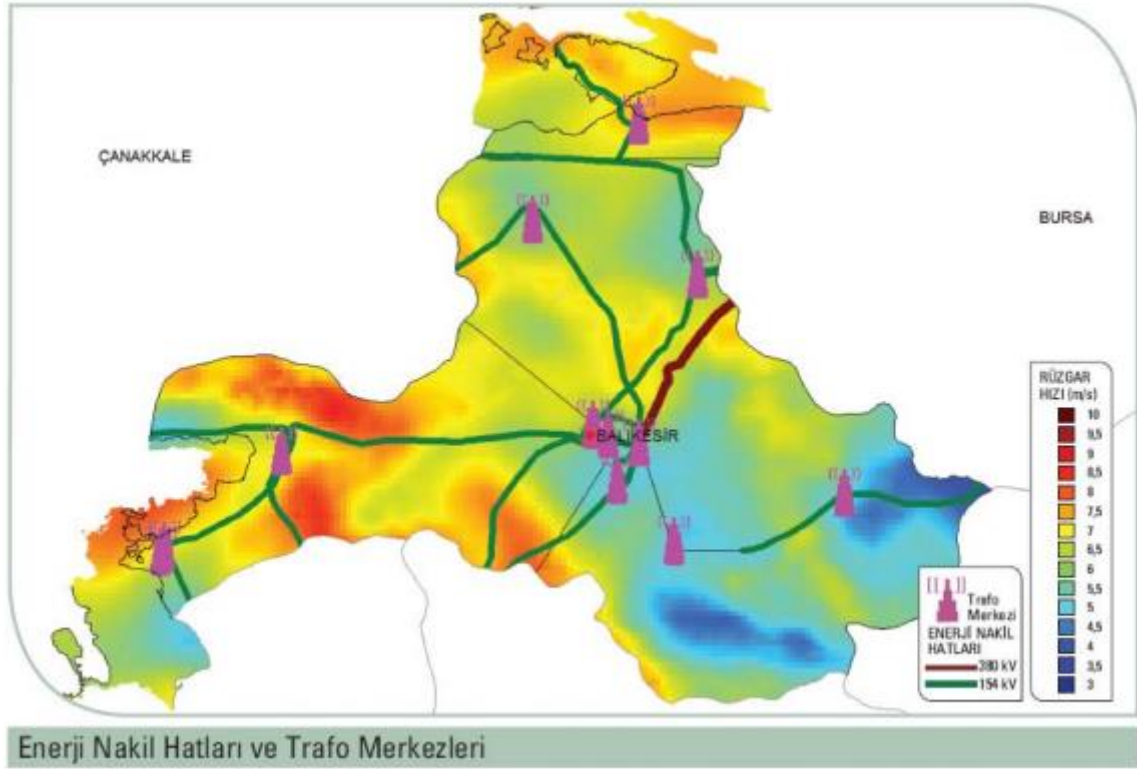


Şekil EK6- Kapasite Faktörü – 50 Metre



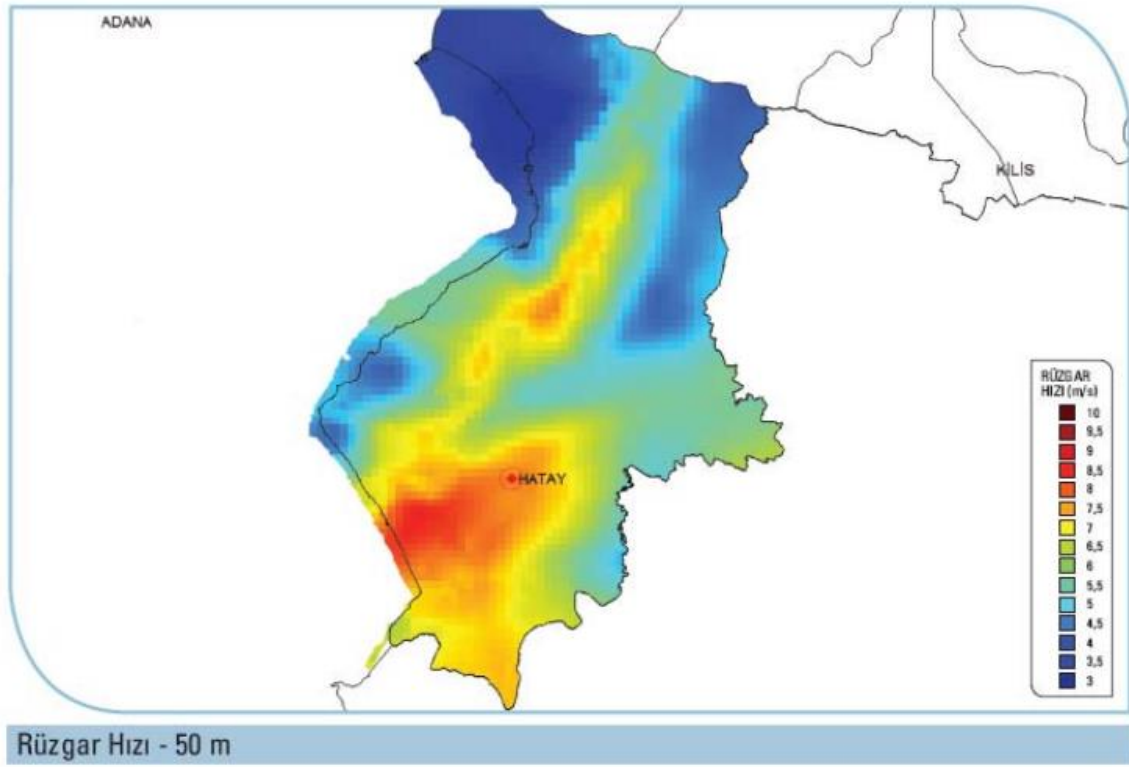
Şekil EK7- Rüzgar Enerjisi Santrali Kurulabilir Alanlar

