

DOI: 10.26650/JGEOG2019-0005

**COĞRAFYA DERGİSİ**  
**JOURNAL OF GEOGRAPHY**  
 2020, (40)

<http://jgeography.istanbul.edu.tr>


# Türkiye’de Thornthwaite İklim İndislerindeki Eğilimler

## *Trends of Thornthwaite Climate Indices in Turkey*

Erkan YILMAZ<sup>1</sup> <sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara, Türkiye

ORCID: E.Y. 0000-0002-3821-3648

### ÖZ

İklimsel parametreler zaman içerisinde değişmekte, bu değişimler belli eşikleri geçtiklerinde anlamlı farklılık olarak kabul edilmektedir. Türkiye’de, iklim elemanlarındaki değişimler analiz edilmiş ve bu değişimlerin dağılışı hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Değişimler çoğu zaman tek değişkendeki eğilimlerin analizi şeklinde gerçekleştirilmiş ya da iklim modeli öngörülerini ile karşılaştırmak şeklinde olmuş, Türkiye’de sıcaklıkların arttığı, yağışların ise mevsimsel olarak farklılık gösterse de Türkiye’nin kuzeyinde artma, güneyinde azalma şeklinde eğilim gösterdiği, bu değişimlerin 21. yy sonlarında daha artacağı belirlenmiştir. Bu çalışmada, 1971-2010 yılları arasında, Türkiye’de Thornthwaite iklim indislerindeki eğilimler incelenmiş bu amaçla regresyon analizi uygulanmış, hipotez testi için regresyon katsayısına ilişkin t testi kullanılmıştır. Thornthwaite iklim indisleri, birden çok parametreyle oluşturulmakta dolayısıyla bu indislerdeki eğilimler birkaç değişkendeki eğilimi aynı çerçevede görmemize olanak sağlamaktadır. Eğilim analizleri sonucunda, çalışılan periyot boyunca, yağış etkinlik indisinin (YEİ) Karadeniz kıyılarında ve Göller Yöresi’nde artarken diğer bölgelerde azaldığı, sıcaklık tesiri indisinin (TİS) Türkiye’nin tamamında arttığı fakat Karadeniz kıyılarında bu artış oranının düştüğü, kuraklık indisinin (Kİ) Kuzeydoğu Anadolu ve Karadeniz kıyılarında azalırken diğer bölgelerde arttığı, nemlilik indisini (Nİ) Türkiye’nin kuzeyinde artarken güneyinde azaldığı ve denizellik-karasallık oranlarına (DKİ) göre de Doğu Anadolu Bölgesi’nde karasallık şartlarının azaldığı diğer bölgelerde ise denizellik şartlarının zayıfladığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yağış Etkinlik Indisi Eğilimi, Sıcaklık Tesiri Indisi Eğilimi, Kuraklık ve Nemlilik Indisi Eğilimi

### ABSTRACT

Climatic parameters change over time, and these changes are regarded as significant differences when they cross certain thresholds. In Turkey, the temperature increases despite differences in the seasonal variations, and increasing trends are seen in rainfall in the north and decreases in the south. In this study, the trends in the Thornthwaite climate indices in Turkey were examined between the years 1971 and 2010, and regression analysis was used for determining trends. T-tests were applied for the hypothesis test of the regression coefficient. Thornthwaite climate indices are created with multiple parameters since trends in these indices allow us to see the trend in several variables within the same frame. As a result of trend analyses, during the period studied, the annual moisture index (AMI) is increasing in the Black Sea coasts while decreasing trends are found in other regions. The annual potential evapotranspiration index (APE) has increasing trends thorough out Turkey. The aridity index (AI) has positive trends in northeast Anatolia and the Black Sea coasts, while decreasing trends are found in other parts of Turkey. Decreasing trends in the moisture index (MI) are found in the south of Turkey, though it increases in the north. According to the seasonal thermal efficiency index (TEI) trends, it was determined that the maritime conditions are weakening in the coasts of Turkey while become stronger in the Eastern Anatolian region and its surroundings.

**Keywords:** Annual Moisture Index Trends, Annual Potential Evapotranspiration Index Trends, Aridity and Humidity Indexes Trends

**Başvuru/Submitted:** 08.02.2019 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 26.04.2019 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 19.02.2020 • **Kabul/Accepted:** 15.05.2020 • **Online Yayın/Published Online:** 02.06.2020

**Sorumlu yazar/Corresponding author:** Erkan YILMAZ / erylalmaz@ankara.edu.tr

**Atıf/Citation:** Yılmaz, E. (2020). Türkiye’de Thornthwaite İklim İndislerindeki Eğilimler. *Coğrafya Dergisi*. Advance online publication. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2019-0005>



## EXTENDED ABSTRACT

In this study, unlike the above-mentioned studies, instead of using the trend in a single climate variable, the trends of the annual moisture index (AMI), the annual potential evapotranspiration index (APE), the aridity index (AI), the moisture index (MI) and the seasonal thermal efficiency index (TEI), which are created by Thornthwaite methods, were analyzed using linear regression. In this way, instead of analyzing one of the variables, the trend analysis of the inputs in multiple variables was analyzed, the annual change amounts of the variables were determined, and we tried to answer the following questions.

- a) Are there any significant trends in AMI in Turkey?
- b) Are there any significant trends in APE in Turkey?
- c) Are there any significant trends in AI and MI in Turkey?
- d) Are there any significant trends in TEI in Turkey?

During the examined period, the trends of AMI are examined, it is understood that the decreasing and increasing tendencies constitute two different regions, and there are different tendencies in these regions. AMI, in northeast Anatolia, in the Erzurum-Kars region ( $p < 0.01$  level), throughout the Black Sea region ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  and  $p < 0.1$ ) and especially in the Middle Black Sea region, in the Çatalca-Kocaeli region of the Marmara, the Göller region and its surroundings, and the Niğde, Tomarza, Boğazlıyan, Gemerek and Sivas stations have increasing trends. The AMI in other parts of Turkey tend to decrease. Negative trends in Mardin, Nusaybin and Cizre in the Southeastern Anatolia Region, ( $p < 0.05$ ), Malatya and Ahlat in the Eastern Anatolia region ( $p < 0.05$ ), Manavgat, Alanya and Hadim in the Mediterranean region, ( $p < 0.01$  and  $p < 0.05$ ), Kütahya in the Aegean region ( $p < 0.05$ ), and the Geyve and Düzce stations in the Marmara region ( $p < 0.05$  level) are significant. The coefficients are growing as they approach the sea in the Aegean region and falling in the Central Anatolia region.

The APE tends to increase throughout Turkey, except in the Eğirdir and Erciş stations. While the regression coefficients of the decreasing stations are not statistically significant, the increase trends are statistically significant except for the Marmara, Aegean and inland Anatolia regions. Trends are increasing in the Southeastern Anatolia region, with the Mediterranean and Aegean shores (especially in the coastal Aegean section), exceeding the value of 2 mm/year, and exceeding 6 mm in some stations (Mersin 5.2, Cizre 5.3, Alanya 6.8) (Fig. 8b).

As a result of the trend analysis of the humidity index between the years 1970 and 2010, the positive regression coefficient was calculated in 81 stations, and was negative in the remaining 102 stations. The lowest coefficient was determined as -0.8 (Mardin), and the highest was 1.35 (Uludağ). The humidity index values decreased in the south of Turkey, and positive trends were determined in the north. The HI is decreasing in Eastern Anatolia, except in the Erzurum-Kars Region, the Southeast, the Mediterranean, the Aegean Regions, the Ergene Basin, and Salt Lake and its surroundings. Other parts of Turkey have positive trends. There are increasing trends in the Göller Region of the Mediterranean and Aegean regions. The increase in the stations in the Göller region and the middle Black Sea region, and the decrease in the Southeastern Anatolia region and the upper Euphrates regions were determined to be statistically significant (Fig. 9b).

According to the results of the trend analysis, positive regression coefficients were determined in 148 stations, and negative coefficients in 35 stations in Turkey. The lowest regression coefficient was calculated in Kars (-0.21), and the highest regression coefficient in Geyve (0.38) (Fig. 10b). The negative trends of AI were determined in the stations between İnebolu and Sinop, the Eastern Black Sea and the Erzurum-Kars Regions, the stations on the eastern border of Turkey, the Ergani, Palu, Bingöl and Solhan stations and the Göller region, the Korkuteli, Eğirdir and Seydişehir stations. While the negative trends are not significant, this picture is changing, and gaining statistical significance in the increasing trends.

Decreasing TEI was determined in 34 stations adjacent to the Eastern Anatolia region and the border areas, while the remaining parts of Turkey (149 station) tend to increase (Fig. 11b). According to these results, although the Eastern Anatolian region is a region with terrestrial conditions, the decreasing TEI suggests that the terrestrial conditions in the region are weakening. In particular, the decreasing trends in the eastern half of the region are statistically meaningful ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ). This indicates a change in the region to a more regular temperature regime. A closer result was determined by Yilmaz et al. (2012). In that study, temperature irregularities were determined in these areas, and the trends of irregularity in these regions have negative trends.

## 1. GİRİŞ

İklim değişimi analizi, iklim değişkenlerinde meydana gelen eğilimlerle (Türkeş vd., 1996; Tayanç vd., 2009), iklim modelleri ile elde edilen öngörülerin geçmiş dönem ortalamaları ile karşılaştırılarak yapılabilmektedir (Demir vd., 2008; Önel ve Semazzi, 2009). Sıcaklıklardaki yükselme, yağışlardaki azalma, rüzgâr hızlarında meydana gelen değişimler çeşitli eğilim analizleriyle ortaya koyulduğunda, değişkenlerde birim zamanda meydana gelen farklılıklar belli olur ya da zamana bağlı olarak artıp azaldığı söylenerek, iklimdeki değişim ortaya koyulabilir (Vose, Easterling ve Gleason, 2005; Fan ve Doll, 2008). Çeşitli sabit ve değişkenlere bağlı olarak geliştirilen fiziksel modeller farklı senaryolara göre yapılabilmektedir (Qin vd. 2013). İklim modellemesi sonucunda elde edilen veri setlerinin, belli dönem ortalamalarıyla karşılaştırılması sonucunda, gelecekte oluşacak değişim ortaya koyulabilmektedir (Jacob vd. 2007; Déqué vd., 2011). Yine gelecekteki iklim değişkenlerine bağlı iklim sınıflandırması analizleriyle günümüzdeki iklim tiplerinin karşılaştırılmasıyla da bu değişim belirlenebilmektedir (San ve Bae, 2015; Engelbrecht ve Engelbrecht, 2016).

Türkiye’de iklim değişkenlerinin eğiliminin belirlenmesi amacıyla çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunların içinde eğilim analizi en fazla yapılan iklim parametresi sıcaklıktır. Aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklarla yapılan mevsimlik ve yıllık sıcaklık eğilimi çalışmaları, sıcaklıkların sürekli arttığını göstermektedir (Türkeş vd., 1996; Kadioğlu, 1997; Türkeş vd., 2002; Tayanç vd., 2009; İçel ve Ataol, 2014; Kızılelma, vd., 2015). Artışlar, yaz mevsiminde çok yüksek değerler göstermektedir. Yine sayılı gün yöntemi ile yapılan analizlerde de sıcak gün sayılarında artma, soğuk gün sayılarındaki azalmalar da belirlenmiş, bu azalmaların bölgesel düzeyde farklılıklar gösterdiği anlaşılmıştır (Erlat ve Yavaşlı, 2009, 2011; Erlat ve Türkeş, 2015; Deniz ve Gönençgil, 2015; Bayer Altın ve Barak, 2017). Sayılan çalışmalara göre Türkiye’de tropikal ve sıcak günler artmakta, bunun tersine, buzlu donlu, karlı gün sayılarında ise azalmalar yaşanmaktadır. İklim değişikliğine paralel olarak, şehirleşmeye bağlı olarak, özellikle nüfusu yoğun büyükşehirlerdeki arazi örtüsü ve yoğun atmosferik içerik değişimi nedeniyle şehrsel alanlarda küresel ölçekte sıcaklıkların arttığı bilinmekte (Peng vd., 2012), bu durumun tam olarak sera gazına bağlı sıcaklık artışından (bilinen anlamda küresel iklim değişikliği) farklı bir durum olduğu da bilinmektedir (Alcoforado ve Andrade, 2008). Türkiye’de bu konuda da çalışmalar yapılmış, şehrsel alanlardaki sıcaklık değişimi ve bunun bölgesel farklılıkları üzerine analizler yapılmıştır (Tayanç ve Toros, 1997; Özdemir vd., 2011; Yılmaz, 2016; Aykır, 2017; Ezber vd., 2007).

Yağış için yapılan eğilim analizlerinde mevsimsel olarak farklılıklar görülmektedir (Partal ve Kahya, 2006; Demir vd., 2008; Tayanç vd., 2009; Türkeş vd., 2009; İçel ve Ataol, 2014; Çiçek ve Duman, 2015; Raja vd. 2017). Bu çalışmaların bir özeti yapıldığında, Karadeniz kıyılarında yağışların güz ve kış dönemlerinde artma, diğer sahalarda ise yağış azalmaları şeklinde olduğu görülmektedir.

Türkiye için bölgesel iklim modellerine bağlı sıcaklık ve yağış öngörülere bir çok çalışmada farklı senaryolara göre incelenmiştir (Demir vd., 2008; Önel ve Semazzi, 2009; Önel vd., 2014; Turp vd., 2014; Akçakaya vd., 2015; Gürkan vd., 2016). Bu model sonuçlarına göre, Türkiye’de yıllık ve mevsimlik sıcaklıklar artacak, ısınma miktarı 21. yy. sonunda 6°C’a yaklaşacaktır. Yağış koşullarında ise farklı durumlar söz konusu olmakta, Türkiye’nin kuzey ve kuzeydoğusunda yağış artışları, diğer kısımlarında ise yağış azalmaları öngörülmektedir.

Dünya’da kuraklık artmakta, yapılan kuraklık önleyici çalışmalar bu artışta küçük de olsa azaltıcı etki oluşturabilmektedir (Le Houérou, 1996). Kuraklıktaki artış durumu özellikle kuzey yarım küre için daha önemli bir husus haline gelmektedir (Wang ve Yan, 2017; Zhang vd. 2007). Türkiye’de İç ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ile depresyon alanlarında kurak ve yarı kurak sahalarda bulunmaktadır (Türkeş, 1999; 2012; Tatlı ve Türkeş, 2011; Sahin, 2012; İyigün vd. 2013). Türkiye genelinde buharlaşma artmakta (Dadaser-Çelik vd, 2016), kuraklık koşulları değişmektedir. Karabörk (2007) tarafından yapılan ve nemlilik katsayısındaki eğilimlerin incelendiği çalışmada, 1951-1958 yılları arası dönem için bazı sahalarda yağış artışına bağlı nemlilik artışı bulunmuş ve bunun Kuzey Atlantik Salınımı ile negatif bir ilişkiye sahip olduğu görülmüştür. Ceylan vd. (2009) tarafından 214 istasyon kullanılarak yağış ve potansiyel evapotranspirasyon değerlerine dayalı UNEP (United Nations Environmental Programme-Birleşmiş Milletler Çevre Program) tarafından 1993 yılında yayımlanan kuraklık indisi kullanılarak yapılan araştırmada 1965-1990 ve 1990-2007 yılları arası döneme ait iki farklı kuraklık indisi haritası üretilmiş ve karşılaştırılmış, sonuçta Konya doğusundaki çok kurak sahalarda genişlediği belirlenmiştir. UNESCO tarafından önerilen kuraklık indisi kullanılarak kuraklıktaki eğilimlerin araştırıldığı başka bir araştırmada kuzeydoğu Anadolu ile Karadeniz kıyılarında kuraklığın azaldığı diğer sahalarda arttığı belirtilmektedir (Önder vd., 2009). Dabanlı (2019) tarafından Türkiye’de 1971-2010 yılları arasındaki kuraklık riski ve şiddetinin arttığı belirtilmiş, çalışmada, tüm istasyon verileri birleştirilerek kullanılmış istatistiksel sonuçlar verilmiş, alansal dağılım ve risk durumundan bahsedilmemiştir. Poyraz (2019) tarafından Türkiye’de gelecekte

oluşabilecek kuraklık durumunun 4 farklı iklim modeli sonucuna göre değerlendirdiği çalışmada, 21 yüzyıl sonunda kuraklık şiddet ve alanının artacağı bunun da Hadley Dolaşımından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Yukarıda anlatılan, tek iklim değişkenindeki eğilim ve öngörülerin araştırılmasının yanında, iklimdeki farklılaşmayı ve bunun öngörüsüne yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. Bunlardan ilki Akın vd., (2011) tarafından Köppen iklim sınıflandırmasındaki değişimler şeklinde yapılmış, 21. Yüzyılın ikinci yarısında Kuzeydoğu Anadolu'daki kar yağışlı sahaların azalacağı ve daha ılıman yağışlı olacağı, İç Anadolu ve Kuzey Anadolu'da ise yağışların azalacağı belirtilmiştir. Yine, Tatlı (2017) tarafından Holdridge yaşam bölgeleri ve Köppen iklim sınıflandırmasına göre yapılan çalışmada, Türkiye'nin güneydoğusunda kurak ve sıcak şartların hakim olacağı bildirilmiştir. Benzer şekilde, Selek vd. (2018) tarafından 1950-1980 ve 1980-2010 yılları arasında, Thornthwaite yağış etkinlik indisine göre Türkiye'deki yağış etkinlik sınıflarındaki değişimler, hidrografik bölgelere göre incelenmiş ve yarı kurak bölgelerin arttığı belirlenmiştir.

