

Araştırma Makalesi / Research Article

Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesindeki Sıcaklık Eğilimlerinin Yenilikçi Trend Analizi ve Mann-Kendall ile Belirlenmesi

¹M. Erol KESKİN, ^{*2}Kemal SAPLIOĞLU

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, erolkeskin@sdu.edu.tr, ORCID ID <http://orcid.org/0000-0003-3749-5169>

^{*2}Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, kemalsaplioglu@sdu.edu.tr, ORCID ID <http://orcid.org/0000-0003-0016-8690>

Geliş / Recieved: 30.01.2023;

Kabul / Accepted: 30.05.2023

Öz

Küresel ısınma dünya atmosferinin kademeli olarak ısınmasına neden olurken, su kaynaklarını da önemli oranda etkilemektedir. İklim değişiminin en önemli parametrelerinin başında da sıcaklık gelmektedir. Bu parametrenin trendinin araştırılması gelecekte yapılacak çalışmalar açısından oldukça önemlidir. Bu araştırmada, Türkiye'nin doğusunda Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 14 ile ait sıcaklıklara ilişkin analiz yapılmıştır. Çalışmada, Mann-Kendall testi, Yenilikçi Trend Analizi (ITA) ve ITA'yı baz alan istatistiksel analiz kullanılmıştır. Yapılan analizlerin bulguları, 12 noktada pozitif bir trend görülmüştür. Bu bölgede sadece Erzurum ilinde bir düşüş eğilimi tespit edilmiştir. Ayrıca %95 güven aralığında Bitlis'de herhangi bir trend oluşmadığı da bulgular arasındadır. Çalışmada kullanılan üç yöntemin, sadece bir analiz dışında, %95 güven aralığında birbirini destekledikleri görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Mann-Kendall, Yenilikçi trend analizi, Sıcaklık, Türkiye, Doğu Anadolu Bölgesi

^{*2}Sorumlu yazar / Corresponding author

Bu makaleye atıf yapmak için

Keskin M. E. & Saplıoğlu, K. (2023). Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesindeki sıcaklık eğilimlerinin Yenilikçi Trend Analizi ve Mann-Kendall ile belirlenmesi *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 5(1), 1-16.

Determination of Temperature Trends in The Eastern Anatolia Region of Turkey Using Innovative Trend Analysis and Mann-Kendall

Abstract

While global warming causes the world's atmosphere to gradually warm up, it also significantly affects water resources. Temperature is one of the most important parameters of climate change. Investigation of the trend of this parameter is very important for future studies. In this research, an analysis of the temperatures of 14 provinces in the Eastern Anatolia Region of eastern Turkey was conducted. Mann-Kendall test, Innovative Trend Analysis (ITA) and statistical analysis based on ITA were used in the study. The findings of the analyzes performed showed a positive trend at 12 points. In this region, a decreasing trend was detected only in Erzurum province. In addition, it is among the findings that there is no trend in Bitlis 95% confidence interval. It was seen that the three methods used in the study supported each other at the 95% confidence interval, except for only one analysis.

Keywords: *Mann-Kendall, Innovative trend analysis, Temperature, Turkey, Eastern Anatolia Region*

1. Giriş

Dünyanın tatlı su kaynakları, gezegendeki toplam suyun yaklaşık yüzde üçünü oluşturmaktadır. Sanayileşme ve nüfus artışı ise hâlihazırda mevcut olan tatlı su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkiye, özellikle sıcaklıktaki dalgalanmalar sebep olmaktadır. Bu durum, önümüzdeki yıllarda suyla ilgili çok önemli sorunların olabileceğine dair bir uyarının işareti olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuç olarak, mevcut su kaynaklarının hem bugünü hem de geleceği için mümkün olan en iyi planlamaya sahip olması gerekir. Bu planlamanın yapılabilmesi içinde akımların trendlerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Son zamanlarda bu alanda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Örneğin, Bangladeş'te (Baria, vd., 2016), Sicilya'da (Cannarozzo, vd., 2006), Türkiye'de (Partal & Butler, 2006), Suudi Arabistan'da (Alhathloul, vd., 2021), Japonya'da (Yue & Hashinoya, 2003), Türkiye'nin Güneydoğusunda (Bahadır, 2011), Çin'in Yangtze havzasında (Yue ve Hashinoya, 2003) yağış trendi verilerinin analizi yapılmıştır (Ayrıca göller üzerinde çeşitli araştırma projeleri yürütülmüştür (Saplıoğlu vd., 2017), nehirler (Saplıoğlu vd., 2014), sediment (Burgan, 2022) ve su kalitesi (Saplıoğlu, vd., 2014; Lampe ve Kundapura, 2021). Yapılan çalışmaları kategorilere ayırmak gerekirse çoğu teorik (Singh & Goyal, 2016), istatistiksel (Onyutha, 2016) ve grafik olarak (Cui vd., 2017; Şen, 2012) yapılmıştır.

