

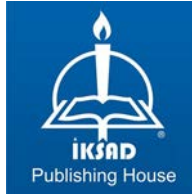


HİDROLOJİK VERİLERİN DEĞİŞKENLİK ANALİZİ VE UYGULAMALARI

Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN

HİDROLOJİK VERİLERİN DEĞİŞKENLİK ANALİZİ VE UYGULAMALARI

Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN



Copyright © 2019 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,
distributed, or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording, or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic
Development And Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksad.net

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2019©

ISBN: 978-625-7029-03-2

Cover Design: İbrahim Kaya

November / 2019

Ankara / Turkey

Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	1
GİRİŞ	3
1. HİDROLOJİK VERİLER	16
2. DEĞİŞKENLİK ANALİZİ	25
2.1 Literatürde yeralan çalışmalar	28
2.2 Trend analizi	44
2.2.1. Normalite Testi	46
2.2.2. Sen'in T testi	48
2.2.3. Spearman'ın Rho testi	49
2.2.4. Mann-Kendall testi	50
2.2.5. En küçük kareler testi	52
2.2.6. Cuzick trend Testi	54
2.2.7. Şen trend testi	55
2.2.8. Sen'in trend eğim metodu	57
2.2.9. Van Belle ve Hughes (trend) homojenlik testi	58
3. UYGULAMALAR	59
4. DEĞERLENDİRME	91
KAYNAKLAR	97

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

- Şekil 1. :Çalışmada akım verileri kullanılan akım gözlem istasyonları ve havzalar 13
- Şekil 2. : Şen Trend Testi Verilerin Kartezyen koordinatlar üzerinde gösterilmesi 56
- Şekil 3. : 101 nolu Şeytan Deresi – Babaeski AGİ’ nunda Akım değerlerinin zaman serisi 64
- Şekil 4. : 101 nolu Şeytan Deresi – Babaeski AGİ Şen trend test sonuçları 68

TABLoların LİSTESİ

Tablo 1 : Türkiye'deki nehir havzalarının bazı özellikleri	14
Tablo 2 : Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonları ve ait oldukları havzalar	15
Tablo 3 : Tüm İstasyonların trend analiz sonuçları	48
Tablo 4 : Normalite Testi için değerler	68
Tablo 5 : Marmara Suları Havzası global için homojenlik test test sonuçları	71
Tablo 6 : Susurluk Havzası global için homojenlik test test sonuçları	72
Tablo 7 : Gediz Havzası global için homojenlik test test sonuçları	73
Tablo 8 : Büyük Menderes Havza global için homojenlik test test sonuçları	74
Tablo 9 : Batı Akdeniz Havzası global için homojenlik test test sonuçları	75
Tablo10 : Orta Akdeniz Havzası global için homojenlik test test sonuçları	76
Tablo 11: Sakarya Havzası global için homojenlik test test sonuçları	77
Tablo 12: Batı Karadeniz Havzası global için homojenlik test test sonuçları	78
Tablo 13: Yeşilirmak Havzası global için homojenlik test test sonuçları	79
Kızılırmak Havzası global için homojenlik test test	
Tablo 14: sonuçları	80

Tablo 15: Orta Anadolu Havzası global için homojenlik test test sonuçları	81
Tablo 16: Doğu Akdeniz Suları Havzası global için homojenlik test test sonuçları	82
Tablo 17: Seyhan Havzası global için homojenlik test test sonuçları ..	83
Tablo 18: Hatay Havzası global için homojenlik test test sonuçları	84
Tablo 19: Seyhan Karadeniz Havzası global için homojenlik test test	85
Tablo 20: Fırat Havzası global için homojenlik test test sonuçları	86
Tablo 21: Doğu Karadeniz Havzası global için homojenlik test test sonuçları	87
Tablo 22: Çoruh Havzası global için homojenlik test test sonuçları ...	88
Tablo 23: Aras Havzası global için homojenlik test test sonuçları	89
Tablo 24: Dicle Havzası global için homojenlik test test sonuçları ...	90

