



**KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ MAKSİMUM
YAĞIŞLARIN ZAMANSAL VE MEKANSAL TREND
ANALİZİ**

Muhammet Burak ÇELİK

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç.Dr. Fatih TOSUNOĞLU**

2022

Her hakkı saklıdır.



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ MAKSİMUM YAĞIŞLARIN ZAMANSAL VE
MEKANSAL TREND ANALİZİ**

Muhammet Burak ÇELİK

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Fatih TOSUNOĞLU

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Erzurum

2022

Her hakkı saklıdır.

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

23 / 06 / 2022

Muhammet Burak ÇELİK

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ MAKSİMUM YAĞIŞLARIN ZAMANSAL VE MEKANSAL TREND ANALİZİ

Muhammet Burak ÇELİK

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Fatih TOSUNOĞLU

Küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olarak çıkan hidro-meteorolojik ve klimatolojik doğal afetler son yıllarda artış göstermektedir. Bu doğal afetlerin başında ekstrem yağışlarının meydana getirdiği taşkın olayları gelmektedir. Ülkemizde gözlenen ekstrem yağış olaylarındaki artışların analiz edilmesi su yönetimi ve planlama açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında özellikle son yıllarda meydana gelen taşkınlar ile yoğun can ve mal kaybına maruz kalan Karadeniz bölgesinin maksimum yağışlarının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için, ilk olarak Karadeniz bölgesinde bulunan 17 meteoroloji istasyonuna ait günlük maksimum yağış veri setlerinin homojenlik analizleri yapılmıştır. Homojenlik analizlerinde Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT), Pettitt Testi ve Buishand Testleri kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre Karadeniz Bölgesi maksimum yağış verilerinin istatistiki açıdan (%95 güven aralığında) homojen olduğu sonucuna varılmıştır. Daha sonra maksimum yağış verilerinin zamansal ve mekânsal trend analizleri Mann-Kendall ve sequential Mann-Kendall trend testleri ile yapılmıştır. Mann-Kendall trend testi sonuçlarına göre 17 istasyonun 3 tanesinde (Giresun, Sinop ve Bartın) %95 güven aralığında istatistiksel olarak artan trend belirlenmiştir. Diğer 14 istasyonun 3 tanesinde azalan diğer 11 tanesinde ise artan trend belirlenmiştir fakat bu trendler istatistiki açıdan anlamlı değerlere ulaşmamaktadır. Sequential Mann-Kendall sonuçlarına göre ise istatistiki açıdan anlamlı trend olan istasyonların trend başlangıç yıllarının 2001 (Sinop ve Giresun) ve 2008 (Bartın) olduğu sonucuna varılmıştır.

2022, 38 sayfa

Anahtar Kelimeler: Günlük maksimum yağış, Trend analizi, Karadeniz Bölgesi, Pettitt, Buishand ve SNHT homojenlik testi, Mann-Kendall ve Sequential Mann-Kendall trend testi

ABSTRACT

MS. Thesis

TEMPORAL AND SPATIAL TREND ANALYSIS OF MAXIMUM PRECIPITATION IN THE BLACK SEA REGION

Muhammet Burak ÇELİK

Erzurum Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih TOSUNOĞLU

Hydro-meteorological and climatological natural disasters as a result of global climate change have increased in recent years. One of the most important natural disasters are flood events caused by extreme precipitation. Analyzing the increase in extreme precipitation events observed in our country is important in terms of water management and planning. Within the scope of this study, it is aimed to analyze the maximum precipitation of the Black Sea region, which has been exposed to heavy loss of life and property, especially with the floods that have occurred in recent years. For this purpose, firstly, homogeneity analyzes of daily maximum precipitation datasets of 17 meteorological stations in the Black Sea region were adhered to. Standard Normal Homogeneity Test (SNHT), Pettitt Test and Buishand Tests were used in homogeneity analysis. According to the test results, it was concluded that the maximum precipitation data of the Black Sea region were statistically homogeneous (with 95% confidence interval). Then, temporal and spatial trend analyzes of maximum precipitation data were performed with Mann-Kendall and sequential Mann-Kendall trend tests. According to the results of Mann-Kendall trend test, statistically increasing trend was determined at 95% confidence interval in 3 of 17 stations (Giresun, Sinop and Bartın). A decreasing trend was determined in 3 of the other 14 stations and an increasing trend was determined in the other 11 stations, but these trends do not reach statistically significant values. According to the Sequential Mann-Kendall results, it was concluded that the trend start years of the stations with a statistically significant trend were 2001 (Sinop and Giresun) and 2008 (Bartın).

2022, 38 pages

Keywords: Daily maximum precipitation, Trend analysis, Black Sea Region, Pettitt, Buishand and SNHT test, Mann-Kendall and Sequential Mann-Kendall trend test

TEŐEKKÖR

Erzurum Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yapılan yüksek lisans çalışmamda, her türlü konuda yardımını ve tavsiyelerini eksik etmeyen danışmanım, Sayın Doç. Dr. Fatih TOSUNOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmam sırasında her danıştığım da bana yardımcı olan ve güzel bir yol izlememi sağlayan sayın Prof. Dr. Hanefi BAYRAKTAR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda maddi ve manevi destek sağlayan anneme, babama, ablama ve yakın dostlarıma bir an bile eksikliklerini hissettirmedikleri için teşekkürlerimi sunarım.

Muhammet Burak ÇELİK

Haziran 2022

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	7
3.1.Çalışma Alanı.....	7
3.2.Veriler	8
3.3.Verilerin İstatistiksel Analizi	9
3.3.1.Temel istatistik parametreler	9
3.3.1.1.Aritmetik ortalama	10
3.3.1.2.Ortanca değer	10
3.3.1.3.Varyans	10
3.3.1.4.Çarpıklık parametresi	11
3.3.1.5.Sivrilik parametresi	11
3.3.2.Homojenlik testleri	12
3.3.2.1.Standart normal homojenlik testi (SNHT)	12
3.3.2.2.Pettitt testi	13
3.3.2.3.Buishand testi	13
3.3.3.Otokorelasyon	14
3.3.4.Trend testleri	15
3.3.4.1.Mann-Kendall trend testi	15
3.3.4.2.Sequential Mann-Kendall testi	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	18
4.1.Verilerin Otokorelasyon İncelemeleri	18
4.2.Verilerin Homojenlik Test Sonuçları	24

4.3.Verilerin Mann-Kendall Test Sonuçları	26
4.4.Verilerin Sequential Mann-Kendall Test Sonuçları.....	27
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	35
KAYNAKLAR	36



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

H_0	Sıfır hipotezi H_a alternatif hipotez
N	Veri serisi uzunluğu
S	Mann-Kendall test istatistiği
t_i	i uzunluğundaki bir seride bağlı gözlemlerin sayısı
σ	Veri serisinin standart sapması
σ_s	Eğimin standart sapması

Kisaltmalar

DSİ	Devlet Su İşleri
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MK	Mann-Kendall
SMK	Sequential Mann-Kendall

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Karadeniz bölgesinin Türkiye haritasında gösterilmesi (Wiki).....	7
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan istasyonların harita üzerinde gösterilmesi	8
Şekil 4.1. Otokorelasyon grafikleri	20
Şekil 4.2. Otokorelasyon grafikleri	21
Şekil 4.3. Otokorelasyon grafikleri	22
Şekil 4.4. Otokorelasyon grafikleri	23
Şekil 4.5. Otokorelasyon grafikleri	24
Şekil 4.6. Trend görülen istasyonların harita üzerinde gösterilmesi.....	28
Şekil 4.7. SMK grafiklerinin gösterilmesi	31
Şekil 4.8. SMK grafiklerinin gösterilmesi	32
Şekil 4.9. SMK grafiklerinin gösterilmesi	33
Şekil 4.10. SMK grafiklerinin gösterilmesi	34
Şekil 4.11. SMK grafiklerinin gösterilmesi	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. İstasyonlar ve verilerin gözlem aralıkları	8
Çizelge 4.1. Verilerin homojenlik test sonuçları	25
Çizelge 4.2. Verilerin MK test sonuçları	27



1. GİRİŞ

Dünyamızın %70'ini su birikintileri oluşturmaktadır. Dünyamızda bu kadar çok bulunan bir maddenin canlıların hayatı ve yaşamın sürdürülebilirliği üzerindeki etkisi herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Fakat iklim değişikliği ve etkileri her geçen gün gelecekteki yıllarda bizi hem kuraklık hem de aşırı yağışlarla büyük bir mücadeleye başlatacağını gözler önüne sermektedir.

Küresel ısınmanın etkileyeceği ülkeler arasında ülkemizi ilk sıralarda görebiliriz (Doğan 2011). Bunun sebebi ülkenin dört tarafından üçünün denizlerle çevrili olması, topografyasının düzenli olmaması ve orografik özelliklerinin karmaşık olmasıdır. Örnek verecek olursak sıcaklığın zaten yüksek olduğu Güney Doğu ve İç Anadolu bölgelerinde sıcaklık artışından ziyade çölleşme görülecektir. Su miktarının yetersiz olduğu az nemli Ege ve Akdeniz bölgeleri ile beraber ülkemizdeki bu bölgeler iklim değişikliğinden daha çok etkilenmiş olacaktır. Bu meydana gelecek olan ani veya yavaş değişiklikler ülkeyi tarımsal yönden de büyük çıkmaza sokacaktır. Bu çıkmazlardan en önemlisi tarımsal sulamada yaşanacak olan su sıkıntıları olacaktır (Öztürk 2002).

İklim değişikliği diğer adıyla küresel ısınma, kömür, petrol, gaz gibi fosil yakıtların kullanılması, ağaçların azalması ve en önemlisi karbondioksit olan sera gazlarının doğaya salınımı gibi beşerî faktörlerden dolayı meydana gelir. Bu gazlar dünyanın yüzeyinden gelen kızılötesi radyasyonu emer ve dünyanın daha yoğun bir katmanı olmasına sebep olur. Bu da dünyanın daha sıcak bir hale gelmesini sağlar. Bu sebeplerden dolayı atmosfere salınan gazların önemli sıkıntılara yol açan ve yağışa bağlı olarak gelişen seller, su taşkınları, çığlar ve toprak kaymaları gibi doğal afetler gözlemlenmektedir. Bu afetler insan hayatına oldukça zarar vermektedir. Bu zararlardan birine örnek olarak taşkın örneğini verebiliriz. Aşırı derecede yağın yağmurlar sonucunda yüksekliği diğer bölgelere göre düşük olan bölgelerde su ile kaplanmasına taşkın adı verilmektedir (Büyükkaracıgan ve Kahya 2009). Sel dünyada ve ülkemizde birçok bölgede can ve mal kaybına sebep olmuştur. Bu verilen zararlar öngörülebilir bir hale getirmek için çalışmalar hala yapılmaktadır. Şiddetli yağışların sel ve taşkınlarda öncü olduğunu düşünecek olursak günler boyunca yağın yağmurlar ya da kısa sürede yağın şiddetli yağışlar sellere sebep olabilir. Şiddetli yağışlar heyelan ve taşkınları kolaylaştırırken,

1. GİRİŞ

yağmurun oluşturduğu akış alanlarının durumu, topoğrafyası ve yerleşim alanlarının konumu sel felaketinin boyutuna katkıda bulunuyor. Çalışmada yapmış olacağımız kısa süreli şiddet yağışların trend analizi bize öngörülebilir bilgiler verecektir.

Türkiye’de yıllık yağışın en çok olduğu yerler Karadeniz Bölgesinin doğusunda bulunmaktadır. Yılın tamamında ortalama yağışların çok olduğu bu bölgede maksimum yağışlar da çok yüksek değerlere ulaşmaktadır (Gürgen 2004). Kısa süreli şiddetli yağışların trendinin artışa geçtiği alanlarda çok iyi yağış-taşkın analizleri yapılması ve taşkın erken uyarı sistemleri kurulması gerekmektedir.

Dünyamızda ve ülkemizde uzun yıllardır hayatımızı etkilemeye başlayan, insanlığı ve dünyanın en büyük tehdidi olarak görülen iklim değişikliğini etkisini görmeye başlamamızla birlikte geçmişten bugüne kadar ölçülen meteorolojik verilerin önemi artmaya başlamıştır. Meteorolojik verilerin günümüze kadar eksik gelmesi veya yanlış gelmesi üzerine yapılan çalışmalar bile şu anda çok önemli hale gelmiştir. Meteorolojik verileri kullanarak öngörü yapabiliriz ve bu öngörülerden yola çıkarak alacağımız önlemler sayesinde can ve mal kaybını en aza indirebiliriz.