İstatistiksel yöntemlerin en önemlilerinden biri Mann-Kendall eğilim testi olarak bilinir (Mann, 1945; Kendall, 1975). Bu test önemli sayıda araştırmaya konu olmuştur. Bangladeş (Baria, vd., 2016), Sicilya (Cannarozzo, vd., 2006), Arjantin Córdoba (Casaa & Nasello, 2010) ve Brezilya'nın üç farklı bölgesinde (Baria, vd., 2016) araştırmacılar tarafından analiz edilmiştir (Carvalho, vd., 2014) Malezya Yarımadası'ndaki saatlik yağıştaki değişiklikler (Syafrina, vd., 2015) ve güney bölgelerdeki yağış yoğunluklarının eğilimleri (Kamruzzamana, vd. al., 2016; Saplıoğlu ve Çoban, 2013), Sudan'daki yağış eğilimini (Goenster, vd., 2015), Birleşik Devletler'deki yağış ve sıcaklık eğilimi Mann-Kendall ile yürütülen birçok çalışmadan sadece birkaçıdır.

Şen (2012) tarafından önerilen ve görsel olarak değerlendirilen ITA'dan önemli sayıda çalışan faydalanmaktadır (Esit, 2023). Araştırmaların bir kısmı, yağış (Güçlü, 2018; Sanikhani, vd., 2018), nehir akışı (Saplıoğlu ve Güçlü, 2022) ve sıcaklık (Dabanlı & Şen, 2018; Cui, vd., 2017) alanlarında yapılmıştır. Literatürde nispeten yeni olan bu yöntem, trend belirlemede ekstrem olayların önemini vurgulamaktadır (Saplıoğlu, vd., 2017). Bu test, veri setini ikiye bölerek birinci ve ikinci yarıları karşılaştırır (Şen, 2014).

Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan on dört farklı istasyondan alınan yıllık ortalama sıcaklık verilerinden yararlanılmıştır. Bu verilerin hem MK hem de ITA yöntemleri ile trendleri belirlenmiştir.

Ayrıca Saplıoğlu (2015) tarafından sunulan bir analiz yöntemi olan ITA'nın istatistiksel analizi kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Her üç analiz yönteminin sonuçları tablo ve şekiller ile karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

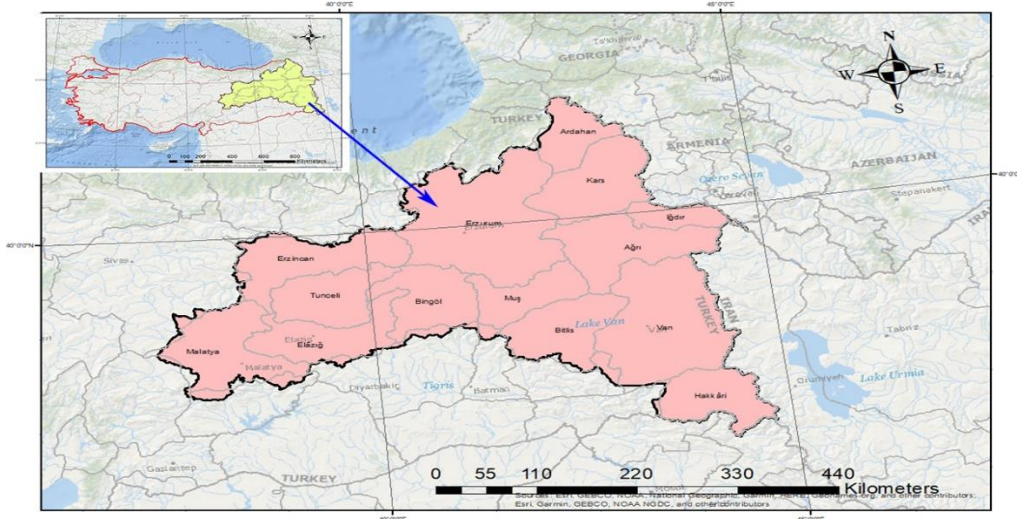
2.1. Materyal

Çalışmada, Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde bulunan toplanan 14 farklı ile

ait istasyonlar incelenmiştir (Şekil 1). Ardahan, Erzincan, Erzurum, Kars, Ağrı, Iğdır, Tunceli, Van, Malatya, Elazığ, Bingöl, Muş, Bitlis ve Hakkari istasyonları için sıcaklık ve istatistik bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. Bu tablodaki değerlere bakıldığında verilerin normal dağılıma uyduğu söylenebilir.

Tablo 1. Verilerin istatistiksel değerlendirmesi

İstasyonlar	Ortalama Sıcaklık (C ⁰)	Standard Sapma	Çarpıklık	Basıklık	Veri Periyodu (yıl)
Ardahan	3.82	1.12	0.57	0.48	1963-2016
Erzincan	11	1.10	0.16	0.13	
Erzurum	5.52	1.12	0.21	-0.08	
Kars	4.85	1.15	-0.11	0.23	
Ağrı	6.23	1.24	0.02	-0.17	
Iğdır	12.1	1.17	-0.47	-0.21	
Tunceli	12.8	0.93	0.58	-0.29	
Van	9.22	1.05	-0.61	-0.31	
Malatya	13.8	0.96	0.31	0.14	
Elazığ	13.1	0.97	1.35	-0.29	
Bingöl	12.1	1.05	0.48	-0.14	
Muş	9.79	1.33	0.24	-0.13	
Bitlis	8.66	0.77	0.40	-0.12	
Hakkari	10.3	1.16	-0.06	-0.13	



