

RÜZGÂR TÜRBİNLERİ YAKIN ÇEVRESİNDE PEYZAJ TASARIMI

Yazarlar

Doç. Dr. Alper SAĞLIK

Dilek KUL

Editör

Doç. Dr. Elif SAĞLIK



RÜZGÂR TÜRBİNLERİ YAKIN ÇEVRESİNDE PEYZAJ TASARIMI

Yazarlar

Doç. Dr. Alper SAĞLIK

Dilek KUL

Editör

Doç. Dr. Elif SAĞLIK

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8298595>



Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic
Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2023©

ISBN: 978-625-367-240-9

Cover Design: İbrahim KAYA

August / 2023

Ankara / Türkiye

Size = 16 x 24 cm

ÖNSÖZ

Değerli okuyucular,

Gün geçtikçe artan enerji ihtiyacı ile sayıları artan enerji tesislerinin doğaya etkileri de son derece önem arz etmektedir. Doğaya uyumlu ve çevreye zarar vermeyecek sürdürülebilir yeşil enerji merkezlerinin de bu yönde artışı sürmektedir. Bunların en önemlilerinden biri rüzgar enerjisinden faydalanmaya yönelik olarak kurulan rüzgar türbinleridir. Rüzgar türbinlerinin olduğu alanların yapım sonrası doğallaştırılması ve enerji üretim cihazlarına minimum zarar vermesine yönelik peyzaj çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu eserde enerji tesislerinden rüzgar türbinlerinin yerleştirildiği alanların doğal çevre ile uyumlu olmasının sağlanması, bölgedeki manzaranın görsel estetiğini korumadaki rolü ile bölgeye olan ziyaretçi ilgisini arttırabilmesi ve rüzgâr çiftliklerini ziyaret eden turistler, hizmet sektörü için potansiyel müşteri kitlesi oluşturulması ve yerel ekonomiye katkı sağlaması noktasında bilgilere yer verilmiştir.

Editör

Doç. Dr. Elif SAĞLIK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
GİRİŞ	5
1. ENERJİ	9
1.1. Enerji Üretimi.....	11
1.2. Rüzgâr ve Rüzgâr Enerjisi Durumu.....	12
1.3. Rüzgâr Türbinlerinin Enterekonekte Sistem Etkileri.....	16
1.4. Rüzgâr Enerji Santrallerinin Çevreye Olumsuz Etkileri.....	18
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI PEYZAJLARI	20
3. PEYZAJ VE RES İLİŞKİSİ	20
4. RES KAPSAMINDA ÇANAKKALE	22
5. ÇANAKKALE KENTİ RÜZGÂR ENERJİ SANTRALLERİ	23
5.1. Rüzgâr Enerji Santrali Türbin Alanları.....	24
5.2. Rüzgâr Enerji Santrali Şalt Sahası Uygulamaları.....	38
6. SONUÇ	46
KAYNAKÇA	48

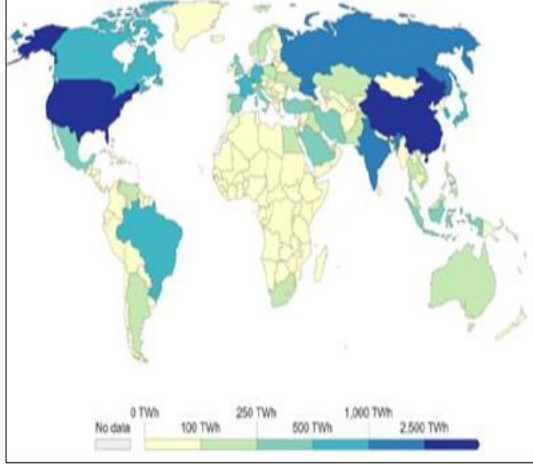
GİRİŞ

Enerji doğada yer almaktadır. Enerjinin doğal çevrede ve dönüşüm geçirmemiş ve dönüşüm geçirmiş olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. Dönüşüm geçirmemiş enerji birincil enerjidir. Birincil enerjinin dönüşüm geçirerek ortaya çıkardığı enerji ise ikincil enerjidir. Enerji kaynakları, tüketilmeleri sonucunda kendi kendini tekrarlayarak hammaddesini yerini koyuyorsa yenilenebilir enerjidir, eğer koyulamıyorsa yenilenemeyen enerjidir. Güneş, rüzgâr, jeotermal enerji, hidrolik enerji gibi hammadde kaynaklarına sahip enerji kaynakları yenilenebilir kaynaklardır. Kömür, petrol, doğalgaz gibi hammadde kaynakları ise tükenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır (Demirtaş, 2008; Engin, 2002).

Geçmiş dönemlerden günümüze kadar dünya üzerindeki en önemli ve en büyük sorun enerji sorunudur. Yapılan bazı araştırmalar sonucunda dünya nüfusunun 2040 yılında 9 milyar kişiye ulaşacağı düşünülmektedir. Bu sebeple her geçen gün enerji ihtiyacı artış göstermektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın düzenlemiş olduğu rapora göre dünyanın birincil enerji talebi 14 milyon ton petrokken ilerleyen dönemlerde bu talebin (20 yıl içerisinde) % 45' lik bir artış oranı ile 20,3 milyar petrol seviyesine ulaşacağı düşünülmektedir (Dünya Enerji Konseyi, 2021; Enerji Görünümü, 2021).

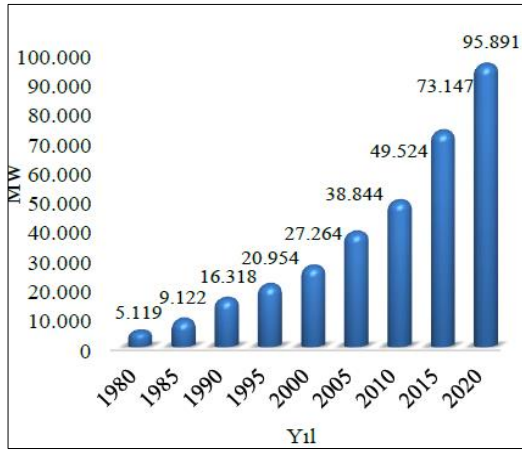
Yapılan çeşitli araştırmalara göre son elli yıl içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının yıllık ortalama artışı diğer enerji kaynaklarına göre beş katı şekilde artış göstermiştir. (Dünya Enerji Konseyi, 2021; Enerji Görünümü, 2021).

Çeşitli çalışmalar incelendiğinde küresel ölçekte 20-25 yıllık bir süre içerisinde 68,2 trilyon dolarlık enerji yatırımı yapılması planlanmaktadır. Ülke kapsamında enerji ihtiyaçları değişik Enerji Sektör Görünümü, 2021'lik göstermektedir. Bu ihtiyaçlar dâhilinde enerjiye olan ihtiyaçta her geçen gün artmaktadır. Dünya çerçevesinde bakıldığında ülkeler ve ülkelerin elektrik enerjisine olan talepleri Şekil 1'de verilmiştir (Roser, 2022).



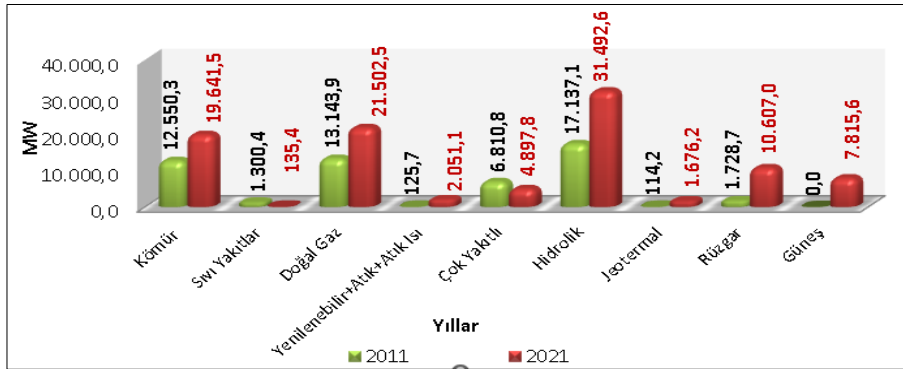
Şekil 1: Dünya'daki Elektrik Enerji Talebi

Dünya'daki elektrik enerji talebi tablosuna bakıldığında dünya genelinde enerji talebi en yüksek ülkeler Çin, Amerika gibi teknolojik gelişmeleri çok olan ülkelerdir. Talebin az olduğu ülkeler ise gelişim seviyesi düşük olan Afrika gibi ülkelerdir (Roser, 2022). Türkiye için talep durumunun ise güç değişimi ile beraber her geçen gün artış görülmekte olup Türkiye'de 1980-2020 yılları arasındaki güç değişimi ise Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Türkiye Kapsamında Güç Değişimi (1980-2020) (TEİAŞ, 2022)

Şekil 2’de aktarıldığı gibi Türkiye ölçeğinde kurulu olan güç 1980, 2000 ve 2020 yılları kapsamında 5119 MW, 27264 MW ve 95891 MW şekilde artış göstermiştir. Bu veriler sonucunda 1980-2020 arasında ortalama olarak 19 kat bir artış görülmüştür. Türkiye çerçevesinde 2011-2021 yıllarında birincil enerji kaynaklarına göre kurulu olan güç değişimleri Şekil 3 ve Tablo 1’de aktarılmıştır (Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri, 2008).



Şekil 3: Türkiye’deki Kurulu Güçlerin Birincil Enerji Kaynağına Göre Değişimleri (TEİAŞ, 2021)

Tablo 1: Türkiye’deki Kurulu Güçlerin Birincil Enerji Kaynağına Göre Verileri (TEİAŞ, 2021)

Birim : MW										
	Kömür	Sıvı Yakıtlar	Doğal Gaz	Yenilenebilir + Atık + Atık Isı	Çok Yakıtlı	Hidroelektrik	Jeotermal	Rüzgâr	Güneş	Toplam
2011	12.550,3	1.300,4	13.143,9	125,7	6.810,8	17.137,1	114,2	1.728,7	-	52.911,1
%	23,72	2,46	24,84	0,24	12,87	32,39	0,22	3,27	-	100,00
2021	19.641,5	135,4	21.502,5	2.051,1	4.897,8	31.492,6	1.676,2	10.607,0	7.815,6	99.819,6
%	19,68	0,14	21,54	2,05	4,91	31,55	1,68	10,63	7,83	100,00

Dünyadaki nüfus artışları ile beraber insanların ihtiyaçları da artış göstermektedir. Artan ihtiyaçların karşılanması amacıyla birçok sektörde enerji ihtiyacı artmıştır. Artış gösteren enerji ihtiyacı petrol, kömür, hidro elektrik, nükleer enerji ve termik enerji ile karşılanmaya başlanmıştır. Bu enerji kaynaklarının kullanımının artması ile beraber hava kirlilikleri artış göstermiş ve yenilemeyen enerji kaynaklarında ciddi azalmalar görülmeye başlanmıştır. Doğayı ve insan sağlığını riske atan bu durum karşısında çevreye daha uyumlu, insanlara daha az zarar veren rüzgâr enerji santralleri

(RES) ve güneş enerji santralleri (GES) oluşturulmaya başlanmıştır. Bu santraller sayesinde dünya yenilenebilir enerji üretimi yollarına geçmiştir (Kalaycı Önaç vd., 2017). Son zamanlarda ise yenilenebilirliği, çevreye az zararı ile sayısı her geçen gün artan enerji üretim tekniği rüzgâr enerji santralleri olarak karşımıza çıkmaktadır (RES).

Rüzgâr enerjilerine yapılan yatırımların artması ile beraber büyük ölçeklerde rüzgâr çiftlikleri oluşturulmaya başlanmıştır. Oluşturulan bu çiftliklerin ulusal elektrik enerji sistemleri üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Ackermann, 2005). Aynı zamanda rüzgâr enerji santrallerinin çevresinde bulunan yaşam alanları da ticari ve ekonomik açıdan önem kazanmıştır.

Yenilenebilir enerji olan rüzgâr enerjisi; rüzgârın hareket enerjisinin (kinetik enerji) bir bölümünün mekanik veya elektrik enerjisine dönüşmesi şeklinde ifade etmek mümkündür. Rüzgâr gücü çok eski dönemlerden beri yararlanılan bir güçtür. Rüzgâr gücünün ilk kullanımına örnek olarak yel değirmenleri ve yelkenliler verilebilmektedir. Daha sonrasında ise su pompalama, tahılların öğütülmesi gibi birçok alanda rüzgâr gücü kullanılmıştır. Günümüzde ise bu kullanım elektrik üretme şeklinde amaçlanmıştır. Rüzgâr enerjisi üretiminde yenilenemeyen enerji kaynaklarından dolayı ortaya çıkan kirlilikler görülmektedir. Rüzgâr enerji santralleri temiz bir enerji üretimi sağlarken ortaya çıkardıkları tek kirlilik gürültü kirliliğidir. Gürültünün sebebi ise pervanelerin dönmesinden dolayı çıkan ses kaynaklı olup günümüzde bu gürültü kirliliği de en aza indirgenmiş durumdadır (Erol, 2020).

