

Investigation of Global Warming Case of Antalya

Onur Arslan ^{a,1}

^a Bolu Abant İzzet Baysal University, Department of Civil Engineering, Bolu, Turkey
ORCID ID: 0000-0003-2456-1788

Abstract

Antalya is one of the most important cities of Turkey in terms of agriculture, tourism and population. In this study, the global warming case of Antalya was investigated by using the monthly mean maximum, monthly mean minimum and monthly mean temperature data of Elmalı, Korkuteli, Antalya, Manavgat and Gazipaşa meteorology stations between 1970 and 2017. For this aim, trend analyses were performed by Mann Kendall Rank Correlation method and beginnings of trends were determined. Run, interquartile range and autocorrelation tests were applied before trend analysis test. 99.99% confidence interval was used for all tests. Run test results indicated that the data is homogenous. According autocorrelation test results, there is not autocorrelation in the data except monthly mean minimum temperature data of Antalya station for August. Therefore, prewhitening was used for monthly mean minimum temperature data of Antalya station for August. The 12-month average value of the increasing trend was calculated as 98.33% for the mean temperature, 88.33% for the mean maximum temperature and 80% for the mean minimum temperature. The 12-month average value of the statistically significant increasing trend was calculated as 10% for the mean temperature, 5% for the mean minimum temperature and 0% for the mean maximum temperature. If 95% confidence level was used for Mann-Kendall test, the 12-month average value of the statistically significant increasing trend was calculated as 61.9% for the mean temperature, 34.5% for the mean maximum temperature and 51.2% for the mean minimum temperature. These results show that there is global warming in Antalya. The beginnings of statistically significant trends vary between 1992 and 2009. While water consumption is increasing due to increase in agriculture, tourism and population in Antalya, the global warming detected in this study shows that both water consumption and losses in water resources will increase further. Precautions are suggested in the results section.

Keywords: "Global warming, trend analysis, Mann Kendall rank correlation test, Antalya."

1. Giriş

Küresel ısınma uzun zamanlı sıcaklık verileri incelendiğinde meydana gelen artış olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde yaşanan küresel ısınmanın etkisi ile buzullar erimeye devam etmektedir. Buzulların erimesi deniz seviyelerini yükseltmeye başlamıştır. Yaşanan bu olaylar iklim değişikliği ile birlikte kuraklık, çölleşme, hortum, fırtına ve sel vb., doğal afetlerin artmasına neden olmaktadır.

Küresel ısınma su kaynaklarını ve yönetimini de olumsuz etkilemektedir. Küresel ısınma nedeniyle sıcaklıklar arttıkça buharlaşma da artacaktır. Bu da su kaynaklarındaki kayıpların artacağı anlamına gelmektedir. Yine küresel ısınma nedeniyle sıcaklıklar arttıkça evapotranspirasyon (buharlaşma+terleme) miktarı da artacaktır. Bu da bitki su ihtiyacının artacağı dolayısıyla sulama suyu ihtiyacının artacağı anlamına gelmektedir. Ayrıca turizmin önemli olduğu turistik yerlerde de su tüketiminin artacağı göstermektedir..

Küresel ısınmanın en önemli nedenlerinden bir tanesi sera gazlarıdır. Ancak günümüzde atmosferdeki sera gazlarının artmasına neden olacak birçok faaliyetler artarak devam etmektedir. Bu durum küresel ısınmanın ve etkilerinin ilerleyen yıllarda daha da artacağını bir göstergesidir..

Irak, Brezilya, Çin, Almanya, İran, Pakistan, İtalya ve Mısır gibi birçok ülkede veya Avrupa ve Batı Asya gibi kıtalarda sıcaklık verileri için yapılan trend analizi çalışmalarında önemli trendler tespit edilmiştir [1-8]. Küresel ısınma bazı bölgelerde çok şiddetli gerçekleşmektedir. Örneğin Irak'taki sıcaklık artışının küresel sıcaklık artışından 2 ila 7 kat daha hızlı olduğu ve minimum sıcaklıkların maksimum sıcaklıklardan daha çok arttığı ifade edilmiştir [9].

Ülkemizde de havza ve bölge bazında çeşitli trend analizi çalışmaları yapılmıştır. Karabulut Doğu Akdeniz'in ekstrem maksimum ve minimum sıcaklıklarında [10], Kızılelma vd., İç Anadolu Bölgesi'nin maksimum ve minimum sıcaklıklarında [11],

¹ Corresponding Author
E-mail Address: onarslansdu@hotmail.com

Macana ve Yeşilirmak Büyük Menderes Havzası'nın ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık değerlerinde [12] ve Tokgöz ve Partal Karadeniz Bölgesi'nin yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde önemli artışlar tespit etmiştir [13].

Ülkemizde il bazında da çalışmalar yapılmıştır. Cosun ve Karabulut Kahramanmaraş'ın [14] Demir ve Demir ise Bingöl'ün ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık değerlerinde [15], Saplıoğlu ve Kilit Afyon'un ortalama sıcaklık değerlerinde [16],

Polat ve Sonkar Rize ve Trabzon'un [17], Ülke ve Özkoca ise Sinop, Ordu ve Samsun'un ortalama sıcaklık değerlerinde [18] istatistiksel açıdan önemli artış trendi belirlemişlerdir.