Şekil 1. Doğu Anadolu Bölgesi yer bulunduru haritası

2.2. Metot

2.2.1. Mann-Kendall Trend Testi

Mann-Kendall trend testi, 1945 yılında Mann ve 1975 yılında Kendall tarafından geliştirilmiş parametrik olmayan bir testtir. Verilerin dağılımına bağlı değildir. Hipotezin sonucu olumsuz ise, trendin oluşumu hakkında bir açıklama yapmak mümkündür. Hipotez, zaman serileri içindeki herhangi bir eğilimin oluşumunu anlamak için kurulur. Çalışmada kullanılan zaman sondan başa ve baştan sona olmak üzere iki farklı kategoriye ayrılabilir. Bu çiftlerin

her biri için eski veri sonraki veriden küçükse, P değeri +1 artırılır; tam tersi durumdaki koşul için M değeri +1 artırılır. Bundan sonra, S değeri P değerinden M değerinin çıkarılması ile elde edilir (Gociç ve Trajkoviç, 2013). Hipotez, test tarafından desteklenmediğinde ve S değeri pozitif bulunduğu anda, yükseliş eğilimi olduğu sonucuna varılır. S'nin değeri negatif değerlerinde ise azalış trendi olduğu belirlenir.

MK'in Z değeri veri sayısı 30'dan fazla olduğu durumlarda aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\mu_s = 0 \text{ ve } \sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (1)$$

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sigma_s} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{s+1}{\sigma_s} & s < 0 \end{cases} \quad (2)$$

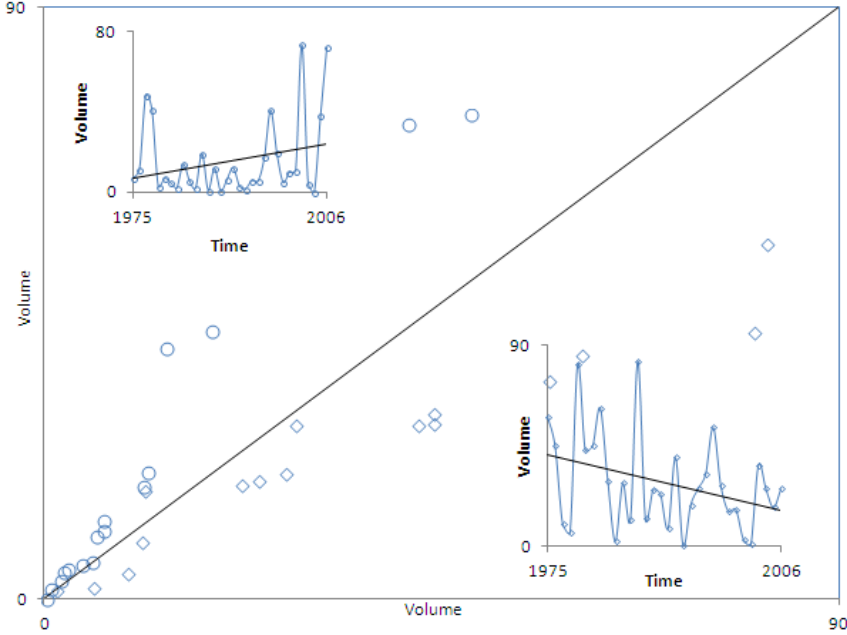
Elde edilen Z değeri normal dağılımdaki $Z/2$ değerine (% 95 güven aralığı için 1.96) karşılık gelen değerden küçük olduğu durumda hipotez kabul edilir. Böyle bir durumda trend oluşmaz. Bunun nedeni $Z/2$ değerinin trend olup olmadığını belirleyen değer olmasıdır. Bu değerin $Z/2$ değerine karşılık gelen değerden yüksek çıkması durumunda hipotez rtlrken trendin geçerli olduğu kabul edilir. Verilerin dağılımla tutarlı olması gerekmediğinden bu oldukça pratik bir yöntemdir (Yue, vd., 2002).

2.2.2. Yenilikçi Trend Analizi (ITA)

şen (2012), koordinat sisteminin 1:1 doğrusuna dayalı bir eğilim analizi yöntemi sunmuştur. Bu çizgiye görece yakın olan bölgelerde belirgin bir eğilim görülüp görülmeme ilkesine dayanır. 1:1 hattının her iki yanında üçgen bölümler yer almaktadır. Trend hakkında bilgi bu

Üçgen alanlarda bulunabilir (şekil 2). Yöntem için ilk adımında, zaman serisindeki veriler eşit büyüklükte iki gruba ayrılır. Zaman serisinin başından ortalarına kadar olan veriler bu serilerin birincisini oluşturmaktadır. Verilerin ikinci kısmı, zaman serisinin orta noktasını belirleyen verilerden sonra meydana gelen verilerdir.

İki grup veride küçükten büyüğe doğru sıralanır. Birinci veri grubu x eksenini boyunca ve ikinci veri grubu y eksenini boyunca konumlandırılır. Son adımda, dağılım diyagramının ortasından geçen 1:1 oranında bir çizgi çizilir. Dağılım diyagramı sonuçları 1:1'den küçük olduğunda trend azalan eğilimdedir. Tam tersi durumda, trend yukarı yönlü hareket etmektedir. Ayrıca 1:1 çizgisine yakın değerlerin alındığı gözlenirse bu durumda trend olmadığını söylemek mümkündür. (şen, 2012; şen, 2014).



