



Basılı ISSN 1302-5856

Türk Coğrafya Dergisi

Turkish Geographical Review



www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



Ege Bölgesi kıyılarında sıcaklık indislerinin analizi¹

Analysis of temperatures indices in Aegean Region coasts²

Sevilcan Dün *^a  Barbaros Gönençgil ^b 

^a İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Yer Sistem Bölümü, İstanbul, Türkiye.

^b İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye.

ORCID: S.D. 0000-0002-5129-3785; B.G. 0000-0001-6535-4481

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 15.03.2021

Kabul/Accepted: 16.05.2021

Anahtar Kelimeler:

Ege Bölgesi
İklim indisleri
İklim değişikliği
Sıcaklık indisleri

Keywords:

Aegean Region
Climate indices
Climate change
Temperature indices

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(S. Dün) dun20@itu.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.897028

Atf/Citation:

Dün, S., & Gönençgil, B. (2021). Ege Bölgesi kıyılarında sıcaklık indislerinin analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 77-86.
<https://doi.org/10.17211/tcd.897028>

ÖZ / ABSTRACT

Yaz kuraklığının belirgin olduğu Akdeniz havzasında gözlenen ortalama sıcaklıklardaki artış, nüfusun ve kentleşmenin oldukça yoğun olduğu bölgede etkisini daha fazla hissettirmektedir. Bu çalışmada, tipik Akdeniz ikliminin görüldüğü Ege Bölgesi kıyıları incelenmiştir. Edremit, Burhaniye, Bergama, Seferihisar, Çeşme, Selçuk, Aydın, Datça ve Marmaris istasyonlarında belirtilen süre içinde sıcaklığın nasıl değiştiğini, gelişimini ve sıklığını analiz edilmesi amaçlanmıştır. Seçilen istasyonlardan günlük maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. Verilerin homojenliğini tespit etmek için RH testi uygulanmıştır. Homojenliği sağlanan verilere WMO ve CLIVAR tarafından belirlenen iklim indislerinin 16 tanesi günlük maksimum ve minimum sıcaklık verilerine uygulanmış, ekstrem değerlerin eğilimleri parametrik olmayan Mann Kendall ve Sen Eğilim test yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz sonuçlarında sıcak gece ve günler, yaz günleri gibi artış gösterirken serin gece ve günler, soğuk devre süresi, günlük sıcaklık aralığı azalış eğilimi içerisindedir. Ekstrem sıcaklık olaylarında gözlenen artış insan sağlığı, ekonomi, turizm, tarım ve su kaynakları üzerinde negatif etki oluşturmaktadır. Bu etki canlı yaşamı, doğal ortamın sürdürülebilirliği ve adaptasyon sürecinde birtakım önlemler alınmasını gerekli kılmaktadır.

The increase in average temperatures observed in the Mediterranean basin, where the summer drought is significant, makes its impact more felt in the region, where population and urbanization are quite intense. In this study, the coasts of the Aegean region, where the typical Mediterranean climate is observed, were studied. It is aimed to analyse how the temperature changes, its development and frequency during the specified time period at Edremit, Burhaniye, Bergama, Seferihisar, Cesme, Selcuk, Aydın, Datça, Marmaris stations. Daily maximum, minimum temperature data from selected stations were used. The RH test was applied to determine the homogeneity of the data. 16 of the climate indices determined by WMO and CLIVAR were applied to daily maximum, minimum temperature data. Their trends were determined by the non-parametric Mann Kendall and Sen Trend test. In the results of the analysis, hot nights and days increase, such as summer days, while cool nights and days, cold spell duration tend to decrease. The increase in extreme temperature events has a negative impact on human health, economy, tourism, agriculture and water resources. This effect makes it necessary to take a number of measures in the process of living life, sustainability of the natural environment and adaptation.

Extended Abstract

Introduction

Since the formation of the world until today, the climate has not been constant, but there are oscillations in which increases and decreases in time follow each other. Increases in temperature caused by anthropogenic warming and climate change, which is more common in recent centuries based on

many scenarios results, affect human health, economy, industry, agriculture and society in every sense. The effect of increasing temperatures in the Mediterranean Basin, which is one of the important Hot Spot areas, is vigorous than other regions of Turkey. In this context, the changes observed in the size, intensity and frequency of temperature conditions in this study help to understand the impact of climate change. Therefore, in this study, it is aimed to use temperature indices to

¹ Bu çalışma Ege Bölgesi Kıyıları'nda Sıcaklık ve Yağış Dereceleri'nde Görülen Değişimler adlı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

² This study was produced from the master's thesis named Changes in Temperature and Precipitation Values on the Coasts of the Aegean Region.

determine the change and development in temperature extremes and to determine the effect of observed climate change on extreme values. Temperature indices consisting of degrees, number of days and percentage units were used. The 16 temperature indices of the climate indices created by WMO and CLIVAR were calculated using daily maximum, minimum and average temperature data.

Data and Method

Daily temperature data of 9 stations belonging to the Turkish State Meteorology Service (MGM), located on the coasts of the Aegean Region (west of Turkey), were used in the analysis. The period between 1975 and 2018 was selected for the study. Primarily data quality was checked in order to checked to debug possible errors. In the quality control process, errors in the data or errors that cannot occur in the natural environment are detected and removed from the data set. After the data set was extracted from possible errors, it was documented whether there was any break in the data over time with the RH test. In the RH test statistics, the distribution parameter is not sought in the data. Non-homogeneous stations were removed from the analysis. 16 climate indices were calculated from the daily temperature data of each station in the study area. Mann Kendall and Sen Slope test was applied to the data that passed the homogeneity test in order to determine the tendency of the indices during the specified time period. Mann Kendall and Sen Slope Test method are nonparametric test methods.

In the RH test findings of the stations, a break was detected in the daily maximum temperature values at the Çeşme station in January 1982. In Edremit station, a change was observed in the data set in March 1998. These stations are not included in the stations with equipment and location changes. Therefore, it is possible that the breaks occurring in Çeşme and Edremit stations are caused by the natural process brought about by the climatic variability. For this reason, these stations that are not homogeneous were included in the analysis.

Results

According to the results of the analysis, a significant increase tendency was found in indicators such as warm nights (all stations), warm days (all stations), monthly maximum of daily minimum temperatures (all stations), monthly maximum of daily maximum temperatures (Seferihisar, Selçuk, Datça), warm spell duration indicator (most of the stations), tropical nights (all stations), summer days (except Çeşme) in hot indices based upon stations. Significant decreases in the indices of cold nights (all stations), cold days (all stations), frost day (Edremit, Selçuk and Aydın), cold spell duration indicator (Edremit, Selçuk, Aydın and Marmaris) that includes minimum temperatures were determined. No significant trend was detected in icing days in the region where temperatures rarely occur. Also, the monthly minimum of daily maximum temperatures and monthly minimum of daily minimum temperatures did not show a significant increase or decrease tendency. In the daily temperature range, there is a general decrease in the stations (except Aydın). In the growing season, a significant increasing trend was observed only at the Edremit station. The maximum temperatures in the study area show more significant increase than the minimum temperatures. The increase in extreme temperatures observed in the densely populated work area is of great importance in terms of the yield and crop quantities

of agricultural activities, the ideal comfort temperature of people, the lack and absence of water, the survival of plants and animals. As such, it may be one of the areas most affected by possible temperature increases in the future, as in the past. In order to be least affected by the positive feedback mechanisms of the increase in minimum and maximum temperatures and to avoid the threats that may occur, it is important that economic activities and watershed management be carried out in a sustainable way.

1.Giriş

Dünya'nın oluşumundan bugüne kadar olan sürede yerkürenin iklimi jeolojik devirler boyunca sabit kalmayıp bazı değişikliklere uğramıştır. Bu değişimlerin süreleri milyonla ifade edilen süreden binli yıllarla ifade edilen salınımlara kadar farklı ölçeklerde meydana gelmiştir (Gönencgil, 2008). Ancak Dünya'nın farklı bölgelerinde yürütülen çalışmalarda son yüz yıllarda ortalama sıcaklıklardaki artış belirgin olarak göze çarpmaktadır (Hundeche & Bardo, 2005). Bu artışın, uzun zaman aralığı perspektifinde bakıldığında iklim koşullarıyla birlikte aynı zamanda ekonomik, sağlık ve sosyal anlamda birtakım etkileri olmaktadır. Bununla birlikte sadece ortalamalarda değil aynı zamanda ekstrem olayların sıklığı, boyutu ve yoğunluğunda da artış olduğunu gözlemleyen çalışmalar vardır (Alexander vd., 2006; Easterling vd., 1997; Frich vd., 2002; El Kenawy vd., 2011; Woodhouse, C. A. & Overpeck J. T. 1998). Özellikle sanayi devriminden beri atmosfere salınan sera gazlarının artışıyla beraber iklim uzun zaman ölçeklerindeki durumundan farklı olarak hem ortalama hem de uç değerlerinde bir değişiklik gözlenmiştir (IPCC, 2013). İklim değişikliğinin etkisini daha fazla hissedildiği önemli Sıcak Nokta (Hot Spots) alanlarından biri olan Akdeniz Havzası'nda sıcak uç olaylarda gözlenen değişim daha önemli hale gelmektedir (Giorgi, 2006). Ayrıca, 1750 yıllarından beri insan aktivitelerinin getirdiği arazi yüzeyi değişikliği ve sera gazı emisyonlarında gözlenen artış ekstrem sıcaklıkların frekans ve sıklığında alansal ve zamansal olarak birtakım değişikliklere neden olmuştur (IPCC, 2013).

