

Türkiye'deki sıcak hava dalgalarının farklı metodolojilere göre karşılaştırmalı analizi (1975–2022)

A comparative analysis of heat waves in Türkiye based on different methodologies (1975–2022)

Yunus Emre Balcıoğlu^{*a} , Barbaros Gönençgil^b 

^aİstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İstanbul/Türkiye

^bİstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İstanbul/Türkiye

Öz

İklim değişikliği günümüzün en önemli çevresel sorunlarından biridir. Bununla birlikte sıcak hava dalgaları da giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye genelinde toplam 159 meteoroloji istasyonunun değerlendirilmesiyle 1975-2022 yılları arasında sıcak hava dalgalarının sayısı, sürekliliği ve şiddeti hem 90 persentil hem de 3°C metodu ile çözümlenmiştir. Analizler, Mann Kendall istatistiksel analizi ve doğrusal eğilim analizi metodu ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçların çıktılarını CBS teknikleri kullanılarak haritalandırılmıştır. Bulgulara göre sıcak hava dalgalarının sayısında bölge genelinde her 2 metotta da istatistiksel anlamlılık çoğunlukla 0.001 ve 0.01 seviyesindeyken süreklilik indisinde sadece 90 persentil metodunda genel olarak anlamlılığın yüksek olduğu bulunmuştur. Şiddet indisinde ise istatistiksel anlamlılık her 2 metotta da diğer indislere göre düşük kalmıştır. Doğrusal eğilim analizlerinde ise incelenen dönemde sıcak hava dalgası sayısı tüm istasyonlarda artış göstermiştir. Süreklilik ve şiddet indisinde ise 48 yıllık periyotta istasyonların çoğunda pozitif bir eğilim olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Sıcak hava dalgaları, Ekstrem hadiseler, Trend analizi, Türkiye

Abstract

Climate change is one of the most significant environmental issues of our time. Consequently, heat waves are becoming increasingly common. This study based on an evaluation of 159 meteorological stations across Türkiye to determine the number, duration, and intensity of heat waves between 1975 and 2022 using both the 90th percentile and 3°C methods. Analyses were performed using the Mann Kendall test and linear trend analysis. The results were mapped using GIS techniques. The findings indicate that although the statistical significance of the number of heat waves across the region was mostly at the 0.001 and 0.01 significance levels for both methods, the continuity index was highly significant only in the 90th-percentile method. Significance remained low for the intensity index across both methods compared with other indices. In linear trend analyses, the number of heat waves increased at all stations. Most stations showed a positive trend in persistence and intensity over a 48-year period.

Keywords: Climate change, Heatwaves, Extreme events, Trend analysis, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: balciogluyunusemre@gmail.com.

Geliş/Received: 18.12.2025 Kabul/Accepted: 07.03.2026 Yayın Tarihi/Online Published: 23.04.2026

Atıf/To Cite: Balcıoğlu, Y. E., Gönençgil, B. (2026). Türkiye'deki sıcak hava dalgalarının farklı metodolojilere göre karşılaştırmalı analizi (1975–2022), *Coğrafi Bilimler Dergisi / Turkish Journal of Geographical Sciences*, 24(1), 238-272, <https://doi.org/10.33688/aucbd.1844045>

EXTENDED ABSTRACT

1. Introduction

Climate change is regarded as one of the most significant global issues of our time. (Malhi, Kaur & Kaushik, 2021) Especially following the Industrial Revolution, human impacts on nature have increased compared to the pre-Industrial Revolution era due to various factors (Kessel, 2000; Opoku & Boachie, 2020). However, global average temperatures increased by 1.1°C during the 2011–2020 period compared to the 1850–1900 period (IPCC, 2023). Changing climatic conditions have to changes in the characteristics of climatological and meteorological events. While climate change manifests in various ways, heat waves (HWs), a type of climatological extreme event, are also becoming increasingly significant phenomena. Indeed, while there were virtually no studies on HWs until the 1990s, research began to increase starting in the early 2000s and the number of publications has grown significantly since 2010 (Marx et al., 2021). Although there is no universally accepted threshold value for calculating heat waves (Masseti & Mendelsohn, 2015; Marx et al., 2021; Unal & Menteş, 2013), they can generally be defined as extreme temperature values exceeding the long-term average over a specific period in a given region. While some studies use a specific number of consecutive days and a degree celsius threshold to identify HWs, others employ the percentile method (Gönençgil & Acar-Deniz, 2016; Kuglitsch et al., 2010; Stefanon et al., 2012; Unal et al., 2013). This study is important for applying a comparative analysis across Türkiye using the widely preferred percentile method based on relative threshold values and the degree method, which is based on absolute threshold. This study will comprehensively examine the long-term changes in heat waves at 159 stations across Türkiye using various indices and methods.

2. Data and Methodology

A total of 159 meteorological stations across Türkiye were included in the study. The data were obtained from the Turkish State Meteorological Service. The dataset covers the period from 1975 to 2022 and is organized based on daily maximum temperatures (DMT). The study analyzed heat waves (HWs) during the warm season (May 1–October 31) in Türkiye. During the data set preparation phase, correlation analysis was performed between stations with similar climatic and topographic conditions and missing values were imputed accordingly. The analysis was performed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). After organizing the data quality checks and test for homogeneity were performed using R. The homogeneity test (RH test) was performed using the RHtestsV4 package within the R program (Cao & Yan, 2012).

In this study, two methods and three indices were used to analyze heat waves. Specifically, daily maximum temperatures at the 90th percentile and DMT exceeding 3°C, both relative to long-term averages, were considered heat waves. For both methods, the condition that this threshold value must persist for at least 3 consecutive days was applied. In terms of indices, the study utilized the number (HWN), duration (HWD), and intensity (HWM) of heat waves. For the mathematical analysis of the indices, a linear trend analysis and the Mann-Kendall test (Kendall, 1975; Mann, 1945), a nonparametric test, were applied. The results were visualized using Arcmap version 10.5, a GIS software package.

3. Result

As part of the study, the average values of all indices were first analyzed. Next, the trends at all stations over the 48-year period were evaluated using the Mann-Kendall test to determine whether there were statistically significant changes. Finally, a linear trend analysis was conducted.

3.1. Average Index Values

According to the HWN index, average number of heat waves calculated using the 90th percentile 3-day (90p-3d) method ranges from 5.72 to 11.29 across the region. The 48-year average HWN value for the study area is 9.75. According to the 3-degree 3-day (3°C-3d) method, average values range from 1.21 to 7.49. The average value for the 48-year period is 4.7. For the HWD index, the regional 48-year average ranges from 5.10 to 8.88 days according to the 90p-3d method. The average for the region as a whole is 6.5 days. According to the 3°C-3d method, the average values across Türkiye for the period between 1975-2022 range from 3.8 to 5.7 days. Türkiye's average value for the period under review was 4.9 days. For the heatwave severity index, average values calculated using the 90p-3d method range from 23.7°C to 40.0°C. In the region, the average HWM value over the 48-year period was 30.3°C. Using the 3°C-3d method, the observed temperatures ranged from 21.71°C to 38.48°C. The average intensity across Turkey over the 48-year period was 31°C.

3.2. Results of the Mann-Kendall Statistical Analysis

The indices were evaluated using the Mann Kendall test. Using the 90p-3d method, a positive trend in the HWN index was observed at all stations. Furthermore, statistical significance was found at the 0.001 (extremely strong) level in 108 stations and at the 0.01 (very strong) level in 29 stations. At 11 stations, it was at the 0.05 (strong) level at 5 stations, it was at the 0.1 (moderate) level. No statistically significant difference was observed at 6 stations. According to the 3°C-3d method, statistical significance was observed at the 0.001 level at 119 stations and at the 0.01 level at 26 stations. The number of stations at the remaining significance levels is relatively low at 6 stations, the significance level is 0.05, and at 2 stations, it is 0.1. No statistically significant differences were observed at 6 stations. In the HWD index, results indicate extremely strong and very strong levels of significance according to the 90p-3d method. These numbers are 90 and 35, respectively. There are 19 stations with strong significance, while 55 stations have weak significance. No statistically significant results were observed at 10 stations. According to the 3°C-3d method, statistical significance in the analysis of the HWD index remained relatively low. The numbers of stations at the 0.001 and 0.01 significance levels are 5 and 25, respectively. The numbers of stations at the 0.05 and 0.1 significance levels are 33 and 32, respectively. The vast majority, comprising 64 stations, are not statistically significant. Finally, according to the HWM index, statistical significance remained low across the region using the 90p-3d method. While statistical significance was very strong at only 6 stations; it was strong at 29 and weak at 16. No statistically significant result was found at 106 stations. According to the 3°C-3d method, only 4 stations were significant at the 0.001 level, whereas 20 stations were significant at the 0.01 level. The numbers of stations with statistical significance at the 0.05 and 0.1 levels are 27 and 13, respectively. The vast majority, however, consists of 95 stations that are not statistically significant.

3.3. Results of Linear Trend Analyses

As part of this study, 159 stations across Türkiye were also evaluated using linear trend analyses. This revealed the direction of the trends and the magnitude of increases or decreases over each 10-year period. According to the HWN index, the 90p-3d method indicates an upward trend across the study area. The increase ranged from 2.49/10 years (10y) to 0.3/10y. According to the 3°C-3d method, the rate of increase varies between 1.89/10y and 0.01/10y. For the heatwave persistence index, the change ranged from -0.10 days per 10 years (d/10y) to 3.48 d/10y. According to the 3°C-3d method, the increase ranges from -0.19 to 0.60 d/10y. For the HWM index, according to 90p-3d method, an overall upward trend is observed across the region during the warm period. While the trend is negative at 20 stations, it is neutral at 12 stations. The range of increase was -1.77°C to 0.79°C per decade. According to the 3°C-3d method, an increase in intensity was observed at 134 stations, which together covered the vast majority of the study area. A neutral trend was observed at 12 stations, and a decreasing trend was observed at 13 stations. The intensity of the change ranged from -1.09°C to 1.1°C .

4. Discussion and Conclusion

According to the results, statistical significance for the HWN outcomes are consistent with the findings of (Baltacı et al., 2024). In another study, number of hot days increased during the summer months in Türkiye according to the percentile method, at the statistical significance was mostly high (0.01–0.05) across the region (Acar Deniz & Gönençgil, 2015). Using both methods, statistical analysis indicates that the likelihood that observed positive trend in the HWN index is due to random variability is low.

However, no consistent upward trend is observed in the continuity and intensity indices. For example, in the continuity index, the 90p-3d method shows 125 stations with statistical significance ranging from very strong to extremely strong. In the 3°C-3d method, however, this number has dropped significantly to 30. From this perspective, the parallel trend observed in the HWN index between the 90p-3d and 3°C-3d methods is not present here.

In the intensity index, statistical significance has decreased across the region in both methods. In the 90p-3d method, statistical significance at the 0.001 and 0.01 levels is present at only 8 stations, whereas in the 3°C-3d method, the total number of the stations is 24. The results are similar to a study conducted across Romania using the 90th percentile method during the hot season (Piticar et al., 2018).

According to the linear trend analysis, upward trend in the number of heat waves, as determined by the 90p-3d method. This finding is relatively consistent with results from a study conducted across Türkiye (Erlat et al., 2021). In addition, whereas the magnitude of increase in the study area was 1.89/10y, the average increase was 1.04/10y. Both the amplitude and average values are lower in the 3°C-3d method than in the 90p-3d method.

In terms of the persistence index, the findings obtained using the 90p-3d method are consistent with the study conducted by Kuglitsch et al. (2010). In the percentile method, the threshold value is more readily exceeded than in the degree method. Furthermore, a trend toward increased persistence of heatwaves has been observed globally over the past 10 years (González-Reyes et al., 2023; Martínez-Villalobos et al., 2025; Perkins & Alexander, 2013).

Results obtained using the HWM index, however, showed a pattern of decrease, no change, and increase, unlike other indices. In another study, similar trend exhibited in the Mediterranean Basin (Perkins-Kirkpatrick & Lewis, 2020). Locations where HWs are observed more intensely are predominantly located in inland regions. In Iran, it was also found that the increase in intensity in inland areas is greater than along the coasts (Abbasnia, 2019).

In linear trend analyses, the percentile method revealed a relatively greater upward trend in the HWN index along coastal areas, whereas the degree method indicated greater increases in inland areas. For the continuity index, both methods exhibited an upward trend in the vast majority of cases. For both locations with the highest increases and the regional average increase, the percentile method appears to outperform the degree method. For the intensity index, although some stations show a decreasing trend, the majority show a positive trend by both methods. Within the study area, both methods are found to be consistent with one another. A consistent finding across different indices and measurement methods for heatwave activity is that the vast majority of the measures indicate an increasing trend.

1. Giriş

İklim değışikliği, günümüzün küresel olarak en önemli sorunlarından biri olarak görülmektedir. (Malhi vd., 2021) Özellikle Sanayi Devrimi sonrası, insanın doğaya olan etkileri farklı faktörler ile Sanayi Devrimi öncesine göre daha fazla olmaya başlamış (Kessel, 2000; Opoku & Boachie, 2020) (sera gazı emisyonu, ormansızlaşma, şehirleşme, arazi degradasyonu vb.) ve bu faktörler günümüze doğru olan süreçte şiddetini daha da arttırmıştır. Bu tür süreçlere bağlı olarak iklim sistemi, normalinden daha hızlı ve şiddetli bir şekilde değışimlere maruz kalmaya başlamıştır. İklim değışikliğinin en önemli göstergelerinden olan küresel ortalama sıcaklıklar 2011-2020 döneminde, 1850-1900 dönemine göre 1.1°C artmıştır. Bu etki karalarda daha fazla olup 1.58°C’ye kadar çıkarken denizlerde ise 0.88°C düzeyindedir. Öte yandan 1970-2020 yılları arasındaki dönem, son 2000 yıl içerisindeki en hızlı sıcaklık artışına sahip 50 yıl olarak kayıtlara geçmiştir (IPCC, 2023). İklim değışikliğinin etkileri günümüzde çeşitli şekillerle görülmekle beraber farklı bölgelerde farklı şekillerde yansımaları sahip olmuş ve olmaktadır. Bu durum farklı lokasyonlarda sıcaklık ve yağış değışkenlerinde istatistiki olarak anlamlı değışimlere sebep olurken bazı yerlerde artış bazı yerler de ise azalış eğilimini olduğu görülmektedir (Dore, 2005; Lindsey & Dahlman, 2024). Türkiye ortalama sıcaklıklarında ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilen iklim verilerine göre 1960 yılından itibaren yaz mevsiminde önemli miktarda arttığı tespit edilmiştir (Şen, 2013). Bununla birlikte 1971-1980 yılları arasında ortalama sıcaklık 13.0°C iken 2011-2017 yılları arasında 14.2°C ye yükselmiştir (Gürkan vd., 2018)

Değişen iklim koşulları, sadece sıcaklık ve yağışta değil aynı zamanda klimatolojik ve meteorolojik hadiselerin karakterlerinde de farklılaşmalara sebebiyet vermektedir. Yapılan çalışmalar, 1850 yılından beri artan sıcaklıklara bağlı olarak klimatolojik ve meteorolojik etkinliklerin sıklık, şiddet ve sürekliliklerinde artışlar yaşandığını göstermektedir. Bu durum 21.yy içinde de devam etmekte ve bunun sonucu olarak bazı bölgeler sel, hortum, taşkın, sıcak hava dalgası ve orman yangınları gibi birçok ekstrem hadiseye daha fazla maruz kalmaktadır (Ebi vd., 2021; IPCC, 2019).

İklim değışikliği, çeşitli şekillerle kendini gösterirken klimatolojik bir ekstrem hadise olan sıcak hava dalgaları (SHD) da giderek önem kazanan bir olaydır. Öyle ki 1990’lara kadar SHD’lerle ilgili neredeyse hiç çalışma yokken 2000’li yılların başından itibaren çalışmaların artmaya başladığı, 2010 sonrası ise yayın sayısının giderek çok daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Marx vd., 2021). SHD’lerin giderek önemi artsa da bu hadisenin ortaya konulmasındaki en büyük problemlerden biri de hesaplama işlemdir. Öyle ki yöntemde global olarak ortak bir eşik değeri olmamakla birlikte (Masseti & Mendelsohn, 2015; Marx vd., 2021; Unal & Menteş, 2013) genel itibarıyla bir bölgede belli bir süre boyunca vuku bulan uzun yıllar ortalamasının üstünde ekstrem sıcaklık değeri olarak tanımlanabilir. Örneğin; Dünya Meteoroloji Teşkilatı’na (WMO) göre uzun yıllara ait günlük maksimum sıcaklık ortalamalarının ardışık olarak 5 gün boyunca ortalamadan 5°C daha fazla olarak gerçekleşmesi sıcak hava dalgası olarak adlandırılmaktadır. Türkiye için ise sıcak hava dalgasının tanımı biraz daha farklı olmakla birlikte günlük maksimum sıcaklıkların normallere göre 3-5°C fazla olması gerekmektedir. 5-9°C seviyesi ise kuvvetli 10°C’den fazla olması halinde ise şiddetli sıcak hava dalgası olarak tanımlanmaktadır (Gonençgil & Acar-Deniz, 2016). Bunun haricinde bazı çalışmalarda da 95 persentil ve üzeri sıcaklık aralığına sahip günlük sıcaklık değeri de baz alındığı çalışmalarda bulunmaktadır (Kuglitsch vd., 2010; Stefanon vd., 2012; Unal vd., 2013).

