



## Ardahan'da iklim parametrelerindeki değişimin zamansal analizi

### Time series analyses of climatic parameters of Ardahan

Muhammed Zeynel Öztürk\*<sup>a</sup>  Hediye Kılıç<sup>a</sup> 

<sup>a</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Niğde.

#### BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 10.12.2017  
 Kabul/Accepted: 07.03.2018

#### Anahtar Kelimeler:

Mann-Kendall trend testi  
 Sıcaklık  
 Yağış  
 Bulutluluk  
 Ardahan

#### Keywords:

Mann-Kendall trend test  
 Temperature  
 Precipitation  
 Cloudiness  
 Ardahan

#### \*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(M.Z. Öztürk)  
 muhammed.zeynel@gmail.com

DOI: 19.17211/tcd.364239

#### Atf/Citation:

Öztürk, M.Z ve Kılıç, H. (2018). Ardahan'da iklim parametrelerindeki değişimin zamansal analizi. *Türk Coğrafya Dergisi* (70), 37-43. DOI:19.17211/tcd.364239.

#### ÖZ / ABSTRACT

Bu çalışmada Türkiye'de kentleşmenin en az olduğu yerlerden olan Ardahan merkezde bulunan meteoroloji istasyonuna (1827 metre) ait 11 farklı parametrenin 1961-2015 dönemi aylık ve yıllık zaman serilerindeki trendler incelenmiştir. Trend analizleri Mann-Kendall yöntemi ile ele alınmış ve serilerdeki değişim miktarlarını belirlemek amacıyla 1965-1974 ve 2005-2014 dönemlerine ait onar yıllık ortalamalar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, özellikle Ocak, Mart, Haziran, Ağustos, Eylül, Ekim aylarına ve yıllık ortalamalara ait sıcaklık serilerinde istatistiksel açıdan anlamlı artış eğilimleri görülür. 1965-1974 ve 2005-2014 dönemleri ortalamaları arasındaki farklara göre en yüksek artış minimum sıcaklıkların ortalamasında gerçekleşmiştir (2.04°C). Yıllık ortalama sıcaklıklarda ise 1.3°C'lik artış yaşanmıştır. Sıcaklık serilerinde olduğu gibi yağış serilerinde de artış trendleri egemen olmakla birlikte eğilimlerin çok az bir kısmı istatistiksel açıdan anlamlıdır. Ancak yıllık toplam yağışta kuvvetli artış eğilimi görülür ve onar yıllık ortalamalar arasındaki farklara göre yıllık toplam yağışta 149 mm'lik bir artış gerçekleşmiştir. Bu durum yağışlarda %29'luk bir artışa karşılık gelir. Yaşan bu artışlar Ardahan Ovası'nda meydana gelen taşkın sayısında artışa ya da meydana gelen taşkınların kuvvetlenmesine yol açabilir. Sıcaklık ve yağış serilerindeki artış eğilimlerinin aksine ortalama bulutluluk, ortalama nisbi nem ve ortalama rüzgar hızlarına ait tüm serilerde azalma eğilimleri egemendir ve bunların çok büyük bir bölümü istatistiksel açıdan anlamlı azalma eğilimleridir. Onar yıllık ortalamalara göre yıllık ortalama nisbi nem değeri %2.5 azalma göstermiştir.

*In this study, trends in the annual and monthly time series of eleven climatic parameters belong to 1961-2014 period of Ardahan meteorology station (1827 m) where represents one of the lowest urbanization in Turkey were investigated. Mann-Kendall method was used for trend analysis and decadal averages (1965-1974 and 2005-2014) were compared for determining to changes. Especially, positive trends are statistically significant in January, March, June, August, September, October and also in mean annual temperatures. According to decadal averages (1965-1974 and 2005-2014), the highest increase was observed in mean minimum temperature series (2.04°C). Annual average temperature has increased by 1.3 °C. Similar to temperature series, positive trends are dominant in precipitation series as well (maximum precipitation, total precipitation and number of rainy day), but only few of them exhibit statistically significant increases. However, annual total precipitation has statistically significant increasing trend and total precipitation amount was increased by 149 mm according to decadal averages. This amount is corresponding to 29% increasing in precipitation. This situation can cause to an increase in the number and strength of floods at Ardahan Plain. In contrast to increasing trends in temperature and precipitation series, negative trends were observed in all series belong to average cloudiness, humidity and wind speeds and this negative tendency are mostly statistically significant. According to decadal averages, annual average humidity showed 2.5% decrease.*

## 1. Giriş

Doğal iklim değişikliği Dünya'daki doğal süreçleri denetleyen temel etmenlerden bir tanesidir. Yapılan bilimsel çalışmalar doğal nedenlere bağlı olarak jeolojik zamanlar içerisinde iklimin sürekli olarak değiştiğini göstermektedir (Zachos vd., 2001). Ancak Sanayi Devrimi'nin etkisiyle fosil yakıt kullanımının ve at-

mosfere salınan sera gazı miktarının artması dünya iklimini hızlı bir şekilde değiştirmeye başlamış ve 20. yy boyunca küresel ortalama sıcaklıklar  $0.6^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  artmıştır (IPCC, 2001).

İnsan kaynaklı iklim değişikliği küresel ortalama sıcaklığı arttırmakla birlikte, yaşanan artış miktarı bölgesel olarak farklılık

gösterir (IPCC, 2007) ve bu bölgesel değişiklikleri ortaya koymak amacıyla çok çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara göre insan kaynaklı iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek alanların başında tropikal alanlardaki sığ denizel alanlar (mercan alanları), Akdeniz bölgesi, yüksek enlemler (polar bölgeler ve donmuş topraklar) ile yüksek ve dağlık alanlar gelir (French, 1996; Haeberli ve Beniston, 1998 Karas, 2000; Diaz vd., 2003; Beniston, 2003; Cannone vd., 2007; Öztürk, 2012). Örneğin, Avrasya'nın arktik ve subarktik permafrost izleme istasyonlarının ölçümlerine göre, 1973-1990 döneminde permafrost tabakasının 3 m derinliğindeki bölümünde 0.6-0.7°C'lik sıcaklık artışı gerçekleşmiştir (French, 1996). İklimde yaşanan bu değişimler dünya genelinde bitkilerin alansal dağılımında da önemli değişikliklere neden olmaktadır (Dyderski vd., 2017). Alpler'de orman üst sınırında yapılan çalışmalardan da, sıcaklık ve yağış dizilerinde gözlenen artışlar ile birlikte orman üst sınırının ve odunsu çalı türlerinin 120-340 m daha yukarıya çıktığı görülmüştür (Cannone vd., 2007; Chersich vd., 2015). Buzulların erimesi ve artan sıcaklıklara bağlı olarak deniz seviyelerinde artışlar yaşanmıştır. 1978-2009 döneminde Doğu Akdeniz'de deniz seviyesi 1.5 mm/yıl hızında artış göstermiştir (Öztürk, 2011).