Demir vd. (2013) tarafından Türkiye üzerine bölgesel dinamik ölçek küçültme yapılarak oluşturulan iklim modellemesinde 2013-2040 dönemleri arasında Ege Bölgesi kıyılarının kuzeyinde yazın 3°C 'lere varan sıcaklık artışları beklenmektedir. Bölgede yaz ve ilkbahar mevsimlerinde 2041-2070 ve 2071-2099 dönemleri için beklenen sıcaklık artışlarının daha belirgin olması öngörülmektedir. Ortalama sıcaklıklarda gözlenen bu artışlar uç değerlere yansıdığına boyutu ve şiddeti bakımından önemli derecede etkilere sebebiyet yaratabilmektedir. Isı miktarlarının pozitif geri besleme mekanizmalarına katkılarını artırarak sıcaklık şartlarını daha fazla hissedilmesine neden olabilmektedir. Bölgelerin sıcaklık şartlarının ve ekstremlerinin daha iyi gözlenbilmesi son yıllarda önem kazanmıştır. Bu itibarla Dünya Meteoroloji Örgütü Klimatoloji Komisyonu (WMO-CC) ve Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) iş birliğiyle oluşturulan İklim Değişikliği Belirleme, Gözleme ve İndis Uzman Grubu (ETCDDMI) tarafından yağış ve sıcaklık verilerine dayalı 27 adet çekirdek indis oluşturulmuştur. Bu indislerin sektör bazlı uygulamalara karşı daha kullanışlı olmasını sağlamak amacıyla 2011'de İklim Risk ve Sektör Bazlı İndis Uzman Takımı (Expert Team on Climate Risk and Sector Specific Indices, ETCRSCI) tarafından ETCDDMI indislerinin yanı sıra yeni indis tanımlamaları geliştirmişlerdir (Alexander & Herold, 2016).

Asya-Pasifik ülkelerinin ekstrem indislerin eğilimi belirlemek amacıyla birden fazla ülkeyi kapsayan bir çalışmada 1955-2007 yılları arasında sıcak geceler ve sıcak günlerde serin gün ve serin gecelere oranla değişimin daha belirgin olarak yaşanmakta olduğu, ekstrem sıcaklık değerlerindeki değişimin ise ortalama sıcaklıklara nazaran daha az gerçekleştiği belirlenmiştir (Choi vd., 2009). Romanya'nın Karpatlar bölgesinde yapılan başka bir çalışmada ise 14 meteoroloji istasyonunun verileriyle günlük ekstrem sıcaklık indislerinin eğilimleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre 1961-2010 yılları arasında yaz günleri, tropikal geceler, günlük maksimum ve minimum değerlerinde maksimumlarında belirgin bir artış bulunmuştur. Serin gün ve geceler, donlu günler ve geceler indislerinde anlamlı azalış eğilimi saptanmıştır (Croitoru & Pitaric, 2012). Yine aynı şekilde Güney Amerika'da 68 istasyonun 1960-2000 dönem aralığında iklim verileriyle yapılan araştırmada günlük maksimum sıcaklıkla ilişkili indislerde anlamlı olmayan sonuçlar içerirken günlük minimum sıcaklıklarda ise anlamlı eğilimlere rastlanmıştır. İstasyonların çoğunda sıcak gecelerde artış, serin gecelerde ise azalış eğilimi gözlemlenmiştir (Vincent vd., 2005).

İtalya'da merkezi Adriyatik bölgesinde Scorzini vd. (2018) tarafından kalite kontrol ve homojenlikten geçen günlük sıcaklık verilerine sıcaklık indislerinin eğilimleri belirlenmiştir. 1980 ve 2012 yılları arasında kapsayan çalışmada sıcak devre süresi, sıcak geceler, sıcak günler, yaz günleri ve tropikal gecelerde artış gözlemlenmiştir. Buna karşın 34 meteoroloji istasyonlarında soğukla ilişkili ekstremlerde (soğuk geceler, donlu ve buzlu günler vb.) anlamlı düşüşler saptanmıştır. 1891-2001 yılları arasında Yunanistan'ın Atina şehrinde yapılan başka bir çalışmada 150 yıllık sıcaklık verileri kullanılarak eğilim analizleri uygulanmıştır. Çalışma bulgularında yaz ve ilkbahar sıcaklıklarındaki artış daha belirgin olmakla birlikte aylık analiz bulgularında ise Mayıs ve Haziran aylarındaki artış ön plana çıkmıştır. Ayrıca çalışmada sıcak günlerin sayısında, süresinde ve sıklığında artış eğilimi saptanmıştır (Founda vd., 2004).

Türkiye'de konuyla alakalı yapılan çalışmalara değerlendirildiğinde, Tatlı (2015)'e göre 44 yıllık rasat süresince Türkiye genelinde aylık maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık ve yağış verilerine Standart Normal Homojenlik Testi ve Mann Kendall Eğilim Testi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre yağış verilerinde birkaç istasyonda ve sıcaklık verilerinde ise genel olarak pozitif yönde anlamlı eğilimler tespit edilmiştir (Tatlı & Altunay, 2015). Acar-Deniz ve Gönencil (2017) tarafından yapılmış olan başka bir çalışmada 1966-2014 yılları arasında yaz günleri, tropikal geceler, ekstrem sıcak günler, sıcak günler indislerinde artış eğilimi saptanırken, ekstrem serin geceler, donlu günler, buzlu günler ve günlük sıcaklık aralında ise azalma eğilimi tespit edilmiştir.

Şensoy vd. (2008) tarafından 1971-2004 yılları arasında Türkiye genelinde 100 istasyona iklim indislerinin eğilimleri belirlenmiş. Türkiye'de serin günler, serin geceler, buz günleri sayıları, donlu günler sayıları azalış eğilimine sahip iken; yaz günleri, tropik geceler, sıcak geceler, sıcak günler büyüme sezonu uzunluğu (sahil dışındaki yerlerde) günlük maksimum sıcaklıkların aylık maksimumu, günlük maksimum sıcaklıkların aylık minimumu, günlük minimum sıcaklıkların aylık maksimumu ve günlük minimum sıcaklıkların aylık minimumunda istasyonların çoğunda anlamlı artış eğilimi saptanmıştır.

Türkiye'de yer alan 97 istasyonun günlük sıcaklık verilerine 99, 95, 90, 1, 5 ve 10 % 'lik eşik değerleri belirlenerek Mann Kendall eğilim analizi uygulanmıştır. 1970-2006 yılları arasında kapsayan analiz bulgularında sıcak, ekstrem sıcak günlerde artış eğilimi gözlemlenirken; soğuk, ekstrem soğuk günlerde ise anlamlı azalış eğilimleri saptanmıştır (Deniz & Gönencil, 2015).

Marmara Bölgesi'nde yer alan 7 istasyonda iklim indislerinin eğiliminin yapıldığı başka bir çalışmada, sıcak devre süresi, tropikal geceler, yaz günleri, sıcak geceler ve günlerde artış gözlemlenmiştir. Abbasnia ve Toros'un (2018) birlikte yapmış olduğu bu çalışmada 1961 ve 2016 yılları arasında, soğuk devre süresi, buz günleri, serin geceler ve günler indisinde ise azalış eğilimleri saptanmıştır.

Erlat ve Yavaşlı (2009) tarafından Ege Bölgesi'nde yer alan 10 istasyona yaz günü ve tropikal gecelerin eğilimi analiz edilmiştir. 1938 ve 2008 yıllarını kapsayan çalışma bulgularında 1980 yılından itibaren yaz günü ve tropikal gecelerde artış eğilimi gözlemlenmiştir. Son 10 yılda istasyonların çoğunda artışlar anlamlıdır. 1970 yılına kadar istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış saptanırken 1970 yılından günümüze kadar istasyonların birçoğunda anlamlı artış eğilimleri yaşanmıştır. Ayrıca bunlara ek olarak diğer sıcaklık indislerinde de bölgesel artışın gözlemlendiğine dair çalışmalarda vardır (Acar Deniz vd., 2018; Şensoy vd., 2015; Karabulut, M. & Topuz M, 2019).

