



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Rüzgar türbinlerinin yaban hayatına etkilerinin incelenmesi

Investigation of the impacts of wind turbines on wildlife

Yazarlar (Authors): Emine Yağız GÜRBÜZ¹, Ayça ALTINTAŞ², Berk SÜRÜCÜ³, Azim Doğuş TUNCER⁴

ORCID¹: 0000-0002-5200-8536

ORCID²: 0000-0003-1578-1754

ORCID³: 0000-0003-2211-7077

ORCID⁴: 0000-0002-8098-6417

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Gürbüz, E. Y., Altıntaş, A., Sürücü, B., ve Tuncer A. D., “Rüzgar türbinlerinin yaban hayatına etkilerinin incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 24(3): 953-962, (2021).

To link to this article (Erişim linki): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.741965

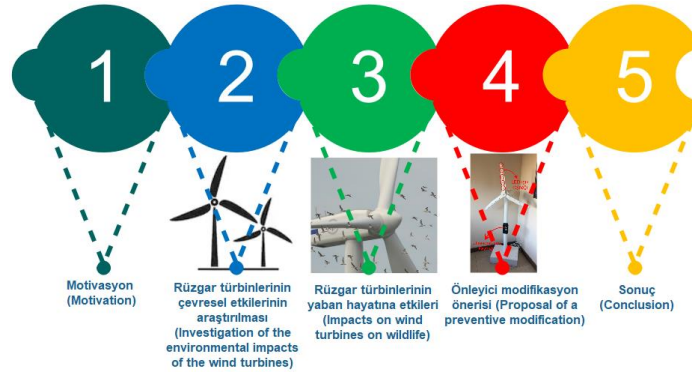
Rüzgar Türbinlerinin Yaban Hayatına Etkilerinin İncelenmesi

Investigation of The Impacts of Wind Turbines on Wildlife

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Rüzgar türbinlerinin çevresel etkilerinin araştırılması (Investigation of the environmental impacts of wind turbines).
- ❖ Rüzgar türbinlerinin kuş, yarasa ve arı habitatu üzerine etkileri (Impacts on wind turbines on bird, bat and bee habitats)
- ❖ Önleyici bir modifikasyon sunumu (Presentation of a preventive modification).

Grafik Özet (Graphical Abstract)



Şekil. Grafik özet / Fig. Graphical Abstract

Amaç (Aim)

Rüzgar türbinlerinin çevresel etkilerinin incelenmesi, kuş, yarasa ve arı ölümlerinin önlenmesi için ses ve ışık modifikasyonu tasarlanması. (Investigation of environmental effects of wind turbines, design of sound and light modification to prevent bird, bat and bee mortality.)

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Rüzgar türbinlerinin çevresel etkileri iki kısımda incelenmiştir. Literatürde yabani hayvanlar ve rüzgar türbinleri ile ilgili çalışmalar incelenmiş ve sonuçlar doğrultusunda ses ve ışık modifikasyonları içeren bir prototip üretilmiştir. (Environmental effects of wind turbines have been examined in two parts. Studies about wild animals and wind turbines available in the literature have been examined and a prototype with sound and light modifications has been produced in line with the results.)

Özgünlük (Originality)

Rüzgar türbinlerinin çevresel etkileri detaylı bir biçimde incelenmiştir. Hem ses hem de ışık modifikasyonları içeren yenilikçi bir prototip tasarlanarak üretilmiştir. (Environmental effects of wind turbines have been analyzed in detail. An innovative prototype with both sound and light modifications was designed and manufactured.)

Sonuç (Conclusion)

Rüzgar türbinlerinin özellikler kuş ve yarasa ölümleri ile doğrudan ya da dolaylı ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Üretilen ve sunulan prototipin hayvan ölümlerini önleyici olacağı düşünülmektedir. (It has been determined that wind turbines are directly or indirectly related with bird and bat deaths. The prototype produced and presented is thought to be preventive for animal mortality.)

Declaration of Ethical Standards

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler./ The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Rüzgar Türbinlerinin Yaban Hayatına Etkilerinin İncelenmesi

Derleme Makalesi / Review Article

Emine Yağız GÜRBÜZ, Ayça ALTINTAŞ, Berk SÜRÜCÜ, Azim Doğuş TUNCER

¹Enerji Sistemleri Mühendisliği, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

²Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

³Enerji Sistemleri Mühendisliği, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye

(Geliş/Received : 23.05.2020 ; Kabul/Accepted : 24.06.2020 ; Erken Görünüm/Early View : 29.06.2020)

ÖZ

Yenilenebilir enerji kaynakları, zararlı emisyonlar açığa çıkarmadığı için temiz ve sürdürülebilir niteliktedir. Ancak bu kaynakların kullanımı farklı çevresel etkilere sahiptir. Bu çalışmada, rüzgar türbinlerinin çevresel etkileri incelenmiştir. Aynı zamanda açık deniz rüzgar türbinlerinin de özellikle kuşlar açısından tehlikeleri araştırılmıştır. Rüzgar türbinlerinin yol açtığı gürültü etkisi, estetik ve elektromanyetik etkiler ile birlikte yaban hayatına olan etkisi incelenerek tartışılmıştır. Yaban hayatına olan etkileri kuşlar, yarasalar ve arılar olmak üzere üç kısımda açıklanmıştır. Yaban hayatın rüzgar türbinlerinden etkilenmelerinin minimum düzeyde sınırlandırılması için yanıp sönen ışığın sürekli ışığa göre tercih edilmesi gerektiği ve sürekli ışık gerekiyorsa kırmızı ışığın uygulanması gerektiği bulunmuştur. Çalışmanın son bölümünde, kuşlar ve yarasalar gibi ekosistemin önemli parçaları olan canlıların rüzgar türbinleri vasıtasıyla ölümlerini önleyebilmek amacıyla ses ve ışık uyarıcıları modifikasyonlarını içeren bir prototip tasarlanmış, imal edilmiş ve sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Rüzgar türbini, çevresel etki, gürültü, yabani hayat, kuş ölümü.

Investigation of the Impacts of Wind Turbines on Wildlife

ABSTRACT

Renewable energy sources are clean and sustainable also they do not emit harmful emissions. However, usage of these resources has different environmental impacts. In this study, the environmental effects of wind turbines are examined. At the same time, the dangers of offshore wind turbines, especially for birds, have been investigated. The effect of noise caused by wind turbines, together with aesthetic and electromagnetic effects on wildlife have been examined and discussed. Their impact on wildlife is described in three parts: birds, bats and bees. It is found that flashing light should be preferred over continuous light in order to minimise the effects of wildlife on wind turbines, and red light should be applied if continuous light is required. In the final part of the study, a prototype containing modifications of sound and light stimulators is designed, manufactured and presented in order to prevent the death of living things that are important parts of the ecosystem, such as birds and bats, by means of wind turbines.

Keywords: Wind turbine, environmental impacts, noise, wildlife, bird mortality.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin en aza indirgenmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın ve etkin kullanımı oldukça önemlidir. Artan nüfus ve enerji talebi, fosil yakıt kaynaklarının sınırlı oluşu ve çevresel endişeler neticesinde son yıllarda sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelim hızla bir artış göstermiştir [1-3].

