



**TÜRKİYE AKARSU HAVZALARINDAKİ  
YILLIK ORTALAMA AKIMLARIN  
TREND ANALİZİ**

**Muhammet ELMALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**İnşaat Mühendisliği**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih TOSUNOĞLU**

**2019**

**Her hakkı saklıdır.**



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TÜRKİYE AKARSU HAVZALARINDAKİ YILLIK ORTALAMA AKIMLARIN  
TREND ANALİZİ**

**Muhammet ELMALI**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Fatih TOSUNOĞLU**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği**

**Erzurum**

**2019**

**Her hakkı saklıdır**

**T.C.**  
**ERZURUM TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TEZ ONAY FORMU**

---

**TÜRKİYE AKARSU HAVZALARI YILLIK ORTALAMA AKIMLARIN**  
**TREND ANALİZİ TEZİ**

Dr. Öğr. Üyesi Fatih TOSUNOĞLU danışmanlığında, Muhammet ELMALI tarafından hazırlanan bu çalışma 10 / 05 / 2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **Oy birliği** ile kabul edilmiştir.


Başkan : Dr.Öğr.Üyesi Serkan ŞENOCAK

İmza :



Üye : Dr.Öğr.Üyesi Fatih TOSUNOĞLU

İmza :



Üye : Dr.Öğr.Üyesi Ali Ersin DİNÇER

İmza :



Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

**Doç.Dr.Arzu GÖRMEZ**

**Enstitü Müdürü**

## **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.

10 / 05 / 2019



**Muhammet ELMALI**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### TÜRKİYE AKARSU HAVZALARI YILLIK ORTALAMA AKIMLARIN TREND ANALİZİ TEZİ

Muhammet ELMALI

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih TOSUNOĞLU

Küresel ısınma nedeniyle, sıcaklık, yağış gibi hidrolojik parametrelerde istatistiki açıdan anlamlı değişikliklerin olup olmadığını araştırmak, gerekli tedbirleri önceden alabilmek için zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmada, Türkiye'deki 26 akarsu havzasında bulunan 96 akım gözlem istasyonuna ait yıllık ortalama akımların trend varlığı araştırılmıştır. 96 akım gözlem istasyonuna ait 1970-2011 yılları arası yıllık ortalama akım verilerinin ilk olarak Standart Normal Homojenlik, Buishand, ve Pettitt testleri ile homojenlik analizleri yapılmış, analiz sonucu homojen olmayan 11 istasyon çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Geriye kalan 85 istasyonun yıllık ortalama akım verileri, parametrik olmayan Mann-Kendall testi uygulanarak trend varlığı analiz yapılmış, Sen'in eğim metodu kullanılarak trendlerin eğimi bulunmuştur. Yeni bir yöntem olan, Şen yöntemi ile de, düşük, orta, yüksek akımların trend durumu incelenmiş ve her iki testin sonuçları detaylı analiz edilmiştir. Mann-Kendall testi ile yapılan trend analizi sonuçları göre; 3 istasyonda artan yönde trend varken, 26 istasyonda ise azalan yönde trend vardır. 56 istasyonda ise istatistiki açıdan anlamlı bir değişiklik yoktur. Şen yöntemi ile Mann-Kendall testi sonuçları çoğu istasyonda benzer sonuçlar vermiştir.

**2019, 94 Sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Trend analizi, Mann Kendall test, Sen'in eğim metodu, Şen trend yöntemi

## **ABSTRACT**

MS. Thesis

### **TREND ANALYSIS OF ANNUAL MEAN FLOWS IN TURKEY RIVER BASINS**

Muhammet ELMALI

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

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Fatih TOSUNOĞLU

Due to global warming, investigating whether there is a statistically significant change in hydrological parameters such as temperature and precipitation, it has become a necessity to take for the necessary measures in advance. In this study, the presence of trends in annual mean flow of 96 stream gaging station located on 26 river basins in Turkey was investigated. Firstly, the homogeneity of annual mean flow records was analyzed by Standard Normal Homogeneity, Buishand, and Pettitt tests. 11 stations, which were found to be inhomogeneous, were excluded from the study. Then, the Mann-Kendall trend test was applied to the streamflow data of the remaining 85 stations. The Sen method was also used to determine magnitude of the trend. In addition to these tests, Şen trend test, which is recently developed, was employed to evaluate trends in three clusters (low, medium and high). According to the Mann-Kendall test results, there is an increasing trends for the streamflow data of 3 stations, while the data of 26 stations have a decreasing trends. No trend was observed for the data of 56 stations. The results of the Mann-Kendall test and the results of the Şen method gave similar results in most stations.

**2019, 94 pages**

**Keywords:** Trend analysis, Mann-Kendall test, Sen's Slope Method, Şen's trend method

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimime başladığım günden itibaren bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen ve bu çalışma boyunca bana her türlü desteği veren, tez danışman hocam Sayın Dr.Öğr.Üyesi Fatih TOSUNOğLU, manevi destek ile bana gösterdikleri hoşgörü ve sabır için aileme teşekkür ederim.

Muhammet ELMALI

Mayıs 2019



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>4</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>12</b>
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Çalışma Alanı.....	12
3.1.2. Veriler.....	15
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Eksik Verilerin Tahmin Edilmesi.....	19
3.2.1.1. Çok Değişkenli Regresyon Analizi.....	19
3.2.2. Homojenlik Testleri.....	20
3.2.2.1. Standart Normal Homojenlik Testi.....	21
3.2.2.2. Buishand Testi.....	22
3.2.2.3. Pettitt Testi.....	22
3.2.3. Trend Testleri.....	23
3.2.3.1. Mann-Kendall Trend Testi.....	23
3.2.3.2. Sen'in Trend Eğim Yöntemi.....	25
3.2.3.3. Modifiyeli Mann-Kendall Testi.....	26
3.2.3.4. Şen Trend Yöntemi.....	27
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA</b> .....	<b>28</b>
4.1. Araştırma Bulguları.....	28
4.1.1. Eksik Verilerin Bulunması.....	28
4.1.2. Çalışma Kapsamında Kullanılan İstasyonlara Ait İstatistiksel Bilgiler.....	31
4.1.3. Homojenlik Testleri Bulguları.....	33
4.1.3.1. 101 nolu istasyon için Homojenlik Testleri Bulguları.....	33



4.1.3.2. Tüm İstasyonların Homojenlik Testleri Bulguları .....	36
4.1.4. Mann-Kendall Trend Analizi ve Şen'in Eğim Methodu Bulguları.....	41
4.1.5. Modifiyeli Mann-Kendall Analizi Bulguları .....	47
4.1.6. Şen Trend Yöntemi .....	52
4.1.6.1. 701 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	52
4.1.6.2. 1226 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	53
4.1.6.3. 1414 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	54
4.1.6.4. 1717 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	55
4.1.6.5. 1822 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	56
4.1.6.6. 1905 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	57
4.1.6.7. 2156 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	58
4.1.6.8. 2233 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	59
4.1.6.9. 2323 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	60
4.1.6.10. 2612 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	61
4.1.6.11. 514 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi .....	62
4.1.7. Şen yöntemi sonuçlarının Mann-Kendall test sonuçlarıyla karşılaştırılması .....	66
4.2 Tartışma.....	69
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>74</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>76</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>80</b>
<b>EK 1 .....</b>	<b>80</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>94</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$H_0$	Reddedilmek için kurulan hipotez
$H_1$	$H_0$ 'a alternatif kurulan hipotez
$N$	Toplam gözlem adeti
$\alpha$	Önem seviyesi
Var(t)	Varyans
$i$	Verilerin gözlem sırası
$Q$	Sen'in eğim katsayısı
$S$	Mann-Kendall testi katsayısı
$\sigma$	Standart sapma

### Kısaltmalar

DSİ	Devlet Su İşleri
XLSTAT	Bir İstatistik Programı
ARCGIS	Bir Haritalandırma Programı
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
HES	Hidroelektrik Santral
MK	Mann-Kendall
SNHT	Standart Normal Homojenlik Testi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Türkiye Bölgeler Haritası.....	12
Şekil 3.2. Türkiye Havzalar Haritası.....	14
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan AGİ'lerin Haritada gösterimi.....	18
Şekil 3.4. Şen yönteminin grafikte gösterimi.....	27
Şekil 4.1. İstasyonların Tahmin Durumunun Haritada Gösterimi .....	30
Şekil 4.2. 101 nolu istasyonun Pettitt Test grafiği .....	34
Şekil 4.3. 101 nolu istasyonun SNHT grafiği .....	35
Şekil 4.4. 101 nolu istasyonun Buishand Test grafiği.....	35
Şekil 4.5. Homojen veri setine sahip olan ve olmayan istasyonların haritada gösterimi.....	40
Şekil 4.6. Mann-Kendall testi sonuçlarının haritada gösterimi.....	45
Şekil 4.7. Sen eğim metodu sonuçlarının haritada gösterimi.....	46
Şekil 4.8. Modifiyeli Mann-Kendall testi yapılan istasyonların haritada gösterimi .....	51
Şekil 4.9. 701 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	52
Şekil 4.10. 1226 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	53
Şekil 4.11. 1414 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	54
Şekil 4.12. 1717 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	55
Şekil 4.13. 1822 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	56
Şekil 4.14. 1905 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	57
Şekil 4.15. 2156 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	58
Şekil 4.16. 2233 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	59
Şekil 4.17. 2323 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	60
Şekil 4.18. 2612 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	61
Şekil 4.19. 514 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi.....	62
Şekil 4.20. Şen yöntemiyle düşük akımlarda sonuçların haritada gösterimi .....	63
Şekil 4.21. Şen yöntemiyle orta akımlarda sonuçların haritada gösterimi.....	64
Şekil 4.22. Şen yöntemiyle yüksek akımlarda sonuçların haritada gösterimi.....	65

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan 96 istasyonun bulunduğu havza, kordinatlar ve analizde kullanılan veri gözlem aralıkları .....	15
Çizelge 3.2. SNHT Kritik Değerleri .....	21
Çizelge 3.3. Buishand test Kritik Değerleri .....	22
Çizelge 3.4. Pettitt test Kritik Değerleri.....	23
Çizelge 4.1. İstasyonlarda eksik verilerin gösterimi ve tahmin durumu.....	28
Çizelge 4.2. İstasyonlara ait akım değerlerinin istatistiksel değerleri.....	31
Çizelge 4.3. 101 nolu istasyonun yıllık ortalama akım verileri .....	34
Çizelge 4.4. 101 nolu istasyonun Pettitt Testi sonuçları .....	34
Çizelge 4.5. 101 nolu istasyonun SNHT sonuçları .....	35
Çizelge 4.6. 101 nolu istasyonun Buishand test sonuçları .....	35
Çizelge 4.7. Homojenlik testleri sonuçları.....	36
Çizelge 4.8. Mann-Kendall testi ve Sen'in eğim metodu sonuçları.....	41
Çizelge 4.9. Otokorelasyon analizi sonuçları.....	47
Çizelge 4.10. Modifiyeli Mann-Kendall sonuçları ve klasik yöntemle karşılaştırılması.....	49
Çizelge 4.11. 701 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	52
Çizelge 4.12. 1226 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	53
Çizelge 4.13. 1414 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	54
Çizelge 4.14. 1717 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	55
Çizelge 4.15. 1822 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	56
Çizelge 4.16. 1905 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	57
Çizelge 4.17. 2156 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	58
Çizelge 4.18. 2233 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	59
Çizelge 4.19. 2323 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	60
Çizelge 4.20. 2612 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	61
Çizelge 4.21. 514 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri .....	62
Çizelge 4.22. Şen yöntemi ve MK karşılaştırmalı sonuçları.....	66
Çizelge 4.23. Akyürek tarafından yapılan çalışmayla karşılaştırmalı sonuçlar .....	70
Çizelge 4.24. Gümüş tarafından yapılan çalışmayla karşılaştırmalı sonuçlar .....	73

### 1. GİRİŞ

Su, insanoğlunun yaşayabilmesi için gerekli unsurların en başında gelmektedir. Su olmadan yaşam olmayacağı için, insanoğlu hep suyun peşinden gitmiş, su kaynaklarına yakın yerleşmiş ve oralarda medeniyetler kurmuş, su kaynaklarını bulmak için çaba sarf etmiş, bulduğu su kaynaklarını korumak ve saklamak için mahzenler yapmıştır (Gümüş 2006).

Dünyamızın 3/4'ünün su olduğu bilinmektedir. Ancak akılda kalan intibahın dışında, dünyadaki suların sadece %3'lük kısmı tatlı sulardan oluşmaktadır. Bu %3'lük tatlı su oranında %68,5'lik kısmı kutuplarda ve yüksek dağlık alanlarda bulunan buzullardır. Günümüzde, yanlış kullanım ve kirlilik yüzünden 1,3 milyar kişi su sıkıntısı çekmekte; temiz, sağlıklı, içilebilir suya muhtaç durumdadır. Üstelik önümüzdeki 25 yılda bu rakamın iki katına çıkması beklenmektedir (Çeribaşı 2010). 2018 itibariyle dünya nüfusu 7,6 milyara ulaşmış, 25 yılda bu rakamın 9,8 milyara ulaşması beklenmektedir. Bu bilgilerin ışığında tatlı su kaynaklarının ne kadar sınırlı olduğu ve giderek daha da azalacağı görülmekte; bu durum da bilim adamlarını, devlet yetkililerini tedirgin etmekte, önlemler aranmasına sevk etmektedir.

Giderek artan fosil yakıt tüketimi, sanayi devrimi, insanın ana neden olduğu çevrenin kirliliği ve ormanların tahrip edilmesi, küresel ısınma ve iklim değişikliklerini ortaya çıkarmıştır. Küresel ısınma nedeniyle dünya geneli ortalama sıcaklıklarda geçen yüzyıl boyunca 0,5 santigrat derecelik artış, son yirmi yılda deniz seviyesinde 20 cm'lik yükselme yaşanmıştır. 2100 yılına kadar ortalama sıcaklıklarda 3 santigrat derecelik artış, deniz seviyesinde 70 cm'lik yükselme yaşanması muhtemeldir (Aksay vd. 2005). Bu değişiklikler, hidrolojik çevrimin değişmesine ve su kaynaklarının hızla tükenmesi ile kuraklık yaşanmasına sebep olacaktır. Tatlı su kaynaklarının tüketilmesi ve korunması için önlemlerin alınıp, bilinçlendirme yapılmasının gerekliliği anlaşılmaktadır.

Hidrolojik çevrimi kontrol eden en önemli unsur iklimdir. İklimde meydana gelen değişiklikler hidrolojik çevrime doğrudan etki eder. Büyük miktarda yağışın taşkınlara; az yağış ve yüksek sıcaklığın da kuraklığa sebep olduğu bilinmektedir (Türkeş vd. 2000).

## 1. GİRİŞ

---

Ülkemiz, Akdeniz'in en zengin su ülkesidir, ancak çok yüksek nüfus artışı ile son 20 yılda kişi başına düşen su miktarı  $4000 \text{ m}^3$  'den  $1430 \text{ m}^3$  'e düşmüştür. 2030 yılında, Türkiye nüfusu 100 milyona ulaşırsa, kişi başına düşen su miktarının  $1100 \text{ m}^3$  olacağı tahmin edilmektedir. Küresel ısınma ile yağışların azalması ve bilinçsiz tüketim nedeniyle son 20 yılda Türkiye suyunun %65'ini kaybetmiştir (DSİ 2018). Bu şekilde davranılmaya devam edilirse önümüzdeki yıllarda su kıtlığı yaşanabilir. Böyle bir duruma düşmemek için en kısa zamanda yüksek miktardaki su kaybının önüne geçilmeli, bu kayıpları en düşük seviyelere indirmenin yolları aranmalı, ciddi ve caydırıcı önlemler alınmalıdır.

Türkiye için önemli sorunlardan biri olan dış ticaret açığının, en büyük nedeni enerji kaynaklarının ithalatıdır. Türkiye enerji üretiminde kaynak olarak %70'ini fosil yakıtlardan sağladığından, bu Türkiye'yi enerji bakımından dışarıya bağımlı bir ülke yapmaktadır. Bu bağımlılığı azaltmak için de yenilebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji üretimi miktarını artırmak gerekmektedir. 2017 yılında toplam 294,9 milyar kWh elektrik tüketimi olurken, 2023 yılı için tüketim miktarının 385 milyar kWh olacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'de kurulu enerji gücü ise 2018 ilk yarısı itibariyle 87.139 mWh ulaşmıştır. 2018 itibariyle kurulu enerji gücümüzün %32'i hidrolik enerjiden sağlanmaktadır. Türkiye'nin 2023 yılı için kurulu hidrolik enerji hedefi 36bin mWh'dir. Türkiye'de dünyanın en hızlı akan nehirleri bulunması nedeniyle değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli 216 milyar kWh olmasına rağmen 2017 yılında sadece 58,2 milyar kWh elektrik üretilmiştir (ETKB 2018). Hidroelektrik santralleri, yenilebilir enerji olan suyu kaynak olarak kullanması, çevre dostu olmaları (atmosfere sera gazı salınımı olmaması) ve düşük potansiyel risk taşımaları nedeniyle tercih sebebidir. Ayrıca inşaat masrafları yerli imkânlarla sağlanabilmesi, çok büyük avantajdır. Her geçen gün cari açık daha da büyümekte, dışa bağımlılık daha artmaktadır. Bu bağımlılığın önüne yerli imkânlarla sağlanabilecek büyük santraller ile geçmemiz gerekmektedir. Yeryüzünde herkes nasıl bir risk altında yaşıyorsa, bizde çekinmeden bu riski almamız gerekir. Önemli olan sermayenin doğru kullanılması, risk ve tehlike payının en aza indirilmesidir.

Hidroelektrik santrallerin yapımında, akım gözlem verileri, yağış miktarı verileri ve sıcaklık verileri dikkate alınması gereken en önemli unsurlardır. Bu denli büyük ve

hayati yapılarda, projeler yapılırken sadece mevcut verileri kullanmak yeterli değildir ek olarak geleceğe yönelik tahminlerde yapıp bu tahminleri projelerde dikkate almak gerekir. Geleceğe yönelik tahminler, geçmiş yıllara ait mevcut verileri kullanarak istatistiksel yöntemlerle en yakın şekilde tahmin edilebilir. Bu tahminler sayesinde, projeler, gelecekte yaşanabilecek taşkın gibi doğal felaketlere karşı tedbirli olacak şekilde tasarlanabilir. Bir diğer çalışmada, mevcut veriler üzerinde yapılan ve verilerde istatistiksel olarak anlamlı değişimlerin olup olmadığının istatistiki açıdan araştırılmasıdır. Bu araştırmalarda bize trend testleri yardımcı olur ve mevcut verilerin azalma eğilimi yada tam tersi artma eğilimi gösterip göstermediği bu testler aracılığıyla analiz edilebilir. Seçilen zaman aralığında, mevcut verilerde anlamlı bir azalma varsa azalan trend, anlamlı bir artma olması durumuna ise artan trend denir. Bu analiz için literatürdeki parametrik ve parametrik olmayan (Mann-Kendall, Spearman Rho) birçok trend testi kullanılmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar ile en yararlı bölgede, en yüksek enerji değeri elde edilebileceği projeler yapılabilir.

Bu çalışmanın kapsamında, Türkiye akarsu havzalarındaki yıllık ortalama akım verilerinin trend analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 96 akım gözlem istasyonu (AGİ) kullanılmıştır. AGİ'lerden alınan verilere, ilk olarak Standart Homojenlik testi, Buishand testi ve Pettitt testi uygulanarak homojenlik analizleri yapılmıştır. Homojen olmayan istasyonlar çalışma kapsamından çıkarılmış, homojen olan istasyonlara da parametrik olmayan Mann-Kendall testi uygulanarak trend analizi yapılmış, Sen'in eğim metodu kullanılarak trendlerin eğimi bulunmuştur. Ayrıca yıllık ortalama akım verilerin otokorelasyon analizi yapılmış, analiz sonucunda içsel bağımlılığı olan istasyonlara Modifeyeli Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Modifiyeli Mann-Kendall ve klasik Mann-Kendall testlerinin sonuçları arasında farklılık olup olmadığı kontrol edilmiştir. Son olarak Şen metodu ile yıllık ortalama akım verileri, 3 akım kümesinde (düşük, orta, yüksek) trend analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Arcgis yardımıyla harita üzerinde gösterilmiştir.

### 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ülke sınırlarını aşır, küresel bir sorun olan küresel iklim değışikliği, gerçek manada insanlığın tamamını ilgilendiren en önemli sorunların başındadır. Küresel iklim değışikliği, farklı birçok değışik özelliğe sahip olduğu için diğer çevresel sorunlara benzememektedir. Bu farklılıklardan dolayı, artan sorunlara karşı küresel işbirliği yapmayı zorunlu kılmıştır (Batı 2014).

Su kaynakları çalışmalarında kullanılan akım verilerinin zaman içinde trend olup olmadığına tespiti önemli bir gerekliliktir. Çünkü akım verileri, yağış miktarı, sıcaklık, iklim değışikliği gibi birçok faktörden doğruca etkilendiğinden dolayı, zamana göre değışkenlik gösterir (Yenigün vd. 2007).

Dünya ve Türkiye’de yapılan bazı trend çalışmaları aşağıda özetlenmiştir.

Toros (1993) tarafından yapılan çalışmada, özellikle sıcaklık nedeniyle ortaya çıkan iklimsel değışikler, bölgesel olarak incelenmiştir. Bu amaçla ülke genelinden farklı bölgelerden rastgele seçilen 18 meteoroloji istasyonundan alınan sıcaklık ile yağış verileri incelenmiştir. Verilere, önce homojenlik testleri uygulanmış, daha sonra trend analizi için Mann-Kendall mertebeli korelasyon ve Spearman mertebeli korelasyon testlerini uygulanmıştır. Trend testleri sonucunda, yüksek sıcaklık ve yağış verilerinde anlamlı trendler bulunmazken, ilkbahar mevsiminin düşük sıcaklık verilerinde 1950 yılından başlayan artan yönlü trendler bulunmuştur.

Gan (1998) tarafından yapılan çalışmada, Kanada Bozkırların’daki 37 hava istasyondan alınan sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizi yapılmış ve test olarak Mann-Kendall testi kullanılmıştır. Analiz sonuca göre, Kanada Bozkırları’nın son 40-50 yılda daha sıcak olduğu ve biraz daha az yağış aldığı tespit edilmiştir.

Serrano et al. (1998) tarafından yapılan çalışmada, İber Yarımadası’nın aylık ve yıllık yağış verilerinin trend analizi yapılmıştır. Mevsimsellik ve seri korelasyonunu dikkate almak için veriler ay ay incelenmiştir. İber Yarımadası’nın her tarafına dağılmış



40 istasyondan, Ocak 1921'den Aralık 1995'e kadar alınan yağış verileri incelenmiştir. Seri korelasyonunun tespiti için Wald ve Wolfowitz testi uygulanmıştır. Yıllık ve aylık yağış verilerine trend eğilimini bulmak için Mann-Kendall testini uygulanmıştır. Test sonucunda, yıllık yağış verilerinde önemli bir eğilim bulunamamıştır. Aylık yağış verilerinde ise sadece Mart ayında önemli bir düşme eğilimi gözlenmiştir.

Douglas et al. (2000) yaptıkları çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki 48 yıllık taşkın ve düşük akım verilerine Mann-Kendall testini uygulanarak trend varlığı araştırılmıştır. Taşkın verilerinde eğilim olmamasına rağmen düşük akım verilerinde, orta batı ve Ohio bölgelerinde büyük oranda, kuzey orta ve üst orta batı bölgelerinde daha küçük oranda artan yönde eğilim bulunmuştur.

Elnur and Burn (2002) yaptıkları çalışmada, hidrolojik değişkenlerdeki eğilimleri tespit için yöntem geliştirme ve yöntemi uygulama üzerinde çalışmışlardır. Bu yöntem, trend tespiti için Mann-Kendall testini, test dağılımını tahmin etmek için de permütasyon yaklaşımını kullanır. Çalışmada, 1950-1997 yılları arasında 248 adet Kanada'da bulunan havzanın hidrolojik çevrimin farklı kısımlarını gösteren 18 hidrolojik değişkenine (yıllık ortalama akım, yıllık maksimum günlük akım, maksimum günlük akımın tarihi, buzullaşmanın başladığı tarih, buzullaşmanın bittiği tarih, buzlu gün sayısı, ocak ortalama akım vb.), eğilimlerini tespit etmek için parametrik olmayan Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Sonuç olarak, rastlantı olması beklenenden daha fazla sayıda eğilim gözlemlendiği sonucuna varılmıştır.

Bayazıt ve arkadaşları (2002) yaptıkları çalışmada, EİEİ tarafından işletilen 24 havza 107 akım gözlem istasyonundan alınan en az 25 yıllık akım verilerine parametrik olan t-testi ve parametrik olmayan Mann-Kendall testi uygulanarak eğilimleri 4 grupta analiz etmişlerdir. Bu gruplara göre, 14 istasyonun taşkınlarda, 24 istasyonun ortalama akımlarda, 43 istasyonun 1 günlük minimum akımlarında, 41 istasyonun da 7 günlük minimum akımlarında eğilim tespit edilmiştir. 7 istasyon hariç bütün istasyonlarda azalan yönde eğilim varlığı tespit edilmiştir.

Akyürek (2003) yaptığı çalışmada, EİEİ tarafından işletilen Türkiye genelinde 24 havzaya ait 107 akım gözlem istasyonundan alınan en az 25 yıllık, yıllık ortalama

akım verilerinde parametrik test olan t testi ve parametrik olmayan Kendall testi uygulayarak hem istasyon hem de bölgesel olarak trend varlığı araştırılmıştır. Sonuçlara göre, 31 istasyonda azalan yönde trend bulunmuştur. Ayrıca 29 istasyonda Mann-Kendall testi ve t testi paralellik göstermektedir. Bölgesel bazda da trend varlığı hesaplanmıştır.

Kâhya ve Kalaycı (2004) yaptıkları çalışmada, Türkiye'deki 26 havzaya ait 83 akım gözlem istasyonundan alınan aylık ortalama akım verilerine, parametrik olmayan Mann – Kendall, Spearman'ın Rho, Mevsimsel Mann-Kendall ve Sen testleri ile trend analizi yapılmış ek olarak aylık verilerin homojenliğini test etmek için Van Bell ve Huges tarafından geliştirilen test kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Türkiye'nin doğusunda yer alan havzalarda trend bulunamamış, batıda yer alan havzalarda azalan yönde trend bulunmuştur. Kullanılan testler eğilimin varlığıyla ilgili paralel sonuçlar elde etmiştir.

Büyük yıldız ve arkadaşları (2004) yaptıkları çalışmada, EİEİ tarafından işletilen Sakarya havzasındaki 11 adet akım gözlem istasyonundan alınan 1964-2000 yılları arasındaki aylık ortalama akım verilerine, homojenlik kontrolü için Van Belle ve Hughes tarafından geliştirilen test kullanılmıştır. Aylık akım verilerinin eğilimlerini bulmak için, parametrik olmayan Spearman Rho, Sen'in T ve Mevsimsel Mann-Kendall testlerini, trendin başlangıç yılını belirlemek için parametrik olmayan Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testini, trendlerin eğimleri bulmak için parametrik olmayan Sen'in trend eğim yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada sonuç olarak, 11 istasyona ait aylık akım verilerinin 85 tanesinde anlamlı eğilimler varken 47 tanesinde eğilim bulunamamıştır. Bulunan eğilimlerin çoğu azalan yöndedir ve bu eğilimlerin en çok Mart ayında yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

Wen and Chen (2005) yaptıkları çalışmada, ABD eyaleti Nebraska ve kuzeybatı Kansas'ta 8 büyük nehir havzasındaki 110 ölçüm istasyonunun 50 yıllık akım verilerinin eğilimlerini araştırılmıştır ve çalışmada parametrik olmayan Mann-Kendall trend testini kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Nebraska doğusunda anlamlı bir eğilim gözlenmezken, batısında önemli derecede azalan yönde anlamlı trend gözlenmiştir. Kuzeybatı Teksas'ta ise 28 istasyonun 20'sinde azalan yönde trend varlığı bulunmuştur.

Gümüş ve Yenigün (2007) yaptıkları çalışmada, Fırat Havzası'nda bulunan EİEİ tarafından işletilen 22 istasyon ait yıllık ortalama, minimum ve maksimum akım verilerinin, parametrik olmayan Mann-Kendall testi ve Spearman'ın Rho testi kullanılarak trend analizleri yapılmıştır. Ek olarak trend tespit edilen istasyonlarda trend başlangıç yılını tespit etmek için parametrik olmayan Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi, trend eğimlerini belirlemek için Sen'in Trend Eğim metodu kullanılmıştır. Analizlerin sonucu olarak, yıllık ortalama akımlarda 20 istasyonda trend yokken, 2 istasyonda azalan yönde anlamlı trend bulunmuştur. Minimum akımlarda, 10 istasyonda azalan yönde, 1 istasyonda artan yönde trend bulunmuştur. Maksimum akımlarda ise bütün istasyonlar anlamlı bir eğilim bulunamamıştır.

Cebe (2007) yaptığı çalışmada, Türkiye'de bulunan 24 havzaya ait EİEİ tarafından işletilen 108 AGİ'den alınan aylık akım verilerinin, parametrik olmayan mevsimsel Mann-Kendall testi ile trend varlığı araştırılmış, elde edilen sonuçların homojenliği  $X^2$  testi ile sınanmıştır. Çalışmada aylar, Ekim-Kasım-Aralık birinci, Ocak-Şubat-Mart ikinci, Nisan-Mayıs-Haziran üçüncü, Temmuz-Ağustos-Eylül dördüncü olacak şekilde 4 gruba ayrılmıştır. Trend testinin sonucunda, birinci grupta; 20 istasyon azalan, 8 istasyon artan, ikinci grupta; 34 istasyon azalan, 4 istasyon artan, üçüncü grupta; 19 istasyon azalan, 1 istasyon artan, dördüncü grupta; 40 istasyon azalan, 4 istasyon artan eğilim göstermiştir.

Zhang et al. (2008) yaptıkları çalışmada, Yellow River havzasındaki 6 ölçüm noktasından aldıkları son 50 yıldaki günlük nehir akımı verilerini Mann-Kendall trend testi ve Lepage yöntemiyle analiz etmişlerdir. Araştırmada, Yellow River havzasında önemli oranda su akışında azalma gözlenmiştir. Ayrıca sıfır akışlı günlerin 1970'ten sonra başladığı ve 1990-2000 yılları arasında yoğunlaştığı gözlenmiştir.