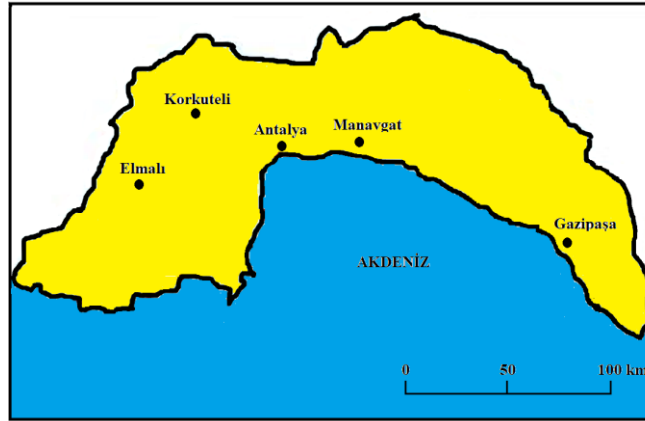
Dünyada ve Türkiye'de yapılan çalışmalarda çeşitli sıcaklık değerleri için istatistiksel olarak anlamlı artış trendlerinin tespit edilmesi küresel ısınmayı işaret etmektedir. Bu çalışmanın amacı ise Antalya'da yer alan beş istasyonun uzun dönem aylık ortalama maksimum, aylık ortalama minimum ve aylık ortalama sıcaklık değerlerini kullanarak Antalya'nın küresel ısınma durumunu incelemek ve trendin başlangıçlarını belirlemektir. Trend testi uygulanmadan önce Run, çeyrekler aralığı ve otokorelasyon testleri yapılmıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Çalışma Alanı ve Veriler

$32^{\circ} 35'$ ile $29^{\circ} 20'$ doğu boylamlarında ve $37^{\circ} 29'$ ile $36^{\circ} 07'$ kuzey enlemlerinde yer alan Antalya'da genellikle Akdeniz iklimi hâkimdir. Antalya hem yurt içi ihtiyaçların karşılanması hem de ihracat açısından önemli bir tarım merkezidir. Ayrıca Antalya her yıl milyonlarca turist ağırlayan önemli bir turizm merkezidir. Ayrıca Türkiye'nin en kalabalık şehirlerindedir. Türkiye'nin su potansiyelinin yaklaşık % 8'i Antalya'da bulunmaktadır.

Bu çalışmada Antalya'da yer alan 17952 nolu Elmalı, 17926 nolu Korkuteli, 17300 nolu Antalya, 17917 nolu Manavgat ve 17974 nolu Gazipaşa meteoroloji istasyonlarının 1970-2017 arasındaki aylık ortalama maksimum, aylık ortalama minimum ve aylık ortalama sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Bu istasyonların yerleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada alanındaki meteoroloji istasyonlarının yerleri.

2.2. Yöntem

2.2.1. Homojenlik Testi

Verilerin homojenliğini kontrol etmek için run testi uygulanmıştır. Bu amaçla iki hipotez oluşturulur. H_0 hipotezine göre veriler aynı toplulardan gelmekte ve birbirinden bağımsızdır yani homojendir. Zıt hipotez olan (H_1) hipotezine göre veriler aynı toplulardan gelmemektedir yani homojen değildir.

Bu testte küçükten büyüğe doğru sıralanan verilerin medyan yani ortanca değerinin altında mı yoksa üstünde mi olduğu belirlenir. Veri sayısı tek ise ortadaki değer, çift ise ortadaki iki değer ortalaması medyan değeri olarak kullanılır [12]. Verilerin medyan değerine göre alttan üste ya da üstten alta geçiş sayılarının toplamı run sayısını verir. Elde edilen z değeri ile güven seviyesine göre belirlenen z test değeri karşılaştırıldığında elde edilen z değeri güven seviyesine göre belirlenen z test değerinin mutlak değeri arasında ise H_0 hipotezi kabul edilir yani veriler homojendir. Aksi takdirde veriler homojen değildir. Bu çalışmada run testi için güven aralığı %99,99 alınmış olup z değeri $\pm 3,89$ arasındadır.

$$z = \frac{r - \frac{2N_k N_b}{N_k + N_b} + 1}{\sqrt{\frac{2N_k N_b (2N_k N_b - n)}{n^2 (n-1)}}} \quad (1)$$

Burada, z elde edilen test değerini, n toplam veri sayısını, N_k medyandan küçük olan veri sayısını, N_b medyandan büyük olan veri sayısını ve r ise run sayısını göstermektedir [19].

2.2.2. Çeyrekler Aralığı Testi

Birinci ve üçüncü çeyrek değerleri arasındaki farka çeyrekler aralığı adı verilir. Yani değerlerin ortada yer alan %50'si çeyrekler aralığıdır. Alt ve üst sınırlar Denklem 2 ve 3 ile hesaplanır.

$$\text{Alt sınır} = Q_1 - 1,5(Q_3 - Q_1) = Q_1 - 1,5(\text{ÇA}) \quad (2)$$

$$\text{Üst sınır} = Q_3 + 1,5(Q_3 - Q_1) = Q_3 + 1,5(\text{ÇA}) \quad (3)$$

Burada, Q_1 birinci çeyreklik değerini, Q_3 üçüncü çeyreklik değerini ve ÇA ise çeyrekler aralığını göstermektedir [19].

2.2.3. Otokorelasyon (İç Bağımlılık) Sayısının Önemlilik Testi

İç bağımlılık barındıran veri setlerinde parametrik olmayan eğilim analizleri uygulamak için otokorelasyon (iç bağımlılık) sayısının önemlilik testinin yapılması ve iç bağımlılık tespit edilirse bu durumun giderilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada iç bağımlılık tespit edilen veri serilerine iç bağımlılığı gidermek için ön beyazlatma (prewhitening) işlemi uygulanmıştır.