Şekil 2. ITA ile artan ve azalan trend gösterimi (Saplıoğlu, 2015)

2.2.3. İstatistiksel ITA

Saplıoğlu (2015), Şen tarafından geliştirilen grafik testten esinlenerek bu yöntemi geliştirmiştir. Aynı Şen testinde olduğu gibi veriler iki eşit parçaya bölünür ve en küçükten en büyüğe doğru sıralanır. Daha sonra, birinci veri setinin birinci değerinin ikinci veri setinin birinci değerinden çıkarılmasıyla ölçülen değer ilk değer olarak alınır. İkinci sırada, birinci veri setinin ikinci değeri ikinci veri setinin ikinci değerinden çıkarılır. Bu işlem daha sonra tüm veriler tamamlanana kadar tekrarlanır. Bir sonraki adımda ise, elde edilen tüm değerlerin ortalaması hesaplanır (Denklem 3).

$$MX = \sum_{i=1}^n (X_{2i} - X_{1i}) / n \quad (3)$$

Burada i indis X_1 birinci veri seti, X_2 ikinci veri seti, her veri setindeki n veri sayısı ve MX karşılaştırılan veriler arasındaki farkların ortalamasıdır. MK'da kullanılan Denklem 1 ve 2, Z'nin değerini bulmak için bu yöntemde de kullanılır. Sadece bu denklemdeki S değeri yerine MX değeri kullanılır.

Burada da H_0 hipotezi kurulmuştur. Bu teoride herhangi bir değişiklik olmadığı kesin olarak kabul edilmektedir. Hipotezin bulguları 30'dan küçük olduğunda t testi kullanılır. Aksi takdirde bulgular z testine tabi tutulur. Bu tür araştırmalarda, hipotez çürütüldüğünde genel eğilimde değişiklik olduğu kabul edilir. Bulguların negatif çıkması durumunda, trendin negatif olduğu, pozitif çıkmasında durumunda ise trendin artış yönünde olduğu kabul edilir.

