

İklim Değişikliğinin Güvenikleştirilmesi: Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Kümeleme Analizi

The Securitization of Climate Change: Cluster Analysis in the Eastern Black Sea Region

Fatih DEMİR 

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü,
Trabzon, Türkiye

Fevzi KIRBAŞOĞLU 

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
Uluslararası İlişkiler Bölümü,
Trabzon, Türkiye

Muhammet NEGİZ 

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
İşletme Bölümü,
Trabzon, Türkiye



Bu makale, 2025 yılında gerçekleştirilen 8. Uluslararası Karadeniz Kongresi'nde "Bölgesel İklim Krizinin Güvenikleştirilmesi: Doğu Karadeniz Örneği" başlığıyla bildirisi özet olarak sunulmuştur.

Geliş Tarihi/Received 30.05.2025
Kabul Tarihi/Accepted 24.06.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 30.06.2025

Corresponding Author/Sorumlu Yazar:

Fevzi KIRBAŞOĞLU

E-mail: fkirbasoglu@ktu.edu.tr

Cite this article:

Demir, F., Kırbaşoğlu, F. ve Negiz, M. (2025). İklim Değişikliğinin Güvenikleştirilmesi: The Securitization of Climate Change: Cluster Analysis in the Eastern Black Sea Region. *Journal of International Relations Studies*, 5(1), 15-27.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Öz

Bu çalışma, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki yedi ilde (Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon) 2009-2021 yılları arasındaki iklim değişikliği ve çevresel göstergelerin güvenlik perspektifinden değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Disiplinler arası bir yaklaşımla, K-means (K-ortalama) kümeleme analizi ve temel bileşenler analizi (PCA) kullanılarak sıcaklık anomalileri, PM10 konsantrasyonları, tehlikeli atık üretimi ve net göç hızı değişkenleri analiz edilmiştir. Toplam 91 gözlemden oluşan veri seti üzerinde gerçekleştirilen analizler, bölgede üç farklı çevresel risk kümesinin varlığını ortaya koymuştur. Trabzon'un yüksek risk profiliyle belirgin şekilde ayrıştığı, Artvin-Bayburt-Giresun grubunun düşük risk seviyesinde konumlandığı tespit edilmiştir. Bulgular, Kopenhag Okulu'nun güvenlikleştirme teorisi çerçevesinde değerlendirildiğinde, bölgede iklim değişikliğinin güvenlikleştirilmesi için gerekli unsurların mevcut olduğunu göstermektedir. Çalışma, iklim değişikliğinin bölgesel etkilerinin heterojen yapısını ortaya koyarak, tek tip politika yaklaşımları yerine il bazında farklılaştırılmış güvenlik stratejilerinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güvenikleştirme, Kümeleme Analizi, K-means, Doğu Karadeniz, İklim Değişikliği

ABSTRACT

This study aims to evaluate climate change and environmental indicators from security perspective between 2009 and 2021 in seven provinces (Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon) in the Eastern Black Sea Region of Türkiye. In this study, an interdisciplinary approach was used to analyze temperature anomalies, PM10 concentrations, hazardous waste generation, and net migration rate variables using K-means cluster analysis and principal component analysis (PCA). Analyses performed on dataset consisting of a total of 91 observations revealed the existence of three different environmental risk clusters in the region. It has been determined that Trabzon stands out clearly with its high risk profile, while the Artvin-Bayburt-Giresun group is positioned at a low risk level. When evaluated within the framework of the Copenhagen School's securitization theory, the findings show that the necessary elements for the securitization of climate change are present in the region. The study highlights the heterogeneous nature of the regional impacts of climate change and emphasizes the need for differentiated security strategies at the provincial level instead of a one-size-fits-all policy approach.

Keywords: Securitization, Cluster Analysis, K-means, The Eastern Black Sea Region, Climate Change

Giriş

İklim değişikliği, 21. yüzyılın en kritik uluslararası sorunlarından biri olarak, sadece çevresel fenomen değil aynı zamanda güvenlik, ekonomi ve sosyal yaşamı derinden etkileyen çok boyutlu bir tehdit haline gelmiştir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin son raporları, iklim değişikliğinin etkilerinin bölgesel düzeyde farklılaştığını ve yerel özelliklere bağlı olarak değişken güvenlik riskleri yarattığını ortaya koymaktadır (Dağ ve Tüfekçi, 2022). Bu bağlamda, iklim değişikliğinin bölgesel etkilerinin sistematik olarak analiz edilmesi ve güvenlik perspektifinden değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Güvenikleştirme teorisi, güvenlik çalışmalarında inşacı bir yaklaşım sunarak, güvenlik tehditlerinin söz-edim (speech act) yoluyla inşa edildiğini savunur (Buzan vd., 1998). Güvenikleştirme, belirli bir konunun gündelik siyasetin ötesine taşınarak, varoluşsal tehdit olarak sunulması ve olağanüstü önlemler alınmasını meşrulaştırma sürecidir. Dolayısıyla bir konunun siyasi otorite tarafından güvenlik sorunu olarak tanımlanmasıyla olağanüstü tedbirlerin önünü açan ve meşrulaştıran güvenikleştirmenin *güvenikleştirici aktör*, *referans nesnesi* ve *işlevsel aktörler* olmak üzere üç farklı unsuru bulunmaktadır¹ (Wæver, 1995). İklim değişikliği bağlamında güvenikleştirme, çevresel sorunların nasıl güvenlik meselelerine dönüştüğünü açıklamada kritik bir çerçeve sunar. Özellikle gıda güvenliği, göç ve kaynak kıtlığı gibi iklim kaynaklı riskler, devletlerin ve toplumların geleceğini tehdit eden unsurlar olarak güvenikleştirme sürecine tabi tutulmaktadır (Trombetta, 2008).

Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi, kendine özgü coğrafi yapısı, iklim tipi ve sosyo-ekonomik dinamikleriyle iklim değişikliğinden etkilenen önemli bölgelerden biridir. Son yıllarda bölgede gözlemlenen sıcaklık anomalileri, hava kirliliği, göç hareketleri ve çevresel bozulma gibi faktörler, birbirleriyle etkileşim halinde karmaşık bir risk örüntüsü oluşturmaktadır. Teorik açıdan Doğu Karadeniz Bölgesi'nin incelenmesi üç temel gerekçeye dayanmaktadır: Birincisi, bölgenin coğrafi yapısı ve iklimsel özellikleri, küresel ısınmanın etkilerini ve çevresel riskleri artırmaktadır; bu durum, güvenikleştirme açısından referans nesnesinin (bölge halkı ve ekosistem) varoluşsal tehdit altında olduğunu göstermektedir. İkincisi, bölge ekonomisinin tarım, balıkçılık ve turizm gibi iklime duyarlı sektörlerle bağımlılığı, iklim değişikliğinin ekonomik güvenlik boyutunu ön plana çıkarmaktadır. Bu sektörlerdeki bozulmalar, göç hareketlerini tetikleyerek demografik güvenlik sorunlarına yol açabilmektedir. Üçüncüsü, bölgesel düzeyde entegre iklim politikalarının eksikliği, mevcut risklerin yönetilmesinde koordinasyon sorunlarına neden olmaktadır. Bu durum, güvenikleştirme teorisi kapsamında olağanüstü önlemler önlemlerin uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

Mevcut literatür incelendiğinde, Türkiye'de iklim değişikliğinin güvenlik boyutlarını ele alan çalışmaların genellikle ulusal düzeyde kaldığı, bölgesel analizlerin yetersiz olduğu görülmektedir. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde iklim değişikliğinin çok boyutlu etkilerini veri odaklı yöntemlerle analiz eden ve güvenikleştirme teorisi çerçevesinde yorumlayan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurmayı hedefleyerek, ampirik verilere dayalı K-means kümeleme analizi ile güvenlik çalışmalarını birleştiren disiplinler arası bir yaklaşım sunmaktadır. Çalışmada K-means kümeleme analizi, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde seçilen illerin çevresel ve demografik özelliklerine göre homojen gruplara ayrılması ve risk profillerini belirleyerek hedeflenmiş politika önerilerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. K-means, büyük veri setlerinde benzer özelliklere sahip gözlemleri gruplandırmada etkin bir öğrenme yöntemidir. Yöntemin temel avantajları arasında hesaplama verimliliği, ölçeklenebilirlik ve yorumlanabilirlik yer alırken, küme sayısının önceden belirlenmesi gerekliliği ve aykırı değerlere duyarlılık gibi sınırlılıkları mevcuttur.