Rüzgar enerjisi, yenilenebilir kaynaklardan faydalanılması için etkili bir çözümdür. Rüzgardan enerji eldesi, temel olarak rüzgardan türbin kanatları ile mekanik enerji elde edilmesi ve bunun jeneratör ile elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile gerçekleşmektedir. Uzun yıllardır rüzgar enerjisini kapsayan çalışmalar süregelmektedir. Bu çalışmalar temelinde iki kısma ayrılabilir. Bunlardan ilki belirli bölgeler için ölçülen rüzgar hızı ve çeşitli parametrelerin kullanılarak farklı

dağılımlar ve yöntemler ile modelleme ve tahmin çalışmalarını içermektedir. Kılıç tarafından yapılan çalışmada, Burdur ilinin rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemek için bu ilde bulunan dört farklı istasyondan 2009-2016 yılları arası rüzgar hız değerlerini kullanarak 2030 yılı sonuna kadar rüzgar hızı tahmin edilmiştir [4]. Başka bir çalışmada, Emeksiz ve Demirci [5], Türkiye’de açık deniz rüzgar türbin santrallerinin kurulabileceği uygun kıyı bölgelerinin tespit edilmesi için analitik hiyerarşi yöntemini (AHP) kullanmıştır. Sonuç olarak, Bafra, Sinop ve Mersin’in kıyı bölgelerinde açık deniz rüzgar türbinlerinin kurulabileceği ve toplam tahmini kapasitenin 9021 MW olabileceği sonucunu bulmuşlardır. Akdağ ve Güler [6], rüzgar çiftliklerinin enerji potansiyelini tahmin etmek için Weibull dağılım parametrelerinin yeni bir metod ile değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Alternatif Moment Yöntemi (AMM) olarak tanımlanan yöntemin diğer yöntemlere göre ortalama hata payının daha düşük olduğunu kanıtlamışlardır. Belirttiği gibi rüzgar üzerine yapılan

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : azimdtuncer@gmail.com

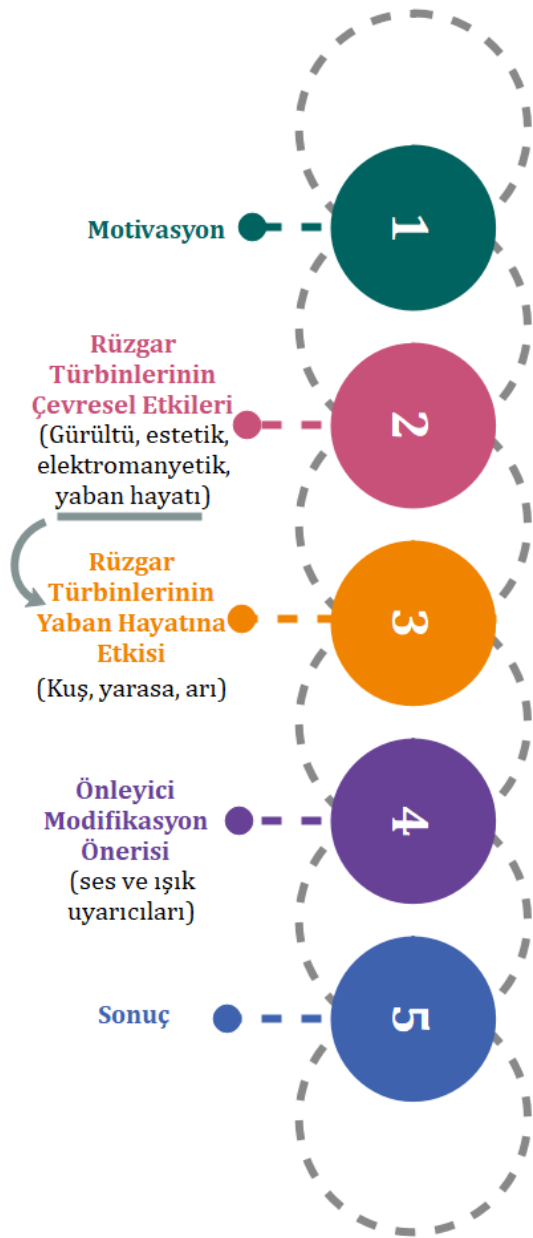
diğer çalışmalar ise türbin performansının incelenmesi ve artırılması ile ilgili çalışmalardır. Wang ve ark. [7], farklı bir çalışmada rüzgar türbinlerinin tayfun durumunda titreşim özelliklerini ve yapısal tasarım standartlarını incelemişlerdir. Yazarlar çalışmada büyük rüzgar türbinlerinin tayfunun farklı hareket aşamalarındaki aerodinamik yükler ve dinamik tepkisi, bıçak elemanı momentumu, çok gövdeli dinamik yöntemler, spektral analiz ve veri istatistikleri temelinde sistematik olarak analizini gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonuçlarında, önerilen yöntem ile büyük rüzgar türbinlerinin titreşim özelliklerinin tahmin edilebileceğini göstermişlerdir. Yakın zamanda yapılan başka bir çalışmada ise 1.5 MW'lık bir rüzgar türbininin çalışma durumu ve kulenin titreşim tepkisi uzun süre izlenmiştir. Rüzgar türbininin farklı çalışma koşullarında titreşim karakteristiği ayrıntılı olarak tartışılmış ve nominal dönüş hızı durumunun en yüksek titreşim seviyesine sahip olduğu gözlenmiştir [8]. Lee ve Lee [9], yaptıkları çalışmada, iki küçük ölçekli rüzgar türbininin aerodinamik yüklerini hesaplamak için doğrusal olmayan girdap kafes yöntemini (NVLM) kullanmışlardır. Farklı bir çalışmada, rüzgar türbini kanatları üzerinde yapılacak değişikliklerin yatay eksenli rüzgar türbininin performansına etkisi üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla, çalışmada rüzgar türbini kanatları bazı küresel çukurlar kullanılarak pasif olarak değiştirilmiştir. Daha sonra bıçak eğim açısının ve rüzgar hızının etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, en iyi durum için torkun yaklaşık %16.08 oranında artırabileceğini ortaya koymuştur [10]. Jiang ve ark. [11], başka bir çalışmada yeni bir dikey eksenli rüzgar türbini (VAWT) sisteminin tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Sistemin performansı ilk olarak rüzgar tüneli deneylerinde ölçülmüş ve ardından üç boyutlu hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) simülasyonları ile doğrulanmıştır. Yeni tasarımda bir saptırıcı kullanımının ikiz VAWT sisteminin performansını artırmak için basit ve pratik bir yaklaşım olduğu bulunmuştur.

Rüzgar enerjisi potansiyeli ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle Rayleigh ve Weibull dağılımları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Usta ve ark. [12] yaptıkları bir çalışmada rüzgar enerjisi tahmini için Weibull parametrelerinin hesaplanmasında kullanılabilecek yeni bir tahmin yaklaşımı sunmuştur. Çok amaçlı momentler yöntemi (MUOM) olarak adlandırılan bu yeni yaklaşım, hata oranının en aza indirilmesini önermektedir. Elde edilen sonuçlar MUOM yönteminin kesinlikle Weibull dağılımına dayalı rüzgar enerjisi tahmininde diğer iyi bilinen yöntemlere göre daha doğru tahminler sağladığını göstermiştir. Ozay ve Celiktas [13] tarafından yapılan başka bir çalışmada ise İzmir Çeşme'de bulunan Alaçatı bölgesinin rüzgar özelliklerini analiz etmek için iki parametrelili Weibull istatistiksel dağılımı kullanılmıştır.

Veri kümesinin tamamı için ortalama rüzgar hızı 8.11 m/s olarak elde edilmiştir. Khanlari ve ark. tarafından yapılan çalışmada ise istatistiksel yaklaşımlar kullanılarak Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki bazı bölgelere ait rüzgar potansiyeli belirlenmiştir [14]. Çelik tarafından yapılan başka bir çalışmada, küçük ölçekli rüzgar enerjisi sistemlerinin aylık performansını tahmin etmek için basitleştirilmiş bir algoritma sunulmuştur. Basitleştirilmiş algoritma kullanılarak sistem performansının tahmininde hesaplanan standart hatalar da ayrıca çalışmanın sonuçlarında sunulmuştur [15]. Khanlari ve ark. tarafından yapılan çalışmada ise Gelibolu Yarımadası'nın rüzgar potansiyeli araştırılmıştır. Sonuçlara göre bölgenin off-shore rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri için büyük bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir [16].

Ek olarak makina öğrenme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar da son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Bununla ilgili olarak Jahangir ve ark. [17] tarafından yapılan bir çalışmada Yapay Sinir Ağları (YSA) dayalı olarak çok modlu bir kısa vadeli rüzgar hızı tahmin çerçevesi önerilmiştir. Benzer şekilde Demolli ve ark. [18] günlük rüzgar hızı verilerine dayanarak beş makine öğrenimi algoritması kullanılarak uzun vadeli rüzgar enerjisi tahminini yapmışlardır. Ayrıca makine öğrenimi algoritmalarının performanslarını ortaya çıkarmak için çeşitli vaka çalışmaları yapmışlardır. Sonuçlar, makine öğrenimi algoritmalarının, geçmiş rüzgar hızı verilerine göre uzun vadeli rüzgar enerjisi değerlerini tahmin etmek için kullanılabileceğini göstermiştir. Işık ve ark. [19] tarafından yapılan çalışmada ise Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki rüzgar potansiyeli ve hayvancılık faaliyetleri yapay sinir ağları ile modellenmiştir. Çalışmada hayvancılık ve enerji üretiminin birlikte sürdürülebilir potansiyeli incelenmiştir. Yin ve ark. [20], rüzgar enerjisinin elektrik şebekesine büyük ölçekli entegrasyonu üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışma ile, ikincil hibrit ayırma yaklaşımı kullanarak kısa vadeli rüzgar enerjisi tahmini için yeni bir hibrit tahmin modeli geliştirmişlerdir.