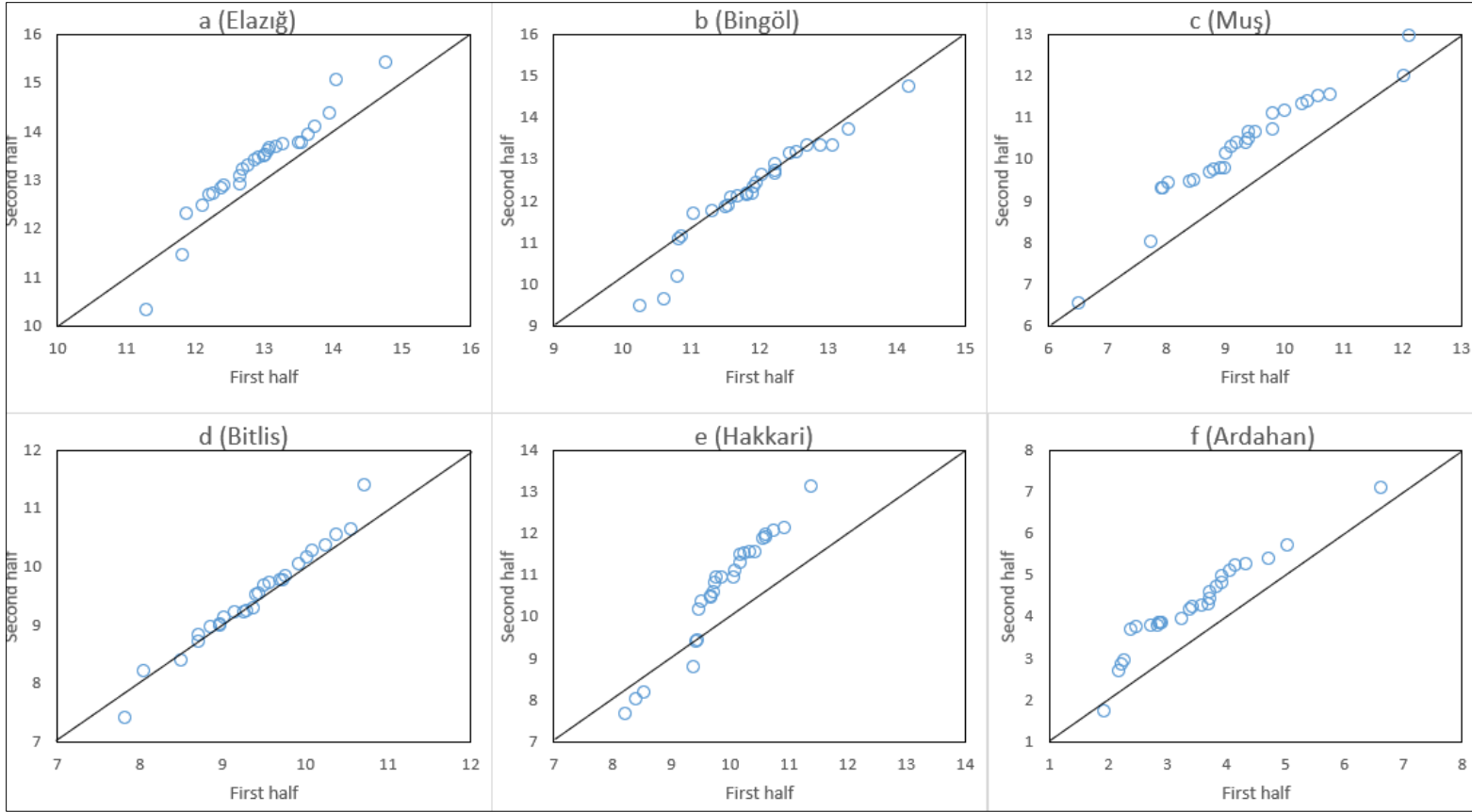
3. Bulgular

Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesini oluşturan iller arasında yer alan 14 sıcaklık ölçüm noktasından toplanan veriler üzerinde analiz yapmak için ITA, MK ve ITA'nın istatistiksel ifadesi kullanılmıştır. MK'nin Z değerleri ve ITA'nın istatistiksel ifadesi hesaplanmış Tablo 2'de gösterilmiştir. Z'nin bu değerleri sırasıyla Z_{mk} ve Z_{ITA} olarak yazılmıştır. Yüzde 95 güven aralığında kabul edilebilir sayılabilmesi için trendin $\pm 1,96$ aralığının dışında olması gerekmektedir. Bu çalışma, toplam elli dört yıla yayılan verileri incelemektedir. Veri seti ikiye bölündükten sonra analiz edilmesi gereken toplam 27 gözlem olacak ve bu 27 gözlemden Z_{ITA} değeri elde edilecektir. Bu nedenle, yüzde 95 için güven aralığı, 27 gözleme karşılık gelen t değeri (2,05) kullanılarak test edilmiştir. İki istatistiksel analiz karşılaştırıldığında, 13 analiz uyumlu olduğu görülmektedir. Bingöl'deki pozitif eğilim sadece MK testi ile bulunduğu için diğer yöntemle tespit edilememiştir. Bu analizlerin her ikisine göre 11 pozitif eğilim ve yalnızca bir negatif eğilim vardır. Bitlis'te ise ana yöntemlerden hiçbirini %95 güven aralığında trendi bulamamıştır. ITA yöntemi, istatistiksel yöntemi ile elde edilenlere benzer sonuçlar vermiştir. MK, Bingöl'de pozitif bir eğilim tespit

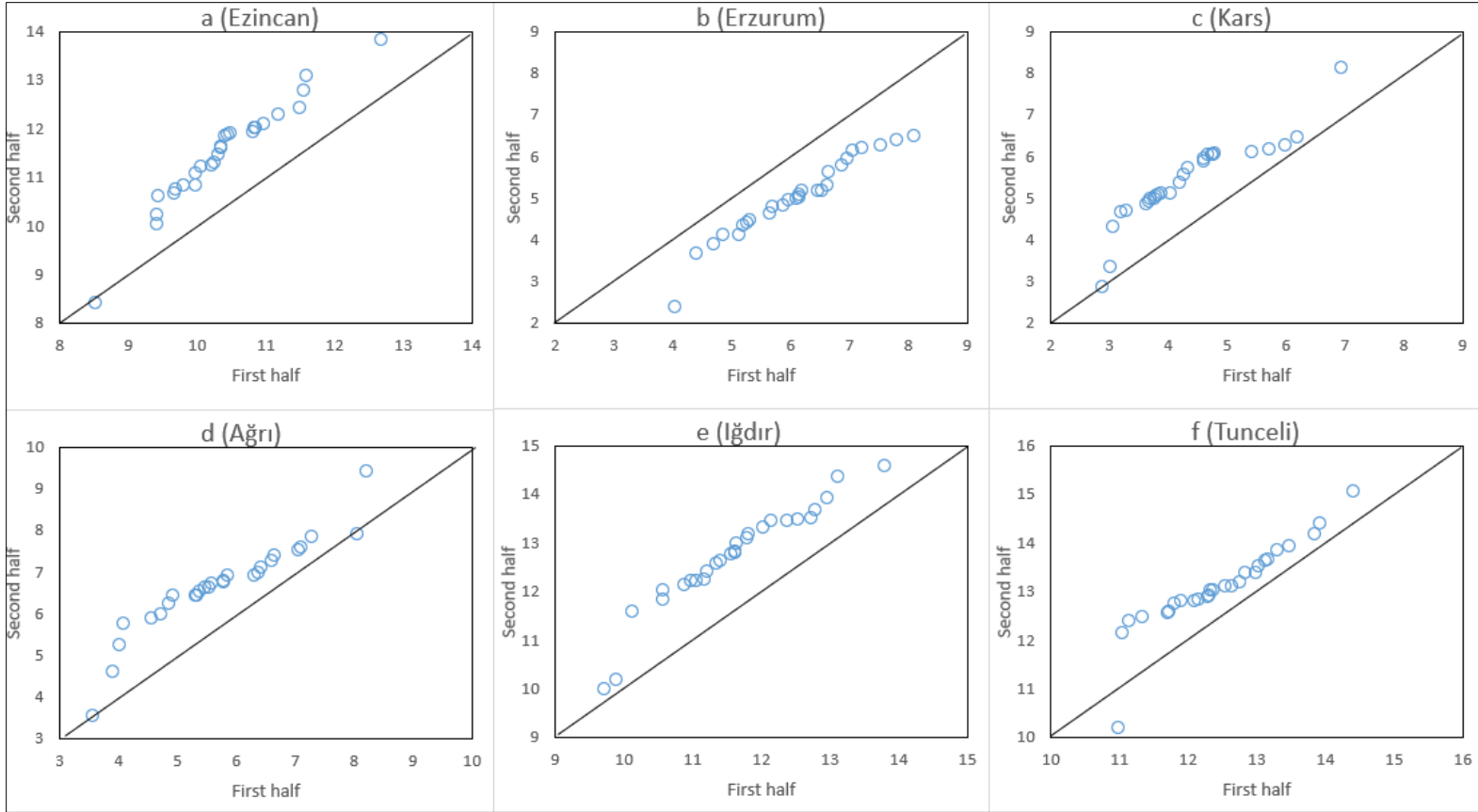
edebilmiştir, ancak ITA ve ITA tarafından derlenen istatistikte aynı eğilimi göstermedi (Şekil 3b). Erzurum Z değeri negatif olan tek istasyondur (yüzde 95 güven aralığı) ve diğer tüm istasyonlarda Z değerleri pozitif olmasına rağmen bu negatif eğilim ITA tarafından desteklenmektedir (Şekil 4b). Bölgedeki tüm istasyonlarda sıcaklıklarda bir eğilim ya da pozitif bir eğilim olmamasına rağmen, Erzurum'da meydana gelen sıcaklık düşüşü dikkatle araştırılması gereken bir konudur. Elde edilen Z değerleri bölgesel çalışıldığı için idari harita üzerinde işlenmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7), ve bu haritalar incelendiğinde MK ve ITA istatistiklerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde bölge genelinde sıcaklıklarda artış yaşandığını söylemek mümkündür. Ancak Erzurum'daki gerileme bu genellemenin yapılmasını engellemektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, bölgede yapılacak su kaynakları projeleri ve yönetiminin optimum olarak çalışabilmesi için önemli bir kaynak oluşturmuştur. Çünkü özellikle yağış ve buharlaşma üzerinde önemli etlisi olan sıcaklık verilerinin eğiliminin bilinmesi proje ve yönetiminin optimum şekilde değerlendirilmesini sağlayan parametrelerin başında gelmektedir.