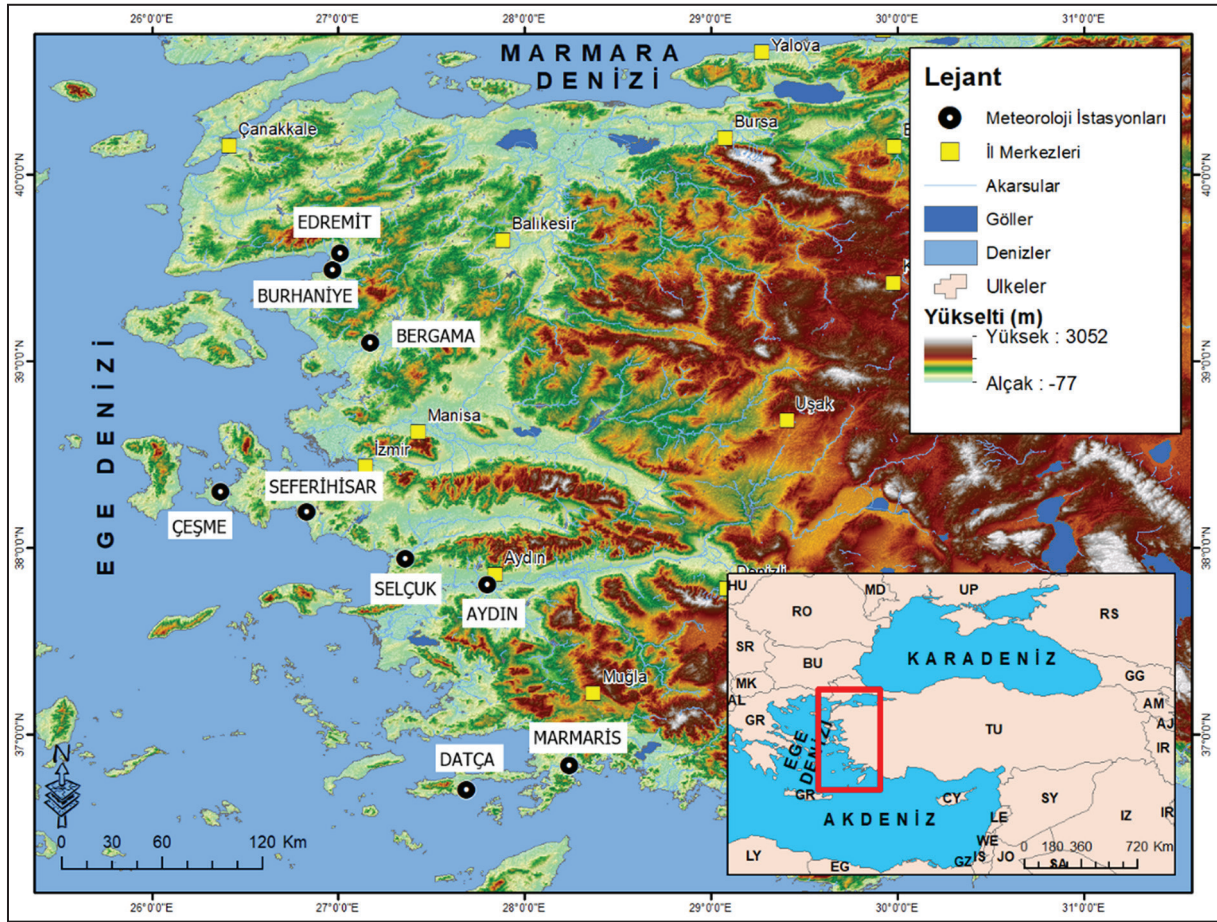
Bölgede daha önceki yapılan çalışmalar ortalamalar ve aylık veriler üzerinden gerçekleştirildiğinden dolayı ortalama değerler uç olayları yansıtmada eksik kalabilmektedir. Dolayısıyla var olan iklimin değişkenliğinin, şiddetini ve boyutunu ekstrem değerler ile daha iyi gözlemlenebilmektedir. Bu nedenle yapılan bu çalışmada sıcaklık ekstremlerindeki değişimi ve gelişimi belirleyebilmek için indislerden yararlanılması ve gözlemlenen iklim değişikliğinin uç değerlere etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Ege Bölgesi'nin kıyı bölümü kuzeyde Kaz Dağları'ndan başlayarak güneyde Balan Dağı'na kadar kıyı bölümünde yer alan saha seçilmiştir. İzmir, Aydın, Muğla illerini kapsayan bu alanda Balıkesir'in Burhaniye ve Edremit istasyonları da çalışma sahası (Şekil 1) sınırları içinde yer almasından dolayı çalışmaya dahil edilmiştir.

Genel iklim özelliklerine bakıldığında çalışma alanı Türkiye makro klima iklim tiplerine göre Akdeniz ikliminin asıl Akdeniz iklimi alt tipine girmektedir. Bölgede sıcaklıklar ve buharlaşma derecesinin şiddetli olmasının yanında ender olarak don ve kar yağışı görülmektedir. Havanın kapalılık durumu oldukça azdır (Erinç,1996).

Bölge yazın daha çok sıcak çekirdekli derin yüksek basınç sistemi olan Azor yüksekli kaynaklı maritim tropikal (mT) hava kütesinin etkisi altında kalır. Bu dönemde kışın etkili olan polar kökenli hava kütleleri yazın kuzeye kaymıştır. Bu mevsimde bölgenin batısında subtropikal yüksek basınç kuzeye ilerlerken güneyde de İntertropikal Konverjans Zonu'nun (ITC) kuzeye doğru yer değiştirmektedir. Akdeniz'de etezyen rüzgarları yer yer orajlara neden olsa da gezici hava kütlelerinin oluşma sıklığının azalmasına bağlı olarak en az yağış yaz mevsiminde düşmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu.

Figure 1. Location of study area.

Bölgeye batı ve kuzeybatıdan gelen polar hava kütleleri zaman zaman yazın etkili olarak cephe yağışlarına ve sıcaklık derecelerinin kısıda olsa düşmesine neden olmaktadır (Erinç, 1996).

Kışın ise gezici hava kütleleri ve basınç koşullarındaki değişimlere bağlı olarak bölgede frontojenez hakim olur. Kuzeydoğudan ve kuzeybatıdan sokulan polar hava kütleleri bu mevsimde etkin olmaktadır. Azor yüksekliğinin güneye kayması, Doğu Avrupa karasında basıncın yükselmesi nedeniyle meydana gelen basınç gradyanı kuzeyde ve güneyde Akdeniz'e doğrudur. Kuzeydeki polar hava kütleleriyle güneydeki tropikal hava kütlelerinin karşılaşma alanını oluşturur. Kış mevsiminde siklonik hava şartları ve cephe yağışları polar ve tropikal kökenli hava kütlelerinin karşılaşma sahalarında gerçekleşmektedir. Genel atmosfer dolaşımının daha güçlü ve cephesel faaliyetlerin kışın daha sık bir şekilde gerçekleşmesi siklonik faaliyetin bu mevsimde şiddetli olmasına neden olmaktadır. Bu sebeple en fazla yağış ve en düşük sıcaklıklar kış mevsiminde görülmektedir (Erinç, 1996).

3. Veri ve Yöntem

Çalışmada, Ege Bölgesi kıyılarında yer alan illerin Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 9 istasyonun günlük minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık verileri kullanılmıştır. Veriler 1975-2018 yıllarını kapsamakta olup eksik verilerin çok olduğu dönemler hesaplamaya dahil edilmemiştir (Tablo1). İstasyonlarda veri eksikliği %10'u geçmemektedir. Nüfusun büyük bölümünün kıyı kesiminde yaşamasına paralel olarak seçilen meteoroloji istasyonları şehirsal etkinin etki alanındadır. Ayrıca veriler Kalite Kontrol (QC) işleminden geçirilerek verilerde olası hatalar düzeltilmiştir. Eğilim hesaplanmadan önce zaman

serisinde ortaya çıkabilecek pürüzlülük ya da hatalı veriyi ortadan kaldırmak için kalite kontrol (QC) işleminden geçmesi gerekmektedir. Kalite kontrol işlemi ise eksik veriler -99.9 olarak sisteme tanıtılır, günlük maksimum sıcaklık (Tmax) günlük minimum sıcaklıktan (Tmin) az ve günlük yağış miktarı 0'dan az ise hatalı veri olarak kabul edildiğinden eksik veri (NA) olarak girilir. Kalite kontrol işlemi hatalı veri tespit edilmemiştir. Eksik veriler NA olarak girildikten sonra diğer analiz prosedürleri uygulanır. Kalite kontrol işlemi aynı zamanda günlük maksimum ve minimum sıcaklıklardaki aykırı değerleri de kapsamaktadır. Bu değerler kullanıcı tarafından tanımlanan belirli bir eşik dışındaki değerlerdir (Zhang & Yang, 2004). Bu çalışmada eşik bir gün için $x_{ort} \pm 4 \times std$ olarak belirlenmiştir. Kalite kontrol işlemi onaylanan veriler, homojenlik testinden de geçtiği takdirde indis hesaplamalarına tabi tutulur.

Belirlenen zaman aralığı boyunca verilerde parametrik olmayan bir yöntem olan RH Test ile homojenlikleri test edilmiştir. Homojenlik testi verilerde ölçüm hatası, istasyonun taşınması, çevresinin değişmesi ya da verilerin kendi doğasından kaynaklanan herhangi bir kırılmayı veya değişimi tespit edebilmek amacıyla yapılmaktadır. Referans serisi olup olmadığına bakılmaksızın doğrusal eğilime sahip iki fazlı regresyon modeline dayanmaktadır (Wang vd., 2010). Değişimin belgelenebileceği bir referans serisi var ise PMT (Penalized Maximal T Test), herhangi bir referans serisi yok ise PMF (Penalized Maximal F Test) uygulanır. Kullanılan test ve yöntemler R programı ile hesaplanmıştır.

Tablo 1. Çalışma alanında seçilen istasyonlar.**Table 1.** Selected stations in the work area.

