

PAPER DETAILS

TITLE: Van Gölü Havzasi'ndaki maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi

AUTHORS: Mustafa Recep IRCAN,Nese DUMAN

PAGES: 39-52

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2277139>



Türk Coğrafya Dergisi

Turkish Geographical Review

www.tcd.org.tr

Basılı ISSN 1302-5856

Elektronik ISSN 1308-9773



Van Gölü Havzası'ndaki maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi

Trend analysis of maximum and minimum temperatures in the Van Lake Basin

Mustafa Recep İrcan ^{a*} Neşe Duman ^b ^a Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çankırı, Türkiye.^b Çankırı Karatekin Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çankırı, Türkiye.

ORCID: M.R.İ. 0000-0002-3787-7688; N.D. 0000-0002-5398-8388

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 26.02.2022

Kabul/Accepted: 22.03.2022

Anahtar Kelimeler:

Van Gölü Havzası

Trend analizi

Maksimum ve minimum sıcaklıklar

Keywords:

Lake Van Basin

Trend analysis

Maximum and minimum temperatures

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(M.R. İrcan)

mustafarecepircan@gmail.com

DOI: 10.17211/tcd.1079628



Atıf/Citation:

İrcan, M. R., & Duman, N. (2022). Van Gölü Havzası'ndaki maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (80), 39-52.<https://doi.org/10.17211/tcd.1079628>

ÖZ / ABSTRACT

Yeryüzünde insan kaynaklı etkinliklerin artması, arazi kullanımındaki değişiklikler (Çarpık kentleşme, ormansızlaşma, tarım alanlarının yerleşime açılması vb.), bilinçsiz ve aşırı tüketim çılgınlığı, fosil yakıt kullanımını arttırarak küresel ısınmanın yaşanmasına neden olmuştur. Bu durum yeryüzündeki sıcaklıkların yükselmesine ve küresel iklim sisteminde değişikliklerin yaşanmasını sağlamıştır. İklim sisteminde yaşanan değişim ortalama sıcaklıklardaki artışı etkilediği gibi ekstrem sıcaklıkları da önemli ölçüde etkileyerek doğal ve beşerî sistemler üzerinde olumsuz birçok durumun yaşanmasına neden olmuştur. Bu çalışmada Van Gölü Havzası'nda bulunan Ahlat, Erciş, Gevaş Muradiye, Özalp, Tatvan ve Van meteoroloji istasyonlarının 1970-2020 minimum ve maksimum sıcaklıkları Mann-Kendall ve Sen Slope Trend analizi yöntemiyle incelenmiştir. Analiz sonucu elde edilen bulgulara göre sahadaki tüm istasyonların (Ahlat istasyonunun minimum sıcaklıklarındaki azalma trendi dışında) maksimum ve minimum sıcaklık eğilimlerinde anlamlı/anlamlı olmayan artış trendinin yaşandığı tespit edilmiştir. Yaşanan bu artış trendinin şehirleşmenin yoğun olduğu alanlarda (Van merkez ve Erciş'te) minimum sıcaklıklardaki anlamlı artışlar şeklinde yaşandığı, şehirleşmenin yoğun olmadığı ve kentsel dokuya sahip olmayan alanlarda ise (Gevaş'ta) anlamlı olmayan artışlar şeklinde yaşandığı görülmektedir. Bu durum sahadaki yaşanan sıcaklık artışlarının sera gazlarının artışına bağlı olarak yaşanan iklim değişikliğinin yanında "kentsel ısı adası" kavramıyla da ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

The increase in human-induced activities on earth, changes in land use, unconscious and excessive consumption frenzy have increased the use of fossil fuels and caused global warming. This situation led to an increase in temperatures on the earth and changes in the global climate system. The change in the climate system has affected the increase in average temperatures as well as the extreme temperatures, causing many negative situations on natural and human systems. In this study, the 1970-2020 minimum and maximum temperatures of Ahlat, Erciş, Gevaş Muradiye, Özalp, Tatvan and Van meteorological stations located in the Van Lake Basin were examined by Mann-Kendall and Sen Slope Trend analysis method. According to the findings obtained as a result of the analysis, it is revealed that there is a significant/non-significant increase trend in the maximum and minimum temperature trends of all stations in the field. It is seen that this increase trend is experienced as significant increases in minimum temperatures in areas where urbanization is intense (in Van center and Erciş), and in the form of insignificant increases in areas where urbanization is not intense and do not have an urban texture (in Gevaş). This situation reveals that the temperature increases experienced in the field are related to the concept of "urban heat island" as well as the climate change experienced due to the increase in greenhouse gases.

Extended Abstract

Introduction

Temperature, which shows great changes in temporal and spatial scale on earth, constitutes one of the basic elements of climate. The variation of temperatures in the time series reveals the climatic character of the geographical place where it is located. The change in temperatures combines with natural processes with the increase in anthropogenic activities on earth and causes the strengthened greenhouse effect to “make a positive contribution to the energy balance in the Earth/Atmosphere system” (Türkeş, 2003; 2008: 31). This situation has caused human-induced climate change on earth due to global warming.

Especially 18-19. The industrialization activity that started in the centuries, and the increase in the use of fossil fuels accordingly, caused an intense increase in greenhouse gases in the atmosphere compared to the pre-industrial period, and the effect on the physical environment has led to a noticeable warming since the 20th century (IPCC, 2001; Johns et al., 2003; Rosenzweig et al., 2008; Türkeş, 2008; Anderson et al., 2012; Höök & Tang, 2013; Abatzoglou & Williams, 2016; Kale, 2020: 192).

In this study, it is aimed to explain which direction the minimum and maximum temperatures in the Van Lake Basin show and to explain the factors that affect the causes of this trend. In the data and method section of the study prepared for this purpose, information about the location of the research area, the data used and the method are given. In the findings section, the data obtained as a result of the analysis are explained in detail with the help of graphics, tables and maps. In the discussion section, the findings are discussed by comparing them with climate change and urbanization processes. In the conclusion part, a conclusion was reached as a result of the findings and the situations in the discussion part.

Data and Method

In this study, the maximum and minimum temperature values of the meteorological stations in the Van Lake Basin in the east of Turkey were analyzed by the Mann-Kendall and Sen Slope method. The data set used in the study was obtained from the General Directorate of Meteorology. Although there are many meteorology stations in the Van Lake Basin, the data measurement years of the other stations, except Ahlat, Erciş, Gevaş Muradiye, Özalp, Tatvan and Van meteorology stations, are not in suitable time intervals for climatic analyses, so these stations were exempted from the analysis. The location and station information of the meteorology stations analyzed in the research area are as in Figure 1 and Table 1.

Results and Discussion

Although the distribution of global warming trends in average temperatures is not the same on earth, the increasing trend is more common in the middle belt lands of the northern hemisphere, where Turkey is located (Türkeş, 1995). The temperature differences experienced are more evident in the interior areas, such as the Van Lake Basin, where the continental effect is observed (Şensoy et al., 2005).

When the analysis result of the data in the research area is evaluated in general (except the insignificant decreasing trend in the minimum temperature trend in Ahlat station), the maximum and minimum temperatures are in an increasing trend. It is estimated that the increasing trend is related to the urban heat island as well as to global warming.

The number of stations in this class is given in Table 4 by classifying the stations in the Van Lake Basin in terms of urbanization (Türkeş et al. 2002a). According to this table, 5 of the 7 stations in the research area have urban characteristics. It is thought that the stations in the urban fabric, where significant increases are seen, are affected by the urban heat island as a result of improper land use in or near the cities. Urban warming/cooling tendencies, which emerged due to this situation and the effect of polluting materials in the air, may have caused some negative and positive radiative forcings over time (Türkeş et al., 2002a). While the warming trends occurring at minimum temperatures due to the urban heat island are experienced in Van center and Erciş, which are in the large urban class, it is thought that this situation occurs as a cooling effect as a result of low air quality in Ahlat station.

The location of the research area is located in the east of Turkey and in a geography where the altitude is high. The temperature increases experienced in this area, especially the change in extreme temperatures, may cause many problems on the natural systems of the region. Problems that will occur on natural systems will also cause damage to human systems in the basin. This situation may adversely affect human activities such as agriculture, animal husbandry and tourism, as well as areas such as glacier fields and lakes, which are natural resources in the region.

The most important step to be taken in the issue of global warming due to the experienced climate change is the implementation of rational and sustainable policies, taking into account the potential of the research area. For this, it is necessary to reduce the carbon footprint, choose a sustainable lifestyle by giving importance to recycling, and instead of urbanization with dense and unconscious vertical architectures, it is necessary to build cities where one structure does not prevent the wind and sun of another structure, where air circulation can be lived and which has a green texture.

1. Giriş

Yeryüzünde zamansal ve mekânsal ölçekte büyük değişiklikler gösteren sıcaklık (Karabulut, 2011: 80; Karabulut ve Aydın, 2019: 762), iklimin temel öğelerinden birini oluşturmaktadır. Sıcaklıkların zaman serisi içerisindeki değişimi bulunduğu coğrafi mekânın iklim karakterini ortaya koymaktadır. Sıcaklıklarda yaşanan değişim antropojenik faaliyetlerin yeryüzünde artmasıyla doğal süreçlerle birleşerek “Yerküre/Atmosfer sistemindeki enerji dengesine pozitif katkı yaparak” (Türkeş, 2003; 2008: 31) kuvvetlenmiş sera etkisinin oluşmasını sağlamaktadır. Bu durum ise küresel ısınmaya bağlı olarak yeryüzünde insan kaynaklı iklim değişikliğinin oluşmasına neden olmuştur.

Özellikle 18-19. Yüzyıllardan başlayan sanayileşme faaliyeti ve buna bağlı olarak fosil yakıt kullanımının artması, atmosferdeki sera gazlarının sanayileşme öncesi döneme göre yoğun bir

şekilde yükselmesine neden olmuş ve 20. Yüzyıldan itibaren fiziki çevre üzerinde etkisi hissedilir ısınmaya yol açmıştır (IPCC, 2001; Johns vd., 2003; Rosenzweig vd., 2008; Türkeş, 2008; Anderson vd., 2012; Höök & Tang, 2013; Kızılelma vd. 2015; Abatzoglou & Williams, 2016; Kale, 2020: 192).

Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC 2001; 2019; 2021)'nin raporlarına göre: I. 1000-1750 yılları arasında atmosferdeki karbondioksit değerleri 280 ppm iken, 1750-2019 arasında bu durum $131,6 \pm 2,9$ ppm (%47,3) arttı. Ölçülen karbon değeri 2000 yılında 31 ± 4 artış ile 368 ppm, 2019 yılında ise 400 ppm'i aşarak 409,9 ($\pm 0,3$) ppm'e ulaştığı görülmektedir (2021 yılı atmosferik Karbondioksit konsantrasyonun, CarbonTracker-CH4'e göre 410 ppm olarak tespit edilmiştir). 1850 yılından günümüze karbondioksit miktarında yaşanan değişimin son 800.000 yılda eşi ve benzerinin olmadığı belirtilmektedir (IPCC, 2021: 35). II. Kuzey Yarımküre'deki 1900'lü yılların son on yılının (1990'ların) önceki yıllardan daha sıcak olduğu; 2000'li yıllarda ise son 10 yılın (2010'dan sonrası), 1850-1900 yılları ortalamasından $0,99^\circ\text{C}$ daha sıcak olduğu belirtilmiştir. III. Sıcak ve donlu günlerin hemen hemen birçok alanda azaldığı, Kuzey enlemlerin orta ve kutba yakın alanlarında ekstrem yağışların arttığı, buna karşın alansal olarak farklı karakterler gösterse de kuraklık şiddetlerinin ve frekanslarının da arttığı tespit edilmiştir (IPCC 2001; 2018; 2019; 2021).

Yaşanan bu değişimlerin yanı sıra dünya nüfusundaki artışlar, insanların bilinçsiz tüketim çılgınlığı, şehirleşme, yanlış arazi kullanımı ve buna bağlı olarak yaşanan değişimler, yerel ve küresel anlamda ortalama ve ekstrem sıcaklık değerlerinin artmasına neden olmuştur (IPCC, 2019).

Sanayileşme öncesinde küresel olarak 1°C ($0,8 - 1,2^\circ\text{C}$ arası) artan sıcaklıklar (IPCC, 2018), Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda yaklaşık olarak $1,5^\circ\text{C}$ artmıştır (MedECC, 2020). Sanayileşmeye bağlı olarak yaşanan bilinçsiz ve yoğun kentleşme süreci, yaşanan küresel ısınmayla birlikte özellikle şehirlerdeki sıcaklığın yükselmesine neden olmuştur. Kukla ve Gavin (1986), sıcaklık eğilimlerinde küresel ısınmanın yanında şehirleşme olgusuna da dikkat edilmesi gerektiğini önermektedir. Çünkü yaşanan yoğun ve bilinçsiz kentleşme süreçleri, şehirlerdeki ortalama sıcaklıkları etkilemenin yanında minimum ve maksimum sıcaklıklarda da değişikliklere neden olmaktadır. Nitekim bu konuda Argüeso vd. (2013) Sidney'de "Weather Research and Forecasting Modeli" kullanarak 1990-2009 ile 2040-2059 dönemlerini içeren 2 km çözünürlüklü çalışmada şehirleşmeden en fazla minimum sıcaklıkların etkilendiğini maksimum sıcaklıkların daha az etkilendiğini saptamıştır. Şehirlerdeki minimum sıcaklık artışının nedeni; oluşan ısı adalarının gündüzleri zayıf ve süreksiz olması, ancak geceleri oluşan ısı adasının bunun aksine özellikle de yüksek basınç altında gündüzleri yüzeyde gün boyunca absorbe edilen enerjinin gece yayılması, türbülansın günde göre daha zayıf olması ve bulut örtüsündeki yerel değişimler bu durumun oluşmasına neden olmuştur (Aykır, 2017: 49).

Beşerî faaliyetlerin yeryüzünde artması, yerkürenin doğal dengesi üzerinde bir baskı oluşturarak (Durmuş vd., 2021: 106) doğal ve beşerî sistemler üzerinde birçok problemin oluşmasına ve doğal hayatın da bu sorunlar karşısında adaptasyon sorunun yaşanmasına neden olmuştur. Bu çalışmada Van Gölü Havzası'ndaki minimum ve maksimum sıcaklıkların hangi yönde

eğilim gösterdiği ve bu eğilimin nedenleri üzerinde etkili olan faktörlerin açıklanması amaçlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan çalışmanın, veri ve yöntem bölümünde araştırma sahasının bulunduğu konum, kullanılan veriler ve yöntem hakkında bilgiler verilmiştir. Bulgular bölümünde kullanılan yöntemden elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak grafik, tablo ve haritalar yardımıyla açıklanmıştır. Tartışma bölümünde elde edilen bulgular iklim değişikliği ve kentleşme süreçleriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Sonuç kısmında ise bulgular ve tartışma bölümündeki durumlar sonucu bir kanıya varılmıştır.

2. Veri ve Yöntem

Bu çalışmada, Türkiye'nin doğusunda yer alan Van Gölü Havzası'ndaki meteoroloji istasyonlarının maksimum ve minimum sıcaklık değerleri Mann-Kendall ve Sen Slope yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Van Gölü Havzası'nda birçok meteoroloji istasyonu bulunsun da Ahlat, Erciş, Gevaş Muradiye, Özalp, Tatvan ve Van meteoroloji istasyonları dışındaki diğer istasyonların veri ölçüm yılları iklimatik analizler için uygun zaman aralıklarında bulunmadığından yapılan analizlerden bu istasyonlar muaf tutulmuştur. Araştırma sahasında analizi yapılan meteoroloji istasyonlarının bulunduğu konum (Şekil 1) ve istasyon bilgileri Tablo 1'deki gibidir.

2.1. Mann-Kendall

Kendall'ın Tau özel uygulama testi olarak bilinen Mann-Kendall (MK) testi (Mann, 1945; Kendall, 1975) parametrik olmayan bir istatistiksel yöntemdir. Bu yöntem iklim araştırmaları gibi belirli bir zaman serisi içerisinde dağılım gösteren verilerin analizinde sıklıkla kullanılan metotlar arasında yer almaktadır. Mann Kendall S testi Denklem 1 yardımıyla belirlenir. Bu denklemdeki $(x_j - x_k)$ değeri ise Denklem 2 yardımıyla hesaplanır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+2}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{Eğer } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{Eğer } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{Eğer } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

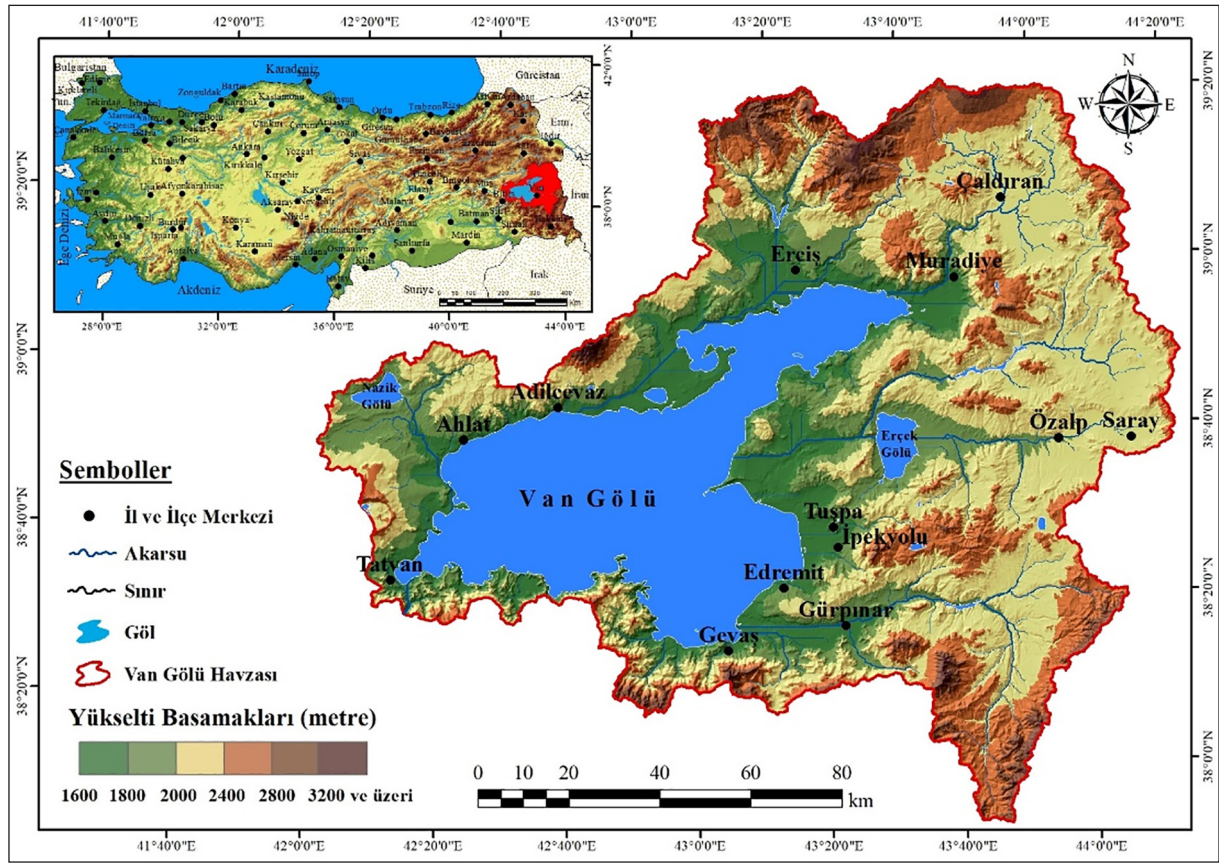
Yapılan hesaplamada kullanılan veri sayısı 10'dan büyükse ($n > 10$ ise) S normal dağılır. Buna bağlı olarak da Z testi kullanılır. Z testinden önce ilk olarak, Denklem 3'teki S'nin varyans, bağların mevcut olabileceğini hesaba katan formül kullanılır.

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

Z değeri Denklem 1'deki S ile Denklem 3'teki Var(S) kullanılarak Denklem 4 ile hesaplanır:

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

Denklem 4'ten elde değer negatifse azalan, pozitifse artan trendin olduğunu gösterir. Bu değerlerin anlamlılık seviyeleriyle (α) 0,001; 0,01 ve 0,05 düzeyinde değerlendirilmiştir (Salmi vd., 2002).



