

## Sosyo-Ekonomik ve Biyofiziksel Bileşenlerine Dayalı Geliştirilen Dirençlilik İndeksi ile Türkiye'de Kuraklığın İncelenmesi

Hıdır SERKENDİZ<sup>1\*</sup>, Hasan TATLI<sup>1</sup>

### Öz

Dirençlilik kavramı ekolojik sistemlere olduğu gibi insan-çevre ve sosyo-ekolojik ekosistemlere de uygulanabilir. Bu çalışma, bir insan-çevre sistemi olan, kuraklık tehlikesinin dirençliliğini anlama ve değerlendirmek amacıyla geliştirilen bir kavramsal çerçeve önermektedir. Bu bağlamda, geliştirilen kavramsal çerçeve sosyo-ekonomik göstergelere dayalı olarak operasyonel hale getirilmiş ve Türkiye'deki tüm illere uygulanmıştır. Çalışmada, ilk adımda Türkiye'nin kuraklık tehlikesine "maruz kalma" örüntüsünü ortaya çıkarmak için Standartlaştırılmış Yağış ve Evapotranspirasyon (SPEI) ve Gidiş Teorisi (Run) yaklaşımlarına dayalı kuraklık yoğunluğu hesaplanmıştır. Tanımlanan gösterge ve değişkenlerin göreceli ağırlık değerlerini bulmak için ise Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılmıştır. Ardından, alt-değişkenler ilgili göstergeler altında birleştirilerek, "Ekonomik, Sosyal ve Yapısal Dirençlilik İndeksi" olarak isimlendirilen üç indeks geliştirilmiştir. Sonuncu adımda, kuraklık yoğunluğu ve alt indekslerin birleşiminden ise "Kuraklık Dirençliliği İndeksi" elde edilmiştir. Çalışmanın bulguları "kuraklık dirençliliğinin" en düşük olduğu illerin ülkenin Doğu Akdeniz Bölümü, Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde üzerinde dağılışı göstermektedir. Kuraklık dirençliliğinin en düşük olduğu iller ise sırasıyla Adana, Adıyaman, Mersin, Osmaniye, Kahramanmaraş ve Diyarbakır olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan, dirençliliği en yüksek yerler Karadeniz ve Marmara Bölgelerindeki illerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, dirençliliği en yüksek iller sırasıyla Bartın, Rize, Artvin, Ardahan, Bursa ve Sinop olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'nun "kuraklık dirençliliğinin" çarpıcı bir şekilde düşük olduğunu göstermektedir. Bu sonucun muhtemel bir nedeni söz konusu bölgelerin kuraklığa eğilimli iklimi olduğu söylenebilir. Ancak, sosyo-ekonomik bileşeninde kuraklık dirençliliğini etkileyen önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, Kuraklık Tehlikesi, Kuraklık Dirençliliği, AHS, SPEI, Türkiye

## Investigation of Drought in Turkey with the Resilience Index Developed Based on Socio-Economic and Biophysical Components

### Abstract

The concept of resilience can be applied to ecological systems as well as human-environment and socio-ecological ecosystems. This paper presents a conceptual framework for understanding and evaluating the resilience of a human-environmental system to drought hazard. In this context, the proposed conceptual framework has been operationalized based on socioeconomic data and applied to all provinces in Turkey. In the first part of the study, drought intensity was computed using Standardized Precipitation and Evapotranspiration

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Bu çalışma, idRC 2021 kongresinde sunulmuş ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalında hazırlanmakta olan "Türkiye'nin Kuraklık Hassasiyetine Çok Boyutlu Yaklaşım" başlıklı doktora tezi ve aynı başlıklı 1230348 numaralı TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında üretilmiştir.

\*İlgili yazar/Corresponding author: hserkendiz@gmail.com

Gönderim Tarihi / Received Date: 30.10.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 30.12.2022

Bu makaleye atf yapmak için- To cite this article

Serkendiz, H., Tatlı, H., (2023). "Sosyo-Ekonomik ve Biyofiziksel Bileşenlerine Dayalı Geliştirilen Dirençlilik İndeksi ile Türkiye'de Kuraklığın İncelenmesi. Resilience, 73-91.

(SPEI) and Run Theory techniques to identify the "exposure" pattern of Turkey's drought vulnerability. To determine the relative weight values of the stated indicators and variables, the Analytical Hierarchy Process method was employed. Then, by integrating the sub-variables under the relevant indicators, three indices known as the "Economic, Social, and Structural Resilience Index" were established. The "Socio-Economic Resilience Index" was created in the last step by combining drought intensity and sub-indices. According to the study's findings, the provinces with the lowest "drought resilience" are spread across the country's Eastern Mediterranean Region, Southeast, and Eastern Anatolia Regions. According to the results, Adana, Adıyaman, Mersin, Osmaniye, Kahramanmaraş, and Diyarbakır have the lowest levels of drought resistance. On the other hand, the provinces of the Black Sea and Marmara Regions have been found to have the highest resilience. Additionally, Bartın, Rize, Artvin, Ardahan, Bursa, and Sinop were shown to have the highest levels of resilience. The findings demonstrate that the Eastern Mediterranean and Southeastern Anatolia have a startlingly low "drought resilience." The climate of the concerned regions, which is prone to drought, can be cited as a potential explanation for this outcome. Thought to play a significant role in drought resilience is its socio-economic component.

**Keywords:** Drought, Drought Hazard, Drought Resilience, AHP, SPEI, Turkey

## 1. Giriş

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından 2021 yılında yayınlanan bir rapora göre, dünya genelinde kuraklık olaylarının sıklığı ve şiddeti artmaktadır (IPCC, 2021). Bu durum özellikle Türkiye'nin içinde bulunduğu Akdeniz havzası bölgesinde kuraklıkların sıklık ve şiddetinin önemli ölçüde arttığını göstermesi açısından oldukça önemlidir. Türkiye ve çevresinde aletli gözlemlere dayalı kuraklık analizleri sonuçlarına ek olarak, gelecekte iklim değişikliğinin de etkisiyle kuraklık olaylarının şiddetinin, sıklığının ve süresinin artacağı öngörülmektedir (Sen vd., 2012; Turp vd., 2014). Nitekim mevcut iklim koşullarında, yıllık su kıtlığına bağlı olarak Türkiye'nin büyük bir bölümünün iklimi yarı-kurak, kurak ve yarı-nemli koşullardadır (Türkeş, 2012). Dolayısıyla mevcut ve öngörülen iklim koşulları dikkate alındığında, Türkiye'nin ciddi bir kuraklıkla karşı karşıya olduğu söylenebilir.

Kuraklık, diğer doğal afetlerle karşılaştırıldığında en karmaşık ve zarar verici doğal tehlike olarak kabul edilmektedir (Wilhite, 2000). Bryant (2006), 31 doğal afetin etkisini çeşitli kriterlere göre değerlendirmiş ve bu 31 doğal afet arasında kuraklığın bir numara olduğunu göstermiştir. Değerlendirmeye göre çarpıcı sonuç, kuraklığın öngörülemezliği ve ilgili diğer tehlikeler dışındaki tüm kriterler için en önemli tehlike olduğudur. Kuraklığın etkileri değişkenlik gösterse de genel olarak ekonomik, çevresel ve sosyal olarak sınıflandırılabilir (Zarafshani vd., 2016). Ancak tüm doğal afetlerde olduğu gibi kuraklığın da hem doğal hem de toplumsal bir boyutu vardır. Bu nedenle, herhangi bir alanın riski, hem o bölgenin olaya maruz kalmasına hem de toplumun olaya duyarlılığına bağlıdır. Başka bir deyişle, kuraklık gibi doğal afetleri anlamak için, insanları etkileyebilecek tehlike türlerinin yanı sıra çeşitli insan gruplarının hassasiyet düzeylerini bilmek gerekmektedir (Wisner vd., 2004). Kuraklık olaylarını (yoğunluk, süre ve mekânsal dağılım) belirlemek için birçok iklimsel, meteorolojik ve hidrolojik indeks (örneğin, Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi, Standart Yağış İndeksi, Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi, vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır (Bordi vd., 2009; Guttman, 1999; Liu vd., 2021; Mishra vd., 2009; Tatli ve Türkeş, 2011; Türkeş ve Tatli, 2009; Tatli, 2021). Öte yandan, kuraklık hassasiyetini ve/veya dirençliliğini ölçmek daha karmaşık ve zor bir süreçtir (Anderson, 1993; Birkmann, 2013a; Cutter vd., 2008a).