Veri serisinde iç bağımlılığı tespit etmek için ardışık gözlemler arasındaki bağımlılığın ölçüsünü veren bir gecikmeli otokorelasyon katsayısı kullanılmıştır.

$$R = \frac{\left(\frac{1}{n-1}\right) \sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}_i) \cdot (x_{i+1} - \bar{x}_{i+1})}{\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2} \quad (4)$$

Burada, \bar{x}_i serinin ortalama değerini, x_i ve x_{i+1} sırasıyla i. ve i+1. değerlerini, n toplam veri sayısını göstermektedir. Bu teste H_0 için $r_1=0$ iken H_1 için $r_1 \neq 0$ 'dır. Güven aralığı %99,99 alınmış olup z değeri $\pm 3,89$ arasındadır. Alt ve üst güven sınırları Denklem 3 ile hesaplanmıştır. Bir gecikmeli otokorelasyon katsayısı bu aralıkta ise iç bağımlılık önemsizdir.

$$\frac{-1 - 3,89\sqrt{n-2} \cdot 0,5}{n-1} < R < \frac{1 + 3,89\sqrt{n-2} \cdot 0,5}{n-1} \quad (5)$$

Burada n toplam veri sayısını göstermektedir. Bu çalışmada n=48 olup R değeri -0,583 ile 0,583 arasında ise iç bağımlılık önemsizdir. Aksi takdirde ön beyazlatma işlemi yapılmıştır.

2.2.4. Ön Beyazlatma İşlemi

Von Storch ve Navarra [28] tarafından önerilen ön beyazlatma işlemi veri serisinin bağımsız hale getirilmesinde kullanılmıştır. Bu amaçla Denklem 6 kullanılmıştır.

$$x_i - R \cdot x_{i-1} \quad (6)$$

2.2.5. MKMK Trend Analizi

MKMK testi [20] ile hem trend analizi hem de trendin başladığı yılın tespiti yapılabilmektedir. Yöntemde veriler sıralandıktan sonra test istatistiği olan t değeri, t'lerin ortalaması E (t), varyansı Var (t) ve MKMK test istatistiği u(t) sırasıyla Denklem 7, 8, 9 ve 10 kullanılarak hesaplanır. u(t) ve geriye doğru hesaplanan u'(t) değerlerinin birbirini kestiği nokta trendin başladığı yeri gösterir. u(t) pozitif ise artış, negatif ise azalış eğilimini ifade eder. Anlamlı trend kontrolü güven seviyesine bağlı z değeri ile yapılmaktadır. Bu test için güven aralığı %99,99 olup z değeri $\pm 3,89$ arasındadır.

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (7)$$

$$E(t) = i(i-1)/4 \quad (8)$$

$$Var(t) = i(i-1)(2i+5)/72 \quad (9)$$

$$u(t) = \frac{(t - E(t))}{\sqrt{Var(t)}} \quad (10)$$

3. Bulgular

Antalya’da bulunan beş meteoroloji istasyonunun 1970-2017 yılları arasındaki aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri için run testi sonuçları Tablo 1-5 arasında verilmiş olup tüm veriler homojen çıkmıştır.

Tablo 1: Antalya’nın aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri için run testi sonuçları

Aylar	Aylık ortalama sıcaklık			Aylık maksimum sıcaklık			Aylık minimum sıcaklık		
	r	z	H0	r	z	H0	r	z	H0
Ocak	28	1,47	+	23	0,11	+	30	2,04	+
Şubat	22	-0,29	+	26	0,88	+	22	-0,29	+
Mart	21	-0,58	+	24	0,34	+	21	-0,58	+
Nisan	19	-1,16	+	25	0,58	+	19	-1,17	+
Mayıs	24	0,30	+	27	1,17	+	12	-3,21	+
Haziran	19	-1,16	+	16	-2,04	+	19	-1,15	+
Temmuz	14	-2,62	+	22	-0,29	+	19	-1,13	+
Ağustos	11	-3,50	+	18	-1,45	+	12	-3,21	+
Eylül	17	-1,74	+	27	1,18	+	20	-0,83	+
Ekim	16	-2,03	+	23	0,00	+	23	0,01	+
Kasım	24	0,30	+	22	-0,28	+	21	-0,58	+
Aralık	26	0,89	+	24	0,29	+	25	0,58	+

Tablo 2: Elmalı’nın aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri için run testi sonuçları

Aylar	Aylık ortalama sıcaklık			Aylık maksimum sıcaklık			Aylık minimum sıcaklık		
	r	Z	H0	r	z	H0	r	z	H0
Ocak	22	-0,25	+	30	2,04	+	27	1,33	+
Şubat	25	0,60	+	24	0,29	+	22	-0,12	+
Mart	23	0,11	+	22	-0,29	+	21	-0,37	+
Nisan	26	0,89	+	27	1,17	+	25	0,77	+
Mayıs	22	-0,29	+	20	-0,87	+	24	0,45	+
Haziran	27	1,17	+	26	0,93	+	20	-0,71	+
Temmuz	24	0,34	+	22	0,29	+	23	0,18	+
Ağustos	22	-0,28	+	21	-0,54	+	22	-0,12	+
Eylül	24	0,29	+	26	0,89	+	29	1,92	+
Ekim	25	0,58	+	27	1,17	+	25	0,74	+
Kasım	24	0,41	+	26	0,88	+	27	1,33	+
Aralık	28	1,52	+	18	-1,46	+	29	1,95	+

Antalya’da bulunan beş meteoroloji istasyonunun 1970-2017 yılları arasındaki aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri için korelasyon testi uygulanmış olup sonuçlar Tablo 6, 7 ve 8’de verilmiştir. Sadece Antalya istasyonunun Ağustos ayı minimum sıcaklık verileri için iç bağımlılık tespit edilmiştir. Diğer tüm istasyonlar ve tüm aylar için iç bağımlılık tespit edilmemiştir.