Kuzey Afrika'daki kurak iklim ile Orta Avrupa'daki yağışlı iklimler arasında bir geçiş bölgesinde yer alan Akdeniz bölgesi iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek alanlardan bir tanesidir (Giorgi ve Lionello, 2008). Nüfusun fazla olmasından dolayı Akdeniz bölgesindeki iklim değişikliği sadece doğal koşullar üzerinde değil ulusal ekonomiler, sağlık, tarım gibi birçok konu üzerinde de etkili olacaktır (Karas, 2000; IPCC, 2001, 2007; Miro vd., 2006; Giorgi ve Lionello, 2008; Şen, 2013). Bununla birlikte iklim değişikliğinin Akdeniz bölgesindeki etkileri de kendi içerisinde alansal dağılım farklılığı göstermekte ve Türkiye, Akdeniz bölgesinde iklim değişikliğinden etkilenecek alanların başında gelmektedir (Yılmaz ve Yazıcıgil 2011; Şen 2013). Günümüz koşullarında kuraklığa karşı çok hassas bir konumda olan Türkiye değişen iklim koşulları ile birlikte daha fazla kuraklaşma eğilimi ile karşı karşıyadır (Akbaş, 2014a,b; Öztürk vd., 2015). İklim değişikliği modelleri 21. yy içerisinde Türkiye'nin ortalama sıcaklığının 2016-2040 döneminde 1-2°C, 2041-2070 döneminde 1.5-4°C ve 2071-2099 döneminde 1.5-5°C arasında artacağını, yaz mevsimi sıcaklıklarında ise 2099'a kadar 6°C'lik artış gerçekleşeceğini öngörmektedir. Bu modellerde 21. yy içerisinde yağışta düzensizliğin artacağı, kış mevsimi ve Karadeniz Bölgesi haricinde yağış değerlerinin azalacağı da öngörülmektedir (Şen, 2013; Demircan vd., 2017).

Küresel iklim değişikliğinin yanında kentleşme, kent alanı ve yakın çevresindeki iklimler üzerinde değişikliklere neden olarak bu alanlarda yaşanan iklimsel değişimlerin daha kuvvetlenmesine katkı sağlamaktadır. Kentleşme (kentsel ısı adası) özellikle büyük kentlerde hem daha fazla sera gazının salınmasından hem de geniş alanların arazi kullanım özelliklerinin değişmesinden dolayı başta sıcaklık olmak üzere iklimsel parametreler üzerinde önemli değişikliklere neden olur (Changnon vd., 1976; Oke, 1979; Landsberg, 1981; Yonetani, 1982; Jauregui ve Romales, 1996; Tayanç ve Toros, 1997; Kadioğlu, 1997; Bornstein ve Lin, 2000; Changnon, 2001; Türkes ve Sümer, 2004; Çiçek, 2004; Taniguchi, 2007; Tayanç vd., 2009). Çalışmalar temel olarak kentlerde hava ve toprak sıcaklıklarının (özellikle minimum sıcaklıkların), yağışın, yağış şiddeti ve dağılımının, yağışlı gün sayısının arttığını, rüzgar hızının azaldığını göstermektedir. Ken-

leşmenin bu etkileri, insan kaynaklı iklim değişikliğinin doğal ortam üzerindeki gerçek etkilerini farklılaştırdığı için kentleşme etkisinin olmadığı alanlardaki veriler iklim değişikliğinin şiddetini daha iyi gösterebilmektedir (Demircan vd., 2017). Örneğin, 1965-2006 döneminde kentsel istasyonların minimum sıcaklıklarında anlamlı artışlar görülürken, kırsal alanlarda yer alan meteoroloji istasyonlarında anlamlı artışlar gözlenmemiştir (Özdemir vd., 2012). Bu nedenlerden dolayı kentleşmenin olmadığı ya da minimum düzeyde olduğu istasyonların incelenmesi iklim değişikliğinin düzeyinin belirlenmesi açısından daha doğru sonuçlar verecektir. Bu çalışmada Türkiye'de kentleşme etkisinin en az olduğu ve Türkiye'nin en yüksek istasyonlarından birisi olan Ardahan Meteoroloji İstasyonu'nun 1961-2015 yılları arasında kaydedilen 11 farklı parametresinin aylık ve yıllık değerlerindeki genel eğilimler ile 1965-1974 ve 2005-2014 dönemlerine ait onar yıllık ortalama farklarına göre değişim miktarları ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

## 2. Veri ve Yöntem

Bu çalışmada iklim değişikliği çalışmalarında, zaman serilerinin analizinde yaygın olarak kullanılan Mann-Kendall testi uygulanmıştır (Mann, 1945; Kendall, 1975). Parametrik olmayan Mann-Kendall testi, serilerdeki anlamlı bir eğilim olup olmadığı test etmek için kullanılır (Gilbert, 1987). Bu test, Ardahan Meteoroloji İstasyonuna (1827 m) ait 11 farklı parametrenin 1961-2015 dönemi aylık ve yıllık değerlerine uygulanmıştır (Tablo 1). Testin uygulaması Salmi vd. (2002) tarafından geliştirilen dağılımın iki yanlı şekline göre 4 farklı anlamlılık düzeyinde ( $\alpha = 0.1, 0.05, 0.01$  ve  $0.001$ ) eğilimleri belirleyen MAKENSES programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Mann-Kendall testine ek olarak parametrelerdeki değişim miktarlarını bulmak amacıyla 1965-1974 ile 2005-2014 dönemlerine ait 10'ar yıllık ortalamalar ve bu ortalamalar arasındaki farklar hesaplanmıştır. Böylece genel eğilimlerin yanında, serilerdeki artış ve azalış miktarları da ortaya konulmuştur.