Türkiye iklim değişkenlerindeki eğilimler farklı araştırmacı ve kurumlar tarafından yapılan eğilim analizlerinde, farklı yöntemler uygulanmış, yukarıda görüldüğü gibi farklı periyotlar incelenmiştir. Bu da çalışmaların karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda çalışmalar tek bir iklim değişkeninin ya da tek bir indisin eğilimi şeklinde yapılmıştır. Bu çalışmada, yukarıda belirtilen çalışmalardan farklı olarak, tek bir iklim değişkenindeki eğilim yerine, Türkiye'de Thornthwaite iklim sınıflandırmasında (TİS) üretilen yağış etkinlik indisine (YEİ), sıcaklık tesiri indisine (STİ), nemlilik-kuraklık (NK, KI) indisleri ile denizellik-karasallık indislerindeki (DKİ) eğilimler, doğrusal regresyon kullanılarak analiz edilmiştir. Bu sayede aynı dönem içerisinde, değişkenlerin tek birinin analiz edilmesi yerine, birden çok değişkenle elde edilen indislerdeki eğilim analiz incelenmiş, değişkenlerin yıllık değişim miktarları belirlenmiş ve aşağıdaki sorulara cevap verilmeye çalışılmıştır.

- TİS'e göre Türkiye'de yağış etkinlik indisinde bir değişim var mıdır?
- TİS'e göre Türkiye'de sıcaklık tesiri indisinde bir değişim var mıdır?
- TİS'e göre Türkiye'de nemlilik ve kuraklık indislerinde bir değişim var mıdır?
- TİS'e göre Türkiye'de DKİ oranlarında bir değişim var mıdır?

İncelenen değişkenlerden YEİ, yıllık su fazlası ve yıllık su noksanı değerlerinin potansiyel evapotranspirasyona oranlanması ile elde edilmekte, bir sahada nemli ve kurak dönemin tüm yıldaki buharlaşmaya oranını ifade etmektedir. Bu oran, tam olarak kuraklık ya da nemliliği ifade etmemekte, bu iki ögenin birlikteki durumunu göstermektedir. Bu orandaki eğilim de bu durumdaki değişikliği yansıtmaktadır.

STİ, direkt olarak buharlaşma kapasitesi manasına gelmekte ve daha evvel kuraklık ve buharlaşma eğilimleri ile yapılan çalışmalara benzerlikler göstermektedir. Thornthwaite yönteminde buharlaşma kapasitesi, sadece 0 °C'ın üzerindeki sıcaklıklarda ve güneşlenme süresi boyunca belirlenmektedir. Bu indis, diğer kuraklık indislerine benzemekle birlikte hesaplanma yöntemi açısından farklılık göstermekte ve yıllık buharlaşma kapasitesindeki eğilimi ifade etmektedir.

Nemlilik indisine, bir sahada nemli dönemdeki su fazlası değerinin tüm yıldaki buharlaşma kapasitesine oranlanması ile elde edilmekte, dolayısıyla bir mevsimden ziyade, her saha için farklı uzunlukta olan nemli dönemdeki durum hakkında bilgi vermektedir. Bu indisteki eğilimler, nemli dönemdeki yağış ile yıllık ortalama sıcaklık arasındaki ilişkideki değişimi yansıtmaktadır.

Kuraklık indisine, her saha için farklı uzunlukta ve miktarda olan su noksanlarının, yıllık buharlaşma kapasitesine oranını ifade etmektedir. Bu orandaki değişim, kurak dönemdeki su noksanlarının değişimini karakterize etmektedir.

DKİ değerleri, bir sahadaki karasallık ve denizellik derecesini vermektedir. Bu değerdeki azalma ya da artışlar, iklim değişkenlerindeki yıl içindeki varyansın, uzun yıllık süreçteki değişikliğini göstermesi açısından önemlidir. Bir sahadaki, değişkenlerde varyansın azalması, denizelliğe doğru gidişi göstermekte ve daha kararlı bir iklim yapısı oluşturmaktadır. Tam tersi durumlar ise daha değişken ve kararsız bir yapı sunmaktadır. Türkiye'de bu değişkenliğin eğilimi hakkında çalışma mevcut değildir.

## 2. VERİ VE YÖNTEM

### 2.1. Kullanılan İstasyonlar ve Veri Setleri

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait istasyon verileri kullanılmıştır. Alınan 219 meteoroloji istasyonuna ait veriler değerlendirilmiş, 1971-2010 yılları arası dönemde manuel istasyon ölçümlerinin yapıldığı, aylık ortalama sıcaklık



**Şekil 1:** Çalışmada kullanılan, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait istasyonlar ve yağış dönemleri (Taralı bölgeler sıcak dönemi yağışlı sahaları göstermektedir).

**Figure 1:** Location of the stations used in the study, belonging to Turkish State Meteorological Service and rainy periods (The hatched areas show the rainy period in hot season).

ve aylık toplam yağış verilerinin tam ya da çok az eksik olduğu 183 meteoroloji istasyonu belirlenmiştir (Şekil 1). Otomatik meteorolojik gözlem istasyonu verileri, istasyon türü değiştiğinden ve eğilimi analizi yapılması amaçlandığından tercih dışı bırakılmıştır. Seçilen istasyonlardan da veri eksikliği 1 yıldan fazla olan istasyonlar çalışma dışı bırakılmıştır. 183 meteoroloji istasyonunun eksik verisi olan aylık değerleri, eksik olan ay için, o ayın eksik olan verisi haricinde hesaplanan aritmetik ortalama değeri kullanılarak tamamlanmıştır (Enders, 2010, s. 42; Alkan vd., 2015). Bu sayede eksik verinin eğilim hesaplamalarına olan etkisi yok edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada, verilerin türdeşlik (homojenlik) analizi Kruskal-Wallis (K-W) analizi ile yapılmıştır (Sneyers, 1990; Türkeş, 1996; Türkeş vd., 2002; Bayer Altın ve Barak, 2017). Bu amaçla 40 yıllık veri 10 ve 5 yıllık 8 ve 4 farklı gruba ayrılmış, gruplara ait Kruskal-Wallis H değeri elde edilmiş ve hipotez testi yapılmıştır. Analiz için H değeri, eşitlik 1 kullanılarak hesap edilmektedir.

$$H = \frac{12}{N+1} \left( \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right) - 3(N+1) \quad [1]$$

Eşitlik 1'de  $R_i$ ; her gruptaki gözlemlerin rank değeri toplamını,  $N$  toplam gözlem sayısını,  $n_i$ ; her gruptaki gözlem sayısını,  $k$  ise grup sayısını ifade etmektedir (Ünver ve Gamgam,

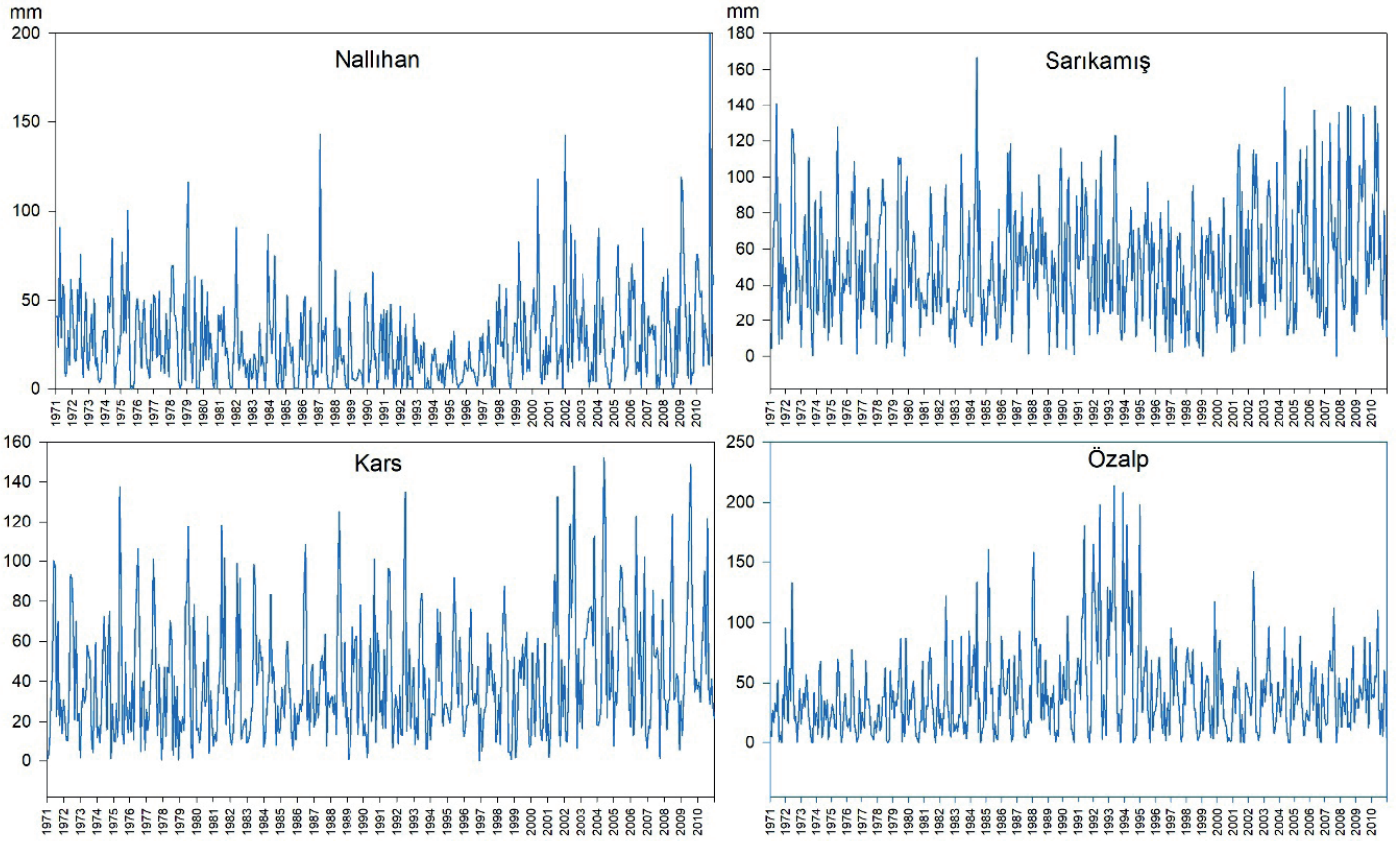
1999, s. 375). H değerinin hipotez testi, k-1 serbestlik dereceli  $\chi^2$  dağılımına göre yapılmaktadır. Çalışmada,  $\alpha$  değeri 0,05 olarak alınmıştır.

10'ar ve 5'er yıllık gruplar ayrı ayrı analiz edildiğinde, sıcaklık verilerinin tamamının, yağış verilerinin ise 4 istasyon haricinde tamamının ( $p < 0.05$ ) türdeş olduğu anlaşılmıştır. Yağış verisi türdeş olmayan, Kars (17097), Nallıhan (17679), Sarıkamış (17692) ve Özalp (17812) istasyonlarının hangi dönemleri arasında farklılıkların olduğunu belirlemek amacıyla, ardışık Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Mann-Whitney U testi, normal dağılım göstermeyen grupların medyanlarının karşılaştırılması amacıyla kullanılan nonparametrik bir istatistiktir (Sheskin, 2003). U değeri eşitlik 2 kullanılarak hesap edilmekte, örneğe ait ortalama belirlendikten sonra Z değeri hesap edilmekte ve normal dağılıma göre değerlendirilmektedir.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} \sum R_1 \quad [2]$$

Eşitlikte,  $n_1$  ve  $n_2$ ; gruplarda yer alan gözlem sayısını,  $R$  ise her gruba ait rank değerlerini ifade etmektedir.

Analizler sonucunda, Nallıhan istasyonunun 1976-1980 ve 1981-1985, Sarıkamış istasyonunun 1986-1990 ve 1991-1995, Nallıhan ve Özalp istasyonlarının 1991-1995 ve 1996-2000, Kars ve Sarıkamış'ın 1996-2000 ve 2001-2005 dönemleri



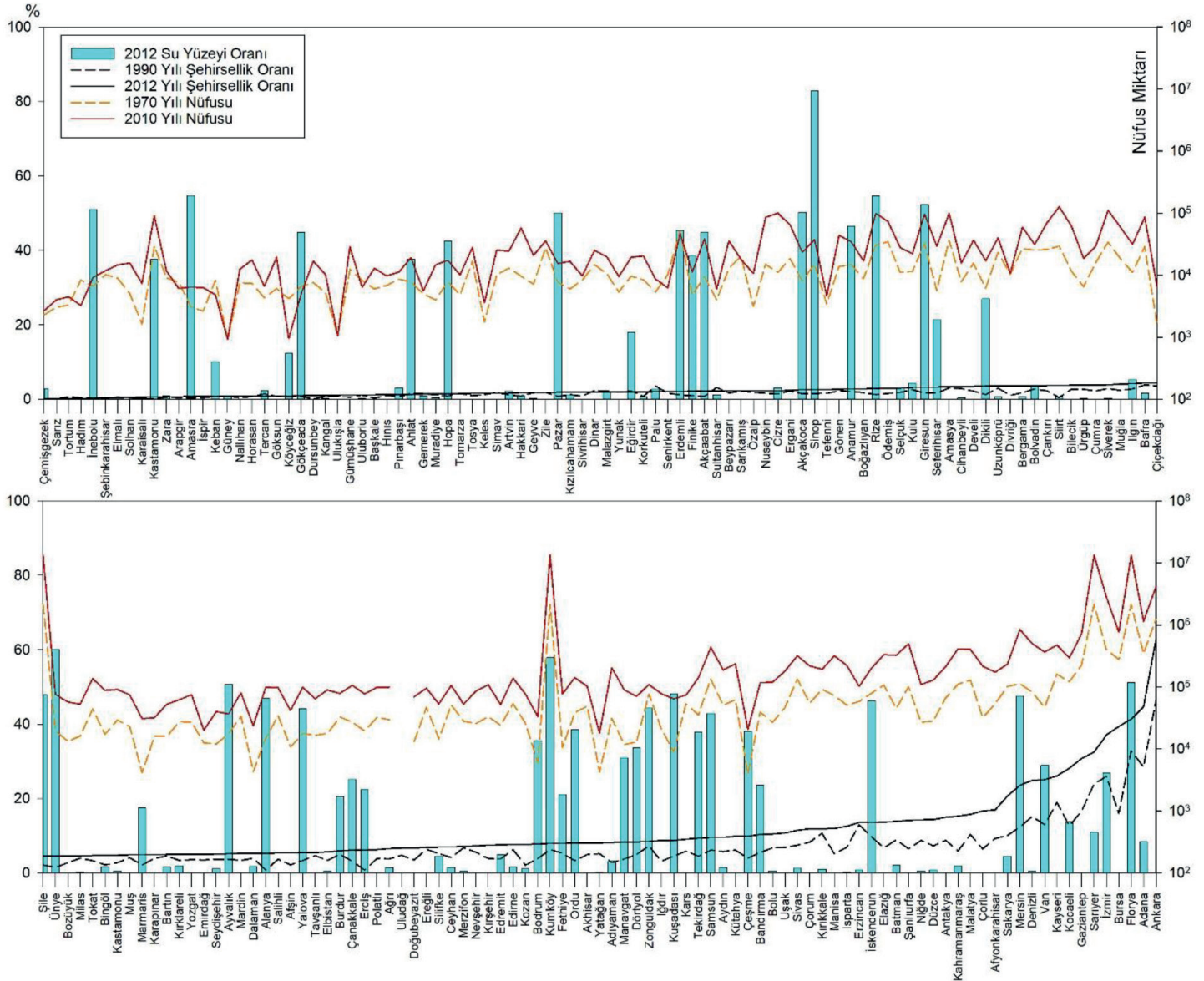
**Şekil 2:** Kruskal-Wallis H testinde homojen olmayan istasyonların aylık toplam yağış verileri.  
**Figure 2:** Monthly total precipitation time series of non-homogeneous stations in Kruskal-Wallis H test.

arasında belirgin yağış farklılaşmalarının olduğu görülmüştür. Bu istasyonlara ait zaman serileri grafiksel olarak incelenmiş ve dalgalanmalar olduğu belirlenmiş, Sarıkamış ve Kars istasyonlarındaki dalgalanmaların klimatolojik açıdan beklenebilir durumlar olduğu anlaşılmıştır (**Şekil 2**). Özalp istasyonunda 1990'lı yıllardaki yağış artışı, Van Gölü Havzası genelinde yaşanmış ve göl seviyesinde önemli yükselişler meydana gelmiştir. Dolayısıyla bu istasyondaki yağış artışı, hatalı ölçümlerden kaynaklanmamaktadır (Gürer ve Yıldız, 1996). Nallıhan istasyonunda 1990'lı yılların ortalarında belirlenen yağış azalması, bu dönemde Sakarya Havzası genelinde yaşanan bir kuraklıkla ilişkilidir (Akbaş, 2014).

