



Güneyli Salınımın İç Anadolu Bölgesi Yıllık Yağış Eğilimlerine Etkisi

Hümevra Bilge Demir^{1*}, Ali İhsan Martı¹

¹ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye

E-Posta: humevrabilge@hotmail.com.tr, aimarti@ktun.edu.tr

Özet: Dünya ikliminde yıldan yıla meydana gelen değişiklikler ilk bakışta rasgele görülmektedir. Fakat tarihi veriler üzerinde dikkatle yapılan incelemelerde değişikliklerin en önemli sebeplerinden birinin her birkaç yılda bir tropikal Pasifik'te tekrarlanan okyanus-atmosfer etkileşimi (Güneyli Salınım, ENSO) olduğu ortaya konulmuştur. Bu şiddetli okyanus ve atmosfer olayları, her ne kadar Pasifik'te meydana geliyorsa da etkileri on binlerce kilometre ötede hissedilmektedir. Bu çalışmada, bir okyanus-atmosfer olayı olan Güneyli Salınımın İç Anadolu Bölgesi'nin yıllık toplam yağış trendleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, İç Anadolu bölgesinde yer alan ve en az 30 yıllık veri uzunluğuna sahip olan istasyonlar kullanılmıştır. Bunlar; 17126 (Eskişehir), 17130 (Ankara), 17193 (Aksaray), 17080 (Çankırı), 17196 (Kayseri), 17135 (Kırıkkale), 17160 (Kırşehir), 17244 (Konya), 17246 (Karaman), 17250 (Niğde), 17239 (Akşehir), 17193 (Nevşehir), 17090 (Sivas) ve 17140 (Yozgat) numaralı istasyonlardır. Analizlerde; homojenlik yöntemlerinden, Pettitt, Buishand ve Run kullanılmıştır. Trendleri (eğilimleri) belirlemek için de Mann-Kendall, Spearman Rho ve Mann-Kendall Mertebeli Korelasyon trend yöntemleri kullanılmıştır. Trend değerlerinin El Nino ve La Nina yılları ile ilişkisini tespit etmek için birer yıl sonraki veriler eksiltılarak trend analizleri tekrardan uygulanmıştır. Güven aralığının %95'lik kısmında gerçekleştirilen çalışmada sonuçlar incelendiğinde verilerin homojen olduğu, bölgenin kuzeyinde ve doğusunda yağış eğilimleri artarken batısında ve güneyinde yağış eğilimlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Buna ilaveten bölgenin güneyli salınımdan etkilenip etkilenmediği trend analizleri ve kırılma yılları gösteren homojenlik analizlerine göre belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda Tarihi verilerden El Nino, La Nina yılları çıkarıldığında La Nina olayının istasyonlar üzerinde daha etkin olduğu saptanmıştır. Bunlara ilaveten El Nino ve La Nina olaylarının 1 yıl sonra ülkemizi etkilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: El Nino Güney Salınımı, Homojenlik, İç Anadolu Bölgesi, Trend, Yağış.

Effect of Southern Oscillation on Annual Rainfall Trends in Central Anatolia

Abstract: The changes occurring in the world's climate year by year are seen randomly; however, it has been proved that one of the many reasons of these changes was ocean-atmosphere interaction repeating in every few years in the Tropical Pacific during the studies carried on the historical data. Even though these severe ocean-atmosphere events take place in the Tropical Pacific, their influences can be seen many kilometers away from the Pacific. In this study, the influences of Southern Oscillation which is an ocean-atmosphere event have been searched on the annual total precipitation trends of Central Anatolia Region. The stations in the Central Anatolia Region used in this study have at least 30 years data length; the stations are Eskişehir (17126), Ankara (17130), Aksaray (17193), Çankırı (17080), Kayseri (17196), Kırıkkale (17135), Kırşehir (17160), Konya (17244), Karaman (17246), Niğde (17250), Akşehir (17239), Nevşehir (17193), Sivas (17090) and Yozgat (17140). Out of homogeneity methods, Pettitt, Buishand and Run have been used in the analyses. Mann-Kendall, Spearman Rho and Mann-Kendall Rank Statistic trend methods were used to determine the trends of the precipitation data of the aforementioned stations. To detect the relation between the trend values and the extreme phases of Southern Oscillation, trend analysis method was applied again by reducing following year. When the outcomes of the study obtained for %95 confidence interval are examined, the data were observed as homogeneous. Furthermore, the precipitation tendencies in the northern and eastern parts of the region increased and the precipitation tendencies in the western and southern parts decreased. As a result of the study, when the years of El Nino and La Nina are excluded from the historical data, it is determined that La nina event is more effective on the stations. In addition, the events of El nino and La nina have been seen to affect our country after one year..

Key Words: El Nino Southern Oscillation, Homogeneity, Central Anatolia Region, Trend, Precipitation.

*İlgili E-posta: aimarti@ktun.edu.tr

Bu çalışma ISESER 2019 'da (25-27 Mayıs 2019) Sözlü Bildiri olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

İklim, yeryüzünün belli bir bölgesinde uzun süreli gözlenen atmosferik parametrelerin ortalamasına verilen addır. Fakat iklim, yalnızca ortalamaya yakın koşulları değil matematiksel olarak anlamlı değişimleri de içerir. Bu kapsamda iklim, atmosferik olayların anlık değerleri olarak ifade edilen hava durumundan farklıdır. Bir bölgenin iklimini tanımlarken sıcaklık, yağış, deniz seviyesi basıncı, buharlaşma, giren akım, çıkan akım, göl suyu seviyesi vb. temel hidro-meteorolojik değişkenlerin uzun dönemlerdeki değişimleri kullanılmaktadır ^[1]. İklimlerdeki değişimler, insan nüfusunun artması, endüstrileşme sonucunda çevre, su kaynaklarının kirlenmesi gibi unsurlar insan ve canlıların en fazla ihtiyaç duyduğu doğal bir kaynak olan su miktarını etkilediğinden sınırlı olan su kaynaklarının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu yüzden su kaynaklarının planlanmasında bölgenin iklim, akım ve özellikle de yağış durumlarının bilinmesi gereklidir ^[2].

Kilometrelerce alanlarda sürekli olmayan atmosfer hareketinin bir sonucu olan geniş ölçekli salınımlar (basınç dalgalanmaları) iklimi etkileyen dönemsel karaktere sahip iklim anomalileridir. Bu anomaliler etkiledikleri bölgelerde normalin üzerinde sıcaklık, yağış, rüzgâr gibi iklim parametrelerine sebep olurken karşıt bölgelerde ise ona zıt yönde etkilere sebep olmaktadır. Bu tür olaylar atmosferdeki yüksek ve alçak basınç bölgelerini, rüzgârın hızını ve yerini, gelen hava kütlelerinin sıcak ve soğuk olmasını belirleyerek yerel hava koşullarını doğrudan etkilemektedir ^[3]. Dünyanın kendi etrafındaki dönüş hareketi ve dönüş ekseninin eğik olması, Güneş çevresinde yapmış olduğu dönüş hareketi ve Dünya ile Güneş etrafındaki yörüngesinin elips olması, Güneşten gelen enerjinin farklı zamanlarda farklı durumlara yol açmasına neden olur. Bu durumlar Dünyanın her iki yarım küresinde, yüzeyinde ve Dünyamızı oluşturan diğer katmanlarda enerji miktarı farklılığına ve bu enerjinin bir göstergesi olan sıcaklık ve yağış farklılıklarına yol açar ^[4]. Bu farklılıklar yeryüzünde meydana gelen iklim salınımlarına sebep olur ve bu iklim salınımlarının bölgelere olan etkileri, araştırmacılar için hep merak konusu olmuştur. Bu salınımlar gelecekte oluşması muhtemel iklim değişikliklerinin tahmininde önemli rol oynadığı için, özellikle Kuzey Atlantik Salınımı, Güneyli Salınım ve Arktik Salınım etkileri incelenmiştir.

