



Orman yangınlarının atmosferik uzantısı olarak pyrocumulonimbus (PyroCb) üzerine kavramsal bir analiz: Eğitim ve toplumsal dirençlilik bağlamında bir değerlendirme

Serap Bozdemir¹ & Zeynep Arıkan²

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, ²Dokuz Eylül Üniversitesi

Öz

Bu çalışma, iklim değişikliğiyle birlikte artan orman yangınlarının atmosferik uzantılarından biri olan Pyrocumulonimbus (PyroCb) olaylarını, afet yönetimi ve toplumsal dirençlilik perspektifinden ele almayı amaçlamaktadır. Araştırma, PyroCb olaylarını yalnızca meteorolojik bir olgu olarak değil, çoklu tehlike yaklaşımı çerçevesinde sosyal etkileri ve yönetsel boyutlarıyla değerlendirmektedir. Çalışma kapsamında, Holling'in sosyal-ekolojik dirençlilik kuramı, IPCC'nin iklim dirençliliği modeli ve Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi temel alınarak kavramsal bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra, Türkiye'de orman yangınlarına ikamet, geçici bulunma (tatil/seyahat) veya görev amacıyla maruz kalan bireylerden elde edilen 371 katılımcıya ait anket verileri analiz edilerek, eğitim düzeyi ile çevre eğitimi/seminer katılımının afet bilinci üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, afet bilincinin yalnızca teknik altyapı ve müdahale kapasitesiyle değil, aynı zamanda formal ve informal eğitim temelli stratejilerle güçlendirilebileceğini göstermektedir. Araştırma, PyroCb gibi yeni nesil risklerin afet yönetimi ve eğitim politikalarına entegrasyonu açısından hem kuramsal hem de uygulamaya dönük katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Pyrocumulonimbus, afet riski, dirençlilik, orman yangınları, afet eğitimi, çevre eğitimi

A conceptual analysis of pyrocumulonimbus (PyroCb) as the atmospheric extension of forest fires: An assessment from the perspective of education and social resilience

Abstract

This study aims to examine Pyrocumulonimbus (PyroCb) events, one of the atmospheric extensions of increasingly frequent wildfires driven by climate change, from the perspectives of disaster management and social resilience. Rather than addressing PyroCb solely as a meteorological phenomenon, this study evaluates these events within a multi-hazard framework by focusing on their social impacts and governance dimensions. Within the scope of the study, a conceptual analysis was conducted based on Holling's social-ecological resilience theory, the IPCC's climate resilience model, and the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. In addition, survey data obtained from 371 participants who were exposed to wildfires in Türkiye through residence, temporary presence (tourism/travel), or duty-related activities were analyzed to examine the effects of education level and participation in environmental education/seminars on disaster awareness. The findings indicate that disaster awareness is strengthened not only through technical infrastructure and response capacity but also through formal and informal education-based strategies. Overall, the study provides both theoretical and practical contributions to the integration of emerging risks such as PyroCb into disaster management and education policies.

Keywords: Pyrocumulonimbus, disaster risk, resilience, forest fires, disaster education, environmental education

Yazarlara ait bilgiler:

¹Doktora Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Afet Yönetimi Anabilim Dalı / Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, cedricahsen@gmail.com, ORCID:0000-0003-2589-9027

²Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Maliye Bölümü, zeynep.arikan@deu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6710-171X

Atıf için;

Bozdemir, S., & Arıkan, Z. (2026). Orman yangınlarının atmosferik uzantısı olarak pyrocumulonimbus (PyroCb) üzerine kavramsal bir analiz: Eğitim ve toplumsal dirençlilik bağlamında bir değerlendirme. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi (ESTÜDAM) Eğitim Dergisi*, 11(1), 1-20.

Giriş

İklim değişikliği, günümüzde afet risklerinin niteliğini ve kapsamını dönüştüren temel çevresel dinamiklerden biri hâline gelmiştir. İklim değişikliğinin etkileri yalnızca sıcaklık artışları ya da deniz seviyesi yükselmesi gibi doğrudan iklimsel sonuçlarla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda orman yangınlarının sıklığı, şiddeti ve yayılma dinamikleri üzerinde de ciddi etkiler yaratmaktadır (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli-IPCC, 2022, s. 9; Westerling, 2016, s. 1). Son yıllarda Avustralya, Kanada ve ABD gibi ülkelerde meydana gelen büyük ölçekli orman yangınları, yalnızca ekosistemleri değil; atmosferik süreçleri, hava taşımacılığını, toplum sağlığını ve afet yönetimi sistemlerini de derinden etkilemiştir (Fromm, Peterson, Servranckx ve Pietsch, 2010, s. 1193; Peterson, Hyer, Fromm, Kablick ve Cossuth, 2018, s. 2).

Bu yangınların bir kısmı, yangın alanındaki aşırı ısının atmosferin üst katmanlarına taşınmasıyla ortaya çıkan özel konvektif bulut sistemleri olan Pyrocumulonimbus (PyroCb) olaylarını tetiklemektedir. PyroCb bulutları, stratosfere ulaşan duman sütunlarıyla birlikte şimşek, hava kirliliği, ani rüzgâr değişimleri ve yeni yangın odakları gibi ek riskler üretmektedir (Lareau ve Clements, 2016, s. 4006; Kablick, Allen, Fromm, Peterson ve Campbell, 2020, s. 1344). Bu yönüyle PyroCb, atmosferik süreçlerle etkileşimi, ikincil afet tetiklenmesi (şimşek, ani rüzgâr değişimleri), sınır aşan hava kirliliği ve eş zamanlı çoklu risk üretimi gibi özellikleri nedeniyle geleneksel yangın yönetimi sistemlerinin öngöremediği çoklu ve ikincil riskler içeren “yeni nesil afet” niteliği taşımaktadır.

Küresel ölçekte afet risklerinin azaltılmasına yönelik politika belgeleri, ağırlıklı olarak Birleşmiş Milletler çatısı altında yayımlanan uluslararası çerçeve belgeler aracılığıyla şekillenmektedir. Bu kapsamda Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi ile IPCC'nin iklim değişikliğine uyum ve dirençlilik stratejileri, afet risklerinin azaltılması, kırılganlığın düşürülmesi ve uyum kapasitesinin artırılmasına yönelik ulusal politikalara rehberlik eden temel metinlerdir (UNDRR, 2015, s. 7; IPCC, 2022, s. 18). Bununla birlikte, PyroCb gibi ikincil ve zincirleme tehlikeler, bu politika belgelerinde henüz yeterince tanımlanmamış ve uygulamaya dönük somut stratejilerle desteklenmemiştir.

Çoklu tehlike (multi-hazard) yaklaşımlarının önem kazandığı günümüzde, PyroCb olaylarının yalnızca meteorolojik bir olgu olarak değil; sosyal, yönetsel ve psikolojik etkileriyle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Cutter, Burton ve Finch, 2008, s. 599; Alexander, 2020, s. 56). Nitekim 2024 ve 2025 yıllarında Türkiye'nin güney kıyılarında, Yunanistan, Kanada ve ABD'de meydana gelen büyük orman yangınları, PyroCb gibi atmosferik uzantıların afet risk yönetiminde kritik bir rol oynadığını bir kez daha ortaya koymuştur (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024; Copernicus, 2024; NOAA, 2025). Bu olaylar, iklim değişikliğiyle birleşen çoklu risklerin gerçek zamanlı ve gözleme dayalı kanıtları niteliğindedir (IPCC, 2023).