Bu çalışmanın amacı Karadeniz Bölgesindeki istasyonların elimizdeki kısa süreli şiddetli yağış verileriyle birlikte trend analizi yöntemlerini kullanarak yağış miktarlarının 1966-2015 yılları arasındaki eğilimlerini bulmaktır. Elde ettiğimiz sonuçlar bizi iklim değişikliği, kuraklık, aşırı yağış ve bunlar hakkında alınacak önlemler konusunda bir adım öteye taşıyabilir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Geçmişten günümüze kadar hidrolojide genellikle taşkınlar için yapılan trend analizleri günümüzde iklim değişikliği alanında yağış ve akış başta olmak üzere bütün meteorolojik verilerde kullanılmaya başlanmıştır. Şimdiye kadar yağışlarda yapılmış trend analizlerine ve bu analizlerin yorumlanmasına bakacak olursak;

Kosif (1999) tarafından Yeşilırmak havzasında bulunan istasyonlardan sadece yağış verileri değil, 1930 ve 1997 yılları arasındaki diğer meteorolojik parametrelerinde incelenmesi yapılmıştır. Veriler homojenlik testlerinden geçirildikten sonra trend analizi testlerine tabi tutulmuştur. Yeşilırmak havzasına bu testler göz önünde bulundurularak bakacak olursak, sıcaklıklarda anlamlı azalış, yağış ve akışlarda ise artış görüldüğü söylenmiştir.

Partal (2003) tarafından Türkiye geneli Mann-Kendall ve Sen'in T testi yöntemleri kullanılarak yapılan bir çalışmada özellikle Ocak, Şubat ve Eylül ayları ile yıllık olarak önemli trendler elde edilmiştir. Türkiye'de iklim değişikliğini gözler önüne sermek için yeterli sonuçlar elde edilemeyen çalışmada başlıca Türkiye'nin batı ve güneyi ile Karadeniz'in kıyı şeridinde azalma eğilimi görüldü.

Akyürek (2003) tarafından Türkiye genelinde 24 havzadaki 107 adet gözlem istasyonunun verilerinin Mann-Kendall ve T testi uygulanarak trend analizi yapılmıştır. Yapılan trend analizleri bölgesel düzeyde incelenmiştir. 2003 yılında yapılan bu çalışma Hem MK trend testi hem de T testi için ülkenin batı, orta ve güney bölgelerinde azalma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Özfidaner (2007) tarafından Türkiye'nin yedi bölgesi için yapılan çalışmada Mann-Kendall trend analizi ve Sen T testi yöntemleri kullanılmıştır. Trend analizleri için veri olarak aylık ve yıllık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Trend analizi sonuçlarında kış aylarında negatif yönde eğilim görülmüştür. İlkbahar ve yaz aylarında ise pozitif yönde eğilimi görülmüştür. Bölgeler arası bakacak olursak azalma görülen bölge Güney Doğu Anadolu bölgesidir, diğer bölgeler için is artış ve azalış eğilimleri birbirine eşit çıkmıştır.

Çiflik (2012) tarafından Ege Bölgesinde yapılan çalışmada Mann-Kendall, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon, Spearman Rho testleri ve Sen'in t testleri kullanılmıştır. Çalışmada 40 yıl süreli 49 adet istasyon kullanılmıştır. Trend analizinde yıllık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Trend analizleri sonucunda da önceki çalışmalara uygun olarak Ege Bölgesinde azalan bir trend gözlemlenmiştir.

Şen (2013) tarafından Isparta ilinde yapılan hem sıcaklık hem de yağışların trend analizi çalışmasında Mann-Kendall ve Spearman Rho testleri kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre %95 anlamlılık seviyesinde artan veya azalan bir trende rastlanmamıştır. Yıllık ortalama sıcaklıklarda yapılan trend analizlerinde ise anlamlı artışlar ve azalışlar göze çarpmaktadır.

Emek (2014) tarafından Doğu Anadolu Bölgesinde aylık ve yıllık toplam yağış verileri kullanılarak trend analizi çalışması yapılmıştır. Çalışmada toplam 46 adet yağış gözlem istasyonu kullanılmıştır. Pettitt ve run homojenlik testleriyle verileri homojenliği kontrol edilmiştir. Mann-Kendall testi ve Spearman Rho testi kullanılarak trend analizleri yapılmıştır. Sen'in eğim metodu kullanılarak trendlerin artan eğilimde mi yoksa azalan eğilimde mi oldukları anlaşılmaya çalışılmıştır. Toplamda verilerde 106 aylık bir eksiklik olduğu tespit edilmiştir. Trend analizi yapılmadan önce bu eksik verilerin tek ve çok değişkenli regresyon modeliyle uydurulmuştur. Trend analizi sonuçlarında %90 güven aralığında Baskil, Doğanşehir, Ağın, Elazığ, Erciş ve Sivrice istasyonlarında negatif yönde bir trend olduğu gözlemlenmiştir. Toplamda 28 adet istasyonda negatif yönde 10 adet istasyonda ise pozitif yönde trendler izlenmiştir.

Nemli (2017) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılan 10 adet istasyondan alınmış yıllık en büyük yağış değerleriyle yapılan trend analizi çalışmasında diğer çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmalarda da öncelikle verilere homojenlik testi uygulanmıştır. Trend analizleri Mann-Kendall testi ile yapılan çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesinde genel olarak pozitif yönde eğilim gözlemlenmiştir.

Yılmaz (2018) tarafından yapılan çalışma Batı Karadeniz bölümünde yapılmıştır. Sadece yağış verilerine bakılmayan tezde sıcaklık verilerinin de trend analizleri yapılmıştır. Genel olarak 1975-2014 tarihleri arasında bulunan veriler kullanılmıştır.

İstasyon seçiminde verilerin eksik olmaması tercih edilmiştir. Yağış verilerinin trend analizleri Mann-Kendall ve Spearman Rho trend testleri aracılığıyla yapılmıştır. Yağış verilerine uygulanan trend analizleri sonucunda genellikle negatif yönde bir trend izlendiği ve anlamlı olmayan bir eğilime işaret ettiği görülmüştür.

Güven (2019) tarafından Yukarı Fırat Havzasında yapılan bir çalışmada sıcaklık, akış, yağış, buharlaşma, nispi nem gibi pek çok meteorolojik verinin trend analizlerinde bakılmıştır. Araştırma sonucunda yıllık ortalama akım, buharlaşma, yağış ve yıllık toplam buharlaşma verilerinde anlamlı trend sonuçlarına rastlanmamıştır. Yıllık ortalama nispi nem verilerinde artan ve azalan yönde anlamlı trend gözlemlenmiştir.

Kuzay (2019) tarafından yapılan Climate Research Unit verileriyle Türkiye'nin genelinde yapılan bir çalışmada ise standart yağış indeksine göre trend analizi yapılmıştır. Yapılan bu çalışma yüksek lisans tezinde çalışılmıştır. Trend analizleri sonucunda Akdeniz Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde önümüzdeki yıllarda belirli bir şekilde kuraklığın arttığı görülmektedir. Fakat genel anlamda Karadeniz Bölgesi, Marmara Bölgesi ve Ege Bölgesi'nin durumuna bakacak olursak nemliliğinin arttığını söyleyebiliriz.

Özener (2019) tarafından yapılan Türkiye'nin en büyük havzalarından biri olan Çoruh havzasında yapılan bir çalışmada ise beş farklı akım gözlem istasyonu ve bu akım gözlem istasyonlarına en yakın beş adet meteorolojik gözlem istasyonundan alınmış veriler kullanılmıştır. Havzada üç akım istasyonunda artan yönde izlenen trendler yağış parametreleriyle karşılaştırıldığında yıllık toplam yağış verilerinde anlamlı yönde ilişki olduğu görülmüştür.

Özdel (2020) tarafından Diyarbakır Havzasında yapılan çalışmada Batman, Çermik, Diyarbakır, Ergani ve Siirt istasyonlarından alınan verilerle hem yağış hem de sıcaklık verilerinin trend analizleri yapılmıştır. Trend analizleri yapılmadan önce veriler Run homojenlik testine tabii tutulmuştur. Trend analizleri için Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri kullanılmıştır. Eğilimlerin belirlenebilmesi için Sen'in trend eğilim testi uygulanmıştır. Uygulanan testler sonucunda yağışlarda pozitif yönde bir eğilim görülmüştür.

Solıman (2020) tarafından Libya'nın kuzey kısmında sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizleri yapılmıştır. Toplamda 16 istasyonda gerçekleştirilen bu çalışmada istasyonların 8'i kıyıda, 5'i çölde diğer 3'ü ise dağda bulunmaktadır. Trend analizi yapabilmek için verilerin en az 30 yıllık olması gerektiğinden iki istasyon çıkarıldıktan sonra devam edilmiştir. Fataıah, Jaghboub, Jalo, Tripoli ve Derna istasyonlarında negatif ve pozitif yönde trend eğilimleri gözlemlenmiştir.

Tokgöz (2020) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılan çalışmada hem sıcaklık hem de yağış verilerinin trend analizi yapılmıştır. 1960 ve 2015 yılları arasında yapılan çalışmada 16 gözlem istasyonunun verileri kullanılmıştır. Trend analizi yapıldıktan sonra Yenilikçi Şen yöntemine göre yıllık toplam yağış verilerinin 15 istasyonda pozitif yönde eğilim gösterdiği, Düzce ilinin ise negatif yönde bir eğilim gösterdiği gözlenmiştir.

Nacaroğlu (2021) tarafından yapılan çalışmada Kızılırmak havzasında birbirine yakın olan ve yağış olarak birbirine benzeyen istasyonlar çalışılmıştır (Aksaray, Kulu, Keskin, Yozgat, Kayseri, Nevşehir, Çiçekdağı). Bu çalışmada hem yağış hem de sıcaklık verilerinin trend analizi yapılmıştır. Trend analizi testleri olarak Mann-Kendall ve Şen'in eğim metodu kullanılmıştır. Sıcaklık analizleri sonucunda iki yöntem için de pozitif yönde bir eğilim görülürken yağış için Keskin istasyonu için pozitif bir eğilim göstermiştir. Trend analizi yapılan diğer istasyonlarda belirli bir trend gözlemlenememiştir.

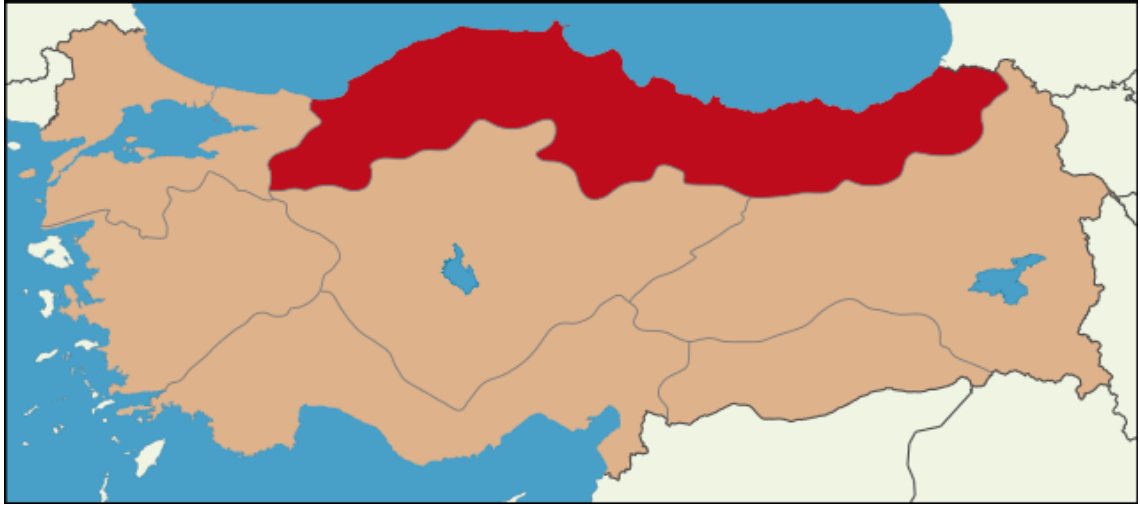
Şen (2021) tarafından Türkiye'nin Batı Akdeniz Kıyılarında yapılan başka bir doktora tez çalışmasında ise hem sıcaklık hem de yağış verilerinin trend analizi yapılmıştır. Çalışmada 9 istasyonun yağış ve sıcaklık verileri kullanıldığını görmekteyiz. Çalışmada tüm istasyonlardaki sıcaklık verilerinde artma eğilimi görülmüştür. Yağış verilerinde ise kış aylarında azalma olmasına rağmen genel olarak artış görülmüştür. Bölgede yağışın büyük kısmının kış aylarında gözlemlendiği düşünülürse bu azalmanın su kaynakları üzerinde azalma oluşturacağı düşünülmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmaya ait genel bilgiler, veriler, homojenlik testleri, trend analizi ve verilerin zamanla nasıl eğilim gösterdiği bu bölümde açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1 Çalışma Alanı

