

Dünyada Yaşanan Sel Afetlerinin İstatistiksel Analizi

[Statistical Analysis of Flood Disasters in The World]

[ID](#)Yusuf Uyan¹; [ID](#)Özlem Çakır²

¹ Kastamonu Üniversitesi, Taşköprü Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü İlk Ve Acil Yardım Programı, Kastamonu, Türkiye

²Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Bölümü, İzmir, Türkiye

Sorumlu Yazar / Correspondence Address:

Yusuf Uyan

Kastamonu Üniversitesi, Taşköprü Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü İlk Ve Acil Yardım Programı, Kastamonu, Türkiye

E-mail: yusufuyann@hotmail.com

Geliş tarihi / Received: 09.01.2025

Revizyon tarihi / Revised: 18.02.2025

Kabul tarihi / Accepted: 18.02.2025


Elektronik yayın tarihi: 25.03.2025

Online published

Anahtar Kelimeler / Keywords: Afet, Sel, İstatistik / Disaster, Flood, Statistics.

Kısaltmalar / Abbreviations: Disaster Literacy Scale (AFOY)

Künye / Cite this article as: Uyan Y, Çakır Ö. Statistical Analysis of Flood Disasters in the world. *J Emerg Aid Disaster Science*. 2025;5(1):12-19.

Copyright holder Journal of Emergency Aid and Disaster Science 

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. This is an open Access article which can be used if cited properly.

Özet

Giriş: Dünya genelinde iklim değişikliğinin etkisi ve ülkelerin sahip olduğu meteorolojik, jeomorfolojik ve antropolojik niteliklerine bağlı olarak doğa kaynaklı afetlerin sayısı hızla artmaktadır. Bu afetler arasından seller, dünyadaki tüm doğal afetlerin yaklaşık üçte birini (sayı ve ekonomik kayıplara göre) oluşturmaktadır ve ölümlerin yarısından fazlasından sorumludur.

Amaç: Bu çalışmanın amacı, 1994-2023 yılları arasında meydana gelen sel afetleri analiz edilerek ülkelere, kıtalara, mevsimlere, yıllara ve sel tiplerine göre sınıflandırılması ve mevcut durumun ortaya konulmasıdır.

Yöntem: Bu çalışma kesitsel-retrospektif ve tanımlayıcı nitelikte planlanmış olup veriler Acil Afet Veri Tabanından (The Emergency Disasters Database: EM-DAT) elde edilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler birim sayısı (n) ve yüzde (%) olarak verilmiştir. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında ki kare analizi kullanılmıştır. Ki Kare analiz sonuçlarının önemli bulunması durumunda alt grup analizleri Bonferroni düzeltmeli iki oran Z testi ile yapılmıştır.

Bulgular: 1994-2023 yılları arasında belirlenen ülkeler kapsamında dünyada 422 sel afeti yaşanmıştır. Bu sel afetlerinin %61,1 nehir seli, %40,8 yaz mevsiminde ve %50'sinden fazlası Asya kıtasında olmuştur. Ülkeler arasında sel afeti görülme oranı en yüksek Çin (%36,4), Hindistan (17,5) ve ABD (13,3) 'dir.

Sonuç: Sel afetlerinin giderek daha yaygın hale geldiği ve buna neden olan sebeplerin belirlenerek çözüm üretilmesi önemli bir konudur. Bu bağlamda ülkeler tarafından farkındalık çalışmalarının yapılmasının, sel risk haritalarının oluşturulmasının, erken uyarı sistemlerini kurulmasının, tahliye prosedürlerinin belirlenmesinin ve müdahale çalışmalarına yönelik ekip ve donanımların sağlanmasının önem arz ettiği düşünülmektedir.

Abstract

Introduction: The number of natural disasters is rapidly increasing worldwide due to the effects of climate change and the meteorological, geomorphological, and anthropological characteristics of countries. Floods constitute approximately one-third of all-natural disasters (according to the number and economic losses) and are responsible for more than half of the deaths.

Purpose: This study aims to analyze the flood disasters that occurred between 1994 and 2023, to classify them according to countries, continents, seasons, years, and flood types, and to reveal the current situation.

Method: This study was planned as cross-sectional-retrospective and descriptive, and the data were obtained from the Emergency Disasters Database (EM-DAT). Descriptive statistics are given as units (n) and percentages (%). Chi-square analysis was used to compare categorical variables. If the results of the Chi-square analysis were significant, subgroup analyses were performed using the Bonferroni-corrected two-ratio Z test.

Findings: 422 flood disasters have occurred worldwide between 1994-2023 within the scope of the countries determined. 61.1% of these flood disasters were river floods, 40.8% occurred in summer, and more than 50% occurred in Asia. The highest flood rates among countries are China (36.4%), India (17.5%) and the USA (13.3%).

Conclusions: Flood disasters must be becoming increasingly common, and the reasons for this are determined, and solutions are produced. In this context, countries must conduct awareness studies, create flood risk maps, establish early warning systems, determine evacuation procedures, and provide teams and equipment for intervention efforts.