Tablo 3: Gazipaşa'nın aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri için run testi sonuçları

Aylar	Aylık ortalama sıcaklık			Aylık maksimum sıcaklık			Aylık minimum sıcaklık		
	r	Z	H0	r	z	H0	r	z	H0
Ocak	26	0,89	+	26	0,89	+	24	0,29	+
Şubat	21	-0,57	+	21	-0,40	+	24	0,29	+
Mart	21	-0,58	+	29	1,75	+	27	1,17	+
Nisan	27	1,18	+	25	0,58	+	25	0,58	+
Mayıs	29	0,29	+	25	0,58	+	20	-0,87	+
Haziran	15	-2,32	+	18	-1,46	+	20	-0,60	+
Temmuz	13	-2,91	+	24	0,30	+	19	-1,13	+
Ağustos	11	-3,50	+	22	-0,28	+	17	-1,75	+
Eylül	22	-0,28	+	25	0,58	+	18	-1,46	+
Ekim	24	0,29	+	23	0,00	+	21	-0,58	+
Kasım	27	1,17	+	26	0,88	+	26	0,89	+
Aralık	26	0,89	+	24	0,30	+	25	0,58	+

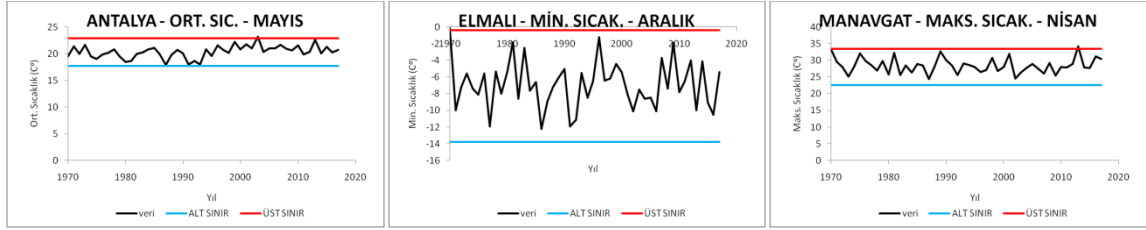
Tablo 4: Korkuteli'nin aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri için run testi sonuçları

Aylar	Aylık ortalama sıcaklık			Aylık maksimum sıcaklık			Aylık minimum sıcaklık		
	r	Z	H0	r	z	H0	r	z	H0
Ocak	22	-0,29	+	29	1,75	+	28	1,46	+
Şubat	21	-0,58	+	22	-0,29	+	20	-0,88	+
Mart	25	0,58	+	24	0,29	+	21	-0,57	+
Nisan	25	0,58	+	27	1,17	+	26	0,88	+
Mayıs	24	0,30	+	24	0,29	+	24	0,41	+
Haziran	19	-1,17	+	28	1,52	+	18	-1,46	+
Temmuz	24	0,47	+	20	-0,73	+	24	0,30	+
Ağustos	15	-2,30	+	19	-1,17	+	20	-0,87	+
Eylül	20	-0,83	+	26	1,46	+	26	0,88	+
Ekim	21	-0,58	+	23	0,00	+	22	-0,29	+
Kasım	20	-0,88	+	26	0,88	+	19	-1,17	+
Aralık	28	1,52	+	22	-0,29	+	29	1,92	+

Tablo 5: Manavgat'nın aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri için run testi sonuçları

Aylar	Aylık ortalama sıcaklık			Aylık maksimum sıcaklık			Aylık minimum sıcaklık		
	r	Z	H0	r	z	H0	r	z	H0
Ocak	26	0,89	+	30	2,06	+	20	-0,86	+
Şubat	23	0,00	+	26	0,88	+	25	0,58	+
Mart	21	-0,54	+	21	-0,53	+	25	0,58	+
Nisan	23	0,00	+	29	1,75	+	16	-2,03	+
Mayıs	26	0,88	+	24	0,29	+	20	-0,87	+
Haziran	18	-1,45	+	28	1,47	+	26	0,88	+
Temmuz	22	-0,29	+	24	0,29	+	18	-1,37	+
Ağustos	12	-3,21	+	19	-1,16	+	18	-1,45	+
Eylül	20	-0,88	+	25	0,58	+	28	1,46	+
Ekim	18	-1,46	+	23	0,00	+	24	0,29	+
Kasım	23	0,00	+	26	0,88	+	25	0,58	+
Aralık	28	1,46	+	16	-2,03	+	22	-0,28	+

Antalya'da bulunan beş meteoroloji istasyonunun 1970-2017 yılları arasındaki aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri için ÇA testi uygulanmıştır. Verilerin büyük çoğunluğu çeyrekler aralığında çıkmış olup bu aralıkta çıkmayan bazı örnekler Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2: ÇA testine göre bu aralıkta çıkmayan bazı örnekler

Tablo 6: Ortalama sıcaklık için korelasyon testi sonuçları

Aylar	İstasyonlara göre r değerleri				
	Antalya	Elmalı	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
Ocak	0,089	0,032	0,032	0,063	0,110
Şubat	0,187	0,118	0,122	0,100	0,095
Mart	0,219	0,055	0,122	0,045	0,141
Nisan	0,032	0,055	0,071	0,055	0,000
Mayıs	0,281	0,138	0,202	0,045	0,190
Haziran	0,495	0,243	0,501	0,345	0,395
Temmuz	0,475	0,297	0,459	0,000	0,424
Ağustos	0,531	0,184	0,555	0,374	0,555
Eylül	0,329	0,007	0,297	0,179	0,261
Ekim	0,259	0,145	0,187	0,164	0,292
Kasım	0,179	0,055	0,000	0,032	0,164
Aralık	0,004	0,000	0,179	0,000	0,000