Bu çalışmanın temel amacı, 2009-2021 yılları arasında Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki yedi ilde (Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize ve Trabzon) toplanan iklim ve çevresel verileri K-means kümeleme yöntemiyle analiz ederek, bölgedeki iklim değişikliği kaynaklı güvenlik risklerini güvenikleştirme teorisi çerçevesinde değerlendirmektir. Çalışma, veri odaklı yaklaşımla elde edilen ampirik bulguları teorik çerçeveye harmanlayarak, bölgesel iklim politikalarının geliştirilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir. Çalışmanın temel araştırma soruları şunlardır: "Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki iller, çevresel ve demografik özelliklerine göre nasıl kümelenmektedir?", "Bu kümeleme paternleri, bölgesel güvenlik dinamikleri açısından ne anlama gelmektedir?", "Elde edilen ampirik bulgular, iklim değişikliğinin güvenikleştirme teorisi çerçevesinde analiz edilmesini gerektirecek düzeyde kritik midir?"

Disiplinler arası nitelik taşıyan bu çalışmada, yukarıdaki araştırma sorularına yanıt bulmak amacıyla K-means kümeleme analizi, temel bileşenler analizi (PCA) yöntemiyle birlikte kullanılmıştır. Bu yöntemlerle elde edilen ampirik bulgular,

¹ Güvenikleştirici aktör, bir konuyu varlıksal tehdit olarak tanımlarken, referans nesnesi bu güvenikleştirilen konunun tehdit ettiği unsur olarak belirlenmiştir. İşlevsel aktörler ise basılı ve sosyal medya gibi araçlar aracılığıyla güvenikleştirme sürecini kolaylaştıran birimler olarak tanımlanmıştır.

güvenlikleştirilmenin kavramsal çerçevesi içinde yorumlanarak, iklim değişikliğinin bölgesel etkilerinin hem teknik hem de güvenlik boyutlarının bütüncül olarak anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın birinci bölümünde, iklim değişikliği, çevresel bozulma ve göç dinamikleri ile güvenlikleştirme üzerine literatür taramasına yer verilmektedir. Ardından, veri seti ile K-means kümeleme yönteminin metodolojisi açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde ise analiz bulguları tablolar ve görseller aracılığıyla sunulmaktadır.

Literatür Taraması

İklim değişikliği, çevresel bozulma ve göç dinamikleri arasındaki karmaşık etkileşim, günümüz iklim bilimi ve güvenlik çalışmalarının kesişim noktasında kritik bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Bu çalışmanın odaklandığı Doğu Karadeniz Bölgesi özelinde, çevresel değişkenlerin mekânsal kümelenmesi ve zamansal dinamiklerinin analizi, hem yerel politika yapıcılar hem de güvenlik uzmanları için giderek daha kritik hale gelmektedir. Literatürde yer alan çalışmalar, hava kirliliği ve sıcaklık anomalileri başta olmak üzere çevresel stres faktörlerinin bireysel ve toplu göç kararlarını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır (Chen vd., 2017; Guo vd., 2022).

Hava kirliliğinin göç üzerindeki etkisini inceleyen araştırmalar, farklı coğrafyalarda değişken ve bazen çelişkili sonuçlar sunmaktadır. Çin özelinde gerçekleştirilen kapsamlı çalışmalar, kırsal alanlardan kentsel bölgelere gerçekleşen göçün hane bazlı hava kirliliğini ciddi ölçüde azalttığını göstermektedir (Aunan ve Wang, 2014; Shen vd., 2017). Bu azalmanın temel nedeni, geleneksel biyokütle yakıt kullanımından modern enerji kaynaklarına, özellikle doğal gaz ve elektriğe geçişle ilişkilendirilmiş ve göçün dolaylı ancak önemli sağlık faydalarına işaret edilmiştir. Buna karşılık, Latin Amerika bağlamında Carrasco-Escobar vd. (2020) tarafından Peru’da yürütülen araştırma, iç göçün ince partikül madde (PM2.5) maruziyetini artırarak erken ölümlerde ciddi bir artışa yol açtığını ortaya koymuştur. Bu zıt bulgular, göç yönünün ve hedef bölgenin endüstriyel yapısının hava kirliliği düzeyleri üzerindeki belirleyici etkisini vurgulamaktadır.

Mikro düzeyde gerçekleştirilen analizler, çevresel faktörlerin bireysel göç kararları üzerindeki etkisini daha detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. Liu ve Yu (2020) tarafından Çin’in büyük şehirlerinde yürütülen araştırma, hava kirliliğinin geçici göçmenlerin kalıcı yerleşme istekliliğini ciddi ölçüde azalttığını, bu etkinin özellikle yaşlı bireyler ve kırsal kökenli göçmenler arasında daha belirgin olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, Guo vd. (2022) bireylerin göç kararlarını etkileyen çevresel faktörleri mikro düzeyde incelemiş ve PM2.5 konsantrasyonlarındaki artışın bireysel göç eğilimini sistematik olarak artırdığını ampirik kanıtlarla ortaya koymuştur. Yakın dönemde Çelik ve Akça (2024) tarafından dünyanın en kirli on ülkesi için gerçekleştirilen panel veri analizinde, PM2.5 düzeylerinin uluslararası göçü istatistiksel olarak anlamlı biçimde tetiklediği gösterilmiş, özellikle düşük gelirli ülkelerde çevresel koşulların göç kararlarında belirleyici bir faktör olduğu vurgulanmıştır.

Bu noktada, çevresel sorunların güvenlik boyutuyla ilişkilendirilmesi kritik önem taşımaktadır. Kopenhag Okulu tarafından geliştirilen güvenlikleştirme teorisi, bir konunun nasıl güvenlik meselesi haline getirildiğini açıklayan kapsamlı bir teorik çerçeve sunmaktadır. Buzan, Wæver ve de Wilde (1998, ss. 23-24) güvenlikleştirmeyi, belirli bir konunun siyasetin normal kurallarının ötesine taşınması ve varoluşsal bir tehdit olarak sunulması süreci şeklinde tanımlamaktadır. İklim değişikliği bağlamında bu süreç, çevresel sorunların ulusal ve uluslararası güvenlik gündeminin merkezine yerleştirilmesiyle somutlaşmaktadır. Bu teorik yaklaşım, Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki çevresel değişimlerin neden sadece teknik bir mesele olarak değil, aynı zamanda güvenlik perspektifinden de ele alınması gerektiğini açıklamaktadır.

Trombetta (2008, ss. 585, 588) iklim değişikliği gibi çevresel sorunların güvenlikleştirilmesine ilişkin üç temel boyut tanımlamaktadır. Bu boyutların ilki, çevresel bozulmanın doğrudan güvenlik tehdidi olarak sunulmasıdır. İkinci boyut, acil ve olağanüstü önlemlerin meşrulaştırılması sürecidir. Üçüncü boyut ise çevresel meselelere dair artan farkındalığın, potansiyel çatışma ve istikrarsızlık kaynağı olarak dönüştürücü bir şekilde gösterilmesidir. Doğu Karadeniz Bölgesi özelinde bakıldığında, sıcaklık anomalileri, yüksek hava kirliliği seviyeleri ve karmaşık göç dinamikleri bu üç boyutun tamamında gözlemlenebilir etkiler yaratmaktadır. Özellikle bölgedeki illerin farklı çevresel baskılara maruz kalması, güvenlikleştirme sürecinin heterojen bir yapıda gerçekleştiğini göstermektedir.

McDonald (2013, s. 49) iklim güvenliği kavramının temel sorularını “kimin güvenliği, neye karşı güvenlik ve hangi araçlarla güvenlik?” şeklinde formüle etmektedir. Bu sorular, güvenlikleştirme sürecinin aktörlerini, tehdit algılarını ve müdahale mekanizmalarını belirleme açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada analiz edilen veriler, Doğu Karadeniz Bölgesi’nde bu soruların yanıtlarının il bazında önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, yüksek PM10 seviyelerine sahip illerde güvenlik tehdidi öncelikle halk sağlığı üzerinden tanımlanırken, yoğun göç veren illerde sosyo-ekonomik güvenlik boyutu ön plana çıkmaktadır.

