

## Trend Analysis of Turkey Temperatures

Hülya KUYUCU<sup>1\*</sup>, Vahdettin DEMİR<sup>1</sup>, Mehmet Selim GEYIKLI<sup>2</sup>, and Hatice CITAKOGLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Civil Engineering Department, KTO Karatay University, Turkey

<sup>2</sup>Civil Engineering Department, Gaziosmanpaşa University, Turkey

<sup>3</sup>Civil Engineering Department, Erciyes University, Turkey

\*([hulya.kuyucu.hlk@gmail.com](mailto:hulya.kuyucu.hlk@gmail.com))

**Abstract** – Climate change effects have been remarkably today; the determination of trends in temperatures, precipitation, stream flow, winds and evaporation has become considerable for the planning and management of water resources and engineering projects. Nowadays there is a lot of studies have been made in progress on global and regional climate changes in literature. In this study, annual trends of average temperature data recorded between 1960 and 2014 of meteorological monitoring stations belonging to Turkey which links Asia and Europe are examined. Mann-Kendall trend methods were used in non-parametric methods and trend trends were mapped monthly with the help of Geographic Information Systems. When the results are examined, it is seen that there is a statistically significant increase in temperature data in general.

**Keywords** – Turkey, Temperature, Mann-Kendall, Trend Analysis, Geographic Information Systems.

---

**Özet** – Günümüzde iklim değişikliği ve etkileri dikkate alınması gereken konulardandır. Su kaynaklarının geliştirilmesi, mühendislik projelerinin planlanması ve yönetimi için sıcaklıkların, yağışların, nehir akımlarının, rüzgarların ve buharlaşma verilerinin eğilimlerinin belirlenmesi önemli bir konu hale gelmiştir. Literatürde küresel ve bölgesel iklim değişiklikleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada ise Asya ve Avrupa'yı birbirine bağlayan Türkiye'nin tüm illerine ait meteoroloji gözlem istasyonlarının, 1960 – 2014 yılları arası kaydedilen ortalama sıcaklık verilerinin yıllık trendleri incelenmiştir. Analizlerde parametrik olmayan yöntemlerden Mann-Kendall trend yöntemleri kullanılmış ayrıca Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla trend eğilimleri haritalandırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde genel olarak sıcaklık verilerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler** – Türkiye, Sıcaklık, Mann-Kendall, Trend Analizi, Coğrafi Bilgi Sistemleri.

---

### I. GİRİŞ

Bir bölgede süregelen zaman içerisinde, sıcaklık değişimleri yaşamımızı etkileyen bazı olaylara sebep olmaktadır. Bu olaylar insanoğlunun hayatını etkilemektedir ve mutlaka ciddiye alınması gerekmektedir. Şöyle ki sıcaklık değerlerinin sürekli artan eğilim göstermesi sonucunda (uzun sürelerde gerçekleşen) kuraklık-çölleşme meydana gelmektedir. Ayrıca sıcaklık değerleri farklı dönemlerde değişimler gösterse de sanayileşmenin artması ile birlikte sıcaklıklarda sürekli olan artışlar dünyanın süregelen düzenini değiştirmektedir. Yapılan çalışmalara göre, 1880-2012 yılları arasında ortalama yüzey sıcaklığı 0.85°C artmıştır. Ayrıca 2020-2029 yılları arasında yüzey sıcaklıklarının yaklaşık 2°C artacağı öngörülmektedir [1], [2]. Meydana gelen sıcak hava dalgası olaylarından binlerce kişi etkilenmiş, hatta bazı olaylarda ölümler meydana gelmiştir [3].

Trend analizlerinde parametrik ve parametrik olmayan testler kullanılmaktadır. Meteorolojik verilerin trendinin belirlenmesinde genellikle zaman serisinin bir dağılıma uyma zorunluluğu bulunmadığı, parametrik olmayan Mann-Kendall (MK) testi tercih edilmektedir [4], [5].

Ülkemizde ve diğer ülkelerde meteorolojik ve hidrolojik değişkenlerin gidiş analizleri yeni geliştirilen yöntemlerle

yapılmaktadır. Bu çalışmalarda en çok üzerinde durulan değişkenlerin yağış, sıcaklık, buharlaşma ve akış değişkenleri olduğu görülmektedir [6]–[16].

Bu çalışmada Türkiye 81 ilin meteoroloji istasyonlarının 1960–2014 yılları arası (55 Yıl) kaydedilen ortalama sıcaklık verilerinin Mann Kendall Trend yöntemi ile yıllık olarak analizi yapılmıştır.

