

Hakemli Makale  
Reviewed Article

## İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi

### Trend analyses of temperature and precipitations in Central Anatolia

Yakup KIZILELMA<sup>a</sup>, Mehmet Ali ÇELİK<sup>b</sup>, Murat KARABULUT<sup>c</sup>

- Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Göksun MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü.
- Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü.
- Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü.

Geliş/Received: 26.06.2014  
Kabul /Accepted: 20.01.2015

Sorumlu yazar/Corresponding author  
(Y. KIZILELMA) [kizilelma@gmail.com](mailto:kizilelma@gmail.com)

#### ÖZ

Zamansal ve mekânsal ölçekte sürekli değişen iklim, dinamik bir süreçtir. Yerküre 'nin varoluşundan günümüze kadar geçen süre zarfında iklimde birçok defa değişim meydana gelmiştir. Ancak 19. yüzyılda başlayan yoğun sanayileşme hareketleri ile birlikte doğal iklim değişimi süreci üzerinde insan etkili olmaya başlamıştır. Küresel olarak sıcaklığın artışı ve yağış paterninin değişimi şeklinde ifade edilen iklim değişikliği tezi dünyada birçok çevre tarafından kabul edilmekte ve sonuçları itibariyle İnsanoğlunun günümüzde karşı karşıya kaldığı en ciddi problemler arasında gösterilmektedir. İç Anadolu Bölgesi de konumu gereği iklim değişiminin görülebileceği hassas bir konumda bulunmaktadır. Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesinde yer alan meteoroloji istasyonları için yıllık, mevsimlik ve aylık ortalama ve ekstrem sıcaklık trendleri ile yağışlar incelenmiştir. Parametrik olmayan (mann-kendal, sens's slope), lineer regresyon gibi teknikler kullanılarak sıcaklık eğilimleri analiz edilmiştir. Sonuçlar, maksimum ve minimum sıcaklık trendlerinde çalışma alanı genelinde istatistiksel olarak anlamlı artışların olduğunu, ortalama sıcaklıklarda ise Ürgüp istasyonu hariç diğer tüm istasyonlarda %95 güven aralığında artışlar olduğunu göstermektedir.

*Anahtar Kelimeler: Sıcaklık, Yağış, Mann-Kendall, Trend, İç Anadolu.*

#### ABSTRACT

*Climate continuously changing place on temporal and spatial scale is a dynamical process. Change in climate has occurred for many times during the period from the Earth's existence until today. However, with intense industrialization movements which started in 19th century, human began to be influence on natural climate change process. Theory of climate change, which is expressed as increasing of temperature and changing of precipitation pattern globally, is accepted by many environments in the world and shown as one of the most serious problems with which human being has faced at the present time by its results. Also Central Anatolia is in a sensitive position where climate change may be seen by its location. In this study, we investigated mean extreme annual, seasonal and monthly temperature trends and precipitations for weather stations in Central Anatolia. We analyzed temperature trends by using techniques such as non-parametric tests (mann-kendal, sen's slope), linear regression etc. Results show that there are significant increases statistically in maximum and minimum temperature trends throughout the study area, and that there are increases at 95% confidence interval in mean temperatures in other stations except for Ürgüp station.*

*Keywords: Temperature, Precipitation, Mann-Kendall, Trend, Central Anatolia.*

## GİRİŞ

Atmosfer, hidrosfer, kryosfer, litosfer ve biyosfer olarak adlandırılan beş temel bileşen yeryüzündeki yaşamı ve bu bileşenler arasındaki etkileşim, küresel iklim sistemi denilen karmaşık sistemi oluşturur (Türkeş, 2012). Küresel iklim sisteminde, Yerküre 'nin varoluşundan günümüze kadar geçen 4.5 milyar yıl boyunca birçok defa değişim meydana gelmiştir (Göncençil ve İçel, 2010). İklim değişimi geçmişte doğal olarak ve yavaş bir şekilde gerçekleşmiştir. 19. yüzyılda başlayan yoğun sanayileşme hareketleri ile birlikte doğanın metalaştırılarak sanayi hammaddesi ve sömürü

aracı olarak görülmesi başta iklim olmak üzere tüm ekolojinin dengesini bozmuştur. Fosil yakıtların plansız ve aşırı miktarda tüketimine bağlı olarak artan sera gazı emisyonları, dünya atmosferinin enerji dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu bozulma, küresel ısınmayı beraberinde getirerek özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren gözlemlenmeye başlandığı şekliyle iklimler üzerinde etkili olmaya başlamıştır. Diğer bir ifadeyle uzun vadede yaşanan doğal iklim değişimi sürecinin, insan müdahalesi nedeniyle doğal yaşamın uyum sağlamasına izin vermeyecek şekilde

kısa sürede yaşanması söz konusudur. Bir insan ömrüne sıgacak şekilde kısa sürede yaşanması söz konusu olan küresel anlamda iklim değişiminin çok önemli olumsuz etkileri olacaktır (Türkeş vd., 2000; Cosun ve Karabulut, 2009; Kum ve Çelik, 2014). Hükümetlerarası İklim Değişimi Paneli'nin (IPCC) 2013 yılında açıklanan raporuna göre iklim değişimi, 21. yy boyunca tereddütsüz bir şekilde etkilerini göstermiş bir olay olarak belirtilmiş ve sonuçları itibarıyla İnsanoğlunun en ciddi problemi olarak gösterilmektedir (Lacressonnière vd., 2014; Minga, 2014).

Küresel sıcaklıkların ortalamasında gözlenen artış eğilimi dünya genelinde eşit bir şekilde coğrafi dağılışı göstermemektedir. 40° ve 70° Kuzey enlemleri arasında uzun süreli ısınma eğilimi daha fazla gerçekleşmektedir. Yani iklim değişiminin en büyük etkileri orta ve yüksek enlemlerde yer alan ülkelerde ortaya çıkacaktır (Karabulut ve Cosun, 2009). Türkiye, dolayısıyla İç Anadolu Bölgesi coğrafi konumu nedeniyle bu değişimden etkilenecek alanlar arasında yer almaktadır.

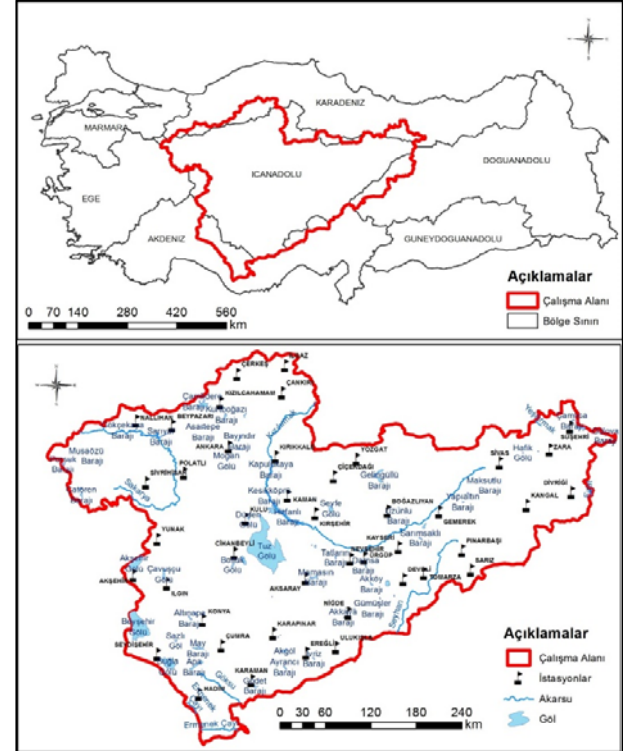
Çalışma alanımızı teşkil eden İç Anadolu Bölgesi, coğrafi konumu itibarı ile iklim değişikliklerine karşı hassas bölgelerimizden biridir. İklim varyasyonlarının bir sonucu olarak, İç Anadolu Bölgesinde bitki örtüsü ve diğer doğal kaynaklar iklimde meydana gelen anomaliler nedeniyle zarar görmektedir. Özellikle bölge Türkiye'de kuraklık ve sel gibi çevre problemlerinin meydana gelebileceği alanların başında gelmektedir. İklimde meydana gelen salınımlar bölgede vejetasyon süresinin kısılması, arazi degradasyonu ve tarımsal verimin azalması gibi diğer ciddi problemlere yol açabilmektedir. Ayrıca, ekstrem ve beklenmedik iklim değişiklikleri bölgede yenilenebilir su kaynakları üzerinde büyük bir baskı meydana getirmektedir (Karabulut, 2010; Altın vd., 2012).

