

Received/ Makale Geliş 04.07.2023
Published / Yayınlanma 30.09.2023
Volume/ Cilt (Issue/ Sayı) 7 (34)
ss / pp 1140-1151

10.5281/zenodo.8404891
Araştırma Makalesi
ISSN: 2687-5640
Mail: editor@pejoss.com

Arş. Grv. Dr. Sema Özen Bayraktar

<https://orcid.org/0000-0002-0239-3982>

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Afyonkarahisar / TÜRKİYE

Prof. Dr. İhsan Çiçek

<https://orcid.org/0000-0002-9000-2805>

Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara / TÜRKİYE

Doç. Dr. Erkan Yılmaz

<https://orcid.org/0000-0002-3821-3648>

Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara / TÜRKİYE

Türkiye’de Etki Alanlarına Göre Hortumlar*

Tornadoes According to Their Areas of Influence in Turkey

ÖZET

Küresel iklim değişikliği ve beraberinde getirdiği olumsuz etkiler küresel bir sorun haline gelmektedir. Bunlar içerisinde aşırı hava ve iklim olayları, insanlar ve insan yapıları için önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Akdeniz Havzası’nda yer alan Türkiye de iklim değişikliğinin potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasında yer almaktadır ve son yıllarda aşırı yağış, fırtına, dolu, hortum gibi aşırı olay trendlerindeki artış bu riski daha da artırmaktadır. Çalışmanın ana konusunu oluşturan Türkiye’de 2000-2020 yılları arasında gerçekleşmiş hortum olayları etki alanlarına göre “deniz, kıyı ve kara hortumları” olmak üzere sınıflandırılmıştır. En fazla hortum Akdeniz’de ve Akdeniz kıyılarında gerçekleşmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre de denizlerde her yıl bir önceki yıla göre 1,4 tane; kıyılarda her yıl 1 tane; karalarda ise 3 yılda 1 tane daha fazla hortum gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Buna göre denizlerde artan hortum sayıları kıyı bölgelerinde tarım, turizm gibi beşeri faaliyetleri doğrudan etkileyecektir. Ayrıca hortumların şiddetlerinin artması can ve mal kayıplarını da artıracaktır. Çeşitli önemlerin alınabilmesi açısından bunların bilinmesi oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, aşırı hava olayı, hortum, meteorolojik afet.

ABSTRACT

Global climate change and the adverse effects it brings along have become a global issue. Among these, extreme weather and climate events pose a significant threat to people and human structures. Turkey, located in the Mediterranean Basin, is among the countries at risk in terms of the potential impacts of climate change, and the recent increase in trends of extreme events such as heavy rainfall, storms, hail, and tornadoes has further exacerbated this risk. The main focus of the study is on tornado events that occurred in Turkey between 2000 and 2020, categorized based on their impact areas as "sea, coastal, and land tornadoes." Most tornadoes have occurred in the Mediterranean and along its coasts. According to the analysis results, it is estimated that each year there will be 1.4 more tornadoes in the seas compared to the previous year, 1 more tornado along the coasts each year, and 1 more tornado on land every 3 years. Therefore, the increasing number of tornadoes in the seas will directly affect human activities in coastal areas such as agriculture and tourism. Furthermore, the increasing intensity of tornadoes will lead to higher human and property losses. It is crucial to be aware of these trends to take various measures effectively.

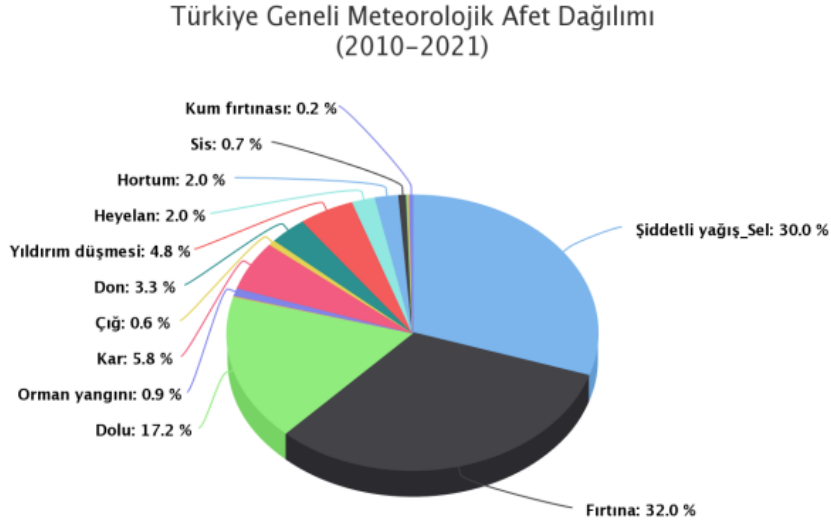
Keywords: Climate change, extreme weather events, tornado, meteorological disaster.

1. GİRİŞ

Küresel iklim, dünya tarihi boyunca meydana gelen doğal değişimlerin hızına kıyasla günümüzde çok daha hızlı değişmeye devam ediyor. Türkiye de, küresel iklim değişikliğinin potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasında yer almaktadır ve iklim değişikliğine bağlı fırtına, aşırı yağış, dolu, hortum, yıldırım ve şehir selleri gibi afetlerin gerçekleşme sayılarının artmaktadır. Bununla beraber bu afetlerin daha şiddetli, uzun süreli ve birçok alanda etkili olmasına neden olmaktadır (Kadıoğlu, 2012). Son yirmi yılda aşırı olay trendlerinde artış eğilimi de bunların bir göstergesidir ve kaydedilen aşırı olayların çoğu fırtına/hortum, şiddetli yağış/sel ve dolu şeklinde olmuştur (MGM,2021). Özellikle de 2010-2021 yılları arasında ülkemizin büyük bir kısmında görülen ve en fazla meydana gelen meteorolojik karakterli doğa kaynaklı afet; 2645 adet olay ile fırtınadır. İkinci sırada ise 2486 olay ile şiddetli yağış/sel afeti, üçüncü sırada 1427 dolu afeti yer almaktadır

* Bu çalışma, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fiziki Coğrafya Ana Bilim Dalı’nda tamamlanmış “Türkiye’de Hortum Olaylarının Zamansal ve Mekânsal Analizi (2000-2020)” adlı doktora tezinden geliştirilerek üretilmiştir.

(MGM,2022). Fırtına %32.0, şiddetli yağış/sel % 30, dolu % 17.2 oranları ile meteorolojik doğa kaynaklı afetler içinde ilk sıralarda yer almaktadır. Daha önceki yıllarda sayılarının azlığı nedeniyle listeye giremeyen hortumlar, son 10 yıl içerisinde %2.0'lik bir oranla ülkemizi etkileyen meteorolojik afetler içerisinde dahil olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye’de 2010-2021 Yılları Arasındaki Meteorolojik Afetlerin Oluşum Yüzdeleri
(Kaynak: MGM, 2022)

