



JOURNAL of SOCIAL and HUMANITIES SCIENCES RESEARCH (JSHSR)

Uluslararası Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Dergisi

Received/Makale Geliş 01.07.2022
Published/Yayınlanma 31.08.2022
Article Type/Makale Türü Research Article

Citation/Alıntı: Özen Bayraktar, S. & Çiçek, İ. (2022). Türkiye’de hortum olayları. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 9(86), 1604-1616.
<http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.3202>

Arş. Gör. Sema Özen BAYRAKTAR
<https://orcid.org/0000-0002-0239-3982>
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Afyon / TÜRKİYE

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK
<https://orcid.org/0000-0002-9000-2805>
Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara / TÜRKİYE

TÜRKİYE’DE HORTUM OLAYLARI¹ TORNADO EVENTS IN TURKEY

Issue/Sayı: 86

Volume/Cilt: 9

jshsr.org

ISSN: 2459-1149

ÖZET

Son yıllarda küresel iklim değişikliği ile beraber aşırı hava ve iklim olayları, tüm insanlar için önemli bir risk oluşturmaktadır. Bu risklerin sonucunu öngörebilmek adına, aşırı hava olayları hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Hortumlar da çok kısa sürede oluşup ciddi can ve mal kayıplarına neden olan hava olaylarından birisidir. Hortum bize ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri’ndeki “Tornado Alley (Hortum Geçiti)”ni hatırlatsa da aslında dünyanın birçok bölgesinde oluşmaktadır. Türkiye’de de son yıllarda sayılarında belirgin bir artış vardır. Çalışmamızda European Severe Weather Database (ESWD)’den Türkiye’de 2000-2020 yılları arasında gerçekleşmiş hortum verileri alınmış, veriler düzenlendikten sonra birtakım analizler yapılmıştır. Buna göre; 2000-2020 yılları arasında toplam 520 hortum olayı gerçekleşmiştir ve ülke geneline düzenli bir dağılım göstermemektedir. Akdeniz Bölgesi’nde bu süreçte toplam 245 hortum olayı gerçekleşmiş olup ve bölgeler arasında %47’lik oranla ilk sırada gelmektedir. Burada Antalya ve yakın çevresi hortumun en sık görüldüğü bölümdür. Ayrıca hortumların gerçekleştiği aylar ve mevsimler bölgelere göre farklılık göstermektedir. Akdeniz ve Ege bölgelerinde sonbahar sonu ve kış aylarında; Marmara ve Karadeniz bölgelerinde yaz ve erken sonbahar ayları; İç bölgelerde ise genellikle ilkbahar sonu yaz başlarında hortum oluşmuştur. Analiz sonuçlarımıza göre özellikle son 10 yılda hortumların gerçekleşme sıklığının artması ve artış eğilimi göstermesi sebebiyle gerekli tedbirlerin alınması, insanların bilinçlendirilmesi can ve mal kayıplarının azaltılması açısından oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Aşırı Hava Olayı, Hortum, Süper hücre, Risk, Türkiye.

ABSTRACT

In recent years, together with global climate change, extreme weather and climate events pose a significant risk for all people. More research on extreme weather events is needed to predict the outcome of these risks. Tornadoes are also one of the weather events that occur in a very short time and cause serious loss of life and property. Although the tornado first reminds us of the “Tornado Alley” in the United States, it actually occurs in many parts of the world. There has been a significant increase in their numbers in Turkey in recent years. In our study, tornado data that took place in Turkey between the years 2000-2020 were obtained from the European Severe Weather Database (ESWD), and some analyzes were made after the data were arranged. According to this; Between 2000 and 2020, a total of 520 tornado events took place and they do not show a regular distribution throughout the country. A total of 245 tornado events took place in the Mediterranean Region in this process, and it ranks first among the regions with a rate of 47%. Here, Antalya and its surroundings are the parts where tornadoes are seen most frequently. In addition, the months and seasons of tornadoes vary by region. In the Mediterranean and Aegean regions, in late autumn and winter; Summer and early autumn months in the Marmara and the Black Sea regions; In the inner regions, a tornado generally occurred in late spring and early summer. According to our analysis results, it is very important to take necessary precautions and raise awareness of people, especially in the last 10 years, in terms of reducing the loss of life and property, since the frequency of tornadoes has increased and tended to increase.

Keywords: Extreme Weather Event, Tornado, Supercell, Risk, Turkey.

¹ Bu çalışma, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fiziki Coğrafya Ana Bilim Dalı’nda devam eden doktora tezinden üretilmiş olup daha önce 20-22 Haziran 2019 tarihinde İstanbul’da gerçekleşen 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi’nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Şiddetli konvektif fırtınalar, dolu, şiddetli rüzgâr, aşırı yağış, yıldırım, şimşek ve hortum gibi birçok aşırı hava olayları, dünya üzerinde kaynağını alçak basınç sistemlerinden oluşan siklonlardan alır. Genel atmosfer dolaşımına bağlı olarak oluşan orta enlem siklon ve antisiklonları ile tropikal siklonlar, sinoptik ölçekte dolaşım sistemleridir. Ayrıca görüldükleri enlemlerdeki hava koşullarının büyük kısmından sorumlu sistemlerdir; çoğunluğunu, kararsız ve şiddetli hava koşullarını kapsar (Türkeş, 2019). Bu hava olayları içerisinde yer alan hortumlar, oluşabildikleri alanlara göre en temelde “Tropikal (Tropical) ve Tropik Dışı (Extratropical) Hortumlar” olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

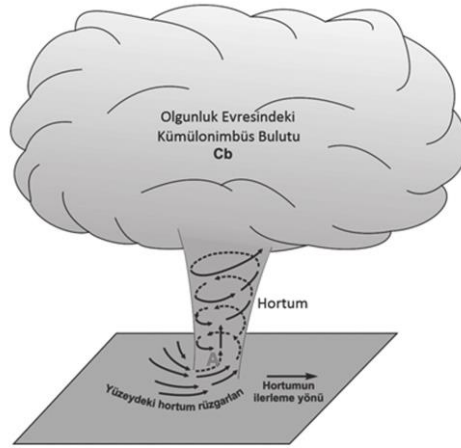
Tropikal siklonlar, çoğunlukla ekvatorun 5°-20° ve kuzey güney enlemleri arasında yer alan tropikal okyanuslarda oluşan çok kuvvetli ve yıkıcı tropikal fırtınalardır. Bu fırtınaların en şiddetlisi hortumlar, çoğunlukla hortumun merkezinden çok uzaktaki yağmur bantlarına gömülü gök gürültülü fırtınalarda meydana gelir; ancak göz duvarının yakınında da oluşabilirler. Tropikal sistemlerle ilişkili hortumların çoğu, fırtınanın sağ ön çeyreğinde meydana gelir. Bu alan tipik olarak en iyi rüzgâr makaslaması ve kararsızlığa sahiptir. Ayrıca tropikal siklonlar tarafından üretilen hortumlar nispeten zayıf ve kısa ömürlü olsalar da o bölge halkı için önemli bir tehdit oluştururlar (National Weather Service [NWS], t.y.).

Orta enlem siklonları (tropikler dışı siklonlar veya ekstra tropikal siklonlar) ise; soğuk ve sıcak cephelerin eşlik ettiği 100-2000 km yarıçaplı, yaklaşık dairesel alçak basınçlı hava sistemlerinden oluşurlar (Krausmann, Raimond ve Wood, 2017: 246). Orta enlem siklonlarının belirleyicisi olan cepheler boyunca aşırı hava koşulları oluşabilir. Özellikle güçlü bir soğuk cephe, şiddetli gök gürültülü fırtınalar, büyük dolu ve hortumlar gibi şiddetli hava koşullarına neden olabilir. Çalışma konumuz olan hortumlar, bu grup içerisinde yer alan tropik dışı hortumlardır.