Bununla birlikte, iklim değişikliği ve orman yangınları gibi çevresel risklerin yönetiminde yalnızca teknik ve kurumsal önlemler yeterli değildir. Son yıllarda çevre eğitiminin afet bilinci ve sürdürülebilir risk farkındalığı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar, okul temelli ve yaygın eğitim süreçlerinin bireylerin çevresel sorumluluk ve hazırlık düzeylerini artırdığını ortaya koymaktadır (Husin, Rahman, Yusoff ve Ahmad, 2025). Doğanın korunması ve çevresel risklerin azaltılmasında devletlerin ve yetkili kurumların aldığı önlemler kadar, bireylerin koruyucu davranışları ve bu davranışların eğitim yoluyla kazandırılması da kritik öneme sahiptir. Çevre eğitimi ve afet eğitimi, bireylerin çevresel riskleri tanımasını, sorumluluk bilinci geliştirmesini ve sürdürülebilir davranışları içselleştirmesini sağlayan temel araçlar arasında yer almaktadır. Nitekim sürdürülebilirliğin sağlanması, yalnızca politika ve mevzuat düzenlemeleriyle değil, eğitim yoluyla desteklenen toplumsal davranış değişikliğiyle mümkün olmaktadır (Kılıç, 2023, s. 164).

Bu bağlamda, Pyrocumulonimbus (PyroCb) gibi karmaşık ve çoklu riskler üreten olayların, teknik boyutlarının yanı sıra çevre eğitimi ve afet eğitimi perspektifiyle ele alınması, eğitim temelli bir afet risk yönetimi yaklaşımının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, PyroCb olaylarını yalnızca atmosferik ve meteorolojik boyutlarıyla değil, afet yönetimi ve toplumsal dirençlilik perspektifiyle ele almayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, Holling'in sosyal-ekolojik dirençlilik kuramı, IPCC'nin iklim dirençliliği modeli ve Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi, PyroCb olgusunu çoklu tehlike ve yönetim bağlamında değerlendirmek üzere çalışmanın kavramsal ve kuramsal arka planını oluşturmaktadır (Holling, 1973; UNDRR, 2015; IPCC, 2022).

Bu araştırmanın amacı, Pyrocumulonimbus (PyroCb) olaylarını afet yönetimi ve toplumsal dirençlilik perspektifinden kavramsal olarak incelemek ve Türkiye'de orman yangınlarına maruz kalan bireyler üzerinden eğitim düzeyi ile çevre eğitimi/seminer katılımının afet bilinci üzerindeki etkilerini analiz etmektir. Çalışmada PyroCb olgusu yalnızca meteorolojik bir süreç olarak değil, çoklu tehlike yaklaşımı çerçevesinde sosyal etkileri, yönetsel boyutları ve afet bilinci üzerindeki yansımalarıyla birlikte değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda Holling'in sosyal-ekolojik dirençlilik kuramı, IPCC'nin iklim dirençliliği modeli ve Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi çalışmanın kuramsal temelini oluşturmaktadır (Holling, 1973; UNDRR, 2015; IPCC, 2022). Ayrıca Türkiye'de orman yangınlarına maruz kalan bireylerden elde edilen nicel veriler aracılığıyla eğitim düzeyi ile çevre eğitimi/seminer katılımının afet bilinci üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu yönüyle çalışma, PyroCb gibi yeni nesil afet risklerinin eğitim politikaları, afet yönetimi ve toplumsal dirençlilik literatürü ile ilişkilendirilmesine yönelik hem kuramsal hem de uygulamaya dönük özgün katkılar sunmayı amaçlamaktadır.

Kuramsal çerçeve

Orman yangınları, giderek artan şiddetleri ve etkileriyle yalnızca doğal afetler olarak değil; aynı zamanda toplumsal, ekonomik ve yönetsel sonuçlar doğuran çok boyutlu krizler olarak

değerlendirilmektedir (Tedim, Leone, Xanthopoulos ve McGee, 2018, s. 4). Son yıllarda, bu yangınların oluşturduğu yüksek ısı ve partikül yoğunluğu, atmosferin üst katmanlarında Pyrocumulonimbus (PyroCb) adı verilen özel konvektif bulut yapılarını oluşturarak afet literatüründe yeni bir tehlike tipi olarak öne çıkmıştır (Fromm vd., 2010, s. 1194). PyroCb bulutları, klasik meteorolojik sistemlerin dışında gelişen yapıları nedeniyle öngörülemeyen etkiler yaratmakta; yangın sahasında yeni yangın odaklarının oluşmasına yol açmakta ve uzun menzilli atmosferik etkiler üretmektedir (Peterson vd., 2018, s. 3).

PyroCb olaylarının bu çok boyutlu etkileri, söz konusu olguların yalnızca fiziksel ve atmosferik mekanizmalarla açıklanamayacağını; aynı zamanda toplumsal dirençlilik ve afet yönetimi sistemlerinin kapasitesi çerçevesinde ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda dirençlilik kavramı, bireylerin, toplumların ve sistemlerin stres, şok ve tehlikeler karşısında uyum sağlayabilme, toparlanabilme ve dönüşebilme kapasitelerine odaklanmaktadır (Meerow, Newell ve Stults, 2016, s. 39). PyroCb gibi ani, çoklu ve ikincil etkiler barındıran olaylar karşısında, klasik müdahale odaklı afet yönetimi yaklaşımlarının yeterli olmadığı; bu tür risklerin afet risk yönetimi, toplumsal dirençlilik ve yönetsel kapasite boyutlarıyla birlikte ele alınmasını gerektirdiği vurgulanmaktadır (Folke, 2016, s. 5).

Bu doğrultuda çalışmanın kuramsal çerçevesi, PyroCb olaylarının afet yönetimi ve dirençlilik üzerindeki etkilerini açıklamak amacıyla üç temel kuramsal ve politika temelli yaklaşıma dayanmaktadır. Holling'in sosyal-ekolojik dirençlilik kuramı, IPCC'nin iklim dirençliliği modeli ve Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi bu çalışmanın teorik temelini oluşturmaktadır. Bu kuramsal yaklaşımlar, PyroCb gibi yeni nesil risklerin afet yönetimi ve eğitim politikalarına entegrasyonunu değerlendirmek için analitik bir zemin sunmaktadır.

1. Holling'in Sosyal-Ekolojik Dirençlilik Kuramı

Holling (1973), dirençliliği yalnızca bir sistemin şoklara karşı dayanabilme kapasitesi olarak değil; aynı zamanda sistemin yeni koşullara uyum sağlayarak dönüşebilme yeteneği olarak tanımlamaktadır. Sosyal-ekolojik sistemler bağlamında bu yaklaşım, doğal olayların toplumlar üzerindeki etkisini azaltmak amacıyla ekolojik, ekonomik ve yönetsel unsurların birlikte değerlendirilmesini öngörmektedir (Gunderson ve Holling, 2002, s. 30). PyroCb olayları da bu çerçevede, yalnızca fiziksel süreçler üzerinden değil; sosyal ve yönetsel boyutlarıyla birlikte ele alınması gereken bütüncül riskler olarak değerlendirilmektedir.

2. IPCC'nin İklim Dirençliliği Modeli

IPCC'nin iklim dirençliliği modeli, bir sistemin iklimsel tehlikeler karşısındaki duyarlılığını, maruziyetini ve uyum kapasitesini birlikte ele alan çok bileşenli bir çerçeve sunmaktadır (IPCC, 2022, s. 27). Bu yaklaşım, iklimle bağlantılı tehlikelerin PyroCb gibi yangına bağlı atmosferik olaylar dâhil yalnızca

çevresel etkiler üzerinden değil; aynı zamanda yönetsel ve toplumsal boyutlarıyla değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Birkmann, Welle, Solecki, Lwasa ve Garschagen, 2022, s. 10). Bu yönüyle IPCC'nin dirençlilik yaklaşımı, PyroCb olaylarının afet yönetimi kapasitesi üzerindeki etkilerini analiz etmek için önemli bir kuramsal zemin sunmaktadır.