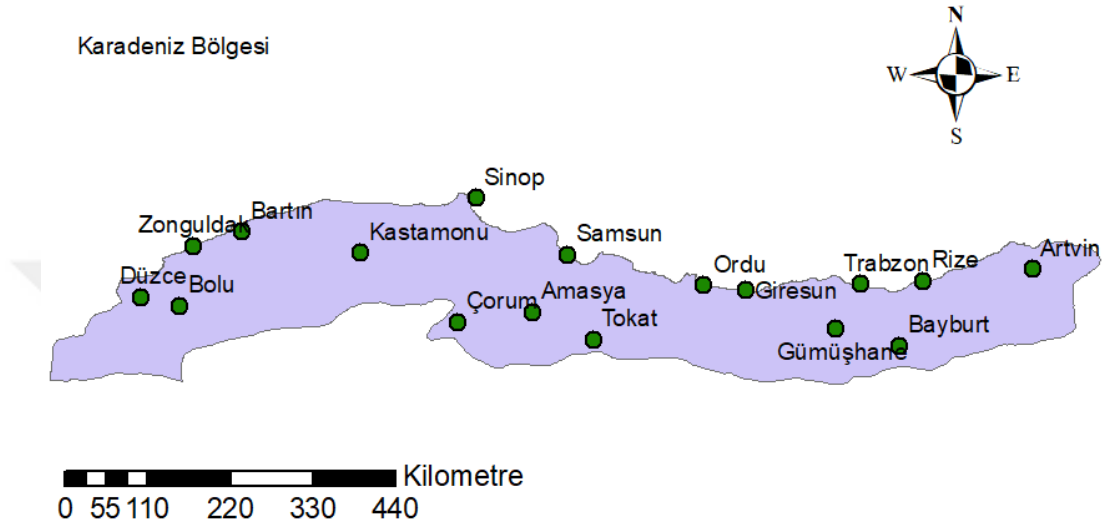
Çalışma Türkiye'nin yedi bölgesinden biri olan Karadeniz Bölgesinde yapılacaktır. Karadeniz Bölgesi Türkiye'nin Kuzey'inde doğu-batı boyunca uzanmış 18 adet şehirden oluşmaktadır. Karadeniz Bölgesi 106,660 km²'lik bir alanı kaplar ve Karadeniz sahilinin uzunluğu tam olarak 1564,1 km'dir. Karadeniz'in kendi kapladığı alana bakacak olursak 436.402 km² olduğunu görebiliriz. Karadeniz'e kıyısı olan ülkeler ise Türkiye, Romanya, Ukrayna, Bulgaristan, Rusya ve Gürcistan'dır. Karadeniz bu ülkeler arasında bağlantı sağlayan önemli bir ticari kavşak halindedir (Dz. Kuv. K., 2020).



Şekil 3.1 Karadeniz bölgesinin Türkiye haritasında gösterilmesi (Anonim 2022)

3.2 Veriler

Çalışmada 17 ilin yağış sensörü bulunan merkez istasyonlarından alınan veriler kullanılmıştır. Yağış verileri yıllık maksimum yağışlardan oluşmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünde alınan veriler genellikle 1966 ve 2015 yılları arasını kapsamaktadır.



Şekil 3.2 Çalışmada kullanılan istasyonların harita üzerinde gösterilmesi

Çizelge 3.1 İstasyonlar ve verilerin gözlem aralıkları

İstasyon No	İstasyon Adı	Veri sayısı	Gözlem aralığı
17085	Amasya	50	1966-2015
17045	Artvin	47	1969-2015
17020	Bartın	50	1966-2015
17089	Bayburt	50	1966-2015
17070	Bolu	50	1966-2015
17084	Çorum	50	1966-2015
17072	Düzce	50	1966-2015
17034	Giresun	50	1966-2015
17088	Gümüşhane	50	1966-2015
17074	Kastamonu	50	1966-2015
17033	Ordu	50	1966-2015

Çizelge 3.1 (devam)

İstasyon No	İstasyon Adı	Veri sayısı	Gözlem aralığı
17040	Rize	50	1966-2015
17030	Samsun	50	1966-2015
17026	Sinop	50	1966-2015
17086	Tokat	50	1966-2015
17037	Trabzon	42	1974-2015
17022	Zonguldak	50	1966-2015

3.3 Verilerin İstatistik Analizi

3.3.1 Temel istatistik parametreler

Bir veri setindeki değerlerin hepsinin veya birkaçının formülize edilmesiyle beraber ortaya çıkan sonuçlara parametre denir. Bu parametreler bizim aradığımız çoğu sorulara cevap verir. Bu sorular arasında şunlar da vardır.

- Elimizdeki veriler hangi seviye aralığında salınım hareketi gösterir?
- Bu tespit edilen ortalama seviyeden sapma miktarı ne kadardır?
- Elimizde bulunan farklı veri setlerinin karşılaştırılması nasıl yapılır?
- Elimizdeki veri setlerinde bulunan verilerin çoğu ortalamanın üstünde veya altında mıdır? Bu konumdaki verilerin sayısı birbirine eşit midir?
- Veri setlerimizde en çok karşılaştığımız değer hangisidir?

Bu sorulara cevap verecek istatistiki parametreler ve kullanımları aşağıda anlatılmıştır.

3.3.1.1 Aritmetik ortalama

Eldeki veri setlerinin toplamının veri setinin büyüklüğüne bölümü ile elde edilir. Bize verileri tek bir sayı ile göstermek istediğimizde, aritmetik ortalama en basit parametre olarak karşımıza çıkar. Aşağıdaki gibi formülize edilir.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.1)$$

3.3.1.2 Ortanca değ er

Elimizdeki veri setinde verilerin yarısını kendisinin üstünde diğ er yarısını da kendisinin altında bulunduran veriye ortanca değ er (medyan) adı verilir. Veriler küçükten büyüğ e ya da tam tersi olarak büyükten küçükğ e sıralandığında ortada bulunan değ er ortanca değ er olarak bilinir. Veri sayımız tek ise ortadaki değ erimiz medyan değ erimiz olurken, veri sayımız çift olduğ unda ise aynı iş lemler yapıldığında ortada iki değ erimiz bulunur. Bu iki değ erin ortalaması bize ortanca değ eri verir.

3.3.1.3 Varyans

Varyans değ eri veri setindeki diğ er değ erlerin aritmetik ortalama değ eri etrafındaki yayılımını hesaplamak için kullanılır ve aş ağıdaki gibi hesaplanır.

$$Var(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.2)$$

Burada, $\bar{x}$: zaman serisinin ortalama değ eri $x_i = 1, \dots, n$ 'e kadar zaman serisinin değ erleridir.

Varyans değ erinin büyük olması, değ erlerin ortalama etrafındaki yayılımın fazla olduğ unu gösterir. Standart sapma değ eri ise σ_x ile gösterilir. Standart sapma değ eri varyans değ erinin karek ok üdür. Standart sapma rastgele değ iş ken le aynı boyutta olmasından dolayı varyans yerine kullanılır. Ortalama değ erleri farklı olan rastgele iki değ iş kenin merkez değ er etrafında yayılımın hangisinde daha fazla olduğ u bulmak için değ iş im (varyasyon) katsayısı kullanılır.

$$C_v = \frac{\sigma_x}{\mu_x} \quad (3.3)$$

μ_x : Serinin ortalama değ eri

3.3.1.4 Çarpıklık parametresi

Rastgele bir değişkenin dağılımının aritmetik ortalama etrafındaki simetrisinin ölçüsü C_s çarpıklık katsayısı yardımıyla ölçülür (Yılmaz 2019).

$$C_s = \frac{\mu_x^3}{\sigma_x^3} \quad (3.4)$$

C_s değeri sıfır olduğunda yoğunluk fonksiyonu simetriktir, $C_s > 0$ ise sağa $C_s < 0$ ise sola eğimlidir. C_s katsayısının istatistik değeri;

$$C_s = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma_x^3} \quad (3.5)$$

3.3.1.5 Sivrilik parametresi

Bir değişkendeki dağılımın sivriliğini gösteren parametreye sivrilik parametresi adı verilir. Bu sivriliği gösteren katsayıya ise kurtuosis katsayısı denir. Bu katsayının artması dağılımın sivri olması anlamına gelmektedir. Dağılımın sivri olması verilerin çoğunluğunun aritmetik ortalama etrafında dar bir yere denk geldiğini gösterir. Kurtuosis katsayısı azaldıkça sivrilik azalır ve basıklık artar bu da verilerin daha geniş bir alana yayıldığı anlamına gelir. Kurtuosis katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır. (Bayazıt ve Yeğenoğuz 2013)

$$K_s = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\sigma_x^4} \quad (3.6)$$

3.3.2 Homojenlik testleri

Homojen olmayan verilerin analizle uğraşan her birey için büyük bir sorun kaynağı olduğu yıllardır bilinmektedir. Günümüzde verilerin homojen olup olmadığıyla ilgili birkaç test tanımlanmıştır. Homojenlik testleri verilerde ani bir değişimin olup olmadığını anlamamıza yardımcı olur. Eğer bir veri dizisinde ani bir değişim varsa bu değişimin birkaç sebebi olabilir. Bu sebeplerden birine istasyonun yerinin değiştirilmesi

örneğini verebiliriz. Başka bir sebep olarak da istasyon etrafında ki şehirleşmenin artmasını söyleyebiliriz. Eğer istasyonlarda bahsedilen durumlardan birisi yoksa yaşananları sıçramaları meteorolojik olaylara ilişkilendirebiliriz (Tosunoğlu 2014).

Homojenlik testlerini başlıca iki grupta inceleyebiliriz. Bunlar mutlak ve göreceli testlerdir. Göreceli testler bir istasyonun komşu istasyonlarla ilişkisini de incelerken mutlak testler istasyonun kendi verilerini inceler. Verilerin homojen olup olmadığını anlamak için geliştirilen birkaç teste, Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT), Pettitt Testi ve Buishand Testi'ni örnek verebiliriz. Bu testler literatürde lokasyon özellikli testler olarak da geçmektedirler.

3.3.2.1 Standart normal homojenlik testi (SNHT)

$Y_i (i = 1, \dots, n)$ gösterimi eldeki n yıllık zaman serisini belirtmek üzere, zaman dizisinin ilk “ k ” yılının aritmetik ortalaması ile son “ $n-k$ ” yılının aritmetik ortalamasının karşılaştırılması için “ $T(k)$ ” istatistiği aşağıdaki ifade ile elde edilir:

$$T(k) = k\bar{z}_1^2 + (n - k)\bar{z}_2^2 \quad k = 1, \dots, n \quad (3.7)$$

Yukarıda gösterilen $\bar{z}_1$ ve $\bar{z}_2$ aşağıdaki gösterimlerle elde edilir.

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})/s \quad \text{ve} \quad \bar{z}_2 = \frac{1}{n-k} \sum_{i=k+1}^n (Y_i - \bar{Y})/s \quad (3.8)$$

“ s ” notasyonu dizinin standart sapmasını, “ $\bar{Y}_i$ ” ise serinin ortalamasını belirtmektedir. Fakat zaman dizisinde K senesinde başlayan bir kırılma varsa (ortalamanın kayması şeklinde) $T(k)$ istatistiği K senesi civarında maksimum yapar. Nihai test istatistiği olan T_0 değeri $T(k)$ değerlerinden en büyük olanı seçilir. Bütün $\bar{Y}_i$ değerlerinin benzer bir dağılımdan geldiği şeklindeki sıfır hipotezi T_0 değerinin belirli bir limit değeri aşması halinde kabul edilmez ve zaman serisinin homojen olmadığı sonucu ortaya koyulur. Limit değeri örnek büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. SNHT kayıtların başlangıç ya da bitiş tarihlerine yakın yıllarda oluşan kırılmalara karşı hassastır (Kahya vd 2006).

3.3.2.2 Pettitt testi

Pettitt testi non-parametrik bir yaklaşım olup yıllık toplam yağış değerleri (Y_i) yerine bunlara karşılık gelen rankları (r_i) ile test istatistikleri hesaplanır. Test uygulanırken X_k istatistiği aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$X_k = \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k = 1, \dots, n \quad (3.9)$$

Eğer “E” yılı yakınlarında serinin aritmetik ortalamasında bir değişiklik oluşmuş ise X_k istatistiği $k=E$ yılı yakınlarında bir maksimum ya da bir minimumdan geçer. X_k değerlerinin mutlak değerlerinin minimum olanı şeklinde seçilen X_E değerinin örnek büyüklüğüne bağlı olarak bir kritik değeri geçmesi durumunda zaman dizisinde homojenliğin bozulduğu sonucuna ortaya koyulur. SNHT testi veri kayıt yıllarının başlangıç ve sonlarına hassa olmasına rağmen Pettitt testi ise kayıtların orta yıllarında meydana gelen kırılmalara karşı daha hassastır (Kahya vd. 2006).