İL	İSTASYON	YÜKSEKLİK	ENLEM	BOYLAM	RASAT SÜRESİ
BALIKESİR	BURHANİYE	20 m	39.498	26.955	1975-2018
BALIKESİR	EDREMIT	21 m	39.589	27.019	1975-2018
İZMİR	BERGAMA	53 m	39.109	27.171	1975-2018
İZMİR	ÇEŞME	5 m	38.303	26.372	1975-2018
İZMİR	SEFERİHİSAR	22 m	38.199	26.835	1975-2018
İZMİR	SELÇUK	17 m	37.944	27.367	1975-2018
AYDIN	MERKEZ	56 m	37.816	27.887	1975-2018
MUĞLA	DATÇA	28 m	36.708	27.691	1975-2018
MUĞLA	MARMARIS	16 m	36.839	28.243	1975-2018

Bu çalışmada referans serisi olmadığı için günlük maksimum ve minimum sıcaklıklara PMF testi uygulanarak homojenlik testi yapılmıştır. Belgelememiş veri setinin değişim noktalarını belirlemede kullanılan test istatistiği;

$$x(t) = \begin{cases} \mu_1 + \beta t + \varepsilon(t), & N_1 \leq t \leq t_c \\ \mu_2 + \beta t + \varepsilon(t), & t_c \leq t \leq N_2 \end{cases} \quad (1)$$

şeklinde dir.

Burada verilen temel seriler ($N_1=I, N_2=N$) ve veri setindeki serilerin kare hataların toplamı (SSE-Sum of Squared Error) boş model ile karşılaştırılır,

$$x(t) = \mu_0 + \beta_0 t + \varepsilon(t) \quad (2)$$

(1) Modelinin kare hatalarının toplamındaki (SSE) maksimum azalma olan t_c zaman ilk olası değişim noktası olarak seçilir ve $t_c=1$ 'dir. Elde edilen ilk Fmax istatistiği (Fstat), $F_{05}(1, N_{seg}-3)$ olarak belirtilen paydada serbestlik derecesi ($N_{seg}-3$) ve serbestlik derecesine sahip bir pay ile F dağılımının %95'inden daha küçükse, temel seriler için homojenlik varsayılabilir (ilk değişim noktasını tespit etmek için bölüm (segment) uzunluğu $N_{seg}=N$ olmalı). Aksi takdirde temel seri iki ayrı bölüme bölünür, $t \in \{1, 2, \dots, T_1\}$ ve $t \in \{T_1+1, T_1+2, \dots, N\}$ ve yukarıda tarif edilen değişim noktası belirleme prosedürü, iki bölümün her birinde ayrı ayrı tekrarlanır. T_2 değişim noktasını ilk bölümden, T_3 değişim noktasını ikinci bölümden tanımlandığını varsayalım. Hiyerarşik bölme algoritmasını kullanarak, temel zaman serisini dört bölüme bölünür [$t \in \{1, 2, \dots, T_2\}$, $t \in \{T_2+1, T_2+2, \dots, T_1\}$, $t \in \{T_1+1, T_1+2, \dots, T_3\}$, ve $t \in \{T_3+1, T_3+2, \dots, N\}$] ve her bölümdeki değişim noktası belirleme prosedürünü ayrı ayrı tekrarlanır. Bu prosedür, her bölümün "homojen" olduğu veya daha fazla bölünemeyecek kadar kısa olduğu tespit edilene kadar devam eder (yani, $N_{seg} < 2 \times N_{min}$).

Ayrıca, değişiklik noktası tespiti için istatistiksel testler, tek bir değişim noktaları durumu için daha güçlü ve güvenilirdir, yani iki bölüm (test noktasından önce ve sonra) homojen olur. Yukarıdaki T_2 ve T_3 değişim noktalarının varlığı, ilk değişim noktası T_1 'in ilk değerlendirmesinin güvenilirliğini ve doğruluğunu etkileyebilmektedir (Wang, 2003, Wang & Feng, 2004).

Homojenlik testi yapılan verilere herhangi bir eğilimin varlığı ve yönünü tespit etmek için dağılım parametresi aramayan Mann Kendall Trend Analizi uygulanmıştır. İlk olarak Mann (Mann, 1945) tarafından uygulanan ve Kendall (Kendall, 1975) tarafından geliştirilen dağılım koşulu aranmayan istatistiksel bir

eğilim belirleme testidir. Herhangi bir zaman serisindeki uzun süreli monoton eğilimi tespit etmek amacıyla kullanılır. Mann Kendall test istatistiğinde boş hipotez verilerin bağımsız ilişkileri olan bir popülasyondan gelmesi ve aynı şekilde dağılmasıdır. Alternatif hipotezde ise veriler monoton bir eğilimi takip eder.

Eğilim tespit etmede kullanılan Mann Kendall test istatistiği (S) denklemi şu şekildedir:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

Burada n veri noktalarının sayısı, x_i ve x_j , sırasıyla i ve j ($j < i$) zaman serisindeki veri değerlerini ve sgn ise işaret fonksiyonudur :

$$\text{Sgn}() = \begin{cases} +1 & \theta > 0 \\ 0 & \theta = 0 \\ -1 & \theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Verilerin varyansı aşağıdaki gibi hesaplanır :

$$\text{Var}(S) = \left\{ n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^p \frac{t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18} \right\} \quad (3)$$

Burada n veri noktası sayısı, p bağlı grupların sayısı, t_j j kapsamındaki bağların sayısıdır. Örneklem büyüklüğü $n > 10$ olması durumunda veri setinin normal dağıldığı varsayılır ve Z test istatistiği aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır :

$$Z_s = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Pozitif Z_s değeri artan eğilimi gösterirken, negatif Z_s değeri ise azalan eğilimi göstermektedir. Test eğilimleri, spesifik α anlamlılık düzeyinde yapılır. $|Z_s| > Z_{1-\alpha/2}$ olduğu zaman boş hipotez reddedilir ve zaman serisinde önemli bir eğilim vardır.

Sen (1968) bir zaman serisinde var olan eğilimi tahmin eden bir test geliştirmiştir. Testte herhangi bir dağılıma uyma zorunluluğu aranmaz.

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad \text{for } i=1, \dots, N \quad (5)$$

Burada x_j ve x_k , sırasıyla j ve k zamanlarındaki ($j > k$) veri değerlerini yansıtır. Eğer her bir zaman diliminde bir referans

noktası varsa o zaman $N = \frac{n(n-1)}{2}$, n zaman dilimi sayı-

sıdır. Eğer bir veya daha fazla zaman diliminde birçok gözlem

varsa $N < \frac{n(n-1)}{2}$, n toplam gözlemlerin sayısıdır.

Sonra Q_i ' nin N değerleri en küçükten en büyüğe doğru sıralanır ve Sen eğimi aşağıdaki gibi hesaplanır :

$$Q^{Medyan} = \frac{Q(N+1)}{2} \quad N \text{ tek ise}$$

$$Q^{Medyan} = \left[\frac{QN}{2} + \frac{Q(N+2)}{2} \right] \quad N \text{ çift ise} \quad (6)$$

Q_{Med} işareti veri setinin refleksini yansıtırken, değeri eğimin dikliğini gösterir. Ortanca eğimin istatistiksel olarak sıfırdan farklı olup olmadığını belirlemek için, belirli bir olasılıkla Q_{Med} 'in güven aralığı elde edilmelidir.

$$C = Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{Var(S)} \quad (7)$$

Burada yer alan $Var(S)$, Mann Kendall test istatistiğinde gösterilen eşitlik 3 'te yer alan formülle hesaplanır.

$$\text{Sonra } M_1 = \frac{N - C_a}{2} \quad M_1 = \frac{N - C_a}{2} \quad \text{ve} \quad M_2 = \frac{N - C_a}{2} \quad M_2 = \frac{N - C_a}{2}$$

hesaplanır. Güven aralıklarının yüksek ve alt limitleri Q_{Max} ve Q_{Min} , M_1 en büyüğü ve M_2+1 ise N sıralanmış eğim tahminlerinin en büyüğüdür. (Gilbert, 1987). Eğer iki limit benzer bir işarete sahipse O'dan farklıdır (Gocic, 2013).

Tablo 2. ETCCDMI tarafından belirlenen sıcaklık indisleri ve tanımlamaları.

Table 2. Temperature indices and definitions determined by ETCCDMI.