Güneyli Salınım (SO), Güney Pasifik'in batısı ile alçak basıncın etkili olduğu Güney Pasifik'in doğusu arasında meydana gelen geniş alanlı atmosferik basınç oynamasıdır. Güneyli salınımın oluşma zamanı değişken olmakla birlikte, oluşma periyodu ortalama 2-5 yıldır. Basıncıdaki değişiklik, rüzgâr şiddeti, okyanus akıntıları, deniz yüzeyi sıcaklıkları ve yağış olaylarındaki dalgalanmalar ile yakından ilişkilidir ^[5]. Güneyli Salınım ayrıca El Niño ve La Niña adında iki zıt okyanus akıntısına da denmektedir ^[6]. El Niño, Peru ve Ekvator kıyılarında, güneye doğru akan sıcak akıntının adıdır. Bu sıcak su akıntısına İspanyolca'da "erkek çocuk" anlamına gelen El Niño adını vermiştir. La Niña ise bu akıntıya zıt oluşan soğuk akıntının adıdır ve İspanyolca'da "kız çocuk" anlamına gelmektedir ^[7]. El Niño ve La Niña'nın görüldüğü yıllar aşağıda Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. El Niño ve La Niña'nın görüldüğü yıllar

(El Niño)	1930	1940	1941	1951	1953	1957	1963	1965	1969	1972
	1976	1982	1986	1987	1991	1994	1997	2002	2009	2015
(La Niña)	1933	1938	1942	1949	1950	1954	1955	1964	1970	1971
	1973	1975	1985	1988	1995	1998	1999	2007	2010	2011

Tropikal orta ve doğu Pasifik Okyanusu'ndaki yaygın El Niño ısınmasının etkileri, küresel ölçekteki Ekvator, Peru, Küba ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin güneyindeki şiddetli yağışlar ve taşkın olayları, çoğunlukla kuvvetli El Niño yıllarında oluşur. Avustralya, Endonezya, Filipinler ve Güney Afrika'daki kuraklıklar ve çalılık orman yangınları da El Niño'nun izlerini taşır. El Niño'nun son yıllardaki ısınmaya katkısı olup olmadığının sorusu bazı yıllarda kesintiye uğramakla birlikte, 1990'larda başlayan ve 1998'in ilk yarısında da etkili olan ısrarlı El Niño (sıcak) olayı, tropikal orta ve doğu Pasifik Okyanusu'nda deniz yüzeyi sıcaklıklarının normalden 2-5 C° daha yüksek olmasına neden olmuştur. 1998'in ilk yarısında etkili olan kuvvetli El Niño olayı döneminde, tropikal orta ve doğu Pasifik'in yanı sıra, Hint Okyanusu'nun batı ve orta bölümlerinde de beklenmedik düzeyde bir ısınma kaydedilmiştir. 1998 yılının ilk yarısında ekvatorial doğu Pasifik'te normalden 2-5 C° daha sıcak olan deniz yüzeyi sıcaklığı, La Niña'nın etkili olmaya başlamasıyla yılın sonunda normaline göre 1-2 C° soğumuştur. 1998'de küresel iklim sistemi Güneyli Salınım'ın hem sıcak (El Niño) hem de soğuk (La

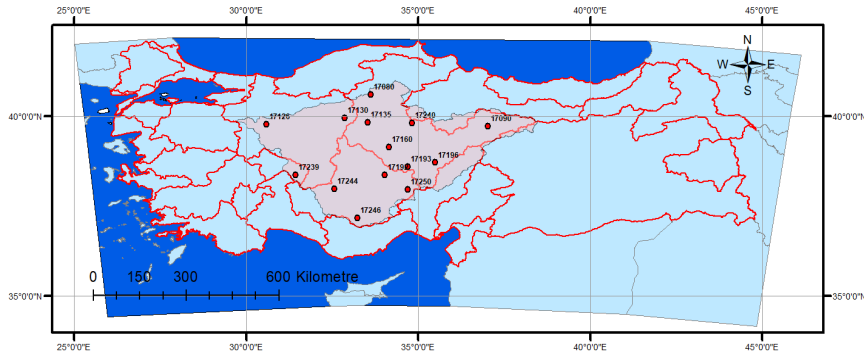
Niña) uç olaylarından etkilenmiştir ^[8]. 20 yüzyılın son bölümünde, birkaç ender La Niña olayı dışında, çoğunlukla kuvvetli El Niño olayları etkili olmuştur. Özellikle 1997 ve 1998 yıllarındaki rekor düzeydeki yüksek sıcaklıkların oluşmasında, 1997/98 kuvvetli El Niño olayının katkısının önemli olduğu kabul edilmektedir ^[8]. Son yıllarda yapılan araştırmalarda 20. yüzyılda okyanus akıntı sisteminin sanılandan çok daha fazla iklim sistemi üzerinde etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Bozyurt ve Özdemir, Givati ve Rosenfeld tarafından yapılan çalışmada, Akdeniz'in güney bölümlerinde yağışlarda meydana gelen eğilimlerin, küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının etkisiyle Arktik Salınım (AO) indeksinde oluşan değişimler ile açıklanabileceğini ifade edilmiştir ^[6,9]. Terray ve diğ. iklim değişikliğinin Kuzey Atlantik-Avrupa bölgesinde Kuzey Atlantik Salınımının (NAO) pozitif fazı ile güçlü bir etkileşim halinde olduğunu öne sürmüştür ^[10]. Bununla birlikte, Mueller ve Roeckner El Niño Güneyli Salınımı (ENSO) değişen eğilimler gösterdiğinde bu durumun orta enlemlerde etkili olan Pasifik Kuzey Amerika deseni (PNA) ve NAO üzerinde etkili olacağını belirtmiştir ^[11]. Bunlara ek olarak, Halpert ve Ropelewski küresel ölçekte sıcaklık rejimi ile SO indeksinin sıcak ve soğuk fazları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır ^[12]. Brönnimann ENSO'nun Avrupa iklimi üzerinde nasıl bir etkide bulunduğunu belirlemeye yönelik analizler gerçekleştirmiştir ^[13].