Kurucu (2008) yaptığı çalışmada, Sakarya havzasında bulunan 12 akım gözlem istasyonu tarafında ölçülen aylık ortalama, yıllık maksimum, ve yıllık minimum debilerin trend durumu incelenmiştir. Mann – Kendall testine ek olarak aylık ortalama debi için mevsimsel Mann-Kendall testi kullanılmıştır. Test sonucunda, aylık ortalama debiler için, 1 istasyon artan yönde trend, 8 istasyon azalan yönde trend 3 istasyonda ise trend görülmediği, yıllık maksimum debiler için, 5 istasyon azalan yönde trend, 7

istasyonda ise trend görülmediği, yıllık minimum debiler için, 1 istasyon artan yönde trend, 6 istasyon azalan yönde trend 4 istasyon ise trend görülmediği ifade edilmiştir.

Uçgun (2010) yaptığı çalışmada, Kızılırmak Havzası'nda bulunan 4 tanesi DSİ tarafından, 10 tanesi EİEİ tarafından işletilen 14 AGİ'den alınan yağış, sıcaklık, buharlaşma ve akım verilerinin ilk önce homojenlik testlerinden t-Sınaması uygulanmış, homojen olmayan bir istasyon çalışmadan çıkarılmış ve ikinci aşamada homojen olan istasyonların parametrik olmayan yöntemler Mann-Kendall ve Spearman Rho testleriyle analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada diğer çalışmaların aksine verilerini 2 farklı güven aralığında (%95-%90) test etmişlerdir. Yapılan testlerin sonucunda, trend tespit edilen istasyonlarda trendin başlangıç yılını tespit etmek için Mann-Kendall Meritebe Korelasyon testi, eğimlerin büyüklüğünü bulmak için de Sen Trend Eğim metodunu kullanılmıştır. Sonuç olarak, %95 güven aralığında akım verilerinde, Mann-Kendall testi sonuçlarına göre 2 akım gözlem istasyonunun azalan eğilimde, 1 akım gözlem istasyonunun artan eğilimde olduğu; Spearman Rho testi sonuçlarına göre 3 akım gözlem istasyonunun azalan eğilimde, 1 akım gözlem istasyonunun artan eğilimde olduğu bulunmuştur. Yıllık toplam yağış ve yıllık toplam buharlaşma verilerinin test sonuçlarında eğilim bulunamamıştır. Yıllık ortalama sıcaklık verilerinin test sonuçlarına göre ise 1 istasyonda artan eğilim bulunmuştur. %90 güven aralığında akım verilerinde Mann-Kendall testi sonuçlarına göre 3 akım gözlem istasyonunun azalan eğilimde, 1 akım gözlem istasyonunun artan eğilimde olduğu; Spearman Rho testi sonuçlarına göre 4 akım gözlem istasyonunun azalan eğilimde, 1 akım gözlem istasyonunun artan eğilimde olduğu bulunmuştur. Yıllık toplam yağış verilerinin test sonuçlarına göre bir istasyonda artan eğilim bulunmuştur. Yıllık ortalama sıcaklık verilerinin test sonuçlarına göre iki istasyonda artan eğilim bulunmuştur. Yıllık toplam buharlaşma verilerinin test sonuçlarına göre bir istasyonda azalan yönde eğilim bulunmuştur.

Çiflik (2012) yaptığı çalışmada, Ege Bölgesindeki DSİ tarafından işletilen 49 adet yağış gözlem istasyonundan alınan en az 29 yıllık, yıllık toplam yağış verilerinin ilk önce içsel bağımlılığını yok etmek için Ön Arındırma (Pre-Whitening) yöntemini kullanarak trend terslerinin gücünü artırmayı hedeflemiştir. Daha sonra yıllık toplam yağış verilerinde parametrik test olan T testi ile parametrik olmayan Mann-Kendall, Mann-Kendall Meritebe Korelasyon, Spearman'ın Rho testleri ve Sen'in trend eğim

metodunu kullanarak trend varlığını araştırmıştır. Test sonuçlarına göre, 49 istasyonun 16'ında serisel korelasyonun varlığı bulunmuş, bu 16 istasyona Pre-Whitening yöntemi uygulanmıştır. Trend analiz testleri sonuçları birbiriyle paralellik göstermiş, 9 istasyonda azalan yönde eğilim bulunurken 7 istasyonda anlamlı bir eğilim bulunamamıştır. İçsel bağımlılığı bulunmaya 33 istasyonda ise, 7 istasyonda azalan yönde eğilim bulunurken, 26 istasyonda anlamlı eğilim bulunamamıştır.

şen (2013) yaptığı çalışmada, Isparta'da bulunan beş istasyondan alınan sıcaklık ve yağış verilerine ilk önce Kruskal-Wallis testi uygulanarak verilerin homojenliği test edilmiş daha sonra parametrik olmayan Mann-Kendall testi ve Spearman'ın Rho testi uygulanarak trend varlığını araştırılmıştır. Trend bulunan istasyonlarda, trendin başlangıç yılını bulmak için Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi, trendin eğimini bulmak için ise Sen'in Trend Eğim metodu ve Lineer Regresyon modeli kullanmıştır. Yağış verilerinin trend testi sonuçları birbiriyle uyumlu çıkmış, %95 anlamlılık seviyesinde önemli bir eğilime rastlanmamıştır. Sıcaklık verilerinin trend analizine göre özellikle yaz mevsiminde anlamlı seviyede artan yönde eğilim belirlenmiştir.

Emek (2014) yaptığı çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan ve MGM tarafından işletilen 46 adet yağış gözlem istasyonundan alınan aylık ve yıllık toplam yağış verilerinin, öncelikli olarak Run ve Pettitt testlerini kullanarak homojenlikleri test edilmiş, homojen olmayan 8 istasyon çıkarılmış daha sonra homojen olan istasyonların Mann-Kendall testi ve Spearman'ın Rho testi kullanılarak trend eğilimleri araştırılmıştır. Sen'in Trend Eğim metodu kullanılarak da trendlerin eğimi bulunmuştur. Araştırmada sonuç olarak, yıllık toplam yağış miktarların 4 istasyonda azalan yönde eğilim varken diğer istasyonlarda anlamlı bir eğilim bulunmamıştır. Aylık toplam yağış miktarlarında ise, Haziran ayında azalan yönde, Temmuz ayında artan yönde eğilim bulunmuştur.

Yıldırım (2015) yaptığı çalışmada, Orta Fırat Havzası'ndan seçilen EİEİ tarafından işletilen 5 AGİ'den alınan akım verileri grafik üzerinde gösterilmiş daha sonra parametrik olmayan Mann-Kendall testi ile trend varlığı, Sen'nin eğim metodu ile trendin eğimi hesaplamıştır. Ayrıca çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak şen yöntemi de kullanılmış, bu yöntemle verilerde trend varlığı incelenmiştir. Çalışmada

sonuç olarak, Mann-Kendall testine göre 5 istasyonda da trend bulunmazken, Şen ve Sen yöntemiyle 1 istasyonda azalan yönde, 4 istasyonda artan yönde trend bulunmuştur.

Çeribaşı ve Doğan (2015) yaptıkları çalışmada, Batı Karadeniz Havzası, Doğu Karadeniz Havzası ve Sakarya Havzası'nda bulunan DSİ tarafından işletilen 14 AGİ'den aldıkları akım verilerine parametrik olmayan Mann – Kendall testi ve Spearman'ın Rho testlerini kullanarak trend varlığını araştırmışlardır. Mann – Kendall Mertebe Korelasyon testi ile trend bulunan istasyonlarda, trendin başlangıç yılını bulmuşlardır. Trend testleri sonuçları birbirine paralellik göstermiş ve; Batı Karadeniz Havzası'nda bulunan 3 istasyonda azalan yönde trend varken, diğer 2 istasyonda anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan 5 istasyonda da anlamlı trend bulunmamıştır. Sakarya Havzası'nda bulunan 2 istasyonda azalan yönde trend varken, diğer 2 istasyonda anlamlı bir değişim gözlenmemiştir.

Nemli (2017) yaptığı çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan MGM tarafından işletilen 10 istasyondan alınan yıllık en büyük yağış miktarı değerleri, öncelikle Run testi ile homojenlik durumları incelenmiş, inceleme sonucunda bütün istasyonlar homojen çıkmıştır. Homojen istasyon verilerine, içsel bağımlılığı yok etmek için Pre-Whitening yöntemi kullanılmıştır. İçsel bağımlılığı yok edilen verilerden, normal dağılıma uyan verilere Basit Regresyon Analizi yöntemi, normal dağılıma uymayan verilere parametrik olmayan yöntemler olan Mann-Kendall Testi ve Spearman'ın Rho Testi kullanılarak trend eğilimi hesaplanmıştır. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi kullanılarak, trend bulunan istasyonların trend başlangıç yılı tespit edilmiştir. Testler sonucunda, sonuçlar bütün testlerde paralellik göstermiş ve çoğu istasyonda artan yönde eğilim tespit edilmiştir.

Ay ve Kişi (2017) yaptıkları çalışmada, Kızılırmak Havzasında bulunan ve EİEİ tarafından işletilen 4 AGİ'ye (1517, 1524, 1528, 1539) ait aylık ortalama akım verilerinin trend analizi için yeni bir yöntem olan Şen yöntemi ve Mann Kendall testi kullanılmış sonuçlar karşılaştırılmıştır. Testlerin sonucuna göre, 1517 ve 1528 nolu istasyonlarda Mann-Kendall testi ve Şen testi sonuçlarına göre azalan yönde eğilim bulunmuştur. 1524 nolu istasyonda Mann-Kendall testine göre anlamlı trend yokken, Şen testine göre azalan yönde trend bulmuştur. 1539 nolu istasyonda ise hem Mann-

Kendall testi sonuçları hem de Şen testi sonuçlarına göre istatistiki açıdan anlamlı trend gözlenmemiştir.

Akçay (2018) yaptığı çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan ve DSİ ile EİEİ tarafından işletilen 19 adet AGİ tarafından 1962-2015 yılları arasında gözlenen aylık ve yıllık ortalama akım verilerinin ilk olarak Standart Normal Homojenlik Testi, Pettitt Testi, Buishand Testi ve Von-Neumann Testi uygulanarak istasyonların homojenliği test edilmiştir. Sonraki adımda homojen olmayan 4 istasyon çıkarılmış, homojen olan 14 adet istasyona önce içsel bağımlılığı yok etmek için Pre-Whitening yöntemi kullanılmış sonrada Mann-Kendall, Şen'in Yenilikçi Eğilim ve Şen'in Geçiş Eğilim yöntemleriyle de trend analizi yapılmıştır. Sen'in eğim metoduyla da, trend bulunan verilerde eğilimin büyüklüğü bulunmuştur. Yıllık ortalama akımlarının analizinde, 19 istasyonda da her iki test sonucuna göre anlamlı trend bulunamamıştır. Şen'in Yenilikçi Yöntemi 'ne göre düşük akımlarda azalan trend, orta ve yüksek akımlarda artan trend çoğunluktadır. Aylık ortalama akım analizlerinde ise, Temmuz ve Ağustos ayları akımlarında çoğunlukla azalan yönde trend bulunmuştur.

## 3. MATERYAL ve YÖNTEM

### 3.1. MATERYAL

#### 3.1.1. Çalışma Alanı

Türkiye, Kuzey Yarımkürede 36°-42° kuzey paralelleri ile 26°-45° doğu meridyenleri, Asya ve Avrupa kıtaları arasında, Anadolu platosu ve Trakya yarımadası üzerinde kurulmuştur. Üç tarafı denizlerle çevrili olması, Asya-Avrupa kıtaları arasında köprü görevi görmesi, Balkanlar, Ortadoğu ve Uzakdoğu göç ve ticaret yollarının kesişim noktasında olması dolayısıyla Türkiye coğrafyası pek çok medeniyete ev sahipliği yapmıştır.

Yüzölçümü 783.562 km<sup>2</sup> olan Türkiye'nin, uzun kenarları boyunca kıyıya paralel dağ sıralarının bulunuşu, bu dağların yüksek, ama az engebeli olan orta kesimi deniz etkisinden ayırması, bu yüzden kıyı şeridiyle iç kesimler arasında iklim, doğal bitki örtüsü, tarım çeşitlerinin dağılımı ve bunların ulaşım sistemlerine ve konut tiplerine etki etmiştir. Bu etkiler dikkate alınarak, 1941 yılında Ankara'da toplanan Birinci Coğrafya Kongresi, uzun süren çalışmalarını sonunda Türkiye'yi 7 coğrafi bölge, 21 bölüme ayırmıştır. Şekil 3.1 de bölge ve bölüm sınırları adları ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Türkiye Bölgeler Haritası (Saygılı 2015)



Akdeniz Bölgesi, ülkemizin güneyinde Akdeniz boyunca uzanan bir bölgemizdir. Kuzeyde Konya havzası, doğuda Uzunyayla ve batıda Köyceğiz ile sınırdır. Seyhan, Ceyhan, Göksu, Dalaman ve Manavgat çayı bölgenin önemli akarsularıdır.

Marmara Bölgesi, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alır. Türkiye'nin nüfus yoğunluğu en fazla olan bölgesidir. Bölge ekonomik olarak, en gelişmiş bölge özelliğini taşır. Meriç, ergene, Gönen, Susurluk önemli akarsularıdır.

Ege bölgesi, Türkiye'nin batısında yer alan Ege Bölgesi, kuzeyde Edremit Körfezi kıyılarından güneyde Köyceğiz'e kadar uzanır. Bu bölgemizin Ege Denizi kıyıları çok girintili çıkıntılıdır. Gediz, Büyük Menderes, Küçük Menderes önemli akarsularıdır.

İç Anadolu Bölgesi, ülkemizin ortasında yer alır. Kuzeyde Karadeniz, güneyde Akdeniz, batıda Ege, doğuda Doğu Anadolu bölgeleriyle çevrilidir. Kızılırmak, Sakarya, Porsuk bölgenin önemli akarsularıdır.

Karadeniz Bölgesi, Türkiye'nin kuzeyinde yer alır. Karadeniz boyunca uzanır. Bölge ormanlarla kaplıdır. Kızılırmak, Yeşilirmak, Sakarya, Filyos ve Çoruh, önemli akarsularıdır.

Doğu Anadolu Bölgesi, En büyük ve en yüksek coğrafi bölgemizdir. Kuzeydoğuda Gürcistan, Ermenistan, Nahcivan, güneydoğuda İran ve Irakla sınır komşusudur. Dicle, Fırat, Aras, Murat ve Karasu bölgenin önemli akarsularıdır.

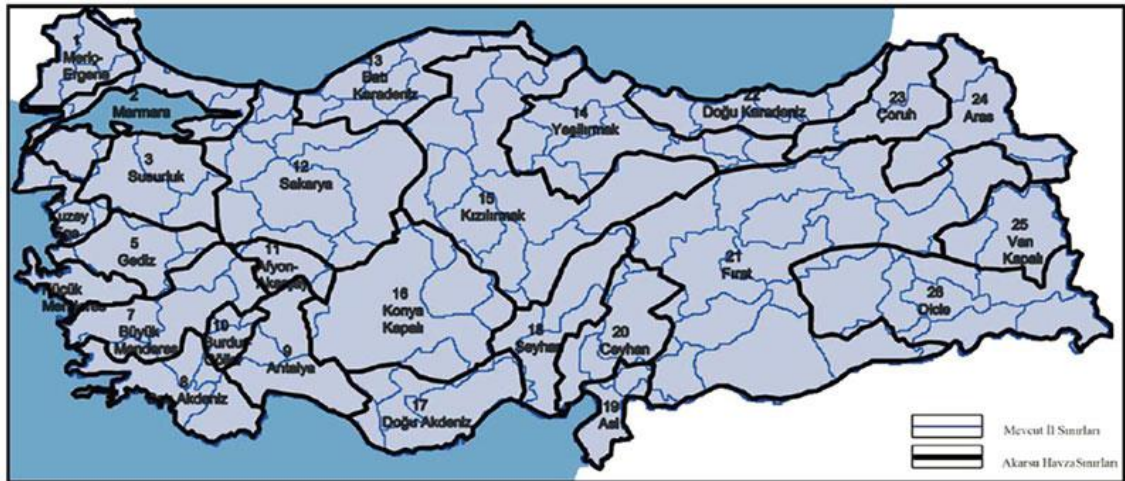
Güneydoğu Anadolu Bölgesi, en küçük coğrafi bölgemizdir. Bölgenin güneyinde Irak ve Suriye yer alır. Bölgenin batısında Akdeniz Bölgesi vardır. Dicle, Fırat bölgenin önemli akarsularıdır.

Ülkemiz akarsu açısından oldukça zengin bir ülkedir. Genel olarak içme suyu, taşımacılık, balıkçılık, enerji üretimi ve turizm alanlarında faydalanılmaktadır. Çoruh, Fırat, Dicle, Aras ve Kura gibi akarsular ülkemiz sınırları içerisinde doğup, ülke dışına

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

dökülen akarsulardır. Meriç ve Asi nehirleri ülke sınırları içinde doğup, ülkemiz içinden geçerek denize dökülürler. Akarsularımızın akış yönü dağların uzanış yönüne bağlı olarak genellikle doğu – batı yönündedir. Sınırlarımız içerisinde doğup, kendi sınırlarımızda kıyıya dökülen en uzun akarsuyumuz 1355 km uzunluğundaki Kızılırmak'tır. Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgesi'nde yatak eğimleri fazla, yükselti fazla engebeli olduğundan buradaki akarsular derin vadiler içinden akmaktadır. Böyle akan akarsularda taşkınlar olmaz, fakat Meriç nehrinde hemen her sene taşkınlar meydana gelmektedir. Karadeniz Bölgesi'nde yağışlar düzenli ve sürekli olduğundan buradaki akarsular her zaman bol su taşırlar ve en geniş açık havzaya sahip bölgedir ve ülkemiz akarsularının üçte biri Karadeniz'e dökülür. Marmara Bölgesi'ndeki yükselti az olduğunda akarsuların havzaları dar, boyları kısadır. Ege Bölgesi'nde eğim az olduğu için bu bölgedeki akarsular menderesleri meydana getirmişlerdir. Türkiye'nin yarımada olması ve Kuzey Anadolu – Toros Dağları'nın uzanış biçiminden dolayı akarsularımızın boyları kısadır. Kışın yağın karların erimesi sebebiyle, ülkemizdeki akarsuların akımları en yüksek seviyeye ilkbahar aylarında ulaşır. Türkiye'nin ortalama yükselti fazla olduğu için akarsuların hidroelektrik enerji potansiyelleri çok yüksektir (MEB Coğrafya).

Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü, yapılan çalışmalar sonrasında Türkiye'yi 26 adet büyük ölçekli hidrolojik havzaya ayırmıştır. Havzaların ortalama yıllık toplam akışları 186 milyar m<sup>3</sup>'tür. Şekil 3.2 de havza sınırları ve adları detaylı şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Türkiye Havzalar Haritası (Efe ve Aydın 2009)

### 3.1.2. Veriler

İstenilen her konuda, seçilen zaman aralıklarında, izlenen ve yazıya geçirilen istatistiksel veriler ile zaman serisi oluşturulabilir. Örneğin, yıllar içinde milli gelirden oluşan artış, işsizlik oranında azalma gibi iktisat alanıyla ilgili seriler olabileceği gibi, akarsuyun aylık akım değerlerindeki değişim gibi hidroloji alanı ile ilgili, mevsimlere göre ısı derecelerindeki değişim gibi meteoroloji alanı ile ilgili, hastalık oranlarındaki değişim gibi tıp alanı ile ilgili serilerde oluşturmak mümkündür (Köksal 1998).

Bu çalışmada, Devlet Su İşleri'ne ait 96 akım gözlem istasyonundan alınan, yıllık ortalama akım verileri kullanılmıştır. 1970-2011 yılları arasında, 42 yıllık ortalama akım verileri trend hesaplamaları için kullanılmıştır. Ancak 5 istasyonda (514, 515, 1906, 2154, 2409 nolu istasyonlar) 2011 yılına ait veriler olmadığı ve tahmin edilemediği için 41 yıllık veri kullanılmıştır. Çizelge 3.1 de kullanılan istasyonların koordinatları ve kullanılan gözlem aralığı detaylı olarak gösterilmiştir. Şekil 3.3 de çalışmada kullanılan AGİ'ler harita üzerinde gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Çalışmada kullanılan 96 istasyonun bulunduğu havza, koordinatlar ve analizde kullanılan veri gözlem aralıkları

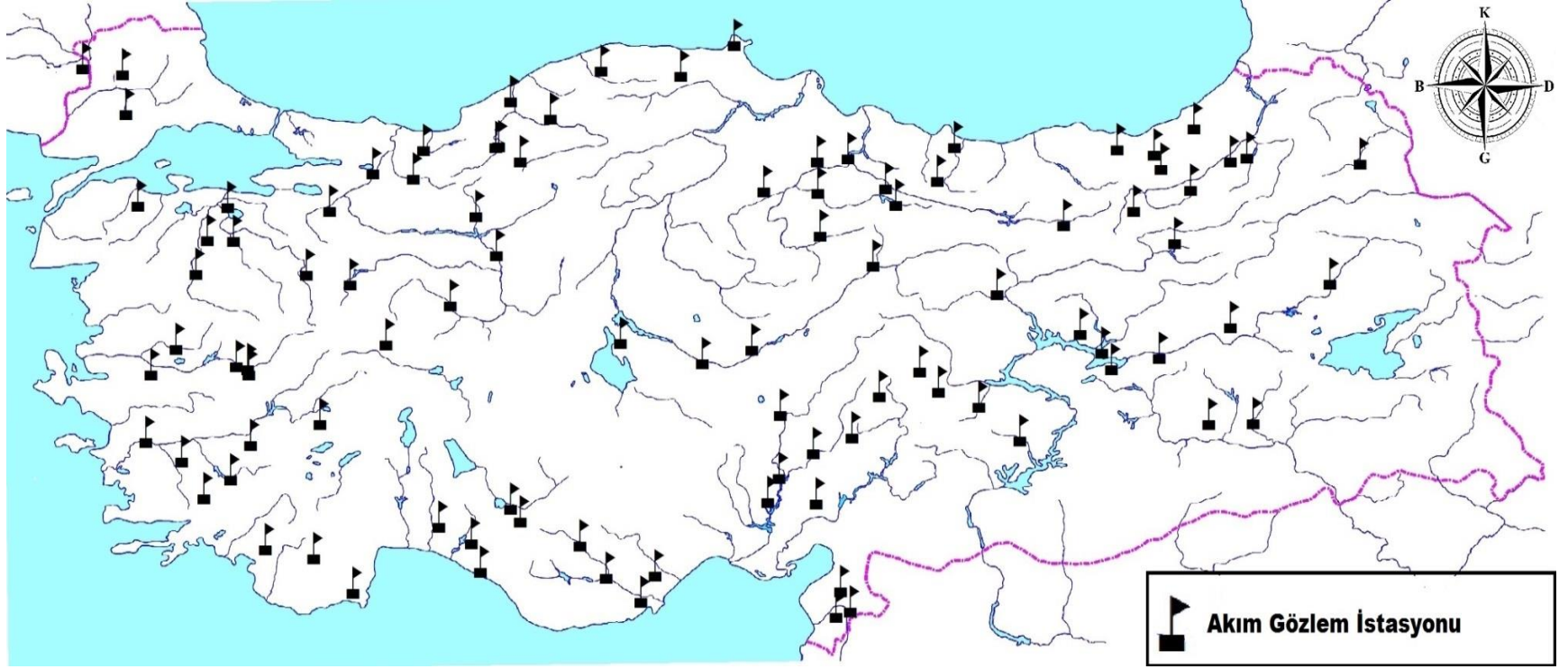
HAVZA ADI	İSTASYON NO	BOYLAM	ENLEM	GÖZLEM ARALIĞI
MERİÇ	101	26,1	41,4275	1970 -2011
	103	26,55306	41,66389	1970 -2011
	106	27,11806	41,21083	1970 -2011
MARMARA	212	27,2725	40,30806	1970 -2011
SUSURLUK	302	28,51611	39,96056	1970 -2011
	311	29,46361	39,62444	1970 -2011
	316	28,17639	39,96889	1970 -2011
	317	28,44556	40,29444	1970 -2011
	324	28,02917	39,63194	1970 -2011
GEDİZ	509	27,76861	38,89056	1970 -2011
	514	28,69861	38,69722	1970 -2010
	515	28,55472	38,72361	1970 -2010
	518	27,44167	38,64472	1970 -2011
	523	28,72	38,64056	1970 -2011
K. MENDERES	601	27,37917	37,97917	1970 -2011
BÜYÜK MENDERES	701	28,13139	37,42194	1970 -2011
	704	28,47917	37,60583	1970 -2011

Çizelge 3.1. ( devamı )

HAVZA ADI	İSTASYON NO	BOYLAM	ENLEM	GÖZLEM ARALIĞI
<b>BÜYÜK MENDERES</b>	706	27,84056	37,78333	1970 -2011
	712	28,74028	37,94889	1970 -2011
	713	29,63972	38,15694	1970 -2011
<b>BATI AKDENİZ</b>	808	30,07444	36,49056	1970 -2011
	809	29,56222	36,82667	1970 -2011
	812	28,93333	36,91694	1970 -2011
<b>ORTA AKDENİZ</b>	902	31,1875	37,14278	1970 -2011
	912	31,60861	36,97889	1970 -2011
	917	31,72528	36,69528	1970 -2011
<b>AFYON</b>	1102	30,50167	38,93556	1970 -2011
<b>SAKARYA</b>	1203	30,03667	39,52806	1970 -2011
	1221	30,33167	40,62556	1970 -2011
	1222	29,76833	40,25639	1970 -2011
	1224	31,33694	39,32083	1970 -2011
	1226	31,93333	39,81861	1970 -2011
	1233	31,67028	40,20389	1970 -2011
	1237	30,85778	40,57528	1970 -2011
<b>BATI KARADENİZ</b>	1302	30,98556	40,85611	1970 -2011
	1307	33,295	41,63861	1970 -2011
	1314	32,64222	41,16972	1970 -2011
	1319	31,96778	40,89556	1970 -2011
	1327	32,25028	40,74167	1970 -2011
	1332	35,0325	41,99917	1970 -2011
	1334	31,92972	40,88639	1970 -2011
	1335	32,07889	41,54694	1970 -2011
<b>YEŞİLIRMAK</b>	1401	36,99889	40,47833	1970 -2011
	1402	36,5125	40,77167	1970 -2011
	1412	35,4175	40,45167	1970 -2011
	1413	36,11194	40,74444	1970 -2011
	1414	36,11806	40,43417	1970 -2011
	1418	37,12861	40,31167	1970 -2011
	1422	39,31167	40,1125	1970 -2011
	1424	36,14639	40,00806	1970 -2011
<b>KIZILIRMAK</b>	1501	35,25722	38,88833	1970 -2011
	1524	34,33667	41,58528	1970 -2011
	1532	34,61722	38,75694	1970 -2011
	1535	36,83861	39,71833	1970 -2011
<b>ORTA ANADOLU</b>	1611	32,24583	37,19	1970 -2011
	1621	32,11972	37,32	1970 -2011
	1622	33,55139	38,95278	1970 -2011

Çizelge 3.1. ( devamı )

HAVZA ADI	İSTASYON NO	BOYLAM	ENLEM	GÖZLEM ARALIĞI
<b>DOĞU AKDENİZ</b>	1712	33,0275	36,95222	1970 -2011
	1714	33,81528	36,40306	1970 -2011
	1717	34,00472	36,66	1970 -2011
	1720	33,36778	36,63528	1970 -2011
<b>SEYHAN</b>	1801	36,05944	37,86583	1970 -2011
	1805	35,61389	37,61778	1970 -2011
	1818	35,46806	37,38056	1970 -2011
	1822	35,62583	38,24472	1970 -2011
<b>HATAY</b>	1905	36,41111	36,50472	1970 -2011
	1906	36,54306	36,30694	1970 -2010
	1907	36,355	36,25444	1970 -2011
<b>CEYHAN</b>	2006	36,56278	38,02389	1970 -2011
	2008	36,09306	37,37222	1970 -2011
	2015	36,92056	38,42528	1970 -2011
<b>FIRAT</b>	2102	39,93944	38,69694	1970 -2011
	2122	42,78028	39,53861	1970 -2011
	2124	37,4425	38,6725	1970 -2011
	2131	38,21	38,3225	1970 -2011
	2133	39,52639	39,04417	1970 -2011
	2135	38,74694	37,99056	1970 -2011
	2145	37,68556	38,47556	1970 -2011
	2154	40,75917	39,93778	1970 -2010
	2156	38,44861	39,4325	1970 -2011
	2158	41,48611	39,10806	1970 -2011
	2164	40,55889	38,80167	1970 -2011
	2166	39,81389	38,85861	1970 -2011
<b>DOĞU KARADENİZ</b>	2202	40,0075	40,85944	1970 -2011
	2218	40,49417	40,81389	1970 -2011
	2232	41,0125	41,07194	1970 -2011
	2233	40,57917	40,66667	1970 -2011
	2238	37,67556	40,54944	1970 -2011
	2247	37,89667	40,88639	1970 -2011
<b>ÇORUH</b>	2304	40,22667	40,25889	1970 -2011
	2305	41,48472	40,74389	1970 -2011
	2316	40,96472	40,46028	1970 -2011
	2323	41,69833	40,78056	1970 -2011
<b>ARAS</b>	2409	43,17167	40,72444	1970 -2010
<b>DİCLE</b>	2610	41,7825	38,16139	1970 -2011
	2612	41,20444	38,15444	1970 -2011



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan AGİ'lerin Haritada Gösterimi

## 3.2. YÖNTEM

### 3.2.1 Eksik Verilerin Tahmin Edilmesi

Aralarında neden-sonuç bağı bulunan iki veya daha fazla parametre arasındaki bağı, o mevzu ile ilgili tahminler yapmak için regresyon modeli olarak adlandırılan matematiksel model kullanarak analiz etme yöntemine regresyon analizi denir. Regresyon analizinde, kurulan matematiksel modelin yeterliliğinin test edilmesi çok önemlidir. Çünkü yeterliliği zayıf olan modellerde elde edilen sonuçlar hatalı olacak, güçlü olan modellerde gerçeğe daha yakın sonuçlar bulunacaktır.  $R^2$  ve varyans analizi, kurulan modelin yeterliliğini ölçmede kullanılan en yaygın yöntemlerdir (Şahinler 2000).