Çalışmada, istasyonların çevresel özellikleri belirlenmek istenmiş, bu durumu yansıtmaya amacıyla farklı değişkenler kullanılmıştır. Bu değişkenlerden ilki istasyonun bulunduğu yerleşmenin nüfustur. Bu amaçla TÜİK (2019) verilerinden yararlanılarak istasyonların bulunduğu yerleşmelere ait nüfus bilgileri elde edilmiştir (**Şekil 3**). Bu değerlere göre büyükşehirler içerisinde bulunan istasyon nüfuslarının yüksek olduğu görülmektedir. Fakat nüfus miktarı, istasyonların çevresel özelliklerini tam olarak yansıtamamaktadır.

İstasyonların verilerinin şehirleşmeden etkilenebileceği düşünülmüş bu nedenle şehirsellik oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, CORINE (1990, 2012) arazi örtüsü-kullanımı haritalarından yararlanılmıştır. İstasyon çevresi şehirsellik oranı (İÇŞO) belirlenirken, istasyona ait 10 km çaplı bir daire çizilmiş (**Şekil 4**), bu daire içinde yer alan şehrsel özellik gösteren arazi örtülerinin alanları (sürekli şehir yapısı, kesikli şehir yapısı, endüstriyel ve ticari alanlar, ulaşım alanları, maden çıkarım alanları, boşaltım alanları, inşaat sahaları ve spor ve eğlence alanları) tüm daire alanına oranlanarak İÇŞO değeri elde edilmiştir. Bu duruma göre, Ankara şehrinde yer alan istasyonların şehirsellik oranları İstanbul'da yer alan istasyonlara göre daha yüksek çıkmıştır (**Şekil 3**). Aynı yöntem istasyon çevresi su yüzeyi oranı (İÇSYO) değeri elde edilirken de kullanılmış, istasyon çevresindeki su yolları, su kütleleri, kıyı lagünleri, nehir ağızları ile nehir ve okyanus alanlarının oranı alınmıştır.

Çalışmada kullanılan istasyonlara göre oluşturulan yıllık ortalama sıcaklık haritası incelendiğinde, Türkiye'deki sıcaklıkların kıyıya ve güneye doğru arttığı, İç ve Doğu Anadolu bölgelerinde, özellikle yükseltisi fazla olan plato sahalarında düştüğü görülmektedir (**Şekil 5a**). Yine sıcaklıkların



**Şekil 3:** Çalışmada kullanılan istasyonların özellikleri (Alttaki grafik üsttekinin devamıdır, istasyonlar 2012 yılı şehirsellik oranına göre sıralanmıştır).  
**Figure 3:** The characteristics of the stations used in the study (The bottom figure is the continuation of the above and the stations are ranked according to the urbanization rate of 2012).

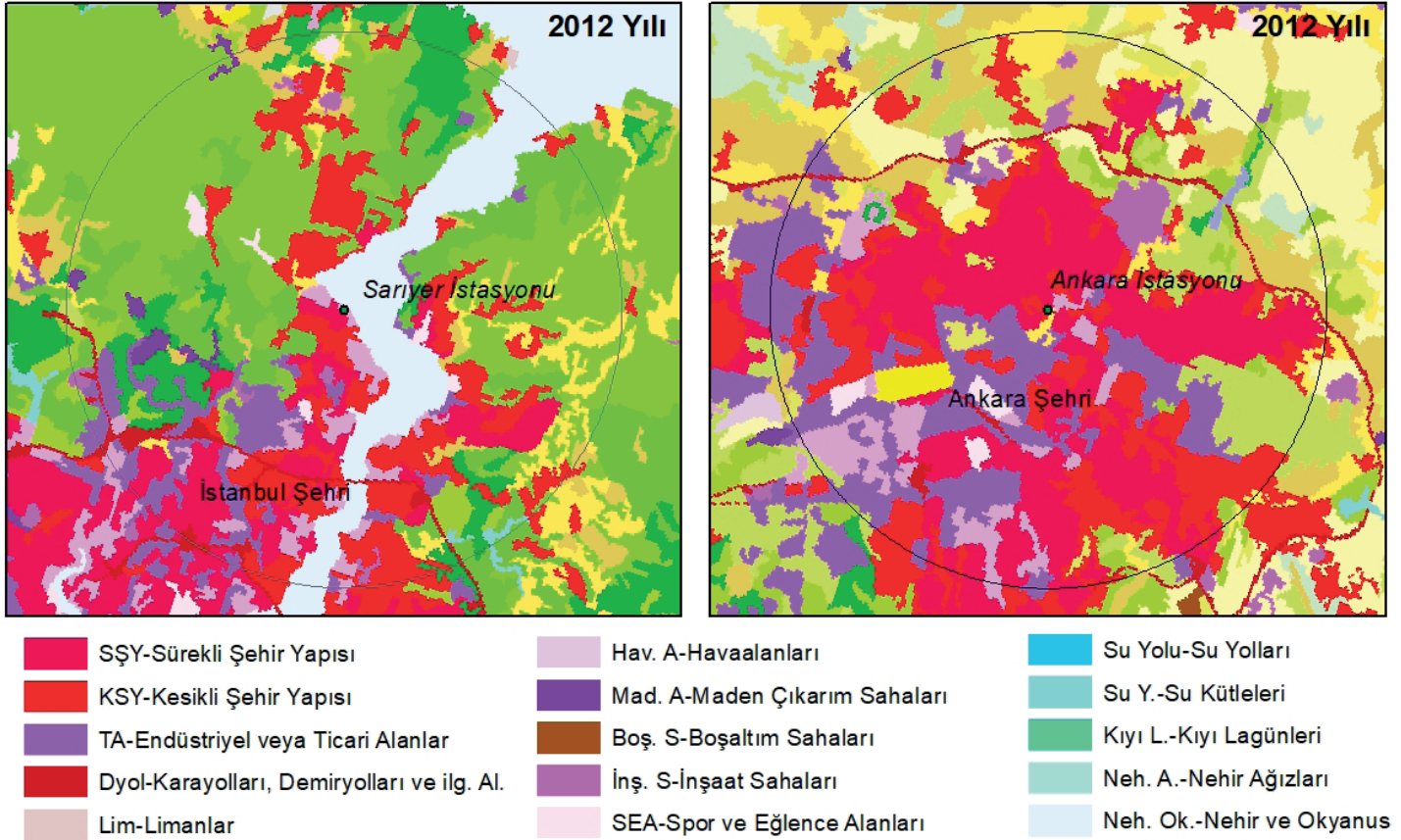
değişkenliğini belirlemek amacıyla üretilen standart sapma haritasında, değişkenliğin Doğu Anadolu ile İç Anadolu Bölgesi doğusunda yüksek olduğu anlaşılmaktadır. İç Ege Bölümü ve Antalya Bölümü'nün kara içinde kalan yüksek rakıma sahip istasyonlarında da standart sapma değerleri yüksektir (Şekil 5b).

Çalışmada kullanılan istasyonların yıllık toplam yağışları 262 mm ile 2235 mm arasında değişmektedir. Tüm Türkiye kıyıları ve özellikle Doğu Karadeniz kıyıları yüksek yağış alırken iç kesimlere geçildikçe yağış miktarlarında düşüş olmaktadır (Şekil 6a). Yağışın uzun yıllık değişim katsayısı incelendiğinde, güneye ve kıyılara doğru yağış değişkenliğinin arttığı görülmektedir. İç ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde de yağış

değişkenliği yüksekken, Doğu ve Orta Karadeniz bölümlerinde değişkenlik düşüktür (Şekil 6b).

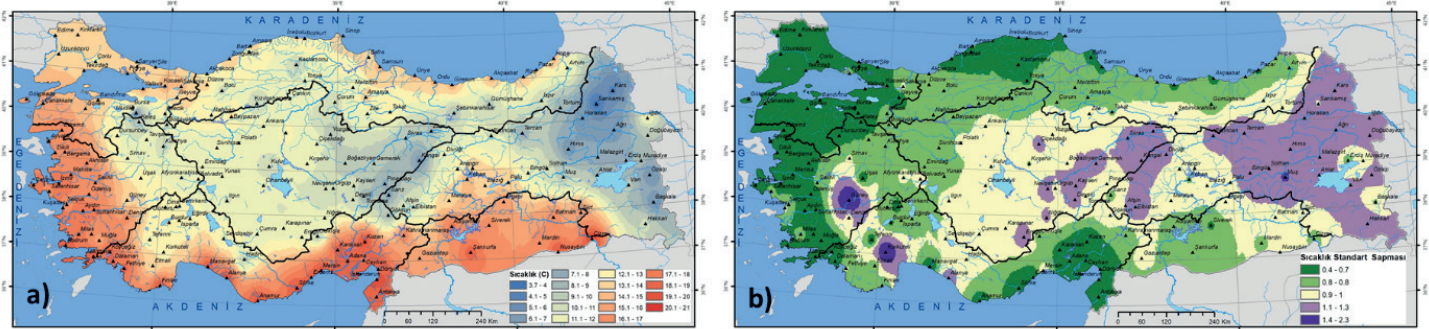
Çalışmada kullanılan istasyonlar Türkiye'ye homojen bir şekilde dağılsa da bölgelere düşen istasyon sayısı, bölge alanlarındaki değişimden dolayı eşit değildir. Kullanılan istasyonların 32'si Karadeniz, 20'si Marmara, 30'u Ege, 31'i Akdeniz, 30'u İç Anadolu, 30'u Doğu Anadolu, 10'u ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır.

Kullanılan istasyonların nisan-eylül arası dönemi sıcak (yaz), ekim-mart arası dönemi soğuk (kış) dönem olarak alınıp, bu dönemler arasındaki yağış toplamaları değerlendirildiğinde,



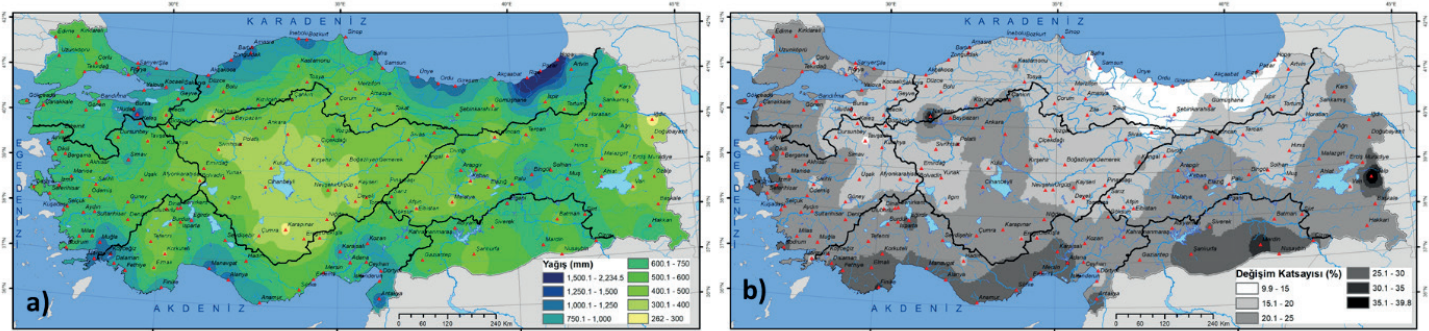
Şekil 4: Sariyer (İstanbul) ve Ankara (bölge istasyonu) istasyonuna ait 10 km çaplı karakter alanı ve 2012 yılı CORINE arazi örtüleri.

Figure 4: 10 km buffer zone for characteristic area of Sariyer (Istanbul) and Ankara (center station) meteorological station and 2012 CORINE land covers.



Şekil 5: a) Kullanılan istasyon verilerine göre oluşturulan yıllık ortalama sıcaklık ve b) bu sıcaklıklara ait standart sapma dağılışı.

Figure 5: a) Distribution of mean annual temperature (b) and standard deviation of temperature.



Şekil 6: a) Kullanılan istasyon verilerine göre oluşturulan yıllık toplam yağış ve b) yağışlara ait değişim katsayısı.

Figure 6: (a) Distribution of annual total precipitation in Turkey and b) the variation coefficient of precipitation.



Erzurum-Kars Bölümü ile Ilgaz Dağları, Gökırmak ve Devrez Depresyonlarında sıcak dönem yağışlarının, Türkiye'nin geriye kalan bölümlerinde ise soğuk dönem yağışlarının yüksek olduğu görülmüştür (**Şekil 1**). Bu belirleme, özellikle Thornthwaite iklim sınıflandırması için önemlidir. Thornthwaite (1948), yazı yağışlı sahalarda olduğu bölgelerde, su açıklarının kış döneminde yaşanacağını belirtmiştir. Türkiye'de yaz döneminde daha fazla yağış alan sahalarda, su açıkları da yine yaz ve onu takip eden güz mevsimine denk gelmektedir. Bu nedenle nemlilik ve kuraklık indisleri, diğer sahalarda gibi hesap edilmiştir. Türkiye'de oluşan bu durumun nedeni, soğuk dönemde sıcak döneme göre düşük yağış alınmış olursa da bu dönemde buharlaşmanın azalması ve yukarıda sayılan bölgelerde herhangi bir su açığı hesaplanamamasıdır.

## 2.2. Thornthwaite İklim Sınıflandırma Yöntemi

Thornthwaite (1948), bir sahanın su bütçesini incelemek amacıyla çeşitli eşitlikler geliştirmiş, bu eşitliklerle elde edilen sonuçlara bağlı olarak da farklı indisler oluşturmuştur. Bu indisler içerisinde, yağış etkinlik indisi (YEİ), sıcaklık tesiri indisi (STİ), nemlilik indisi (Nİ), kuraklık indisi (Kİ) ve denizellik-karasallık indisi (DKİ) bulunmaktadır. Bu indislerin belirlenebilmesi için, bir istasyona ait su bilançosu tablosu hazırlanmakta daha sonra bu tablo öğeleriyle çeşitli hesaplamalar yapılarak bu indisler elde edilmektedir. Yöntem oldukça karmaşık ve uzun bir anlatı içermekte, burada çalışmayı ilgilendirdiği ölçüde bilgi verilerek yetinilmiştir. Ayrıntılı bilgiye Thornthwaite (1948), Akman (1990, s. 195–215), Ardel vd. (1969, s. 291–309) kaynaklarından ulaşılabilir.

Thornthwaite su bilançosu, aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri ile hazırlanmaktadır. Aylık ortalama sıcaklıklar, eşitlik 3 kullanılarak aylık sıcaklık indislerine çevrilir. Aylık olan bu değerler toplanarak yıllık sıcaklık indisi (YSI) elde edilir (Eşitlik 4).

$$ASI_i = \begin{cases} AOS_i \leq 0; & 0 \\ AOS_i > 0; & \frac{AOS_i^{1.514}}{5} \end{cases} \quad [3]$$

$$YSI = \sum_{i=1}^{12} ASI_i \quad [4]$$

Tashihsiz (düzeltilmemiş) potansiyel evapotranspirasyon (TPE) oranları için eşitlik 5 kullanılır.

$$TPE = 16 \frac{10AS_i^{(0.000000675YSI)^3 - (0.000000675YSI)^2 + (0.000000675YSI) + 0.49239}}{YSI} \quad [5]$$

Enlem düzeltme katsayısı (EDK), hesap edilen nokta için, hesap edilen ay ortasında gündüz süresinin gece süresine oranını ifade etmektedir.