Dünya genelinde iklim değişikliğinin etkisi ve ülkelerin sahip olduğu meteorolojik, jeomorfolojik ve antropolojik niteliklerine bağlı olarak doğa kaynaklı afetlerin sayısı hızla artmaktadır.^{1,2} Doğa kaynaklı afetler olarak depremler, seller, fırtınalar, aşırı sıcaklıklar, kuraklıklar, volkanik patlamalar ve orman yangınları sayılabilir. Bu afetler arasından seller, dünyadaki tüm doğal afetlerin yaklaşık üçte birini (sayı ve ekonomik kayıplara göre) oluşturmaktadır ve ölümlerin yarısından fazlasından sorumludur.³ Uluslararası Afetler Veri tabanına (EM-DAT) verilerine göre 2013-2023 yılları arasındaki dünya genelindeki 1820 sel olayı raporlanmıştır. Yaşanan bu olaylar sonucunda yaklaşık 60 bin kişi hayatını kaybetmiş, 100 bin kişi yaralanmış, 460 milyon kişi etkilenmiş ve 500 milyon dolardan fazla toplam hasar oluşmuştur.⁴ Sel afetlerinin sayısının ve etkilerinin artması, toplumları derinden etkilemekte, afetzedeleri temel ihtiyaçlarından yoksun bırakmakta ve birçok insanın ölümüne, yaralanmasına veya göç etmesine neden olmaktadır. Özellikle drenaj ve sel bariyeri gibi altyapı sistemlerinin daha az gelişmiş olma eğiliminde olduğu düşük gelirli ülkelerde, sellerin etkileri daha fazla hissedilmektedir. Nijerya, Bangladeş, Vietnam, Amerika Birleşik Devletleri ve Birleşik Krallık gibi çeşitli ülkelerde son zamanlarda meydana gelen afet niteliğindeki seller, tehdidin küresel bir gerçeklik olduğunu göstermektedir.⁵ Bununla beraber seller kalkınmada ve yoksulluğun azaltılmasında yıllarca süren ilerlemeyi geri alabilmektedir.³ Sel risk seviyesini ve dağılımını anlamak, önleyici çalışmalarını geliştirmek ve yeterli kaynakları tahsis edebilmek için çok önemlidir.

Seller, genel olarak aşırı yağışlar, kasırgalar ve/veya tropikal fırtınalar, hızlı kar erimesi, baraj/set yıkılması ve tsunami gibi ekstrem sebepler sonucunda oluşan büyük su kütlelerinin yaşam alanlarını kaplaması olarak ifade edilmektedir.^{6,7} Bu sebeplerle beraber iklim değişikliğinin de selleri fiziksel olarak tetiklediği ve sellerin oluşmasında %64 oranında etkili olduğu düşünülmektedir.⁸ Seller tetikleyici faktörlerin etkilerine veya oluşma mekanizmalarına göre; nehir seli (taşkınlar), ani sel ve sel (genel) olarak sınıflandırılmaktadır.^{3,4,7} Dünyanın birçok bölgesinde ve her mevsim nehir seli veya taşkınlar görülebilmektedir. Nehir seli, sel risk önlem seviyesinin düşük olduğu ülkelerde akarsu havzalarının taşmasıyla çok büyük zararlar meydana getirebilmektedir. 2014 yılında Afganistan'da 431 kişi, 2021 yılında Türkiye'de 70 kişi, 2022 yılında Nijerya'da 603 kişi ve 2023 yılında Kongo'da 2830 kişi taşkınlar nedeniyle hayatını kaybetmiştir. Bu taşkınlardan nedeniyle 5 milyar dolardan fazla ekonomik kayıp yaşanmış ve doğrudan etkilenen yaklaşık 3 milyon insan göç etmek zorunda kalmıştır.⁴ Ani sel, nehir selinden sonra en yaygın karşılaşılan sel türüdür. Daha çok orografik (Dağ türü yeryüzü şekilleri ile ilişkili oluşumlar) alanların fazla olmasıyla aşırı yağış alan Asya ve Güney Amerika bölgelerinde görülmektedir.⁹ 2014-2019 yılları arasında Muson yağmurların etkisiyle Hindistan, Pakistan ve Nepal'de yaşanan ani seller nedeniyle 5000'den fazla kişi hayatını kaybetmiş ve toplamda 2 milyondan fazla insan doğrudan etkilenmiştir.⁴ Bu iki sel türü dışında kalan tüm seller (kent seli, kıyı seli, baraj seli vb.) sel (genel) türü içerisinde değerlendirilmektedir. Özellikle hızlı kar erimesi ve baraj yıkılması nedeniyle oluşan seller çok büyük kayıplara neden olmuştur. 2023 yılında Libya'nın Derne şehrinde yıkılan 2 baraj nedeniyle bölgenin dörtte biri sular

altında kalmıştır. Olay sonucunda 3000'den fazla kişi yaşamını yitirmiş ve binlerce kişi bölgeden tahliye edilmiştir.¹⁰

Afetlerin ekonomik, fiziksel ve sosyal yapılanma üzerindeki ciddi etkilerinin farkına varılarak, yüksek çözünürlüklü haritalar, afet veri bankaları ve uluslararası raporlardan yararlanılarak yerel ve ulusal ölçeklerde birçok sel maruziyet değerlendirmesi yapılmaktadır.^{1,5,6,11} Yapılan çalışmalar, özellikle veri bulunabilirliği ve risk altındaki büyük nüfus ve ekonomik değerler nedeniyle, ağırlıklı olarak Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Fransa ve Hollanda gibi yüksek gelirli ülkelere odaklanmıştır.¹²⁻¹⁵ Fakat sel afetlerine en fazla maruz kalan ve etkilenen ülkelerin %70'i gelişmekte olan ülkelerdir.³ Rentschler ve arkadaşlarının (2022) 188 ülkeyi kapsayan çalışmasında, Güney ve Orta Asya, Sahra altı Afrika ve Latin Amerika ülkelerinde yaşanan seller nedeniyle ekonomik yıkımların uzun süre devam ettiğini ve bununda savunmasızlığı arttırdı sonucuna ulaşılmıştır.⁵

Sel afetlerine yönelik muhtemel risklerin belirlenmesi, acil yardım ihtiyaçlarının tespit edilmesi, güvenli alanların oluşturulması, lojistik ihtiyaçların karşılanması ve arama kurtarma konularında kapasitenin geliştirilmesi; meydana gelen sellerin etki büyüklüğünün doğru analizi ile mümkündür. Bu amaçla çalışmamızda, 1994-2023 yılları arasında meydana gelen sel afetleri analiz edilmiştir. Yapılan analiz ile sel afetlerinin ülkelere, kıtalara, mevsimlere, yıllara ve sel tiplerine göre sınıflandırılması ve mevcut durumun ortaya konulması hedeflenmektedir. Çalışmanın sel afetlerine yönelik yapılacak gelecek araştırmalara katkı sağlaması beklenmektedir.