3.3.2.3 Buishand testi

Çalışmada kullanılacak üç testten biri olan Buishand testinin istatistiği Q istatistiği aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$S_0^* = 0 \quad S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad k = 1, \dots, n \quad (3.10)$$

S_k^* terimi verilen dizinin kısmi toplamını göstermektedir. Eğer test edilen dizinin ortalamasında anlamlı bir değişiklik söz konusu değil ise Y_i ve $\bar{Y}$ arasındaki fark sıfır etrafında değişim gösterecektir. Ortalamadaki değişim aşağıdaki R katsayısının (rescaled adjusted range) hesap edilmesine dayanmaktadır.

$$R = (\max S_k^* - \min S_k^*)/s \quad 0 \leq k \leq n \quad (3.11)$$

Bu R katsayısı bulunduktan sonra Buishand test istatistik değeri $Q = R/\sqrt{n}$ formülüyle bulunur ve kritik tablo değeriyle kıyaslanır. Kıyaslanan değer test istatistiği

değeri tablo değerinden büyük bulunur ise teste tabii tutulan dizinin homojen olmadığı sonucuna elde edilir. Buishand testide SNHT testinden farklı olarak Pettitt testinde olduğu gibi kayıtların orta yıllarında meydana gelen kırılmalara karşı daha hassastır. Bu üç testin dışında the Von Neuman, Bayesian, Tukey, Link-Wallace, Dunnet, Barlett ve Harley hidro-meteorolojik zaman serilerinin homojenlik analizlerinde kullanılmaktadırlar (Deepesh and Madan 2012). Çalışma kapsamında bu homojenlik testleri Türkiye'deki yağış ve akım istasyonlarına ait verilerin homojen özellik taşıyıp taşımadıklarını tespit etmek için kullanılmıştır. Testler sonucunda yağış istasyonlarına ait veriler için SNHT testine göre 28, Pettitt testine göre 23, Buishand testine göre de 27 adet istasyondaki kayıtlar homojen değildir. Akım gözlem istasyonları için ise, her üç homojenlik testi içinde homojen olmayan verilere sahip olan istasyon sayısı 19'dur.

3.3.3 Otokorelasyon

Diğer bir adıyla ardışık bağımlılık olan otokorelasyon sırasıyla gelen hata değerleri arasında anlamlı bir ilişki bulunması anlamına gelmektedir. Regresyon analizinde istenmeyen bir durumu ortaya çıkarır. Değerlerin birbirini etkilemesi, diğer bir deyişle birim değerlerinin birbiriyle ilişkili olması durumu regresyon analizinde hata terimleri arasında sistematik bir ilişkiye yol açmaktadır. Hata dönemleri arasındaki dönem farkı otokorelasyonun derecesini belirtir. Senelik bir zaman dizisinde a dönemi hataları yalnızca $a - 1$ dönemi hataları ile anlamlı bir ilişki gösterdiği zaman birinci derece otokorelasyondan söz edebiliriz. Genellikle birinci dereceden otokorelasyonla karşılaşırız (Albayrak 2014).

$$Y_a = \beta_0 + \beta_1 X_a + \varepsilon_a \quad (3.12)$$

$$\varepsilon_a = \rho \varepsilon_{a-1} + v_a \quad \text{ve} \quad -1 < \rho < 1 \quad (3.13)$$

Hata terimleri arasındaki ilişkiyi gösteren ρ katsayısı birinci dereceden otokorelasyon olarak bilinmektedir. ρ katsayısının işareti artı ise pozitif otokorelasyon, eksi ise negatif otokorelasyon olarak tanımlanır.

3.3.4 Trend Testleri

İlgilenilen çevresel değişkenlerde mevcut olabilecek eğilimleri saptamak ve tahmin etmek için birçok farklı istatistiksel yaklaşım mevcuttur. Bunlar basit korelasyon ve regresyon analizlerinden, zaman serisi analizlerinden ve parametrik olmayan istatistiklere dayalı yöntemlerden oluşur. Hidrometeorolojik verilerde herhangi bir trend olup olmadığını anlamak için trend analizi yöntemlerini kullanırız. Bu çalışmada Mann-Kendall ve Sequential Mann-Kendall trend analizi yöntemleri kullanılacaktır.

3.3.4.1 Mann-Kendall trend testi

Parametrik olmayan MK testi (Mann, 1945; Kendall, 1975), klimatolojik, meteorolojik ve hidrolojik veri zaman serilerindeki monotonik eğilimlerin önemini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmıştır. Mann-Kendall Trend testi dünya çapında genel bir şekilde kullanıldığı için well-known trend testi olarak da bilinmektedir. Mann-Kendall trend testi aşağıdaki denklem (3.14) ve (3.15)'e göre hesaplanmaktadır. Başlangıçta $i = 1, 2, \dots, n - 1$ 'e kadar sıralanmalıdır sonrasında bu sıralanan verileri bizim x_i değerlerimiz olacaktır. Daha sonrasında $j = i + 1, \dots, n$ ' e kadar sıralanmış verilerimiz de x_j verilerimiz olacaktır.

$$sgn(x_i - x_j) = \begin{cases} 1; & \text{Eğer } x_j > x_i \\ 0; & \text{Eğer } x_j = x_i \\ -1; & \text{Eğer } x_j < x_i \end{cases} \quad (3.14)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(x_j - x_i) \quad (3.15)$$

Verilerin 10'dan büyük olduğunu ve normal dağılıma uyduklarını varsayarsak aşağıdaki gibi varyansını hesaplayabiliriz.

$$Var(S) = \frac{(n(n-1)(2n+5)) - \sum_{i=1}^p (t_i(t_i-1)(2t_i+5))}{18} \quad (3.16)$$

Denklem (3.16)' da n: serinin veri uzunluğu olup 'k' değeri ise serinin birbirlerine bağlı olan gruplarının sayısı, t_i değeri ise kontrol edilen alt kümelerdeki sayısal değeri birbirine eşit olan eleman sayısıdır. Denklem (3.14)' de MK test istatistiğinin değerine göre 'z' değeri hesaplanır. 'Z' değeri hesaplandıktan sonra belirli bir anlam seviyesinde normal dağılım tablosundan okunan 'z' değeri ile karşılaştırılır.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & \text{Eğer } S > 0 \\ 0; & \text{Eğer } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (3.17)$$

Formül (3.17)'da hesaplanan z değerinin mutlak değeri standart normal dağılım tablosu ile karşılaştırılır. Eğer z değerinin mutlak değeri tablodaki z değerinden büyükse H_0 hipotezi reddedilir. Bu da zaman serisinde anlamlı bir trend olduğunu gösterir. Eğer z değerinin mutlak değeri tablodaki z değerinden küçükse anlamlı bir trend oluşmadığını söyleyebiliriz. Mann-Kendall test istatistik sonuçlarında bulduğumuz 'S' değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan bir trendin olduğu belirlenir (Yu et al. 1993).

3.3.4.2 Sequential Mann-Kendall testi

Sequential (Sıralı) Mann-Kendall testi belli dönemler için trendin azalan ya da artan eğiliminin olup olmadığını anlamak için sonuçları bize grafiksel bir şekilde sunan trend analizi yöntemidir. Yukarı ve aşağıya doğru uzanan eğrilerin birleşip ayrıldığı nokta havzadaki kırılmanın başlangıç noktasını gösterir (Yang and Tian 2009).

Mann-Kendall yöntemini uygulayan herhangi bir zaman periyodu sonunda trend tespitinin tüm seri için tam bir trend yapısı vermediği bilinmektedir. Testin her bir bireysel dönem için sırayla uygulanmasıyla tespit edilebilecek araştırma dönemi boyunca eğilimde dalgalanmalar olabilir (Sneyers 1990). Negatif veya pozitif eğilimin her zaman anlamlı olmadığını, ancak sıralı Mann-Kendall grafikleri kullanılarak tespit edilebileceğini inceledi (Makokha ve Shisanya 2010).

Veriler sıralı Mann– Kendall testini hesaplamak için kullanılır. Serideki değerler $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, bu değerler $y_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ elde edilenler ile $y_j (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ kıyaslandığında $y_i > y_j$ olduğu her durumda t_i değeri aşağıdaki gibi hesaplanır (Rahman et al. 2017).

$$t_i = \sum_{j=1}^i n_j \quad (3.18)$$

Test istatistiğinin dağılımı, t_i ile verilen bir ortalamaya sahiptir:

$$E(t_i) = \frac{i(i-1)}{4} \quad (3.19)$$

Varyansı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$VAR(t_i) = \frac{i(i-1)(2i+5)}{72} \quad (3.20)$$

$u(t_i)$ istatistiğinin ileri sıralı değerleri daha sonra aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır.

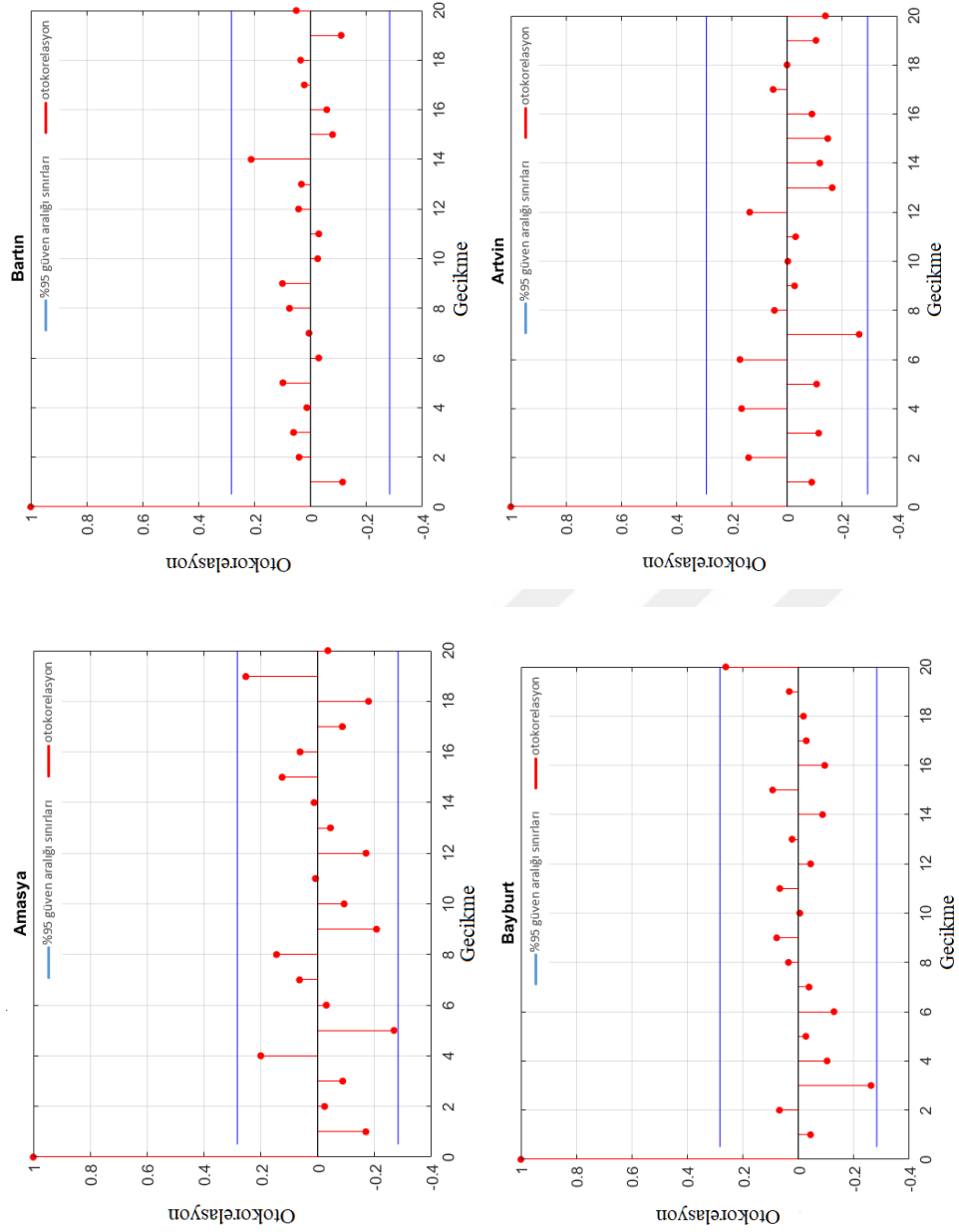
$$u(t_i) = \frac{[t_i - E(t_i)]}{\sqrt{VAR(t_i)}} \quad (3.21)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