İklim değişikliğinin tetiklediği göç hareketlerinin güvenlik boyutları konusunda Reuveny (2007, s. 656) beş temel risk kategorisi tanımlamaktadır. Bunlar sırasıyla kaynak rekabeti, genel güvensizlik ortamı, etnik kimlik temelli anlaşmazlıklar ve çatışmalar, yerinden edilmiş nüfusun yarattığı demografik ve toplumsal baskı ve sosyo-ekonomik istikrarsızlıktır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde gözlemlenen ve %118.97 ile %121.52 arasında değişen negatif net göç hızları, bu güvenlik risklerinin bölgesel düzeyde somut bir şekilde ortaya çıktığını göstermektedir. Özellikle yüksek negatif göç hızına sahip illerde, beyin göçü ve genç nüfusun kaybı gibi faktörler uzun vadeli güvenlik risklerini artırmaktadır.

Homer-Dixon (1999, ss. 134-137) tarafından geliştirilen çevresel kıtlık ve şiddet modeli, çevresel bozulmanın göç hareketlerini tetiklediğini ve bunun da hedef bölgelerde grup kimliği çatışmalarına yol açabileceğini ortaya koymaktadır. Bu teorik çerçeve, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde tespit edilen kümeleme paternlerini açıklamada mühim bir perspektif sunmaktadır. Benzer çevresel baskılara maruz kalan illerin benzer güvenlik riskleriyle karşı karşıya kalması, Homer-Dixon'ın modelinin bölgesel ölçekte geçerliliğini göstermektedir. Ayrıca, bu kümeleme paternleri, bölgesel politika yapıcılarının benzer sorunlarla karşı karşıya olan illeri birlikte ele alması gerektiğini de ortaya koymaktadır.

Dalby (2009, s. 166) iklim güvenliğinin sadece askeri veya geleneksel güvenlik meselesi olmadığını, aynı zamanda kritik altyapıların korunmasını da içeren kapsamlı bir yaklaşım gerektirdiğini vurgulamaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde tespit edilen ve 89.78 µg/m³'e kadar yükselen PM10 seviyeleri ile yıllık 4.259 tona ulaşan tehlikeli atık üretimi, bölgesel altyapının ciddi çevresel baskılar altında olduğunu göstermektedir. Bu durum, Wæver'in (1995, s. 54) toplumsal güvenlik kavramıyla doğrudan örtüşmekte ve çevresel tehditlerin toplumun özünü oluşturan kimlik, kültür ve yaşam biçimlerini tehdit ettiğini ortaya koymaktadır. Özellikle Trabzon gibi yüksek kirlilik seviyelerine sahip illerde, hava kalitesinin bozulması sadece sağlık riski değil, aynı zamanda yaşam kalitesi ve toplumsal refah açısından da bir güvenlik tehdidi oluşturmaktadır.

Yakın dönemde gerçekleştirilen araştırmalar, insan hareketliliği ve çevresel kalite arasındaki ilişkinin karmaşıklığını daha da belirgin hale getirmektedir. Zhan vd. (2020) tarafından COVID-19 pandemi dönemi verilerine dayalı olarak yapılan çalışma, insan hareketliliğinin azalmasının hava kalitesinde kısa vadeli ancak önemli iyileşmeler sağladığını ortaya koymuştur. Ancak aynı çalışmada, göç ve hava kirliliği arasında doğrudan ve güçlü bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Bu durum, bölgesel sanayi yapısı, yerel enerji kullanım kalıpları ve topografik özellikler gibi diğer değişkenlerin de dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kendine özgü coğrafi yapısı ve sanayi dağılımı, bu karmaşık ilişkilerin anlaşılmasında bölgeye odaklanan analizlerin önemini artırmaktadır.

Avrupa ölçeğinde gerçekleştirilen yenilikçi bir çalışmada, Săndică vd. (2018) geleneksel insan gelişimi endekslerinin çevresel bileşenlerle, özellikle PM2.5 konsantrasyonları ve hava kirliliğine bağlı ölüm oranlarıyla bütünleştirilmesi gerektiğini savunmuş ve Gezegenel Baskılara Uyarlanmış İnsani Gelişim Endeksi'ni (PHDI) önermiştir. Bu yaklaşım, çevresel kalitenin insan gelişiminin ayrılmaz bir parçası olduğunu ve geleneksel kalkınma göstergelerinin çevresel faktörleri içerecek şekilde yeniden tanımlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi için yapılan bu çalışmada PM10 düzeyleri, tehlikeli atık üretimi ve net göç hızları gibi değişkenlerin K-means algoritmasıyla bütünsel olarak değerlendirilmesi, literatürdeki bu çok boyutlu ve disiplinler arası yaklaşımlarla güçlü bir paralellik göstermektedir.

Sonuç olarak, mevcut literatür iklim değişikliği, çevresel bozulma ve göç dinamikleri arasındaki ilişkinin hem mikro hem de makro düzeyde karmaşık ve çok boyutlu olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle Trabzon gibi bazı illerin yüksek PM10 seviyeleriyle açık bir şekilde ayrışması ve göç hareketleriyle çevresel baskıların birlikte analiz edilmesi gerekliliği, küresel literatürdeki bulgularla uyumlu bir görünüm sergilemektedir. İklim değişikliği ve güvenlikleştirme ilişkisine odaklanan Türkiye merkezli çalışmalarda literatür taraması, söylem analizi ve doküman inceleme yöntemlerinden yararlanıldığı ve konuya iklim göçmenleri, iklim mülteciliği, iklim kaynaklı göçün güvenlikleştirilmesi, politik sürdürülebilirlik, siyasi söylemler açılarından bakıldığı gözlemlenmektedir (Vural, 2018; Özerdem ve Barlas, 2021; Tutar, 2023; Sönmez-Kaya ve Ilgit, 2021; İzol ve Kaval, 2023). Dolayısıyla, Doğu Karadeniz Bölgesi'ne odaklanan bu çalışma, hem bölgesel politika yapımına katkı sağlama hem de elde edilen ampirik bulgular ışığında iklim değişikliğinin yerel etkilerinin güvenlikleştirme teorisi çerçevesinde analiz edilmeye değer olup olmadığını ortaya koyma açısından literatürdeki boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Metodoloji

Veri Seti

Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki yedi il (Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize ve Trabzon) için 2009-2021 dönemini kapsayan yıllık veriler kullanılmıştır. Verilerin yayınlanmasındaki eksiklikler sebebiyle bütün veri setinin kesiştiği aralık olan 2009-2021 yılına ait veriler kullanılmıştır. Veri seti, iklimsel, çevresel ve demografik değişkenlerden

oluşmaktadır. Analizde kullanılan değişkenler ve veri kaynakları aşağıda sunulmuştur:

- Sıcaklık Anomalisi (°C): İl bazında yıllık ortalama sıcaklık anomalisini ifade etmekte olup, sıcaklık ortalamasındaki sapmayı °C cinsinden göstermektedir. Veriler meteoblue.com (2025) platformundan temin edilmiştir.
- Net Göç Hızı (%): İllere ilişkin yıllık net göç hızını göstermekte olup, ‰ (binde) cinsinden ifade edilmiştir. Veriler, Türkiye İstatistik Kurumu'nun MEDAS veri portalından elde edilmiştir (MEDAS, 2025).
- Tehlikeli Atık Miktarı (ton): İl bazında yıllık tehlikeli atık miktarını ton cinsinden göstermektedir. İlgili veriler T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından sağlanmıştır (CED, 2025).
- PM10 Konsantrasyonu (µg/m³): Havadaki partikül madde (PM10) konsantrasyonunu µg/m³ cinsinden ifade etmektedir. Hava kalitesini temsil eden partikül madde konsantrasyonu verileri, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Sürekli İzleme Merkezi sisteminden temin edilmiştir (SİM, 2025).

Veri Ön İşleme

Veri setindeki değişkenler farklı ölçeklerde olduğundan, K-means algoritmasının performansını artırmak için normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Her bir değişken için Z-Skor Standardizasyonu kullanılarak ölçeklendirilmiştir (El Khattabi vd., 2024, s. 2990):

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

z: Standardize edilmiş (ölçeklenmiş) değer

x: Ham veri değeri (örneğin bir ilin yıllık PM10 değeri)

µ: İlgili değişkenin aritmetik ortalaması

σ: İlgili değişkenin standart sapması

Bu işlem sonucunda her değişken aynı ölçekte olacak şekilde dönüştürülür. Bu sayede, farklı ölçeklerdeki değişkenler (örneğin “tehlikeli atıklar (ton)” ile “net göç hızı (%)” aynı ağırlıkta değerlendirilmiş olur. Bu formül, özellikle K-means gibi mesafeye dayalı algoritmaların sağlıklı çalışması için kritik öneme sahiptir.