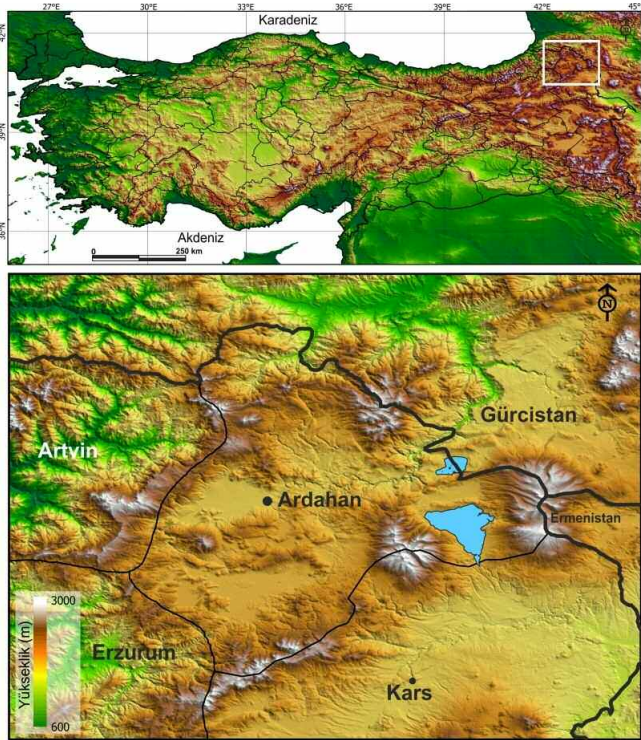
**Tablo 1.** Mann-Kendall testi ile eğilimleri belirlenen parametreler.  
**Table 1.** Climatic parameters evaluated in Mann-Kendall Trend test.

Parametreler*	Kısaltmalar
1 Aylık maksimum sıcaklık (°C)	Mak. S.
2 Yıllık ve aylık maksimum sıcaklıkların ortalaması (°C)	Mak. S. Ort.
3 Aylık minimum sıcaklık (°C)	Min. S.
4 Yıllık ve aylık minimum sıcaklıkların ortalaması (°C)	Min. S. Ort.
5 Yıllık ve aylık ortalama sıcaklık (°C)	Ort. S.
6 Aylık maksimum yağış (mm)	Mak. Y.
7 Yıllık ve aylık toplam yağış (mm)	Top. Y.
8 Yıllık ve aylık yağışın 1 mm ve büyük olduğu günler sayısı	Y. Gün S.
9 Yıllık ve aylık ortalama bulutluluk	O. Bulut
10 Yıllık ve aylık ortalama nisbi nem (%)	O. Nem
11 Yıllık ve aylık ortalama rüzgar hızı (m/sn)	O. Rüz. H.

\* (Sıcaklık serilerindeki maksimum ve minimum değerler, 54 yıllık dönemdeki 648 ayın her birinde kaydedilen en yüksek ve en düşük günlük sıcaklık değerlerini belirtir. Her ayın herhangi bir gününde kaydedilen en yüksek ve en düşük sıcaklıklar o ayın maksimum ve minimum sıcaklıkları olarak kabul edilir. Maksimum ve minimum sıcaklıkların ortalaması değerleri ise 648 ayın her birinin tüm günlerinde kaydedilen en yüksek ve en düşük günlük değerlerin toplamının o aydaki gün sayısına bölünmesi ile elde edilen ortalamasını ifade etmektedir. Maksimum yağış ise 54 yıllık dönemdeki 648 ayın her birinde tek bir günde kaydedilen en yüksek yağış miktarını belirtir. Sıcaklıkta olduğu gibi her ayın herhangi bir gününde kaydedilen en yüksek yağış miktarı o ayın maksimum yağış değeri olarak kabul edilir).

### 3. Çalışma Alanı

Türkiye'nin kuzeydoğu kesiminde bulunan Ardahan, batıda Artvin, güneyde Erzurum ve Kars illeri, doğuda Gürcistan ve Ermenistan ile komşudur. Kura Nehri çevresinde, 1800 metreleri civarında kurulan Ardahan merkezi 1460 km<sup>2</sup> alana sahiptir ve yüksekliği 3000 metreyi aşan yüksek küteller ile çevrilmiş durumdadır (Şekil 1). Türkiye'nin en az gelişmiş illerinden olan Ardahan 2003 yılı illerin gelişmişlik göstergelerine göre 81 il içerisinde 74. sırada yer alır ve kentleşme oranında en düşük olduğu ikinci il konumundadır (Dinçer vd., 2003). Nüfusun sürekli olarak azaldığı Ardahan'ın 2016 yılı toplam nüfusu, TÜİK (2016) verilerine göre 98.335'dir ve bunun %43'ünün kent merkezinde yaşamaktadır. Bu değerlere göre Ardahan Türkiye'de nüfusun en az olduğu 3. ildir.

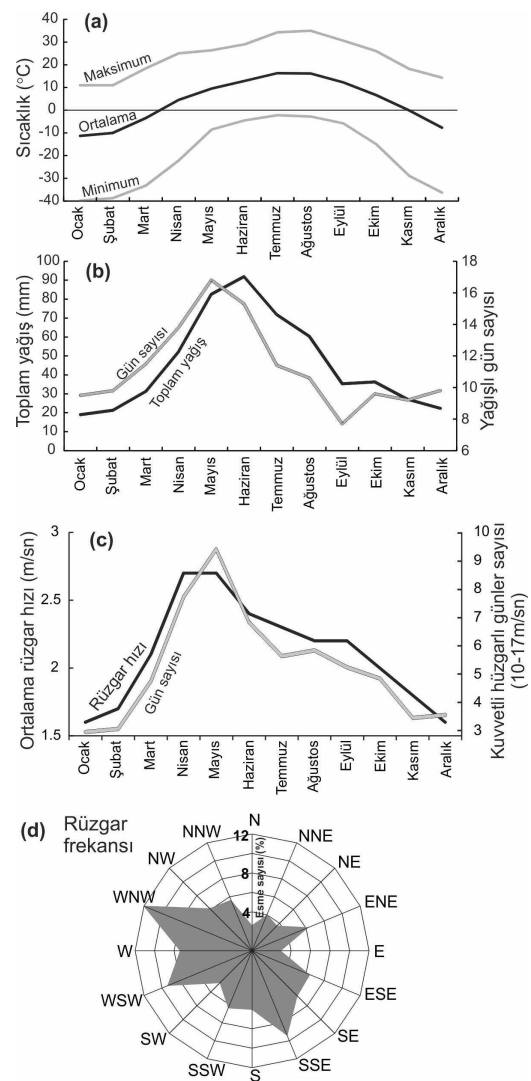


Şekil 1. Ardahan ilinin lokasyonu.  
Figure 1. Location of the study area.

Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Ardahan ilinin tamamı Dfb harfleri ile gösterilen, kış mevsiminin soğuk, yaz mevsiminin ılık geçtiği ve her mevsim yağışlı nemli orta enlem iklim tipi içerisinde yer alır (Öztürk vd., 2017). Thornthwaite sınıflandırmasına göre ise, Ardahan meteoroloji istasyonunun bulunduğu alan C2 C'2 r b'2 harfleri ile temsil edilen yarı nemli, su noksanının çok az olduğu (yok denecek kadar az), ikinci dereceden mikrotermal iklim tipi içerisinde yer alır (Çiçek, 1995).

Yıllık ortalama sıcaklığın 3.8°C olduğu Ardahan merkezinde aylık ortalama sıcaklıklar 5 ay 0°C'nin altındadır. Minimum sıcaklıklar tüm aylarda 0°C'nin altındadır. Bu değerler yaz mevsiminde bile günlük gece sıcaklıklarının 0°C'nin altına düşebileceğini göstermektedir. Temmuz ve Ağustos'ta 16.3°C'ye ulaşan ortalama sıcaklıklar, bu aylarda maksimum 35°C'ye kadar yükselir (Şekil 2a). Yıllık 551 mm yağış alan Ardahan Meteoroloji İstasyonu'nda en yüksek toplam yağışlar Mayıs (82 mm) ve Haziran'da (92 mm), en düşük toplam yağışlar Aralık (22 mm), Ocak (19 mm) ve Şubat'ta (21 mm) görülür. Mevsimsel olarak toplam yağışın %41'i yaz, %30'u ilkbahar mevsiminde düşer. Yıllık toplam

135 gün yağış görülen alanda aylık ortalama yağışlı gün sayısı 11 gündür ve Mayıs ile Haziran aylarında yağışlı gün sayısı 15'er günün üzerindedir. Eylül-Şubat döneminde ise yağışlı gün sayısı 10 günün altındadır (Şekil 2b). Ortalama rüzgar hızınının 2.1 m/sn olduğu alanda maksimum rüzgar hızı 32 m/sn hıza kadar ulaşır. Ortalama rüzgar hızları Nisan-Mayıs döneminde en yüksek değerlerine ulaşır. Rüzgarlı gün sayıları açısından Mayıs ayı, kuvvetli rüzgarlı gün sayısının en fazla olduğu aydır (Şekil 2c). Yağışlı gün sayısı ile kuvvetli rüzgarlı gün sayısı arasında yüksek korelasyon değeri görülür ( $r=0.78$ ). Bu durum yağışlı günlerin genel olarak rüzgarlı geçtiğini gösterir. Yıllık toplam esme sayılarına göre alanda birden fazla hakim rüzgar yönü bulunur. Yıllık toplam esme sayıları açısından en yüksek değerlere %12, %9.5 ve %9.5'lik esme oranları ile WNW, WSW ve SSE yönleri sahiptir. Bu değerlere göre alanda güney ve batı sektörlü rüzgarlar egemendir (Şekil 2d).



Şekil 2. Ardahan meteoroloji istasyonuna ait ortalama iklimsel veriler.  
Figure 2. Average climate statistics for Ardahan meteorology station.

### 4. Zaman Serisi Analizleri

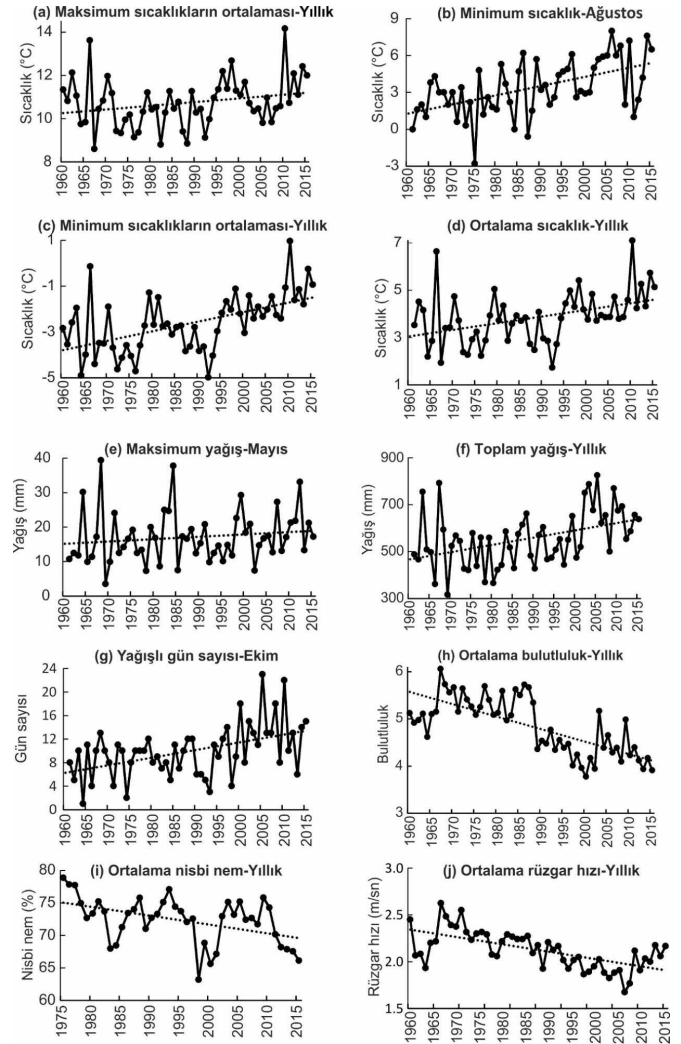
11 iklimsel parametre için 4 farklı anlamlılık düzeyinde gerçekleştirilen Mann-Kendall analiz sonuçları Tablo 2'de gösterilmektedir. Tablo 2'ye ek olarak her bir zaman serisindeki en kuvvetli trendleri görsel olarak göstermek amacıyla, kuvvetli trendlere

ait zaman serilerine ait örnek grafikler Şekil 3'te gösterilmiştir.