Sıcak hava dalgalarının çevresel etkileri de oldukça fazladır. Öyle ki insan sağlığı, tarım, turizm, altyapı, ekonomi ve enerji tüketimi gibi birçok durum üzerinde etkileri şiddetli olabilmektedir

(Demircan vd., 2017). Sağlık alanında, engelli bireyler, şeker hastaları, kalp hastaları gibi bireyler üzerinde daha yüksek stres oluştururken ölümlere kadar giden sonuçlar doğurabilmektedir (Nhamo vd., 2025). Örneğin 2003 yılında Avrupa’da görülen sıcak hava dalgaları boyunca binlerce insan hayatını kaybetmiş (Poumadere vd., 2005) 2021 yılı yaz mevsiminde Kuzeybatı Amerika’da SHD sebebiyle 900’den fazla insanın yaşamı son bulmuştur (Yin vd., 2022). Tarım alanında da sonuçlar negatif veya pozitif olabilmektedir. Örneğin; sıcak hava dalgalarına bağlı olarak ürünlerin erken olgunlaşması veya büyüme döneminin uzaması gibi yararlı etkiler olabilirken aşırı sıcaklar, ürünün rekoltesinde düşüşe veya hastalıklara da sebebiyet verebilmektedir (Liaqat vd., 2022; Raza vd., 2019). Sıcaklıkların aşırı yükselmesi turizm merkezlerinde de olumsuz bir etki yapabilmektedir. Gidilecek yer normal şartlarda sıcak ise sıcak hava dalgasına bağlı olarak aşırı sıcak olacak algısı turistlerin motivasyonunu düşürebilir. Örneğin Florida’da turistlerle yapılan görüşmelerde, katılımcıların yarısı aşırı sıcaklar sebebiyle rotalarını veya varış tarihlerini değiştirdiklerini söylemişlerdir (Atzori vd., 2018; Chang vd., 2024). Ekonomi alanında da sonuçlar farklı olabilmektedir. Örneğin; Çin’de yapılan bir çalışmada, 2013 yılı ağustos ayında görülen SHD süresi boyunca işçilerin üretken çalışma süresinin %3 ile %12 arasında azaldığı ortaya koyulmuş ve sadece Nanjing bölgesinde yaklaşık 4 milyar dolarlık zarara neden olmuştur (Xia vd., 2018). Enerji tüketimi de SHD’lerin sıklık, süreklilik ve şiddet indislerinin artışı ile birlikte yükselmekte ve bazı zorluklara sebebiyet vermektedir. Örneğin; Avustralya’da SHD süresi boyunca enerji tüketimi ve giderleri artmaktadır. Öte yandan, ekonomik seviyesi daha düşük olan hanelerde enerji sıkıntısı daha fazla yaşanabilmektedir (Li vd., 2024).

Sıcak hava dalgaları her ne kadar uç değerler olsa da ortalama sıcaklıklar ile karşılıklı bir ilişkisi bulunmaktadır. Yeryüzü sıcaklıklarının artması, ekstrem hadiselerin sıklık ve şiddetini de artırmaktadır. Öte yandan sıcak havaların şiddet ve süresinin uzaması da mevsimlik ve yıllık ortalamaların daha da fazla artmasına sebebiyet vermektedir (Demircan vd., 2017). Bu açıdan, iklim değişikliği ile ekstrem hadiseler arasında farklı açılardan karşılıklı etkileycilik durumu söz konusudur.

Kuglitsch vd. (2010) tarafından ele alınan çalışmada, Doğu Akdeniz’de sıcak hava dalgaları incelenmiştir. >95 persentil metodu tercih edilen çalışmada, SHD’lerin şiddet, süreklilik ve sıklıkları incelenmiştir. Buna göre, istasyonların yaklaşık yarısında tüm indislerde, istatistiki olarak anlamlı derecede bir artış görülürken en şiddetli artışlar, Balkanların batı kesimleri, Türkiye’nin batı ve orta kesimleri ile Karadeniz Bölgesi’nin doğu kıyılarında olmuştur.

Unal vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye’nin batısında yazın görülen sıcak hava dalgaları analiz edilmiştir. Buna göre sıcak hava dalgalarının sayı ve şiddetinde 90 persentil ve ardışık 3 gün metodu düzeyinde şiddetli artışların olduğu gözlenmiştir. Artış eğilimlerinin, 1998 yılı sonrası daha da kuvvetlendiği ve yükselişin güney kesimlerde çok daha fazla olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Erlat vd. (2021) ise Türkiye genelinde sıcak hava dalgalarını incelenmiştir. 88 istasyon ve 90 persentil 3 gün metodu ile ele alınan çalışmada, genel olarak 1950-1984 dönemi arasında indislerde az da olsa azalma eğilimi gözlenmiştir. 1985 sonrası sıcak hava dalgalarının sayı ve sürekliliğinde istatistiki olarak anlamlılığın arttığı 1997 sonrası ise indislerin daha da şiddetlendiği görülmüştür. Son 10 yıllık periyot ise artışlardaki en kuvvetli dönem olarak görülmüştür.

Demirtaş (2017)’nin ele aldığı çalışmada, Akdeniz Havzası ve Türkiye’de 21. yy başlarında görülen şiddetli sıcak hava dalgaları analiz edilmiştir. Araştırmada 95 persentil metodu kullanılırken

şiddet, sıklık ve süreklilik indisleri test edilmiştir. Atmosferik bloklama, toprak nemi ve deniz suyu sıcaklıklarının da sıcak hava dalgalarının şiddet ve sıklıklarıyla bağlantılı olduğu ortaya koyulmuştur.

Cowan vd. (2020)’nin yaptığı çalışmada ise ABD’nin karasal bölgelerinde 1934 ve 1936 yıllarındaki SHD’ler incelenmiştir. Metot olarak 90 persentil ve ardışık 3 gün yöntemi kullanılmıştır. Bulgularda ise 20 güne kadar süren ve 44°C’yi aşan şiddete sahip hadiseler görülmüş ve bunda Sanayi Devrimi sonrası artan sera gazı etkisi olduğu belirtilmiştir.

Baltacı vd. (2024) ise yaptığı çalışmada SHD’leri 1960-2019 döneminde incelenmiştir. Metot olarak ise 90 persentil yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre SHD sayılarında ve SHD’li günlerde artış eğilimi olduğu bulunmuştur. Bu artış trendi bölge genelinde çoğunlukla istatistiki olarak anlamlıyken özellikle kıyı bölgelerde artışın daha şiddetli olduğu bulunmuştur.

Serkendiz ve Tatlı (2025)’in ele aldığı çalışmada, Türkiye genelinde SHD’ler 1970-2022 yılları arasında incelenmiş ve 90 persentil metodu kullanılmıştır. İstasyonların büyük çoğunluğunda istatistiki anlamlılık 0.05 düzeyinde ve pozitif yönde olduğu görülmüştür. Sıklık ortalamaları açısından kuzey ve batı bölgeler ön plandayken süreklilik ortalamasında ise batı ve kuzey ve doğu bölgesi göze çarpar. Şiddet ortalamasında ise daha çok güney, güneybatı ve batı bölgeler ön plana çıkmaktadır.

Sıcak hava dalgalarının, günümüzde giderek önem kazanması ve karakterinde görülen değişimler ile çevresel olarak birçok etkisinin olması sebebiyle detaylı bir şekilde analiz edilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışma, yaygın olarak tercih edilen bağıl eşik değerine dayalı persentil metodu ve mutlak eşik dayalı derece yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı bir analizin Türkiye genelinde uygulanması açısından büyük bir önem arz etmektedir. Bu açıdan araştırma kapsamında, Türkiye genelinde toplamda 159 istasyonda sıcak hava dalgalarının uzun yıllardaki gösterdiği değişimler farklı indis ve metotlar aracılığı kapsamlı bir şekilde incelenecektir.

1.1. Çalışma Alanının Konumu ve Meteoroloji İstasyonları

Bu çalışma, 36°-42° kuzey paralelleri ile 26°-45° doğu meridyenleri arasında bulunan Türkiye üzerinde yapılmıştır. Türkiye, kabaca Avrupa kıtasının güneydoğusunda olup topraklarının çoğu Asya kıtasında bulunmaktadır. Asya ile Avrupa kıtası arasında bir geçiş sahası olarak nitelendirilebilecek bu alanda çeşitli iklimler ve topoğrafik durumlar bulunmaktadır. Çalışma kapsamında bölgede toplam 159 istasyon incelenmiş olup inceleme sahasının çeşitli yerlerinden meteoroloji istasyonları seçilmiştir. Araştırma sahasının konumu ve incelenen meteoroloji istasyonlarının yeri (Şekil 1)’de gösterilmiştir.

görlür. Bu alanlarda İzlanda kökenli soğuk ve nemli alçak basınç sistemi etkili olurken bazen de güney sektörlü basınç merkezleri etkili olabilmektedir. Bu açıdan bölge genelinde tekdüze bir hava koşulları görölmezken nemli ve kurak dönemler soğuk mevsimde kendini belli eder (Erinç, 1996).

Türkiye'nin iklimini, enlem değerlerine bağlı etkili olan hava kütleleri ve basınç merkezleri etkilediği kadar özel şartlar olan topoğrafik durum da etkilemektedir. Yükselti şartlarının genel olarak batıdan doğuya doğru değişmesi, dağların uzanış yönünün kuzey ve güneyde kıyıya paralel olması, jeolojik olarak genç bir saha olması ve buna bağlı dağlık kütleler ile ovalık alanların çeşitlilik göstermesi iklimin de farklılaşmasına sebebiyet vermektedir (Çiçek, 2000). Bu nedenlerle bölgeler arasında hatta çok kısa mesafelerde bile iklimin ve buna bağlı sıcaklık ve yağış değerlerinin değiştii görölmektedir. Örneğin; Doğu Anadolu Bölgesi'nde görece yüksek ve sert karasal bir iklime sahip Kars'ta yıllık ortalama sıcaklık 5.5°C iken çok da uzak bir mesafede olmayan Iğdır'da yükselti şartlarının değişmesine bağlı olarak yıllık ortalama sıcaklık 12.8°C'ye çıkmaktadır. (MGM, 2025). Hemen hemen aynı enlemlerde bulunan Bursa ve Erzurum illeri de yükselti ve karasallık şartları sebebiyle farklı iklim tiplerine ve sıcaklık şartlarına sahiptir. Bu sebeple Bursa'da yıllık ortalama sıcaklık 14.9°C iken Erzurum'da ise 5.3°C'dir (MGM, 2025). Kuzey ve güneyde denize paralel bir biçimde uzanan sıradağlar ise nemli havanın iç kesimlere girişini büyük çoğunlukla engelleyerek kıyı ve ard bölgesi arasında farklılıklara yol açmaktadır. Örneğin; Karadeniz'in doğu kıyısında bulunan Rize ilinde yıllık yağış miktarı 2500 mm iken denize kuş uçuşu uzaklığı 100 km olan İspirde, dağların dulda kesiminde kalması sebebiyle yağış miktarı 400 mm'ye düşer (Sağdıç, 2016). Ege Bölgesi'nde ise dağların kıyıya dik uzanması, iklim ve yağış şartlarının, Karadeniz kıyı ve iç kesimler arasındaki kadar keskin bir şekilde değişmesine olanak tanımaz. Örneğin; deniz kıyısı olan İzmir ilinde yağış miktarı 730 mm iken kabaca 50 km içeride olan Aydın'da yıllık yağış miktarı 653 mm ve çok daha iç kesimde bulunan ve görece daha karasal özellik gösteren Denizli'de yıllık yağış miktarı 573 mm olmuştur (MGM, 2025). Tüm bu durumlar değerlendirildiğinde çalışma sahasının hem matematiksel konumu hem de göreceli konumu sebebiyle bölge ikliminin çeşitli ve yıl içinde değişen bir yapıya sahip olduğu görölmektedir.

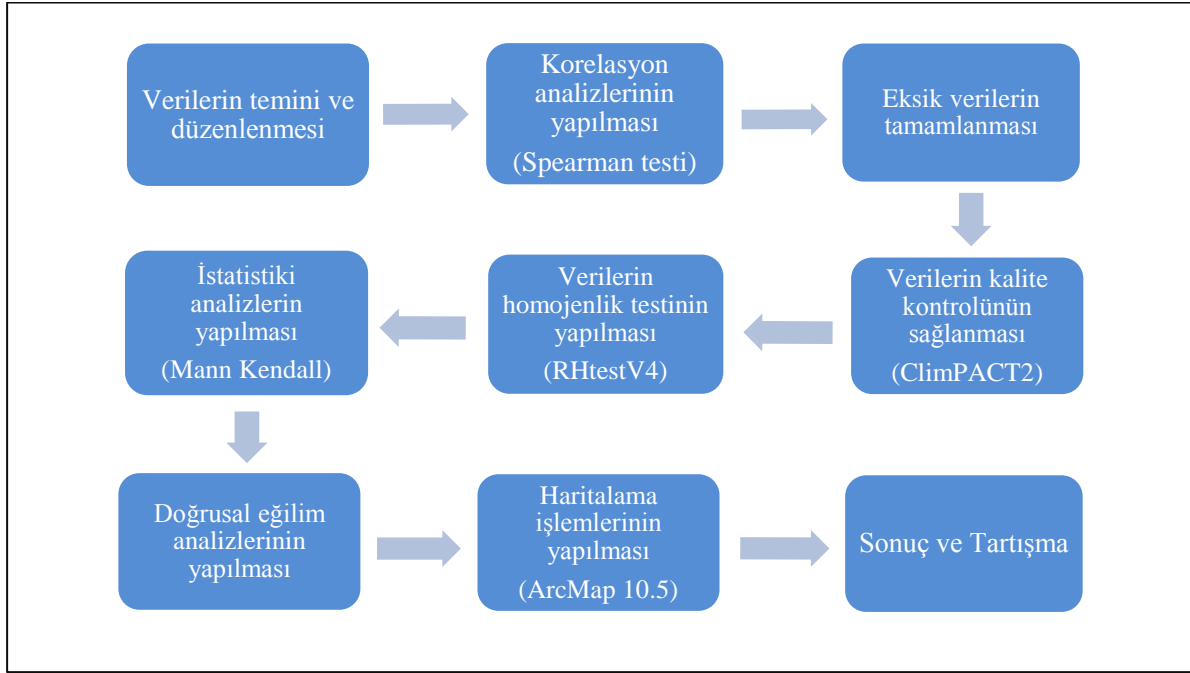
Yukarıda bahsedilen tüm durumlar nedeniyle Türkiye iklimi çeşitli bir yapı göstermektedir. Konum itibarıyla tropikal iklimlerin görölmediği Türkiye'de, Köppen-Geiger iklim zonlarına göre 4 ana ve 14 alt iklim türü görölmektedir. Buna göre kurak iklimler (B) bölgenin %12'sini kapsarken çoğunlukla İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde görölmektedir. Ilıman iklim tipi (C) ise Türkiye'nin büyük çoğunluğunu kapsayarak %58'inin oluşturur. Bu iklim türü ise çoğunlukla kıyı kesimler ve Güneybatı Anadolu'da hakimdir. Soğuk ve karasal iklim (D) inceleme sahasının %30'unu oluşturur. Bu iklim türü ise çoğunlukla Toros Dağları, Kuzey Anadolu Dağları ve Doğu Anadolu'da bulunan yüksek dağlarda görölür. Kutup iklimi (E) ise enlem değerlerine bağlı olarak ölkemizde normal şartlarda görölme de sadece Kuzey Anadolu Dağları'nın yüksek kesimlerinde ve Ağrı Dağı'nda bulunur. Bu iklimin yayılış alanı ise tüm Türkiye'ye oranlar sadece %0.2'dir. Alt iklim türlerinde kurak ana iklim içerisinde çoğunluğu soğuk step iklimi (BSk) oluştururken sadece Şanlıurfa çevresinde sıcak step iklimi (BSh) görölür. Ilıman iklim tipinde ise büyük çoğunluğu alt iklim türü olarak %33 ile tipik Akdeniz İklimi (Csa) oluşturur. Bu iklim türü ise Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaygın olarak görölürken orta iç kesimlerde vadi alanlarında da görölebilmektedir. Hemen hemen aynı bölgelerde dağılış gösteren ve Csa'ya göre yaz sıcaklıkların daha düşük olduğu Akdeniz İklimi türü (Csb) ise Türkiye'nin %15'inde görölür. Ilıman iklim tipinin diğer 2 alt türü olan tüm mevsimleri yağışlı ve sıcak yazlara sahip (Cfa) ve yine tüm mevsimleri yağışlı ılık

yazlara sahip (Cfb) iklimleri ise sırasıyla Türkiye'nin %2 ve %8'ini oluşturur. Bu 2 alt iklim türü de çoğunlukla Karadeniz Bölgesi'nde görülürken Cfa kıyı kesimlerde, Cfb ise yükseltisi daha fazla olan kıyı ve iç kesimlerde görülmektedir. Soğuk ana iklim tipinin alt türleri içerisinde ise yazları ılık olan soğuk iklim (Dsb), Türkiye'nin %17'sinde görülmektedir. Dsb, Orta Toroslar, İç Anadolu Bölgesi'nin doğu kesimleri ile Doğu Anadolu Bölgesi'nin çoğunlukla orta kesimlerinde görülür. Dsb'ye göre daha sıcak yazların hakim olduğu alt iklim türü Dsa ise Güneydoğu Toroslar ve Van Gölü çevresinde yayılış gösterirken Türkiye'nin %3'ünü kapsamaktadır. Soğuk yazlara sahip alt iklim türü Dsc ise bazı yüksek dağlarda görülmekle birlikte toplam alanı tüm Türkiye'ye oranla %0.6'dır. Kurak bir mevsime sahip olmayan soğuk alt iklim türleri içerisinde ise sıcak yazlara sahip iklim türü (Dfa), ılık yazlara sahip (Dfb) ve soğuk yazlara sahip (Dfc) ise çeşitli dağlık kesimlerde ve Türkiye'nin kuzeydoğu ucunda yaygın olarak görülür. Bu alanların toplam kapladığı alan %10'u geçmemektedir. Kutup iklimi'nin alt iklim türleri ise çok az görülmekle birlikte soğuk soğuk Tundra alt iklimi (ET) %0.2 ile Kuzey Anadolu Dağları, Aladağlar, Süphan Dağı ve Ağrı Dağı'nda görülür. Sürekli kalıcı kar ve buzula sahip alt iklim (EF) ise sadece Ağrı Dağı'nda görülmektedir (Taşoğlu vd., 2024).