YÖNTEM

Araştırmanın amacı ve tipi

Bu çalışma, 1994-2023 yılları arasında dünyada meydana gelen sel afetlerinin analizi yapılarak mevcut durumun ortaya konulması hedefiyle kesitsel-retrospektif ve tanımlayıcı nitelikte planlanmıştır.

Çalışma alanı ve demografisi

Çalışmamızda dünya genelinde yaşanan sel afetlerinin analizi ile elde edilen sonuçların yapılacak planlama ve hazırlık çalışmalarına katkı sağlaması beklenmektedir. Bu doğrultuda Dünya Meteoroloji Örgütü'nün Küresel İklim Raporu 2023, Hava, İklim ve Suyla İlgili Tehlikelerden Kaynaklı Ölüm ve Ekonomik Kayıpların Atlası (1970-2021) yayınları¹⁶ ve Sayılarla Afetler 2023 EM-DAT raporundaki¹⁷ verilerine göre; sel afet riski, sel afetinin görülme sıklığı, sel afetinin toplam nüfus üzerindeki etkisi ve sel afetleri sonrası yapılan çalışmalara göre Afrika (Güney Afrika, Nijerya), Amerika (ABD, Kanada, Şili), Asya (Çin, Hindistan, Pakistan, Türkiye), Avrupa (İtalya, Fransa) ve Okyanusya (Avustralya, Yeni Zelanda) bölgelerinden ülkeler belirlenmiştir. **Tablo 1** de bu ülkelere ait genel demografik bilgiler yer almaktadır.¹⁸

Veri toplama formu

Araştırmaya ait veriler akademik üyelik işlemi ile açık erişime sunulan EM-DAT veri tabanından (<https://public.em-dat.be/>) 04.09.2024 tarihinde elde edilmiştir. EM-DAT, bazı araştırmalar^{15,19-21} ve doğrulama çalışmalarında^{22,23} ana bilgi kaynağı olarak kullanılan çok parametrelili güvenilir bir veri tabanıdır ancak bazı sınırlamaları vardır. EM-DAT veri tabanı

Tablo 1: Çalışma Alanı ve Demografik Özellikleri				
	Nüfus	Toplam Alan (km ²)	Nüfus yoğunluğu (km ²)	Kişi Başına GSYİH (\$)
ABD	345.426.571	9.147.420	38	76.027
Avustralya	26.713.205	7.682.300	3	62.723
Çin	1.419.321.278	9.388.211	151	12,97
Fransa	66.548.530	547.557	122	44.990
Güney Afrika	64.202.754	1.213.090	53	6.001
Hindistan	1.450.935.791	2.973.190	488	2.191
İtalya	59.342.867	294.140	202	34.997
Kanada	39.742.430	9.093.510	4	49.222
Nijerya	232.679.478	910.770	255	2.149
Pakistan	251.269.164	770.880	326	1.562
Şili	19.764.771	743.532	27	15.617
Türkiye	87.473.805	769.630	114	13.383
Yeni Zelanda	5.213.944	263.310	20	38.675
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla: GSYİH				
Kaynak: Worldometer				

nında yer alan sırasıyla doğal afetler sekmesi, hidrolojik afetler sekmesi, sel sekmesi ve Türkiye dahil 13 ülke işaretlenerek 1994-2023 yılları arasındaki veriler dahil edilmiştir. Çalışmada başlangıç tarihi olarak BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin yürürlüğe girdiği 1994 yılı kabul edilmiştir. Bunun en büyük sebebi çerçeve sözleşmenin oluşturulmasına sebep olan iklim değişikliği ve oluşturduğu etkilerdir.

Verilerin Analizi

EM-DAT veri tabanından elde edilen veriler öncelikle sel afetlerine ait tüm parametreleri (oluş tarihi, sel tipi, gerçekleştiği ülke, gerçekleştiği kıta, gerçekleştiği mevsim ve ölen kişi sayısı, toplam hasar miktarı ve toplam etkilenen kişi sayısı) kapsayacak şekilde süzülmüştür. Tüm parametrede verilerin tam olduğu veri seti Excel formatında indirilmiştir. Verilerin analizinde SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.) programından yararlanılmış ve analizler grafik veya tablo haline getirilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler birim sayısı (n) ve yüzde (%) olarak verilmiştir. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında ki kare analizi kullanılmıştır. Ki Kare analiz sonuçlarının önemli bulunması durumunda alt grup analizleri Bonferroni düzeltmeli iki oran Z testi ile yapılmıştır.

BULGULAR

Çalışmamızda EM-DAT veri tabanında yer alana her kıtadan en az birer tane olmak üzere 13 ülke seçilmiş ve analizi gerçekleştirilmiştir. Veri tabanından seçili ülkelere ait son 30 yılda toplam 1073 sel afeti meydana gelmiştir. Çalışmaya tüm içerikleri tam olan 422 sel afeti dâhil edilmiştir. Bu analizlere göre en fazla görülen sel tipi %61,1 ile nehir selidir. Yaşanan sel afetlerinin 16'sında 1000 ve üzeri ölüm görülmüştür. Son 30 yıl içerisinde meydana gelen sel afetlerinin %50'sinden fazlası Asya kıtasında ve genellikle (%40,8) yaz mevsiminde yaşanmıştır. Sel afetlerinin 4'te 1'inden daha fazlasında toplam meydana gelen hasar 1 milyar \$ üzerindedir (Tablo 2).