Şekil 1. Araştırma sahasının yeri ve sınırları.

Figure 1. Location and boundaries of the research area.

Tablo 1. Analizlerin yapıldığı istasyon bilgileri.

Table 1. Station information where analyzes were made.

İstasyonlar	İstasyon No.	Enlem (K)	Boylam (D)	Yükselti (m)	Ölçüm Aralığı
Ahlat	17810	38° 44'	42° 28'	1730	1970-2020
Erciş	17784	39° 01'	43° 20'	1678	1970-2020
Gevaş	17852	38° 17'	43° 07'	1694	1982-2020
Muradiye	17786	38° 59'	43° 45'	1706	1970-2020
Özalp	17812	38° 39'	43° 58'	2000	1970-2020
Tatvan	17205	38° 30'	42° 16'	1665	1970-2020
Van	17172	38° 28'	43° 20'	1675	1970-2020

2.2. Sen'in Trend Eğim Metodu

Sen Metodu, zamana bağlı trendi tahmin etmek için kullanılır. Bu durum trendin doğrusal olduğunun varsayılabilirdiği durumlarda kullanılabilir (Salmi vd., 2002). Doğrusal model Denklem 5 ile açıklanır:

$$f(t) = 0_t + B \quad (5)$$

j ve k zamanındaki veriler x_j ve x_k olmak üzere ($j > k$ olmak şartı ile)

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (6)$$

n : Zaman periyotlarının sayısını ifade etmektedir (Denklem 6).

Q_i ($i = 1, 2, \dots, n$) değeri Denklem 7'deki denklemle elde edilir.

$$Q_i = \frac{(x_j - x_k)}{j - k} \quad (j = 1, 2, \dots, N) \quad (7)$$

Denklem 7'den elde edilen Q_i değeri küçükten büyüğe sıralanır. N adet Q_i değerlerinin medyanı, doğrusal trend parametresini tahmin etmektedir. N sayısının tek olması durumunda Denklem 8; çift olması durumunda ise Denklem 9 kullanılır:

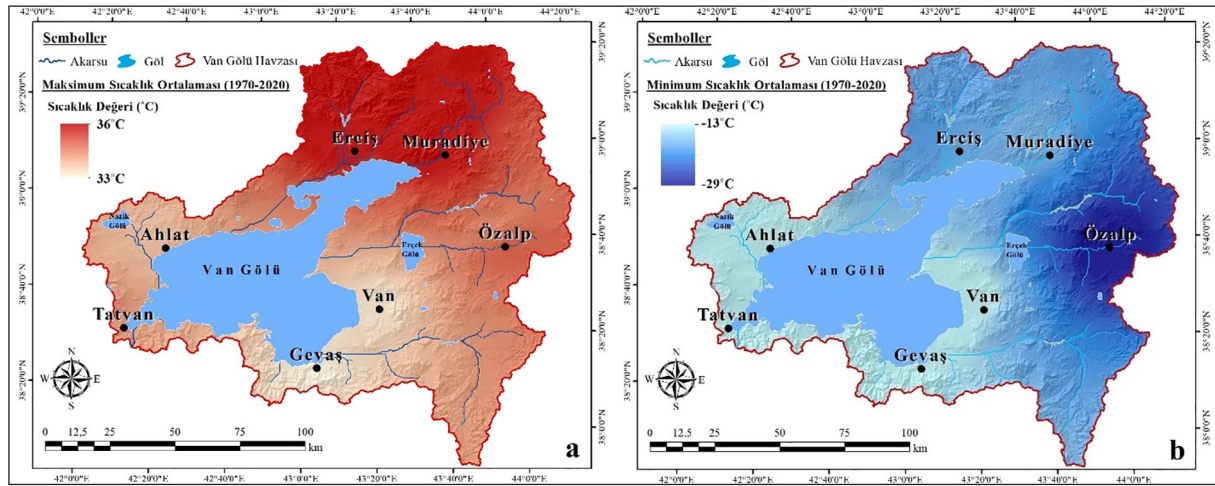
$$Q = Q_{(N+1)/2} \quad (8)$$

$$Q = \left\{ \frac{1}{2} [Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2}] \right\} \quad (9)$$

Yapılan trend analizi donrasında birim zamandaki gözlemlerin değişimi elde edilir. Bu bulgular pozitifse artan yönde, negatifse azalan yönde trendin olduğu yorumlanır (Sen, 1968).

2.3. Mann-Kendall Sıra İlişki Katsayısı

Mann-Kendall, X_i verilerini orijinal dizisi yerine küçükten büyüğe doğru sıralaması sonucunda ortaya çıkan sıra numaralarındaki ki dizisine göre oluşturulur. Yani ilk başta her terimin hangi sıralamada yer aldığını tespit eder ve buna göre sıralı dizi ki elde edilir. Yapılan bu işlemde sonra P istatistiği hesap-



Şekil 2. Araştırma sahasındaki istasyonların maksimum (a) ve minimum (b) sıcaklık ortalamaları (1970-2020).

Figure 2. Maximum (a) and minimum (b) temperature averages (1970-2020) of the stations in the research area.

lanır. P istatistiği ise Denklem 10'daki gibi hesaplanır (Türkeş vd., 2007: 62; Türkeş, 2011: 86).

$$P = \sum_{n=1}^n n_i \quad (10)$$

Mann-Kendall örneklem değeri (τ) N ve P 'den yararlanılarak Denklem 11'deki gibi hesaplanır.

$$\tau = \frac{4P}{N(N-1)} = 1 \quad (11)$$

Tau (τ)'nın anlamlılık sınaması (τ)_v, Denklem 12'deki gibi hesaplanır.

$$\tau_{(v)} = 0 \mp t_g \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (12)$$

Denklem 12'deki t_g normal dağılımdaki anlamlılık düzeyini oluşturmaktadır. Çalışmalarda t_g için eşik anlamlılık değeri olarak 1.96 (%95 güven aralıklarına karşılık gelen) kullanılmaktadır. MK değerinin 0'dan büyük olması durumunda artan, 0'dan küçük olması durumunda ise azalan yönde bir trendin olduğu söylenmektedir (Mann, 1945; Kendall, 1975; Türkeş vd., 2007: 62; Türkeş, 2011: 86; Kale, 2021: 171). Analiz sonucu elde edilen değerler 0 ile 1,96 arasında ise anlamlı olmayan artış trendi; 1,96 ile 2,575 arasında ise 0.05 düzeyinde anlamlı artış trendi; 2,575 ile 3,291 arasında ise 0.01 düzeyinde anlamlı artış trendi; 3,291'in üzerinde ise 0.001 düzeyinde anlamlı artış trendinin varlığı kabul edilmiştir.

3. Bulgular

Van Gölü Havzası'nın da içinde bulunduğu alan, orta enlem gezici basınç merkezlerinin yanında Akdeniz'de oluşan siklonların da etkisi altında kalmaktadır. Saha yazın güneyden kaynağını alan hava kütlelerinin (mT ve cT) etki alanını genişletmesiyle bu hava kütlelerinin etkisi altında kalırken, kışın kuzeyden kaynağını alan hava kütlelerinin (mP ve cP) etkisi altında kalmaktadır. Kışın Azor yüksek basıncının güneye kayması ile birlikte, kuzeydoğudan havzaya sokulan Sibirya kökenli karasal polar (cP) hava kütlesi bölgede sıcaklıkların önemli miktarda düşmesine neden olmaktadır (Koçman, 1993; Erinc, 1996; Çiçek & Ataol, 2009: 52-53; Türkeş, 2010; 2018; Erol, 2014).

Havzadaki soğuk iklim koşulları genel atmosfer dolaşımının bir sonucu olduğu gibi özellikle de yörenin topoğrafik şartlarından kaynaklanmaktadır. Havzadaki iklim özelliği Türkiye ölçeğinde değerlendirildiğinde, "doğuya doğru civar denizlerin etkisinin azaldığını, şiddetli karasallığın etkili olduğu" (Erinc, 1953) ve karasal hava kütlelerinin etkisinden dolayı kışların çok sert geçtiği (Erlat, 2014), Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre de "Kışları soğuk nemli orta enlem (D) iklim" bölgesinde yer alan denizlere uzak ve yükseltisinin fazla olduğu, kış mevsiminin uzun ve soğuk, yaz mevsiminin sıcak ve kısa olduğu (Duman, 2011: 121; Aydın, 2014) iklim özelliklerini göstermektedir.

Van Gölü Havzası'ndaki maksimum ve minimum sıcaklık ortalamaları (1970-2020) şu şekildedir: Maksimum sıcaklık ortalaması Ahlat'ta 33,5°C; Erciş'te 35,3°C; Gevaş'ta 33,0°C; Muradiye'de 35,7°C; Özalp'ta 34,3°C; Tatvan'da 33,8°C; Van'da 33,1°C'dir (Şekil 2).