Dirençlilik kavramının kökeni 1960'larda ve 1970'lerin başında ekoloji alanında yapılan çalışmalara dayanmaktadır (Folke, 2006). Bu bağlamda, Holling (1973) dirençlilik kavramını

ilk tanımlayan araştırmacılardan biridir. Onun tanımına göre, "dirençlilik, bir sistemdeki ilişkilerin sürekliliğini belirler ve bu sistemlerin durum değişkenleri, kontrol değişkenleri ve parametrelerindeki değişiklikleri soğurma ve bunlara dirençlilik yeteneğini ölçer." Ayrıca, coğrafya ve şehir planlamacılar gibi farklı sosyal bilim disiplinleri de farklı tanımlama ve yaklaşımlarla, dirençlilik kavramının gelişimine katkıda bulunmuşlardır (Adger vd., 2005; Birkmann, 2013b; Carpenter vd., 2001; Cutter vd., 2008b; Field vd., 2012; Folke, 2006; Kasperson vd., 2001; Kasperson ve Kasperson, 2005; Parry vd., 2007; Pelling, 2003; Turner vd., 2003; UNISDR, 2004; Walker vd., 2004; White vd., 2005). Böylece dirençlilik kavramı, ekolojik sistemlerin yanı sıra insan-çevre ve sosyo-ekolojik sistemlere de uygulanabilmektedir (Lorenz, 2013). Bu bağlamda, insan-çevre etkileşimini ele alan birçok çalışma, afetlere karşı dirençliliği ölçmeye çalışmıştır. Örneğin, Cutter vd. (2010) sosyo-ekonomik göstergelere dayalı olarak bir afet dirençlilik indeksi geliştirdi ve bunu Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) güneydoğusuna uyguladı. Sherrieb vd. (2010) sosyo-ekonomik göstergelerle geliştirdiği topluluk dirençlilik indeksini, ABD'nin Mississippi Eyaletine uygulamıştır. Peacock vd. (2010), sosyal, ekonomik, fiziki ve beşerî sermaye bileşenlerine dayalı olarak bir Topluluk Afet Dirençlilik Çerçevesi geliştirmiştir. Daha sonra geliştirilen bu kavramsal çerçeve, gösterge tabanlı bir yaklaşıma dayalı olarak kullanıldı ve ABD'nin Teksas eyaletinde uygulandı. Kotzee ve Reyers (2016), Güney Afrika'daki sele eğilimli alanların direncini değerlendirmek için göstergelere dayalı bir indeks geliştirdi. Yoon vd. (2016), gösterge yöntemine dayalı bir dirençlilik indeksi ile Güney Kore'nin sel direncini analiz etti. Öte yandan, Türkiye'nin kuraklık dirençliliğini değerlendiren bir çalışmaya ulaşamamıştır. Fakat, Dabanlı (2018) sınırlı bir sosyal ve çevresel gösterge setiyle Türkiye'nin kuraklık tehlikesi, hassasiyeti ve riskini değerlendirmiştir.

Dirençliliği ölçmenin zorluğuna ek olarak, artan sayıda afet olayına karşı dirençliliği değerlendirmek bir zorunluluktur. Çünkü dirençlilik değerlendirilmesi, maruz kalan sistemlerin kendini örgütlenme yeteneği, öğrenme ve uyum sağlama kapasitesi gibi konuların daha iyi anlaşılmasını sağlayabilir (Carpenter vd., 2001). Ayrıca Türkiye'de yukarıda bahsedilen kuraklık riskinden dolayı kuraklık duyarlılığını ve direncini anlama ve yönetme ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, öncelikle teori ile pratik arasındaki boşluğu doldurmak için Kuraklık Dirençliliği İndeksi (KDİ) modeli geliştirilmiştir. Bu modelin geliştirilmesinde Serkendiz ve Tatlı (2021) tarafından önerilen gösterge temelli yaklaşım kullanılmıştır. Kuraklık dirençliliği gibi doğrudan ölçülemeyen olgular, genellikle varsayımsal olarak bağlantılı gösterge ve temsili değişkenler kullanılarak oluşturulan indeksler ile ölçülür (Blauhut vd., 2016; Brooks vd., 2005; Carrão vd., 2016; Chen vd., 2013; Cutter vd., 2008a; Cutter vd., 2010; Cutter vd., 2003; Cutter vd., 2000; De Stefano vd., 2015; Gbetibouo ve Ringler, 2009; Kim vd., 2013; Kotzee ve Reyers, 2016; O'Brien vd., 2004; Sherrieb vd., 2010; Wilhelmi ve White, 2002). Gösterge ve temsili değişkenler tarafından elde edilen bu tür bileşik indeksler yararlı araçlar olabilir. Çünkü, dirençlilik ve hassasiyet gibi kavramların çok boyutlu olması doğrudan ölçümü zorlaştırmaktadır (Cutter vd., 2008a; Cutter vd., 2010). Böylece, göstergelere dayalı yaklaşım, dirençlilik kavramının farklı boyutlarını, herhangi bir tek gösterge veya değişken tarafından yakalanamayan tek bir skaler sayı ile gösterilebilir. İkinci olarak geliştirilen bu KDİ modeli Türkiye'de uygulandı. Bu anlamda bu çalışma, Türkiye'de kuraklık dirençliliğini ölçmek için geliştirilmiş ilk model ve uygulamalı deney olma özelliğini taşımaktadır.

Özet olarak, bu çalışma, Türkiye'de kuraklık direncini değerlendirmek için gösterge temelli bir yaklaşıma dayalı bir KDİ modeli geliştirmiştir. Bu model temel olarak iki bileşenden oluşur: kuraklık yoğunluğu ve sosyo-ekonomik bileşen. Maruz kalmanın bir göstergesi olan kuraklık yoğunluğu, dirençliliğin fiziksel boyutunu temsil eder. Sosyo-ekonomik bileşen, ekonomik, sosyal ve yapısal olmak üzere üç gösterge ve bu göstergeler altında tanımlanan 15 tipik değişkenden oluşmaktadır. Modeli oluşturan gösterge ve değişkenlerin gerçek hayatta farklı ağırlıklara sahip olması nedeniyle gösterge ve değişkenlerin göreceli ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yaklaşımı kullanılarak uzman görüşüne dayalı olarak belirlenmiştir. Türkiye

genelinde iller düzeyinde uygulanan bu modele göre öncelikle ekonomik, sosyal ve yapısal dirençlilik indeksi olmak üzere üç alt indeks elde edildi. KDİ, bu üç alt indeksin bileşiminden oluşturulmuştur.

## 2. Veri ve Yöntem

### 2.1. Veri

Bu çalışmada kullanılan verilerin kaynakları ve özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Sıcaklık (°C) ve yağış (mm) verileri için seçilen istasyonlar genellikle kent merkezlerinde yer almaktadır. Bu 81 meteoroloji istasyonunun 1970-2021 dönemine ait sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan gösterge ve değişkenler ile değişkenlerin veri kaynakları ve özellikleri. MGM = Meteoroloji Genel Müdürlüğü, TÜİK = Türkiye İstatistik Kurumu, GİB = Göç İdaresi Başkanlığı, GLOBIO = Global Biodiversity, TARSİM = Tarım Sigortaları Havuzu.

Gösterge	Temsili Değişkenler	Açıklamalar	Yıl	Veri Kaynakları
SYEİ	Sıcaklık	Aylık ortalama sıcaklık (°C)	1970 – 2021	MGM
	Yağış	Aylık toplam ortalama yağış (mm)	1970 – 2021	MGM
Ekonomi	GSYH	Kişi başına düşen Gayrisafi Yurtiçi Hasıla.	2020	TÜİK
	Hayvancılık	Büyük baş (tosun, düve, inek, dana-buzağı, boğa-öküz ve manda) ve küçük baş (koyun ve keçi) hayvan sayısı.	2021	TÜİK
	Yoksulluk	Eşdeğer hanehalkı kullanılabilir fert geliri yoksulluk sınırının altında olanların toplam nüfus içindeki oranı (%).	2021	TÜİK
	Tarım sektörünün istihdam oranı	İktisadi faaliyet kollarına göre tarım sektöründe istihdam edilenlerin -15 yaş üzeri- oranı (%).	2021	TÜİK
Sosyal	Yaş bağımlılık oranı	Çocuk bağımlılık oranı (0-14 yaş) ile yaşlı bağımlılık oranının (65+ yaş) toplamından oluşur (%).	2021	TÜİK
	Sığınmacı oranı	Suriyeli sığınmacı sayısının ilde yaşayan toplam kişi sayısına oranı (%).	2022	GİB
	Toplam nüfus yoğunluğu	İllerde yaşayan toplam kişi sayısı.	2021	TÜİK
	GINI katsayısı	Eşdeğer hanehalkı kullanılabilir fert gelinine göre GINI katsayısı.	2021	TÜİK
	İnsani Gelişim Endeksi	Gelir, sağlık ve eğitim göstergelerinin birleşimi.	2018	Meydan ve Sarı (2018)
	Farkındalık	Yüksekokul veya fakülte mezunu oranı (%).	2021	TÜİK
	Göç	Net göç (kişi sayısı)	2021	TÜİK
Yapısal	Sağlık	Hekim başına düşen kişi sayısı.	2021	TÜİK

Ulaşım	Kara yolu yoğunluğu (km <sup>2</sup> )	2018	GLOBIO
AR-GE	ARGE projelerinde yer alan kişi sayısı.	2020	TÜİK
Tarım sigortası	Köy bazlı kuraklık verim sigortası: toplam sigortalanan alan (ha).	2021	TARSİM

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Standartlaştırılmış Yağış ve Evapotranspirasyon İndeksi

Standartlaştırılmış Yağış ve Evapotranspirasyon İndeksi (SYEİ), yağış (P) miktarı ile potansiyel evapotranspirasyon (PET) miktarı arasındaki farka (D), yani; su-açığına dayanmaktadır ve bu fark Vicente-Serrano vd. (2010)'a göre aşağıdaki ifadeyle gösterilir.