Aşırı hava olayları insanlar için her zaman risk oluşturmakla birlikte son yıllarda artan sıklık ve şiddeti yanında etki alanlarının genişlemesiyle afete dönüşebilmektedir. Bu hava olayları içerisinde yerel hasar potansiyeline sahip olan hortumlar; Avustralya, Avrupa, Afrika, Asya ve Güney Amerika dahil olmak üzere dünyanın birçok yerinde meydana gelir. Amerika Birleşik Devletleri’nde yılda ortalama 1200 hortum gerçekleşir ve dünyada ilk sırada yer almaktadır. ABD dışındaki en yüksek hortum konsantrasyonlarından ikisi Arjantin ve Bangladeş’tir (National Severe Storms Laboratory, NSSL, t.y.). Türkiye’de ise 2000-2020 yılları arasında 520 hortum gerçekleşmiştir ve analiz sonuçlarımıza göre artış söz konusudur. Hortum sayılarındaki artış, bu alanda yapılan çalışmaların artmasına neden olmuştur. Ancak Türkiye’de hortumlar üzerine yeni bir farkındalık kazanılsa da dünyada hortum ile ilgili çalışmaları 19 yüzyıllarda başlamıştır (Martins,1850; Reye,1872). 20. Yüzyılın başlarında Avrupa’nın hatta dünyanın en iyi bilim adamlarından olan Alfred Wegener, sadece jeoloji, jeofizik, astronomi, glasiyoloji, paleoklimatoloji gibi alanlara katkısı olmakla kalmamış; bulut mikrofiziği, termodinamik, atmosferin kimyasal bileşimi ve dikey yapısı, atmosfer fiziği ve meteoroloji alanlarında da araştırmalar yapmıştır. 1917 de yayınladığı *Wind- und Wasserhosen in Europa (Tornadoes and Waterspouts in Europe)* eseri Avrupa’da gerçekleşmiş hortumları tüm yönleriyle incelemiştir (Antonescu, Ricketts ve Schultz, 2019:569). Yakın dönemde Avrupa’daki hortumlar ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Bunlardan başlıcaları: Almanya’da Dotzek (2001), Romanya’da Antonescu ve Bell (2015), Avusturya’da Holzer (2001), Polonya’da Taszarek ve Brooks (2015), Yunanistan’da Sioutas (2011) İspanya’da Gaya (2011), İtalya’da Miglietta ve Matsangouras (2018) yapılan çalışmalar bunlara örnek olarak gösterilebilir. Türkiye’de ise hortumlar üzerine yapılan çalışmalarda en önemli sorun yeterli düzeyde veri kaydının olduğu bir veri tabanı olamamasıdır. Bu durum hortuma dair klimatolojik çalışmaların yapılma zorluğunu da beraberinde getirmektedir. Ancak Kahraman ve Markowski (2014), 1818-2013 dönemindeki hortum olaylarını inceledikleri çalışma bu konudaki ilk önemli çalışmadır. Yavuz, Çavuş ve Özen (2015), Türkiye’de 1997-2015 yılları arasında gerçekleşen hortumların zamansal ve mekânsal dağılımını incelemiştir. Demircan, Arabacı, Soydam ve Eroğlu (2019), çalışmalarında 2001-2017 yılları arasında gerçekleşmiş hortumları ve iklim değişikliği ile bağlantısını incelemiştir. Kahraman (2020), Türkiye’de meydana gelmiş süper hücre hortumlarının sinoptik klimatolojisini incelemiştir. Ayrıca Türkiye’de gerçekleşmiş hortum olaylı günleri inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır (Coşkun ve Aksoy [2007], Kocatürk [2012], Yurtseven [2013], Canpolat, Keserci ve Döker [2021]).

2. HORTUMLAR ve GENEL ÖZELLİKLERİ

Hortumlar günümüzde merak uyandıran hava olaylarından birisidir. Hortum birçok kaynakta benzer cümlelerle tanımlanmıştır. Bu alanda ilk araştırmacılar arasında sayılan Wegener (1917), hortumları kümülönimbüs bulutundan yere uzanan yoğunlaşmış su buharı konisi, dönen hava sütunları şeklinde; Davies-Jones, Trapp ve Bluestein (2001), bir kümülönimbüs bulutundan (nadir olarak da güçlenmiş bir kümülüs bulutundan) sarkarak yaklaşık 100 m çapında, yerden kaldırdığı toz ve enkazla şiddetle dönen dar hava sütunu veya enkaz bulutu olarak tanımlamıştır. Amerikan Meteoroloji Derneği'nin yayınladığı Meteoroloji Sözlüğü'ne (American Meteorological Society [AMS], 2020) göre, hortum kümüliform bulut yüzeyinden tabanına dikey uzanan, genellikle yüzeye yakın; kara üzerindeyken döküntü/ toz; su üzerindeyken su püskürtür gibi hızla dönen hava sütunudur. Ayrıca, varlığı gerekli olmasa da bir huni bulutu görülebilir, bu bulut kısmen veya tamamen zemine kadar uzanabilir. Türkeş (2015) ise, iyi gelişmiş bir konvektif fırtına bulutunun tabanından siklonik bir sirkülasyonla birlikte yeryüzüne ulaşan, küçük ama şiddetli-derin bir alçak basınç alanının çevresinde hızla dönen bir hava sütunu olarak tanımlamıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Olağan Bir Hortumun Genel Özelliklerinin Yalınlaştırılmış Çizimsel Gösterimi (Türkeş, 2015)

Hızlı başlayan bazen çok şiddetli seyir izleyebilen hortumlar kısa ömürlü hava sistemleridir. Hortumların daha anlamlı şekilde sınıflandırılması için yapılan çalışma (Agee ve Jones, 2009), tekrar revize edilmiş (Agee, 2014) buna göre hortumları üç tipe ayırmıştır. Buna göre:

Tip I: Ayrık süper hücreli fırtınalarla oluşan hortumlardır. En yıkıcı ve öldürücü hortumlar iyi gelişmiş kümülönimbüs bulutu ile birlikte oluşurlar ve bu bulutlar radar görüntülerinde mezosiklon olarak tespit edilirler. Ayrıca süper hücreler kuvvetli rüzgarlar, dolu, şimşek, aşırı yağışla sel ve taşkınları meydana getirebilir. En yıkıcı hortumlar bu şekilde gerçekleşmektedir (Şekil 2).

Tip II: Orta ölçekli konvektif sistemlere bağlı oluşan hortumlardır. Bunlar: Yarı-Doğrusal Konvektif Sistemler ve Orta ölçek konvektif komplekslerdir.

Yarı-Doğrusal Konvektif Sistemler: Bunlar soğuk cephe boyunca veya önünde hat-şerit şeklinde sıralanmış kuvvetli fırtına bulutlarından oluşurlar (squal line). Kararsız hava sınırı boyunca meydana geldiklerinden doğrusal bir görünümüleri vardır ve radar, uydu görüntülerinde de tespit edilebilirler. Orta enlem siklonlarının tanıtıcı hava koşulları içerisinde yer alırlar (Ahrens ve Samson, 2011:306). Türkiye'de bu şekilde gelişen hortum sayısı oldukça fazladır. Diğer bir hortum oluşum sistemi de orta ölçekli konvektif komplekslerdir. Bunlar da koşulların konveksiyon için uygun olduğu yerlerde, bir dizi bireysel çok hücreli fırtına bulutların bir araya gelerek büyük dairesel konvektif hava sistemi haline gelmesi ile oluşurlar. Sağanak hatları gibi uzun ömürlüdürler ve 6 saatten fazla etkili olurlar (Ahrens ve Samson, 2011:310).

Tip III: Tip I veya tip II olarak sınıflandırılmayan hortum olaylarıdır. Daha spesifik olarak, bunlar lokalize olarak görülen konvektif orajlar sonucu gelişirler. En önemlisi süper hücreli olmayan hortumlardır. Kara yüzeyinde (landspout), su yüzeyinde (waterspout) ve soğuk hava bulutları altında gerçekleşirler. Genellikle kısa sürer, şiddetleri düşüktür ve etki alanları dardır. Özellikle su hortumları (waterspout) Akdeniz ve Karadeniz'de sıkça görülürler, oluştuktan kısa bir sonra kaybolurlar (Şekil 3).