3. Çoklu Tehlike Yaklaşımı ve Sendai Çerçevesi

Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi, afet risklerini yalnızca geçmiş olaylara dayalı olarak değerlendirmek yerine, sistemsel ve zincirleme riskleri odağına alan çoklu tehlike yaklaşımını benimsemektedir (UNDRR, 2015, s. 9). PyroCb gibi birincil bir olaydan (orman yangını) türeyen ikincil ve üçüncül tehlikeler, klasik risk analizlerinin ötesinde bütünleşik planlama ve yönetim yaklaşımlarını gerekli kılmaktadır (UNDRR, 2022, s. 11). Bu nedenle PyroCb bulutları, afet risk yönetimi ve erken uyarı sistemlerinin yeniden yapılandırılması açısından stratejik önemde değerlendirilmelidir (Gallina, Torresan, Critto, Sperotto, Glade ve Marcomini, 2016, s. 223).

Literatür Analizi Süreci

Bu çalışmada, 2010-2024 yılları arasında yayımlanmış 65'in üzerinde bilimsel makale, rapor ve politika dokümanı sistematik biçimde incelenmiştir. Literatür taramasında Scopus, Web of Science, Google Scholar ve TR Dizin veri tabanları kullanılmış; "Pyrocumulonimbus", "wildfire-induced storm", "multi-hazard resilience", "disaster risk reduction", "resilience and climate change" gibi anahtar kelimelerden yararlanılmıştır.

Seçilen çalışmaların analizi, iki aşamalı bir süreçte yürütülmüştür. İlk aşamada, Pyrocumulonimbus (PyroCb) olaylarının meteorolojik ve iklimsel etkilerine odaklanan araştırmalar değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise afet yönetimi, risk azaltma ve toplumsal dirençlilik literatürü taranarak dirençlilik kuramları ile politika çerçeveleri ön plana çıkarılmıştır.

Literatür verileri, Holling'in Sosyal-Ekolojik Dirençlilik Kuramı, IPCC'nin İklim Dirençliliği Modeli ve Sendai Çerçevesi bağlamında kavramsallaştırılmış; böylece PyroCb fenomeni ile çok boyutlu dirençlilik yaklaşımları arasında kuramsal bir köprü kurulmuştur. Bu yaklaşım, çalışmanın hem disiplinler arası niteliğini hem de mevcut literatüre sağladığı özgün katkıyı güçlendirmektedir.

Pyrocumulonimbus olaylarının afet yönetimine etkisi

Giderek daha karmaşık hale gelen orman yangınları, klasik afet yönetimi yaklaşımlarını aşan yeni nesil tehlikeler üretmektedir. Bu tehlikelerin en çarpıcı örneklerinden biri olan Pyrocumulonimbus (PyroCb) olayları, yangın sırasında oluşan aşırı konvektif yükselmeler sonucunda bir dizi zincirleme etkiye yol açmaktadır. Bu süreçte (i) yoğun duman kütlelerinin stratosfere taşınması, (ii) atmosferik elektriklenme ve şimşek üretimi ile (iii) ani rüzgâr yönü ve hız değişimleri gibi meteorolojik etkiler ortaya çıkmakta;

bu etkiler doğrudan yangının kontrolünü zorlaştırmakta ve dolaylı olarak sahadaki müdahale ekiplerinin güvenliğini ve karar alma süreçlerini etkilemektedir (Fromm vd., 2010, s. 1194; Peterson vd., 2018, s. 4).

Özellikle 2019-2020 Avustralya yangınlarında olduğu gibi, PyroCb kaynaklı atmosferik dengesizlikler yangının yönünü tahmin etmeyi zorlaştırmış; uydu temelli izleme sistemlerinin geçici olarak devre dışı kalmasına neden olmuştur (Khaykin, Legras, Bucci, Sellitto, Isaksen, Tence ve Bekki 2020, s. 3). Bu olaylar, afet müdahale sistemlerinin yalnızca yere değil, üst atmosfer katmanlarında gelişen süreçlere de duyarlı olması gerektiğini göstermiştir. PyroCb olaylarının afet yönetimine etkisi dört temel başlık altında değerlendirilebilir:

1. Müdahale Süreçlerinde Operasyonel Zorluklar: PyroCb bulutlarının yarattığı ani meteorolojik değişkenlik, yangın yönünün kestirilmesini zorlaştırmakta ve sahadaki ekiplerin güvenliğini tehlikeye atmaktadır (Lareau ve Clements 2016, s. 632). Ayrıca oluşan şimşekler yeni yangınların başlamasına neden olmakta, bu da mevcut yangının genişlemesine ve müdahale kaynaklarının yetersiz kalmasına yol açmaktadır. PyroCb nedeniyle oluşan duman sütunları, bazı durumlarda hava sahalarının geçici olarak kapatılmasına dahi neden olmuştur (Allen, Breshears ve McDowell, 2020, s. 2).

2. Erken Uyarı Sistemleri ve İzleme Kapasitesi: PyroCb olayları sırasında klasik uydu görüntüleme sistemleri (örneğin Geostationary Operational Environmental Satellite - GOES ve Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - MODIS) yoğun duman örtüsü ve dikey stratosferik taşıyım nedeniyle zaman zaman sınırlı kalmakta; bu da erken uyarı sistemlerinin doğruluğunu ve müdahale zamanlamasını olumsuz etkileyebilmektedir (Peterson, Hyer, Fromm, Kablick, Allen ve Johnson, 2021, s. 6957). Bu sınırlamaları aşmak amacıyla Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration - NASA). Goddard Earth Observing System Chemistry-Climate Model (GEOS-CCM), Ozone Mapping and Profiler Suite (OMPS), Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations (CALIPSO) ve GOES gibi çeşitli uydu ve modelleme sistemlerini kullanmaktadır.

Özellikle OMPS ve CALIPSO, stratosfere ulaşan aerosol dumanlarının yüksekliğini ve yatay yayılım hızını lidar temelli ölçümlerle (ışık tespiti ve uzaklık belirleme yöntemi) analiz etme kapasitesine sahiptir (Kablick vd., 2020, s. 2; Yu, Toon, Bardeen, Mills ve Wilka, 2019, s. 833). Bu sistemler sayesinde PyroCb olayları yalnızca erken aşamada tespit edilmekle kalmamakta, aynı zamanda bu olayların küresel hava dolaşımı, ozon tabakası ve iklim üzerindeki etkileri de modelleme sistemleriyle izlenebilmektedir (Fromm vd., 2010, s. 1194; Beeler, 2023, s. 3).

NASA'nın INSPYRE Projesi kapsamında geliştirilen bu çok bileşenli izleme altyapısı, PyroCb olaylarının afet yönetimi sistemlerine daha erken entegre edilmesine katkı sunmakta; aynı zamanda atmosfere

taşınan siyah karbon gibi partiküllerin iklimsel etkilerinin daha doğru modellenmesini sağlamaktadır (Peterson vd., 2018, s. 5).