Rüzgâr enerjisi dünya üzerinde kullanımı en çok artan kaynaklardan birisidir. Hem yenilenebilir olması hem de doğa ile uyumlu şekilde çalışarak yüksek üretim sağlaması kullanım ve talep durumunu arttırmaktadır. Yapılan çalışmalarda 2020 yılında dünya elektrik talebinin %12'si rüzgâr enerjisi ile karşılanmak istenmiştir (Kılıç, 2009). Türkiye'nin bu konuda iklim özelliklerinin sunduğu fırsatlar ile potansiyel olarak kara kısmında 40.000 ile 80.000 MK seviyesinde kapasitesi olduğu düşünülmektedir. Türkiye'de rüzgâr açısından güçlü akıma sahip olan birçok alan bulunmaktadır. Bu alanlar; Gaziantep, Adıyaman, Bandırma (Balıkesir), Bergama (İzmir), Bodrum (Muğla), Bozcaada (Çanakkale), Çanakkale, Çeşme (İzmir), Çorlu

(Tekirdağ), Gökçeada (Çanakkale), İnebolu (Kastamonu), Mardin ve Sinop'tur (Akın & Zeybek, 2005).

Yapılan bu araştırmalar sonucunda şu anda ve gelecekte yenilenebilir enerji kaynağı olarak rüzgâr enerjisine oluşan talebin artacağı söylenebilmektedir. Artan talep ile beraber ise rüzgâr enerji santrallerinin yer seçiminde, kurulum aşamasında doğaya verilecek zarar en aza indirgenmelidir. Bu bağlamda çeşitli meslek disiplinleri ve çok katımlı çalışma ekipleri ile çalışılmalıdır. Planlaması yapılacak olan rüzgâr enerji santrallerinin arazisinde detaylı şekilde etüt ve envanter çalışmaları yapılmalıdır. Bu durum karşısında potansiyel meslek dallarından birisi 2003 Avrupa Peyzaj Sözleşmesi'ne göre; insanlar tarafından algılandığı gibi, doğal ve/veya insan faaliyetleri ve etkileşimleriyle oluşan peyzaj bilimidir (Erol, 2020). Rüzgâr enerji santralleri açısından peyzaj biliminin önemi ise planlama, onarım ve analiz konularını kapsamaktadır. Bu bakımdan yapılan uygulamalarda, 'Ekosistem Değerlendirme Raporları' ve 'Ekolojik Peyzaj Onarım Raporları' hazırlanmalıdır. Hazırlanan bu raporlar kapsamında doğal çevrenin ve çevre peyzajının sürdürülebilirliği önem kazanmaktadır.

Rüzgâr enerji santrallerinin kurulumunda ortaya çıkan doğal tahribatın onarılmasında ise ekolojik peyzaj tasarımları ve planlamaları önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada ise Çanakkale kentinde bulunan rüzgâr enerji santrallerinde tribün çevrelerinin onarımı, şalt sahalarının yakın çevrelerinin peyzaj çalışmaları ele alınmıştır. Mevcut rüzgâr enerji santralleri ve yapılması planlanan rüzgâr enerji santralleri için peyzaj özellikleri, alan karakterleri, irdelenerek, peyzaj açısından çevre duyarlılığı ve doğayla uyumuna katkı sağlamak amaçlanmıştır.

1. ENERJİ

Günümüzde kullanılan enerji kaynakları; petrol, doğal gaz ve kömürdür. Bu enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Dünyada bulunan petrol rezervlerinin ortalama olarak 51 yıl, doğal gaz rezervlerinin ortalama 53 yıl ve kömür rezervlerinin de ortama 51 yıllık bir tüketimi karşılayabilecek seviyede olduğu düşünülmektedir. Kullanımı devam eden bu kaynakların yenilenemeyen rezerv kaynaklar olduğu ve zaman içerisinde tükeneceği unutulmamalıdır. Bu durum değerlendirildiğinde ise her geçen gün

artış gösteren yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi ve ihtiyaç artmaktadır. Bu oranda artmaya devam etmesi durumunda bu enerji kaynaklarının temel enerji kaynağı olabileceği kabul edilmelidir. Bu bakımdan ülkeler yatırımlarını yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Bu kaynakların yerli olması, dış ticarete olan bağlılığı azaltması ve doğaya/çevreye verdiği zararın minimum seviyede olması ise bu yatırımları güçlendirmektedir (Karagöl & Kavaz, 2017).

Tablo 2’de dünya üzerinde kaynak bazlı olarak elektrik üretiminin 2020 yılı değerleri verilmiştir. Tabloda bulunan kaynak bazlı üretim oranları değerlendirildiğinde, dünyada toplam 25865,75 TWh elektrik üretiminin olduğu görülmektedir (Bıçakçı vd., 2023). Kaynak bazlı üretim içerisinde ise % 60.92 fosil yakıt, %28.97 oranında ise yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunduğu görülmektedir.

Tablo 2: Dünya üzerinde kaynak bazlı elektrik üretimi 2020 değerleri

Enerji Kaynağı	Diğer yenilenebilir	Güneş Enerjisi	Rüzgâr Enerjisi	Hidroelektrik	Nükleer	Petrol	Doğalgaz	Kömür	TOPLAM
TWh	702.89	844.39	1590.19	4355.04	2616.61	1128.39	5892.44	8735.80	25865.75
%	2.72	3.26	6.15	16.84	10.12	4.36	22.78	33.77	100.00

Türkiye bulunduğu coğrafi konum ve jeopolitik konumu sebebiyle çeşitli enerji potansiyellerine sahiptir. Jeotermal, hidrolik, güneş ve rüzgâr enerjileri açısından şanslı bir ülkedir. (Tablo 3).

Tablo 3: Yenilenebilir Kaynaklı Kurulu Güç Sistemlerinin Türkiye’deki Yıllara Göre Değişimleri (MW) (TEİAŞ, 2022)

	2000	2005	2010	2015	2020
Termik	16043	25889	32193	41626	46688
Hidrolik	11175	12906	15831	25868	30984
Jeotermal	18	15	94	624	1613
Rüzgâr	19	20	1320	4503	8832
Güneş	-	-	-	249	6667
Biyokütle	10	14	86	277	1105
Toplam yenilenebilir kurulu gücü	11222	12955	17331	31521	49202
Türkiye toplam kurulu gücü	27264	38844	49524	73147	95891
Yenilenebilir enerjinin payı %	41	33	35	43	51

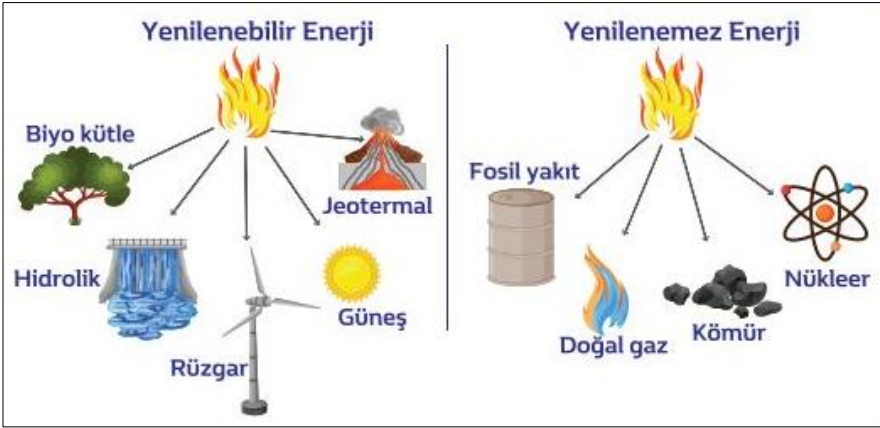
Ülkemiz bu potansiyel enerjileri her geçen gün daha dikkatli, fazla ve verimli kullanmaktadır. Bu kapsamda gerek devlet tarafından gerekse özel

firmalar tarafından yapılan teşvikler ve yatırımlar sektörün önünü hızlı bir şekilde açmaktadır.

1.1. Enerji Üretimi

Elektrik enerjisi, farklı enerji kaynakları tarafından üretilmektedir. Elektrik enerjinin üretiminde en çok kullanılan şekiller; termik enerji, hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji ve nükleer enerjidir. Bu üretim şekilleri ile beraber üretim miktarları az da olsa, kaya gazı, gel-git, hidrojen gibi enerji türleri için de teknolojiler geliştirilmektedir.

Enerji üretimi için kullanılan nükleer elementli hammaddeler kömür ve doğalgazdır. Bu gibi kaynaklar sınırlı ve tükenen kaynaklardır. Rüzgâr, güneş, jeotermal ve hidrolik enerji kaynakları sürekliliği olan ve yenilenebilir kaynaklardır(Şekil 4).



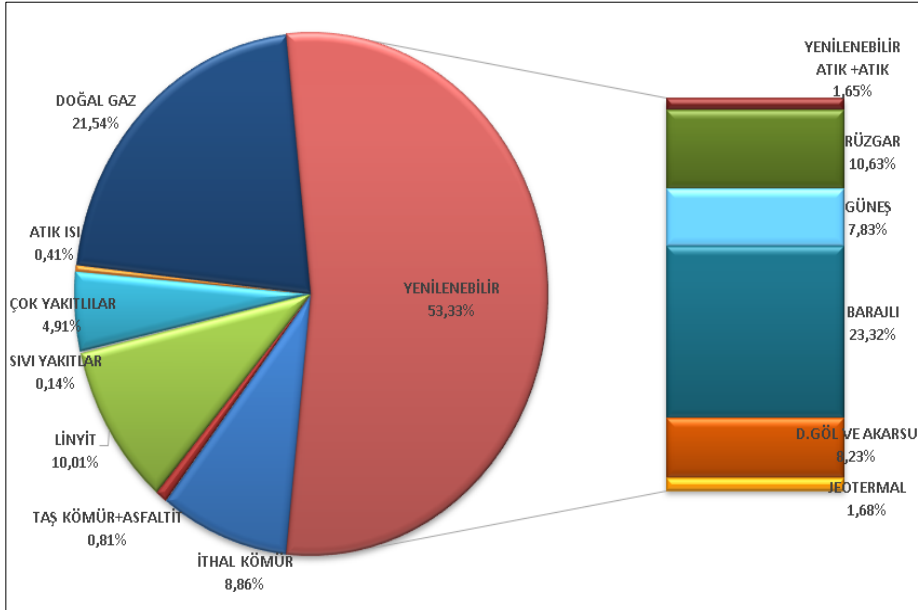
Şekil 4: Enerji Kaynağı Çeşitleri (Url 1)

Doğal ve yapay çevrenin korunması, temiz bir enerji üretiminin sağlanması ve ekonomik bağlılık gibi sebeplerden dolayı dünya ülkelerinin birçoğu bu yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapmıştır. Bununla beraber yenilenebilir enerji üretiminin payı arttırılarak üretimde çeşitlilik sağlanmak amaçlanmıştır.

Enerji üretim kısmında birkaç temel üretim mekanizması mevcuttur. Bunlardan biri; enerji üretim kaynağından ısı ve buhar elde ederek buhar türbinin çevirmesidir. Bu mekanizma kapsamında nükleer enerji, termik

enerji, doğalgaz ve jeotermal enerji bu mekanizmaya dayanmaktadır. Diğerleri ise; elektrikli makineler kullanılarak elektromekanik şekilde enerji üretimidir. Hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi, gel-git enerjisi bu mekanizmaya dayanmaktadır. Bir diğer mekanizma ise elektron hareketleri yardımı ile elde edilen güneş enerjisidir. Diğer bir mekanizma ise elektroliz sonucunda hidrojen enerjisi mekanizmasıdır. Güneş enerjisi ve hidrojen enerjisinin günümüzde kullanımı ve üretimi sınırlıdır. Fakat ilerleyen dönemlerde yaygınlaşmasının güçlü bir ihtimal olduğu da ön görülmektedir.

Bu kapsamda; Türkiye’de elektrik enerji kurulum gücü, 2021 itibariyle 99.819 MW’a ulaşmış durumdadır (Şekil 5).



Şekil 5: Türkiye’de Elektrik Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı

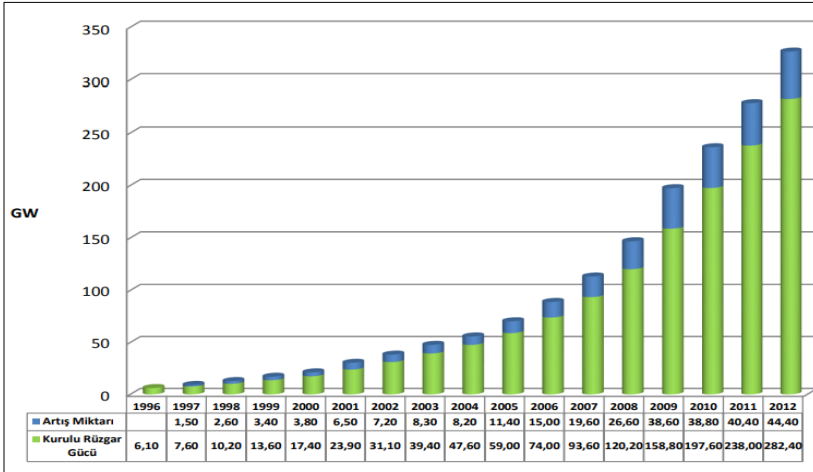
Hesaplanan bu gücün oransal dağılımı yenilenebilir enerji oranı %53,33 olarak belirlenmiştir (TEİAŞ, 2021).