$$D_i = P_i - PET \quad (1)$$

burada,  $P_i$  yağışı (mm/ay),  $PET$  evapotranspirasyonu (mm/ay),  $D_i$  ise yağış ve potansiyel evapotranspirasyon arasındaki farkı, su-açığını, göstermektedir. Bu formül, farklı zaman ölçeklerinde hesaplanan basit bir iklimsel su dengesini temsil etmektedir. Burada ilk aşama PET'in hesaplanmasıdır. PET hesaplaması için birçok yöntem olmasına rağmen Vicente-Serrano vd. (2010) Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) yöntemini önermektedir. Bu yöntemde PET, Tatlı ve Türkeş (2011) tarafından Denklem 2'de gösterildiği şekilde hesaplanabilir.

$$PET = dl 16 \left( \frac{10T}{H} \right)^b \quad (2)$$

, dl enlem bağımlı düzeltme faktörünü, T aylık ortalama sıcaklığı (°C), H ise 12 aylık ısı indekslerinin toplamı olan ısı indeksini, PET ise potansiyel evapotranspirasyonu göstermektedir. b katsayısı ise aşağıdaki ifadeye gösterildiği şekilde elde edilir.

$$b = 6.75 \times 10^{-7} \cdot H^3 - 7.71 \times 10^5 \cdot H^2 + 1.79 \times 10^{-2} \cdot H + 0.49 \quad (3)$$

Denklem 2'de H ile gösterilen ısı indeksinin 12 aylık toplamı ise Denklem 4 ile elde edilir.

$$H = \sum_{j=1}^{12} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{1.514} \quad (4)$$

burada, T aylık ortalama sıcaklık ve H ısı indeksinin 12 aylık toplamını gösterir.

Daha sonra, bulunan  $D_i$  değerinin bir olasılık yoğunluk fonksiyonuna uydurulması gerekmektedir. Bununla birlikte, Vicente-Serrano vd. (2010)'nun da belirttiği gibi Gamma dağılımı gibi iki parametrelili dağılım yerine SYEİ için üç parametrelili bir dağılıma ihtiyaç vardır. Buna göre, Vicente-Serrano vd. (2010) tarafından önerilen üç parametrelili Log-Lojistik dağılımı Denklem 5 yardımıyla bulunabilir.

$$f(x) = \frac{\beta}{a} \left( \frac{x-\gamma}{a} \right)^{\beta-1} \left[ 1 + \left( \frac{x-\gamma}{a} \right)^{\beta} \right]^{-2} \quad (5)$$

burada,  $\gamma$  konum,  $\beta$  şekil ve  $a$  ölçek parametrelerini temsil etmektedir. Log-Lojistik dağılımının parametreleri, Vicente-Serrano vd. (2010)'e göre L-moment yaklaşımı ile bulunmuştur. Bu yaklaşıma göre, ölçek, şekil ve konum parametreleri sırasıyla;

$$\beta = \frac{2w_1 - w_0}{6w_1 - w_0 - 6w_2} \quad (6)$$

$$a = \frac{(w_0 - 2w_1)\beta}{\Gamma(1+1/\beta)\Gamma(1-1/\beta)} \quad (7)$$

$$\gamma = w_0 - a\Gamma\left(\frac{1+1}{\beta}\right)\Gamma\left(\frac{1-1}{\beta}\right) \quad (8)$$

ile elde edilebilir. Burada,  $\Gamma$  Gamma fonksiyonunu,  $w_s$  ise olasılık yoğunluk fonksiyonudur ve Denklem 9 ile gösterilmiştir.

$$w_s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (1 - F_i)^5 D_i \quad (9)$$

buradaki  $F_i$  ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanan bir frekans tahmincidir.

$$F = \frac{i-0.35}{N} \quad (10)$$

burada,  $N$  veri sayısını,  $i$  ise artan sayıda gözlem aralığını göstermektedir. Log-Lojistik dağılımı tüm zaman ölçekleri için D serisine çok iyi uymaktadır (Vicente-Serrano vd., 2010). Buna göre, Log-Lojistik dağılımına göre D serisinin olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 11'de gösterilmiştir.

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{a}{x-\gamma}\right)^\beta\right]^{-1} \quad (11)$$

SYEİ değeri ise  $F(x)$ 'in standartlaştırılmış değeri olarak aşağıda gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$SYEİ = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_1W^2 + d_1W^3} \quad (12)$$

burada,  $W$ - değeri aşağıda gösterilen ifade ile elde edilmiştir.

$$W = \sqrt{-2\ln(P)} \text{ için } P \leq 0.5 \quad (13)$$

burada,  $P$  belirlenen bir  $D$  değerini aşma olasılığıdır. Eğer  $P > 0.5$  ise  $W = \sqrt{-2\ln(1-P)}$ , sabitlerde  $C_0 = 2.5155$ ,  $C_1 = 0.8028$ ,  $C_2 = 0.203$ ,  $d_1 = 1.4327$ ,  $d_2 = 0.1892$ ,  $d_3 = 0.0013$  gibi olur. Son olarak sonuçlar, Tablo 1'de gösterilen sınıflara göre gruplandırılır.

Tablo 2. SYEİ değerleri ve bu değerlere karşılık gelen sınıflar (Liu vd., 2021'den yararlanarak yeniden düzenlendi).

SPEI Değerleri	Kategoriler
$\geq 2.0$	Aşırı nemli
1.5 - 1.99	Çok nemli
1.0 - 1.49	Orta nemli
0.99 - -1.98	Normal
-1.0 - -0.49	Orta kurak
-1.5 - -1.99	Çok kurak
$\leq -2.00$	Aşırı kurak

## 2.2.2. Yoğunluğu

Elde edilen SYEİ değerlerinden kuraklık yoğunluğunu hesaplamak için Yevjevich (1967) tarafından önerilen Gidiş Teorisi yaklaşımı kullanılmıştır. Gidiş Teorisi, genel olarak, bir zaman serisi boyunca tüm değerlerin belirlenen bir eşik değerden düşük veya yüksek olmasıdır. Buradaki eşik değeri, çalışmaya veya incelenen bölgeye bağlı olarak keyfi bir değer olabilir. Buna göre, Liu vd. (2021) tarafından gösterildiği şekilde kuraklık yoğunluğu Denklem 14 ile hesaplanabilir.

$$Y = \frac{\sum_{n=1}^T |Y_{SYEI} - K|}{T} \quad (14)$$

burada, T kuraklığın süresi, K eşik değeri (bu çalışma kapsamında eşik değeri  $\leq -0.5$  olarak belirlenmiştir),  $Y_{SYEI}$  eşik değerin altındaki SYEI değerlerini ve Y kuraklık yoğunluğunu temsil etmektedir.

### 2.2.3. Analitik Hiyerarşi Süreci

Çok kriterli bir karar verme yöntemi olan AHS, Saaty (1980) tarafından geliştirilmiştir. AHS, genel olarak hem rasyonel hem de sezgisel bilgiyi kullanarak, çeşitli kriterlere göre değerlendirilen bir dizi alternatif arasından en iyisini seçmek amacıyla kullanılmaktadır (Saaty ve Vargas, 2012). Diğer bir deyişle, AHS, etkili karar vermek için insan düşüncelerini ve yargılarını karar verme sürecine dahil etmeye yardımcı olur (Saaty ve Vargas, 2012). Ayrıca, Cheng ve Li (2001) tarafından belirtildiği üzere bu yaklaşım, test edilen değişkenlere veya elemanlara ağırlık atamak için de kullanılabilir. Brunelli (2015) ise görel ölçüm teorisine dayalı bu yöntemin temel ilkesinin bir grup değişkeni veya kriteri ikili karşılaştırma yoluyla değerlendirmek olduğunu belirtmektedir.

Burada, AHS aşağıda gösterilen altı adımda uygulanmıştır:

1. Amacın tanımlanması: Gösterge ve değişkenlerin ağırlık değerlerini bulmak,
2. Hiyerarşik yapının oluşturulması: Tasarlanan hiyerarşik yapıya göre göstergeler kriterleri, değişkenler ise alt kriterleri oluşturmaktadır (Şekil 1),
3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması: Alanında uzman kişiler ile yapılan görüşmeler ve yazarların teorik bilgisi kullanılarak belirlenmiştir. Karşılaştırma matrisleri oluşturulurken Tablo 3'te yer alan ve Saaty (1980) tarafından önerilen 9 dereceli temel ölçek kullanılmıştır.

Tablo 3. Saaty (1980) tarafından önerilen 9 dereceli Analitik Hiyerarşi Süreci temel ölçeği. Tablodaki 2, 4, 6 ve 8 dereceleri ara değerleri temsil etmektedir.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemde	Eşit derece önemli
2	Zayıf önemde	
3	Orta önemde	Orta derecede önemli
4	Orta artı	
5	Fazla önemde	Fazla önemli
6	Fazla artı	
7	Çok fazla önemde	Çok fazla önemli
8	Çok fazla artı	
9	Aşırı önemli	Aşırı önemli

1. İkili karşılaştırma matrisi standartlaştırılması: Standartlaştırma işlemi aşağıda verilen ifadeye göre yapılmıştır.
- 2.