3. Toplum Üzerindeki Etkiler: PyroCb olaylarının oluşturduğu hava kirliliği ve duman kütleleri, yalnızca yangın alanı çevresini değil, yüzlerce kilometre ötedeki yerleşimleri de etkilemektedir. Bu durum, sağlık sistemleri üzerinde baskı, toplumda korku ve stres düzeyinin artması ve psikolojik dirençlilik düzeylerinde azalma gibi sonuçlar doğurmaktadır (Johnston, Borchers-Arriagada, Morgan, Jalaludin, Palmer ve Williamson, 2020, s. 102). Ayrıca bilgi eksikliği nedeniyle toplum PyroCb'yi "gizemli bir gökyüzü olayı" olarak algılayarak yanlış bilgilere açık hale gelmektedir.

4. Yönetmel ve Politika Yapısına Etkisi: Mevcut afet yönetimi politika belgelerinde PyroCb gibi yüksek etkili ikincil riskler hâlen yeterince tanımlı değildir. Özellikle afet risk azaltımı planlarında bu tür tehlikelerin senaryolaştırılmaması, stratejik planlama ve kapasite geliştirme süreçlerinde önemli boşluklara yol açmaktadır (Tschakert, Das ve Rickards, 2019, s.105). Bu durum, afet yönetimi sisteminin proaktif değil, reaktif biçimde işlemeye devam etmesine neden olmaktadır.

Türkiye bağlamında PyroCb riskinin değerlendirilmesi

Türkiye’de son yıllarda artan orman yangınları, afet yönetimi politikalarının yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle 2021 Manavgat yangını gibi büyük ölçekli olaylar, yalnızca ekolojik yıkıma değil, aynı zamanda yönetmel kapasite sınırlarının da görünür hâle gelmesine neden olmuştur (Erul, Yılmaz ve Tekin, 2024, s. 8). Bu bağlamda, PyroCb gibi ikincil ve yüksek etkili risklerin Türkiye afet yönetimi sisteminde yeterince tanımlı olmadığı ve bu alanda önemli bir boşluk bulunduğu gözlemlenmektedir.

1. Kurumsal kapasite ve farkındalık düzeyi.

AFAD, Orman Genel Müdürlüğü (OGM), Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve TÜBİTAK gibi kurumlar orman yangınlarına yönelik çeşitli erken uyarı, izleme ve müdahale sistemleri geliştirmiştir. Ancak PyroCb gibi atmosferik açıdan yüksek derecede kompleks olayların izlenmesi, yalnızca yer temelli gözlemlerle sınırlı kalmayan, aynı zamanda stratosferik düzeyde veri üretimi ve analizi gerektiren özel bir uzmanlık alanını zorunlu kılmaktadır (Peterson vd., 2021, s. 6). Türkiye’de bu alana özgü eğitim programları, teknik altyapı ve kurumsal bilgi birikimi henüz sistematik ve bütüncül bir yapı kazanamamıştır. Buna bağlı olarak, sahada görev yapan personelin PyroCb olaylarının meteorolojik dinamikleri ve yönetmel etkilerine ilişkin farkındalık düzeyinin sınırlı olduğu değerlendirilmektedir.

2. Politika belgeleri ve strateji açığı

Türkiye'nin 2022 tarihli Ulusal Afet Risk Azaltma Planı (TARAP), yangın riskini çoklu afet senaryoları içinde ele almakla birlikte, PyroCb gibi yeni nesil tehlikeleri doğrudan tanımlamamaktadır (T.C. İçişleri

Bakanlığı AFAD, 2022, s. 48). İklim değişikliği ile ilgili strateji belgelerinde de orman yangınlarına vurgu yapılmakla birlikte, atmosferik taşıyım, şimşek üretimi, hava kirliliği ve psikolojik etkiler gibi PyroCb'ye özgü riskler göz ardı edilmektedir. Bu durum, çoklu tehlike yaklaşımıyla afet planlaması yapılmasını engellemekte ve yalnızca yangının fiziksel ilerleyişine odaklanan kısıtlı bir çerçeve yaratmaktadır.

3. Teknolojik izleme ve erken uyarı sistemleri

MGM ve OGM, uydu temelli sistemler (örneğin EUMETSAT, Himawari-8) ile yangın takibi yapmaktadır. Ancak PyroCb olaylarının izlenmesi için NASA'nın GEOS-CCM, OMPS, CALIPSO gibi ileri seviye lidar ve kimyasal modelleme teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Kablick vd., 2020, s.13). Türkiye'de bu tür sistemlere doğrudan erişim kısıtlıdır ve veri kullanım kapasitesi sınırlıdır. Bu da erken uyarı ve tahmin sistemlerinin PyroCb gibi hızlı gelişen olaylara karşı etkinliğini azaltmaktadır.

Yöntem

Araştırma deseni

Bu çalışma nicel araştırma yöntemleri kapsamında betimsel ve ilişkisel tarama modeline dayalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada katılımcıların afet bilinci düzeyleri ile eğitim düzeyi ve çevre eğitimi/seminer katılımı gibi değişkenler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu makale özelinde, söz konusu araştırmanın yalnızca nicel verilerine dayalı kesitsel bir analiz sunulmaktadır.

Evren-örneklem

Araştırmanın evrenini Türkiye'de orman yangınlarına doğrudan maruz kalan bireyler ile yangın riski taşıyan bölgelerde yaşayan bireyler oluşturmaktadır.

Araştırmanın örneklemini çevrim içi anket aracılığıyla veri sağlayan 371 katılımcı oluşturmaktadır. Çalışmada farklı deneyim ve özelliklere sahip katılımcıların araştırmaya dâhil edilmesini sağlamak amacıyla amaçlı örnekleme yöntemlerinden maksimum çeşitlilik örnekleme tercih edilmiştir. Bu kapsamda farklı eğitim düzeylerinden ve farklı maruziyet biçimlerine sahip bireylere ulaşılmaya çalışılmıştır.

Veri toplama süreci çevrim içi anket aracılığıyla yürütülmüş ve gönüllülük esasına dayalı olarak toplam 371 katılımcıdan veri elde edilmiştir. Örneklem oluşturulurken Türkiye'de son yıllarda yoğun orman yangınlarının yaşandığı bölgeler dikkate alınmış ve özellikle Antalya, Muğla, İzmir, Mersin, Balıkesir ve Çanakkale gibi yangın riski yüksek bölgelerde yaşayan bireylere ulaşılmıştır. Katılımcıların eğitim düzeylerine göre dağılımı Tablo 1'de sunulmuştur. Ayrıca çevresel duyarlılığı temsil eden "çevre eğitimi veya seminerlerine katılım" değişkeni de analizlere dâhil edilmiştir.

Tablo 1. Katılımcıların eğitim düzeyine göre dağılımı (n=371)

Eğitim Düzeyi	n
İlkokul/Ortaokul	13
Ortaöğretim (Lise)	72
Ön Lisans	107
Lisans	124
Lisansüstü	55

Tablo 1 incelendiğinde katılımcıların eğitim düzeylerine göre dağılımının farklı kategorilerde yer aldığı görülmektedir. Katılımcıların en büyük kısmını lisans mezunları (n=124) ve ön lisans mezunları (n=107) oluştururken, en düşük katılımın ilkokul/ortaokul eğitim düzeyinde (n=13) olduğu görülmektedir.

Veri toplama araçları

Araştırmada kullanılan Bireysel Afet Direnci Ölçeği, DiTirro (2018) tarafından geliştirilmiş ve Şen (2022) tarafından Türkçe'ye uyarlanmıştır. Ölçek, 19 maddeden ve "tecrübe ile başa çıkma", "bilgi ile başa çıkma", "ortak başa çıkma" ve "duygusal başa çıkma" olmak üzere dört alt boyuttan oluşan beşli Likert tipi bir ölçektir (1=Kesinlikle Katılmıyorum, 5=Kesinlikle Katılıyorum). Ölçeğin Türkçe uyarlama çalışmasında alt boyutlara ait Cronbach Alfa katsayılarının 0,80'in üzerinde olduğu; toplam ölçek için iç tutarlılık katsayısının 0,896 olduğu raporlanmıştır. Bu değerler, ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğunu göstermektedir. Ölçekte yer alan 17., 18. ve 19. maddeler ters kodlanmaktadır.