Tablo 2. MK ve ITA'nın ilgili testlerinin sonuçları

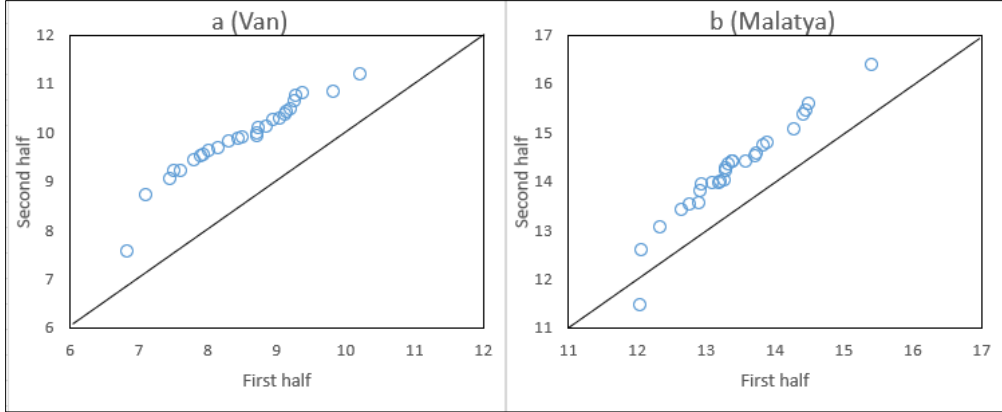
	$Z_{MK} (\%95)$		$Z_{ITA} (\%95)$		ITA	Trend
	(Z testi 1.96)		(t testi 2.05)			
Elazığ	3.62	↑	2.11	↑	↑	Artan
Bingöl	2.07	↑	0.75	→	→	Trend yok
Muş	3.55	↑	2.75	↑	↑	Artan
Bitlis	0.98	→	0.49	→	→	Trend yok
Hakkari	3.8	↑	2.28	↑	↑	Artan
Ardahan	4.25	↑	2.86	↑	↑	Artan
Erzincan	4.89	↑	2.33	↑	↑	Artan
Erzurum	-1.96	↓	-2.08	↓	↓	Azalan
Kars	4.36	↑	3.87	↑	↑	Artan
Ağrı	2.53	↑	2.06	↑	↑	Artan
Iğdır	5.13	↑	2.00	↑	↑	Artan
Tunceli	3.14	↑	2.01	↑	↑	Artan
Van	5.73	↑	4.22	↑	↑	Artan
Malatya	4.60	↑	3.50	↑	↑	Artan