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{n=1}^n a_{ij}}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (15)$$

3. Öz vektör veya ağırlık değerlerinin hesaplanması: Öz vektörü bulmak için aşağıdaki ifade kullanılmıştır.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n a_{ij}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (16)$$

4. Tutarlılık oranının (TO) hesaplanması: TO ikili karşılaştırma matrisi oluşturulurken, matrisi oluşturan kişinin yargılarını mantıklı bir şekilde oluşturup oluşturmadığını belirlemek için kullanılmaktadır. Buna göre TO, Saaty (2008) tarafından önerilen Tutarlılık İndeksiyle (TI) ölçülebilir. TI, Brunelli (2015) tarafından Denklem 17'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$TI(A) = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (17)$$

burada,  $\lambda_{max}$  maksimum öz değeri ve TI tutarlılık indeksini göstermektedir. TO ise TI'nin Rassal İndeksine (RI) bölünmesiyle elde edilmektedir. Sonuç olarak, TO aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$TO(A) = \frac{TI(A)}{RI_n} \quad (18)$$

Saaty ve Vargas (2012) tarafından belirtildiği gibi RI, kriter sayısı dikkate alınarak Tablo 4'te bulunabilir. Elde edilen RI değerleri 0,1'den küçük veya 0,1'e eşit olan matrisler kabul, 0,1'den büyük olan matrisler ise reddedilmiştir. Başka bir anlatımla, bulunan sonucun 0,1 değerine eşit veya 0,1'den küçük olması verilen cevapların tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Saaty ve Vargas (2012)'e göre ortalama rassal tutarlılık indeksi. Tablodaki N değeri kriter veya değişken sayısına karşılık gelmektedir.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastgele tutarlılık indeksi	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

### 2.2.4. İndekslerin Hesaplanması

Göstergelerin ve indekslerin hesaplama aşamasına geçmeden önce değişkenlerin birim farklılıklarını ortadan kaldırmak için verilerin en-küçük ve en-büyük değerleri kullanılarak Denklem 19 yardımıyla [0 1] aralığında standartlaştırılmıştır.

$$z_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (19)$$

burada,  $X_{min}$  en-küçük değişken değeri,  $X_{max}$  en-büyük değişken değeri ve X değişken değerini göstermektedir.

Standartlaştırma işleminden sonra bileşenlerin ve göstergelerin elde edilmesi için Denklem 20 kullanılmıştır.

$$B/G = \frac{D_1 x w_1 + D_2 x w_2 + D_3 x w_3 \dots + D_n x w_n}{N} \quad (20)$$

bu ifadede, D değişkenleri, w ağırlık değerlerini, N değişken sayısını ve B/D bileşen veya göstergeleri göstermektedir. Bu formül kullanılarak ilk önce ekonomi, sosyal ve yapısal göstergeler altında yer alan değişkenler birleştirilmiştir. Birleştirilen bu göstergelerden ekonomi, sosyal ve yapısal indeks olmak üzere üç alt indeks elde edilmiştir. Daha sonra, Denklem 20'de gösterilene benzer şekilde üç gösterge sosyo-ekonomik bileşen altında birleştirildi. Son olarak, sosyo-ekonomik ve kuraklık yoğunluğu bileşenlerinin ortalaması alınarak Kuraklık Dirençliliği İndeksi oluşturulmuştur.

## 3. Bulgular

### 3.1. Göstergeleri ve Değişkenlerin Ağırlık Değerleri

Şekil 1, çalışma kapsamında kullanılan göstergelerin ve değişkenlerin ağırlık değerlerini göstermektedir. Elde edilen bulgulara göre 0,608 değeri ile en yüksek ağırlığa sahip gösterge açık bir şekilde ekonomidir. Ekonomi göstergesini ise sırasıyla sosyal ve yapısal göstergeler takip etmektedir. Dirençliliğin artmasında veya azalmasında ekonomik değişkenlerin etkili rolü göz önüne alındığında, elde edilen bu bulgunun beklentiye uygun olduğu söylenebilir. Çünkü, ekonomik göstergesi yüksek bir bölge, kuraklık afetiyle bağlantılı yaşanan kayıpları giderilmesinde diğer bölgelere göre daha avantajlı olacaktır. Ekonomik gösterge altında

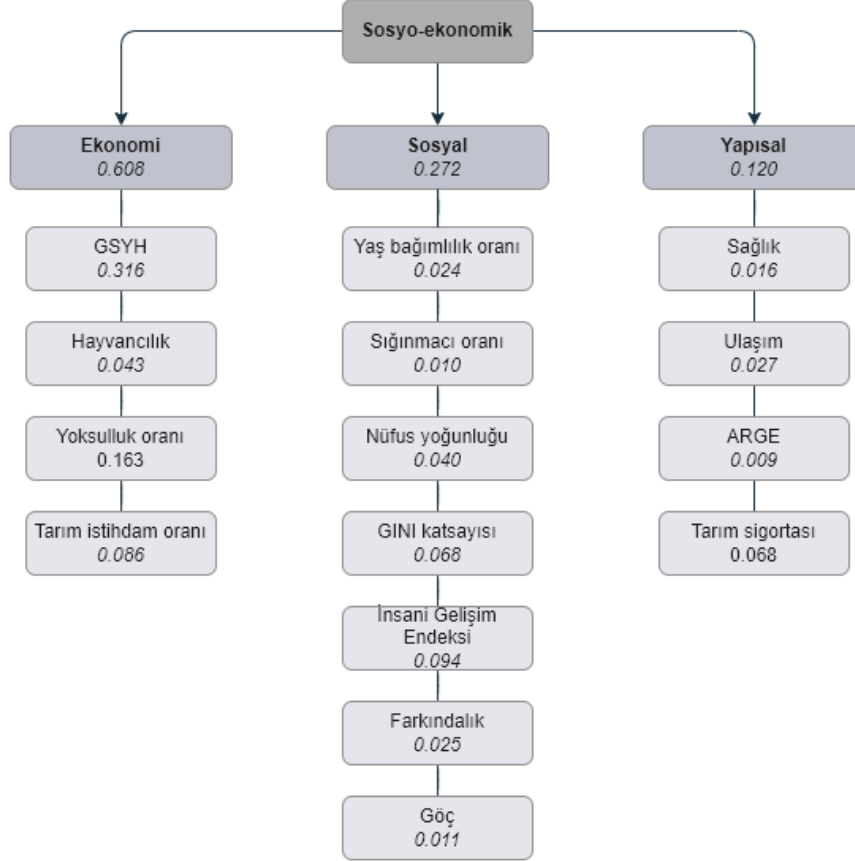


tanımlanan değişkenler içerisinde en yüksek ağırlığa sahip değişken ise 0,316 değeri ile GSYH olarak bulunmuştur. GSYH'yi ise sırasıyla yoksulluk, tarım sektörünün istihdam oranı ve hayvancılık değişkenleri takip etmektedir. Tahmin edilebileceği gibi yoksulluk oranının yüksek olması dirençlilik kapasitesini azaltan önemli bir faktördür. Dolayısıyla, yoksulluk oranı ne kadar fazla olursa bir bölgenin kuraklık dirençliliği de muhtemelen o kadar düşük olacaktır. Tarım sektörü ise kuraklık etkilerinden direkt ve en fazla etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle, bir bölgede tarımsal istihdam oranı ne kadar yüksekse, kuraklıktan etkilenen insan sayısı o kadar fazla ve bölgenin dirençliliği de o kadar düşük olacaktır. Son olarak hayvancılık, özellikle yarı-kurak iklim koşullarında, kurak koşullarla başa çıkmada mahsullere göre daha sağlam bir tarımsal faaliyet kolu olduğu kabul edilmektedir (Lindoso vd., 2014). Buna ek olarak, hayvancılık bir tarımsal faaliyet kolu olarak, hane halkının geçim kaynağını çeşitlendirerek varlık tabanını daha da güçlendirebilir. Bu nedenle, bu faktörlere bağlı olarak hayvancılık, dirençliliği artırabilir.