Yenilenemeyen kaynakların elektrik enerjisi üretim prosesinde bir kaynak olarak kullanılması, yanma sonucu açığa çıkan çeşitli emisyonların atmosfere salınımına neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, fosil yakıtlara bağlı zararlı emisyonların azaltılmasını sağlamaktadır. Ayrıca bu enerjilerin kaynağını doğal prosesler olması onları "yenilenebilir" şeklinde tanımlamamıza olanak sağlamaktadır. Ancak yine de yenilenebilir enerji kaynaklarını tamamen "çevre dostu" olduğunu düşünmek oldukça zordur.



Şekil 1. Çalışmanın temel adımları (Main steps of the present study)

Dünyada giderek artan enerji talebinin karşılanması için daha fazla rüzgar türbini kurulmakta ve bu türbinleri yerleşim bölgelerinden uzakta tutmak oldukça bir hale gelmektedir. Bu türbinler insanların yaşam alanlarının yakınlıklarına yerleştirildiğinde, gürültü, titreşim ve estetik gibi olumsuz durumlarla karşılaşılabilir. Rüzgar türbinlerinin yerleşim yerlerine yakın alanlarda kurulmasının, insanların zihinsel ve fiziksel sağlıklarına etkisi dışında bazı çevresel olumsuzlukları da mevcuttur. Bu çalışmada rüzgar türbinlerinin yaban hayatı üzerine olan olumsuz etkileri incelenmiştir. Çalışmanın temel amacı rüzgar türbinlerinin neden olduğu çevresel olumsuzlukları açıklayarak, bu türbinlerin faaliyetleri

sırasında yabani canlıların ölümünü engelleyebilecek önleyici bir modifikasyonun sunulmasıdır. Çalışmanın adımları Şekil 1’de sunulmuştur.

2. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ (ENVIRONMENTAL IMPACTS OF WIND TURBINES)

Rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri dendiğinde akla gelebilecek ilk çevresel olumsuz etki gürültü kirliliğidir. Rüzgar türbinlerindeki gürültüyü mekanik ve aerodinamik olarak iki kısımda ele almak mümkündür. Mekanik gürültü, jeneratör, vites kutusu mil yatağı ve diğer yardımcı cihazlarda bulunan çeşitli hareketli bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Aerodinamik gürültü ise kanatlardan kaynaklanmaktadır. Aerodinamik gürültü temel olarak kanat yüzeyi ile havanın akışı farklı şekillerde etkileşmesiyle meydana gelmektedir. Açığa çıkan gürültü miktarı bu bileşenlerin biçimlerine ve özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir [21-23].

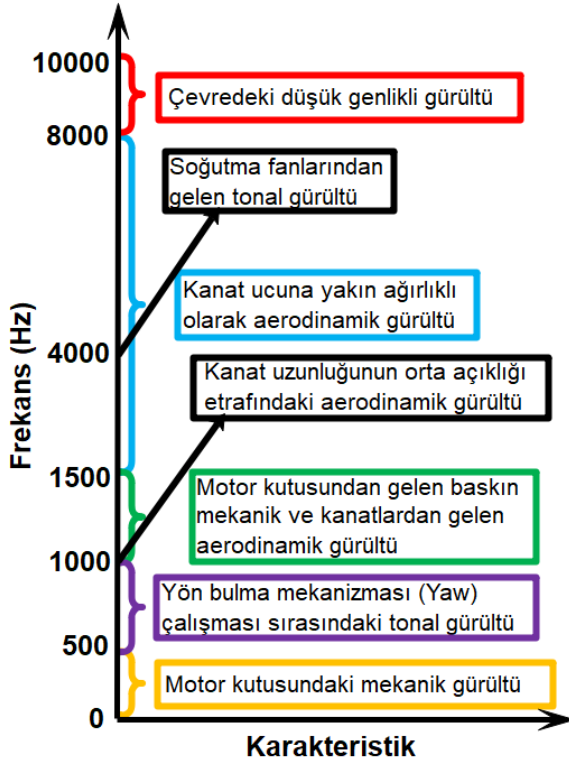
Gürültü çeşitleri frekans spektrumuna göre iki farklı grupta incelenebilmektedir. Bunlar sürekli geniş bant gürültüsü ve sürekli dar bant gürültüsüdür. Birçok gürültü sürekli bir spektrum ihtiva etmektedir. Gürültüyü meydana getiren sese ait olan frekans tüm frekans boyunca yayılmış durumdadır. Sürekli geniş bant gürültüsü bu şekilde tanımlanabilmektedir. Sürekli dar bant gürültüsünde ise birkaç frekans yoğun olarak bulunmaktadır.

Mekanik gürültü ağırlıklı olarak tonal karakterdedir, yani mekanik kaynaklardan üretilen gürültü belirli frekanslar etrafında zirve yapar ve insan kulağı için geniş bant gürültüsünden daha rahatsız edici gelmektedir. Geniş bant gürültüsünün aksine frekans spektrumu sürekli olmayabilir. Bununla birlikte, ses emici malzemeler kullanılması, titreşim azaltma metodları uygulanarak ve makine bölümü (nacelle) düzgün bir şekilde korunarak mekanik gürültü büyük ölçüde azaltılabilmektedir.

Aerodinamik gürültü, akış yapılarının kanat yüzeyi ile etkileşmesinden kaynaklanan akış kaynaklı gürültü olarak tanımlanabilmektedir. Rüzgar türbinlerinden ortaya çıkan aerodinamik gürültü, giriş türbülansı gürültüsü ve kanadın kendi gürültü mekanizması olarak sınıflandırılabilir. Giriş türbülansı gürültüsüne, kanat yüzeyinin (özellikle ön kenarın) yaklaşan atmosfer türbülansı ile etkileşimi neden olmaktadır. Türbülanslı girdapların kanat ile etkileşimi, düşük frekans spektrumunda bulunan, büyük ölçüde atmosferik türbülans yoğunluğuna ve türbülans uzunluğu ölçeğine bağlı olan geniş bant gürültüsü üretmektedir. Rüzgar türbinlerine ait gürültü çeşitlerinin frekansa bağlı dağılımları Şekil 2’de gösterilmektedir.

Şekil 2’den görüleceği gibi, rüzgar türbini kabinindeki (nacelle/nasel) mekanik gürültü hem tonal hem de geniş bant özelliklerine sahiptir. Ayrıca, mekanik gürültü 100-500 Hz arasındaki düşük frekanslarda ana gürültü kaynağıdır. Bunun nedeni, rüzgar türbini kanadının dönüş hızının küçük değerlerdeki frekansla çok daha

düşük olmasıdır. 500-1000 Hz arasındaki ses aralığında kanat gürültüsü, kanat ve hava tarafından ortaya çıkan rüzgar gürültüsündeki ana kısmı kapsamaktadır. Rüzgar türbini kabinindeki mekanik gürültü de 1000-1500 Hz arasında yüksek frekanslara sahiptir. 2000-8000 Hz arasındaki daha yüksek frekanslar esas olarak aerodinamik hava gürültüsünü ihtiva etmektedir [24].



Şekil 2. Gürültü frekansı ve dağılımı [24] (Noise frequency and distribution)

Rüzgar türbini gürültüsü, diğer toplu gürültü kaynaklarından daha rahatsız edici boyutta olabilmektedir [25]. Bu nedenle, insan rahatsızlığını en aza indirmek için rüzgar türbini gürültüsünü azaltmak için etkili yöntemler gereklidir. Gürültüyü azaltmak için yapılan modifikasyonların kanat üzerindeki etkisi aerodinamik performansını etkilememeli veya bu modifikasyonların etkisi bir denge durumunda olmalıdır. Hesaplamalı metodlar, zaman ve emeği azaltarak düşük gürültüye sahip kanatların tasarımını kolaylaştırabilmektedir [26]. Gerçek çalışma koşullarındaki etkililiğini ve çiftliklerde birden fazla rüzgar türbininden gelen gürültü etkileşimini incelemek için yeni yöntemlerin tam ölçekli saha uygulaması gereklidir [27].