### II. YÖNTEM

#### MANN-KENDALL

Ölçümü alınan bir değişkenin zaman serisinde artma veya azalma eğilimi gösterip göstermediğini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir [17]–[19]. Yöntemde ilk olarak, ölçüm tarihinden bitiş tarihine 1, ..., n-1'e kadar  $x_i$  veri sütunu hazırlanır. Daha sonra,  $x_i$  veri sütunu ve  $x_j$  veri sütunu Denklem 1'deki signum fonksiyonu kullanılarak Denklem 2'deki test istatistiği toplam (S) değeri hesaplanır.

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

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

Denklem 3’de, n: veri sayısı, P: veri serideki bağlı grupların sayısı, ti: i uzunluğundaki bir seride bağlı gözlemlerin sayısını göstermektedir.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^P t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

Veri uzunluğu, n>10 olduğu seriler için Denklem 3’deki varyans hesabı yapılır ve burada verilerin yaklaşık olarak normal dağılıma (Standard sapma ( $\sigma$ )=1 ve ortalama ( $\mu$ )= 0) uyduğu kabul edilmektedir. Denklem 3 ile varyans hesaplandıktan sonra, Denklem 4’de Mann Kendall test istatistiğinin (S) sınırlarına göre Z değeri hesaplanmaktadır. Hesaplanan Z değeri de belirlenen çift yönlü olasılık düzeylerine karşılık gelen normal dağılım çizelgesindeki standart Z değerleriyle karşılaştırılmaktadır.

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

Testlerin anlamlılık düzeyleri normal dağılım için mühendislik uygulamalarında sıklıkla kullanılan 0.10 ( $\alpha$ =%10, Z=1.65), 0.05 ( $\alpha$ =%5, Z=1.96) ve 0.01 ( $\alpha$ =%1, Z=2.58) olasılığına sahip çift yönlü güven aralıkları kabul edilmektedir. Denklem 4 yardımıyla hesaplanan Z değeri,  $\alpha$  anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın  $Z_{1-\alpha/2}$  değerinden büyük olduğu durumlarda sıfır hipotezi ( $H_0$ ) kabul edilmemektedir. Bu durum, zaman serisinde eğilimin olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde hesaplanan Mann-Kendall Z değeri çizelgedeki  $Z_{1-\alpha/2}$  değerinden küçük ise istatistiksel olarak anlamlı bir eğilimin olmadığı göstermektedir. Denklem 2 ile hesaplanan S test istatistiğinin değeri incelenen olayda negatif ise azalan yönde, pozitif ise artan yönde bir eğilim olduğunu göstermektedir.

### III. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

Coğrafi konumuyla Türkiye, iklim kuşaklarından ılıman kuşak ile tropik altı kuşak arasındadır. Bu durum ülkemizde çeşitli iklim tiplerine sebep olmaktadır. Örneğin denize yakın yerlerde ılıman özellikler görülürken, yükseklikleri ve uzanış şekilleriyle dağlar bu etkinin iç kesimlere ulaşmasını engeller. Böylece iç kesimlerde karasal iklim özellikleri görülür.

Bu çalışmada, Türkiye’yi temsilen 81 adet vilayet istasyonunun yıllık ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır.

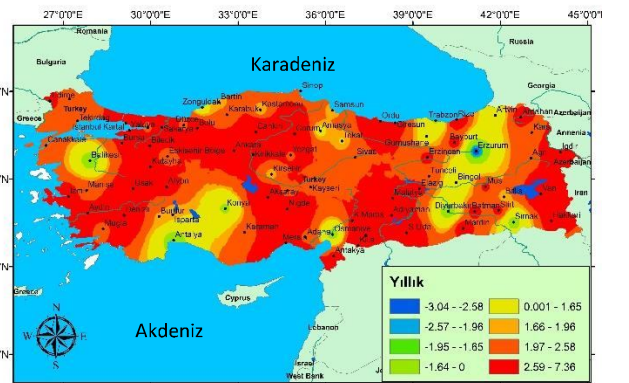
Bu veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)’nden temin edilmiştir. Veri sayısı 30 yıldan dan az olan istasyonlar istatistiksel anlamlılık açısından yetersiz olduğu kabulü ile çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmada kullanılan istasyonların dağılımı Şekil 1’de yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışılan MGM istasyonları

### IV. UYGULAMA

Mann-Kendall trend testi kullanılarak yıllık ortalama sıcaklık verilerinin trend analizi yapılmıştır. İstasyonlara ait Mann-Kendall sonuçları tablosal “Z” değerleriyle değil de Coğrafi Bilgi Sistemleri’nin yardımıyla trend dağılımını gösteren harita ile verilmiştir. Bu haritalar Mann-Kendall Z değerlerinin “Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW)” enterpolasyon tekniğiyle çalışma alanı sınırlarında genişletilmesiyle elde edilmiştir [20]. Yıllık değerlendirme sonuçları Şekil 2’de yer almaktadır.