K-Means Kümeleme Analizi

K-Means kümeleme algoritması, n gözlemi k kümeye ayırmak için kullanılan yaygın bir kümeleme algoritması olarak tanımlanmaktadır (Hu vd., 2023, s. 1). K-Means algoritması, basitliği, büyük veri kümelerine ölçeklenebilirliği ve her zaman yakınsama özelliği nedeniyle yaygın olarak tercih edilen bir kümeleme yöntemidir (Oliveira vd., 2017, s. 45). K-Means kümeleme yöntemi, standartlaştırılmış dört değişken -anomali, net göç hızı, tehlikeli atık ve PM10- temelinde uygulanmıştır. Bu yöntem, her bir gözlemi, kümeler içindeki varyansı minimize edecek biçimde belirlenen k sayıda kümeye atamaktadır (Liu vd., 2023, s. 9150).

K-Means algoritmasının işlem basamakları şu şekildedir (Çolak vd., 2016, s. 317);

- Küme Merkezlerinin Belirlenmesi: Başlangıçta, veri setinden rastgele K adet nokta seçilmekte veya tüm nesnelerin ortalaması alınarak merkez noktalar belirlenmektedir.
- Nesnelerin Kümelere Yerleştirilmesi: Her nesnenin seçilen merkez noktalara olan uzaklığı hesaplanmakta ve nesneler kendilerine en yakın olan kümeye yerleştirilmektedir.
- Yeni Küme Merkezlerinin Hesaplanması: Oluşan kümelerin yeni merkez noktaları, o kümedeki tüm nesnelerin ortalama değeri ile değiştirilmektedir.
- İterasyon: Merkez noktalar değişmeye kadar 2. ve 3. adımlar tekrarlanmaktadır.

Optimal küme sayısının belirlenmesinde Elbow (Dirsek) Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, farklı küme sayıları için toplam küme içi kareler toplamını (Within-Cluster Sum of Squares, WCSS) hesaplayarak optimal noktayı grafiksel olarak belirlemektedir (El Khattabi vd., 2024, s. 2992; Oti vd., 2021, s. 65). K-Means algoritması, rastgele seçilen k merkez noktasıyla başlayarak, her veri noktasını en yakın merkeze atamakta ve merkezleri iteratif olarak güncellemektedir. Bu süreç, küme merkezlerinin konumları sabitlenene kadar devam etmektedir (Ay vd., 2023, s. 3).

Temel Bileşen Analizi (PCA) Temelli Görselleştirme

Temel Bileşen Analizi (PCA - Principal Component Analysis) temelli görselleştirme, özellikle büyük ve yüksek boyutlu veri setlerinde araştırmacıların veriyi daha kolay anlamasına ve yorumlamasına olanak tanımaktadır. Yüksek boyutlu veriler doğrudan görselleştirilemediği için, PCA gibi boyut indirgeme teknikleri, veriyi 2 veya 3 boyuta indirgeyerek görselleştirilebilir hale getirmektedir (Gewers vd., 2021, s.2; Doğanay vd., 2022, s. 1580). PCA veri görselleştirmede şu faydaları sağlamaktadır;

- Veri setindeki gizli yapıları, desenleri ve ilişkileri ortaya çıkarmaya yardımcı olmaktadır.
- Kümeleme veya sınıflandırma algoritmaları uygulanmadan önce verinin boyutunu azaltarak bu algoritmaların performansını artırabilmekte ve hesaplama yükünü düşürebilmektedir.
- Verideki gürültüyü azaltarak daha anlamlı özelliklerin ortaya çıkmasına yardımcı olabilmektedir.

Analiz, Python programlama dili aracılığıyla ve scikit-learn kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Araştırmada ilk olarak değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1’de sunulmaktadır. Tanımlayıcı istatistiklere göre değişkenlerde eksik değer bulunmadığı görülmektedir. Tüm değişkenler için 91 gözlem mevcuttur. Sıcaklık anomalileri -0.8°C ile 3.7°C arasında değişmekte ve ortalama değer 1.26°C’dir. Net göç hızı değerleri oldukça geniş bir aralıkta (%-118.97 ile %121.52) dağılmakta ve ortalama değer %-0.48’dir. Tehlikeli atık üretimi 3 ton ile 4.259 ton arasında değişmekte ve ortalama değer 907.76 tondur. PM10 seviyeleri ise 11.72 µg/m³ ile 89.78 µg/m³ arasında değişmekte ve ortalama değer 43.80 µg/m³’tür.

Tablo 1.

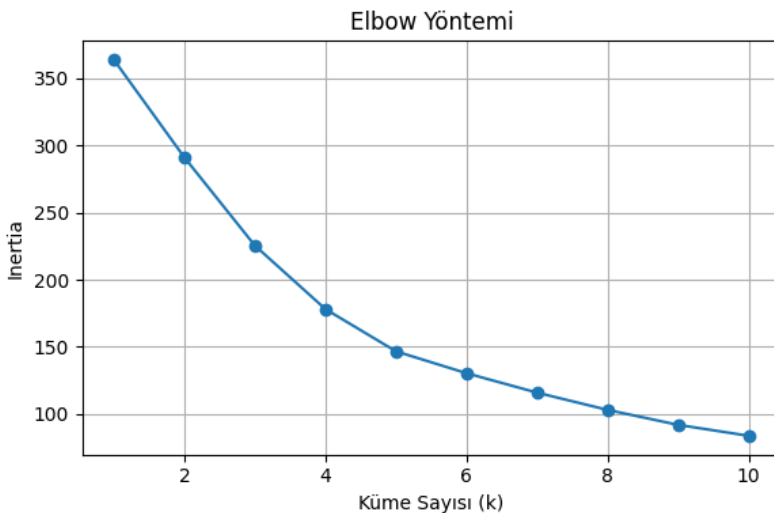
Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Gözlem Sayısı
Anomali	-0,8	3.7	1.26	91
Net Göç Hızı	-118,97	121,52	-0,48	91
Tehlikeli Atıklar (Ton)	3	4,259	907,76	91
PM10 (µg/m ³)	11,72	89,78	43,80	91

Elbow grafiğinde, eğrinin belirgin biçimde kırılma yaptığı nokta genellikle optimal küme sayısını gösterir. Grafik 1’e göre k = 3 veya k = 4 noktalarında belirgin bir ‘dirsek’ olduğu gözlemlenmektedir. Bu da optimum küme sayısı olarak bu değerlerin uygun olabileceğine işaret etmektedir. Elbow Yöntemi sonucunda ve veri setinin daha iyi yorumlanabilmesi için optimal küme sayısı k=3 olarak belirlenmiştir.

Grafik 1.

Elbow Grafiği



Kümelerin ayırt edici nitelikleri, her bir değişkenin küme içi ortalama değerleri hesaplanarak analiz edilmiştir (Azevedo vd., 2024, ss. 98-99). Elde edilen bulgular, çevresel göstergeler ile göç dinamikleri arasındaki ilişkiler çerçevesinde ve bölgesel farklılıklar dikkate alınarak yorumlanmıştır.