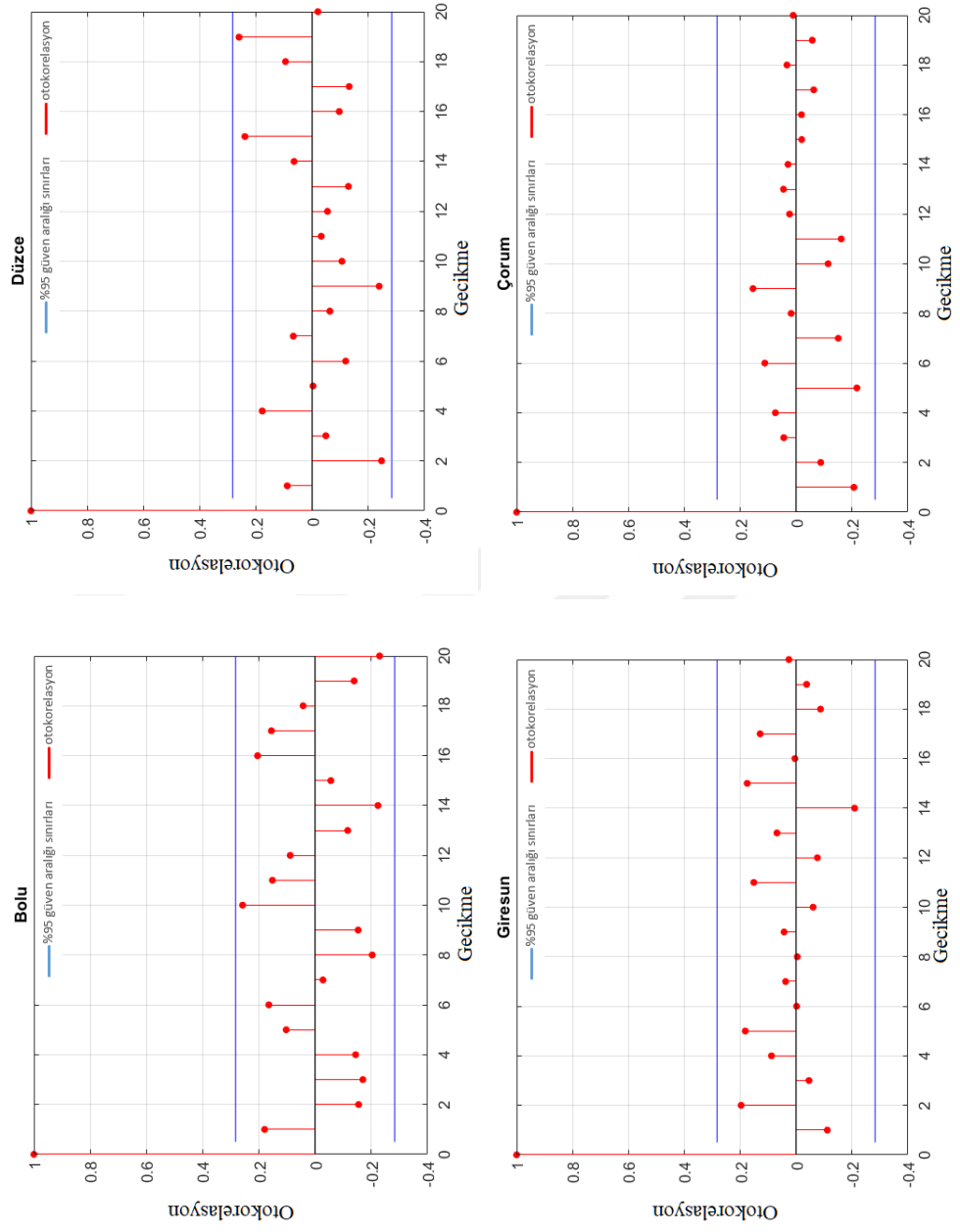
Bu bölümde Karadeniz Bölgesinde bulunan 17 ilimizin (Amasya, Artvin, Bartın, Bayburt, Bolu, Çorum, Düzce, Giresun, Gümüşhane, Kastamonu, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Tokat, Trabzon, Zonguldak) önce otokorelasyon incelemesi yapıldı. Otokorelasyon incelemesi yapıldıktan sonra homojenlik testlerine tabi tutularak homojen olup olmadıklarına bakılmıştır. Daha sonrasında Mann-Kendall ve Sequential Mann-Kendall trend analizi testleri uygulanmıştır. Testlerin ve uygulamaların işlenişleri aşağıda detaylıca verilmiştir.

4.1 Verilerin Otokorelasyon İncelemeleri

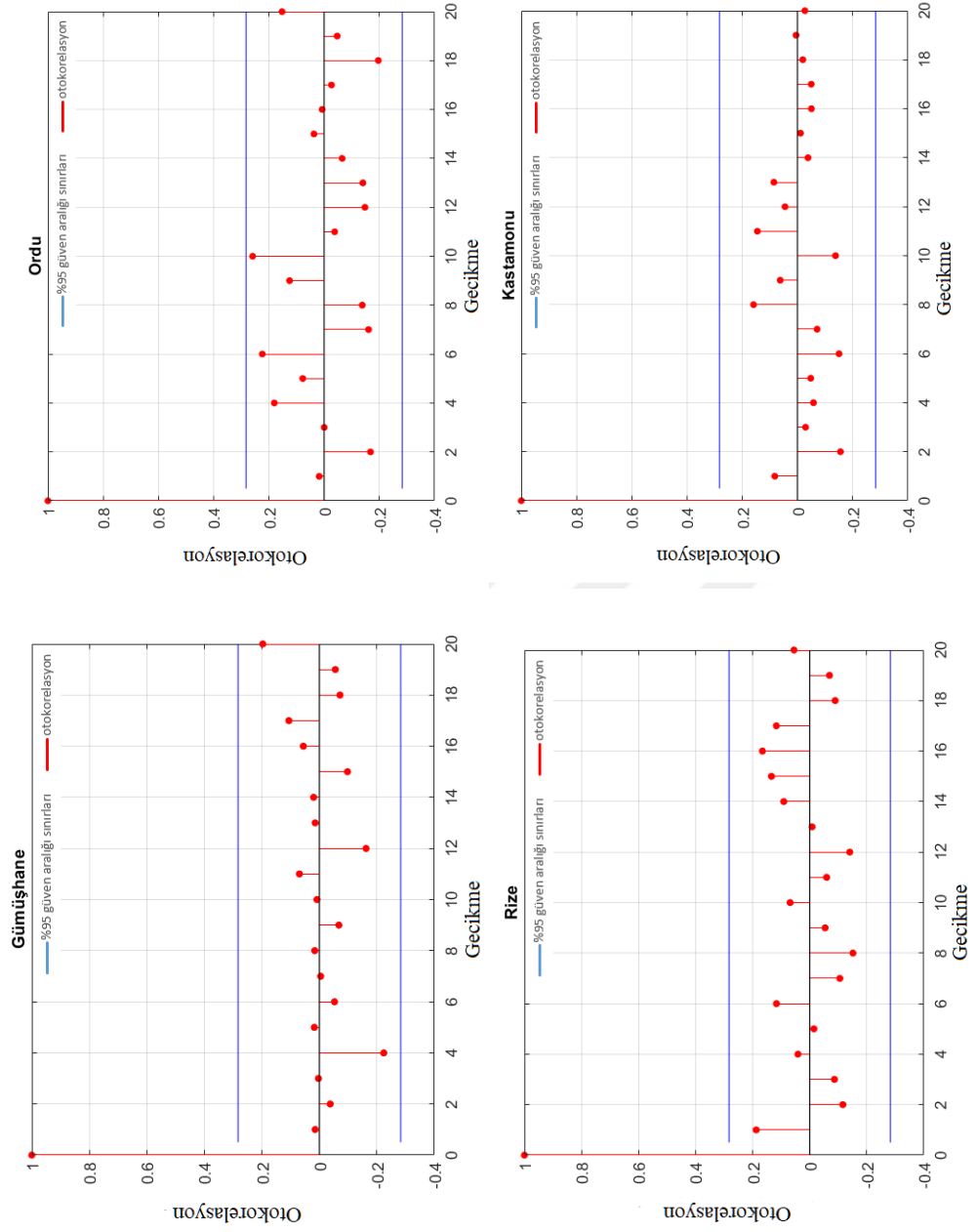
Türkiye Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan 17 ilimizin yıllık maksimum yağışlarının otokorelasyon analizleri %95 güven aralığında yapılmıştır. Her bir istasyona ait otokorelasyon grafikleri Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Grafiklere detaylı bakıldığında hesaplanan otokorelasyon değerleri %95 güven sınırları içerisinde olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak maksimum yağış verilerinde bir içsel bağımlılığın olmadığı tespit edilmiştir. İçsel bağımlı olmayan verilerin Mann-Kendall ve Sequential Mann-Kendall trend analizlerine başlanılmıştır.



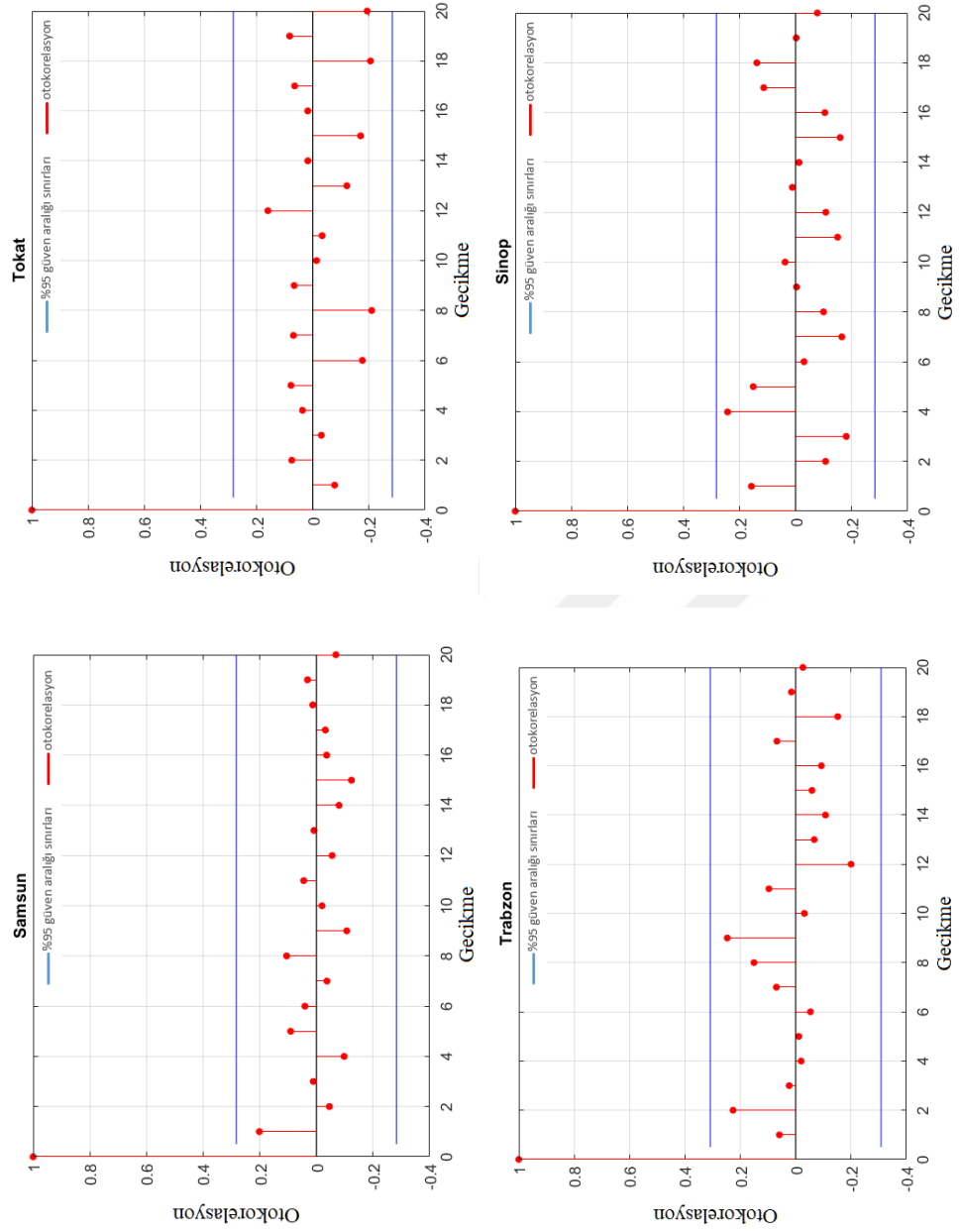
Şekil 4.1 Otokorelasyon grafikleri



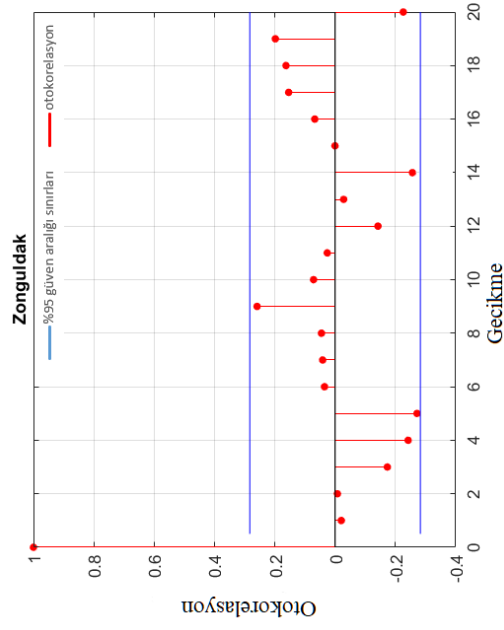
Şekil 4.2 Otokorelasyon grafikleri



Şekil 4.3 Otokorelasyon grafikleri



Şekil 4.4 Otokorelasyon grafikleri



Şekil 4.5 Otokorelasyon grafikleri

4.2 Verilerin Homojenlik Test Sonuçları

Elimizde bulunan 17 ilimizin verilerine homojenlik testleri uygulanmıştır. Homojenlik testi olarak Pettitt, Buishand ve Standart Normal Homojenlik Testi uygulanmıştır. Verilerimize testler uygulanırken %95 güven aralığında çalışılmıştır. Verilerin yıllık bazda homojenlik test sonuçları çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Verilerin homojenlik test sonuçları