Tablo 7: Maksimum sıcaklık için korelasyon testi sonuçları

Aylar	İstasyonlara göre r değerleri				
	Antalya	Elmalı	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
Ocak	0,105	0,126	0,055	0,045	0,055
Şubat	0,045	0,071	0,071	0,032	0,100
Mart	0,077	0,000	0,134	0,095	0,084
Nisan	0,118	0,100	0,000	0,000	0,084
Mayıs	0,000	0,134	0,161	0,032	0,032
Haziran	0,205	0,173	0,110	0,190	0,161
Temmuz	0,00	0,281	0,000	0,032	0,000
Ağustos	0,032	0,228	0,219	0,308	0,134
Eylül	0,17	0,13	0,202	0,170	0,032
Ekim	0,00	0,145	0,195	0,063	0,217
Kasım	0,032	0,045	0,002	0,184	0,000
Aralık	0,232	0,391	0,105	0,279	0,221

Tablo 8: Minimum sıcaklık için korelasyon testi sonuçları

Aylar	İstasyonlara göre r değerleri				
	Antalya	Elmalı	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
Ocak	0,032	0,055	0,000	0,077	0,063
Şubat	0,00	0,155	0,032	0,000	0,084
Mart	0,182	0,303	0,071	0,032	0,071
Nisan	0,217	0,179	0,114	0,032	0,184
Mayıs	0,582	0,141	0,318	0,302	0,428
Haziran	0,407	0,348	0,158	0,307	0,29
Temmuz	0,497	0,518	0,547	0,032	0,486
Ağustos	0,604	0,531	0,265	0,195	0,055
Eylül	0,253	0,100	0,315	0,118	0,006
Ekim	0,063	0,110	0,145	0,045	0,055
Kasım	0,235	0,224	0,032	0,148	0,122
Aralık	0,11	0,045	0,063	0,152	0,000

Ortalama sıcaklıklar için trend analizi sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Antalya istasyonunun Ocak ayı hariç tüm istasyonlarda bütün aylar için artma trendi söz konusudur. En yüksek trend değeri Manavgat istasyonunda görülmüştür. Manavgat ve Gazipaşa istasyonlarının 2, Antalya ve Korkuteli istasyonlarının 1 ayında anlamlı artış trendleri belirlenmiştir. Elmalı istasyonu hariç tüm istasyonlarda yaz ayları için anlamlı artış trendleri mevcut olup en yüksek trend değerleri Ağustos ayında elde edilmiştir.

Tablo 9: Ortalama sıcaklık için trend analizi sonuçları

Aylar	İstasyonlara göre u(t) değerleri				
	Antalya	Elmalı	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
Ocak	-0,39	0,76	0,12	0,60	0,94
Şubat	0,75	1,39	0,64	1,28	1,35
Mart	0,82	0,69	1,72	1,14	1,97
Nisan	1,44	1,39	1,90	1,28	2,04
Mayıs	2,42	1,30	2,54	1,81	3,00
Haziran	2,40	2,26	3,22	2,63	3,63
Temmuz	3,73	3,38	4,46	3,88	3,95
Ağustos	4,48	3,57	5,10	4,82	5,81
Eylül	2,54	1,67	3,73	3,16	3,45
Ekim	1,78	0,84	2,20	1,64	2,13
Kasım	0,68	0,96	1,32	1,58	2,20
Aralık	0,44	2,17	1,00	1,58	2,04

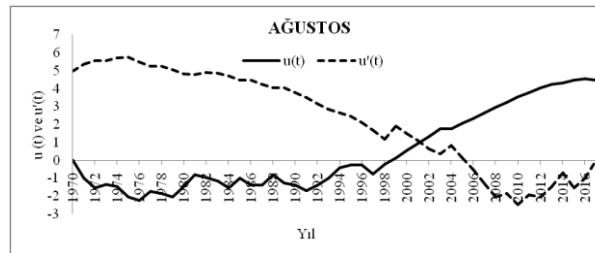
Ortalama maksimum sıcaklıklar için trend analizi sonuçları Tablo 10’de verilmiştir. Elmalı istasyonunun Ekim ayı, Gazipaşa istasyonunun mayıs ayı ve Manavgat istasyonunun mart, nisan, mayıs ve eylül ayları hariç tüm istasyonlarda bütün aylar için artma trendi söz konusudur. Anlamlı artış trendleri bulunamamıştır.

Tablo 10: Maksimum sıcaklık için trend analizi sonuçları

Aylar	İstasyonlara göre u(t) değerleri				
	Antalya	Elmalı	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
Ocak	0,54	0,62	1,76	1,17	0,50
Şubat	2,99	2,17	1,92	2,22	2,92
Mart	0,05	0,62	1,16	1,16	-0,21
Nisan	0,34	1,07	0,60	0,53	-0,55
Mayıs	0,25	0,89	-0,53	1,14	-0,05
Haziran	1,78	2,12	2,26	1,85	2,31
Temmuz	1,48	3,25	1,28	3,27	0,25
Ağustos	2,52	3,18	2,61	3,18	2,76
Eylül	1,30	3,86	0,78	3,68	-0,16
Ekim	0,30	-0,78	0,52	0,18	0,48
Kasım	0,68	1,46	0,60	2,08	0,64
Aralık	1,69	3,59	1,33	3,47	0,85

Ortalama minimum sıcaklıklar için trend analizi sonuçları Tablo 11’de verilmiştir. Antalya istasyonunun ocak, şubat ve aralık, Elmalı istasyonunun ocak ve eylül, Gazipaşa istasyonunun ocak, şubat, kasım ve aralık, Korkuteli ve Manavgat istasyonlarının ocak ayı hariç tüm istasyonlarda bütün aylar için artma trendi söz konusudur. Manavgat istasyonunun 2 ve Gazipaşa istasyonunun 1 ayında anlamlı artış trendleri belirlenmiştir. En yüksek trend değeri Ağustos ayında elde edilmiştir.

Şekil 3’teki grafikler incelendiğinde Antalya istasyonunda ortalama sıcaklıklar için trend başlangıcı ağustos ayı için 2001’dir.