Bu çalışmada Türkiye'nin orta kesimini teşkil eden İç Anadolu Bölgesindeki (Şekil 1) meteoroloji istasyonlarından elde edilen toplam yağış ve ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılarak aylık, mevsimlik ve yıllık bazda trend analizleri yapılmıştır. Çalışma alanındaki bazı ilçe merkezleri İç Anadolu Bölgesi coğrafi sınırının dışına çıktığından burada il merkezi sınırları baz alınmıştır. Böylelikle İç Anadolu Bölgesinin yağış ve sıcaklıklarının eğilimi tespit edilmeye çalışılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Çalışma alanında sıcaklıkların ve yağışların ne yönde değişim gösterdiğini incelemek amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) İç Anadolu Bölgesinde yer alan meteoroloji istasyonlarının ortalama, minimum, maksimum sıcaklık ve yağış verileri alınmıştır. Bu veri serilerinin homojenlik derecesini belirlemek için serinin ortalamasına göre değişim ölçen parametrik olmayan Thom testi kullanılmıştır. Thom testi sonuçlarına göre çalışma alanının genel olarak homojen karakterde bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Söz konusu iklim verilerinin uzun yıllar (1970-2010) olası gidislerini tespit etmek amacıyla parametrik olmayan Mann-Kendall ilişki katsayısından yararlanılmıştır. Bununla birlikte çalışma alanındaki sıcaklık

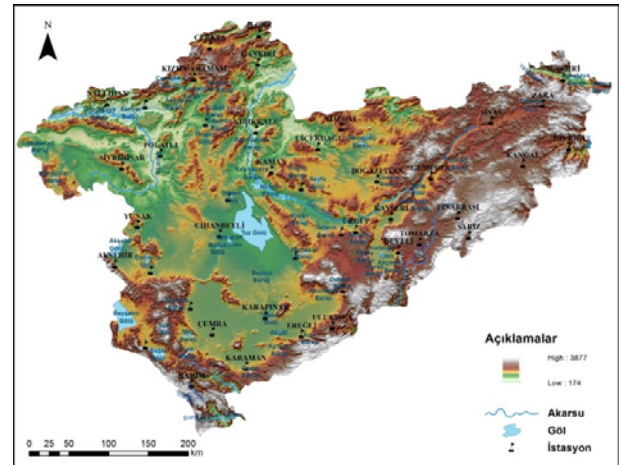
ve yağışların lineer trendleri hesaplanmıştır. Lineer trend ve Mann-Kendall sonuçlarının mekânsal olarak dağılışı haritalanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of study area.

Çalışma alanındaki bazı ilçe merkezleri İç Anadolu Bölgesi coğrafi sınırının dışına çıktığından burada il merkezi sınırları baz alınmıştır. Çalışma alanında, 1970-2010 arası 40 yıllık çalışma periyodunu kapsamayan veriye sahip istasyonlar hesaplamalara dâhil edilmemiştir (Tablo1, Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanında kullanılan istasyonların mekânsal dağılışı ve yükselti değerleri.

Figure 2. Elevation and spatial distribution of meteorological stations in study area.

iklim değişikliğinin en önemli göstergelerinden biri olan sıcaklık ve yağış değerlerinin çalışma alanında ne yönde bir

değişim gösterdiğini belirlemek amacıyla minimum ve maksimum sıcaklık verilerine, parametrik lineer regresyon tekniği ve parametrik olmayan testlerden olan Mann-Kendall uygulanmıştır. Mann-Kendall testi iklim parametrelerinde meydana gelen değişimi araştırmaya yönelik çalışmalarda sıkça kullanılmaktadır (Yue ve Pilon, 2012; Danneberg, 2012; Yürekli, 2015). İklim parametrelerinde, sıcaklıkta, yağışta meydana gelen değişimlerin ne yönde bir gelişim gösterdiğini belirlemek amacıyla yapılan Mann-Kendall testi, aynı zamanda iklim değişiminin boyutları konusunda da önemli fikirler vermektedir (Novotny ve Stefan, 2007; Deng vd., 2015).

**Tablo1.** Çalışma alanındaki istasyonların genel özellikleri.

**Table 1.** Meteorological Stations in study area.

İstasyon	Yükselti (m)	Enlem-Boylam
Ankara	891	39°57'K-32°53'D
Kızılcahamam	1033	40°28'K-32°39'D
Çiçekdağ	900	40°28'K-32°39'D
Nallıhan	650	40°11'K-31°21'D
Beypazarı	682	40°10'K-31°55'D
Konya	1031	37°52'K-32°29'D
Ereğli	1042	37°32'K-34°03'D
Ilgın	1034	38°17'K-31°55'D
Kulu	1010	39°06'K-33°00'D
Yunak	1120	38°49'K-31°44'D
Cumra	1013	37°35'K-32°47'D
Hadım	1552	36°59'K-32°28'D
Akşehir	1002	38°21'K-31°25'D
Kayseri	1093	38°44'K-35°29'D
Seydişehir	1131	37°25'K-31°50'D
Karapınar	1004	37°43'K-33°33'D
Cihanbeyli	969	38°39'K-32°56'D
Sivrihisar	1070	39°27'K-31°32'D
Aksaray	960	38°23'K-34°05'D
Karaman	1023	37°12'K-33°13'D
Kırıkkale	747	39°51'K-33°21'D
Sarız	1500	38°29'K-36°30'D
Develi	1180	38°23'K-35°30'D
Pınarbaşı	1500	38°43'K-36°24'D
Tomarza	1347	38°27'K-35°48'D
Kırşehir	1007	39°09'K-34°10'D
Kaman	1075	39°22'K-33°07'D
Nevşehir	1259	38°37'K-34°42'D
Ürgüp	1060	38°38'K-34°55'D
Niğde	1210	37°58'K-34°41'D
Ulukışla	1453	37°32'K-34°29'D
Yozgat	1298	39°49'K-34°48'D
Boğazlıyan	1066	39°12'K-35°15'D
Sivas	1285	39°45'K-37°01'D
Zara	1348	39°54'K-37°45'D
Divriği	1225	39°22'K-38°07'D
Kangal	1545	39°14'K-37°23'D
Suşehri	1163	40°10'K-38°06'D
Gemerek	1173	39°11'K-36°04'D
Çankırı	751	40°36'K-33°37'D
Çerkes	1125	40°49'K-32°54'D
İlgaz	885	40°55'K-33°38'D

Homojenlik testi ile çalışmada verileri kullanılan meteoroloji istasyonlarının veri serilerinde ani bir değişimin olup

olmadığı test edilmeye çalışılmıştır. Veri serilerinin homojenlik derecesini belirlemek için serinin ortalamasına göre değişim ölçen parametrik olmayan Thom testi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veri setine uygulanan homojenlik testi sonuçlarına göre veri setinin genel olarak homojen karakterde bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Homojenlik testinin ardından istasyonların sıcaklık değerlerinin regresyon modelleri oluşturularak çizgisel trendleri analiz edilmiştir. Bunun için ise lineer trend analizi kullanılmıştır. Lineer trend analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirleyen regresyon testidir (Şahinler, 2000). Böylece 1970-2010 yılları boyunca sıcaklık ve yağış verilerine ait değerlerin artma veya azalma eğilimi gösterip göstermediği belirlenmiştir.