Sosyal gösterge altında yer alan İnsani Gelişim Endeksi (İGE), yaklaşık 0,094 değeri ile ağırlığı en yüksek değişken olarak bulunmuştur. Buna göre, gelire ek olarak, sağlık ve eğitim gibi insani gelişimin önemli göstergelerini temsil eden İGE, önemli bir dirençlilik göstergesi olabilir. Öte yandan, diğer değişkenlerin ağırlık değeri yüksekten düşüğe doğru sırasıyla GINI katsayısı, nüfus yoğunluğu, farkındalık, yaş bağımlılık oranı, göç ve sığınmacı oranıdır. Gelir eşitsizliğini gösteren GINI katsayısı, GSYH gibi ekonomik gelire ek olarak sıklıkla hassasiyet ve dirençlilik çalışmalarında kullanılmaktadır (Adger ve Kelly, 1999; Moss vd., 2001; Schilling vd., 2012). Çünkü ekonomik gelire ek olarak, gelirin toplum içinde ne şekilde dağıldığı da dirençliliği ve hassasiyeti belirleyen önemli konular arasındadır (Yohe v Tol, 2002). Nüfus yoğunluğu yüksek ve düşük iki bölge karşılaştırıldığında, olası bir kuraklık afetinde en fazla yüksek nüfuslu bölgenin etkileneceği açıktır. Dolayısıyla yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerin, kuraklık dirençliliği daha düşük olduğu söylenebilir. Bu çalışma kapsamında kullanılan farkındalık değişkeni yüksek okul ve fakülte mezunu oranını temsil etmektedir. Eğitim, mevcut sorunu anlamak ve bu soruna yönelik farkındalık oluşturmak için gerekli donanımları sağlar. Bu nedenle, eğitim seviyesinin yüksek olması, kuraklık gibi afetleri anlama, başa çıkma ve uyum sağlama gibi konularda yüksek kapasite anlamına gelmektedir (Yohe ve Tol, 2002). Her yaş grubunun afetlere karşı farklı dirençlilik gösterdiğini belirten Wisner vd. (2004), açlık, soğuk ve sıcaklık gibi aşırı koşullardan en fazla etkilenen yaş gruplarının yaşlılar ve çocuklar olduğunun altını çizmektedir. Bağımlı nüfus olarak da bilinen çocuk ve yaşlı nüfusu ayrıca, üretken yaş grubu (15 – 64) üzerindeki baskıyı da göstermektedir. Bu bağlamda, bağımlı nüfus oranının yüksek olması dirençliliği azaltan bir faktör olarak kabul edilmiştir. Son olarak, göç hareketleri istikrarsızlığın kanıtı olabilir ve hem alan hem de gönderen bölgenin altyapısı, ekonomisi ve sosyal yapısı üzerinde olumsuz etkilerde bulunabilir (Adger, 2000). Bu bağlamda, sığınmacı oranının yüksek olması dirençliliği azaltan bir faktör olabilir.

Tarım sigortası, 0,080 ağırlık değeriyle en yüksek yapısal değişkeni olarak belirlenmiştir. Tarım sigortasını sırasıyla ulaşım, sağlık ve ARGE takip etmektedir. Pelling (2001)'e göre doğal afetlere karşı dirençliliği artıran en önemli mekanizmalardan biri sigorta sistemidir. Çünkü sigorta sistemleri afetlerin ekonomik maliyetini toplum geneline yayarak afet sonrası toparlanmayı kolaylaştırmaktadır (Patt vd., 2011). Bu nedenle, tarım sigortası kuraklık dirençliliği artıran kritik bir faktör olabilir. Bir bölgedeki ulaşım ağı yoğunluğu, yolların kalitesi ve kapasitesi afet dirençliliğini etkileyen faktörler arasındadır. Buna bağlı olarak, özellikle, kırsal bölgelerde üretilen ürünlerin pazarlara ulaştırılmasının ve olası bir afet sonrasında hem sağlık hem de ekonomik yardımların kırsal bölgelere ulaştırılması uyumu ve dolayısıyla dirençliliği artıran bir unsurdur (Deressa vd., 2008; Eriyagama vd., 2010). Farklı sağlık altyapısına sahip toplumların afet dirençliliği de farklılık göstermektedir (Moss vd., 2001). IPCC (2012)'e göre ise kuraklık gibi aşırı hava koşullarında ortaya çıkan olumsuz sağlık etkilerini önlemek için asgari düzeyde sağlık hizmetlerinin sunulması gerekmektedir. Aksi takdirde, gerekli sağlık hizmetlerinin eksikliği, özellikle sağlığı kötü olan bireylerin dirençliliğini olumsuz

yönde etkileyebilir. Son olarak Araştırma ve Geliştirme (AR-GE) faaliyetleri, uyum kapasitesinin belirleyici faktörlerinden olan araştırma ve inovasyonu kapsamaktadır. Başka bir anlatımla, AR-GE faaliyetleri değişimlere uyumu kolaylaştırmak için alternatifler geliştirme yeteneği temsil etmektedir. Bu bağlamda, AR-GE uyumu ve dirençliliği artıran önemli bir faktör olabilir (De Stefano vd., 2015).



Şekil 1. Analitik Hiyerarşi Süreci yaklaşımına göre hesaplanan gösterge ve değişkenlerin ağırlık değerleri. Bu şemaya göre üç seviyeli hiyerarşik ilişki oluşturuldu. Birinci seviyede amaç (sosyo-ekonomik göstergelerinin ağırlık puanları), ikinci seviyede göstergeler veya kriterler (ekonomi, sosyal ve yapısal), üçüncü seviyede ise değişkenler veya alt kriterler yer alır.

TO sonuçlarına göre elde edilen ağırlık değerlerinin tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre gösterge ve değişkenleri karşılaştıran uzmanlar, yargılarını mantıklı bir şekilde oluşturmuştur. Göstergelerin TO 0,071 olarak bulunurken; ekonomi, sosyal ve yapısal göstergelerinin TO sırasıyla 0,068, 0,040 ve 0,097 olarak bulunmuştur.

### 3.2. Alt İndeksler ve Kuraklık Dirençliliği İndeksi

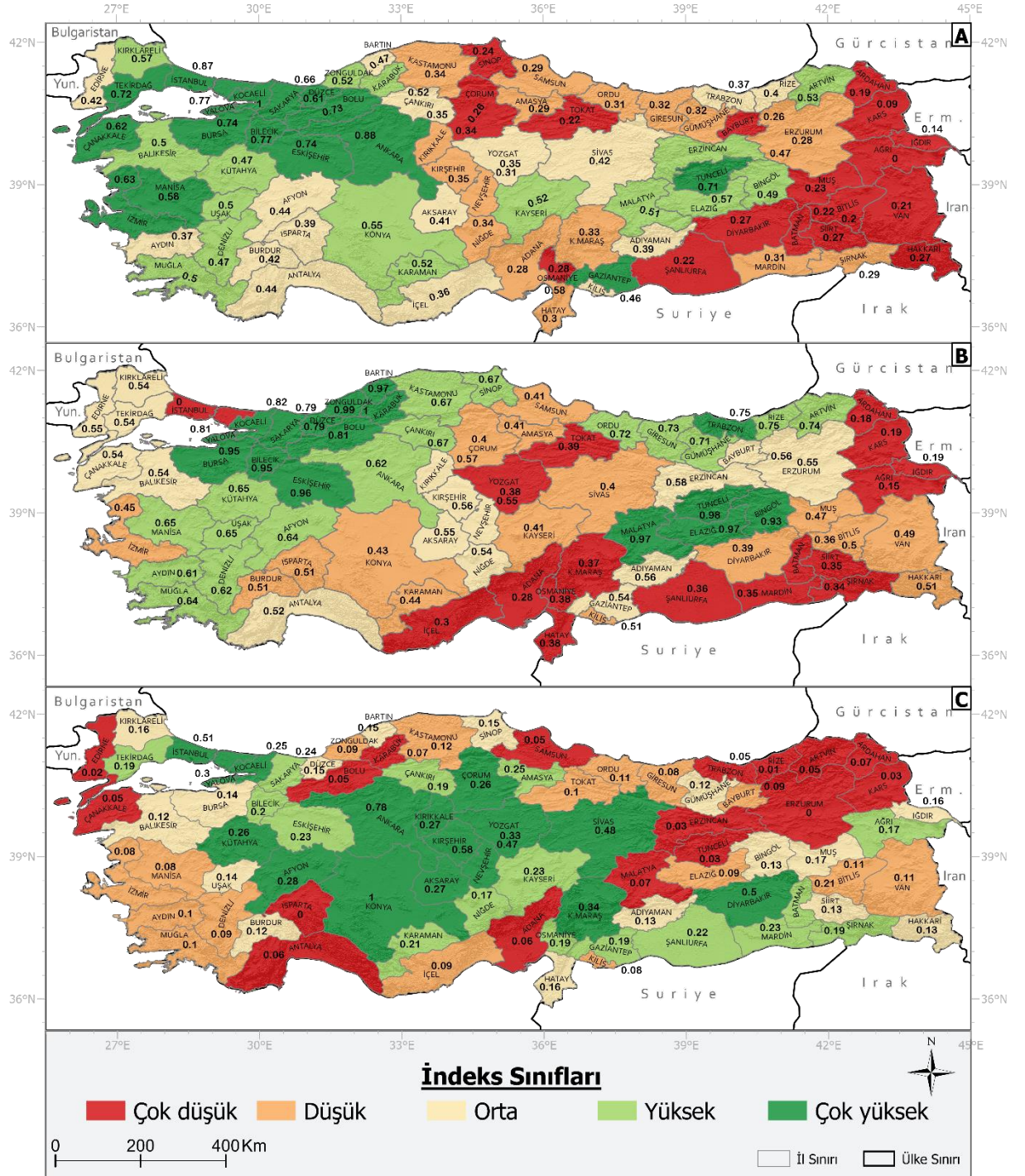
Sosyo-ekonomik bileşen göstergeleri altında tanımlanan değişkenlerin birleşiminden: ekonomik, sosyal ve yapısal dirençlilik indeksi olmak üzere üç alt indeks elde edilmiştir. Diğer taraftan, sosyo-ekonomik ve kuraklık yoğunluğu bileşenlerinin kombinasyonundan ise Kuraklık Dirençliliği İndeksi hesaplanmıştır. Alt indekslerin mekânsal dağılımı Şekil 2'deki haritalarda, Kuraklık Dirençliliği İndeksinin mekânsal dağılımı ise Şekil 3'teki haritada gösterilmektedir. Burada, indeks sınıfları çeyreklikler yöntemine göre beş sınıfta gruplandırılmış ve gruplandırılan dirençlilik değerlerine düşükten yükseğe doğru çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek etiketleri verilmiştir. Bu sübjektif gruplandırmanın amacı, mekânsal dağılımın yorumlanmasını ve anlaşılmasını kolaylaştırmaktır.