Bu çalışmada ise, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesindeki yeterli uzunlukta (en az 30 yıl) veri kayıtlarına sahip meteorolojik istasyon verilerini kullanarak, bir okyanus-atmosfer olayı olan Güneyli Salınım'ın (ENSO) İç Anadolu Bölgesi'nin yıllık toplam yağışları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. ENSO etkisini tespit etmek için öncelikle yağış verilerinin trend ve homojenlik analizleri güven aralığının %95'lik kısmında yapılmıştır. Bölgeyi temsilen yeterli veri uzunluğuna sahip 14 adet vilayet meteoroloji gözlem istasyonu kullanılmıştır. Trend analizinde; Mann-Kendall, Spearman Rho ve Mann-Kendall Mertebe Korelasyon yöntemleri kullanılmıştır. Homojenlik analizlerinde ise; Pettitt, Buishand ve Run homojenlik testleri kullanılmıştır. ENSO etkisini tespit etmek için daha sonra trend başlangıç yılları ve homojenlik kırılma yılları belirlenerek ENSO yılları ile karşılaştırması yapılmıştır. Ardından ENSO yıllarının yağış veri setinden çıkarılmasıyla ENSO'nun yağış trendleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sorasında zaman serisinden El Niño ve ardından La Niña yılları ayrı ayrı ve aynı anda çıkarılarak değişimler incelenmiştir. Son olarak El Niño'nun ve La Niña görüldüğü yıllardan bir yıl sonraki yıllar ayrı ayrı ve aynı zamandan yağış veri setinden çıkarılarak bölgedeki trendlerin değişimi incelenmiştir.

MATERYAL VE METOD

Çalışma Alanı

Çalışma alanı olan İç Anadolu Bölgesi toplamda 4 havzanın tamamının veya bir kısmının birleşmesiyle oluşmuş bir bölgedir. İç Anadolu Bölgesini oluşturan havzalar, Konya Kapalı Havzası, Kızılırmak Havzası Sakarya Havzası ve Akarçay Havzalarıdır. Çalışmada bu havzalara ait yeterli uzunluğa sahip olan 14 adet meteoroloji gözlem istasyonuna ait (Eskişehir (17126), Ankara (17130), Aksaray (17192), Çankırı (17080), Kayseri (17196), Kırıkkale (17135), Kırşehir (17160), Konya (17244), Karaman (17246), Niğde (17250), Akşehir (17239), Nevşehir (17193), Sivas (17090) ve Yozgat (17140)) yıllık toplam yağış verileri (mm) kullanılmıştır. Çalışma alanında yer alan iller, havzalar ve istasyonlar (14 adet) konum ve veri periyotlarıyla Tablo 2'de yer almaktadır. Ayrıca istasyonların İç Anadolu Bölgesindeki dağılımları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve istasyonların konumları

Tablo 2. İstasyonlara ait bilgiler

No	İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Yükseklik (m)	Periyot	Havza
1	Eskişehir	17126	39.78	30.58	786	1928-2004	Sakarya
2	Ankara	17130	39.97	32.86	891	1929-2017	Sakarya
3	Aksaray	17193	38.37	34.03	965	1964-2017	Kızılırmak
4	Çankırı	17080	40.61	33.61	751	1948-2017	Kızılırmak
5	Kayseri	17196	38.72	35.49	1093	1937-2017	Kızılırmak
6	Kırıkkale	17135	39.84	33.52	748	1963-2017	Kızılırmak
7	Kırşehir	17160	39.16	34.15	1007	1929-2017	Kızılırmak
8	Konya	17244	37.99	32.56	1031	1928-2017	Konya
9	Karaman	17246	37.17	33.22	1025	1959-2017	Konya
10	Niğde	17250	37.97	34.69	1211	1935-2017	Konya
11	Akşehir	17239	38.37	31.43	1002	1940-2017	Akarçay
12	Nevşehir	17193	38.61	34.7	1260	1959-2017	Kızılırmak
13	Sivas	17090	39.74	37.02	1285	1929-2017	Kızılırmak
14	Yozgat	17140	39.82	34.81	1301	1939-2017	Kızılırmak

Mann-Kendall

Mann-Kendall testi parametrik olmayan bir testtir ^[14]. Parametrik olmayan bu testte verilerin bir dağılıma uyma zorunluluğu bulunmamaktadır ve eksik verilerin bulunması durumunda da yöntem kullanılmaktadır ^[15,16]. Bu testte zamana göre dizilmiş gözlemler, H_0 hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenleri, H_1 hipotezi ise bu değerlerin dağılımlarının benzer olmadığını, diğer bir deyişle dizide doğrusal bir eğilim bulunmadığını göstermektedir. Böylece bu araştırmada uygulanacak olan söz konusu test Denklem (1)'de verilmiştir.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Denklemden; x_j ve x_k sırasıyla j ve k yıllarındaki verileri göstermektedir. Eğer $j > k$ olursa buna göre işaret fonksiyonu Denklem (2)'daki gibi yazılır.

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} (x_j - x_k) > 0 & \rightarrow +1 \\ (x_j - x_k) = 0 & \rightarrow 0 \\ (x_j - x_k) < 0 & \rightarrow -1 \end{cases} \quad (2)$$

S istatistiğinin teorik olasılık dağılımı, çok sayıda veri olması durumunda normal dağılım için oldukça uygundur. Buna göre ortalama ve varyans Denklem (3) ile hesaplanmıştır.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (3)$$

Standart normal değişken Denklem (4) ile hesaplanmıştır.

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

Standart normal değişken önem seviyesi ile karşılaştırıldığında $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$ ise H_0 hipotezi kabul edilir, tersi ise reddedilir. Eğer hesaplanan Z değeri pozitifse artan, negatif ise azalan eğilim olduğu ifade edilmektedir ^[15,16].

Spearman'ın Rho testi

İki gözlem serisi arasında korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bu test, lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir testtir. Sıra istatistiği olan R_{xi} verilerin küçükten

büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir. Gözlem serisi $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ vektörü olmak üzere; iki yönlü test ile tanımlanan H_0 hipotezine göre x_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri eş olasılıklı dağılımlardır, H_1 hipotezine göre ise x_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) değerleri zamanla artar veya azalır. Spearman'ın Rho testi istatistiği (r_s), (5) bağıntısı ile hesaplanır.

$$r_s = 1 - 6 \frac{[\sum_{i=1}^n (R(x_i) - i)^2]}{(n^3 - n)} \quad (5)$$

$n > 30$ için r_s dağılımı normale yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılır. Bunun için r_s 'nin test istatistiği (Z), Denklem (6) 'da görüldüğü gibi hesaplanır.

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (6)$$

Eğer $|Z|$ değeri, α önem seviyesinde standart normal dağılım tablolarından tespit edilen $Z_{\alpha/2}$ değerinden büyük ise, H_0 hipotezi reddedilerek, belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır [17].