İstasyon No	İstasyon adı	İstatistik sonuçları (Kırılma yılı)			n (veri sayısı)
		Pettitt Test ($X_e = \max X_k $)	SNHT ($T_0 = \max T(k)$)	Buishand's Test Q	
17037	Trabzon	226 (1979)	7,9504 (1979)	1,5701 (1979)	42
17045	Artvin	134 (2000)	10,769 (1966)	0,75702 (2000)	47
17089	Bayburt	136 (1987)	1,916 (1969)	0,89188 (1987)	50
17040	Rize	173 (2004)	10,158 (1972)	1,0689 (1972)	50
17088	Gümüşhane	153 (1978)	4,0436 (1967)	1,2743 (1978)	50
17034	Giresun	278 (1994)	6,5775 (1978)	1,2682 (1978)	50
17085	Amasya	125 (1988)	1,5351 (1988)	0,86212 (2001)	50
17020	Bartın	250 (1992)	7,6888 (1973)	1,171 (1991)	50
17070	Bolu	162 (1987)	4,6721 (1985)	1,2902 (1985)	50
17084	Çorum	93 (1990)	1,5647 (2014)	0,83723 (1990)	50
17072	Düzce	126 (2004)	4,0755 (1967)	0,69427 (2004)	50
17074	Kastamonu	171 (1984)	4,5754 (1973)	0,90272 (1983)	50
17033	Ordu	144 (1981)	6,3204 (2006)	1,4302 (2006)	50
17030	Samsun	122 (2012)	1,5199 (2014)	1,4791 (2013)	50
17026	Sinop	314 (1981)	5,4898 (1999)	1,1247 (1999)	50
17086	Tokat	148 (2008)	3,3907 (1972)	1,3297 (1977)	50
17022	Zonguldak	74 (2012)	1,856 (2012)	0,85504 (1997)	50

*0.05 önem seviyesinde Pettitt, SNHT ve Buishand testleri için kritik değerler; sırasıyla 235, 8,45 ve 1,55’dir (n=50).

*0.05 önem seviyesinde Pettitt, SNHT ve Buishand testleri için kritik değerler; sırasıyla 180,6, 8,17 ve 1,534’dir (n=42).

*0.05 önem seviyesinde Pettitt, SNHT ve Buishand testleri için kritik değerler; sırasıyla 214,6, 8,345 ve 1,544’dir (n=47). (Buishand 1992; Wijngaard et al. 2003)

Kalın yazılmış sayılar, değerin %95 güven aralığını aştığını göstermektedir.

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere %95 güven aralığında **Trabzon** istasyonundan alınmış olan veriler **Pettitt** ve **Buishand** testine göre homojen değildir. **Artvin** istasyonuna bakacak olursa istasyonun verileri **Standart Normal Homojenlik Testine** göre homojen değildir. **Rize** istasyonundan alınmış olan veriler **Standart Normal Homojenlik Testine** göre homojen değildir. **Giresun, Bartın ve Sinop** istasyonundan alınmış olan veriler **Pettitt** testine göre homojen değildir. Üç farklı homojenlik testi uyguladığımız veri setlerinin çizelge 4.1’deki sonuçlarına bakıldığında zaman geri kalan veri setlerimizin homojen olduğu gözlemlenmektedir. Daha sonra homojen olmayan istasyonlara ait verileri detaylıca incelenmiştir. İnceleme sonucunda veri setlerinin homojenliğini bozan unsurların iklimsel unsurlar olduğu belirlendiği için verilerin homojen olduğu kabul edilmiştir. Bir başka ifade ile bu verilerdeki anlık değişimlerin insan veya cihaz kaynaklı unsurlardan meydana gelmediği sonucuna varılmıştır.

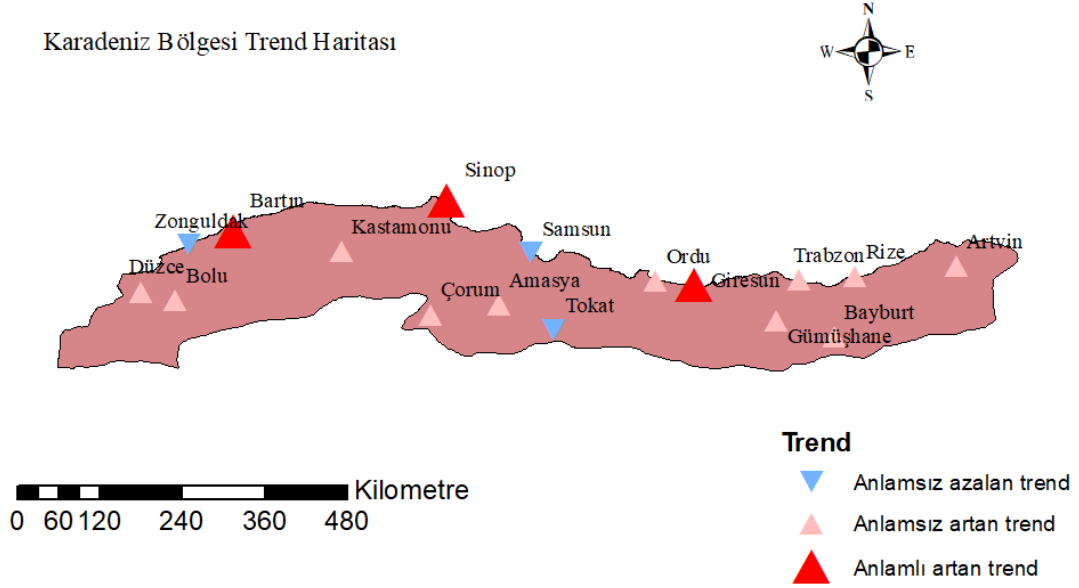
4.3 Verilerin Mann-Kendall Test Sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde verilerimize Mann-Kendall trend testleri uygulanmıştır. Çıkan sonuçlar aşağıda çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Sonuçlara bakacak olursak Giresun, Bartın ve Sinop ilinde %95 güven seviyesinde istatistiki açıdan artan yönde bir trend bulunmaktadır. Diğer 14 ilimizde Mann-Kendall trend analizi testine göre istatistiki açıdan anlamlı bir trend elde edilmemiştir. Bu analizlere ek olarak, genel itibariyle Karadeniz Bölgesi maksimum yağışlarında artan trendler bulunmaktadır.

Çizelge 4.2 Verilerin Mann-Kendall test sonuçları

İstasyon No	İstasyon adı	Z değeri	trend	$Z_{0.025}$
17037	Trabzon	1.5172	-	1.96
17045	Artvin	0.8987	-	1.96
17089	Bayburt	0.5855	-	1.96
17040	Rize	1.162	-	1.96
17088	Gümüşhane	0.4517	-	1.96
17034	Giresun	2.1163	↑	1.96
17085	Amasya	0.4935	-	1.96
17020	Bartın	2.3087	↑	1.96
17070	Bolu	0.6859	-	1.96
17084	Çorum	0.1924	-	1.96
17072	Düzce	1.1042	-	1.96
17074	Kastamonu	1.079	-	1.96
17033	Ordu	0.4433	-	1.96
17030	Samsun	-0.0084	-	1.96
17026	Sinop	2.6684	↑	1.96
17086	Tokat	-0.2509	-	1.96
17022	Zonguldak	-0.1422	-	1.96

Karadeniz Bölgesi Trend Haritası



Şekil 4.6 Trend görülen istasyonların harita üzerinde gösterilmesi

4.4 Verilerin Sequential Mann-Kendall Test Sonuçları

Veri setlerimize geçmiş e yönelik oluşmuş olan trendin hangi yılda başladığını görmemiz için sequential Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır. Bu test sayesinde trendlerin anlamlı olarak artan veya azalan olduğu görülmektedir. Elimizde bulunan verilere ardışık aşamalı seri $u(t)$ ve retrograd aşamalı seri $u'(t)$ hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler aşağıda verilecek olan grafiklerde gösterilmiştir. Şekildeki siyah çizgiler %5 anlamlılık düzeyinde güven aralıklarını göstermektedir. 17 adet istasyonun SMK trend analizlerinin grafikleri aşağıda gösterilmiştir.

SMK grafiklerine bakıldığında **Amasya** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 1978 yılında kesiştiğini söyleyebiliriz. Serilere bakacak olursa artış eğilimini görmekteyiz. Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görülmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Artvin** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 1971 yılında kesiştiğini söyleyebiliriz. Seriler birçok kez birleşmesine rağmen pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görülmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Bartın** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 2008 yılında kesiştiğini söyleyebiliriz. Verilerimizde Pozitif anlamda trend **görölmüştür**. İstasyonda bu artışın veri setlerimizin son yıllarına doğru anlam kazandığını söyleyebiliriz.

SMK grafiklerine bakıldığında **Bayburt** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 1968 yılında kesiştiğini söyleyebiliriz. Seriler 1995 yılından birbirinden ayrılmasına rağmen pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görölmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Düzce** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 1967 yılında kesiştiğini söyleyebiliriz. Seriler %95 güven aralığına çok yakın bir seviyede ilerlemektedir. Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görölmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Çorum** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 1966 yılında kesiştiğini söyleyebiliriz. 1985 yılın civarında artış eğilimi gösteren SMK grafiğine bakacak olursak Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görölmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Bolu** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 1966 yılında kesiştiğini söyleyebiliriz. Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görölmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Giresun** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 1990 yıllarının sonunda kesiştiğini söyleyebiliriz. Bu yıldan itibaren yıllık maksimum akımlar için trend oluşumu başlamış olup 2008 yılında istatistiki açıdan pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görölmüştür**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Ordu** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak veri setimizin son yıllarında kesiştiğini söyleyebiliriz. Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görölmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Kastamonu** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak veri setimizin ilk yıllarında kesiştiğini söyleyebiliriz. Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görülmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Gümüşhane** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak veri setimizin ilk yıllarında kesiştiğini söyleyebiliriz. Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görülmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Rize** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak veri setimizin ilk yıllarında kesiştiğini söyleyebiliriz. Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görülmemiştir**.