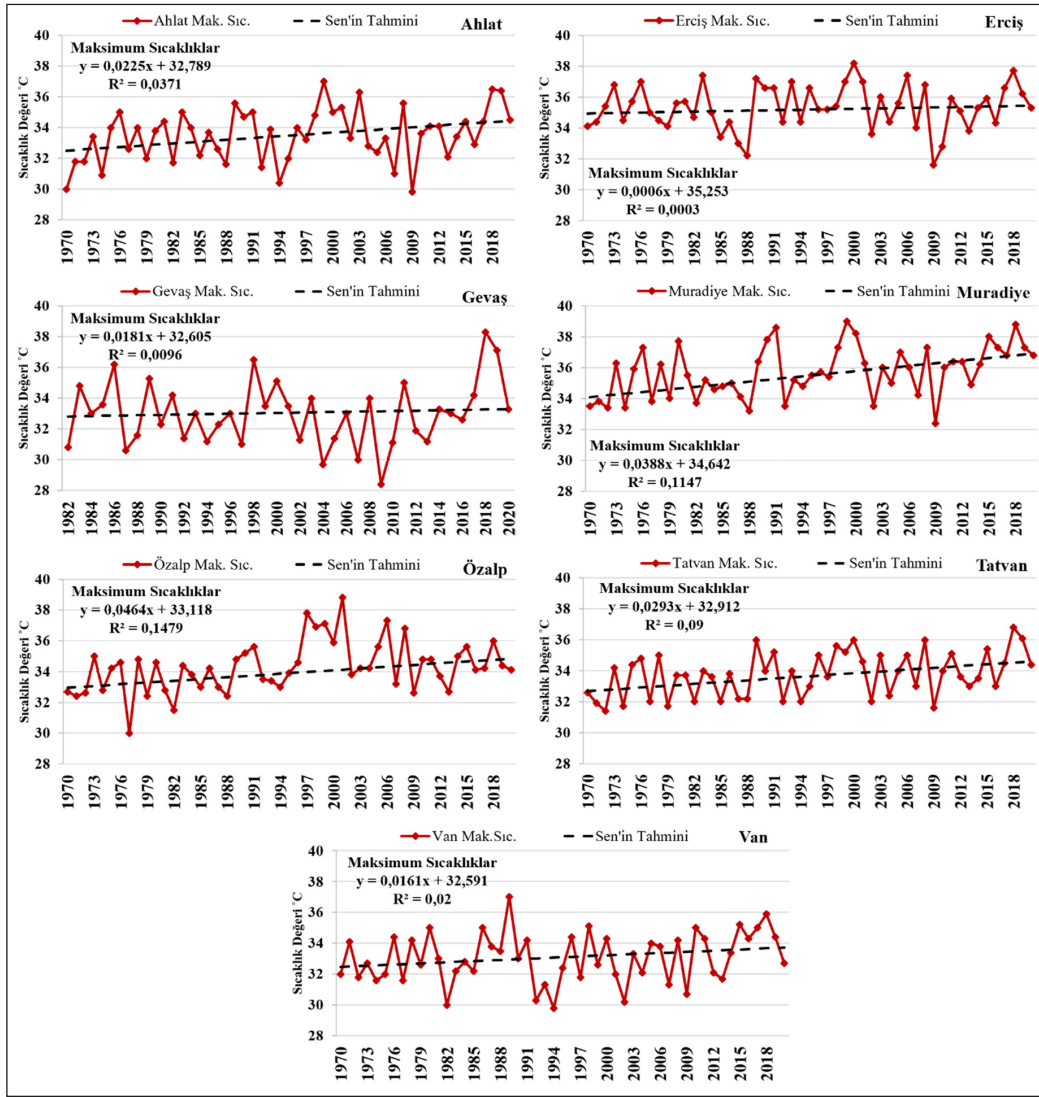
Minimum sıcaklık ortalaması Ahlat'ta -13,9°C; Erciş'te -20,6°C; Gevaş'ta -16,5°C; Muradiye'de -20,1°C; Özalp'ta -29°C; Tatvan'da -15,2°C; Van'da -16,3°C'dir (Şekil 2).

3.1. Maksimum Sıcaklık Trendleri

Van Gölü Havzası'nda yapılan analizler sonucunda elde edilen trend denkleminde göre maksimum sıcaklıklar artış eğilimindedir. Maksimum sıcaklarda yaşanan artış eğiliminin en fazla olduğu istasyon Özalp (0,05°C/yıl), en az olduğu istasyon ise Erciş (0,001°C/yıl)'tir. Diğer istasyonlardaki artış eğilimi en fazla olandan en az olana doğru sırasıyla şu şekildedir: Muradiye 0,04°C/yıl; Tatvan ve Ahlat 0,03°C/yıl; Gevaş ve Van 0,02°C/yıldır (Şekil 3).

Araştırma sahasındaki maksimum sıcaklıklar artış eğilimindedir. Ancak, bu artış eğilimi istasyonlara göre farklılık göstermektedir. Erciş, Gevaş ve Van istasyonlarında anlamlı olmayan artışlar görülürken, Ahlat istasyonunda 0.05 anlamlılık düzeyinde; Muradiye, Özalp ve Tatvan istasyonlarında ise 0.01 düzeyinde anlamlı sıcaklık artışları görülmektedir (Tablo 2 ve Şekil 4).

Sen Slope eğilim sonuçlarına göre de bütün istasyonlardaki maksimum sıcaklıklar artış eğilimindedir. Artış eğilimleri 0,013



Şekil 3. Araştırma sahasındaki istasyonların maksimum sıcaklık trendi grafikleri (1970-2020).

Figure 3. Maximum temperature trend graphs of stations in the research area (1970-2020).

°C/yıl ile 0,056 °C/yıl arasında değişmektedir. Artış eğiliminin en yüksek olduğu istasyon (0,056°C/yıl ile 0,045°C/yıl artış trendleriyle) Muradiye ve Özalp iken; en az olduğu istasyonlar ise Gevaş ve Erciş (0,024°C/yıl ile 0,013°C/yıl artış trendleriyle)'tir (Tablo 2).

Tablo 2. Araştırma sahasındaki istasyonların maksimum sıcaklık trendleri.

Table 2. Maximum temperature trends of stations in the research area.

İstasyonlar	Trend Yönü	Mann-Kendall	Sen's Slope
Ahlat	↑	2,21*	0,039
Erciş	↑	0,64	0,024
Gevaş	↑	0,45	0,013
Muradiye	↑	3,01**	0,056
Özalp	↑	2,68**	0,045
Tatvan	↑	2,74**	0,038
Van	↑	1,70	0,025

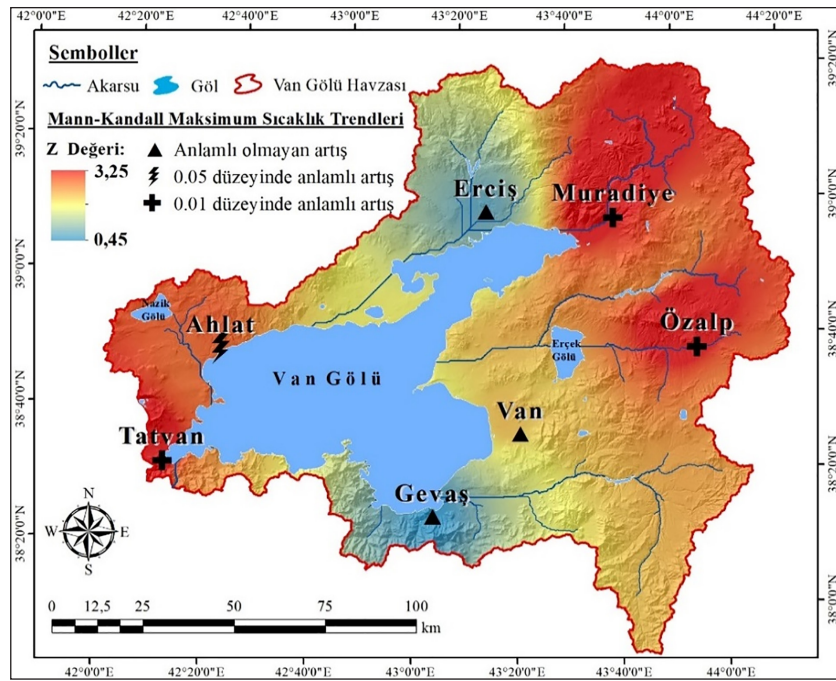
*: 0.05: düzeyinde; **:0.01 düzeyinde anlamlıdır.

Maksimum sıcaklık ortalamalarında gözlenen değişimler $u(t)$ ve $u'(t)$ çizimlerine dayanarak bir bütün halinde değerlendirildiğinde sıcaklıkların artış trendinde olduğu tespit edilmiştir. Maksimum sıcaklıklardaki artışların; Gevaş, Erciş ve Van istas-

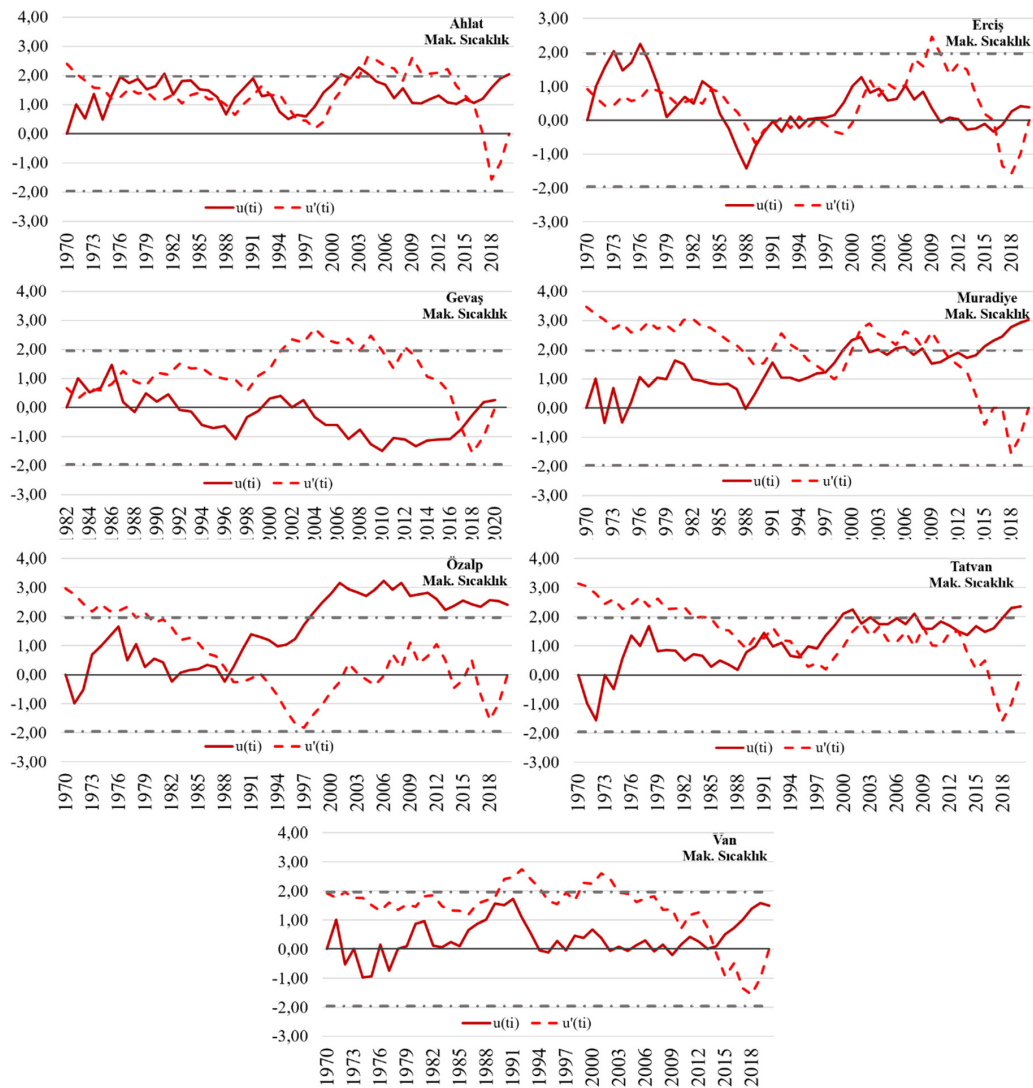
yonlarında zaman serisi içerisinde anlamlı olmayan artma ve azalma trendine sahip olduğu; Ahlat ve Tatvan istasyonlarında zaman serisi içerisinde gözlenen değişikliklerin genel olarak doğrusal olmayıp daha çok sıçrama ve dalgalanma şeklinde son yıllara doğru artarak belirli dönemler (Yaşanan artışlar yaklaşık olarak; Ahlat'ta: 1976, 1981, 1991, 2001, 2003, 2018 ve sonrası; Tatvan'da 1999-2001, 2003, 2005, 2008, 2016 ve sonrası) %5 anlamlılık seviyesine ulaştığı; Muradiye ve Özalp istasyonlarındaki maksimum sıcaklıkların ise son yıllara (Yaşanan artışlar yaklaşık olarak; Muradiye'de 2014 sonrası; Özalp'te 1998 sonrası) doğru %1 anlamlılık düzeyinde dalgalı artışlar yaşandığı görülmektedir (Şekil 5).