Şekil 2. 23 Haziran 2020 Tarihinde İstanbul Açıklarında Süper Hücreye Bağlı Hortum Oluşumu,
Kaynak: URL1



Şekil 3. 16 Haziran 2021 Tarihinde Antalya Açıklarında Oluşan Bir Hortum (waterspout)
Kaynak: URL2

Özetle güçlü bir hortumun oluşabilmesi için, mutlaka iyi gelişmiş (çok etkin) bir gök gürültülü fırtına yani bir kümülonimbüs (Cb) bulutunun ya da birleşik bir Cb kütesinin ya da bazı çok şiddetli hortumlarda orta ölçekli bir siklonun (mezosiklon) varlığı gereklidir. Ayrıca, çok yaygın olmamakla birlikte, hava kütlesi orajları da ender olarak hortum oluşturabilir. Buna göre hortumlar, bir soğuk cephenin önünde, bir sağanak çizgisi ya da kararsızlık alanında çok nemli ve kararsız sıcak havanın içinde oluşabilir (Türkeş, 2021).

Hortumların verdikleri zarar büyüklükleri ve rüzgâr hızları ile doğru orantılıdır. Buna dayanarak Fujita (1971) bir hortum sınıflama cetveli oluşturmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Hortum Şiddetinin Sınıflandırılması *

F	Rüzgar Hızı(km/s)	Hasar
F0	64-116 km/s	Hafif: Ağaçların dalları kırılır, binaların bacaları zarar görür. Kökleri sığ olan ağaçlar yıkılır. Tabelalar hasar görür.
F1	117-180 km/s	Orta: Çatılar sökülür, ahşap evler temelinden ayrılabilir ve devrilirler, hareketli arabalar yoldan itilir.
F2	181-253 km/s	Önemli: Çatılar evlerden ayrılırlar, iri ağaçlar köklerinden sökülürler, otomobiller alt-üst olurlar, havaya fırlatılırlar, küçük hafif cisimler birer mermi gibi etrafa savrulurlar.
F3	254-332 km/s	Ciddi: Sağlam yapılan evlerin çatıları ayrılır, trenler ters döner, ağaçlar köklerinden sökülürler, otomobiller fırlatılır.
F4	333-419 km/s	Yıkıcı: İyi inşa edilmiş evler yıkılır, iyi inşa edilmemiş yapılar uzağa fırlatılır. Otomobiller, büyük cisimler mermi gibi etrafa savrulur.
F5	420-512 km/s	Olağanüstü: Sağlam temelli evler dahil temelinden kaldırılır ve taşınır, otomobiller mermi gibi 100 m.'den uzağa uçar, ağaçların kabukları soyulur.

* Bilgiler ABD Ulusal Hava Servisi (National Weather Service) kaynağı kullanılarak hazırlanıp Türkçeleştirilmiştir.

Fujita Ölçeği, 30 yıldır kullanılıyor olmasına rağmen ölçeğin bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Birincil sınırlamalar arasında hasar göstergelerinin olmaması, inşaat kalitesi ve değişkenliğinin hesaba katılmaması bununla birlikte hasar ile rüzgâr hızı arasında kesin ilişki bulunmaması sayılabilir. Bu sınırlamalar, hortum hasarının tutarsız derecelerine ve bazı durumlarda hortum rüzgâr hızlarının fazla tahmin edilmesine yol açmıştır. Bu nedenle, Fujita Ölçeği kavramını yeniden gözden geçirmeye ve bazı sınırlamaların iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur (McDonald, Forbes ve Marshall, 2004). Ancak Geliştirilmiş Fujita Ölçeği (EF) özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde benimsenmiştir. Bunun yanı sıra ABD dışında hortum yoğunluğunun nasıl derecelendirileceği konusunda bir model olarak hizmet etmesi durumunda erken olabileceği sonucuna varılmıştır (Doswell, Brooks ve Dotzek 2009).

3. VERİ ve YÖNTEM

Şiddetli hava olayları ile ilgili çalışmaların birçoğu için European Severe Weather Database (ESWD) en önemli veri kaynağını oluşturmuştur (Antonescu, Schultz, Lomas ve Kühne, 2016; Vashchenko, Loza, Patlashenko, Korduba ve Bannikov, 2019; Vashchenko, Loza, Patlashenko ve Bannikov 2019; Grieser ve Haines, 2020). ESWD; 2002 yılında gayri resmi bir ağ olarak başlamış ve Avrupa Şiddetli Fırtına Laboratuvarı'nın (ESSL) kar amacı gütmeyen bir araştırma kuruluşu olarak 2006 yılında kurulmuştur (Dotzek, Groenemeijer, Feuerstein ve Holzer, 2009). Bugün ESWD, tüm Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde şiddetli konvektif fırtına olayları hakkında ayrıntılı, kalite kontrollü bilgi toplayıp ve sağlamaktadır. Nitekim çalışmamıza da veri kaynağını oluşturmaktadır.

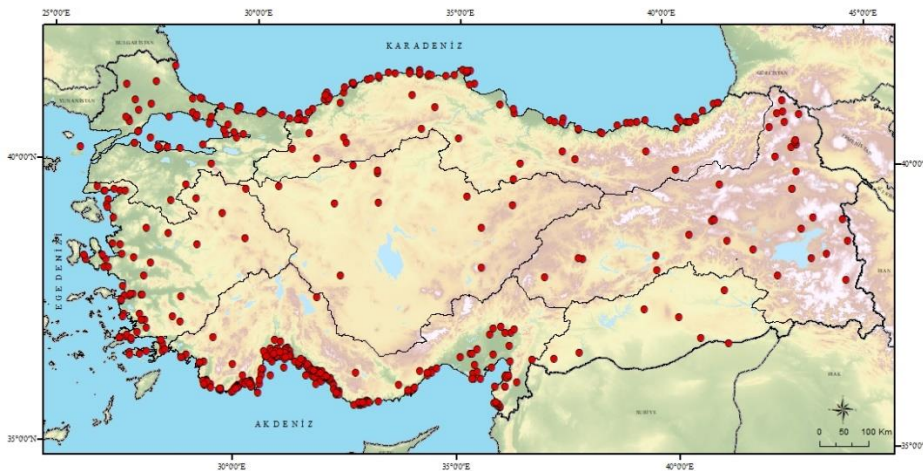
Çalışma kapsamında ilk olarak, hortumların özellikleri ve oluşma mekanizmaları kısaca açıklanmaya çalışılmıştır. Sonrasında 2000 ile 2020 yılları arasında gerçekleşen hortumlar ile ilgili ESWD (<https://eswd.eu/>)'den alınan 562 veri kaydı Excel ortamında detaylı şekilde incelenmiştir. Bu 21 yıllık döneme ait 562 veri kaydı içerisinde; tekrar eden gün ve saatler düzenlenip, eksik verili günler için Google Earth ile koordinat kontrolleri yapılmıştır ve doğrulama sonucuna göre: Türkiye'de 2000-2020 yılları arasında toplam 520 hortum olayı gerçekleşmiştir. Daha sonra bu veriler ArcMap 10.8 programına aktarılıp haritaları hazırlanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Alansal Dağılım