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında Türkiye genelinde toplam 159 meteoroloji istasyonu ele alınmıştır. Veriler, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Veri seti, 1975-2022 yılları arasını kapsamakla birlikte günlük maksimum sıcaklıklar (GMS) üzerinden düzenlenmiştir. Farklı çalışmalarda sıcak veya yaz dönemi olarak incelenen sıcak hava dalgalarında yıl içindeki dilim de değişmektedir. Bazı çalışmalar 1 Mayıs-31 Ağustos arasını incelerken (Demirtaş, 2017; Unal vd., 2013) bazı çalışmalar 1 Mayıs-30 Eylül arasını baz almıştır (Erlat vd., 2021; Kuglitsch vd., 2010) Bu çalışmada ise yıl içinde incelenen dönem olarak ise 1 Mayıs-31 Ekim tarihleri arası baz alınmış ve bu zaman aralığı sıcak dönem olarak nitelendirilmiştir. Sıcak dönem olarak bu dönemin seçilmesinde Türkiye'deki termik rejim dönemleri (Çiçek, 2000) incelenmiş ve bölge geneline en uygun olarak bu tarihlerin seçilmesine karar verilmiştir. Literatürde genel olarak ekim ayının dahil edilmemesi, devam eden sıcak günleri baz almaması açısından risk barındırmaktadır. Öyle ki Türkiye genelinde yüksek basınç şartları ve buna bağlı sıcak ve durağan havaların kabaca Mayıs ayından başlayarak Ekim ayına sonuna kadar sürdüğü (Erinç, 1996; Erlat & Türkeş, 2013) bilinmektedir. Bu nedenle Ekim ayı sıcak hava dalgalarının da incelenmesi önem taşımaktadır. Veri setlerinin düzenlenme aşamasında istasyonlar arası bir tutarlılık sağlanması açısından öncelikle eksik verilerin tamamlanma işlemleri yapılmıştır. Literatürde genel bir kabul olmasa da en fazla %5-10 arası bir veri eksikliğine sahip istasyonlar çalışmalara dahil edilmektedir (Junninen vd., 2004; Serkendiz & Tatlı, 2025). Bu çalışmada ise en fazla eksik veri %3'ü geçmemekte olup eksik veriye sahip istasyonların çoğunda bu oran %1'in altındadır. Eksik verilere sahip istasyonlarda, iklim ve topoğrafya şartları açısından benzer olanlar arasında korelasyon analizi yapılmış ve eksikler tamamlanmıştır. Analiz, Sosyal Bilimler İçin İstatistik Paketi (Statistical Package Social Science) (SPSS) programı ile yapılmıştır. Bu hususta, veriler normal dağılım göstermediği için nonparametrik korelasyon testinin uygulanması uygun görülmüştür. Korelasyon testinin seçiminde ise Kendal's Tau metodu yerine daha rasyonel ve doğru sonuçlar verdiği için Spearman testi seçilmiştir (Decoster & Claypoll, 2004). Böylece parametrik olmayan Spearman testi uygulanmış ve istasyonlar arası ilişkiler bulunmuştur (Bonett & Wright, 2000). Yüksek korelasyona sahip istasyonlar çalışmaya dahil edilmiştir. Verilerin düzenleme işlemi sonrasında R programı üzerinden verilerin kalite kontrolleri sağlanmış ve homojenlikleri test edilmiştir. R programı içinde

homojenlik testi (RH test), RHtestsV4 paket programı ile uygulanmıştır. Bu test, çoklu lineer regresyon modeli temellidir ve incelenen dönemdeki veri setlerinin kırılma tarihlerini ortaya çıkarır (Cao & Yan, 2012). Elde edilen bulgularda, bir istasyonda tek bir kırılma var ise bu verinin güvenilir olduğunu bildirir ve kırılma öncesi ve sonrası tamamıyla homojen olduğu için bu verinin kullanıma uygun olduğu görülmektedir (Demircan, 2019; Durmuş vd., 2021). Birden fazla kırılmaların ise doğal veya yapay olduğu çevre istasyonlarla yapılan karşılaştırmalar ile tespit edilmiştir. İstasyonlar arasında yapılan karşılaştırmalar sonucunda doğal olarak kabul edilen kırılmalara sahip istasyonlar çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmanın iş akış şeması (Şekil, 2)’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışmanın iş akış şeması

Çalışmada, SHD’lerin analizi için 2 farklı metot ve 3 farklı indis kullanılmıştır. Bu hususta ilk olarak uzun yıllar ortalamalarına göre GMS >90 persentil olan günlük maksimum sıcaklıklar ve 2. olarak ise yine uzun yıllar ortalamasına göre GMS >3°C üzerinde bulunan günler SHD olarak kabul edilmiştir. Her 2 metotta da bu eşik değerinin ardışık olarak en az 3 gün devam etmesi şartı aranmıştır. Referans dönem olarak ise incelenen dönem göz önünde bulundurulmuştur. Uzun yıllar GMS ortalamaları tayin edilirken ise 15 günlük zamansal pencere metodu uygulanmıştır (Erlat vd., 2021; Kuglitsch vd., 2010; Perkins-Kirkpatrick & Lewis, 2020). Burada zamansal pencere metodu (ZPM) ile incelenen her ayrı günün SHD olup olmadığına karar verirken uzun yıllar ortalamada seçilen günün çevresindeki 15 günün ortalaması baz alınmaktadır. Örneğin 20 temmuz günü inceleniyorsa 13-27 temmuz tarihleri arasındaki GMS’lerin uzun yıllar ortalamasına bakılır ve böylece ortak güne (OG) göre SHD ölçümleri yapılır. Bu metot (denklem, 1)’de gösterilmiştir. Yılın tüm günleri bu metoda göre analiz edilmiştir.

$$ZPM = \bigcup_{y=1975}^{2022} ve \bigcup_{og=g-7}^{g+7} gms, og \quad (1)$$

SHDS her bir sıcak hava dalgası etkinliğini ifade ederken TSHD ise toplam yaşanan sıcak hava dalgası hadisesini nitelendirmektedir. Böylece her istasyonda her yılın kendi içerisinde barındırdığı toplam SHDS analiz edilmiştir (denklem, 2) (Demirtaş, 2017).

$$TSHD = \sum SHD \quad (2)$$

Süreklilik indisinde ise her bir SHD etkinliğinin ne kadar uzun sürdüğü tayin edilmiştir. Böylece yıl içinde her bir SHD'nin uzunluğu hesaplanmış ve her yıl için ortalama süreklilikler hesaplanmıştır. İndisin hesaplama formülü (denklem, 3)'te gösterilmiştir (Demirtaş, 2017).

$$\bar{L}_y = \frac{1}{n_y} \sum_{i=1}^{n_y} L_{y,i} \quad (3)$$

Burada, \bar{L}_y sembolü yıl içinde SHD'lerin ortalama süresidir. $L_{y,i}$ ise yıl içindeki i 'inci sıcak hava dalgasının süresidir. n_y yıl içinde görülen toplam sıcak hava dalgası sayısıdır. i ise sıcak hava dalgası sıra numarasıdır.

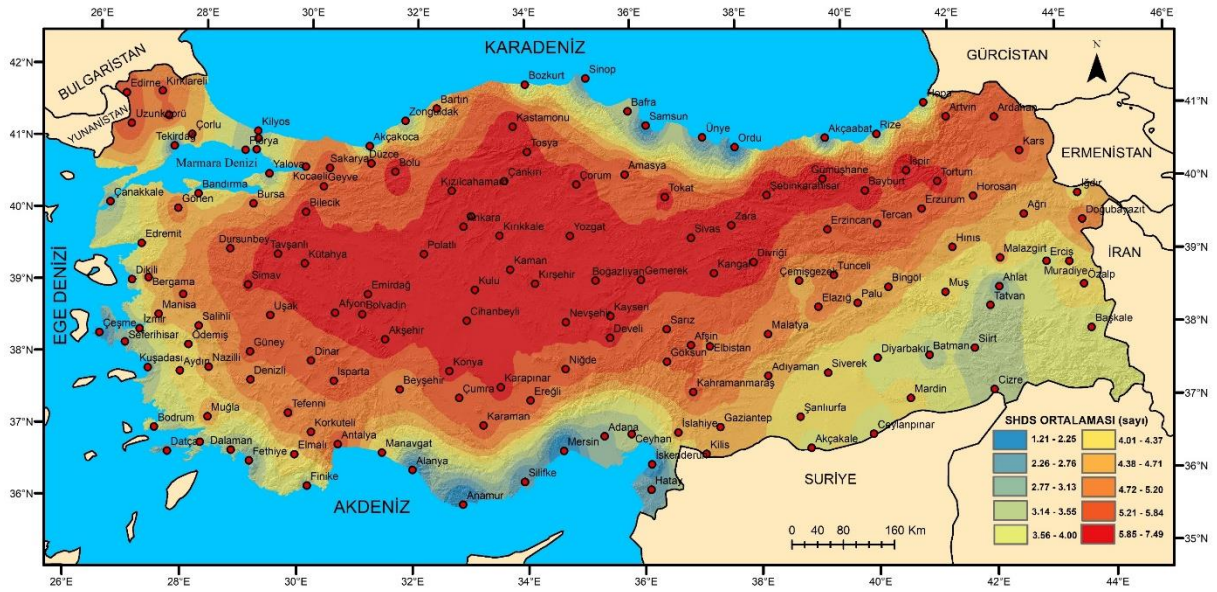
Son olarak sıcak hava dalgalarının şiddeti (SHDS) hesaplanmıştır. Burada süreklilik indisinde olduğu gibi her bir SHD'nin şiddeti hesaplanmış ve yıl içindeki SHD'lerin ortalama şiddeti ($^{\circ}\text{C}$) cinsinden bulunmuştur. Hesaplamanın matematiksel karşılığı (denklem, 4) de gösterilmiştir.

$$\bar{I}_y = \frac{1}{n_y} \sum_{i=1}^{n_y} I_{y,i} \quad (4)$$

Burada, \bar{I}_y sembolü yıl içinde SHD'lerin ortalama şiddetidir. $I_{y,i}$ ise yıl içindeki i 'inci sıcak hava dalgasının şiddetidir. n_y yıl içinde görülen toplam sıcak hava dalgası sayısıdır. i ise sıcak hava dalgası sıra numarasıdır.

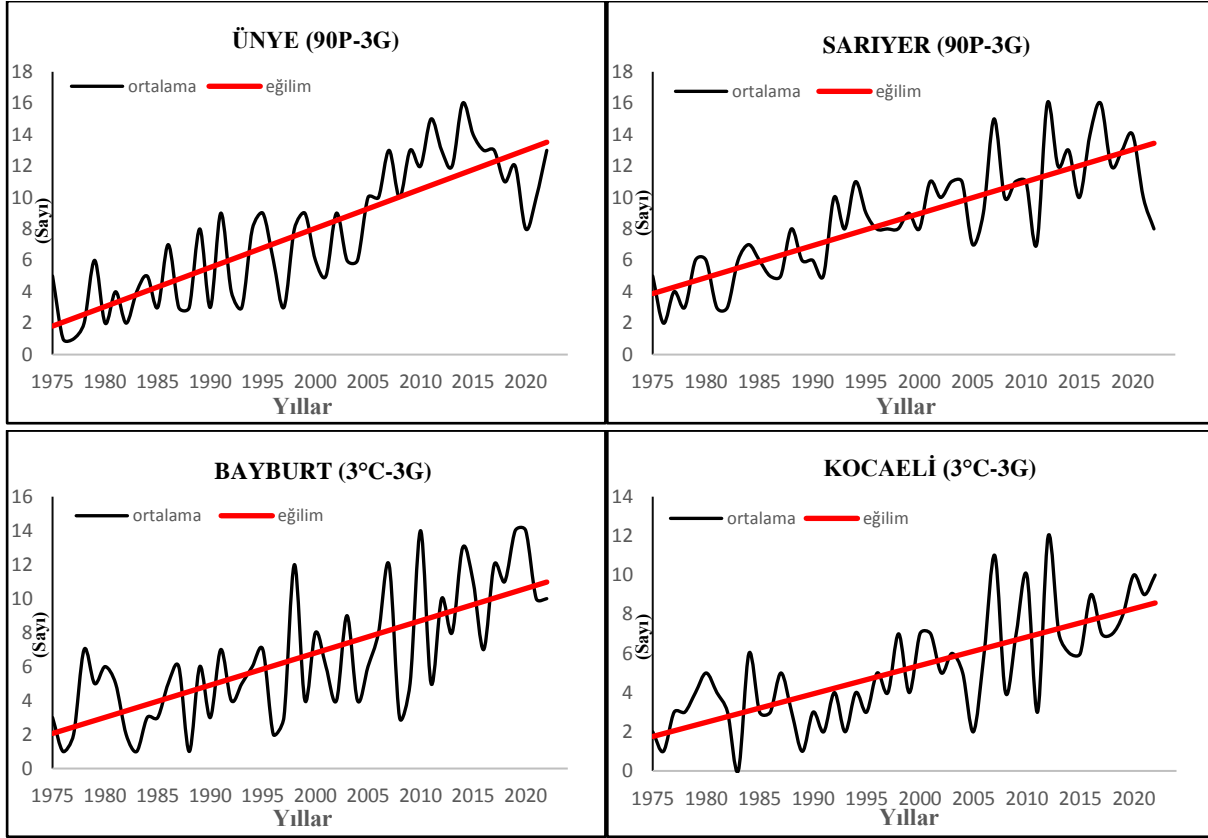
Araştırmada indisler açısından ise SHD'lerin sayı, süreklilik ve şiddet eğilimleri her 2 metotta da ölçülmüştür. Ölçülen bu indislere, parametrik olmayan Mann Kendall istatistiksel analizi uygulanmıştır. Bu test ilk defa (Mann, 1945) tarafından ileri sürülen ve daha sonra (Kendall, 1975) tarafından geliştirilen bir yöntemdir. Bu hesaplama ile meteorolojik verilerin nasıl bir eğilime sahip olduğu ve aynı zamanda istatistiksel açıdan bir anlam belirtip belirtmediği analiz edilmiştir. Bununla birlikte elde edilen bulgular, doğrusal eğilim analizi ile her 10 yılda bir nasıl bir trende diğer bir deyişle nasıl bir eğilime sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Eğilim analizi, herhangi bir değişkenin belirli bir zaman serisi içerisinde negatif veya pozitif değişimlerini ortaya çıkaran bir analiz yöntemidir (Yılmaz, 2019). Doğrusal eğilim analizi ise ilk olarak (Goodman, 1956) tarafından ileri sürülen ve değişkenler arasında doğrusal ilişkiyi analiz eden bir metottur. Böylece indislerin hareket yönleri ve değişim miktarları ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen sonuçların görselleştirme işlemleri ise CBS yazılımlarından biri olan ArcMap programının 10.5 sürümü ile yapılmıştır. Doğrusal eğilim analizlerinin bulguları, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (Inverse Distance Weighted) (IDW) metodu ile haritalandırılmıştır. IDW metodu, matematiksel tanımlayıcı bir yöntem olmakla birlikte birbirine yakın değerlerin, uzak değerlere göre daha bağlantılı olduğu kabul eden bir fonksiyondur (Erlat vd., 2021).

yönden genel olarak kıyılarından iç kesimlere doğru kademeli olarak SHDS'lerin arttığı görülmektedir. Öte yandan Doğu Anadolu Bölgesi'nin orta ve güney kesimlerinde de görece daha düşük ortalamaların olduğu ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Sıcak dönemde SHDS'nin ortalama değerleri (3°C-3g)

Ortalama değerlerin haritalandırılma işlemi haricinde hem Mann Kendal istatistik analizi hem de doğrusal eğilim analizinin daha iyi anlaşılabilmesi için seçilmiş istasyonlara ait 48 yıllık zamansal eğilim grafikleri görselleştirilmiştir. SHDS indisinde 90p-3g metoduna göre eğilimin yıllara göre değişken olduğu ancak pozitif yönde bir trendin olduğu görülmektedir. Ünye ve Sarıyer istasyonlarında dönemin en başında (1975-1980) 0-6 arasında değişen SHDS, dönemin sonuna doğru giderek artmıştır. Öyle ki 2005 yılından itibaren neredeyse her sene 10'dan fazla SHDS olayının olduğu görülmüştür. Bu açıdan 2005 yılının bir kırılma senesi olduğu ve bundan sonraki dönemde daha yüksek sayıda SHDS'lerin olduğu görülmektedir. Her 2 istasyonda da en düşük değer 1976 yılında iken Ünye ve Sarıyer'de sırasıyla 1 ve 2 olmuştur. En yüksek değer ise 2 istasyonda da 16 olup Ünye'de 2014 yılında, Sarıyer'de ise 2012 ve 2016 yıllarında olduğu ortaya çıkarılmıştır (Şekil 5).