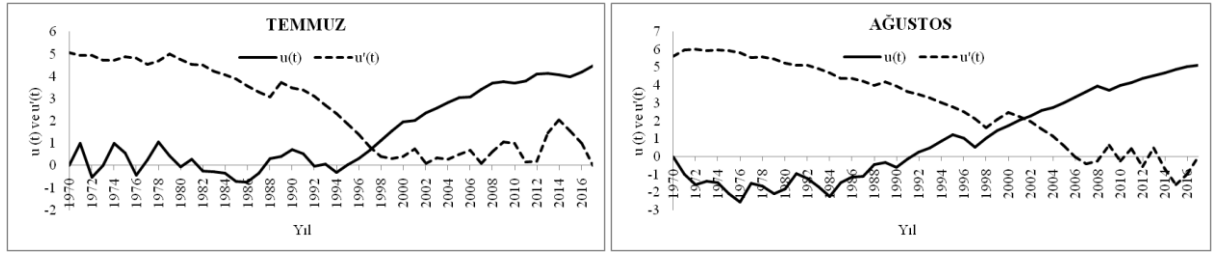


Şekil 3: Antalya istasyonunda ortalama sıcaklıklar için MKMK grafiği

Tablo 11: Minimum sıcaklık için trend analizi sonuçları

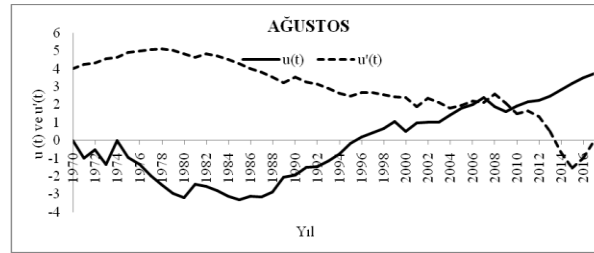
Aylar	İstasyonlara göre $u(t)$ değerleri				
	Antalya	Elmalı	Gazipaşa	Korkuteli	Manavgat
Ocak	-1,32	-0,28	-2,36	-0,46	-1,51
Şubat	-1,83	0,25	-0,53	0,87	0,02
Mart	1,60	1,83	0,80	2,08	1,85
Nisan	0,11	0,89	1,16	0,30	1,14
Mayıs	3,27	0,80	2,49	1,71	3,02
Haziran	3,00	2,04	2,79	3,63	2,51
Temmuz	3,73	3,61	4,36	2,99	4,62
Ağustos	1,87	3,80	3,72	2,67	5,03
Eylül	2,70	-0,07	3,43	1,69	0,82
Ekim	1,30	0,04	0,60	0,55	1,60
Kasım	0,36	0,84	-1,08	2,28	0,52
Aralık	-0,02	0,14	-0,07	0,39	0,64

Şekil 4'teki grafikler incelendiğinde Gazipaşa istasyonunda ortalama sıcaklar için trend başlangıçları temmuz ayı için 1997 ve ağustos ayı için 2007'dir.



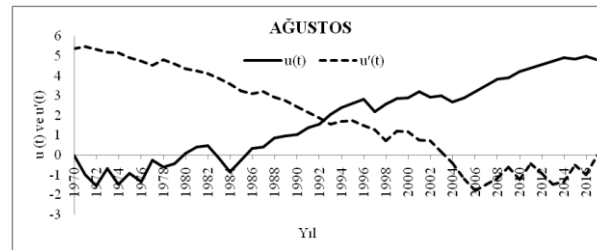
Şekil 4: Gazipaşa istasyonunda ortalama sıcaklar için MKMK grafikleri

Şekil 5'deki grafikler incelendiğinde Gazipaşa istasyonunda ortalama minimum sıcaklar için trend başlangıcı ağustos 2009'dur.



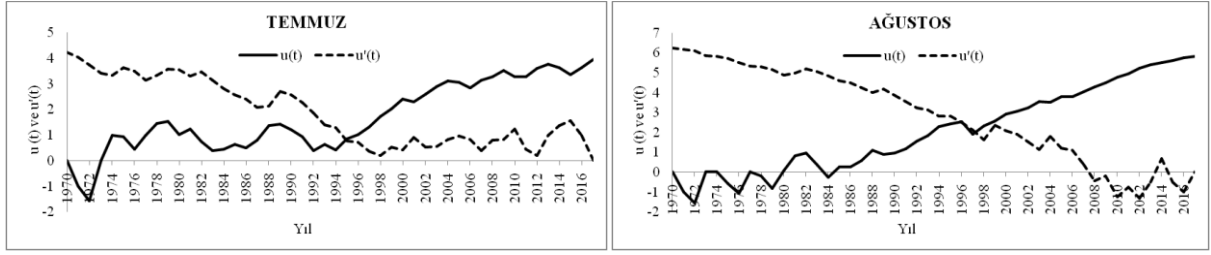
Şekil 5: Gazipaşa istasyonunda ortalama minimum sıcaklar için MKMK grafiği

Şekil 6'daki grafikler incelendiğinde Korkuteli istasyonunda ortalama sıcaklar için trend başlangıcı ağustos ayı için 1992'dir.



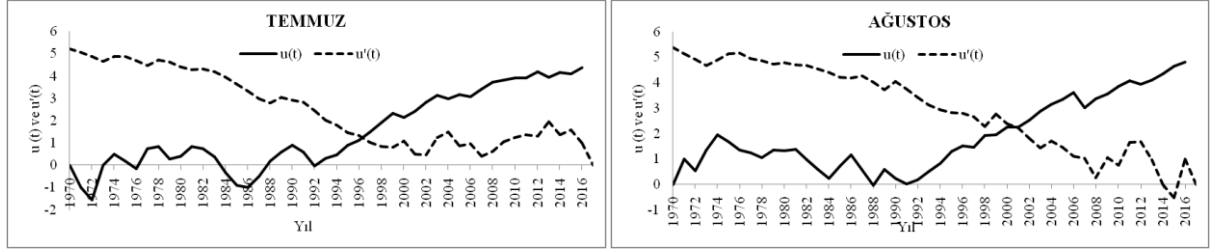
Şekil 6: Korkuteli istasyonunda ortalama sıcaklar için MKMK grafiği

Şekil 7'deki grafikler incelendiğinde Manavgat istasyonunda ortalama sıcaklar için trend başlangıçları temmuz ayı için 1994, ağustos ayı için 1997'dir.