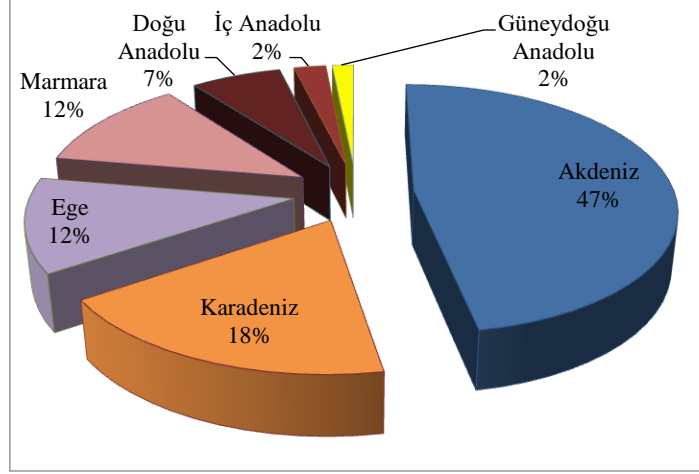
4.1.1. Yıllık Dağılım

Türkiye'de ayrıntılı klimatolojik ve istatistiksel çözümlenmelerin yapılabileceği veri tabanının olmayışı çalışmaları da sınırlandırmaktadır. Türkiye için 2000-2020 yılları arasında gerçekleşmiş hortum sayıları alınmış ve bu veriler tekrar kontrol edilerek düzenlenmiştir. Buna göre belirtilen 21 yıllık süreçte toplam 520 hortum kaydı bulunmaktadır ve hortumların ülkede dağılımı homojen değildir. Türkiye'de hortumlar daha çok kıyı kesimlerinde ortaya çıkmaktadır. Tüm kıyı alanlarında görülmesine rağmen Antalya körfezi ve Batı Karadeniz hortumlarının daha sık görüldüğü alanlardır (Şekil 4). İç kesimlerde hortum görülme sıklığı düşüktür.



Şekil 4. Türkiye'de 2000-2020 Yılları Arası Gerçekleşmiş Hortum Dağılımı

Hortumların gerçekleşme sıklığı bölgelere göre sınıfladığında Akdeniz Bölgesi %47'lik oranla ilk sırada gelmektedir. Daha sonra Karadeniz (%18), Marmara ve Ege Bölgeleri (%12) takip etmektedir (Şekil 4 ve 5). Kıyı ile komşu bu bölgelerde tüm hortumların %89'u gerçekleşmiştir. Akdeniz Bölgesi içerisinde Antalya hortumun en sık görüldüğü ildir; Antalya'da 21 yılda toplam 178 hortum olayı gerçekleşmiştir. Bu değer inceleme dönemindeki tüm hortumların yaklaşık 1/3'ünün Antalya'da gerçekleştiğini ifade etmektedir. Başka bir ifade ile Antalya ilinde yılda ortalama 8-5 hortum görülmektedir.



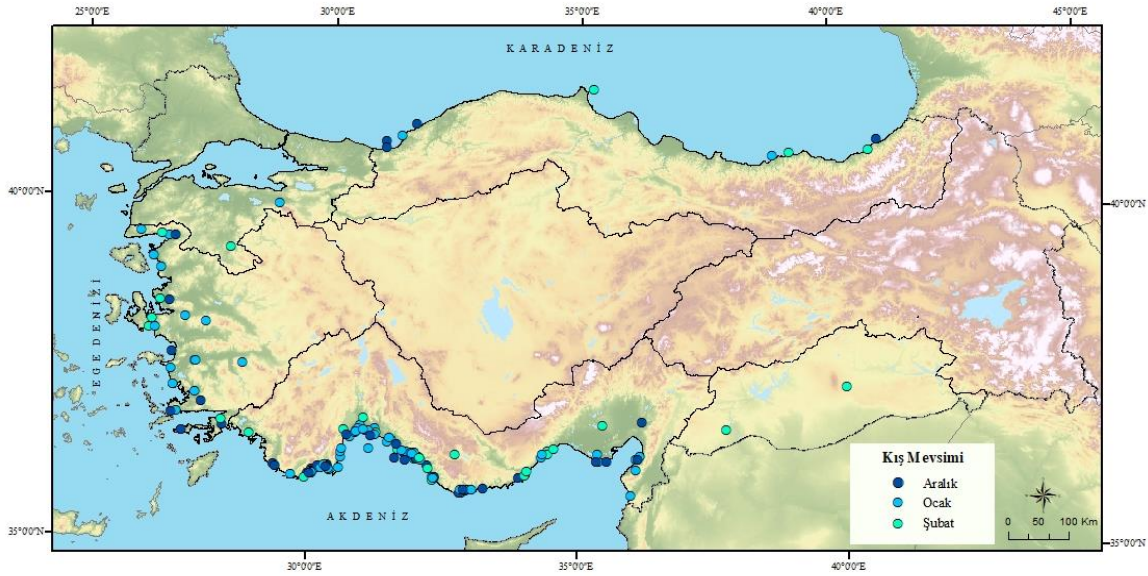
Şekil 5: Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Gerçekleşmiş 520 Hortum Olayının Bölgelere Dağılışı

4.1.2. Mevsimlik Dağılışı

Türkiye coğrafi konumu itibariyle yıl içerisinde farklı hava kütlelerinin etkisi altına girmesi, üç tarafı denizlerle çevrili olması ve topografik yapının kısa mesafede farklılık göstermesi hava olaylarının çeşitlenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle ülkemizde hortumların bölgelere ve mevsimlere göre dağılışı farklılık göstermektedir.

4.1.2.1. Kış Mevsimi

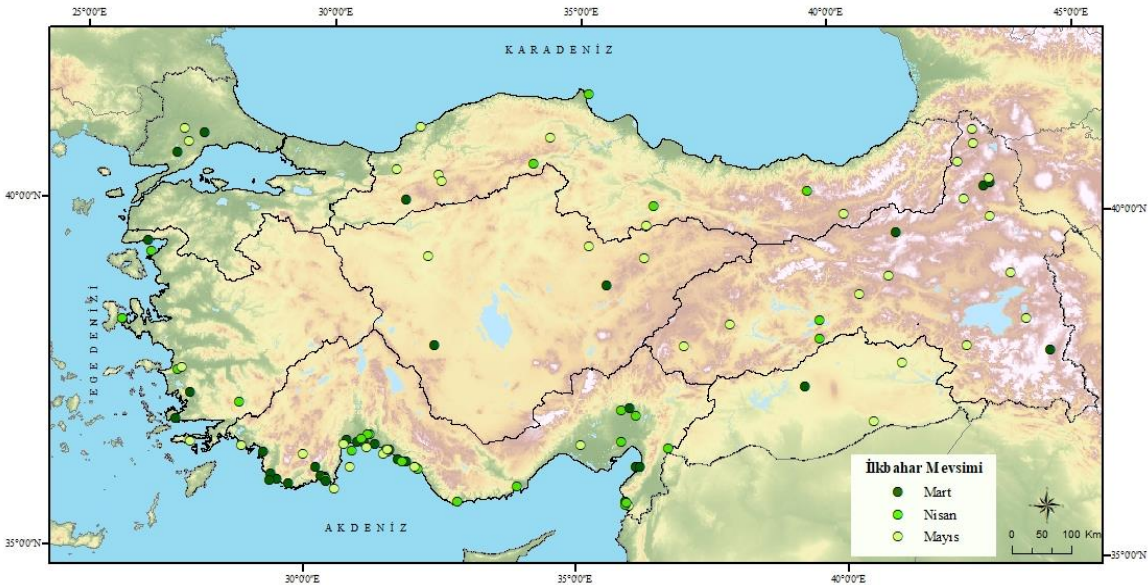
Kış mevsiminde belirgin şekilde Akdeniz bölgesinin kıyı kesimi, Ege bölgesinin kıyı kesiminde hortum olayları sıklıkla gerçekleşmiştir. Bunun yanında Batı Anadolu’daki graben sistemleri hortum olaylarının iç kesimlerde görülmesinde etkili olmaktadır (Şekil 6). Akdeniz Bölgesi genelinde inceleme döneminde toplam 245 hortum olayının 114 tanesi kış mevsiminde gerçekleşmiştir. Yani Akdeniz bölgesinde gerçekleşen hortumların yaklaşık olarak yarısı kış mevsiminde görülmektedir. Kış mevsiminde de ocak ayı 61 hortum ile ön plana çıkmaktadır. Kış mevsiminde görülen hortumların çoğu bu ayda gerçekleşmektedir. Ege Bölgesi’nde toplam 63 hortum olayı görülmüştür. 63 hortumun 23’ü bu mevsimde gerçekleşmiştir. Yine 11 hortum ile ocak ayı kış mevsiminde hortum olaylarının en sık görüldüğü ayı oluşturmaktadır. Marmara Bölgesi’nde 7, Karadeniz Bölgesi’nde 9, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde 2 hortum gerçekleşirken; İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde kış mevsiminde hiç hortum gerçekleşmemiştir.