Afet Bilinci Algı Ölçeği, Dikmenli ve arkadaşları (2018) tarafından geliştirilmiş olup bireylerin afetlere ilişkin farkındalık, algı ve hazırlık düzeylerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Ölçek beşli Likert tipinde düzenlenmiş olup katılımcıların afetlere ilişkin bilgi düzeyi, risk algısı ve afetlere hazırlık davranışlarını değerlendiren maddelerden oluşmaktadır. Ölçeğin geliştirme çalışmasında geçerlik ve güvenilirlik analizleri yapılmış ve ölçeğin Cronbach Alfa iç tutarlılık katsayısının kabul edilebilir düzeyde olduğu raporlanmıştır (Dikmenli vd., 2018). Bu çalışmada söz konusu ölçek geliştiricilerin izni doğrultusunda kullanılmış ve katılımcıların afet bilinci düzeylerini belirlemek amacıyla uygulanmıştır.

Pyrocumulonimbus (PyroCb) farkındalığına ilişkin sorular, mevcut afet bilinci ve bireysel afet direnci ölçeklerine madde eklenmesi yoluyla değil, ayrı bir boyut olarak ele alınmak üzere geliştirilmiştir. Bu kapsamda PyroCb'ye özgü sorular, mevcut ölçeklerin yapısı korunarak, ölçek puanlamasına dâhil edilmeyen ve yalnızca katılımcıların PyroCb olgusuna ilişkin farkındalık düzeylerini betimlemeyi amaçlayan 5'li Likert tipi sorular şeklinde tasarlanmıştır (DeVellis, 2017; Creswell ve Plano Clark, 2018).

Söz konusu sorular, yazarın devam eden doktora tez çalışmasının yöntem bölümünde ayrıntılı biçimde tanımlanmış olup; PyroCb'nin atmosferik, yönetsel ve toplumsal risk boyutlarının bireyler tarafından nasıl algılandığını ortaya koymayı hedeflemektedir. Ancak bu makalede PyroCb farkındalığına ilişkin

sorular, nicel analiz kapsamında değerlendirilmemiş; yalnızca kavramsal entegrasyon ve kuramsal tartışma düzeyinde ele alınmıştır. PyroCb farkındalığına ilişkin geçerlik ve güvenilirlik analizleri doktora tez çalışmasının ilerleyen aşamalarında ayrıntılı olarak ele alınacak olup, bu nedenle bu makalede istatistiksel geçerlik ve güvenilirlik analizlerine yer verilmemiştir.

Kavramsal Temel ve Ölçek Entegrasyonu Süreci

Literatür incelemesine ek olarak, PyroCb'ye ilişkin halk düzeyindeki farkındalığın ölçülebilmesi amacıyla mevcut "Afet Bilinci Algı Ölçeği" ile "Bireysel Afet Direnci Ölçeğine", yazar tarafından geliştirilen "Yangın Bulutu Bilinci" temalı özgün maddeler eklenmiştir. Bu maddeler, ölçeklerin orijinal yapısına müdahale edilmeden, ayrı bir boyut olarak entegre edilmiş ve "gözlemci madde" yaklaşımı çerçevesinde, ölçek yapısını bozmayacak biçimde yapılandırılmıştır.

Eklenen bu soruların amacı, PyroCb fenomenine özgü farkındalık düzeyini ölçmek ve mevcut afet bilinci yapısının ötesine geçen tematik bir katkı sağlamaktır. Ölçme aracına dahil edilen maddelerin yapısal geçerliliği, araştırma planında keşfedici (EFA) ve doğrulayıcı (CFA) faktör analizleri ile test edilmek üzere tasarlanmıştır. Bu makalede ise ölçek entegrasyonu süreci kavramsal düzeyde ele alınmakta; mevcut ölçeklere ait nicel verilere dayalı istatistiksel analizler ve karşılaştırmalı testler "Verilerin Analizi" ve "Bulgular" başlıkları altında sunulmaktadır.

Ölçek entegrasyonu süreci, DeVellis (2016, s. 109) ve Hinkin (1998, s. 106) tarafından önerilen ölçek geliştirme ve uyarlama ilkeleri doğrultusunda yapılandırılmıştır. Böylece PyroCb farkındalığına yönelik özgün bir ölçme boyutu oluşturulmuş, çalışmaya yenilikçi bir katkı sağlanmıştır.

Verilerin analizi

Katılımcıların afet bilinci puanlarının eğitim düzeyi ile çevre eğitimi/seminer katılımına göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA analizi uygulanmıştır. Anlamli farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için Tukey HSD post-hoc testi kullanılmıştır. Analizler istatistik paket programı aracılığıyla 371 katılımcıdan elde edilen veriler üzerinden gerçekleştirilmiş ve sonuçlar %95 güven düzeyinde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular tablolar ve grafikler aracılığıyla sunulmuştur.

İşlem basamakları

1. Çevrim içi anket formu hazırlanarak katılımcılara ulaştırılmıştır.
2. Katılımcılardan elektronik onam alınmıştır.
3. Eksik veya hatalı yanıtlar kontrol edilmiş, uygun görülen 371 anket analiz sürecine dahil edilmiştir.

4. Afet Bilinci Algı Ölçeği maddeleri Likert tipi puanlanarak her katılımcı için ortalama puan hesaplanmıştır.
5. Veriler SPSS istatistik yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir.
6. Katılımcıların afet bilinci puanlarının eğitim düzeyine ve çevre eğitimi/seminer katılımına göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü ANOVA analizi uygulanmış; anlamlı farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek üzere Tukey HSD post-hoc testi kullanılmıştır.

Bulgular ve yorum

Bu bölümde araştırma kapsamında elde edilen nicel bulgular sunulmaktadır. Analizler kapsamında katılımcıların afet bilinci düzeyleri ile sosyodemografik özellikler ve çevresel farkındalık değişkenleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bulgular, eğitim düzeyi ve çevre eğitimi/seminer katılımı gibi değişkenler temelinde yapılan grup karşılaştırmaları çerçevesinde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki alt başlıklar altında sunulmaktadır.

1. Eğitim düzeyi ve afet bilinci

Tablo 2. Eğitim düzeyine göre afet bilinci puanları (n=371)

Eğitim Düzeyi	n	\bar{X}	s
Ön Lisans	107	3.81	0.62
Lisansüstü	55	3.77	0.58
Lisans	124	3.67	0.61
Ortaöğretim (Lise)	72	3.46	0.65
İlkokul/Ortaokul	13	3.03	0.71

Not: Tek yönlü ANOVA ve Tukey HSD testi sonuçlarına dayanmaktadır. Etki büyüklüğü η^2 ile raporlanmıştır.

Tablo 2’de, katılımcıların eğitim düzeylerine göre afet bilinci puanlarına ilişkin betimsel istatistikler sunulmaktadır. Tek yönlü ANOVA sonuçlarına göre, eğitim düzeyi ile afet bilinci arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($F(4, 366) = 2.65, p = .033$). Bulgular, eğitim düzeyi arttıkça afet bilinci puanlarının genel olarak yükseldiğini göstermektedir. En yüksek ortalama afet bilinci puanı ön lisans mezunlarında ($\bar{X} = 3.81$) ve lisansüstü grupta ($\bar{X} = 3.77$) gözlenirken, en düşük ortalama ilkokul/ortaokul mezunlarına aittir ($\bar{X} = 3.03$).