Şekil 2a, Şekil 2b ve Şekil 2c sırasıyla ekonomi, sosyal ve yapısal dirençlilik alt indekslerini göstermektedir. Ekonomik dirençliliğin mekânsal dağılımına bakıldığında, dirençliliği en yüksek illerin batı ve kuzeybatı bölgelerinde kümelenildiği görülmektedir. Ayrıca, Bartın ile Mersin arasında çizilen kabaca kuzey-güney hattının batısında yer alan belirli iller dışında, neredeyse tamamının ekonomik dirençliliği yüksek ve çok yüksek olarak bulunmuştur. Özellikle Ankara'dan başlayıp batıya doğru Eskişehir, Bolu, Düzce, Sakarya, Bursa, Yalova, Kocaeli, İstanbul, Tekirdağ ve Çanakkale'yi içine alan kuşak, çok yüksek dirençlilik ile karakterize olmaktadır. Öte yandan söz konusu hattın doğusunda yer alan Gaziantep, Kayseri, Malatya, Elâzığ, Tunceli, Bingöl, Erzincan ve Artvin dışındaki illerin dirençliliğini orta, düşük ve çok düşük olarak tespit edilmiştir. Özellikle Güneydoğu Anadolu'nun büyük bir bölümü ile Doğu Anadolu'nun kuzey ve doğu kesimlerinin ekonomik dirençliliği çok düşük olduğu belirtilmelidir. Sonuç olarak ekonomik dirençliliği en düşük olan beş il sırasıyla Ağrı (0), Kars (0,09), Iğdır (0,14), Ardahan (0,19) ve Bitlis (0,2) iken, en yüksek beş il sırasıyla Kocaeli (1), Ankara (0,88), İstanbul (0,87), Yalova (0,77) ve Bilecik'tir (0,77).

Sosyal dirençliliği en düşük iller Şekil 2b'de görüldüğü üzere yoğun olarak Anadolu'nun doğu, güney ve güneydoğu bölgelerinde kümelenmektedir. Özellikle Ağrı (0,15), Ardahan (0,18), Kars (0,18), Iğdır (0,19), Adana (0,28), Mersin (0,3) ve Şırnak (0,34) sosyal dirençliliğin en düşük olduğu illerin başında gelmektedir. Bunun dışında burada öne çıkan en dikkat çekici bulgunun, en düşük sosyal dirençliliğe sahip ilin İstanbul olmasıdır. Bu bulgunun muhtemel nedeni, İstanbul'un ağırlık değerleri kendi içerisinde yüksek olan hem GINI katsayısı hem de nüfus yoğunluğu değişkenlerinde olumsuz anlamda uç değerler göstermesidir. Bu bağlamda, İstanbul'un sosyal dirençliliğinin altında yatan temel itici faktörlerin gelir dağılımı eşitsizliği ve nüfus yoğunluğu olduğu söylenebilir. Ek olarak düşük sosyal dirençlilik ile öne çıkan diğer iller Yozgat ve Tokat olarak bulunmuştur. Diğer taraftan, batı, kuzey ve kuzeybatı bölgeleri, genel olarak sosyal dirençliliği nispeten yüksek illerin dağılışı gösterdiği bölgeleri oluşturmaktadır. Buna göre, sosyal dirençliliği en yüksek iller sırasıyla Karabük (1), Zonguldak (0,99), Tunceli (0,98), Bartın (0,97) ve Malatya (0,97) olarak bulunmuştur.

Şekil 2c'deki yapısal dirençliliğin mekânsal dağılımına bakıldığında, yapısal dirençliliğin en yüksek olduğu bölgenin Orta Anadolu olduğu görülmektedir. Bu örüntü modelinin olası nedeni, yapısal göstergesi altında tanımlanan değişkenlerden ağırlık değeri en yüksek olan tarım sigortasının bu bölgede çok yüksek değerler göstermesidir. Bu nedenle, Orta Anadolu bölgesinin güçlü yapısal dirençliliğinin altında yatan temel etken tarım sigortasının yaygınlığına bağlanabilir. Buna ek olarak, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Çatalca-Kocaeli Bölümü mekânsal olarak diğer yüksek dirençli yerleri oluşturmaktadır. Öte yandan, Kuzeydoğu Anadolu kesimi başta olmak üzere Edirne, Çanakkale, Bolu, Karabük, Isparta, Antalya, Adana, Samsun, Malatya, Erzincan ve Tunceli çok düşük yapısal dirençlilik gösteren iller olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, Ege Bölgesi ve Orta Karadeniz Bölümüne ek olarak Zonguldak, Kastamonu, Mersin, Elâzığ, Bayburt, Bitlis ve Van düşük yapısal dirençlilik gösteren diğer yerlere örnek olarak gösterilebilir. Sonuç olarak, yapısal dirençliliği en düşük iller sırasıyla Isparta (0), Erzurum (0,03), Rize (0,01), Edirne (0,02) ve Tunceli(0,03) olarak; yapısal dirençliliği en yüksek iller ise sırasıyla Konya (1), Ankara (0,78), Kırşehir (0,58), İstanbul (0,51) ve Diyarbakır (0,5) olarak tespit edilmiştir.

Sosyo-Ekonomik ve Biyofiziksel Bileşenlerine Dayalı Geliştirilen Dirençlilik İndeksi ile Türkiye'de Kuraklığın İncelenmesi  
 Investigation of Drought in Turkey with the Resilience Index Developed Based on Socio-Economic and Biophysical Components



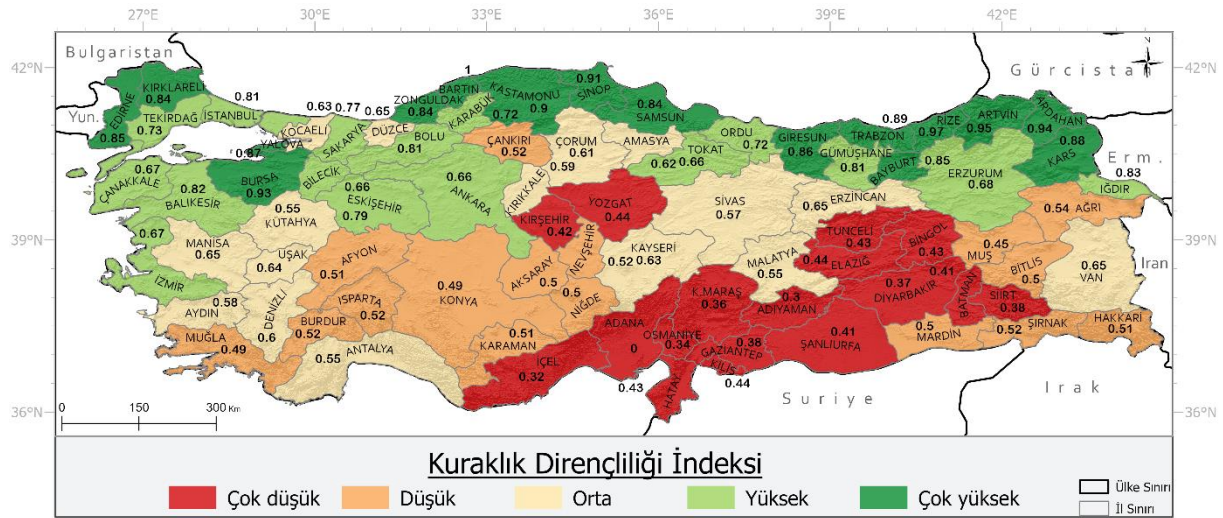
Şekil 2. Alt indekslerinin mekânsal dağılımları. (A) ekonomik dirençlilik indeksi, (B) sosyal dirençlilik indeksi, (C) yapısal dirençlilik indeksini göstermektedir. Haritada yer alan değerler standartlaştırılmış indeks değerlerini göstermektedir. İndeks değerlerinin sınıflandırılmasında ise çeyreklikler yöntemi kullanılmıştır.