Mann-Kendall Meritebe Korelasyon İstatistiği

Parametrik olmayan bu test, uygulanan seride zamanla artma veya azalma olduğunu bulmak için kullanılır. Test, sonuçları grafiksel olarak ifade edebilirken trend başlangıç noktasını da belirleyebilmektedir. Test istatistiğinin ($u(t)$) pozitif değerleri zamanla bir artış eğiliminin olduğunu, negatif değerler ($u(t) < 0$) zamanla bir azalma eğiliminin olduğunu gösterir. $u(t)$ 'nin anlamlılık seviyesine karşılık gelen kritik değerlere ulaşması trendin güvenilirlik düzeyinin anlamlı olduğunu gösterir. Grafiksel olarak, $u(t)$ ve geriye doğru test istatistiği olarak hesaplanan $u'(t)$, değişimin başladığı yerde birbirine yaklaşır ve sonra birbirlerinden uzaklaşarak trendin başladığı yer ile önemliliklerini gösterirler. Eğer seri içerisinde herhangi bir trend yok ise $u(t)$ ve $u'(t)$ birbirlerine birçok defa yaklaşarak yakın salınım yaparlar. Bu testte veriler baştan sona doğru numaralandırılarak (i) gerçek veri yerine verinin seri içerisindeki mertebesi (m_i) kullanılır. Her bir " m_i ", önceki mertebelerden küçük olanlar sayılarak " n_i " gibi bir sayı ile tanımlanır. " n_i " lerin toplamları ile test istatistiği olan " t "; $t = \sum_{i=1}^n n_i$ eşitliği ile bulunur. Bunun ortalaması ve varyansı denklem 7 ve 8 ile hesaplanır. Mann-Kendall Meritebe Korelasyon test istatistiği $u(t)$ ise denklem 9 yardımıyla elde edilir;

$$E(t) = \frac{i(i-1)}{4} \quad (7)$$

$$Var(t) = i(i-1)(2i+5)/72 \quad (8)$$

$$u(t) = [t - E(t)] / \sqrt{Var(t)} \quad (9)$$

Geriye doğru Mann-Kendall Test istatistiği $u'(t)$ de benzer şekilde hesaplanır. Bu kez veriler sondan başa doğru (i') numaralandırılır. Grafiksel olarak $u(t)$ ve $u'(t)$, değişimin başladığı yer ile kuvvetini gösterirler. $u(t)$ ile $u'(t)$ 'nin grafiksel olarak kesiştikleri nokta trendin başladığı zaman olarak kabul edilir [18].

Pettitt Homojenlik Testi

Bu test parametrik olmayan bir yaklaşım olup yıllık toplam yağış değerleri (y_i) yerine bunlara karşılık gelen sıraları (r_i) ile test istatistikleri hesaplanır. Test uygulanırken (x_k) istatistiği aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k=1, 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

Eğer "E" yılı civarında serinin ortalamasında bir kayma oluşmuş ise x_k istatistiği $k=E$ yılı civarında bir maksimum ya da bir minimumdan geçer. " X_k " değerlerinin mutlak değerlerinin maksimum olanı şeklinde seçilen x_e istatistiğinin örnek büyüklüğüne bağlı bir kritik değeri geçmesi durumunda zaman serisinde homojenliğin bozulduğu sonucuna varılır [19].

Buishand Homojenlik Testi

Homojenlik testlerinin bir diğeri olan Buishand testinin test istatistiği Q, aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$S_0^* = 0 \quad S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Burada S_k^* terimi verilen serinin kısmi toplamını ifade etmektedir. Eğer test edilen serinin ortalamasında anlamlı bir değişiklik söz konusu değil ise Y_i ve \bar{Y} arasındaki fark sıfır etrafında değişim gösterecektir. Ortalamadaki değişim, aşağıdaki R katsayısının hesap edilmesine dayanmaktadır.

$$R = \frac{\max S_k^* - \min S_k^*}{s} \quad 0 \leq k \leq n \quad (12)$$

R katsayısı elde edildikten sonra Buishand test istatistiği değeri (Q) R/\sqrt{n} işlemiyle elde edilir ve kritik tablo değeriyle karşılaştırılır. Eğer hesaplanan test istatistiği değeri kritik tablo değerinden büyük ise test edilen serinin homojen olmadığı sonucuna varılır [20].

Run Homojenlik Testi

Run (Swed-Eisenhart) testi ile incelenecek verinin aynı toplumdaki geldiği ve birbirinden bağımsız olduğu kabulü veya tersi şeklindeki iki varsayım kontrol edilebilir. Zaman serisi verileri belirli bir seviyeden kesilerek (mod) serideki her bir değerin bu seviyenin altında veya üstünde olması durumları tespit edilir. Orta değerin altında veya üstünde seyreden verilerden birinden diğereine geçiş sayıları toplamına "Run sayısı" denir. Arzu edilen değer, serideki verilerin sürekli olarak orta değerin altında veya üstünde seyretmesidir. Eğer uzun süre altında veya üstünde seyrediyorsa Run sayısı küçüktür. Bu tür serilerde homojenlik olmayabilir. Test sonucu z, veri sayısı N, Run (değişim) sayısı r, orta seviye altında olanlar sayısı N_a , üstte olan değerler sayısı N_u olmak üzere, elde edilen z değeri belirlenen güven aralığında ise verilerin homojen dağıldığı kabul edilir [21].

$$Z = \frac{r - \frac{2N_a N_u}{N_a + N_u} + 1}{\sqrt{\frac{2N_a N_u (2N_a N_u - N)}{N^2 (N-1)}}} \quad (13)$$

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu bölümde üçüncü bölümün yöntem kısmında ayrıntıları verilen trend ve homojenlik yöntemlerinin uygulaması yapılmıştır. Trend analizinde Mann-Kendall (MK), SpermanRho (SRho) ve Mann-Kendall Mertebe Korelasyon (M-MK) yöntemleri kullanılmıştır. Homojenlik analizinde Pettit testi (PT), Buishand (BST) ve Run homojenlik testi (RT) kullanılmıştır. Güven aralığının %95'lik kısımlarında eğilimler ve homojenlikler incelenmiştir. Ayrıca trend değişim yıllarını belirlemek için Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi (M-MK) kullanılmıştır. Analizler yıllık ölçekte yapılmış ve analizler sonucunda elde edilen hesap değerleri ve kritik değerlere göre anlamlı trend değerleri Tablo 3-9'de verilmiştir. Tablolarda istasyonlardan sonra gelen sütunda tarihi orjinal veriler zaman serisinde her bir yöntemde ayrı ayrı incelenmiştir. Ardından gelen "El Nino+1" başlığı zaman serisinden El Nino yıllarından bir yıl sonraki yılların zaman serisinden çıkarılarak analiz edilmesi sonucundaki hesap değerlerini göstermektedir. Ardından gelen "La Nina+1" başlığı benzer şekilde La Nina yıllarından bir yıl sonraki yılların çıkarıldığını göstermektedir. Ardından gelen "El Nino-La Nina+1" ifadesi her iki olayında yaşandığı yıllardan bir yıl sonraki yılların zaman serisinden çıkarılarak elde edilen analiz sonuçlarını göstermektedir. Sonrasında gelen sütunlar ise El Nino ve La Nina yıllarının ayrı ayrı ve aynı anda çıkarılmasıyla elde edilmiş zaman serisinin analiz sonuçlarını göstermektedir. Ayrıca kritik değerleri aşan hesap değerleri, başka bir ifadeyle anlamlı trend gösteren istasyonlar tabloda **kalin (bold)** olarak işaretlenmiştir. Yıllık ölçekte yapılan analizler sonucunda elde edilen hesap değerlerinin değişim grafiği SRho yöntemine göre Şekil 2-7'de verilmiştir.