Rüzgardan yenilenebilir enerji üretimi çeşitli sosyoekonomik faydalar sağlamaktadır. Yapılan araştırmalar, bu tür yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımın ekonomik olarak yetersiz kırsal alanları geliştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir [28]. Daha yakından incelendiğinde, rüzgar çiftliklerinin yerel çevreleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülebilmektedir [29]. Gürültü etkisinin dışında

görsel/estetik etki de değerlendirilmesi gereken bir başka çevresel etkidir. Bu konu subjektif bir durumda olmasıyla beraber rüzgar türbini sahalarının yerleşimi bu konuyu etkileyebilmektedir. Rüzgar çiftliği inşaat projelerinin ana eleştirilerinden biri, türbinlerin çevreyle olan yanlış entegrasyonuna dayanmaktadır [30]. Genellikle 100 metreden uzun ve oldukça yapay bir görünüme sahip olan türbinler estetikleri nedeniyle eleştirilmektedirler [31]. Rüzgar santrali projelerine dayalı deneyimler, rüzgar santrali kurulmasının estetik etkisini analiz etme ve değerlendirme gerekliliğini göstermektedir [32]. Optimum rüzgar koşullarından yararlanma ihtiyacı, rüzgar türbinlerinin tepeler ve düz araziler gibi oldukça görünür yerlere yerleştirilmesini gerektirmektedir. Büyük miktarda enerji üretmek için birden fazla türbin kullanılması da gerekmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda, rüzgar enerjisi santrallerindeki görsel/estetik etkiye tesir eden parametrelerin rüzgar enerjisi santralının görünürlüğü, türbinlerin rengi, türbinlerin yerleştirilme şekli gibi çeşitleri olduğu söylenebilmektedir [33].

Literatürde rüzgar türbinlerinin görsel etkisini inceleyen pek çok çalışma mevcuttur. Torres Sibille ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, rüzgar santrallerinin görsel etkisinin analizi için çok kriterli bir gösterge geliştirilmiştir. Buna göre renk, görünürlük, boyut gibi farklı parametreler incelenmiştir [29]. Maslov ve ark. (2017) tarafından yapılan araştırmada, offshore (kıydan uzak) rüzgar çiftliklerinin görsel etkisi coğrafi bilgi sistemleri incelenmiştir. Kuzeybatı Fransa'nın ele alındığı çalışma sonuçlarına göre çok kriterli bir analiz kullanılması ve tanımlanan farklı değişkenlerin bir araya getirilmesi gerektiğini vurgulamıştır [34]. Sæþþorsdóttir ve Ólafsdóttir (2020) tarafından yapılan çalışmada, İzlanda'da bulunan rüzgar türbinlerinin görsel etkileri bölgede yaşayan insanlar ve gelen turistler açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre rüzgar türbinleri ve elektrik iletim hatlarının turistlerin görsel algısı üzerinde büyük etkisi olduğunu anlaşılmıştır [35].

Rüzgar türbinleri elektromanyetik etkiye de sahiptir, radyo ve televizyon sinyallerinde parazit yapabilmektedirler. Bunun nedeni ise eski nesil rüzgar türbinlerinin metal kanatlara sahip olmasıdır. Ancak yeni nesil türbin kanatlarının sentetik materyallerden üretilmesi bu etkiyi asgari düzeye indirmiştir. Aynı zamanda bu olumsuz etki doğru bir yerleşim ile sifıra indirilebilmektedir.

Rüzgar türbinlerinin bir diğer çevresel etkisi ise doğal yaşama verdiği olumsuzluklardır. Kanatlı pek çok canlıların ölümüne yol açabilen rüzgar türbinleri aynı zamanda kuş göç yolları üzerine kurulduklarında bu etki çok daha fazla olabilmektedir. Rüzgar türbinlerinin yaban hayatına olan etkisi Bölüm 3'te daha detaylı olarak incelenecektir.

3. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN YABAN HAYATINA HABİTATINA ETKİLERİ (IMPACTS OF WIND TURBINES ON WILDLIFE HABITAT)

Bu kısımda rüzgar türbinlerden en çok etkilenen kanatlı türlerinden olan yabancı kuşlar, yarasalar ve arılar incelenmiştir.

3.1. Rüzgar Türbinlerinin Kuş Habitatı Üzerine Etkisi (Impacts Of Wind Turbines On Bird Habitat)

Rüzgar türbinleri ve rüzgardan elektrik üretimi amacıyla kurulan tesislerdeki gelişmeler, başta kuş türleri olmak üzere yaban hayatı popülasyonlarının dağılımı ve niceliği üzerine olumsuz etkiler yapmaktadır. Rüzgar çiftliklerinin kuş popülasyonları üzerindeki potansiyel etkilerini üç kısımda incelemek mümkündür. Bunlar türbinler ve altyapı ile çarpışmalar sonucu doğrudan ölüm oranları, türbinlerin ve ilgili yapıların kapladığı alana bağlı olarak fiziksel habitatın modifikasyonu ve kuşların türbinlere karşı olan kaçınma tepkilerine bağlı olarak göç yollarındaki genişleme-yer değiştirme hareketleri olarak sınıflandırılabilir [36]. Bugüne kadar yapılan çalışmalar, kuşların türbinlere karşı olan kaçınma tepkileriyle ilişkili olarak doğrudan [37,38] veya dolaylı olarak [39] çarpışma ölüm oranı ve habitat kaybı [40,41] üzerine yoğunlaşmıştır. Sorun tespit edilmiş olmasına rağmen, araştırmacılar henüz rüzgar çiftliklerini harekete engel olarak değerlendirmemiştir [42-44] ve bu sorunun üstesinden gelmek için standart bir yöntem henüz belirlenmemiştir. Hayvanlar genellikle mekansal farklılığa, özellikle de yeni nesnelere ilişkili olarak, hareket kalıplarını değiştirerek tepki vermektedir [45,46]. Deniz ördekleri gibi kuşlar, rüzgar çiftliklerine davranışsal kaçınma tepkileri sergilemektedir [47,39]. Sonuç olarak, uçuş yolu boyunca rüzgar santrallerinin inşası, kuşların seyahat edecekleri yolu ve bu bariyerlerin etrafından dolaşmak için gereken enerjiyi artırarak kuşların popülasyonunu etkileyecektir. Birçok kuş türünde üreme başarısı, üreme sırasındaki vücut durumu ile ilişkilidir. Dolayısıyla uçuş gereksinimlerinin artmasının bir sonucu olarak, kütle miktarındaki herhangi bir azalma ciddi anlamda zararlı olabilmekte ve popülasyonu doğrudan etkileyebilmektedir. Rüzgar çiftliklerinin yaban hayatı üzerindeki potansiyel etkileri, habitat kaybı ve türbin kanatları ile çarpışmalardan kaynaklanan ölümlerdir. Bu çiftliklerin kurulma aşamasındaki temel çevresel endişe, kuşların türbin kanatları çarpışma olasılıkları üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu olguyu destekler nitelikte, çoğu çalışmada özellikle çok sayıda göçmen kuşun geçtiği ve rüzgar çiftliklerinin inşa edildiği bölgelerde en yüksek ölüm oranlarının meydana geldiği gösterilmiştir [48- 50].

Dünya genelinde rüzgar enerjisi projelerinin çoğalması, karasal ve kıydan uzak (off-shore) ortamlardaki rüzgar enerjisi tesislerinin gelişiminin yerleşik ve göçmen yaban hayatını nasıl etkileyeceği konusundaki endişeleri arttırmıştır [51-54]. Ek olarak, bu durum yaban hayatı popülasyonları üzerindeki etkilere ilişkin çalışmaların

[55] çoğalmasına neden olmamıştır. Bugüne kadar yapılan çoğu araştırma mevcut rüzgar türbini tesislerinde ölüm oranlarını değerlendirmeye odaklanmıştır [56-60]. Bunun yanında çoğu araştırma da coğrafi ölçek (tek bir bölge veya yerel alan çalışmaları) ile sınırlı kalmıştır [54]. Bu konuda artan literatür çalışmaları ise aşağıdaki hususları işaret etmektedir:

- Bölgeler arasında daha sistematik ve karşılaştırılabilir veri toplama yöntemlerinin uygulanması gereklidir [57, 61, 62].