Tashih (düzeltilmiş) edilmiş potansiyel evapotranspirasyon oranı (TEPE), EDK ile TPE çarpımı ile belirlenir (Eşitlik 6).

$$TEPE = EDK \cdot TPE \quad [6]$$

Bundan sonraki işlem, depo değişimi (DD), birikmiş su (BS), gerçek evapotranspirasyon (GE) değerlerinin belirlenmesidir. Daha sonra su noksanları (SN) ve su fazlası (SF) değerleri hesap edilir.

Su Noksanı değeri, düzeltilmiş evapotranspirasyon değerinden aylık toplam yağış ve depolanan su miktarı çıkarıldığında elde edilen miktardır. Bu değer 0'dan düşükse 0 olarak alınır ve eşitlik 7'deki kurallara göre belirlenir.

$$SN = \begin{cases} TEPE - (ATY + DD) < 0; & 0 \\ TEPE - (ATY + DD) \geq 0; & TEPE - (ATY + DD) \end{cases} \quad [7]$$

Su Fazlası değeri, yağış miktarından, düzeltilmiş evapotranspirasyon değeri ve depo değişim miktarının çıkarılması ile elde edilir. Elde edilen değer 0'dan küçükse 0 olarak alınır (Eşitlik 8).

$$SF = \begin{cases} ATY - DD - TEPE < 0; & 0 \\ ATY - DD - TEPE \geq 0; & ATY - DD - Etpd \end{cases} \quad [8]$$

Aylık su noksanı ve su fazlası değerleri toplanarak, yıllık su noksanı (YSN) ve yıllık su fazlası (YSF) değerleri belirlenir.

Yağış etkinlik indisi hesabı için; (100YSF-60YSN)/STİ formülü kullanılır. Buradaki STİ değeri, yıllık toplam TEPE değerini ifade eder. Bu değere göre bir saha, A-çok nemli (>100), B1., 2., 3. ve 4. dereceden nemli (1=20-40, 2=40-60, 3=60-80, 4=80-100) şeklinde sınıflandırılır. C2 sınıfı yarı nemli alanları (0-20), C1 sınıfı kurak-yarı nemli alanları (-20-0), D yarı kurak alanları (-40)-(-20), E ise kurak alanları (<-40) ifade etmektedir.

Sıcaklık tesiri indisi için direkt olarak yıllık toplam düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon (STI) değeri kullanılır. Bu değere göre bir saha, A'-megatermal (>1140), B'1., 2., 3. ve 4. dereceden mezotermal (1=20-40, 2=40-60, 3=60-80, 4=80-100) şeklinde sınıflandırılır. C'1 ve C'2 sınıfları mikrotermal alanları, D' tundra, E' ise don sahaları ifade etmektedir.

Kuraklık indisi (Kİ), nemli sahalardaki kuraklık derecesini ölçmek amacıyla kullanılır ve 100YSN/STI formülüyle elde edilir. Bu değere göre bir saha su açığı yok ya az olan (Kİ değeri 0-16.7 arasında), orta derecede su açığı olan saha (Kİ değeri 16.7-33.3 arasında) ve şiddetli su açığı saha (Kİ 33'ten büyük) olarak sınıflandırılır.

Nemlilik indisi (Nİ), 100YSF/STI formülüyle elde edilmekte, kurak sahalardaki nemli dönemi nitelemektedir. Elde edilen değere göre bir yer, su fazlası yok ya da az olan saha (Nİ değeri 10'dan küçük), orta derecede su fazlası olan saha (Nİ 10-20 arasında) ve şiddetli su fazlası olan saha (Nİ 20'den büyük) olarak sınıflandırılmaktadır.

Denizellik-karasallık oranı, en sıcak üç ayın potansiyel evapotranspirasyonunun yıllık potansiyel evapotranspirasyona (STI) oranlanmasıyla ve 100 ile çarpımıyla elde edilir. Bu oranın büyümesi, karasallığın arttığını göstermekte, değer 48'den küçük olması durumunda ise tam denizel koşulların olduğu yorumu yapılır.

Thorntwaite iklim indisleri, bir sahadaki iklim özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanıldığında, uzun yıllık (en az 30 yıl) veri ortalamaları ile hesaplanmakta ve uzun yıllık ortalama su bilançosu tablosu elde edilerek bir sahadaki iklim özellikleri belirlenmektedir. Bu çalışmada, bu indislerdeki eğilim analiz edilmiştir. Bu nedenle, her yıl değerleri ayrı ayrı analiz edilmiş, her istasyon incelenen periyot boyunca her yılı için ayrı su bilançoları hazırlanmış, bu değerlerden eğilimi analizi belirlenmiştir.

### 2.3. Regresyon İle Eğilim Belirleme Ve Hipotez Testi

İklim öğelerinin birim zamandaki artış ve azalış durumlarını incelemek amacıyla Pearson korelasyon analizi, Mann-Kendall sıra korelasyon testi, Sen'in eğilim yöntemi ve regresyon analizi kullanılabilir (Kalaycı ve Kahya, 1998; Büyükyıldız ve Berktaş, 2004). Regresyon analizi, diğer yöntemlerden farklı olarak birim zamandaki artma-azalma miktarını da vermektedir. Bu nedenle çalışmada regresyon analizi kullanılmıştır. Regresyon analizi, biri bağımlı diğeri bağımsız iki değişken arasındaki ilişkiyi ortaya koymakta ve bir eşitlik ile ifade edilmektedir (Eşitlik 9). Eşitlikte  $y$ ; bağımsız değişkeni ifade etmekte ve bu çalışmada eğilim ölçmek istendiğinden, eğilimi hesaplanan indisi olarak kullanılmıştır (Örnek: YEİ).  $a$  değeri; bir katsayıdır ve regresyon doğrusunun ordinat eksenini kestiği noktayı vermektedir. Bu çalışmada bu değer herhangi bir amaçla kullanılmamıştır.  $b$  değeri, bir katsayıdır, regresyonun eğimini

vermekte ve regresyon katsayısı olarak adlandırılmaktadır.  $x$  değeri, bağımlı değişkendir ve bu çalışmada zamanı (yıl) ifade etmektedir.  $e$  değeri ise elde edilen eşitlik uygulandığında elde edilen hataları ifade etmektedir (Freund, 1979, s. 360-371).

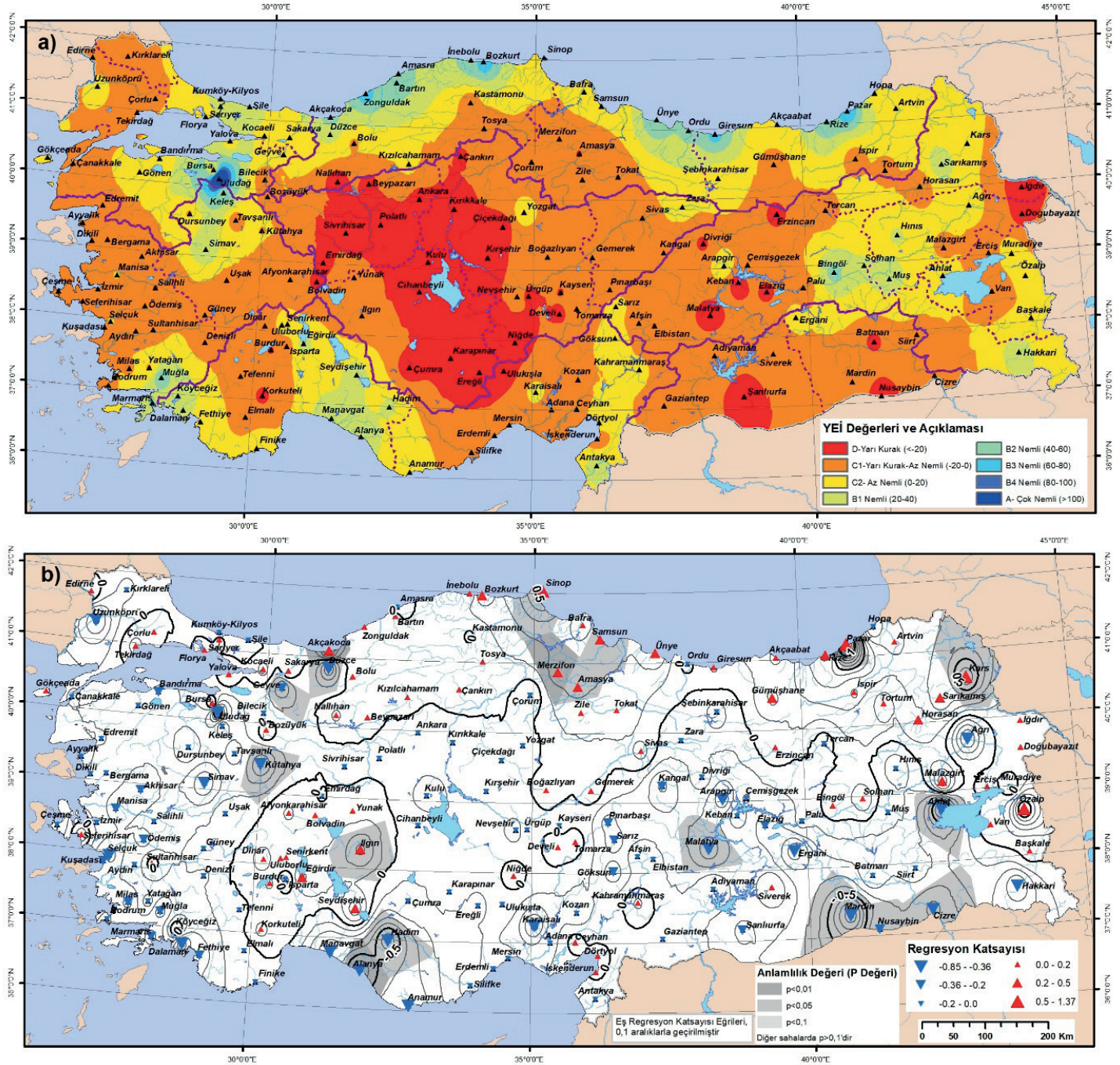
$$y=a+bx+e \quad [9]$$

Regresyon analizi ile elde edilen eğim değeri yani regresyon katsayısı ( $b$ ), pozitif ya da negatif artma ya da azalma şeklinde yorumlanabildiği gibi, mutlak olarak da değerlendirilebilmektedir. Eğer, -0.05 gibi bir değer bulunmuşsa, bu değer o parametrenin yılda 0.05 azaldığını göstermektedir. Bu sayede parametrelerdeki 10 yıllık (0,5) ve 100 yıllık değişim (5) öngörülmesi de yapılabilmektedir. Mesela, YEİ regresyon analizinde, A istasyonu için regresyon katsayısı 0.03 olarak belirlenmişse, bu durum A istasyonunda YEİ değerinin yılda 0.03, 10 yılda ise 0.3 artmakta olduğunu göstermektedir.

Regresyon katsayısı her zaman istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bunu belirlemek amacıyla  $t$  testi uygulanmaktadır (Albar, 2003, s. 200). Bu amaçla, regresyon analizi esnasında elde edilen regresyon katsayısının standart hataya bölümü ile  $t$  değeri elde edilmektedir. Bu  $t$  değerine ilişkin olasılık değeri ( $p$ ),  $n-2$  serbestlik dereceli  $t$  dağılımından elde edilmektedir. Bu çalışmada  $t$  değerlerine ait olasılık değerleri,  $p<0.01$ ,  $p<0.05$  ve  $p<0.1$  olduğunda anlamlı kabul edilmiş ve bu şekilde haritalama gerçekleştirilmiştir.

Bulguların anlatımı esnasında haritalama yapılırken, önce indis ortalamasına ait uzun yıllık ortalama haritaları verilmiş daha sonra ise indisteki eğilimler anlatılmış ve tartışılmıştır. Eğilimlere ait haritalar oluşturulurken, istasyona ait regresyon katsayısının negatif (azalma) ve pozitif (artma) durumu renklerle, katsayının büyüklüğü simgelerin büyüklüğüyle ifade edilmiştir. Katsayıya ait anlamlılık durumu ise, istasyona ait karakteristik çokgen (karakteristik geometrik çokgen-voronoi çokgeni) renklendirilmiştir. Haritalarda ayrıca, regresyon katsayılarına göre eş regresyon katsayısı eğrileri eklenmiş, eğilim bölgeleri sınırlarının takibi bu eğrilerle sağlanmıştır.

Anlatımda, genel olarak istasyon adlarından çok, karakterize ettikleri bölgeler belirtilmeye çalışılmış, bu amaçla morfolojik, hidrografik ve diğer coğrafi tanımlamalar kullanılmış, bazı yerlerde ise istasyon adı verilerek anlatım gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmada, sayısal değerler verilirken, ondalık ayracı olarak nokta (.) kullanılmış, bu şekilde metin yazımı esnasında kullanılan virgöl (,) ile Türkiye'de ondalık ayracı olarak kullanılan virgöl (,)ün karışması engellenmeye çalışılmıştır.



Şekil 7: (a) Türkiye'de Thornthwaite YEİ Ortalamaları (1971-2010) ve (b) YEİ'deki Eğilimler (1971-2010)  
Figure 7: (a) Distribution of AMI in Turkey (1971-2010) and (b) trends of AMI (1971-2010).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Yağış Etkinlik İndisindeki (Yeİ) Eğilimler

Hesaplamalar sonucu Türkiye'de, çalışmada kullanılan istasyonlara göre elde edilen YEİ değerinin -35,4 (Iğdır) ile 213,7 (Uludağ) arasında değiştiği, yarı kurak (D-37 istasyon-

%20.3), yarı kurak-az nemli (C1-73 istasyon- % 39.9), az nemli (C2-38 istasyon- % 20.8), nemli (B1-20 istasyon- % 10.9, B2-9 istasyon-% 4.9, B3-5 istasyon-% 2.7) ve çok nemli (A- 1 istasyon % 0.5) bölgelerinin olduğu anlaşılmıştır (Şekil 7a). Yarı kurak sahalarda, İç Anadolu Bölgesi'nde Tuz Gölü çevresinde başlayıp bölgenin kuzey ve güney sınırına kadar devam etmekte, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şanlıurfa, Nusaybin ve

Batman, Doğu Anadolu Bölgesi'nde depresyonlarda yer alan Malatya, Elâzığ, Keban, Erzincan, Doğubayazıt, Iğdır ve Divriği istasyonları ve çevrelerinde belirlenmiştir. Yarı kurak-az nemli bölgeler (C1), yarı kurak sahaların çevresinde dağılışı göstermekte, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin tamamını, İç Anadolu Bölgesi'nin Yozgat istasyonu ve çevresi haricindeki kısımlarını, Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerini, Marmara Bölgesi'nin Ergene ve Yıldız Dağları Bölümleri ile Çanakkale istasyonu ve çevresini, Ege Bölgesi Muğla ve Kütahya çevresindeki istasyonlar haricinde geriye kalan kesimini, Akdeniz Bölgesi'nin Göller Bölgesi batı yarısındaki ve Silifke-Kozan arasındaki istasyonlarını, Doğu Anadolu Bölgesi'nin batı yarısı ile Van-Iğdır arasındaki hat ve çevresindeki sahayı kapsamaktadır.

Türkiye'de çok nemli (A) sahalar bu çalışmada sadece Uludağ istasyonu ve çevresinde belirlenmiştir. 4. dereceden nemli (B4) sahalar ise çok nemli sahalar çevresinde, dağılışı göstermekte, 3. dereceden nemli (B3) sahalar Karadeniz kıyılarında Pazar, Giresun, Bozkurt ve Zonguldak istasyonu çevrelerinde bulunmaktadır. Bu nemli sahalar ile yarı kurak-az nemli bölgeler arasında ise 2. ve 1. dereceden nemli (B2, B1) sahalar yer almaktadır. Çalışmada üretilen ortalama YEİ değerleri ve dağılışı, Erinç (1949), Yılmaz ve Çiçek (2016), MGM (2016) ve Şensoy ve Ulupınar (2015) ile büyük ölçüde uyumludur. Kullanılan istasyonlar farklılaştığı için bazı küçük farklılıklar görülmekte, bu durumun eğilim çalışması açısından önemli bir etki yaratmayacağı anlaşılmıştır.