ANOVA için hesaplanan etki büyüklüğü ($\eta^2 = 0.028$), eğitim düzeyinin afet bilinci üzerindeki etkisinin küçük düzeyde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, eğitim düzeyinin afet bilinci üzerinde anlamlı ancak sınırlı bir etkisi bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları, anlamlı farkın özellikle ilkokul/ortaokul mezunları ile ön lisans, lisans ve lisansüstü grupları arasında yoğunlaştığını göstermektedir. Bu durum, temel eğitim düzeyindeki bireylerin afet bilinci açısından görece daha kırılgan bir grup oluşturduğuna işaret etmektedir. Ancak etki büyüklüğünün düşük düzeyde olması, eğitim düzeyinin afet bilinci üzerindeki etkisinin tek başına belirleyici olmadığını, farklı sosyo-egitsel faktörlerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Ön lisans mezunlarının afet bilinci puanlarının lisans grubundan daha yüksek çıkması, bu grubun uygulamaya dayalı mesleki eğitim alması, afet ve acil durumlara yönelik saha temelli eğitimlere daha fazla maruz kalması ve teknik içerikli programlarda yer almasıyla ilişkili olabilir. Bu bulgu, afet bilincinin yalnızca akademik eğitim süresiyle değil, eğitimin içeriği ve uygulama niteliğiyle de yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, afet bilincinin geliştirilmesinde formel eğitim basamaklarının yanı sıra, mesleki ve uygulamaya dayalı öğrenme deneyimlerinin de belirleyici olabileceğine işaret etmektedir.

Dolayısıyla afet bilincinin geliştirilmesinde, eğitim düzeyinin yanı sıra uygulamalı ve saha temelli eğitim yaklaşımlarının da kritik bir rol oynadığı görülmektedir. Bu bağlamda elde edilen bulgular, afet bilincine yönelik eğitim politikalarının yalnızca eğitim düzeyini artırmaya değil, uygulamalı ve bağlamsal öğrenme süreçlerini güçlendirmeye odaklanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

2. Çevre eğitimi/seminer katılımı ve afet bilinci

Tablo 3. Çevre eğitimi/seminer katılımına göre afet bilinci puanları (n=371)

Katılım Durumu	n	\bar{X}	s
Evet, katıldım	201	3.88	0.59
Hayır, ama isterim	137	3.42	0.64
Hayır, ilgilenmiyorum	33	3.31	0.67

Not: Tek yönlü ANOVA ve Tukey HSD testi sonuçlarına dayanmaktadır. Etki büyüklüğü η^2 ile raporlanmıştır.

Tablo 3’de, katılımcıların çevre eğitimi/seminerlerine katılım durumlarına göre afet bilinci puanlarına ilişkin betimsel istatistikler sunulmaktadır. Tek yönlü ANOVA sonuçlarına göre, çevre eğitimi/seminerlerine katılım durumu ile afet bilinci arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($F(2, 368) = 10.85, p < 0.001$). Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları, “Evet, katıldım” grubunun hem “Hayır, ama isterim” ($p < 0.001$) hem de “Hayır, ilgilenmiyorum” ($p = 0.07$) gruplarına kıyasla anlamlı biçimde daha yüksek afet bilinci puanlarına sahip olduğunu göstermektedir.

Buna karşılık, “Hayır, ama isterim” ile “Hayır, ilgilenmiyorum” grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

ANOVA için hesaplanan etki büyüklüğü ($\eta^2 = 0.056$), çevre eğitimi/seminer katılımının afet bilinci üzerinde orta düzeye yakın bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, afet bilincinin gelişiminde yalnızca tutumsal isteğin değil, doğrudan katılım ve deneyim temelli öğrenme süreçlerinin belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca çevre eğitimi ve farkındalık temelli etkinliklerin, afet bilincinin geliştirilmesinde yalnızca istatistiksel açıdan değil, pratik ve uygulamaya dönük katkılar sunduğu söylenebilir.

Sonuç ve tartışma

Bu araştırmanın bulguları, afet bilinci düzeylerinin eğitim düzeyi ve çevre eğitimi/seminer katılımına göre anlamlı biçimde farklılaştığını göstermektedir. Analiz sonuçlarına göre eğitim düzeyine göre afet bilinci puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($F(4, 366) = 2.65, p = .033$). Özellikle ilkokul/ortaokul düzeyindeki katılımcıların diğer eğitim gruplarına kıyasla daha düşük afet bilinci puanlarına sahip olması, afet bilincinin erken yaşlardan itibaren yapılandırılmış eğitim süreçleriyle desteklenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Ayrıca çevre eğitimi ve seminerlerine katılım durumuna göre yapılan analizlerde de afet bilinci puanlarının anlamlı biçimde farklılaştığı görülmektedir ($F(2, 368) = 10.85, p < .001$). Bu sonuçlar, hem formel eğitim süreçlerinin hem de yaygın eğitim ve seminer gibi deneyim temelli öğrenme süreçlerinin afet bilincinin gelişiminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu sonuç, eğitimin afetlere hazırlıktaki kritik rolünü vurgulayan Paton ve Johnston’un (2006, s. 78) çalışmaları ile okul temelli afet eğitiminin toplumsal dirençliliği güçlendirdiğini ortaya koyan Shaw’un (2012, s. 41) bulgularıyla örtüşmektedir.

Elde edilen sonuçlar, afet bilincinin yalnızca akademik eğitim süresiyle değil, eğitimin içeriği ve uygulama niteliğiyle de yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Ön lisans mezunlarının afet bilinci puanlarının lisans grubuna kıyasla daha yüksek olması, bu grubun uygulamaya dayalı ve saha temelli eğitimlere daha fazla maruz kalmasıyla ilişkili olabilir. Bu durum, afet bilincinin geliştirilmesinde formel eğitim basamaklarının yanı sıra, mesleki ve uygulamalı öğrenme deneyimlerinin de önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Çevre eğitimi veya seminerlerine katılımın afet bilinci puanlarını anlamlı düzeyde yükseltmesi, yaşam boyu öğrenme ve yaygın eğitimin toplumsal dirençlilik açısından stratejik önemini göstermektedir. Bu bulgu, Norris ve arkadaşlarının (2008, s. 128) afet bilincinin yalnızca bireysel hazırlıkla sınırlı olmadığını, aynı zamanda toplumsal öğrenme ve dayanışma süreçleri yoluyla güçlendiğini vurgulayan yaklaşımlarıyla tutarlıdır. Çalışmanın sonuçları, afet bilincinin geliştirilmesinde yalnızca tutumsal isteğin değil, doğrudan katılım ve deneyim temelli öğrenmenin belirleyici olduğunu göstermektedir. Bu

bulgular, çevre eğitiminin yalnızca bilgi aktarımıyla sınırlı kalmayıp, bireylerin afetlere yönelik farkındalık ve sorumluluk düzeylerini güçlendirdiğini gösteren çalışmalarla örtüşmektedir (Husin vd., 2025).

Türkiye’de afet eğitimi politikalarının uzun yıllar boyunca ağırlıklı olarak deprem odaklı yürütülmesi, yangın ve iklim temelli risklerin görece geri planda kalmasına neden olmuştur. Ancak son yıllarda artan orman yangınları ve Pyrocumulonimbus (PyroCb) bulutları gibi yeni nesil riskler, afet eğitimi içeriklerinin çeşitlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, araştırmadan elde edilen 371 katılımcıya ait bulgular, afet bilincinin yalnızca bireylerin bilgi düzeyini değil, aynı zamanda kriz anındaki davranış biçimlerini de şekillendirdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, afet yönetimi politikalarında yalnızca deprem odaklı yaklaşımların ötesine geçilmesi gerektiğini açık biçimde göstermektedir.