1.2. Rüzgâr ve Rüzgâr Enerjisi Durumu

Rüzgâr enerjisi, enerjisini güneşten almaktadır. Güneş tarafından dünyaya gelen enerji yıl bazında ortalama olarak 200 milyar ton kömüre eşdeğer olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu enerji dünya üzerinde kullanılan

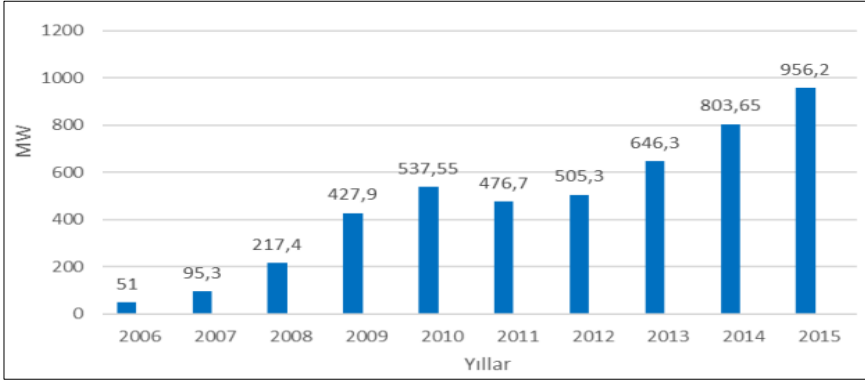
toplam enerjinin yirmi bin katına eşdeğerdir. Rüzgâr enerjisi ise; yeryüzündeki farklı ısınmalar ve bundan dolayı gerçekleşen alçak basınç ve yüksek basıncın etkileşimlerinden ortaya çıkmaktadır (Bıçakçı vd., 2023). Yer yüzeyine gelen güneş enerjisinin tamamı rüzgâra dönüşmemektedir. Sadece %2' lik bir kısmı rüzgâra dönüşmektedir. Bu bakımdan güneş var olduğu sürece rüzgâr oluşumu sağlanacaktır. Bu durum rüzgârın sürekli olarak yenilenebilen bir enerji olduğunu göstermektedir.

Elektrik enerji üretimi kaynakları değerlendirildiğinde rüzgâr enerjisi, diğer enerji türlerine göre en hızlı gelişen ve büyüyen enerji kaynağıdır. Bu kapsamda bakıldığında 1996-2012 yıllarında Dünya'da gerçekleşen rüzgâr enerji kurulumu ve gelişimi Şekil 6' da verilmiştir (Muratdağı, 2015).



Şekil 6: Dünya'da Gerçekleşen Rüzgâr Enerji Kurulumu ve Gelişimi

Ülkeler arasında Çin, ABD ve Almanya rüzgâr enerji kurulumu açısından ilk sıradadır. Bu kurum gücünde belirlenen üç ülkeden sonra İspanya gelmektedir. Çin, ABD ve Almanya 39,2 GW, İspanya ise 23 GW şeklindedir. 2014 yılında toplam 51.473 MW' lık kurulu bir kapasite eklenmiştir. Daha sonra küresel kurulu güç kapasitesi 369.597 MW'a yükselmiştir. Türkiye çerçevesinde ise 2014 yılında eklenen rüzgâr enerjisi dünya genelinde 0,8 GW ile 10. Sırada yer almıştır (Global Renewable Energy Status, 2015). 2006 -2015 yılları içerisinde Türkiye çerçevesinde rüzgâr enerji kurulum gücü değişimi Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7: Türkiye Çerçevesinde Rüzgâr Enerji Kurulum Gücü Değişimi (İlkılıç, 2016)

2012 Ocak'ta ise bu kurulu güç 2.312 MW, 2015 Eylül'de 4.052 MW'a ulaşmış durumdadır. Ülkemizde rüzgâr enerji kurulum gücü hızlı bir artış göstermiştir. 2023 yılında ise rüzgâr enerji kurulum gücü 20.000 MW ulaşması hedeflenmiştir (ETKB, 2014).

Hava hareketleri yüksek basınçtan alçak basınca doğru oluşmaktadır. Oluşan bu hareketlerin hepsinde ise farklı ölçütlerde kinetik enerji bulunmaktadır. Rüzgârdan oluşan bu farklı kinetik enerjiler sayesinde rüzgâr türbinlerinin pervaneleri dönmektedir. Oluşan bu eylem ile beraber mekanik güç ya da elektrik enerjisi direkt olarak elde edilebilmektedir. Rüzgâr türbinlerinden elektrik elde etme aşamasında ise bazı şartların bulunması gerekmektedir. Bu şartlar; rüzgâr hızı, frekans ve rüzgârın yönü gibi coğrafi şartlardan oluşmaktadır. Aşırı hızlı esen bir rüzgârda türbinlerin pervaneleri dönmeyen olup aşırı hafif esen bir rüzgârda da pervaneler dönmemektedir. Rüzgâr hızı 3 m sn^{-1} yani $8-10 \text{ km h}^{-1}$ seviyesinde, hafif rüzgârların hâkim olduğu alanlarda bile enerji üretimi sağlanmaktadır. Fakat bu hız ekonomik anlamda bir enerji üretimi için yeterli değildir.

Ekonomik anlamda bir enerji üretimi için rüzgâr hızı en az $5-6 \text{ m sn}^{-1}$ yani $18-19 \text{ km h}^{-1}$ olmalıdır. Rüzgâr hızında görülen artış ile beraber kanatlara uygulanan basınç yükselmekte ve dönüş hızını arttırmaktadır. Dönüş hızı artan türbinin ise enerji üretimi daha fazla olmaktadır (Bıçakçı vd., 2023).

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yaygın şekilde kullanılan enerji sistemi rüzgâr enerjisidir (Bıçakçı vd., 2023). Yaygın olarak kullanılmasının en büyük etkenlerinden biri ise ticaret açısından en sağlıklı ve elverişli enerji olmasıdır. Son on yıl içerisinde rüzgâr enerji santrallerinin

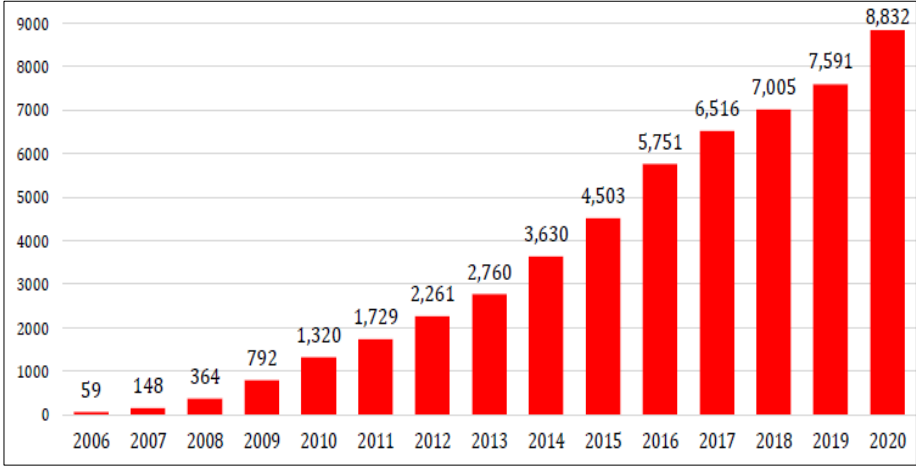
kurulumu hızlı şekilde artış göstermektedir. Bu gelişim ile beraber Çin, RES'ler üzerinden elektrik üretimi konusunda dünyada ilk sırada yer almaktadır. Daha sonra ise ABD, Almanya ve Hindistan yer almaktadır. RES'ler üzerinden elektrik üretimi sağlayan ülkeler Tablo 4'te sırasıyla verilmiştir (Küresel Rüzgâr Raporu, 2017).

Tablo 4: RES'ler üzerinden elektrik üretimi sağlayan ülkeler

Sıra	Ülke	Kurulu güç (MW)
1	Çin	288320
2	Amerika	122316
3	Almanya	62849
4	Hindistan	38625
5	İspanya	27249
6	Birleşik Krallık	23937
7	Fransa	17948
8	Brezilya	17749
9	Kanada	13577
10	İtalya	10542
11	İsveç	10002
12	Türkiye	9279

Türkiye sınırları içerisinde ilk rüzgâr enerjisi 1986 yılında Çeşme Altinyunus Tesisleri'nde kurulmuştur. Rüzgâr enerji sistemleri Vestas markadır. Toplamda 55 kW kapasiteye sahip türbinlerden oluşturulmuştur. Bununla beraber uluslararası düzeydeki ilk rüzgâr enerji sistemi 1998 yılında yine Türkiye İzmir Çeşme'de bulunan Germiyan köyünde kurulmuştur (Bıçakçı vd., 2023).

Türkiye'de rüzgâr enerji potansiyeli yaklaşık olarak 48.000 MW' dir. Türkiye'de bulunan rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi sistemleri sabit düzeyde kalmamıştır. Dünya üzerinde bulunan gelişmelere uyumlu şekilde ilerlemiştir. Son yıllarda ise bu gelişimler ile beraber RES sayılarında önemli derecede artış görülmüştür (Şekil 8) (TEİAŞ, 2022).

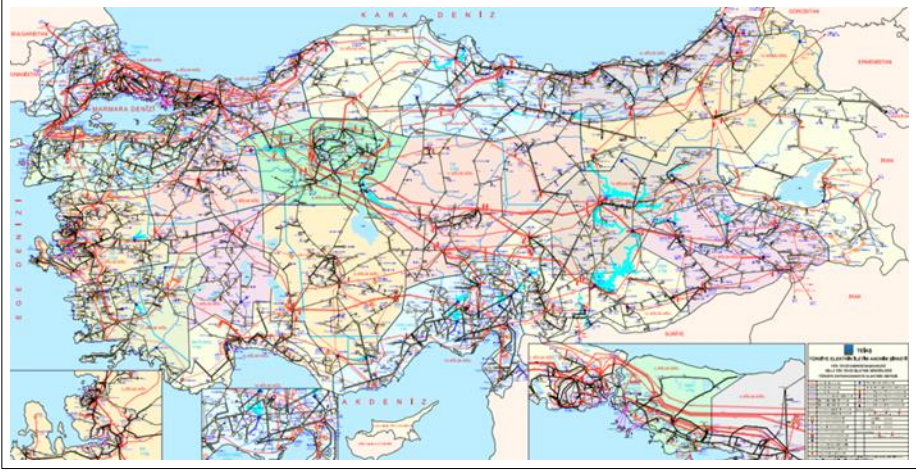


Şekil 8: Türkiye’de Bulunan RES Kurulu Gücünün Yıllara Göre Değişimi

Yaşanılan bu gelişmelerle beraber Türkiye rüzgâr enerji kapasitesi olarak Avrupa ülkelerinin arasına girmiştir. Türkiye’de 2006 yılı kapsamında 59 MW olan kurulu rüzgâr enerjisi 2020 yılı kapsamında 8.832 MW’e yükselmiştir. Oransal olarak bakıldığında yenilenebilir olan kurulu enerji % 0,44’ten %17,95’e çıkmıştır.

1.3. Rüzgâr Türbinlerinin Enterkonnekte Sisteme Etkileri

Enterkonnekte sisteminin amacı; tüketici kitlesine kesinti olmadan ve yeteri kadar enerji teminatı sağlamaktır. Teminatı sağlanan enerjinin kalitesi belirli bir seviyede olmalıdır. Ortaya çıkartılan gücün kalitesi şebekenin frekansını, gerilimini ve gerilimden oluşan dalgaların şeklinin standartlar dahilinde kesintisiz olması anlamındadır (Güç Kalitesi Milli Projesi, 2022). Hidrolik ve termik enerji gibi enerji üretim sistemlerindeki hammaddeler rezervler halinde bulunmaktadır. Bu sebeple enerji üretimi kararlı ve istenilen miktarda enerji üretimi sağlanmaktadır. Ülkemiz kapsamında da enterkonnekte sistemi kullanılmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9: Türkiye'de Bulunan Enterkonnekte Sistemi (Url 2)

Rüzgâr enerjisi; sıcaklık, kule yüksekliği, rüzgârın hızı ve basıncına bağlı olarak değişen bir üretime sahiptir. Bu sebeple sabit durumda bulunan değişkenlerle beraber değişen durum parametreleri ile birleşmektedir. Kesinti sağlanmadan ve yüksek kalitede elektrik enerjisi üretilmesi için belirlenen bu değişen parametreler sürekli olarak analiz edilmelidir. En yüksek gücün elde edilmesi ve bunun tespit edilmesi, rüzgâr türbinlerinin bulunduğu hibrit pozisyonadaki güç sistemleri için en uygun maliyetli enerji akışını sağlamaktadır.

Rüzgâr tarlalarındaki türbin sayıları yüzlerce olup her türbin, değişen parametrelere karşı farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar gerilim, frekans ve güç üretimidir. Yaşanılan bu farklılıkların bazı temel sebepler aşağıda sıralanmıştır:

- Üretimde kullanılmış olan güç elektroniği elemanlarının yarı iletken yapısı,
- Rüzgâr hızlarındaki farklılıklar,
- Türbinlerin farklı güç eğrileri,
- Kullanılmış olan jeneratör yapılarıdır.