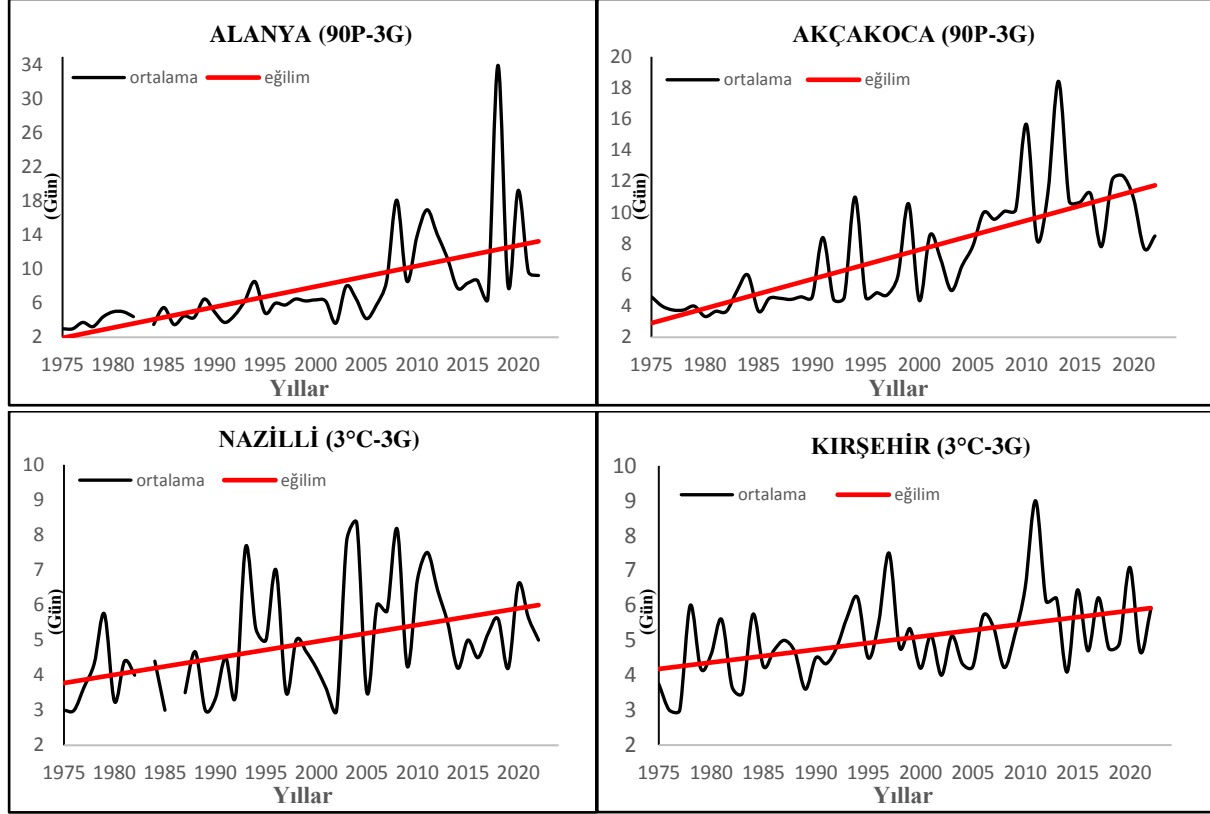
Şekil 5. Seçilen istasyonlara ait SHDS indisinin zamansal eğilim grafiği (1975-2022)

3°C-3g metoduna göre ise Bayburt ve Kocaeli istasyonlarında da 1975-1980 döneminde en fazla 7 olan SHDS indisinde incelenen dönemin sonuna doğru giderek artan bir eğilimin olduğu bulunmuştur. Bayburt istasyonunda en düşük değer 1976 yılında 1 olurken Kocaeli’de ise 1983 yılında SHD’ye rastlanmamıştır. En yüksek SHDS ise Bayburt istasyonunda 2010, 2019 ve 2020 yıllarında 14 olmuştur. Kocaeli istasyonunda ise 2012 yılında 12 adet sıcak hava dalgası görülmüştür. Genel olarak her 2 istasyonda da 2007 yılından itibaren görece daha fazla SHD görülse de bazı yıllarda SHDS’lerin daha düşük kaldığı görülmüştür. Bu yıllara her 2 istasyonda da 2008 ve 2011 yılları buna örnek verilebilir (Şekil, 5).

3.1.2. Sıcak Hava Dalgası Sürekliliğinin Ortalaması

Sıcak hava dalgalarının sürekliliği (SHDU) diğer bir deyişle uzunluğu indisinde ise 90p-3g metoduna göre bölge genelinde 48 yıllık dönemde ortalama olarak 5.10 ile 8.88 gün arasında olduğu görülmektedir. Bölge genelindeki ortalama ise 6.5 gündür. Bu anlamda Türkiye’de ortalama olarak sıcak dönemde SHD’lerin 6.5 gün sürdüğü görülmektedir. En düşük değerler Anamur istasyonunda görülürken en yüksek seviye ise Mersin istasyonundadır. İnceleme sahasında SHDU değerlerinin dağılışında karmaşık bir durum söz konusudur. Bu açıdan hem kıyılarda hem de iç kesimlerde görece düşük veya yüksek değerlerin olduğu görülmektedir. Bununla birlikte batı kıyılarda çoğunlukla daha düşük değerlerin olduğu görülmektedir. Bölgenin orta iç ve doğu kesimlerinde de büyük oranda daha yüksek seviyelerin bulunduğu ortaya çıkarılmıştır (Şekil 6).

olduğu belirlenmiştir. Akçakoca istasyonunda da 2007 yılı ve sonrası daha uzun SHD’ler görülürken öncesinde de bazı yıllar da (1994 ve 1999) yüksek değerlerin olduğu görülür. 1983 yılında Alanya’da bir SHD’ye rastlanmazken Akçakoca istasyonunda 1980 yılında SHD’ler ortalama 3.33 gün sürerek en düşük seviyesini göstermiştir. En yüksek değerler ise Alanya istasyonunda 34 ile 2018 yılında, Akçakoca istasyonunda ise 18.43 gün ile 2013 yılında görülmüştür (Şekil 8).

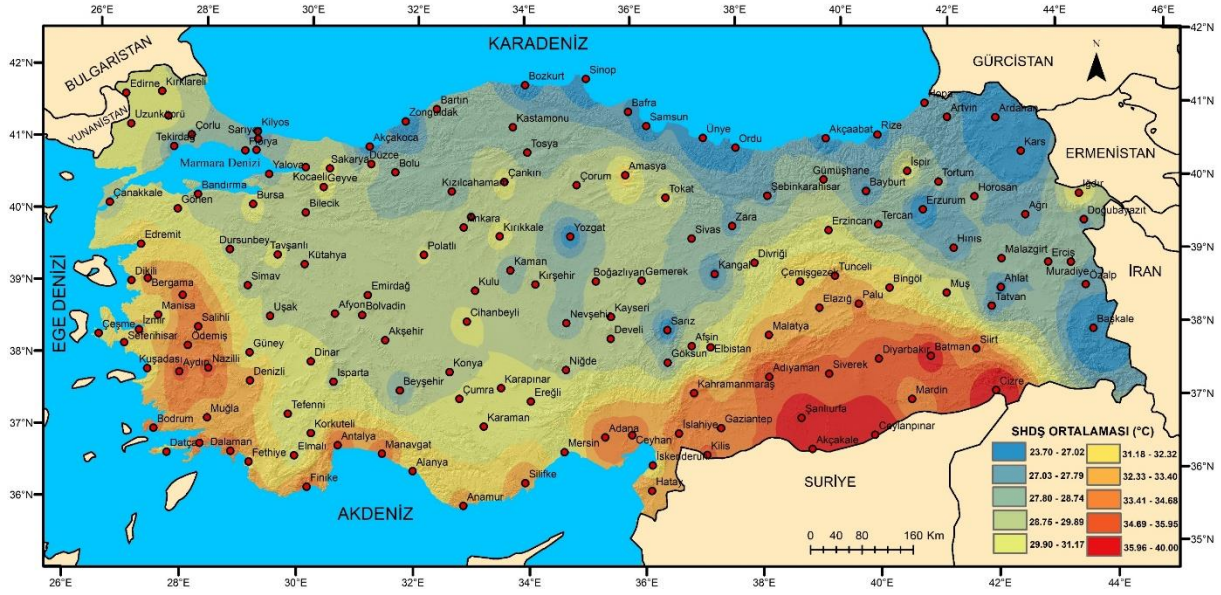


Şekil 8. Seçilen istasyonlara ait SHDU indisinin zamansal eğilim grafiği (1975-2022)

3°C-3g metodunda ise Nazilli ve Kırşehir istasyonlarında pozitif yönlü bir eğilimin olduğu görülür. Nazilli istasyonunda 1983 ve 1986 yıllarında herhangi bir SHD’ye rastlanmamıştır. Bu sebeple buradaki değerler 0’dır. Kırşehir istasyonunda ise en düşük değerler ise 1976 ve 1977 yıllarında oluşmuş ve SHD’ler ortalama 3 gün sürmüştür. Her 2 istasyonda da görece daha yüksek değerlerin görülmeye başladığı bir tarih görülmemekte ve değişkenliğin yıllar arasında 90p-3g metoduna göre daha fazla olduğu belirlenmektedir. (Şekil 8). En yüksek değer, Nazilli’de 8.33 gün ile 2004 yılında iken Kırşehir’de ise 9 gün ile 2011 yılı olduğu bulunmuştur.

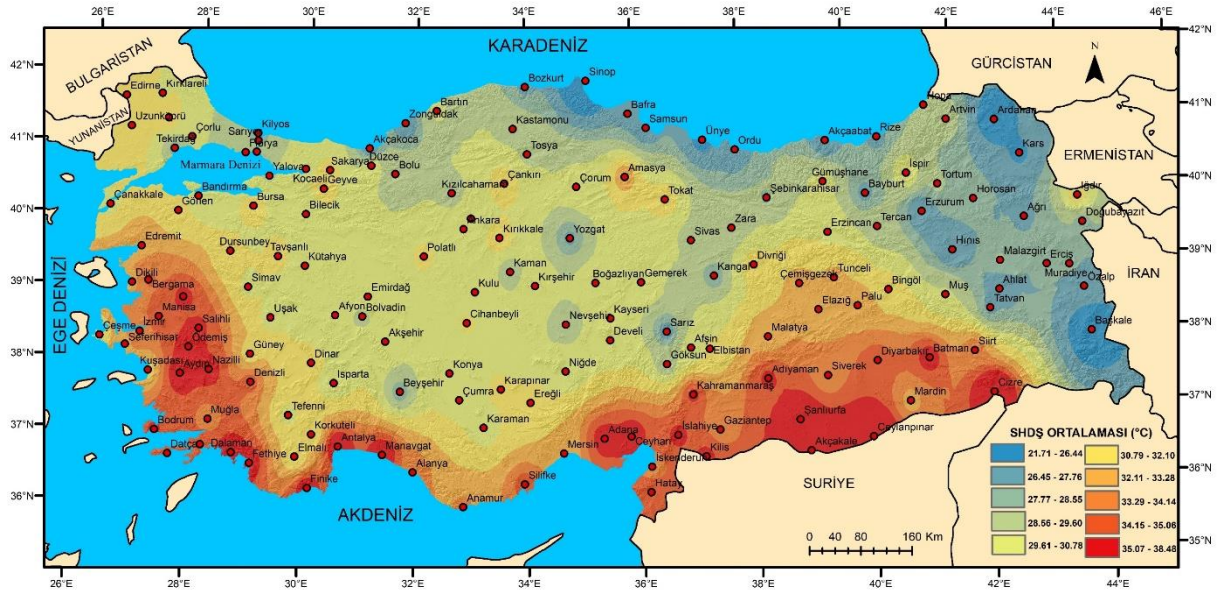
3.1.3. Sıcak Hava Dalgası Şiddetinin Ortalaması

Sıcak hava dalgalarının şiddet indisinde ortalama değerlerde 90p-3g metoduna göre 23.7°C ile 40.0°C arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek değer Cizre istasyonundayken en düşük değer ise Ardahan istasyonunda ortaya çıkmıştır. Türkiye genelinde 48 yıllık dönemdeki ortalama SHDS değeri ise 30.3°C olmuştur. Bölge genelinde çoğunlukla kademeli olarak güneyden kuzeye doğru şiddet değerinin azaldığı görülmektedir. İnceleme sahasında en yüksek değerler, Ege Bölgesi’nin bir bölümü, Akdeniz kıyıları ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte özellikle Güneydoğu Bölgesi’nin güney kesimleri en şiddetli ortalama değerlere sahip alanlardır. En düşük değerler ise çoğunlukla Karadeniz kıyıları ve Doğu Anadolu Bölgesi’nde gözlemlenmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Sıcak dönemde SHDS'nin ortalama değerleri (90p-3g)

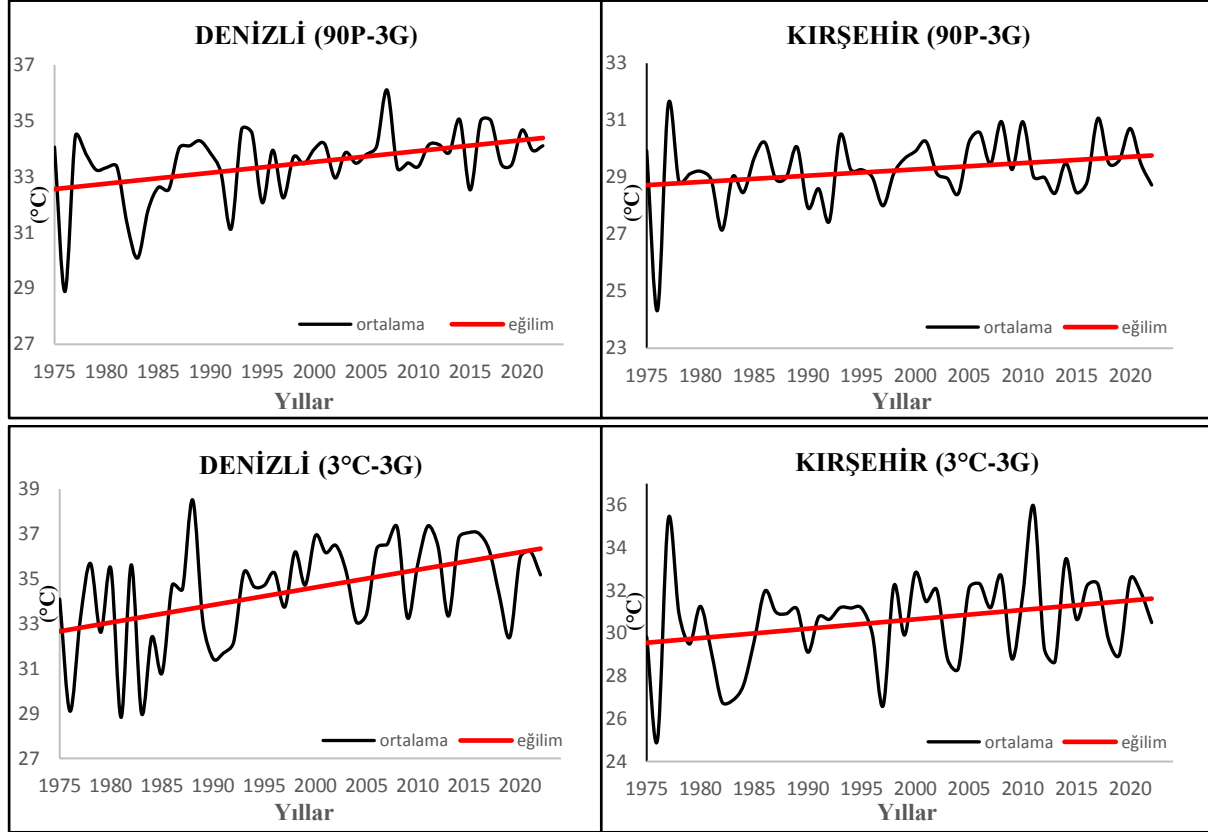
Sıcak hava dalgalarının şiddetinde 3°C - 3g metodunda ise görülen sıcaklık değerleri 21.71°C ile 38.48°C arasında değişmektedir. Türkiye genelindeki ortalama şiddet ise 48 yıllık dönemde 31°C olmuştur. En yüksek değer 90p-3g metodunda olduğu gibi Cizre istasyonunda görülürken en düşük değer ise Sinop istasyonunda ortaya çıkmıştır (Şekil, 10). Bölge genelinde çoğunlukla güneyden kuzeye doğru kademeli olarak şiddet indisinde bir azalma olduğu görülür. İç kesimlerdeki görece yüksek kesimler ise istisnai bir durum oluşturmakta ve görece düşük değerler göstermektedir. En yüksek değerler, Ege Bölgesi'nin kıyı-orta kesimlerinde, Akdeniz kıyıları ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ortaya çıkmıştır. En düşük şiddet değerleri ise çoğunlukla Karadeniz kıyıları ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde olduğu bulunmuştur.