YEİ değerleri, Ceylan vd. (2009) tarafından 1965-2007 yılları için hesaplanan kuraklık indisi dağılışı ile genel hatları ile uyum gösterse de Kuzey Ege kıyıları, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin batı yarısında farklılıklar bulunmaktadır. Bu durum, kullanılan yöntemin farklılığından kaynaklanmaktadır. Belirtilen çalışmada Güneydoğu Anadolu bölgesi nemli grup içinde değerlendirilirken, bu çalışmada yarı kurak-az nemli ve yarı kurak sınıfları ile gösterilmiştir. Bu açıdan Türkeş (1999, 2003, 2012) tarafından hazırlanan kuraklık haritaları ile YEİ haritası daha fazla örtüşmekte, küçük farklılıkların yöntem ve kullanılan istasyonlardan kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

İncelenen dönem boyunca YEİ değerlerinin eğilimlerine bakıldığında, karşımıza azalma ve artma eğilimlerinin farklı iki bölge oluşturduğu ve bu bölgeler içerisinde farklı eğilim gösteren adaların olduğu anlaşılmaktadır. YEİ indisi, Kuzeydoğu Anadolu'da, Erzurum-Kars Bölümü'nde ( $p<0.01$  düzeyinde), Karadeniz Bölgesi'nin genelinde ( $p<0.01$ ,  $p<0.05$  ve  $p<0.1$

düzeylerinde) ve özellikle Orta Karadeniz Bölümü'nde, Marmara Bölgesi'nin Çatalca-Kocaeli Bölümü'nde, Göller Yöresi ve çevresi ile Niğde-Tomarza ve Boğazlıyan, Gemerek Sivas istasyonlarında artmaktadır. Türkiye'nin geriye kalan bölümündeki YEİ değerleri azalma eğilimi göstermektedir. Azalma eğilimleri, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Mardin, Nusaybin ve Cizre ( $p<0.05$  düzeyinde), Doğu Anadolu Bölgesi'nde Malatya ve Ahlat istasyonlarında ( $p<0.05$  düzeyinde), Akdeniz Bölgesi'nde Manavgat, Alanya ve Hadim ( $p<0.01$  ve  $p<0.05$  düzeyinde), Ege Bölgesi'nde Kütahya ( $p<0.05$  düzeyinde), Marmara Bölgesi'nde Geyve ve Düzce ( $p<0.05$  düzeyinde) istasyonlarında istatistiksel olarak anlamlıdır. Azalma eğilimleri Ege Bölgesi'nde denize yaklaştıkça artmakta, İç Anadolu Bölgesi'nde ise düşmektedir.

Çalışmada elde edilen YEİ eğilim sonuçları, Türkeş, Koç ve Sarış (2009) tarafından incelenen yıllık yağış eğilimleri ile benzerlikler göstermekte, Karadeniz Bölgesi'ndeki yağış artış sahası nemlilik artışı ile örtüşmektedir. Buna rağmen Göller Bölgesi'nde bazı ters eğilimler karşımıza çıkmakta, Türkiye'nin diğer bölgelerindeki yağış eğilimleri ile YEİ eğilimleri arasında karşıtlıklar görülmektedir. Yine Türkeş (1999) tarafından yapılan kuraklık eğilimi çalışmasında Karadeniz Bölgesi eğilimleri ile bu çalışma sonuçları örtüşmektedir. YEİ eğilimleri, Çiçek ve Duman (2015) ile İçel ve Ataol (2014) tarafından belirlenen yıllık toplam yağış eğilimleri ile büyük oranda örtüşmekte, Tayanç vd. (2009) tarafından belirlenen yıllık toplam yağış eğilimleri benzer özellikler göstermekte fakat eğilim değerlerinin derecelerinde farklılıklar görülmektedir. Yine aynı çalışmadaki yıllık ortalama sıcaklık eğilimleri büyük oranda örtüşmekte, sıcaklık artışının yüksek olduğu sahalarda YEİ oranları düşmekte, bu çalışmada belirlenen Göller bölgesindeki artış eğilimi, belirtilen çalışmada tek bir istasyonla karakterize edilmektedir. Tatlı (2015) tarafından da Karadeniz kıyıları için bu çalışmayı destekleyen bulgular elde edilmiş, bu sahalarda Palmer kuraklık şiddeti indisi (PDSI) değerlerinin artma eğilimi gösterdiği anlaşılmıştır.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından hazırlanan çölleşme riski haritası (OSİB, 2019) ile YEİ eğilimleri benzerlikler içerse de tam uyum göstermemektedir. Hazırlanan haritada Konya çevresi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şanlıurfa güneyi ve Iğdır çevresi çölleşme açısından yüksek riskli bölgeler olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada ise, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güney kesiminin tamamında nemlilik değerleri azalmaktadır. Iğdır ve Konya çevresinde ise nemlilik oranı azalsa da bu azalma istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yine Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM, 2017) tarafından üretilen bir

diğer çölleşme riski haritasında İç Anadolu Bölgesi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin tamamı ve Iğdır gibi depresyon sahaları yüksek çölleşme riskinin bulunduğu sahalara olarak belirlenmiş, YEİ eğilimleri ile tam uyuşmadığı görülmüştür. YEİ değerleri İç Anadolu ve çevresi ile depresyonlarda azalsa da bu azalmalar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ayrıca Göller Yöresi ve çevresinde nemlilik oranları artış eğilimi göstermektedir.

### 3.2. Sıcaklık Tesiri İndisindeki (STİ) Eğilimler

Uzun yıllık ortalama değerlerle üretilen STİ değerlerine göre Cizre ve Nusaybin istasyonları çevresinde megatermal (*A'-2 istasyon- % 1.1*) alanlar yer almakta, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin neredeyse tamamı ve Ege ve Akdeniz Bölgelerinin kıyı kuşakları 4. ve 3. derece (*B'4-9 istasyon- % 4.9* ve *B'3-37 istasyon- % 20.2*) mezotermal sahalarda içerisinde yer almaktadır. Marmara Bölgesi, Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kuşağı, İç Ege Bölümü'nün batı yarısı, Akdeniz Bölgesi'nin iç kesimleri, Sakarya Havzasının orta ve aşağı çıkışı, Yukarı Fırat Bölümü'nde Karakaya ve Keban barajları çevresi ile Kırıkkale ve Iğdır çevresinde 2. derece (*B'2-55 istasyon- % 30.1*) mezotermal sahalarda uzanmaktadır. Kars ve Sarıkamış istasyonları ile Özalp, Başkale ve Kangal istasyonları çevresinde mikrotermal (*C'2-8 istasyon- % 4.4*) sahalarda yer almakta, Türkiye'nin geriye kalan kesimi ise 1. derece (*B'1-72 istasyon - % 39.3*) mezotermal sahalarda karşımıza çıkmaktadır (**Şekil 8a**). Elde edilen STİ dağılışı, Yılmaz ve Çiçek (2016) ile MGM (2016) ile uyumludur.

STİ değerleri, Eğirdir ve Erciş istasyonları haricinde Türkiye'nin tamamında artma eğilimi göstermektedir. Azalma olan istasyonların regresyon katsayıları istatistiksel olarak anlamlı değilken, artma eğilimleri Marmara, Ege ve İç Anadolu Bölgeleri haricinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Eğilimler, Akdeniz ve Ege kıyıları (özellikle Kıyı Ege Bölümü'nde) ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yükselmekte, 2 mm/yıl değerini, bazı istasyonlarda ise 6 mm/yıl'ı aştığı (Mersin 5.2, Cizre 5.3, Alanya 6.8) görülmektedir (**Şekil 8a**).

STİ değerleri, aylık sıcaklık indisi değerlerinin toplamıyla elde edilmekte, yıllık toplam buharlaşma kapasitesini vermektedir. Bu değerdeki artış, sıcaklıklardaki artışa benzer şekilde düşünülebilse de 0 °C'ın üzerindeki sıcaklıklarda hesap edilmesi ve üssel bir ifadeye sahip olması, sıcaklık eğilimine benzer fakat farklı bir iklimsel parametreyi ortaya koymasını sağlamaktadır. Bu değerdeki eğilimler sıcaklık eğilimlerinden daha çok, sayılı günler yöntemi ile incelenen eğilim çalışmaları

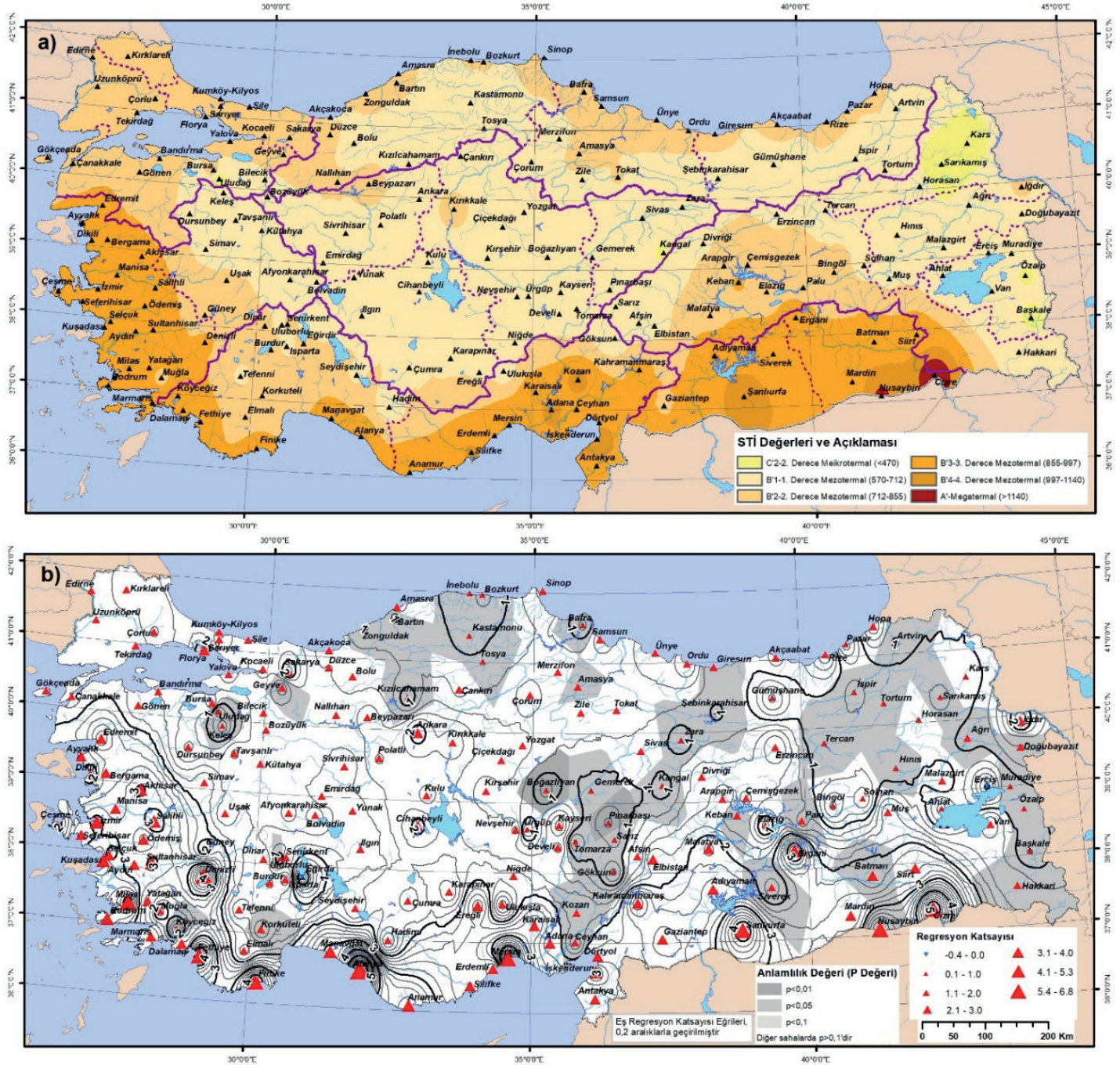
ile benzerlik göstermektedir. Çalışmada elde edilen STİ eğilimleri, çalışılan periyot farklılık gösterse de Acar vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, maksimum sıcaklık günlerindeki (TX99) eğilimler ile benzerlik göstermektedir. İçel ve Ataol (2014) tarafından belirtilen yıllık sıcaklık ortalaması eğilimleri ile örtüşmekte, bunda çalışılan periyotun benzerliğinin etkili olduğu düşünülmektedir. Çalışmayı destekleyen benzer bulgular Deniz ve Gönencgil (2015), Erilat ve Türkeş (2013), Erilat ve Yavaşlı (2009, 2011) tarafından da belirlenmiştir. Yine Türkeş ve Erilat (2018) tarafından, 1980 yılı sonrasında Türkiye'de minimum sıcaklıklardaki sıklığın azaldığı, 2000 yılından sonra ise maksimum sıcaklıklardaki sıklık durumunun arttığı belirtilmiş, bu durumun da özellikle buharlaşma kapasitesi yani STİ değerlerindeki artışa paralel bir durum sergilediği anlaşılmıştır.

STİ değerleri, buharlaşma kapasitesi olarak düşünüldüğünde, özellikle tarımda sulama yapılan sahalarda planlamaları için önemli bir ölçüt olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle STİ değeri artan sahalarda buharlaşma kapasitesi arttığından, sulama ihtiyacının da artma yaşanacak, yapılacak planlamalarda bu eğilimlerin de hesaba katılması gerekecektir.

### 3.3. Kuraklık (Kİ) Ve Nemlilik (Nİ) İndislerindeki Eğilimler

Thornthwaite (1948)'e göre nemlilik indisi değeri, kurak sahalarda için hesaplanmakta ve bu sahalarda, nemli dönemdeki su fazlası ile ilişkili değerlendirmeleri kapsamaktadır. Bu nedenle bir yer, su fazlasının yok ya da az, orta ve şiddetli olduğu saha şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bu çalışma iklim tipi belirlemeyi amaçlamadığından, bu değer sadece kurak sahalarda için değil, tüm Türkiye için hesaplanmış ve değerlendirilmiştir.

Hesap edilen nemlilik indisi değeri Türkiye'de 0 (Iğdır) ile 216.6 (Uludağ) arasında değişmektedir. Nemli dönemde Türkiye'nin büyük bölümünde orta ya da şiddetli derecede su fazlası varken, bazı sahalarda su fazlası az ya da yoktur. Su fazlası yok ya da az olan sahalarda (*d-36 istasyon-%19.7*), İç Anadolu Bölgesi'nde Tuz Gölü ve çevresinde, Orta Karadeniz Bölümü'nde Tokat, Amasya, Merzifon, Çorum istasyonları ile Batı Karadeniz Bölümü'nde Kastamonu ve Tosya istasyonu, Doğu Anadolu Bölgesi'nde ise Iğdır, Doğu Beyazıt, Horasan ve Erzincan istasyonları ve çevrelerinde belirlenmiştir. Orta derecede su fazlası olan sahalarda (*s-33 istasyon-% 18*), Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde, Tortum, İspir, Gümüşhane, Zile ve Bolu, Marmara Bölgesi'nde Kırklareli ve Edirne, Ege Bölgesi'nde Salihli ve Tavşanlı istasyonları, Akdeniz Bölgesi'nde Dinar, Burdur ve Tefenni istasyonları, İç Anadolu Bölgesi'nde

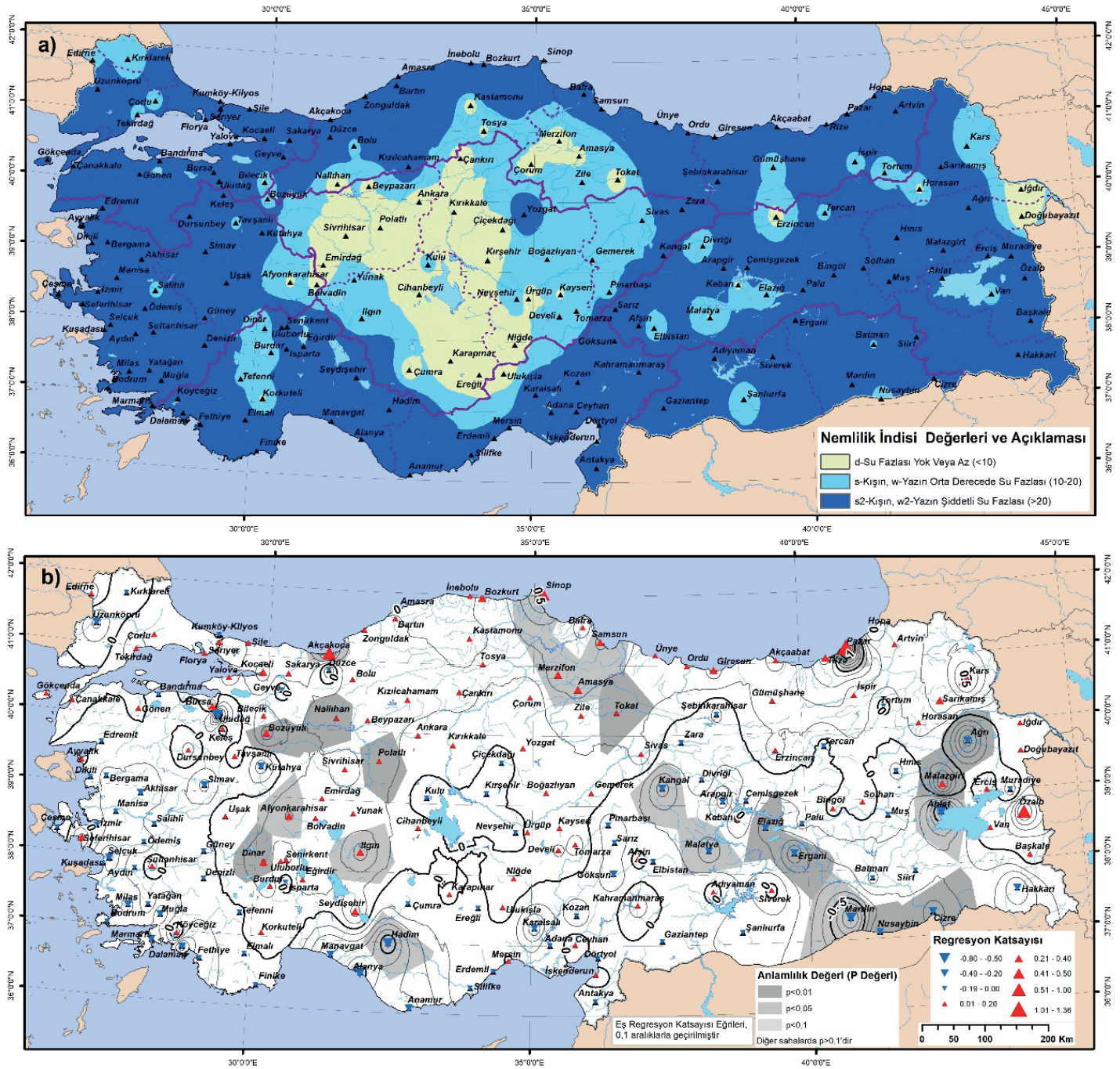


Şekil 8: a) Türkiye'de Thornthwaite STİ Ortalamaları (1971-2010) ve b) STİ'deki Eğilimler (1971-2010).