Rüzgâr türbinleri enterkonnekte sistem içerisinde bazen düzgün çalışmamakta ve bu durumun sonucunda oluşan olumsuzluklar ise şu şekilde sıralanmaktadır:

- Sistem kayıplarında artış,

- Üretimin devre dışı kalması ile maliyet artışı,
- Kararlılık ve güvenilirlik seviyesinde azalma,
- Çevre hatlarıyla arasında yük ve güç dengesizlikleri olması şeklindedir (Erişti & Demir, 2011).

1.4. Rüzgâr Enerji Santrallerinin Çevreye Olumsuz Etkileri

Doğa dostu ve yenilenebilir bir enerji üretimi sağlasa da rüzgâr enerji santrallerinin de bazı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bunları maddeler halinde sıralayacak olursak;

- RES alanlarında bulunan pervanelerin dönmesin sonucunda bazı olumsuzluklar oluşmaktadır. Dönüşlerde çıkarttığı düşük frekanslı sesler sebebiyle kuş ölümlerine ve göç güzergâhlarına olumsuz etkileri görülmektedir (Şekil 10, Şekil 11) (Hayli, 2001).

Yaşanılan bu olumsuzluk sonucunda ise alan ve çevresindeki ekolojik dengede bozulmalar görülmektedir. Yaşanılan bu ekolojik bozulma ise alan çevresinin hem fiziki hem de beşerî dengesini etkilenmektedir.



Şekil 10: Kuşların Türkiye'deki Göç Güzergâhları (Atabey, 2022)



Şekil 11: Göç Eden Kuş Sürüsü ve Rüzgâr Pervaneleri (Atabey, 2022)

- RES alanlarında bulunan pervanelerin çıkarttığı düşük frekanslı sesler ve gölgelemeler, insanlar üzerinde de bazı olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Söz konusu olumsuz etki ‘Rüzgâr türbini sendromu’ olarak adlandırılmıştır.

Rüzgâr türbini sendromu, çok nadir şekilde görülmektedir. Belirtiler arasında uyku bozukluğu ve yokluğu, baş ve kulak ağrısı, kulak çınlaması ve basınç etkisi, sersemleşme, baş dönmesi ve ağrısı, mide bulantısı, bulanık görüşler, asabiyet, kalp çarpıntıları, konsantrasyon ve hafıza ile ilgili sorunlar, panikleme ve uyku/uyanıklık durumunda titremeler şeklinde ifade edilmektedir (Pierpont, 2009). İnsanlar üzerinde görülen bu olumsuzluk çoğunlukla şalt sahasında çalışan personelde ve kontrole gelen yetkililer de görülmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen bu sorunları aşmak amacıyla pek çok ülkede çeşitli önlemler alınmıştır. Ülkeler, yürürlüğe koydukları yasa ve yönetmelikler sayesinde türbinler ve oluşturulacak alanlar arasında tampon bölgeler kurgulamıştır.

Değerlendirilen ve belirlenen bu olumsuzluklar için çeşitli önlemler alınarak hem ekolojik denge hem de insan sağlığı güvence altına alınmalıdır. Bu olumsuzlara kesin ve kalıcı bir çözüm bulunamaması durumunda olumsuzlukları en aza indireyecek çözüm alternatifleri değerlendirilmeli ve kabul edilmelidir.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI PEYZAJLARI

Yenilenebilir enerji kaynağı peyzajları bazı kategorilere ayrılmaktadır. Yapılan bu sınıflandırma beş ana kategoriden oluşmaktadır. Bunlar; elde edilen/edilmesi planlanan enerji miktarları, peyzaja yayılma büyüklükleri, peyzaja dahil olma biçimleri, mekân oluşturulması ve insan ile kurduğu ilişkilerdir.

Yenilenebilir enerji kaynağı peyzajları ise üç farklı başlık ile kategorize edilmiştir. Bu kapsamda; enerji tarlaları, enerji üretim peyzajları ve kendi kendine yeten peyzajlar olarak ele alınmıştır (Özer, 2022).

- Enerji Tarlaları: Bu tarlalar büyük bir enerji hasadı sağlamaktadır. Çoğu zaman doğal ve kırsal alanlarda yer almaktadır. Bununla beraber insan kullanımları için mekân oluşturma kaygısı bulunmamaktadır.
- Enerji Üretim Peyzajları: Bu peyzajlar yüksek ve orta seviyede enerji üretimini hedeflemektedir. Bunun yanında mekân açısından insan ilişkilerine dikkat edilen peyzajlardır.
- Kendi Kendine Yeten Peyzajlar: Bulunduğu alanın kendi ihtiyaçlarını karşılayan düşük seviyede enerji üretimi sağlamayı hedeflemektedir. İnsanların günlük yaşamlarını devam ettirdiği mekânsal olarak bir işleve sahip peyzajlardır.

3. PEYZAJ VE RES İLİŞKİSİ

Peyzaj; Avrupa Peyzaj Sözleşmesi'ne göre insan ve doğal faktörlerin etkileşimleri ve eylemlerinin sonucunda ortaya çıkan insanlar tarafından olduğu gibi algılanan alanlar olarak tanımlanmıştır. Peyzaj kavramı insanın ilk baktığında gördüğü doğal ve kültürel elemanlarının tamamından oluşan bir kompozisyonudur. Peyzajın işlevsellik, sürdürülebilirlik ve estetik açıdan insana tatminlik duygusu sağlaması önemlidir.

'Peyzaj mimarlığı', tarih öncesi dönemden yaşam mekanlarının geçmişten günümüze kadar ulaşması ile ortaya çıkmıştır. 1920'li yıllardan sonra yaşanan kentleşme ile beraber peyzaj mimarlığı çağdaş peyzaj mimarlığı sürecine girmiştir (Sağlık vd., 2016). Bu bakımdan peyzaj mimarlığı; doğal ve kültürel olan kaynakların tamamını koruma ve yönetme ilkesini temelinde tutarak, oluşturulacak çevrenin işlevsel ve yaşam kalite standartlarını arttıracak şekilde (kültürel ve bilimsel birikimler desteği ile)

uygulanması aşamasında yer almaktadır. Bu aşama, doğal ve kültürel olan tüm elemanların düzenlenmesi, arazi planlaması, tasarlanması ve yönetilmesinden oluşmaktadır. Mevcut durumda bulunan doğal ve kültürel alanların sürdürülebilirliğini, korunmalarını ve gelişmelerini sağlayan bir meslek disiplindir. Bu kapsamda bakıldığında peyzaj mimarları; gerekli olan çevre planlamalarını, düzenlemelerini yapan, doğal ve kültürel mirası koruma altına alan, fiziki ve sosyal ortamlardaki sürdürülebilirliği devam ettiren, planlama ve tasarım uygulamalarını yapma sorumluluğu bulunan kişilerdir. Peyzaj alanlarında ve çevrelerinde kullanılan bitkilerin doğaya katkı sağlamasının yanında insan psikolojisi üzerinde de olumlu etkileri bulunmakta ve mekânın görsel kalitesi üzerinde de etkiler oluşturmaktadır (Sağlık vd., 2023a).

‘Peyzaj planlama’, Avrupa Peyzaj Sözleşmesi’ne göre; mevcut durumdaki veya tahrip olmuş olan peyzajın değerinin artırılması ve alanın iyileştirilmesi adına yapılan ileriye yönelik eylemleri kapsamaktadır. Bir başka ifadeyle; peyzaj mimarlığı çalışma konularının tamamını içerisine alarak istenilen hedefe ulaşmak adına geliştirilen fikirleri yansıtmaktadır.

RES’lerin inşa edildiği alanlar çoğunlukla dağlık ve yüksek alanlardır. Bu alanların içerisinde yaşayan doğal bir ekosistem bulunmaktadır. RES kuruluşları ve inşaları sırasında ise alanlarda bazı sorunlar görülmektedir. Bu sorunların çözümü olarak mevcut doğal dokuyu ve ekosistemleri bozmadan düzenleme çalışması yapılmalıdır. Yapılması planlanan ve tasarlanan uygulamaların tamamının, peyzaj mimarlığı meslek disiplini ile ilişkilendirilerek devam etmesi gerekmektedir. Bu kapsamda ise RES alanlarının analizini, planlamasını ve tasarımını yapabilecek olan peyzaj mimarlığı meslek disiplini devreye girmektedir. RES kuruluşlarında yaşanan bazı problemler;

- İnşaat alanları ve çevresinde bulunan doğal vejetasyonun kısmi şekilde tahrip edilmesi,
- Arazi çalışmaları sırasında türbin ve çevrelerinde doğal şekilde olmayan şev ve yarıkların oluşması,
- RES ve türbin alanlarına ulaşım için açılan yollardan dolayı erozyon, heyelan gibi risklerin bulunması,

- Teknik açıdan türbin çevrelerinin belirli bir noktasına bitki örtüsü barındırılmamasından kaynaklanan potansiyel toprak açıklıklarının oluşması,
- Şalt sahalarında bulunan betonarme yapılardan kaynaklanan aşırı ısınmalar şeklinde sıralanabilir.

Söz konusu bu problemler değerlendirilerek peyzaj mimarlığı meslek disiplini açısından bazı çözüm önerileri getirilmiş ve hasarlar en az seviyeye indirgenmek istenmiştir. Bu çözüm önerileri;

- Doğal vejetasyona uyumlu, dengeyi ve doğal örtüyü bozmayacak şekilde bitki çeşitleri seçilmesi, planlanması ve uygulanması,
- Arazi içerisinde yaşanabilecek olan erozyon ve heyelan tehlikesine engel olacak bitki çeşitlerinin seçilmesi, planlanması ve uygulanması,
- Potansiyel olarak oluşan toprak açıklıklarının kapatılması,
- Teknik şartların sağlanarak alt örtü sisteminin oluşturulması,
- Şalt alanlarındaki betonarme yapılardan dolayı kaynaklanabilecek olan aşırı ısınmayı engellemek ve en aza indirgeyecek şekilde estetik bir görüntü sağlanması şeklinde gelişmiştir.

Bu maddelerin uygulanması için peyzaj onarım raporları oluşturulmalıdır. Oluşturulan bu raporlar dahilinde alanlar için proje tasarımları, bitki tercihleri, sulama sistemi gibi peyzaj faktörlerine karar verilmelidir. Bu veriler dikkate alınmadan yapılan uygulamalarda doğru ve sağlıklı bir sonuç almak mümkün değildir. Peyzaj onarım raporu dahilinde sunulan çözüm önerilerinin uygulanması durumunda hasar derecesi en aza indirgenmesi mümkün olacaktır.

4. RES KAPSAMINDA ÇANAKKALE

Çanakkale kenti; Asya ve Avrupa kıtalarında toprakları bulunan önemli bir kenttir. Kenti ikiye bölen güçlü bir su ögesi olarak boğaz bulunmaktadır. Bununla beraber yoğun bir yeşil dokuya sahip olan Kaz Dağlarının bir kısmı il sınırları içerisinde bulunmaktadır. Aynı zamanda kent yoğun bir rüzgâr dokusuna sahiptir. Hem lodos hem de poyraz rüzgârları bulunmaktadır. Özellikle poyraz rüzgârları ön plana çıkmaktadır (Sağlık vd., 2023b).

Bulunduğu konum ve taşıdığı iklimsel özellikler yenilenebilir enerjisi kaynaklarından elektrik üretimi güçlü potansiyel sunan Çanakkale'de,

Palabıyık ve Kara (2015) tarafından yapılan çalışmada halkın çok önemli bir bölümünün elektriğin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması gerektiği düşüncesinde olduğu aktarılmıştır.

Çalışma kapsamında Çanakkale kentinin çeşitli bölgelerinde bulunan RES alanlarının peyzaj onarım çalışma aşamaları değerlendirilmiştir. Şekil 12’de peyzaj rehabilitasyonu yapılmadan önce bazı alanlar görülmektedir.



Şekil 12: Peyzaj Rehabilitasyonu Yapılmamış Alan (Orijinal, 2021)

Bu kapsamda yapılmış olan peyzaj onarım planlamaları RES alanlarında bulunan uygulama, bitkilendirme, sulama, herekleme ve gübreleme aşamaları ele alınmıştır. Mevcut durumda bulunan ve uygulanmış olan çalışmalar yerinde gözlem yapılarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler kapsamında Çanakkale kentinin çeşitli bölgelerinde bulunan rüzgâr enerji santrallerinin peyzaj rehabilitasyonuna uygunluğu belirlenmiştir.