ID	İndis Adı	İndis Tanımı	Birim
TXx	Max Tmax	Maksimum sıcaklıkların maksimumu	°C
TNx	Max Tmin	Maksimum sıcaklıkların minimumu	°C
TXn	Min Tmax	Minimum sıcaklıkların maksimumu	°C
TNn	Min Tmin	Minimum sıcaklıkların minimumu	°C
TN10p	Serin geceler	Günlük minimum sıcaklığının < 10 persantil içinde kaldığı gün sayısı	%
TX10p	Serin günler	Günlük maksimum sıcaklığının < 10 persantil içinde kaldığı gün sayısı	%
TN90p	Sıcak geceler	Günlük minimum sıcaklığının > 90 persantil içinde kaldığı gün sayısı	%
TX90p	Sıcak günler	Günlük maksimum sıcaklığının > 90 persantil içinde kaldığı gün sayısı	%
DTR	Günlük sıcaklık aralığı	Günlük maksimum ve minimum sıcaklıkların aylık ortalama farkı	°C
GSL	Gelişme sezonu uzunluğu	T > 5 °C olan ilk 6 gün ile T < 5 °C olan ilk 6 gün arasındaki günler toplamı	gün
IDO	Buz günler	Maksimum sıcaklık < 0 °C olduğu günler	gün
FDO	Donlu günler	Günlük minimum sıcaklığının < 0 °C olduğu günler (TN < 0 °C)	gün
SU25	Yaz günleri	Günlük maksimum sıcaklığının > 25 °C olduğu günler (TX > 25 °C)	gün
TR20	Tropikal geceler	Minimum sıcaklık > 20 °C olduğu günler	gün
WSDI	Sıcak devre süresi indikatörü	Tmax > normalinin %90 olduğu en az 5 ardışık gün sayısı	gün
CSDI	Soğuk devre süresi indikatörü	Tmin < normalinin %10 olduğu en az 6 ardışık gün sayısı	gün

Dünya Meteoroloji Örgütü'ne (WMO) bağlı İklim Değişikliği Belirleme, Gözleme ve İndis Uzman Grubu (ETCCDMI) tarafından 1999 yılında yapılan çalıştay ve toplantılar sonucunda ekstrem uç değerlerinin eğilimi tespit etmek amacıyla uluslararası olarak koordine edilmiş 27 adet çekirdek indis (Tablo2) tanımlanmıştır (Alexander vd., 2006; Zhang vd., 2011).

Bu indislerle dünyanın çeşitli bölgelerinden alınan iklim verileriyle ekstrem iklim olaylarında gözlenen değişimlerin eğilimi belirlenmeye çalışılmıştır. İklimde ekstremlerin değişimini belirlemek için yüksek sinyal gürültü oranına sahip, geniş çaplı iklimleri kapsayan ve istatistiksel olarak güçlü indisleri geliştirmek önemlidir. Çalıştay sonucunda R tabanlı bir yazılım olan RClindex geliştirilerek günlük sıcaklık ve yağış verileriyle iklim indisleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu indislerin sektör bazlı uygulamalara karşı daha kullanışlı olmasını sağlamak amacıyla 2011'de İspanya'nın Tarragona kentinde toplanan İklim Risk ve Sektör Bazlı İndis Uzman Takımı (Expert Team on Climate Risk and Sector Specific Indices, ETCRSCI), ETCCDMI indislerinin yanı sıra ekonomik, sağlık ve tarımsal alanlarda indis tanımlamaları oluşturmuşlardır (Alexander & Herold, 2016). Bu çalışmada kullanılan indisler Tablo2'de gösterilmektedir. Çalışma alanı için seçilen indisler yüzdelik, derece ve gün olarak R programı üzerinden hesaplanmıştır. Böylece sıcaklık şartlarının oldukça yüksek olduğu Ege Bölgesi kıyılarının sıcaklık değişimleri çok boyutlu olarak incelenmiştir. Ayrıca her istasyonun kendi yüzdelik dilimleri ve maksimum-minimum değerleri baz alındığından dolayı istasyon bazlı oluşan sıcaklık eğilimleri Kendal ve Sen Eğilim analizleri ile daha iyi gözlemlenebilme fırsatı bulunmuştur.

4. Bulgular

4.1. Homojenlik Testi Bulguları

İstasyonların homojenliğinin sağlanabilmesi için belirlenen zaman dilimi içerisinde kırılma (değişim) yaşanmaması gerekmektedir. Kırılmalar rasat süresi boyunca belirlenen herhangi bir istasyonda bir değişimin tespit edildiği yıllardır. Kırılmalar çeşitli sebeplerden dolayı meydana gelebilmektedir. Bunlar ekstremlerin kendi doğasından kaynaklanan durumlardan do-

layı olabileceği gibi istasyonun ölçüm aletlerinde ya da çevresinde meydana gelebilecek fiziki değişimlerden de kaynaklanabilmektedir (Wang vd., 2010).

Tablo 3. RH test bulguları.

Table 3. RH test findings.

İstasyon	Yıl	Veri
Çeşme	1998	maksimum sıcaklık
Edremit	1982	minimum sıcaklık

İstasyonların RH test bulgularında günlük maksimum sıcaklık değerlerinde Çeşme istasyonunda 1982 yılının Ocak ayında kırılma tespit edilmiştir (Tablo 3). Edremit istasyonunda ise 1998 yılının Mart ayında veri setinde bir değişim gözlenmiştir. Bu istasyonlar Demircan (2019) tarafından yapılan çalışmada istasyonların alet ve yer değişikliği belirtilen istasyonlar arasında yer almamaktadır. Dolayısıyla Çeşme ve Edremit istasyonunda meydana gelen kırılmaların iklimsel değişkenliğin beraberinde getirdiği doğal süreçten kaynaklanması olasıdır. Bu nedenle bu istasyonlar çıkarılmayıp çalışmaya dahil edilmiştir. Bu çalışmadaki zaman serileri analizleri dahil tüm analizler R ortamından (R Core Team, 2016) gerçekleştirilmiştir.

4.2. İndis Bulguları

Çalışmada ETCCDMI tarafından belirlenen indislerin 16 tanesi uygulanmış olup bunlardan günlük minimum sıcaklıkların minimumu, günlük maksimum sıcaklıkların maksimumu ve buzlu günler indislerinde istasyonlarda pozitif ya da negatif yönde anlamlı eğilimler saptanmamıştır (Tablo 4 ve 5).

TNx, günlük minimum sıcaklıkların aylık maksimum değerini oluşturmaktadır. İstasyonların hepsinde 1975 ve 2018 yılları arasında gözlenen artış eğilimi anlamlı çıkmıştır. 1990 yılından sonra istasyonlarda gözlenen artış daha belirgin hale gelmiştir. Günlük minimum sıcaklıkların maksimumunda gözlenen bu artış ideal konfor sıcaklığı için sorun teşkil edebilmektedir. Datça ve Marmaris istasyonları bölge ortalamasının üzerinde TNx değerlerine sahipken (Şekil 2a), en düşük değerlere ise Selçuk istasyonunda gözlenmektedir. İstasyonların artış eğilimine bakıldığında ise en yüksek artış oranlarına Selçuk (4.3°C), Datça (3.6°C) ve Aydın (3.4°C) istasyonları sahiptir. En düşük artış eğilimine ise 2°C ile Marmaris istasyonunda gözlenmiştir.

Gün içerisinde ölçülen en yüksek sıcaklık değerlerinin aylık maksimum değeri olan Txx'te, 1976, 1983 yılları gibi bazı dönemlerde ortalamaya göre birkaç derecelik soğuma eğilimi gözlenirse de 2000 yılından sonra meydana gelen ısınma eğilimi belirgindir. Datça istasyonu (Şekil 2b) 44 yılda 3°C'lik bir artış yaşamıştır. Genel eğilime bakıldığında %95 anlamlılık seviyesinde olan bu artış ile en yüksek artış gösteren istasyon olmuştur. Seferihisar'da Txx'te belirlenen tarih aralığında artış oranı 1.8°C' dir. Maksimum sıcaklıkların maksimumunda en yüksek değerlere sahip olan istasyonlardan biri olan Selçuk'ta ise özellikle 1990 ve 2008 yıllarında gözlenen artış belirgin olup istasyonun genel eğilimde 1.7°C'lik bir artış gözlenmiştir.

Bütün istasyonlarda anlamlı eğilimlerin belirlendiği tropikal geceler (TR20) indisinde artış saptanmıştır (Şekil 2c). Artış eğilimi istasyonlarda genel olarak 1985 yılından sonra başlamıştır an-

Tablo 4. Sıcaklık indislerinin Sen Eğilim testi bulguları. Kalın olarak yazılan bulgular anlamlılık seviyesinin (%95) yüksek olduğu eğilimleri göstermektedir.