Şekil 6. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Gerçekleşmiş Hortumların Kış Mevsimi Dağılışı

4.1.2.2. İlkbahar Mevsimi

Kış mevsimin ardından sıcaklıkların yükselip karaların ısınmaya başlamasıyla birlikte ilkbahar mevsiminde ülkenin hemen her bölgesinde hortum görülmektedir (Şekil 7). Ülke genelinde Akdeniz Bölgesi 48 hortum olayı ile ilk sırada yer alsa da iç bölgelerde gerçekleşen hortumlar bu mevsimde daha ağırlık kazanmıştır. Özellikle Doğu Anadolu Bölgesi’nde toplam 34 hortum olayı görülmüş olup yarısından fazlası (18) ilkbahar mevsiminde oluşmuştur. Ege Bölgesi’nde toplam 10 olay, İç Anadolu Bölgesi’nde toplam 12 olayın 5’i, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde toplam 8 olayın 4’ü bu mevsimde gerçekleşmiştir. Marmara Bölgesi’nde 6 ve Karadeniz Bölgesi’nde 12 hortum gerçekleşmiş ve bu bölgelerde ilkbahar mevsiminde gerçekleşen hortumların çoğu iç kesimlerde. Yani yarı karasal ve karasal yörelerde kararsızlık koşullarının belirginleştiği ilkbahar döneminde hortum olayları daha sık görülmektedir.

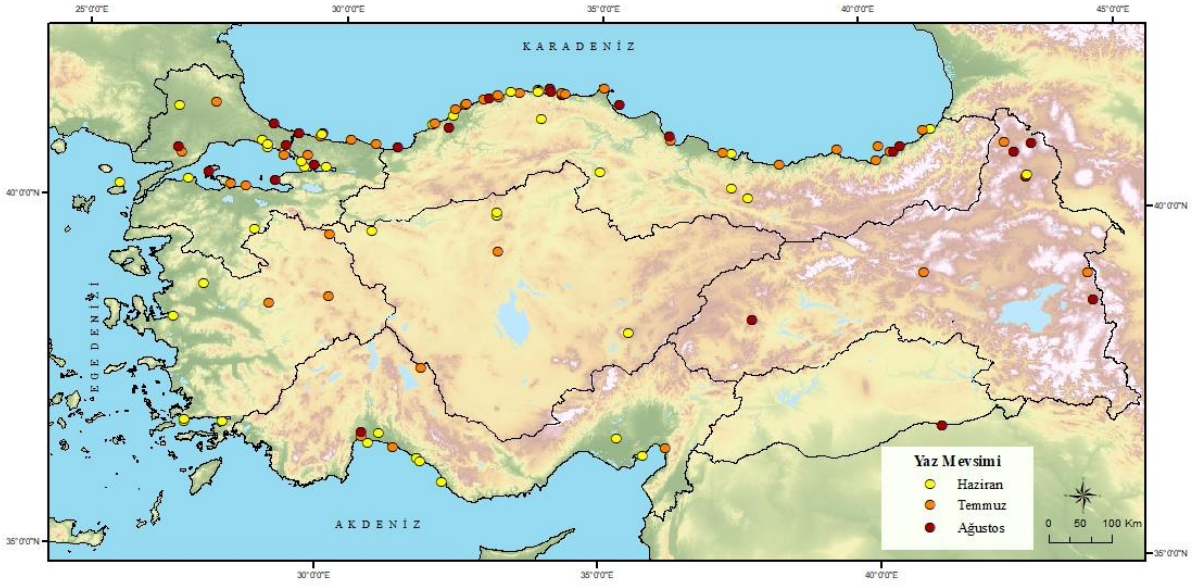


Şekil 7. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Gerçekleşmiş Hortumların İlkbahar Mevsimi Dağılışı

4.1.2.3. Yaz Mevsimi

Ülke genelinde sıcaklıkların arttığı yaz mevsiminde en fazla hortum olayı Karadeniz ve Marmara bölgeleri kıyılarında gerçekleşmiştir (Şekil 8). Şöyle ki Karadeniz genelinde toplam 96 hortum olayının 43’ü; Marmara Bölgesi’nde toplam 62 hortum olayının 29’u bu mevsimde gerçekleşmiştir. Karadeniz Bölgesi’nde Batı Karadeniz Bölümü, Marmara Bölgesi’nde ise İzmit Körfezi hortum olayların yoğunlaştığı alanlardır. İç bölgelerde artan yüzey sıcaklıkları ile birlikte İç Anadolu’da

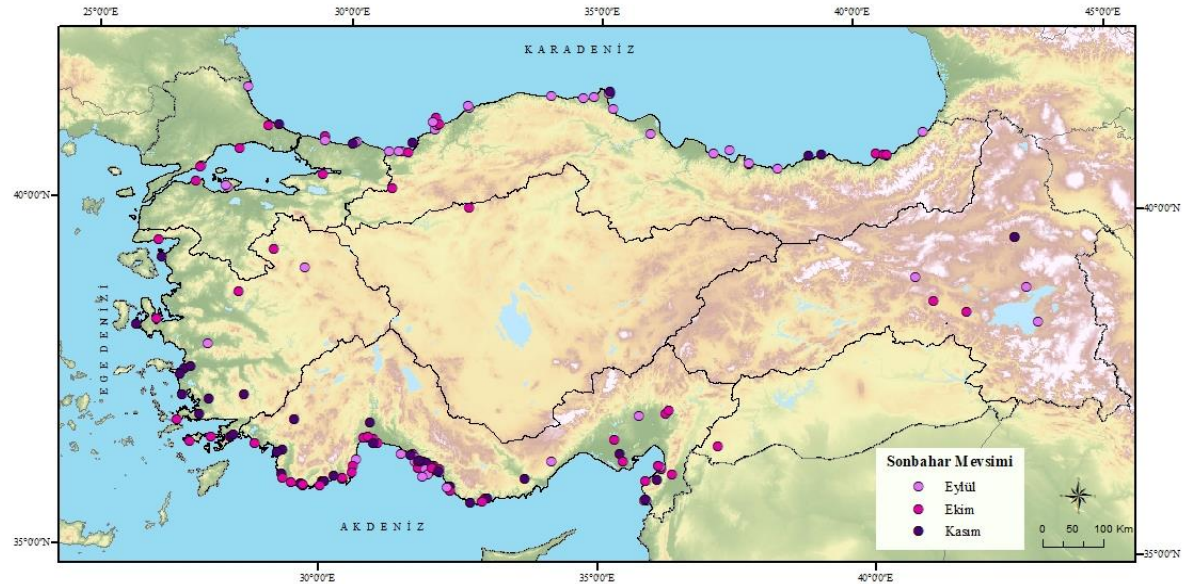
haziran ve temmuz aylarında 6, Doğu Anadolu'da çoğunluğu temmuz ağustos aylarında olmak üzere 9; Güneydoğu Anadolu'da 1 hortum olayı gerçekleşmiştir. Akdeniz Bölgesi'nde 12, Ege Bölgesi'nde 8 hortum olayı gerçekleşmiştir ve her iki bölgede de diğer mevsimlere kıyasla en az hortum yaz mevsimindedir.