5.ÇANAKKALE KENTİ RÜZGÂR ENERJİ SANTRALLERİ

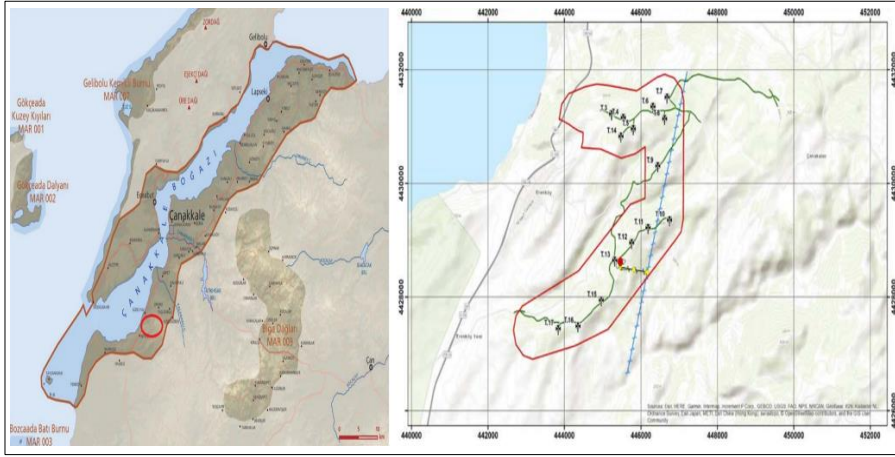
Türbin çalışması kapsamında alan içerisinde bulunan pervanelerin yakın çevreleri ele alınmıştır. Yapılan çalışmalar ve araştırmalar kapsamında

her pervane için yönetmelik belirli bir yapısal alan (sert zemin) yüzde oranı belirlemektedir. Bu kapsamda ilk olarak çalışmanın materyal ve yöntemi belirlenmiştir. Daha sonra ise uygulama, bitkilendirme, sulama, herekleme, destekleme ve gübreleme uygulamaları yapılmıştır.

Peyzaj rehabilitasyonu yapılacak olan alanların analizleri ve yerinde gözlemleri yapılmıştır. Yapılan bu incelemeler ve gözlemler sayesinde mevcut durum raporları, rehabilitasyonda ve onarımda kullanılacak olan bitkilerin tercih listeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan raporlar ise peyzaj rehabilitasyonuna öncülük etmektedir. Bu kapsamda yapılan arazi incelemeleri ve oluşturulan raporlamalar sonucunda Çanakkale kentinin doğal vejetasyonuna uyumlu şekilde peyzaj rehabilitasyonu yapılmıştır. Çalışma kapsamında 3 farklı rüzgâr enerji santrali türbin alanı ele alınmıştır. Bunlar; Hasanoba rüzgâr enerji santrali, Kocalar rüzgâr enerji santrali ve Üçpınar rüzgâr enerji santralidir. Yapılan araştırma ve gözlemler sonucunda üç alan içerisinde yapılan çalışmalar birbiri ile benzerlik göstermektedir. Uygulamalar arasında ise sadece bitki ve saksı sayılarında farklılık, metrekare farklılıkları bulunmaktadır.

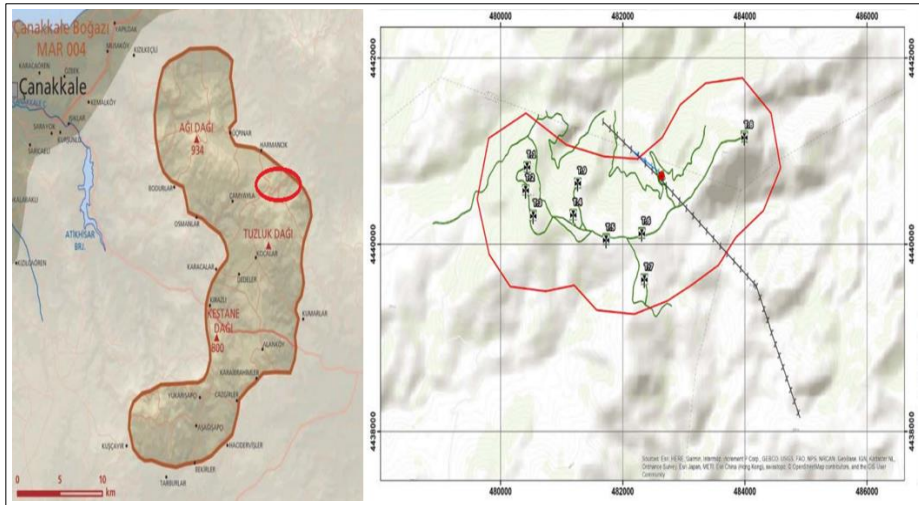
5.1. Rüzgâr Enerji Santrali Türbin Alanları

Hasanoba Rüzgâr Enerji Santrali, Çanakkale kenti merkez ilçesinde uygulanarak 02.08.2019'da işletmeye alınmıştır (Şekil 13). Türbinlerin konumlandırıldığı alanın yakın çevresinde İntepe Köyü (1,5 km), Güzelyalı Köyü (1,7 km) ve Dümrek Köyüdür (2 km). Çınarlı, Erenköy, Çanakalan ve Ovacık köyleri bulunmaktadır. Hasanoba Projesinin kurulu gücü, her biri 3 MW gücünde on yedi türbinle 51 MW olarak tasarlanmıştır (Akfen, 2017).



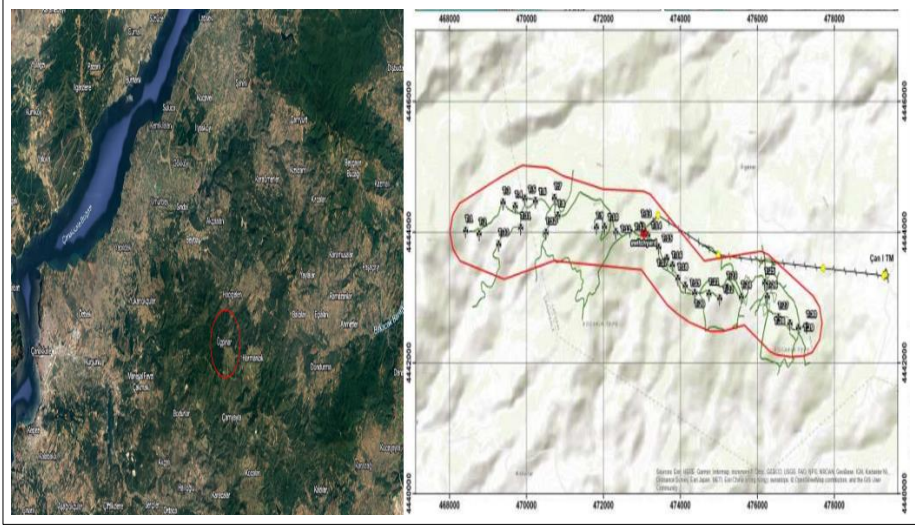
Şekil 13: Hasanoba Rüzgâr Enerji Santralinin Çanakkale'deki Konumu (Akfen, 2017)

Çanakkale kenti merkez ilçesinde uygulanarak 14.03.2019'da işletmeye alınan Kocalar Rüzgâr Enerji Santrali 30,6 MWm/26 MWe kurulu güce sahiptir (Şekil 14). Türbinlerin konumlandırıldığı alanın yakın çevresinde Harmancık Köyü (Çan Trafosundan 500 m), Çamyayla Köyü (3,7 km), Kilimli Köyü (2,5 km), Kocalar Köyü (4 km) ve Dondurma Köyü (5,7 km) bulunmaktadır. Kocalar Projesinin kurulu gücü, 26 MW olarak tasarlanmıştır (Akfen, 2018a).



Şekil 14: Kocalar Rüzgâr Enerji Santralinin Çanakkale'deki Konumu (Akfen, 2018a)

Planlanan proje Çanakkale İlinin Lâpseki İlçesinde, adını aldığı Üçpınar Köyü'nün yakınlarındadır (Şekil 15). Üçpınar Rüzgâr Enerji Santrali projesinin kurulu gücü, her biri 3 MW gücünde otuz üç türbinle 99 MW olarak tasarlanmıştır (Akfen, 2018b).



Şekil 15: Üçpınar Rüzgâr Enerji Santralinin Çanakkale'deki Konumu (Akfen,

Çanakkale kenti çevresinde yapılan peyzaj onarım çalışmalarında ilk olarak doğal vejetasyon incelenmiştir. İncelemeler sonucunda Çanakkale kenti doğal vejetasyonunda kızılçam, bozuk kızılçam görüldüğü belirlenmiştir. Ayrıca yapılan gözlemler, araştırmalar ve raporlar sonucunda üç alanda da genel ve baskın olarak çalı formları bulunmaktadır. Bunlar; maki vejetasyonu, doğal yayılışla *Pinus brutia* ile yer yer dikim yapılmış olan *Pinus pinea* bitkisinin oluşturduğu orman vejetasyonudur. Çalışma yapılan alanların genelinde kalker kayalıklar yoğunluklu şekilde bulunmaktadır. Bununla beraber alanların hemen hemen her bölgesinde kaya vejetasyonu yapısı görülmektedir. Aynı zamanda yol kenarlarında ruderal vejetasyon yapısının hâkim olduğu belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar ve gözlemler sonucunda alan üzerinde yapılan türbin alanlarında ve çevrelerinde bitkilendirme kararı verilmiştir. Bu karar kapsamında alanlara *Pinus pinea* (fıstık çamı) kullanılmasına karar verilmiş ve dikimi yapılmıştır.

Yapılan araştırmalar ve çalışmalar kapsamında proje sahalarının tepe noktaların altlarında tespit edilen türler tek ve çok yıllık otsu ve alımsı türler olarak belirlenmiştir. Bu türler mevcut yapıda bulunduğu için rehabilitasyon konusunda destek sağlamaktadır. Doğal vejetasyona uyumlu ve sürdürülebilir bir onarım için bitki tercihinde önemli bir yeri bulunmaktadır.

Peyzaj rehabilitasyonu kapsamında kullanılmak üzere *Pinus pinea* (Fıstık amı) tercih edilmiştir. *Pinus pinea* (Fıstık amı) tercih edilmesinin bazı sebepleri;

- İbrelili ve uzun yaşam süresine sahip olması,
- Meyvesinin tüketilebilir olması,
- evresinde bulunan köylüler için geçim kaynağı oluşturmasıdır.

Mevcut eğimli alanlarda heyelan ve erozyon tehlikesine karşı ağaç dikimi yapılmamıştır. Bunun nedeni, dikim yapılacak olan alanlarda iş güvenliği açısından yüksek risk teşkil etmesi ve dikilen ağaçların büyümesi durumunda yıkılma riski bulunmasıdır. Dikim yapılamayan alanlardaki çıplaklığın ve tahribatın kapatılması, heyelan, erozyon riskinin azaltılması için ise başka uygulamalara yönelim sağlanmıştır. Alan tahribatını yok etmek ve bu doğa olaylarını engellemek adına hidroseeding uygulaması yapılmıştır (şekil 16).



şekil 16: Hidroseeding Uygulaması (Orijinal, 2021)

Rehabilitasyon kapsamında alana uygulanacak olan çim, bölgenin ekolojisine uyumlu olmalıdır. Bu kapsamda, Çanakkale kent ekolojisine uyum gösteren çim türleri, *Lolium*, *Festuca* ve *Poa* olarak belirlenmiştir (Alkan ve ark., 2019).

Hidroseeding uygulaması diğer bir adı ile püskürtme çimdir. Hidroseeding çeşitli karışımlarla oluşturulmaktadır. Bunlar; tohum, gübre, malç, yapıştırıcı gibi malzemeleri kapsamaktadır. Uygulaması sırasında kullanılan makine ise sulu tohumlama ya da püskürtme çim makinesi gibi adlar ile bilinen bir makinedir (Şekil 17).



Şekil 17: Hidroseeding Uygulaması ve Makinesi (Orijinal, 2021)

Hidroseeding aynı zamanda erozyon ve heyelan risk kontrolü sağlamaktadır. Bununla beraber çeşitli sahalarda, maliyeti yüksek tutan çim alanlarında kullanılabilir (Şekil 18). Maliyet açısından ekonomik, sağlıklı, su tutma kapasitesi yüksek, efektif, hızlı ve en önemlisi homojen bir tohum dağılımı sağlaması gibi olumlu özellikleri bulunmaktadır.



Şekil 18: Hidroseedling Uygulamasının Alternatif Alanları (Url 3)

Hidroseedling uygulamaları sırasında uygulama yapılacak olan alanın iklimi, jeolojik yapısı gibi etkiler göz önüne alınarak karışım oluşturulmaktadır. Bu kapsamda Çanakkale kentinde yapılan hidroseedling uygulamasında kullanılan türler ve yüzdelik oranları şu şekilde belirlenmiştir.

- *Lolium perenne* (İngiliz çim tohumu) (%15)
- *Lolium multiflorum* (İtalyan çim tohum) (%10)
- *Onobrychis* (Adi korunma tohumu) (%10)
- *Bromus inermis* (Kılçıksız brom tohumu) (%10)
- *Trifolium repens* (Beyaz süs yoncası tohumu) (%10)
- *Trifolium pratense* (Kırmızı süs yoncası tohumu) (%10)
- *Dactylis glomerata* (Domuz ayrığı tohumu) (%10)
- *Festuca arundinacea* (Kamışsı yumak tohumu) (%15)
- *Medicago sativa L.* (Yonca tohumu) (%10)

Belirlenen türler ve yüzdelik oranları 1.000 m² için belirlenen oranlardır. Bununla beraber uygulama sırasında kullanılan bir tank için 4.000 – 4.200 lt. su, 40 kg ithal sertifikaya sahip tohum kullanılmıştır. Hidroseedling uygulamasında su ve tohum dışında kullanılan malzemeler ise şu şekilde tercih edilmiştir (Şekil 19).