Şekil 2. Türkiye ortalama sıcaklık verilerinin yıllık MK “Z” değeri dağılımı

Bir istasyonda trendin olup olmadığı veya bir eğilim varsa bunun şiddetinin hangi güven aralığında olduğunu tespit etmek için bu haritalar etkili bir şekilde kullanılabilir. Şekil 2’den görüleceği gibi ülke genelinde yıllık ortalama sıcaklıklar artan yönde eğilim göstermektedir. Özellikle Ege Bölgesinin Güneyi, İç Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi’nin Doğusu ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi’nin bir kısmında Mann-Kendall Z değerleri %99 ( $Z > 2.58$ ) güven aralığını aşmaktadır. Mersin  $Z=7,361$  değeriyle başta olmak üzere Denizli, Çorum ve Çankırı da en fazla artışın olduğu görülmüştür. Bu durum ise artan yönde eğilimin diğer

istasyonlardan daha fazla olduğunu göstermektedir. Şekil tekrar incelendiğinde Erzurum'da  $Z=-3,044<-2.58$  değeriyle azalan trend olduğu tespit edilmiştir.

## V. SONUÇ

Toplamda 55 yıl olan ortalama sıcaklık verileri ( $^{\circ}\text{C}$ ) kullanılarak yıllık olarak gidiş eğilimleri (trendleri) incelenmiştir. Analizlerde Mann-Kendall trend analiz yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılmıştır. Trend analizinde hesaplanan Z değerleri belirlenen olasılık anlamlılık düzeylerine karşılık gelen normal dağılım çizelgesindeki standart Z değerleriyle ( $\alpha=10\%$ ,  $5\%$ ,  $1\%$ ) karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde;

1. Mann-Kendall yöntemi Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla anlaşılması daha kolay haritalar halinde sunulabilmektedir.
2. Ülkemizin genel trend dağılımı bu çalışmada ele alınmış olup, sadece Erzurum (MK  $Z=-3,044$ ) istasyonunda azalan yönde eğilim olduğu görülmüştür. Bu azalışın nedeni Erzurum ilinin coğrafi özelliklerine bağlı olduğu düşünülmektedir. Erzurum ili Türkiye'nin rakımı en yüksek illeri arasındadır, ayrıca bölgede sert kara iklimi görülmektedir.
3. Antalya, Balıkesir, Diyarbakır, Osmaniye, Şırnak, Konya, Trabzon, Bingöl, Zonguldak, Artvin, Gümüşhane, Amasya, Tokat ve Kastamonu ( $-1,65<MK=Z<1,65$ ) istasyonlarında elde ettiğimiz verilerin analiz sonuçları sıfır hipotezine ( $H_0$ ) uymaktadır. Yani bu durum istatistiksel olarak artan ya da azalan yönde bir trend olmadığı anlamına gelmektedir.
4. Artan yöndeki trendler incelendiğinde ise (Şekil 2) istatistiksel olarak en fazla artış Mersin (MK  $Z=7,361$ ) istasyonunda görülmüştür. Bu artışın, Mersin ilinin konumsal ve iklimsel özelliklerine bağlı olduğu düşünülmektedir. Mersin ili Türkiye'nin rakımı en düşük illeri arasındadır, ayrıca bölgede akdeniz iklimi hüküm sürmektedir.
5. Çalışma sonunda yapılan Mann-Kendall Z değerleri ile IDW yöntemi elde edilen haritadan %99 güven aralığında Türkiye'nin büyük çoğunluğunun artan yönde trend eğiliminde olduğu görülmektedir.

Tüm bu sonuçlar ele alındığında 1960 ve 2014 yılları arasında Türkiye genelinde yıllık ortalama sıcaklık verilerinin istatistiksel olarak artan yönde bir eğilim olduğu görülmüştür. Bu sonuç ülkedeki sıcaklık artışlarının gün geçtikçe artması yönünde bir uyarı şeklinde yorumlanabilmektedir. Fakat sıcaklıkla ilgili kesin sonuçlar elde edebilmek için aylık olarak trend analizlerinin de yapılması gerekmektedir.