- Kantitatif (nicel) değerlendirmeler çeşitli ölçeklerde ve belirli bölgelerdeki rüzgar enerjisi yatırımlarının artmasının yaban hayatı, özellikle de göçmen kuş ve yarasa popülasyonları için zararlı olduğunu belirtmektedir [63, 53, 64].

Rüzgar santrallerinde ölüm tahmini önemli bir sorundur. Türbinlerin bazılarının çevresinde gözlemlenen ölü hayvan (karkas) sayısı, toplam ölümün değişken bir oranını temsil etmektedir. Örneğin, bitki örtüsü gözlemciler tarafından karkas tespiti olasılığını etkileyebilir ve yırtıcılar araştırmadan önce karkasları çıkarabilir, böylece zaman içinde kalıcı olma olasılıklarını azaltabilir. Gözlemlenen karkasların sayısı bölgeye ve yıla özgü düzeltme parametreleri kullanılarak ayarlanmalıdır [65]. Bunun yanı sıra çevresel faktörler, türbin ölçeğinden bölgesel veya kıta ölçeğine kadar olan mekansal ölçeklerde canlı ölümlerini de etkileyebilmektedir. Örneğin, ölüm oranı tünek alanlarında [66], doğum alanlarında [54] veya göç yollarında [67] daha fazladır. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada, ölüm oranının rüzgar enerjisi tesislerini çevreleyen otlak habitatının oranı ile ters orantılı olduğu bulunmuştur [68]. Bununla birlikte, ortamın ölüm oranlarını değiştirmedeki rolü, bu farklı mekansal ölçeklerde ve daha yüksek riskli yerlerden veya habitatlardan kaçınarak etkileri hafifletme potansiyeli gibi büyük ölçüde keşfedilmemiştir.

3.2. Rüzgar Türbinlerinin Yarasa Habitatı Üzerine Etkisi (Impacts of Wind Turbines on Bat Habitat)

Yarasalar dünya ekosistemlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Yarasalar, gece böceklerinin ve yırtıcılarının tarımsal alanlardaki etkinliğini azaltmaktadır. Aynı zamanda insanlara hastalık ileten böceklerin kontrolüne de katkıda bulunmaktadırlar [69]. Yarasaların ekolojik ve ekonomik önemlerine rağmen, popülasyonları birçok bölgede azalma eğilimi göstermektedir. Dolayısıyla koruma önlemlerinin ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan ölümlerinin etkili bir şekilde ele alınması önemli bir konudur.

Rüzgar enerjisi tesisleri gelişiminin olumsuz etkileri, rüzgar enerjisi tesislerinin inşası, kurulumu ve işletilmesinden kaynaklanan habitatın kaybolması veya değiştirilmesini [70] ve bunun yanında kuşların ve yarasaların doğrudan ölümlerine neden olan türbin kanatları ile çarpışmaları içermektedir [71-76]. Bu çarpışmaların yıllık yüzbinlerce yarasayı öldürdüğü tahmin edilmektedir. Bu rakamlar, dünya çapında rüzgar

endüstrisinin hızlı ve sürekli büyümesi ile birleştiğinde, bazı yarasa popülasyonlarının yok olmasına neden olabileceği endişesi doğmuştur [77]. Rüzgar çiftliklerindeki yarasa ölümlerinin kümülatif etkilerinin, yarasa popülasyonları üzerindeki etkilerini belirlemek için değerlendirilmeleri gerekmektedir. Bununla birlikte, kümülatif etkilerin hesaplanması iki nedenden dolayı son derece zordur. İlk olarak, yarasa popülasyon boyutlarının doğru tahminleri, dünya çapında çoğu tür için eksiktir [77]. İkincisi, büyük ölçeklerde ölümlerin doğru tahminleri önemlidir ve tesisler arasındaki mortalite tahminlerindeki önemli değişkenlik, geniş alanlarda tutarlı ölüm tahminleri üretmeyi olumsuz etkileyebilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde rüzgar enerjisi tesislerinin yol açtığı yarasa ölümünü tahmin eden üç farklı çalışma, her yıl 196000 ila 880000 arasında yarasanın öldürüldüğü sonucunu bildirmiştir [72-73,77]. Çevresel faktörlerin bölgelerin mekansal ölçeğindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması önemli bir husustur. Bunun nedeni düzenleme ve yönetim kararlarının çoğunun belirlendiği ölçütün bu etkilere bağlı alınmasıdır. Bölgesel ölçekte, coğrafi değişkenler genellikle habitat modellerini tahmin etmek için kullanılmaktadırlar. Bu parametreler, yükseklik ve enlem, iyi bir şekilde sınıflandırılmış tür dağılımı ve ekoloji modelleri şeklinde örneklendirilebilir [78-79].

3.3. Rüzgar Türbinlerinin Arı Habitatı Üzerine Etkisi (Impacts Of Wind Turbines On Bee Habitat)

Arılar tarımsal sürdürülebilirlik için oldukça önemli canlılardır. Tozlaşmayı sağlamaya yardımcı olduklarından global tarımın devamı büyük ölçüde arı popülasyonuna bağlıdır [80-81]. Rüzgar türbinleri kanatlarına ulaşan rüzgarın yarısından fazlasını hareket enerjisine dönüştürebilmektedir. Gerisi kalan rüzgar ise yüksek hız ile savrulmaktadır. Buna bağlı olarak yerdeki nemli havanın yukarıya çıkmasına neden olabilir ve çevredeki arı varlığına önemli zararlar verebilmektedir.

Buna ek olarak dönen rüzgar kanatları böcekler ve arılar için ölümcül bir mekanizma durumundadır. Bu öldürücü etkinin yanı sıra türbin çevresinde oluşan türbülans ve basınç farkı da arıların kalıcı fiziksel hasar almalarına neden olmaktadır. Ek olarak türbin kanatlarından kaynaklı böcek ve arı ölümleri, parçalanmış böceklerin etrafa saçılmasına ve bununla beraber koku oluşumuna neden olarak diğer kanatlı hayvanları da çekecektir. Böylelikle bu durum artarak devam edecektir.

Böcek ve arı varlığı türbin performansına da etki etmektedir. Rüzgar türbinleri ve uçan böceklerin uyumsuzluğu devam eden bir sorun niteliğindedir. Türbin kanatları üzerindeki böcek kalıntıları rüzgar türbini performansında azalmalara neden olabilmektedir. Ek olarak temizlik sorununu da beraberinde getirmektedir.