- Bağlayıcı – Yapıştırıcı 4 kg.

- Malç 230 kg.
- Combi plus iz element gübre 2 kg. (Bor, bakır, demir, mangan, molibden, çinko)
- Üre fosfat (18-40-0) gübre 2 kg.
- Hümik asit 4 kg.
- Köklendirici
- 22 Serbest amino asit



Şekil 19: Hidroseeding Karışımı (Orijinal, 2023)

Hidroseeding uygulamasının da çevre köylere ekonomik açıdan faydası bulunmaktadır. Bu fayda ise içerisinde bulunan *Medicago sativa L.* (Yonca tohumu), hayvanlar için besin kaynağıdır. Hayvanlarını otlatan köy sakinleri için bu durum ekonomik açıdan fayda sağlamaktadır. Aynı zamanda doğal ortamda yaşayan yabani halde bulunan bazı hayvanlarında besin kaynağını oluşturmaktadır (Şekil 20).



Şekil 20: Hidroseeding Uygulaması (Orijinal, 2021)

Uygulama Çalışmaları

Alan analizleri sonucunda belirlenen ve oluşturulan raporlar göz önüne alınarak materyal ve yöntem oluşturulmuştur. Oluşturulan materyal ve yöntem kapsamında ise yapılan değerlendirme ve araştırmalar sonucunda uygulamaya başlanmıştır. Uygulama alanlarında türbinlerin kanat açıklıkları göz önüne alınarak iş güvenliği açısından belirli sınırlar dâhilinde yaklaşılmıştır. Türbin çevresinde bitkilendirme yapılırken türbinin kanat uzunluğu kadar türbin ile bitkilendirme arasında mesafe bırakılmıştır. Örneğin; türbin kanat uzunluğu 50 metre ise bitkilendirmenin başlama sınırı türbinden 50 metre mesafededir. Bu mesafe türbinin tüm çevresinden eşit şekilde bırakılmaktadır. Bu mesafenin oluşturulmasının iş güvenliği açısından önemi olmasıyla beraber en büyük sebebi uçan canlılardır. Uçan canlılar (özellikle kuşlar) tünemek, dinlenmek veya yaşamak için ağaçları kullanmaktadırlar. Bu kapsamda *Pinus pinea* (Fıstık çamı) dikimi yapılan türbin çevrelerinde oluşturulan bu mesafe önem taşımaktadır. Bu mesafenin bırakılmasının amacı ise uçan canlıların türbin çevresine ve kanatlarına yaklaşmasını önlemektir. Böylece zarar görme oranları en aza düşürülmesi hedeflenmiştir. Aynı zamanda herhangi bir yıldırım düşmesi, yangın gibi afet durumlarına karşı tedbir amacıyla bu mesafeye dikkat edilmelidir. Böyle bir afet durumunda afetin ilerlemesini engellemek ve müdahale durumunu kolaylaştırmak amaçlanmıştır. Erozyon ve heyelan riski olan alanlar özellikle bitkilendirilmeye çalışılmıştır. Toprakta

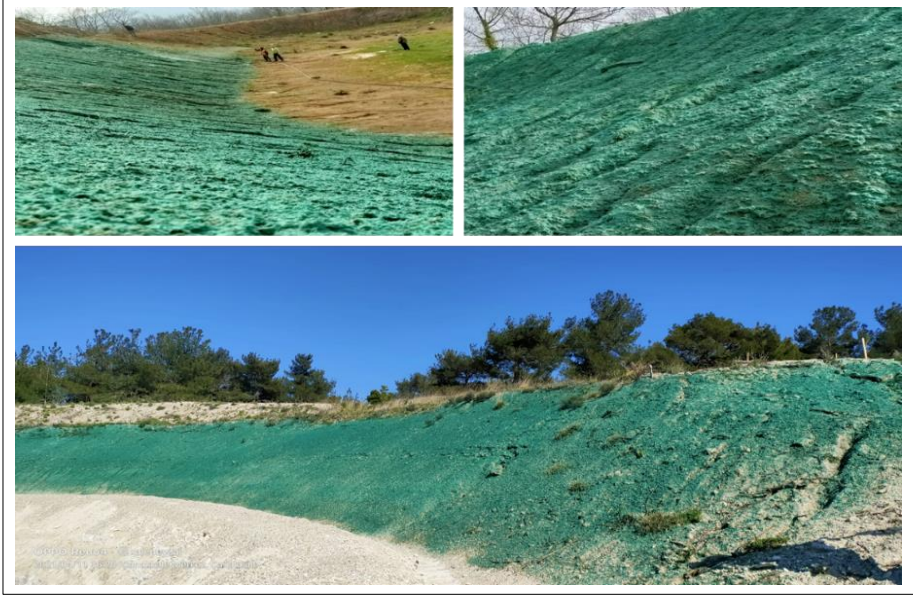
oluşan bu doğal afetin oluşturabileceği (yolların kapanması, can kaybı vb.) olumsuzlukları engellenmek amaçlanmıştır. Yol kenarlarına yapılan bitkilendirmeler ise yol bitki mesafesi dikkate alınarak yapılmıştır. Aracı süren bireyleri etkilememesi, görüntü açısını kesmemesi, bitkilerin yoldan gelebilecek toz, taş vb. olumsuzluklardan etkilenmemesi amaçlanmıştır.

Uygulama kapsamında dikimi yapılan *Pinus pinea* (Fıstık çamı) dikim aralığı 5 metre şeklinde belirlenmiştir (Şekil 21). *Pinus pinea* (Fıstık çamı) dikiminin amacı doğal vejetasyonu destekleyici olmasıdır. Doğal vejetasyonu destekleyen bu bitki, peyzaj rehabilitasyonunu en iyi şekilde sağlamaktadır. Doğal dokuyu korumak ve çevredeki bitki gruplarına uyum sağlaması açısından sıra dikim yerine çapraz dikim (dağınık formlu dikim) yapılmıştır.

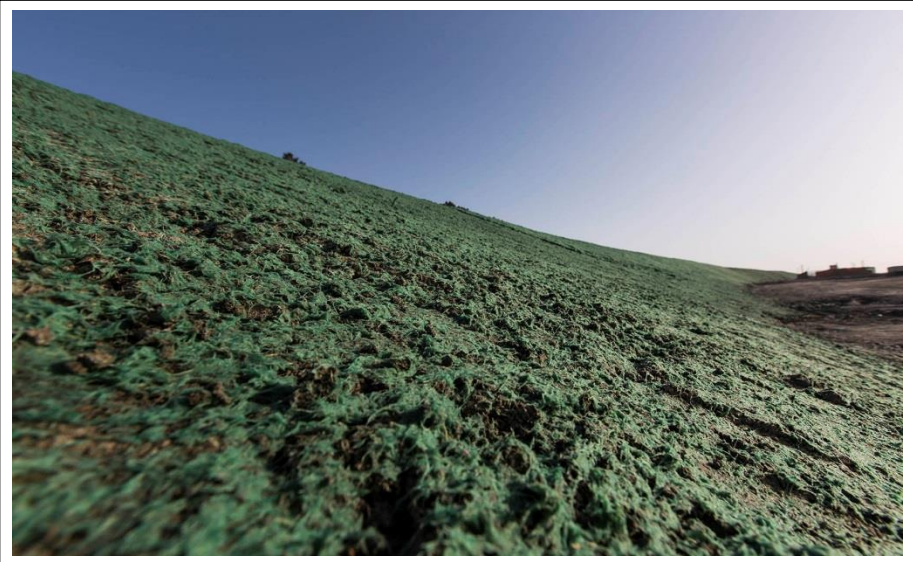


Şekil 21: *Pinus pinea* (Fıstık Çamı) Dağıtımı (Orijinal, 2021)

Yapılan hidroseeding uygulaması ise, diğer alanlara göre daha büyük olan alanlarda, türbin çevrelerine yakın olan düz ve eğimli alanlarda uygulanmıştır (Şekil 22). Bununla beraber doğal vejetasyonun hâkim olması gereken alanlarda da hidroseeding uygulaması tercih edilmiştir. Hem doğal doku korunmuş hem de eğimli arazilerde yaşanması olası görünen doğal afetlerin önlemi alınmıştır (Şekil 23).



Şekil 22: Düz ve Eğimli Alanlar Hidroseedling Uygulaması (Orijinal, 2021)



Şekil 23: Eğimli Alanlarda Hidroseedling Uygulaması (Url 4)

Dikimi tamamlanmış olan tüm bitkiler için can suyu oldukça önemlidir. Yapılan ağaç dikimi ve hidroseedling uygulamalarının ardından el ve tanker yardımı ile can suları verilmiştir. El ve tanker yardımı kullanılmasının sebebi

ise alanların büyük ve su kaynağına uzak olması ve bu alanlara sulama sisteminin kurulamamasıdır.

Çanakkale çevresinde belirlenen üç alan için de belirlenen uygulama yöntemleri aynı şekilde tamamlanmıştır.

Bitkilendirme çalışmaları

Çalışma kapsamında Hasanoba, Kocalar ve Üçpınar RES türbinlerinin çevresinde yapılan bitkilendirme çalışmaları sonucunda alanlara toplam sırasıyla 3520, 2000 ve 11.200 adet *Pinus pinea* fidanı dikilmiş durumdadır. Yapılan araştırmalar ve soru cevaplar sonucunda türbin alanlarındaki çalışmalar ortalama olarak üç dört gün arası sürmüştür. Dikim ekibinde bulunan toplam işçi sayısı net bilinmemekle beraber tahmini olarak 25 işçidir. Bu işçiler üç alanda da çalışmıştır. Bu kapsamda ve uygulamada fidanların yerlerine dağıtılması, dikimi ve hereklenmesi yapılmıştır. Hidroseeding uygulaması ise ağaçlandırma çalışmasından sonra açık kalan türbin alanlarına yapılmıştır (Şekil 24).



Şekil 24: Dikim Boşluklarına Uygulanan Hidroseeding Uygulaması (Orijinal, 2021)

Doğal doku sağlama açısından fidanların arasında kalan boşluklara da hidroseeding uygulaması yapılmıştır. Bu sayede zemin üzerinde kalan toprak dokusu kapatılarak doğal doku sağlanması amaçlanmıştır.

Yönetim, Kontrol ve İzleme

Yapılan uygulamaların ardından alanlar ilk 6 ay ekip tarafından kontrol edilmiştir. Dikimi gerçekleşmiş olan bitkilerin gübre, su, ilaç, budama, aralama, herekleme ve tutmama/zarar görme durumlarının takibi yapılmıştır. Yapılan bu uygulamalar ve analizler ile bitkilerin sağlıklı şekilde gelişmesini sağlamak ve doğal vejetasyon ile uyumlu bir şekilde gelişmeleri amaçlanmıştır.

Sulama

Yapılan bitkilendirme çalışması kapsamında ağaç dikimleri ve hidroseeding uygulaması yapıldıktan sonra el ve tanker yardımı ile can suları verilmiştir. Türbin alanlarına otomatik sulama sistemi kurulmamıştır. Bunun sebepleri alanların sistem kurulmasına uyumlu olmaması ve su kaynağına uzak olmasıdır.

Dikimi yapılan fidanlar için sulama derinliği 15-20 cm derinliği olarak belirlenmiştir. Sulama konusunda en önemli etkenlerden birisi ise alanın toprak yapısıdır. Toprak yapısının çeşitlerine göre bitkiye verilmesi gereken su değişiklik göstermektedir. Toprak su tutma kapasitesi, geçirgenliği gibi durumlar en önemli etkenlerdir. Alanlar içerisinde bulunan toprak yapısının su tutma kapasitesi yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan bu analiz sulama süresinin ve verimliliğinin belirlenmesinde kaynak oluşturmuştur.

Sulama aşamasında ise toprağın suyu tutma kapasitesine paralel olarak toprağın nemli kalması ve toprağın bir sonraki sulama zamanına kadar kurumaması sağlanmıştır. Hidroseeding uygulamasında ise kullanılan/atılan tohumların nemli kalması ve çimlenmesi için daha sık bir sulama yapılmıştır (Şekil 25).

Ağaç dikimi ve hidroseeding uygulaması yapılan alanlara sulama sistemi kurulma ihtimali bulunmamaktadır. Bundan dolayı sulama suyu tanker yardımı ile alanlara getirilmektedir. Tankerlerden elle sulama yapılmıştır.



Şekil 25: Sulamada Kullanılan Tanker Aracı Örneği

RES alanlarının iklim özelliklerine göre serin olan bölgelerde ve günlerde sulama saatleri gün içerisinde yayılmıştır. Sıcaklığın daha yüksek olduğu bölgelerde ve günlerde sulama günde 2 defa (sabah-akşam) yapılmıştır. Yağmurlu havalarda ise toprak suya doyduğu için sulama yapılmamıştır. Bu süreçte toprak sürekli olarak kontrol edilerek sulamaya karar verilmiştir. Yapılan sulama uygulaması sonucunda ağaçlandırma uygulamasında herhangi bir kuruma veya bozulma görülmemiştir. Hidroseeding uygulaması yapılan alanlarda ise 7-10 gün içerisinde çimlenme başladığı görülmüştür (Şekil 26).