Şekil 7: Manavgat istasyonunda ortalama sıcaklıklar için MKMK grafikleri

Şekil 8'deki grafikler incelendiğinde Manavgat istasyonunda ortalama minimum sıcaklıklar için trend başlangıçları temmuz ayı için 1996 ve ağustos ayı için 2001'dir.



Şekil 8: Manavgat istasyonunda ortalama minimum sıcaklıklar için MKMK grafikleri

4. Sonuç

Antalya'nın küresel ısınma durumu hakkında genel bir değerlendirme yapmak amacıyla beş istasyonun bu çalışmada elde edilen trend analizi sonuçları kullanılarak aylara göre artma, azalma, değişim olmama ve istatistiksel olarak artma ve azalma yüzdeleri ile bu yüzdelerin 12 aylık ortalama değeri aylık ortalama, aylık ortalama maksimum ve aylık ortalama minimum sıcaklıklar için hesaplanmış ve sırasıyla Tablo 12, 13 ve 14'te verilmiştir. Bu tablolara göre elde edilen sonuçlar şöyledir:

1. Ortalama sıcaklıklar için Antalya istasyonunun artma trendinin 12 aylık ortalama değeri % 98,33 çıkmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı artma trendinin 12 aylık ortalama değeri ise % 10 olup yaz ayları ortalama değeri ise % 40 olarak hesaplanmıştır. Azalma yüzdesi % 1,67'dir.
2. Ortalama minimum sıcaklıklar için artma trendinin 12 aylık ortalama değeri % 80 çıkmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı artma trendinin 12 aylık ortalama değeri % 10 olup yaz ayları ortalama değeri ise % 20 olarak hesaplanmıştır. Azalma yüzdesi % 11,67 ve değişimsiz yüzdesi ise % 8,33'tür.
3. Ortalama maksimum sıcaklıklar için artma trendinin 12 aylık ortalama değeri % 88,33 çıkmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı artma trendi bulunamamıştır. Azalma yüzdesi % 8,33 ve değişimsiz yüzdesi ise % 3,33'tür.

Mann-Kendall testi için güven aralığı % 95 olarak alınırsa, istatistiksel olarak anlamlı artma trendinin 12 aylık ortalama değeri ortalama sıcaklık değerleri için % 61,9, minimum sıcaklıklar için %51,2 ve maksimum sıcaklık için 534,5 çıkmıştır. Tüm bu sonuçlar Antalya'da küresel ısınmayı işaret etmekte olup istatistiksel olarak anlamlı trendlerin başlangıçları 1992 ve 2009 yılları arasında değişmektedir. Antalya'da tarım, turizm ve nüfustaki artış nedeniyle su tüketimi artmakta iken bu çalışmada tespit edilen küresel ısınma hem su tüketiminin hem de su kaynaklarındaki kayıpların daha da artacağını göstermektedir. Örneğin küresel ısınma nedeniyle su kaynaklarından buharlaşmanın artması sonucu kayıplar, evapotranspirasyonun (buharlaşma+terlemenin) artması sonucu bitki su ihtiyacı dolayısıyla sulama suyu miktarı ve canlıların (insan ve hayvan) su ihtiyacı da artacaktır. Tüm nedenlerle Antalya'daki su kaynaklarının yönetiminde aşağıdaki tedbirlerin alınması büyük önem taşımaktadır:

1. Sulama sistemlerinde açık kanallardan vazgeçilerek kapalı (borulu) sisteme geçilmelidir.
2. Salma sulama ya da yağmurlama sulama sistemlerinden vazgeçilerek damla sulama sistemi kullanılmalıdır.
3. Tarımla uğraşanlar küresel ısınma, etkileri ve alması gereken tedbirler konusunda bilgilendirilmelidir.
4. Şebeke kayıp/kaçak oranları en aza indirilmelidir.

Tablo 12: Ortalama sıcaklık için trend analizi sonuçları kullanılarak elde edilen yüzdeler

	Artma (%)	Azalma (%)	Değişimsiz (%)	İstatistiksel artma (%)	İstatistiksel azalma (%)
Ocak	80,0	20,0	0	0	0
Şubat	100	0	0	0	0
Mart	100	0	0	0	0
Nisan	100	0	0	0	0
Mayıs	100	0	0	0	0
Haziran	100	0	0	0	0
Temmuz	100	0	0	40	0
Ağustos	100	0	0	80	0
Eylül	100	0	0	0	0
Ekim	100	0	0	0	0
Kasım	100	0	0	0	0
Aralık	100	0	0	0	0
Ort	98,33	1,67	0	10	0

Tablo 13: Ortalama maksimum sıcaklık için trend analizi sonuçları kullanılarak elde edilen yüzdeler

	Artma (%)	Azalma (%)	Değişimsiz (%)	İstatistiksel artma (%)	İstatistiksel azalma (%)
Ocak	100	0	0	0	0
Şubat	100	0	0	0	0
Mart	60	20	20	0	0
Nisan	80	20	0	0	0
Mayıs	60	20	20	0	0
Haziran	100	0	0	0	0
Temmuz	100	0	0	0	0
Ağustos	100	0	0	0	0
Eylül	80	20	0	0	0
Ekim	80	20	0	0	0
Kasım	100	0	0	0	0
Aralık	100	0	0	0	0
Ort	88,33	8,33	3,33	0	0