Man-Kendall analiz sonuçlarına göre Ardahan Meteoroloji İstasyonu'na ait aylık zaman serilerinde görülen başlıca değişimler şu şekildedir. Kasım ayı maksimum sıcaklık, maksimum sıcaklıkların ortalaması, ortalama sıcaklık değerleri ile yıllık maksimum değerlerinde görülen zayıf azalma eğilimleri haricinde, tüm zaman serilerinde artış eğilimleri görülür. Maksimum, maksimum sıcaklıkların ortalaması, minimum, minimum sıcaklıkların ortalaması ve ortalama sıcaklıklara ait toplam 63 zaman serisinin (60 aylık ve 3 yıllık) 33'ünde 0.1, 0.05, 0.01 ve 0.001 düzeyinde anlamlı artış eğilimleri görülür (Tablo 2). Sıcaklık serilerindeki en kuvvetli artışlar minimum sıcaklıklar ve minimum sıcaklıkların ortalaması serilerinde görülür. Minimum sıcaklıkların ortalamasının Kasım ve Aralık serileri haricindeki aylık serileri kuvvetli artış eğilimleri gösterir. En kuvvetli artış trendleri ise Ağustos serisinde görülür (Şekil 3b). Tüm sıcaklık serilerinin aylık eğilimleri incelendiğinde Ocak ve Mart aylarına ait tüm sıcaklık serilerinde ise anlamlı artışlar yaşanmıştır (Tablo 2). Onar yıllık ortalamalara göre bu aylardaki farklar diğer aylara göre fazladır (Tablo 3). Sıcaklık serilerindeki kuvvetli artış eğilimleri, Ardahan, batısında yer alan Rize'de de gözlenmiş ve yıllık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıkların ortalamasında 0.001 ve 0.01 düzeyinde anlamlı artışlar tespit edilmiştir (Tecer ve Cerit, 2009). Bu durum Türkiye'nin kuzeydoğu kesiminde sıcaklıklarda önemli artış eğilimleri olduğunu gösterir.

1965-1974 ile 2005-2014 dönemleri ortalama değerlerini karşılaştırdığımızda en yüksek farklar Mart ayına ait sıcaklık serilerinde görülür. Mart ayı maksimum sıcaklıkların ortalamasında 2.3°C, minimum sıcaklıkların ortalamasında 3.9°C, ortalama sıcaklıklarda ise 3.2°C'lik bir artış yaşanmıştır (Tablo 3). Bu durum her on yıllık dönemde Mart ayı ortalama sıcaklıklarında 0.65°C'lik bir artışa karşılık gelir. Onar yıllık ortalamalara göre Mart ayı dışında en yüksek artışlar Nisan ayı maksimum sıcaklıkların ortalaması (1.2°C), Şubat ayı minimum sıcaklıkların ortalaması (3.21°C), Şubat ayı ortalama sıcaklığı (2.1°C) zaman serilerinde gerçekleşmiştir. Sıcaklık serilerindeki kuvvetli artış eğilimlerinin yanı sıra, düşük bir orana sahip olmakla birlikte, bazı aylarda azalma eğilimleri görülür. Örneğin onar yıllık orta-

lamalara göre Mayıs ve Kasım maksimum sıcaklıkların ortalamaması serilerinde negatif değerler, yani azalmalar görülür. Ancak bu iki seri haricindeki tüm sıcaklık serilerinde artış egemendir (Tablo 3).



Şekil 3. İstatistiksel açıdan anlamlı eğilimlerin görüldüğü zaman serilerine ait örnekler.

Figure 3. Examples of time series belong to statistical significant trends.

Tablo 2. Mann-Kendall trend analizi sonuçları (Boyalı hücreler anlamlı artış (açık gri) ve azalışları (koyu gri) göstermektedir).

Table 2. Results of Mann-Kendall trend tests (Highlighted cells show statistical significance positive (light grey) and negative (dark grey) trends.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Ek.	Kas.	Ar.	
Mak. S	2,02*	0,57	1,90 +	1,27	1,24	1,18	-0,42	0,95	1,32	1,45	-0,43	0,17	
Mak. S. Ort.	1,71 +	0,89	2,36*	1,15	-0,08	1,47	0,68	2,22*	1,39	0,56	-0,84	0,25	2,03*
Min. S.	2,19*	2,35*	2,85**	1,35	1,04	1,85 +	0,94	4,05***	1,80 +	2,64**	0,73	1,63	
Min. S. Ort.	3,48***	2,21*	2,92**	2,80**	2,33*	3,57***	3,63***	4,97***	3,81***	3,31***	0,61	0,20	4,32***
Ort. S.	3,14**	1,84 +	2,72**	1,61	0,71	2,28*	1,66 +	2,99**	2,13*	2,63**	-0,13	0,28	3,52***
Mak. Y.	1,89 +	1,01	0,78	0,30	1,97*	2,10*	0,25	-0,19	0,60	1,61	-0,29	-0,88	
Top. Y.	2,67**	1,25	1,07	1,76 +	1,47	1,41	1,57	0,52	0,53	2,24*	0,48	0,46	3,40***
Y. Gün S.	-0,39	0,07	-0,53	0,53	-0,46	-0,17	1,93 +	2,64**	0,33	3,20**	0,24	-0,56	1,55
O. Bulut.	-3,41***	-3,32***	-3,10**	-3,18**	-3,09**	-3,95***	-3,88***	-3,78***	-2,56*	-1,28	-3,00**	-4,93***	-5,35***
O. Nem	-3,40***	-2,50*	-3,72***	-1,72+	-2,42*	-2,36*	-0,82	-1,07	-0,30	-0,15	-2,29*	-3,14**	-2,97**
O. Rüz. H.	-1,89 +	0,09	-0,63	-1,80 +	-3,15**	-2,58**	-3,07**	-4,97***	-4,61***	-2,37*	-1,60	-4,54***	-5,03***

+ 0.1 seviyesinde anlamlı, \* 0.05 seviyesinde anlamlı, \*\* 0.01 seviyesinde anlamlı, \*\*\* 0.001 seviyesinde anlamlı

Yıllık ortalama sıcaklık değerinde 1.32°C'lik bir artış meydana gelmiştir. Bu artış her on yıllık dönemde 0.26°C'lik bir artışa karşılık gelir. Demir vd (2008) 57 istasyon kullanılarak 1952-2006 dönemi için yapılan değerlendirmelere göre Türkiye ortalama sıcaklığının her on yılda 0.12°C-0.31°C arasında arttığını ortaya koymuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre Ardahan istasyonunun yıllık ortalama sıcaklıklarındaki artışlar Türkiye ortalaması civarındaki iken bazı aylardaki artışların ortalamasının çok üstündedir. Ardahan meteoroloji istasyonunun 1994'ten sonraki ortalama sıcaklık ve maksimum sıcaklıkların ortalaması değerleri, uzun süreli ortalamaların üstündedir (Şekil 3c, d).