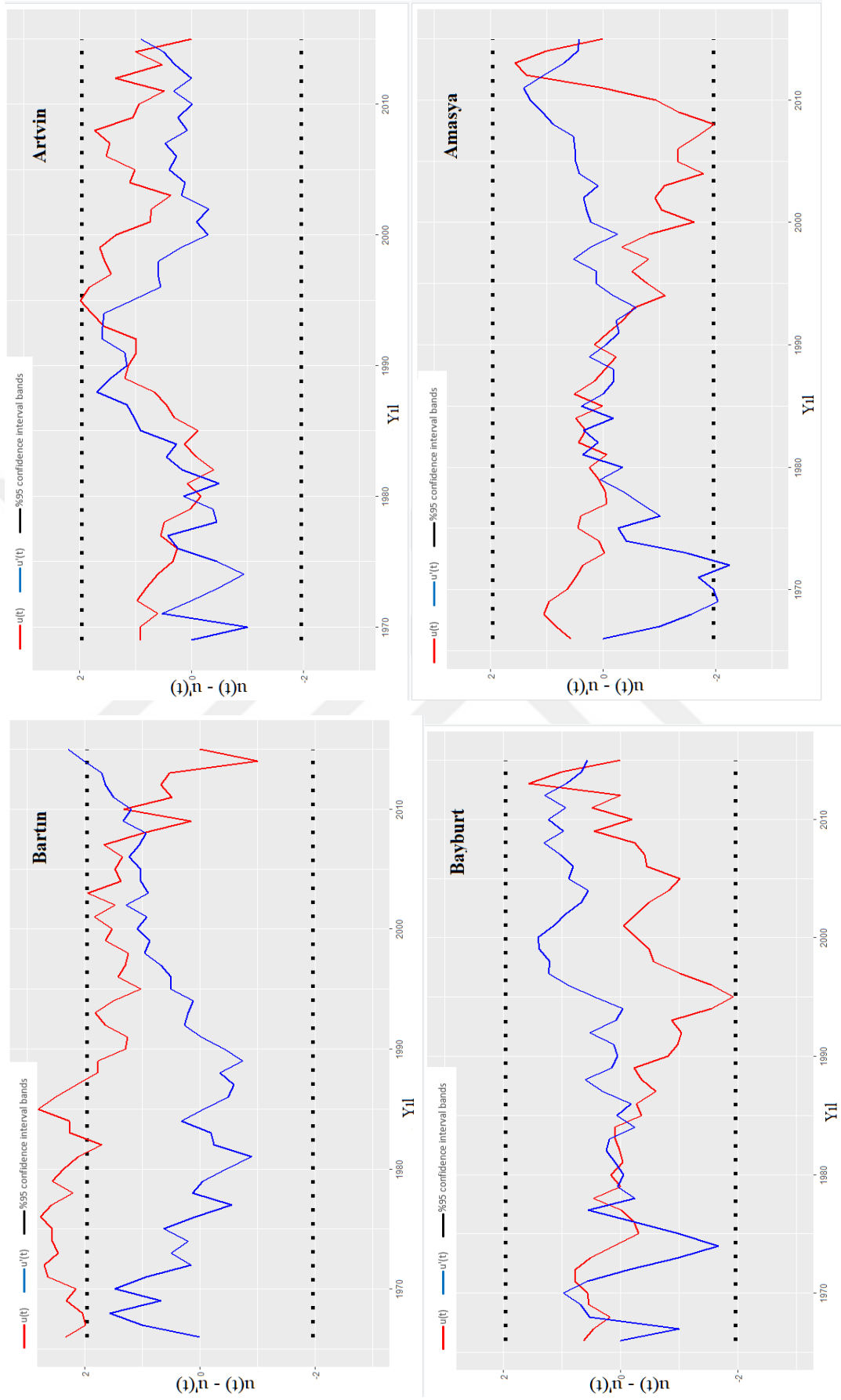
SMK grafiklerine bakıldığında **Tokat** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak veri setimizin ilk yıllarında kesiştiğini söyleyebiliriz. Negatif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir azalış **görülmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Sinop** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 2001 yılında kesiştiğini söyleyebiliriz. Bu yıldan itibaren yıllık maksimum akımlar için trend oluşumu başlamış olup 2009 yılında istatistiki açıdan pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görölmüştür**.

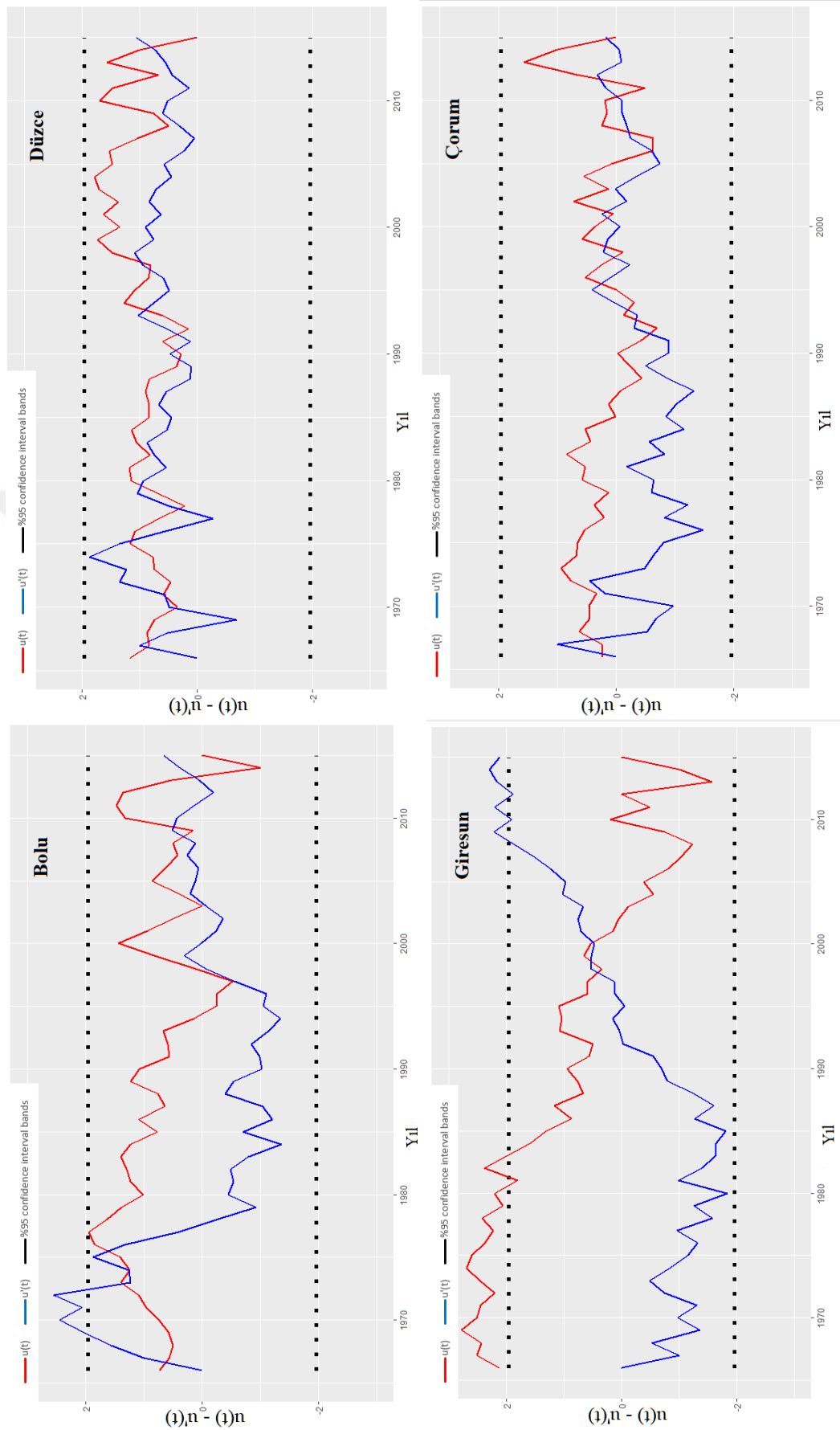
SMK grafiklerine bakıldığında **Samsun** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak veri setimizin ilk yıllarında kesiştiğini söyleyebiliriz. Negatif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir azalış **görülmemiştir**.

SMK grafiklerine bakıldığında **Trabzon** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak 1990 yılında kesiştiğini söyleyebiliriz. Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış var gibi görünmesin rağmen istatistiki açıdan trend **görülmemiştir**.

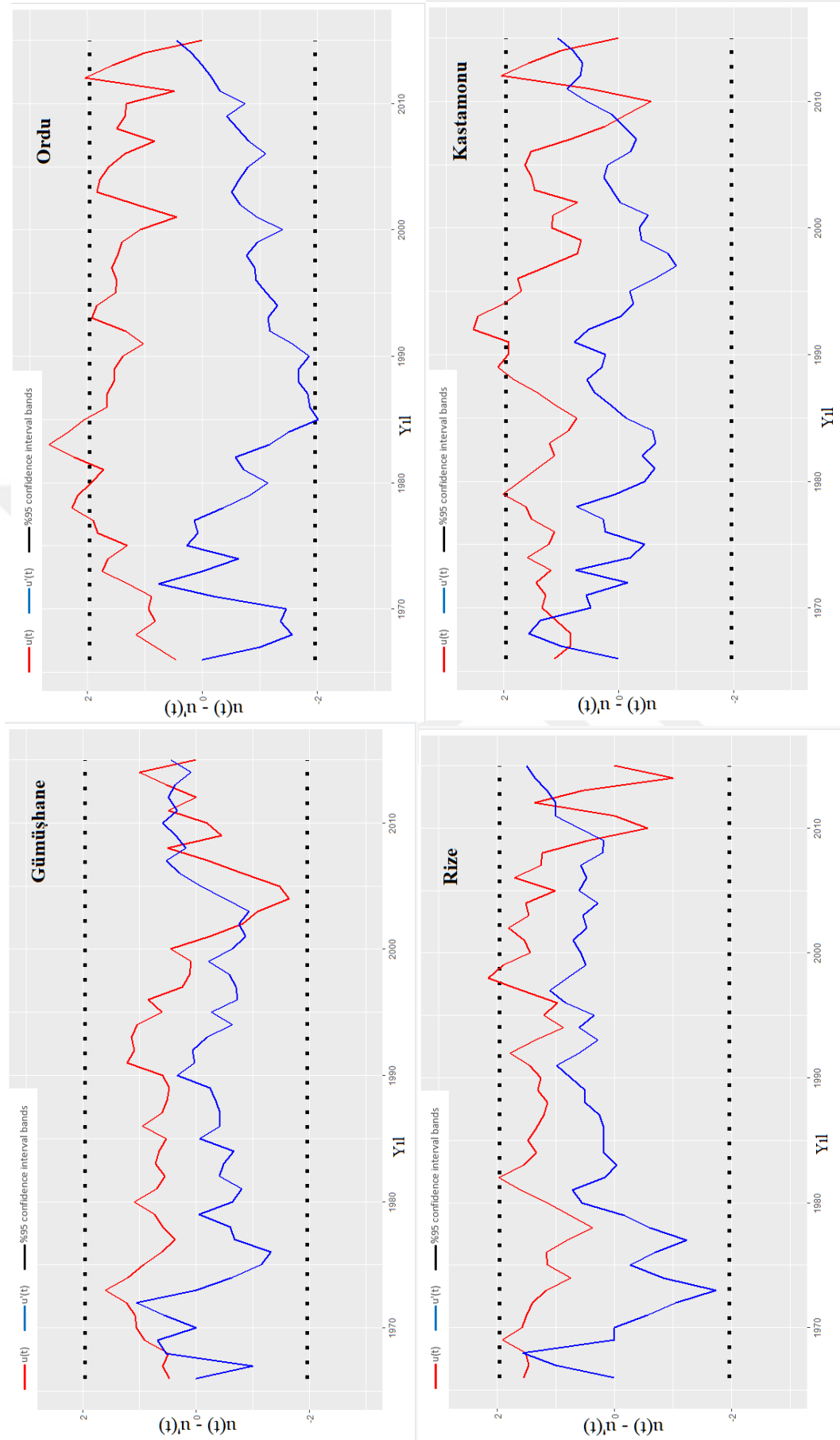
SMK grafiklerine bakıldığında **Zonguldak** istasyonunda prograde ve retrograde seri çizgilerinin ilk olarak veri setimizin ilk yıllarında kesiştiğini söyleyebiliriz. Pozitif anlamda trend görülen istasyonda anlamlı bir artış **görülmemiştir**.