Şekil 10. Sıcak dönemde SHDS'nin ortalama değerleri (3°C - 3g)

SHDS indisinde ise her 2 metotta da Denizli ve Kırşehir istasyonları seçilmiştir. 90p-3g metoduna göre istasyonlarda incelenen dönemde pozitif yönlü bir trendin olduğu görülse de yıllar arası

değişkenliğin diğer indislere göre fazla olduğu görülmektedir. Her 2 istasyonda da en düşük şiddet ortalaması 1976 yılında görülürken Denizli’de 28.89°C Kırşehir’de ise 24.33°C olarak hesaplanmıştır. En yüksek ortalama değer ise Denizli’de 2007 yılında 36.1°C olarak ölçülmüştür. Kırşehir istasyonunda ise 2008-2010 ve 2017 yılları görece yüksek bir şekilde şiddet ortalamalarına sahip olsa da en yüksek değer dönemin başında 1977 yılında ölçülmüştür. Bu yıldaki ortalama değer 31.55°C olmuştur. Her 2 istasyonda da dönem içerisinde görece yüksek değerlerin başladığı bir tarihe rastlanmamıştır.

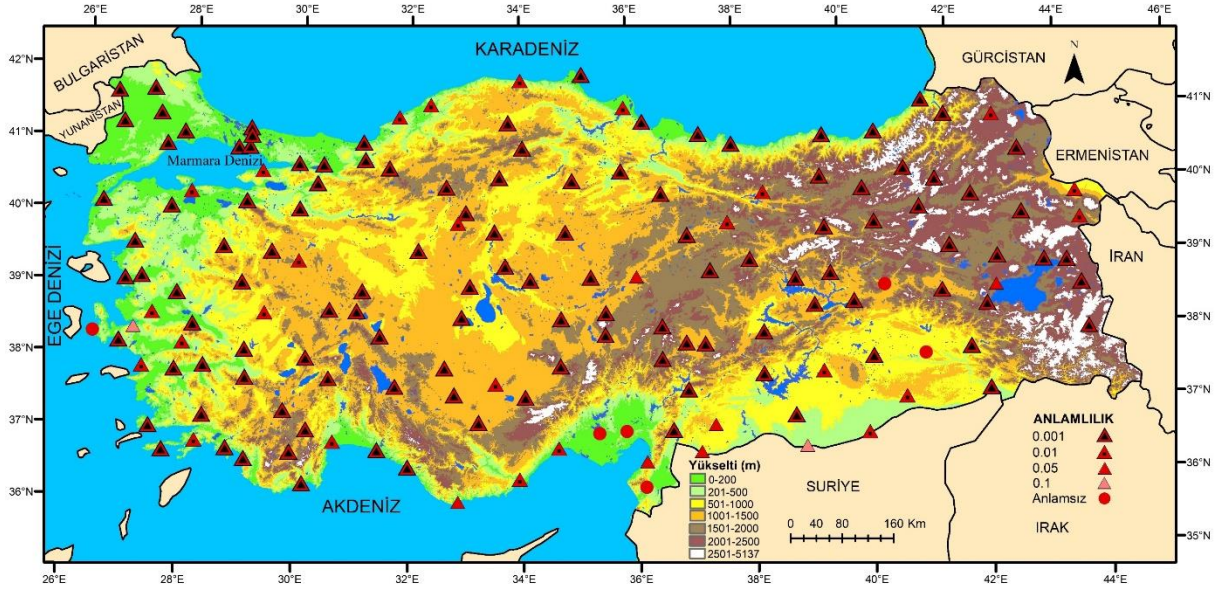


Şekil 11. Seçilen istasyonlara ait SHDŞ indisinin zamansal eğilim grafiği (1975-2022)

3°C-3g metodunda ise persentil metodunda olduğu gibi değişkenliğin yıllar arasında yüksek olduğu görülmekle birlikte pozitif bir eğilimin olduğu bulunmuştur. En düşük seviyeler, Denizli’de 28.83°C ile 1981 yılında görülürken Kırşehir istasyonunda ise 25.0°C ile 1976 yılı olmuştur. 3°C-3g metodunda 90p-3g metodunda olduğu gibi yüksek değerlerin sadece dönemin sonuna doğru olan süreçte olmadığı görülür. Denizli istasyonunda 2000’li yılların başlarından itibaren görece yüksek değerler görülse de en yüksek seviye 38.52°C ile 1988 yılında ölçülmüştür. Kırşehir istasyonunda ise 48 yıllık dönemde farklı zamanlarda yüksek değerler bulunur. En yüksek ortalama şiddet 35.96°C ile 2011 yılında olsa da 1977 yılındaki 35.33°C’lik ortalama değer de ölçülmüştür. Bu yönden her 2 indiste de seçilen istasyonda istasyonlara göre tekdüze bir durumdan söz edilememektedir (Şekil 11).

3.2. Mann Kendall İstatistiksel Analizinin Sonuçları

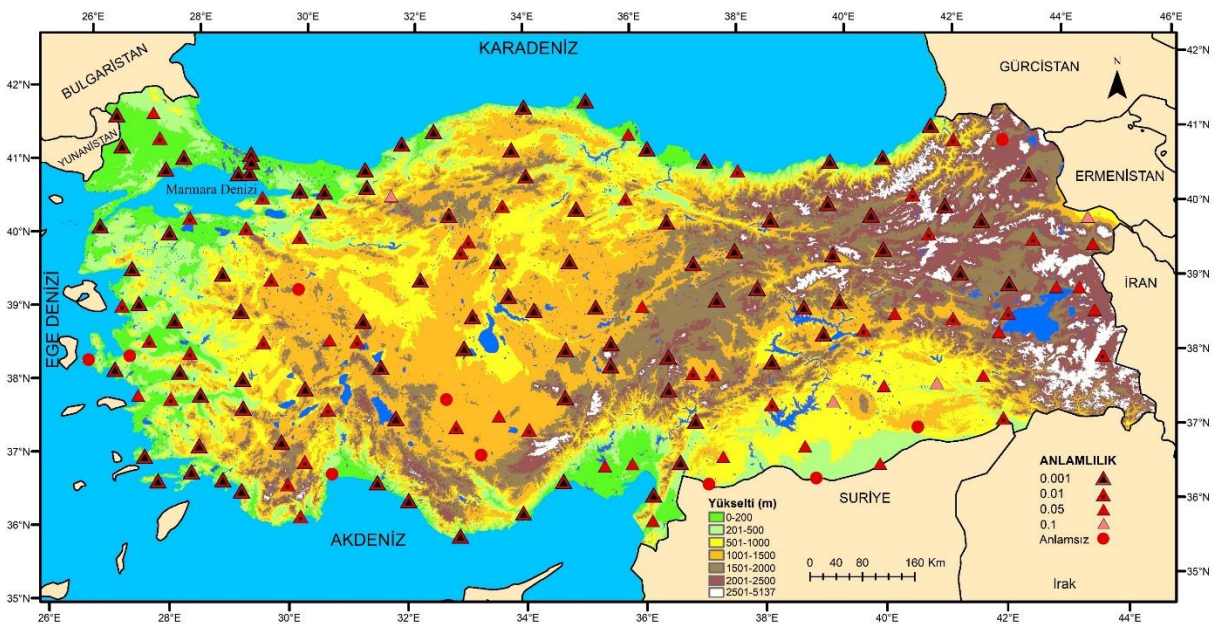
Türkiye genelinde toplamda 159 istasyon öncelikli olarak Mann Kendall analizi açısından değerlendirilmiş ve değişimlerin istatistiksel olarak bir anlamlılık ifade edip etmediği ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 13. Sıcak dönemde SHDS'nin istatistiksel analizi (3°C-3g)

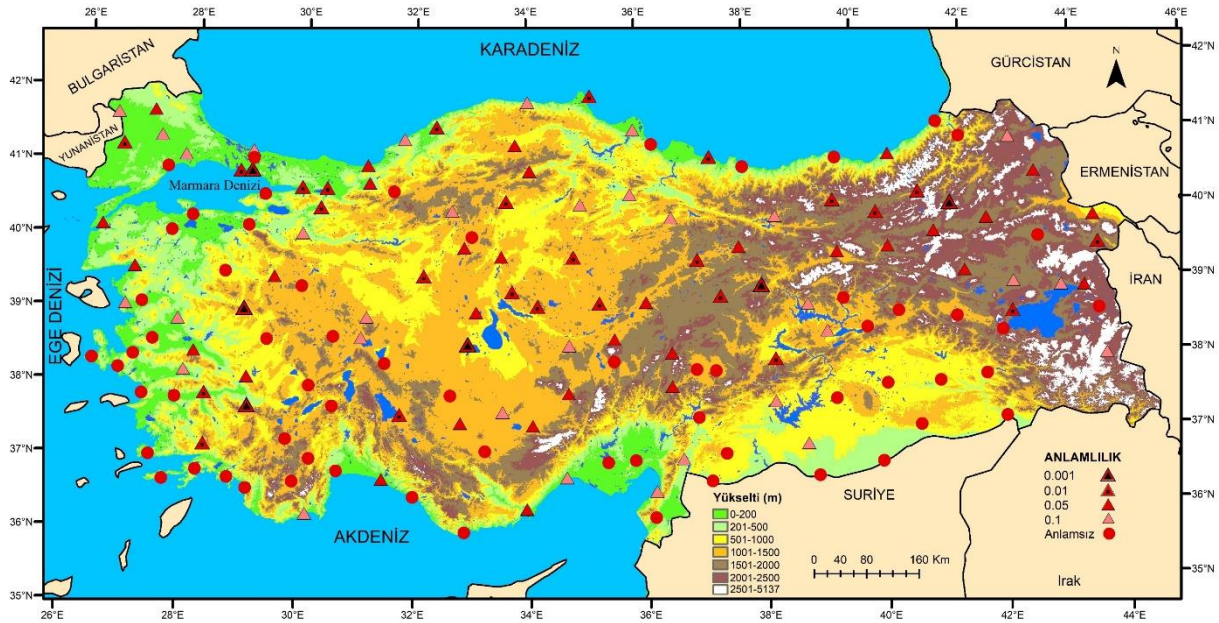
3.2.2. Sıcak Hava Dalgaları Sürekliliğinin Mann Kendall İstatistiksel Analiz Sonuçları

Sıcak hava dalgalarının sürekliliği indisinde ise 90p-3g metoduna göre istasyonların çoğunluğunda istatistiksel anlamlılığın yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre çoğunluğu aşırı kuvvetli ve çok kuvvetli anlamlılıkların oluşturduğu görülmektedir. Bunların sayısı ise sırasıyla 90 ve 35 olup tüm istasyonların %79'unu oluşturmaktadır. Geri kalan düzeylerin sayısı görece azdır. Kuvvetli anlamlılığa sahip istasyon sayısı 19 iken az kuvvetli anlamlılık sayısı ise 5'tir. 10 istasyonda ise herhangi bir istatistiksel anlamlılığa rastlanmamıştır (Şekil 14). Bu açıdan bölge genelinde istatistiksel anlamlılığın yüksek olduğu görülürken Konya'nın güney kesimleri, Güneydoğu Anadolu Bölgesi geneli ve Van Gölü çevresinde istatistiksel anlamlılığın görece düşük kaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 14. Sıcak dönemde SHDU'nun istatistiksel analizi (90p-3g)

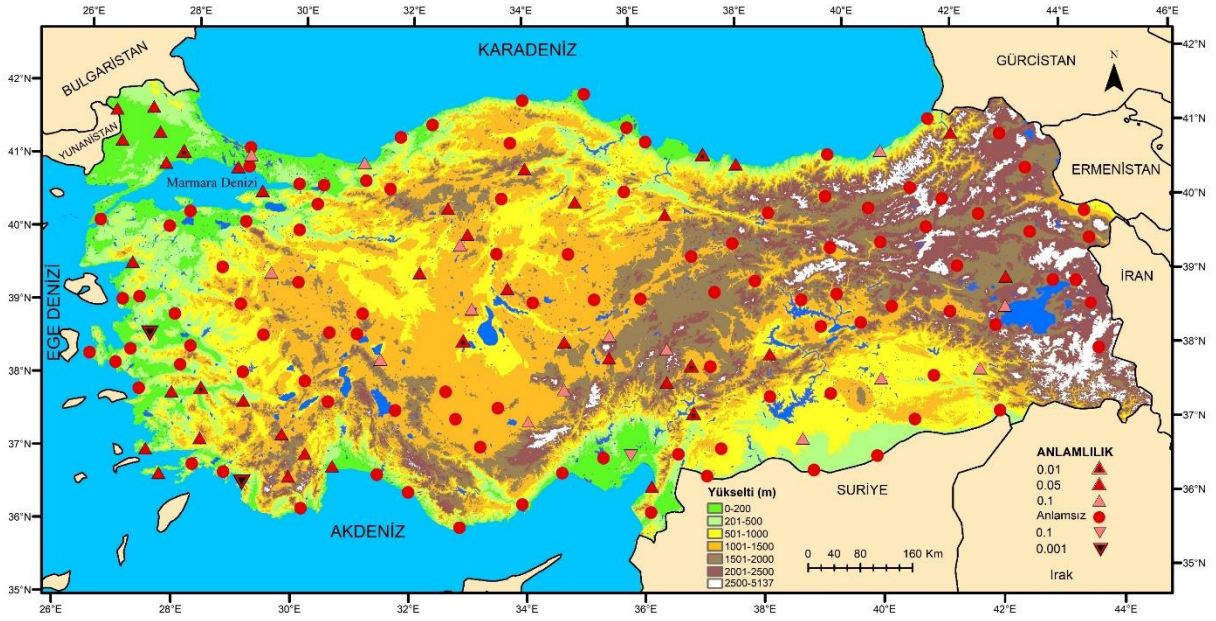
3°C-3g metoduna göre ise SHDU indisinin analiz sonuçlarında istatistiki anlamlılığın görece düşük kaldığı gözlemlenmiştir. Bu açıdan güven aralığı zayıftır. 0.001 ve 0.01 seviyesinin istasyon sayısı sırasıyla 5 ve 25'tir ve bu iki seviye toplamda tüm istasyonların sadece %19'unu oluşturmaktadır. 0.05 ve 0.1 düzeylerinin sayısı ise birbirine yakındır ve sırasıyla 33 ve 32'dir. Büyük çoğunluğu ise istatistiki yönden bir anlamlılık ifade etmeyen istasyonlar oluşturmaktadır ve bunun sayısı ise 64'tür ve tüm meteorolojik istasyonların %40'ını oluşturmaktadır (Şekil 15). Böylece çalışma alanı genelinde istatistiki açıdan tekdüze bir durumdan bahsedilememektedir. Görece anlamlılığın yüksek olduğu yerler ise inceleme alanında düzensiz bir şekilde dağılmıştır. Türkiye genelinde orta ve kuzey kesimlerde görece daha yüksek istatistiki anlamlılığa sahip istasyonlar bulunurken güney kesimlerde ise çoğunlukla istatistiki açıdan bir anlam ifade etmeyen noktaların olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 15. Sıcak dönemde SHDU'nun istatistiki analizi (3°C-3g)