Hortumlar doğal çevreye, insan yapılarına ve faaliyetlerine ciddi zarar verirler. Özellikle son yıllarda sayıları artan hortumlar, can ve mal kayıplarına neden olarak afet boyutuna dönüşmektedir. Örneğin 12.10.2011 tarihinde Balıkesir’in Dursunbey ilçesinde 1 kişi (Sabah, 2011); 09.04.2012 tarihinde Elâzığ’ın Maden ilçesinde 6 kişi (Hürriyet, 2012); 19.06.2004 tarihinde Ankara’nın Çubuk ilçesi Sönlü köyünde 3 kişi (Coşkun ve Aksoy, 2007); 12.05.2013 tarihinde, Mardin’in Kızıltepe ilçesinde 1 kişi (Habertürk, 2013); 24.01.2019 tarihinde Antalya’nın Kumluca ilçesinde 2 kişi (Sözcü, 2019); 20.04.2023 tarihinde Kahramanmaraş’ın Pazarcık ilçesinde 1 kişi yaşamını yitirmiştir. Ayrıca, bu hortumlar nedeniyle çok sayıda yaralanmalar olmuş ve birçok konut, iş yeri zarar görmüştür. Bunların yanı sıra, 2000’li yıllara kadar Türkiye’de hortumların oluşumuna ilişkin uzun süreli gözlem serilerini kullanan sayılı araştırma yapılmıştır. Daha sonra farkındalığın artması ile birlikte çeşitli çalışmalarla bu boşluk doldurulmaya çalışılmıştır. Buna göre, çalışmaların çoğu olay günlerine (Coşkun ve Aksoy, 2007; Kocatürk, 2012; Yurtseven, 2013; Kolay ve diğerleri, 2020; Canpolat ve diğerleri, 2021) ya da hortumların zamansal ve mekânsal değişkenliğine (Bozkurt, 2011; Kahraman ve Markowski, 2014; Kahraman ve diğerleri, 2017; Koç ve Ünlüler, 2017; Özgenç, 2020; Bakır, 2021; Canpolat ve diğerleri, 2021; Özen Bayraktar ve Çiçek, 2022) odaklanmıştır. Bununla birlikte, hortumların küresel iklim değişikliği ile ilişkilendirilmesi (Demircan ve diğerleri, 2019) de çalışmaların kıymetini artırmaktadır. Çünkü, kara ve denizlerin ısınma eğiliminin giderek kuvvetlenmesi, alt atmosfer yani troposferin sıcaklıklarının artması, deniz ve okyanuslarda artan buharlaşma (Türkeş, 2021) hortum olaylarının sayısını artırmaktadır. Ayrıca, IPCC’nin (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) 2021 yılı değerlendirmelerine göre de küresel ısınmanın olduğu çoğu bölgede, aşırı yağışların artması ve daha sık meydana gelmesi çok muhtemeldir. Hatta her 1°C’lik küresel ısınma ile günlük aşırı yağış olaylarının yaklaşık %7 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Artan küresel ısınma miktarı ile birlikte, tropikal siklonların şiddetlenmesi (kategori 4-5) ve bunlara bağlı rüzgâr hızlarının, küresel ölçekte artması öngörülmektedir. Diğer taraftan, iklim değişikliğiyle beraber değişen sıcaklık ve yağış deseni nedeniyle özellikle kıyı bölgelerinde bulunan şehirler risk altındadır. Çünkü, dünya nüfusunun %10’u deniz seviyesinden yalnızca 10 metre yüksekliğe kadar olan kıyı bölgelerinde yaşarken, %40’ı kıyılardan itibaren 100 km mesafedeki yerleşimlerde yaşamaktadır (UN, 2017). Türkiye’de de kıyıları iklim değişikliğinin etkilerine; deniz seviyesindeki yükselme veya aşırı yağışlar sonucunda sel ve taşkın, aşırı dolu yağışları, hortum gibi meteorolojik afetlere karşı daha kırılgandır. Özellikle son yıllarda seracılık faaliyetlerinin yaygın olarak yapıldığı kıyı kesimlerde artan hortum vakaları bu sektöre büyük zarar vermektedir (Özen Bayraktar ve Çiçek, 2022). Hortum olayları nedeniyle kıyılarıdaki tarım bölgeleri de risk altındadır.

Yukarıda sıralanan nedenlerle bu çalışmada Türkiye’de 2000-2020 yılları arasında gerçekleşmiş hortumların, zamansal ve mekânsal değişkenliğinin analizinin yanı sıra hortumların oluştuğu alanlardaki değişimin belirlenip yorumlanması amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

Türkiye’de 2000-2020 yılları arasında gerçekleşmiş hortum verilerine, Avrupa Şiddetli Fırtına Laboratuvarı (ESSL) desteğiyle oluşturulmuş veri tabanı olan “Avrupa Şiddetli Hava Veri Tabanı (European Severe Weather Database – ESWD eswd.eu/)” dan ulaşılmıştır. 21 yıllık döneme ait 562 veri kaydı manuel olarak düzenlenmiştir. Yapılan kontroller ve sağlama sonucunda 2000-2020 yılları arasında Türkiye’de toplam 520 hortum verisinin kullanılabilir olduğu değerlendirilmiştir. 520 hortum olayından oluşan veri seti, Excel programında düzenlenip sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Oluşturulan basit doğrusal regresyon modeline bağlı olarak doğrusal trendler analiz edilmiş, bunların belirleyicilik katsayıları hesap edilmiştir.

GIS yazılımına aktarılan veriler, Türkiye Dijital Yükseklik Modeli (DEM) haritası üzerinden topografyaya göre manuel olarak; “Deniz, Kıyı, Kara” alanı olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır.

(1) Deniz alanı: Kıyı çizgisinden itibaren denize doğru olan bölümde gerçekleşen hortumlar deniz alanı içerisinde değerlendirilmiştir.

(2) Kıyı alanı: Kıyı çizgisinden itibaren, kıyı ova alanları dahil edilerek topoğrafyaya göre kıyı alanı sınırları tanımlanmıştır. Bununla birlikte, topoğrafyanın kıyıda ani yükseldiği alanlarda da eğim kırıklıklarına kadar olan kısım kıyı alanına dahil edilmiştir. Bu alanlar içerisinde gerçekleşen hortumlar kıyı alanı olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada sınıflama sırasında Türkiye’nin topografik çeşitliliği nedeniyle bazı sınırlılıklarla karşılaşmıştır. Özellikle kıyı alanlarının sınırını belirlemek amacıyla Türkiye Dijital Yükseklik Modeli (DEM) haritası üzerinde birkaç alternatif uygulanmıştır.

- İlk olarak haritada 0-100 metre yükselti basamağı uygulanmış, ancak bazı noktalar kıyıda kalmasına rağmen istenen sonuç elde edilememiştir.
- Daha sonra 0-200 metre yükselti basamağı uygulanmış, bu kez de Kıyı Ege ovalarında özellikle Büyük Menderes Grabeni’nde iç kesimlerini kıyıya dahil ederken; Ergene Ovası, Güney Marmara ovaları ve Kocaeli Yarımadası’nın ise tamamını kıyı alanına dahil etmiştir

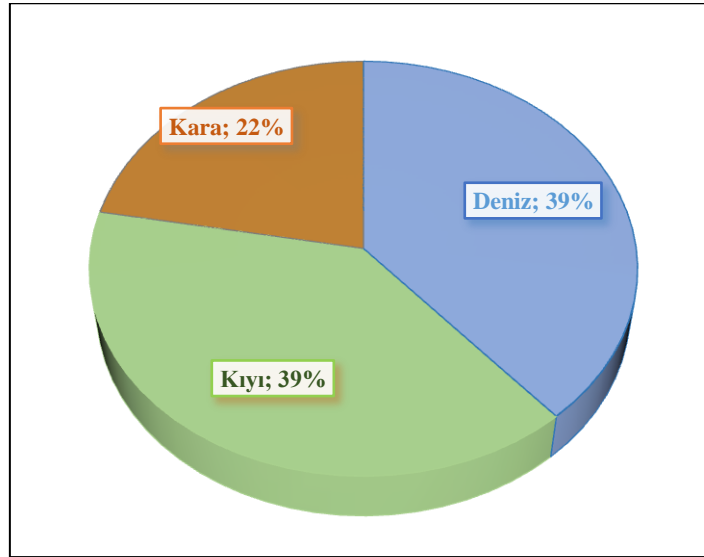
Bu problemler nedeniyle kıyı alanları, topografyada kıyı ovaları ve geride uzanan dağların eğim kırıklıklarına kadarki alan olarak sınıflandırılmıştır

(3) Kara alanı: Kıyı alanı olarak tanımlanan alanların dışında, geriye kalan geniş kara kütleli bölümünde gerçekleşen tüm hortumlar kara alanı olarak sınıflandırılmıştır.