Tablo 3'te mevsimlere göre meydana gelen sel tiplerinin görülme sıklığı karşılaştırılmış ve aralarında istatistiksel olarak

Tablo 2: Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri		
Değişkenler	n	%
Sel (Genel)	103	24,4
Nehir Seli	258	61,1
Ani Sel	61	14,5
Ölümlü Olay Sayıları		
<10	122	28,9
10 – 99	203	48,1
100- 999	81	19,2
1000 ve üzeri	16	3,8
Kıtalarındaki Sel Olayı Sayıları		
Avrupa	28	6,6
Asya	258	61,1
Amerika	76	18
Afrika	28	6,6
Okyanusya	32	7,6
Mevsimplere göre Olay Sayıları		
İlkbahar	122	28,9
Yaz	172	40,8
Sonbahar	62	14,7
Kış	66	15,6
Toplam Hasar Miktarı (\$)		
<10 Milyon \$	26	6,2
10 Milyon \$-100 Milyon \$	88	20,9
100 Milyon \$- 1 Milyar\$	188	44,5
1 Milyar\$ üzeri	120	28,4

anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($\chi^2(6) = 4,620$, $p = 0,593$). Bütün mevsimlerde sel afeti yaşandığı, tüm sel tiplerinin en fazla yaz mevsiminde yaşandığı görülmektedir.

Tablo 4'te kıtalara göre sel tiplerinin görülme sıklıkları arasında farklılıkları incelemek için yapılan ki kare bağımsızlık testi sonucunda değişkenler arasında istatistiksel olarak anlam-

Tablo 3: Mevsimlere Göre Meydana Gelen Sel Tiplerinin Dağılımı (1994-2023)						
	Sel Alt Tipleri			Test İstatistikleri		
	Sel Genel n (%)	Nehir Seli n (%)	Ani Sel n (%)	X ²	SD	p Değeri
İlkbahar	26 (25,2)	79 (30,6)	17 (27,9)			
Yaz	40 (38,8)	105(40,7)	27 (44,3)			
Sonbahar	16 (15,5)	35 (13,6)	11 (10)	4,620	6	0,593
Kış	21 (20,4)	39 (15,1)	6 (9,8)			

n: Sayı, %: Sütun Yüzdesi, X²: Ki kare testi, SD: Serbestlik Derecesi

Tablo 4: Kıtalara Göre Meydana Gelen Sel Tiplerinin Dağılımı (1994-2023)						
	Sel Alt Tipleri			Test İstatistikleri		
	Sel Genel n (%)	Nehir Seli n (%)	Ani Sel n (%)	X ²	SD	p Değeri
Afrika	8 (7,8)	16 (6,2)	4 (6,6)			
Amerika	14 (13,6)	54 (20,9)	8 (13,1)			
Asya	65 (63,1)	161(62,4)	32 (52,5)			
Avrupa	4 (3,9)	12 (4,7)	12 (19,7)			
Okyanusya	12 (11,7)	15 (5,8)	5 (8,2)	25,980	8	0,001

n: Sayı, %: Sütun Yüzdesi, X²: Ki kare testi, SD: Serbestlik Derecesi

Tablo 5: Ülkelere Göre Meydana Gelen Sel Tiplerinin Dağılımı (1994-2023)						
	Sel Alt Tipleri			Test İstatistikleri		
	Sel (Genel) n (%)	Nehir Seli n (%)	Ani Sel n (%)	X ²	SD	p Değeri
ABD	8 (7,8)	42 (16,3)	6 (9,8)			
Avustralya	10 (9,7)	15 (5,8)	3 (4,9)			
Çin	39 (37,9)	106(41,1)	14 (23)			
Fransa	2 (1,9)	3 (1,2)	6 (9,8)			
Güney Afrika	5 (4,9)	9 (3,5)	3 (4,9)			
Hindistan	21 (20,4)	44 (17,1)	9 (14,8)			
İtalya	2 (1,9)	9 (3,5)	6 (9,8)			
Kanada	3 (2,9)	8 (3,1)	0 (0)			
Nijerya	3 (2,9)	7 (2,7)	1 (1,6)			
Pakistan	2 (1,9)	9 (3,5)	5 (8,2)			
Şili	3 (2,9)	4 (1,6)	2 (3,3)	55,566	24	<0,001
Türkiye	3 (2,9)	2 (0,8)	4 (6,6)			
Yeni Zelanda	2 (1,9)	0 (0)	2 (3,3)			

n: Sayı, %: Sütun Yüzdesi, X²: Ki kare testi, SD: Serbestlik Derecesi

lı bir ilişki olduğu görülmektedir ($\chi^2(8) = 25,980$, $p=0,001$). Nehir seli %62,4 ile Asya kıtasında en fazla görülen sel tipidir.

Tablo 5'te sel tiplerinin görülme sıklıklarının ülkelere göre farklılık gösterip göstermediğini incelenmiş ve değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir ($\chi^2(24) = 55,566$, $p<0,001$). Meydana gelen sellerden; sel (genel) en çok görüldüğü ilk üç ülke sırasıyla Çin (%37,9), Hindistan (%20,4), ve Avustralya (%9,7)'dir. Nehir sellerinin en yoğun görüldüğü ilk üç ülke ise Çin (%41,1) ve Hindistan (%17,1) ve ABD (%16,3)'dir. Ani seller en yoğun görüldüğü ilk iki ülke Çin (%23) ve Hindistan (%14,8) iken üçüncü sırada aynı afet sayısı (%9,8) ile ABD, Fransa ve İtalya yer al-

maktadır.