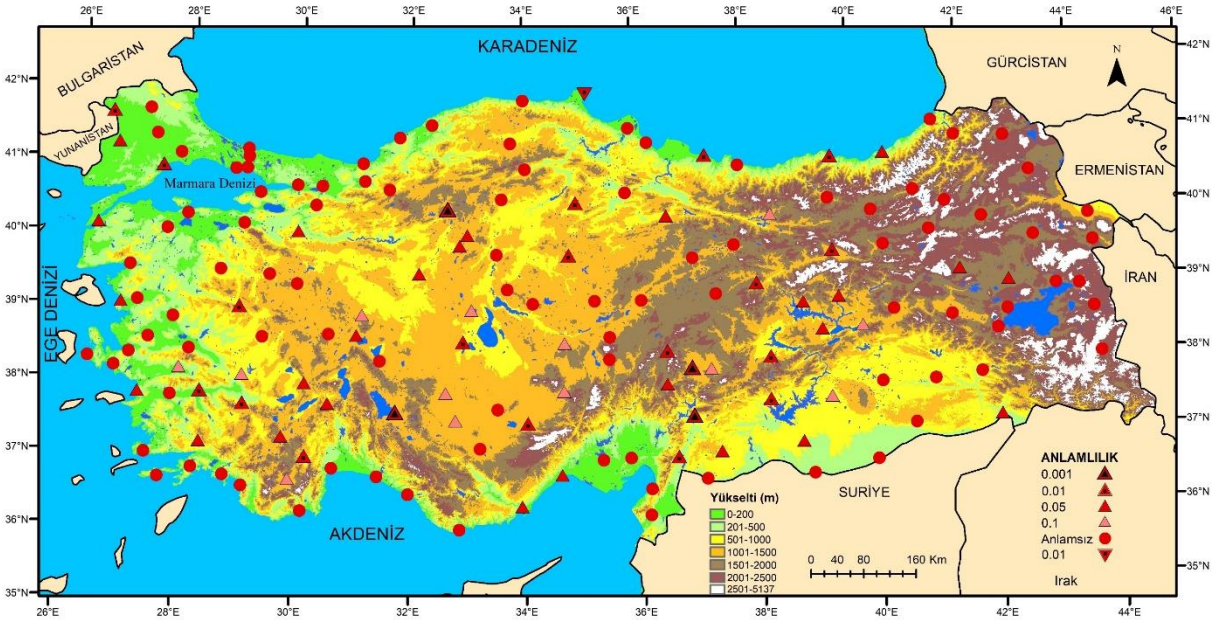
3.2.3. Sıcak Hava Dalgaları Şiddetinin Mann Kendall İstatistiki Analiz Sonuçları

Mann Kendall istatistiki analizine göre son olarak sıcak hava dalgalarının şiddeti indisinde ise 90p-3g metodunda istatistiki anlamlılığın bölge genelinde düşük kaldığı gözlemlenmiştir. Öte yandan pozitif eğilimlerin yanında negatif yönlü eğilimlerin olması da dikkat çekicidir. Sadece Fethiye ve Manisa istasyonlarında anlamlılık aşırı kuvvetliken bunların eğilimi de negatiftir. 6 istasyonda ise anlamlılık çok kuvvetlidir ve hepsi pozitif yönlüdür. 29 istasyonda istatistiki anlamlılık kuvvetli ve 16 istasyonda ise az kuvvetlidir. Bu düzeydeki istasyonların hepsinde anlamlılık pozitif yönlüken sadece Ceyhan istasyonunda negatiftir (Şekil 16). 106 istasyonda ise istatistiki açıdan bir anlamlılığa rastlanmamıştır. Bu bakımdan %67 ile büyük çoğunluğu bu grup oluşturur. İnceleme sahasında görece anlamlılığın yüksek olduğu yerler herhangi bir yerde yoğunluk oluşturmazken Trakya Yarımadası ile İç Anadolu Bölgesi'nin bazı kesimleri ön plana çıkmaktadır.

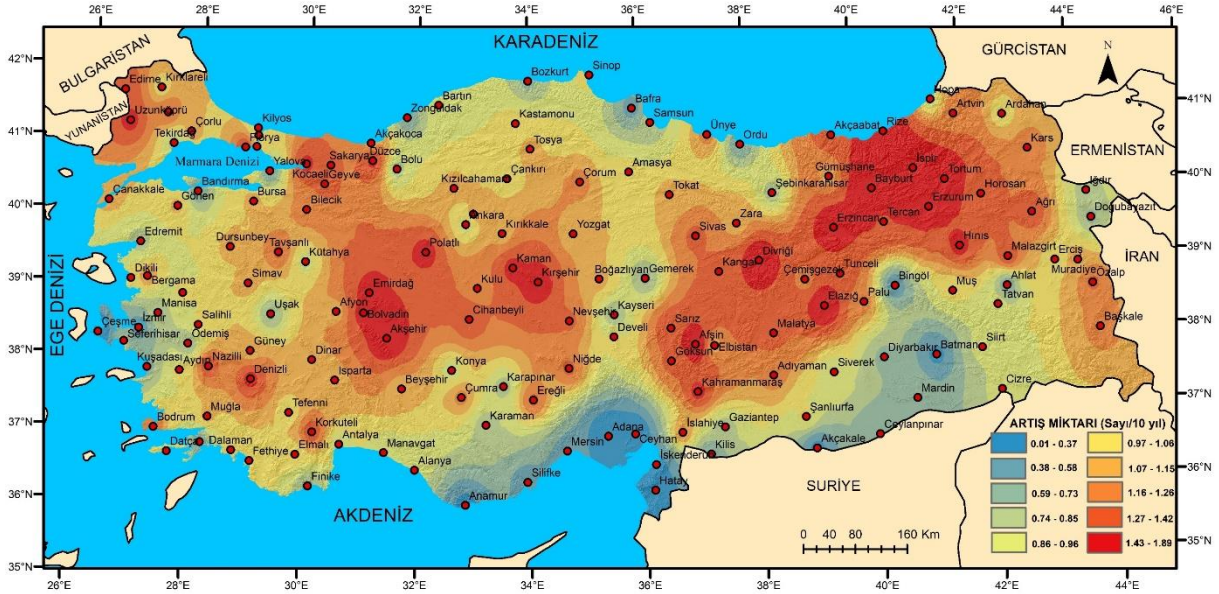


Şekil 16. Sıcak dönemde SHDS’nin istatistiki analizi (90p-3g)

SHDS indisinin sıcak dönemde 3°C-3g metoduna göre ise istatistiki anlamlılığın dağılışında düzensiz bir yapının olduğu görülmektedir. 0.001 düzeyindeki istasyon sayısı sadece 4 iken hepsi pozitif yönlüdür. 20 istasyonda ise anlamlılık 0.01 seviyesindedir sadece Sinop istasyonunda yönelim negatiftir. 0.05 ve 0.1 seviyelerinde istatistiki anlamlılığa sahip istasyon sayıları ise sırasıyla 27 ve 13’tür ve hepsinde trend pozitif yönlüdür. Büyük çoğunluğu ise 95 istasyon ile istatistiki açıdan hiçbir anlam ifade etmeyen istasyonlar oluşturmaktadır ve tüm istasyonlara oranı %60’tır (Şekil 17). Görece yüksek istatistiki anlamlılığın daha yoğun olduğu herhangi bir bölge ortaya çıkmazken inceleme sahası genelinde çeşitli bir yapının olduğu görülmektedir.



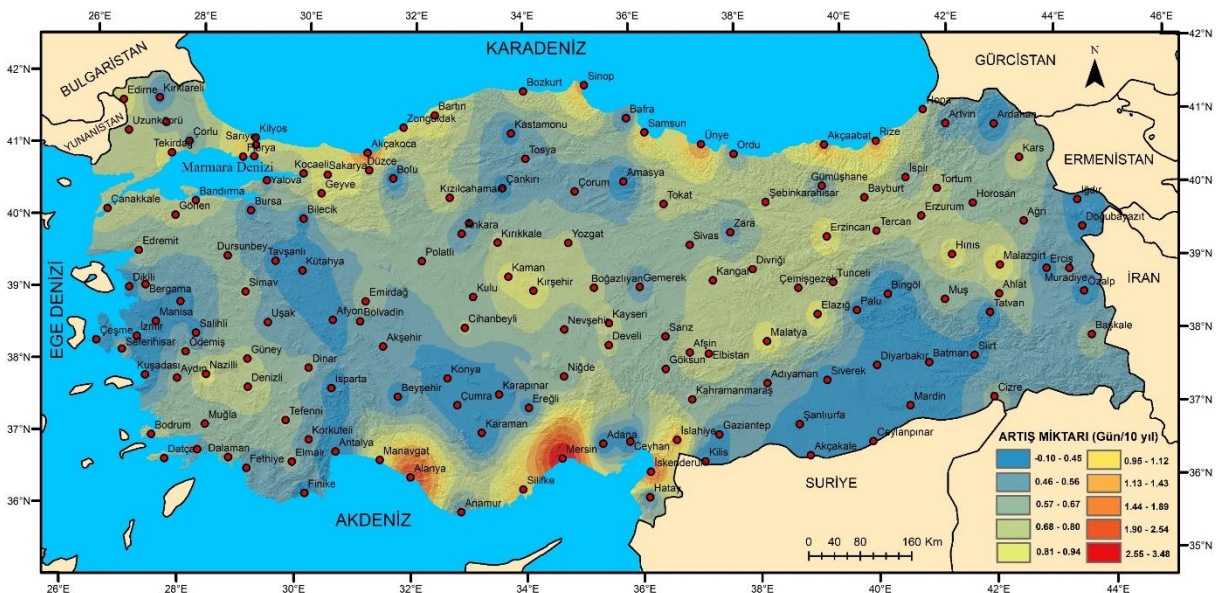
Şekil 17. Sıcak dönemde SHDS’nin istatistiki analizi (3°C-3g)



Şekil 19. Sıcak dönemde SHDS'nin doğrusal eğilim analizi (3°C-3g)

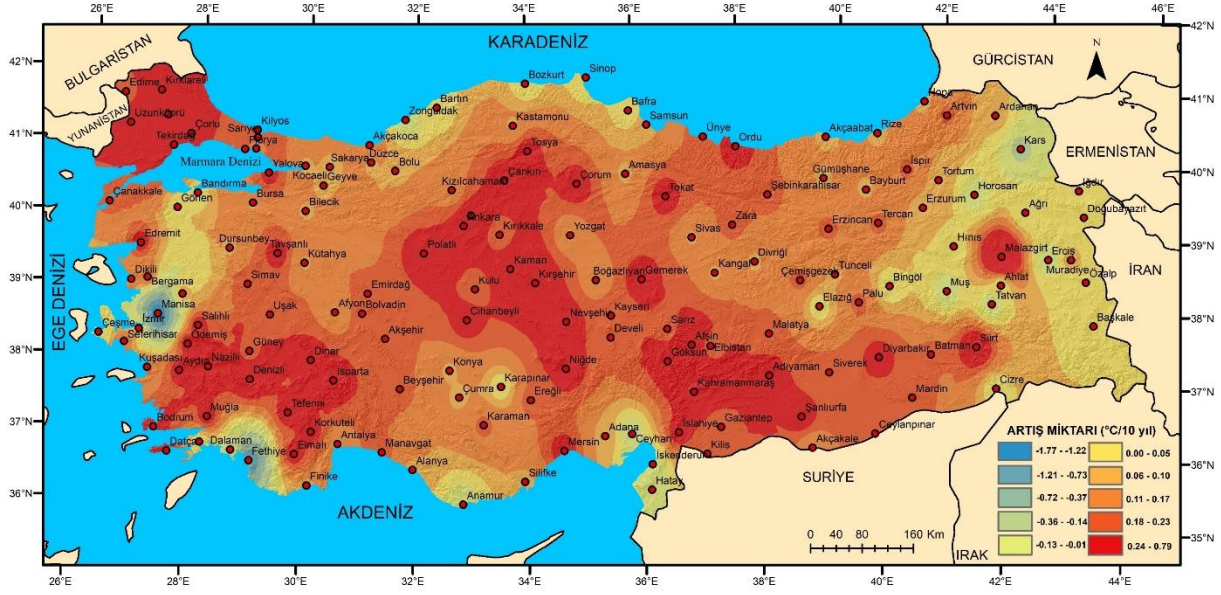
3.3.2. Sıcak Hava Dalgaları Sürekliliğinin Doğrusal Eğilim Analizleri Sonuçları

Sıcak hava dalgalarının süreklilik durumunu 90p-3g metoduna göre incelediğimizde ise doğrusal trend açısından bölge genelinde artış eğiliminin olduğu görülmektedir. Sadece Çeşme istasyonunda 0.10 gün/10 yıl (g/10y) ile az da olsa bir azalış eğiliminin olduğu görülür. En fazla artış ise Mersin istasyonu çevresinde ve 3.48g/10y düzeyindedir (Şekil, 20). Görece en yüksek artış miktarı inceleme sahasının kuzey kesimleri, iç bölgelerin bazı yerleri ve Akdeniz kıyılarının bazı alanlarında görülmüştür. Bu çevrelerde artış miktarı genel olarak 0.95g/10y'nin üzerindedir. En az artış gösteren yerlerde ise karmaşık bir durum söz konusudur ve her bölgede görülmektedir. Artışın en düşük olduğu yerlerde ise eğilimin 0.46g/10y seviyesinin altında seyrettiği gözlemlenmiştir.



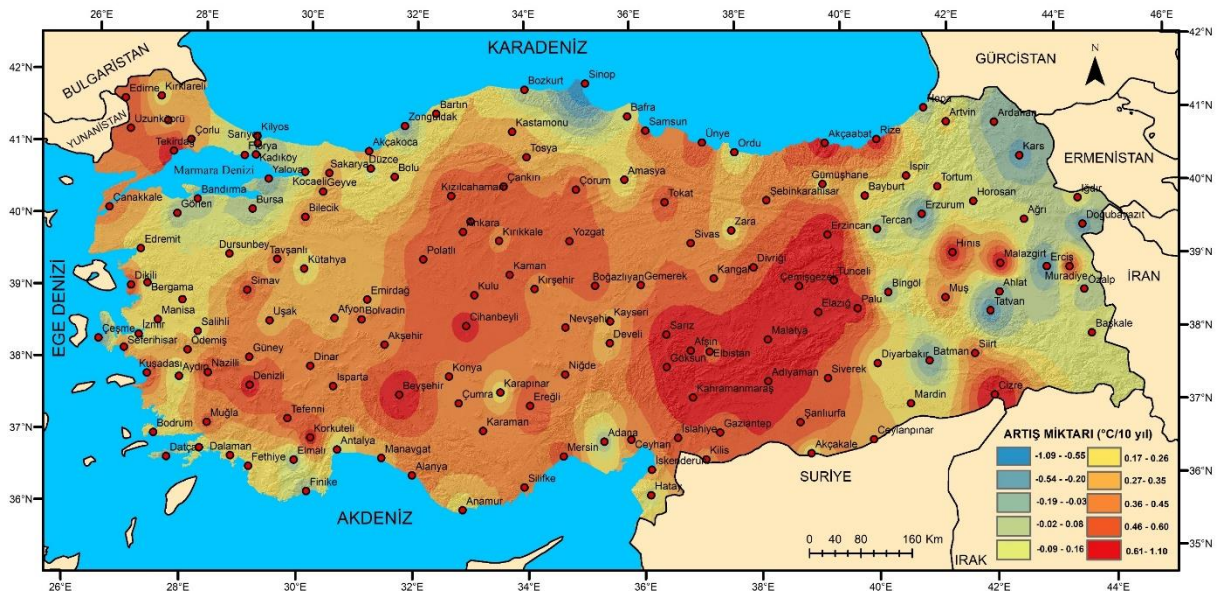
Şekil 20. Sıcak dönemde SHDU'nun doğrusal eğilim analizi (90p-3g)

Sıcak dönemde SHDU indisinin eğilimi 3°C-3g metoduna göre ise sadece 3 istasyonda bir azalış eğilimi gözlemlenirken 9 istasyonda nötr bir durum söz konusudur. Geri kalan istasyonlarda ise artış



Şekil 22. Sıcak dönemde SHDS'nin doğrusal eğilim analizi (90p-3g)

SHDS indisinde sıcak dönemde $3^{\circ}\text{C}-3\text{g}$ metoduna göre ise 134 istasyon ile inceleme sahasının büyük çoğunluğunda şiddet miktarında artış gözlemlenmektedir. 12 istasyonda nötr 13 istasyonda ise azalış eğilimi mevcuttur. En yüksek artış miktarı $1.1^{\circ}\text{C}/10\text{y}$ ile Afşin çevresinde görülmüştür. Şiddet indisinde azalış eğiliminin de olduğu bölgede en çok azalış ise $1.09^{\circ}\text{C}/10\text{y}$ ile Sinop dolaylarındadır (Şekil 23). Artış, şiddetli artış, azalış ve şiddetli azalışın görüldüğü yerler tekdüze bir görüntü çizmemektedir. Buna göre en çok artışın yoğunlaştığı yerler, Trakya Yarımadası ve Ege Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi'nin bazı kesimleri, Doğu Karadeniz kıyıları, Fırat Havzası çevresinde ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin bazı kesimlerinde görülmüştür. Artış gösteren diğer bölgelerde ise şiddet görece daha az kalmıştır. Azalış eğiliminin görüldüğü yerler ise bölge geneline dağılmıştır. Bu açıdan bu istasyonlardan bazılarını; Çeşme, Yalova, Sinop, Batman, Erzurum, Kars, Tatvan ve Erciş örnek verilebilir.