Figure 8: a) Distribution of APE in Turkey (1971-2010) and b) trends of APE (1971-2010).

bölge sınırına yakın istasyon ve çevrelerinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nde depresyonlarda yer alan Erzincan, Elazığ, Divriği, Tercan ile Kars ve Van istasyonları ve çevrelerinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ise Şanlıurfa, Nusaybin ve Batman istasyonları ve çevrelerinde belirlenmiştir. Türkiye'nin geriye kalan kesimlerinde ise nemli dönemde şiddetli su fazlası (s2-114 istasyon-% 62.3) bulunmaktadır (Şekil 9a).

1970-2010 yılları arasında nemlilik indisi değerlerinin eğilim analizi sonucunda, 81 istasyonda negatif, geriye kalan 102 istasyonda pozitif regresyon katsayısı hesap edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda en düşük -0.8 (Mardin), en yüksek ise 1.35 (Uludağ) regresyon katsayıları belirlenmiş, nemlilik değerinin düştüğü ve yükseldiği sahalara ortaya çıkmıştır. Buna göre, Türkiye'nin güneyinde nemlilik indisi değerleri azalırken



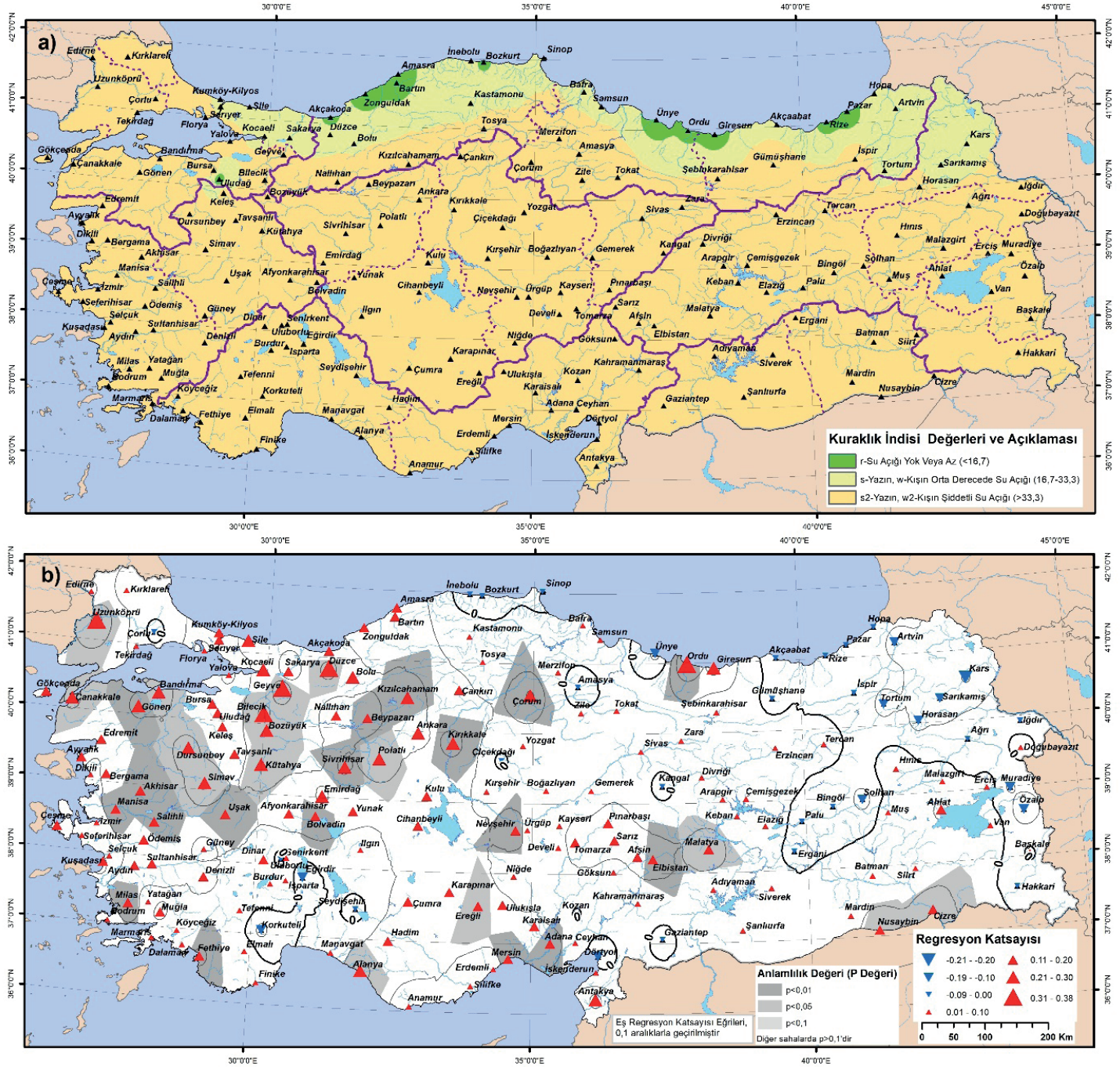
Şekil 9: a) Thornthwaite Ni Ortalamaları (1971-2010), b) Ni'deki Eğilimler (1971-2010).

Figure 9: a) Distribution of MI in Turkey (1971-2010) and b) trends of MI (1971-2010).

kuzeyinde artma eğilimindedir. Ni değerleri, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum Kars Bölümü haricindeki bölümlerinde, Güneydoğu, Akdeniz, Ege Bölgeleri ile Tuz gölü çevresi ve Ergene Havzası'nda azalma, Türkiye'nin diğer bölgelerinde artma eğilimleri göstermektedir. Akdeniz ve Ege Bölgelerinin Göller Bölgesi kısımlarında da Ni değerleri artma eğilimine sahiptir. Göller Bölgesi ile Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan

istasyonlarda artma, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Yukarı Fırat Bölümlerinde ise azalma eğilimleri istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır (Şekil 9b).

Ni değerleri, bir sahada, yağışlı dönemdeki nemlilik durumunu ifade etmekte, dolayısıyla bu dönemdeki sıcaklık ve yağış şartlarıyla ilişkisi bulunmaktadır. Bu açıdan bakıldığında,



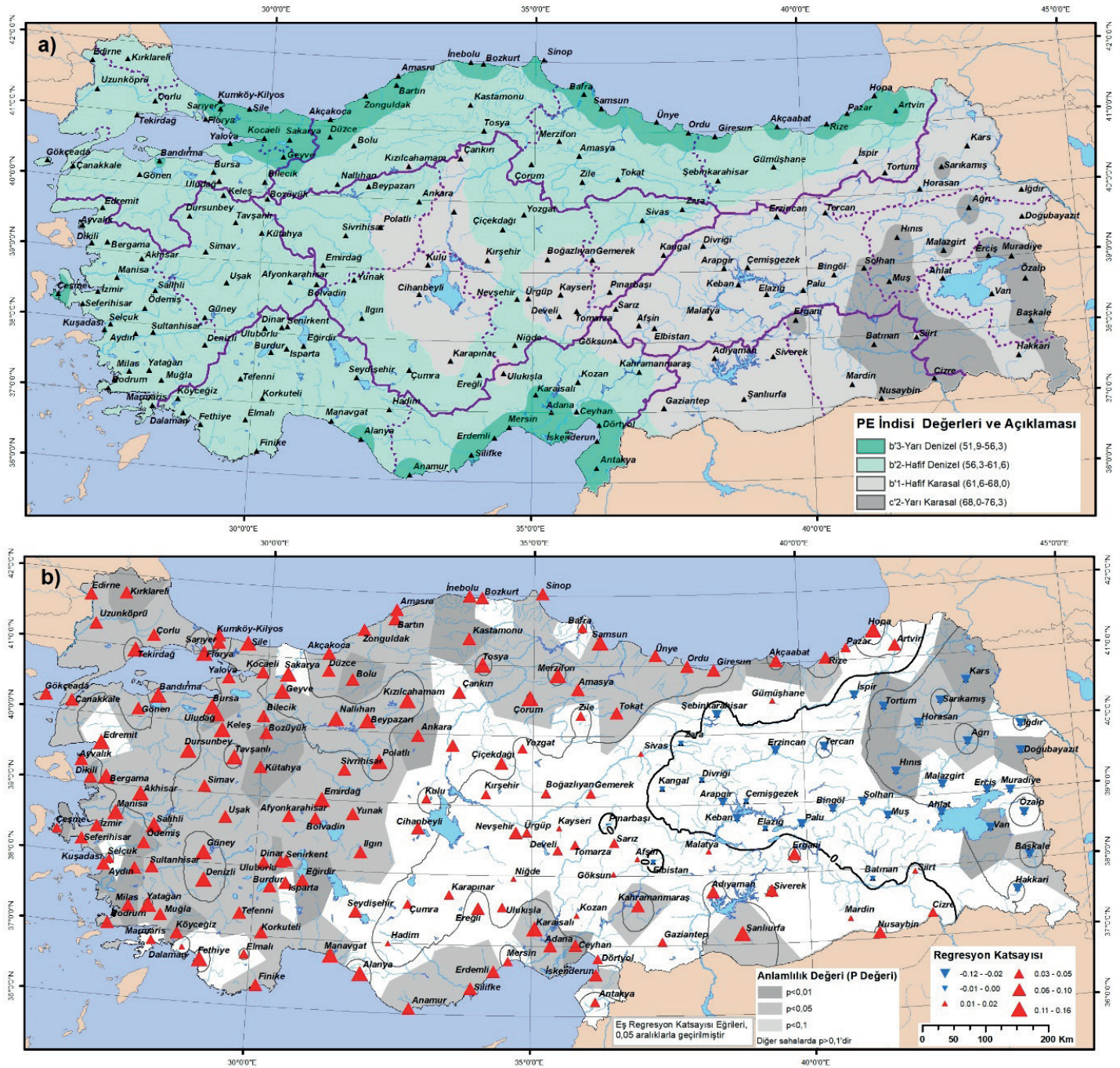
Şekil 10: a) Türkiye'de Thornthwaite Ki Ortalamaları (1971-2010), b) Ki'deki Eğilimler (1971-2010).

Figure 10: a) Distribution of AI in Turkey (1971-2010) and b) trends of AI (1971-2010).

Türkiye geneli için nemli dönem ekim-mart arasını kapsamakta ve bu dönem soğuk ve yağışlı periyot olarak karakterize edilmektedir. Bu dönemler için yapılan eğilim çalışmaları incelendiğinde, çalışmayı destekleyen bilgiler bulunmaktadır. Örneğin, Tayanç vd. (2009) tarafından yapılan kış yağışları eğilimleri incelendiğinde çalışmada elde edilen Nİ değerleriyle benzerlikler görülse de, Batı Karadeniz'de görülen yağış azalmaları sonuçlarımıza uymamakta fakat bahar dönemindeki

sıcaklık artışları ile Nİ azalma sahaları büyük oranda örtüşmektedir. Yine Çiçek ve Duman (2015) tarafından yapılan çalışmada kış yağış eğilimleri incelendiğinde de Karadeniz ve çevresi için yağış artışları belirlenmiş, bu eğilimler Nİ değerlerindeki artış eğilimleri ile örtüşmüştür. Belirtilen çalışmada Göller Bölgesi ve çevresi için genel olarak yağış azalmaları belirlenmiş de güz mevsiminde bu sahalar yağış artışları ile karakterize edilmiştir. Türkeş vd. (2009) tarafından





**Şekil 11:** (a) Türkiye'de Thornthwaite DKI Ortalamaları (1971-2010) ve (b) DKI'deki Eğilimler (1971-2010).

**Figure 11:** (a) Distribution of TEI in Turkey (1971-2010) and (b) trends of TEI (1971-2010).

yapılan çalışmada, güz mevsiminde Karadeniz çevresinde yağış artışları belirlenmiş, bu çalışmadaki Nİ artışını desteklemiştir. Yine aynı çalışmada kış mevsimi için Akdeniz ve Ege Bölgeleri'ndeki yağış azalmaları bulunmuş çalışmadaki Nİ azalmaları ile örtüşmüştür.

Türkiye'de KI değeri 2.6 (Pazar) ile 77.8 (Cizre) arasında değişmektedir. Türkiye'nin Karadeniz kıyılarındaki istasyonları

yıllık su açığı az ya da yok ( $r$ -11 istasyon-% 6) sınıfına girerken, Karadeniz Bölgesinin kıyı kesimi ile Kuzeydoğu Anadolu'da orta derecede su açığı ( $s$ -18 istasyon-% 9.8) bulunmaktadır. Türkiye'nin geriye kalan bölümlerinde kurak dönemde şiddetli su açığı ( $s$ 2-154 istasyon-% 84.2) belirlenmiştir (**Şekil 10a**).

Kİ değerinin eğilim analizi sonuçlarına göre Türkiye'de 35 istasyonda negatif geriye kalan 148 istasyonda pozitif regresyon

katsayıları belirlenmiştir. En düşük regresyon katsayısı Kars'ta (-0.21) en yüksek regresyon katsayısı ise Geyve'de (0.38) hesap edilmiştir (**Şekil 10b**). Kİ değerleri, İnebolu-Sinop arasında, Doğu Karadeniz ve Erzurum-Kars Bölümlerinde, Türkiye'nin doğu sınırındaki istasyonlarda, Ergani, Palu, Bingöl ve Solhan istasyonları ile Göller Bölgesi'nde yer alan Korkuteli, Eğirdir ve Seydişehir istasyonlarında azalma, Türkiye'nin diğer bölgelerinde artma eğilimi göstermektedir. Azalma eğilimleri istatistiksel olarak anlamlı değilken, artma eğilim değerlerinde bu durum değişmekte ve istatistiksel anlam kazanmaktadır.