Çalışma alanında, maksimum, minimum sıcaklık ve yağış serilerinin olası gidişini tespit etmek ve istatistiksel anlamda önemli bir artma yada azalma eğiliminin olup olmadığını belirlemek amacı ile sıcaklık ve yağış verilerine Mann-Kendall trend analizleri uygulanmıştır. Mann-Kendall testi parametrik olmayan bir test olup, Kendall'ın Tau olarak bilinen testinin özel bir uygulamasıdır. Bu yöntem verilerin büyüklüğünden çok sıraları üzerine esastır (Karabulut, 2011). Bu trend analizi, ayların mevsimlere, hatta mevsimlerin yıllık ortalama değerlere katkısını belirlemek amacıyla aylık ve mevsimlik olarak da hazırlanmıştır. Bu testte zamana göre sıralanmış ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) seriler,  $H_0$  hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenlerdir.  $H_1$  alternatif hipotezine göre ise ( $k \neq j$ ) ve  $n \geq k, j$  ( $n$ , data kayıt uzunluğu) olmak üzere seride  $X_k$  ve  $X_j$  ardışık data değerlerinin dağılımı benzer değildir. Yani seride lineer bir trend vardır. Bu teknik eksik verilerin varlığına müsaade ettiği ve verilerin belirli bir dağılıma uyma zorunluluğu aramadığı için özellikle kullanışlıdır (Kalaycı ve Kahya, 1998). Bu testin en önemli tarafı uygulaması kolay, sıralar üzerine esas olması ve serisel korelasyon etkisini yok etmiş olmasıdır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Etrafı dağlarla çevrili bulunan İç Anadolu Bölgesinde, genel olarak yaz ile kış arasında sıcaklık farkı fazla, kış yağışlı ve yazı geçen karasal iklim tipi görülür. Bölgenin iklim özelliklerini mevsimlere göre bölgeyi etkileyen hava kütleleri, denize olan uzaklık, dağların uzanışı, bakı ve yükseklik durumu etkiler ve buna bağlı olarak mikro iklim özellikleri görülür (Atalay ve Mortan, 2007). İç Anadolu Bölgesi, Subtropikal kuşak kıtalarının batı yakasında hakim olan Akdeniz makro iklim bölgesi içerisinde yer alır. Bundan dolayı, İç Anadolu Bölgesinin iklimi küresel ölçekte birçok faktörden etkilenmektedir. Genel olarak çalışma alanı iklimi, Kuzeydoğu Atlantik ve Akdeniz kaynaklı cephesel siklonların, subtropikal antisiklonların ve muson siklonlarının Orta Doğu'ya doğru uzantısını oluşturan Basra alçak basınç sisteminin alanının mevsimlere göre yer değiştirmelerinin bir ürünüdür. Kışın, kuzeydoğu Atlantik doğuşlu orta enlem

ve Akdeniz siklonları ile Azorlar bölgesinden kaynaklanan dinamik subtropikal antisisiklonların birleşimi, genel olarak Türkiye’de, yerelde ise İç Anadolu Bölgesinde hava ve iklimi belirleyen başlıca atmosferik düzenektir. Bazı kış mevsimlerinde, termik oluşumlu Sibiry antisisiklonu ile alakalı olarak çok soğuk, kararlı ve kuru yüksek basınç koşulları da, Türkiye ve bölgesindeki bu geniş alanlı ortalama atmosfer dolaşımına katılır. Yaz aylarında ise basınç merkezlerinin yer değiştirmesine bağlı olarak bölge Muson alçak basıncının etkisi altına girmektedir. Türkiye ve bölgesi üzerinde, özellikle yaz boyunca Kuzey Afrika ve Orta Doğu/Arabistan bölgelerinden kaynaklanan karasal tropikal (cT) hava akımları egemen olur. Genel dolaşımdaki bu değişiklik, Türkiye’nin Karadeniz Bölgesi ve Kuzeydoğu Anadolu Bölümü dışında kalan yerlerinde, bilhassa da İç Anadolu Bölgesinde yaz boyunca genellikle uzun süreli kuru ve sıcak iklim koşullarının oluşmasına neden olur. Tüm bunların sonucunda, İç Anadolu Bölgesinde zaman ve mekan ölçeğindeki iklimin karakteri kompleks bir yapıya dönüşmektedir ve küresel bir çok olaydan etkilenmektedir (Türkeş, 2005).

Genel anlamda, özellikle küresel ve bölgesel ölçekli uzak bağlantılar, kara-deniz dağılışı ve topoğrafik şartlar gibi etmenler iklimin şekillenmesinde etkili olurlar. Bütün bunların sonucunda çalışma alanı orta ölçekli yapılar ve mevsimsel varyasyonları içerisinde barındıran bir iklim bölgesi haline gelmektedir. Bu çalışmada İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağış trendlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler ve sonuçları aşağıda açıklanmıştır. Yağış ve sıcaklık verileri aylık, mevsimlik ve yıllık bazda her teknik için ayrı ayrı incelenmiş ve sonuçlar haritalanmıştır.

### Mann-Kendall Trend Analizi

Türkiye’de meydana gelen iklimsel varyasyonların yerel ölçekte durumunu belirlemek amacıyla 1970-2010 yılları arasında İç Anadolu Bölgesinde yer alan toplam 43 meteoroloji istasyonundan elde edilen toplam yağış ve ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık verileri kullanılarak çalışma alanı için sıcaklık ve yağış trendleri mevsimlik bazda incelenmiştir.

#### Ortalama Sıcaklıklar

Herhangi bir bölgedeki iklimin olası gidişini tespit etmek için bölgenin uzun yıllar sıcaklık ve yağış parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle iklim trendleri ile ilgili çalışmalarda sıcaklık ve yağış verileri sıkça kullanılmakta ve doğruluk oranı yüksek sonuçlar elde edilmektedir. Bu bağlamda çalışma alanındaki meteoroloji istasyonlarına ait ortalama maksimum ve minimum sıcaklık verilerine son yıllarda sıklıkla kullanılan Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır. Ortalama sıcaklıkların olası gidişi mevsimlik olarak incelenmiştir. Sıcaklıkların trendi incelendiğinde; neredeyse tüm istasyonlarda %95 güven aralığında anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

Mevsimlik trendlere bakıldığında, yaz mevsimi Ürgüp hariç tüm istasyonlarda %95 güven aralığında anlamlıdır. Buna karşın Kış mevsiminde ise durum tam tersine dönerek

hiçbir istasyonda gerçekleşen pozitif trend istatistiksel olarak anlamlı değildir. Sonbahar mevsiminde ise Ilgaz ve Ürgüp dışındaki tüm istasyonlarda pozitif trend gerçekleşmiştir. Ilgaz ve Ürgüp istasyonlarında gerçekleşen negatif trend ise kritik değer altında olduğundan istatistiksel olarak anlamlı değildir. İlkbahar mevsiminde ise Aksaray, Ankara, Cihanbeyli, Ereğli, Kayseri, Kırıkkale ve Niğde istasyonları %95 güven aralığında anlamlı iken diğer tüm istasyonlarda gerçekleşen trendler kritik değer altındadır. İlkbahar ortalama sıcaklıklarda Kızılçama, Pınarbaşı ve Konya istasyonlarında negatif trend olmasına rağmen istatistiksel açıdan anlamlı değildir (Şekil 3,7).