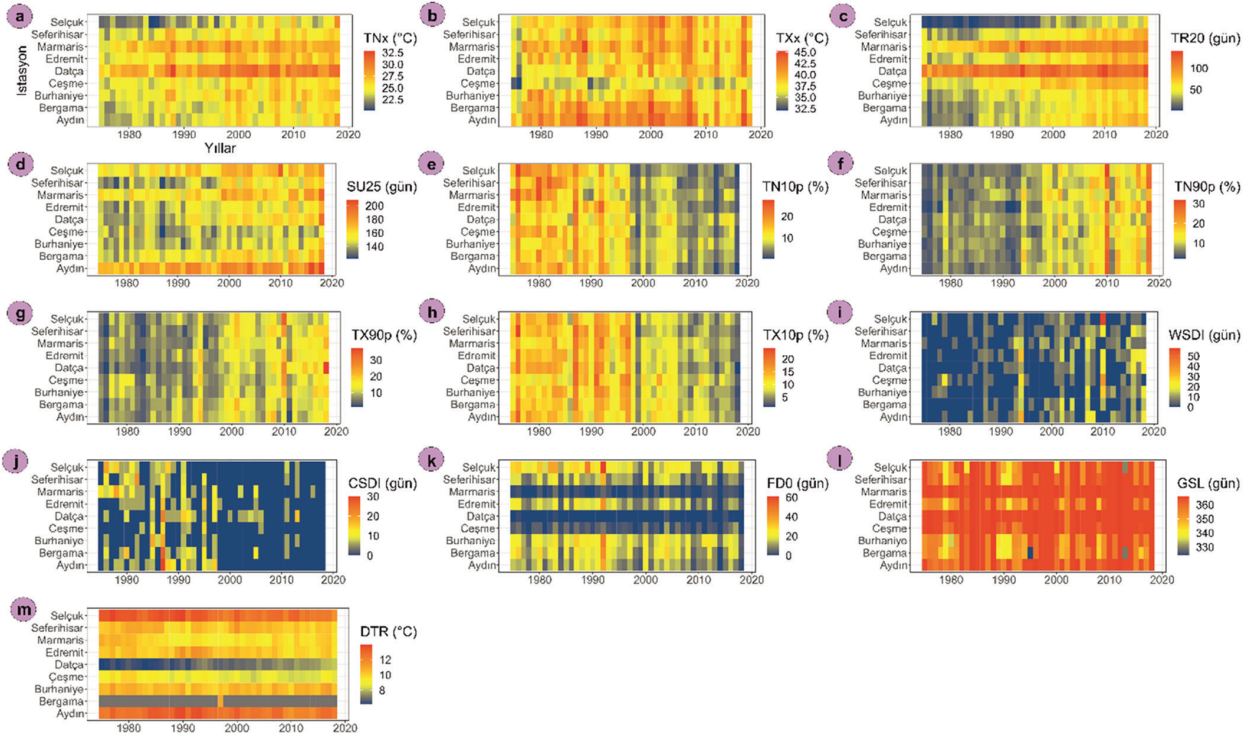
Table 4. Sen Slope test findings of temperature indices. The findings, written in bold, indicate trends with a high level of significance (95%).

İndisler	°C					%				gün						
	İstasyonlar	TXx	TNx	TXn	TNn	DTR	TN10p	TX10p	TN90p	TX90p	GSL	IDO	FDO	SU25	TR20	WSDI
EDREMİT	8.8	2.8	0.4	1.7	-0.4	-16	-11.5	17	11	14	0.08	-11	23	57	12	-4
BURHANİYE	0.4	2.7	0.0	-0.6	0.04	-8	-9	9	5	7.5	0.04	-1.4	12	43	4	-3
BERGAMA	-0.4	2.4	0.2	0.3	-0.08	-11	-9.1	11	7	-0.0	0.2	-9	19	53	6	-5
ÇEŞME	0.8	2.2	-0.1	0.2	-1.2	-15	-5.5	12	5	1.4	0.0	0.4	2	51	2	-2
SEFERİHİSAR	1.8	1.8	1.2	1.4	-0.3	-17	-13.9	12	11	6	0.0	-7	29.8	56	6	-7
SELÇUK	1.7	4.3	0.2	0.9	-1.4	-21	-12.4	14	9	2	0.0	-15	22.3	51	4	-9
AYDIN	0.0	3.4	0.0	1.0	-0.7	-16	-9.9	15.2	7.2	2.5	0.0	-7.7	18	72	8	-8
DATÇA	3.0	3.6	0.3	-0.9	1.7	-16	-13	8	19	0.08	0.0	0.4	33	20	11	-0.4
MARMARİS	0.3	2.0	1.9	-0.3	-0.5	-17	-8.8	10	10	0.08	0.0	0.2	22.9	51	7.3	-10

Tablo 5. Sıcaklık indislerinin Mann Kendall-tau değerleri. Kalın olarak yazılan bulgular anlamlılık seviyesinin (%95) yüksek olduğu eğilimleri göstermektedir.

Table 5. Mann Kendall-tau values of temperature indices. The findings, written in bold, indicate trends with a high level of significance (95%).

İndisler	°C					%				gün						
	İstasyonlar	TXx	TNx	TXn	TNn	TN10p	TX10p	TN90p	TX90p	DTR	GSL	IDO	FDO	SU25	TR20	WSDI
EDREMİT	0.1	0.4	0.0	0.2	-0.6	-0.6	0.6	0.5	-0.2	0.2	0.1	-0.3	0.5	0.7	0.4	-0.2
BURHANİYE	0.0	0.4	0.1	0.0	-0.5	-0.5	0.5	0.3	0.0	0.2	0.0	-0.1	0.3	0.6	0.3	-0.2
BERGAMA	0.0	0.4	0.0	0.1	-0.5	-0.5	0.5	0.4	-0.1	0.1	0.1	-0.2	0.4	0.7	0.3	-0.3
ÇEŞME	0.1	0.4	0.0	0.0	-0.6	-0.3	0.5	0.2	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.1	-0.1
SEFERİHİSAR	0.2	0.4	0.1	0.2	-0.6	-0.5	0.6	0.5	-0.2	0.2	0.0	-0.2	0.5	0.7	0.4	-0.3
SELÇUK	0.2	0.5	0.0	0.1	-0.7	-0.6	0.6	0.4	-0.5	0.1	0.0	-0.3	0.5	0.7	0.1	-0.4
AYDIN	0.0	0.5	0.0	0.1	-0.6	-0.5	0.6	0.4	-0.3	0.2	0.0	-0.2	0.4	0.8	0.3	-0.4
DATÇA	0.4	0.5	0.0	-0.1	-0.3	-0.6	0.4	0.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	0.4	-0.1
MARMARİS	0.0	0.3	0.1	-0.1	-0.6	-0.5	0.5	0.5	-0.2	0.0	0.0	0.1	0.4	0.6	0.3	-0.5



Şekil 2. İndis bulguları **a.** Günlük minimum sıcaklıkların maksimumu (TNx)(°C) **b.** Günlük maksimum sıcaklıkların maksimumu (TXx)(°C) **c.** Tropikal geceler (TR20)(gün) **d.** Yaz günleri (SU25)(gün) **e.** Serin geceler (TN10p)(%) **f.** Sıcak geceler (TN90p)(%) **g.** Sıcak günler (TX90p)(%) **h.** Serin günler (TX10p)(%) **i.** Sıcak devre süresi göstergesi (WSDI)(gün) **j.** Soğuk devre süresi göstergesi (CSDI)(gün) **k.** Donlu günler (FDO)(gün) **l.** Gelişme sezonu uzunluğu (GSL)(gün) **m.** Günlük sıcaklık aralığı (DTR)(°C).

Figure 2. Indices findings **a.** Maximum daily minimum temperatures (TNx)(°C) **b.** Maximum daily maximum temperatures (TXx)(°C) **c.** Tropical nights (TR20)(day) **d.** Summer days (SU25)(day) **e.** Cool nights (TN10p)(%) **f.** Warm nights (TN90p)(%) **g.** Warm days (TX90p)(%) **h.** Cool days (TX10p)(%) **i.** Warm speed duration indicator (WSDI)(day) **j.** Cold speed duration indicator (CSDI)(day) **k.** Frost days (FDO)(day) **l.** Growing season length (GSL)(day) **m.** Diurnal temperature range (DTR)(°C).

cak Selçuk istasyonunda bu artış 2000 yıllarından sonra daha belirginleşmiştir. Günlük minimum sıcaklığın 20°C'nin üzerinde olduğu günlerin yıllık sayısı olan tropikal gecelerde en fazla artış miktarına sahip olan 72 gün ile istasyon Aydın'dır (Tablo 4). En yüksek TR20 değerlerine ise Marmaris ve Datça istasyonlarında karşımıza çıkmaktadır. Aydın istasyonunu Edremit (57), Seferihisar (56) ve Bergama (53) istasyonu takip etmiştir. Çeşme, Marmaris ve Selçuk istasyonlarının artış değerleri benzer olup, bu oran 51 gün olarak gerçekleşmiştir. Burhaniye'nin tropikal geceler indisi ise 43 gün olarak belirlenmiştir. İstasyonlar arasında en az artış oranına sahip olan istasyon ise 20 gün ile Datça olmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde tropikal gece sıcaklıklarındaki artış eğilimi yaz günlerine oranla iki kat daha fazla gerçekleşmektedir.

Günlük maksimum sıcaklığın 25°C'nin üzerinde olduğu günler sayısı olan yaz günleri indisinde (SU25) (Şekil2d) Çeşme istasyonu hariç bütün istasyonlarda artış eğilimi anlamlı çıkmıştır. İstasyonlarda 1998 yılından sonra yaz günlerindeki artış belirgin hale gelmiştir. En yüksek SU25 değerlerine Aydın, Marmaris ve Selçuk istasyonlarında rastlanırken, en yüksek artış eğilimine 33 gün ile Datça istasyonu sahiptir. Benzer şekilde Seferihisar (29.8), Edremit (23) ve Marmaris (22.9) istasyonlarının da artış oranları oldukça yüksektir. Diğer istasyonlarda ise bu oran Selçuk 22.3, Bergama 19, Aydın 18 ve Burhaniye'de 12 gün şeklindedir.