4. KUŞ ÖLÜMLERİNİN ÖNLENMESİ İÇİN MODİFİKASYON ÖNERİSİ (PROPOSAL OF A MODIFICATION TO PREVENT BIRD MORTALITY)

Çevrenin görsel algısı kuşlar ve insanlar arasında farklılık göstermektedir [82]. Kuşlar açık renkleri ayırt edebilmekte ve bunlara farklı tepki verebilmektedir. Kuşlar, uzun mesafeli yön bulma için çeşitli mekanizmalar ve ipuçları kullanmaktadır, ayrıca yıldızlar gibi görsel ipuçlarının gece göçü sırasında kuşları yönlendirmede önemli bir rol oynadığı bilinmektedir [83]. Dolayısıyla özellikle türbin kanatlarına yerleştirilen aydınlatmalar, kuşları çekmektedir ve dolayısıyla çarpışma potansiyelini özellikle zayıf görüş koşullarında arttırmaktadır. Buna ek olarak ABD'de gece-göçmen ötücü kuşların yağmur ve sis nedeniyle düşük irtifada uçmaya zorlandıklarında ışıklarla yönlendirilmelerinin sonucunda çok sayıda ölüm vakası rapor edilmiştir [84]. Ayrıca, bazı çalışmalarda sürekli veya yanıp sönen kırmızı ışıkların, her 1-3 saniyede bir yanıp sönen beyaz flaşlardan daha fazla kuş çektiği saptanmıştır [84]. Bu nedenle, ışığın kuşları yakalama etkisinin azaltılması için, ışığın yoğunluğunun en aza indirilmesi ve mümkün olduğunca uzun süre yanıp sönmeye aralıklarında çalıştırılmaları gerekmektedir [85]. Özellikle açık deniz rüzgar türbinlerinde gerçek çarpışma oranlarının ölçülmesi neredeyse imkansızdır [51]. Ancak geceleri bu rüzgar türbinlerinin çevresinde göç eden kuşların konsantrasyonları tespit edildiğinde, sayının çokluğu nedeniyle ölümlerden kaçınmaya yönelik önlemlerin gerekliliği ve denizdeki rüzgar türbinlerini aydınlatmanın alternatif yollarının bulunması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bununla ilgili olarak Rebke ve ark. [86] yaptığı çalışmanın sonucunda, açık denizdeki ışık kaynaklarının minimum düzeyde sınırlandırılması gerektiği bulunmuştur. Ancak mutlaka aydınlatma gerekiyorsa ise, yanıp sönen ışığın sürekli ışığa göre tercih edilmesi gerektiği ve sürekli ışık gerekiyorsa kırmızı ışığın uygulanması belirtilmiştir. Çok sayıda açık deniz rüzgar türbini ile kuzey Avrupa'da faaliyet gösteren petrol ve gaz tesisatları ve çok daha fazla rüzgar türbini planlandığından, çekiciliği en aza indirmek gerekliliği şiddetle tavsiye edilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, kıyıdaki ışık kaynaklarının minimumda kısıtlanmasının tercih edilebilir olduğunu göstermektedir. Yapıları sadece gemiler veya uçaklar yaklaşırken aydınlatmak bir seçenek olabilir. Genel olarak, sürekli ışık yerine yanıp sönen ışık tercih edilecektir, ancak sürekli ışık gerekiyorsa kırmızı ışık tercih edilmelidir [82]. Yapılan çalışmalar incelendiğinde ses ve ışık etkilerinin yabani hayvanları rüzgar türbinlerinden uzak tutacağı söylenebilir.

Şekil 3'te bu amaca yönelik olarak üretilen prototip rüzgar türbini gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere türbin kanatlarına kırmızı renkli LED ışık kaynakları yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bu ışıkların, hayvanların alışması durumu da söz konusu olabilir. Bunun için ışıklarda farklı ayarlamalar yapılabilir ve bunlar yanıp sönmeye periyodu değiştirilebilir. Işık

uyarıcı etkisi gece için düşünülüp, tasarlanmış olup, gündüz için uyarıcı bir etki oluşturulması için türbin kanatları boyanabilir. Ek olarak türbin kulesine bir ultrasonik ses kaynağı yerleştirilmiştir. Bu ses kaynağı insanların duymayacağı belli belirsiz bir frekans aralığına sahip olup, yabani kanatlıların tepki göstereceği biçimde modifiye edilmelidir. Mikro rüzgar türbinleri üzerine yapılan birkaç araştırma arasında, Minderman ve ark. [87] küçük rüzgar türbinlerinin kuşlar ve yarasalar üzerindeki etkilerini ölçmek için bir çalışma yapmışlardır. Sonuçlar, kuş aktivitesinin mikro rüzgar türbinlerinin varlığından etkilenmediğini göstermiştir. Ayrıca, yeni bir WWF (Dünya Doğayı Koruma Vakfı) İtalya çalışması [88], mikro rüzgar türbinlerinin biyoçeşitlilik üzerindeki etkilerinin önemli olmadığını doğrulamıştır.



Şekil 3. Ses ve ışık modifikasyonları uygulanmış rüzgar türbini prototipi (Wind turbine prototype with sound and light modifications applied)

Tüm bu veriler göz önüne alındığında, üretilen yeni rüzgar türbini prototipi, literatürde yapılan araştırmalar ile bulunan sonuçlar ile tasarlanmıştır. Kırmızı LED ışıkları literatürde de verildiği üzere [82,86] beyaz ışığa göre duyarlılık anlamında kuşlar ve yarasalar için daha

kullanılabilir olacaktır. Bunun yanı sıra tasarlanan ultrasonik ses kaynağı ile yaban hayatına verilecek zarar minimum düzeyine indirilebilecektir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Rüzgar enerjisinden elektrik üretilmesi amacıyla kullanılan rüzgar türbinlerinin, fosil yakıtlara oranla çok daha temiz ve çevre dostu olduğu açıkça bilinmektedir. Rüzgar türbinleri itme ve aerodinamik kuvvetlerin yardımıyla, mekanik enerjiyi elektrik enerjisini dönüştürdüğünden sera gazı salınımlarına yol açmamakta ve sürdürülebilirlik adına önemli katkılar sağlamaktadır. Pek çok olumlu yönünün yanında, bazı çevresel olumsuzluklar ile karşılaşabilmektedir. Gürültü ve estetik etkinin yanı sıra yaban hayatı için negatif etkileri de bulunmaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde yaban hayatı için rüzgar enerjisi kaynaklarının ciddi olumsuz etkileri olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda bu etkiler ile birlikte alınması gereken önlemlerde çalışma kapsamında açıkça vurgulanmıştır. Enerjinin temiz ve sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmesinin önemli olduğu ancak çevreci bir yaklaşımla gerekli tedbirlerin alınmasının da zorunluluğu belirtilmiştir. Prototip olarak küçük bir rüzgar türbini tasarlanarak, ses ve ışık modifikasyonları ile canlıların daha az hasar görmelerinin sağlanmasına çalışılmıştır. Literatürde önerilen ışık modifikasyonlarının sürekli ve kesikli olma durumunun farklı etkileri olduğu belirtilmiştir. Kullanılacak modifikasyonların bölgedeki habitatın özelliklerine göre belirlenmesi de iyi bir seçenek olabilir. Önerilen modifikasyonların uzun süreli deneysel analizi ve gerçek türbin boyutlarındaki incelemesi, özel izinlere tabii olmak üzere ileriki çalışmalar için düşünülmektedir. Önerilen prototip geliştirilerek çevreye daha duyarlı rüzgar türbinleri elde edilmesi mümkün olacaktır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A 1919B011902278 numaralı proje ile desteklenmektedir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Emine Yağız GÜRBÜZ: Metodoloji, Makalenin orijinal halinin yazımı, Makalenin düzeltilmesi ve yayıma hazırlanması

Ayça ALTINTAŞ: Kavramsallaştırma, Makalenin orijinal halinin yazımı, Makalenin düzeltilmesi ve yayıma hazırlanması

Berk SÜRÜCÜ: Kavramsallaştırma, Makalenin orijinal halinin yazımı, Makalenin düzeltilmesi ve yayıma hazırlanması.

Azim Doğuş TUNCER: Metodoloji, Görselleştirme, Makalenin orijinal halinin yazımı, Makalenin düzeltilmesi ve yayıma hazırlanması, Denetleme