Şekil 26: Hidroseeding Uygulamasının Çimlenmesi (Orijinal, 2021)
Destek ve Herekleme

Fidanlara uygulanan herekler dikim ile paralel şekilde yapılmıştır. Dikimi yapılan her fidana hemen herekleme yapılmıştır. Fidan boylarının küçük olması sebebiyle 50 cm uzunluğunda herekler tercih edilmiştir (Şekil 27).



Şekil 27: Destek ve Herekleme (Orijinal, 2021)

Hereklerin 15 cm toprak altına girerek 35 cm toprak üstünde bırakılmıştır. Herekler yerleştirilirken rüzgârın geliş yönüne dikkat edilmiştir. Fidanların desteğinin yıkılmaması için hangi noktadan alması gerektiği, köklenme süresinin kısılması ve kökünün hava alarak kurumaması açısından önemlidir. Bununla beraber fidanın kök yapısına ve gelişimine zarar vermemek adına fidan ile 8 cm uzaklıkta toprağa yerleştirilmiştir.

Gübreleme

Hidroseeding uygulaması kapsamında gübreleme yapılmıştır. Hidroseeding içinde gübre, tohum, malç, yapıştırıcı ve diğer malzemeler karıştırılıp uygulanmıştır.

Fidan dikimlerinde ise herhangi bir gübrelemeye ihtiyaç duyulmamıştır. Alanların toprak yapısı kahverengi orman toprağıdır. Bu toprak, organik madde açısından zengin ve pH derecesi düşüktür. Bu özellik dikim yapılan bitkiler açısından verimlidir ve organik maddeleri bünyelerine kolayca alabilecekleri bir yapıdadır. Bu sebeple fidan dikiminde gübreleme tercih edilmemiştir. Ekstra gübre verilmesi durumunda bitkilerin gübreden dolayı yanarak ölmesi sonucu oluşabilmektedir. Bu sebeple türbin alanlarına dikilen fidanlara gübreleme yapılmamıştır. Uygulamaları yapan ekip, fidan kontrolleri süresince ihtiyaç halinde fidanlara gübre verileceğı kararına varmıştır.

5.2. Rüzgâr Enerji Santrali Şalt Sahası Uygulamaları

Şalt sahası, RES bölgesinde çalışan kişilerin bulunduğu alanlardır. Bu alanların, yaşanılabilir nitelikte olmaları önem taşımaktadır. Türbin çalışmaları materyal ve yöntem kısmında bahsedildiğı gibi doğal vejetasyona uyumlu, iklim koşullarına elverişli ve estetik özellikleri bünyesinde bulunduran bitkilerin tercih edilmesi önemlidir. Bu alanlar da yapılan uygulamalar peyzaj rehabilitasyonundan çok peyzaj tasarımına hitap etmektedir. Bu kapsamda şalt sahası için çeşitli bitkiler tercih edilmelidir. Şalt sahası içerisinde estetik kriterler göz önüne alınarak beton etkisi yok edilmelidir. Şalt sahası dışında ve çevresinde ise hem estetik kriterler hem de teknik kriterler bir arada ele alınmalıdır. Bunların yanı sıra sürdürülebilir bir peyzaj tasarımı yapılmalıdır. Bu kapsamda Çanakkale Hasanoba, Kocalar ve Üçpınar Rüzgâr Enerji Santrali şalt alanlarının dış kısmı için tercih edilebilecek bitkiler şu şekilde belirlenmiştir (Şekil 28, 29).

- *Nerium oleander* (Zakkum)
- *Cupressus arizonica* (Mavi servi)
- *Ligustrum vulgare* (Kurtbağrı)
- *Cupressus sempervirens* (Kara servi)
- *Viburnum lucidum* (Parlak yapraklı kartopu)
- *Lavandula officinalis* (Lavanta)

- *Laurus nobilis* (Defne)
- *Pyracantha coccigea* (Ateş dikenini)
- *Forsythia intermedia* (Altın çanağı)
- *Cotoneaster spp.* (Dağ muşmulası)
- *Spiraea spp.* (Keçi sakalı)
- *Juniperus chinensis* (Yayılcı ardıç)
- *Hedera helix* (Kaya sarmaşığı)



Nerium oleander
(Zakkum) (Url 5)



Cupressus arizonica
(Mavi servi) (Url 6)



Ligustrum vulgare
(Kurtbağı) (Url 7)



Cupressus sempervirens
(Kara servi) (Url 8)



Viburnum lucidum
(Parlak yapraklı kartopu) (Url 9)



Lavandula officinalis
(Lavanta) (Url 10)

Şekil 28: Şalt Alanlarının Dışında Kullanılan Bitkiler



Laurus nobilis (Defne)
(Url 11)



Pyracantha coccinea
(Ateş dikenini) (Url 12)



Forsythia intermedia
(Altın çanağı) (Url 13)



Cotoneaster spp. (Dağ
muşmulası) (Url 14)



Spiraea spp. (Keçi
sakalı) (Url 15)



Juniperus chinensis
(Yayılcı ardıç) (Url
16)



Hedera helix (Kaya
sarmaşığı) (Url 17)

Şekil 29: Şalt Alanlarının Dışında Kullanılan Bitkiler

Tercih edilmiş olan bitkiler doğal dokuya uyumlu olan ve doğal vejetasyonda yetişen bitkilerdir. Bu bitkilerin tercih edilmesinin bazı sebepleri bulunmaktadır. Bu sebeplerden bir tanesi ise tüketilebilir olmasıdır. Tüketime uyumlu bitkiler ise lavanta, defne, altın çanağı, dağ muşmulası ve keçi

sakalıdır. Bu bitkiler hem şalt sahasında çalışanlar hem de çevre köylerde yaşayanlar için tüketim kaynağı oluşturmaktadır. Aynı zamanda köyde yaşayanlar için geçim kaynağı oluşturabilecek bitkilerdir. Örneğin lavanta bitkisinin bulunduğu alanlarda arıcılık faaliyeti yapılabilir ve lavanta balı üretimi sağlanabilmektedir. Defne bitkisinin yaprakları yemeklerde kullanılabilir, çayı yapılarak tüketilebilmektedir. Altın çanağı bitkisi çay olarak tüketilmektedir. Dağ muşmulası bitkisinin meyvesi yenilebilmektedir. Keçi sakalı bitkisinin ise kurutulan çiçekleri çeşitli otlarla birleştirilerek çay olarak kullanılmaktadır.

Dış kısımlarda kullanılan bitkiler dışında şalt sahasının içerisinde de bitkisel tasarımlar yapılmıştır. Bu konumda doğal ortama uyum sağlayabilecek alanın iklim şartlarına elverişli bitkilerin seçilmesi dışında peyzaj tasarımı yapılması da önem taşımaktadır. Doğaya uyumluluğu ile beraber estetik açıdan da önemli ve etkili bir peyzaj tasarımı yapılmalıdır. Bu kapsamda Çanakkale Hasanoba, Kocalar ve Üçpınar Rüzgâr Enerji Santrali şalt sahalarının iç kısmında kullanılmak üzere seçilen bitkiler aşağıda belirtildiği gibidir.

- *Photinia fraseri* (Alev çalısı)
- *Phormium tenax* (Formiyum)
- *Prunus cerasifera* (Süs eriği)
- *Morus nigra pendula* (Ters dut)
- *Osteospermum ecklonis* (Bodrum papatyası)
- *Cyperus alternifolius* (Japon şemsiyesi)
- *Cupressus leylandii* (Leylandi)
- *Oenothera lindheimeri* (Gaura)
- *Lavandula officinalis* (Lavanta)
- *Olea europea* (Zeytin ağacı)

Tercih edilmiş olan bitkiler dayanıklılıkları, estetik değerleri, bakım istekleri, toprak tutma kapasiteleri ve perdeleme özellikleri gibi kriterler değerlendirilerek seçilmiştir. Bu kapsamda bitkilendirme ve sulama tasarımı yapılmıştır. Tercih edilen bu bitkiler arasında da tüketimi sağlanabilen bitkiler de bulunmaktadır. Bu durum ise sadece şalt alanında çalışan kişilerin yararlanmasını sağlamaktadır. Tercih edilen bitkiler genellikle çalı formuna sahip olan çok yıllık bitkilerdir.

Uygulama

Bitki tercihlerinde kullanılan *Hedera helix* (Kaya sarmaşığı) şalt çevresinde bulunan yüksek ve dik alanları kapatmak amacıyla tercih edilmiştir. *Hedera helikopter* (Kaya sarmaşığı) hızlı büyüyen bir örtücü bitkidir. Şalt alanlarında bulunan otopark ve çevresindeki görüntü estetik açıdan iyileştirilmek istenmiştir. Bu kapsamda; *Nerium oleander* (Zakkum), *Viburnum lucidum* (Parlak yapraklı kartopu), *Pyracantha coccinea* (Ateş dikenini), *Cotoneaster spp.* (Dağ muşmulası), *Spiraea spp.* (Keçi sakalı), *Forsythia intermedia* (Altın çanağı) ve *Lavandula officinalis* (Lavanta) tercih edilmiştir. Bu bitkiler hem doğal vejetasyona uyumlu hem de bakımı kolay bitkilerdir. Belirlenen bu alanlarda perdeleme sağlaması için *Cupressus arizonica* (Mavi servi), *Cupressus sempervirens* (Kara servi), *Ligustrum vulgare* (Kurtbağrı) ve *Laurus nobilis* (Defne) tercih edilmiştir. Bu bitkilerin tercih edilme sebebi ise boylanan ve seperatör görevi gören bitkilerdir. Alan içerisinde kot farkının bulunduğu yerlerde erozyon ve heyecan ihtimaline karşı yamaçlar için *Juniperus chinensis* (Yayılcı ardıç) tercih edilmiştir. Erozyon ve heyelan tehlikesi olan bölgelerde tercih edilmesinin sebebi; ardıç çok boylanmaması ve yanlara doğru büyümesi sebebiyle sürünücü bir bitkidir ve bu yüzden tercih edilmiştir.

Şalt sahası içerisinde estetik, güzel bir görüntü için saksıların içerisinde süs bitkileri ve ağaçlar kullanılmıştır. Giriş alanı ve bina çevresi çeşitli şekillerde saksı grupları ile tasarlanmıştır. Bu tasarım alana renk, doku ve boyut kazandırmıştır.

Bitkilendirme Süreci

Uygulama kapsamında net sayı belli olmamakla beraber ortalama olarak Hasanoba, Kocalar ve Üçpınar Rüzgâr Enerji Santrali şalt alanlarına sırasıyla 1.052, 427 ve 2.293 adet bitki dikimi yapılmıştır. Bitkilendirme süreci kapsamında bitkilerin dikim yerlerine dağıtımı, dikimi ve gerekli olan bitkiler için herekleme yapılmıştır. Bu süreç net olmamakla beraber toplam 25 işçi ile ortalama olarak 3 gün sürmüştür. Alan içerisinde bulunan tüm bitkilerin dağıtımı yapılırken eş zamanlı olarak bir ekip dikime başlamıştır. Çalı formu olarak dikimi yapılan bitkilere herekleme yapılmazken ağaç formunda olan bitkilere herekleme uygulaması yapılmıştır. Şalt alanları

içerisinde ve çevresinde üç alan da yaklaşık olarak toplam 107 adet saksı kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil 30).



Şekil 30: Şalt Alanında Kullanılan Bazı Saksılar (Orijinal, 2022)

Sulama

Şalt sahalarının yakın çevresi için otomatik sulama sistemi kurulmuştur. Bu alanlar içerisinde hem yağmurlama hem de damlama sulama sistemi bulunmaktadır. Yamaç ve düz alanlar için yağmurlama sulama tercih

edilmiştir. Bu şekilde şalt sahası yakın çevresinde dikimi yapılan fidanların ve doğal bitki örtüsünün sulanması sağlanmıştır. Çeşitli açılara sahip PGP rotor sprinkler (Şekil 31) kullanılarak alanlar sulamalara bölünmüş ve zamanlayıcı sistem sayesinde otomatik sulama sistemi oluşturulmuştur.



Şekil 31: Şalt Alanı Rotor Sprink Örneği (Orijinal, 2022)

Damlama sulama sistemi ise sarmaşık diplerine ve saksı alanları gibi yerlerde kullanılmıştır. Alan büyüklüğüne göre boru uzunluğu değişmekle beraber damlatıcı aralığı da değişen borular kullanılması mümkün olmuştur (Şekil 32). Şalt sahasında 10.000 litre kapasitede su deposu bulunmaktadır.

Depo, sulama sistemine bağlı olarak gerekli olan suyu temin etmektedir. Depo, kuyu suyu ile dolmakta ve kuyu çıkışı ile depo arasında filtrasyon sistemleri bulunmaktadır.