Çoklu afet risklerinin bütünlük biçimde ele alınması, yalnızca tehlikelerin tanımlanmasını değil; bu tehlikelerin mekânsal, yönetsel ve toplumsal kırılabilirliklerle birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Türkiye bağlamında Taştan ve Aydınoglu (2015, ss. 372-375), çoklu afet risk yönetiminde tehlike ve zarar görebilirlik analizlerinin birlikte ele alınmasının planlama ve karar alma süreçleri açısından kritik olduğunu vurgulamaktadır. Benzer biçimde Tuğaç (2021, ss. 6-9), bütünlük afet risk azaltımı ile iklim değişikliğine uyum yaklaşımlarının birlikte ele alınmasının, yeni ve karmaşık risklerin yönetiminde stratejik bir gereklilik olduğunu ortaya koymaktadır. PyroCb gibi iklim temelli ve zincirleme etkiler üreten olaylar, bu bütünlük yaklaşımın somut bir örneğini oluşturmakta ve afet risk yönetimi literatüründe yeni senaryoların geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu kapsamda, afet bilincini artırmaya yönelik politikaların yalnızca bilişsel bilgi aktarımıyla sınırlı kalmaması; senaryo temelli uygulamalar, saha temelli eğitimler ve risk iletişimini güçlendiren katılımcı yöntemlerle desteklenmesi önem taşımaktadır. Özellikle PyroCb gibi yeni ve karmaşık risklerin, hem okul temelli formal eğitim programlarında hem de toplum temelli yaygın eğitim ve seminerlerde örnek olaylar ve uygulamalı eğitimler aracılığıyla ele alınması, bireylerin kriz anındaki doğru davranış geliştirme kapasitelerini artıracaktır. Bu yaklaşım, afet eğitiminin yalnızca farkındalık düzeyinde kalmayıp davranışsal hazırlığı da güçlendiren bir politika aracı olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışma, Pyrocumulonimbus (PyroCb) gibi yeni nesil iklim temelli risklerin yalnızca meteorolojik bir olgu olarak değil; afet yönetimi, eğitim politikaları ve toplumsal dirençlilik bağlamında değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda araştırma, PyroCb riskinin afet yönetimi sistemleri ve eğitim politikalarına entegrasyonu açısından hem kuramsal hem de uygulamaya dönük önemli katkılar sunmaktadır. Elde edilen bulgular, yangın ve iklim kaynaklı risklerin eğitim süreçlerinde daha görünür hâle getirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu doğrultuda, okul temelli

formal eğitim programlarında yangın ve iklim temelli afet risklerine ilişkin içeriklerin eğitim programlarına sistematik biçimde dâhil edilmesi; toplum temelli çevre eğitimleri ve seminerlerle desteklenmesi ve uygulamalı senaryo temelli öğrenme yaklaşımlarıyla güçlendirilmesi önem taşımaktadır.

Çalışma ayrıca PyroCb olaylarının afet yönetimi literatüründe çoğu zaman göz ardı edilen, ancak stratejik düzeyde ele alınması gereken bir risk alanı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yönüyle araştırma, PyroCb gibi yeni nesil iklim temelli afet risklerinin eğitim, afet yönetimi ve toplumsal dirençlilik bağlamında değerlendirilmesine yönelik hem bilimsel literatüre hem de afet eğitimi ve risk azaltma politikalarına katkı sunmaktadır.

Öneriler

Bu araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, Pyrocumulonimbus (PyroCb) gibi yeni ve karmaşık afet risklerinin eğitim, uygulama ve araştırma boyutlarında ele alınmasına yönelik öneriler aşağıda sunulmaktadır.

1. Çevre ve Fen Eğitimi Açısından Öneriler

- PyroCb olayları, çevre eğitimi ve fen bilimleri derslerinde iklim değişikliği, afet riskleri, atmosferik süreçler bağlamında ele alınmalıdır. Bu kapsamda PyroCb yalnızca meteorolojik bir olgu olarak değil, çevresel riskler ve afetler bağlamında çok disiplinli bir öğrenme konusu olarak değerlendirilmelidir.
- İlkokul ve ortaokul düzeyinde yangın, iklim ve afet ilişkisini açıklayan görsel ve senaryo temelli öğrenme etkinliklerine yer verilmesi, erken yaşlarda afet bilinci ve çevresel duyarlılığın geliştirilmesine katkı sağlayabilir.
- Ortaöğretim ve yükseköğretim düzeyinde PyroCb, iklim değişikliği, afet yönetimi ve sürdürülebilirlik konularını bütünleştiren örnek olay çalışmaları ve problem temelli öğrenme etkinlikleri aracılığıyla ele alınabilir.

2. Okul Temelli Afet Eğitimi ve Öğretmen Yetiştirme Süreçlerine Yönelik Öneriler

- Öğretmen yetiştirme programlarında çevre eğitimi ve fen eğitimi ders içeriklerine iklim kaynaklı afetler ve yangın bulutları (PyroCb) gibi güncel riskler dâhil edilmelidir.
- Hizmet içi eğitim programlarında öğretmenlere yönelik uygulamalı afet eğitimi modülleri geliştirilerek PyroCb gibi olayların öğrencilerle nasıl ele alınabileceğine ilişkin öğretim stratejileri sunulabilir.

3. Toplum Temelli ve Yaygın Eğitim Faaliyetleri

- Araştırma bulgularının çevre eğitimi ve seminerlere katılımın afet bilincini anlamlı düzeyde artırdığını göstermesi, yaygın eğitim faaliyetlerinin afet bilinci geliştirmede önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle yerel yönetimler, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları iş birliğinde toplum temelli çevre ve afet eğitimi programları yaygınlaştırılmalıdır.
- Özellikle orman yangınlarına maruz kalan bölgelerde, PyroCb ve iklim temelli riskleri içeren yerel odaklı eğitim ve farkındalık programları geliştirilmesi önerilmektedir.

4. Politika ve Gelecek Araştırmalar

- Afet eğitimi içeriklerinin yalnızca deprem odaklı yaklaşımlarla sınırlı kalmayıp yangın ve iklim kaynaklı afet risklerini de kapsayacak biçimde çeşitlendirilmesi önem taşımaktadır.
- PyroCb gibi yeni ve çok boyutlu risklerin afet risk azaltma stratejileri ve eğitim politikaları kapsamında değerlendirilmesi, afet yönetimi literatürüne ve uygulamalarına katkı sağlayabilir.
- Gelecek araştırmalarda PyroCb olaylarının bireylerin risk algısı, davranışsal hazırlık düzeyleri ve toplumsal dirençlilik üzerindeki etkilerinin farklı yöntemlerle incelenmesi önerilmektedir.

Bilgi notu

Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazarın danışmanlığında Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Afet Yönetimi Programı'nda yürütmekte olduğu doktora tezinden üretilmiştir. TÜBİTAK 1002-B Hızlı Destek Programı (Proje No: 125K286) tarafından desteklenmiştir. Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurulu'nun 29.11.2024 tarihli ve 11 sayılı etik kurul onayı ile gerçekleştirilmiştir. Bu makalede doktora araştırması kapsamında elde edilen verilerin 371 katılımcıya ait bölümü analiz edilmiştir.