SEMBOLLER

- (γ) : Çarpıklık katsayısı
- α : Normalite testi önem kasayısı
- özgün Q_{medyan} : Sen'in eğitim estimatörü
- p :Dönüm noktaları toplamı
- r : Otokorelasyon testi katsayısı
- R_s : Spearman'ın Rho testi istatistiği
- S : Mann-Kendall testi istatistiği
- t : Serideki aynı değere sahip veri (bağ) sayısı T :
Sen'in T testi istatistiği
- \underline{U} : \underline{X} orijinal değerlerinin varyans-kovaryans matrisi
- $Q_{,x} \quad - \quad -$: Ortalama akım değerleri
- Q_{med} : Akım serisi medyanı değeri
- T : Tekerrür Peryodu
- U : Sıra farklılıkları testi parametresi
- V : Orijinal değişkenlerin varyansları toplamı
(toplam sistem varyansı)
- $\text{Var}(S)$: Test istatistiği S 'nin varyansı
- istatistiği Z : Standart normal değişken
- γ : Çarpıklık katsayısı

ÖNSÖZ

Hayatın ana unsurlarından biri olan su, diğer doğal kaynaklardan farklı olarak, en temel ihtiyaç maddesi olması yanında, ekonomik değeri olan ve sosyal ve politik hedefler için de kullanılmaktadır. Su, dünyanın oluşumuyla birlikte ortaya çıkmış olup ve insanlık tarihinden daha eskiye dayanması nedeniyle de hayatın kaynağı olarak kabul edilmektedir.

İkame edilememesi ve sürekli talep görmesi nedenleriyle, kullanım değeri çok yüksektir. Bunun yanında hızlı nüfus artışı ve su kaynaklarındaki azalma suyun önemini kat ve kat artırmaktadır.

Ana konusu su olan hidroloji özellikle su kaynakları projelerinin tasarımı ve yönetiminde oldukça önemli bir bilim dalıdır. Tahmine dayalı, geri dönüşümü mümkün olmayan ve yüksek maliyetler yapılabilen bu projelerde kullanılacak hidrolojik verilerin analizi oldukça önemlidir.

Özellikle küresel iklim değişiminin günden güne etkisini fazlasıyla hissettiğimiz günümüzde, hidrolojik verilerin değişkenliğinin tespiti, geleceğe dair planlamalarda oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, hidrolojik verilerin değişkenlik analizinde kullanılan trend testleri ele alınmıştır. Testlerin uygulamasında Türkiye geneline yayılmış akarsulara ait yıllık pik akım serileri değerleri kullanılmıştır.

Çalışmanın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle

çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren hocalarım Prof. Dr. Ercan KAHYA ve Prof.Dr. M. Faik SEVİMLİ' ye teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca desteğimi her zaman hissettiğim aileme sonsuz şükranlarımla...

Dr. Naci BÜYÜKKARACIĞAN

Konya-2019

GİRİŞ

Küresel ısınmanın bir sonucu olarak ortaya çıkan İklim değişikliği, günümüzde insanoğlunun karşı karşıya kaldığı en büyük sorunların başında gelmektedir. Karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenip fak edilen doğal iklim değişikliği yanında, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik olarak tanımlanan küresel iklim değişikliği insani faaliyetleri olumsuz olarak etkilemektedir. Küresel iklim değişikliği, insan sağlığı, ekosistemler, hatta insan neslinin sürdürülmesi bakımından tehdit oluşturabilecek olumsuz etkileri sebebiyle çok ciddi sosyo-ekonomik sonuçlara yol açmaktadır.

İklim değişikliğinin etkileri arasında tatlı su kaynaklarının azalması, gıda üretimi koşullarındaki genel değişiklikler ve seller, fırtınalar, sıcak dalgaları ve kuraklık nedeniyle ölümlerde yaşanacak artışlar sayılabilir.

Değişken yağışlar küresel iklim değişiklikleri sonucunda oluşmakta ve küresel ısınma diye tanımlanan bir kavram ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınma; dünya'nın farklı bölgelerini farklı şekilde etkilemekte, bazı bölgelerde yağışlar artarken bazı bölgelere hiç yağış düşmemektedir. Bunlar gibi olumsuz sonuçları önlemek için, ülkeler kendi aralarında küresel etkinlikler ortaya koymaya başlamışlardır.