Yağış değerleri (maksimum yağış ve toplam yağış) açısından maksimum yağışlarda Ağustos ve Kasım aylarındaki düşük azalma eğilimi haricinde genel olarak artış eğilimleri egemendir (Tablo 2). Ocak, Mayıs, Haziran ayları maksimum yağışları ile Ocak, Nisan Ekim ve yıllık toplam yağış değerlerindeki artışlar istatistiksel açıdan anlamlıdır (Şekil 3e, f). Özellikle Ocak ayı ile yıllık toplam yağış değerlerindeki artışlar çok kuvvetlidir (Tablo 2). Onar yıllık periyotlara göre toplam yağış miktarında Mayıs-Temmuz döneminde toplam 76 mm'lik (Şekil 3e), yıllık toplam yağış değerlerinde ise, 149 mm'lik bir artış yaşanmıştır. Bu değer yıllık toplam yağışlarda %29'luk bir artış olduğunu gösterir (Tablo 3; Şekil 3f). Özellikle toplam yağış değerlerinde 2001'den sonra uzun süreli ortalamasının üstünde yağışlar gerçekleşmesi 1930-2002 dönemi için anlamlı olmayan bir artışın (Türkeş vd., 2009), 1961-2015 döneminde anlamlı bir artışa

dönmesine neden olmuştur (Şekil 3f). Benzer şekilde Doğu Anadolu'da da 1997-2006 dönemindeki yağış değerleri 1961-1990 ortalamasının üstünde gerçekleşmiştir (Demir, vd., 2008).

Yaz yağışlarının önemli bir oran tuttuğu Ardahan'da yağışlı gün sayıları Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında istatistiksel açıdan anlamlı artışlar görülür (Tablo 2; Şekil 3g). Onar yıllık ortalamalara göre yağışlı gün sayısı Temmuz'da 2.5, Ekim ayında 5.7 gün artış göstermiştir. Yıllık toplam yağışlı gün sayısında ise 8.3 günlük artış yaşanmıştır (Tablo 3).

Yukarıda belirtilen ve genel olarak artış eğilimi gösteren sıcaklık ve yağış parametrelerinden farklı olarak ortalama bulutluluk, ortalama nisbi nem ve ortalama rüzgar hızı değerlerinde anlamlı azalma eğilimleri görülür ve bu eğilimlerin çok büyük bölümü istatistiksel açıdan anlamlıdır (Tablo 2). Ortalama bulutluluk değerleri 6 ayda 0.001, 4 ayda 0.01 ve 1 ayda 0.05, yıllık değerler ise 0.001 düzeyinde anlamlı azalma eğilimleri gösterir. Onar yıllık ortalamalara göre ortalama bulutluluk 1.15'lik bir azalma gösterirken (Şekil 3h), en yüksek azalmalar (1'den daha yüksek azalmalar) Aralık, Ocak, Mayıs, Haziran, Ağustos, Kasım aylarında gerçekleşmiştir (Tablo 3). Sıcaklıkların, yağışlı gün sayısı, maksimum yağış ve toplam yağış değerlerindeki artışlar ile birlikte bulutluluk değerlerinin azalması, konvektif yükselimin daha kuvvetli gerçekleşerek daha kısa süreli ve şiddetli yağışların oluşma olasılığını arttırabileceği sonucuna ulaşılabilir.

**Tablo 3.** 1965-1974 ve 2005-2014 dönemlerine ait 10'ar yıllık ortalamalar ve bu ortalamalar arasındaki farklar.

**Table 3.** Decadal averages belong to 195-1974 and 2005-2014 periods and decadal differences between these periods.

<b>Mak. S. Ort</b>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Ek.	Kas.	Ar.	Yıllık
<b>1965-1974</b>	-5.42	-3.67	2.29	9.96	16.51	19.64	23.69	24.08	20.13	14.33	6.59	-1.98	10.51
<b>2005-2014</b>	-4.79	-3.12	4.595	11.22	16.37	20.82	23.79	24.89	20.73	14.77	6.4	-1.15	11.21
<b>Fark</b>	0.63	0.55	2.305	1.26	-0.14	1.18	0.1	0.81	0.6	0.44	-0.19	0.83	0.70
<b>Min. S. Ort.</b>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Ek.	Kas.	Ar.	Yıllık
<b>1965-1974</b>	-17.97	-17.57	-10.01	-2.26	2.87	5.02	7.81	7.62	3.92	-0.62	-6.18	-12.78	-3.35
<b>2005-2014</b>	-15.17	-14.36	-6.12	-0.05	4	6.94	9.9	9.49	5.47	1.07	-4.92	-11.96	-1.31
<b>Fark</b>	2.8	3.21	3.89	2.21	1.13	1.92	2.09	1.87	1.55	1.69	1.26	0.82	2.04
<b>Ort. S.</b>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Ek.	Kas.	Ar.	Yıllık
<b>1965-1974</b>	-11.96	-10.85	-3.95	3.67	9.63	12.45	15.89	15.68	11.89	6.54	-0.32	-7.58	3.42
<b>2005-2014</b>	-10.03	-8.76	-0.75	5.34	10.065	13.785	16.81	16.98	12.81	7.39	0.15	-6.86	4.74
<b>Fark</b>	1.93	2.09	3.2	1.67	0.435	1.335	0.92	1.3	0.92	0.85	0.47	0.72	1.32
<b>Top. Y.</b>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Ek.	Kas.	Ar.	Yıllık
<b>1965-1974</b>	13.76	12.47	25.96	44.73	70.38	85.72	56.53	78.36	41.87	30.89	22.72	20.82	504.21
<b>2005-2014</b>	31.54	24.42	38.57	60	92.46	103.7	92.68	72.34	42.54	46.66	26.45	21.76	653.12
<b>Fark</b>	17.78	11.95	12.61	15.27	22.08	17.98	36.15	-6.02	0.67	15.77	3.73	0.94	148.91
<b>Y. Gün. S.</b>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Ek.	Kas.	Ar.	Yıllık
<b>1965-1974</b>	10.9	11.5	13.3	15.5	16.8	15.8	11.1	11.8	9.1	8.3	9.5	12.4	146
<b>2005-2014</b>	11.1	10.6	12.7	15.8	16.25	15.45	13.6	12.8	9.5	14	11.1	11.4	154.3
<b>Fark</b>	0.2	-0.9	-0.6	0.3	-0.55	-0.35	2.5	1	0.4	5.7	1.6	-1	8.3
<b>O. Bulut.</b>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Ek.	Kas.	Ar.	Yıllık
<b>1965-1974</b>	6.2	5.96	5.98	6.1	5.83	5.24	4.74	4.72	4.32	4.74	5.48	6.36	5.47
<b>2005-2014</b>	4.98	5.03	4.98	5.32	4.77	4.085	3.82	3.23	3.49	4.03	3.87	4.27	4.32
<b>Fark</b>	-1.22	-0.93	-1	-0.78	-1.06	-1.155	-0.92	-1.49	-0.83	-0.71	-1.61	-2.09	-1.15
<b>O. Nem.</b>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Ek.	Kas.	Ar.	Yıllık
<b>1975-1984</b>	82.29	81.39	78.86	70.32	72.62	70.82	69.72	68.4	65.57	70.47	76.02	82.38	74.07
<b>2005-2014</b>	76.34	76.2	72.295	69.55	69.255	68.82	69.87	67.49	67.76	70.72	73.6	77.07	71.58
<b>Fark</b>	-5.95	-5.19	-6.565	-0.77	-3.365	-2	0.15	-0.91	2.19	0.25	-2.42	-5.31	-2.49
<b>O. Rüz. H.</b>	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Ek.	Kas.	Ar.	Yıllık
<b>1965-1974</b>	1.68	1.8	2.26	2.94	3.08	2.66	2.56	2.56	2.49	2.44	2	2.1	2.38
<b>1995-2004</b>	1.38	1.64	1.91	2.47	2.43	2.18	1.99	1.95	1.95	1.84	1.57	1.4	1.89
<b>Fark</b>	-0.3	-0.16	-0.35	-0.47	-0.65	-0.48	-0.57	-0.61	-0.54	-0.6	-0.43	-0.7	-0.49