#### 3.2.1.1. Çok Değişkenli Regresyon Analizi

Regresyon analizi, araştırılan seriler arasında istatistiki açıdan bir bağ olup olmadığını araştırmamızı, seriler arasında bir bağ varsa bu bağın matematiksel modelini elde etmemizi, elde edilen matematiksel model ile tahminler yapmamızı ve bu tahminlerin güven aralıklarını bulmamamızı sağlar (Bayazıt 1974). Rastgele seçilen Y değişkeninin iki ya da daha fazla sayıda  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$  rastgele değişkenlerine göre regresyonu  $Y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$  fonksiyonu ile gösterilir. Rastgele değişkenler, mutlaka Y üzerinde etkisi bilinen değişkenlerden seçilmelidir. Bu durumda, bilinen  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$  değişkenleri sayesinde Y denklem (3.1) kullanılarak tahmin edilebilir.

$$Y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+\dots+b_nx_n \quad (3.1)$$

3 değişkenli doğrusal regresyon denklemi;

$$Y=b_0+b_1x_1+b_2x_2 \quad (3.2)$$

şeklinde olur. Denklem (3.2)'deki  $b_0, b_1, b_2$  aşağıdaki denklemler çözülerek bulunabilir.

$$b_1 \sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 + b_2 \sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2) = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})(x_{1i} - \bar{x}_1) \quad (3.3)$$



$$b_1 \sum_{i=1}^N (x_{1i} - \bar{x}_1) (x_{2i} - \bar{x}_2) + b_2 \sum_{i=1}^N (x_{2i} - \bar{x}_2) = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})(x_{2i} - \bar{x}_2) \quad (3.4)$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2 \quad (3.5)$$

Değişkenler arasındaki bağımlılığın derecesini ölçmek için çeşitli yollar vardır. Bunlardan bir tanesi de varyans oranını ifade eden korelasyon katsayısını (  $R^2$  ) hesaplamadır. R denklem (3.6) kullanılarak hesaplanır.

$$R = \left( 1 - \frac{s^2_{ey}}{s_y^2} \right)^{1/2} \quad (3.6)$$

Burada  $s^2_{ey}$ , gözlenen  $y_i$  değerleriyle, regresyon denkleminde hesaplanan değerler arasındaki farkların varyans olup denklem (3.7) kullanılarak bulunur.

$$s^2_{ey} = \frac{\sum_{i=1}^N e^2 y_i}{N - (m + 1)} \quad (3.7)$$

$R^2$ 'si, 1 ya da 1'e en yakın olan model, tahmin gücü en yüksek modeldir (Bayazıt 1981).

### 3.2.2. Homojenlik Testleri

Bir iklimsel zaman serisinin homojen olabilmesi, çevresindeki yerel etmenlerin değişmeden kalmasına bağlıdır. Böyle bir durumda, iklimsel zaman serisinin kayıtlarında gözlenen bütün değişken davranışlar, iklimsel değişikliklere bağlıdır. Ancak çoğu uzun süreli iklimsel kayıt serileri, iklimsel nedenlerden çok insan kaynaklı müdahalelerden etkilendiğinden dolayı, iklimsel değişiklikleri gösterme özelliklerini kaybederler. Örneğin, bir zaman serisinde görülen ortalamadaki ani değişiklikten, büyük oranda bu istasyonun yerinin değiştirildiği manası çıkarılabilir. Zaman serisinin homojen olmadığı, görsel veya istatistiksel tetkikler kullanılarak bazı sistematik değişikliklerin saptanmasıyla anlaşılabilir. Zaman serisinin elde edildiği istasyon hakkında detaylı bilgi varsa, örneğin yerinin değişip değişmediği, gözlem tekniğinin



değişip değişmediği, kayıtların homojenliğiyle ilgili doğrudan bir değerlendirme yapılabilir ve sistematik değişiklikler düzeltilebilir. Zaman serisinin elde edildiği istasyon hakkında detaylı bilgi yoksa kayıtların homojenliğiyle ilgili dolaylı bir değerlendirme yapılır ve homojenlik testleri kullanılabilir. Aslında doğrudan ve dolaylı değerlendirmelerin birlikte yapılması daha etkili bir yoldur. Homojenlik testleri, mutlak ve göreceli testler olmak üzere iki gruba ayrılır. Tek bir istasyona ait kayıtlar incelenirken mutlak testler, homojen olduğu kabul edilen komşu istasyonlara ait kayıtlarında kullanılarak incelemesinde göreceli testler kullanılır (Tosunoğlu 2014). Bu çalışmada, verilerin homojenliklerinin değerlendirilmesinde mutlak testlerden Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT), Pettit Testi ve Buishand Testi kullanılacaktır.

### 3.2.2.1. Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT)

SNHT, çok sayıda iklimsel ve hidrolojik zaman serilerinin test edilmesinde, esnek ve basit kullanımı sayesinde çok başarılı sonuçlar vermiştir (Yerdelen 2013). SNHT, bir zaman serisinde k noktası referans olarak seriyi ikiye böler;

$$T_k = k\bar{z}_1^2 + (n - k)k\bar{z}_2^2 \quad 1 \leq k < n \quad (3.8)$$

$$\bar{z}_1 = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{(y_i - \bar{y})}{\sigma}}{k} \quad ve \quad \bar{z}_2 = \frac{\sum_{i=1+k}^n \frac{(y_i - \bar{y})}{\sigma}}{n - k} \quad (3.9)$$

$$T_0 = \max T_k \quad (3.10)$$

$$T_0 = \frac{(n(T(n))^2)}{n - 2 + (T(n))^2} \quad (3.11)$$

Burada, 'n' gözlem sayısını, 'σ' serinin standart sapmasını, 'ȳ' serinin ortalamasını göstermektedir. T<sub>0</sub> değeri, Çizelge 3.2.'de verilen SNHT Kritik değerini geçerse hipotez reddedilir ve serinin homojen olmadığı tespit edilir (Alexandersson 1986).

**Çizelge 3.2.** SNHT testi ( T<sub>0</sub> ) kritik değerleri

n	20	30	40	50	70	100
%5	6.95	7.65	8.10	8.45	8.80	9.15

### 3.2.2.2. Buishand Testi

Buishand (1982) tarafından geliştirilen bu teste, düzeltilmiş kısmi toplam şöyle tanımlanır;

$$S_0^* = 0 \quad \text{ve} \quad S_y^* = \sum_{i=1}^y (Y_i - \bar{Y}), \quad y = 1, 2, \dots, n \quad (3.12)$$

Seri homojen olduğunda,  $S_y^*$  değeri yükselecek ve sifıra yaklaşacaktır.  $S_y^*$  maksimum veya minimum seviyeye ulaştığında  $y$  yılı kırılır. Yeniden ayarlanmış aralık, R tarafından elde edilir;

$$R = \frac{\left( \max_{0 \leq y \leq n} S_y^* - \min_{0 \leq y \leq n} S_y^* \right)}{\sigma} \quad (3.13)$$

$R/\sqrt{n}$  değeri, çizelge 3.3'de verilen Buishand testi kritik değerini aşarsa hipotez reddedilir ve serinin homojen olmadığı anlaşılır (Buishand 1982).

**Çizelge 3.3.** Buishand testi kritik değerleri

n	20	30	40	50	70	100
%5	1.43	1.50	1.53	1.55	1.59	1.62

### 3.2.2.3. Pettitt Testi

Pettitt (1979) tarafından geliştirilen, parametrik olmayan bu yöntem ile aylık veya yıllık verilerin değişim noktasını tespit edilebildiğinden, bu değişim noktasını tespit etmek için hidrolojik ve iklim serilerinde çokça kullanılan bir testtir.  $H_0$  hipotezi serinin bağımsız ve rasgele dağılımının olduğunu belirtirken,  $H_1$  hipotezi ani bir değişim olma durumunu belirtir. Her bir yıl değerine ( $Y_i$ ) karşılık gelecek rank ( $Y_i$ ) değeri sıralanır. Test istatistiği  $X_k$ ;

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.14)$$

şeklinde hesaplanır.  $X_k$ , değerleri grafik olarak çizilir ve  $X_k$ 'nin mutlak maksimum değeri, değişim noktasını belirler.

$$X_E = \max_{1 \leq k \leq n} |X_k| \quad (3.15)$$

Veri sayısına bağlı, % 95 güven seviyesinde  $X_E$  kritik değerleri, Çizelge 3.4'de verilmiştir (Pettitt 1979).

**Çizelge 3.4.** Pettitt testi ( $X_E$ ) kritik değerleri

n	20	30	40	50	60	70
%5	57	107	167	235	393	977

#### 3.2.3. Trend Testleri

Bir zaman serisinin, uzun dönemde azalan ya da artan yönde gösterdiği eğilime trend denir. Trendin en önemli özelliği istikrarlı oluşudur, bu yüzden serinin trendi doğrusal veya eğrisel olabilir. Zaman serisindeki eğilimin istatistiki açıdan anlamlı olup olmamasının incelenmesine ise Trend analizi denir. Trend analizi, bir uzun dönem analizidir. Bu yüzden zaman serisinin aylık veya mevsimsel olması araştırmanın sonucunda değişiklik yaratmayacaktır (Köksal 1998).

Sıcaklık, yağış, akım gibi hidrolojik büyüklükler, zaman içinde rastgele değişken olduğundan, özel yöntemler kullanılarak trend eğilimlerinin hesaplanması zorunludur (Helsel and Hirsch 1992).

Bu çalışmada, Mann-Kendall testi, trendin tespit edilmesi için, Sen'in trend eğim metodu, bulunan trendlerin şiddetini hesaplamak için kullanılmıştır.

##### 3.2.3.1 Mann-Kendall Trend Testi

Mann-Kendall testi (Mann 1945; Kendall 1975), Kendall'ın Tau istatistiği olarak da bilinen bu test, parametrik olmayan bir testtir. Özellikle hidrolojik ve meteorolojik zaman serilerinin trendlerinin belirlenmesinde ve normal dağılıma uymayan, uç

değerlere ve doğrusal olmayan trendlere sahip zaman serilerinde çokça kullanılan bir testtir (Zhang et al. 2001).

Bir zaman serisinde, zamana göre sıralanmış  $x_1, x_2, \dots, x_n$  gözlemleri, sıfır hipotezine göre zamandan bağımsız rastgele dağılmışsa trend yoktur, alternatif hipoteze göre  $x_k$  ve  $x_j$  gözlemleri benzer değilse trend vardır. Mann-Kendall testinin istatistiği ( $S_0=0$ ) denklem (3.16) ile hesaplanır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (3.16)$$

Bu denklemde ki  $(x_j - x_k)$  değerinin işareti ise denklem (3.17) ile bulunur.

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{EĞER } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (3.17)$$

Kendall korelasyon katsayısı  $t$  ;

$$t = \frac{S}{\left(\frac{n(n-1)}{2}\right)} \quad (3.18)$$

şeklinde bulunur. Normal dağılıma sahip ve ortalaması sıfır olan test istatistiği  $S$ 'in varyansı denklem (3.19) ile hesaplanır.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3.19)$$

Eğer zaman serisinde benzer değerler varsa test istatistiği  $S$ 'in varyansı denklem (3.20) deki gibi hesaplanır.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^p t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (3.20)$$

Burada, n veri sayısını, p birleştirilmiş grupların sayısını, t ise aynı verilerin sayısını göstermektedir.

Trendin anlamlılığının belirlenebilmesi için normalleştirilmiş Z değeri, S'nin istatistiksel güvenilirliğini göstermektedir. Hesaplamak içinde aşağıdaki denklem (3.21) kullanılır.

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}}, & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (3.21)$$

Eğer seçilen  $\alpha$  anlamlılık seviyesinde  $|z| \leq z_a$  ise  $H_0$  hipotezi kabul edilir, aksi durumda reddedilir. Hesaplanan Z değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan bir trendin varlığı söz konusudur. Bu metot eksik verilerin varlığına müsaade ettiği ve verilerin belirli bir dağılıma uyma zorunluluğunu aramadığı için kullanışlıdır (Yu et al. 1993).

#### 3.2.3.2 Sen'in Trend Eğim Yöntemi

Sen (1968) tarafından geliştirilen parametrik olmayan bu yöntem ile eğer zaman serisinde doğrusal bir eğilim varsa, bu eğilimin birim zamandaki değişimi belirlenebilir. Veri hatalarından ve uç değerlerden etkilenmeyen Sen'in trend eğim yöntemi, eksik verilerin bulunduğu zaman serilerine de uygulanabilmektedir (Yu et al. 1993).

n zaman periyodu sayısını ve  $j > k$  şartı ile j ve k zamanlarında karşılık gelen değerleri  $X_j$  ve  $X_k$  ile gösterilmek üzere,  $N = n(n-1)/2$  adet  $Q_i$  ( $i=1,2, \dots, N$ ) denklem (3.22) ile hesaplanır.

$$Q_i = \frac{(x_j - x_k)}{(j - k)} \quad (3.22)$$

N adet küçükten büyüğe doğru sıralanmış  $Q_i$  değerlerinin medyanı, zaman serisinin eğimini verir. N sayısının tek olması durumunda denklem (3.23), çift olması durumunda denklem (3.24) kullanılır.

$$Q = Q_{(N+1)/2} \quad (3.23)$$

$$Q = \left\{ \frac{1}{2} (Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2}) \right\} \quad (3.24)$$

#### 3.2.3.3 Modifiyeli Mann-Kendall testi

Bu yöntem, klasik Mann-Kendall testinin göz önüne almadığı durumlar için kullanılır. Klasik Mann-Kendall testi, incelenen zaman serisi elemanlarının sırası arasındaki kolerasyona bakarken, test kabulü verinin bağımsız olduğunu ve eğilim olmadığını kabul eder. Hakikatte ise tabiiyet bulunur ve bu tabiiyet otokorelasyon katsayısı ile gösterilir.  $i=1$  için lag-1 otokorelasyon katsayısı ( $r_1$ ) denklem (3.25) ile hesaplanır.

$$r_i = \frac{\frac{1}{N-i} \sum_{k=1}^{N-i} (x_k - \bar{x})(x_{k+i} - \bar{x})}{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (x_k - \bar{x})^2} \quad (3.25)$$

$r_1$  değeri,  $\pm 1.96/\sqrt{n}$  sınırını aşarsa içsel bağımlılık vardır ve Modifiyeli Mann-Kendall testi uygulanır. Modifiyeli Mann-Kendall varyansı denklem (3.26) ile hesaplanır.

$$VAR^*(S) = VAR(S) * \frac{n}{n_s^*} \quad (3.26)$$

burada  $\frac{n}{n_s^*}$ , denklem (3.27) ile hesaplanır.

$$\frac{n}{n_s^*} = 1 + \frac{2}{n \cdot (n-1) \cdot (n-2)} \quad (3.27)$$

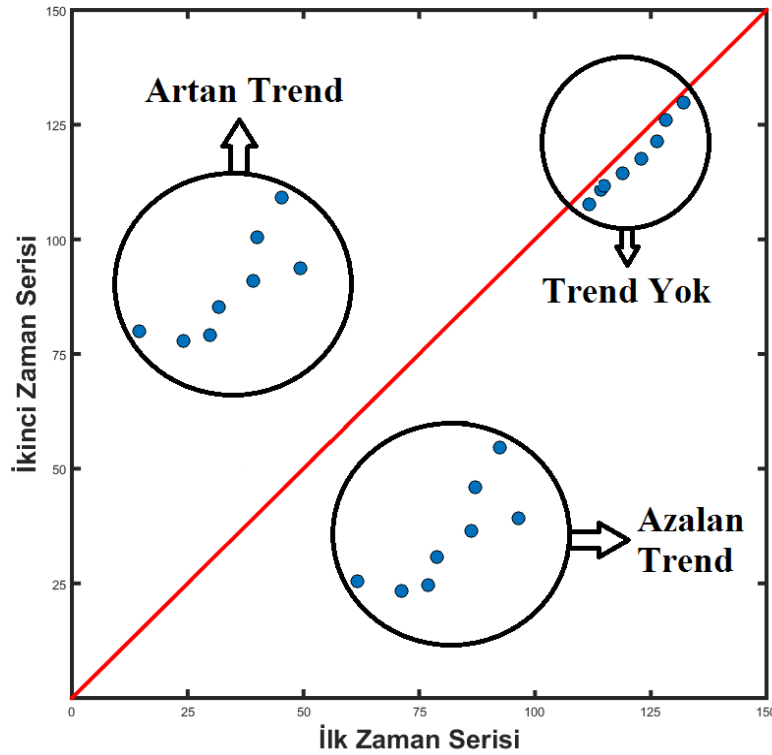
Denklem (3.26) de yerine yazılırsa;

$$VAR^*(S) = \frac{n \cdot (n - 1) \cdot (2n - 5)}{18} \cdot \left(1 + \frac{2}{n \cdot (n - 1) \cdot (n - 2)}\right) \quad (3.28)$$

elde edilir (Hamed and Rao 1998).

### 3.2.3.4 Şen Trend Yöntemi

Bu yöntem de, gözlenen seri eşit uzunlukta 2 parçaya bölünerek, her iki seride büyükten küçüğe doğru sıralanır. İlk seri x ekseninin üzerinde, ikinci seri y ekseninin üzerinde olacak şekilde Kartezyen koordinat sisteminde gösterilir. Eğer veriler 1:1 doğrusu üzerinde veya yakın dağılıyorsa trend yok, doğrunun altına dağılıyorsa azalan trend, doğrunun üstünde dağılıyorsa artan trend olarak yorumlanır (Şen 2012).



Şekil 3.4 Şen Yönteminin Grafikte Gösterimi

### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

#### 4.1. ARAŞTIRMA BULGULARI

Akarsu akımını; yağış miktarı, yağış rejimi, yağış tipi, zeminin özelliği, kaynak suları, sıcaklık ve buharlaşma gibi koşullar direkt olarak etkiler. Bu kısımda, akarsu akımının yıllık ortalama akım verilerine, uygulanan test sonuçları ile istasyonlarda trend olup olmadığı araştırılmıştır. Devlet Su İşleri'ne ait akım gözlem yıllığından alınan akım gözlem istasyonlarının aylık akım verileri excel ortamına aktarılmıştır, eksik olduğu görülen veriler tahmin edilmiştir. Daha sonra yıllık ortalama akım verilerine homojenlik testleri yapılmış, kullanılması uygun olmayan istasyonlar çıkarılmıştır. Homojen olan istasyonlara Mann-Kendall testi ile trend durumu, Sen'in eğim metodu ile de istasyonların trend eğimleri bulunmuştur. Şen Yöntemi ile yıllık ortalama akım verilerinin düşük, orta, yüksek akımlarında trend analizi yapılmıştır. Bu araştırma sonunda bulunan sonuçlar, Arcgis yardımıyla haritalandırılarak gösterilmiştir.

##### 4.1.1 Eksik Verilerin Bulunması

Araştırma için, Devlet Su İşleri'nin 96 akım gözlem istasyonunun, 1970-2011 yılları arasından alınan akım verilerinde, 264 tane aylık verinin eksik olduğu tespit edilmiştir. Daha iyi sonuçlar alabilmek için eksik veriler tahmin edilmiştir. Ancak 5 istasyonda son yıllarına ait 12 aylık veri tahmin edilememiş, eksik veriler son yıl olduğu için istasyonlar bu şekilde incelenmiştir. Eksik verilerin olduğu istasyonlar ve tahmin edilme durumu Çizelge 4.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Şekil 4.1 de tahmin edilen ve edilemeyen istasyonlar harita üzerinde gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** İstasyonlarda eksik verilerin gösterimi ve tahmin durumu

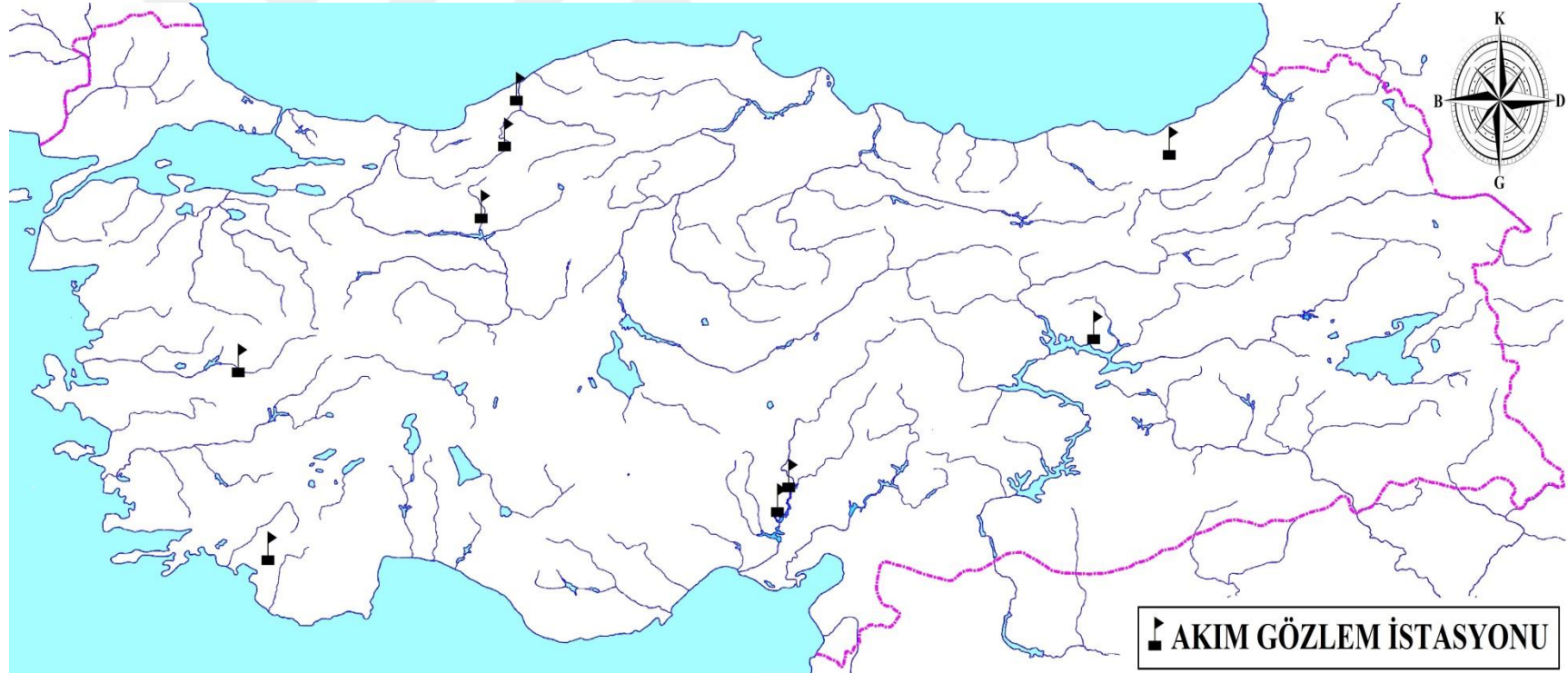
İSTASYON NO	EKSİK VERİ SAYISI (AY)	EKSİK YILLAR	TAHMİN DURUMU	TAHMİNDE KULLANILAN İSTASYONLAR	R <sup>2</sup>
514	12	2011	Tahmin edilemedi	-	-
515	36	2009-2010-2011	2011 tahmin edilemedi	514 - 509	0.8
812	12	2011	Tahmin edildi	809 - 902	0.81
1233	12	2011	Tahmin edildi	1237 - 1327	0.79
1319	48	2005-2004-2007-2008	Tahmin edildi	1334 - 1335	0.84



Çizelge 4.1. (devamı)

İSTASYON NO	EKSİK VERİ SAYISI (AY)	EKSİK YILLAR	TAHMİN DURUMU	TAHMİNDE KULLANILAN İSTASYONLAR	R <sup>2</sup>
1335	24	2010-2011	Tahmin edildi	1302 - 1314	0.86
1805	24	1995-1996	Tahmin edildi	1801 - 1818	0.92
1818	24	1980-2011	Tahmin edildi	1801 - 1805	0.9
1906	12	2011	Tahmin edilemedi	-	-
2133	24	2010-2011	Tahmin edildi	2135 - 2156	0.75
2154	12	2011	Tahmin edilemedi	-	-
2218	24	2010-2011	Tahmin edildi	2232 - 2233	0.7
2409	12	2011	Tahmin edilemedi	-	-

514 ve 515 nolu istasyonların birbiriyle olan korelasyon katsayısı (0,883) yüksektir. Ancak ikisinin de son yıllarının eksik olmasından dolayı bu istasyonların son yılı tahmin edilememiştir. 1906, 2154, 2409 nolu istasyonların ise yakınlarında korelasyon katsayısı yüksek istasyon bulunmamaktadır. Bundan dolayı bu istasyonların son yılları tahmin edilememiştir.



Şekil 4.1. Tahmin Edilen İstasyonların Haritada Gösterimi

## 4.1.2 Çalışma Kapsamında Kullanılan İstasyonlara Ait İstatistiksel Bilgiler

96 akım gözlem istasyonundan alınan yıllık ortalama akım verilerinin temel istatistiksel değerleri XLSTAT yardımıyla hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2 de detaylı gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. İstasyonlara ait akım değerlerinin istatistiksel değerleri.

İstasyon No	Gözlem Sayısı	Minimum	Maximum	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
101	42	0,208	5,425	1,992	1,147	0,787	0,524
103	42	44,325	262,567	147,76	55,314	0,308	-0,840
106	42	0,301	15,548	4,639	3,612	1,236	1,149
212	42	4,573	28,635	14,53	6,277	0,225	-0,603
302	42	16,063	91,867	47,83	19,184	0,543	-0,132
311	42	2,036	11,778	5,5	2,739	0,930	0,131
316	42	9,236	76,641	39,18	17,231	0,372	-0,463
317	42	28,248	212,158	111,49	46,041	0,332	-0,321
324	42	1,906	15,735	8,17	3,767	0,536	-0,396
509	42	0,228	5,780	2,49	1,465	0,427	-0,701
514	41	0,213	5,231	2,22	1,365	0,674	-0,415
515	41	0,293	6,827	3,11	1,796	0,449	-0,769
518	42	4,037	84,867	29,81	20,817	1,164	0,722
523	42	1,815	21,877	9,323	5,152	0,909	0,294
601	42	0,054	25,944	7,249	6,507	1,499	1,746
701	42	0,881	21,608	5,891	4,221	1,731	4,200
704	42	3,374	38,606	15,72	7,935	1,052	1,021
706	42	14,053	106,158	44,10	23,737	1,044	0,500
712	42	12,283	59,875	27,348	11,865	0,999	0,357
713	42	1,493	21,608	9,417	4,782	0,569	0,040
808	42	0,372	9,841	3,225	2,533	1,173	0,444
809	42	1,005	6,758	3,424	1,692	0,242	-1,199
812	42	16,528	72,108	39,044	14,463	0,495	-0,728
902	42	50,042	116,792	80,152	17,151	0,243	-1,061
912	42	22,090	118,175	67,818	24,725	0,026	-0,694
917	42	10,399	49,873	29,764	10,387	0,138	-0,834
1102	42	0,083	1,312	0,422	0,235	1,481	3,772
1203	42	2,093	15,613	6,555	3,326	0,979	0,480
1221	42	49,892	226,275	110,30	36,574	0,897	1,463
1222	42	7,152	27,767	17,19	5,352	0,024	-0,673
1224	42	3,991	11,644	6,38	1,786	1,189	1,461
1226	42	2,979	26,550	11,64	4,207	1,194	2,904
1233	42	3,443	22,462	12,7	4,491	0,106	-0,491

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çizelge 4.2. (devamı)

İstasyon No	Gözlem Sayısı	Minimum	Maximum	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
1237	42	2,626	13,970	7,585	2,378	0,429	0,683
1302	42	17,978	54,700	36,386	8,608	0,277	-0,213
1307	42	1,341	13,081	6,496	2,708	0,514	-0,184
1314	42	7,511	62,600	25,078	9,482	1,304	4,949
1319	42	2,132	11,861	5,397	1,747	0,999	3,372
1327	42	2,184	13,135	7,631	2,572	-0,004	-0,405
1332	42	1,352	7,431	4,279	1,440	0,149	-0,541
1334	42	1,507	13,357	7,294	2,183	-0,128	1,108
1335	42	33,074	195,925	93,526	28,139	0,737	3,275
1401	42	37,317	113,292	66,483	16,857	0,471	0,358
1402	42	64,383	249,617	147,593	41,745	0,366	0,169
1412	42	1,223	13,157	6,249	3,174	0,461	-0,262
1413	42	15,126	111,617	57,545	22,788	0,240	-0,402
1414	42	7,458	45,858	22,153	9,510	0,546	-0,511
1418	42	8,521	27,163	18,388	4,557	-0,256	-0,608
1422	42	3,606	17,236	7,884	2,638	1,146	2,493
1424	42	1,011	7,780	3,898	1,736	0,539	-0,310
1501	42	8,648	123,533	61,093	24,311	0,072	0,356
1524	42	3,985	26,644	14,585	5,651	0,078	-0,161
1532	42	13,372	142,633	70,592	26,500	0,126	0,622
1535	42	14,559	72,695	36,127	11,872	0,698	1,298
1611	42	1,365	6,754	3,398	1,247	0,363	-0,198
1621	42	4,663	17,587	11,631	3,552	-0,208	-0,843
1622	42	0,157	1,492	0,834	0,373	-0,291	-0,885
1712	42	12,578	41,403	26,249	7,430	0,194	-0,481
1714	42	51,683	163,842	102,501	32,517	0,140	-1,038
1717	42	1,830	9,990	4,884	1,925	0,710	0,193
1720	42	21,058	66,050	41,844	11,762	0,201	-0,582
1801	42	14,580	46,583	27,429	7,678	0,390	-0,123
1805	42	25,283	96,692	55,715	18,435	0,242	-0,686
1818	42	75,150	217,815	137,602	36,351	0,238	-0,632
1822	42	8,140	30,302	18,127	5,464	0,287	-0,355
1905	42	2,460	24,753	9,172	5,057	1,250	1,612
1906	41	0,431	15,466	6,482	4,036	0,603	-0,253
1907	42	7,372	48,428	24,332	12,117	0,406	-1,034
2006	42	4,013	14,965	8,486	2,926	0,394	-0,204
2008	42	3,663	20,114	8,185	2,990	1,475	4,800
2015	42	3,413	14,006	7,519	2,356	0,619	0,292
2102	42	126,733	472,092	236,365	71,783	0,868	1,457
2122	42	26,159	85,467	47,950	12,996	0,487	0,423
2124	42	1,643	12,109	6,881	2,645	-0,364	-0,186

Çizelge 4.2. (devamı)

İstasyon No	Gözlem Sayısı	Minimum	Maximum	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
2131	42	0,580	3,804	1,425	0,694	1,346	2,315
2133	42	44,300	126,500	86,856	18,882	-0,118	-0,279
2135	42	1,917	5,835	3,737	1,014	0,517	-0,474
2145	42	11,316	42,017	20,948	5,921	1,279	2,822
2154	41	9,818	31,135	19,567	4,458	0,736	0,860
2156	42	103,542	212,617	149,008	26,406	0,120	-0,439
2158	42	10,806	35,918	18,573	5,132	1,068	1,764
2164	42	18,410	57,146	32,387	9,241	0,547	-0,310
2166	42	41,717	137,000	77,347	23,594	0,496	-0,374
2202	42	6,740	15,892	11,232	1,927	0,555	0,726
2218	42	19,555	37,350	28,015	3,537	0,293	0,743
2232	42	23,150	39,942	29,747	4,075	0,459	-0,199
2233	42	4,762	8,624	6,685	0,957	0,187	-0,410
2238	42	5,076	18,598	11,527	2,882	0,130	0,309
2247	42	14,977	43,751	28,270	6,830	0,461	0,318
2304	42	8,197	24,141	15,510	3,557	0,325	-0,181
2305	42	36,817	116,910	69,189	16,214	0,661	0,712
2316	42	21,127	59,224	38,863	8,919	0,122	-0,243
2323	42	18,186	52,645	33,725	8,409	0,472	-0,210
2409	41	5,309	22,790	11,496	3,838	0,694	0,972
2610	42	7,500	38,321	17,631	6,016	0,982	2,106
2612	42	31,388	209,075	116,049	42,155	0,105	-0,474

### 4.1.3 Homojenlik Testleri Bulguları

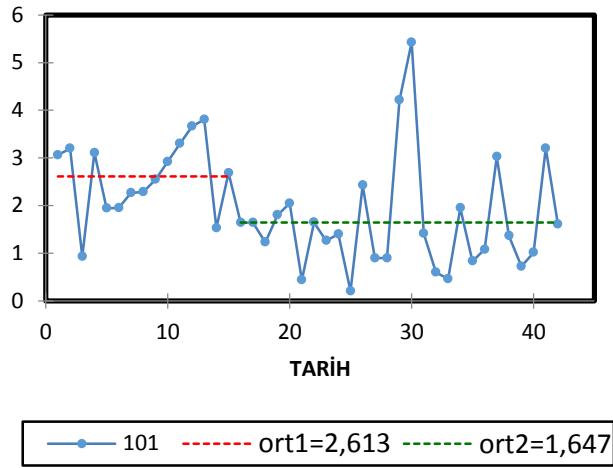
Elde ettiğimiz verilerin, trend analizin yapıp yapılamayacağını karar verilmesi için verilere homojenlik testleri uygulanmıştır. Homojenlik testleri için, en yaygın testler olan SNHT, Buishand test ve Pettitt test kullanılmıştır.