Yerküre üzerinde alan ve zaman içindeki dağılımı düzgün olmayan su, insan ve tüm canlıların yaşayabilmesi için gerekli olan en önemli doğal kaynaklardan birisidir. Toplumların gelişme sürecinde

suya önemli ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarını koruma geliştirme ve kontrol etme konusunda hidroloji ve hidrolik alanında birçok çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda, hidrolik yapılar inşa edilmektedir. Daha sonra bu yapıların işletme aşamalarında suyun alan ve zaman içindeki dağılımı ile fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ve su ile çevre ilişkilerinin belirlenmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

İnsan hayatının devamlılığı için vazgeçilmez ihtiyaç olan su temininde içme ve kullanma sularına öncelik verilmesi gereklidir. Ancak su kaynaklarının miktarı yağışlara bağlı olarak değişiklik gösterdiği için içme ve kullanma suyu talebinin her zaman bütünüyle karşılanacağı söylenmez. Bundan dolayı özellikle şehirleşme çalışmalarında, yerleşim alanlarının belirlenmesinde, su kaynaklarından elde edilecek faydanın gözönüne alınması çok önemlidir.

Hidrolojide yağış, buharlaşma, yüzeysel akış ve toprak nemi gibi bireysel olayların önemli olması yanısıra, bunların su dengesine yaptığı etki de dikkate alınır. Örneğin yer altı sularının tamamen kullanılması ile bitki varlığı değişir. Bu durum topraktan olan buharlaşma ile akarsuların akımına olumsuz şekilde etki eder. Bu sebeple, su kaynaklarının ekonomik ve teknik yönlerden tutarlı biçimde tasarlanmasında, bu faktörlerin gözönünde bulundurulması gerekir (Esendal, 2007).

Su kaynaklarının miktar ve kalite açısından yeterli olmaması ve artan nüfus, gelişen sanayi ve tarım faaliyetleri sonucu aşırı kullanımı

nedeniyle ortaya çıkan sorunlar su kaynaklarının en iyi şekilde yönetilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi, sistemin sürdürülebilir olması için havza yönetiminin en iyi şekilde yapılması ve havza veriminin değerlendirilmesi gerekmektedir. Havza yönetimi ile birlikte erozyon, sel ve taşkınların önlenmesi, toplumun ihtiyaçlarını karşılayacak miktar ve kalitede su üretilmesi ve havzadaki doğal kaynakların planlanması için çeşitli çalışmaların yapılması amaçlanmaktadır (Özhan 2003).

Bu amaçlar doğrultusunda yapılan çalışmalar arasında hidrolojik sistemi etkileyen olayların gözlemlenmesi, gerekli hidrolojik ölçümlerin sistematik olarak yapılması ve uygun bilgisayar programı kullanılarak simülasyon modelinin oluşturulması yer almaktadır. Özellikle hızla gelişen bilişim teknolojisi ile birlikte su kaynakları ve havza yönetiminde matematiksel modellerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Dolayısıyla, hem kentsel hem de kırsal alanlarda yağış sonucu oluşan yüzeysel akışın su kalitesi ve miktarının hidrolojik modellenmesine yönelik literatürde geniş çalışmalar bulunmaktadır (Kazezyılmaz-Alhan ve diğ., 2007).

Dünyada artan nüfus ve su kaynaklarının bilinçsiz kullanılması sonucunda su sıkıntısı yaşanmaktadır. Dünyadaki ülkeler su potansiyelleri bakımından üç gruba ayrılmıştır. Bunlar,

Fiziksel su kıtlığı: Akarsuların % 75'inden fazlası tarım, sanayi ve evsel tüketim için ayırılmış ülkeler bu gruba girmektedir. Kurak ancak su tüketiminin nüfus bağlı ya da kültürel olarak az olduğu

lkeler fiziksel su sıkıntısında olan ülke olarak adlandırılmaktadır.

Fiziksel su ktlığına gidiş: Akarsu akımlarının %60'ından fazlası insan tüketime ayrılmış olan ülkelerdir. Bu tip ülkelerde, yakın gelecekte fiziksel su ktlığı olasılığı yüksektir.

Ekonomik su ktlığı: Su kaynaklarının yalnızca %25'inden azı kullanılıyor ancak su kaynakları geliştirilmemiş ve insanlar suya ulaşamadığı ülkeler bu gruba girmektedir. Yetersiz finans güce sahip olmadıklarından su kaynaklarının geliştirilmesinde yetersiz kalınmaktadır.

Düşük su ktlığı ya da su ktlığı olmaması durumu: Su kaynaklarının %25'inden azı kullanılıyor ve suyun ihtiyaç duyanlara ulaştırılması ile ilgili sorun olmayan ülkelerdir.