Tablo 3. SRho analiz sonuçları

Bölge	İstasyon	Srho	La Nina+1	El Nino+1	El Nino-La Nina+1	El Nino	La Nina	El Nino-La Nina
İç Anadolu Bölgesi	Aksaray	-0.492	-0.615	-0.658	-0.875	-0.557	-0.785	-1.025
	Ankara	2.666	2.104	2.291	1.681	2.022	1.988	1.243
	Çankırı	0.282	-0.056	-0.208	-0.828	0.681	-1.057	-0.621
	Eskişehir	-0.608	0.109	-0.617	0.143	-0.433	-0.218	-0.068
	Karaman	-0.430	0.145	-1.119	-0.522	-0.219	-0.302	-0.259
	Kayseri	1.653	1.036	1.438	0.534	1.479	0.769	0.549
	Kırıkkale	0.267	0.302	-0.154	-0.179	0.257	-0.094	-0.102
	Kırşehir	0.370	0.188	-0.184	-0.490	-0.157	-0.442	-1.125
	Konya	0.350	-0.319	0.722	0.076	0.082	-0.190	-0.634
	Akşehir	-5.691	-4.952	-5.158	-4.392	-5.307	-5.538	-5.019
	Niğde	-0.819	-0.963	-1.061	-1.343	-0.929	-1.627	-1.908
	Nevşehir	0.044	0.156	-0.488	-0.429	0.200	-0.967	-0.978
	Sivas	1.950	1.335	1.067	0.279	2.289	1.700	2.109
Yozgat	0.894	0.932	0.371	0.315	0.654	0.472	0.198	

Tablo 4. MK analiz sonuçları

Bölge	İstasyon	MK	El Nino+1	La Nina+1	El Nino-La Nina+1	El Nino	La Nina	El Nino-La Nina
İç Anadolu Bölgesi	Aksaray	-0.530	-0.618	-0.562	-0.667	-0.651	-0.809	-0.988
	Ankara	2.626	2.227	2.067	1.621	1.958	1.834	1.060
	Çankırı	0.132	-0.391	-0.176	-0.994	0.606	-1.250	-0.695
	Eskişehir	-0.844	-0.942	-0.121	-0.173	-0.739	-0.504	-0.347
	Karaman	-0.556	-1.272	0.019	-0.600	-0.293	-0.360	-0.341
	Kayseri	1.750	1.488	1.099	0.523	1.555	0.899	0.649
	Kırıkkale	0.116	-0.258	0.130	-0.296	0.146	-0.195	-0.099
	Kırşehir	0.330	-0.181	0.166	-0.483	-0.197	-0.523	-1.241
	Konya	0.394	0.750	-0.309	0.033	0.127	-0.132	-0.569
	Akşehir	-5.945	-5.284	-5.275	-4.616	-5.572	-5.823	-5.358
	Niğde	-0.893	-1.118	-1.043	-1.418	-1.066	-1.744	-2.123
	Nevşehir	0.013	-0.734	0.095	-0.665	0.264	-1.155	-1.022
	Sivas	2.013	1.046	1.362	0.302	2.300	1.709	2.043
Yozgat	0.779	0.313	0.823	0.236	0.619	0.330	0.108	

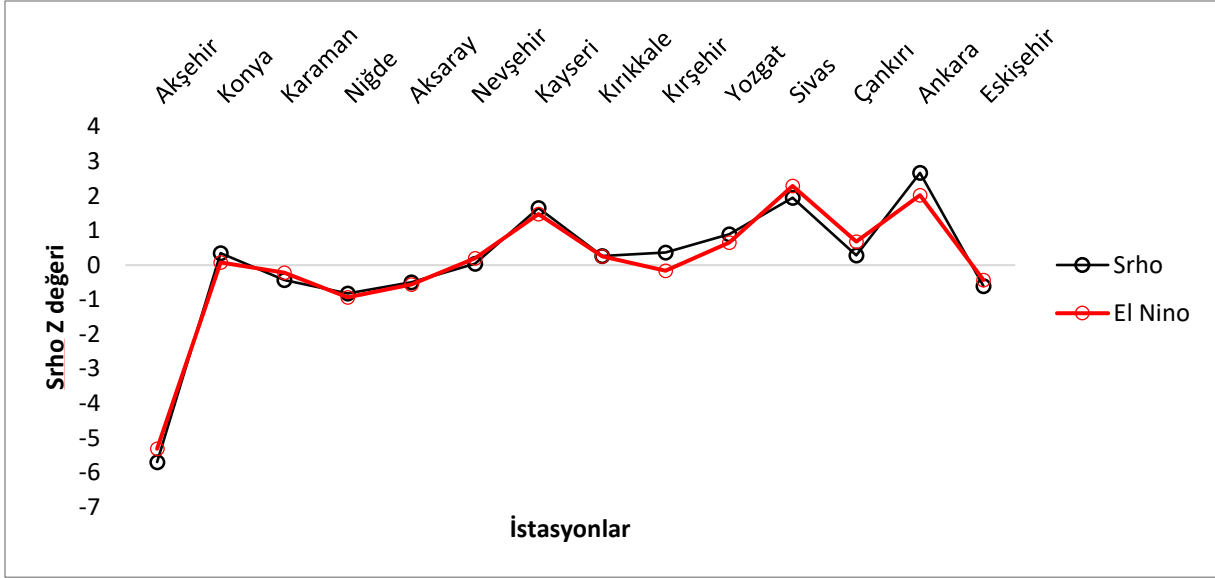
Tablo 5. MK-MK analiz sonuçları

Bölge	İstasyon	MK-MK	El Nino+1	La Nina+1	El Nino-La Nina+1	El Nino	La Nina	El Nino-La Nina
İç Anadolu Bölgesi	Aksaray	-0.545	-0.629	-0.584	-0.688	-0.674	-0.831	-1.027
	Ankara	2.630	2.227	2.072	1.621	1.968	1.834	1.069
	Çankırı	0.137	-0.399	-0.184	-1.008	0.614	-1.258	-0.708
	Eskişehir	-0.853	-0.948	-0.128	-0.184	-0.752	-0.510	-0.358
	Karaman	-0.556	-1.272	0.028	-0.616	-0.293	-0.369	-0.357
	Kayseri	1.754	1.488	1.112	0.534	1.561	0.905	0.659
	Kırıkkale	0.123	-0.270	0.041	-0.316	0.157	-0.206	-0.119
	Kırşehir	0.333	-0.186	0.176	-0.483	-0.207	-0.528	-1.258
	Konya	0.397	0.755	-0.309	0.042	0.137	-0.137	-0.577
	Akşehir	-5.950	-5.290	-5.281	-4.628	-5.578	-5.829	-5.369
	Niğde	-0.901	-1.124	-1.054	-1.428	-1.078	-1.750	-2.133
	Nevşehir	0.02	-0.743	0.104	-0.681	0.274	-1.165	-1.038
	Sivas	2.013	1.046	1.367	0.310	2.310	1.709	2.052
Yozgat	0.783	0.319	0.829	0.247	0.625	0.336	0.119	