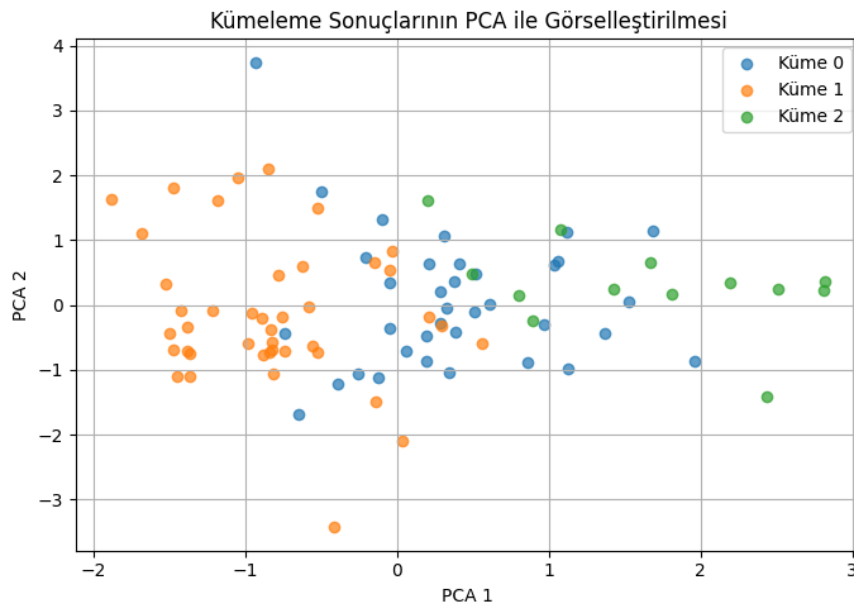
Çalışmada öncelikle dört çevresel ve demografik değişken standardize edilerek, değişkenler arası ölçek farkları giderilmiştir. Ardından, Elbow yöntemi ile belirlenen en uygun küme sayısı olan 3 küme (K = 3) kullanılarak K-Means algoritması uygulanmıştır. Kümeleme sonucunda her bir gözlem üç kümeye ayrılmıştır.

PCA temelli görselleştirmede, her bir nokta bir gözlemi temsil etmekte ve renkler farklı kümeleri göstermektedir (Jeong vd., 2009, s. 770). Grafik 1 incelendiğinde küme sınırlarının oldukça net ayrıldığı görülmektedir, bu da K-means algoritmasının veriyi başarılı biçimde ayırdığını göstermektedir.

Yüksek boyutlu verinin iki boyutlu düzlemde görselleştirilebilmesi amacıyla uygulanan Başlıca Bileşenler Analizi (PCA), verideki en yüksek varyansı açıklayan iki yeni bileşen üretmiştir. Bu iki bileşen (PCA 1 ve PCA 2), kümeler arası ayrışmanın görsel olarak analiz edilmesini mümkün kılmaktadır.

Şekil 1.

PCA Tabanlı Kümeleme Görselleştirmesi



Şekil 1’de kümeler arasında belirgin bir ayrışma eğilimi gözlemlenmektedir. Özellikle Küme 1 gözlemleri, PCA 1 ve PCA 2 düzleminde genellikle sola ve yukarıya yönelmiş olup, bu küme diğer kümelerden uzamsal olarak daha ayrı bir konumda yer almaktadır. Bu durum, Küme 1’e ait gözlemlerin diğer kümelerle göre farklı bir profil sergilediğine işaret etmektedir. Küme 0 daha merkezi bir konumda, yoğunlaşmış biçimde dağılım göstermektedir. Bu da bu kümenin daha homojen bir yapıya sahip olabileceğini düşündürmektedir. Küme 2 daha az sayıda gözlem içermekte olup, genellikle pozitif PCA 1 değerlerinde yer almakta ve kısmen dağınık bir yapı arz etmektedir. Bu dağılım, kümeler arasında öz nitelikler bakımından farklılıklar olduğunu ve PCA’nın bu farklılıkları başarılı biçimde ortaya koyduğunu göstermektedir.

Tablo 2’de kümelere ait değerler sunulmaktadır. Gerçek ortalama değerler; her küme için orijinal ölçekteki ortalama değerler ve gözlem sayıları verilmiştir. Standartlaştırılmış değerler; her küme için, standartlaştırılmış (z-skoruna göre) ortalama değerler yer almaktadır. Kümelere ait değerler incelendiğinde; Küme 0, pozitif göç alan, hava kirliliği yüksek ama tehlikeli atık miktarı düşük bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Küme 1, negatif göç veren ve en düşük PM10 değerine sahip olmasına rağmen atık ve anomali seviyesi orta düzeyde olan bir grubu temsil etmektedir. Küme 2, çok yüksek tehlikeli atık seviyesi ile belirginleşmesine rağmen göç hızı nötr, anomali ve PM10 değerleri orta düzeyde bulunmaktadır.

Tablo 2.

Küme İstatistikleri

	Gerçek Ortalama Değerler				Standartlaştırılmış Değerler			
	Anomali	Net Göç Hızı	Tehlikeli Atıklar (Ton)	PM10	Anomali	Net Göç Hızı	Tehlikeli Atıklar (Ton)	PM10
Küme0	0,57	7,35	551,22	52,03	-0,74	0,28	-0,33	0,54
Küme1	1,81	-7,06	502,26	34,7	0,6	0,24	-0,38	-0,6
Küme2	1,35	-0,88	3205,15	50,44	0,11	0,01	2,16	0,43

İllerin yıllara göre küme dağılımı Tablo 3’te gösterilmektedir. Tabloda her bir ilin belirli yıllarda hangi kümeye dâhil olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda illerin zaman içerisindeki çevresel ve iklimsel koşullar bakımından nasıl bir küme yapısı içinde yer aldığını izleme imkânı sunmaktadır. Bu tablo, mekânsal-temporal düzeyde illerin çevresel baskılar, iklim anomalileri veya ilgili göstergeler bakımından benzerlik gösterdiği dönemlerin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, kümeler arası geçişler, çevresel dinamiklerdeki değişimleri yansıtmaktadır. Bu kapsamda, söz konusu küme dağılımı, yalnızca mevcut durumun analizine değil, aynı zamanda çevresel politika ve müdahale stratejilerinin geçmişteki etkilerinin

değerlendirilmesine de katkı sağlamaktadır. Özellikle zamana yayılan bu küme hareketliliği, illerin hangi dönemlerde benzer yapılarla gruplaştığını ve hangi yıllarda farklılaştığını ortaya koyarak, bölgesel düzeydeki iklim ve çevre temelli ayrışmaları daha sistematik biçimde analiz etmeye olanak vermektedir. Bu bulgular, özellikle çevresel baskılar (atık ve hava kirliliği) ile sıcaklık anomalilerinin küme farklılaşmasına güçlü katkı sağladığını göstermektedir.

Tablo 3.

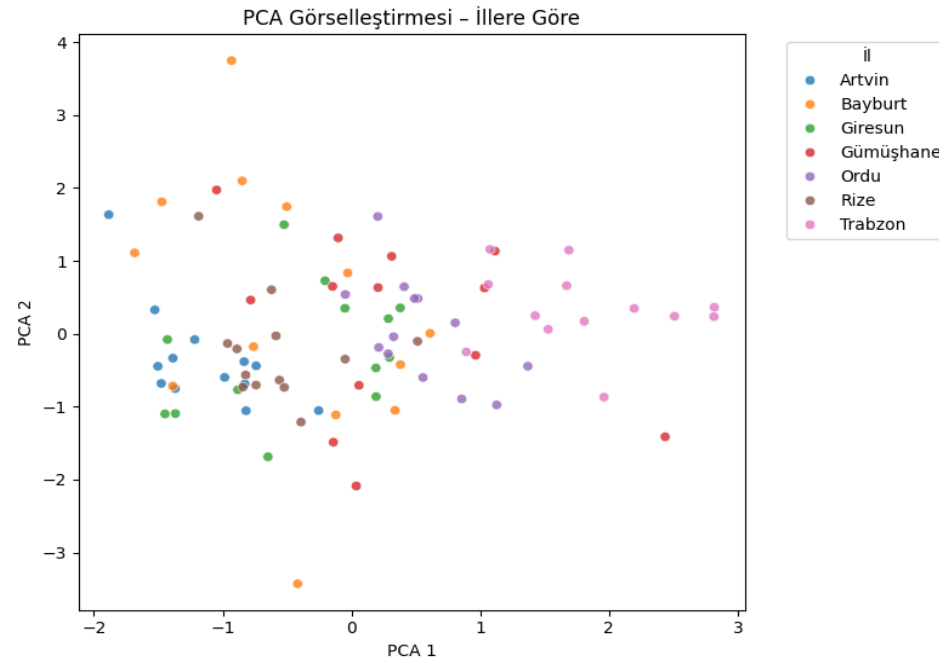
Yıllara Göre İllerin Küme Dağılımı

Yıl/İl	Artvin	Bayburt	Giresun	Gümüşhane	Ordu	Rize	Trabzon
2009	1	0	1	0	0	0	0
2010	1	1	1	1	1	1	0
2011	0	0	0	0	0	0	0
2012	1	0	1	0	0	1	0
2013	0	0	1	0	0	0	2
2014	1	0	0	0	1	1	2
2015	1	1	0	0	0	1	2
2016	1	0	0	0	0	1	2
2017	1	1	0	2	0	1	2
2018	1	1	1	1	2	1	2
2019	1	1	1	1	1	1	2
2020	1	1	0	1	2	1	2
2021	1	1	0	1	2	1	2

Şekil 2 incelendiğinde her bir gözlem PCA1 ve PCA2 düzleminde gösterilmiş, gözlemler ilgili ilin rengine göre gruplandırılmıştır. Böylece her ilin genel konum eğilimi görsel olarak takip edilebilmektedir.