Sınırları çizildikten sonra, hortum veri tabanı bu alanlara göre güncellenmiş, oluşturulan veriler tekrar Excel programına aktarılmış “Deniz”, “Kıyı” ve “Kara” alanları hortum analizleri gerçekleştirilmiştir. Program içerisinde yine basit doğrusal regresyon modeline bağlı olarak doğrusal trendler belirlenmiş, zamansal ve mekânsal değişimler değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

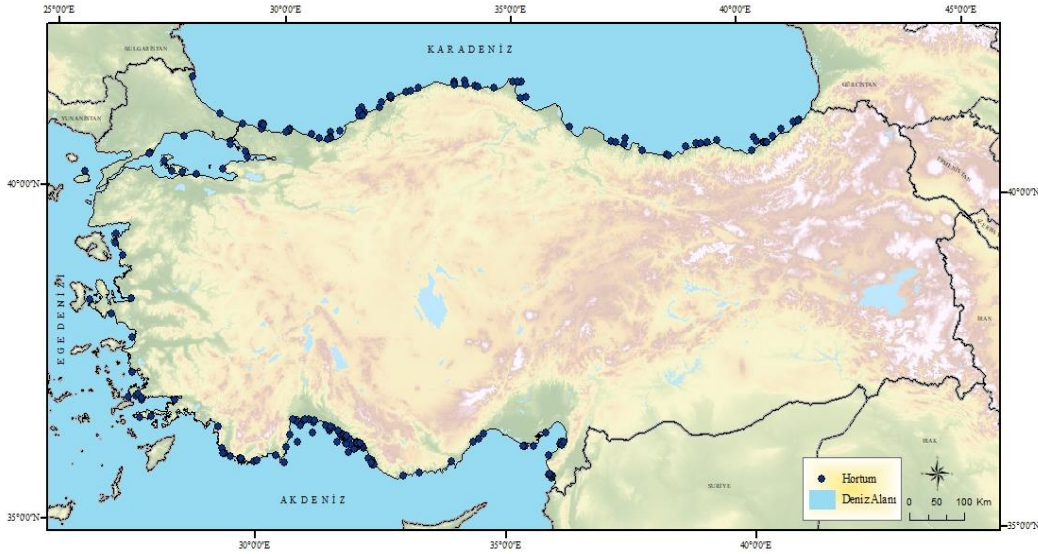
Türkiye’de 2000-2020 yılları arasında gerçekleşmiş toplam 520 hortum olayı oluştukları alanlara göre sınıflandırılmıştır. Buna göre kıyı alanlarında 204, deniz alanlarında 201 ve kara alanlarında 115 hortum gerçekleşmiştir. En fazla oran %39 ile kıyı ve deniz alanlarıdır (Şekil 2). Bu durum bize, Türkiye’deki hortumların daha çok deniz ve denize yakın alanlarda meydana geldiğini göstermektedir.



Şekil 2. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Gerçekleşmiş Hortumların Etkiledikleri Alanlara Göre Dağılışı

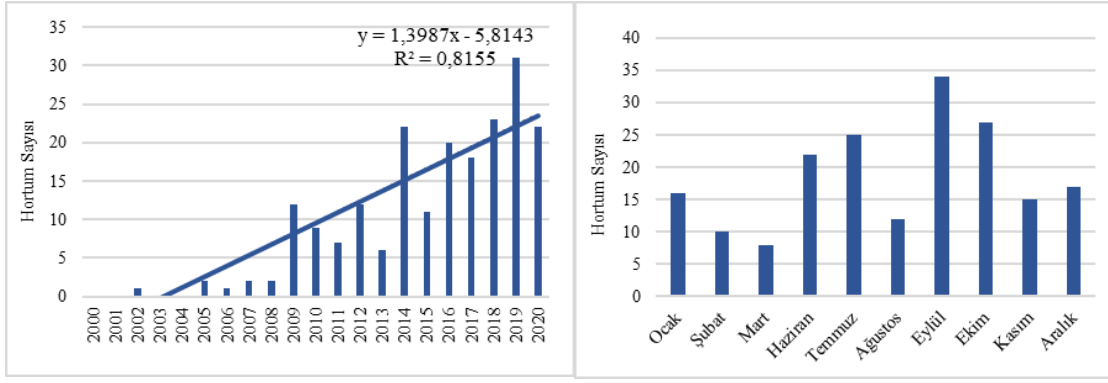
3.1. Deniz Hortumları

Kıyı çizgisinden itibaren deniz açıklarında gerçekleşen hortumlar deniz alanı içerisinde sınıflandırılmıştır (Şekil 3). Buna göre toplam 520 hortumun 201 tanesi deniz alanı içerisinde kalmaktadır. Deniz üzerinde oluşan hortumların büyük kısmı süper hücreli olmayan yani şiddeti ve etki alanı dar olan su hortumlarıdır (waterspout).