2000'li yıllardan itibaren küresel ısınmanın bir sonucu olarak taşkınlara düzensiz artması birçok can ve mal kaybına neden olmuştur. Ayrıca çok büyük maliyetlerle yapılan su kaynakları tesisleri büyük geri dönüş aralıklı debilere göre boyutlandırılmaktadır. Ölçülen debiler içerisinde aykırı değerlerin bulunma ihtimali çok olduğundan ve buna bağlı olarak hesaplanan istatistik sonuçların yanlış olmasından dolayı, analizlerde aykırı değerlerin önceden ayıklanması gerekmektedir.

Akım, hidrolojik sistemin temel itici faktörlerinden biridir. Su kaynak sistemlerini doğrudan etkiler. Bu sebeple su kaynaklarının planlanması, işletilmesi ve yönetiminde akarsu akımı önemli bir parametredir. Ayrıca akarsu akımı mükemmel bir iklimsel göstergedir. Bu hidrolojik değişken iklim değişikliği yanında arazi kullanım

değişikliği, şehirleşme, ormansızlaşma, tarımsal uygulamalardaki değişimler, doğal ve yapay göller, kanal morfolojisi, dere yatağından kum alım faaliyetleri ve veri problemleri gibi pek çok faktör tarafından etkilenir. Akımlara ilişkin trendlerin tespit edilmesi ve alansal-zamansal ölçekte çözümlenmelerin yapılması yerel ve/ya da bölgesel su kaynakları yönetimi bağlamında çok faydalı bilgiler sunmaktadır (Tekkanat, 2017).

Taşkın değerlerinin artması ve sızma olayının azalması, yağışların daha yoğun olmasının beklendiği bazı modellere göre beklenmektedir Bunun sonucu olarak, mevsimlik modellerdeki bazı değişiklikler, yeryüzündeki su kaynaklarının bölgesel dağılımını da etkiler. Sıcaklık ve yağışta meydana gelen küçük değişiklikler, yeryüzündeki su miktarında ve dağılımında daha büyük değişikliklere neden olabilir. Bu sebeple kurak ve yarı kurak bölgelerin, azalan yağış miktarına ve artan buharlaşma ve bitki terlemesine karşı daha hassas olduğu gözlemlenmiştir.

Tropik yağışların gelecekteki yoğunluk ve dağılımlarının tahmininde kullanılan farklı iklim modelleri, çok farklı sonuçlar vermektedir. Yeryüzündeki topografik değişiklikler yeraltı su kaynaklarının toplanmasını, yağış zamanı ve miktarındaki değişiklikler ise su kalitesini etkileyecektir.

Bunun yanında, Yağmur suyu ve buharlaşma modellerinden etkilenen doğal ekosistemler, su seviyeleri ve sel rejimlerinin değişmesine neden olur. Su sıcaklıkları ve yağmur suyunun termal yapısındaki değişiklikler, bazı organizmaların yetişmesini ve hayatta

kalmasını, ekosistemlerin özelliğini ve çeşitliliğini etkileyecektir. Yüzeydeki yağmur suyu miktarı, yeraltı sularının akışları ile göl ve nehirler üzerindeki yağış değişiklikleri, çözülmüş oksijen miktarı ve gıda maddelerini, dolayısıyla, suyun temizliği ve kalitesini etkileyecektir (Kadıoğlu, ve ark, 1994).

Özellikle orta doğu ülkeleri gibi gelişmekte olan ülkelerdeki bölgesel su kaynakları, büyük baskı altındadır. İklim değişikliği; kirlilik, ortam, nüfus, ekonomi ve siyasi sebeplerden kaynaklanan baskıları artıracaktır. Baskılara en uygun yerler, kurak ve yarı kurak bölgelerle bazı düşük seviyeli sahiller ve küçük adalardır. İklim değişikliği, su kaynakları varlığı, yiyecek üretimi, nüfus artışı ve ekonomik gelişme ve siyasal yapılar arasındaki bağlantılar çok ve karmaşık olmasına rağmen iklim değişikliğinin etkileri, kaynakları az olan bölgelerde ekonomik ve siyasi açıdan daha çok olacaktır.