Şekil 2.

İllere Göre PCA Görselleştirmesi



Trabzon ili, PCA1 ekseninde diğer illere göre daha sağda konumlanmakta, bu durum bu ilin analiz edilen değişkenler bağlamında yüksek değerli bir profile sahip olduğunu göstermektedir. Artvin, Bayburt ve Giresun ise PCA1 ekseninde daha solda yer almakta; bu durum bu illerin, özellikle Anomali, Net Göç Hızı ve PM10 gibi bileşenlerin belirleyici olduğu temel bileşende düşük profilili değerlere sahip olabileceğini düşündürmektedir. Genel dağılım incelendiğinde bazı illerin (örneğin Rize ve Ordu) daha merkezi konumda yer alarak daha dengeli bir yapı sergilediği söylenebilir. PCA2 eksenine açısından ise iller arasında çok belirgin bir dikey ayrışma gözlemlenmemektedir; dolayısıyla ikinci bileşenin iller arası ayrım gücü sınırlı olabilir.

Tablo 4 incelendiğinde illerin PCA düzlemindeki ortalama konumları sunulmaktadır. Bu bağlamda, Trabzon ili, özellikle PCA1 bileşeni üzerinde pozitif yönlü ve belirgin bir yoğunlaşma göstermektedir. Bu durum, Trabzon'un diğer illerden farklılaşan özgün bir çevresel profile sahip olduğunu göstermektedir. Artvin, Giresun ve Rize illeri ise genellikle PCA düzleminin merkezine

yakın ve düşük PCA1 değerleri etrafında konumlanmakta olup, bu iller daha homojen yapılarıyla çevresel göstergeler açısından ortalama değerlere sahip bölgeler olarak değerlendirilebilir. Bayburt ve Gümüşhane illeri, PCA bileşenlerinde daha geniş bir dağılım sergilemekte, bu da söz konusu illerde bazı yıllarda çevresel etkilerin belirgin biçimde arttığını veya çeşitlendiğini düşündürmektedir. Ordu ili ise düşük-orta düzeyde PCA1 değerlerine sahip olmakla birlikte, yıl ve değişken düzeyinde görece yüksek çeşitlilik göstermektedir. Bu bulgu, ilin çevresel değişkenler açısından daha değişken bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4.

İllere göre PCA Ortalama Konumları

İl	PCA1	PCA2
Artvin	-1,14	-0,35
Bayburt	-0,52	0,34
Giresun	-0,4	-0,25
Gümüşhane	0,3	0,14
Ordu	0,55	0,04
Rize	-0,59	-0,25
Trabzon	1,8	0,32

İllere göre PCA görselleştirmesi mekânsal düzlemdeki farklılaşmaları ortaya koymuştur. PCA düzleminde en sağda konumlanan iller arasında Trabzon açık bir şekilde ayrılmaktadır. Bu ilin pozitif PCA1 değerlerine sahip olması, analiz edilen değişkenlerdeki yüksek seviyelerle ilişkili bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, Artvin, Bayburt ve Giresun illerinin PCA1 ekseninde daha sol tarafta yer alması, bu illerin nispeten daha düşük çevresel ve demografik baskılar altında olduğunu düşündürmektedir. Rize ve Ordu ise PCA düzleminin merkezine yakın konumlanarak, yapısal olarak daha dengeli bir profil sergilemektedir. Bu durum, bölgesel çevre politikalarının farklı mekânsal düzeylerde ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır. PCA yükleri incelendiğinde, PCA1 bileşenine en yüksek pozitif katkısı net göç hızı ve tehlikeli atıklar (ton) değişkenleri sağlamaktadır. Bu durum, PCA1'in ağırlıklı olarak sosyo-demografik yoğunluğu ve çevresel atık

üretimini yansıttığını göstermektedir. Anomali ve PM10 değişkenlerinin katkısı ise görece daha sınırlı kalmakta, bu da PCA1'in daha çok insan hareketliliği ve atık yönetimi gibi yapısal faktörleri temsil ettiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, PCA1 bileşenindeki artış, bölgedeki çevresel baskıların artışına değil yalnızca birikimli sosyo-ekolojik yükün genişlemesine işaret etmektedir.

K-means kümeleme analizi ve PCA sonuçları, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki çevresel ve demografik dinamiklerin karmaşık yapısını ortaya koymaktadır. Trabzon'un belirgin risk profili, Artvin-Bayburt-Giresun grubunun görece düşük risk seviyesi ve Ordu-Rize-Gümüşhane illerinin geçiş karakteristiği, bölgesel politikaların il bazında farklılaştırılması gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular, iklim değişikliğinin bölgesel etkilerinin güvenlik perspektifinden değerlendirilmesi için güçlü ampirik kanıtlar sunmakta ve güvenlikleştirme teorisi çerçevesinde daha detaylı analizlerin yapılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde iklim değişikliğinin sadece çevresel bir sorun olmadığını, aynı zamanda bölgesel güvenlik dinamiklerini derinden etkileyen çok boyutlu bir fenomen olduğunu ortaya koymaktadır. K-means kümeleme analizi sonuçları, bölgede üç farklı güvenlik profilinin ortaya çıktığını ve her birinin farklı güvenlik müdahaleleri gerektirdiğini göstermektedir.

PCA analizi sonuçları, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde belirgin bir "güvenlik coğrafyası" oluştuğunu göstermektedir. Tuathail'in kritik jeopolitik yaklaşımında vurguladığı gibi, mekânsal farklılaşmalar güvenlik algılarını doğrudan şekillendirmektedir (Jones ve Sage, 2010). Trabzon'un PCA1 ekseninde belirgin şekilde ayrışması ve 2013 yılından itibaren sürekli olarak yüksek riskli kümede yer alması, bu ilin bölgesel güvenlik dinamiklerinin merkez üssü haline geldiğini göstermektedir. Artvin, Bayburt ve Giresun'un PCA düzleminde negatif değerlerle konumlanması, Wallerstein'in (1974) dünya sistemleri analizi ve merkez-çevre teorisi bağlamında değerlendirildiğinde, bu illerin güvenlik periferisi oluşturduğunu düşündürmektedir. Ancak bu durum söz konusu bölgede farklı güvenlik dinamiklerinin ortaya çıktığını göstermektedir. Boas'ın (2015) "iklim göçünün güvenlikleştirilmesi" tezini destekleyen bu heterojen güvenlik coğrafyası, tek tip politika reçetelerinin yetersizliğini ve bölgesel özelliklere duyarlı, esnek güvenlik stratejilerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Güvenlikleştirme teorisi perspektifinden değerlendirildiğinde, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde iklim değişikliğinin

güvenlikleştirilmesi için elzem unsurların mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Balzacq (2005) güvenlikleştirmenin sadece söz-edimi yoluyla değil, aynı zamanda stratejik bir uygulama alanı gerektirdiğini vurgulamaktadır. Stritzel (2007) de güvenlikleştirme sürecinde aktörlerin ve hedef kitlenin kritik önemini vurgulamaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi bağlamında, güvenlikleştirici aktörler olarak yerel yönetimler, çevre örgütleri ve bilim insanları; hedef kitle olarak bölge halkı, ulusal hükümet ve uluslararası çevre örgütleri; referans nesnesi olarak ise bölgesel ekosistem, insan sağlığı ve ekonomik sürdürülebilirlik tanımlanabilir.