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Khanlari A., Sözen A., Şirin C., Tuncer A.D., Gungor A., "Performance enhancement of a greenhouse dryer: Analysis of a cost-effective alternative solar air heater", *Journal of Cleaner Production*, 251: 119672, (2020).
- [2] Kaya M., Gürel A.E., Ağbulut Ü., Ceylan I., Çelik S., Ergün A., Acar B., "Performance analysis of using CuO-Methanol nanofluid in a hybrid system with concentrated air collector and vacuum tube heat pipe", *Energy Conversion and Management*, 199: 111936, (2019)..
- [3] Khanlari A., Sözen A., Afshari F., Şirin C., Tuncer A.D., Gungor A., "Drying municipal sewage sludge with v-groove triple-pass and quadruple-pass solar air heaters along with testing of a solar absorber drying chamber", *Science of The Total Environment*, 709: 136198, (2020).
- [4] Kılıç B., "Determination of wind dissipation maps and wind energy potential in Burdur province of Turkey using geographic information system (GIS)", *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36: 100555, (2019).
- [5] Emeksiz C., Demirci B., "The determination of offshore wind energy potential of Turkey by using novelty hybrid site selection method", *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 36: 100562, (2019).
- [6] Akdağ S. A., Güler Ö., "Alternative Moment Method for wind energy potential and turbine energy output estimation", *Renewable Energy*, 120: 69–77, (2018).
- [7] Wang H., Ke S. T., Wang T.G., Zhu S.Y., "Typhoon-induced vibration response and the working mechanism of large wind turbine considering multi-stage effects", *Renewable Energy*, 153: 740-758, (2020).
- [8] Zhao Y., Pan J., Huang Z., Miao Y., Jiang J., Wang Z., "Analysis of vibration monitoring data of an onshore wind turbine under different operational conditions", *Engineering Structures*, 205: 110071, (2020).
- [9] Lee H., Lee D.J., "Low Reynolds number effects on aerodynamic loads of a small scale wind turbine", *Renewable Energy*, 154: 1283-1293, (2020).
- [10] Sedighi H., Akbarzadeh P., Salavatipour A., "Aerodynamic performance enhancement of horizontal axis wind turbines by dimples on blades: Numerical investigation", *Energy*, 195:117056, (2020).
- [11] Jiang Y., Zhao P., Stoesser T., Wang K., Zou L., "Experimental and numerical investigation of twin vertical axis wind turbines with a deflector", *Energy Conversion and Management*, 209: 112588, (2020).
- [12] Usta I., Arik I., Yenilmez I., Kantar Y. M., "A new estimation approach based on moments for estimating Weibull parameters in wind power applications", *Energy Conversion and Management*, 164: 570–578, (2018).
- [13] Ozay C., Celiktas M. S., "Statistical analysis of wind speed using two-parameter Weibull distribution in Alaçatı region", *Energy Conversion and Management*, 121:49–54, (2016).
- [14] Khanlari A., Sözen A., Polat F., Şirin C., Düden Örgen F.K., Tuncer A.D., Güngör A., "Statistical analysis of the wind energy potential of Western Mediterranean Region, Turkey", *2nd International Conference on Technology and Science*, Burdur, Turkey, (2019).
- [15] Celik A.N., "A statistical analysis of wind power density based on the Weibull and Rayleigh models at the southern region of Turkey", *Renewable Energy*, 29(4): 593–604, (2004).
- [16] Khanlari A., Tuncer A.D., Düden Örgen F.K., Çelebi C., Aydemir U., Güngör A., "Investigation of the wind energy potential of Gallipoli Peninsula", *New Horizons in Techno-Science*, 99-105, Akademisyen Publishing, Ankara, Turkey.
- [17] Jahangir H., Golkar M.A., Alhameli F., Mazouz A., Ahmadian A., Elkamel A., "Short-term wind speed forecasting framework based on stacked denoising auto-encoders with rough ANN", *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 38: 100601, (2020).
- [18] Demolli H., Dokuz A.S., Ecemis A., Gokcek M., "Wind power forecasting based on daily wind speed data using machine learning algorithms", *Energy Conversion and Management*, 198: 111823, (2019).
- [19] Işık A.H., Düden Örgen F.K., Şirin C., Tuncer A.D., Güngör A., "Prediction of wind blowing durations of Eastern Turkey with machine learning for integration of renewable energy and organic farming-stock raising", *Tecno-Science*, 2: 47-53, (2019).
- [20] Yin H., Dong Z., Chen Y., Ge J., Lai L. L., Vaccaro A., Meng A., "An effective secondary decomposition approach for wind power forecasting using extreme learning machine trained by crisscross optimization", *Energy Conversion and Management*, 150:108–121, (2017).
- [21] Zagubieñ A., Wolniewicz K., "The impact of supporting tower on wind turbine noise emission", *Applied Acoustics*, 155: 260–270, (2019).
- [22] Alamir M.A., Hansen K.L., Zajamsek B., Catcheside P., "Subjective responses to wind farm noise: A review of laboratory listening test methods", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114: 109317, (2019).
- [23] Zhu W.J., Shen W.Z., Barlas E., Bertagnolio F., Sørensen J.N., "Wind turbine noise generation and propagation modeling at DTU Wind Energy: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 88: 133–150, (2018)..
- [24] Liu W.Y., "A review on wind turbine noise mechanism and de-noising techniques", *Renewable Energy*, 108: 311–320, (2017).
- [25] Oerlemans S, Sijtsma P, López BM., "Location and quantification of noise sources on a wind turbine", *Journal of Sound and Vibration*, 299: 869-883, (2007).
- [26] Wagner S, Bareiß R, Guidati G., "Wind turbine noise", *Springer*, Berlin, (2012).
- [27] Deshmukh S., Bhattacharya S., Jain A., Paul A.R., "Wind turbine noise and its mitigation techniques: A review", *Energy Procedia*, 160, 633–640, (2019).
- [28] Fairley P., "Wind power for pennies", *Technol Rev*, July/August:40–5, (2002).
- [29] Torres-Sibille A., Cloquell-Ballester V., Cloquell-Ballester V., Darton R., "Development and validation of a multicriteria indicator for the assessment of objective aesthetic impact of wind farms", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(1): 40–66, (2009).

- [30] Wolsink M., “Wind power implementation: the nature of public attitudes: equity and fairness instead of ‘backyard motives’”, *Renewable Sustainable Energy Rev*, 11:1188–1207,(2007).
- [31] Gordon G., “Wind, energy, landscape: reconciling nature and technology”, *Philos Geog*, 4:169–184, (2001).
- [32] Rodman L.C., Meentemeyer R.K., “A geographic analysis of wind turbine placement in Northern California”, *Energy Policy*, 34:2137–2149,(2005).
- [33] Coles RW, Taylor J., “Wind power and planning: the environmental impact of windfarms in the UK”, *Land Use Policy*, 10:205–26,(1993).
- [34] Maslov N., Claramunt C., Wang T., Tang T., “Evaluating the Visual Impact of an Offshore Wind Farm”, *Energy Procedia*, 105: 3095–3100,(2017).
- [35] Sæþórsdóttir A.D., Ólafsdóttir R., “Not in my back yard or not on my playground: Residents and tourists' attitudes towards wind turbines in Icelandic landscapes”, *Energy for Sustainable Development*, 54: 127-138, (2020).
- [36] Masden E. A., Haydon D.T., Fox A.D., Furness R.W., Bullman R., Desholm M., “Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds”, *ICES Journal of Marine Science*, 66: 746–753,(2009).
- [37] Fielding A.H., Whitfield D.P., Mcleod D.R.A., “Spatial association as an indicator of the potential for future interactions between wind energy developments and golden eagles *Aquila chrysaetos* in Scotland”, *Biological Conservation*, 131: 359 369,(2006).
- [38] Bright J., Langston R., Bullman R., Evans R., Gardner S., Pearce-Higgins J., “Map of bird sensitivities to wind farms in Scotland: a tool to aid planning and conservation”, *Biological Conservation*, 141: 2342–2356,(2008).
- [39] Larsen J.K., Guillemette M., “Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk”, *Journal of Applied Ecology*, 44: 516–522 (2007).
- [40] Barrios L., Rodriguez A., “Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines”, *Journal of Applied Ecology*, 41: 72–81, (2004).
- [41] Hötter H., Thomsen K.M., Jeromin H., “Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy resources: the example of birds and bats—facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation”, *Michael-Otto-Institut im NABU*, Bergenhusen, (2006).
- [42] Langston R.H.W., Pullan J.D., “Windfarms and birds: an analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues”, *Report to the Standing Committee on the Convention on the Conservation of Wildlife and Natural Habitats. Council of European Communities*, Strasbourg ,(2003).
- [43] Fox A.D., Desholm M., Kahlert J., Christensen T. K., Petersen, I.K., “Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European offshore wind farms on birds”, *Ibis*, 148: 129–144, (2006).
- [44] Madders M., Whitfield D.P., “Upland raptors and the assessment of wind farm impacts”, *Ibis*, 148: 43–56, (2006).
- [45] Frair J.L., Merrill E.H., Visscher D.R., Fortin D., Beyer H.L., Morales J.M., “Scales of movement by elk (*Cervus elaphus*) in response to heterogeneity in forage resources and predation risk”, *Landscape Ecology*, 20: 273–287, (2005).
- [46] Jander R., “Ecological aspects of spatial orientation”, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 6: 171–188, (1975).
- [47] Desholm M., Kahlert J., “Avian collision risk at an offshore wind farm”, *Biology Letters*, 1: 296–298,(2005).
- [48] Wendeln H., Becker P.H., “Effects of parental quality and effort on the reproduction of common terns”, *Journal of Animal Ecology*, 68: 205–214,(1995).
- [49] Parker H., Holm H., “Patterns of nutrient and energy-expenditure in female common eiders nesting in the high Arctic”, *The Auk*, 107: 660–668, (1990).
- [50] Meijer T., Drent R., “Re-examination of the capital and income dichotomy in breeding birds”, *Ibis*, 141: 399–414,(1999).
- [51] Desholm M., Fox A.D., Beasley P.D.L., Kahlert J., “Remote techniques for counting and estimating the number of bird-wind turbine collisions at sea: a review”, *Ibis*, 148:76–89, (2006).
- [52] Huppop O., Dierschke J., Exo K.M., Fredrich E., Hill R., “Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines”, *Ibis*, 148:90–109, (2006).
- [53] Arnett E. B., Brown W.K., Erickson W.P., Fiedler J.K., Hamilton B.L., Henry T.H., Jain A., Johnson G.D., Kerns J., Koford R.R., Nicholson C.P., O’Connell T. J., Piorkowski M. D., Tankersley R. D., “Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America”, *Journal of Wildlife Management*, 72:61–78, (2008).
- [54] Piorkowski M.D., O’Connell T.J., “Spatial patterns of summer bat mortality from collisions with wind turbines in mixed-grass prairie”, *American Midland Naturalist*, 164:260–269,(2010).
- [55] Kuvlesky W.P., Brennan L.A., Morrison M.L., Ballard K.K., Bryant F.C., “Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities”, *Journal of Wildlife Management*, 71:2487–2498,(2007).
- [56] Erickson W.P., Johnson G.D., Strickland M.D., Young D.P., Sernka K.J., Good R.E., “Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States”, *Prepared by W.E.S.T., Inc. for the National Wind Coordinating Collaborative (NWCC)*, (2001).
- [57] Anderson R. L., Morrison M., Sinclair K., Strickland M.D., “Studying wind energy-bird interactions: a guidance document”, *Prepared for Avian subcommittee and National Wind Coordinating Committee*,(1999).
- [58] Kunz T.H., Arnett E.B., Cooper B.M., Erickson W.P., Larkin R.P., Mabee T., Morrison M.L., Strickland M.D., Szwczak J.M., “Assessing impacts of wind-energy development on nocturnally active birds and bats: a guidance document”, *Journal of Wildlife Management*, 71:2449–2486, (2007).
- [59] Bright J., Langston R., Bullman R., Evans R., Gardner S., Pearce-Higgins J., “Map of bird sensitivities to wind farms in Scotland: a tool to aid planning and conservation”, *Biological Conservation*, 14:2342–2356,(2008).
- [60] Desholm M., “Avian sensitivity to mortality: prioritizing migratory bird species for assessment at proposed wind farms”, *Journal of Environmental Management*, 90:2672–2679, (2009).
- [61] Kerlinger P., Hatch J., “Preliminary avian risk assessment for the Cape Wind Energy Project”, *Prepared by Curry*