İklim değişikliğindeki nedeniyle, olumsuz etkilerin uzun vadede daha önemli olarak ekolojik sistemleri ve doğal kaynakları bozması, sağlık ve altyapıya zarar vermesi ve sosyal ve ekonomik rahatsızlıklara neden olması beklenmektedir. Bunlar ise böcekler, su ve diğer faktörlerle geçen hastalıklara, ayrıca ishal ve açlık gibi enfeksiyon hastalıklarıyla astım ve diğer alerjik hastalıklarda artışa neden olacaktır. Daha yüksek sıcaklıklar su kaynaklarını azaltacak ve mikroorganizmalar, kolera gibi enfeksiyonları artıracaktır.

Şiddetli hava olayları, sıcaklık ve yağıştaki değişiklikler ve bunların etkisindeki nehir akımı değişiklikleri, altyapılara zarar verebilir ve üretimi etkileyebilir. Bazı bölgelerde sık ve yoğun olarak

görülen şiddetli hava olayları; sahil rüzgârları, sel, toprak kayması, fırtına, hızlı kar erimesi, tropik siklon ve fırtınalar ile yangınlardır.

Araştırmacılar bu nedenlerle sadece iklim değişikliğinin gelecekteki halini değil, ekosistem ve hidrolojik çevrime olan etkilerini ve diğer farklılıkları da göz önüne almalıdırlar. Gelecekteki çevresel şartlar, suyun temizliği, beslenme, nüfus yoğunluğu ve sağlık gibi sosyo-ekonomik şartlardaki değişiklikler de incelenmelidir (Kalaycı, 2003).

İklim değişikliği sonucunda meydana gelen hidrolojik değişimler ile ilgili olarak tüm bilgilerin derlenmesi ve değerlendirilmesi, iklim faktörlerine bağımlı sistemlerin verimli bir şekilde planlanmasının ve yönetilmesinde oldukça önemlidir. (Redmond ve Koch, 1991). İklim faktörlerine bağlı sistemlere, su temini, taşkın kontrolü ve hidroelektrik enerji üretimi için tasarlanan su kaynak sistemleri örnek gösterilebilir.

Türkiye iklim değişikliği nedeniyle meydana gelen ani ve şiddetli yağışlar, taşkınlar gibi doğal afetlerle karşı karşıya gelirken kuraklık sorunu günden güne artmaktadır. Söz konusu afetlere ve kuraklığa çözüm üretebilmek amacıyla sosyal bilinçlenmenin yanı sıra mevcut su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması ve yeni yapılacak projelerin iklim değişikliği faktörleri dikkate alınarak yapılması gerekmektedir.

Ülkemizde, küresel iklim değişikliği etkisi nedeniyle, insani ihtiyaçlar için gerekli olan suyun yeterli ve düzenli olarak elde edilebileceği su kaynakları büyük risk altındadır. Bu risk nedeniyle

yaşanılan zorlukların en önemli sebebi, yine iklim değişikliği nedeniyle yıldan yıla büyük oranda değişim gösteren yağış miktarlarıdır (Türkeş, 1998). Bu nedenle hidrolojik değişkenliğin anlaşılması, su kaynağı sistemlerinin güvenilirliğinin sağlanmasında oldukça önemlidir.

Hidrolojik verilerin değişkenliğinin bilinmesi, hidrolik yapıların tasarım, yapım ve işletmesi açısından oldukça önemlidir. Ortalama ve düşük akımlarla ilgili hidrolojik bilgiler baraj haznelerinin kapasitesinin hesabında ve baraj işletmesinde, taşkınlarla ilgili veriler baraj, drenaj yapıları gibi taşkın yapılarının tasarım ve yönetiminde, düşük akımlarla ilgili bilgiler ise su kalitesinin kontrolü ile ilgili problemlerde ve su temini projelerinde gerekli olmaktadır. Bunun yanında, kuraklık analizlerinde de hidrolojik verilerin değişkenliğinin belirlenmesi gereklidir. Hidrolojik verilerin trend hesapları gelecek ile ilgili verilecek kararlarda önemli bir faktördür.

Bu çalışmada hidrolojik verilerin değişkenliğinin ölçüsü olan Trend Analizi (Trend Analysis), teorik esaslarının verilmiş ve uygulama verileri olarak Türkiye’ de bulunan akarsulara ait pik akım serilerine kullanılmıştır. Herhangi bir eğilimin olup olmadığı ve eğer varsa yönünün belirlenmesi için parametrik ve parametrik olmayan yöntemler uygulanarak yapılmış ve değerlerin ölçüldüğü zaman aralığında değişime neden olan hidrometeorolojik faktörler belirlenmeye çalışılmıştır.