#### Maksimum Sıcaklıklar

Sıcaklık trendlerin daha iyi yorumlanabilmesi için çalışma alanındaki maksimum ve minimum sıcaklıklara Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır. Mevsimlik maksimum sıcaklıklarda Kızılçama, Pınarbaşı ve Tomarza (pozitif anlamlı olmayan) dışındaki diğer tüm istasyonlarda anlamlı artışlar gerçekleşmiştir. Benzer durum ortalama sıcaklıklarda da bulunmaktadır. Maksimum sıcaklıkların mevsimlik trendi incelendiğinde, yaz mevsimi artışların en belirgin olduğu mevsim durumundadır. Bu açıdan yaz mevsimi ısınma eğilimi göstermektedir. Benzer sonuçlara sonbahar mevsiminde de rastlanılmaktadır. Bu mevsimde sadece Suşehri negatif anlamlı olmayan trend göstermiştir. Diğer istasyonlarda ise artış trendi görülmektedir. Maksimum sıcaklıklarda ilkbahar mevsiminde Akşehir, Kızılçama ve Pınarbaşı istasyonlarında negatif anlamlı olmayan trendler tespit edilmiştir. Diğer istasyonlarda ise pozitif trendler gerçekleşmiştir (Şekil 4,7).

#### Minimum Sıcaklıklar

Minimum sıcaklıkların olası gidişlerinde istatistiksel açıdan anlamlı ve anlamlı olmayan trendler görülmektedir. Çalışma alanındaki minimum sıcaklıkların mevsimlik trendlerinde Ilgaz istasyonunda %95 güven aralığında negatif yönlü anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Diğer istasyonlarda ise trendler genel anlamda pozitif yönlüdür. Bu durum İç Anadolu Bölgesinde düşük sıcaklıkların artma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Maksimum sıcaklıklarda olduğu gibi minimum sıcaklıklardaki artışın en belirgin olduğu mevsim yazdır.

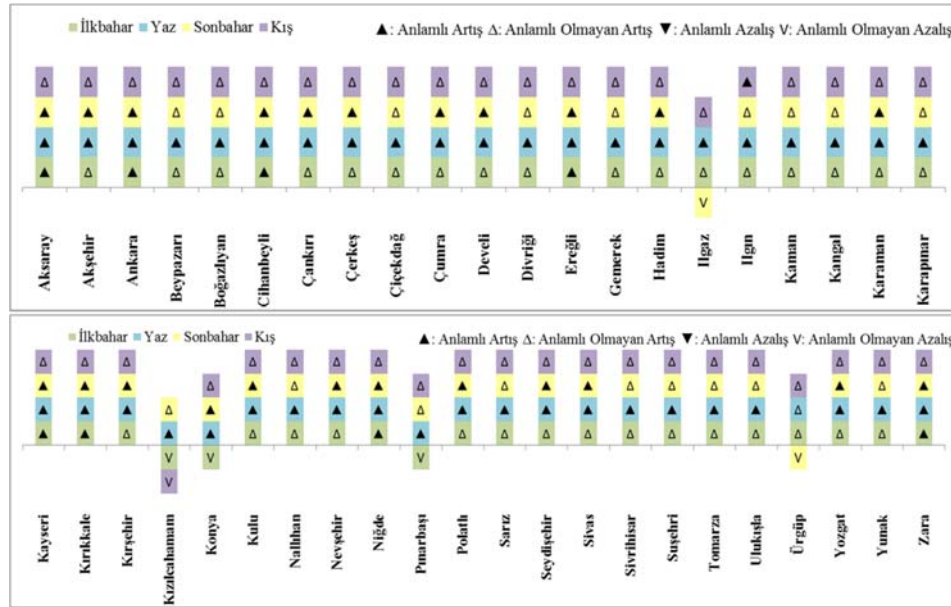
Yaz mevsiminde minimum sıcaklıklardaki artış ile beraber maksimum sıcaklıklarda da artış gerçekleşmektedir. Bu durum, İç Anadolu Bölgesinde yaz mevsiminin ısınma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Kış mevsimi genel anlamda durağan geçtiğini söylemek mümkündür. Kayseri istasyonu (pozitif anlamlı) dışında hiçbir istasyonda istatistiksel olarak anlamlı trendler gerçekleşmemiştir. Bu mevsimde de genel olarak bir ısınma eğilimi gözükse de kritik değer altında olduğundan istatistiksel olarak önemli değildir. İlkbahar mevsiminde de kış mevsimine benzer sonuçlar elde edilmiştir. %95 güven aralığında toplam 43 istasyon içerisinde sadece Ilgaz (negatif anlamlı), Ereğli, Hadim, Kayseri ve Niğde (pozitif anlamlı) istatistiksel açıdan

önemlidir. Diğer istasyonlardaki trendler kritik değerin altında gerçekleştiğinden anlamlı değildir (Şekil 5,7).

### Toplam Yağışlar

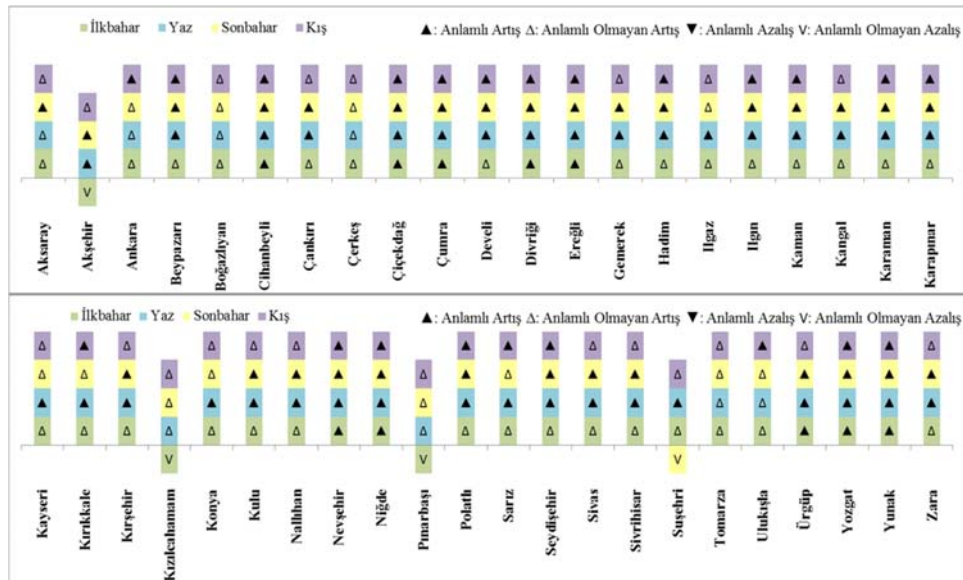
İklim parametreleri arasında yağış miktarı, zaman ve mekana göre en fazla değişim gösteren iklim elemanıdır (Karabulut ve Cosun, 2009). Bundan hareketle herhangi bir mekâna ait sıcaklık ve yağış miktarındaki trendler tespit edilirse iklim değişikliğinin yönü ve şiddeti belirlenebilir. Bu bağlamda çalışma alanında yağış değişimini belirlemek amacıyla parametrik olmayan, verilerin sıraları üzerine esas olan Mann-Kendall trend analizi kullanılmıştır.