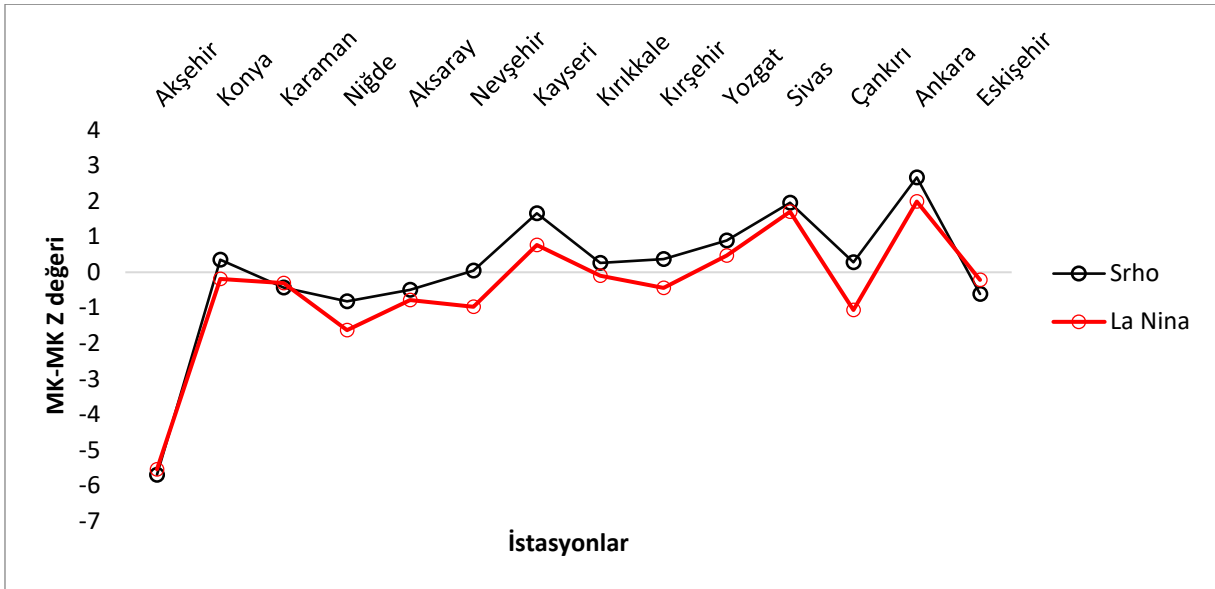
Tablo 6. Homojenlik analiz sonuçları

Bölge	İstasyon	Pettitt	Buishand	Run	İstasyon	Pettitt	Buishand	Run
İç Anadolu Bölgesi	Aksaray	149	1.206	-0.550	Kırşehir	218	0.789	-0.319
	Sınır değer	264	1.557	-1.960	Sınır değer	568	1.616	-1.960
	Kırılma yılı	1998	-	-	Kırılma yılı	2008	-	-
	Ankara	718	1.523	1.185	Konya	284	0.920	-0.848
	Sınır değer	568	1.616	1.960	Sınır değer	578	1.618	-1.960
	Kırılma yılı	1960	-	-	Kırılma yılı	1967	-	-
	Çankırı	281	1.231	-1.445	Akşehir	1070	2.680	-3.191
	Sınır değer	393	1.587	-1.960	Sınır değer	464	1.600	-1.960
	Kırılma yılı	2008	-	-	Kırılma yılı	1969	-	-
	Eskişehir	462	1.731	0.346	Niğde	456	1.578	-0.551
	Sınır değer	455	1.599	1.960	Sınır değer	510	1.608	-1.960
	Kırılma yılı	1978	-	-	Kırılma yılı	1954	-	-
	Karaman	198	1.232	-0.129	Nevşehir	152	1.014	2.235
	Sınır değer	302	1.567	-1.960	Sınır değer	302	1.567	1.960
	Kırılma yılı	1981	-	-	Kırılma yılı	1998	-	-
	Kayseri	474	1.443	0.784	Sivas	588	1.387	1.174
	Sınır değer	492	1.605	1.960	Sınır değer	568	1.616	1.960
	Kırılma yılı	1974	-	-	Kırılma yılı	1975	-	-
	Kırıkkale	186	0.992	0.139	Yozgat	444	1.642	0.341
	Sınır değer	271	1.559	1.960	Sınır değer	473	1.602	1.960
Kırılma yılı	2008	-	-	Kırılma yılı	1978	-	-	

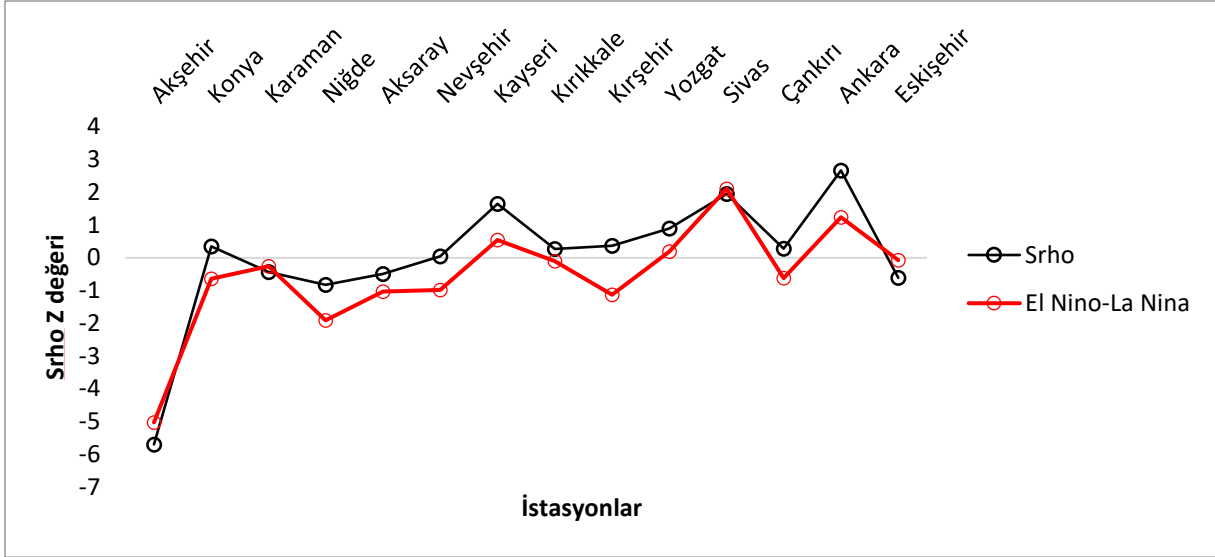
- Kalın yazılmış rakamlar, sınır değerleri aşmış değerleri göstermektedir.