Üç alt indeksin ve kuraklık yoğunluğunun birleşiminden elde edilen KDİ veya birleşik indeksinin mekânsal dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Buna göre kuraklık dirençliliği en yüksek alanlar kuzey, kuzeybatı ve kısmen batı bölgelerinde dağılım göstermektedir. Özellikle Karadeniz Bölgesinin kıyı kuşağı kuraklık dirençliliğinin en yüksek olduğu kesimi oluşturmaktadır. Bu bulgunun olası nedeni, düşük kuraklık yoğunluğu, yani Karadeniz Bölgesinin iklimsel olarak kuraklık eğiliminin



düşük olmasıyla ilişkilidir. Böylece, söz konusu bölgenin ekonomik ve yapısal dirençliliği düşük olmakla birlikte, düşük (olumlu anlamda) kuraklık yoğunluğu bölgenin genel kuraklık direncini artırdığı söylenebilir. Kuzeybatı Anadolu Bölgesinin görece yüksek dirençliliği ise düşük kuraklık yoğunluğu ve -özellikle- ekonomi ve sosyal göstergelerin pozitif değerleri ile açıklanabilir. Çünkü, kullanılan verilere göre bu bölge Türkiye'nin sosyo-ekonomik olarak en gelişmiş bölgesidir. Ayrıca, Marmara Bölgesinde Bursa, Edirne ve Kırklareli; Ege Bölgesinde İzmir; Orta Anadolu Bölgesinde Eskişehir ve Ankara; Doğu Anadolu Bölgesinde ise Erzurum ve Iğdır dirençliliği en yüksek iller olarak bulunmuştur. Karadeniz Bölgesinde yer alan neredeyse tüm iller yüksek ve çok yüksek dirençlilik göstermektedir. Öte yandan, Manisa, Kütahya, Uşak, Denizli, Aydın, Antalya, Kocaeli, Düzce, Kırıkkale, Çorum, Amasya, Kayseri, Sivas, Erzincan, Malatya ve Van illerinde ise orta seviyede kuraklık dirençliliği tespit edilmiştir.

Mekânsal olarak çok düşük dirençlilik gösteren illerin en fazla yoğunlaştığı alan, genel olarak, Doğu Akdeniz Bölümü, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat Bölümünü kapsayan bölgedir. Bu bölge aynı zamanda kuraklık yoğunluğunun en yüksek, ekonomik ve sosyal dirençliliğin ise en düşük olduğu bölgelerin başında gelmektedir. Sonuç olarak, bu özelliklerin birleşimi söz konusu bölgeyi Türkiye'nin kuraklığa karşı en az dirençli bölgesi yapmaktadır. Buna ek olarak, Kırşehir ve Yozgat illerinin dirençliliği de çok düşük olarak bulunmuştur. Düşük dirençlilik gösteren iller ise mekânsal olarak Orta Anadolu'nun güneyi, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Bu bölgelere ek olarak düşük dirençlilik gösteren diğer iller ise şu şekildedir: Muğla, Burdur, Afyonkarahisar ve Çankırı. Şekil 3'te gösterilen Türkiye'nin kuraklık dirençliliğinin mekânsal dağılımını özetlemek gerekirse, Türkiye'nin güney yarısı orta, düşük ve çok düşük; kuzey yarısı orta, yüksek ve çok yüksek dirençlilik ile karakterize olmaktadır.



Şekil 3. Türkiye'nin Kuraklık Dirençliliği İndeksinin mekânsal dağılımı. İndeks kuraklık yoğunluğu, ekonomi, sosyal ve yapısal göstergelerin birleşiminden elde edilmiştir. Harita üzerindeki değerler standartlaştırılmış indeks değerlerini göstermektedir. Değerlerin sınıflandırılmasında ise çeyreklikler yöntemi kullanılmıştır.

#### 4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu makalede, gösterge temelli yaklaşımla il bazında Türkiye'nin kuraklık dirençliliği değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre mekânsal kuraklık dirençliliğinin en güçlü olduğu bölgeler kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı bölgeleridir. Bu bölgelerdeki kuraklık dirençliliğinin yüksek olmasının temel nedeni, iklimsel kuraklık riskinin düşük olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca, kuzeybatı bölgesinin sosyo-ekonomik gelişmişliği dirençliliği artıran önemli bir faktör olduğunu vurgulanmak gerekir. Diğer taraftan, dirençliliği düşük olan alanlar, kuraklık riskinin yüksek ve

sosyo-ekonomik gelişimin görece düşük olduğu güney, güneydoğu ve doğuda yoğunlaşmaktadır. Özellikle Doğu Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat Bölümü kuraklık dirençliliğinin en düşük olduğu bölgelerdir. Bu bölgeler için kuraklık dirençliliğinin "sıcak noktaları veya bölgeleri" nitelemesi yapılabilir. Bu bağlamda, söz konusu sıcak bölgelerin kuraklığa karşı dirençliliği diğer bölgelere kıyasla dramatik olduğu söylenebilir. Ayrıca, bu bölgeleri çevreleyen illerin dikkate değer bir bölümünde de düşük dirençlilik tespit edilmiştir. Bu iller özellikle Orta Anadolu'nun güney ve güneybatısı ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun doğusunda kümelenmektedir.

Türkiye'nin kuraklık tehlikesi, hassasiyeti ve riskini değerlendiren Dabanlı (2018)'in bulguları ile çalışmamız sonucunda elde edilen bulgular arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bizim sonuçlarımız ile Dabanlı (2018)'in sonuçları arasındaki temel farklılık, kullanılan gösterge setlerinden kaynaklandığı söylenebilir. Dabanlı (2018) yağış, nüfus yoğunluğu, tarım alanı, sulanan alanlar ve su talebi olmak üzere beş değişken üzerinden analiz yaparken, bizim değerlendirmemiz 15 değişken üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Dabanlı (2018) tarafından tercih edilen değişkenler nüfus ve tarımsal faaliyetler ile ilgilidir, ancak bizim çalışmamızda kullanılan değişkenler daha geniş ekonomik, sosyal ve yapısal bağlamları temsil etmektedir. Tüm bunların yanı sıra,

Bilindiği üzere, kuraklık afeti doğası itibariyle kontrol edilemeyen sistemler içerisinde yer almaktadır ve bu tür afetlerle başa çıkmanın en iyi yolu uyum kapasitesi ve dirençlilik seviyelerini artırmaktan geçer. Bu amaçla, Türkiye'nin kuraklık dirençliliğini ölçmeyi amaçlayan bu öncü çalışma, proaktif kuraklık risk yönetiminin bir parçası olarak tasarlanacak hazırlıklı olma ve risk azaltma stratejileri için yararlı bir çerçeve sunmaktadır. Dahası üretilen dirençlilik haritaları, kuraklığa karşı uygulanacak önlemlerin ilk olarak hangi bölgelere yoğunlaştırılması gerektiğini göstermesi bakımından önemlidir. Bu bakış açısı ve çalışmanın sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, önerimiz: ilk olarak yüksek ağırlık değerlerine sahip değişkenlere odaklanılarak iyileştirme politikalarının tasarlanmasıdır. İkinci olarak, tasarlanan bu politikalar öncelikle çok düşük ve düşük kuraklık dirençliliğine sahip illere uygulanmalıdır.

Afetlere hazırlıklı olma ve risk azaltma süreçlerine yerel bilgi ve paydaşların dahil edilmesi kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, veriye erişim ve uygun tekniklerle veri üretiminin sınırlamaları dikkate alınarak, gelecekteki araştırmalar için bölgesel dirençlilik değerlendirmeleri önerilebilir. Böylece, kuraklık yönetimi için yararlı olan dirençliliğin yerel dinamikleri daha iyi anlaşılabilir.

## 5. Kaynaklar

Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: are they related? *Progress in Human Geography*, 24(3), 347–364.

Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309(5737), 1036–1039.

Adger, W. N., & Kelly, P. M. (1999). Social Vulnerability to Climate Change and the Architecture of Entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4(3/4), 253–266.

Anderson, M. B. (1993). *Disaster Vulnerability And Sustainable Development: A General Framework for Assessing Vulnerability*.

Birkmann, J. (2013a). Data, indicators and criteria for measuring vulnerability: Theoretical bases and requirements. In J. Birkmann (Ed.), *Measuring vulnerability to natural hazards:*

*Towards disaster resilient societies* (pp. 80–106). Tokyo, New York: United Nations University Press.

Birkmann, J. (2013b). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies and to enhance adaptation: Discussion of conceptual frameworks and definitions. In J. Birkmann (Ed.), *Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies* (pp. 9–79). Tokyo, New York: United Nations University Press.

Blauhut, V., Stahl, K., Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., De Stefano, L., & Vogt, J. (2016). Estimating drought risk across Europe from reported drought impacts, drought indices, and vulnerability factors. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(7), 2779–2800.

Bordi, I., Frigio, S., Parenti, P., Speranza, A., & Sutera, A. (2009). The analysis of the Standardized Precipitation Index in the Mediterranean area: large-scale patterns. *Annals of Geophysics*, 44(5-6). <https://doi.org/10.4401/ag-3549>

Brooks, N., Adger, W. N., & Kelly, P. M. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 15(2), 151–163.

Brunelli, M. (2015). *Introduction to the Analytic Hierarchy Process*. Cham Heidelberg New York Dordrecht London: Springer International Publishing.

Bryant, E. (2006). *Natural hazards* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems*, 4(8), 765–781.

Carrão, H., Naumann, G., & Barbosa, P. (2016). Mapping global patterns of drought risk: An empirical framework based on sub-national estimates of hazard, exposure and vulnerability. *Global Environmental Change*, 39, 108–124.

Chen, W., Cutter, S. L., Emrich, C. T., & Shi, P. (2013). Measuring social vulnerability to natural hazards in the Yangtze River Delta region, China. *International Journal of Disaster Risk Science*, 4(4), 169–181. <https://doi.org/10.1007/s13753-013-0018-6>

Cheng, E. W., & Li, H. (2001). Analytic hierarchy process: an approach to determine measures for business performance. *Measuring Business Excellence*, 5(3), 30–37.