Tablo 6'da sel tiplerinin görülme sıklıklarının zamana göre farklılık gösterip göstermediğini incelenmiş ve değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir ($\chi^2(4) = 155,589$, $p<0,001$). Son 30 yılda içerisinde sel tiplerinin meydana gelme oranlarının değiştiği görülmektedir. Sel (genel) tipinin 2004-2013 yılları arasında görülme oranı bir önceki on yıla göre ciddi şekilde azalırken bir sonraki on yılda ciddi bir artış göstermiştir. Nehir sellerinin görülme sıklığı ise 2004-2013 yılları arasında bir önceki on yıla göre ciddi artış gösterirken bir sonraki on yılda ciddi bir azalma göstermiştir. Ani sellerin görülme sıklığı 2004-2013 yılları

Tablo 6: Sel Tiplerinin 1994-2023 Yılları Arasında 10'ar Yıllık Periyotlardaki Karşılaştırmaları						
	Sel Alt Tipleri			Test İstatistikleri		
	Sel Genel)	Nehir Seli	Ani Sel	X ²	SD	p Değeri
	n (%)	n (%)	n (%)			
1994- 2003	19 (18,4)	86 (33,3)	22 (36,1)			
2004- 2013	2 (1,9)	135 (52,3)	13 (21,3)	155,589	4	<0,001
2014- 2023	82 (79,6)	37 (14,3)	26 (42,6)			

n: Sayı, %: Sütun Yüzdesi, X²: Ki kare testi, SD: Serbestlik Derecesi

Tablo 7: Sel Tiplerine Göre Ölüm Sayısı, Etkilenen Kişi Sayısı ve Toplam Hasar Karşılaştırması (1994-2023)						
	Sel Alt Tipleri			Test İstatistikleri		
	Sel (Genel)	Nehir Seli	Ani Sel	X ²	SD	p Değeri
	n (%)	n (%)	n (%)			
Ölüm Sayısı						
<10	33 (32)	74 (28,7)	15(24,6)			
10- 99	40 (38,8)	131(50,8)	32(52,5)			
100- 999	26 (25,2)	43 (16,7)	12(19,7)	6,089	6	0,413
1000 ve üzeri	4(3,9)	10 (9,8)	2 (3,3)			
Etkilenen Kişi Sayısı						
<10 Bin	38 (36,9)	87 (33,7)	21(34,9)			
10 Bin- 100 Bin	14 (13,6)	54 (20,9)	13(21,3)			
100 Bin- 1 Milyon	26 (25,2)	57 (22,1)	13(21,3)	2,872	6	0,825
1 Milyon<	25 (24,3)	60 (23,3)	14 (23)			
Toplam Hasar						
<10 Milyon \$	8 (7,8)	13 (5)	5 (8,2)			
10-99,9 Milyon \$	18 (17,5)	54 (20,9)	16 (26,2)	6,305	6	0,390
100 Milyon \$- 1 Milyar \$	45 (43,7)	123(47,7)	20(32,8)			
1 Milyar \$ ve üzeri	32(31,1)	68 (26,4)	20(32,8)			

n: Sayı, %: Sütun Yüzdesi, X²: Ki kare testi, SD: Serbestlik Derecesi

arasında azalma gösterse de 2014-2023 yılları arasında yine yükseliş göstermiştir.

Tablo 7'de sel tiplerinin görülme sıklıklarının ölüm sayısı, etkilenen kişi sayısı ve toplam hasar miktarı arasındaki ilişki incelenmiştir. Analize göre can kaybı, etkilenen kişi sayısı ve toplam hasar miktarı en fazla nehir selinde görülmektedir.

TARTIŞMA

Çalışmanın bulgularına EM-DAT veri tabanından ABD, Avustralya, Çin, Fransa, Güney Afrika, Hindistan, İtalya, Kanada, Nijerya, Pakistan, Şili, Türkiye ve Yeni Zelanda ülkelerine ait veriler kullanılarak ulaşılmıştır. Veri tabanından çalışmaya toplam 422 sel afeti dahil edilmiştir. Çalışmada; sel afetinin dünyanın her bölgesinde ve her mevsim yaşanabildiği görülmektedir. Sellerin en fazla yaşandığı kıtalar sırasıyla %61,1 Asya kıtası, %18 Amerika kıtası ve %8 Okyanusya kıtasıdır (Tablo 2). Bu kıtalar içerisinde nehir seli; %62,2 ile en fazla Asya kıtasında, %5,8 ile en az Okyanusya kıtasında, ani sel; %52,5 ile en fazla Asya kıtasında, %6,6 ile Afrika kıtasında ve sel (genel); %63,1 ile Asya kıtasında, %3,9 ile Avrupa kıtasında olduğu belirlenmişti (Tablo 4). UNDRR (2021) raporuna göre de dünyada meydana gelen sel afetlerinin %70'i Asya ve Amerika kıtalarında yaşanmaktadır.³ 1900-2022 yılları arasında dünyada yaşanan afetlerin analiz

edildiği bir başka çalışmada; afetlerin en fazla Asya kıtasında yaşandığını ve bu afetlerin %50'den fazlasının sel ile ilişkilendirildiği belirtilmiştir.¹⁹ Berghuijs ve arkadaşlarının (2019) gerçekleştirdiği 30 yıllık gözlemsel çalışmaya göre, tüm dünyada sel afeti yaklaşık %26,6 oranında artmıştır.²⁴ Bu oran Avrupa kıtası için %44,4 iken Amerika kıtası için %26,4'tür. İklim değişikliğinin gelecekteki sonuçları olarak Asya, Amerika ve Avrupa kıtalarında sel afetlerinde büyük artış beklenmektedir. Özellikle Orta Avrupa, Güney Asya, Güney Amerika bölgesindeki 15 ülke ve Japonya da dahil 16 ülkede ortalama %1000'i aşması öngörülmektedir. Özellikle su kenarı yaşam bölgeleri ile mega kentsel bölgelerde bu değişimlerin yüksek ölçekte gerçekleşmesi beklenmektedir.¹³