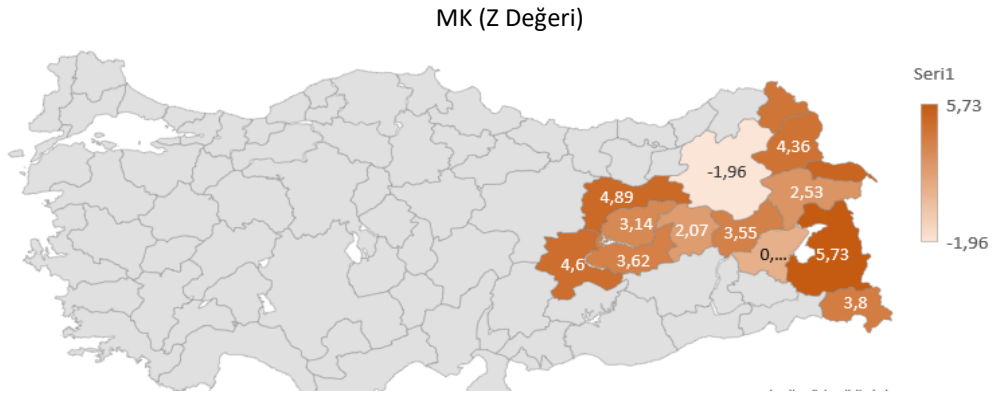
Şekil 3. ITA yöntemi sonuçları Elazığ (a), Bingöl (b), Muş (c), Bitlis (d), Hakkari (e), Ardahan (f)



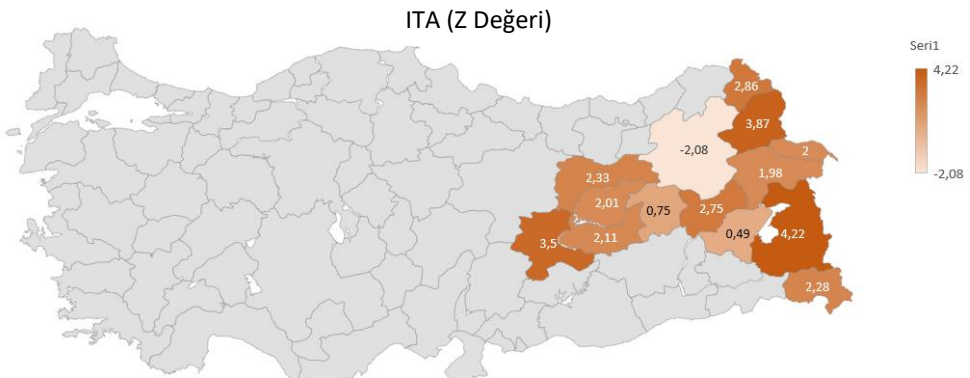
Şekil 4. ITA yöntemi sonuçları Erzincan(a), Erzurum (b), Kars (c), Ağrı (d), İğdır (e), Tunceli (f)



Şekil 5. ITA yöntemi sonuçları Van(a), Malatya (b)



Şekil 6. Trendlerin gösterimi (MK)



Şekil 7. Trendlerin gösterimi (ITA)

4. Sonuçlar

Su kaynaklarının verimli kullanılması için sıcaklık gibi parametrelerin çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bu analizlerden biri de trend analizidir. Trendlerin analizi bu analizlerin en önemli kısmıdır. Bu tartışma kapsamında literatürde önemli miktarda çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, Türkiye'de Doğu Anadolu bölgesinde analiz edilen 14 farklı veri istasyonunu içermektedir. Tüm analizler dikkate alındığında en çarpıcı sonuç Erzurum hariç tüm istasyonların yükseliş trendinde olmasıdır. MK ve ITA istatistikleri için yapılan 28 analizin 25'inde bu istatistik yüzde 95 güven aralığında desteklendi. Ayrıca 14 ITA testinden 12'si aynı artış oranını desteklediği görülmüştür. Araştırmadan çıkan bir diğer bulgu da bölgenin yukarı kesimlerinde yer alan Erzurum'da gözlenen düşüş eğilimidir. Bu eğilim, her üç analiz tarafından da doğrulanmıştır. Eğilim belirlemede kullanılan yöntemler incelendiğinde, ITA ve ITA için kullanılan istatistiksel yöntemlerin benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca üç farklı yöntemin her biri kullanılarak elde edilen sonuçların birbiriyle %95 güven düzeyinde tutarlı olduğu görülmüştür. Bingöl'deki bulgularda ise MK analizi ile uyum sağlandığı görülür. Çalışma Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan tüm illere ait sıcaklık verilerinin trendlerinin belirlenmesi ve gelecekte yapılacak çalışmalar için alt yapı oluşturmuştur.

5. Kaynaklar

- Alhathloul, S. H., Khan, A. A., & Mishra, A. K. (2021). Trend and change point detection in mean annual and seasonal maximum temperatures over Saudi Arabia, *Arabian Journal of Geosciences*, 14(12), 1-16. doi.org/10.1007/s12517-021-07454-z
- Bahadır, M., 2011. Temperature and precipitation trend analysis in the Southeastern Anatolia project (GAP) area, *Journal of International Social Research*, 4(16), 46-59. (in Turkish).
- Bari, S. H., Rahman, M. T. U., Hoque, M. A., & Hussain, M. M. (2016). Analysis of seasonal and annual rainfall trends in the northern region of Bangladesh, *Atmospheric Research*, 176, 148-158. doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.02.008
- Burgan, H. I. (2022). The short-term and seasonal trend detection of sediment discharges in turkish rivers, *Rocznik Ochrona Środowiska*, 24, 214-230 doi.org/10.54740/ros.2022.016
- Cannarozzo, M., Noto, L. V., & Viola, F. (2006). Spatial distribution of rainfall trends in Sicily (1921–2000). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 31(18), 1201-1211. doi.org/10.1016/j.pce.2006.03.022
- Carvalho, J. R. P., Assad, E. D., Oliveira, A. F., & Pinto, H. S. (2014). Annual maximum daily rainfall