Kİ değeri, Thornthwaite (1948) iklim sınıflandırmasında nemli sahalarda kurak dönemi nitelemek amacıyla hesaplanmaktadır. Bu değer, yüksek olması su açığının fazla olduğunu göstermekte, yok ya da az, orta ve şiddetli derecede su eksiği olan saha olarak sınıflandırılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, Kİ değerlerindeki eğilimler, Türkiye için sıcak dönemdeki (nisan-eylül) yağış ve sıcaklık eğilimleri ile ilişkidir. Bu dönem, Türkiye için genel olarak kurak ve sıcak dönem ifade etmektedir. Bu dönem için yağış ve sıcaklık eğilimleri incelendiğinde, genelde çalışmayı destekleyen bulgular bulunmaktadır. Mesela Çiçek ve Duman (2015) tarafından bahar ve yaz dönemlerinde yağış artışı olan sahalardan Kİ değerlerinde azalma olan sahalardan büyük oranda örtüşmekte, Ege ve Marmara bölgelerindeki artışlar bu çalışmada Kİ'nin arttığı yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine yıllık Minimum ve ortalama sıcaklıklarda Göller Bölgesi'nde sıcaklık düşüşü Tayanç vd.. (2009) tarafından da belirlenmiş, Kİ indislerindeki azalmaları desteklemiştir. Aynı çalışmada, yaz aylarında Karadeniz çevresinde yağış artışları belirlenmiş, bu çalışmada elde edilen kuraklık indisi azalmaları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

### 3.4. Denizellik-Karasallık İndisindeki (Dki) Eğilimler

Türkiye'de DKİ değerlerine göre, yarı denizel (b'3-40 istasyon - % 21.8), hafif denizel (b'2-80 istasyon - % 43.7), hafif karasal (b'1- 47 istasyon- % 26.8) ve yarı karasal (c'2-14 istasyon-% 7.7) sahalardan belirlenmiş, bu dağılımların MGM (2016) ve Yılmaz ve Çiçek (2016) ile uyumlu olduğu görülmüştür. Buna göre, Karadeniz Bölgesi ile Adana Bölümü'nün kıyı kesimleri yarı denizel sahalardan belirlenmiştir. İç Anadolu Bölgesi'nin Tuz Gölü çevresindeki sahalardan ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri hafif karasal sahalardan görülmekte ve bu sahalardan içinde yarı karasal sahalardan da bulunmaktadır. Bu yarı karasal sahalardan, Türkiye'nin doğu sınırının güney kesiminde, Ağrı ve Sarıkamış istasyonlarında ve Nusaybin-Hınıs hattı çevresindeki istasyonlarda belirlenmiştir (**Şekil 11a**).

DKİ oranları, en yüksek 3 ayın düzeltilmiş evapotranspirasyon değeri toplamının, yıllık toplam evapotranspirasyona oranlanması (STİ) ile elde edilmektedir. Bu değer, genel olarak bir sahadaki yıllık sıcaklık düzenini ifade etmekte, yıllık sıcaklık farkının yüksek olması durumunda, DKİ değeri de yüksek çıkmaktadır. Dolayısıyla, değer, yükselmesi, düzensiz bir sıcaklık rejimini ifade etmektedir. DKİ değerinin yüksek olduğu sahalardan, yüksek karasallık özelliği gösteren yerlerdir. Değerin düşmesi, denizel şartların baskın hale geldiğini, yükselmesi ise karasallığın arttığını göstermektedir.

DKİ indisi eğilimleri Doğu Anadolu Bölgesi ve bölge sınırına komşu 34 istasyonda azalma, Türkiye'nin geriye kalan kısımlarında (149 istasyon) ise artma eğilimi göstermektedir (**Şekil 11b**). Bu sonuçlara göre Doğu Anadolu Bölgesi, karasal şartlara sahip bir bölge olmasına rağmen, DKİ değerlerinin azalması, bölgede karasallık şartlarının zayıflamakta olduğunu göstermektedir. Özellikle bölgenin doğu yarısında azalma eğilimleri istatistiksel olarak anlam kazanmaktadır ( $p < 0.05$  ve  $p < 0.01$  düzeyinde). Bu durum, bölgede daha düzenli bir sıcaklık rejimine doğru değişim olduğunu göstermektedir. Bölge için benzer bir durum Yılmaz vd. (2012) tarafından, sıcaklık düzensizliklerinin araştırıldığı çalışmada belirlenmiş ve bu sahalardan sıcaklıklarının daha düzenli hale geldiği ifade edilmiştir.

DKİ değerleri, Doğu Anadolu Bölgesi dışındaki diğer bölgelerde artma eğilimi göstermekte, regresyon katsayıları kıyı bölgelerinde ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde büyümekte, İç Anadolu Bölgesi'nde ise düşmektedir. Artma eğilimleri, kıyı bölgelerinde ( $p < 0.01$  ve  $p < 0.05$  düzeyinde) anlamlıyken, İç Anadolu Bölgesi'nin Sakarya Havzası dışında kalan bölümlerinde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ve Doğu Karadeniz Bölümü'nün iç kesimleri ile doğu kıyılarındaki istasyonlarda istatistiksel anlam seviyesine ulaşmamıştır (**Şekil 11b**). Deniz ve Gonençgil (2015) tarafından, bu çalışmada DKİ değerlerinin arttığı yani karasallaşma görülen sahalardan, maksimum sıcaklıkların (TX95 ve TX99) anlamlı arttığı, Türkiye'nin deniz kıyısı çevrelerinde maksimum sıcaklıklara göre soğuk günlerin (TX5 ve TX10) azaldığı görülmekte ve bu çalışmayı desteklemektedir. Benzer bulgular Acar vd. (2018) tarafından da belirlenmiş, özellikle cluster (gruplama) analizi sonuçları ile DKİ eğiliminde görülen artma azalma sahalardan büyük oranda örtüşmektedir.

### 3.5. İndeksler İle İstasyon Özellikleri Arasındaki İlişkiler

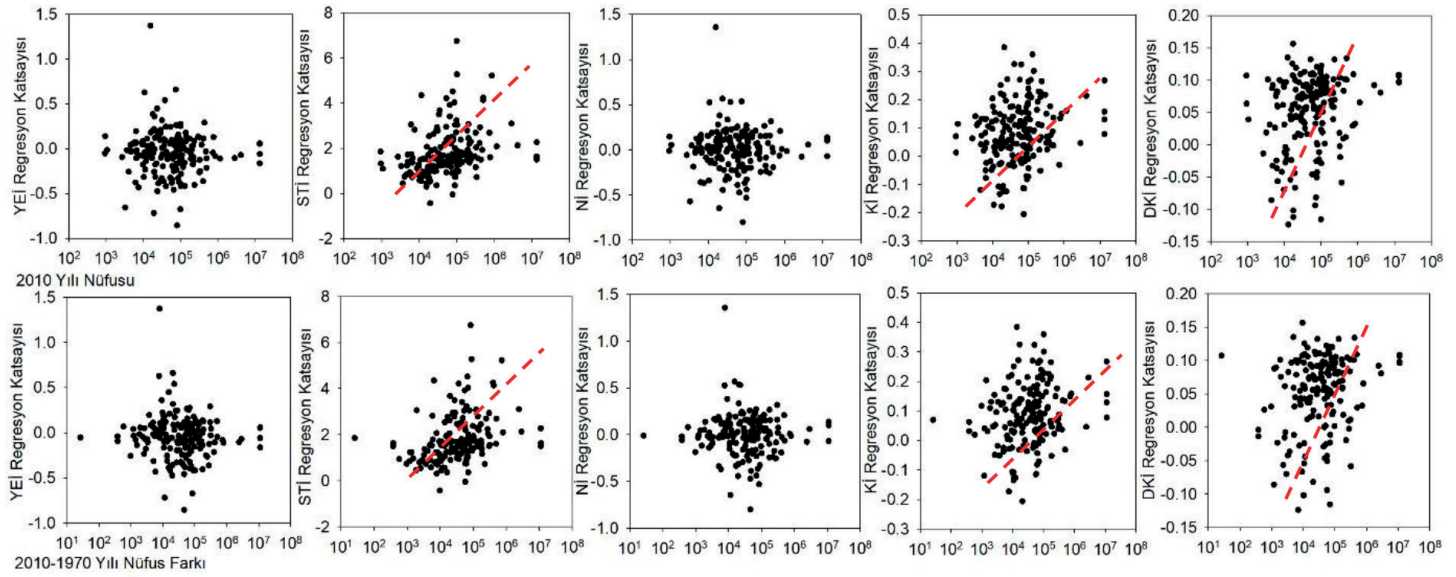
İstasyonların buldukları yerlerin özellikleri ve bunlardaki değişimler, ölçümleri etkilemekte ya da iklim değişiminin farklı özelliklere işlenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle çalışmada,

indis eğilimleri ile istasyon özellikleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Bu özellikler arasında, istasyonun şehrsel özelliği, çevresindeki su yüzeylerinin büyüklüğü, istasyonun bulunduğu yerleşmenin nüfusu, istasyonun yükseltisi ve istasyonun denize uzaklığı göz önüne alınmıştır.

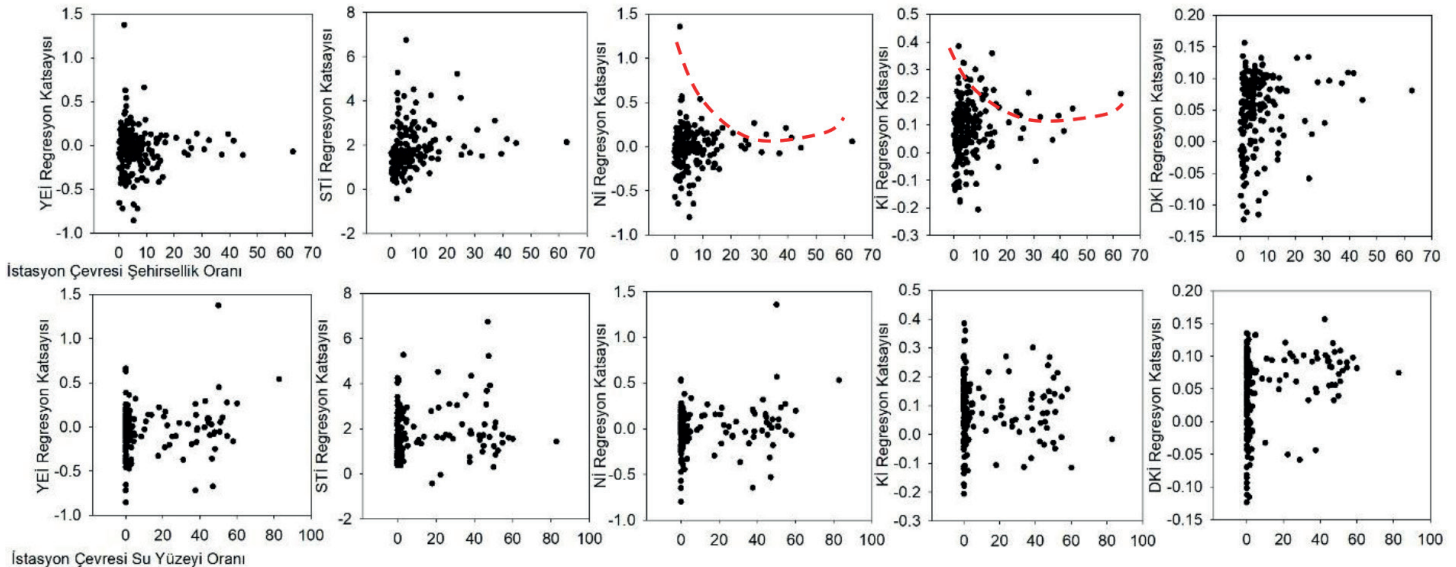
İstasyonların buldukları yerleşmelerin nüfusları ile indisler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, 2010 yılı nüfusu ile Nİ ve YEİ arasında belirgin bir ilişki olmadığı, STİ, Kİ ve DKİ arasında pozitif bir ilişkinin mevcut olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 12). Aynı ilişki durumları, 1970-2010 yılı nüfus farkları ile de

belirlenmiş, STİ, Kİ ve DKİ eğilimlerinin hem nüfus hem de nüfus artışından etkilendiği anlaşılmaktadır.

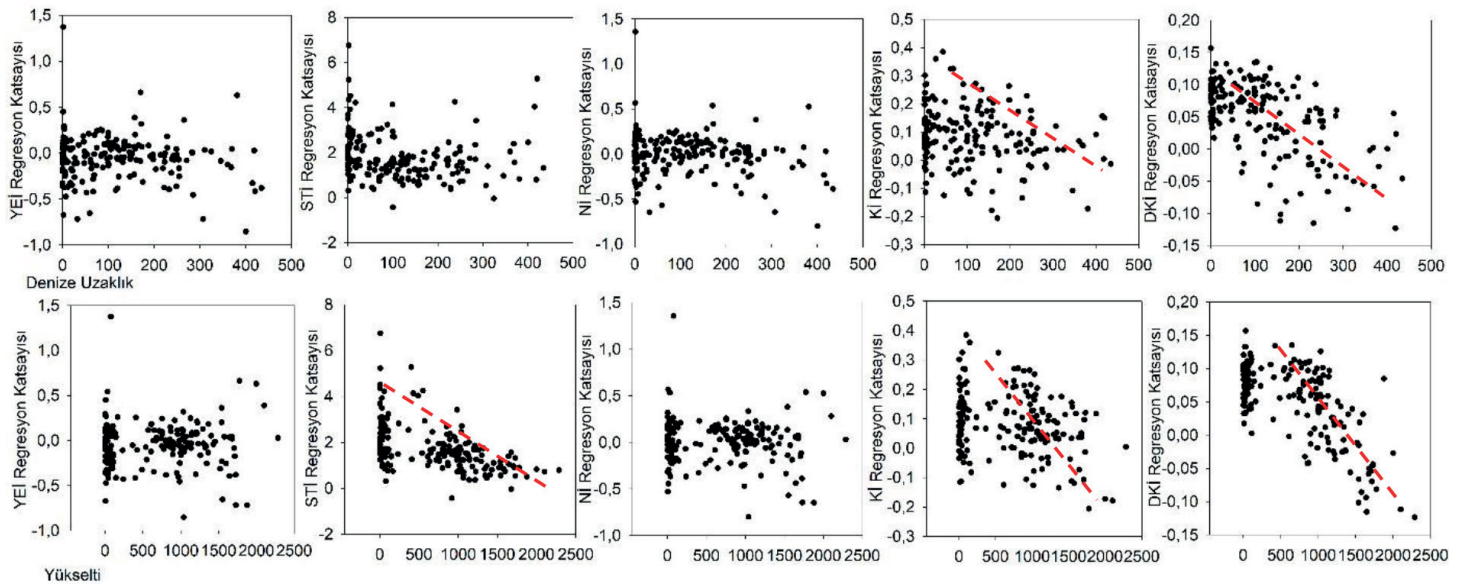
Çalışmada, istasyonlar için üretilen İÇŞO ve İÇSYO değerleri ile indis eğilimleri arasında anlamlı bir ilişki elde edilmemiştir (Şekil 13). STİ, Kİ ve DKİ indislerindeki eğilimlerin nüfusla ilişkisi bulunurken, şehrsellik ve su yüzeyi oranı ile belirgin bir ilişkinin görülmemesi, 0 ve 0'a yakın oran değerlerinin çok fazla olmasından kaynaklandığı görülmektedir. 0 ve bu değere yakın değerler hariç tutulduğunda, Kİ ve Nİ ile İÇŞO oranları arasında eğrisel bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 12: İndis eğilimleri ile nüfus ve nüfus değişimi arasındaki ilişkiler.  
Figure 12: Relationship between indices trends and population and population change.



Şekil 13: İndis eğilimleri ile istasyon çevresi şehrsellik ve su yüzeyi oranları arasındaki ilişkiler.  
Figure 13: Relationship between indices trends and urbanization rate and water surface ratios in characteristic regions of the stations.



**Şekil 14:** İndis eğilimleri ile istasyonların yükseltileri ve denize uzaklıkları arasındaki ilişkiler.

**Figure 14:** Relationship between indices trends and elevations and distance to the sea of the stations.

İstasyonların denize uzaklıkları ile YEİ, STİ ve Nİ arasındaki ilişkilerin belirgin olmadığı, Kİ ile DKİ ters orantılı olduğu benzer şekilde istasyon yükseltileri ile indislerdeki eğilimler arasındaki ilişkiler incelendiğinde dedeniz kenarındaki (yükseltisi 100 metreden düşük) istasyonlar hariç tutulduğunda, STİ, Kİ ve DKİ eğilimlerinin yükselti ile ters orantılı (negatif korelasyon) gösterdiği (Şekil 14), buna karşın YEİ ve Nİ oranları ile yükselti arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu anlaşılmaktadır.

## SONUÇ

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 183 istasyonun aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri kullanılmış, Thornthwaite iklim indislerinin 1971-2010 yılları arasındaki eğilimleri regresyon analizi kullanılarak analiz edilmiş, yıllık artma ve azalma eğilimleri ortaya koyulmuştur. Buna göre tüm indislerde istatistiksel olarak artma ve azalma eğilimleri belirlenmiş, bunun küresel iklim değişimi ile paralellik gösterdiği anlaşılmıştır.