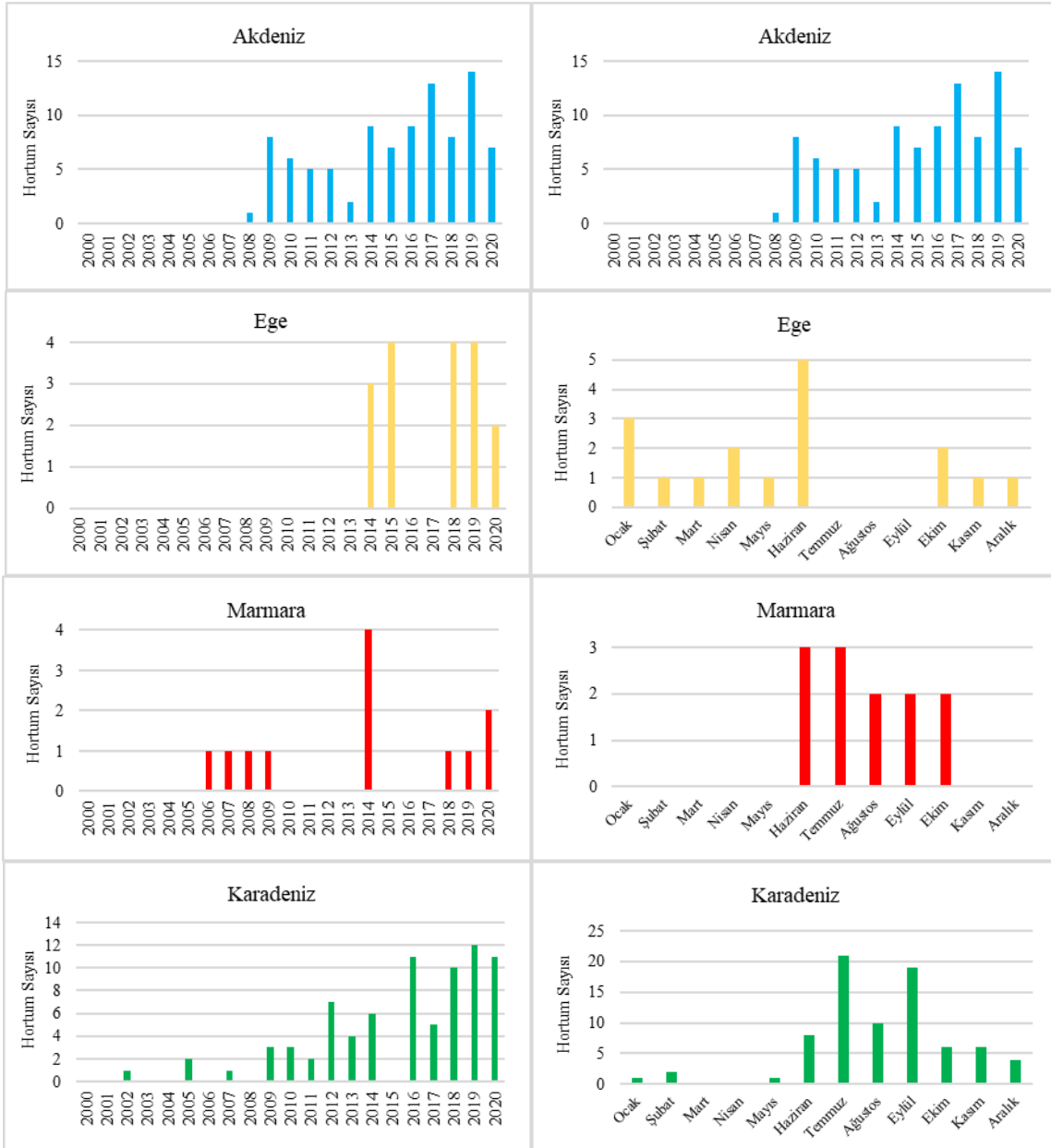
Şekil 3. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Deniz Alanı İçerisinde Gerçekleşmiş Hortumlar

Denizlerde oluşan 201 hortumun büyük bir kısmı 2009 yılından sonra gerçekleşmiştir. Özellikle son 5 yıl içerisinde hortum sayılarında ciddi artışlar gözlenmiş ve 2019 yılında 31 hortum gerçekleşmiştir. Deniz yüzeylerinde her mevsim hortum oluşmakla birlikte çoğunlukla yaz mevsiminde haziran, temmuz; sonbahar mevsiminde eylül, ekim aylarında daha sık görülmektedir. Bununla birlikte tüm deniz alanı için belirleyicilik kat sayısı değeri 0,81’dir. Buna göre denizlerde hortum sayılarının artma eğiliminde olduğu, her yıl bir önceki yıla göre 1,4 tane hortum daha fazla gerçekleşeceği anlaşılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Deniz Alanında Gerçekleşmiş Hortumların Yıllara ve Aylara Dağılışı

Yüzey alanlarının genişliğinin yanı sıra coğrafi koşulların etkisiyle, deniz alanları içerisinde Akdeniz 94 hortum ile ilk sırada yer alır. Daha sonra bunu Karadeniz (78), Marmara (12) ve Ege denizleri (17) takip eder. Hortumların Akdeniz ve Karadeniz’de fazla olmasının kendine özgü coğrafi ve meteorolojik nedenleri vardır.

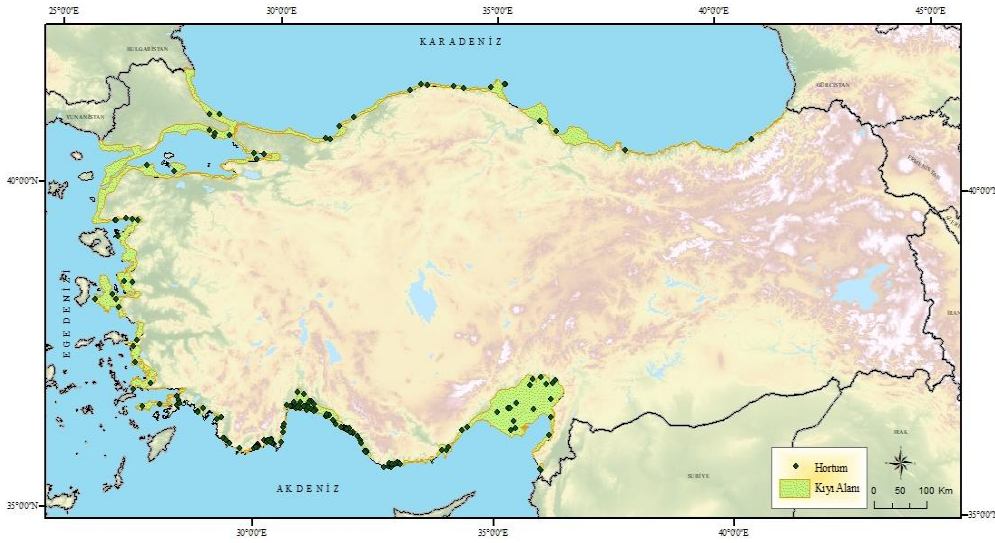


Şekil 5. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Deniz Alanlarında Gerçekleşmiş Hortumların Yıllara ve Aylara Dağılışı

Akdeniz’de 2009 yılından sonra her yıl en az bir hortum olayı gerçekleşmiş olup en fazla hortum olayı 2019 yılında (14) meydana gelmiştir. Hortumlar çoğunlukla sonbahar mevsiminde ekim ayında; kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında gerçekleşirken, ağustos ayında ise hiç hortum gerçekleşmemiştir. Ege Denizi’nde en fazla hortum haziran (5) ayında gerçekleşmiş daha sonra ekim ayına kadar hortum olayı gerçekleşmemiştir. Marmara Denizi’nde en fazla hortum 2014 yılında gerçekleşmiştir ve hortumların tamamı haziran-ekim ayları arasındadır. Karadeniz’de ise son 5 yılda hortum sayılarında artış görülmektedir. Akdeniz’in aksine hortumların çoğu yaz mevsiminde temmuz ayında (21) gerçekleşmiştir (Şekil 5). Ayrıca 2019 yılında denizlerin çoğunda hortum sayılarında önemli bir artış görülürken Marmara Denizi’nde sadece 1 hortum olayı gözlenmiştir.