Hidrolojik verilerde değişkenlik analizinde kullanılan metotların anlatıldığı bu çalışmada, uygulama örnekleri için Elektrik İşleri Etüt

İdaresi (EİE) tarafından işletilen, sonrası Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü' ne devredilen akım gözlem istasyonlarında ölçülen yıllık pik akım verileri kullanılmıştır. Uygulama örneği bir istasyon verileri için gösterilirken, okuyucuların farklı örnekleri test edebilmeleri için tüm istasyon trend analiz sonuçları listeler halinde verilmiştir.

Bunun yanında, Hidroklimatolojik çalışmalarda kullanılan birçok verinin tamamen homojen özelliğine sahip olmadığı bilinmektedir. Çalışmada, yapılan uygulamada kullanılan veriler, Büyükkaracığan (2009) tarafından yapılan araştırmada seçilen ve Türkiye geneline yayılmış akım gözlem istasyonlarına ait pik akım serileri kullanılmıştır. (Şekil1).

Homojenlik şartına uymak için trend analizi çalışmasında, 26 nehir havzası üzerindeki akım gözlem istasyonları arasından akıma karşı düzenlemenin ve/veya çevirmenin bildirilmediği ve yeterli örnek büyüklükleri olanları seçilmiştir.

Trend analizi uygulamaları öncelikle bir istasyona ait veri üzerinde gösterilmiştir. Literatüre son yıllarda giren testler de çalışmaya dahil edilmiştir. Bunun yanında, havzalara ait bazı özellikler ve seçilen istasyonlar Tablo 1 ve Tablo 2.'de verilmiştir.

Çalışmanın uygulama örneklerinde kullanılan veriler, hidroklimatik zaman serilerindeki iklimsel değişimin varlığını araştırmak için ihtiyaç duyulan minimum zaman aralığına sahip olup; uzun zaman dilimlerinde ortaya çıkabilecek alet ve istasyon değişimleri nedeniyle verilerde çıkması muhtemel heterojenliklerden kaçınmak ve Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological

Organization; WMO) tarafından iklimsel analizlerde kullanılması tavsiye edilen en kısa süre olan üç ardışık 10 yıl (30 yıl) periyoduyla mümkün olduğunca fazla istasyon verilerini analiz etmek amacıyla (Kadioğlu ve Erdun, 1995) 25 yıllık bir periyotta seçilmiştir. Burn ve Elnur (2002), iklimsel bir değişimin araştırılmasında ilk önemli adımın, istasyonların seçimi olduğunu ve trend sonuçlarının istatistiksel geçerliliğinin en az 25 yıllık kayıt uzunluğuyla sağlandığını belirtmişlerdir (Kalaycı, 2003).



Şekil 1. Çalışmada akım verileri kullanılan akım gözlem istasyonları ve havzalar.

Tablo 1. Türkiye’deki nehir havzalarının bazı özellikleri.

Havza No	Havza Adı	İstasyon Sayısı	Seçilen sayı	istasyon	Havza (km ²)	yüzölçümü	Havza ortalama yüksekliği (m)	Toplam yağış (mm/yıl)	Toplam (km ³ /yıl)	akım
1	Meriç	8	1		14560		56.63	604.0	1.33	
2	Marmara Suları	8	4		2410		42.25	728.7	8.33	
3	Susurluk	18	8		22399		201.56	711.6	5.43	
4	Ege Suları	8	1		1003		63.75	624.2	2.09	
5	Gediz	18	6		1800		220.06	603.0	1.95	
6	K.Menderes	1	1		6907		4.0	727.4	1.19	
7	B.Menderes	23	3		24976		413.83	664.3	3.03	
8	Batı Akdeniz Suları	15	3		20953		383.47	875.8	8.93	
9	Orta Akdeniz Suları	13	3		19577		248.85	100.4	11.06	
10	Burdur Gölü	1	0		6374		910.0	446.3	0.50	
11	Afyon Suları	8	1		7605		1016.67	451.8	0.49	
12	Sakarya	39	7		58160		508.62	524.7	6.40	
13	Batı Karadeniz Suları	29	6		29598		325.67	811.0	9.93	
14	Yeşilirmak	24	4		36114		695.63	496.5	5.80	
15	Kızılırmak	27	3		78180		748.48	446.1	6.48	
16	Orta Anadolu	19	3		53850		1139.37	416.8	4.52	
17	Doğu Akdeniz Suları	19	4		22048		269.05	745.0	11.07	
18	Seyhan	22	2		20450		749.68	624.0	8.01	
19	Hatay Suları	6	3		7796		159.17	815.6	1.17	
20	Ceyhan	21	2		21982		684.81	731.6	7.18	
21	Fırat	54	11		127304		109.87	540.1	31.61	
22	Doğu Karadeniz Suları	34	3		24077		443.24	1198.2	14.90	
23	Çoruh	18	4		19872		757.39	629.4	6.30	
24	Aras	20	3		27548		1652.65	432.4	4.63	
25	Van Gölü	7	1		19405		1829.29	474.3	2.39	
26	Dicle	24	3		57614		844.79	807.2	21.33	
Toplamm		Toplam	Toplam	Toplam	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Toplam	
484		90		779452	591.49		658.86		186.05	