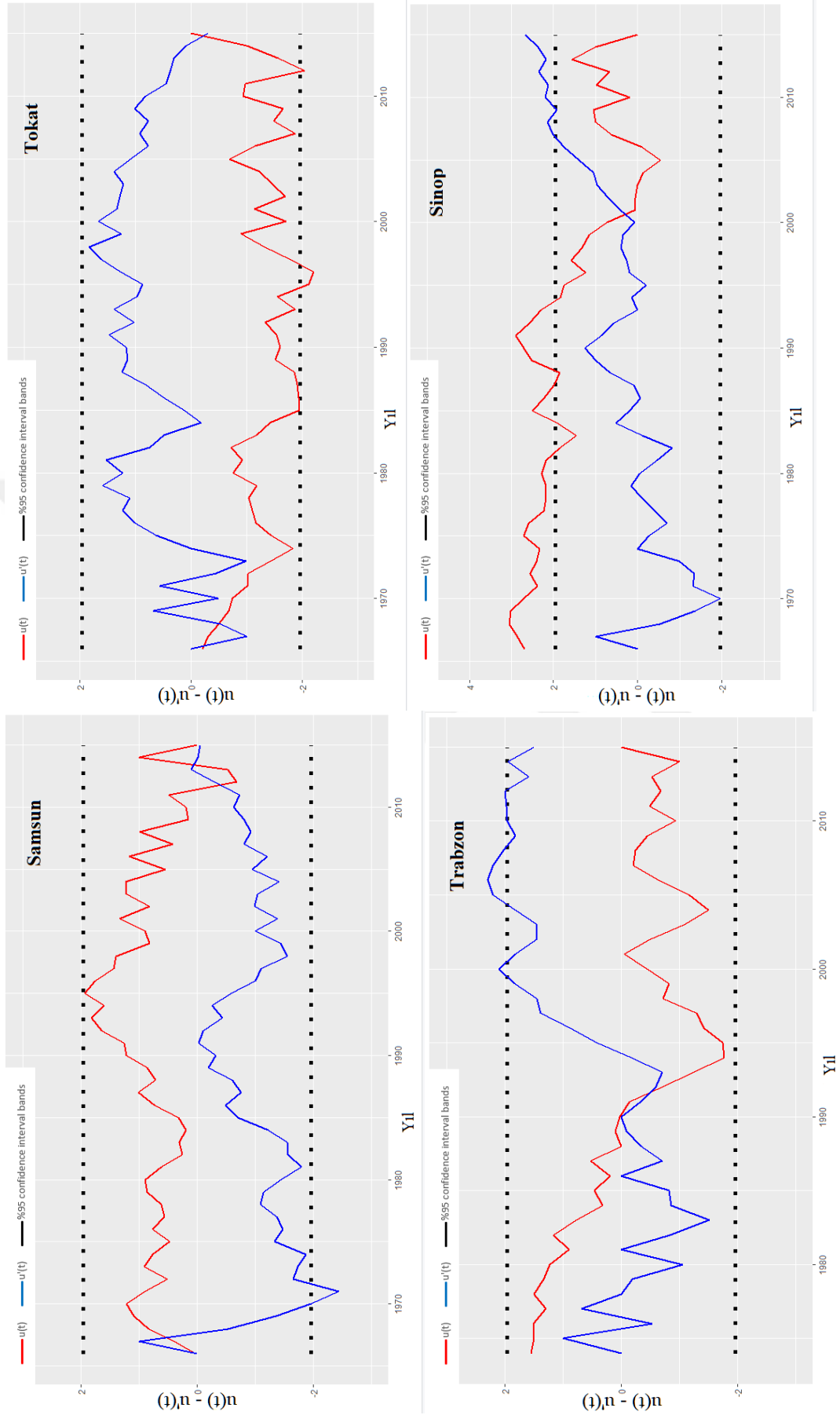
Şekil 4.7 SMK grafiklerinin gösterimi



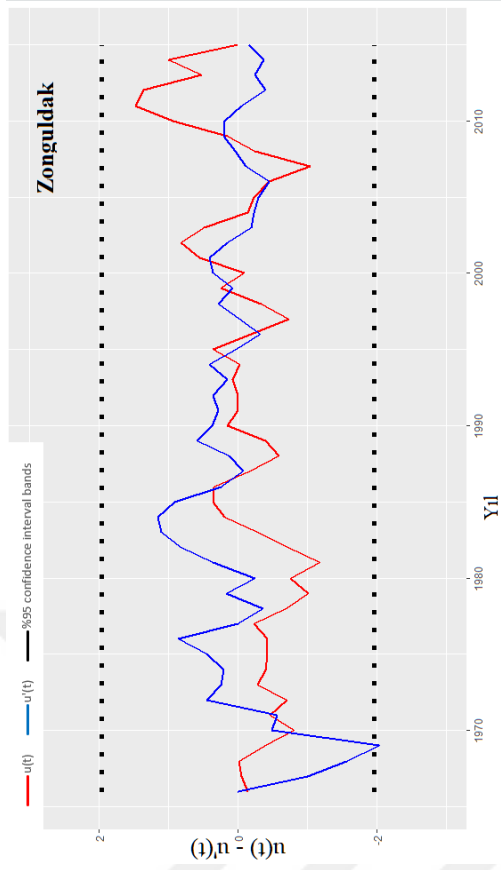
Şekil 4.8 SMK grafiklerinin gösterimi



Şekil 4.9 SMK grafiklerinin gösterimi



Şekil 4.10 SMK grafiklerinin gösterimi



Şekil 4.11 SMK grafiklerinin gösterimi

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Trend analizi yöntemleri bir verinin arttığını, azaldığını ve bu değişimlerin ne kadar anlamlı olduğunu bize gösteren yöntemlerdir. Bu yöntemler hayatımızın bir sürü alanında kullanılmaktadır. Hidro-meteorolojik verilerin analizi için kullanılan trend analizi yöntemleri bize iklim değişikliği hakkında önemli bilgiler ve izlenebilecek yollar sunmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan Mann-Kendall trend analizi yöntemi ve Sequential Mann-Kendall trend analizi yöntemleri literatürde en yaygın olarak kullanılan trend analizi yöntemlerinin başında gelmektedir.

Trend analizlerinin sonucunda Karadeniz bölgesi yıllık maksimum günlük yağış verilerinde istatistiki açıdan anlamlı artışlar belirlenmiştir. Anlamlı artış belirlenen istasyonlar, Bartın, Giresun ve Sinop istasyonlarıdır. Anlamlı trendlerin özellikle kıyı bölgelerinde olması göze çarpmaktadır. Samsun, Tokat ve Zonguldak istasyonlarında negatif yönde bir trend görülmüştür fakat bu trend istatistik olarak anlamlı düzeye ulaşmamıştır. Diğer istasyonlarımızda artan bir eğilim olmakla beraber istatistiki açıdan anlamlı seviyelere ulaşan değerler görülmemiştir. Sequential Mann-Kendall sonuçlarına göre ise istatistiki açıdan anlamlı trend olan istasyonların trend başlangıç yıllarının 2001 (Sinop ve Giresun) ve 2008 (Bartın) olduğu sonucuna varılmıştır. Sel felaketi günümüze kadar ülkemizde çok büyük can ve mal kayıplarına yol açmıştır. Sel felaketi yağış ve akışlardan meydana gelmektedir. Kısa süreli şiddetli yağışların belli bir boyuta ulaşması sel ve heyelan afetlerini çok hızlı tetiklediği bilinmektedir. Araştırmada görüldüğü üzere Karadeniz bölgesi günlük maksimum yağışlarında pozitif yönde artışların olduğu ve son yıllarda bu artışların daha da belirgin hale gelerek istatistiki açıdan anlamlı seviyelere ulaştığı gözlenmektedir. Bu nedenle başta Karadeniz bölgesi olmak üzere Türkiye'nin taşkın riski taşıyan bölgelerinde kısa süreli yağışların analiz edilmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda yapılacak araştırmaların bölgelerdeki karar vericilerin taşkın risklerini ve etkilerini azaltmaya yönelik alacağı önlemlere yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akyürek, M. 2003. Türkiye yıllık ortalama akımların trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 105, İstanbul.
- Albayrak, A. S. 2014. Otokorelasyon durumunda en küçük kareler tekniğinin alternatifi otoregresyon teknikleri ve bir uygulama. The Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences, 19(1), 1-20.
- Anonim, 2022. Web Sitesi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Karadeniz_B%C3%B6lgesi, Erişim Tarihi: 27.04.2022.
- Anonim, 2022. Web Sitesi: https://www.dzkk.tsk.tr/pages/denizwiki/konular.php?icerik_id=136&dil=0&wiki=1&catid=1, Erişim Tarihi: 26.04.2022.
- Beyazıt, M. ve Yeğenoğuz, B. 2013. Mühendisler için istatistik. Birsen yayınevi, 197, İstanbul.
- Buishand, A. T. 1992. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. Journal of Hydrology, 58(1), 11-27.
- Büyükkaracıoğlu, N. ve Kahya, E. 2009. Konya havzası akarsuları yıllık pik akım serilerinin taşkın frekans analizi. Teknik- Online Dergi, 8(3), 246-261.
- Çoban, E. 2013. İklim değişikliğinin Türkiye genelindeki yağış eğilimlerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 92, Isparta.
- Deepesh, M. ve Madan Kumar, J. 2012. Hydrologic Time Series Analysis; Theory and Practice. Springer Science & Business Media, 298, Hindistan.
- Doğan, S. 2011. Küresel iklim değişikliği ile mücadele: Genel yaklaşımlar ve uluslararası çabalar. Sosyoloji Konferansları, 0(44), 157-194.
- Doğangün, Ç. 2012. Ege Bölgesi DSİ yağış istasyonlarında ölçülen yıllık toplam yağışların trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 89, İzmir.
- Emek, M. F. 2014. Doğu Anadolu Bölgesinde yıllık ve aylık toplam yağışların trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 111, Erzurum.
- Gürgen, G. 2004. Doğu Karadeniz Bölümü'nde maksimum yağışlar ve taşkınlar açısından önemi. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24(2), 79-92.

- Güven, L. 2019. Yukarı Fırat Havzasındaki hidrometeorolojik verilerin trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 189, Erzurum.
- Kahya, E., Cıgızoğlu, K., Dorum, A., Karabök, Ç. M., Kömüşcü, Ü. A., Cengiz, M. T., Martı, İ. A. ve Tarhan, M. 2006. Web Sitesi: <https://app.trdizin.gov.tr/proje/TmpRMU5EUT0/el-nino-ve-la-nina-olaylarinin-etkileri-ile-turkiye-deki-yagis-zaman-serilerinin-karakteristik-ozelliklerindeki-ve-dagilimlarindaki-degiskenliklerin-analizi>.
- Kosif, K. 1999. Yeşilirmak Havzası iklim parametrelerinin trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 125, Ankara.
- Kuzay, M. 2019. Türkiye’de 1901-2015 yılları arasında standart yağış indeksine göre trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 64, Eskişehir.
- Makokha, S. 2010. Trends in mean annual minimum and maximum near surface temperature in Nairobi city. *Advances in Meteorology*, 1687-9309, doi:10.1155/2010/676041.
- Nacaroğlu, S. 2021. Trend analysis of temperature and precipitation values in Kızılırmak basin. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 137, Gaziantep.
- Nemli, M. Ö. 2017. Doğu Karadeniz Bölgesinde yıllık maksimum yağışların trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 106, Trabzon.
- Özdel, M. M. 2020 Diyarbakır Havzasında sıcaklık ve yağış parametrelerinin trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, 304, Nevşehir.
- Özener, A. Y. 2019. Çoruh Havzası’nda akış ve meteorolojik parametrelerin trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 361, Rize.
- Özfidaner, M. 2007. Türkiye yağış verilerinin trend analizi ve nehir akımları üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, 82, Adana.
- Öztürk, K. 2002. Küresel iklim değişikliği ve Türkiye’ye olası etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(1), 47-65.
- Partal, T. 2003. Türkiye yağış verilerinin trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 101, İstanbul.
- Rahman, M. A., Yunsheng, L. ve Sultana, N. 2017. Analysis and prediction of rainfall trends over Bangladesh using Mann–Kendall, Spearman’s rho tests and ARIMA model. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 129(1), 409–424.

- Sneyers, R. 1990. On the statistical analysis of series of observations. World Meteorology Organ Tech Note, 143-192.
- Soliman, M. M. M. 2020. Trend analysis of temperature and precipitation in the northern part of Libya. Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, 490, Karabük.
- Şen, C. 2013. Isparta ilinde sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, 164, Isparta.
- Tokgöz, S. 2020. Karadeniz Bölgesinde Yağış ve Sıcaklık verilerinin yenilikçi şen yöntemi ile trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 133, Samsun.
- Tokgöz, S. 2020. Karadeniz Bölgesindeki yağış ve sıcaklık verilerinin yenilikçi şen yöntemi ile trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 133, Samsun.
- Tosunoğlu, F. 2014. Türkiye’deki meteorolojik ve hidrolojik kuraklıkların atmosferik salınımlarla ilişkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 180, Erzurum.
- Wijngaard, B. J., Klein, T. G. M. A. ve Konnen, P. G. 2003. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. International Journal of Climatology 23(1), 679-692.
- Yılmaz, A. 2018. Batı Karadeniz Bölümünde sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, 361, Karabük.
- Yılmaz, M. 2019. Türkiye akarsu havzalarındaki yıllık anlık maksimum akımların trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 91, Erzurum.
- Yu, Y., Zou, S. ve Whittemore, D. 1993. Non parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. Journal of Hydrology, 150(1), 61-80.