Çalışma alanındaki toplam yağışların mevsimlik trendleri incelendiğinde, negatif ve pozitif yönlü değişimler gerçekleşmiştir. Söz konusu negatif trendlerin en fazla yaşandığı mevsim İç Anadolu bölgesinde yağışların en fazla düştüğü mevsim olan ilkbahardır. İlkbahar mevsiminde gerçekleşen negatif ve pozitif trendler %95 güven aralığında sadece Karapınar ve Kulu istasyonunda anlamlıdır. Genel anlamda ilkbaharda bir azalış söz konusu olsa da diğer istasyonlarda gerçekleşen trendler istatistiksel açıdan anlamlı değildir (Şekil 6,7). İlkbaharda yağışlar genel anlamda azalış gösterirken sonbaharda artışlar gerçekleşmiştir. Oysa İç Anadolu Bölgesi en az yağışları yaz ve sonbahar mevsimlerinde alırken, en fazla yağışları ise ilkbahar ve kış mevsiminde almaktadır.



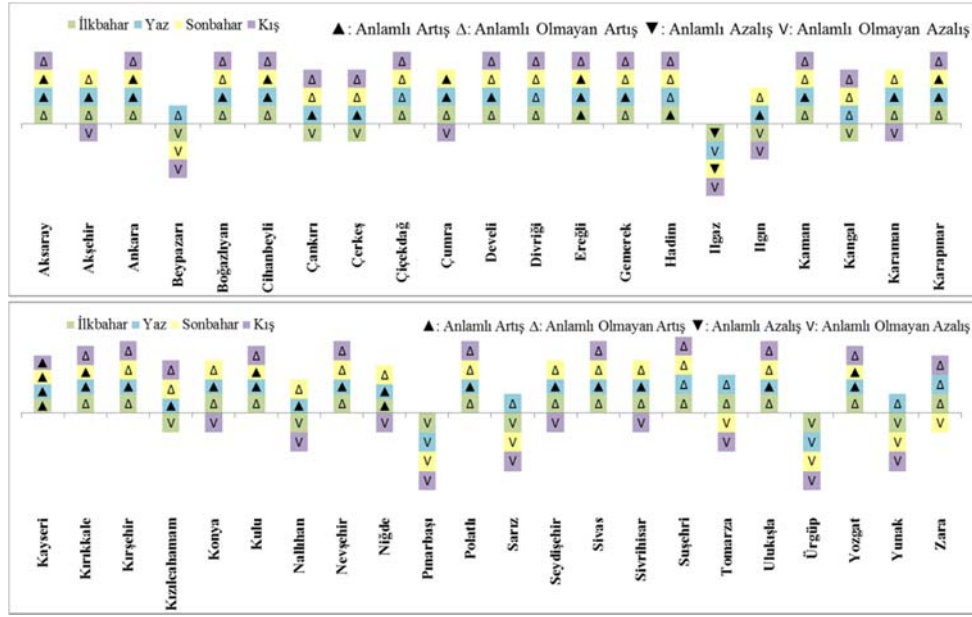
Şekil 3. Ortalama sıcaklıkların mevsimlere göre Mann-Kendall trend analizi sonuçları (%95 güven aralığı).

Figure 3: Seasonal Mann-Kendall results of temperature (%95 significance level).

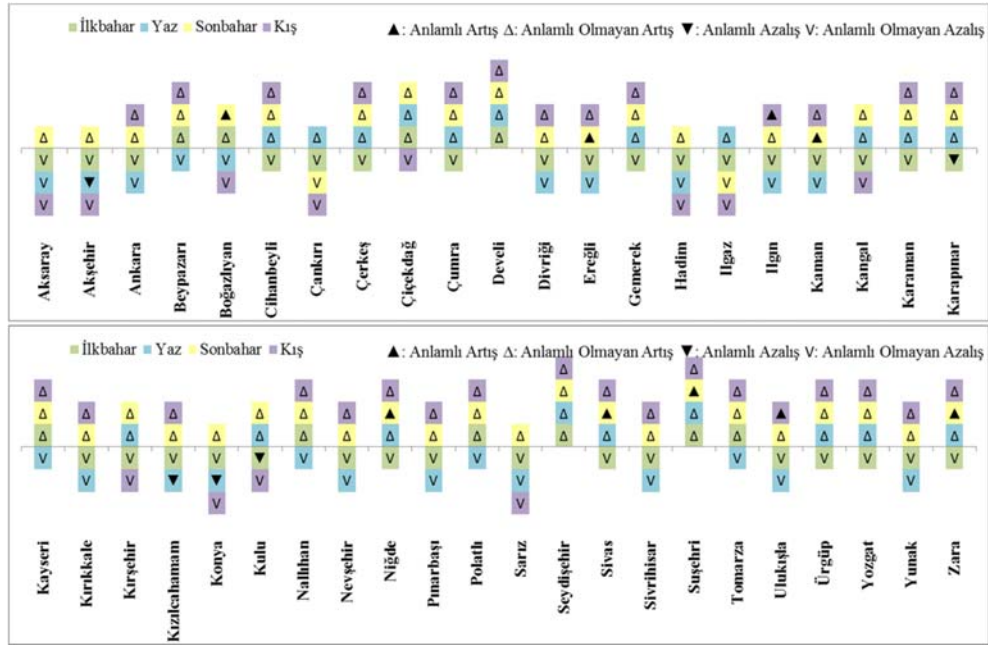


Şekil 4. Maksimum sıcaklıkların mevsimlere göre Mann-Kendall trend analizi sonuçları (%95 güven aralığı).

Figure 4: Seasonal Mann-Kendall results of maximum temperature (%95 significance level).



Şekil 5. Minimum sıcaklıkların mevsimlere göre Mann-Kendall trend analizi sonuçları (%95 güven aralığı).  
Figure 5: Seasonal Mann-Kendall results of minimum temperature (%95 significance level).



Şekil 6. Toplam yağışların mevsimlere göre Mann-Kendall trend analizi sonuçları (%95 güven aralığı).  
Figure 6: Seasonal Mann-Kendall results of precipitation (%95 significance level).

Mann-Kendall sonuçlarına göre sonbahar mevsimi yağışlarında, Çankırı ve Iğaz istasyonları dışındaki diğer tüm istasyonlarda pozitif yönlü değişimler tespit edilmiştir. %95 güven aralığında Boğazlıyan, Ereğli, Kaman, Niğde, Sivas, Süşehri ve Zara istasyonlarında anlamlı artışlar gerçekleşmiştir. Diğer istasyonlara gerçekleşen pozitif trendler istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yaz mevsimindeki yağışlarda genel olarak bir azalma söz konusudur. %95 güven aralığında Akşehir ve Konya negatif yönlü anlamlıdır. Diğer istasyonlardaki pozitif ve negatif trendler kritik değer altında olduğundan anlamlı değildir.