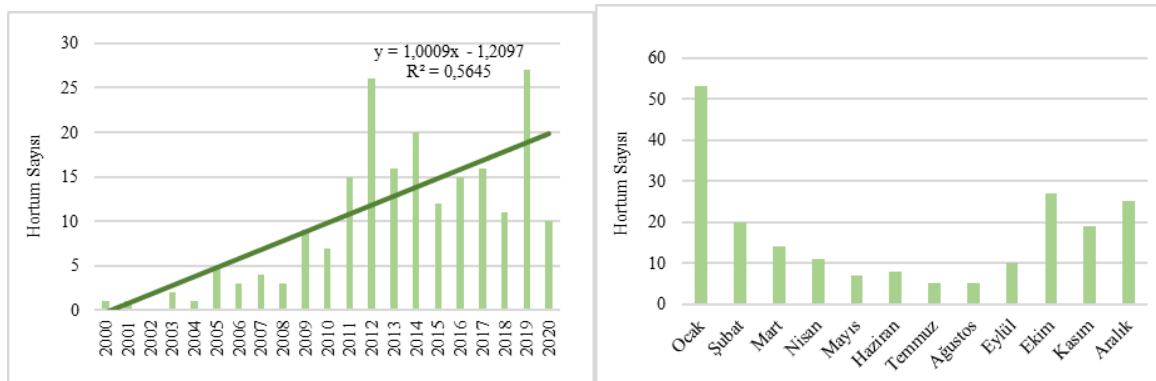
3.2. Kıyı Hortumları

Kıyı çizgisinden itibaren kıyı ova alanları ile topoğrafyanın kıyıda ani yükseldiği alanlarda dağların kıyıya bakan yamaçlarında eğim kırıklığına kadar olan bölümdeki hortumlar, kıyı alanına dahil edilmiştir (Şekil 6). Bu alanda toplam 204 hortum gerçekleşmiştir. Kıyılarda hortumların şiddet ve etki alanları oldukça geniştir.



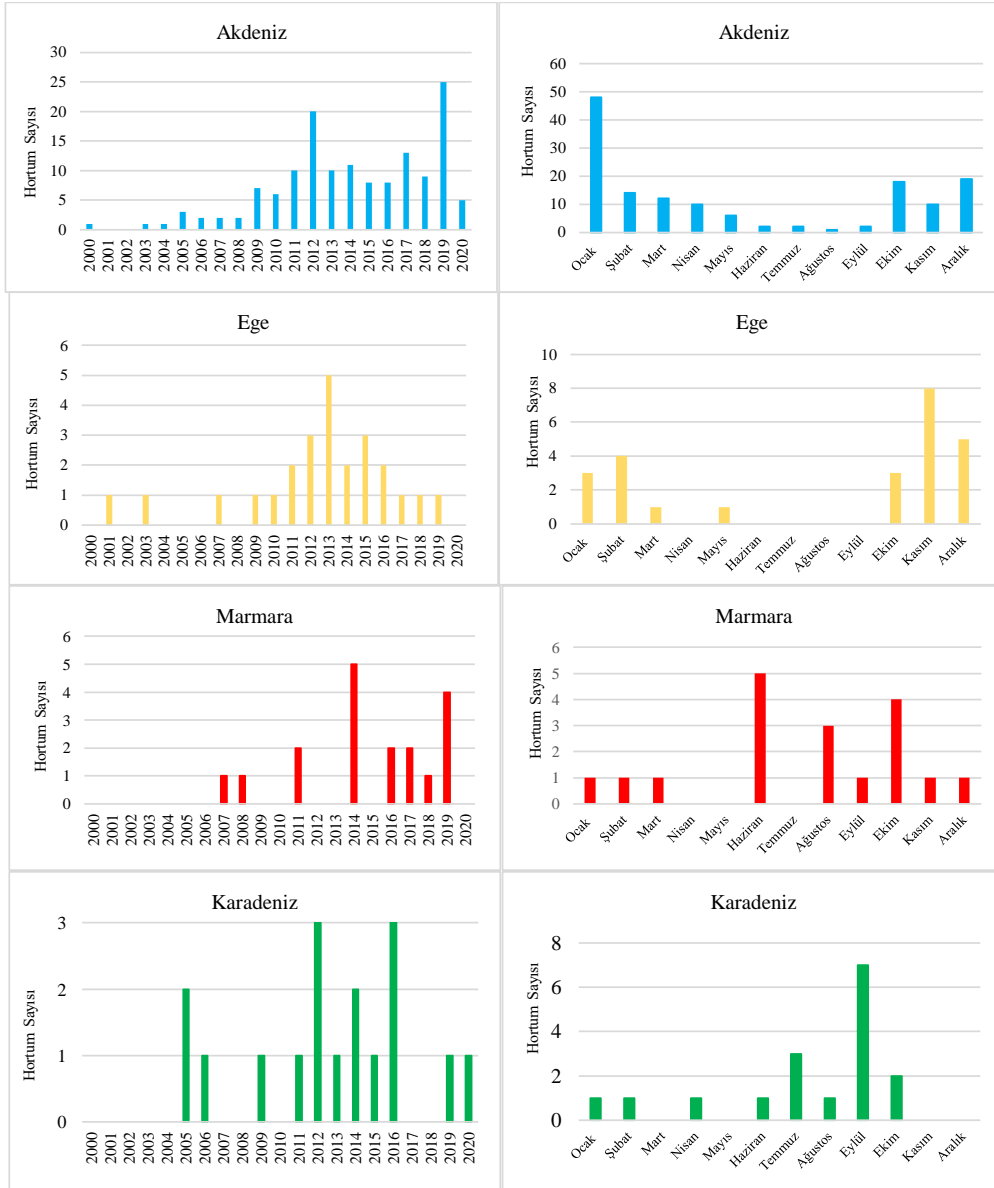
Şekil 6. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Kıyı Alanı İçerisinde Gerçekleşmiş Hortumlar

Kıyı alanlarında gerçekleşen 204 hortumun yıllar içerisinde dağılışı farklıdır. 2011-2014 yılları arasında hortum sayılarında ciddi artış gözlenirken, aksine son yıllarda (2019 yılı hariç olmak üzere) sayılarda düşüş gözlenmektedir. 2019 yılında deniz alanlarına benzer şekilde en fazla (27) hortum olayı gerçekleşmiştir. Onu 26 hortum ile 2012 yılı takip etmektedir. Her ay hortum olayı gerçekleşmiş olsa da hortumlar en fazla sonbahar ve kış mevsiminde gerçekleşmiştir. En çok hortum ocak ayında (53) görülmektedir (Şekil 7). Ayrıca Türkiye’de en fazla hortum kıyılarda etkili olmuş olsa da belirleyicilik katsayısı 2018 ve 2020 yıllarındaki azalma nedeniyle 0,56’dır (Şekil 6) ve Türkiye’deki kıyı hortumlarının her yıl 1 tane artacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 7. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Kıyı Alanında Gerçekleşmiş Hortumların Yıllara ve Aylara Dağılışı

Akdeniz kıyı alanları 144 hortum olayı ile ilk sırada yer alır. Daha sonra bunu Ege (25), Marmara (18) ve Karadeniz (17) kıyıları takip eder. Karadeniz kıyı alanı boyunca kıyı hortumları daha az görülmektedir. Akdeniz kıyılarında en fazla hortum yılları içerisinde 2019 yılında (25), aylar içerisinde ocak ayında (48) gerçekleşmiştir. Ege kıyılarında ise en fazla 2013 yılında 5 hortum gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde hiç hortum olayı görülmezken en fazla kasım ayında (8) gözlenmiştir. Marmara kıyısında 2014 yılında 5 hortum gerçekleşmiştir ve aylar içerisinde en fazla haziran (5) ayında görülmüştür. Karadeniz kıyılarında toplam sayının düşük olması ile birlikte 2012 ve 2016 yıllarında 3 hortum meydana gelmiş olup aylar içerisinde en fazla hortum eylül ayında (7) gözlenmiştir (Şekil 8).