- trends in the Midwest, southeast and southern Brazil in the last 71 years, *Weather and Climate Extremes*, 5, 7-15. doi.org/10.1016/j.wace.2014.10.001
- Casa, A., & Nasello, O. (2010). Breakpoints in annual rainfall trends in Córdoba, Argentina, *Atmospheric Research*, 95(4), 419-427. doi.org/10.1016/j.atmosres.2009.11.005
- Cui, L., Wang, L., Lai, Z., Tian, Q., Liu, W., & Li, J. (2017). Innovative trend analysis of annual and seasonal air temperature and rainfall in the Yangtze River Basin, China during 1960–2015, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 164, 48-59. doi.org/10.1016/j.jastp.2017.08.001
- Dabanlı, İ., & Şen, Z. (2018). Classical and innovative-Şen trend assessment under climate change perspective, *International Journal of Global Warming*, 15(1), 19-37.
- Esit, M. (2023). Investigation of innovative trend approaches (ITA with significance test and IPTA) comparing to the classical trend method of monthly and annual hydrometeorological variables: a case study of Ankara region, Turkey, *Journal of Water and Climate Change*, 14(1), 305-329.
- Gocic, M., & Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia, *Global and Planetary Change*, 100, 172-182. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014
- Goenster, S., Wiehle, M., Gebauer, J., Ali, A. M., Stern, R. D., & Buerkert, A. (2015). Daily rainfall data to identify trends in rainfall amount and rainfall-induced agricultural events in the Nuba Mountains of Sudan, *Journal of Arid Environments*, 122, 16-26. doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.06.003
- Güçlü, Y. S. (2018). Alternative trend analysis: half time series methodology, *Water Resources Management*, 32(7), 2489-2504. doi.org/10.1007/s11269-018-1942-4
- Kamruzzaman, M., Beecham, S., & Metcalfe, A. V. (2016). Estimation of trends in rainfall extremes with mixed effects models, *Atmospheric Research*, 168, 24-32. doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.08.018
- Karmeshu, N. (2012). *Trend detection in annual temperature & precipitation using the Mann Kendall test—a case study to assess climate change on select states in the northeastern United States* Master of Environmental Studies Capstone Projects, M.Sc. Thesis, Department of Earth and Environmental Science, University of Pennsylvania, Pennsylvania. United States.

- Kendall, M., 1975. *Rank Correlation Methods*. London: Charles Griffin.
- Khan, A., Chatterjee, S., & Bisai, D. (2017). Air temperature variability and trend analysis by non-parametric test for Kolkata observatory, West Bengal, India, *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 46(5), 966-971.
- Lambe, B. T., & Kundapura, S. (2021). Analysis of meteorological variability and tendency over Bilate basin of Rift Valley Lakes basins in Ethiopia, *Arabian Journal of Geosciences*, 14(23), 1-22. doi.org/10.1007/s12517-021-08962-8
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 245-259.
- Onyutha, C. (2016). Statistical analyses of potential evapotranspiration changes over the period 1930–2012 in the Nile River riparian countries, *Agricultural and Forest Meteorology*, 226, 80-95. doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.05.015
- Partal, T., & Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data, *Hydrological Processes* 20(9), 2011-2026.
- Saplıoğlu, K., & Çoban, E. (2013). Karadeniz bölgesi yağış serilerinin trend analizi. VII. *Ulusal Hidroloji Kongresi Bildirileri, Isparta, Turkey*.
- Saplıoğlu, K., Kilit, M., & Yavuz, B. K. (2014). Trend analysis of streams in the western mediterranean basin of Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(1), 313-327.
- Saplıoğlu, K. (2015). A New methodology for trend analysis: A case study in Burdur and Isparta, Turkey, *Fresenius environmental Bulletin*, 24, 3344-3351.
- Saplıoğlu, K., Küçükerdem, T. S., & Dawood Alqaysi, R. S. (2017). Determination of water quality classes and trends of Mediterranean region streams. *Dicle University Journal of Engineering*, 8(1), 4. (in Turkish)
- Singh, V., & Goyal, M. K. (2016). Analysis and trends of precipitation lapse rate and extreme indices over north Sikkim eastern Himalayas under CMIP5ESM-2M RCPs experiments, *Atmospheric Research*, 167, 34-60. doi: 10.1016/j.atmosres.2015.07.005
- Syafrina, A. H., Zalina, M. D., & Juneng, L. (2015). Historical trend of hourly extreme rainfall in Peninsular Malaysia, *Theoretical and Applied Climatology*, 120(1), 259-285. doi: 10.1007/s00704-014-1145-8
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology, *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046. doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000556
- Saplıoğlu, K., & Güçlü, Y. S. (2022). Combination of Wilcoxon test and scatter diagram for trend analysis of hydrological data, *Journal of Hydrology*, 612,

- 128132.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128132
- Şen, Z. (2014). Trend identification simulation and application, *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 635-642. doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000811
- Yue, S., & Hashino, M. (2003). Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan, *JAWRA, Journal of the American Water Resources Association*, 39(3), 587-596. doi: 10.1111/j.1752-1688.2003.tb03677.x
- Yue, S., Pilon, P., & Cavadias, G. (2002). Power of the Mann–Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series, *Journal of hydrology*, 259(1-4), 254-271. doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00594-7