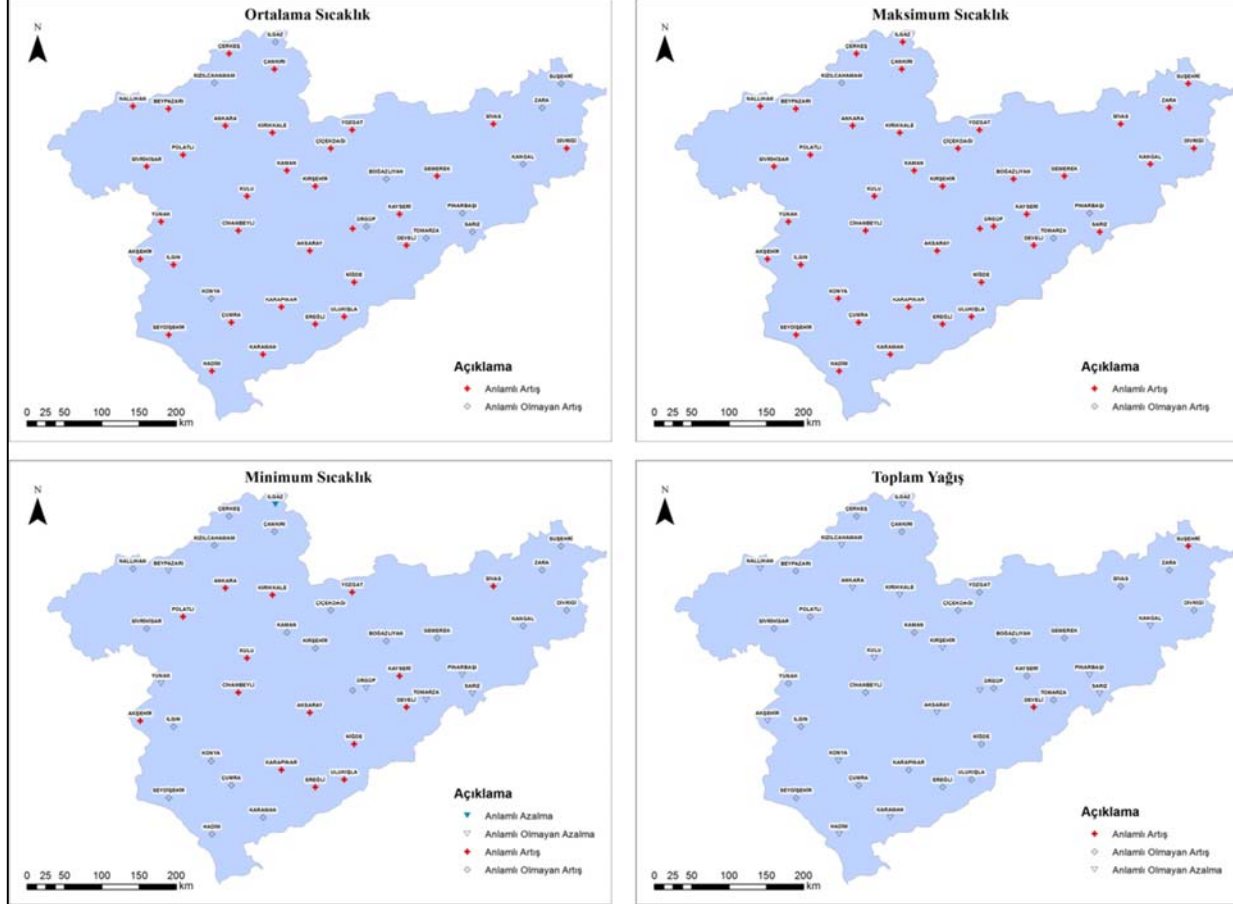
Yaz mevsimi İç Anadolu Bölgesinde yağışların en az düştüğü mevsim olduğundan bu mevsimde gerçekleşen yağışlardaki negatif trend su rezervleri açısından ilkbahar ve kış mevsimi kadar önem taşımamaktadır. Kış mevsiminde ise bölgedeki yağışlar genel olarak artsa da %95 güven aralığında sadece Iğın ve Ulukışla istasyonlarında anlamlıdır. Diğer istasyonlarda gerçekleşen trendler kritik değer altında seyretmiştir. Çalışma alanındaki yağışların mevsimlik trendleri incelendikten sonra yıllık toplam yağışlardaki olası gidilerde de negatif ve pozitif trendler tespit edilmiştir. Yıllık mevsimlik yağışlarda, Süşehri ve Develi istasyonları %95 güven aralığında anlamlıdır. Söz konusu istasyonların

dışında gerçekleşen trendler istatistiksel olarak anlamlı değildir (Şekil 6,7).

### Lineer Trend Analizi

1970-2010 yılları arasında İç Anadolu Bölgesinde yer alan toplam 43 meteoroloji istasyonundan elde edilen yağış ve

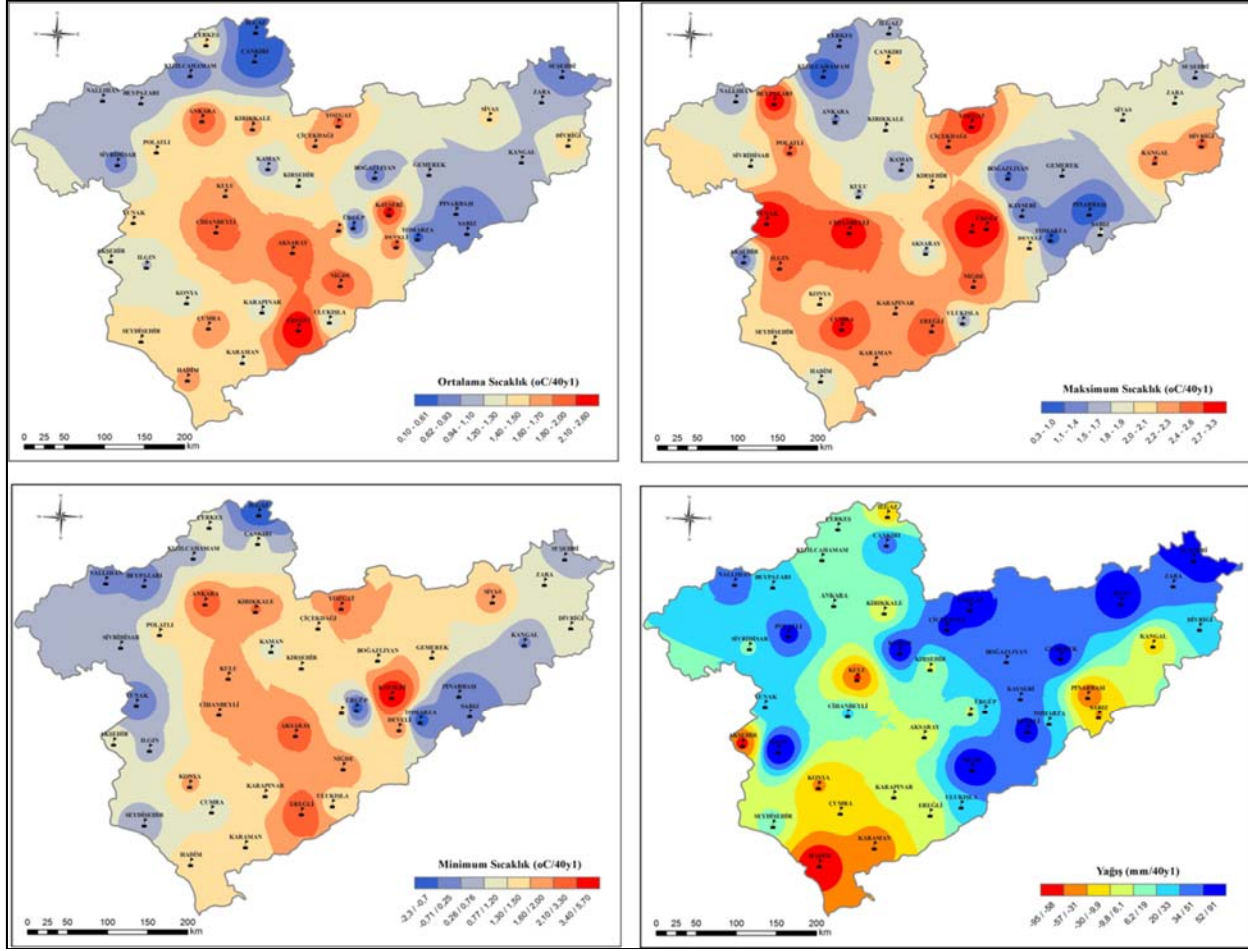
sıcaklık (ortalama, maksimum ve minimum) verileri kullanılarak çalışma alanı için sıcaklık ve yağış trendleri yıllık bazda incelenmiştir. Hesaplanan lineer trend analizi sonuçlarıyla her iklim parametresi için ayrı ayrı mekânsal dağılılı haritaları oluşturulmuştur (Şekil 8). Ortalama ve maksimum sıcaklıkların olası gidişleri incelendiğinde; tüm istasyonlarda