#### 4.1.3.1. 101 nolu istasyon için homojenlik testleri bulguları

Örnek için seçilen 101 nolu istasyonun, homojenlik testi sonuçları ve grafikleri detaylı olarak aşağıda verilmiştir. 101 nolu istasyonun yıllık ortalama akım verileri Çizelge 4.3 de verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** 101 nolu istasyonun yıllık ortalama akım verileri

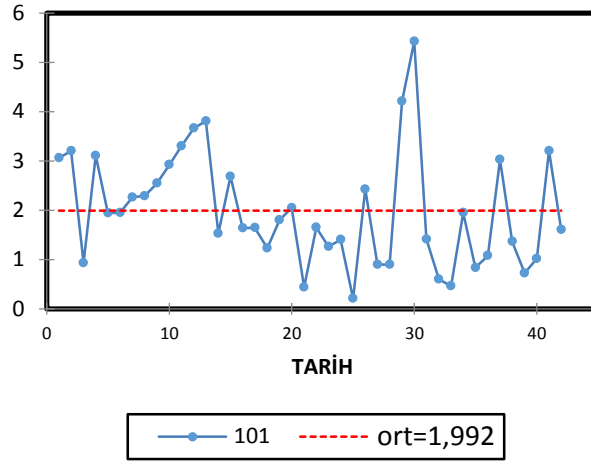
1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
3,06	3,2	0,93	3,11	1,94	1,95	2,26	2,29	2,55	2,92	3,3	3,66	3,8	1,53	2,69	1,64
1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1,64	1,23	1,8	2,05	0,44	1,65	1,26	1,4	0,21	2,43	0,9	0,9	4,21	5,43	1,41	0,6
2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011						
0,46	1,95	0,83	1,08	3,03	1,36	0,72	1,02	3,2	1,61						



**Şekil 4.2.** 101 nolu istasyonun Pettitt Test grafiği

**Çizelge 4.4** 101 nolu istasyonun Pettitt Testi sonuçları

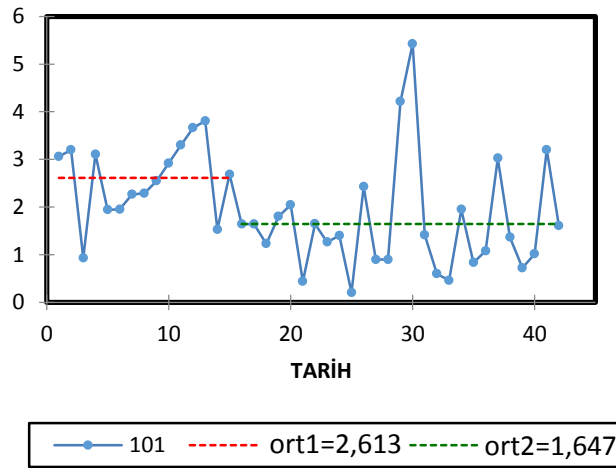
<b>K</b>	243
<b>t</b>	15
<b>p-değeri (Two-tailed)</b>	0,008
<b>alpha</b>	0,05



Şekil 4.3. 101 nolu istasyonun SNHT grafiği

Çizelge 4.5 101 nolu istasyonun SNHT sonuçları

<b>T<sub>0</sub></b>	<b>6,994</b>
<b>t</b>	13
<b>p-değeri (Two-tailed)</b>	0,124
<b>alpha</b>	0,05



Şekil 4.4. 101 nolu istasyonun Buishand Test grafiği

Çizelge 4.6 101 nolu istasyonun Buishand test sonuçları

<b>R</b>	<b>8,954</b>
<b>p-değeri (Two-tailed)</b>	0,1272
<b>alpha</b>	0,05

## 4.1.3.2 Tüm İstasyonların Homojenlik Testleri Bulguları

Bütün istasyonlara uygulanan homojenlik testleri sonuçları (p-değeri) çizelge 4.7.'de ayrıntılı olarak verilmiştir. %95 güven aralığının (p-değeri<0.05) dışında kalıp reddedilen hipotezler kırmızı ile, %95 güven aralığında (p-değeri>0.05) kalıp kabul edilen hipotezler siyah ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Homojenlik testleri sonuçları

İstasyon No	Pettitt test	SNHT	Buishand test
101	<i>0,0077</i>	0,1241	0,1272
103	<i>0,0222</i>	0,0734	<i>0,006</i>
106	0,2487	0,1144	0,129
212	0,3637	0,5862	0,285
302	<i>0,0002</i>	<i>0,0005</i>	<i>0,0001</i>
311	<i>0,0001</i>	<i>0,0002</i>	<i>0,0001</i>
316	0,0538	0,087	<i>0,0288</i>
317	<i>0,0476</i>	<i>0,0453</i>	<i>0,0123</i>
324	0,4005	0,4994	0,1873
509	0,19	0,2738	0,1186
514	<i>0,0008</i>	<i>0,0024</i>	<i>0,0005</i>
515	<i>0,0183</i>	<i>0,0451</i>	<i>0,0178</i>
518	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>
523	<i>0,0096</i>	<i>0,0051</i>	<i>0,007</i>
601	<i>0,0001</i>	<i>0,0012</i>	<i>0,0001</i>
701	<i>0,0007</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0006</i>
704	<i>0,0032</i>	<i>0,0202</i>	<i>0,0045</i>
706	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>
712	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>
713	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>
808	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0001</i>
809	0,093	0,2979	0,1609
812	<i>0,0337</i>	0,0615	<i>0,0363</i>



Çizelge 4.7. (devamı)

İstasyon No	Pettitt test	SNHT	Buishand test
902	0,6027	0,7696	0,5024
912	0,559	0,8319	0,6518
917	0,5123	0,6704	0,4688
1102	0,1014	0,1637	0,0531
1203	<b>0,0001</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0001</b>
1221	<b>0,0001</b>	<b>0,0034</b>	<b>0,0001</b>
1222	0,0753	0,1201	0,211
1224	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
1226	<b>0,0221</b>	<b>0,0375</b>	<b>0,0285</b>
1233	<b>0,0181</b>	<b>0,0227</b>	<b>0,0088</b>
1237	0,0511	0,1852	0,324
1302	0,096	0,2003	0,470
1307	<b>0,0388</b>	0,074	0,0691
1314	0,1782	0,2783	0,1368
1319	<b>0,0034</b>	0,0822	<b>0,044</b>
1327	0,1577	0,3538	0,1656
1332	0,185	0,227	0,1324
1334	<b>0,0231</b>	<b>0,0182</b>	0,116
1335	<b>0,01</b>	0,0816	0,078
1401	0,484	0,8462	0,5963
1402	0,2671	0,3155	0,2284
1412	<b>0,0003</b>	<b>0,0018</b>	<b>0,0005</b>
1413	<b>0,0002</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0001</b>
1414	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
1418	0,2617	0,1113	0,3744
1422	0,1443	0,3995	0,239
1424	<b>0,0404</b>	0,1074	<b>0,0385</b>
1501	<b>0,0155</b>	<b>0,0034</b>	<b>0,0056</b>
1524	0,1529	0,2817	0,1227
1532	<b>0,0087</b>	<b>0,0017</b>	<b>0,004</b>
1535	0,23	0,4164	0,2748

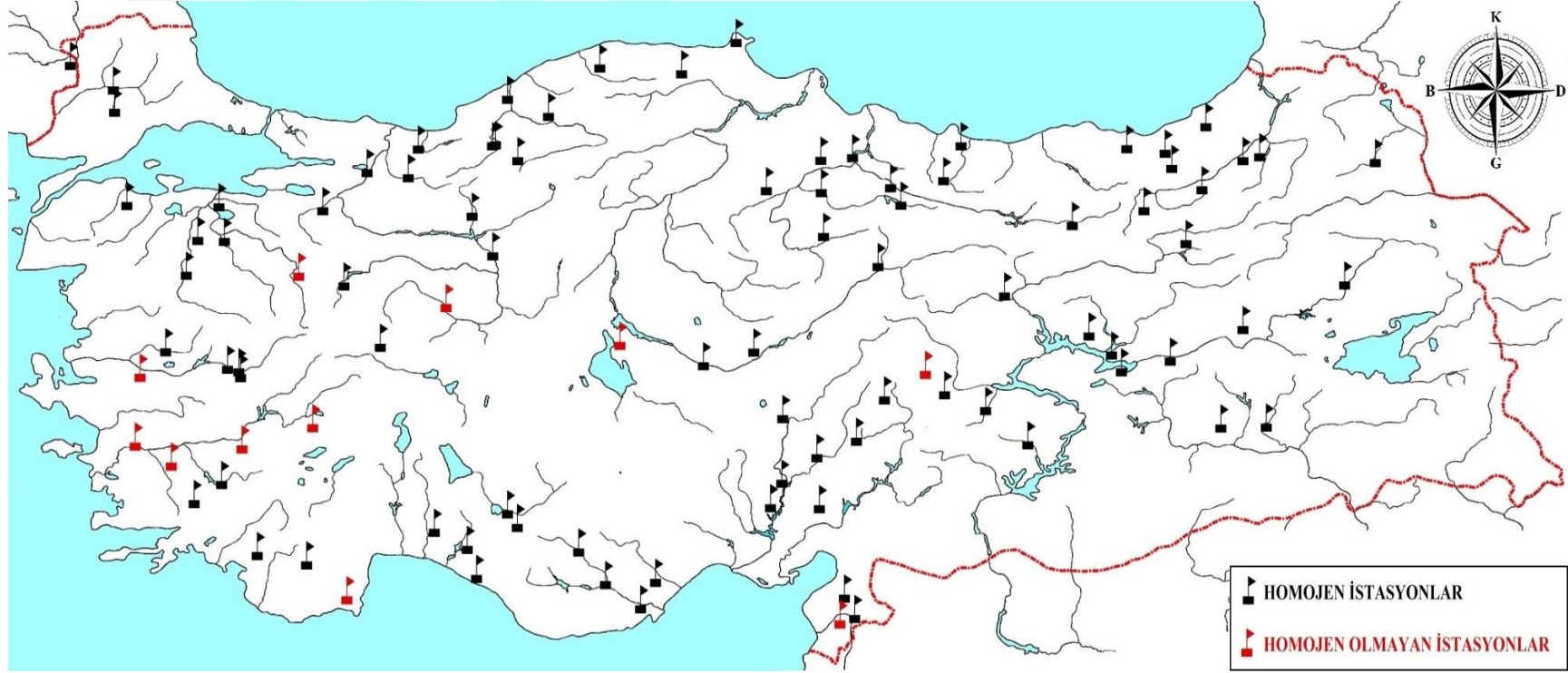
Çizelge 4.7. (devamı)

İstasyon No	Pettitt test	SNHT	Buishand test
1611	0,3046	0,9013	0,6043
1621	0,2792	0,1468	0,1903
1622	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
1712	<b>0,0058</b>	<b>0,0359</b>	<b>0,0135</b>
1714	<b>0,0002</b>	<b>0,0011</b>	<b>0,0005</b>
1717	<b>0,0001</b>	<b>0,0009</b>	<b>0,0001</b>
1720	<b>0,001</b>	<b>0,0066</b>	<b>0,0029</b>
1801	0,4836	0,309	0,5547
1805	0,2276	0,2125	0,2039
1818	0,1613	0,2752	0,1906
1822	<b>0,0015</b>	<b>0,0008</b>	<b>0,002</b>
1905	<b>0,0303</b>	0,1276	<b>0,0285</b>
1906	<b>0,008</b>	<b>0,009</b>	<b>0,0015</b>
1907	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
2006	0,1862	0,518	0,2962
2008	0,6207	0,5637	0,7575
2015	<b>0,0195</b>	<b>0,0453</b>	<b>0,024</b>
2102	0,8059	0,8546	0,801
2122	0,324	0,5646	0,4593
2124	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
2131	0,1996	0,4349	0,2686
2133	0,2925	0,1386	0,3162
2135	0,3882	0,6882	0,4723
2145	<b>0,0008</b>	0,0597	0,0034
2154	0,4136	0,1016	0,671
2156	0,1446	0,1069	0,1341
2158	0,6755	0,7275	0,8188
2164	0,5205	0,447	0,6127
2166	0,5571	0,4087	0,5604
2202	0,2793	0,474	0,4476
2218	0,8331	0,865	0,596

Çizelge 4.7. (devamı)

İstasyon No	Pettitt test	SNHT	Buishand test
2232	0,1163	0,0521	0,1046
2233	0,1612	0,1346	0,1389
2238	0,4999	0,2426	0,4887
2247	0,2665	0,4849	0,1924
2304	0,1934	0,2639	0,2762
2305	<b>0,0413</b>	0,1359	<b>0,0387</b>
2316	0,105	0,0959	0,1575
2323	0,0743	0,1162	0,177
2409	0,4175	0,0838	0,2207
2610	0,6529	0,5838	0,7227
2612	0,41	0,5259	0,4091

Çalışmada kullanılan 3 test sonuçlarına göre de homojen veri setine sahip olmayan istasyonların verileri görsel olarak da analiz edilmiş ve homojenlik bozucu nedenler detaylı olarak araştırılmıştır. Yapılan detaylı görsel analiz ve test sonuçlarına göre 311, 518, 601, 706, 712, 713, 808, 1224, 1622, 1907, 2124 nolu istasyonlar homojen veri setlerine sahip olmadıkları için çalışma kapsamından çıkarılmış, trend analizleri yapılmamıştır. Şekil 4.5 de homojenlik testleri sonuçlarına göre, çıkarılan ve analizde kullanılan istasyonlar harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Homojen veri setine sahip olan ve olmayan istasyonların haritada gösterimi

#### 4.1.4. Mann-Kendall Trend Analizi ve Sen'in Eğim Metodu Bulguları

P değerinin, 0,05'ten küçük olması o istasyonda eğilimin varlığını gösterir. Ek olarak Z değerinin, normal dağılım tablosundan okunan  $Z_{1-\alpha/2}$  (%5 anlam seviyesinde kritik değer  $\pm 1,96$  dır) değerinden büyükse eğilim olduğu kabul edilir. Böyle bir durumda, eğilimin azalan ya da artan olduğunu belirlemek için Z değerinin işaretine bakılır. Z değerinin, negatif olması azalan eğilim olduğunu, pozitif olması ise artan eğilim olduğunu gösterir. Sen'in eğim değeri, trendin birim zamandaki değişimini gösterir. Bu değer 0'dan küçükse azalan, 0'dan büyükse artan trend olduğu söylenir. Homojen veri setine sahip olan istasyonlara ait yıllık ortalama akım verilerinin trend analizi sonuçları Çizelge 4.8 detaylı bir şekilde verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Mann-Kendall testi ve Sen'in eğim metodu sonuçları

İstasyon no	Kendall's tau	S	P-değeri	Z	Sen Eğimi
101	-0,259	-223	<b>0,0155</b>	-2,406	-0,0369
103	-0,101	-87	0,3537	-0,932	-0,6958
106	0,059	51	0,59	0,542	0,026
212	-0,015	-13	0,897	-0,130	-0,008
302	-0,2729	-235	<b>0,0106</b>	-2,536	-0,6527
316	-0,1567	-135	0,147	-1,452	-0,3228
317	-0,1475	-127	0,1733	-1,366	-0,936
324	-0,0615	-53	0,575	-0,564	-0,029
509	-0,059	-51	0,59	-0,542	-0,0127
514	-0,232	-190	<b>0,033</b>	-2,1228	-0,035
515	-0,185	-152	0,09	-1,696	-0,04
523	-0,2009	-173	0,062	-1,864	-0,109
701	-0,31	-267	<b>0,0035</b>	-2,883	-0,1267
704	-0,277	-239	<b>0,009</b>	-2,579	-0,215
809	-0,087	-75	0,425	-0,802	-0,018
812	-0,1428	-123	0,187	-1,322	-0,24
902	-0,0847	-73	0,4377	-0,780	-0,173
912	-0,089	-77	0,4126	-0,824	-0,30
917	-0,0569	-49	0,605	-0,520	-0,089

Çizelge 4.8. (devamı)

İstasyon no	Kendall's tau	S	P-değeri	Z	Sen Eğimi
1102	-0,1487	-128	0,169	-1,376	-0,004
1203	-0,319	-275	<b>0,002</b>	-2,969	-0,119
1221	-0,336	-289	<b>0,0015</b>	-3,121	-1,381
1222	-0,175	-151	0,104	-1,626	-0,098
1226	0,22	189	<b>0,041</b>	2,037	0,092
1233	-0,224	-193	<b>0,038</b>	-2,081	-0,113
1237	-0,219	-189	<b>0,041</b>	-2,037	-0,056
1302	-0,166	-143	0,124	-1,539	-0,166
1307	-0,226	-195	<b>0,035</b>	-2,102	-0,063
1314	-0,157	-135	0,147	-1,452	-0,166
1319	-0,222	-191	<b>0,039</b>	-2,059	-0,042
1327	-0,131	-113	0,227	-1,214	-0,047
1332	-0,115	-99	0,29	-1,062	-0,022
1334	-0,289	-249	<b>0,007</b>	-2,688	-0,072
1335	-0,254	-219	<b>0,018</b>	-2,362	-0,68
1401	-0,034	-29	0,76	-0,303	-0,052
1402	0,008	7	0,95	0,065	0,05
1412	-0,31	-267	<b>0,0035</b>	-2,883	-0,115
1413	-0,287	-247	<b>0,007</b>	-2,666	-0,83
1414	-0,352	-303	<b>0,001</b>	-3,273	-0,405
1418	0,122	105	0,262	1,127	0,047
1422	0,092	79	0,4	0,845	0,022
1424	-0,075	-65	0,49	-0,6936	-0,016
1501	-0,196	-169	0,07	-1,821	-0,614
1524	-0,131	-113	0,227	-1,214	-0,104
1532	-0,217	-187	<b>0,043</b>	-2,016	-0,618
1535	-0,038	-33	0,73	-0,347	-0,038
1611	-0,129	-111	0,235	-1,192	-0,021
1621	-0,089	-77	0,413	-0,824	-0,052
1712	-0,268	-231	<b>0,012</b>	-2,493	-0,263
1714	-0,384	-331	<b>0,0002</b>	-3,576	-1,725

Çizelge 4.8. (devamı)

İstasyon no	Kendall's tau	S	P-değeri	Z	Sen Eğimi
1717	-0,442	-381	<b>0,0001</b>	-4,118	-0,096
1720	-0,338	-291	<b>0,001</b>	-3,146	-0,528
1801	-0,094	-81	0,388	-0,867	-0,074
1805	-0,136	-117	0,21	-1,257	-0,33
1818	-0,164	-141	0,13	-1,517	-0,673
1822	-0,275	-237	<b>0,01</b>	-2,558	-0,188
1905	-0,273	-235	<b>0,011</b>	-2,536	-0,134
1906	-0,3024	-254	<b>0,004</b>	-2,8417	-0,138
2006	-0,171	-147	0,114	-1,5823	-0,048
2008	-0,07	-61	0,518	-0,6502	-0,027
2015	-0,30	-259	<b>0,005</b>	-2,796	-0,084
2102	0,015	13	0,897	0,130	0,133
2122	0,069	59	0,532	0,6286	0,128
2131	-0,154	-133	0,154	-1,4305	-0,01
2133	0,168	145	0,119	1,5606	0,427
2135	-0,103	-89	0,343	-0,9537	-0,013
2145	-0,387	-333	<b>0,00</b>	-3,598	-0,236
2154	0,098	80	0,377	0,8873	0,052
2156	0,189	163	0,079	1,7557	0,646
2158	0,008	7	0,949	0,065	0,0008
2164	-0,003	-3	0,983	-0,0217	-0,0004
2166	0,015	13	0,897	0,13	0,039
2202	0,057	49	0,605	0,5202	0,014
2218	-0,046	-40	0,673	-0,4227	-0,018
2232	0,173	149	0,109	1,6039	0,092
2233	0,187	161	0,083	1,734	0,025
2238	0,002	2	0,991	0,0108	0,0003
2247	-0,038	-33	0,730	-0,3468	-0,031
2304	0,201	173	0,062	1,864	0,075
2305	0,224	193	<b>0,037</b>	2,0808	0,43
2316	0,224	193	<b>0,036</b>	2,0808	0,43

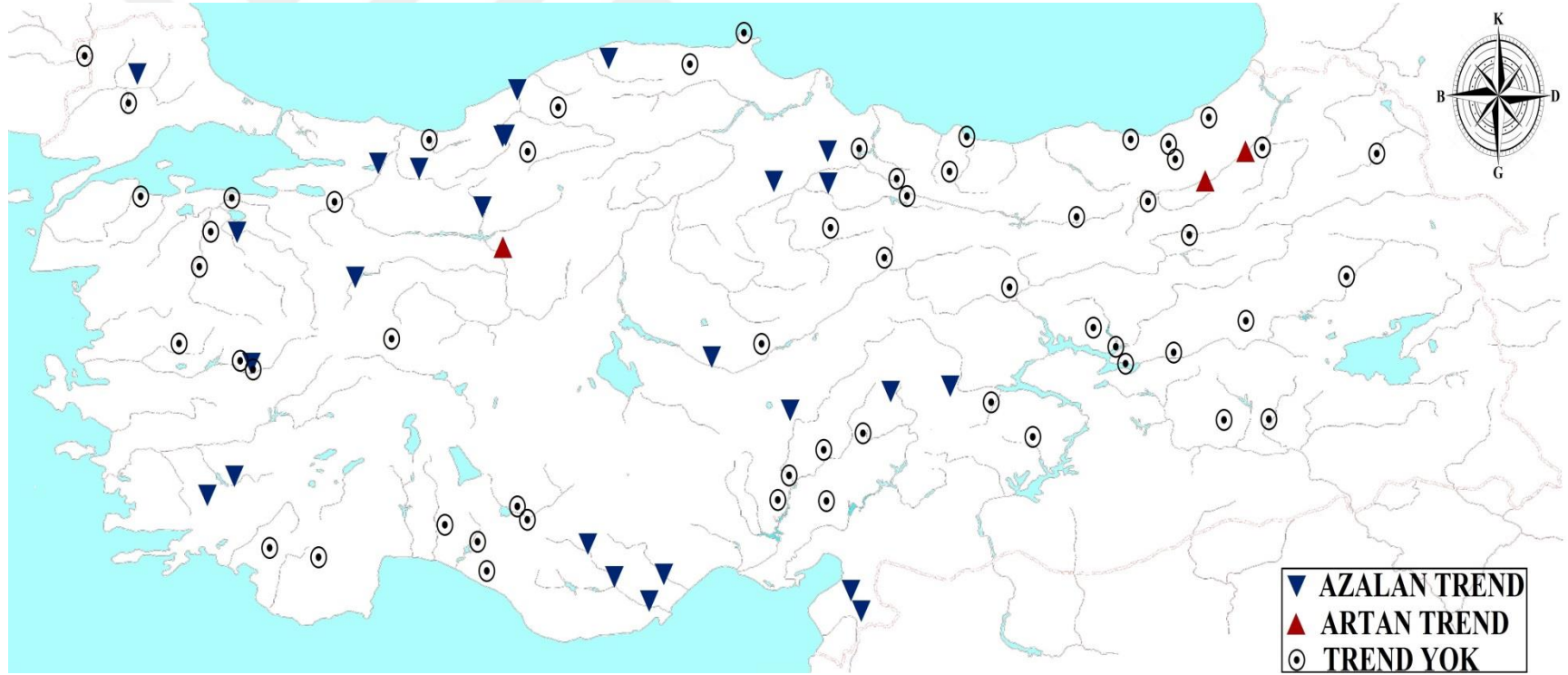
Çizelge 4.8. (devamı)

İstasyon no	Kendall's tau	S	P-değeri	Z	Sen Eğimi
2323	0,18	155	0,095	1,669	0,156
2409	-0,03	-24	0,798	-0,2583	-0,015
2610	0,01	9	0,931	0,0867	0,012
2612	-0,034	-29	0,763	-0,3034	-0,172

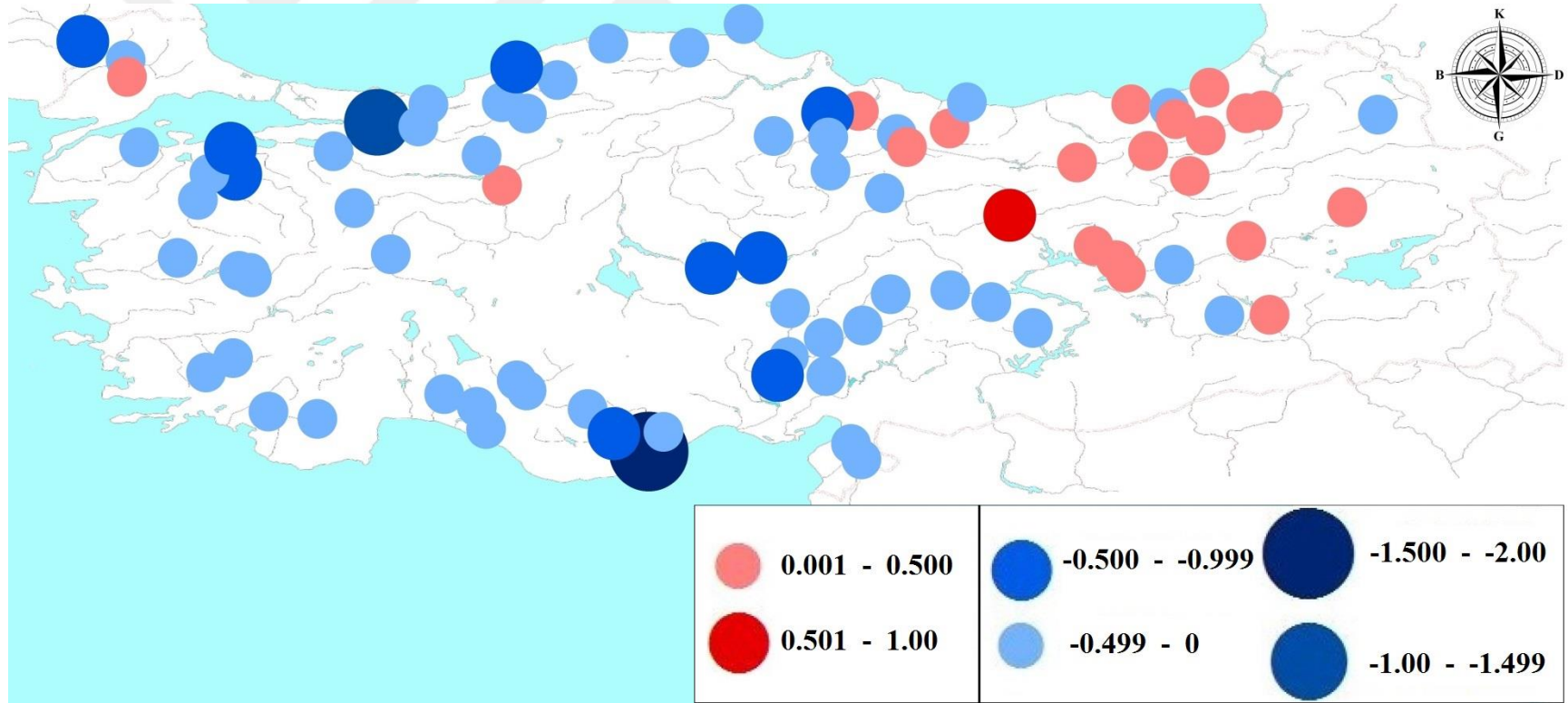
Mann-Kendall testine göre; 3 istasyonda artan yönde trend, 26 istasyonda ise azalan yönde trend vardır. Geriye kalan 56 istasyonda ise istatistiki açıdan anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir.

Sen'in eğim metoduyla yapılan analiz sonucunda; 64 veride eğilimin azalan yönde, 21 veride artan yönde olduğu hesaplanmıştır. En fazla artan eğilim gösteren istasyon Fırat Havzasında bulunan 2156 nolu istasyon (0,646) olurken, en fazla azalan eğim gösteren istasyon Doğu Akdeniz Suları Havzasında bulunan 1714 nolu istasyon (-1,725) olmuştur. Ayrıca Sakarya Havzasında bulunan 1221 nolu istasyonda (-1,381) en fazla azalan eğilim gösteren istasyonlar arasında olmuştur. Şekil 4.6 da Mann-Kendall testine göre istasyonların trend durumu, Şekil 4.7 de Sen'in Eğim yöntemine göre bulunan istasyonların eğim değerleri harita üzerinde gösterilmiştir.