Tablo 2. Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonları ve ait oldukları havzalar.

Havza no	Havza Adı	Seçilen akım gözlem istasyonlarının Numaraları
1	Meriç	101
2	Marmara Suları	209,212
3	Susurluk	302,311,314,316,317,321,324,328
4	Ege Suları	407
5	Gediz	509,510,514,515,518,523
6	K.Menderes	601
7	B.Menderes	701, 706, 713
8	Batı Akdeniz Suları	808, 809, 812
9	Orta Akdeniz Suları	902, 912,917
10	Afyon Suları	1102
12	Sakarya	1203, 1221, 1222, 1224, 1226, 1233, 1237
13	Batı Karadeniz Suları	1302, 1307, 1314, 1331, 1334, 1335
14	Yeşilirmak	1401, 1402, 1413, 1414, 1418
15	Kızılırmak	1501, 1517, 1535
16	Orta Anadolu	1611, 1612,1622
17	Doğu Akdeniz Suları	1712, 1714, 1719, 1720
18	Seyhan	1801, 1805
19	Hatay Suları	1905, 1906,1907
20	Ceyhan	2004,2006
21	Fırat	2102, 2122, 2124, 2131, 2145, 2151, 2154, 2156, 2157, 2158, 2164
22	Doğu Karadeniz Suları	2202,2213, 2218, 2232, 2233
23	Çoruh	2304,2305, 2316, 2323
24	Aras	2402, 2409,2415
25	Van Gölü	2505
26	Dicle	2610, 2612

1. HİDROLOJİK VERİLER

Yerkürede ve çevresinde suyun çevrimi, dağılımı, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevre ve canlılar ile karşılıklı ilişkilerini (ekoloji) inceleyen bilim dalına hidroloji adı verilir. Hidrolojinin ana konusunu hidrolojik çevrim oluşturmaktadır. Dünyada bulunan su sürekli olarak hareket halindedir ve hal değiştirmektedir. Hidrolojik çevrim, yeryüzünde, yeraltında ve atmosferde suyun varlığını ve hareketlerini, faz değişimlerini inceler. Su çevrimi dünyanın oluşumundan beri devam etmekte olup, dünyadaki yaşamın varlığı buna dayanır. Hidrolojik Çevrimin bileşenleri:

1. Suyun yüzey haznelerinde depolanması (birikmesi)
2. Buharlaşması
3. Atmosferde hareket halindeki su
4. Yoğunlaşma
5. Yağış
6. Buz ve kar içinde su depolanması
7. Kar erimesiyle akarsulara akış
8. Yüzeysel akış
9. Akarsu akışı
10. Tatlı suyun depolanması
11. Sızma
12. Yeraltı suyu beslenmesi
13. Kaynaklar (su pınarları)
14. Bitki yapraklarından terleme
15. Yeraltı suyu depolanması

şeklinde maddelendirilebilir.

Hidrolojik Sistem, birbirleriyle bağlantılı olan ve çevresinden belli bir sınırla ayrılan bileşenler takımı şeklinde tanımlanabilir. Hidrolojik çalışmalarda, bir akarsu havzasının tamamı ya da bir bölümü sistem olarak kabul edilebilir. Hidrolojik çalışmalarda, belirlenen sistem içerisine giren ya çıkan su miktarı yapılır.

Hidrolojik verilerin kullanıldığı çalışmalar, *suyun kullanılması* (Sulama, hidroelektrik, akarsularda ulaşım), *su miktarının kontrolü* (taşkın kontrolü, kurutma tesisleri) ve *su kalitesinin kontrolü* (kanalizasyon ve yağmur suyu toplama kanalları, Su kirliliğinin önlenmesi ve suyun arıtılması) olarak üç ana grupta toplanabilir.