- & Kerlinger, L.L.C. for Cape Wind Associates, L.L.C. and Environmental Science Service, Inc., (2001).
- [62] Allison T.D., Jedrey E., Perkins S., "Avian issues for offshore wind development", *Marine Technology Society Journal*, 42(2):28–38, (2008).
- [63] Kunz T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., Thresher R.W., Tuttle M.D., Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses, *Frontier in Ecology and the Environment*, 5:315–324, (2007).
- [64] Kerlinger P., Gehring J.L., Erickson W.P., Curry R., Jain A., Guarnaccia J., "Night migrant fatalities and obstruction lighting at wind turbines in North America", *Wilson Journal of Ornithology*, 122:744–754,(2010).
- [65] Huso M.M.P., "An estimator of wildlife fatality from observed carcasses", *Environmetrics* 22:318–329, (2011).
- [66] Ferreira D., Freixo C., Cabral J.A., Santos R., Santos M., "Do habitat characteristics determine mortality risk for bats at wind farms? Modelling susceptible species activity patterns and anticipating possible mortality events", *Ecol. Inf.*, 28: 7-18, (2015).
- [67] Baerwald E.F.F., Patterson W.P., Barclay R.M.R., "Origins and migratory patterns of bats killed by wind turbines in southern Alberta: evidence from stable isotopes", *Ecosphere*, 5: 1-17,(2014).
- [68] Thompson M., Beston J.A., Etterson M., Diffendorfer J.E., Loss S.R., "Factors associated with bat mortality at wind energy facilities in the United States", *Biol. Conserv.* 215: 241-245, (2017).
- [69] Reiskind M.H., Wund M.A., "Experimental assessment of the impacts of northern long-eared bats on ovipositing *Culex* (Diptera: Culicidae) mosquitoes", *J. Med. Entomol.* 46: 1037-1044,(2009).
- [70] Kuvlesky W.P., Brennan L.A., Morrison M.L., Boydston K.K., Ballard B.M., Bryant F.C., "Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities", *Wildl. Res.* 71:2487-2498, (2007).
- [71] Arnett E.B., Brown W.K., Erickson W.P., Fiedler J.K., Hamilton B.L., Henry T.H., Jain A., Johnson G.D., Kerns J., Koford R.R., Nicholson C.P., O'Connell T.J., Piorkowski M.D., Tankersley R.D., Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America, *J. Wildl. Manag.*, 72: 61-78,(2008).
- [72] Arnett E.B., Baerwald E.F., "Impacts of wind energy development on bats: implications for conservation In: Adams, R.A., Pedersen, S.C. (Eds.), *Bat Evolution, Ecology, and Conservation*", *Springer Science Business Media*, New York, NY, 435-456, (2013).
- [73] Hayes M.A., "Bats killed in large numbers at United States wind energy facilities", *Bioscience*, 63: 975-979, (2013) .
- [74] Kunz T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., Thresher R.W., Tuttle M.D., "Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses", *Front. Ecol. Environ.* 5: 315-324,(2007).
- [75] Orloff S., Flannery A., "Wind Turbine Effects on Avian Activity, Habitat Use, and Mortality in Altamont Pass and Solano County Wind Resource areas: 1989-1991", *A report prepared for the California Energy Commission*, 1-199, (1992).
- [76] Smallwood K.S., "Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects", *Wildl. Soc. Bull.*, 37: 19-33, (2013).
- [77] Frick W.F., Baerwald E.F., Pollock J.F., Barclay R.M.R., Szymanski J.A., Weller T.J., Russell A.L., Loeb S.C., Medellin R.A., McGuire L.P., "Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat", *Biol. Conserv.*, 209: 172-177, (2017).
- [78] Lomolino M.V., "Elevation gradients of species-density: historical and prospective views", *Glob. Ecol. Biogeogr.* 10: 3-13, (2011).
- [79] Willdenow K.L., "The Principles of Botany, and Vegetable Physiology", *Blackwood, Cadell and Davies*, London, (1805).
- [80] Pustkowiak S., Banaszak-Cibicka W., Mielczarek Ł.E., Tryjanowski P., Skórka P., "The association of windmills with conservation of pollinating insects and wild plants in homogeneous farmland of western Poland", *Environmental Science and Pollution Research*, 25(7): 6273–6284, (2017).
- [81] Corten G.P., Veldkamp H.F., "Insects can halve wind-turbine power", *Nature*, 412: 42-43, (2001).
- [82] Martin G., "Understanding bird collisions with man-made objects: A sensory ecology approach", *Ibis* ,153: 239–254, (2011).
- [83] Mouritsen H. "Long-distance navigation and magnetoreception in migratory animals", *Nature*, 558: 50-59, (2018).
- [84] Sterner D., "A roadmap for PIER research on avian collisions with wind turbines in California", *California Energy Commission (unpublished)*, (2002).
- [85] Huppoo O., Dierschke J., Exo K.M., Fredrich E., Hill R., "Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines", *Ibis*, 148: 90–109, (2006).
- [86] Rebke M., Dierschke V., Weiner C.N., Aumüller R., Hill K., Hill R., "Attraction of nocturnally migrating birds to artificial light: The influence of colour, intensity and blinking mode under different cloud cover conditions", *Biological Conservation*, 233: 220-227,(2019) .
- [87] Minderman J., Pendlebury C.J., Pearce-Higgins J.W., Park K.J., "Experimental evidence for the effect of small wind turbine proximity and operation on bird and bat activity", *PLoS ONE*, 7: 41177, (2012).
- [88] WWF ITALIA. Eolico e biodiversità: linee guida per la realizzazione di impianti eolici industriali in Italia; 2009. Available at: <http://regionali.wwf.it>.