Şekil 7: Mann-Kendall analizi sonuçları (%95 anlamlılık düzeyi).  
Figure 7: Results of Mann-Kendall analysis (%95 significance level).

bir artışın gerçekleştiği görülmektedir. Türkiye' nin farklı bölgeleri için yapılan iklim çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Türkeş vd.,2002; Karabulut vd., 2008; Demir vd., 2008; Altın ve Barak, 2012; Deniz, 2013). Bununla beraber minimum sıcaklıklarda ise yedi istasyon (Beypazarı, Ilgaz, Pınarbaşı, Sarız, Tomarza, Ürgüp ve Yunak: negatif trend) dışında kalan diğer istasyonlarda da artışlar gerçekleşmiştir. Minimum sıcaklıkların lineer trendinde en fazla değişim Kayseri istasyonunda  $5,70 \text{ }^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$  olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu değişim sadece minimum sıcaklıklarda olmayıp aynı zamanda ortalama ( $2,16 \text{ }^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$ ) ve maksimum ( $1,07 \text{ }^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$ ) sıcaklıklarda da artış gerçekleşmiştir. Maksimum sıcaklıkların uzun yıllar trendi incelendiğinde tüm istasyonlarda artışın gerçekleştiği tespit edilmiştir. Çalışmamıza konu olan İç Anadolu Bölgesi de konumu gereği bu artma trendinin görülebileceği bölgede bulunmaktadır. Maksimum sıcaklık değerlerinin 1970–2010 dönemi boyunca istasyonların büyük bir çoğunluğunda

artış göstermesi bu görüşü geçerli kılacak niteliktedir. Maksimum yıllık sıcaklık için oluşturulan lineer trende göre bu süre zarfında maksimum sıcaklıklarda azalma eğilimi gösteren istasyon bulunmamaktadır. Çalışma süresi boyunca en önemli artış eğilimi  $3,28^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$  civarında bir artış ile Ürgüp'te gerçekleşirken, Yunak,  $3,20^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$ , Nevşehir  $3,12^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$  ile önemli artışların meydana geldiği istasyonlardır. Maksimum sıcaklıklardaki değişimin en az gerçekleştiği istasyon ise  $0,37^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$  ile Pınarbaşı istasyonudur. Ortalama sıcaklıklarda da genel bir artış trendi olmakla birlikte, maksimum sıcaklıklarda olduğu kadar şiddetli artış trendi yoktur. Ortalama sıcaklıkların artış trendi gösterdiği istasyonlardan bazıları şunlardır: Ereğli ( $2,61^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$ ), Kayseri ( $2,16^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$ ), Aksaray ( $2,01^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$ ), Cihanbeyli ( $1,97^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$ ), Ankara'dır ( $1,95^\circ\text{C } 40\text{y}^{-1}$ ). Bu istasyonların minimum sıcaklıklarında da önemli artışlar dikkati çekmektedir. Sıcaklıkların lineer trendleri ve mann-kendall sonuçları benzer sonuçlar vermekle birlikte çalışma alanındaki istasyonların



Şekil 8: Linear trend analizi sonuçları.

Figure 8: Results of Linee Trend analysis.

neredeyse tamamında bir ısınma eğilimi gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu sıcaklıklar İç Anadolu Bölgesinde artma eğilimi gösterirken benzer şekilde Türkiye'nin farklı bölgelerinde de sıcaklıklarda artış trendinin olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma alanındaki toplam yağışların uzun yıllar karakteri incelendiğinde; yağışlar genel anlamda yıl içerisinde cephesel geçişlere bağlıdır. Yaz mevsiminde ise konvektif hareketlere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bununla birlikte belli bir bölgedeki yağışlar küresel koşulların yanı sıra yerel topoğrafik koşullarla da ilgilidir. İç Anadolu Bölgesinde buharlaşma en fazla yaz aylarında gerçekleşirken minimum buharlaşma kış aylarında gerçekleşmektedir. Yağışların mevsimsel dağılışı incelendiğinde, en fazla yağış neredeyse tüm istasyonlarda ilkbahar mevsiminde, en az yağışlar ise yaz mevsiminde gerçekleşmiştir.

İç Anadolu Bölgesini de içeren önceki çalışmalarda toplam ve mevsimsel yağışlardaki varyasyonlar izlenmiştir (Türkeş, 1996; Türkeş, 1999; Türkeş vd., 2008). Bu çalışmaların sonuçlarına göre, ekstrem ve ortalama sıcaklıklarda genel olarak bir artış trendi söz konusu iken, toplam yağışlarda genel olarak bir azalma dikkati çekmektedir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yağışların olası gidişleri incelendiğinde; sıcaklıkların artış trendi gösterdiği Hadim istasyonu, çalışma alanındaki diğer istasyonlara göre toplam yağışlarda en fazla düşüşün (-95,1 mm 40y<sup>-1</sup>) görül-

düğü istasyondur. Benzer sonuçlar, Akşehir (-64,9 mm 40y<sup>-1</sup>), Kulu (-60,4 mm 40y<sup>-1</sup>) ve Pınarbaşı (-52,2 mm 40y<sup>-1</sup>) istasyonlarında görülmektedir. Çalışma alanında yağışların negatif trend gösterdiği istasyonların yanı sıra pozitif trend gösteren istasyonlar da bulunmaktadır. Yağışların 1970-2010 döneminde en fazla artış trendi gösterdiği istasyon 90,6 mm 40y<sup>-1</sup> ile Ilgın istasyonu olup bu istasyonu Niğde (88,9 mm 40y<sup>-1</sup>), Suşehri (84,1 mm 40y<sup>-1</sup>) ve Sivas (72,1 mm 40y<sup>-1</sup>) takip etmektedir (Şekil 8).

## SONUÇLAR

Türkiye, karmaşık iklim yapısı içinde, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak görülebilecek bir iklim değişikliğinden oldukça fazla etkilenecek ülkelerden biridir. Doğal olarak üç tarafından denizlerle çevrili olması, parçalanmış bir topografyaya sahip bulunması ve orografik özellikleri nedeniyle, Türkiye'nin farklı bölgeleri iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik derecelerde etkileneceği ifade edilmektedir. Özellikle sıcaklık artışlarından daha çok çölleşme tehdidi altındaki kurak ve yarı kurak bölgeler yeterli suya sahip olmayan yarı nemli bölgeler (Güneydoğu, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgeleri) etkileneceği daha önceki çalışmalarda ifade edilmiştir (Türkeş, 2000).