Şekil 23. Sıcak dönemde SHDS'nin doğrusal eğilim analizi ($3^{\circ}\text{C}-3\text{g}$)

4. Tartışma

Türkiye ve çevresini etkileyen depresyon sıklıkları, kış döneminde, yaz dönemine göre 2 kat daha fazladır (Akyol, 1945). Bu durum soğuk dönemde havanın daha kararsız bir yapıda olmasına sebebiyet vererek durağanlığını azaltmaktadır. Sıcak dönemde ise depresyon sıklıklarının azalması ve havanın görece durağan yapıya geçmesi havanın daha kararlı bir yapıya bürünmesine sebebiyet verir (Demirtaş, 2017). Değişen iklim koşulları ile artan yerel (Şen, 2013) ve küresel sıcaklıklar da (IPCC, 2023) bu duruma eklenince sıcak hava dalgalarının sayısına pozitif yönde bir etki yaptığı düşünülebilir. Bu durum persentil ve derece metodlarında açık bir şekilde görülmüştür. 90p-3g metodunda sıcak dönemde SHDS indisinde 108 istasyonda istatistiki anlamlılık 0.001 düzeyindeyken 29 istasyonda ise 0.01 seviyesindedir. Bu sonuçlar (Baltacı vd, 2024)'ün bulguları ile paralellik göstermektedir. Bir başka çalışmada ise Türkiye'de 1970-2006 dönemi arasında sıcak günlerin yaz aylarında persentil metoduna göre arttığı ve son 30 yılda ekstrem sıcaklıkların da yükseldiği bulunmakla beraber bölge genelinde Mann Kendall istatistiki anlamlılığının da çoğunlukla yüksek (0.01-0.05) olduğu ortaya çıkarılmıştır (Acar Deniz & Gönençgil, 2015). Derece metodunda sıcak dönemde 0.001 düzeyine sahip istasyonların sayısı 119 iken 26 istasyonda ise 0.01 seviyesindedir. Diğer bir deyişle SHDS indisinde görülen pozitif yönlü değişimin rastlantısal dalgalanma ile açıklanma olasılığı düşüktür ve artış eğiliminin istatistiki açıdan güçlü bir biçimde desteklendiği görülmektedir. Bu açıdan sıcak dönemde değişen iklim koşulları ve kararlı hava koşulları sebebiyle bölgenin çoğunluğunda sıcak hava dalgalarının sayısı ısrarcı bir şekilde artmaktadır. Süreklilik ve şiddet indisinde ise aynı kararlılıkta bir artış eğiliminin olmadığı görülür. Örneğin; süreklilik indisinde 90p-3g metodunda toplamda 125 istasyon aşırı kuvvetli ve çok kuvvetli bir istatistiki anlamlılığa sahiptir. 3°C-3g metodunda ise bu sayı büyük bir değişimle 30'a düşmüştür. Bu açıdan 90p-3g ile 3°C-3g metodu arasında SHDS indisinde görülen paralel durumun aynı şekilde gözlemlenmediği görülmektedir. Bu nedenle sadece persentil metodunda göre sıcak dönemde sıcak hava dalgası etkinliğinin süresi bölge genelinde kararlı bir şekilde artmaya devam ettiği söylenebilir. Diğer bir deyişle süreklilik indisinde 90p-3g metodunda eşik değerinin daha düzenli bir şekilde aşıldığı ortaya çıkarılmıştır. 3°C-3g metodunda ise eşik değerinin aşılmasının görece daha düzensiz olduğu ve bu sebeple bölge genelinde her yıl düzenli olarak artan sıcak hava dalgası ile birlikte sürekliliğinin artmadığı ve bölgesel farklılıkların ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Bu durum derece metodu açısından sıcak hava dalgalarının bazı yıllar daha uzun bazı yıllar ise çok daha kısa sürdüğünü göstermektedir. Şiddet indisinde ise her 2 metotta da istatistiki anlamlılığın bölge genelinde diğer indislere göre düşük olduğu görülür. Her ne kadar inceleme sahasında hemen hemen tüm istasyonlar pozitif bir eğilime sahip olsa da 90p-3g metodunda sadece 8 istasyonda anlamlılık 0.001 ve 0.01 düzeyindeyken 3°C-3g metodunda ise toplam sayı 24'tür. İki metotta da istatistiki açıdan bir anlamlılık ifade etmeyen istasyon sayısı ise sırasıyla 106 ve 95 olmuştur. Bu yönden 2 metot açısından da SHDS indisinde artış eğilimi olsa da bunun ısrarcı bir şekilde olmadığı, yıldan yıla değişen bir şiddet artışı olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle her 2 metoda göre de hem aynı yıl içinde hem de yıllar arasında SHD'lerin şiddet miktarlarında çeşitli seviyelerinin olduğu söylenebilir. Bu çıktının oluşmasında birden fazla faktör etkili olabilmektedir. Öyle ki artan sıcaklıklar, SHDS indisini direkt olarak etkilese de SHD'lerin şiddetinde, o anki nemlilik, rüzgâr gibi yerel faktörler ile (Shi vd., 2024) yüzey ile atmosfer arasında ne kadar enerji biriktirdiği de etkili olabilmekte (Miralles vd., 2014) ve sıcak hava dalgasının şiddeti her zaman aynı seviyede olmayabilmektedir. Bu sebeple şiddet indisindeki artış tekdüze bir eğilim göstermemektedir. Elde edilen bulgulara göre sıcak dönemde her 2 metoda göre sıcak hava

dalgaları sayısının istikrarlı bir şekilde artış gösterdiği ancak süreklilik indisinde 90p-3g metodu hariç tutulursa bir artış eğilimi olsa da bu durumun düzenli bir şekilde olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Romanya genelinde sıcak dönemde 90 persentil metodu üzerinden yapılan bir çalışmada da benzer bulgulara rastlanmıştır. Sıcak hava dalgalarının sayı ve sürekliliğinde görülen artışların istatistiki olarak anlamlılığın bölge genelinde yüksek olduğu görülürken şiddet indisinde ise tüm istasyonlarda istatistiki bir anlamlılığa rastlanmamıştır (Piticar vd., 2018).

Doğrusal eğilim analizi sonuçlarına göre ise sıcak hava dalgalarının sayısında sıcak dönemde 90p-3g metoduna göre artış eğiliminin olduğu görülmektedir. İnceleme sahasında, her 10'ar yıllık periyotlarda ortalama artış miktarı 1.17/10y olmuştur. Bu durum da Türkiye genelinde yapılan çalışmayla nispeten benzer sonuçlar ortaya çıkardığı görülmektedir (Erlat vd., 2021) Bu duruma etken olarak bahsi geçen çalışmadaki istasyon sayısının ve az da olsa incelenen dönemin farklılığı etkili olmuş olabilir. Kıyı kesimlerde artış eğiliminin iç kesimlere göre daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu durum, Ege Bölgesi özelinde yapılan çalışma ile paralellik göstermektedir (Unal vd., 2013). Yine 90p-3g metoduna göre kıyı kesimler, Ege Bölgesi'nin iç kesimleri ve Marmara Bölgesi'nde artışın diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Genel olarak kıyılarda görece daha fazla olan artışın, Marmara Bölgesi genelinde görülmesi dikkat çekicidir. İnceleme sahasındaki artış amplitüdü ise 2.19/10y olmuştur. 3°C-3g metodunda ise artış karakteri değişmiştir. Persentil metodunda kıyı kesimler görece daha yüksek artış sayısına sahipken derece metodunda çoğunlukla artışın iç kesimlerde daha yüksek olduğu görülmektedir. Öte yandan artış amplitüdü inceleme sahasında 1.89/10y olurken ortalama artış miktarı ise 1.04g/10y olmuştur. Bu açıdan 3°C-3g metodunda, 90p-3g metoduna göre amplitüd ve ortalama değerlerin daha düşük kaldığı görülür. Diğer bir deyişle persentil metodunda, derece metoduna göre eşik değerinin daha kolay aşıldığı söylenebilir. Karasal bölgelerin aşılması daha zor olan 3°C-3g metodunda daha ön plana çıkması ise sıcak mevsimde karasal alanların denizel bölgelere göre, nemlilik, rüzgâr şartlarının daha düşük ve ısı birikimi şartlarının daha yüksek olması sebebiyle olduğu söylenebilir. Yıllık dönemin incelendiği Türkiye geneli bir başka çalışmada da 3°C metoduna göre iç kesimlerin, kıyı kesimlere göre daha yüksek artış değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Gözet vd., 2025). Öte yandan Marmara Bölgesi geneli ve Doğu Karadeniz kıyılarının her 2 metotta da yüksek artış miktarları göstermesi yüksek ve yoğun şehirleşme şartlarına bağlı olarak şehir ısı adası etkinliği (Kuşçu & Şengezer, 2011) ile ilişkili olduğu düşünülebilir. Süreklilik indisinde ise 90p-3g metodunda artış eğiliminin her ne kadar 3.48g/10y ile Mersin çevresinde olduğu görülürken artış sürekliliğinin bölge genelinde aynı şekilde yüksek olmadığı görülür. Öyle ki ortalama artış miktarı 0.64g/10y olmuştur. Bu miktar SHDS indisine göre daha düşüktür. Artışın en şiddetli olduğu yerlerde nispeten karmaşık bir durum söz konusudur. Öyle ki inceleme sahasının kuzey kıyıları, Orta ve Doğu Akdeniz kıyıları ile iç kesimlerde yer yer ortaya çıktığı görülmüştür. Diğer bölgelerde ise artış ortalamanın altında kalmıştır. Elde edilen bulgular (Kuglitsch vd., 2010) tarafından yapılan çalışma ile artış miktarı ve bölgesel farklılıklar açısından uyumludur. 90p-3g metodunda sadece Çeşme istasyonunda negatif bir eğilim bulunurken 3°C-3g metodunda toplamda 13 istasyonun nötr durumu veya negatif eğilimi dikkat çekici bir husustur. Öte yandan derece metodunda en yüksek artış 0.60g/10y olurken ortalama artış miktarı ise 0.21g/10y'da kalmıştır. Artış miktarlarında her 2 metot arasında bölgesel farklılıklar da göze çarpar. Örneğin derece metodunda ortalama süreklilik artışı Akdeniz'de 0.23g/10y, İç Anadolu'da 0.24g/10y, Doğu Anadolu'da 0.26/10y iken persentilde ise bu değer Akdeniz Bölgesi'nde ise 0.70g/10y, İç Anadolu'da 0.66g/10y, Doğu Anadolu Bölgesi'nde ise 0.62g/10y'dir. Bu açıdan persentil metoduna göre derece metodunda eşik değerinin SHDS indisinde olduğu gibi daha zor

aşıldığı söylenebilir. Öte yandan 10'ar yıllık periyotlarda SHDU indisinin SHDS indisi kadar artış göstermemesi, Sıcak hava dalga sayısı arttıkça her biri ayrı ayrı etkinlikler olacağı için sıcak hava dalgalarının uzunluğunu törpülemiş olarak yorumlanabilir. Bununla birlikte son 10 yıllarda da global olarak sıcak hava dalgalarının sürekliliğinde artış eğiliminin olduğu görülmektedir (González-Reyes, vd., 2023; Martinez-Villalobos vd., 2025; Perkins & Alexander, 2013). Son olarak SHDS indisinde ise 90p-3g metoduna göre tüm istasyonlarda artış eğiliminin olmadığı, toplamda 31 istasyonda nötr durumun veya azalış eğiliminin olduğu görülmektedir. İnceleme sahasındaki ortalama artış miktarı ise $0.14^{\circ}\text{C}/10\text{y}$ olmuştur. Artış şiddetinin düşük kalmasında, görece hem yüksek artış gösteren istasyonların azlığı hem de negatif eğilime sahip yerlerin olmasından kaynaklı olabilir. Yapılan başka bir çalışmada sıcak hava dalga sayısı ile şiddeti arasında ters bir orantı olabileceğini ve şiddet indisinde az veya hiç değişim olmayabileceği ortaya çıkarılmıştır. Öte yandan aynı çalışmada, Akdeniz Havzası'nda şiddet eğiliminin pozitif, nötr veya negatif eğilim gösterdiği bulunmuştur (Perkins-Kirkpatrick & Lewis, 2020). Bölge genelinde görece en yüksek artışlar, Trakya Yarımadası, İç Ege, İç Anadolu'nun orta kesimleri ile Güneydoğu Anadolu'da yoğunlaştığı görülmüştür. Türkiye'de aylık ortalama değerler ile ekstrem değerleri arasında fark her yerde aynı şekilde görülmemektedir. Bu fark, kıyılardan iç kesimlere ve iç kesimlerde doğuya doğru gittikçe çok daha fazla bir şekilde hissedilmektedir. Bu sebeple uç sıcaklık değerleri içinde daha şiddetli veya yüksek/alçak değerlerin görülme olasılığı, iç kesimlerde kıyı kesimlere göre daha fazladır (Erinç, 1996). Topoğrafik ve enlem değerleri açısından benzer bir yapıya sahip İran'da da iç kesimlerdeki şiddet artışının kıyılara göre daha fazla olduğu bulunmuştur (Abbasnia, 2019). Öte yandan Türkiye'de yakın geçmiş yıllarda gelişim gösteren şehirlerde artan nüfus baskısı (Donmez vd., 2024) ve kentleşme ve ulaşım faaliyetleri kentsel ısı adası etkisine sebep olur (Kuşçu & Şengezer, 2011). Bu durum sıcak hava dalgalarının daha şiddetli olmasına sebebiyet vererek sıcaklık rekorları kırılmaktadır. Örneğin, 2020 yılı mayıs ayında Türkiye'de ekonomi ve nüfus açısından gelişen veya gelişmiş şehirlerde oluşan SHD ile birlikte mayıs ayı maksimum sıcaklık rekorları kırılmıştır (Erlat & Avşar, 2020). Bu çalışmada da incelenen dönem içerisinde büyüme gelişimi gösteren şehirlerde SHDS indisinin görece yüksek artışlar barındırdığı ortaya çıkarılmıştır. SHDS indisinin $3^{\circ}\text{C}-3\text{g}$ metodunda ise nötr durum veya negatif eğilim gösteren istasyonların sayısı azalmış ve 25° e düşmüştür. Bununla birlikte bölge genelindeki ortalama artış miktarı yükselerek $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{y}$ olmuştur. En yüksek artış şiddeti de derece metodunda, persentil metoduna göre daha yüksektir ve sırasıyla $1.10^{\circ}\text{C}/10\text{y}$ ve $0.79^{\circ}\text{C}/10\text{y}$ olmuştur. İki metot arasında ise görece daha yüksek şiddet artışı gösteren yerlerde ise bir paralellik bulunmaktadır. Doğu ve Kuzeydoğu Anadolu'da şiddet artışının görece daha düşük, nötr veya negatif eğilim göstermesi ise bu bölgede en çok yağışın yaz aylarında düşmesi ile ilgili olabilir. Bu sürece bağlı olarak toprak neminin iyice azalmaması ve atmosferdeki ısı birikiminin aşırı artmaması (Demirtaş, 2017) sebebiyle sıcak hava dalgalarının ciddi şekilde şiddetlenmediği düşünülebilir. Türkiye genelinde yapılan bir başka çalışmada ise sayı ve süreklilik indislerinin, şiddet indisine göre daha yüksek artış gösterdiği (Erlat vd., 2021) bulunmuştur. Bu çalışmada ise $3^{\circ}\text{C}-3\text{g}$ metoduna göre süreklilik indisi hariç tutulursa benzer bir durumun ortaya çıktığı görülmüştür. Bu farklılıkta incelenen istasyon sayısı ve dönem aralığının farklı olması etkili olmuş olabilir.

Bilim insanları, küresel iklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıkların kutup jet akımlarının zayıflamasına yol açtığını, bu durumda sıcak hava dalgalarına sebebiyet veren durağan hava olaylarının artmasını desteklediği dile getirmektedir (Marx vd., 2021). Giderek artan durağan atmosferik durum SHDS'lerin artışı yanında SHDU indislerinin de artmasına sebebiyet verebilmektedir.

Çalışmanın sonuçlarına göre Türkiye genelinde de SHDS indislerinde tüm istasyonlarda pozitif bir eğilim, SHDU indislerinde ise hemen hemen tüm istasyonlarda artış eğiliminin olduğu görülmektedir. Öte yandan Akdeniz Havzası'nın iklim değişikliğinin sıcak noktalarından biri olduğu bilinmekle beraber Türkiye genelinde yapılan bu çalışmada da 1975-2022 yılları arasında, sıcak hava dalgalarının sayı indisinde tamamen, süreklilik ve şiddet indislerinde ise miktar olarak büyük çoğunlukla arttığı gözlenmiştir. İklim açısından kırılmalı bir yapıya sahip olan Türkiye'de, 1980 sonrası sıcaklıkların açık bir şekilde artmaya başladığı (Toros, 2011) 2003, 2007, 2010 ve 2022 yıllarında şiddetli sıcak hava dalgalarının görülmesi bu durumun kuvvetli kanıtlarındandır (Bonino vd, 2025).