Şekil 4.6. Mann-Kendall testi sonuçlarının haritada gösterimi



Şekil 4.7. Sen eğim metodu sonuçlarının haritada gösterimi

#### 4.1.5. Modifiyeli Mann-Kendall Testi Analizi Bulguları

Çalışmanın bu kısmında, yıllık ortalama akım verilerinin otokorelasyon analizi yapılmış, analiz sonucunda bulunan lag-1 değerleri Çizelge 4.9 gösterilmiştir. Lag-1 değeri, sınırlar ( $\pm 1.96/\sqrt{n}$ ) dışında kalan istasyonlar kırmızı ile gösterilmiştir. Sınırlar dışında kalan istasyonlara modifiyeli Mann-Kendall testi uygulanmıştır.

Çizelge 4.9. Otokorelasyon analizi sonuçları

İstasyon No	Lag-1	Alt Sınır (95%)	Üst Sınır (95%)
101	0,247	-0,302	0,302
103	0,240	-0,302	0,302
106	<b>0,340</b>	-0,302	0,302
212	0,053	-0,302	0,302
302	0,231	-0,302	0,302
316	0,237	-0,302	0,302
317	0,273	-0,302	0,302
324	0,260	-0,302	0,302
509	0,156	-0,302	0,302
514	<b>0,339</b>	-0,306	0,306
515	0,127	-0,306	0,306
523	<b>0,376</b>	-0,302	0,302
701	<b>0,560</b>	-0,302	0,302
704	<b>0,422</b>	-0,302	0,302
809	<b>0,418</b>	-0,302	0,302
812	<b>0,567</b>	-0,302	0,302
902	0,214	-0,302	0,302
912	0,183	-0,302	0,302
917	0,169	-0,302	0,302
1102	0,076	-0,302	0,302
1203	<b>0,475</b>	-0,302	0,302
1221	<b>0,362</b>	-0,302	0,302
1222	0,031	-0,302	0,302
1226	<b>0,319</b>	-0,302	0,302
1233	0,201	-0,302	0,302
1237	0,196	-0,302	0,302
1302	0,073	-0,302	0,302
1307	-0,061	-0,302	0,302
1314	0,068	-0,302	0,302
1319	0,217	-0,302	0,302
1327	0,207	-0,302	0,302

Çizelge 4.9. (devamı)

İstasyon No	Lag-1	Alt Sınır (95%)	Üst Sınır (95%)
1332	-0,076	-0,302	0,302
1334	0,150	-0,302	0,302
1335	0,059	-0,302	0,302
1401	-0,058	-0,302	0,302
1402	0,287	-0,302	0,302
1412	<b>0,396</b>	-0,302	0,302
1413	<b>0,432</b>	-0,302	0,302
1414	<b>0,619</b>	-0,302	0,302
1418	-0,001	-0,302	0,302
1422	0,171	-0,302	0,302
1424	0,113	-0,302	0,302
1501	0,261	-0,302	0,302
1524	0,122	-0,302	0,302
1532	<b>0,321</b>	-0,302	0,302
1535	0,083	-0,302	0,302
1611	-0,076	-0,302	0,302
1621	<b>0,425</b>	-0,302	0,302
1712	0,189	-0,302	0,302
1714	<b>0,352</b>	-0,302	0,302
1717	<b>0,542</b>	-0,302	0,302
1720	0,283	-0,302	0,302
1801	<b>0,307</b>	-0,302	0,302
1805	<b>0,303</b>	-0,302	0,302
1818	0,261	-0,302	0,302
1822	<b>0,517</b>	-0,302	0,302
1905	<b>0,473</b>	-0,302	0,302
1906	<b>0,480</b>	-0,306	0,306
2006	<b>0,355</b>	-0,302	0,302
2008	0,020	-0,302	0,302
2015	<b>0,533</b>	-0,302	0,302
2102	0,038	-0,302	0,302
2122	0,045	-0,302	0,302
2131	0,224	-0,302	0,302
2133	0,199	-0,302	0,302
2135	0,230	-0,302	0,302
2145	<b>0,384</b>	-0,302	0,302
2154	0,039	-0,306	0,306
2156	0,219	-0,302	0,302
2158	-0,008	-0,302	0,302

Çizelge 4.9. (devamı)

İstasyon No	Lag-1	Alt Sınır (95%)	Üst Sınır (95%)
2164	-0,066	-0,302	0,302
2166	-0,023	-0,302	0,302
2202	0,061	-0,302	0,302
2218	-0,059	-0,302	0,302
2232	0,008	-0,302	0,302
2233	0,065	-0,302	0,302
2238	-0,011	-0,302	0,302
2247	0,055	-0,302	0,302
2304	0,267	-0,302	0,302
2305	0,295	-0,302	0,302
2316	<b>0,309</b>	-0,302	0,302
2323	0,117	-0,302	0,302
2409	0,270	-0,306	0,306
2610	0,035	-0,302	0,302
2612	-0,053	-0,302	0,302

26 istasyonda lag-1 değeri sınırların dışında kaldığı için bu istasyonlara modifiyeli Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Test sonucunda elde edilen yeni Z değeri (Z+), eski Z değeri, eski ve yeni trend durumu Çizelge 4.10 karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.

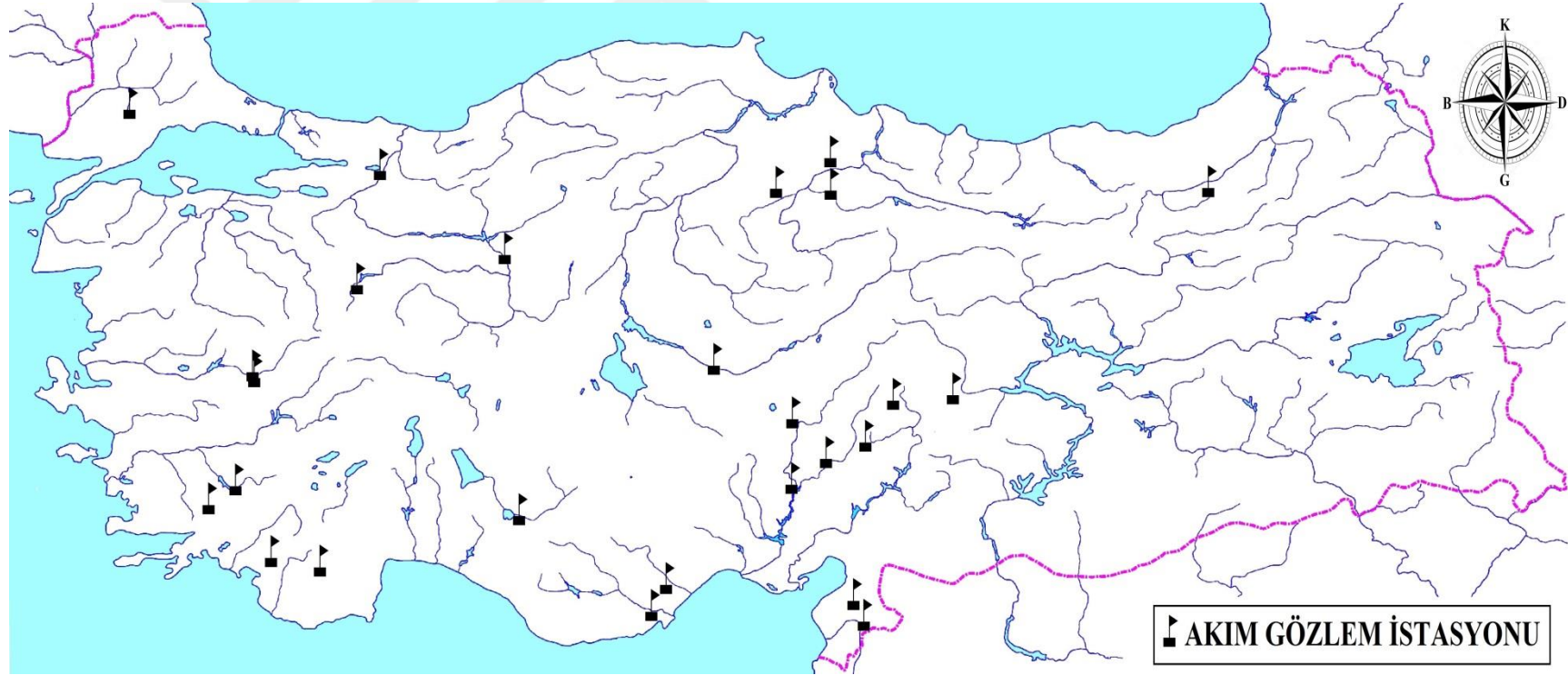
Çizelge 4.10. Modifiyeli Mann-Kendall sonuçları ve klasik yöntemle karşılaştırması

İstasyon No	Z+	Yeni trend durumu	Z	Eski Trend Durumu
106	0,542	—	0,542	—
514	-2,123	▼	-2,123	▼
523	-1,864	—	-1,864	—
701	-2,883	▼	-2,883	▼
704	<b>-3,338</b>	▼	-2,579	▼
809	<b>-0,662</b>	—	-0,802	—
812	<b>-1,511</b>	—	-1,322	—
1203	-2,969	▼	-2,969	▼
1221	-3,121	▼	-3,121	▼
1226	<b>4,241</b>	▲	2,037	▲
1412	<b>-2,192</b>	▼	-2,883	▼
1413	-2,666	▼	-2,666	▼
1414	-3,273	▼	-3,273	▼

Çizelge 4.10. (devamı)

İstasyon No	Z+	Yeni trend durumu	Z	Eski Trend Durumu
1532	-2,016	▼	-2,016	▼
1621	-0,824	—	-0,824	—
1714	-3,576	▼	-3,576	▼
1717	-4,118	▼	-4,118	▼
1801	<b>-1,539</b>	—	-0,867	—
1805	-1,257	—	-1,257	—
1822	-2,558	▼	-2,558	▼
1905	-2,536	▼	-2,536	▼
1906	-2,842	▼	-2,842	▼
2006	<b>-1,3</b>	—	-1,58	—
2015	-2,796	▼	-2,796	▼
2145	-3,598	▼	-3,598	▼
2316	<b>3,243</b>	▲	2,081	▲

Çizelge 4.10 da görüleceği üzere, modifiyeli Mann-Kendall testi sonuçlarına göre, 18 istasyonun Z değerinde değişiklik olmazken, 8 istasyonun Z değeri değişmiştir. Ancak 26 istasyonun da trend durumunda değişiklik olmamıştır. Şekil 4.8 de modifiyeli Mann-Kendall testi uygulanan 26 istasyon harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Otokorelasyon analizi sonuçlarına göre modifiyeli Mann-Kendall testi yapılan istasyonların haritada gösterimi



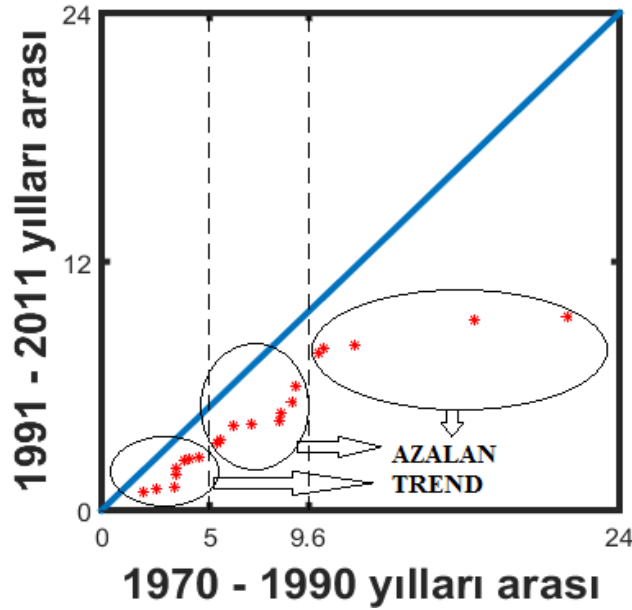
#### 4.1.6. Şen Trend Yöntemi

Rastgele seçilen 10 istasyonda, Şen trend yöntemiyle analizleri detaylı olarak alt bölümlerde gösterilmiştir. Çizelgelerde gösterilen akım verileri, iki eşit seriye ayrılmış, her serinin akım verileri küçükten büyüğe sıralanmıştır. İlk seri x ekseninde, ikinci seri y ekseninde işaretlenerek gösterilmiştir. Kartezyen koordinat sisteminde gösterilen veriler, homojen olarak düşük, orta, yüksek akım olmak 3 parçaya ayrılmıştır. 1:1 doğrusunun altında kalanlara azalan, üstünde olanlara artan trend olarak yorumlanmıştır.

##### 4.1.6.1. 701 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.11. 701 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

<b>1. seri</b>		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		21,6	17,3	10,3	8,84	8,21	4,49	3,44	3,46	6,92	5,51	8,3	10	9	6,1
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	<b>2. seri</b>		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
11,72	5,36	4,04	3,8	3,4	2,53	1,95			1,71	0,88	3,40	2,5	4,1	4,3	3,3
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
7,94	9,34	2,04	1,07	5,2	9,21	7,84	4,68	4,14	1,03	2,50	6,02	7,6	2,4		



Şekil 4.9. 701 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

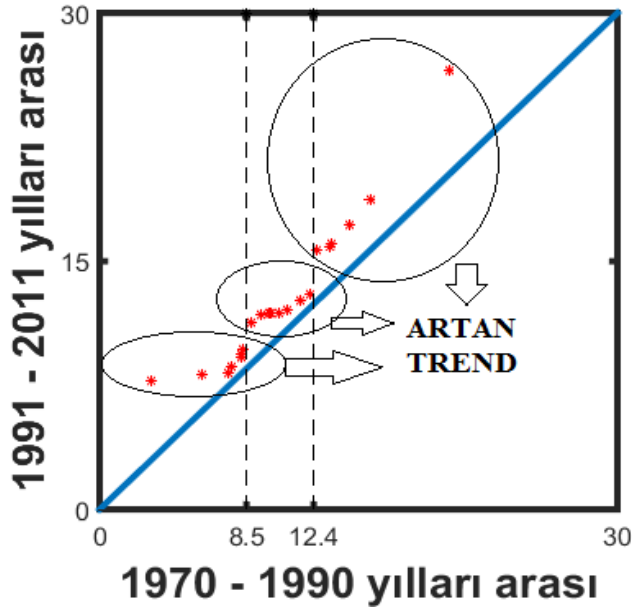


Şekil 4.9 incelendiğinde, 701 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) düşük ( $< 5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ), orta ( $>5 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $<9.6 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $>180 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında azalan trend bulunmuştur.

#### 4.1.6.2. 1226 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.12. 1226 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

<b>1. seri</b>		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		20,3	10,4	7,7	6	3	9	9,4	8,2	9,8	13,3	12,62	15,7	13,4	7,41
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	<b>2. seri</b>		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
14,5	8,2	8,3	12,2	11,6	8,8	10,9			8,6	9,2	11,9	7,8	8,8	13	12,6
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
18,7	17,2	16	9,4	15,7	11,9	11,3	11,8	12,1	9,64	8,3	11,9	15,9	26,6		



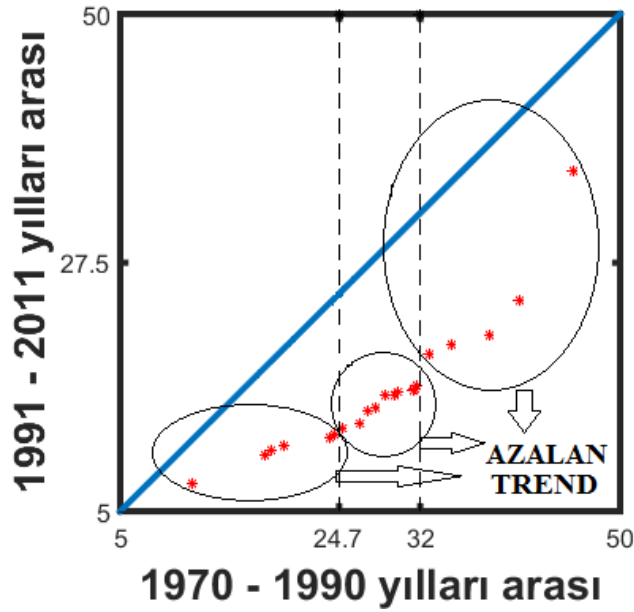
Şekil 4.10. 1226 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

Şekil 4.10 incelendiğinde, 1226 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) düşük ( $< 8.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ), orta ( $>8.5 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $<12.4 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $> 12.4 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında artan trend bulunmuştur.

## 4.1.6.3. 1414 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.13. 1414 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

<b>1. seri</b>		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		25	31,6	28	18,6	11,5	18	30	41	27,3	26,6	24,3	34,8	29,7	31,6
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	<b>2. seri</b>		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
31,4	23,8	32,9	38,2	45,9	28,9	19,7			16,1	14,3	35,8	13	15,5	20,1	12,4
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
15,9	11	15,5	7,5	12	10,4	14,1	15,81	11,62	10	16,4	24,1	21	19,2		



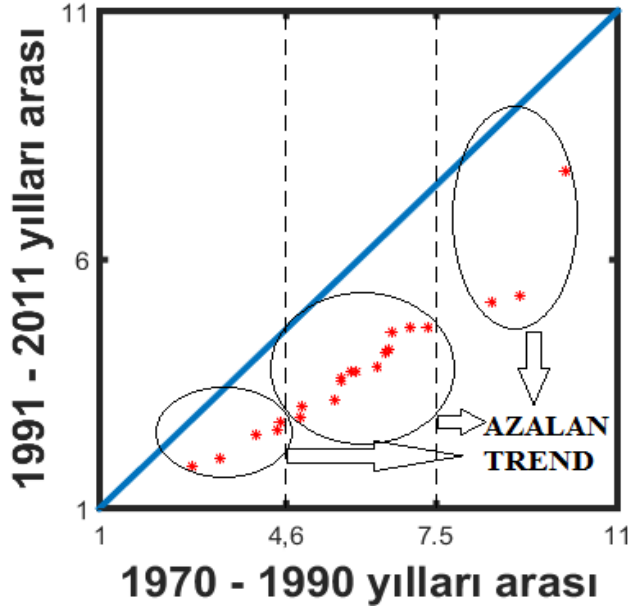
Şekil 4.11. 1414 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

Şekil 4.11 incelendiğinde, 1414 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) düşük ( $<24.7 \text{ m}^3/\text{sn}$ ), orta ( $>24.7 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $<32 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $>32 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında azalan trend bulunmuştur.

## 4.1.6.4. 1717 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.14. 1717 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

<b>1. seri</b>		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		8,58	6,5	5,7	3,32	2,78	7,35	6,37	6	7	5,6	9,1	10	6,7	5,85
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	<b>2. seri</b>		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
4,89	4,51	4,44	5,7	6,6	4,89	4,03			2,7	4,6	4,53	2,8	3,6	4,2	3,83
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
3,62	4,62	4,13	2,5	7,8	5,15	5,26	3,05	2,58	2	1,8	3,17	3,7	3,8		



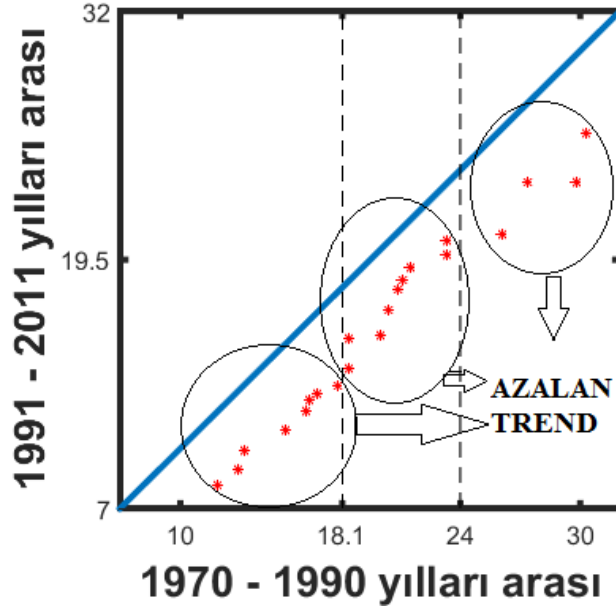
Şekil 4.12. 1717 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

Şekil 4.12 incelendiğinde, 1717 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) düşük ( $< 4.6 \text{ m}^3/\text{sn}$ ), orta ( $> 4.6 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $< 7.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $> 7.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında azalan trend bulunmuştur.

## 4.1.6.5. 1822 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.15. 1822 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

<b>1. seri</b>		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		23,4	16,3	16,9	13,2	11,9	21,50	20,05	23,33	20,9	20,37	30,3	27,4	26,1	18,4
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	<b>2. seri</b>		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
18,45	12,87	15,3	21,1	29,8	17,9	16,5			15,7	19,7	23,39	12,8	20,8	23,4	18,5
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
25,88	20,44	19,1	8,9	15,6	12,5	13,2	11,86	9,89	8,14	10,9	14,03	16,9	18		



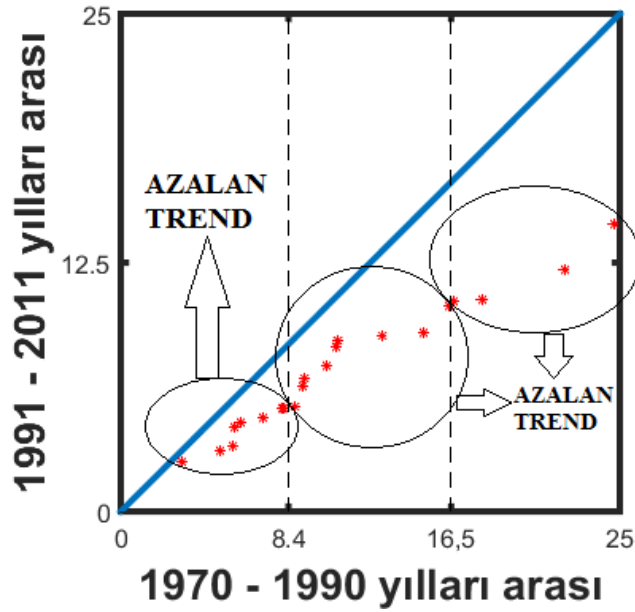
Şekil 4.13. 1822 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

Şekil 4.13 incelendiğinde, 1822 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) düşük ( $< 18.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ ), orta ( $> 18.1 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $< 24 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $> 24 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında azalan trend bulunmuştur.

## 4.1.6.6. 1905 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.16. 1905 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

1. seri		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		9,20	10,8	7,14	3,1	8,1	10,35	16,70	15,15	18,1	10,8	16,4	13,1	9,2	5
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	2. seri		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
5,66	5,59	6,01	24,8	22,3	8,7	8,2			4,27	10,7	6,7	7,4	6,3	14,4	12,1
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
8,61	8,96	4,70	3,1	10,3	8,8	10,5	4,48	5,28	3,29	2,5	5,2	8,3	5,2		



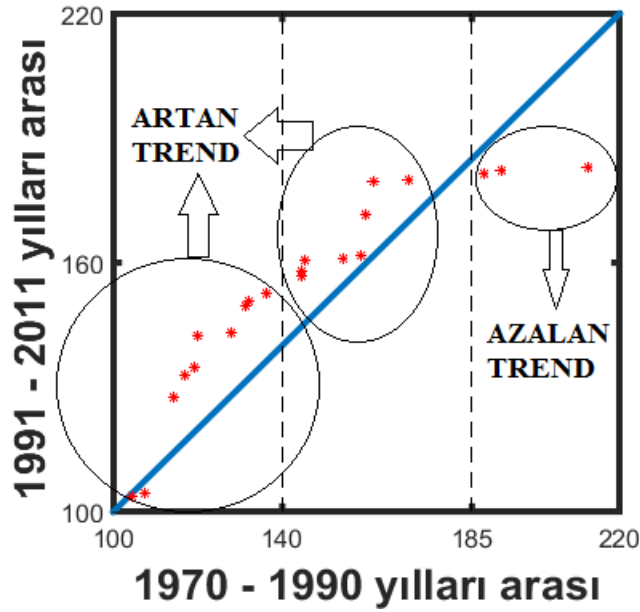
Şekil 4.14. 1905 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

Şekil 4.14 incelendiğinde, 1905 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) düşük ( $< 8.4 \text{ m}^3/\text{sn}$ ), orta ( $> 8.4 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $< 16.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $> 16.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında azalan trend bulunmuştur.

## 4.1.6.7. 2156 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.17. 2156 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

1. seri		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		136	131,4	120	104	119	128	162	144,5	154	145	192	160	170	107
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	2. seri		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
145	114	117	188	213	132	160			153	150	182	103,5	160	172	158
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
183	150,5	127,5	104,5	133	142,5	180	162	180	143	135	157	181,5	161		



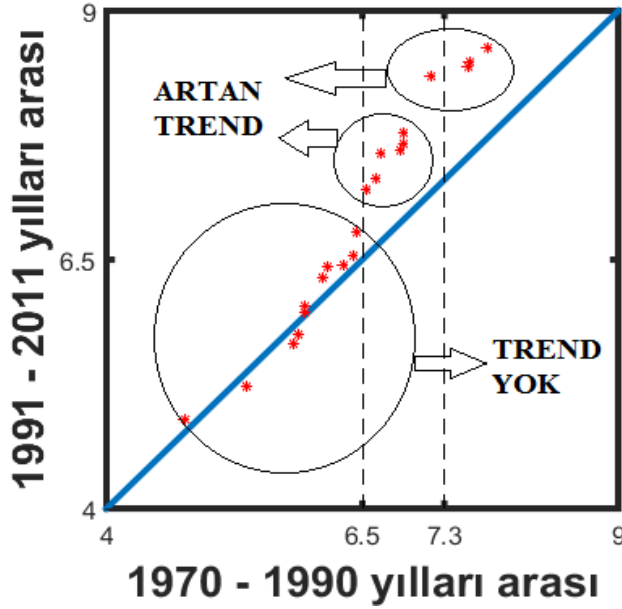
Şekil 4.15. 2156 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

Şekil 4.15 incelendiğinde, 2156 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) düşük ( $< 140 \text{ m}^3/\text{sn}$ ), orta ( $> 140 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $< 185 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında artan, yüksek ( $> 185 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında azalan trend bulunmuştur.

## 4.1.6.8. 2233 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.18. 2233 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

<b>1. seri</b>		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		5,36	6,41	6,12	6,91	6,45	5,94	6,54	6,32	7,55	6,90	6,6	7,2	6,2	5,9
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	<b>2. seri</b>		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
5,95	4,76	6,88	5,82	7,54	7,73	6,68			6,55	7,21	8,35	4,9	6	6	7,3
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
7,60	6,78	6,33	5,22	7,57	5,75	8,62	8,44	7,78	7,67	6,43	6,44	8,5	5,65		



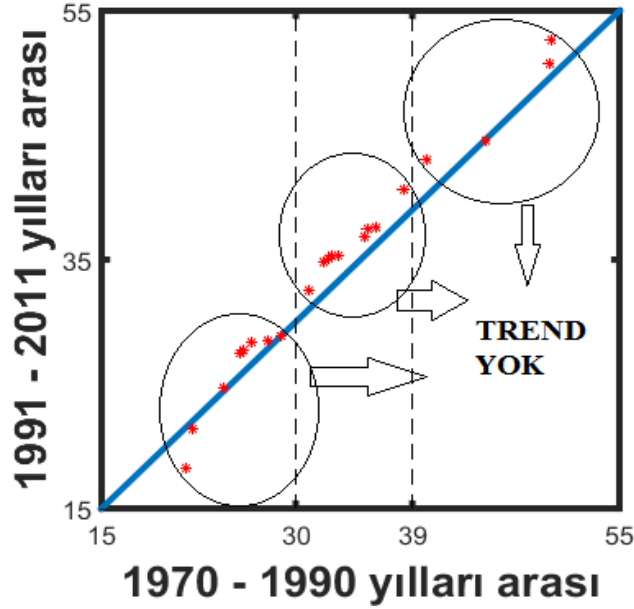
Şekil 4.16. 2233 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

Şekil 4.16 incelendiğinde, 2233 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) orta ( $> 6.5 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $< 7.3 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $> 7.3 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında artan trend bulunmuş, düşük ( $< 6.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında trend bulunamamıştır.

## 4.1.6.9. 2323 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.19. 2323 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

1. seri		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		26	27,8	32,8	32,6	25,7	22	40,2	33,3	36,1	32,1	35,3	28,8	31,1	21,5
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	2. seri		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
44,72	24,4	35,6	49,7	49,6	26,6	38,4			35,3	32,5	52,7	24,6	27,8	28,4	27,5
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
34,85	28,3	21,4	18,2	36,9	28,9	43	40,6	44,6	37,7	35	35,4	50,8	37,5		



Şekil 4.17. 2323 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

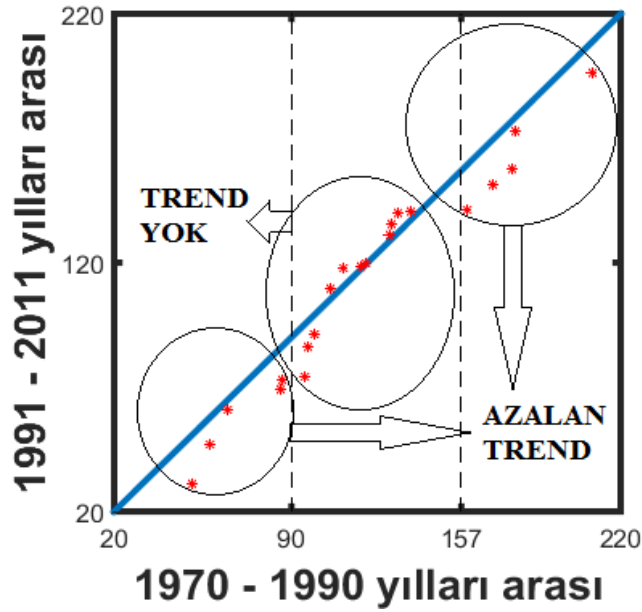
Şekil 4.17 incelendiğinde, 2323 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) düşük ( $< 30 \text{ m}^3/\text{sn}$ ), orta ( $> 30 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $< 39 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $> 39 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında trend bulunamamıştır.