Şekil 8. Türkiye'de 2000-2020 Yılları Arasında Gerçekleşmiş Hortumların Yaz Mevsimi Dağılışı

4.1.2.4. Sonbahar Mevsimi

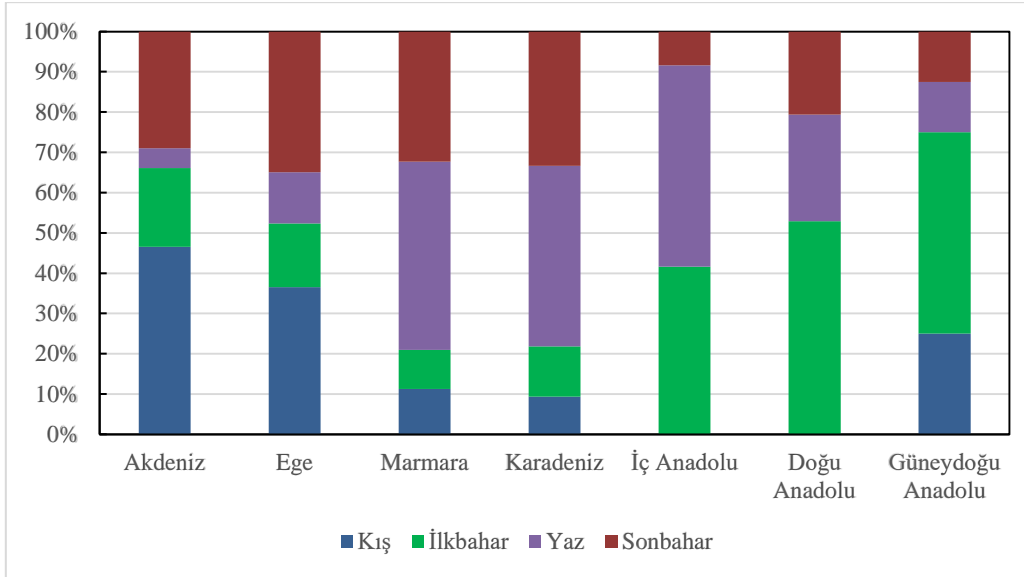
Sonbahar mevsiminde de hortum olayı çoğunlukla kıyı kesimlerde gerçekleşmiştir (Şekil 9). Akdeniz Bölgesi'nde kış mevsiminden (114) sonra en fazla hortum 71 olay ile bu mevsimde gerçekleşmiştir ve en yoğun aylar ekim, kasım aylarıdır. Ege Bölgesi'nde toplam 63 hortumun 22'si bu mevsimde gerçekleşmiş ve kıyılarda genellikle kasım, iç kesimlerde eylül, ekim aylarında oluşmuştur. Karadeniz Bölgesi'nde ise yaz mevsiminden (43) sonra en fazla 32 hortum olayı ile sonbaharda gerçekleşmiş ve çoğu eylül, ekim aylarında oluşmuştur. Doğu Anadolu'da 7, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu'da 1 hortum olayı gerçekleşmiştir.



Şekil 9. Türkiye'de 2000-2020 Yılları Arasında Gerçekleşmiş Hortumların Sonbahar Mevsimi Dağılışı

Hortumların mevsimsel dağılımını bölgelere göre değerlendirdiğimizde (Şekil 10); Akdeniz ve Ege bölgelerinde genel anlamda mevsimsel bir benzerlik görülmektedir. Yani her iki bölgede hortumların çoğunluğu kış ve sonbahar mevsimlerinde oluşmaktadır. Özellikle Akdeniz Bölgesi'nde %50 yakın bir bölümü kış mevsiminde oluşmaktadır. Marmara ve Karadeniz bölgelerinde benzerlik daha belirgindir

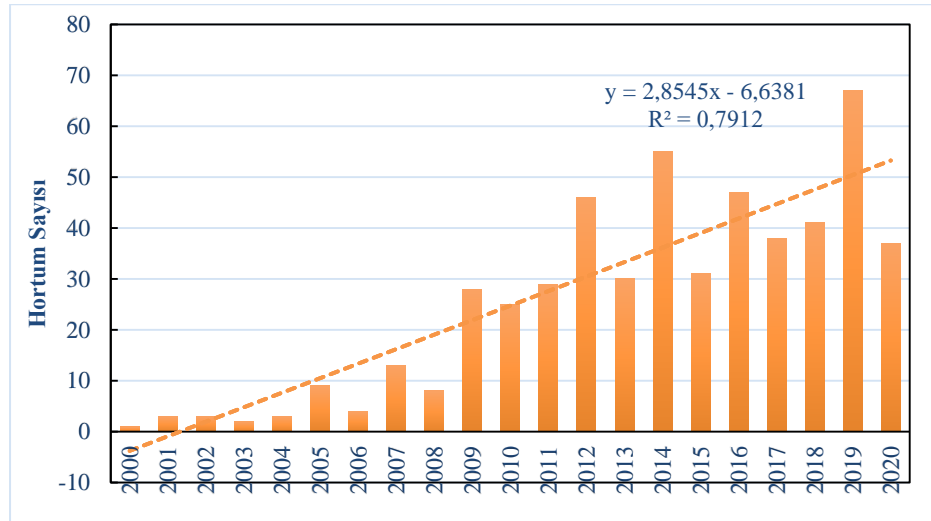
ve hortumların çoğu yaz ve sonbahar mevsimlerinde gerçekleşmektedir. İç bölgelerde özellikle İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde mevsim çeşitliliği daha azdır. İç Anadolu Bölgesi'nde %50'si yaz mevsiminde oluşurken Doğu Anadolu'da %50'den fazlası ilkbahar mevsiminde oluşmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde her mevsim en az 1 kere de olsa görülmüştür ancak çoğunluğu ilkbahar ve kış aylarındadır.



Şekil 10. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Gerçekleşmiş Hortumların Bölgeler İçinde Mevsimlere Dağılışı

4.1.3. Zamansal Dağılışı

Türkiye’de 2000 yılından 2020 yılına kadar toplam 520 hortum olayı gerçekleşmiştir. Yıllar arasında hortum sayılarında dalgalanmalar görülse de doğrusal bir eğilim gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 11). Hortum olayları özellikle 2009 yılından sonra belirgin bir artış görülmüştür ve 2019 yılı toplam 67 hortum olayı ile en fazla hortum görülen yıl olmuştur. 2019 yılında hortumlar ağırlıklı olarak ocak ayında, Antalya ve yakın çevresinde gerçekleşmiştir.



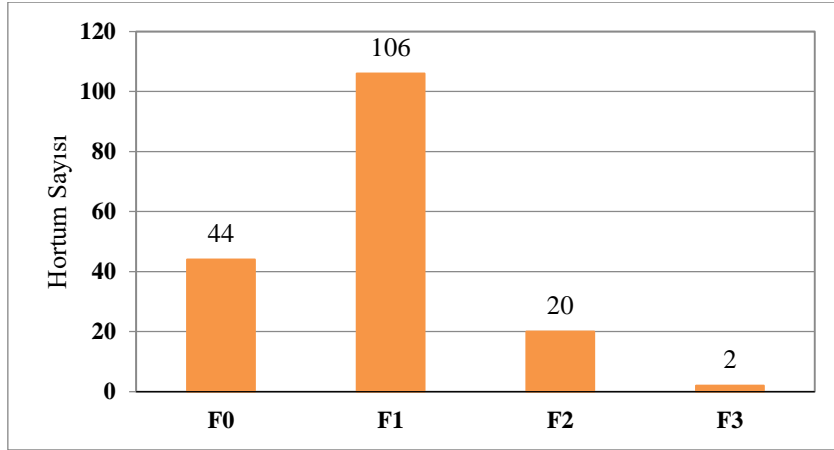
Şekil 11. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Gerçekleşmiş Hortum Dağılışı

Türkiye’de yılda ortalama 6,6 hortum olayı gerçekleşmektedir ve yılda 2,85’lik artış bir göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre R^2 değeri 0,7912’dir. Zamansal olarak hortum olaylarının görülme sıklığında 0,01 anlamlılık düzeyinde artış eğilimi bulunmaktadır