5. Sonuç

Sıcak hava dalgaları, günümüz antropojenik iklim değişikliğiyle bağlantılı olarak sayı, uzunluk ve şiddetlerini artırma eğilimindedir. Bu artış eğilimlerinin Türkiye genelinde sıcak dönemde çeşitli seviyelerde olduğu ve bölgeden bölgeye değişen bir karakter sergilediği görülmektedir. Sıcak hava dalgalarının sayısında 90 persentil 3 gün ve 3°C 3 gün metoduna göre bölge genelinde istatistiki anlamlılığın kuvvetli olması sayı artışında kararlı bir yapının olduğunu göstermektedir. Süreklilik indisinde ise persentil metodu ile derece metodunun anlamlılık açısından ayrıştığı görülür. Her ne kadar persentil metodunda istatistiki anlamlılığın sayı indisine göre düştüğü görülse de yüksek anlamlılık içeren istasyonlar çoğunlukta olmuştur. 3°C-3g metodunda ise keskin bir değişimin yaşandığı ve istatistik anlamlılık içeren istasyonların iyice azaldığı görülmüştür. Bu açıdan bölge genelinde kaotik bir yapının yanı sıra istatistiki anlamlılığın düşmesi, sıcak hava dalgalarının uzunluğunun artışında değişkenliğin olduğunu göstermektedir. Şiddet indisinde ise çoğunlukla istatistiki anlamlılığın her 2 metotta da düşük olduğu görülmüştür. Bölge genelinde görülen bu durumun, her ne kadar sıcak hava dalgalarının şiddetinde pozitif bir eğilim olsa da bunun tekdüze bir eğilim olmadığı ve varyasyonlara sahip olduğu görülür.

Doğrusal eğilim analizlerinde ise SHDS indisinde her 2 metotta da artışın olduğu gözlenmiştir. Persentil metodunda görece yüksek artış eğiliminin kıyı kesimlerde olduğu görülürken derece metodunda daha yüksek artışların iç kesimlerde olduğu görülmüştür. Bölge genelindeki ortalama artış miktarında ise persentil metodunun (1.17/10y) az da olsa derece metoduna (1.04/10y) göre yüksek seviyeye sahip olduğu görülür. Bu açıdan artışla birlikte 2 metot arasında farklı bulguların olduğu görülmüştür. Süreklilik indisinde ise her 2 metotta büyük çoğunlukla artış eğiliminin olduğu görülmüştür. Bununla birlikte her 2 metotta da artışın görece yüksek/düşük olduğu yerlerde karmaşık bir yapı söz konusudur. En yüksek artış gösteren yerler ve bölgedeki ortalama artış miktarı açısından persentil metodunun derece metoduna üstün geldiği görülmektedir. 90p-3g metodunda inceleme sahasındaki ortalama artış miktarı 0.64g/10y iken bu değer derece metodunda 0.21g/10y'ye düşmüştür. Şiddet indisinde ise azalış eğilimi gösteren istasyonlar olsa da çoğunluğun her 2 metotta da pozitif bir eğilime sahip olduğu görülür. İnceleme sahasında karmaşık bir yapının yanında her 2 metotta da görece yüksek artış gösteren yerlerin birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bu alanların bazı bölgelerde öbekleşmesi söz konusudur. En çok artış gösteren yerlerde ve inceleme sahasının ortalama artış miktarında ise derece metodunun, persentil metoduna göre daha yüksek değere sahip olduğu görülür. Persentil metodunda ortalama artış miktarı 0.14°C iken derece metodunda bu seviye 0.32°C'ye yükselmiştir.

Sıcak hava dalgaları etkinliklerinin farklı indisler ve ölçme metodlarındaki ortak sonucu büyük çoğunlukla artış eğiliminin olmasıdır. Bu durum, uzun yıllardan beri gözlenmekte ve etkisini de

günümüzde sürdürmektedir. Türkiye genelinde yapılan bu çalışma neticesinde 21. yüzyıl içinde sıcak hava dalgalarının ekstrem bir durumdan yeni normallere doğru gidişat sergilediği görülmektedir. Farklı bölgelerde farklı karakterlerde görülen sıcak hava dalgalarının çevresel etkileri de bu sebeple çok ciddi boyutlarda olabilecektir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda küresel iklim değişikliğine bağlı olarak sıcak hava dalgalarını yaşamaya devam edeceğimiz olasıdır. Bu açıdan artarak devam eden bu durumu, geniş bir çerçevede ve farklı yönlerden gözlemleyerek buna karşı alınacak önlemlerin yerel ve genel yönetimler tarafından uygulanması ve bireylerin de bu konuda bilinçli davranışlar sergilemesi yüksek önem arz etmektedir.

Teşekkür ve Bilgilendirme

Meteorolojik verilerin temin edilmesinde emeği geçen Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz. Bu çalışma, 1. yazarın sürdürmekte olduğu ve 2. yazarın danışmanlığında devam eden doktora tezinden yararlanılarak üretilmiştir.

Katkı Oranları

Yazar Adı	Katkı Türleri
Yunus Emre Balcıoğlu	Literatür taraması, Veri toplama, Yöntem, Analiz, Harita çizimi, Yazma.
Barbaros Gönençgil	Araştırma tasarımı, Editörlük.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, bu çalışmanın hazırlanması ve yayımlanması sürecinde çıkar çatışması oluşturabilecek herhangi bir ticari veya finansal ilişki içinde olmadığını beyan eder.

Referanslar/References

- Abbasnia, M. (2019). Climatic characteristics of heat waves under climate change: A case study of mid-latitudes, Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 21(2), 637-656. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0052-4>
- Acar Deniz, Z. & Gönençgil, B. (2015). Trends of summer daily maximum temperature extremes in Turkey. *Physical Geography*, 36(4), 268-281. <https://doi.org/10.1080/02723646.2015.1045285>
- Akyol, İ. (1945). Atmosfer sarsımları ve Türkiye'de hava tipleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (7-8), 1-36.
- Atzori, R., Fyall, A. & Miller, G. (2018). Tourist responses to climate change: Potential impacts and adaptation in Florida's coastal destinations. *Tourism Management*, 69, 12-22.
- Baltacı, H., Ozturk, Y. & Akkoyunlu, B. O. (2024). Long-term variations and synoptic features of heat waves in Türkiye. *International Journal of Global Warming*, 33(1), 51-68.
- Bonett, D. G. & Wright, T. A. (2000). Sample size requirements for estimating Pearson, Kendall and Spearman correlations. *Psychometrika*, 65(1), 23-28.
- Bonino, G., McAdam, R., Athanasiadis, R., Cavicchia, L., Rodrigues, R. R., Scoccimarro, E., ... Masina, S. (2025). Mediterranean summer marine heatwaves triggered by weaker winds under subtropical ridges. *Nature Geoscience*, 18, 948-953. <https://doi.org/10.1038/s41561-025-01762-9>
- Cao, L. J. & Yan, Z. W. (2012). Progress in research on homogenization of climate data. *Advances in Climate Change Research*, 3(2), 59-67. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1248.2012.00059>
- Chang, D., Bu, N., Zhang, N. & Xiao, H. (2024). Climate change and tourism demand: Risks for extreme heat? *Heliyon*, 10(17).
- Çiçek, İ. (2000). Türkiye'de termik dönemlerin yayılışı ve süreleri. *Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 40(1-2), 189-212.

- Cowan, T., Undorf, S., Hegerl, G. C., Harrington, L. J. & Otto, F. E. (2020). Present-day greenhouse gases could cause more frequent and longer Dust Bowl heatwaves. *Nature Climate Change*, 10(6), 505–510. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0771-7>
- DeCoster, J., & Claypool, H. M. (2004). *Data analysis in SPSS*. Retrieved March 2, 2026, from <http://www.stat-help.com/notes.html>
- Demircan, M., Arabacı, H., Akçakaya, A., Şensoy, S., Bölük, E., Kömüşçü, A. Ü. & Coşkun, M. (2017). A review of the Turkey February heat wave of 2016. 8. *Atmospheric Sciences Symposium (ATMOS2017) Bildiriler Kitabı* (ss. 1–4).
- Demircan, M. (2019). *Sıcaklık verilerindeki kırılma tarihleriyle iklim indekslerinin ilişkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans/doktora tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, Ankara.
- Demirtaş, M. (2017). High impact heat waves over the Euro-Mediterranean region and Turkey in concert with atmospheric blocking and large dynamical and physical anomalies. *Anadolu University Journal of Science and Technology A – Applied Sciences and Engineering*, 18(1), 97–114.
- Donmez, B., Donmez, K., Sonuç, C, Y., & Unal, Y. (2024). Future change of humid heat extremes and population exposure in Turkey. *International Journal of Climatology*, 44(11), 3912-3929. <https://doi.org/10.1002/joc.8559>
- Dore, M. H. (2005). Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? *Environment International*, 31(8), 1167-1181.
- Durmuş, B., Bulut, İ. & Gönençgil, B. (2021). Antalya bölümünde sıcaklık ve yağış indislerinin değişim analizleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 78, 91-108. <https://doi.org/10.17211/tcd.1009270>
- Ebi, K. L., Vanos, J., Baldwin, J. W., Bell, J. E., Hondula, D. M., Errett, N. A., . . . Berry, P. (2021). Extreme weather and climate change: Population health and health system implications. *Annual Review of Public Health*, 42(1), 293-315.
- Erinç, S. (1996). *Klimatoloji ve metodları* (4. baskı). İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım.
- Erlat, E. & Aşar, E. (2020). Türkiye’de Mayıs 2020 gözlenen sıcak hava dalgasının klimatolojik ve sinoptik değerlendirmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 29(2), 201–215.
- Erlat, E., & 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.
- Erlat, E., Türkeş, M. & Aydın-Kandemir, F. (2021). Observed changes and trends in heatwave characteristics in Turkey since 1950. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(1), 137-157.
- Goodman, T. P. (1956). Technique for approximate measurement of correlation coefficients. *Journal of Applied Physics*, 27, 773–775.
- González-Reyes, A., Jacques-Coper, M., Bravo, C., Rojas, M. & Garreaud, R. (2023). Evolution of heatwaves in Chile since 1980. *Weather and Climate Extremes*, 41, 100588. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wace.2023.100588>
- Gönençgil, B. ve Acar-Deniz, Z. (2016). İklim değişikliği. İçinde B. Gönençgil ve Z. Acar-Deniz (Ed.), *Atmosfer kökenli afetler ve ekstrem hava olayları* (ss. 58–84). İstanbul: Anka Matbaa.
- Gürkan, H., Demircan, M., Eskicioğlu, O., Yazıcı, B., Sümer, U. M., Kömüşçü, A. Ü., . . . Aksoy, M. (2018). 1971–2017 dönemi Türkiye iklim değerlendirmesi. *Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği Bilimsel Kongresi Bildirileri*. İzmir, Türkiye.
- I IPCC. (2019). Summary for policymakers. İçinde P. R. Shukla, J. Skea, E. C. Buendia, V. Masson-Delmotte, H. O. Pörtner, D. C. Roberts & J. Malley (Ed.), *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (ss. 3–36). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf
- IPCC. (2023). Sections. İçinde *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Core Writing Team, H. Lee ve J. Romero (Ed.)), 35–115. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Junninen, H., Niska, H., Tuppurainen, K., Ruuskanen, J. & Kolehmainen, M. (2004). Methods for imputation of missing values in air quality data sets. *Atmospheric Environment*, 38(18), 2895-2907.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. London, UK: Griffin.
- Kessel, D. G. (2000). Global warming—facts, assessment, countermeasures. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 26(1-4), 157-168.
- Kuşçu, Ç. ve Şengezer, B. (2011). Landsat TM verilerinden ısı adasının belirlenmesi: İstanbul’da yüzey sıcaklığı ile kentleşme faktörleri arasındaki ilişki. 34. *Uluslararası Uzaktan Algılama Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (ss. 10–15). Sydney, Avustralya.

- Kuglitsch, F. G., Toreti, A., Xoplaki, E., Della- Marta, P. M., Zerefos, C. S., Türkeş, M. & Luterbacher, J. (2010). Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. *Geophysical Research Letters*, 37(4).
- Li, A., Toll, M. & Bentley, R. (2024). The risk of energy hardship increases with extreme heat and cold in Australia. *Communications Earth & Environment*, 5(1).
- Liaquat, W., Barutçular, C., Farooq, M., Ahmad, H., Jan, M., Ahmad, Z., . . . Li, M. (2022). Climate change in relation to agriculture: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 20(2).
- Lindsey, R. & Dahlman, L. (2024, January 18). *Climate change: Global temperature*. NOAA Climate.gov. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
- Malhi, G. S., Kaur, M. & Kaushik, P. (2021). Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*, 13, 1318. <https://doi.org/10.3390/su13031318>
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 3(13), 245-259.
- Martinez-Villalobos, C., Fu, D., Loikith, P. C. & Neelin, J. D. (2025). Accelerating increase in the duration of heatwaves under global warming. *Nature Geoscience*, 18(8), 716-723. <https://doi.org/10.1038/s41561-025-01737-w>
- Marx, W., Haunschild, R. & Bornmann, L. (2021). Heat waves: a hot topic in climate change research. *Theoretical and Applied Climatology*, 146(1), 781-800.
- Masseti, E. & Mendelsohn, R. (2015). How do heat waves, cold waves, droughts, hail and tornadoes affect US agriculture? *CMCC Research Paper (RP0271)*, 1-24.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2025). *Türkiye uzun yıllar sıcaklık ve yağış verileri* [Veri seti]. Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Miralles, D. G., Teuling, A. J., Van Heerwaarden, C. C. & Vilà-Guerau de Arellano, J. (2014). Mega-heatwave temperatures due to combined soil desiccation and atmospheric heat accumulation. *Nature Geoscience*, 7(5), 345-349. <https://doi.org/10.1038/ngeo2141>
- Nhamo, G., Chapungu, L. & Mutanda, G. W. (2025). Trends and impacts of climate-induced extreme weather events in South Africa (1920–2023). *Environmental Development*, 31.
- Opoku, E. O. & Boachie, M. K. (2020). The environmental impact of industrialization and foreign direct investment. *Energy Policy*, 137.
- Özgün, B., Gözet, E. & Yılmaz, B. A. (2025). İklim değişikliğinin sıcak hava dalgaları üzerine etkisi (Türkiye’de 1980–2024 yılları arasında meydana gelen sıcak hava dalgası olayları). *Atmosfer ve İklim Dergisi*, 2(1), 13–27.
- Perkins, S. E. & Alexander, L. V. (2013). On the measurement of heat waves. *Journal of Climate*, 26(13), 4500-4517. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00383.1>
- Perkins-Kirkpatrick, S. E. & Lewis, S. C. (2020). Increasing trends in regional heatwaves. *Nature Communications*, 11(1), 3357. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16970-7>
- Piticar, A., Croitoru, A. E., Ciupertea, F. A. & Harpa, G. V. (2018). Recent changes in heat waves and cold waves detected based on excess heat factor and excess cold factor in Romania. *International Journal of Climatology*, 38(4), 1777-1793. <https://doi.org/10.1002/joc.5295>
- Poumadere, M., Mays, C., Le Mer, S. & Blong, R. (2005). The 2003 heat wave in France: Dangerous climate change here and now. *Risk Analysis: An International Journal*, 25(6), 1483-1494. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2005.00694.x>
- Raza, A., Razaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y. & Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants*, 8(2), 34.
- Sağdıç, M. (2016). Türkiye’nin iklimi. M. Hayır Kanat (Ed.), *Türkiye coğrafyası ve jeopolitiği*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Şen, Ö. L. (2013). Türkiye’de iklim değişikliğinin bütünsel resmi. *Türkiye’de İklim Değişikliği Kongresi (TİKDEK 2013)*, 3-5.
- Serkendiz, H. & Tatlı, H. (2025). Heatwave dynamics in Türkiye: a long-term spatiotemporal analysis of frequency, duration, and intensity (1970–2022). *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(7), 1-18.
- Shi, T., Liu, L., Wen, X. & Qi, P. (2024). Research progress on the synergies between heat waves and canopy urban heat island and their driving factors. *Frontiers in Environmental Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1363837>
- Stefanon, M., D’Andrea, F. & Drobinski, P. (2012). Heatwave classification over Europe and the Mediterranean region. *Environmental Research Letters*, 7(1).
- Taşoğlu, E., Öztürk, M. Z. & Yazıcı, Ö. (2024). High Resolution Köppen- Geiger Climate Zones of Türkiye. *International Journal of Climatology*, 44(14), 5248-5265.

- Toros, H. (2011). Spatio-temporal variation of daily extreme temperatures over Turkey. *International Journal of Climatology*, 32(7), 1047-1055. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.2325>
- Unal, Y. S., Tan, E. & Menteş, S. S. (2013). Summer heat waves over western Turkey between 1965 and 2006. *Theoretical and Applied Climatology* (112), 339-350. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0704-0>
- Xia, Y., Li, Y., Guan, D., Tinoco, D. M., Xia, J., Yan, Z., . . . Huo, H. (2018). Assessment of the economic impacts of heat waves: A case study of Nanjing, China. *Journal of Cleaner Production*, 171, 811-819.
- Yılmaz, N. (2019). Trend analysis of sea level changes using IBM SPSS software. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 11(4), 201-217. <https://doi.org/10.1080/18366503.2019.1686105>
- Yin, C., Yang, Y., Chen, X., Yue, X., Liu, Y. & Xin, Y. (2022). Changes in global heat waves and its socioeconomic exposure in a warmer future. *Climate Risk Management*, 38.