Hava sıcaklığının yükselmesi nisbi nem miktarını azalttığından dolayı sıcaklık değerlerindeki artışlar nemlilik değerlerinin düşmesine neden olmaktadır (Şekil 3i). Tüm yıl içerisinde azalma eğilimine sahip nisbi nem Ocak ve Mart aylarında 0.001, Aralık ayında 0.01, Şubat, Nisan, Mayıs ve Kasım aylarında 0.05 düzeyinde anlamlı azalma eğilimleri göstermiştir. Onar yıllık farklılıklara göre yıllık ortalama nisbi nem değerlerinde %2.5'lik, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında %5'in üzerinde bir azalma göstermiştir (Tablo 3). Bu aylarda özellikle minimum sıcaklıklarda kuvvetli artış eğilimleri gözlenmektedir.

Aylık ortalama rüzgar hızlarında da kuvvetli azalma eğilimleri görülür. Bu eğilimlerden Ağustos, Eylül, Aralık ve yıllık değerlerdeki azalmalar 0.001, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında 0.001 düzeyinde anlamlıdır (Şekil 3j). Onar yıllık ortalamalara göre ortalama rüzgar hızı 0.5m/sn, Mayıs, Ağustos, Ekim ve Aralık aylarında 0.6 m/sn hızda azalmalar gerçekleşmiştir (Tablo 3). Sonuç olarak Ardahan Meteoroloji istasyonunda görülen eğilimler, sıcaklık, yağış parametrelerinde önemli artışlar, nem, bulutluluk ve rüzgar hızlarında ise önemli azalmalar olduğunu göstermektedir.

## 5. Sonuç

Kentsel ısı adası etkisi büyük kent merkezlerinde bulunan istasyonların verileri üzerinde büyük etki yarattığı için kentleşmenin olmadığı ya da çok az olduğu alanlarda bulunan meteoroloji istasyonuna ait veriler iklim değişikliğinin etkilerini daha iyi gösterebilmektedir. Bu çalışmada Türkiye'de kentleşmenin ve kentsel ısı adası etkisinin en az olduğu ve Türkiye'nin en yüksek istasyonlarından olan Ardahan Meteoroloji İstasyonu'na ait 11 farklı parametrenin aylık ve yıllık değerlerindeki genel eğilimler, artış ve azalış miktarları belirlenmiştir. Yapılan analizlere göre elde edilen temel sonuçlar şu şekildedir: Sıcaklık serilerinde artış eğilimleri egemendir. Özellikle Ocak, Mart, Haziran, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında ve yıllık değerlerdeki artışlar istatistiksel açıdan anlamlı artış eğilimleridir. 1965-1974 ve 2005-2014 dönemlerine ait ortalamalar arasındaki farklara göre yıllık ortalama sıcaklıkta 1.3°C, minimum sıcaklıkların ortalamasında 2.04°C ve maksimum sıcaklıkların ortalamasında 0.7°C'lik artışlar gerçekleşmiştir. Bu değerlere göre en yüksek artışlar minimum sıcaklıkların ortalamasında yaşanmıştır. Maksimum yağış, toplam yağış ve yağışlı gün serilerinde de artış eğilimleri egemendir. Özellikle toplam yağış değerlerindeki artışlar 0.001 düzeyinde kuvvetli bir artış yaşanmış ve 1965-1974 ve 2005-2014 dönemi ortalamalarına göre yıllık toplam yağışta 149 mm'lik bir artış gerçekleşmiştir. Sıcaklık ve yağış serilerindeki artış eğilimlerinin aksine ortalama bulutluluk, ortalama nisbi nem ve ortalama rüzgar hızlarına ait tüm serilerde azalma eğilimleri egemendir ve bunların çok büyük bir bölümü istatistiksel açıdan anlamlı azalma eğilimleridir. Tüm bu eğilimlere göre Ardahan'da sıcaklıkların artışına bağlı olarak nemliliğin ve dolayısıyla bulutluluğun azaldığını ancak aynı artışın konvektif yükselimi kuvvetlendirdiğinden dolayı yağış serilerinde de artışlara neden olduğunu söylemek mümkündür. Oluşan bu dinamik koşullar özellikle Doğu Anadolu platosundaki yeryüzü-atmosfer bileşiminin bir ürünüdür. Gözlemlenen iklim değişikliği ile birlikte bölgede sıcaklığın artması ve bunun konvektif süreçlerin geri besleme düzeneklerine pozitif katkı sağlaması nedeniyle bölgede taşkın sıklıklarında artışa neden olması kuvvetlidir.