4.1.4. Fujita Ölçeği

Gerçekleşmiş hortumların şiddetleri de verdiği zararlar açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla geliştirilen Fujita Ölçeği’ne göre 2000-2020 yılları arasında sınıflandırılan toplam 172 kayıt bulunmaktadır. Bunların çoğu orta şiddet sınıfına giren F1 şiddetindeki hortumlardır (Şekil 12). Ciddi

hasara neden olan F3 şiddetinde hortum olayından biri 19.06.2004 tarihinde Ankara (Sünlü)'de gerçekleşmiştir. 3 kişinin hayatını kaybettiği olayda 21 kişi yaralanmıştır. Hortum sonrasında yapılan hasar tespit çalışmasında; 32 konutun, 14 ahırın, köy okulunun ve bir dükkânın hasar gördüğü belirlenmiştir. Konutlardan 15'i kullanılmaz duruma gelmiştir yine 15 tarlanın, bir sebze bahçesinin ve çok sayıda tarım aletinin zarara uğradığını, 400 ağacın kökünden söküldüğünü ifade etmişlerdir (Coşkun ve Aksoy, 2007). Çalışmada hortum ölçeği F2 olarak belirtilse de ağaçların kökünden sökülmesi, otomobillerin ve traktörlerin havada uçuşması, betonarme evlerin çatılarının ayrılması ve bir kamyonun 30 metre havalandırarak bir tarlaya düşmesi olayın şiddetini göstermesi açısından önemlidir. Bir diğer F3 şiddetinde hortum olayı 13.11.2017 tarihinde Antalya (Finike)'de gerçekleşmiştir. İnternet haberlerinden edinilen bilgilere göre akşam saatlerinde oluşan hortum büyük hasara yol açarken, 38 kişinin yaralanmasına neden olmuş aynı zamanda çok sayıda tarım alanı, sera ve yerleşim yeri zarar görmüş, ağaçlar devrilmiştir (URL 4). Ayrıca hortumun gerçekleşme saatinin geç olması muhtemel yaralanma ve can kayıplarının önüne geçmiştir.



Şekil 12. Türkiye’de 2000-2020 Yılları Arasında Gerçekleşmiş Hortumların Fujita Ölçeği’ne Göre Dağılışı

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Hortumlar, oluşum koşulları ve oluşum sırasındaki görsel farklılığıyla merak uyandıran hava olaylarından birisi olmuştur. Ayrıca çok kısa zamanda gelişip ciddi hasarlara neden olması, insanlar için bir tehdit oluşturması sebebiyle bu aşırı hava olayının perde arkasını anlama çabasını doğurmuştur. Dünya üzerinde birçok alanda oluşma imkânı bulsalar da en temelde “tropikler ve tropik dışı” olmak üzere iki büyük bölgeye ayrılırlar. Her ikisinin mekanizmasında bazı ortak koşullar bulunmasının yanında tropiklerde oluşan siklonlar için su sıcaklığının en az 27 °C olması gerekir. Ayrıca birçoğu karaya ulaşmadan etkisini kaybeder. Tropik dışı siklonlar orta enlemlerdeki hava sistemlerine bağlı olarak gelişirler ve orta kuşak ülkelerinin birçoğunda görülürler. Özellikle 2000’li yıllardan sonra hortumlar üzerine yapılan çalışmalarda artış olmuştur. Son yıllarda bu aşırı hava olayının iklim değişikliği ile ilgisinin olduğunun düşünülmesi hortumları daha popüler hale getirmiştir. Ancak hortumların araştırılması oldukça zordur; çünkü olayı görece bir gözlemciye ve gözlemleri toplamak için bir sisteme ihtiyaç vardır. Diğer türlü olaya veya neden olduğu zarara tanık olacak kimse yoksa olay kayda alınmayacak ya da görülse bile, kaydedip raporları toplayacak bir sistem yoksa bir veri tabanı oluşması mümkün olmayacaktır. Ancak ESWD (<https://eswd.eu/>) bu problemleri büyük oranda çözmüştür. Buradan alınan veriler doğrultusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bize de veri kaynağı olmakla beraber çalışmamız en güncel verileri içermektedir. 2000 yılından 2020 yılına kadar toplam 520 hortum olayı gerçekleşmiştir. Hortumların Türkiye genelinde dağılışı elbette tek düze değildir. Bu durum ülkemizin coğrafi konum itibarı ile farklı siklonların etki alanında olması ve topografik koşulların çok çeşitli olması ile yakından ilgilidir. Hortumların bölgeler arası dağılışında özellikle mevsimsel farklılıklar oldukça belirgindir. Şöyle ki Akdeniz ve Ege bölgelerinde hortumların büyük bölümü; sonbahar mevsiminin sonları (ekim, kasım) ve çoğunlukla kış mevsiminde gerçekleşmektedir. Bu durum sıcaklıkların düşmesiyle birlikte, jet rüzgarlarının üst atmosfere taşıdığı soğuk hava ile Akdeniz’de deniz suyunun henüz çok soğumamasının yarattığı kararsızlık durumları, polar cepheye bağlı atmosferik yapı Akdeniz Bölgesi’nde hortum olaylarının kış mevsiminde görülme sıklığını artırmaktadır.

Karadeniz ve Marmara bölgelerinde aksine hortum olayları çoğunlukla yaz mevsiminde ve sonbaharın ilk aylarında (eylül, ekim) gerçekleşmektedir. Her ne kadar hortumların oluşum zamanları farklı olsa

da oluşum koşulları benzerdir. Karadeniz de ise deniz suyunun kış mevsiminde düşük olması hortum oluşum koşullarını zayıflatırken, ilkbahar ve yaz mevsiminde deniz suyu sıcaklığının artması ve kuzeyden sokular jet rüzgarları hortum oluşumu için uygun koşulların oluşmasını sağlamaktadır.

İç kesimlerde ise en fazla hortum geç ilkbahar ve erken yaz aylarında görülmektedir. Özellikle İç Anadolu ve Güneydoğu bölgelerinde tamamına yakını, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yarıdan fazlası bu dönemde gerçekleşmiştir. Nisan, mayıs aylarından itibaren sıcaklıkların artmasının ardından kar erimeleri ve bahar yağışlarıyla birlikte toprakta nem artar. Güneş enerjisinin artmasıyla karalar hızlı ısınır ve buharlaşma başlar. Sıcaklığın ve nemin artmasıyla birlikte dikey olarak büyüyen ve yükselen kümülönimbüs bulutları oluşur ve bu konvektif bulutlar, iç kesimlerde hortum oluşturmaktadır. Buna ek olarak, yüksek topoğrafyaya rağmen, güçlü Akdeniz siklonlarının getirdiği nemli ve sıcak hava, yukarı enlemlerden inen soğuk havayla karşılaştığında da Anadolu Platosu'nda hortumlar oluşabilmektedir (Bozkurt, 2011).

Son IPCC raporlarında da iklim değişikliği ile birlikte aşırı hava olaylarının artacağını ön görülüyor. Aşırı hava olaylarından bir olan hortumlar için Türkiye'de genel eğilim, sayılarının artmakta olduğu yönündedir. Özellikle son 10 yılda sayısında ve alansal dağılışında ciddi bir artış gözlenmesi bunu desteklemektedir. Ancak iklim değişikliği ile hortumlar arasındaki bağlantı henüz tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Bunun yanında bazı araştırmalar, küresel sıcaklıklar arttıkça, sıcak atmosferin daha fazla nem içereceğini, bunun da daha şiddetli gök gürültülü fırtınaların oluşmasına fırsat imkân sağlayacağını ön görmektedir (URL5).