Tablo 14: Ortalama minimum sıcaklık için trend analizi sonuçları kullanılarak elde edilen yüzdeler

	Artma (%)	Azalma(%)	Değişimsiz (%)	İstatistiksel artma (%)	İstatistiksel azalma (%)
Ocak	20	80	0	0	0
Şubat	40	40	20	0	0
Mart	100	0	0	0	0
Nisan	100	0	0	0	0
Mayıs	100	0	0	0	0
Haziran	100	0	0	0	0
Temmuz	100	0	0	40	0
Ağustos	100	0	0	20	0
Eylül	80	0	20	0	0
Ekim	80	0	20	0	0
Kasım	80	20	0	0	0
Aralık	60	0	40	0	0
Ort	80	11,67	8,33	5	0

Teşekkür

Veri temini için Devlet Su İşleri' ne teşekkür ederim.

Referanslar

- [1] V. A., Steinke, LA., Martins Palhares de Melo, M., Luiz Melo, R., Rodrigues da Franca, R., Luna Lucena, E., Torres Steinke, E., “Trend analysis of air temperature in the federal district of Brazil: 1980–2010”, *Climate*, 2020, doi: 10.3390/cli8080089.
- [2] J., Tian, J., Liu, J., Wang, C., Li, H., Nie, F., Yu, “Trend analysis of temperature and precipitation extremes in major grain producing area of China”, *International Journal of Climatology*, 2017, doi: 10.1002/joc.4732.
- [3] D., Fenner F, Meier D, Scherer A, Polze A., “ Spatial and temporal air temperature variability in Berlin, Germany, during the years 2001-2010”, *Urban Climate*, 2014, doi: 10.1016/j.uclim.2014.02.004.
- [4] R., Saboohi, S., Soltani, M., Khodagholi, “Trend analysis of temperature parameters in Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, 2012, doi: 10.1007/s00704-012-0590-5.
- [5] K. Kumaş ve A. Ö. Akyüz , "Methane, Diesel Fuel, Electrical Energy, CO2 Emissions and Economical Equavialent from Animal Manure of Tokat, Turkey", *International Scientific and Vocational Studies Journal*, c. 5, sayı. 2, ss. 144-153, Ara. 2021, doi:10.47897/bilmes.969372.
- [6] A., Toreti, F., Desiato, “Temperature trend over Italy from 1961 to 2004”, *Theoretical and Applied Climatology*, 2008, doi: 10.1007/s00704-006-0289-6.
- [7] O. Arslan , "Hydrological Drought Analysis for Bolu City with Streamflow Drought Index", *International Scientific and Vocational Studies Journal*, c. 5, sayı. 2, ss. 115-123, Ara. 2021, doi:10.47897/bilmes.989082.
- [8] M. I., Chidean j, Muñoz-Bulnes J, RamiroBargueño A. J., Caamaño S, Salcedo-Sanz S., “Spatio-temporal trend analysis of air temperature in Europe and Western Asia using data-coupled clustering”, *Global and Planetary Change*, 2015, doi: 10.1016/j.gloplacha.2015.03.006.
- [9] S. A., Salman, S., Shahida, T., Ismail, E., Chung, A. M., Al-Abadic, “Long-term trends in daily temperature extremes in Iraq”, *Atmospheric Research*, vol. 198, no. 1, pp. 97-107, 2017.
- [10] M., Karabulut, “Doğu Akdeniz’de ekstrem maksimum ve minimum sıcaklıkların trend analizi”, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, pp. 37-44, 2012.
- [11] Y., Kızılelma, M., Çelik, M., Karabulut, “İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi”, *Türk Coğrafya Dergisi*, vol. 64, pp. 1-10, 2015.
- [12] E., Macana, E., Yeşilirmak, E., “Büyük Menderes Havzasında Ortalama, Maksimum Ve Minimum Sıcaklık Eğilimleri”, *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*, vol. 12, no 1, pp. 73 – 80, 2015.
- [13] S., Tokgöz, t., Partal, “Karadeniz Bölgesinde Yıllık Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall Yöntemleri ile Trend Analizi”, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 10, no. 2, pp. 1107-1118, 2020.
- [14] F., Cosun, m., Karabulut, “Kahramanmaraş’ta ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıkların trend analizi” *Türk Coğrafya Dergisi*, vol. 53, pp. 41-50, 2009.
- [15] A. D., Demir, Y., Demir, Ü., Şahin, R., Meral, “Bingöl İlinde Sıcaklık ve Yağışların Trend Analizi ve Tarıma Etkisi”, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, vol. 4, no. 3, pp. 284-291, 2017.
- [16] K. Saphioğlu, M., Kilit, M., “İklim Değişikliğinin Afyon İlindeki Yağış ve Sıcaklıklara Etkisinin Araştırılması ve Trendlerinin Belirlenmesi”, *Engineering Sciences* , vol. 7 , no. 4 , pp., 696-705, 2012.
- [17] P., Polat, M., Sunkar, “Rize’nin iklim özellikleri ve Rize çevresinde uzun dönem sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizleri”, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2017, doi: 10.18069/fıratsbed.346684.
- [18] A. Ülke, T., Özkoca, “Sinop, Ordu ve Samsun illerinin sıcaklık verilerinde trend analizi”, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, doi: 10.17714/gumusfenbil.351294, 2018.
- [19] Saphioğlu K., Güçlü, Y.S., “Combination of Wilcoxon test and scatter diagram for trend analysis of hydrological data”, *Journal of Hydrology*, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128132>.
- [20] D. R., HELSEL, R.M., HIRSCH, *Statistical Methods in Water Resources*, Elsevier, New York, USA, 1992.