## Kaynakça

- Akbaş, A. (2014a). Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 12(2), 101-118.
- Akbaş, A. (2014b). Türkiye'de klimatolojik kuraklık olasılıklarının dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 63, 1-7.
- Beniston, M. (2003). Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change* 59(1), 5-31.
- Bornstein, R. and Lin, Q. (2000). Urban heat island and summertime convective thunderstorms in Atlanta: three case studies. *Atmospheric Environment* 34: 507-516
- Cannone, N., Sgorbati, S. ve Guglielmin, M. (2007). Unexpected impacts of climate change on alpine vegetation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7, 360-364.
- Changnon, S.A. (2001). Assessment of historical thunderstorm data for urban effects: The Chicago case. *Climatic Change* 49: 161-169
- Changnon, S.A., Semonin R.G. and Huff F.A. (1976). A hypothesis for urban rainfall anomalies. *Journal Applied Meteorology* 15, 544-560
- Chersich, S., Rejšek, K., Vranová, V., Bordoni, M., Meisina, C. (2015). Climate change impacts on the Alpine ecosystem: an overview with focus on the soil—a review. *Journal of Forest Science* 61(11), 496-514.
- Çiçek, İ. (2004). Ankara'da şehirleşmenin yağış üzerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 14(1), 1-17
- Çiçek, İ. (1995). "Türkiye'de Kurak Dönemin Yayılışı ve Süresi (Thomthwaite Metoduna Göre)", Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi 4: 77-102.
- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M. ve Sümer, U.M. (2008). "Türkiye'de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler", TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı: 69-84. Ankara.
- Demircan, M., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Arabacı, H., Coşkun, M. (2017). Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios. *Turkish Journal Of Water Science & Management* 1: 22-43
- Demircan, M., Arabacı, H., Akçakaya, A., Şensoy, S., Bölük, E., ve Coşkun, M. (2017). İklim ve şehirleşme: minimum sıcaklık trendleri. *IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi*, Bildiriler kitabı, 1-9, İstanbul.
- Dinçer, B., Özaslan, M., Kavasoğlu, T. (2003). *İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması (2003)*. TC Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı.
- Diaz, H. F., Grosjean, M., Graumlich, L. (2003). Climate variability and change in high elevation regions: past, present and future. *Climatic change*, 59(1), 1-4.
- Dyderski, M.K., Paź, S., Frelich, L. E., Jagodziński, A.M. (2017). How much does climate change threaten European forest tree species distributions?. *Global Change Biology*, 1-14.
- French, H.M. (1996). *The Periglacial Environment*. Pearson Education, Longman, London.
- Gilbert, R.O. (1987). *Statistical Methods For Environmental Pollution Monitoring*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Giorgi, F. ve Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change* 63(2), 90-104.
- Haeberli, W. ve Beniston, M. (1998). Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps. *Ambio*, 258-265.
- IPCC. (2001). *Intergovernmental panel on climate change. Climate change 2001—the scientific basis: contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, New York.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers- Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, IPCC Secretariat, WMO, Geneva.
- Jauregui, E. and Romales E. (1996). Urban effects on convective precipitation in Mexico City. *Atmospheric Environment* 30 (20), 3383-3389.
- Kadıoğlu, M. (1997). Şehirleşmenin Marmara Bölgesindeki yağışlara

- etkisi. *Su ve Çevre Sempozyumu' 97*, 37-46.
- Karas, J. (2000). *Climate change and the Mediterranean region*. Greenpeace report.
- Kendall, M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. Griffin, London, UK.
- Landsberg H.E. (1981). *The Urban Climate*. Academic Press. New York
- Mann, H.B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245–259.
- Miró, J.J., Estrela, M.J. ve Millán, M. (2006). Summer temperature trends in a Mediterranean area (Valencia region). *International Journal of Climatology* 26(8), 1051-1073.
- Oke, T.R. (1979). *Review of urban climatology*. WMO Tech Note No: 169.
- Ozdemir, H., Unal, A., Kindap, T., Turuncoglu, U.U., Durmusoglu, Z.O., Khan, M., Tayanc, M. ve Karaca, M. (2012). Quantification of the urban heat island under a changing climate over Anatolian Peninsula. *Theoretical and applied climatology* 108(1-2), 31-38.
- Öztürk, M. Z. (2011). Gelgit ölçüm istasyonu verilerine göre Doğu Akdeniz'de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elementleri ile ilişkisi 1972–2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* 8(2), 628-642.
- Öztürk, M. (2012). *Uludağ'daki Periglasiyal Süreçlerin, Periglasiyal Yerçekillerinin ve Bunları Denetleyen Etmenlerin İncelenmesi*. Nilüfer Akkılıç Kütüphanesi Yayınları, No: 10.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G. ve Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27.
- Öztürk, T., Ceber, Z.P., Türkeş, M. ve Kurnaz, M.L. (2015). Projections of climate change in the Mediterranean Basin by using downscaled global climate model outputs. *International Journal of Climatology*, 35(14), 4276-4292.
- Salmi, T., Maatta, A., Antilla, P. ve Ruoho, A. (2002). *Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates-the excel template application MAKESENS*. Publications on air quality, no 31 Finnish Meteorological Institute, Helsinki.
- Şen, Ö. L. (2013). *A holistic view of climate change and its impacts in Turkey*. Report. Istanbul Policy Centre, Sabanci University, Istanbul.
- Tayanç, M. ve Toros, M. (1997). Urbanization effects on regional climate change in the case of four large cities in Turkey. *Climatic Change*, 35, 501-524
- Tayanç, M., İm, U., Doğruel, M. ve Karaca, M. (2009). Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change*, 94(3), 483-502.
- Taniguchi, M. (2007). Combined effects of urbanization and global warming on subsurface temperatures in four Asian cities. *Vadose Zone J*, 6, 591–596
- Tecer, L.H. ve Cerit, O. (2009). Temperature trends and changes in Rize, Turkey, for the period 1975 to 2007. *CLEAN–Soil, Air, Water* 37(2): 150-159.
- TUİK, 2016. *Yıllara göre il nüfusları*.
- Türkeş, M. and Sümer, U.M. (2004). Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 77(3), 195-227.
- Türkeş, M., Koç, T. ve Saris, F. (2009). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29(8), 1056-1074.
- Yılmaz, K. K. and Yazicigil, H. (2011). Potential impacts of climate change on Turkish water resources: a review. In, *Climate change and its effects on water resources*, 105-114.
- Yonetani, T. (1982). Increase in number of days with heavy precipitation in Tokyo urban area. *Journal of Applied Meteorology*. 21, 1466-1471.
- Zachos, J.C., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. ve Billups, K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292: 686–693.