3.2. Minimum Sıcaklık Trendleri

Van Gölü Havzası'ndaki istasyonların trend denkleminde göre minimum sıcaklıklar Ahlat istasyonu dışında artış eğilimindedir. Ahlat istasyonunda istatistiksel olarak anlamlı olmayan azalma eğilimi (-0,02°C/yıl) görülmektedir. Artış yaşanan minimum sıcaklıklardaki trendin en fazla olduğu istasyon Van (0,12°C/yıl), en az olduğu istasyon ise Gevaş ve Özalp (0,03°C/yıl)'tir. Diğer istasyonlardaki artış eğilimi ise Muradiye'de 0,08°C/yıl; Erciş ve Tatvan'da 0,04°C/yıldır (Şekil 6).

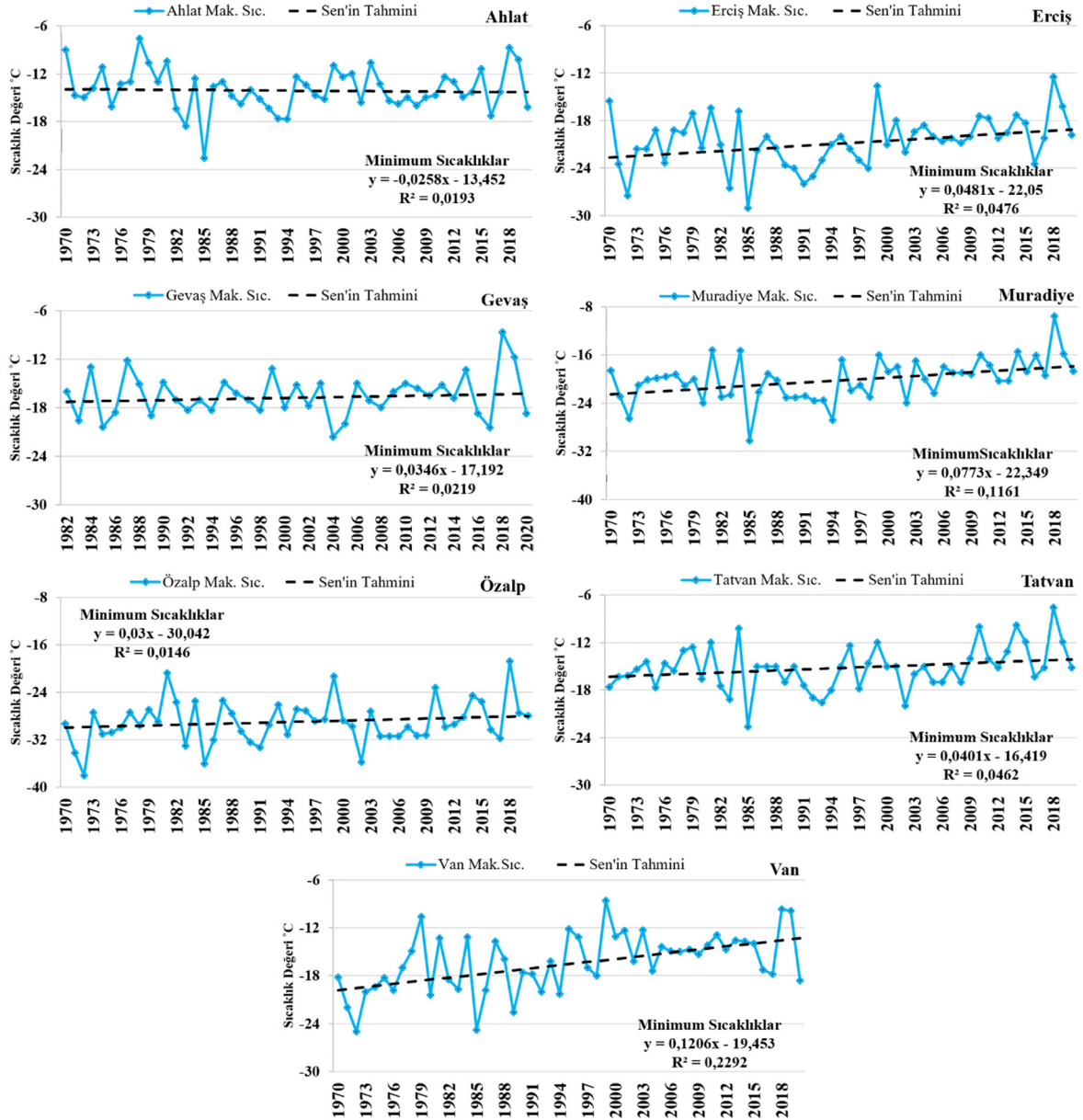


Şekil 4. Maksimum sıcaklık trendi haritası.
Figure 4. Maximum temperature trend map.



Şekil 5. Araştırma sahasındaki istasyonların Mann-Kendall sınavasının ardışık çözümlemesinden elde edilen maksimum $u(ti)-u'(ti)$ sıcaklık dizilerindeki eğilimler (---) normal dağılımın 0.05 anlamlılık düzeyindeki $\pm 1,96$ değerini göstermektedir.

Figure 5. The trends in the maximum $u(ti)-u'(ti)$ temperature sequences obtained from the sequential analysis of the Mann-Kendall test of the stations in the study area (---) indicates the value of $\pm 1,96$ at the 0.05 significance level of the normal distribution).



Şekil 6. Araştırma sahasındaki istasyonların minimum sıcaklık trendi grafikleri (1970-2020).
Figure 6. Minimum temperature trend graphs of stations in the research area (1970-2020).

Araştırma sahasındaki minimum sıcaklıklar Ahlat istasyonu dışında artış eğilimindedir. Ahlat istasyonundaki minimum sıcaklıklar ise anlamlı olmayan azalma eğilimindedir. Diğer istasyonlardaki artış trendleri istatistiksel olarak farklı anlamlılık seviyeleri göstermektedir. Gevaş ve Özalp istasyonlarında anlamlı olmayan artışlar; Erciş ve Tatvan istasyonunda 0.05 anlamlılık düzeyinde artışlar; Muradiye ve Van istasyonlarında ise 0.01 anlamlılık düzeyine sahip minimum sıcaklık artışları görülmektedir (Tablo 3 ve Şekil 7).

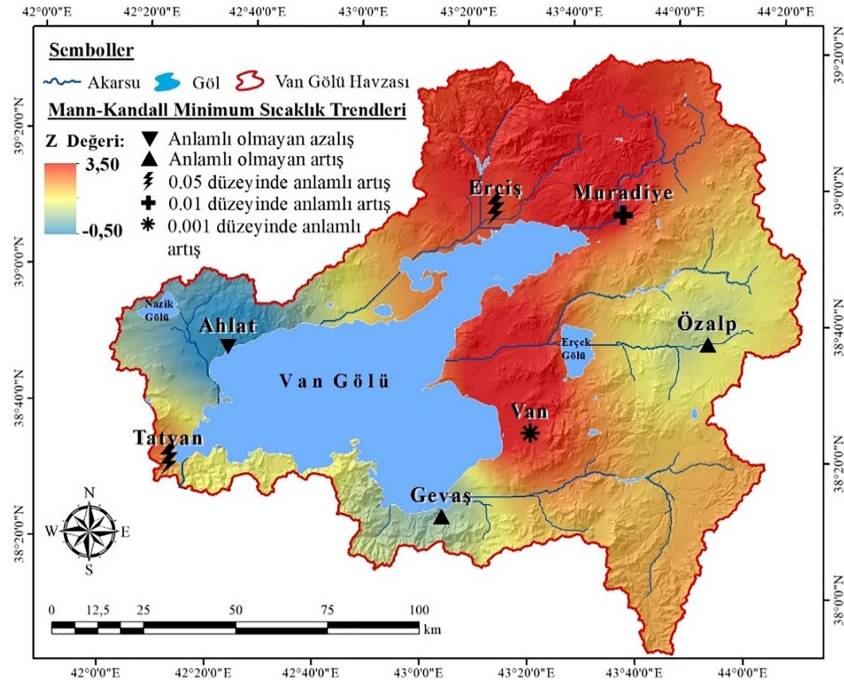
Sen Slope trend sonuçlarına göre de Ahlat istasyonu dışındaki tüm istasyonlarda minimum sıcaklıklar artış trendindedir. Ahlat istasyonundaki azalma trendi $-0,008^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ 'dır. Sahadaki diğer istasyonların artış trendleri $0,026^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ ile $0,13^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ arasında değişmektedir. Artış trendinin en yüksek olduğu istasyon ($0,13^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ ile $0,093^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ artış trendleriyle) Van ve Muradiye iken; en az olduğu istasyonlar ise Özalp ve Gevaş ($0,038^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ ile $0,026^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ artış trendleriyle)'tır (Tablo 3).