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008a). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598–606.

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008b). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598–606.

Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261.

Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7(1). <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>

Cutter, S. L., Mitchell, J. T., & Scott, M. S. (2000). Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*, 90(4), 713–737.

Dabanlı, İ. (2018). Drought hazard, vulnerability, and risk assessment in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences* 11, 1-12.

De Stefano, L., Tánago, I. G., Ballesteros, M., Urquijo, J., Blauhut, V., Stagge, J. H., & Stahl, K. (2015). *Methodological approach considering different factors influencing vulnerability - pan-European scale. Technical Report.*

Deressa, T., Hassan, M. R., & Ringler, C. (2008). *Measuring Ethiopian Farmers' Vulnerability to Climate Change Across Regional States* (IFPRI Discussion Paper No. 806). Washington, D.C. Retrieved from International Food Policy Research Institute (IFPRI) website: <https://www.ifpri.org/publication/measuring-ethiopian-farmers-vulnerability-climate-change-across-regional-states>

Eriyagama, N., Smakhtin, V., Chandrapala, L., & Fernando, K. (2010). *Impacts of Climate Change on Water Resources and Agriculture in Sri Lanka: A Review and Preliminary Vulnerability Mapping* (IWMI Research Report No. 135). Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). Retrieved from International Water Management Institute (IWMI) website: <https://www.iwmi.cgiar.org/publications/iwmi-research-reports/iwmi-research-report-135/> <https://doi.org/10.5337/2010.211>

Field, C. B., Barros, V., Stocker, Thomas F.: Dahe, Qin, & Dokken (Eds.) (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / edited by Christopher B. Field ... [et al.]*. Cambridge: Cambridge University Press.

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267.

Gbetibouo, G. A., & Ringler, C. (2009). *Mapping South African Farming Sector Vulnerability* (IFPRI Discussion Paper No. 26199). Washington, D.C. Retrieved from International Food Policy Research Institute (IFPRI) website: <http://ifpri.org/publication/mapping-south-african-farming-sector-vulnerability-climate-change-and-variability>

Guttman, N. B. (1999). Accepting The Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 35(2), 311–322. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592.x>

Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1–23.

IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]*. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press.



- IPCC (2021). *Summary for Policymakers: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [MassonDelmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.
- Kasperson, J. X., & Kasperson, R. E. (Eds.) (2005). *Risk, society, and policy series. The social contours of risk*. London: Earthscan.
- Kasperson, R. E., Kasperson, J. X., Dow, K., Ezcurra, E., Liverman, D. M., Mitchell, J. K., . . . Timmerman, P. (2001). Introduction: Global environmental risk and society. In J. X. Kasperson & R. E. Kasperson (Eds.), *Global environmental risk*. Tokyo, New York: University Press.
- Kim, H., Park, J., Yoo, J., & Kim, T.-W. (2013). Assessment of drought hazard, vulnerability, and risk: A case study for administrative districts in South Korea. *Journal of Hydro-Environment Research*, 9(1), 28–35.
- Kotzee, I., & Reyers, B. (2016). Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite index approach. *Ecological Indicators*, 60, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.018>
- Lindoso, D. P., Rocha, J. D., Debortoli, N., Parente, I. I., Eiró, F., Bursztyn, M., & Rodrigues-Filho, S. (2014). Integrated assessment of smallholder farming's vulnerability to drought in the Brazilian Semi-arid: a case study in Ceará. *Climatic Change*, 127(1), 93–105. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1116-1>
- Liu, C., Yang, C., Yang, Q., & Wang, J. (2021). Spatiotemporal drought analysis by the standardized precipitation index (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in Sichuan Province, China. *Scientific Reports*, 11(1), 1–24. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80527-3>
- Lorenz, D. F. (2013). The diversity of resilience: contributions from a social science perspective. *Natural Hazards*, 67(1), 7–24. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9654-y>
- Mishra, A. K., Singh, V. P., & Desai, V. R. (2009). Drought characterization: a probabilistic approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23(1), 41–55. <https://doi.org/10.1007/s00477-007-0194-2>
- Moss, R. H., Brenkert, A. L., & Malone, E. L. (2001). *Vulnerability to Climate Change: A Quantitative Approach* (No. Report No. PNNL-SA-33642). Washington DC.
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., . . . West, J. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, 14(4), 303–313.
- Parry, M., Canziani, O. F., Palitukof, J., van der Linden, P., & Hanson, C. (Eds.) (2007). *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to The Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge U.K., New York: Cambridge University Press.
- Patt, A. G., Schröter, D., Klein, R. J. T., & La Vega-Leinert, A. C. de (2011). Vulnerability Research and Assessment to Support Adaptation and Mitigation: Common Themes from the Diversity of Approaches. In A. G. Patt, D. Schröter, R. J. T. Klein, & A. C. de La Vega-Leinert

(Eds.), *Assessing vulnerability to global environmental change: Making research useful for adaptation decision making and policy*. London: Earthscan.

Peacock, W. G., Brody, S. D., Seitz, W. A., Merrell, W. J., Vedlitz, A., Zahran, S., . . . Stickney, R. R. (Eds.) (2010). *Advancing the Resilience of Coastal Localities: Developing, Implementing and Sustaining the Use of Coastal Resilience Indicators: A Final Report*. Texas: Texas A&M University. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35146.80324>

Pelling, M. (2001). Natural Disasters? In N. Castree & B. Braun (Eds.), *Social nature: Theory, practice, and politics* (pp. 170–188). Malden, Mass., Oxford: Blackwell.

Pelling, M. (2003). *The vulnerability of cities: Natural disasters and social resilience*. London: Earthscan Publications.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. New York: McGraw-Hill.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* (Vol. 175). Boston, MA: Springer US.

Schilling, J., Freier, K. P., Hertig, E., & Scheffran, J. (2012). Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 156, 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.021>

Sen, B., Topcu, S., Türkeş, M., & Warner, J. F. (2012). Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey. *Climate Research*, 52, 175–191. <https://doi.org/10.3354/cr01074>

Serkendiz, H., & Tatlı, H. (2021). Türkiye'nin Kuraklık Dirençliğinin Muhtemel Göstergeleri Üzerine Teorik Bir Bakış. 3. *Uluslararası Afet ve Dirençlilik Kongresi*. Symposium conducted at the meeting of AFAD, Ankara.

Sherrieb, K., Norris, F. H., & Galea, S. (2010). Measuring Capacities for Community Resilience. *Social Indicators Research*, 99(2), 227–247. <https://doi.org/10.1007/s11205-010-9576-9>

Tatlı, H., & Türkeş, M. (2011). Empirical Orthogonal Function analysis of the palmer drought indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(7), 981–991. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.03.004>

Tatlı, H. (2021). Multivariate-drought indices—case studies with observations and outputs of NCAR CCSM-4 ensemble models. *Theoretical and Applied Climatology*. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03736-4>

Thornthwaite, C. W. (1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38 (1), 55–94.

Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., . . . Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability

science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8074–8079.

Turp, M. T., Öztürk, T., Türkeş, M., & Kurnaz, M. L. (2014). Regcm4.3.5 Bölgesel İklim Modelini Kullanarak Türkiye ve Çevresi Bölgelerin Yakın Gelecekteki Hava Sıcaklığı ve Yağış Klimatolojileri İçin Öngörülen Değişikliklerin İncelenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(1), 1–24. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/56732>

Türkeş, M. (2012). Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1–32. [https://doi.org/10.1501/Csaum\\_0000000063](https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000063)

Türkeş, M., & Tatlı, H. (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29, 2270–2282. <https://doi.org/10.1002/joc.1862>

UNISDR (2004). *Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives*. New York: United Nations.

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. P. (2004). Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems. *Ecology and Society*, 9(2).

White, P., Pelling, M., Sen, K., Seddon, D., Russel, S., & Few, R. (2005). *Disaster risk reduction: A development concern*. London: Department for International Development.

Wilhelmi, O. V., & Wilhite, D. A. (2002). Assessing Vulnerability to Agricultural Drought: A Nebraska Case Study. *Natural Hazards*, 25(1), 37–58.

Wilhite, D. A. (2000). Chapter 1 Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. In D. A. Wilhite (Ed.), *Routledge hazards and disasters series. Drought: A global assessment* (pp. 1–21). London: Routledge.

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: Natural hazards, people’s vulnerability, and disasters* (2nd ed.). London, New York: Routledge.

Yevjevich, V. (1967). *An Objective Approach to Definitions And Investigations of Continental Hydrologic Droughts. Hydrology Papers: Vol. 23*. Fort Collins Colorado: Colorado State University.

Yohe, G., & Tol, R. S. (2002). Indicators for social and economic coping capacity—moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 12(1), 25–40.

Yoon, D. K., Kang, J. E., & Brody, S. D. (2016). A measurement of community disaster resilience in Korea. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(3), 436–460. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1016142>

Zarafshani, K., Sharafi, L., Azadi, H., & van Passel, S. (2016). Vulnerability Assessment Models to Drought: Toward a Conceptual Framework. *Sustainability*, 8(6), 1–21.