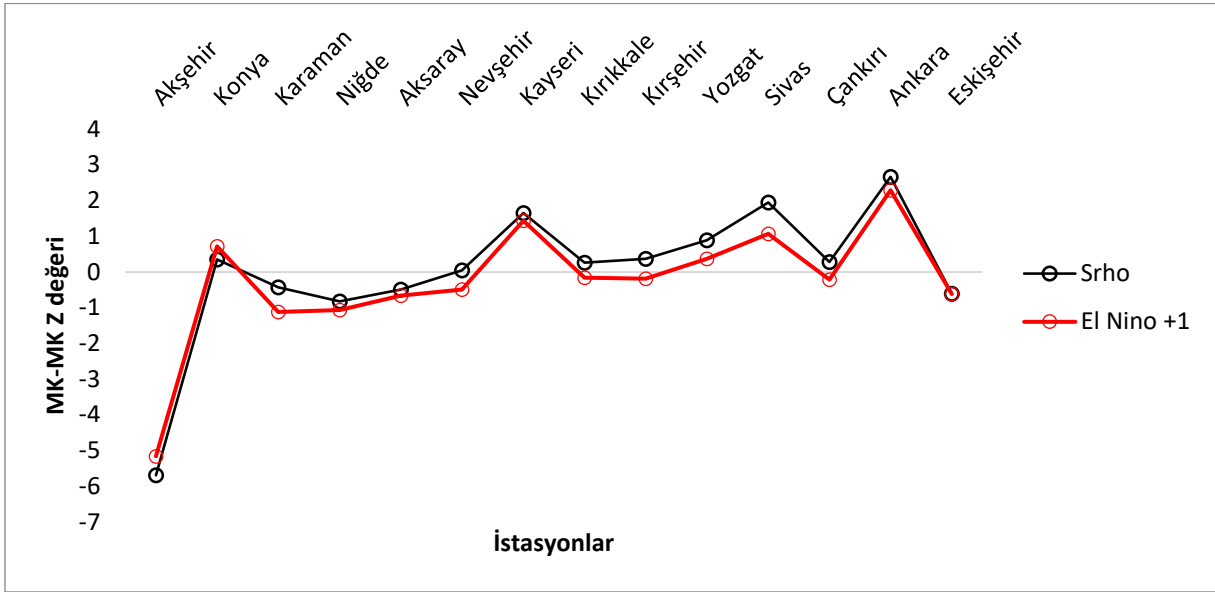
Şekil 2. SRho yöntemine göre, tarihi orjinal veri ve El Nino yılları çıkarılmış Trend değerlerinin kıyaslanması



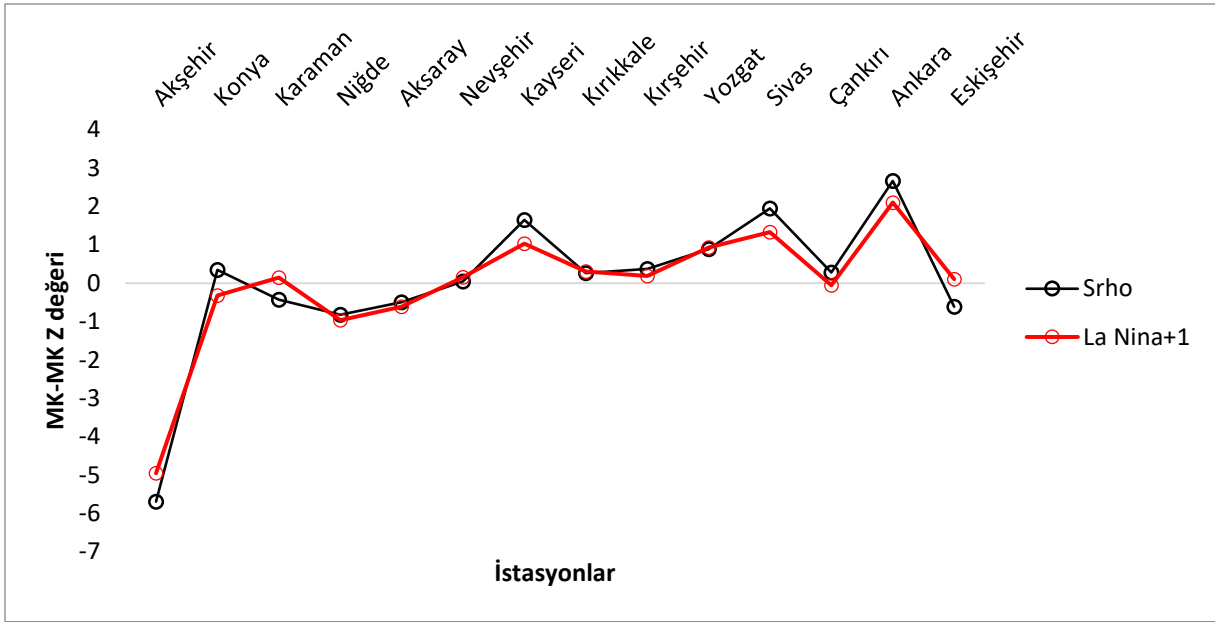
Şekil 3. SRho yöntemine göre, tarihi orjinal veri ve La Nina yılları çıkarılmış Trend değerlerinin kıyaslanması



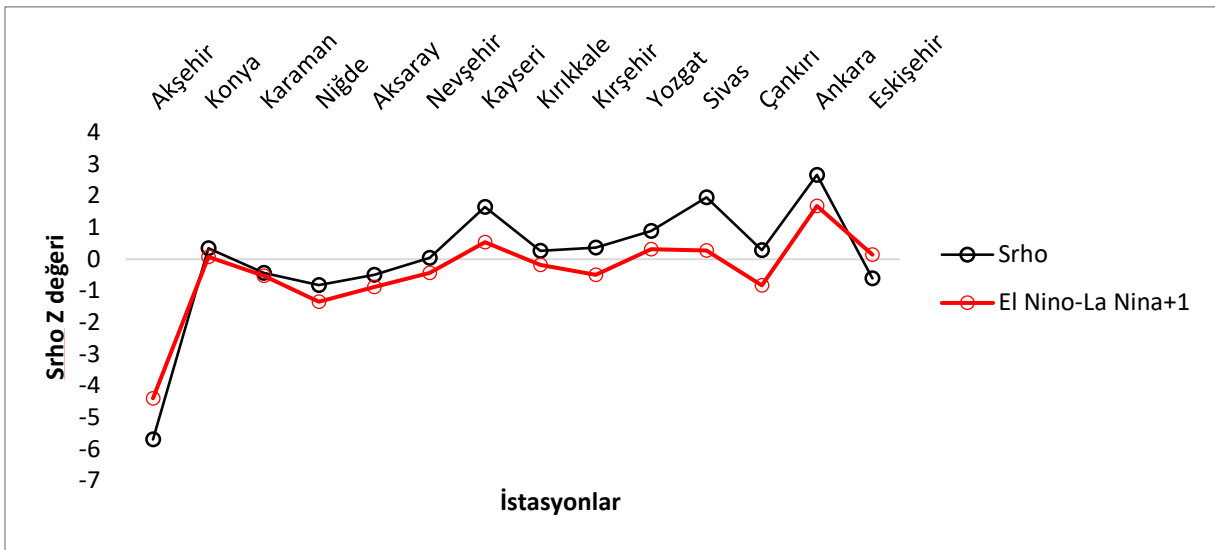
Şekil 4. SRho yöntemine göre, tarihi orjinal veri ve El Nino-La Nina yılları çıkarılmış Trend değerlerinin kıyaslanması