Tablo 3. Araştırma sahasındaki istasyonların minimum sıcaklık trendleri.
Table 3. Minimum temperature trends of stations in the research area.

İstasyonlar	Trend Yönü	Mann-Kendall	Sen's Slope
Ahlat	↓	-0,28	-0,008
Erciş	↑	2,38*	0,071
Gevaş	↑	0,61	0,026
Muradiye	↑	3,28**	0,093
Özalp	↑	1,11	0,038
Tatvan	↑	1,98*	0,044
Van	↑	3,47***	0,13

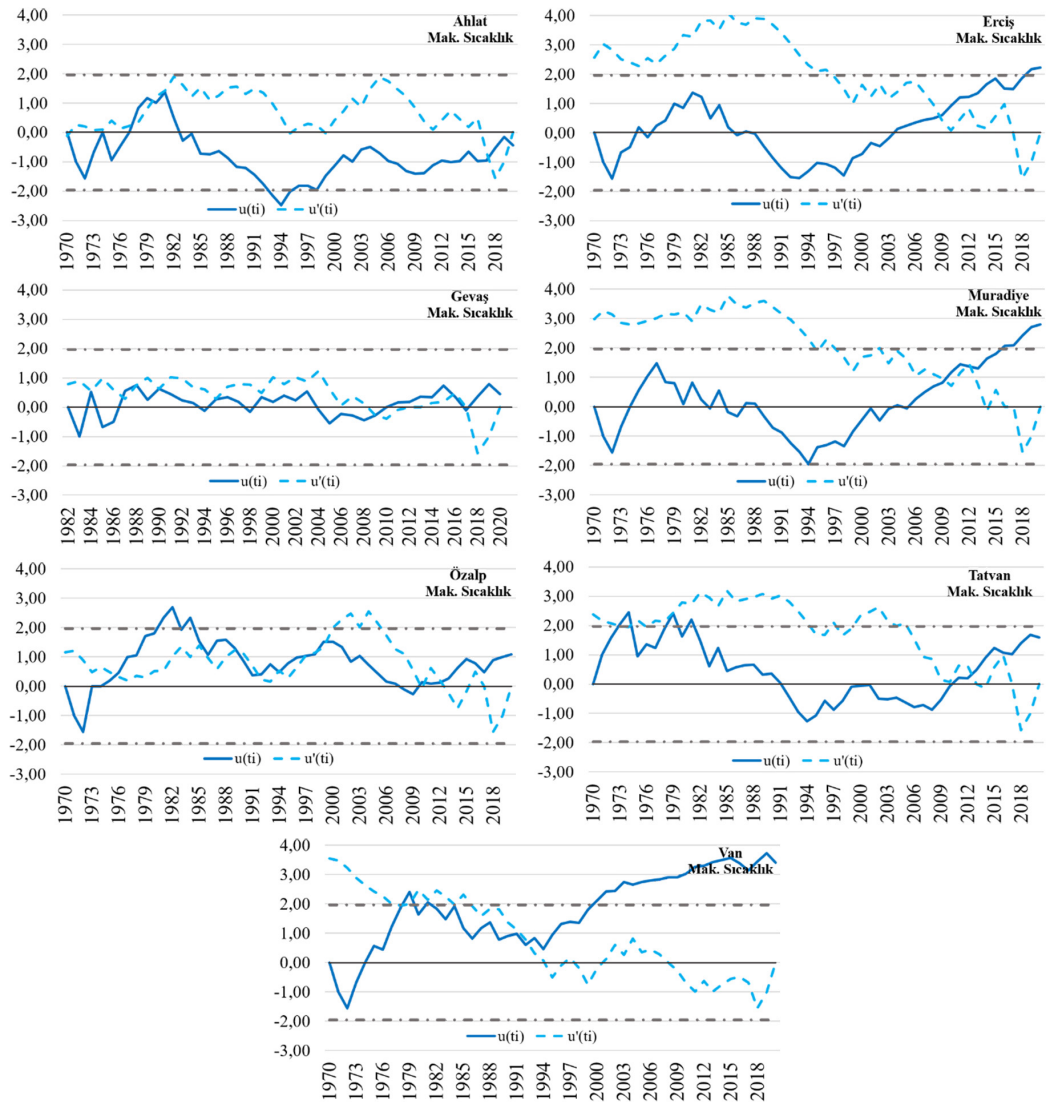
*: 0.05: düzeyinde; **:0.01 düzeyinde; ***:0.001 düzeyinde anlamlıdır.

Minimum sıcaklıklarda gözlenen değişimler $u(t_i)$ ve $u'(t_i)$ çizimlerine göre değerlendirildiğinde (Şekil 8) sıcaklıkların Ahlat istasyonu dışında anlamlı/anlamlı olmayan artışlar yaşandığı görülmektedir. Ahlat istasyonunda 1970-2020 zaman serisi



Şekil 7. Minimum sıcaklık trendi haritası.

Figure 7. Minimum temperature trend map.

Şekil 8. Araştırma sahasındaki istasyonların Mann-Kendall sınavasının ardışık çözümlemesinden elde edilen minimum $u(ti)-u'(ti)$ sıcaklık dizilerindeki eğilimler (---) normal dağılımın 0.05 anlamlılık düzeyindeki ± 1.96 değerini göstermektedir.Figure 8. The trends in the minimum $u(ti)-u'(ti)$ temperature sequences obtained from the sequential analysis of the Mann-Kendall test of the stations in the study area (---) indicates the value of ± 1.96 at the 0.05 significance level of the normal distribution).

içerisinde 1977-1980 yılları arasında anlamlı ve tam doğrusal olmayan artışlar görülmüş, 1992-1995 yılları arasında anlamlı azalmalar görülsede bu yılların dışında anlamlı olmayan azalma eğilimlerinin yaşandığı tespit edilmiştir. Tatvan, Gevaş ve Özalp istasyonlarında tüm zaman serisinde doğrusal olmayan artma ve azalma eğilimleri hâkim olmuştur. Erciş, Muradiye ve Van istasyonlarındaki minimum sıcaklıklarda görülen artış trendi, Erciş'te yaklaşık olarak 2018 sonrası %5 düzeyinde anlamlı; Muradiye'de 2015 yılından sonra %5 düzeyinde anlamlı, 2018 yılından sonra ise %1 düzeyinde anlamlı; Van istasyonunda ise 1998 yılından sonra %5 düzeyinde, 2002 yılından sonra ise %1 düzeyinde anlamlı artış eğilimleri göstermiştir (Şekil 8).

4. Tartışma

İklim değişikliğine bağlı olarak yaşanan küresel ısınma yeryüzündeki ortalama sıcaklıkların artmasına neden olmuştur. Nitekim, bu konuda yapılan birçok çalışmada da elde edilen bulgular sıcaklıkların arttığı yönündedir. En gelişmiş iklim modelleri, 1990-2100 dönemi için yerküredeki ortalama sıcaklıkların 1,4 ile 5,8°C arasında bir artış olacağını öngörmektedir (IPCC, 2001). Bu konuda hazırlanan çalışmalarda, 1996-2005 döneminde küresel ortalama sıcaklıklarda gözlenen artışın 0,74°C olduğunu (1975-2009 yılları arasındaki 35 yıllık periyotta Türkiye'de 1,01°C sıcaklık artışının olduğunu, bu artışın da 2009'dan sonraki 15 yıllık süreçte de 0,3°C artarak devam edeceği öngörülmektedir (İçel ve Ataol, 2014: 67)) ve yaklaşık 10 yıl öncesine göre, ortalama ve maksimum sıcaklıklarda soğuma eğilimlerinin (özellikle ilkbahar ve yaz mevsimlerinde) zayıfladığını ve daha az anlamlı hale geldiğini (Türkeş vd., 2002b: 90); sıcaklık genişliği ile birlikte donlu ve buzlu günlerin sayısında da azalmaların olduğunu (Acar-Deniz ve Gönençgil, 2017: 53; Topuz & Karabulut, 2021), serin geceler sayısının azaldığını, sıcak geceler sayısının artış gösterdiğini, maksimum ve minimum sıcaklıklarda ise genel anlamda artışların gerçekleştiğini (Şensoy vd., 2005; Cosun ve Karabulut, 2009: 42; Acar-Deniz ve Gönençgil, 2017: 53), bunlara bağlı olarak da havzanın içinde bulunduğu bölgedeki buzul örtüsünde yaşanan azalmaların (Yavaşlı ve Ölgün, 2008; Sarıkaya, 2011; Yavaşlı vd., 2015; Geçen & Varol, 2017) varlığının ifade edildiği tespit edilmiştir.

Küresel olarak ortalama sıcaklıklarda meydana gelen ısınma eğilimlerinin yeryüzündeki dağılımı aynı olmamakla birlikte yaşanan artış eğilimi, Türkiye'nin de içinde bulunduğu kuzey yarım küredeki orta kuşak karalarında daha fazla gerçekleşmektedir (Türkeş, 1995; Cosun ve Karabulut, 2009: 42; Kızılelma vd. 2015: 2). Sıcaklık farkları, karasallık etkisinin görüldüğü Van Gölü Havzası gibi, iç kesimlerde daha belirgin olarak ya-

şanmaktadır (Şensoy vd., 2005).

İklim değişikliğine bağlı olarak gelişen ısınma eğilimleri özellikle şehirleşmenin yoğun ve sık olduğu alanlarda belirgin bir şekilde yaşanmaktadır (Acar-Deniz & Gönençgil, 2017: 53). Şehirlerdeki sıcaklıklarda yaşanan artma eğiliminin (özellikle de minimum sıcaklıklarda) "Kentsel Isı Adası" ile ilişki olarak yaşandığı bu konuda hazırlanan birçok çalışmada ortaya konulmuştur (Bornstein, 1968; Landsberg, 1981; Kukla & Gavin, 1986; Oke, 1987; Gallo vd., 1993; Çiçek, 2005; Çiçek & Doğan, 2005; Ezber vd., 2007; Gönençgil, 2011; Mohsin & Gough, 2012; Kum & Kılıç, 2013; Alghamdi & Moore, 2014; Şensoy vd. 2015; Aykır, 2017). Şehirleşmenin yoğun olduğu sahalarda bulunan yapılar (binalar, sanayi tesisleri ve yollar) kırsal kesimlere nazaran daha yoğun ve sıktr. Ayrıca şehirlerde kullanılan yapı malzemesinin dokusu ve yüksekliği, hava kalitesinin özelliklerini değiştirerek kentsel ısı kaynaklarının oluşmasına neden olmaktadır (Landsberg, 1981). Bu durum özellikle şehirlerdeki minimum sıcaklıkların önemli oranda artması üzerinde etkilidir.