Ege Bölgesi kıyı istasyonlarında günlük minimum sıcaklığın %10'un altında kaldığı günler olan serin gecelerde (TN10p) gözlenen azalma eğilimi anlamlı çıkmıştır (Şekil2e). 1980'li yılların başlarına kadar bazı istasyonlarda hafif bir artış, daha sonra fazla belirgin olmayan düşüş 2000 ve özellikle 2007 yılından sonra belirgin olmaya başlamıştır. En yüksek düşüş

oranlarına %21 ile Selçuk istasyonunda gözlenmiştir (Tablo 4). Bu istasyonu %17 ile Seferihisar ve Marmaris, %16 ile Datça, Edremit ve Aydın istasyonu takip etmiştir. Çeşme, Bergama ve Burhaniye istasyonlarında ise azalış oranları sırasıyla %15, %11 ve %8 olarak gerçekleşmiştir.

Günlük minimum sıcaklığın %90'ın üzerinde olduğu günler olan sıcak geceler (TN90p) (Şekil 2f) ve günlük maksimum sıcaklığın %90'ın üzerinde olduğu günler olan sıcak günler (TX90p) (Şekil 2g) indislerinde seçilen istasyonların hepsinde anlamlı artış eğilimleri saptanmıştır. Genel olarak istasyonlarda görülen artışlar her iki indiste de 2000 yılından günümüze doğru belirgin hale gelmiştir. 2000 yılına kadar ise bazı istasyonlarda artış ve azalışlar birbirini takip etmiştir. 2010 ve 2018 yılları istasyonlarda en sıcak gecelerin yaşandığı yıllardır. Sıcak gecelerde en fazla artışa sahip olan istasyonlar Edremit (%17) ve Aydın (%15.2) olurken, sıcak günlerde ise Datça (%19) istasyonu olmuştur. Diğer istasyonlarda sıcak geceler ve sıcak günler indislerinin artış oranı %15'in altında kalmıştır.

Günlük maksimum sıcaklığın %10'un altında kaldığı günler olan serin günler indisinde (TX10p) ise serin geceler indisiyle benzer karakterler göstermektedir. 2000 li yıllara kadar istasyonların çoğunda artış ve azalışlar birbirini takip etse de bu yıldan sonra azalış eğilimi daha belirgin gözlenmeye başlamıştır (Şekil 2h). Serin geceler ile karşılaştırıldığında serin günlerde daha az düşüş eğilimi gözlenmektedir. İstasyonlar arasında çok fazla fark olmamakla birlikte en fazla düşüş eğilimi gösteren istasyonlar yaklaşık %13 oranı ile Seferihisar ve Datça istasyonları olmuştur (Tablo 4). Bu istasyonları Selçuk (%12.4), Edremit (%11), Aydın (%9.9), Bergama (%9.1), Burhaniye (%9), Marmaris (%8.8) ve Çeşme (5.5) istasyonları izlemiştir. Bölgede ortalama anlamlı azalma eğilimi %10 olarak gerçekleşmiştir.

Günlük maksimum sıcaklığın %90'ın altında olduğu 6 ardışık gün sayısı olan sıcak devre süresi göstergesinde (WSDI) 6 istasyonda anlamlı artış eğilimlerine rastlanılmıştır (Şekil 2i). 1990'lı yılların başlarına kadar çok fazla sıcak devre yaşanmakla birlikte, artışlar özellikle 1990 ve 2000 yıllarından sonra diğer indislerde olduğu gibi belirgindir. En yüksek sıcak devre süresi değerlerine Edremit (12) ve Datça (11) istasyonunda gözlenmektedir. 1994 yılında pik yapan Aydın da ise bu oran 8 gündür. Bu istasyonu 7.3 gün ile Marmaris istasyonu takip etmiştir. Bergama ve Seferihisar istasyonlarının artış oranları benzer olup, bu oran 5 gün olarak gerçekleşmiştir.

Soğuk devre süresi göstergesi (CSDI) ise günlük minimum sıcaklığın %10'un altında olduğu en az 6 ardışık gün sayısıdır. Sadece 5 istasyonda anlamlı azalış eğilimleri gözlenmekle birlikte 2000 yılından sonra soğuk devre sıklığında ve sayısında azalma gözlenmektedir (Şekil 2j). En fazla anlamlı azalış oranına 10 gün ile Marmaris istasyonu sahiptir (Tablo 4). Diğer istasyonlarda ise Selçuk 9 gün, Aydın 8 gün, Seferihisar 7 gün, Edremit 4 gün olarak belirlenmiştir.

Günlük minimum sıcaklığın 0°C'nin altında olduğu günler sayısı olan donlu günler (FD0) sadece üç istasyonda anlamlıdır (Selçuk, Edremit, Aydın). Sıcaklığın çok az olarak 0 C'nin altına indiği bu bölgede FD0 indisi azalış eğilimindedir (Şekil 2k). 1995 yılından itibaren bütün istasyonlarda azalış belirgin olmakla birlikte 1989 ve 1992 yılları donlu günlerde pik yaşanmıştır. Özellikle diğerlerine göre daha fazla donlu günler sayısına sahip olan Selçuk istasyonunda 1992 yılında 60 güne çıkmıştır. En fazla düşüş eğilimine sahip olan Selçuk istasyonunda 44 yılda toplam 15 gün olarak gerçekleşmiştir. Bu istasyonu 11 gün ile Edremit ve 7.7 gün ile de Aydın istasyonu takip etmiştir. Bölgede görüldüğü gibi kış aylarını temsil edebilecek donlu günler sayısı son yıllarda özellikle Edremit ve Aydın istasyonlarında 30 günün altına inmektedir.

Gelişme sezonu uzunluğu Kuzey Yarım Küre için 1 Ocak ile 31 Aralık arasında (Güney Yarım Küre'de 1 Temmuz-30 Haziran) günlük ortalama sıcaklığın 5°C'yi aştığı ilk 6 gün ile 1 Temmuz'dan (Güney Yarım Küre' de 1 Ocak) sonra günlük ortalama sıcaklığın 5°C'nin altında kaldığı ilk 6 gün arasındaki gün sayısıdır. Çalışma alanı için seçilen istasyonlardan sadece Balıkesir iline bağlı Edremit istasyonunda eğilim anlamlı çıkmıştır (Tablo 4). 7.7 gün olarak gerçekleşen bu artış eğilimi %95 anlamlılık seviyesindedir (Şekil 2l). 1979 ve 1991 yıllarında ortalama 14 günlük ciddi bir azalma deneyimlemiştir. 1995 yılından günümüze doğru geldiğinde istasyonun GSL indisinde artış eğilimi artmaya başlamıştır.

Günlük maksimum ve minimum sıcaklık farklarının aylık ortalama değeri olan günlük sıcaklık aralığında (DTR) (Şekil 2m) 1975'ten 2018 yılına kadar istasyonlarda genel olarak anlamlı (%95) azalış eğilimi hakimdir. Azalış eğilimi 1995 yılından sonra daha belirgin hale gelmiştir. Diğer istasyonlardan farklı olarak sadece Datça istasyonunda DTR indisinde artış eğilimi olup bu oran 1.7°C'dir (Tablo 4). Datça istasyonunda gözlenen bu artış eğilimi günlük maksimum sıcaklıkların minimum sıcaklıklara oranla daha fazla artış gösteriyor olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer istasyonlarda gözlenen azalış eğiliminde en yüksek orana 1.4°C ile Selçuk istasyonunda belirlenmiştir. Çeşme istasyonunun günlük sıcaklık aralığı 1.2°C, Aydın'da 0.7°C ve Marmaris'te ise bu oran 0.5°C olarak gerçekleşmiştir. İstasyonlarda

azalış ve artış eğilimleri zaman içerisinde gerçekleşse de azalış eğilimi minimum sıcaklıklarda görülen artış ile birlikte hakim olmuştur.

5. Sonuç

Bu çalışmada Ege Bölgesi kıyılarında yer alan istasyonların iklim değişikliğini anlamaya ve yorumlamaya katkı sağlayan iklim indislerinin eğilimi incelenmiştir.

Çalışma alanı olarak seçilen bu bölgede maksimum sıcaklıkları temsil eden sıcak günler, sıcak geceler, yaz günleri, tropikal geceler, günlük maksimum sıcaklıkların maksimumu, günlük minimum sıcaklıkların maksimumu, sıcak devre süresi indislerindeki artış ile minimum sıcaklıkları ifade eden serin geceler, serin günler, donlu günler ve soğuk devre süresi göstergesinde istasyonlarda genel olarak gözlenen anlamlı azalış eğilimleri birbirlerini destekler niteliktedir. Hem maksimum hem de minimum sıcaklıklarda özellikle 1990 yılından sonra daha belirgin olarak gözlenmeye başlayan artışlar sıcak hava olaylarında ve sıcaklık ekstremlerinin süre, şiddet ve sıklık olarak daha fazla yaşanmasını tetiklemiştir. Benzer şekilde günlük sıcaklık aralığının zamanla daralması minimum sıcaklıkların maksimum sıcaklıklara erişmeye başladığının göstergesidir. Sadece Datça istasyonunda günlük sıcaklık aralığının artış göstermesi maksimum sıcaklıkların minimumlara oranla daha fazla artış gösterdiğinden dolayıdır. Çalışma alanının karakteristik Akdeniz iklim tipine sahip olması ve kıyı kentleri olmasından dolayı buzlu ve donlu günler sayısının çok az ve seyrek olarak gerçekleşmesine sebep olmuştur. Bunun neticesinde istasyonların çok azında eğilim hesaplanmıştır. Eğilim bulunan istasyonlarda ise maksimum sıcaklıklarla birlikte minimum sıcaklıklarında artış eğilimi göstermesi donlu günler sayısı ve bunun beraberinde soğuk devre süresinde azalışa sebep olmuştur. Bu sadece sayı ya da oransal olarak bir azalış değil, aynı zamanda sıklığında da düşüş gözlenmektedir.