Methmann ve Rothe'nin (2012) iklim değişikliği yönetimi çerçevesinde, bu çalışmada kullanılan veri toplama teknikleri, iklim değişikliğinin teknokratik yönetim pratikleriyle nasıl kontrol edilmeye çalışıldığının somut bir örneğini oluşturmaktadır. Bu bilimsel yaklaşım, güvenlikleştirme sürecinin rasyonel temellere oturtulmasına katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmanın sunduğu ampirik veriler, güvenlikleştirme aktörlerinin söylemlerini destekleyecek somut kanıtlar sağlamaktadır. 3.7°C'ye varan sıcaklık anomalileri ve 89.78 µg/m³'e ulaşan PM10 değerleri şeklinde ortaya çıkan varoluşsal tehdit (Buzan, 1991), bölge halkı ve ekosistem olarak tanımlanan referans nesnesi, %121.52'ye varan dramatik göç hareketleriyle kendini gösteren aciliyet durumu ve 4.259 tona ulaşan tehlikeli atık yönetimi gibi olağanüstü önlemler gereklilikleri, güvenlikleştirme teorisinin temel bileşenlerini kanıtlar niteliktedir. Bu kanıtlar, özellikle net göç hızlarındaki dramatik değişimlerle ortaya çıkan demografik güvenlik tehdidi, PM10 seviyeleri ve sıcaklık anomalilerinin yarattığı halk sağlığı güvenliği riski ve tehlikeli atık üretimindeki artışın getirdiği uzun vadeli çevresel güvenlik tehdidi, "Bölgesel Güvenlik Kompleksi" teorisi çerçevesinde değerlendirildiğinde (Buzan ve Wæver, 2003), Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki iller arasında karşılıklı güvenlik bağımlılığı oluşturduğunu göstermektedir.

Williams'ın (2003, s. 511) güvenlik politikalarının kabul edilebilirliği ve sürdürülebilirliği noktasında, bu politikaların bir görsel/görüntü mantığı içindeki etkisine ilişkin değerlendirmelerden ayrı tutulamadığını iddia ettiği görüşü, bu çalışmada özel bir önem kazanmaktadır. Çalışmada kullanılan PCA görselleştirmeleri ve K-means kümeleme, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki güvenlik risklerini görsel olarak temsil ederek, soyut güvenlik tehditlerini somut mekânsal paternlere dönüştürmektedir. Bu görsel temsiller, politika yapıcılar ve kamuoyu için güvenlik risklerini daha anlaşılır hale getirmekte ve güvenlikleştirme sürecinin iletişimsel boyutunu güçlendirmektedir.

Bununla birlikte, Trombetta'nın (2010, s. 146) ve Wæver'in (2011, s. 469) uyarıları doğrultusunda, iklim değişikliği gibi bir tehdidin aşırı güvenlikleştirilmesinin potansiyel riskleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Güvenlikleştirme, demokratik tartışma alanını daraltabilir, sert güç unsurlarına başvurabilecek çözümlere yol açabilir ve katılımcı yaklaşımların önünü tıkayabilir. Bu nedenle, bölgesel iklim politikalarının geliştirilmesinde güvenlik endişeleri ile demokratik yönetim, bilimsel kanıt ile toplumsal katılım arasında hassas ve sürdürülebilir bir denge kurulması kritik önem taşımaktadır.

Çalışmanın bulguları, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Türkiye'nin ulusal güvenlik stratejisindeki yerinin iklim değişikliği bağlamında yeniden değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Her kümenin kendine özgü güvenlik profili, farklılaştırılmış ve hedefe yönelik politika müdahalelerinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, teknokratik yaklaşımların demokratik katılım mekanizmalarıyla dengelenmesi, güvenlikleştirme sürecinin meşruiyeti ve etkinliği açısından önem taşımaktadır.

Çalışma bazı sınırlılıklar içermektedir. İlk olarak, tehlikeli atık verilerinin yalnızca 2009–2021 dönemi için mevcut olması nedeniyle analiz kapsamı bu tarih aralığıyla sınırlandırılmıştır. 2009 öncesi ve 2021 sonrası yıllara ilişkin veri eksikliği, daha uzun dönemli eğilimlerin değerlendirilmesini kısıtlamaktadır. İkinci olarak, güvenlikleştirme teorisi açısından bu çalışma sadece nicel verilere dayanmakta olup, güvenlikleştirme söylemlerinin analizi yapılmamıştır. Gelecek çalışmalarda, yerel ve ulusal medyadaki iklim değişikliği söylemlerinin analizi, güvenlikleştirme sürecinin daha kapsamlı anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Üçüncü olarak, çalışma yalnızca Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan yedi ili kapsamaktadır. Bu durum, elde edilen bulguların genellenebilirliğini coğrafi olarak sınırlamakta olup, ilerleyen araştırmalarda başta Marmara Bölgesi olmak üzere farklı bölgelerin ya da ülke geneli verilerinin dâhil edilmesi literatüre daha geniş bir perspektiften katkı sağlayabilir. Bunun yanı sıra, çalışmada kullanılan değişkenler yalnızca iklim değişikliğinin çevresel ve demografik bazı göstergeleriyle sınırlı tutulmuştur. Gelecekteki araştırmalarda sera gazı emisyonları, arazi kullanımı ve enerji tüketimi gibi iklim değişikliğine etki eden diğer belirleyici faktörlerin de dâhil edilmesi, daha kapsamlı ve derinlemesine analizlerin gerçekleştirilmesine olanak tanıyacaktır.

Yazar Katkıları: Fikir-F.D., F.K., M.N.; Tasarım-F.D., F.K., M.N.; Denetleme-F.D., F.K., M.N.; Kaynaklar-F.D., F.K., M.N.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi F.D., F.K., M.N.; Analiz ve/veya Yorum-F.D., F.K., M.N.; Literatür Taraması-F.D., F.K., M.N.; Yazıyı Yazan-F.D., F.K., M.N.; Eleştirel İnceleme-F.D., F.K., M.N.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Author Contributions: Concept - F.D., F.K., M.N.; Design- F.D., F.K., M.N.; Supervision- F.D., F.K., M.N.; Resources- F.D., F.K., M.N.; Data Collection and/or Processing- F.D., F.K., M.N.; Analysis and/or Interpretation- F.D., F.K., M.N.; Literature Search- F.D., F.K., M.N.; Writing Manuscript- F.D., F.K., M.N.; Critical Review- F.D., F.K., M.N.; Other- F.D., F.K., M.N.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynakça

- Aunan, K., & Wang, S. (2014). Internal migration and urbanization in China: Impacts on population exposure to household air pollution (2000–2010). *Science of the Total Environment*, 481, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.073>
- Ay, M., Özbakır, L., Kulluk, S., Gülmez, B., Öztürk, G., & Özer, S. (2023). FC-Kmeans: Fixed-centered K-means algorithm. *Expert Systems with Applications*, 211, 118656.
- Azevedo, B. F., Rocha, A. M. A., & Pereira, A. I. (2024, May). A multi-objective clustering algorithm integrating intra-clustering and inter-clustering measures. In *International conference on optimization and learning* (pp. 97-108). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Balzacq, T. (2005). The three faces of securitization: Political agency, audience and context. *European Journal of International Relations*, 11(2), 171-201.
- Boas, I. (2015). *Climate Migration and Security: Securitisation as a strategy in climate change politics*. New York: Routledge.
- Buzan, B. (1991). *People, states and fear: An agenda for international security studies in the Post-Cold War era*. Boulder: Lynne Rienner.
- Buzan, B., & Wæver, O. (2003). *Regions and powers: The structure of international security*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Buzan, B., Wæver, O., & de Wilde, J. (1998). *Security: A new framework for analysis*. Boulder: Lynne Rienner.
- Carrasco-Escobar, G., Schwarz, L., Miranda, J. & Benmarhnia, T. (2020). Revealing the air pollution burden associated with internal migration in Peru. *Scientific Reports*, 10, 19349. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64043-y>
- Chen, S., Oliva, P., & Zhang, P. (2017). The effect of air pollution on migration: Evidence from China. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3451332>
- ÇED (2025). Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü. <https://ced.csb.gov.tr/>
- Çelik, O., & Akça, E. (2024). Investigating the validity of climate migration: Empirical evidence from the most polluted countries. *World Journal of Applied Economics*, 10(1), 33–50. <https://doi.org/10.22440/wjae.10.1.3>
- Çolak, B., Durdağ, Z., & Edoğmuş, P. (2016). K-Means algoritması ile otomatik kümeleme. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(2), 315-323.
- Dağ, R., & Tüfekçi, Ö., (2022). Introduction. In *Trends and transformations in world politics* (pp. 1-25), Lanham: Lexington Books.
- Dalby, S. (2009). *Security and environmental change*. Cambridge: Polity Press.
- Doğanay, H.A., Orman, A., & Dener, M., (2022). Siber güvenlik amaçlı büyük veri görselleştirme: BETH veri seti. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(4), 1572-1582. <https://doi.org/10.31202/ecjse.1209586>
- El Khattabi, M. Z., El Jai, M., Lahmadi, Y., Oughdir, L., & Rahhali, M. (2024). Understanding the interplay between metrics, normalization forms, and data distribution in k-means clustering: A comparative simulation study. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49(3), 2987-3007. <https://doi.org/10.1007/s13369-023-07741-9>
- Gewers, F. L., Ferreira, G. R., Arruda, H. F. D., Silva, F. N., Comin, C. H., Amancio, D. R., & Costa, L. D. F. (2021). Principal component analysis: A natural approach to data exploration. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(4), 1-34.
- Guo, Q., Wang, Y., Zhang, Y., Yi, M., & Zhang, T. (2022). Environmental migration effects of air pollution: Micro-level evidence from China. *Environmental Pollution*, 274, 118263. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118263>
- Homer-Dixon, T. (1999). *Environment, Scarcity, and Violence*. Princeton: Princeton University Press.
- Hu, H., Liu, J., Zhang, X., & Fang, M. (2023). An effective and adaptable K-means algorithm for big data cluster analysis. *Pattern Recognition*, 139, 109404.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018). *Global warming of 1.5°C. special report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- İzol, R., & Kaval, F. (2023). Kopenhag okulu bağlamında Türkiye’deki siyasi aktörlerin iklim değişikliğine yönelik söylemlerinin