Gündüzleri yüzeyde absorbe edilen enerji, gece süresince uzun dalgalı termal ısınım olarak havaya yansır, bunun yanında gece oluşan türbülansın gündüze göre daha zayıf olması ve bulut örtüsünde yerel değişikliklerin yaşanması, gece meydana gelen termal ısıma ile gece sıcaklıklarının yükselmesine neden olmaktadır (Çiçek, 2005: 2; Aykır, 2017: 49). Bunun sonucu olarak da şehirleşmenin yoğun olduğu alanlarda minimum sıcaklık artışlarının daha yoğun olduğu görülmektedir. Nitekim bu çalışmada yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular da bu durumu doğrular niteliktedir.

Araştırma sahasındaki verilerin analiz sonucu genel olarak değerlendirildiğinde (Ahlat istasyonundaki minimum sıcaklık trendindeki anlamlı olmayan azalma eğilimi dışında) maksimum ve minimum sıcaklıklar artış trendindedir. Yaşanan artış trendi küresel ısınmayla ilişkili olduğu gibi kentsel ısı adasıyla da ilişkili olarak yaşandığı tahmin edilmektedir.

Elde edilen bulgular bu bölümde uydu görüntüleri (Şekil 9) ile Türkeş vd. (2002a) tarafından hazırlanan çalışmada kullanılan sınıflandırmaya (Tablo 4) uygun olarak tasnif edildiğinde, şehirleşmenin yoğun olduğu Van merkez (Şekil 9d), Erciş (Şekil 9c) ve Tatvan istasyonlarında, özellikle minimum sıcaklıklarda yaşanan anlamlı artışlarla bu durumu destekler niteliktedir. Gevaş istasyonu (Şekil 9b) gibi yarı kentsel özelliğe sahip alanlarda gerek maksimum gerekse minimum sıcaklıklarda yaşanan anlamlı olmaya artışlar, sıcaklıklardaki artış trendinin iklimik olarak kentlerde oluşan "ısı adası" ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. Araştırma sahasındaki istasyonların kentleşme özelliğine göre sınıflandırılması*.

Table 4. Classification of stations in the study area according to urbanization*.

Nüfus	Sınıflandırma Kentleşme Özelliği	İstasyon Sayısı	İstasyonlar ve Nüfus Miktarları
Nüfus < 2.000	Kırsal (Gerçek Kırsal)	0	-
2.000 ≤ Nüfus ≤ 10.000	Küçük Kentsel (Kırsal-Yarı Kentsel)	0	-
10.000 ≤ Nüfus ≤ 50.000	Orta Kentsel (Yarı Kentsel)	3	Gevaş(27442) ve Ahlat(27563) Muradiye (47971)
50.000 ≤ Nüfus ≤ 100.000	Orta Kentsel (Kentsel)	2	Özalp(63270) ve Tatvan(79214)
100.000 ≤ Nüfus	Büyük Kentsel (Kentsel)	2	Van(339925) ve Erciş(173606)

*: Kullanılan Nüfus verileri TÜİK (2021)'ten temin edilmiştir. Kullanılan sınıflandırma ölçeği ise Türkeş vd. 2002a'den referans alınmıştır.



Şekil 9. Araştırma sahasında kentleşme dokusunun seyrek (Ahlat “a” ve Gevaş “b”) ve çok yoğun (Erciş “c” ve Van Merkez “d”) olduğu alanların uydu görüntüleri.
Figure 9. Satellite images of areas with little (Ahlat “a” and Gevaş “b”) and very dense (Erciş “c” and Van Merkez “d”) urbanization patterns in the research area.

Sahadaki istasyonların uydu görüntüleri incelendiğinde Gevaş ve Ahlat gibi istasyonlarda kentsel gelişimin daha seyrek olduğu (özellikle Ahlat’ta dar bir şerit halinde Van Gölü kıyısı boyunca yerleşmelerin olduğu) gözlenirken, Erciş ve Van merkezdeki yoğun nüfuslu şehirseller alanlarda birbirine yakın sık dokulu yerleşmelerin varlığı görülmektedir.

Van gölü Havzasındaki istasyonlar kentleşme açısından (Türkeş vd. 2002a) sınıflandırarak bu sınıfta kaç istasyonun olduğu Tablo 4’te verilmiştir. Bu tabloya göre araştırma sahasındaki 7 istasyondan 4 (2’si Orta Kentsel; 2’si Büyük Kentsel)’ü kentsel özelliğe sahiptir. Anlamlı artışların görüldüğü kentsel dokudaki istasyonların (özellikle Van, Erciş ve Tatvan’da) kentlerin içinde ya da kentlerin yakınındaki yanlış arazi kullanımının bir sonucu olarak kentsel ısı adası tarafından etkilendiği düşünülmektedir. Oluşan bu durumun ve havadaki kirletici malzemelerin etkisine bağlı olarak ortaya çıkan kentsel ısınma/soğuma eğilimleri, zamansal olarak birtakım negatif ve pozitif ısınsal zor-

lamaların oluşmasına neden oluşturmuş olabilir (Türkeş vd., 2002a). Kentsel ısı adasına bağlı olarak minimum sıcaklıklarda meydana gelen ısınma eğilimleri büyük kentsel sınıftaki Van merkez (Şekil 9d) ve Erciş’te (Şekil 9c) yoğun olarak yaşanırken, Ahlat (Şekil 9a) istasyonunda ise bu durumun hava kalitesinin düşük olması sonucu soğuma etkisi şeklinde gerçekleştiği düşünülmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Yerküredeki küresel ortalama yüzey sıcaklığı, 20. yüzyılda 0,4 ile 0,8 °C arasında (yaklaşık 0,6 °C) artmıştır. Bu durumun 1990-2100 dönemindeki süre içerisinde ise 1,4 ile 5,8 °C arasında yükseleceği öngörülmektedir (IPCC, 2001). Yaşanan sıcaklık artışları, insanlığın yeryüzünün doğal yapısını bozup çığırın tüketim bilinci oluşturması sonucunda yerkürenin ortaya koyduğu tepkinin bir sonucudur.

Mann-Kendall, Sen Slope trend analizi sonucuna göre Van Gölü Havzası'ndaki maksimum ve minimum sıcaklık eğilimleri (Ahlat'taki minimum sıcaklık eğilimi hariç), artış trendindedir. Özellikle kentleşmenin yoğun olduğu Erciş (Şekil 9c) ve Van (Şekil 9d) merkezde maksimum sıcaklıkların anlamlı olmayan artış göstermesi, buna karşın minimum sıcaklıkların anlamlı artışlar göstermesi, yaşanan artışın iklim değişikliğine bağlı oluşan küresel ısınma ve kentsel ısı adası ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Sahadaki kentleşmenin daha az olduğu Gevaş istasyonunda (Şekil 9b) ise maksimum ve minimum sıcaklıklarda anlamlı olmayan artış eğilimleri, sahadaki sıcaklık artışlarının iklim değişikliğinin yanında kentleşme ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Araştırma sahasının bulunduğu konum, Türkiye'nin doğusunda ve yükseltisinin fazla olduğu bir coğrafyada yer almaktadır. Bu alanda yaşanan sıcaklık artışları, özellikle de ekstrem sıcaklıklarda yaşanan değişim, bölgenin doğal sistemleri üzerinde birçok sorunun oluşmasına neden olabilmektedir. Doğal sistemler üzerinde meydana gelecek sorunlar havzadaki beşerî sistemlerin de zarar görmesine neden olacaktır. Bu durum bölgedeki doğal kaynaklardan olan buzul sahaları, göller gibi alanların yanı sıra, tarım, hayvancılık, turizm gibi beşerî faaliyetler bakımından da olumsuz etkilenmesine neden olabilir. Nitekim, tartışma bölümünde de ifade edildiği gibi bölgedeki kar örtülü gün sayısındaki ve buzul örtüsünde yaşanan azalmaların varlığı, düşen karın buza dönüşme sürecinde en önemli etkenlerden biri olan sıcaklık göz önüne alarak düşünüldüğünde, sahanın küresel ısınmaya bağlı olarak yaşadığı sıcaklık artışlarından olumsuz anlamda etkilendiğini göstermektedir.

Yaşanan iklim değişikliğine bağlı küresel ısınma konusunda yapılacak en önemli adım araştırma sahasının potansiyelini göz önünde bulundurarak akılcı, kalıcı ve sürdürülebilir politikaların uygulanmasından geçmektedir. Bunun için öncelikle karbon ayak izini küçültmek, geri dönüşüme önem verip sürdürülebilir bir yaşam tarzı seçmek, yoğun ve bilinçsiz dikey mimarilerin bulunduğu kentleşme yerine bir yapının diğer bir yapının rüzgarını, güneşini engellemediği, hava sirkülasyonun yaşanabildiği ve yeşil bir dokuya sahip kentler inşa etmekten geçmektedir.