Çalışmamıza göre, dünya genelinde sellerin %40'ı yaz mevsiminde meydana gelmektedir (Tablo 3). İklim değişikliğinin yağış rejimleri üzerindeki etkisinin değerlendirildiği çalışmalarda Haziran – Eylül aylarında anlık yağış yoğunlaşmasının artmasının selleri tetiklediği bulunmuştur.^{25,26} Berghuijs ve arkadaşları (2019) Avrupadaki sel oluşturan mekanizmaların analizi çalışmasında, maksimum günlük yağış ve kar erimesi nedeniyle Orta ve Doğu Avrupa'nın birçok bölgesinde sellerin yaz aylarında meydana gelme eğiliminde olduğu belirtmiştir.²⁴ Vogel ve arkadaşları (2024) bu çalışmayı doğrular nitelikte sonuçlara ulaşmıştır.²⁶ ABD'de her mevsimde

sel görülme riski çok fazla olmasıyla beraber 1936'dan 2013 yılına kadar 78 yıl boyunca kaydedilen 70.273 sel ile ilgili olayların %58'i yaz mevsimi içerisindeki aylarda meydana gelmiştir.²⁵ Asya bölgesinde de muson yağışlarının etkisi nedeniyle Temmuz-Ağustos aylarında sellerde önemli bir artış yaşanmaktadır.²⁷ Tarihte Asya kıtasında yaşanan büyük seller; 1931 yılı Çin Yangtze ve Huai nehir seli, 1975 Çin'de Ru Nehri üzerindeki Banqiao barajının yıkılması, 2010 Pakistan'da aşırı yağışlar sonucu ani seller ve 2017 güney Asya Hindistan ve Bangladeş'te yaşanan nehir selleri yaz mevsiminde gerçekleşmiştir.^{4,27} Çin'de yaşanan sellerin yaklaşık %70'i ilkbahar sonu ve yaz mevsimi (Mayıs-Ağustos) içerisinde.²⁸ Fakat literatürdeki birçok çalışmada seller kış ve yaz mevsimi döngüsü içerisinde değerlendirilmektedir.²⁹ Bunun en büyük nedeni, bu mevsimlerde gerçekleşen sellerin meydana getirdiği hasarın görece diğer mevsimde yaşananlara göre daha büyük olmasıdır. Yine aynı mevsimsel dönemler içerisinde aşırı yağışlar, kar yağışı/erimesi ve toprak nem artışı gibi birden fazla tetikleyici nedeniyle ani sel ve nehir seli sıkça görülmektedir.

Çalışmamızda analizi yapılan ülke verilerine göre, sel afeti görülme oranı en yüksek Çin, Hindistan ve ABD'dir. Çin'de yaşanan bu afetlerin %66,6'sı nehir selidir (Tablo 5). Çalışmamızla benzer şekilde UNDRR'nin raporuna göre 2000-2019 yılları arasında her yıl ortalama 20 sel afeti ile Çin en fazla sel yaşanan ülke olmuştur. Ayrıca bu sellerden etkilenen insanlar dünya çapında sellerden etkilenen insanların %55'ini oluşturmaktadır. Hindistan yılda ortalama 17 sel afeti ile sellerden en çok etkilenen ikinci ülkedir.³ Asya kıtasındaki 37 ülkede yaşanan sellerde artan eğilim görülmektedir. Bu ülkelerden Çin, Hindistan ve Pakistan'da artışlar daha fazladır ve %70'i nehir seli kaynaklıdır.³⁰ Li ve arkadaşları (2016) Afrika kıtasının sel analiz çalışmasında; sellerin büyük oranda Nil nehri havzasında ve tropikal fırtınaların etkilediği Güney Afrika'da Etiyopya, Kenya, Güney Afrika Cumhuriyeti, Doğu Afrika'daki Tanzanya, Batı Afrika'daki Nijerya ve Kuzey Afrika'daki Libya ve Sudan'da yaşandığı belirlemişlerdir.³¹ 2021 yılında Avustralya'nın batı kıyılarında yaşanan selde 13 ayrı bölgeden yaklaşık 18.000 kişi tahliye edilmiş olup, 36 yerleşim yeri "Doğal Afet Bölgesi" ilan edilmiştir.³² Dünya genelinde sel afeti yaşanan ülkelerin sel sıklığına (a), sel kaynaklı ölüm sayısına (b) ve etkilenen nüfusa (c) göre sıralandığı çalışmada ABD (467 sel) en fazla sel afetinin yaşandığı ülke olmuştur.³³ Literatürdeki çalışmalar arasında sel afetinden etkilenen ülkelerin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerin farklılaşması sıralamayı da değiştirmektedir. Bu nedenle kullanılan değerlendirme parametrelerine göre ülkelerin sel afetlerine yönelik afet yönetim politika ve sistemleri de değişmektedir.

Çalışmada; 1994-2023 yılları arasında toplam 422 sel afeti analiz edilmiş ve %61,1'nin nehir seli olduğu bulunmuştur (Tablo 2). Nehir selleri genel analizlere göre de her mevsim en fazla meydana gelen sel tipidir. Kısa süreli yüksek yağışlar sonrası hızlı bir şekilde ortaya çıkmaları nedeniyle iklim değişikliğinin neden olduğu yağış rejimi değişikliğinin en önemli sonucu olarak gösterilmektedir. 1975-2021 yılları arasında ülkemizde yaşanan toplam nehir sellerinin sayısı 2603 iken 2000-2021 arasında yaşanan toplam nehir sellerinin sayısı 2037 'dir.³² Çalışmamızda bu durumla ters yönlü olarak ne-