Bu çalışmanın amacı iklim değişiminin en önemli göstergelerinden biri olan yağış ve sıcaklıkların İç Anadolu Bölgesinde ne düzeyde bir değişim gösterdiğini belirlemektir. İstasyonlara ait sıcaklık ve yağış değerlerinin zamansal eğilimleri incelenmiş ve ulaşılan sonuçlar özetle şöyledir:

Lineer trend analiz sonuçlarına göre, çalışma alanında ortalama ve maksimum sıcaklıklarda artışlar gerçekleşmiştir. Minimum sıcaklıklarda ise birkaç istasyon dışında genel anlamda artma eğilimi göstermiştir. Mann-Kendall trend analiz sonuçlarına göre ise, İç Anadolu Bölgesindeki yıllık toplam yağışlarda genel anlamda azalmalar gerçekleşmiştir. Mevsimlerden ilkbaharda ve yaz mevsiminde yağışlar genel anlamda azalış gösterirken kış ve sonbaharda artışlar gerçekleşmiştir. Ancak genel anlamda kış ve sonbaharda gerçekleşen artışlar istatistiksel olarak önemli değildir. Ortalama ve maksimum sıcaklıklarda hemen hemen tüm istasyonlarda belirgin artışlar gerçekleşmiştir. Minimum sıcaklıklardaki artış ve azalışlar birkaç istasyon dışında istatistiksel açıdan önemli değildir.

Sonuç olarak, şehirsiz özelliği olan yerlerde önemli sıcaklık artışlarına rastlanırken bu istasyonlara komşu olan bazı istasyonlarda dikkate değer sıcaklık değişimlerinin görülmemesi, bu alanların daha çok kır özelliği göstermesiyle alakalı olabilir. Nitekim şehirlerde değişen radyasyon dengesi daha sıcak ortamların oluşmasına dolayısıyla kentsel ısı adalarının meydana gelmesine yol açmaktadır. Şehirlerdeki konutlarda ve sanayide artan enerji tüketimi, yeşil alanların azalması, yüzey neminin azalması, yoğunlaşan trafik, asfalt ve beton gibi yapay yüzeylerin radyasyon dengesini değiştirmesi, iklim elemanlarının alansal ve zamansal dağılımında farklılaşmaların meydana gelmesine yol açmaktadır (Çiçek ve Doğan, 2005). Bunun yanı sıra yüksek sıcaklıklardaki artışın nedeni olarak, kaynağı Kuzey Afrika ve Arabistan çölleri olan sıcak hava dalgalarının etki süresini ve frekansını arttırması olarak gösterilebilir.

#### KAYNAKLAR

- Atalay, İ., Mortan, K. (2007) "Türkiye Bölgesel Coğrafyası" İnkılap Kitabevi, İstanbul.
- Altın, B.R., Barak, B. (2012). "Seyhan Havzasında 1970-2009 Yılları Arasında Yağış ve Hava Sıcaklığı Değerlerindeki Değişimler ve Eğilimler." *Türk Coğrafya Dergisi* 58:21-34.
- Altın, B.R., Barak, B., Altın, B.N. (2012). "Change in Precipitation and Temperature Amounts over Three Decades in Central Anatolia, Turkey." *Atmospheric and Climate Sciences*, 2:107-125.
- Cosun, F., Karabulut, M., (2009). "Kahramanmaraş'ta Ortalama, minimum ve Maksimum Sıcaklıkların Trend Analizi." *Türk Coğrafya Dergisi* 53:41-50.
- Çiçek, İ., Doğan U. (2005) "Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelenmesi." *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3 (1): 57-72.
- Danneberg J. (2012). "Changes in runoff time series in Thuringia, Germany – Mann-Kendall trend test and extreme value analysis" *Adv. Geosci.*, 31, 49–56.

- Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M., 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. TMMOB adına TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, 13-14 Mart 2008, Ankara.
- Deng, H., Chen, Y., Shi, X., Li, W., Wang, H., Zhang, S., Fang G. (2014) "Dynamics of temperature and precipitation extremes and their spatial variation in the arid region of northwest China" *Atmospheric Research* 138,346–355.
- Deniz, Z.A. (2013). "Türkiye'de Yaz Mevsimindeki Sıcak Günler ve Sıcak Günlerin Eğilimleri (1970-2006)." *Türk Coğrafya Dergisi* 61: 1-10.
- Gönençgil, B., İçel, G. (2010). "Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyılarında Yıllık Toplam Yağışlarda Görülen Değişimler (1975-2006)." *Türk Coğrafya Dergisi* 55: 1-12.
- Kalaycı, S., Kahya, E. (1998). "Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi". *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science* 22:503-514.
- Karabulut, M., Gürbüz, M., Korkmaz, H. (2008). "Precipitation and Temperature Trend Analyses in Samsun." *Journal of International Environmental Application and Science*, 3(5):399-408.
- Karabulut, M., Cosun, F. (2009). "Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi." *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7 (1): 65-83.
- Karabulut, M. (2010). "Kayseri'de Yağış ve Sıcaklıkların Trend Analizleri." *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*. S. 8 (1):79-89.
- Karabulut, M. (2011). "Doğu Akdeniz'de Ekstrem Maksimum ve Minimum Sıcaklıkların Trend Analizi." *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı:37-44.
- Kum, G., Çelik, M. A., (2014). "Impact of Global Climate Change on the Mediterranean Region: Adana as a Case Study." *Procedia Social and Behavioral Sciences* 120:600-608.
- Lacressonnière, G., Peuchc, V.-H., Vautard, R., Arteta, J., Déqué, M., Joly, M., Josse, B., Marécal, V., Saint-Martin, D. (2014). "European Air Quality in the 2030s and 2050s: Impacts of Global and Regional Emission Trends and of Climate Change." *Atmospheric Environment* 92:348-358.
- Minga, T., Richter, R., Liua, W., Caillol, S. (2014). "Fighting Global Warming by Climate Engineering: Is the Earth Radiation Management and the Solar Radiation Management any Option for fighting Climate Change" *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 31:792–834.
- Novotny, E.V., Heinz G. S. (2007). "Stream Flow in Minnesota: Indicator of Climate Change" *Journal of Hydrology*, 334, 319– 333
- Şahinler, S. (2000). "En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri." *M.K.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 5:57-73.

- Türkeş, M. (1996). "Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey." *International Journal of Climatology* 16:1057-1076.
- Türkeş, M. (1999). "Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect to Precipitation and Aridity Conditions." *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science* 23:363-380.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. (2000). "Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri." *Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları* (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası): 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkeş, M., Sümer, U., Demir, İ. (2002). "Türkiye'nin Günlük Ortalama Maksimum ve Minimum Hava Sıcaklıkları İle Sıcaklık Genişliğindeki Eğilimler ve Değişiklikler." *Klimatoloji Çalıştayı* (11-13 Nisan), İzmir, 89-106.
- Türkeş, M. (2005). "Orta Kızılırmak Bölümü Güney Kesiminin (Kapadokya yöresi) iklimi ve Çölleşmeden Etkilenebilirliği." *Ege Coğrafya Dergisi*, 14, 73-97.
- Türkeş, M., Koç, T., Sarış, F.(2008). "Spatiotemporal Variability of Precipitation Total Series over Turkey." *International Journal of Climatology* 29(8):1056-1074.
- Türkeş, M. (2012). "Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme." *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* 4(2): 1-32.
- Yue, S., Pilon, P.(2012) "A Comparison of the Power of the t test, Mann-Kendall and Bootstrap Tests for Trend Detection / Une Comparaison de la puissance des tests t de Student, de Mann-Kendall et du bootstrap pour la détection de tendance" *Hydrological Sciences*, 49(1).
- Yürekli, K. (2015). "Impact of Climate Variability on Precipitation in the Upper Euphrates-Tigris Rivers Basin of Southeast Turkey" *Atmospheric Research* 154,25-38.