Şekil 32: Şalt Alanı Sulama Sistemi (Orijinal, 2022)

Destek, Herekleme

İhtiyaç duyulan bitkilere uygulanan herekler, dikim ile paralel şekilde yapılmıştır. Bitkiler için 50 cm uzunluğunda herekler tercih edilmiştir. Hereklerin 15 cm toprak altına girerek 35 cm toprak üstünde bırakılmıştır. Herekler yerleştirilirken rüzgârın geliş yönüne dikkat edilmiştir. Dikimi yapılan bitki için rüzgâr yönü çok önemlidir. Bitkinin almış olduğu rüzgâr yönüne göre destek yönü belirlenmektedir. Bununla beraber bitkinin kök yapısına ve gelişimine zarar vermemek adına bitki ile 8 cm uzaklıkta toprağa yerleştirilmiştir.

Gübreleme

Bitki dikimlerinde herhangi bir gübrelemeye ihtiyaç duyulmamıştır. Alanların toprak yapısı Kahverengi Orman Toprağıdır. Bu toprak organik madde açısından zengin ve pH derecesi düşüktür. Bu da dikim yapılan bitkiler açısından verimli ve organik maddeleri bünyelerine kolayca alabilecekleri bir yapıdadır. Bu sebeple bitki dikiminde gübreleme tercih edilmemiştir. Uygulamaları yapan ekip fidan kontrolleri süresince ihtiyaç halinde fidanlara gübre verileceği kararına varmışlardır.

6. SONUÇ

Değişen ve gelişen dünyada enerji ihtiyacı artmaktadır. Artan enerji ihtiyacıyla beraber yenilemeyen enerji ihtiyaçları tükenmek üzeredir. Bundan dolayı yeni enerji kaynakları aranmaktadır. Son yıllarda oldukça ilgi gören enerji kaynaklarından bazıları güneş enerji santralleri ve rüzgâr enerji santralleridir. Bu enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bununla beraber yenilenebilir enerjiye olan ihtiyaç ve tercih her geçen gün artmaya devam etmektedir. Bu araştırma kapsamında yenilenebilir bir enerji olan rüzgâr enerji santralleri değerlendirilmiştir.

Rüzgâr Enerji Santrallerinin (RES) yapım aşamalarında mevcut doğal ekolojik yapıya verilen zararın peyzaj onarımı ve bakımı hakkında bilgi verilmiştir. Bilgilendirme dahilinde Çanakkale kentinin çeşitli konumlarında bulunan rüzgâr türbinleri ele alınmıştır. Bu kapsamda proje sahalarında yapılmış olan bitkilendirme, sulama, destek, herekleme ve gübreleme uygulamaları yapıldığı tespit edilmiştir. Arazi içerisinde türbin çevrelerinde sulama yapılmamakla beraber şalt alanları ve çevrelerine uygulanan bitkilere otomatik sulama sistemi kullanılmıştır. Erozyon ve heyelan oluşturabilecek olan alanlara hidroseeding uygulaması ve çeşitli tek-çok yıllık bitkilerin tohumlaması yapılmıştır. Çanakkale kentinin çeşitli konumlarında bulunan rüzgâr tribünleri yapılan araştırmalar kapsamında peyzaj rehabilitasyonu açısından uygun olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmaların amacı; rüzgâr enerji santrallerinin doğal çevreye vermiş olduğu zararları minimuma indirerek, yenilenebilir enerjilerin kullanımına destek vermektir. Bu kapsamda proje alanları detaylı şekilde araştırılarak analiz edilmelidir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda çevre etkileri

ele alınarak, alanın doğal dokusunu destekleyen, tahribatı önleyen peyzaj rehabilitasyonu yapılmalıdır.

Peyzaj rehabilitasyonu ile beraber doğanın korunması ve doğal vejetasyonun korunarak sürdürülebilir olması sağlanmaktadır. Doğal olaylardan olan erozyon ve heyelan riski bulunan bölgeler için hidroseeding uygulaması ve çeşitli ağaçlandırma çalışmaları yapılmalıdır. İnşaat alanında oluşmuş olan bitkisel boşluklar tamamlanarak doğal bütünlük sağlanmalıdır. Beton zeminin bulunduğu şalt alanlarında ise beton etkisinin kırılması ve çalışanların yaşamlarını olumlu etkileyecek şekilde hem estetik hem de doğal dokuya uyumlu bitkilendirme çalışmaları yapılmalıdır.

Rüzgâr türbinlerinin yerleştirildiği alanların doğal çevre ile uyumlu olmasının sağlanması, bölgedeki manzaranın görsel estetiğini korumada etkilidir. Bu durum, bölgeye olan ziyaretçi ilgisini arttırabilmesi ve rüzgâr çiftliklerini ziyaret eden turistler, hizmet sektörü için potansiyel müşteri kitlesi oluşturmakta olup yerel ekonomiye katkı sağlaması söz konusu olabilmektedir.

Doğru peyzaj tasarımı, türbinlerin doğal habitatları ve göç yolları üzerindeki etkilerini en aza indirebilir ve ekosistemlere zarar verme riskini azaltabilir.

Rüzgâr türbinlerinin çevresindeki altyapı, güvenlik, bakım ve erişim için önemlidir. Peyzaj tasarımı, türbinlere güvenli erişimi sağlayacak yolların ve altyapının planlanmasına yardımcı olmaktadır.

KAYNAKÇA

- Ackermann, T. (2005). *Wind Power in Power Systems*. John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Akfen, (2017). Hasanoba Rüzgar Enerji Santrali Teknik Olmayan Özet Raporu. Erişim adresi: https://ewdata.rightsindevelopment.org/files/documents/33/EBRD-49733_QEw6kqi.pdf
- Akfen, (2018a). Kocalar Rüzgar Enerji Santrali Teknik Olmayan Özet Raporu. Erişim adresi: https://ewdata.rightsindevelopment.org/files/documents/33/EBRD-49733_9xz8Jlt.pdf
- Akfen, (2018b). Üçpınar Rüzgar Enerji Santrali Teknik Olmayan Özet Raporu. Erişim adresi: https://ewdata.rightsindevelopment.org/files/documents/33/EBRD-49733_zcFQDuS.pdf
- Akın, S., & Zeybek, O. (2005). Rüzgârdan Elektrik Üretimi. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Mersin.
- Atabey, E., (2022). Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Çevresel Etkileri ve Milas-Karpuzlu Beşbüyükdağı RES'İ, Yayın Yeri: temizmekan.com.
- Bıçakçı, E., Balabanlı, C., & Acar, E. (2023). Tarım ve Mera Alanlarında Rüzgâr ve Güneş Enerji Sistemleri Kurulması Hakkında Değerlendirmeler. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 700-712.
- Demirtaş, M. (2008). *Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Kullanılarak Şebeke ile Paralel Çalışabilen Hibrit Enerji Santral Tasarımı ve Uygulaması* (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dünya Enerji Konseyi Türkiye, (2021). Küresel Enerji Raporu, Erişim: <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2021/04/2021-Kuresel-Enerji-Raporu-Ozeti.pdf>.(Erişim Tarihi: 22.07.2023)
- Enerji Görünümü, (2021). TSKB Enerji Çalışma Grubu, İSTANBUL.
- Engin, M. (2002). *Fotovoltaik Rüzgâr Hibrit Enerji Sisteminin İzmir Koşullarında Tasarımı ve Denenmesi* (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Erişti, H., & Demir, Y., (2011). Gerçek Zamanlı Güç Kalitesi İzleme Sistemleri ile Elektrik Dağıtım Sistemlerindeki Güç Kalitesinin İncelenmesi. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Fırat Üniversitesi, Elazığ, s. 251-356.
- Erol U. E. (2020). Mordoğan Rüzgâr Enerji Santrali ve Yakın Çevresinin Peyzaj Özelliklerinin İncelenmesi, International Journal of Engineering, Design and Technology, 2(1): 31-41.
- ETKB (2014). Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı. TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- Global Renewable Energy Status, (2015). Launch Of Renewables 2015 Global Status Report. Vienna Energy Forum Vienna.
- Güç Kalitesi Milli Projesi, (2022). TEİAŞ Genel Müdürlüğü, Erişim adresi: www.guckalitesi.gen.tr
- Hayli, S. (2001). Rüzgâr Enerjisinin Önemi Dünya’da ve Türkiye’deki Durumu. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(1): 1-26.
- İlkılıç, Z. (2016). Türkiye’de Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Enerji Sistemlerinin Gelişimi. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 6 (22).
- Kalaycı Önanç, A., Aktaş, E., Balık, G., & Birişçi, T. (2017). Rüzgar Enerji Santralleri Hakkında Yerel Halkın Görüşleri Üzerine Bir Araştırma. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 5(60):306-320.
- Karagöl, T. E., & Kavaz, İ. (2017). Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. SETA, Analiz Dergisi, 4 (197): 5-32.
- Kılıç, N. (2009). Dünyanın Önemli Doğal Kaynağı Rüzgâr Enerjisi. İzmir Ticaret Odası, Ar-Ge Bülteni, Haziran-Ekonomi, İzmir.
- Küresel Rüzgâr Raporu, (2017). Global Wind Energy Council, GWEC., Belgium. Erişim adresi: https://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf
- Muratdağı, T. (2015). Rüzgar Türbinlerinin Kurulum Ve Bakım Süreçlerindeki Risklerin Tespiti, Değerlendirilmesi Ve Çözüm Önerilerinin Sunulması. T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı Ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Özer, B. (2022). Yenilenebilir Enerjilerin Peyzajdaki Güncel Halleri. Peyzaj-Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi, 4(2), 92-101.

- Palabıyık, H., & Kara, M., (2015). Rüzgar Enerjisi ve Sosyal Kabul: Çanakkale-Erenköy Örneği. I. Uluslararası Avrasya Enerji Sorunları Sempozyumu (pp.293-309). İzmir, Turkey.
- Pierpont, N. (2009). Wind Turbine Syndrome: A Report on A Natural Experiment, <http://www.windturbinesyndrome.com/wp-content/uploads/2009/12/Wind-Turbine-Syndrome-Exec.-Sum.-12-20-09.pdf> (Erişim Tarihi: 11.03.2023).
- Roser, M. (2022). Energy Consumption by Source, World. Erişim adresi: <https://ourworldindata.org/grapher/energy-consumption-by-source-and-country>
- Sağlık, A., Alkan, Y., Kelkit, A., Çavuşoğlu, G., & Sağlık, E. (2016). Peyzaj Mimarlığında Fonksiyonel Mekân Çözümlemesine Yönelik Bir Tasarım Çalışması. Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi, 9: 97-110.
- Sağlık, A., Kelkit, A., Doğrusöz, İ., Demirel, K., Sağlık, E., Bayrak, M. İ., & Temiz Topsakal, M. (2023a). İç Mekân Bitkilerinin Kullanıcı Sağlığı Üzerine Etkileri. Sağlık, Alper (Ed.). Ankara: İKSAD.
- Sağlık, A., Sağlık, E., Temiz Topsakal, M., & Bayrak, M. İ. (2023b). Mekânsal Davranış Analiz Yöntemiyle Çevre Dostu Peyzaj Donatısı Tasarımı. Mimarlık Planlama ve Tasarım Alanında Uluslararası Çalışmalar - II (pp.63-88), Ankara: Serüven.
- TEİAŞ, (2021). Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (MW). Erişim adresi: <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>.
- TEİAŞ, (2022). Türkiye Elektrik Üretimi İstatistikleri. Erişim adresi: <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- Url 1: <https://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik/elektrik-enerjisi-nedir-5035/>
- Url 2: <https://maintainengineering.com/turkiye-enterkonnekte-sistemi/>
- Url 3: <https://sewardslandscape.com/services/landscaping/landscape-upgrades/hydro-seeding>
- Url 4: <https://www.karaoglu.com.tr/hydroseeding-sulu-tohumlama-hakkinda-bilmeniz-gereken-hersey>

- Url 5: <https://www.cakirfidan.com/zakkum-cicegi-bitkisi-fidani-agaci--nerium-oleander>
- Url 6: <https://www.tohumevi.com.tr/urun/mavi-servi-agaci-tohumu-cupressus-arizonica>
- Url 7: <https://www.mutbirlik.com/urun/tuplu-cit-bitkisi-ligustrum-kurtbagri-fidani>
- Url 8: <https://www.mutbirlik.com/urun/tuplu-kara-servi-agaci-fidani>
- Url 9: <https://www.onlinebotanik.com/parlak-yaprakli-kartopu>
- Url 10: <https://www.alibotanik.com/urun/lavanta-cicegi-fidani-30-cm>
- Url 11: <https://fidansepetim.com/urun/5-Yas-Defne-Fidani/173>
- Url 12: <https://tuncbotanik.com/urun/ates-dikeni-fidani-20-adet/1352>
- Url 13: <https://www.tohumevi.com.tr/urun/altin-canagi-fidani-forsythia-sp>
- Url 14: <https://www.fidandiyarim.com/urun/dag-musmulasi-cotoneaster-kucuk-yaprakli-70-80-cm-saksili>
- Url 15: <https://www.fidandiyarim.com/urun/keci-sakali-bitkisi-spiraea-japonica-albiflora-saksili>
- Url 16: <https://www.aoc.gov.tr/Portal/BitkiselUretimler/ardic/83>
- Url 17: <http://www.beykozses.com/zehirli-tibbi-orman-bitkilerimiz-5-duvar-sarmasigi.html>



ISBN: 978-625-367-240-9