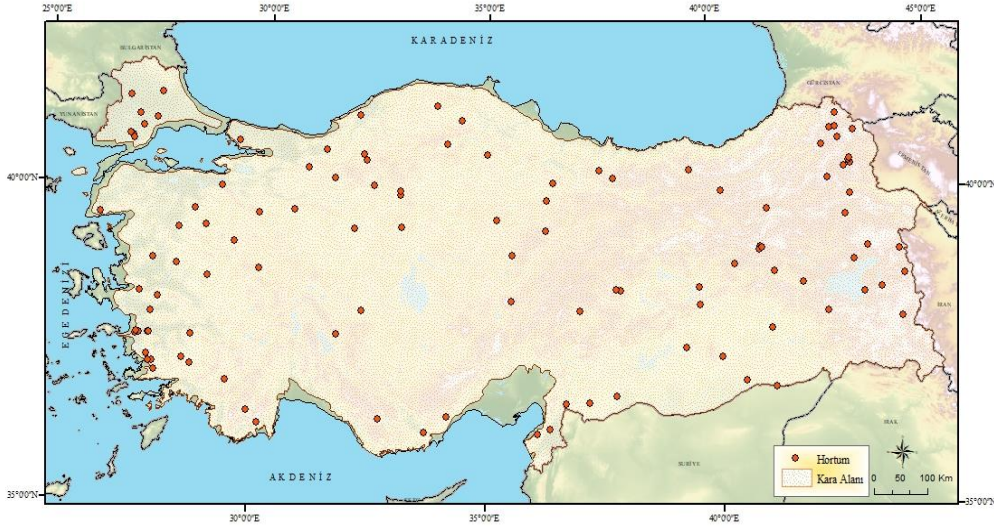


Şekil 8. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Kıyı Alanında Gerçekleşmiş Hortumların Yıllara Dağılışı.

3.3. Kara Hortumları

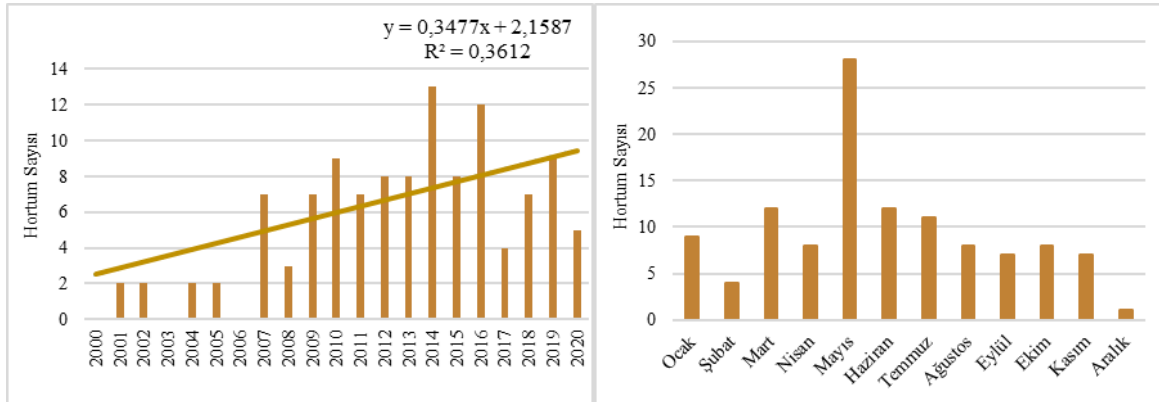
Kıyı alanı olarak tanımlanan alanların dışında, geriye kalan geniş kara kütlesi bölümünde gerçekleşen tüm hortumlar kara hortumu olarak sınıflandırılmış (Şekil 9) olup toplam 115 hortum olayı olduğu görülmüştür. Kara alanlarında hortumların şiddet ve etki alanları, insan yapılarına daha yakın olmaları nedeniyle oldukça geniştir.

Kara alanlarında hortumların şiddet ve etki alanları, insan yapılarına daha yakın olmaları nedeniyle oldukça geniştir.



Şekil 9. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Kara Alanı İçerisinde Gerçekleşmiş Hortumlar

Gerçekleşmiş toplam 115 hortumun yıllar içerisinde dağılışı farklı olmakla birlikte 2007-2016 yılları arasında sayıları genel olarak artmıştır. Bunun yanı sıra, deniz ve kıyı alanlarının aksine son yıllarda kara alanındaki hortumlarda azalma gözlenmektedir (Şekil 10). Hortumların aylara dağılışı da yine deniz ve kıyı alanlarından farklılık gösterirken, iç bölgelerde hortumlar çoğunlukla ilkbahar aylarında ve yaz başlarında görülmektedir. Hortumlar en fazla Mayıs ayında (28) gözlenmiştir. Kara alanı için belirleyicilik katsayısı 0,36 olarak hesaplanmış olup kara hortumlarının her 3 yılda 1 tane artacağı öngörülmüştür.



Şekil 10. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Kara Alanında Gerçekleşmiş Hortumların Yıllara ve Aylara Dağılışı.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Hortumlar, oluşum koşulları ve oluşum sırasındaki görsel farklılığıyla merak uyandıran hava olaylarından biridir. Özellikle 2000’li yıllardan sonra hem Avrupa’da hem de Türkiye’de hortumlar üzerine yapılan çalışmalarda artış olduğu görülmüştür (Bozkurt,2011; Groenemeijer ve Kühne, 2014; Kahraman ve Markowski, 2014; Yavuz ve diğerleri, 2015; Koç ve Ünlüler, 2017; Demircan ve diğerleri, 2019; Özgeçen,2020; Bakır, 2021). Bu artışlarda, ESWD kurulmuş olması (Groenemeijer ve Kühne, 2014), teknolojiye gelişmeler (internet ve cep telefonları) ve ayrıca son yıllarda Türkiye’deki hortumları belgeleme çabalarına bağlanmıştır (Kahraman ve Markowski, 2014). Bunun yanında hortumların küresel iklim değişikliği ile ilişkilendirilmesi de araştırılmasının en önemli nedenleri arasındadır. Çünkü, iklim değişikliğinin en bilinen sonucu ısınmadır özellikle kara ve denizlerin ısınması aşırı hava olaylarının yoğunlaşmasına da eşlik etmektedir. Buna göre Türkiye’de hortumların gerçekleştiği alanlar “deniz, kıyı ve kara” alanı olmak üzere sınıflandırılmıştır. En fazla hortum deniz ve kıyı alanlarında gerçekleşirken, kara alanında gerçekleşen hortumlar nispeten daha küçük bir paya sahiptir. Her bir alanın birbirinden farklı özelliklere sahip olması hortum oluşum koşullarının ve oluşum zamanlarının da farklılaşmasına olmasına neden olmuştur. Hortumların deniz alanında; yaz-sonbahar, kıyı alanında; sonbahar-kış; kara alanında ise ilkbahar-yaz şeklindedir. Denizler arasında en