Şekil 5. SRho yöntemine göre, tarihi orjinal veri ve El Nino +1 yılları çıkarılmış Trend değerlerinin kıyaslanması



Şekil 6. SRho yöntemine göre, tarihi orjinal veri ve La Nina +1 yılları çıkarılmış Trend değerlerinin kıyaslanması



Şekil 7. SRho yöntemine göre, tarihi orjinal veri ve El Nino-La Nina +1 yılları çıkarılmış Trend değerlerinin kıyaslanması

SONUÇ

Tablolar ve şekiller incelendiğinde; SRho yöntemine göre, MK-MK ve MK yöntemlerinden farklı olarak %95 güven aralığında Sivas istasyonunda trend gözlenmemiştir. MK yöntemine göre, MK-MK ve SRho yöntemlerinden farklı olarak %95 güven aralığında Ankara istasyonu için trend gözlenmemiştir. SRho yöntemine göre (La Nina yılları çıkarılmış), MK-MK ve MK yöntemlerinden farklı olarak %95 güven aralığında Ankara istasyonunda trend gözlenmiştir.

SRho yöntemine göre (El Nino + La Nina yılları çıkarılmış), MK-MK ve MK yöntemlerinden farklı olarak %95 güven aralığında Niğde istasyonunda trend gözlenmemiştir. Ayrıca MK-MK yöntemine göre Ankara ve Sivas istasyonlarında artan yönde trend Akşehir istasyonunda azalan yönde trend gözlenmiştir. Tarihi verilerden El Nino, La Nina yılları çıkarıldığında La Nina olayının istasyonlar üzerinde daha etkin olduğu saptanmıştır. Ayrıca El Nino ve La Nina yıllarının 1 yıl sonra Türkiye'yi etkileyebileceği ihtimali göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalarda 1 yıl sonraki etkinin

istasyonlara yansımaları daha az görülmektedir. Bu etkiler trend yönünü değiştirmedikleri için etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir. Verilerin homojenlikleri incelendiğinde; Pettitt homojenlik testi için sadece Ankara, Eskişehir, Sivas İstasyonlarında homojenlik bozulmaktadır. Bu istasyonların kırılma yılları sırası ile 1960, 1978 ve 1975 yıllarıdır. Buishand homojenlik testi için veriler yüzde yüz homojendir. Run homojenlik testi için verilerde Akşehir istasyonunda homojenlik bozulmaktadır. Bölge olarak trend değerleri incelendiğinde ise bölgenin kuzeyinde ve doğusunda yağış eğilimleri artarken batısında ve güneyinde yağış eğilimlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Şen, Z. 2009, İklim Değişikliği Tatlı Su Kaynakları ve Türkiye, İstanbul, Türkiye Su Vakfı Yayınları, 1-266.
- [2] Martı, A. İ., 2007, Türkiye'deki Akım, Yağış Ve Sıcaklık Verilerinin Güneyli Salınımıyla Olan İlişkilerinin İncelenmesi, Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1-137.
- [3] Hızarcıoğlu, S., 2010, Kuzey Atlantik Salınımının Hidrolojik Değişkenler Üzerindeki Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 1-71.
- [4] Demircan, M., Çiçek, İ. ve Gürkan H., 2018, Türkiye Sıcaklıklarının Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) İndisi İle İlişkisi, International Geography Symposium on the 30th Anniversary of TUCAUM, Ankara, 1-14.
- [5] Türkeş, M., Sümer, U. ve Kılıç, G., 1996, El Lino Güneyli Salınım: Küresel Bir Okyanus/ Atmosfer Olayı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1-4.
- [6] Bozyurt, O. ve Özdemir, M. A., 2017, Arktik Salınımın Yıllar Arası Gösterdiği Eğilimler İle Türkiye' de Minimum Ortalama Sıcaklık Değerleri Üzerindeki Etkileri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Vol. 19 (1), 123-35.
- [7] Rasmusson, E. M. ve Carpenter, T.H., 1983, The Relationship Between Eastern Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures and Rainfall Over India and Sri Lanka, Monthly Weather Review, 111, 517-528.
- [8] Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G., 2000, Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, 7-24.
- [9] Givati, A. ve Rosenfeld, D., 2013, The Arctic Oscillation, climate change and the effects on precipitation in Israel, Atmospheric Research, 132-133, 114-124.
- [10] Terray, L., Demory, M.E., Deque, M., de Coetlogon, G. ve Maisonnave, E., 2004 Simulation of late-twenty-first-century changes in wintertime atmospheric circulation over Europe due to anthropogenic causes, Journal of Climate, Vol. 17 (24), 4630-4635.
- [11] Müller, W. A., Roeckner, E., 2006 ENSO impact on midlatitude circulation patterns in future climate change projections, Geophysical Research Letters, Vol. 33 (5), 1-4.
- [12] Halpert, M. S. ve Ropelewski, C. F., 1992, Surface temperature patterns associated with the Southern Oscillation, Journal of Climate, Vol. 5 (6), 577-593.
- [13] Brönnimann, S., 2007, Impact of El Niño–Southern Oscillation on European climate, Reviews of Geophysics, Vol.45 (3), 1-28
- [14] Yu, Y. S., Zou, S. ve Whittemore, D., 1993, Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas, Journal of Hydrology, Vol. 150 (1), 61-80.
- [15] Mann, H. B., 1945, Nonparametric Tests Against Trend, Econometrica, Vol. 13 (3), 245-259.
- [16] Kendall, M. G., 1975, Rank Correlation Methods Charles Griffin Book Series, London, 1-108.
- [17] İçağa, Y. ve Harmancıoğlu, N., 1995, Yeşilirmak Havzası'nda Su Kalitesi Eğilimlerinin Belirlenmesi, Türkiye İnşaat Mühendisliği XIII. Teknik Kongresi, Ankara-Türkiye, 481-497
- [18] Kılıç, N., 2016, Konya ili uzun yıllar yağış-sıcaklık kayıtlarının analizi, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1- 40.
- [19] Kahya, E. ve Kalaycı, S., 2004, Trend Analysis of Streamflow İn Turkey, Journal of Hydrology, 289, 128-144.
- [20] Cengiz, T. M. ve Kahya, E., 2005, Türkiye Göl Seviyelerinin Hidroklimatolojik Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-175.
- [21] Toros, H., 1993, Klimatolojik Serilerden Türkiye İkliminde Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-191.