Su kaynaklarının planlanmasında yönetiminde ve denetiminde diğer meteorolojik verilerin de kullanıldığı haritalar geliştirilmeli, bölgesel ve zamansal olarak değişimler incelenmelidir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar maddi desteklerinden dolayı KTO Karatay Üniversitesine ve verilerin temin edilmesi konusunda Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne teşekkür etmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] B. Efe and E. Özgür, "Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Normalin Yüzdesi Metodu (PNI) ile Konya ve Çevresinin Kuraklık Analizi," *II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu*, pp. 1-6, 2014.
- [2] D. Solomon, S. et al., "Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change," *New York Cambridge Univ. Press*, p. 996, 2007.
- [3] URL, "No Title," 2017. [Online]. Available: [www.hurriyet.com.tr/fransada-sicak-hava-olumlere-sebep-oldu-29490009](http://www.hurriyet.com.tr/fransada-sicak-hava-olumlere-sebep-oldu-29490009). [Accessed: 29-Sep-2017].
- [4] T. Partal, "Trend Analysis in Turkey Precipitation Data," *Inst. Sci. Technol.*, vol. 53, p. 101, 2002.
- [5] B. Efe, H. Toros, and A. Deniz, "Türkiye Geneli Yağış ve Sıcaklık Verilerinde Eğilimler ve Salmımlar," in *VII. Atmospheric Science Symposium*, 2015.
- [6] O. Arslan, "Niğde İli'ndeki Potansiyel Evapotranspirasyon Tahminlerinin Trend Analizi," *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilim. Derg.*, vol. 6, no. 2, pp. 602-608, 2017.
- [7] M. Karabulut, F. Sarıyıldız, H. Korkmaz, and M. Gürbüz, "Göksun'da Yağış ve Sıcaklıkların Trend Analizleri," in *100.Yında Göksun Sempozyumu*, 2004, pp. 419-434.
- [8] Y. Kızılelma, M. A. Çelik, and M. Karabulut, "İç Anadolu Bölgesinde Sıcaklık ve Yağışların Trend Analizi," *Türk Coğrafya Dergisi*, no. 64, pp. 1-10, 2015.
- [9] F. Cosun and M. Karabulut, "Kahramanmaraş 'ta Ortalama , Minimum ve Maksimum Sıcaklıkların Trend Analizi," *Türk Coğrafya Derg.*, vol. 53, pp. 41-50, 2009.
- [10] N. Özel, S. Kalaycı, M. F. Sevimli, and M. Büyükyıldız, "Sakarya Nehri Havzası Aylık Akım Verilerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Trend Analizi," *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknol. Derg.*, vol. 19, no. 2, pp. 11-22, Jun. 2004.
- [11] Z. Şen, "Innovative trend significance test and applications," *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 127, no. 3-4, pp. 939-947, Feb. 2015.
- [12] Z. Şen, "Trend Identification Simulation and Application," *J. Hydrol. Eng.*, vol. 19, no. 3, pp. 635-642, 2014.
- [13] Z. Şen, "Innovative Trend Analysis Methodology," *J. Hydrol. Eng.*, vol. 17, no. 9, pp. 1042-1046, 2012.
- [14] T. Partal and E. Kahya, "Trend analysis in Turkish precipitation data," *Hydrol. Process.*, vol. 20, no. 9, pp. 2011-2026, 2006.
- [15] M. Ay and O. Kisi, "Investigation of trend analysis of monthly total precipitation by an innovative method," *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 120, no. 3-4, pp. 617-629, May 2014.
- [16] M. Karabulut, "Doğu Akdeniz ' de Ekstrem Maksimum ve Minimum Sıcaklıkların Trend Analizi," *KSU J. Nat. Sci.*, no. Special Issue, pp. 26-28, 2012.
- [17] M. Gocic and S. Trajkovic, "Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia," *Glob. Planet. Change*, vol. 100, pp. 172-182, 2013.
- [18] V. Demir and O. Kisi, "Comparison of Mann-Kendall and innovative trend method ( Şen trend ) for monthly total precipitation ( Middle Black Sea Region , Turkey )," no. May, pp. 344-351, 2016.
- [19] S. Yue, P. Pilon, and G. Cavadias, "Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series," *J. Hydrol.*, vol. 259, no. 1-4, pp. 254-271, 2002.
- [20] E. D. Taylan and D. Damçayırı, "Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini," *İMO Tek. Dergi*, vol. 459, pp. 7551-7560, 2016.