hir sellerinin son 10 yılda azaldığı görülmektedir (Tablo 6). Bu değişim sel tiplerinin oluş yeri veya oluş mekanizması ile ilgili olabileceği gibi sellerin sınıflandırılmasında kullanılan yöntemlerin farklılaşmasıyla da ilgili olabilir. Araştırmanın verilerine göre sellerin meydana getirdiği toplam hasar (x 1 milyon \$), ölü sayısı (x 1000) ve toplam etkilenen kişi sayısına (x 1 milyon) göre nehir seli en fazla olumsuz etkiye sahip sel tipi olarak görülmektedir (Tablo 7). 2014-2019 yılları arasında Hindistan ve Pakistan'da nehir selleri nedeniyle 5000 fazla kişi hayatını kaybetmiş ve toplamda 3 milyardan fazla insan doğrudan etkilenmiştir. 2022 yılında Nijerya'da 603 kişi ve 2023 yılında Kongoda 2830 kişi nehir yataklarının taşması nedeniyle hayatını kaybetmiştir. Bu sellerden doğrudan etkilenen yaklaşık 3 milyon insan zorunlu göç etmek zorunda kalmıştır.⁴ Türkiye'de uzun süreli etkisini sürdüren nehir selleri ciddi ekonomik kayıplara neden olmuştur. Tarım ve Orman Bakanlığının verilerine göre; 1975-2021 yılları arasında yaşanan taşkınlar nedeniyle 901 kişi hayatını kaybetmiştir. Mevcut verilere göre taşkınlar nedeniyle her yıl 300 milyon TL ekonomik kayıp yaşanmaktadır.³² Ancak, sel afetinin sonuçlarına yönelik belirli parametrelerin analizi tek başına tam bir ifade sağlamayabilir. Selden etkilenen nüfusların gelir seviyelerini de dikkate almamız çok önemlidir. Çünkü bunlar insanların selleri önleme, hafifletme ve mücadele etme yeteneklerinin bir göstergesi olabilir.

Sınırlılıklar

Çalışmada analiz için belirlenen ülkelerin seçiminde uluslararası raporların verileri kullanılmış olup, bu ülkelerin seçimine yönelik kesin kriterler bulunmamaktadır. Bu nedenle verilerin genellenebilirliği sınırlı olabilir. EM-DAT veri tabanından bu ülkelere ait 1073 sel afetinden tüm parametrelerine ulaşılan 422 sel afeti analize dâhil edilebilmiştir. EM-DAT veri tabanında bazı ülkelerde gerçekleşen sellere ait yeterli verilere ulaşamama veya eksik raporlama nedeniyle veri kısıtlılığı yaşanmıştır. Eksik verilerin çalışmaya dahil edilmemesi ve bunun çalışma içerisinde belirtilmesi çalışma özgünlüğünü arttırmaktadır.³⁴

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında iklim değişikliği ile ilişkili olan sel afetlerine yönelik 1994-2023 yılları arası verilerine göre analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sellerin giderek daha yaygın hale geldiği ve birçok yönden yıkıcı etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara neden olan sebeplerin belirlenerek çözüm üretilmesi önemli bir konudur. Bu bağlamda ülkeler tarafından farkındalık çalışmalarının yapılmasının, sel risk haritalarının oluşturulmasının, erken uyarı sistemlerini kurulmasının, tahliye prosedürlerinin belirlenmesinin ve müdahale çalışmalarına yönelik ekip ve donanım sağlanmasının önem arz ettiği düşünülmektedir. Önleyici tedbirlerle beraber tahliye çalışmalarını kapsayan arama ve kurtarma çalışmalarının da geliştirilmesi gerektiği aşıkardır. Çalışmamızda elde edilen analiz sonuçlarının geçerliliğinin artırılabilmesi için daha fazla veri kayıt sistemine ve alt parametrelere ihtiyaç vardır. Bu nedenle ülkelerin kendi veri kayıt sistemlerini kurarak afet bilgi bankalarını oluşturmaları önerilmektedir.

Etik

Etik komite onayı: Çalışmada kullanılan verilerin elde edildiği uluslararası EM-DAT veri tabanının açık erişimi bulunduğu için etik kurul iznine ihtiyaç duyulmamıştır.

Bilgilendirilmiş onay: Yok.

Akran İncelemesi

İç ve dış inceleme yapılmıştır.

Yazarların Katkısı

Çalışmanın tasarımı, literatür taraması, verilerin toplanması, verilerin analiz edilmesi, yazma ve düzenleme işlemleri YU ve ÖÇ tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Finansman

Herhangi bir kurumdan fon desteği alınarak yapılmamıştır.