Türkiye'de seracılık faaliyetlerinin yaygın olarak yapıldığı kıyı kesimlerde artan hortum vakaları, bu sektöre büyük darbe vurmasının yanı sıra yerleşim yerlerini ve ulaşımı olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca şiddetlerinin artması can kayıplarına da neden olmaktadır. Maalesef kısa sürede ve ani gelişen hortumların tahmini zor olmasının yanı sıra engellenmesi mümkün olmayan hava olayları arasındadır. Bu amaçla Türkiye'de özellikle riskli yöreler için ayrıntılı meteorolojik tahminlerde bulunabilmek adına tüm imkanlardan faydalanmakla birlikte hortum oluşumu için bir araya gelen meteorolojik koşulların ön görülmesi, can ve mal kayıplarının önüne geçilmesine imkân sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- Agee, E. & Jones, E. (2009). Proposed Conceptual Taxonomy for Proper Identification and Classification of Tornado Events, *Weather and Forecasting*, 24 (2), 609–617.
- Agee, E. (2014). A Revised Tornado Definition And Changes in Tornado Taxonomy. *Weather Forecast.*, 29,1256–1258.
- Ahrens, C.D. and Samson, P. (2011). *Extreme Weather and Climate*, Brooks / Cole, Cengage Learning, 2011. 508 p. ISBN: 0495118575.
- American Meteorological Society [AMS] (2020). Tornado. Glossary of Meteorology, (Erişim: <http://glossary.ametsoc.org/wiki/tornado>.)
- Antonescu, B. & Bell, A. (2015). Tornadoes in Romania. *Monthly Weather Review*, 143, 689-701.
- Antonescu, B., Schultz, D., Lomas, F. & Kühne, T. (2016). Tornadoes in Europe: synthesis of the observational datasets. *Monthly Weather Review*, 144, 2445–2480.
- Antonescu, B., Ricketts, H.M.A.M and Schultz, D.M.(2019). 100 Years Later: Reflecting on Alfred Wegener's Contributions to Tornado Research in Europe, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100 (4), 567-578.
- 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.
- 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.

- Doswell, C., Brooks, H.E. & Dotzek, N. (2009). On the implementation of the enhanced Fujita scale in the USA, *Atmospheric Research*, 93 (1-3), 554-563.
- Dotzek, N. (2001). Tornadoes in Germany. *Atmospheric Research*, 56, 233-251.
- Dotzek, N., Groenemeijer, P., Feuerstein, B. & Holzer, A. M. (2009). Overview of ESSL's severe convective storms research using the European Severe Weather Database ESWD. *Atmospheric Research*, 93 (1-3)575–586.
- Fujita, T.T. (1971). *Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity*. SMRP Research Paper No. 91, University of Chicago: Chicago, IL, 42.
- Gayá, M. (2011). Tornadoes and severe storms in Spain. *Atmospheric Research*, 100(4), 334-343.
- Grieser, J. & Haines, P. (2020). Tornado Risk Climatology in Europe, *Atmosphere*, 11 (7), 768.
- Holzer, A.M. (2001). Tornado Climatology of Austria. *Atmospheric Research*, 56(1-4), 203-211.
- Davies-Jones, R., Trapp, R. J. & Bluestein, H. B. (2001). Tornadoes and Tornadic Storms. *Meteorological Monographs*, 28 (50), 167-222.
- Kahraman, A. (2020). Synoptic climatology of supercell-type tornado and very large hail days in Turkey. *Weather*, 1–6.
- Kahraman, A. & Markowski, P. M. (2014). Tornado climatology of Turkey. *Monthly Weather Review*, 142(6), 2345–2352.
- Kocatürk, O. (2012). The great storm and tornado incident in Istanbul (19 July 1914). *International Journal of Turcologia*, 5 (7), 27–37.
- Krausmann, E., Raimond, E. & Wood, M. (2017). Chapter 3 Understanding Disaster Risk: Hazard Related Risk Issues, Section 3.7 Meteorological risk: extra-tropical cyclones, tropical cyclones and convective storms, In: Science For Disaster Risk Management, Knowing better and losing less, 240-318. ISBN 978-92-79-60678-6.
- Martins, C. (1850) Anweisung zur Beobachtung der Windhosen oder Tromben (Instructions for observing water-spouts or tornadoes). *Poggendorff's Ann. Physik*, 157, 444–467.
- McDonald, J.R., Forbes G. S. & Marshall, T. (2004). The Enhanced Fujita (Ef) Scale, *22nd Conference on Severe Local Storms*. (Erişim: <https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/81090.pdf>)
- Miglietta, M.M. and Matsangouras, I.T. (2018). An updated “climatology” of tornadoes and waterspouts in Italy. *International Journal Climatology*, 38 (9), 3667–3683.
- National Weather Service [NWS] (t.y.). Tropical Tornadoes in the CAE Warning Area. Erişim: <https://www.weather.gov/cae/tropicaltornadoes.html>, Erişim Tarihi: 01.07.2022)
- NOAA National Severe Storms Laboratory [NSSL] (t.y.). Severe Weather 101, Tornado Basics. (Erişim: <https://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/tornadoes/> Erişim Tarihi: 01.07.2022).
- Reye, T. (1872). *Die Wirbelstürme, Tornados und Wet-terssäulen in der Erdatmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnen-Atmosphäre (Hurricanes, Tornadoes and “Weather Columns” in the Earth's Atmosphere with Respect to Storms in the Sun's Atmosphere)*. Carl Rümpler, 250 pp.
- Sioutas, M.V. (2011). A tornado and waterspout climatology for Greece. *Atmospheric Research*, 100 (4), 344-356.
- Taszarek, M. & Brooks, H.E. (2015). Tornado Climatology of Poland. *Monthly Weather Review* 143 (3), 702-717.
- Türkeş, M. (2015). Hortumlar ve Oluşum Düzenekleri. *Bilim ve Gerçek*, 132 (Şubat), 80–83.
- Türkeş, M. (2019). *Genel Klimatoloji, Atmosfer, Hava ve İklimin Temelleri*. İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Türkeş, M. (2021). Türkiye’de Hortumlar Artıyor Mu?, *EKOIQ, Mart*, 96-101.

- Vashchenko, V., Loza, Y.E. Patlashenko, Z.H., Korduba, I. & Bannikov, O. (2019). Tornado Ecological Hazard in Ukraine in 1999 – 2019, *Вимоги До Оформлення Статей*udc, Udc 551.515.3. (Erişim: https://www.researchgate.net/publication/338991660_Tornado_ecological_hazard_in_Ukraine_in_1999-2019) Екологічна Безпека (27), 19-22
- Vashchenko, V., Loza, Ye., Patlashenko, Zh. & Bannikov O.(2019). Reliability of Tornado Ecological Hazard Estimate in Ukraine and Europe, *ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА*, 1 (27), 19-22.
- Wegener, A. (1917). *Wind- und Wasserhosen in Europa* (Tornadoes and Waterspouts in Europe). Vieweg, 301 pp.
- Yavuz, V., Çavuş, P. C. & Özen, C. (2015). Türkiye’de Hortum Vakalarının Zamansal ve Mekansal Analizi. *7th International Symposium on Atmospheric Sciences*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Yurtseven, M. (2013). “Gelişmiş-V” Yapılı Oraj Fırtına Modeli Olarak Elâzığ-Maden Hortumu. *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.
- URL 1 <https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/istanbulda-catalca-ve-hadimkoyde-korkutan-hortum,9vSxVqG5B0C-LoPBi800aw/JYDgq4YjBESxsLTY7NAx4g>(Erişim: 23.05.2022)
- URL 2 <https://www.sabah.com.tr/yasam/antalyada-saganak-yagisin-ardindan-hortum-cikti-5546066> (Erişim: 23.05.2022)
- URL 3 <https://eswd.eu/> (Erişim: 24.05.2022)
- URL 4 <https://www.sozcu.com.tr/2017/gundem/hortum-antalyanin-batisini-yikti-gecti-2089584/> (Erişim: 30.06.2022)
- URL 5 <https://education.nationalgeographic.org/resource/tornadoes-and-global-warming-there-connection>, Erişim: 01.07.2022)