Türkiye'de STİ, DKİ ve Kİ eğilimleri yükselti ile doğrusal bir ilişkisi göstermekte, yükseltinin artışına bağlı olarak sayılan indislerde yıllık artış oranları düşmekte, yükselti arttıkça azalma eğilimleri ortaya çıkmaktadır. Aynı değişkenler nüfus ile doğrusal bir ilişki göstermekte, nüfus ve nüfus artış hızındaki artışa bağlı olarak yıllık artış oranları yükselmektedir.

Türkiye'de YEİ değerleri yani nemlilik durumu eğilimi, Karadeniz Bölgesi, Kuzeydoğu Anadolu ve Göller Bölgesi'nde

artmakta, Türkiye'nin geriye kalan kısmında azalmaktadır. Azalan sahalarda kuraklaşma söz konusudur.

Türkiye'nin tamamında sıcaklık tesiri indisi artmaktadır. Yıllık artış oranı ortalama 1.75, maksimum ise 6.8 mm/yıl olarak gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak buharlaşma kapasitesi yükselmekte, sulama ihtiyacının artacağı düşünülmektedir. Sulama planlamalarında bu değerlerin de hesaba katılması gerekmektedir.

Nİ değerleri, Türkiye'nin kuzey yarısı ile Göller Bölgesi çevresinde artma, diğer sahalarda ise azalma eğilimi göstermektedir. Göller Bölgesi ile Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan artma eğilimleri ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yukarı Fırat Bölümlerindeki azalma eğilimleri istatistiksel olarak anlamlıdır.

Kİ değerleri, Karadeniz kıyıları ile kuzeydoğu Anadolu'da ve Göller Bölgesi'nde azalma, Türkiye'nin geriye kalan bölümlerinde artma eğilimi göstermektedir. Azalma eğilimleri istatistiksel olarak anlamlı değilken, artma eğilimlerinin büyük bölümü istatistiksel olarak anlamlıdır. Göller Yöresi, Kİ eğilimlerinde azalma, YEİ eğilimlerinde ise artma özelliği göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında, Göller Yöresi çevresinin Karadeniz Bölgesi ve kuzeydoğu Anadolu'ya benzer şekilde hareket ettiği görülmektedir. Bu saha, diğer çalışmalarda sınırlı istasyonla karakterize edilmiş, bu nedenle bu sahada nemlilik değerlerinde artış tam olarak sonuçlara yansımamıştır (Türkeş, Koç ve Sarış, 2009; Tayanç vd. 2009; Çiçek ve Duman, 2015).

Mevcut çölleşme riski haritalarında bu saha, yüksek riskin olduğu alan olarak belirtilmekte, nemlilik değerlerindeki artışla karışıklıklar olduğu görülmektedir (ÇEM, 2017). Bu durum, çölleşme riskinin sadece iklim değil çok sayıda parametre ile belirlenmesinden kaynaklanmaktadır.

DKİ değerleri Doğu Anadolu Bölgesi'nde azalmakta, Türkiye'nin diğer bölgelerinde artmaktadır. Artma eğilimleri kıyılarda yükselmektedir. Buna göre, Doğu Anadolu Bölgesinde karasal şartlar zayıflamakta, Türkiye'nin kıyı bölgelerinde ise denizel şartlardan uzaklaşmakta, daha karasal şartlar hâkim olmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde kış aylarında sıcaklıklarının çok fazla arttığı, yaz aylarında bu artışın düşük olduğu bilinmektedir (Yılmaz, 2019). Buna bağlı olarak Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki karasallık şartları zayıflamaktadır. Bu durum DKİ değerlerindeki azalma ile kendini göstermektedir.

İklim değişikliğine bağlı olarak Türkiye'de sıcaklıklar genel olarak artmaktadır (Türkeş, Sümer ve Demir, 2002; Türkeş, 2016; İçel ve Ataol, 2014). Sıcaklık artışları Doğu Anadolu ve çevresindeki yüksek sahalarda kış aylarında, diğer sahalarda ise yaz aylarında yüksek değerlere ulaşmaktadır (Yılmaz, 2019). Sıcaklık artışa paralel olarak yıllık buharlaşma miktarları Türkiye'nin büyük bir bölümünde artış göstermektedir (Dadaser-Çelik, 2016). Bu artışların ise özellikle mutlak sıcaklıkların 0 °C'in üzerinde olduğu saha ve zamanlarda daha da yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Buna rağmen yağış koşulları, Türkiye'yi kapsayacak tek bir eğilim göstermemekte, mevsimsel ve mekânsal olarak farklılaşmaktadır. Bu durum kuraklaşma ve nemlilik durumunu etkilemekte, Türkiye'yi iklimsel anlamda küresel iklim değişimine bağlı sıcaklık artışı ile oluşan tek taraflı kuraklaşma eğilimi yerine, farklılaşan iklim eğilim bölgeleri oluşmasını sağlamaktadır.

Türkiye'deki kuraklık durumundaki artışın, dünya genelinde yaşanan sera gazı salınımına bağlı sıcaklık artışından etkilendiğini söylemek mümkündür (IPCC, 2013). Fakat kuraklık ve nemlilik durumunun sadece sıcaklık tarafından denetlenmez. Yağış ve nemlilik koşulları da bu durumu etkilemektedir. Türkiye'nin Karadeniz çevresinde yağışların artış gösterdiği ve göstereceği, diğer sahalarda ise düşüşler olduğu hem eğilim çalışmaları ile hem de iklim modellerinden görülmektedir (Türkeş, Koç ve Sarış, 2009; Çiçek ve Duman, 2015; Tayanç vd. 2009; Akçakaya vd., 2015). Bu durum sonucunda, yağışın azaldığı sahalarda kuraklığın daha da arttığı, yağışın arttığı sahalardaki kuraklık durumunun ise sıcaklık ve yağış artış oranlarına göre şekillendiği anlaşılmaktadır. Yüksek yağış artışı durumunda nemlilik değerlerinde artış ve kuraklık

durumunun azalması söz konusudur. Düşük yağış artış sahalarda ise yağış ve sıcaklık eğilim oranlarının durumuna göre, nemlilik ve kuraklık değerlerinde artışlar yaşanmakta ya da belirgin bir değişim görülmemektedir.

Türkiye, bulunduğu konum itibarıyla birçok hava kütesinden etkilenmektedir (Koçman, 1990). Bu hava kütlelerinin Türkiye'ye etkisi, küresel ölçekte iklimi denetleyen sistemler tarafından yönetilmektedir. Küresel iklim değişimine bağlı olarak, Türkiye'de sıcaklık artışına bağlı kuraklık sonunu yaşanabileceği ortadadır. Fakat bu kuraklığın şiddeti ve süresi, KAS (Kuzey Atlantik Salınımı), Arktik Salınım, Kuzey Denizi Hazar Paterni gibi atmosferik salınımlar tarafından yönetilecektir (Türkeş ve Erhat, 2008, 2009, 2018; Erhat ve Türkeş, 2015).

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** The author has no conflict of interest to declare.

**Grand Support:** The author declared that this study has received no financial support.

## KAYNAKLAR

- Acar, Z., Gönençgil, B. ve Korucu Gümüsoğlu, N. (2018). Long-term changes in hot and cold extremes in Turkey. *Journal of Geography*, 37, 57–67. doi:10.26650/jgeog2018-0002
- Akbaş, A. (2014). Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(2), 101–118.
- Akçakaya, A., Sümer, U. M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioglu, O., ... Çukurçayır, F. (2015). *Yeni senaryolar ile türkiye iklim projeksiyonları ve iklim değişikliği*. Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Akın, H. S., Dalfez, H. N., Önel, B. ve Şen, L. (2011). Türkiye ve bölgesinde iklimin geleceğine köppen-geiger iklim sınıflandırması dayalı bir bakış. *Uluslararası Katılımlı Coğrafya Kongresi (70. Yıl anısına)* içinde (ss. 38–47). İstanbul.
- Akman, Y. (1990). *İklim ve biyoiklim*. Ankara: Palme Yayın Dağıtım.
- Ardel, A., Kurter, A. ve Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji tabiatı (2. Baskı)*. İstanbul: İst. Üniv. Coğ. Ens. Yay. No:40.
- Ayrık, D. (2017). Türkiye'de ekstrem sıcaklık indislerinin eğilimlerinde şehirleşmenin etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 69, 47–57.
- CORINE, 1990, The CORINE Land Cover of 1990, Erişim Tarihi 15.12.2019, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.
- CORINE, 2012, The CORINE Land Cover of 2012, Erişim Tarihi 15.12.2019, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.

- Çiçek, İ. ve Duman, N. (2015). Seasonal and annual precipitation trends in Turkey. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(2), 77–84.
- Dadaser-Çelik, F., Cengiz, E. ve Güzel, Ö. (2016). Trends in reference evapotranspiration in Turkey: 1975-2006. *International Journal of Climatology*, 36(4), 1733–1743. doi:10.1002/joc.4455
- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M. ve Sümer, U. M. (2008). Türkiye’de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler. *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu (13-14 Mart 2008) Bildiriler Kitabı* içinde (ss. 69–84). Ankara.
- Demir, İsmail, Kılıç, G. ve Coşkun, M. (2008). Precis bölgesel iklim modeli ile Türkiye için iklim öngörürleri: HaDAMP3 SRES A2 senaryosu. *IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı* içinde (C. Bildiriler, ss. 365–373). İstanbul.
- Deniz, Z. A. ve Gönençgil, B. (2015). Trends of summer daily maximum temperature extremes in Turkey. *Physical Geography*, 36(4), 268–281. doi:10.1080/02723646.2015.1045285
- Erinç, S. (1949). The Climates of Turkey according to thornthwaite’s classifications. *Annals of the Association of American Geographers*, 39(1), 26–46. doi:10.1080/00045604909351994
- Erlat, E. ve Türkeş, M. (2013). Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey. *International Journal of Climatology*, 33(8), 1898–1908. doi:10.1002/joc.3556
- Erlat, E. ve Türkeş, M. (2015). Türkiye rekor maksimum ve minimum sıcaklıklarının frekanslarında 1950-2014 döneminde gözlenen değişimler ve atmosfer koşullarıyla bağlantıları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 24(2), 29–55.
- Erlat, E. ve Yavaşlı, D. D. (2009). Ege Bölgesi’nde tropikal gün ve yaz günü sayılarındaki değişim ve eğilimler. *Ege Coğrafya Dergisi*, 18, 1–15.
- Erlat, E. ve Yavaşlı, D. D. (2011). Ege Bölgesi’nde sıcaklık ekstremlerinde gözlenen değişim ve eğilimlerin değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(3), 25–37.
- Ezber, Y., Sen, O. L., Kindap, T. ve Karaca, M. (2007). Climatic effects of urbanization in Istanbul: A statistical and modeling analysis. *International Journal of Climatology*, 27(5), 667–679. doi:10.1002/joc.1420
- Freund, J. E. (1979). *Modern elementary statistics* (5. bs.). London: PrenticeHall International.
- Gürer, İ. ve Yıldız, D. (1996). Van Gölü’ndeki ani seviye değişimlerini inceleme raporu. Ankara: TMMOB-İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları.
- Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S. ve Yazıcı, B. (2016). GFDL-ESM2M modeli temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Türkiye İçin sıcaklık ve yağış projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 14(2), 77–88. doi:10.1501/Cogbil\_0000000174
- İçel, G. ve Ataoğlu, M. (2014). Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklıklar ile yağışlarda eğilimler ve NAO arasında ilişkileri (1975-2009). *Türk Coğrafya Dergisi*, 28, 55–68.
- Kadıoğlu, M. (1997). Trends in surface air temperature data over Turkey. *International Journal of Climatology*, 17, 511–520.
- Kızılelma, Y., Çelik, M. A. ve Karabulut, M. (2015). İç Anadolu Bölgesi’nde sıcaklık ve yağışların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (64), 1–10. doi:10.17211/tcd.90494
- MGM. (2016). *Thornthwaite İklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi*. Ankara. [https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim\\_siniflandirmalari/Thornthwaite.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Thornthwaite.pdf) adresinden erişildi.
- Önol, Barış ve Semazzi, F. H. M. (2009). Regionalization of climate change simulations over the eastern mediterranean. *Journal of Climate*, 22(8), 1944–1961. doi:10.1175/2008jcli1807.1
- Önol, Barış, Bozkurt, D., Turuncoglu, U. U., Sen, O. L. ve Dalfes, H. N. (2014). Evaluation of the twenty-first century RCM simulations driven by multiple GCMs over the Eastern Mediterranean–Black Sea region. *Climate Dynamics*, 42(7), 1949–1965. doi:10.1007/s00382-013-1966-7
- Özdemir, H., Ünal, A., Kindap, T., Turuncoglu, U. U., Durmusoglu, Z. O., Khan, M., ... Karaca, M. (2011). Quantification of the urban heat island under a changing climate over Anatolian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology*, 108(1–2), 1–8. doi:10.1007/s00704-011-0515-8
- Partal, T. ve Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, 20(9), 2011–2026. doi:10.1002/hyp.5993
- Raja, N. B., Aydın, O., Türkoğlu, N. ve Çiçek, I. (2017). Space-time kriging of precipitation variability in Turkey for the period 1976–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(1–2), 293–304. doi:10.1007/s00704-016-1788-8
- Selek, B., Tuncok, I. K., Selek, Z., Kaan Tuncok, I. ve Selek, Z. (2018). Changes in climate zones across Turkey. *Journal of Water and Climate Change*, 9(1), 178–195. doi:10.2166/wcc.2017.121
- Şensoy, S. ve Ulupınar, Y. (2015). *İklim Sınıflandırmaları*. [http://212.174.109.9/FILES/iklim/iklim\\_siniflandirmalari.pdf](http://212.174.109.9/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf), 29.06.2016. Ankara.
- Sheskin, D. J. (2003). Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. *The American Statistician*. doi:10.2307/2685909
- Tatlı, H. (2015). Detecting persistence of meteorological drought via the Hurst exponent. *Meteorological Applications*, 22(4), 763–769. doi:10.1002/met.1519
- Tatlı, H. (2017). Classification of the köppen and holdridge life zones with respect to the climate scenarios- Rcp4.5 over Turkey. *8th Atmospheric Sciences Symposium - 01-04 November 2017* içinde (ss. 651–657).
- Tatlı, H. ve Türkeş, M. (2011). Empirical orthogonal function analysis of the palmer drought indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(7), 981–991. doi:10.1016/j.agrformet.2011.03.004
- Tayanç, M., İm, U., Doğruel, M. ve Karaca, M. (2009). Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change*, 94(3–4), 483–502. doi:10.1007/s10584-008-9511-0
- Tayanç, M. ve Toros, H. (1997). Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities of Turkey. *Climatic Change*, 35(4), 501–524. doi:10.1023/a:1005357915441

- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55. doi:10.2307/210739
- TÜİK, 2019, Türkiye İstatistik Kurumu Nüfus ve Demografi Veritabanı, Erişim Tarihi 15.12.2019, <http://www.tuik.gov.tr/>.
- Türkeş, M., Koç, T. ve Sariş, F. (2009). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29(8), 1056–1074. doi:10.1002/joc.1768
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Kılıç, G. (1996). Observed changes in maximum and minimum temperatures in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16(4), 463–477. doi:10.1002/(SICI)1097-0088(199604)16:4<463::AID-JOC13>3.0.CO;2-G
- Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 23(5), 363–380.
- Türkeş, Murat, Sümer, U. M. ve Demir, İ. (2002). Re-Evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929–1999. *Int. J. Climatol.*, 22, 947–977. doi:10.1002/joc.777
- Turp, M. T., Öztürk, T., Türkeş, M. ve Kurnaz, M. L. (2014). Investigation of Projected changes for near future air temperature and precipitation climatology of Turkey and surrounding regions by using the regional climate model RegCM4.3.5. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(1), 1–24. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/56732> adresinden erişildi.
- Ünver, Ö. ve Gamgam, H. (1999). *Uygulamalı istatistik yöntemler* (3. Baskı.). Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Yılmaz, E. (2016). Türkiye'nin bazı şehirlerindeki ısı adası özellikleri. F. Arslan (Ed.), *Türkiye Coğrafyası Araştırmaları* içinde (ss. 177–204). Ankara: Pegem Akademi.
- Yılmaz, E., Çalışkan, O., Çiçek, İ. ve Türkoğlu, N. (2012). Türkiye'de sıcaklık ve yağışın düzensizliği 1964-2003. VII. *TÜCAUM Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde (ss. 57–67). Ankara.
- Yılmaz, E. ve Çiçek, İ. (2016). Türkiye thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973–3993. doi:10.14687/jhs.v13i3.3994
- Zhang, X., Zwiers, F. W., Hegerl, G. C., Lambert, F. H., Gillett, N. P., Solomon, S. ... Nozawa, T. (2007). Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature*, 448(7152), 461–465.