REFERENCES

- Bacchi B, Ranzi R. Hydrological and Meteorological Aspects of Floods in The Alps: An Overview. *Hydrol Earth Syst Sci.* 2003;7(6):785-798. doi:10.5194/hess-7-785-2003
- Kadioğlu M. Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi. Birinci. Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları; 2019. <https://www.marmara.gov.tr/uploads/old-site/2020/10/KENT-SELLERI-kucuk.pdf>
- UNDRR. The Human Cost of Disasters: An Overview of the Last 20 Years (2000-2019). United Nations Office for Disaster Risk Reduction; 2021:30. https://www.preventionweb.net/files/74124_humancostofdisasters-20002019reportu.pdf
- EM-DAT, The International Disaster Dabate. Published online t.y. Accessed July 11, 2024. <https://www.emdat.be/>
- Rentschler J, Salhab M, Jafino BA. Flood Exposure and Poverty in 188 Countries. *Nat Commun.* 2022;13(1):3527. doi:10.1038/s41467-022-30727-4
- Özcan E. Sel Olayı ve Türkiye. *GEFAD.* 2006;26(1):35-50.
- AFAD. Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı; 2014.
- Hirabayashi Y, Alifu H, Yamazaki D, Imada Y, Shiogama H, Kimura Y. Anthropogenic Climate Change Has Changed Frequency of Past Flood During 2010-2013. *Prog Earth Planet Sci.* 2021;8(1):36. doi:10.1186/s40645-021-00431-w
- Bronstert A, Crisolo I, Heistermann M, Ozturk U, Vogel K, Wendi D. Flash-Floods: More Often, More Severe, More Damaging? An Analysis of Hydro-Geo-Environmental Conditions and Anthropogenic Impacts. In: Filho WL, ed. *Climate Change, Hazards and Adaptation Options: Handling the Impacts of a Changing Climate.* Springer; :225-244.
- Büyüker Z, Taşkaya E, Bombar G, Tayfur G. Mansap Pürüzlülüğünün Toprak Dolgu Barajın Üstten Aşma ile Yıkılması Durumunda Taşkın Dalgası ve Sediment Yayılmına Etkisinin Deneysel olarak İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi.* 2024;36(1):341-356. doi:10.35234/fumbd.1363080
- Okaka O, I NR, Ebinne ES, Onoh C. Management of Flood Disaster Risks in Nigeria. *Journal of Environmental Management and Safety.* 2013;4(2):6-18.
- Berghuijs WR, Aalbers EE, Larsen JR, Trancoso R, Woods RA. Recent changes in extreme floods across multiple continents. *Environ Res Lett.* 2017;12(11):114035. doi:10.1088/1748-9326/aa8847
- Alfieri L, Bisselink B, Dottori F, et al. Global Projections of River Flood Risk in a Warmer World. *Earth's Future.* 2017;5(2):171-182. doi:10.1002/2016EF000485
- Box P, Thomalla F, Van den Honert R. Flood Risk in Australia: Whose Responsibility Is It, Anyway? *Water.* 2013;5(4):1580-1597. doi:10.3390/w5041580
- Dickason RM, Hertelendy AJ, Hart A, Ciottone GR. Disasters in the Northern Triangle: A Descriptive Analysis Using the EM-DAT Database 1902-2022. *Prehospital and Disaster Medicine.* 2023;38(5):668-676. doi:10.1017/S1049023X23006374
- World Meteorological Organization. State of the Global Climate 2023. Published online 2024. <https://library.wmo.int/idurl/4/68835>
- EM-DAT. Disaster in Numbers 2023. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED); 2024:8. https://files.emdat.be/reports/2023_EMDAT_report.pdf
- Worldometer. Countries in The World by Population. 2024. <https://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/>
- Usta G. Dünya'da Meydana Gelen Afetlerin İstatistiksel Olarak Analizi (1900-2022). *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.* 2023;14(1):172-186. doi:doi.org/10.36362/gumus.1138791
- Nones M, Hamidifar H, Shahabi-Haghighi SMB. Exploring EM-DAT for Depicting Spatiotemporal Trends of Drought and Wildfires and Their Connections With Anthropogenic Pressure. *Nat Hazards.* 2024;120(1):957-973. doi:10.1007/s11069-023-06209-1
- Tortumlu M, Altuncü YA. Türkiye'de Meydana Gelen Sel Afetlerinin Analizi ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Anatolian J Emerg Med.* 2024;7(2):74-80. doi:10.54996/anatolian-jem.1376324
- Panwar V, Sen S. Disaster Damage Records of EM-DAT and DesInventar: A Systematic Comparison. *Econ-DisCliCha.* 2020;4(2):295-317. doi:10.1007/s41885-019-00052-0
- Delforge D, Wathelet V, Below R, et al. EM-DAT: the Emergency Events Database. Published online December 27, 2023. doi:10.21203/rs.3.rs-3807553/v1
- Berghuijs WR, Harrigan S, Molnar P, Slater LJ, Kirchner JW. The Relative Importance of Different Flood-Generating Mechanisms Across Europe.

- Water Resources Research*. 2019;55(6):4582-4593. doi:10.1029/2019WR024841
25. Saharia M, Kirstetter PE, Vergara H, Gourley JJ, Hong Y. Characterization of floods in the United States. *Journal of Hydrology*. 2017;548:524-535. doi:10.1016/j.jhydrol.2017.03.010
 26. Vogel K, Sieg T, Veh G, et al. Natural Hazards in a Changing World: Methods for Analyzing Trends and Non-Linear Changes. *Earth's Future*. 2024;12(5):e2023EF003553. doi:10.1029/2023EF003553
 27. Takahashi HG, Kiguchi M, Sugimoto S. Floods and Droughts in Asia, Europe, and America. In: Akimoto H, Tanimoto H, eds. *Handbook of Air Quality and Climate Change*. Springer Nature; 2023:1181-1210. doi:10.1007/978-981-15-2760-9_36
 28. He B, Huang X, Ma M, et al. Analysis of Flash Flood Disaster Characteristics in China From 2011 To 2015. *Nat Hazards*. 2018;90(1):407-420. doi:10.1007/s11069-017-3052-7
 29. Chen L, Guo S, Yan B, Liu P, Fang B. A New Seasonal Design Flood Method Based on Bivariate Joint Distribution of Flood Magnitude and Date of Occurrence. *Hydrological Sciences Journal*. 2010;55(8):1264-1280. doi:10.1080/002626667.2010.520564
 30. Wang X, Xia J, Dong B, Zhou M, Deng S. Spatiotemporal Distribution Of Flood Disasters In Asia And Influencing Factors In 1980–2019. *Nat Hazards*. 2021;108(3):2721-2738. doi:10.1007/s11069-021-04798-3
 31. Li C juan, Chai Y qing, Yang L sheng, Li H rong. Spatio-Temporal Distribution Of Flood Disasters And Analysis Of Influencing Factors In Africa. *Nat Hazards*. 2016;82(1):721-731. doi:10.1007/s11069-016-2181-8
 32. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Taşkın Yönetimi.; 2022. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Menu/95/Tas-kin-Yonetimi-Kitabi>
 33. Liu T, Shi P, Fang J. Spatiotemporal variation in global floods with different affected areas and the contribution of influencing factors to flood-induced mortality (1985–2019). *Nat Hazards*. 2022;111(3):2601-2625. doi:10.1007/s11069-021-05150-5
 34. Jones RL, Kharb A, Tubeuf S. The Untold Story Of Missing Data In Disaster Research: A Systematic Review Of The Empirical Literature Utilising The Emergency Events Database (Em-Dat). *Environ Res Lett*. 2023;18(10):103006. doi:10.1088/1748-9326/acfd42