## 4.1.6.10. 2612 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

Çizelge 4.20. 2612 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

1. seri		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		20,3	10,4	7,68	5,97	2,98	9,88	9,35	8,2	9,8	13,3	12,6	15,7	13,4	7,4
1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	2. seri		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
14,5	8,23	8,27	12,2	11,6	8,76	10,9			8,6	9,2	11,9	7,8	8,2	13	12,6
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
18,7	17,2	16	9,37	15,7	11,86	11,3	11,77	12,09	9,6	8,3	11,9	15,9	26,6		



Şekil 4.18. 2612 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

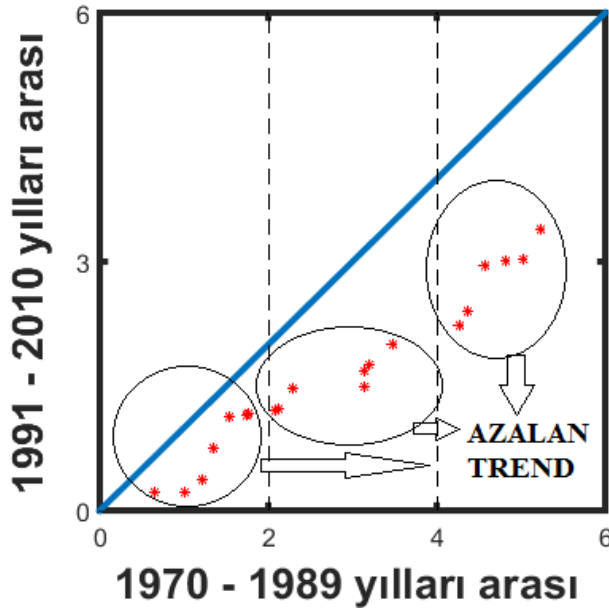
Şekil 4.18 incelendiğinde, 2612 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1990) göre ikinci serisinin (1991-2011) düşük ( $< 90 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $> 157 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında azalan, orta ( $> 90 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $< 157 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında trend bulunamamıştır.

## 4.1.6.11. 514 nolu istasyon için Şen Trend Yöntemi

514 nolu istasyonun son yılına (2011) ait yıllık ortalama akım verisi eksiktir. Bu yüzden gözlem sayısı (41) tek sayı olduğu ve eşit iki seriye bölünemeyeceği için gözlem aralığında ortada bulunan yıl (1990) analizde kullanılmamıştır.

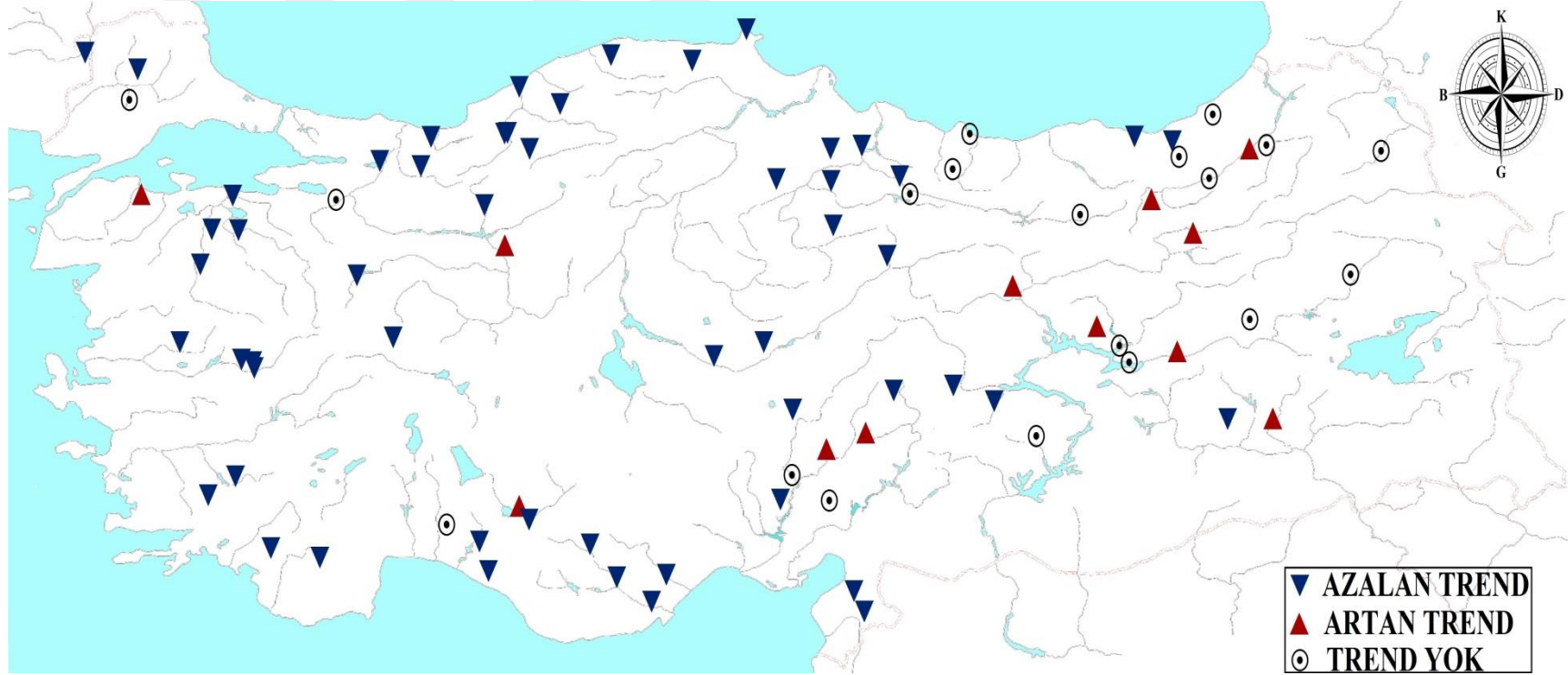
Çizelge 4.21. 514 nolu istasyon yıllık ortalama akım verileri

<b>1. seri</b>		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
		4,82	2,09	1,21	1,54	3,20	2,12	3,14	1,75	5,23	3,48	4,27	4,57	5,04	1,34
1984	1985	1986	1987	1988	1989	<b>2. seri</b>		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
4,37	1,77	3,15	2,28	1,01	0,65			1,14	0,38	1,20	0,75	1,75	1,49	1,47	3,38
1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010				
3,03	1,69	0,21	2,23	2,00	1,23	1,18	2,41	0,23	1,12	3,01	2,95				

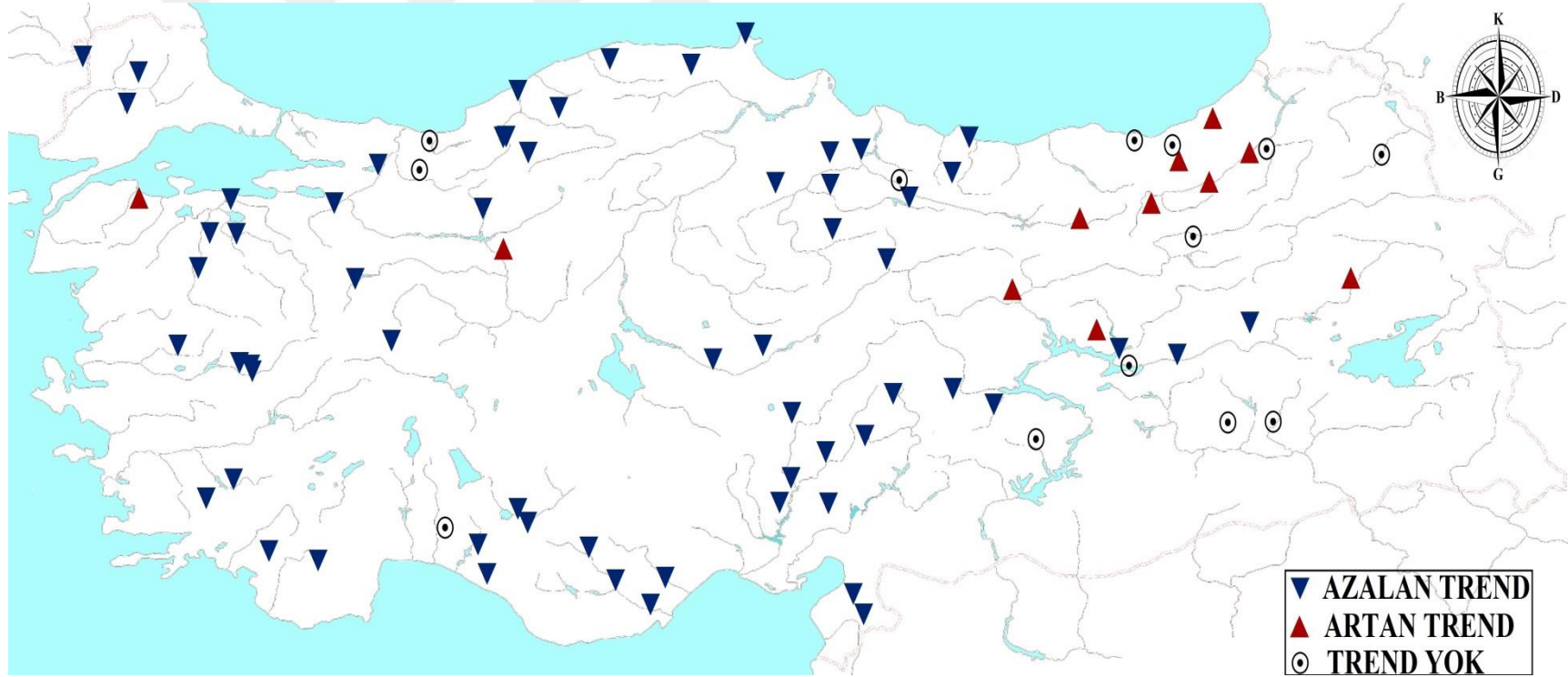


Şekil 4.19. 514 nolu istasyonun Şen yöntemiyle analizi

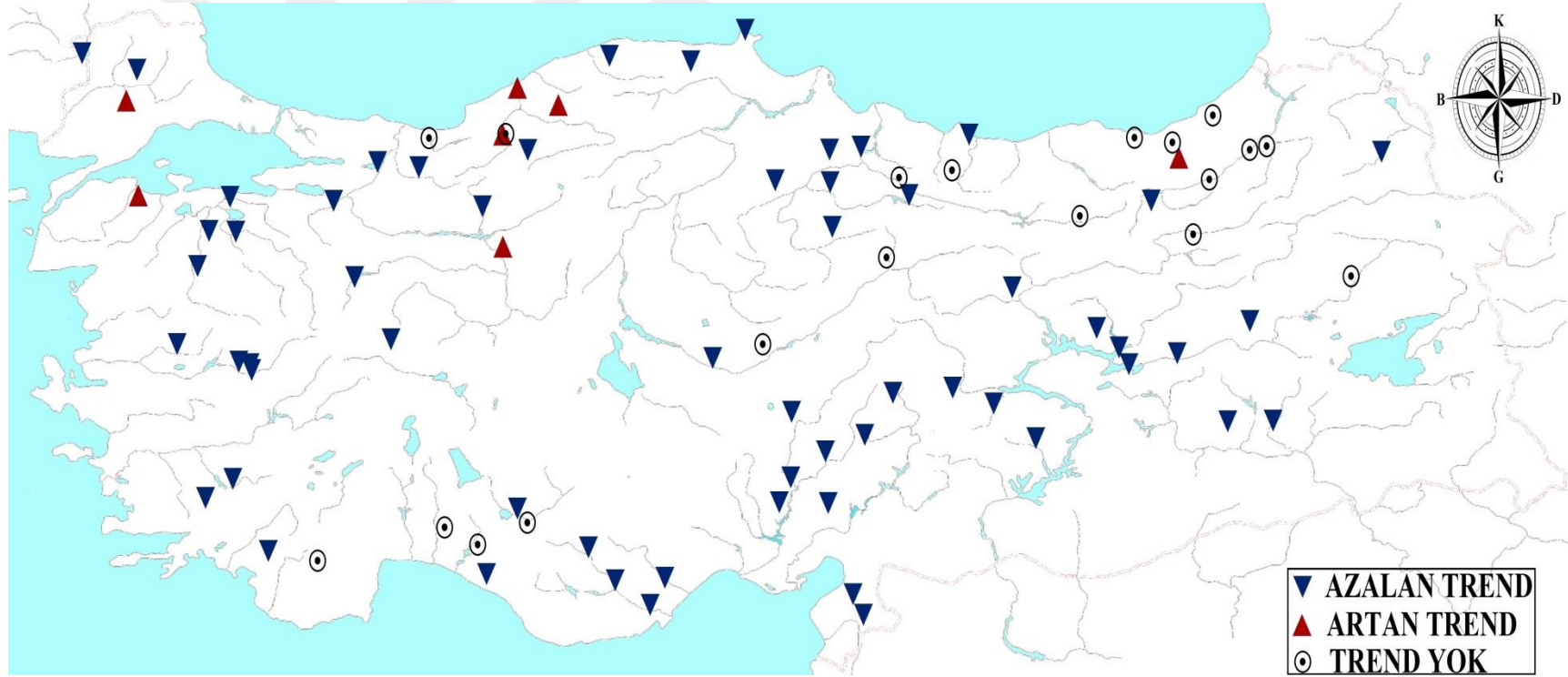
Şekil 4.19 incelendiğinde, 514 nolu istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin, birinci seriye (1970-1989) göre ikinci serisinin (1991-2010) düşük ( $< 2 \text{ m}^3/\text{sn}$ ), orta ( $> 2 \text{ m}^3/\text{sn}$  ve  $< 4 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve yüksek ( $> 4 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) akımlarında azalan trend bulunmuştur. Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22 de 85 istasyona ait düşük, orta, yüksek akımların Şen yöntemi sonuçları haritada gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Şen yöntemiyle düşük akımlarda sonuçların haritada gösterimi



Şekil 4.21. Şen yöntemiyle orta akımlarda sonuçların haritada gösterimi



Şekil 4.22. Şen yöntemiyle yüksek akımlarda sonuçların haritada gösterimi

## 4.1.7. Şen yöntemi sonuçlarının Mann-Kendall test sonuçlarıyla karşılaştırılması

Çizelge 4.22 te analiz yapılan 85 istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin Şen yöntemiyle analiz sonuçları ve istasyonların düşük, orta, yüksek akım sınırları gösterilmiştir. Ayrıca Şen yöntemi ile elde edilen sonuçlar, tabloya eklenen Mann-Kendall testi sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.22. Şen yöntemi ve MK karşılaştırmalı sonuçları

İstasyon No	Şen Yöntemi (m <sup>3</sup> /sn)			MK
	Düşük	Orta	Yüksek	
101	0 - 1.75 ▼	1.75 - 2.9 ▼	2.9 - 5.43 —	▼
103	0 - 125 ▼	125 - 195 ▼	195 - 263 ▼	—
106	0 - 3.5 —	3.5 - 6.8 ▼	6.8 - 15.5 ▲	—
212	0 - 12.5 ▲	12.5 - 17 ▲	17 - 28.6 ▲	—
302	0 - 44 ▼	44 - 73 ▼	73 - 91.9 ▼	▼
316	0 - 30 ▼	30 - 50 ▼	50 - 76.6 ▼	—
317	0 - 100 ▼	100 - 154 ▼	154 - 212.1 ▼	—
324	0 - 7 ▼	7 - 9 ▼	9 - 15.7 ▼	—
509	0 - 2.1 ▼	2.1 - 4 ▼	4 - 5.8 ▼	—
514	0 - 2 ▼	2 - 4 ▼	4 - 5.2 ▼	▼
515	0 - 3 ▼	3 - 5.5 ▼	5.5 - 6.8 ▼	—
523	0 - 8.5 ▼	8.5 - 18 ▼	18 - 21.9 ▼	—
701	0 - 5 ▼	5 - 9.6 ▼	9.6 - 20.6 ▼	▼
704	0 - 15 ▼	15 - 23 ▼	23 - 38.6 ▼	▼
809	0 - 3.2 ▼	3.2 - 4.4 ▼	4.4 - 6.8 —	—
812	0 - 40 ▼	40 - 60 ▼	60 - 72.1 ▼	—
902	0 - 74 —	74 - 94 —	94 - 116.8 —	—
912	0 - 68 ▼	68 - 85 ▼	85 - 118.2 —	—
917	0 - 29 ▼	29 - 41 ▼	41 - 49.9 ▼	—
1102	0 - 0.42 ▼	0.42 - 0.65 ▼	0.65 - 1.31 ▼	—
1203	0 - 6 ▼	6 - 10 ▼	10 - 15.6 ▼	▼
1221	0 - 99 ▼	99 - 150 ▼	150 - 226.3 ▼	▼

Çizelge 4.22. (devamı)

İstasyon No	Şen Yöntemi (m <sup>3</sup> /sn)			MK
	Düşük	Orta	Yüksek	
1222	0 - 15 —	15 - 22 ▼	22 - 27.8 ▼	—
1226	0 - 8.5 ▲	8.5 - 12.4 ▲	12.4 - 26.6 ▲	▲
1233	0 - 11.3 ▼	11.3 - 17.5 ▼	17.5 - 22.5 ▼	▼
1237	0 - 7.2 ▼	7.2 - 9 —	9 - 14 ▼	▼
1302	0 - 36 ▼	36 - 45 —	45 - 54.7 —	—
1307	0 - 6.3 ▼	6.3 - 9.5 ▼	9.5 - 13.1 —	▼
1314	0 - 23 ▼	23 - 31 ▼	31 - 62.6 ▲	—
1319	0 - 5 ▼	5 - 6.2 ▼	6.2 - 11.9 —	▼
1327	0 - 6.9 ▼	6.9 - 10 ▼	10 - 13.13 ▼	—
1332	0 - 4.1 ▼	4.1 - 6 ▼	6 - 7.43 ▼	—
1334	0 - 6.7 ▼	6.7 - 8.45 ▼	8.45 - 13.4 ▲	▼
1335	0 - 88 ▼	88 - 105 ▼	105 - 196 ▲	▼
1401	0 - 60 ▼	60 - 80 —	80 - 113.3 —	—
1402	0 - 150 ▼	150 - 200 ▼	200 - 249.6 ▼	—
1412	0 - 6 ▼	6 - 9 ▼	9 - 13.16 ▼	▼
1413	0 - 60 ▼	60 - 75 ▼	75 - 111.6 ▼	▼
1414	0 - 24.7 ▼	24.7 - 32 ▼	32 - 45.86 ▼	▼
1418	0 - 15 —	15 - 22 ▼	22 - 27.16 ▼	▼
1422	0 - 6.2 —	6.2 - 9 ▲	9 - 17.23 —	▼
1424	0 - 3.8 ▼	3.8 - 5.2 ▼	5.2 - 7.78 ▼	—
1501	0 - 57.1 ▼	57.1 - 77 ▼	77 - 123.5 —	—
1524	0 - 15 ▼	15 - 19 ▼	19 - 26.64 ▼	—
1532	0 - 65 ▼	65 - 91 ▼	91 - 142.6 —	▼
1535	0 - 31 ▼	31 - 44 ▼	44 - 72.7 —	—
1611	0 - 3.1 ▼	3.1 - 4.5 ▼	4.5 - 6.75 —	—
1621	0 - 10 ▲	10 - 15 ▼	15 - 17.6 ▼	—
1712	0 - 26 ▼	26 - 35 ▼	35 - 41.4 ▼	▼
1714	0 - 110 ▼	110 - 137 ▼	137 - 164 ▼	▼
1717	0 - 4.6 ▼	4.6 - 7.5 ▼	7.5 - 10 ▼	▼

Çizelge 4.22. (devamı)

İstasyon No	Şen Yöntemi (m <sup>3</sup> /sn)			MK
	Düşük	Orta	Yüksek	
1720	0 - 41 ▼	41 - 57 ▼	57 - 66 ▼	▼
1801	0 - 27 ▲	27 - 39 ▼	39 - 46.6 ▼	—
1805	0 - 54 —	54 - 77 ▼	77 - 96.7 —	—
1818	0 - 126 ▼	126 - 175 ▼	175 - 218 ▼	—
1822	0 - 18.1 ▼	18.1 - 24 ▼	24 - 30.3 ▼	▼
1905	0 - 8.4 ▼	8.4 - 16.5 ▼	16.5 - 27.8 ▼	▼
1906	0 - 6 ▼	6 - 12 ▼	12 - 15.5 ▼	▼
2006	0 - 7.2 ▲	7.2 - 12.5 ▼	12.5 - 15 ▼	—
2008	0 - 6.8 —	6.8 - 10.3 ▼	10.3 - 20.1 ▼	—
2015	0 - 7 ▼	7 - 10.9 ▼	10.9 - 14 ▼	▼
2102	0 - 225 —	225 - 325 —	325 - 472 ▼	—
2122	0 - 40.6 —	40.6 - 58 ▲	58 - 85.5 —	—
2131	0 - 1.1 ▼	1.1 - 2.1 ▼	2.1 - 3.8 ▼	—
2133	0 - 77 ▲	77 - 105 ▲	105 - 126.5 ▼	—
2135	0 - 3.4 —	3.4 - 5 —	5 - 5.83 ▼	—
2145	0 - 19 ▼	19 - 28 ▼	28 - 42 ▼	▼
2154	0 - 16.7 ▲	16.7 - 23 —	23 - 31.1 —	—
2156	0 - 140 ▲	140 - 185 ▲	185 - 213 ▼	—
2158	0 - 17.1 —	17.1 - 26 ▼	26 - 36 ▼	—
2164	0 - 30.5 ▲	30.5 - 45 ▼	45 - 57 ▼	—
2166	0 - 73 —	73 - 105 ▼	105 - 137 ▼	—
2202	0 - 10.4 ▼	10.4 - 13 —	13 - 16 —	—
2218	0 - 26.4 ▼	26.4 - 30 —	30 - 37,4 —	—
2232	0 - 27.6 —	27.6 - 32 ▲	32 - 40 —	—
2233	0 - 6.5 —	6.5 - 7.3 ▲	7.3 - 8.6 ▲	—
2238	0 - 10 —	10 - 14 ▼	14 - 18.6 —	—
2247	0 - 29 —	29 - 35 ▼	35 - 43.8 ▼	—
2304	0 - 14 ▲	14 - 18 ▲	18 - 24.14 —	—
2305	0 - 58 —	58 - 79.5 ▲	79.5 - 117 —	▲



Çizelge 4.22. (devamı)

İstasyon No	Şen Yöntemi (m <sup>3</sup> /sn)			MK
	Düşük	Orta	Yüksek	
2316	0 - 33 —	33 - 44 ▲	44 - 59.2 —	▲
2323	0 - 29.5 —	29.5 - 39 —	39 - 52.6 —	—
2409	0 - 10.7 —	10.7 - 15 —	15 - 22.5 ▼	—
2610	0 - 14 ▲	14 - 23 —	23 - 38.3 ▼	—
2612	0 - 90 ▼	90 - 157 —	157 - 209 ▼	—

Çizelge 4.22 te incelenebileceği gibi, Şen metodu ile Mann-Kendall testi çoğu istasyonda benzerlik göstermektedir. Ancak, 212 nolu istasyonda Şen yöntemine göre düşük, orta, yüksek akımların hepsinde artan çıkmasına rağmen, Mann-Kendall testinin sonucuna göre bu istasyonda trend tespit edilmemiştir. 1422 nolu istasyonda Şen yöntemine göre orta akımda artan yönde trend, yüksek ve düşük akımlarda trend göstermemesine rağmen, Mann-Kendall testine göre bu istasyonda azalan yönde trend tespit edilmiştir. 103, 316, 317, 324, 509, 515, 523, 812, 917, 1102, 1327, 1332, 1402, 1424, 1524, 1818, 2131 nolu istasyonlar, Şen yöntemine göre düşük, orta, yüksek akımlarda azalan trend göstermesine rağmen Mann-Kendall testine göre bu istasyonlar da trend bulunamamıştır.

Mann-Kendall testine göre artan trend gösteren 2305 ve 2316 istasyonlarda, Şen yöntemine göre bu artan trendin orta akımlarda olduğu görülmüştür.

## 4.2. TARTIŞMA

Akyürek (2003) yaptığı çalışmada, bu çalışmada olduğu gibi yıllık ortalama akımların trend analizini yapmıştır. Türkiye geneli 107 istasyondan aldığı en az 25 yıllık, en çok 66 yıllık, ortalama 38 yıllık ortalama akım verilerine t-Testi ve Mann-Kendall testi uygulamıştır. 107 istasyondan 70 tanesi bu çalışmada da kullanılmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Yıllık akım verilerinin Akyürek (2003) çalışmasında çoğunlukla 2001 yılına kadar olan veriler kullanılırken, bu çalışmada çoğunlukla 2011 yılında kadar olan veriler kullanılmıştır. 10 yıllık veri eklenmesi bu tarz trend çalışmalarında çok önemli farklılıklar yaratabilir. Bu çalışmada, kullanılan verilerin homojenlik analizleri Standart Normal Homojenlik Testi (SNHT), Pettit Testi ve Buishand Testi ile yapılırken, Akyürek (2003) çalışmasında homojenlik testi kullanmamıştır ancak verilerin içsel bağımlılığı yok etmek için Pre-Whitening yöntemini kullanmıştır. Homojenlik testi sonuçlarına göre çıkarılan 11 istasyondan 5'i (311, 601, 1224, 1622, 2124) ortak istasyonlar arasındadır. Ek olarak bu çalışmada, yeni bir yöntem olan Şen yöntemi ile de trend analizi yapılmış ve Mann-Kendall testi sonucu trend bulunan istasyonların, Sen yöntemiyle trendlerinin eğimleri bulunmuştur. Bu iki çalışmada ortak kullanılan istasyonların, her iki çalışma içinde bulunan sonuçlar çizelge 4.23 de karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.

**Çizelge 4.23.** Akyürek (2003) tarafın yapılan çalışmayla karşılaştırılmalı sonuçlar

İstasyon no	Gözlem aralığı	Mann-Kendall	Gözlem aralığı	Mann-Kendall
106	1969-2001	—	1970 -2011	—
302	1939-2001	▼	1970 -2011	▼
509	1962-2000	—	1970 -2011	—
515	1966-2000	—	1970 -2010	—
523	1970-2001	—	1970 -2011	—
701	1938-2001	▼	1970 -2011	▼
809	1957-2001	—	1970 -2011	—
812	1964-2001	▼	1970 -2011	—
902	1941-2001	—	1970 -2011	—
912	1964-2001	—	1970 -2011	—
917	1969-2001	—	1970 -2011	—
1102	1965-2001	▼	1970 -2011	—
1203	1941-2001	▼	1970 -2011	▼
1222	1953-2001	—	1970 -2011	—
1233	1963-2001	▼	1970 -2011	▼
1237	1957-2001	—	1970 -2011	▼
1314	1963-2001	—	1970 -2011	—
1319	1965-2001	—	1970 -2011	▼

Çizelge 4.23. (devamı)

İstasyon no	Gözlem aralığı	Mann-Kendall	Gözlem aralığı	Mann-Kendall
1327	1968-2001	—	1970 -2011	—
1334	1967-2001	—	1970 -2011	▼
1335	1964-2001	—	1970 -2011	▼
1401	1939-2001	—	1970 -2011	—
1412	1969-2001	—	1970 -2011	▼
1418	1964-2001	—	1970 -2011	▼
1422	1969-2001	—	1970 -2011	▼
1424	1969-2001	—	1970 -2011	—
1501	1939-2001	—	1970 -2011	—
1524	1962-1999	—	1970 -2011	—
1532	1960-1998	—	1970 -2011	▼
1535	1963-2001	—	1970 -2011	—
1611	1962-2001	▼	1970 -2011	—
1621	1969-1999	—	1970 -2011	—
1714	1961-2001	▼	1970 -2011	▼
1717	1967-2001	—	1970 -2011	▼
1720	1966-2001	▼	1970 -2011	▼
1801	1936-2001	▼	1970 -2011	—
1805	1940-2001	—	1970 -2011	—
1822	1969-2001	—	1970 -2011	▼
2006	1954-2001	—	1970 -2011	—
2008	1969-1998	—	1970 -2011	—
2015	1957-2001	—	1970 -2011	▼
2102	1968-2001	—	1970 -2011	—
2122	1969-2000	—	1970 -2011	—
2131	1960-2001	▼	1970 -2011	—
2133	1968-2000	—	1970 -2011	—
2135	1967-2001	—	1970 -2011	—
2145	1963-2001	▼	1970 -2011	▼
2154	1969-2001	—	1970 -2010	—
2156	1969-2001	—	1970 -2011	—
2158	1969-2000	—	1970 -2011	—
2164	1969-2001	—	1970 -2011	—

Çizelge 4.23. (devamı)

İstasyon no	Gözlem aralığı	Mann-Kendall	Gözlem aralığı	Mann-Kendall
2166	1970-2001	—	1970 -2011	—
2202	1967-2001	—	1970 -2011	—
2218	1963-2001	—	1970 -2011	—
2232	1964-2001	—	1970 -2011	—
2233	1964-2001	—	1970 -2011	—
2238	1965-2001	—	1970 -2011	—
2247	1968-2001	—	1970 -2011	—
2304	1942-2001	—	1970 -2011	—
2305	1963-2001	—	1970 -2011	▲
2316	1965-2001	—	1970 -2011	▲
2323	1965-2001	—	1970 -2011	—
2409	1960-2001	—	1970 -2010	—
2610	1955-2000	—	1970 -2011	—
2612	1965-2000	—	1970 -2011	—

Çizelge 4.23 incelendiğinde son yıllarda, 2 istasyonda (2305, 2316) artan eğilim, 11 istasyonda (2015, 1822, 1717, 1532, 1422, 1418, 1412, 1335, 1334, 1319, 1237) azalan eğilim vardır. 5 istasyonda (2131, 1801, 1611, 1102, 812) önceki yıllarda azalan trend olmasına rağmen, son yıllarda trend tespit edilmemiştir. Diğer istasyonlarda sonuçlar paralellik göstermektedir.

Gümüş (2006) tarafından yapılan çalışmada, Fırat Havzası'nda bulunan 22 istasyondan alınan yıllık ortalama akım verilerine Mann-Kendall testi ve Spearman'ın Rho testi uygulayarak trend analizi yapılmıştır. Trend bulunan istasyonların trend eğimini Sen yöntemiyle bulunmuştur. Çalışmasında kullandığı 22 istasyondan 10'u bu çalışmayla ortak istasyonlardır. Bu iki çalışmada ortak kullanılan istasyonların, her iki çalışma içinde bulunan sonuçlar çizelge 4.24 de karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.