- analizi. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 23(1), 18-32. <https://doi.org/10.25294/auibfd.1130854>
- Jeong, D. H., Ziemkiewicz, C., Fisher, B., Ribarsky, W., & Chang, R. (2009, June). iPCA: An Interactive system for PCA-based visual analytics. In *Computer Graphics Forum* (Vol. 28, No. 3, pp. 767-774). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Liu, H., Chen, J., Dy, J., & Fu, Y. (2023). Transforming complex problems into K-means solutions. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(7), 9149-9168.
- Liu, Z., & Yu, L. (2020). Stay or leave? The role of air pollution in urban migration choices. *Ecological Economics*, 172, 106780. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106780>
- McDonald, M. (2013). Discourses of climate security. *Political Geography*, 33, 42-51.
- MEDAS (2025). Merkezi Dağıtım Sistemi, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95velocale=tr>
- Meteoblue (2025). meteoblue.com
- Methmann, C., & Rothe, D. (2012). Politics for the day after tomorrow: The logic of apocalypse in global climate politics. *Security Dialogue*, 43(4), 323-344.
- Oliveira, G. V., Coutinho, F. P., Campello, R. J., & Naldi, M. C. (2017). Improving k-means through distributed scalable metaheuristics. *Neurocomputing*, 246, 45-57.
- Oti, E. U., Olusola, M. O., Eze, F. C., & Enogwe, S. U. (2021). Comprehensive review of k-means clustering algorithms. *Criterion*, 12, 22-23.
- Özdemir, F., & Barlas, B. (2021). Kopenhag okulu çerçevesinde 2020 ve sonrası dünya politikasının yeni sorunu: İklim değişikliği ve iklim göçmenleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (41), 273-302.
- Reuveny, R. (2007). *Climate change-induced migration and violent conflict*. *Political Geography*, 26(6), 656-673.
- Săndică, A. M., Dudian, M., & Ștefănescu, A. (2018). Air pollution and human development in Europe: A new index using principal component analysis. *Sustainability*, 10(2), 312. <https://doi.org/10.3390/su10020312>
- Shen, H., Tao, S., Chen, Y., Ciais, P., Güneralp, B., Ru, M., Zhong, Q., et al. (2017). Urbanization-induced population migration has reduced ambient PM2.5 concentrations in China. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700300>
- SİM (2025). Sürekli İzleme Merkezi. <https://sim.csb.gov.tr>
- Sönmez-Kaya, S., & Iğit, A. (2021). İklim değişikliği ve çevresel güvenlik: Türkiye örneği. *Alternatif Politika*, 13(1), 175-207.
- Stritzel, H. (2007). Towards a theory of securitization: Copenhagen and beyond. *European Journal of International Relations*, 13(3), 357-383.
- Trombetta, M. J. (2008). Environmental security and climate change: Analysing the discourse. *Cambridge Review of International Affairs*, 21(4), 585-602.
- Trombetta, M. J. (2010). Rethinking the securitization of the environment. İçinde T. Balzacq (Ed.), *Securitization theory: How security problems emerge and dissolve* (ss. 135-149). London: Routledge.
- Tutar, Y. N., (2023). İklim değişikliğinin Türkiye’de politik sürdürülebilirliği. 6. Siyaset Bilimi ve Uluslararası İlişkiler Kongresi (s. 8). Trabzon, Türkiye.
- Vural, Ç. (2018). Küresel iklim değişikliği ve güvenlik. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 57-85. <https://doi.org/10.28956/gbd.422726>
- Wæver, O. (1995). Securitization and desecuritization. İçinde R. Lipschutz (Ed.), *On security* (ss. 46-86). New York: Columbia University Press.
- Wæver, O. (2011). Politics, security, theory. *Security Dialogue*, 42(4-5), 465-480.
- Wallerstein, I. (1974). *The modern world-system*. New York: Academic Press.
- Williams, M. C. (2003). Words, images, enemies: Securitization and international politics. *International Studies Quarterly*, 47(4), 511-531.
- Zhan, C., Jiang, W., Li, J., Xu, H., & Sha, W. (2020). Impact of COVID-19 lockdown on human activity and air quality in China. 2020 IEEE International Symposium on Product Compliance Engineering-Asia (ISPCE-CN). <https://doi.org/10.1109/ISPCE-CN51288.2020.9321817>

Extended Abstract

This study analyzes the security dimensions of climate change in Eastern Black Sea Region of Türkiye with an interdisciplinary approach. This study aims to evaluate the effects of climate change in the region within the framework of securitization theory, using environmental and demographic data collected between 2009 and 2021 from the provinces of Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, and Trabzon.

The theoretical framework of the study is based on the Copenhagen School's securitization theory. This theory explains how certain issues are turned into security issues and presented as existential threats. In the context of climate change, securitization is the process of placing environmental issues at the center of the national and international security agenda. The study aims to empirically demonstrate how environmental changes in the Eastern Black Sea Region have triggered this securitization process.

Methodologically, K-means cluster analysis and principal component analysis (PCA) were used in the study. The analyzed variables included temperature anomalies, PM10 concentrations, hazardous waste generation, and net migration rate. The dataset, consisting of a total of 91 observations, was normalized using Z-score standardization, and the optimal number of clusters was determined as 3 by the Elbow method.

The findings reveal the existence of three distinct environmental risk clusters in the Eastern Black Sea Region. Cluster 0 represents provinces that receive positive migration but have high levels of air pollution; Cluster 1 represents provinces that experience negative migration and have low PM10 values; and Cluster 2 represents provinces characterized by very high levels of hazardous waste generation. The results of the PCA analysis show that Trabzon stands out with a value of 1.8 on the PCA1 axis and a high-risk profile. Artvin, Bayburt, and Giresun provinces, on the other hand, are positioned at a low risk level.

Temporal analysis reveals that 2013 was a critical turning point and that Trabzon has consistently been in the high-risk cluster since that date.

When evaluated from the perspective of securitization theory, the findings show that all the necessary elements for the securitization of climate change are present in the Eastern Black Sea Region: existential threat (extreme temperature anomalies and high PM10 values), reference object (the region's population and ecosystem), urgency (dramatic migration movements), and the need for extraordinary measures (hazardous waste management). The study reveals that a distinct "security geography" has formed in the region and that spatial differences directly shape perceptions of security.

In conclusion, the study emphasizes that climate change has created a heterogeneous security structure in the Eastern Black Sea Region and highlights the need for differentiated security strategies at the provincial level rather than uniform policy approaches. Trabzon's central security risk position, the peripheral position of the Artvin-Bayburt-Giresun group, and the transition characteristics of other provinces indicate that regional policies should be developed by taking these differences into account. The study provides significant contributions to the climate change and security literature by revealing the empirical foundations that data-driven approaches provide to the securitization process.