Gri renkli alanlara rüzgar enerjisi santrali kurulamayacağı belirtilmiştir

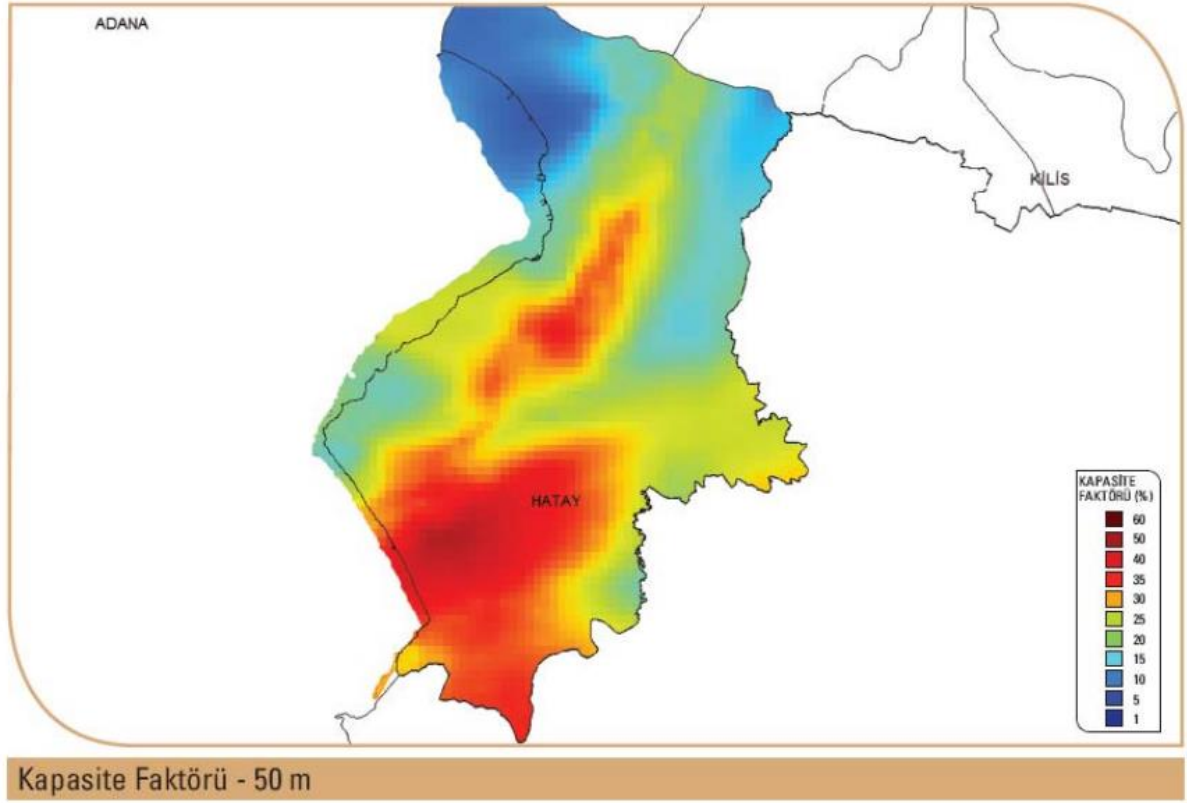


Şekil EK8- Enerji Nakil Hatları ve Trafo Merkezleri

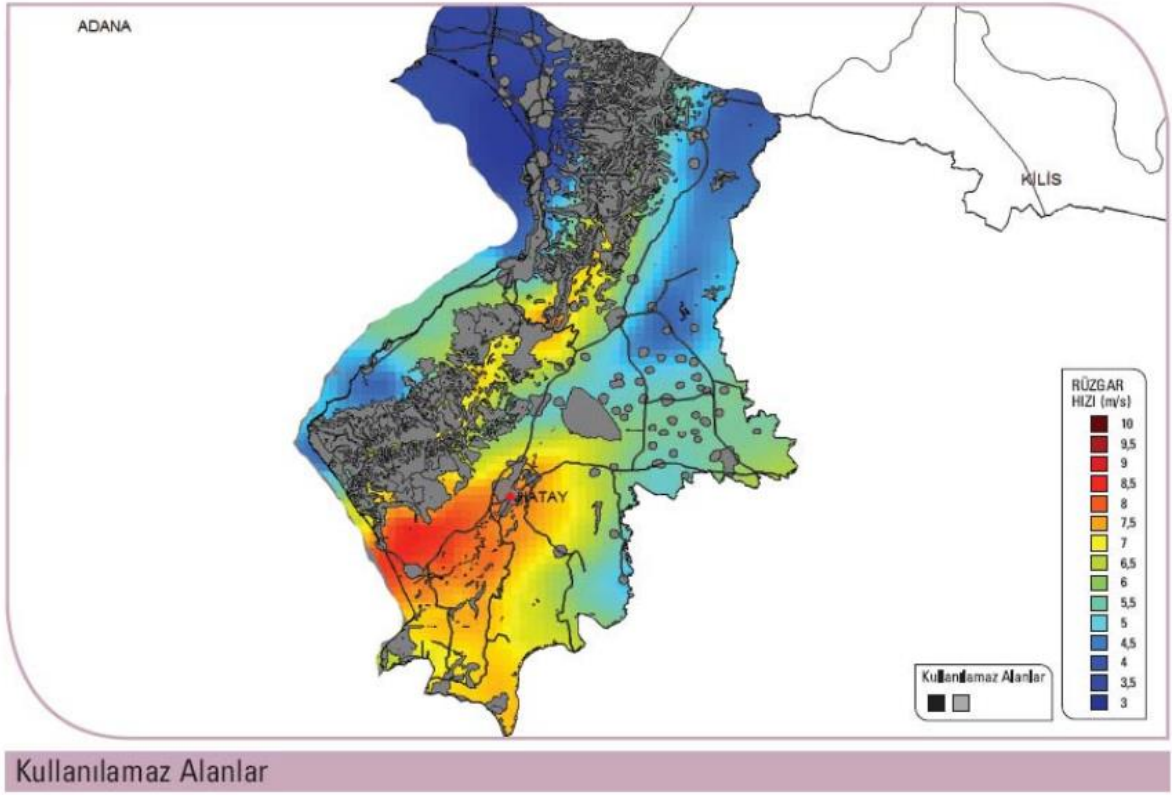
HATAY İLİ RÜZGAR KAYNAK BİLGİLERİ



Şekil EK9- Rüzgar Hız Dağılımı- 50 Metre

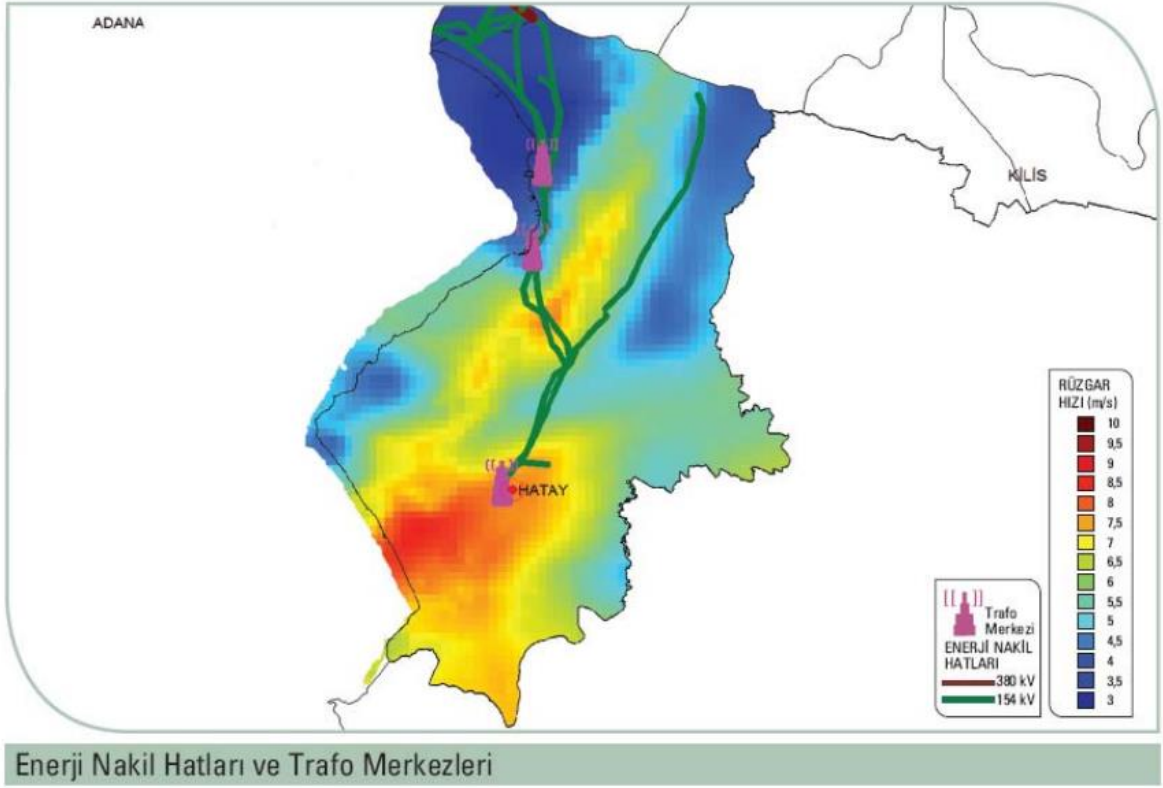


Şekil EK10- Kapasite Faktörü Dağılımı- 50 Metre



Şekil EK11- Rüzgar Enerjisi Santrali Kurulabilir Alanlar

Gri renkli alanlara rüzgar enerjisi santrali kurulamayacağı belirtilmiştir



Şekil EK12- Enerji Nakil Hatları ve Trafo Merkezleri

ÖZGEÇMİŞ

1 Ocak 1983'te Gaziantep ilinin Araban ilçesinde doğmuştur. İlköğrenimini Gazi İlköğretim Okulu'nda okumuştur. Ortaöğrenimini Açık öğretim Lisesinde tamamlamıştır. 2010-2014 yılları arasında Haliç Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümünü okumuştur. 2008 yılından beri, aile şirketine çalışmaktadır. 2014 yılında Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

Neslihan TUYĞUN