fazla hortum Kahraman ve Markowski (2014)'nin, sonuçlarına benzer şekilde Akdeniz ve Karadeniz de oluşmuştur. Diğer taraftan kıyı alanlarında da en fazla hortum Akdeniz kıyılarında gözlenirken Karadeniz kıyılarında en az sayıda hortuma rastlanmaktadır. Çünkü kıyıları, deniz ile kara arasında geçiş bölgesidir. Her bölgenin kıyı ile kıyı gerisindeki fiziki coğrafi faktörleri, meteorolojik koşullarla ve bölgeyi etkileyen siklonlarla birleştiğinde hortum oluşumunu yakından etkiler. Kış mevsiminde sıcaklıkların düşmesiyle birlikte, jet rüzgârlarının üst atmosfere taşıdığı soğuk hava ile Akdeniz ve Ege denizlerinde, deniz suyunun henüz çok soğumamasının yarattığı kararsızlık durumları ya da alanın fiziki özelliklerine bağlı orografik zorlama ile hortumlar oluşmaktadır. Giaiotti ve diğerleri (2007), çalışmalarında orografik zorlama ile hortumların oluşabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Yine, Türkiye'nin batı ve güneybatısını etkileyen Akdeniz siklonları, hortum olaylarının kış mevsiminde görülme sıklığını artırmaktadır (Trigo ve diğerleri, 1999; Trigo ve diğerleri, 2002; Flocas ve diğerleri, 2010; Kahraman, 2021). Karadeniz'de deniz suyunun kış mevsiminde düşük olması hortum oluşum koşullarını zayıflatırken, yaz ve sonbahar mevsiminde deniz suyu sıcaklığının artması ve kuzeyden sokulan jet rüzgârları hortum oluşumu için uygun koşulların oluşmasını sağlamaktadır. Yani, jet rüzgârlarının da hortum oluşumlarında katkısı olmaktadır. Nitekim Kuzey Amerika kıtasında hortumların oluşum alanlarında, frekansında, ay ve mevsimlere dağılımında jet akımının etkilerine dair çalışmalar bulunmaktadır (Corfidi ve diğerleri, 2010; Zurbenko ve Sun, 2016).

Yıllar içerisinde kara ve kıyı alanlarında gerçekleşen hortum sayılarında anlamlı bir değişim görülmezken, denizlerde hortum sayıları, Demircan ve diğerlerinin (2019) sonuçlarına benzer şekilde artma eğilimindedir. Küresel iklim değişikliği ile birlikte deniz suyu sıcaklıklarındaki artış da bu öngörüye destekleyen en önemli faktörlerden birisidir. Nitekim çalışmamızın sonuçlarına göre 2019 yılı, bu süreci en iyi yansıtan örnek bir yıl olmuştur. Yani, deniz suyu sıcaklıkları uzun dönemlik ortalamanın üzerinde seyrettiği 2019 yılında, deniz ve kıyı hortumları zirve yapmıştır. Aynı zamanda Kostianaia ve Kostianoy (2021), Türkeş'in (2021) sonuçlarına benzer şekilde Karadeniz de son yıllarda hortum sayılarında artış gözlenmiştir.

Son IPCC raporlarında dünya genelinde iklim değişikliği ile birlikte aşırı hava olaylarının artacağı ön görülmektedir. Özellikle AR6 raporunda, Türkiye'nin de içinde bulunduğu "Akdeniz Bölgesi" özelinde yapılan değerlendirmeye göre; bölgede yüzey sıcaklığı şu anda, sanayi öncesi seviyenin 1,5°C üzerindedir ve yüksek sıcaklıkla birlikte ekstrem olaylar da buna karşılık gelen bir artışla devam etmektedir (yüksek güven). Yağış eğilimleri havza genelinde değişkendir (düşük güvenilirlik) bununla beraber kuraklıklar, özellikle kuzey Akdeniz'de daha sık ve yoğun hale gelmiştir (yüksek güven). Ayrıca deniz yüzeyi, doğu havzasında daha güçlü eğilimlerle 1980'lerin başından beri her on yılda 0.29°C–0.44°C ısınırken deniz seviyesi 20. yüzyılda yılda 1,4±0,2 mm yükselmiştir (1993–2018'de 2,8±0,1 mm yıl⁻¹) (yüksek güvenilirlik). En önemlisi 21. yüzyılda, iklim değişikliğinin bölge geneline yayılması beklenmektedir. Hava, deniz sıcaklığı ve bunların uç noktaları (özellikle ısı dalgaları) muhtemelen küresel ortalamanın üzerinde artmaya da devam edecektir (yüksek güvenilirlik). Emisyon senaryosuna bağlı olarak (yüksek güvenilirlik), yüzyılın sonunda karada öngörülen yıllık ortalama ısınma, 20. yüzyılın son yirmi yılına kıyasla 0,9–5,6°C aralığındadır. Yağış ise çoğu bölgede %4-22 oranında azalırken (orta güvenilirlik) bölgenin kuzey kesiminde aşırı yağışlar muhtemelen artacaktır (yüksek güvenilirlik) (Ali ve diğerleri, 2022). Yine Ginzburg ve diğerleri (2021), Karadeniz Bölgesi'ndeki hava sıcaklığının 1980–2020 için yılda +0,053 °C oranında arttığını belirtmektedir. Ayrıca, Karadeniz'in tamamında 1982-2020 yılları arasında ortalama yıllık deniz yüzeyi sıcaklığının (SST) artmış olup 2010 yılından itibaren çoğunlukla 16°C'yi aşmıştır (2018'de maksimum 16,71°C) (Ginzburg ve diğerleri, 2021:753). Bu doğrultuda Zhang ve diğerleri (2021), özellikle tropikal siklonlar ve ekstretrik siklonların ısınma ile birlikte sayılarından ziyade şiddetlerinin artacağı hatta yine bu olaylara bağlı yağış ve rüzgâr hızlarının da artacağını ön görmektedir. Çünkü, sıcak atmosferin daha fazla nem içereceğini, bunun da daha şiddetli gök gürültülü fırtınaların oluşmasına imkân sağlayacağı tahmin edilmektedir (National Geographic,2022). Nitekim sonuçlara göre Türkiye'de deniz suyu sıcaklıklarının artışı bu öngörüye desteklemektedir. Bunun yanında artan şehirleşme, yanlış arazi kullanımı, yeşil alanların azaltılması gibi durumlara bağlı olarak konvektif yağışların artışı da yine iklim değişikliği etkilerinin göz ardı edilemeyen ispatlarından biridir.

Sonuç olarak Türkiye'de 21 yıllık süreçte gerçekleşmiş hortumların, gerçekleştikleri alanlara göre farklı özellikleri bulunmaktadır.

- Denizlerde hortum en fazla Akdeniz ve Karadeniz’de oluşur ancak oluşum zamanları farklıdır. Akdeniz’de en fazla sonbaharda ekim ayında iken Karadeniz’de yaz mevsiminde temmuz ayında gerçekleşmiştir. Ancak hortum olaylarının genel dağılımında Akdeniz ile Ege Denizi; Karadeniz ile Marmara Denizi uyumludur. Ayrıca denizlerde hortum sayıları artma eğilimindedir ve her yıl bir önceki yıla göre 1,4 tane hortum daha fazla gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.
- Kıyılarda en fazla hortum yine Akdeniz kıyılarında gerçekleşmiştir. En az ise Karadeniz kıyılarında gerçekleşmiştir. Akdeniz kıyılarında hortum, denizlerden farklı olarak en çok ocak ayında meydana gelmiştir. Ayrıca Türkiye’deki kıyı hortumlarının her yıl 1 tane artacağı tahmin edilmektedir.
- Kara hortumları, karasal bölgelerin özellikleri itibariyle her mevsim oluşabilirken en fazla mayıs ayında gerçekleşmiştir. Deniz ve kıyı hortumlarına kıyasla kara hortumlarının her 3 yılda 1 tane artacağı tahmin edilmektedir.