Bu itibarla gerek doğal gerekse antropojenik kaynaklı olarak gerçekleşen iklim değişikliğinde nüfus artışının da beraberinde getirdiği kentleşme ile yerden ısınan atmosferimizin ve yer yüzeyinin daha fazla ısınmasına sebebiyet vermektedir. Bunun neticesinde ısının daha fazla depolanmasına neden olarak hem minimumlarda hem de maksimum sıcaklıklarda artışa neden olmaktadır. Bu da başta insan olmak üzere bütün canlı yaşamı için baskı oluşturmaktadır. Ekstrem sıcaklıkların ileride boyut, süre, şiddet ve sıklıklarının daha da artacağı öngörüsünde Akdeniz ikliminin var olan şartlarını tetikleyerek hayati problemlere yol açması yüksek bir olasılık olup gerekli tedbirler alınmalıdır.

Kaynakça

- Abbasnia, M., & Toros, H. (2018). Analysis of long-term changes in extreme climatic indices: a case study of the Mediterranean climate, Marmara Region, Turkey. *Pure and Applied Geophysics*, 175(11), 3861–3873. <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1888-8>
- Acar-Deniz, Z., & Gönencil.(2015). Trends of summer daily maximum temperature extremes in Turkey. *Physical Geography*, 36(4), 268–281. <https://doi.org/10.1080/02723646.2015.1045285>
- Acar Deniz, Z., & Gönencil.(2017). Türkiye Sıcaklık Ekstremlerindeki Değişkenlikler. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, (35), 41–54, İstanbul.

- Acar Deniz, Z., Gönencil, B., & Korucu Gümüşoğlu, N. (2018). Long-Term Changes in Hot and Cold Extremes in Turkey. *Journal of Geography*, (37), 57-67. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2018-0002>
- Alexander, L. V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Tank, K., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D. B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., & Vazquez-Aguirre, J. L. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*. (111), D05109. <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>
- Alexander, L.V., & Herold, N. (2016). *ClimPACT2-Indices and Software*. The Commission for Climatology (CCI), Expert Team on Sector-Specific Climate Indices (ET-SCI)
- Choi, G., Collins, D., Ren, G., Trewin, B., Baldi, M., Fukuda, Y., Afzaal, M., Pianmana T., Gomboluudev, P., Huong, P.T.T., Lias, N., Kwon, W.T., Boo, K.O., Cha, Y.M., & Zhou, Y. (2009). Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia Pacific Network region, 1955–2007. *International Journal of Climatology*, (29), 1906-1925. <https://doi.org/10.1002/joc.1979>
- Croitoru, A. E., & Piticar, A. (2012). Changes in daily extreme temperatures in the Extra-Carpathians regions of Romania. *International Journal of Climatology*. (33), 1987–2001. <https://doi.org/10.1002/joc.3567>
- Demir, Ö., Atay, H., Eskiöglü, O., Tüvan, A., Demircan, M., & Akçakaya, A., (2013, Haziran 3-5). *Rcp4.5 senaryosuna göre Türkiye’de sıcaklık ve yağış projeksiyonları, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi - TİKDEK Bildiri Kitabı*, İstanbul Türkiye. <http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/rcp-45.pdf>
- Demircan, M. (2019). *Sıcaklık verilerinde kırılma tarihleriyle iklim indekslerinin ilişkisi*. (Yayın No: 546789) [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. YÖKTEZ. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Founda, D., Papadopoulou, K.H., Petrakis, M., Giannakopoulos, C., & Good, P. (2004). Analysis of mean, maximum, and minimum temperature in Athens from 1897 to 2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events, and cold events. *Global and Planetary Change*. (44), 27–38. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2004.06.003>
- Easterling, D.R., Horton B., Jones P.D., Peterson, T.C., Karl T.R., Parker D.E., Salinger M.J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P., & Folland, C.K. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*. (277), 364–367. <https://doi.org/10.1126/science.277.5324.364>
- El Kenawy, A., Lopez-Moreno, J.I., & Vicente-Serrano, S.M. (2011). Recent trends in daily temperature extremes over northeastern Spain. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. (11), 2583 – 2603. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-2583-2011>
- Eriç, S. (1996). *Klimatoloji ve metodları* (4. Baskı). Alfa Basım ve Dağıtım,
- Erlat, E. & Yavaşlı, D. (2009). Ege Bölgesi tropikal yaz günü sayılarındaki değişim ve eğilimler. *Ege Coğrafya Dergisi*, 18, 1-15.
- Frich P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A.M.G., & Peterson, T., (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*. (19), 193–212. <https://doi.org/10.3354/cr019193>
- Gilbert, R.O. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring (1. Edition)*. Van Nostrand Reinhold.
- Giorgi, F. (2006). Climate change Hot Spots. *Geophysical Research Letters*. 33, L08707. <https://doi.org/10.1029/2006GL025734>
- Gocic, M., & Trajkovic, S. (2013) Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen’s Slope Estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*. (100), 172–182. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014>
- Gönencil, B. (2008). *Doğal süreçler açısından iklim değişikliği ve insan (1. Baskı)*. Çantay Kitabevi.
- Hundeche Y., & Bardossy A. (2005). Trends in daily precipitation and temperature extremes across Western Germany in the second half of the 20th century. *International Journal of Climatology*. (25), 1189–1202. <https://doi.org/10.1002/joc.1182>
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press.
- Karabulut, M., & Topuz M, (2019). Adana’da tropikal ve yaz günü sayılarındaki değişim ve eğilimler. İçinde Arslan., D.A., Akhan, B., Mirov, M. (Eds) 2. *International Mediterranean Symposium*, (ss.108-124).
- Kendal, M. (1975). *Rank correlation methods (4. Edition)*. Charles Griffin.
- Mann, H. (1945). Non-parametric test against trend, *Econometrica*. (13), 245–259. [https://doi.org/0012-9682\(194507\)13:3<245:N-TAT>2.0.CO;2-U](https://doi.org/0012-9682(194507)13:3<245:N-TAT>2.0.CO;2-U)
- R Core Team. (2016). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, 661. <http://www.r-project.org/index.html>
- Scorzini, A.R., Bacco, M., & Leopardi, M. (2018). Recent trends in daily temperature extremes over the central Adriatic region of Italy in a Mediterranean climatic context. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.5403>
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s tau. *Journal of American Statistical Association*, (63), 1379–1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>
- Sensoy, S., Demircan, M., & I. Alan. (2008, Mayıs 27-31). *Trends in Turkey Climate Extreme Indices from 1971 to 2004*. Third International Scientific Conference on Water Observation and Information Systems for Decision Support (BALWOIS). Ohrid, Macedonia.
- Tatlı, H., & Altunay, A. (2015, Nisan 28-30). *Türkiye’de olası İklim Değişikliği etkilerinin Mann Kendall trend yaklaşımı ile incelenmesi*. [Konferans özeti] VII. Atmosferik Bilimler Sempozyumu, İstanbul, Türkiye.
- Vincent, L.A., Peterson, T.C., Barros, V.R., Marino, M.B., Rusticucci, M., Carrasco, G., Ramirez, E., Alves, L.M., Ambrizzi, T., Berlato, M.A., Grimm, A.M., Marengo, J.A., Molion, L., Moncunill, D.F., Rebello, E., Anunciaçom, Y.M.T, Quintanan, J., Santoso, J.L., Baez, J.,..., Karolyv, D. (2005). Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America: 1960–2000. *Journal of Climate*, (18), 5011–5023. <https://doi.org/10.1175/JCLI3589.1>
- Wang, X. L. (2003). Comments on “Detection of undocumented changepoints: A revision of the two-phase regression model”. *Journal of Climate*, (16), 3383–3385. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<3383:CODOUC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3383:CODOUC>2.0.CO;2)
- Wang, X. L., & Feng, Y. (Ekim, 2004). *RHTest User Manual*. Climate Research Branch Meteorological Service of Canada Downsview.
- Commission of Climatology (CCI). (2013). *Climpact- Indices and Software*. https://epic.awi.de/id/eprint/49274/1/ClimPACTv2_manual.pdf
- Wang, X. L., Chen, H., Wu, Y., Feng, Y., & Pu, Q. (2010). New techniques for the detection and adjustment of shifts in daily precipitation data series. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, (49), 2416 . <https://doi.org/10.1175/2010JAMC2376.1>
- Woodhouse, C. A., & Overpeck J. T. (1998). 2000 years of drought variability in the Central United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 79(12), 2693–2714. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<2693:YODVIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<2693:YODVIT>2.0.CO;2)
- Zhang, X., & Yang, F. (2004). *Rclimdex(1.0)-User Manuel*, Climate Research Branch Environment Canada Downsview.
- Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G.C., Jones, P., Klein, T.A., Peterson, T.C., Trewin, B., & Zwiers, W.F. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(6), 851–870. <https://doi.org/10.1002/wcc.147>