**Çizelge 4.24.** Gümüş (2006) tarafın yapılan çalışmayla karşılaştırılmalı sonuçlar

İstasyon no	Gözlem aralığı	Mann-Kendall	Gözlem aralığı	Mann-Kendall
2131	1957-2000	—	1970 -2011	—
2135	1961-2000	—	1970 -2011	—
2145	1963-2000	—	1970 -2011	▼
2102	1968-2000	—	1970 -2011	—
2122	1962-2000	—	1970 -2011	—
2158	1969-2000	—	1970 -2011	—
2164	1969-2000	—	1970 -2011	—
2154	1969-2000	—	1970 -2010	—
2156	1969-2000	—	1970 -2011	—
2166	1970-1998	—	1970 -2011	—

Çizelge 4.24 görüleceği üzere, sadece 2145 nolu istasyonun son yıllarında azalan yönde eğilim varken, diğer istasyonların test sonuçlarında fark yoktur

### 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye genelinden 23 havzadan seçilen 96 istasyonun yıllık ortalama akım verilerinin trend analizi yapılması planlanmıştır. 11 istasyon (311, 518, 601, 706, 712, 713, 808, 1224, 1622, 1907, 2124) homojen olmadıkları için çalışmadan çıkarılmıştır. 85 istasyonda, trendi belirlemek için parametrik olmayan Mann-Kendall testi uygulanmış, trend eğimlerini belirlemek için Sen'in Trend Eğim metodu kullanılmıştır. Son olarak da verilere Şen trend yöntemi uygulanmıştır. %95 güven aralığına göre elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Mann-Kendall testine göre; 3 istasyon (1226, 2305, 2316) artan yönde trend vardır. Artan yönde trend gösteren istasyonların 2 tanesi (2305, 2316) Çoruh havzasında, diğeri Sakarya havzasında bulunmaktadır. Artan trend bulunan istasyonların yakınlarında son 25 yılda yapılan barajlar (Gökçekaya, Sarıyar, Tortum, Demirdöven) dikkat çekmektedir. 26 istasyonda azalan yönde trend vardır. Teste tabi tutulan Doğu Akdeniz suları ve Hatay havzalarına ait 6 istasyonda (1712, 1714, 1717, 1720, 1905, 1906) da azalan yönde trend gözlenmiştir. Diğer çalışmalara bakıldığında, bölgenin kış aylarında yağış miktarında azalan, yaz ayları ortalama sıcaklıklarında artan yönde trend vardır (İçel 2009). Bu sonuçlar bu iki havzada gelecekte su sıkıntısı yaşanabileceğinin bir göstergesidir. Geriye kalan 56 istasyonda ise istatistiki açıdan anlamlı bir değişiklik tespit edilmemiştir.

Otokorelasyon analizi sonucunda 26 istasyonda lag-1 değeri sınırların ( $\pm 1.96/\sqrt{n}$ ) dışında kaldığı için bu istasyonlara modifiyeli Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Modifiyeli Mann-Kendall testi sonuçlarına göre, 18 istasyonun Z değerinde değişiklik olmazken, 8 istasyonun Z değeri değişmiştir. Ancak 26 istasyonun da trend durumunda değişiklik olmamıştır.

Sen'in eğim metoduyla yapılan analiz sonucunda; 64 veride eğilimin azalan yönde, 21 veride artan yönde olduğu hesaplanmıştır. En fazla artan eğilim gösteren istasyon Fırat Havzasında bulunan 2156 nolu istasyon (0,646) olurken, en fazla azalan eğim gösteren istasyon Doğu Akdeniz Suları Havzasında bulunan 1714 nolu istasyon (-

1,725) olmuştur. Ayrıca Sakarya Havzasında bulunan 1221 nolu istasyonda (-1,381) en fazla azalan eğilim gösteren istasyonlar arasında olmuştur.

85 istasyona ait yıllık ortalama akım verilerinin Şen'in yöntemiyle yapılan analiz sonucunda; gözlenen ilk zaman serisine göre ikinci zaman serinde, düşük akımlarda, 54 istasyonda azalan trend, 10 istasyonda artan trend, 21 istasyonda trend yoktur. Orta akımlarda, 61 istasyonda azalan trend, 11 istasyonda artan trend, 13 istasyonda trend yoktur. Yüksek akımlarda, 55 istasyonda azalan trend, 19 istasyonda artan trend, 31 istasyonda trend yoktur.

Güneydoğu, ve Doğu Anadolu genelinde trend bulunamamıştır. Sadece Fırat Havzasında bulunan 2145 nolu havzada azalan yönde trend vardır. Türkiye genelinde, artan trendler Doğu Karadeniz bölgesinde yoğunlaşmıştır. En fazla artan eğilim gösteren istasyon Fırat Havzasında bulunan 2156 nolu istasyon olurken, en fazla azalan eğilim gösteren istasyon Doğu Akdeniz Suları Havzasında bulunan 1714 nolu istasyon olmuştur. Ayrıca Sakarya Havzasında bulunan 1221 nolu istasyonda en fazla azalan eğilim gösteren istasyonlar arasında olmuştur.

## KAYNAKLAR

- Akçay F., 2018. Doğu Karadeniz Havzası Aylık ve Yıllık Ortalama Akımlarının Trend Analizi. Yüksek Lisans tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Aksay C. S., Ketenoğlu O., Kurt L., 2005. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, Sayı 25.
- Akyürek M., 2003. Türkiye Yıllık Ortalama Akımlarının Trend Analizi. Yüksek Lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Alexandersson H., 1986. A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data. Journal of Climatology, vol 6.
- Ay M., Kişi Ö., 2017. Kızılırmak Nehrinde Bazı İstasyonlardaki Akımların Trend Analizi. İMO Teknik Dergisi, yazı 473.
- Aydın B.S. ve Efe M., 2009. İdari Sınırlara Dayalı Planlamanın Değiştirilebilirliği ve Havza Temelli İl Sınırları Önerisi. Ege Coğrafya Dergisi, sayı 18.
- Aytaç M., 1991. Uygulamalı Parametrik Olmayan İstatistik Testleri. Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Batı O., 2014. Küresel Isınma Konusunda Karbon Vergisi Etkisinin Değerlendirilmesi. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 16.
- Bayazıt M., 1981. Hidroloji İstatistik Yöntemler, İTÜ matbaası.
- Bayazıt M., Şen Z, Avcı İ, 1997. Hidroloji Uygulamaları, Birsen yayınevi.
- Bayazıt M., 1974. Hidroloji, Birsen yayınevi.
- Bayazıt M., K.H. Cığızoğlu, B. Önoz, 2002. Türkiye Akarsularında Trend Analizi. Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı 420.
- Berktaş A., Büyükyıldız M., 2004. Parametrik Olmayan Testler Kullanılarak Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi. S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi, sayı 2.
- Buishand T.A., 1982. Some Methods for Testing the Homogeneity of Rainfall Records. Journal of Hydrology, vol 58.
- Burn D. H., Elnur M. H., 2002. Detection of Hydrologic Trend and Variability. University of Waterloo, Canada.
- Cebe E. N., 2007. Türkiye Akarsularında Mevsimsel Trend Analizi. Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Çeribaşı G., 2010. Sakarya Nehrinin Taşımış Olduğu Katı Madde Devisinin Trend Analizi Yöntemiyle Tahmini. Sakarya Üniversitesi, Sakarya.



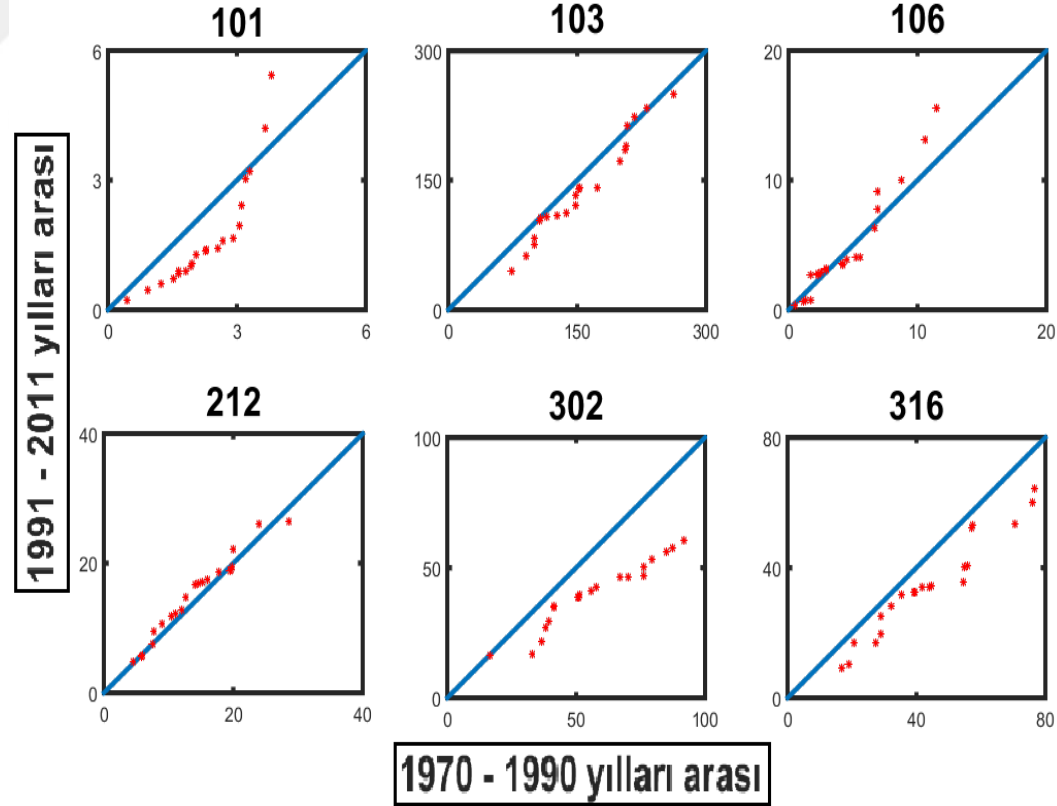
- Çiflik D., 2012. Ege Bölgesi DSİ İstasyonlarında Ölçülen Yıllık Toplam Yağışların Trend Analizi. Yüksek Lisans tezi. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Web Sayfası, 2017. Toprak ve Su Kaynakları.
- Doğan E., Ceribaşı G., Akkaya U., 2016. Barajların Nehir Akımı Rejimine Olan Etkilerinin Trend Analizi Yöntemi ile Araştırılması: Sakarya Nehri Örneği. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, cilt 6.
- Doğan E., Çeribaşı G., 2015. Trend Analizi Yöntemi Kullanılarak Batı ve Doğu Karadeniz ile Sakarya Havzası Akım Miktarlarının Değerlendirilmesi. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, cilt 7.
- Emek M., 2014. Doğu Anadolu Bölgesi Yıllık ve Aylık Toplam Yağışların Trend Analizi, Yüksek Lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- EİEİ. , Akım gözlem yıllığı, Ankara.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Web Sayfası, 2017. Bilgi Merkezi.
- Gan T. Y., 1998. Hydroclimatic Trends and Possible Climatic Warming in The Canadian Prairies, Water Resources Research, vol 34.
- Gümüş V., 2006. Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi ile Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans tezi. Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Gümüş V., Yenigün K., 2007. Aşağı Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi ile Değerlendirilmesi. Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Hamed K.H., Rao A.R., 1998. A Modified Mann-Kendall Trend Test for Autocorrelated Data. Journal of Hydrology, vol 204.
- Harvey K.D., Zhang X., Hogg W.D., Yuzyk T.R., 2001. Trends in Canadian streamflow. Water Resources Research, vol 37.
- Helsel D. R ve Hirsch R.M., 1992. Statistical Methods in Water Resources, Amsterdam.
- İçel G., 2009. Türkiye'nin Doğu Akdeniz Kıyılarında Sıcaklık ve Yağış Trend Analizleri ve Ekstrem Hadiseler. Doktora tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- İtibar M., 2005. Ege Bölgesi Akarsularına Ait Yapısal Karakteristiklerin Olasılık Yöntemler Yardımıyla Belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Kahya E. ve Kalaycı S., 2002. Trend Analysis of Streamflow in Turkey. Journal of Hydrology, vol 289.

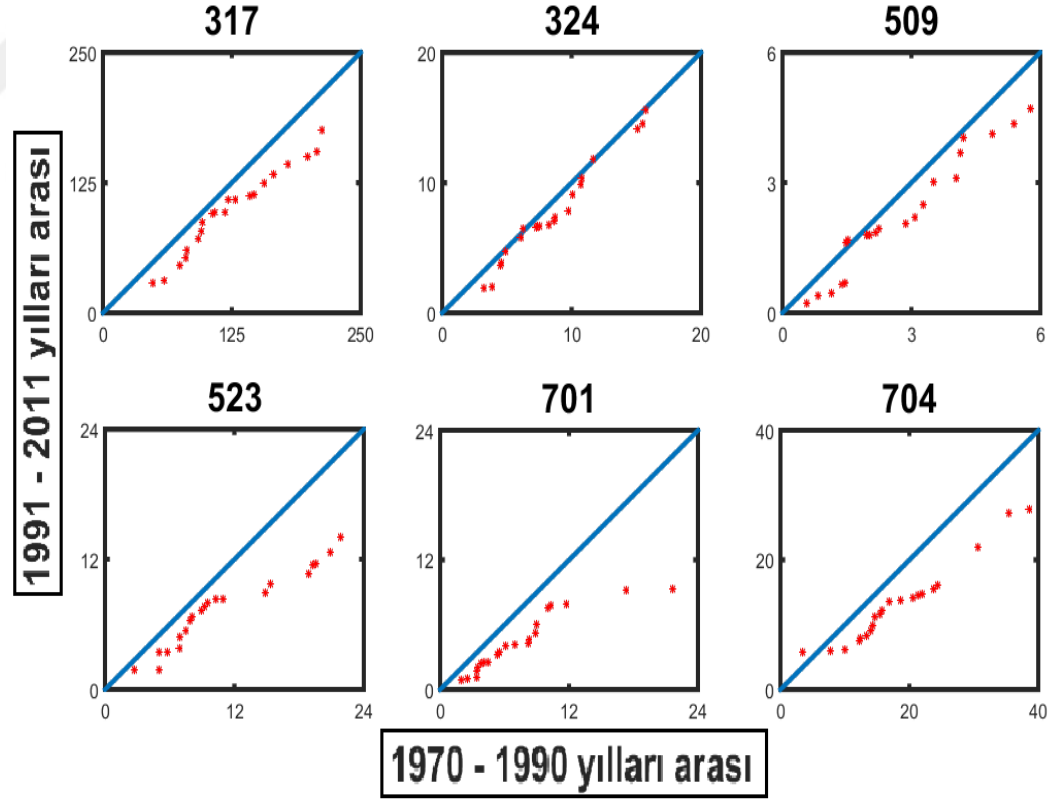
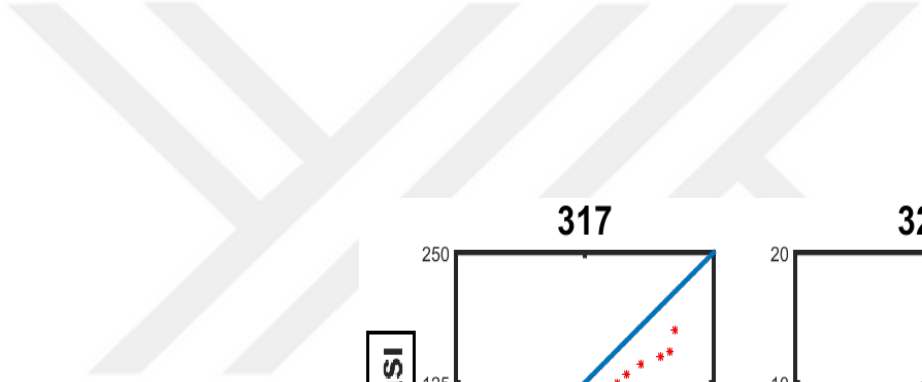
- Kalaycı S. ve Kahya E., 1998. Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi. Tr. J. of Engineering and Environmental Science, sayı 22.
- Kang H. M., Yusof F., 2012. Homogeneity Tests on Daily Rainfall Series in Peninsular Malaysia. Int. J. Contemp. Math. Sciences, vol. 7.
- Karabulut M., 2011. Doğu Akdeniz’de Ekstrem Maksimum ve Minimum Sıcaklıkların Trend Analizi. I. Ulusal Akdeniz Çevre ve Orman Sempozyumu.
- Köksal B.A., 1998. İstatistik Analiz Metotları. Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Kroll C. N., Vogel R. M., Douglas E. M., 2000. Trends in Floods and Low Flows in the United States; Impact of Spatial Correlation. Journal of Hydrology, vol 270.
- Kurt L., Ketenoğlu O., C. S. Aksoy, 2005. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, sayı 25.
- Kurucu P., 2008. Sakarya Havzasındaki Bazı Akarsularda Debi Eğilimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- MEB, Coğrafya Ders Kitabı.
- Nemli M. Ö., 2017. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yıllık Maksimum Yağışların Trend Analizi. Yüksek Lisans tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Odabas T., 1999. Doğu Karadeniz Havzasındaki İklim Trendleri ve Olası Etkileri. Yüksek Lisans tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Özel N., Kalaycı S., Sevimli M. F., Büyükyıldız M., 2004. Sakarya Nehri Havzası Aylık Akım Verilerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Trend Analizi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, cilt 19.
- Pettitt A.N., 1979. A Nonparametric Approach to the Change-Point Problem. Applied Statistics, vol 28.
- Say A., 2006. Türkiye’deki Nehir Akımları Mevsimlik Verilerinin Parametrik ve Non-Parametrik Yöntemlerle Trend Analizi. Yüksek Lisans tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Saygılı R., 2015. [cografyaharita.com](http://cografyaharita.com).
- Sen P.K, 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall’s Tau. Journal of American Statistical Association, vol 63.
- Serrano A., Mateos V.L., Garcia J.A., 1998. Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1922-1995. Universidad de Extremadura, Spain.

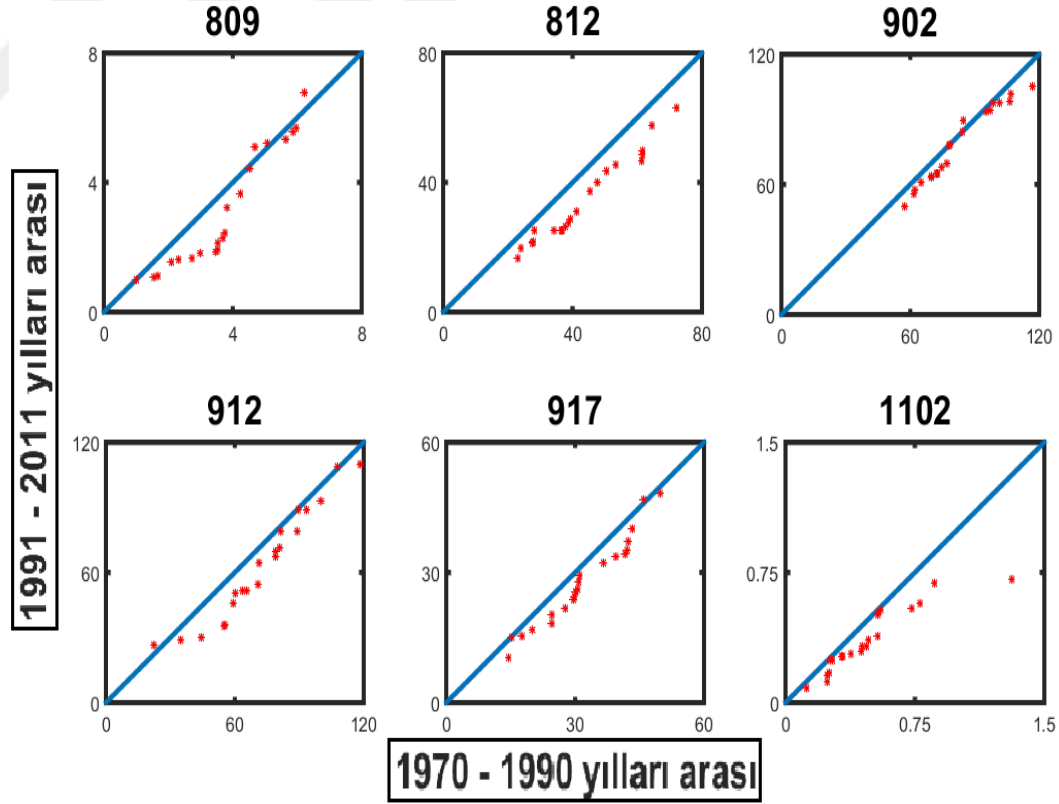
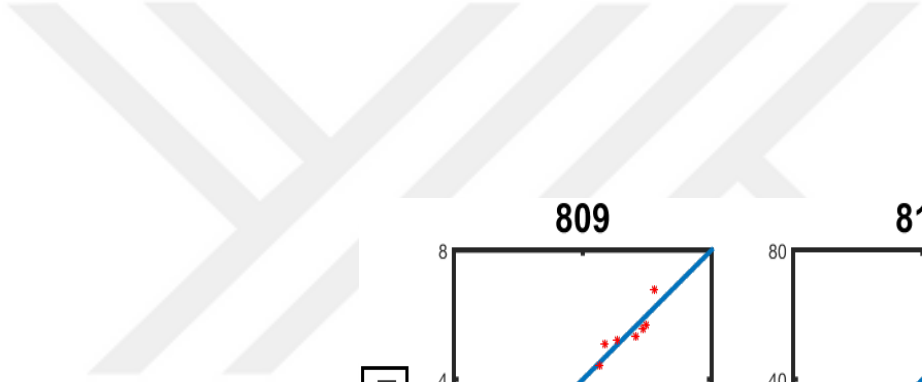
- Şahinler S., 2000. En Küçük Kareler Yöntemi ile Doğrusal Regresyon Modeli Oluşturmanın Temel Prensipleri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, sayı 5.
- Şen C., 2013. Isparta İlinde Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Trend Analizi. Yüksek Lisans tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Şen Z., 2002. İstatistik Veri İşleme Yöntemi, Su Vakfı Yayınları.
- TÜİK 2017. Enerji istatistikleri.
- Türkeş M., Sümer U.M., Çetiner G., 2000. Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, Ankara.
- Toros H., 1993. Klimatolojik Serilerde Türkiye İklimlerinde Trend Analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Tosunoğlu F., 2014. Türkiye'deki Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklıkların Atmosferik Salınımlarla olan İlişkilerinin İncelenmesi. Doktora tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Uçgun E., 2010. Kızılırmak Havzası'ndaki Hidrometeorolojik Verilerin Trend Analizi. Yüksek Lisans tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Wen F., Chen X., 2005. Evaluation of The Impact of Groundwater Irrigation on Streamflow in Nebraska. Journal of Hydrology, vol 327.
- Whittemore D., Yu Y., Zou S., 1993. Non-parametric Trend Analysis of Water Quality Data of River in Kansas. Journal of Hydrology, vol 150.
- Xu C., Yang T., Zhang Q., 2008. Variability of Water Resource in the Yellow River Basin of Past 50 Years. Water Resources Management, vol:23.
- Yerdelen C., 2013. Susurluk Havzası Yıllık Akımlarının Trend Analizi ve Değişim Noktasının Araştırılması. DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt 15.
- Yıldırım A., 2015. Trend Analizi Yöntemleri: Orta Fırat Havzası Uygulaması. Yüksek Lisans tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yıldız M., Malkoç Y., 2000. Türkiye Akarsu Havzaları ve Hidrolojik Kuraklık Analizi, Ankara.

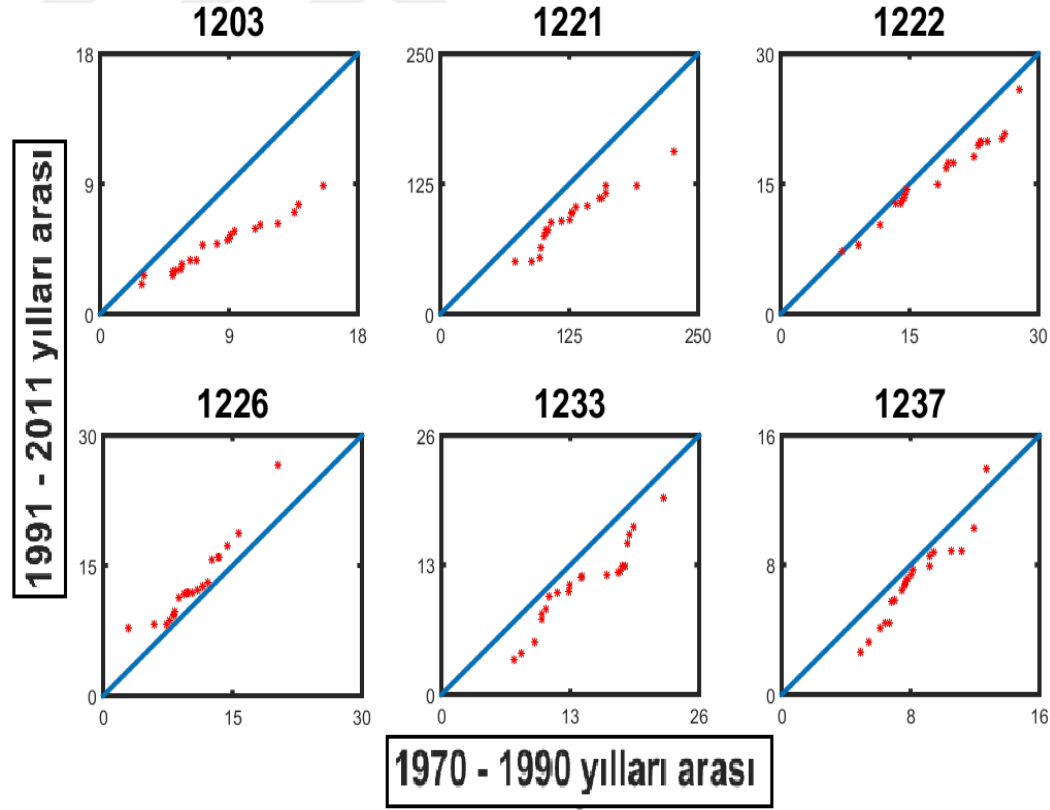
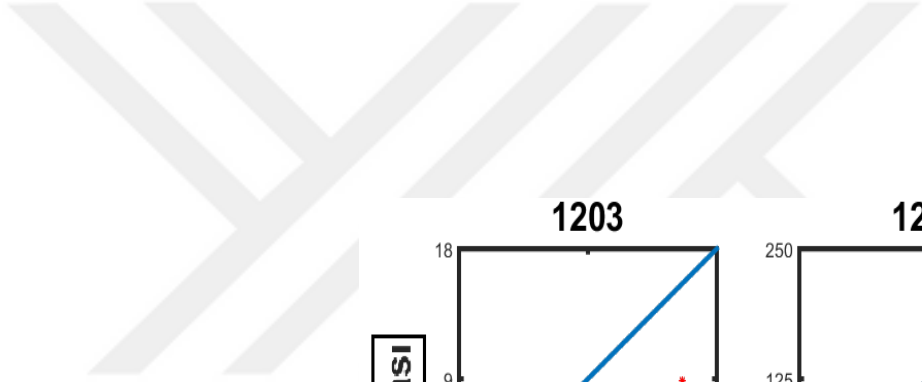
## EKLER

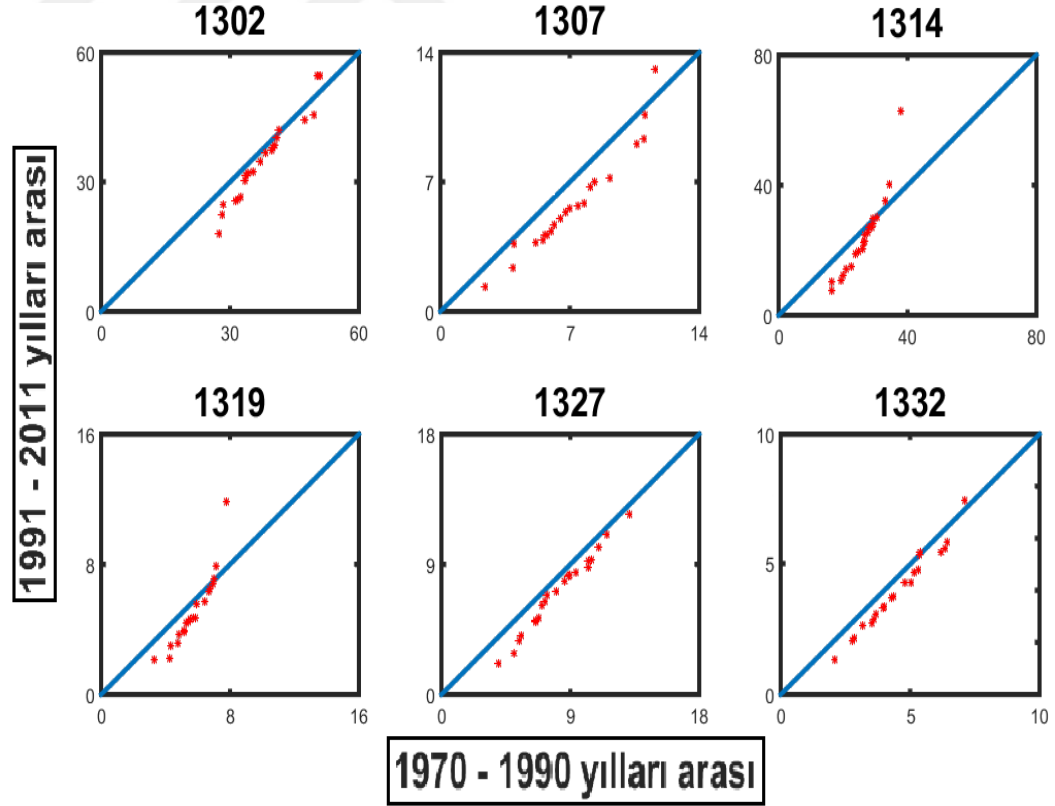
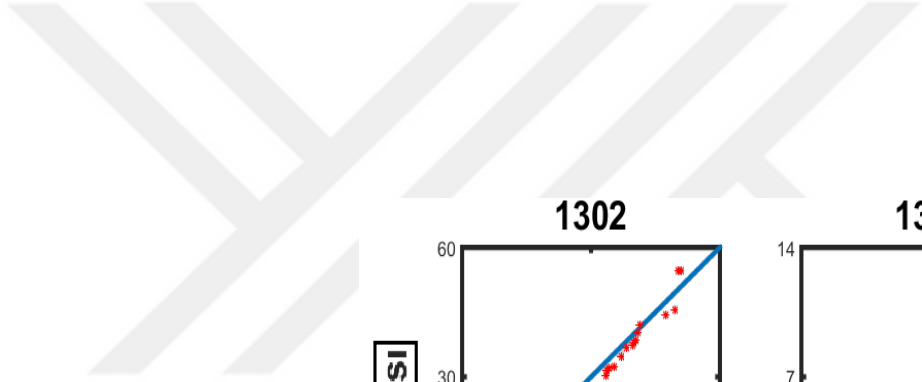
**EK 1.** 85 akım gözlem istasyonuna ait yıllık ortalama akım verilerinin Şen testi sonuçları