Tüm bunlara göre denizlerde hortumların sayı ve şiddetlerinin artması özellikle kıyı bölgelerde tarım, turizm gibi beşerî faaliyetleri doğrudan etkileyecektir. Bu farklılık ve benzerlikleri bilmek hortumların geleceğe yönelik tahmini, önlemlerin alınması can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Ali, E., Cramer, W., Carnicer, J., Georgopoulou, E., Hilmi, N.J.M., Le Cozannet, G. and Lionello, P. (2022). Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2233–2272, doi:10.1017/9781009325844.021. (www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_CCP4.pdf)
- Bakır, B. (2021). *Türkiye’nin hortum klimatolojisi ve etkili olan yüksek atmosfer koşullarının incelenmesi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. Tez No: 704795.
- Bozkurt, D. (2011). Türkiye’de hortumlar artıyor mu? *Bilim ve Teknik*, (526), 68–71.
- Canpolat, E., Keserci, F. & Döker, M. F. (2021). Finike ve Kumluca ovalarında yaşanan su hortumlarının oluşum süreçleri ve etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 19-36. <https://doi.org/10.17211/tcd.827607>
- Corfidi, S., Weiss, S., Kain, J., Corfidi, S.J., Rabin, R. & Levit, J. (2010). Revisiting the 3-4 april 1974 super outbreak of tornadoes. *Weather and Forecasting*, (25), 465-510. <http://dx.doi.org/10.1175/2009WAF2222297.1>
- Coşkun, M. & Aksoy, B. (2007). 19 haziran 2004 Çubuk-Sünlü (Ankara) hortum olayı, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 12(17), 203-22.
- Demircan, M., Arabacı, H., Soydam, M. & Eroğlu, H. (2019). Trends of tornado disasters in Turkey in context of climate change. *9th International Symposium on Atmospheric Sciences*,(pp.350-355).İstanbul.
- Flocas, H.A., Simmonds, I., Kouroutzoglou, J., Keay, K., Hatzaki, M., Bricolas, V. & Asimakopoulos, D. (2010). On cyclonic tracks over the eastern Mediterranean. *Journal of Climate*, (23), 5243–5257. doi: <https://doi.org/10.1175/2010JCLI3426.1>
- Giaiotti, D. B., M. Giovannoni, A. Pucillo, and F. Stel. (2007). The climatology of tornadoes and waterspouts in Italy. *Atmospheric Research*,(83), 534–541, doi:10.1016/j.atmosres.2005.10.020.
- Ginzburg, A.I., Kostianoy, A.G., Serykh, I.V. et al. (2021). Climate change in the hydrometeorological parameters of the Black and Azov seas (1980–2020). *Oceanology*, (61), 745–756 <https://doi.org/10.1134/S0001437021060060>.

- Groenemeijer, P. & Kühne T. (2014). A climatology of tornadoes in europe: results from the european severe weather database. *Monthly Weather Review*, 142, 4775–4790. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-14-00107.1>
- Habertürk (2013, Mayıs 12). <https://www.haberturk.com/gundem/haber/843706-mardinde-hortum-can-aldi>
- Hürriyet, (2012, Nisan 4). <https://www.hurriyet.com.tr/video/elazig-in-maden-ilcesi-nde-hortum-faciiasi-36060758>
- IPCC, 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2391 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- Kadioğlu, M. (2012). *Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi*. Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, Ankara.
- Kahraman, A. (2021). Synoptic climatology of supercell-type tornado and very large hail days in Turkey. *Weather*, (76) 129-134. doi: <https://doi.org/10.1002/wea.3829>
- Kahraman, A., & Markowski, P. M. (2014). Tornado climatology of Turkey. *Monthly Weather Review*, 142(6), 2345–2352. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-13-00364.1>
- Kahraman, A., Kadioğlu, M. & Markowski, P.M. (2017). Severe convective storm environments in Turkey, *Monthly Weather Review*, (145), 4711-4725.
- Kocatürk, O. (2012). The great storm and tornado incident in Istanbul (19 July 1914). *International Journal of Turcologia*, 7 (13), 27–37.
- Koç, İ. & Ünlüler, M. (2017). 26 kasım 2010 günü Muğla’nın çallı köyünde meydana gelen hortum olayının incelenmesi. *III. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu*, Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Kolay, O., Özdemir, E. T. & Yetemen, Ö. (2020). Flash flood and tornado disaster in Bodrum: case study of november 29, 2018. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(4), 491–497. <https://doi.org/10.35229/jaes.759162>
- Kostianaia, E.A. & Kostianoy, A.G. 2021. Regional climate change impact on coastal tourism: a case study for the black sea coast of russia. *Hydrology*, (8), 133. <https://doi.org/10.3390/hydrology8030133>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2021). 2021 Yılı İklim Değerlendirmesi, *İklim ve Ziraî Meteoroloji Dairesi Başkanlığı Araştırma Dairesi Başkanlığı*, Ankara. <https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2021-iklim-raporu.pdf>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2022). Türkiye Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi (2010-2021). *Araştırma Dairesi Başkanlığı Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü*, Ankara. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/meteorolojikafetler2010-2021.pdf>
- National Geographic. (2022, 23 July). Tornadoes and Global Warming: Is There a Connection?. <https://education.nationalgeographic.org/resource/tornadoes-and-global-warming-therere-connection>
- Özen Bayraktar, S. ve Çiçek, İ. (2022). Türkiye’de hortum olayları. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*. 9 (86), 1604-1616. doi: <http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.3202>
- Özgenç, R. (2020). Yer tabanlı uzaktan algılama sistemleri kullanılarak Akdeniz bölgesinde hortum hadiselerinin sinoptik analizi ve modellenmesi, [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. Tez No: 635612.
- Sabah, (2011, Ekim 12). <https://www.sabah.com.tr/yasam/balikesirde-hortum-faciiasi-2025896>.
- Sözcü, (2019, Ocak 28). <https://www.sozcu.com.tr/2019/gundem/antalyada-hortum-can-aldi-1-olu-3254185/>

- Sözcü, (2023 Nisan 20). <https://www.sozcu.com.tr/2023/gundem/son-dakika-pazarcikta-hortum-cadirlar-uctu-yaralilar-var-7660310/>
- Trigo, I.F., Bigg G.R. & Davies T.D. (2002). Climatology of cyclogenesis mechanisms in the Mediterranean. *Monthly Weather Review* (130), 549–569. doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2002\)130<0549:COCMIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2002)130<0549:COCMIT>2.0.CO;2)
- Trigo, I.F., Davies T.D. & Bigg, G.R. (1999). Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region. *Journal of Climate*, (12), 1685–1696. doi:10.1175/1520-0442(1999)012<1685:OCOCIT>2.0.CO;2
- Türkeş, M. (2021). Türkiye’de Hortumlar Artıyor Mu?. *EKOIQ*, Mart, 96-101.
- UN (2017). Factsheet: people and oceans. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Ocean_Factsheet_People.pdf.
- Yurtseven, M. (2013). “Gelişmiş-v” yapılı oraj fırtına modeli olarak Elâzığ-Maden hortumu. *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.
- Zhang, Y., Jin, Z. & Sikand, M. (2021). The top-of-atmosphere, surface and atmospheric cloud radiative kernels based on isccp-h datasets: method and evaluation. *Journal Of Geophysical Research-Atmospheres*, (126), 24. doi:10.1029/2021JD035053.
- Zurbenko, I.G & Sun, M. (2016). Jet stream as a major factor of tornados in USA, *Atmospheric and Climate Sciences*, (6), 236-253. http://dx.doi.org/10.4236/acs.2016.62020_