Yazar Katkı Beyanı

Yazarlar çalışmanın tüm aşamalarından sorumludur. Yazarlar, çalışmanın tüm sorumluluğunu üstlenmekte olup herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- AFAD. (2022). Türkiye afet risk azaltma planı (TARAP). Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Alexander, D. E. (2020). A new realism for the Anthropocene: The role of resilience in managing wildfire. *Fire*, 3(3), 42. <https://doi.org/10.3390/fire3030042>
- Allen, C. D., Breshears, D. D., & McDowell, N. G. (2020). On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere*, 11(8), e03203. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3203>

- Beeler, R. A. (2023). PyroCb dynamics and climate implications. *Atmospheric Research*, 268, 105997. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105997>
- Birkmann, J., Welle, T., Solecki, W., Lwasa, S., & Garschagen, M. (2022). Boost resilience of small and mid-sized cities. *Nature*, 611(7937), 641-643. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-03781-8>
- Copernicus. (2024). *European forest fire information system - EFFIS*, Wildfire News July 2024. European Commission. https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis_current_situation
- Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2008). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 5(1). <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>
- DeVellis, R. F. (2016). *Scale development: Theory and applications* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Dikmenli, Y., Yakar, H., & Konca, A. S. (2018). Development of disaster awareness scale: A validity and reliability study. *Review of International Geographical Education*, 8(2), 206–220.
- DiTirro, L. J. (2018). *Conceptualizing individual disaster resilience: Benchmarking tools for individual and social coping capacity for a disaster resilient society* (Doctoral dissertation, Purdue University). Purdue e-Pubs. https://docs.lib.purdue.edu/open_access_dissertations/1716
- Erul, E., Yilmaz, A., & Tekin, M. (2024). Community participation and institutional response in the 2021 Manavgat wildfire: Insights from social media and field observations. *Sustainability*, 16(4), 4333. <https://doi.org/10.3390/su16044333>
- Folke, C. (2016). Resilience (Republished). *Ecology and Society*, 21(4), 44. <https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444>
- Fromm, M., Peterson, D., Servranckx, R., & Pietsch, R. (2010). The untold story of Pyrocumulonimbus. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(5), 903-919. <https://doi.org/10.1175/2009JAMC2230.1>
- Gallina, V., Torresan, S., Critto, A., Sperotto, A., Glade, T., & Marcomini, A. (2016). A review of multi-risk methodologies for natural hazards: Consequences and challenges for a climate change impact assessment. *Journal of Environmental Management*, 168, 123-132. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.011>
- Gunderson, L. H., & Holling, C. S. (2002). *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Washington, DC: Island Press.

- Hinkin, T. R. (1998). A brief tutorial on the development of measures for use in survey questionnaires. *Organizational Research Methods*, 1(1), 104-121. <https://doi.org/10.1177/109442819800100106>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Husin, N. A., Rahman, S. A., Yusoff, S. M., & Ahmad, N. (2025). Teachers' roles and school-based sustainability education for environmental awareness and disaster preparedness. *Discover Sustainability*, 6, Article 37. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00837-2>
- IPCC. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnston, F. H., Borchers-Arriagada, N., Morgan, G. G., Jalaludin, B. B., Palmer, A. J., & Williamson, G. J. (2020). Unprecedented health costs of smoke-related PM2.5 from the 2019-20 Australian megafires. *Nature Sustainability*, 3, 744-747. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0570-1>
- Kablick, G. P., Allen, D. R., Fromm, M., Peterson, D. A., & Campbell, J. R. (2020). Revisiting the 2017 Pacific Northwest PyroCb event: Transport, structure, and radiative effects. *Atmosphere*, 11(12), 1344. <https://doi.org/10.3390/atmos11121344>
- Khaykin, S. M., Legras, B., Bucci, S., Sellitto, P., Isaksen, L., Tence, F., & Bekki, S. (2020). The 2019-20 Australian wildfires generated a persistent smoke-charged vortex rising up to 35 km altitude. *Communications Earth & Environment*, 1, 1-7. <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00022-5>
- Kılıç, M. S. (2023). *Öğretim programları açısından sürdürülebilir kalkınma*. In A. K. Yıldırım (Ed.), *Sürdürülebilirlik: Öncülleri, ardılları ve evrilmesi* (ss. 164–174). Ankara: Pegem Akademi.
- Lareau, N. P., & Clements, C. B. (2016). Environmental controls on Pyrocumulonimbus initiation and development. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(6), 4005-4022. <https://doi.org/10.5194/acp-16-4005-2016>
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- NOAA. (2025). *Wildfire and air quality tracking - Smoke forecasts and satellite data*. National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.noaa.gov/wildfires>
- Norris, F. H., Stevens, S. P., Pfefferbaum, B., Wyche, K. F., & Pfefferbaum, R. L. (2008). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American*

Journal of Community Psychology, 41(1-2), 127-150. <https://doi.org/10.1007/s10464-007-9156-6>

Paton, D., & Johnston, D. (2006). *Disaster resilience: An integrated approach*. Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Peterson, D. A., Hyer, E. J., Fromm, M. D., Kablick, G. P., & Cossuth, J. (2018). Wildfire-driven thunderstorms cause a volcano-like stratospheric injection of smoke. *Nature Communications*, 9, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05254-5>

Peterson, D. A., Hyer, E. J., Fromm, M. D., Kablick III, G. P., Allen, D. R., & Johnson, B. T. (2021). Wildfire-driven thunderstorms and stratospheric injections: Australian PyroCb events in 2019-2020. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(9), 6955–6970. <https://doi.org/10.5194/acp-21-6955-2021>

Raikes, J., McBean, G., & Gagnon, G. A. (2022). Canada's disaster risk reduction strategy and lessons from Australia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 76, 102990. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102990>

Shaw, R. (2012). *Community-based disaster risk reduction*. Bingley: Emerald Group Publishing. [https://doi.org/10.1108/S2040-7262\(2012\)10](https://doi.org/10.1108/S2040-7262(2012)10)

Şen, S. (2022). *Toplumda suç korkusu ve sosyal sermaye dinamikleri açısından afet direnci: Burdur-Antalya kent merkezi örneği* (Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Taştan, B., & Aydınoglu, A. Ç. (2015). Çoklu afet risk yönetiminde tehlike ve zarar görülebilirlik belirlenmesi için gereksinim analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (31), 366-397.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024). Orman yangınları sezonu 2024 - Günlük yangın raporları. <https://www.tarimorman.gov.tr>

Tedim, F., Leone, V., & McGee, T. K. (Eds.). (2018). *Wildfire hazards, risks and disasters*. Elsevier.

Tschakert, P., Das, S., & Rickards, L. (2019). Disaster risk reduction and resilience-building: Contested aspirations and potentials in policy and practice. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 37, 101-118. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101147>

Tuğaç, Ç. (2021). Bütünleşik afet riski azaltımı ve iklim değişikliğine uyum yaklaşımı üzerine bir değerlendirme. *Afet ve Risk Dergisi*, 4(1), 1-19.

UNDRR. (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

UNDRR. (2022). *Global assessment report on disaster risk reduction 2022: Our world at risk - Transforming governance for a resilient future*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

<https://www.undrr.org/gar2022>

Westerling, A. L. (2016). Increasing western US forest wildfire activity: Sensitivity to changes in the timing of spring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 371(1696), 20150178.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0178>

Yu, P., Toon, O. B., Bardeen, C. G., Mills, M. J., Wilka, M. J., Avery, M. A., ... Woods, S. (2019). Black carbon lofts wildfire smoke high into the stratosphere to form a persistent plume. *Science*,

365(6453), 587-590. <https://doi.org/10.1126/science.aax1748>