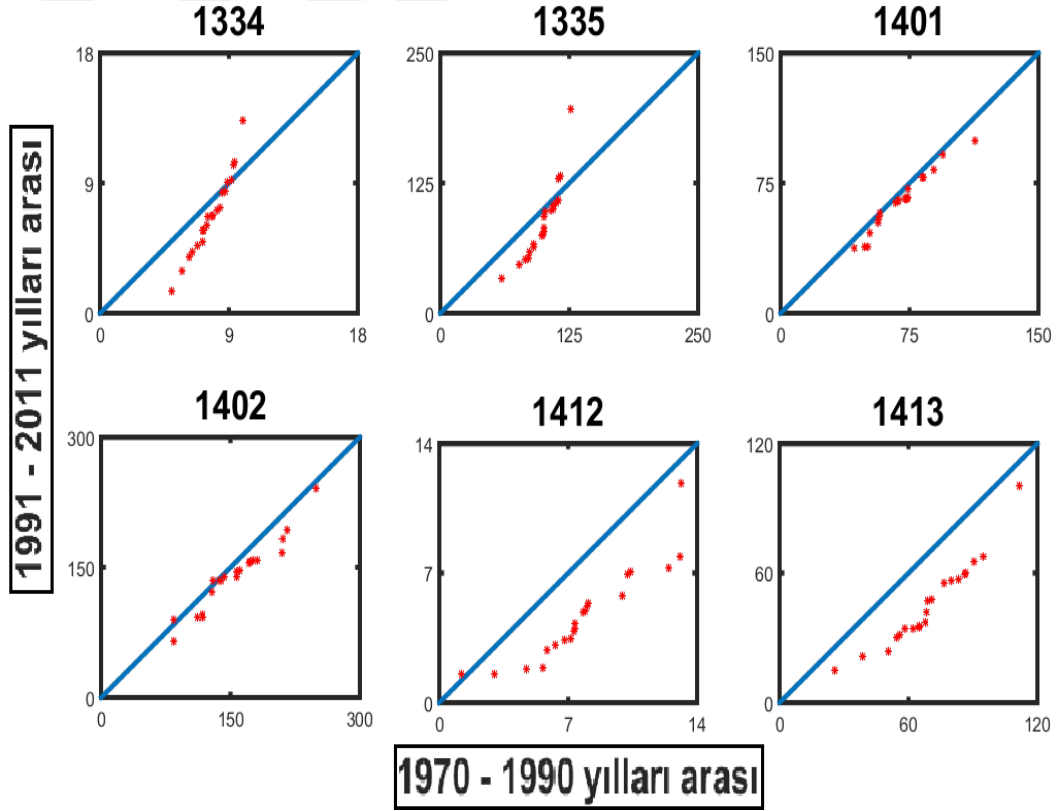
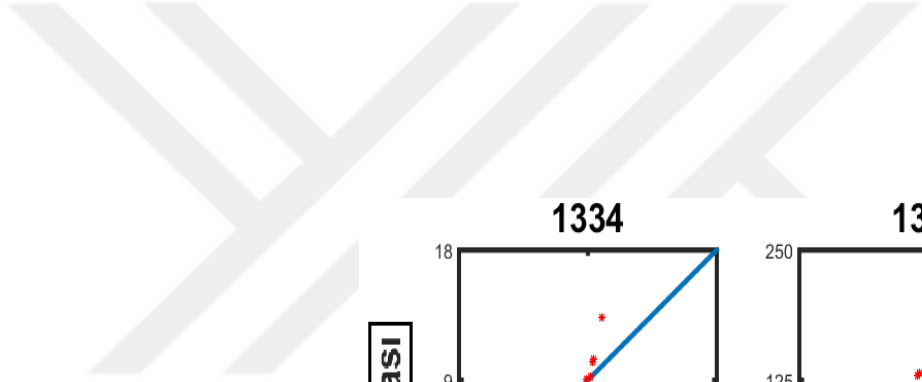


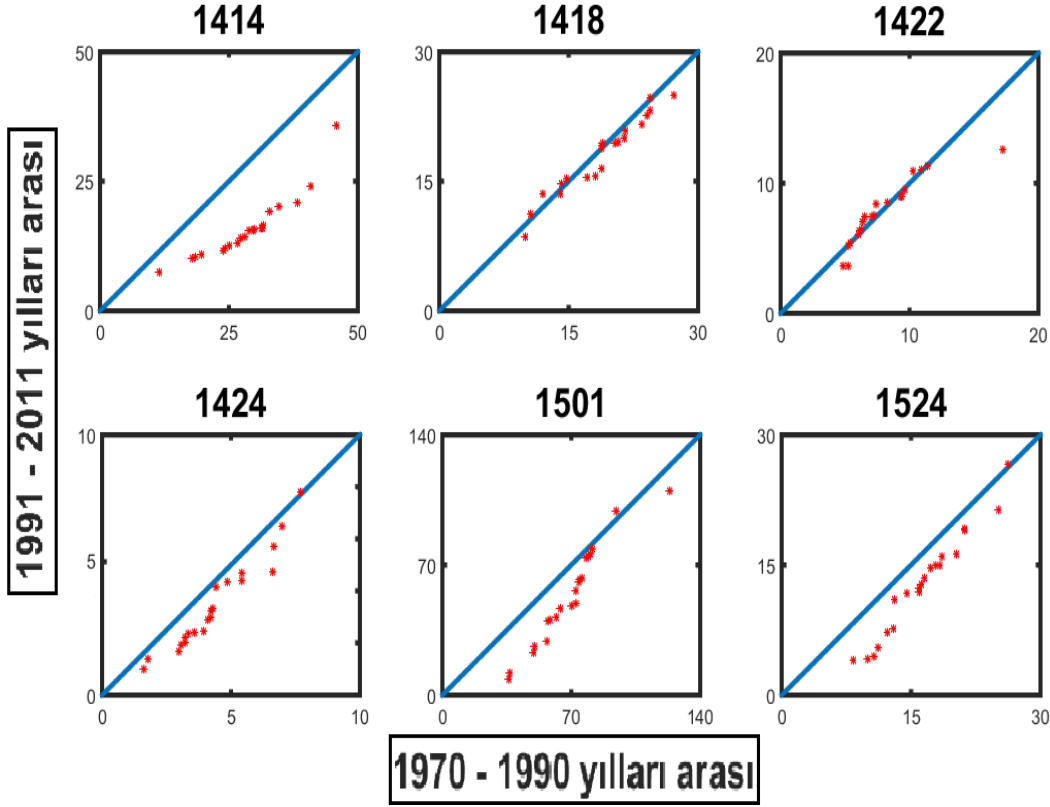
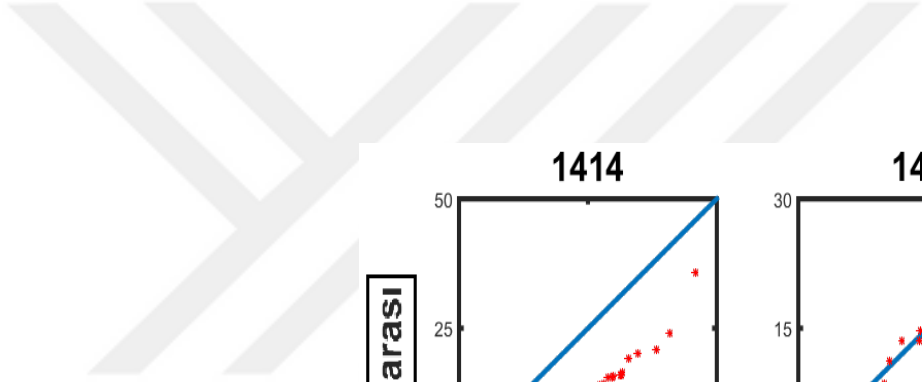


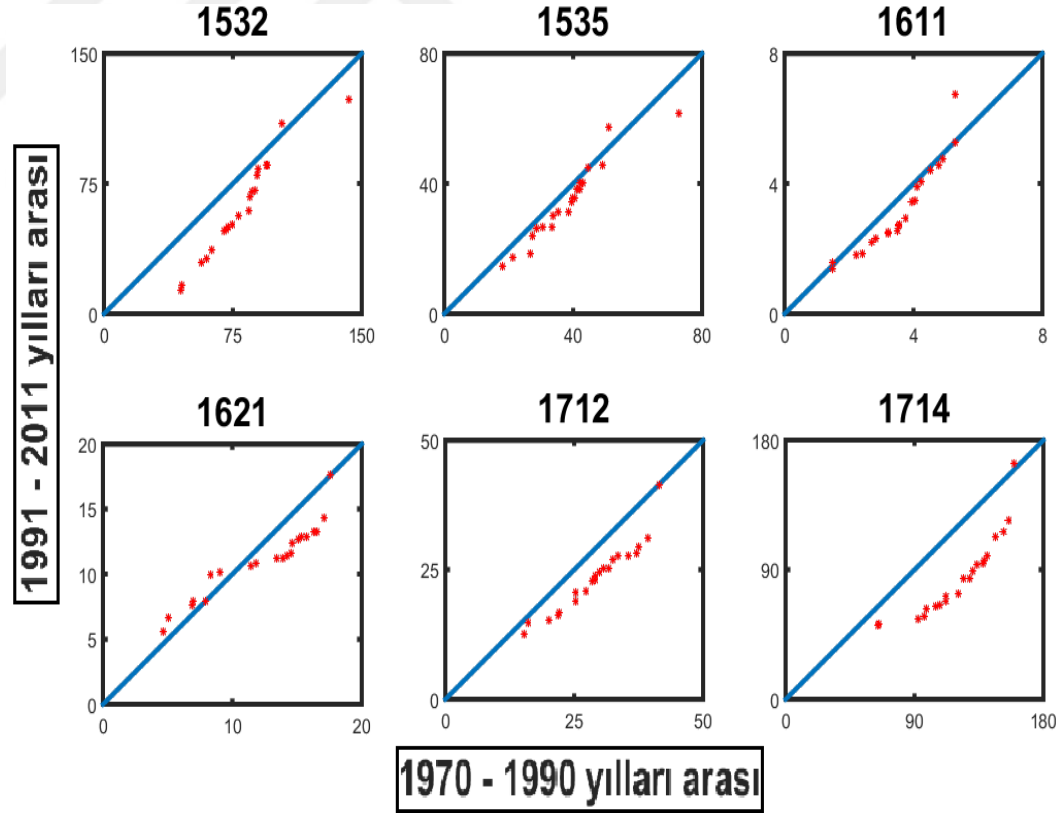
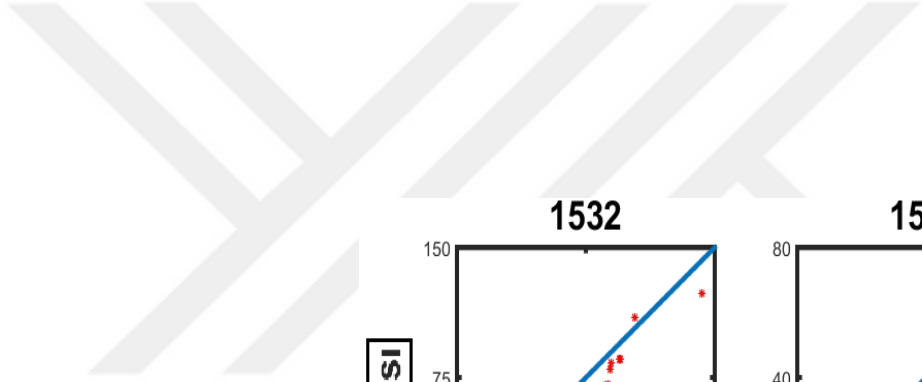


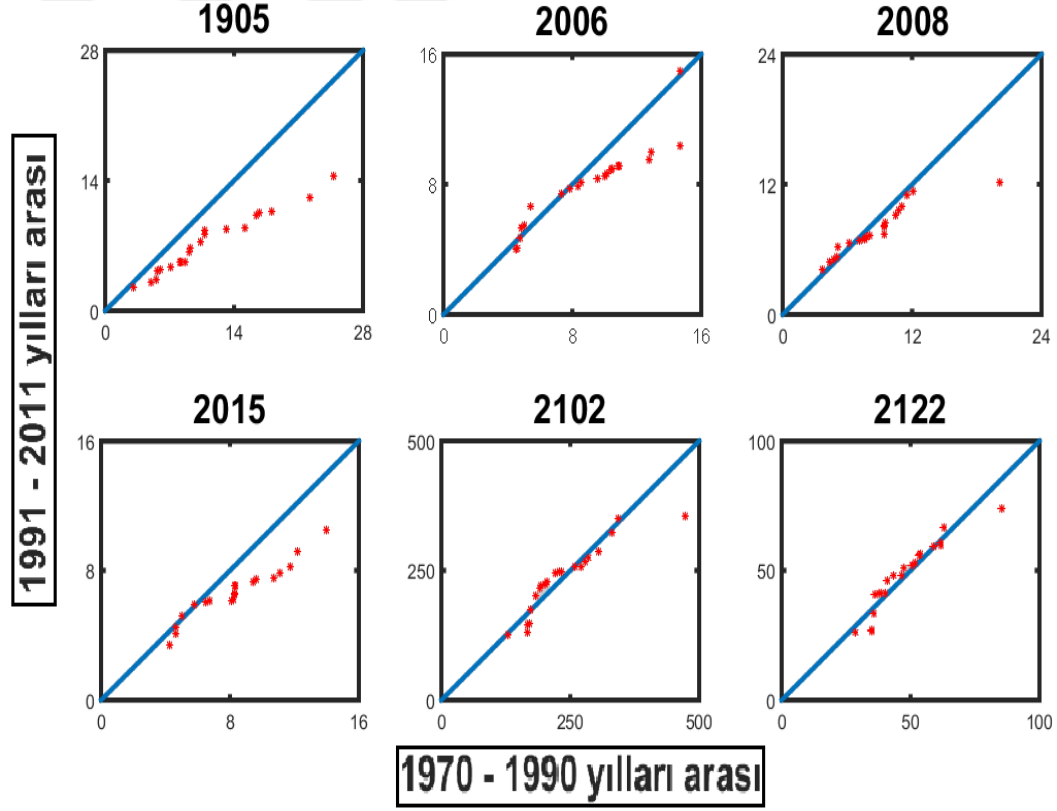
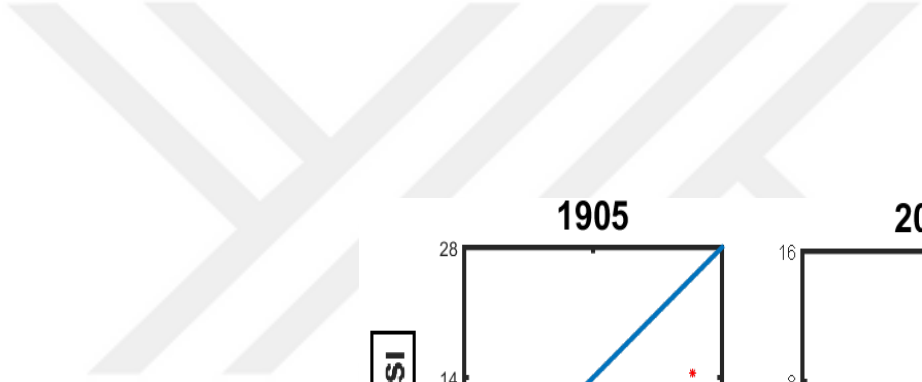


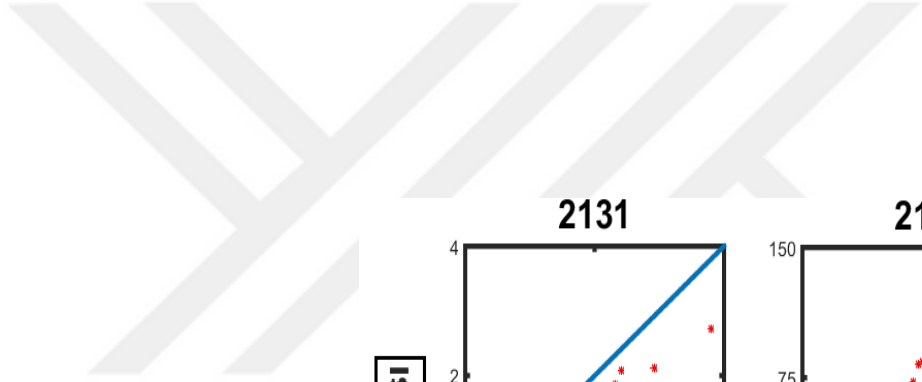




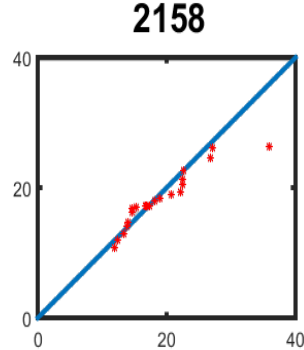
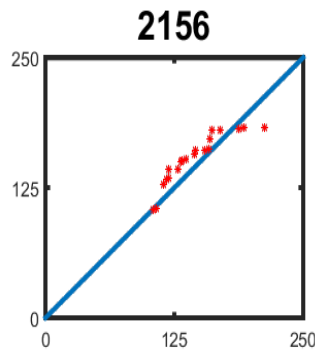
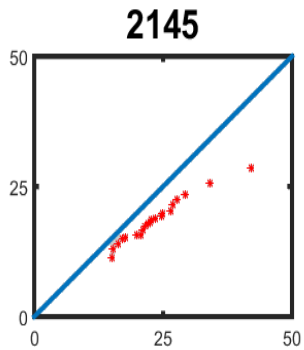
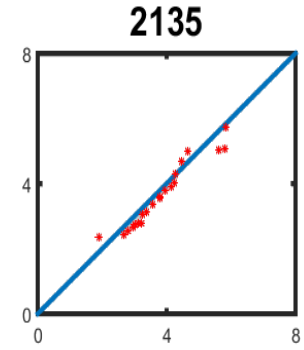
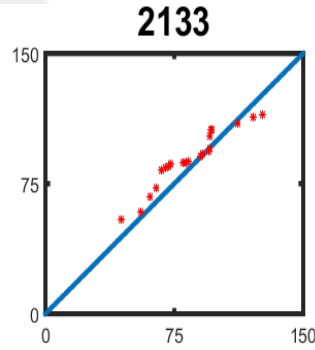
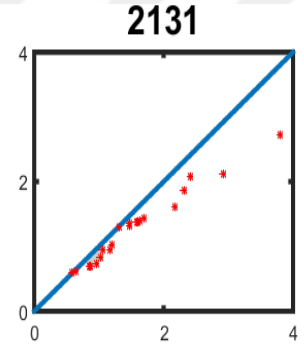




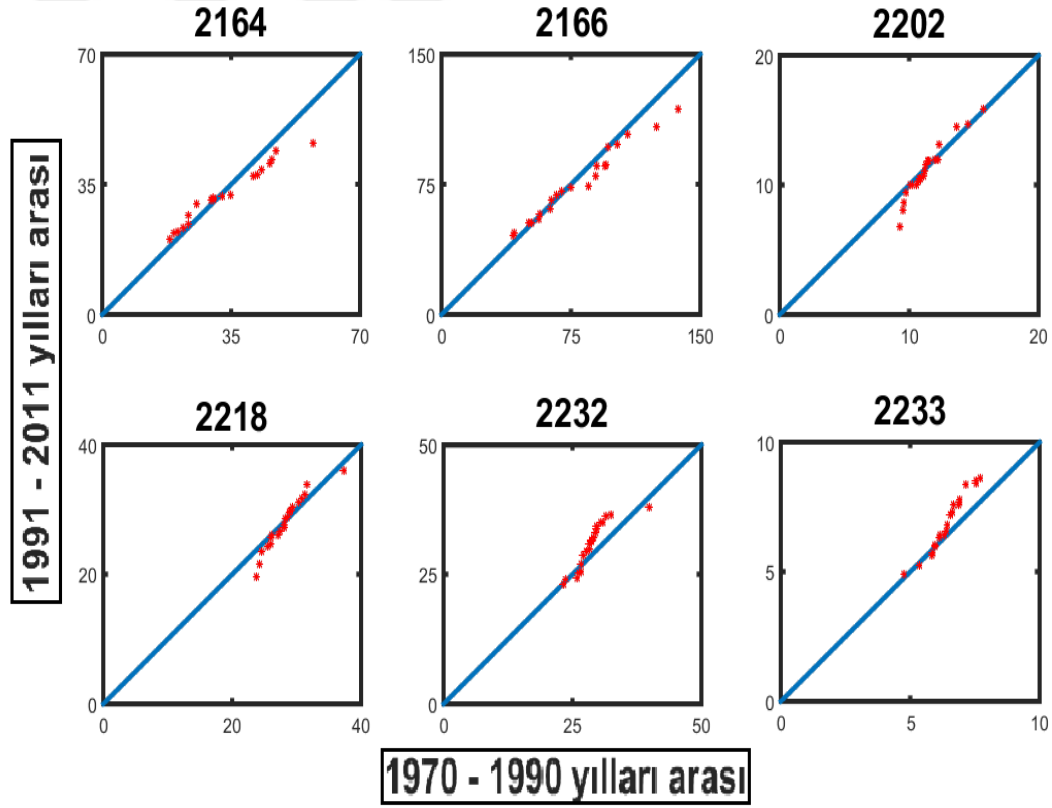
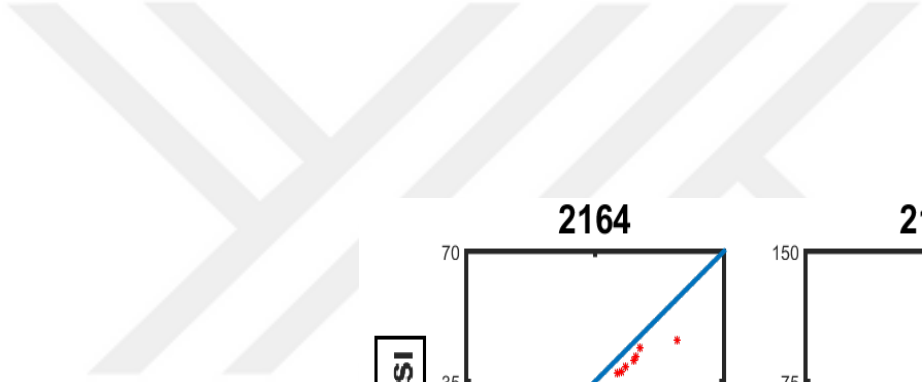


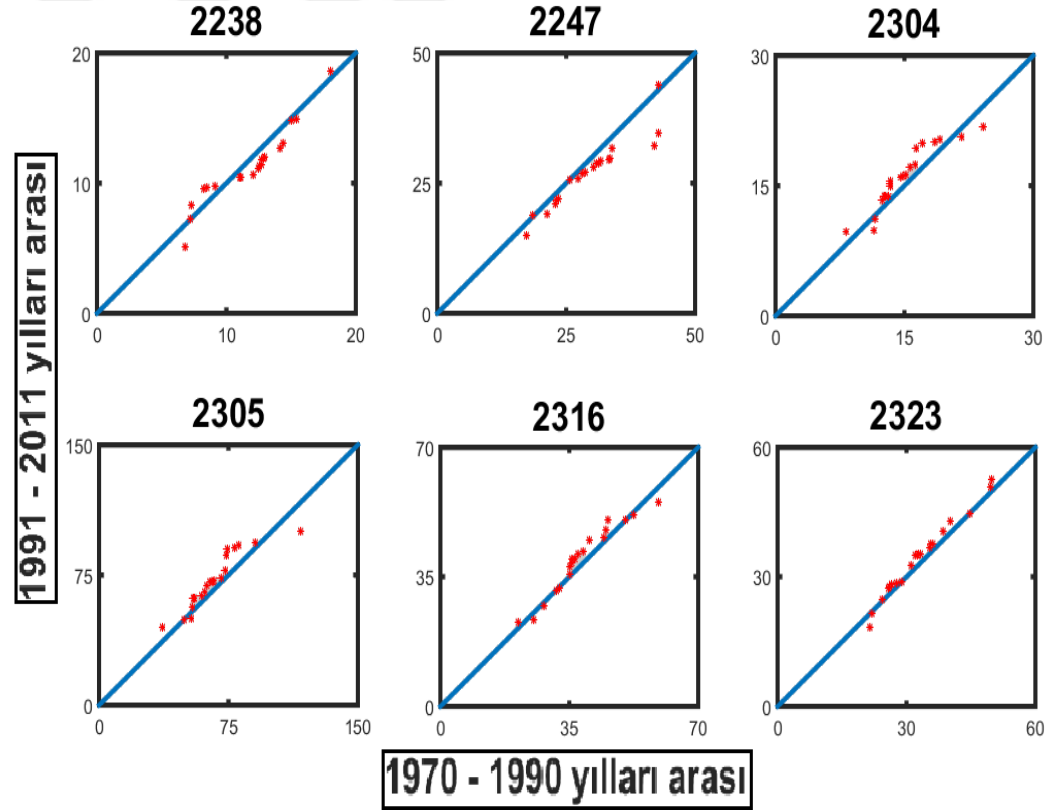
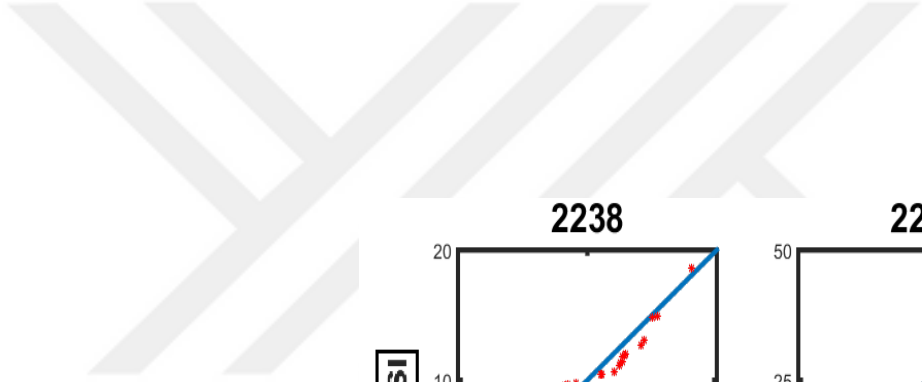


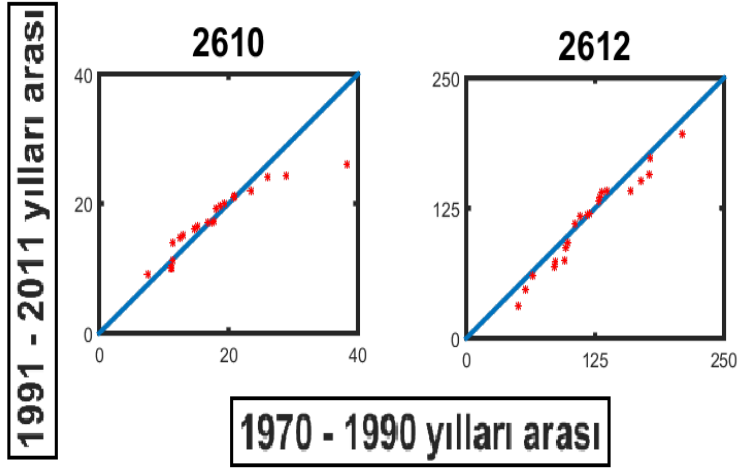
1991 - 2011 yılları arası



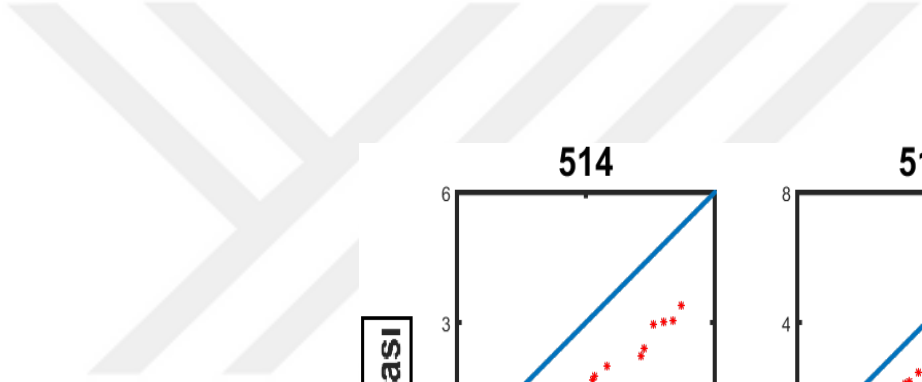
1970 - 1990 yılları arası





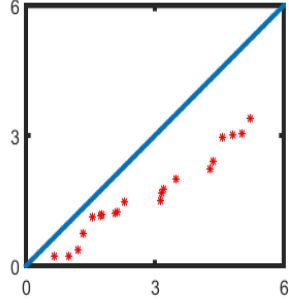




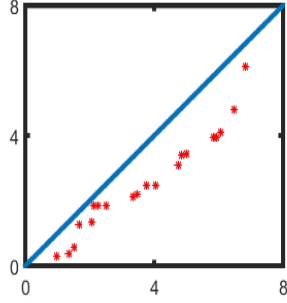


1991 - 2010 yılları arası

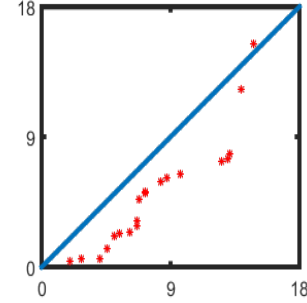
514



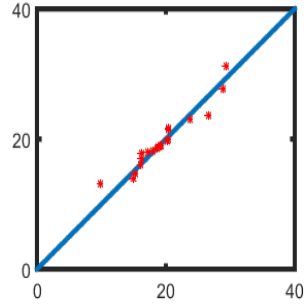
515



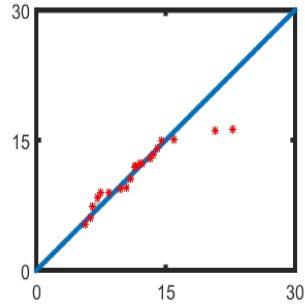
1906



2154



2409



1970 - 1989 yılları arası

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

İsim Soyisim: Muhammet ELMALI

Uyruğu: Türk (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 17 Ocak 1989, Erzurum

Medeni Hali: Bekar

Telefon: +90 442 235 00 50

e-mail: m\_elmali@hotmail.com

### Eğitim

Derece	Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi	2013
Lise	Erzurum Lisesi	2006