Çıkar Çatışması – Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bildirilmemiştir. *No potential conflict of interest was reported by the authors.*

Kaynakça

- Abatzoglou, J., & Williams, A. (2016). Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests. *PNAS*, 113(42), 11770–11775. <https://doi.org/10.1073/pnas.1607171113>
- Acar-Deniz, Z. & Gönençgil, B. (2017). Türkiye sıcaklık ekstremle-rindeki değişkenlikler. *Coğrafya Dergisi*, 35, 41-54. <https://doi.org/10.26650/JGEOG347083>.
- Alghamdi, A. S., & Moore, T. W. (2014). Analysis and Comparison of Trends in Extreme Temperature Indices in Riyadh City, Kingdom of Saudi Arabia, 1985–2010. *Journal of Climatology*, 10, 1–10. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/56098>
- Anderson, J., Panetta, A. M., & Thomas, M. O. (2012). Evolutionary and ecological responses to anthropogenic climate change: Update on anthropogenic climate change. *Plant Physiology*, 160(4), 1728–1740. <https://doi.org/10.1104/pp.112.206219>
- Argüeso, D, Evans, J. P., Fita, L., & Bormann, K. J. (2013). Temperature response to future urbanization and climate change. *Climate Dynamics*, 42 (7-8), 2183-2199 [doi:10.1007/s00382-013-1789-6](https://doi.org/10.1007/s00382-013-1789-6)
- Aydın, O. (2014). *Türkiye’de yıllık ortalama toplam yağışın kriging yöntemiyle belirlenmesi*, (Yayın no: 536622) [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi] Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Aykır, D. (2017). Türkiye’de ekstrem sıcaklık indislerinin eğilimlerinde şehirleşmenin etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 69, 47-57.
- Bornstein, R. D. (1968). Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology*, 7(4), 575-582.
- Cosun, F. & Karabulut, M. (2009). Kahramanmaraş’ta ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıkların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 53, 41-50. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21228/227810>
- Çiçek, İ. (2005). Ankara’da Şehir ve Kırsal Sıcaklık Farklarındaki Değişiklikler (1970-2002). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 1-16.
- Çiçek, İ., & Doğan U. (2005). Ankara’da Şehir Isı Adasının İncelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72.
- Çiçek, İ., & Ataoğlu, M. (2009). Türkiye’nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7 (1), 51-65. DOI: 10.1501/Cogbil_0000000094
- Duman, N. (2011). Erçek Gölü yakın çevresinin fiziki coğrafyası. (Yayın no: 302094), [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi], Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- 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>
- Eriñç, S. (1953). *Doğu Anadolu Coğrafyası*. İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Eriñç, S. (1996). *Klimatoloji ve metodları*. Alfa Basım ve Dağıtım.
- Erlat, E. (2014). *Dünya iklimleri*. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Erol, O. (2014). *Genel klimatoloji*. Çantay Kitabevi.
- Ezber, Y., Şen, Ö. L., Kindap, T., & Karaca, M. (2007). Climatic Effects of Urbanization in Istanbul: A Statistical and Modeling Analysis. *International Journal of Climatology*, 27(5), 667-679.
- Gallo, K. P., McNab, A. L., Karl, T. R., & Brown, J. F. (1993). The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect. *Journal of Applied Meteorology*, 32(5), 899-908.

- Geçen, R., & Varol, M. (2017). Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak cilo (buzul) dağıtında aktif buzul ve değişiminin incelenmesi. *International Symposium on Geomorphology*, 12-14 October 2017, Elazığ/Türkiye 654-663.
- Gönençgil, B. (2011). *Şehirleşmenin sıcaklık trendleri üzerine etkileri ve şehirsel ısı adası kavramı*. İçinde Ekinci, D. (Ed.). Fiziki Coğrafya Araştırmaları, Sistematik ve Bölgesel, Prof. Dr. M. Yıldız Hoşgören Anısına Armağan (s.127-136). Türk Coğrafya Kurumu.
- Höök, M., & Tang, X. (2013). Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change - A review. *Energy Policy*, (52), 797-809 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.046>
- IPCC (2001). Climate change 2001: Synthesis report. A contribution of working groups I, II, and III to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. (R. T. Watson, & Core Writing Team, Eds.) Cambridge, UK, New York, NY, USA: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_TAR_full_report.pdf
- V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Pean, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., & Waterfield, T. (2018). *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf
- P. R., Skea, J., Calvo B. E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., van Diemen, R., Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Neogi, S., Pathak, M., Petzold, J., Portugal P. J., Vyas, P., Huntley, E., Kissick, K., Belkacemi, M., Malley, J. (2019). *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land*. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf>
- IPCC (2021). Climate Change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A Connors, S. L., Pean, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf
- İçel, G. & Ataoğlu, M. (2014). Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklıklar ile yağışlarda eğilimler ve NAO arasındaki ilişkileri (1975-2009). *Coğrafya Dergisi*, 28, 55-68. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iucografya/issue/25073/264641>
- Johns, T., Gregory, J., Ingram, W., Johnson, C., Jones, A., Lowe, J., Lowe, J. A., Mitchell, J. F. B., Roberts, D. L., Sexton, D. M. H., Stevenson, D. S., Tett, S. F. B., & Woodage, M. (2003). Anthropogenic climate change for 1860 to 2100 simulated with the HadCM3 model under updated emissions scenarios. *Climate Dynamics*, (20), 583-612. <https://doi.org/10.1007/s00382-002-0296-y>
- Kale, M. M. (2020). İklim değişikliği çerçevesinde ankara ili ana su havzaları gelecek projeksiyonu: Sakarya ve Batı Karadeniz Havzaları, *Coğrafi Bilimler Dergisi/ Turkish Journal of Geographical Sciences*, 18(2), 191-215, doi:10.33688/auchd.732831
- Kale, M. M. (2021). Akarçay kapalı havzası için hidrolojik kuraklık analizi. *Cografya Dergisi*, 42, 165-180. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2021-892360>
- Karabulut, M. (2011). Kayseri’de Yağış ve Sıcaklıkların Trend Analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 79-90 <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ksusbd/issue/10278/126097>
- Karabulut, M., & Aydın, K. (2019). Türkiye’deki sıcaklıklar (ortalama, maksimum, minimum) ile yükselti ve enlem arasındaki ilişkilerin incelenmesi. İçinde B. Gönençgil, T. A. Ertek, I. Akova & E. Elbaşı (Eds.), 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı (s. 761-770). İstanbul Üniversitesi Yayınları. <https://doi.org/10.26650/PB/PS12.2019.002.075>
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. Oxford, Charles Griffin.
- Kızılelma, Y., Çelik, M. & Karabulut, M. (2015). İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (64), 1-10. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21271/228382>
- Koçman, A. (1993). *Türkiye iklimi*. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.
- Kukla, G., & Gavin, J. (1986). Urban warming. *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 25, 1265-1270.
- Kum, G. & Kılıç, S. (2014). Şehirleşmenin sıcaklık ve yağış parametreleri üzerine etkisi: Gaziantep örneği. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (6), 21-42.
- Landsberg, H. (1981). *The Urban Climate*. New York: Academic Press.
- Mann, H. B. (1945). *Non-parametric test against trend*. *Econometrica*, 13, 245-259.
- MedECC. (2020). *Climate and environmental change in the Mediterranean Basin-Current situation and risks for the future*. (W. Cramer, J. Guiot, & K. Marini, Eds.) Marseille, France: Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP. 10.5281/zenodo.4768833
- Mohsin, T., & Gough, W. A. (2012). Characterization and Estimation of Urban Heat Island at Toronto: impact of the choice of rural sites. *Theoretical and Applied Climatology*, 108, 105-117.
- Oke, T. (1987). *Boundary Layer Climates*. Psychology Press.
- Rosenzweig, C., Karoly, D., Vicarelli, M., Neofotis, P., Wu, Q., Casassa, G., Menzel, A., Root, T. L., Estrella, N., Seguin, B., Tryjanowski, P., Liu, C., Rawlins, S., & Imeson, A. (2008). Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature*, 453(7193), 353-357. <https://doi.org/10.1038/nature06937>
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389.
- Salmi T., Määttä A., Anttila P., Ruoho-Airola T., & Amnell T. (2002). *Detecting Trends Of Annual Values Of Atmospheric Pollutants By The Mann-Kendall Test And Sen’s Slope Estimates -The Excel Template Application Makesens*. Helsinki: Finnish Meteorological Institute Publications on Air Quality No. 31.
- Sarıkaya, M. A. (2011). Türkiye’nin güncel buzulları, fiziki coğrafya araştırmaları: Sistematik ve bölgesel. *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, 6, 527-544.
- Şensoy, S., Demircan, M. & Alan, İ. (2005). “1971-2004 Yılları Arası Türkiye İklim İndisleri Trendleri”, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/turkiye_iklim_indisleri.pdf, Erişim tarihi 10.01.2022
- Şensoy, S., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Demircan, M., Arabacı, H., & Bölük, E. (2015). Urbanization effect on trends of extreme temperature indices in Ankara, VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2015/3.pdf>

- Topuz, M. & Karabulut, M. (2021). Doğu Anadolu Bölgesinde kar örtülü gün ve kar yağışlı günler sayısının eğilim analizi (1970-2020). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 26 (46), 1-24
- TÜİK, (2022, Şubat 22). <https://data.tuik.gov.tr/>
- Türkeş, M. (1995). Türkiye’de yıllık ortalama hava sıcaklıklarındaki değişimlerin ve eğilimlerin iklim değişikliği açısından analizi. *Çevre ve Mühendislik Dergisi*, 9, 9-15.
- Türkeş, M. (2003). Küresel iklim değişikliği ve gelecekteki iklimimiz. 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması Gelecekteki İklimimiz Paneli. İçinde M. Türkeş (Ed.), T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve meteoroloji*. Kriter Yayınevi.
- Türkeş, M. (2018). *Genel klimatoloji: Atmosfer, hava ve iklimin temel ilkeleri*. Kriter Yayınevi.
- Türkeş, M. (2011). Akhisar ve Manisa yörelerinin yağış ve kuraklık indisi dizilerindeki değişimlerin hidroklimatolojik ve zaman dizisi çözümlemesi ve sonuçların çölleşme açısından coğrafi bireşimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9, 79-99.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., & Demir, İ. (2002a). Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999. *International Journal of Climatology*, 22(8), 947–977. doi:10.1002/joc.777
- Türkeş, M., Sümer, U. M. & Demir, İ. (2002b). “Türkiye’nin günlük ortalama maksimum ve minimum sıcaklıkları ile sıcaklık genişliğindeki eğilimler ve değişiklikler”. *Prof. Dr. Sırrı Erinç Adına Klimatoloji Çalıştay Bildiriler Kitabı*, 89-106.
- Türkeş, M., Koç, T. & Sarış, F. (2007). Türkiye’nin Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin Zamansal ve Alansal Çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 57-73.
- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1, 26-37.
- Yavaşlı, D.D., & Ölgün, M.K. (2008). Recent glacier change in mount süphan using remote sensing and meteorological data. BALWOIS 2008, Conference on Water Observation and Information System for Decision Support, Ohrid, Macedonia.
- Yavaşlı, D.D., Tucker, C.J., & Melocik, K. A. (2015). Change in the glacier extent in Turkey during the Landsat Era. *Remote Sensing of Environment*, 163, 32-41.