Yerküresinde insani faaliyetler, hidrolojik çevrimi etkilemektedir. İhtiyaçlar için yapılan hidrolik yapı çalışmaları çevrimi etkileyen en büyük faaliyetler olarak kabul edilebilir. Bunun yanında, insanlar buldukları yerlerde şehirleşme gibi nedenlerle doğal bitki örtüsünü değiştirerek tutma, terleme ve sızma kayıplarının hidrolojik çevrimindeki olağan değişiminin değişmesine neden olmaktadır. Akarsular üzerinde kurulan tesisler, akarsu yatak değişimlerine neden olacağından, yüzeysel akış değişimine de neden olabilirler (Bayazıt, 1981).

Bunun yanında, 2050' ye kadar dünyada suya olan ihtiyacın, nüfus artışına paralel olarak % 25-30 oranında artış göstermesi beklenmektedir. Su kaynakları, kirlenme, bilinçsiz tüketim ve küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği sebebiyle tatlı su kaynakları giderek azalmaktadır. Bu sebeple etkin bir su kaynakları yönetiminin önemi gün geçtikçe artmaktadır.

Türkiye su sıkıntısı çeken ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) tarafından açıklanan 2016 yılından açıklanan rapora göre, belediyeler içme ve kullanma suyu amaçlı olarak, 5.8 milyar m³ suyun %44.8'ini barajlardan, %26.8'ini yeraltı su kaynaklarından, %17.1'ini pınarlarda, %9.5'ini akarsulardan ve %1.8'ini ise göl, göletlerden karşılanmıştır. Bu rakamlar içme ve kullanma suyu ihtiyacının dörtte birisinin yeraltı su kaynaklarından elde edildiğini göstermektedir. Tarım amacıyla kullanılan suların yarısından fazlasının da yeraltı su kaynağından elde edildiği düşünülürse, içme ve kullanma suyu temini amaçlı barajlarının yapımı ile su toplama havzalarının ve mevcut doğal su kaynaklarımızın korunmasının önemi bir kez daha artmaktadır.

Türkiye özelinde düşünecek olursak, ülkemiz su sıkıntısı çeken ülkeler arasında yer aldığını vurgulamamız gerekmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) 2016 yılı verilerine göre, belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu olarak 5.8 milyar m³ su doğadan alınmış; bu suyun %44.8'i barajlardan, %26.8'i kuyulardan, %17.1'i pınarlarda, %9.5'i akarsulardan ve %1.8'i göl, göletlerden karşılanmıştır. Bu rakamlar içme ve kullanma suyu ihtiyacının dörtte birisinin yeraltı su kaynaklarından elde edildiğini göstermektedir. Tarım amacıyla kullanılan suların yarısından fazlasının da yeraltı su kaynağından elde edildiği düşünülürse, içme suyu barajlarının yapımı ile su toplama havzalarının ve doğal su kaynaklarımızın korunmasının önemi bir kez daha artmaktadır.

Hidrolojide önemli olan sağlıklı elde edilmiş verilerdir. Gözlemler hidroloji ve su kaynakları sistemleri tasarım çalışmalarının temelini oluşturmaktadır ve hidrolojik çevrim elemanları arasındaki ilişkiler gözlemlerden elde edilmektedir. Konu ile ilgili olan resmi ya da özel kuruluşlarca elde edilen veriler su kaynakları planlamalarında kullanılmaktadır. Ülkemizde ise, hidrolojik gözlemler konuları itibariyle bir veya birden fazla kamu kuruluşu tarafından yapılmaktadır.

Ülkemizde hidrolojik verilerin gözlemlenmesi bu görevi üstlenmiş olan kuruluşlar; Devlet Su İşleri (DSİ), mülga Köy Hizmetleri Bakanlığı, nehir akım gözlem istasyonları DSİ' ye devredilmeden önceki yıllarda Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) ve Devlet Meteoroloji İşleridir (DMİ).

Özellikle, hidrolojik verilerin ve bu verilere ait bilginin sınırlı olduğu bölgelerde hidrolojik ve meteorolojik süreçlerin güvenilir ve doğru tahmininin gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir. Hidrolojik verilerin sınıflandırılması ve homojen bölgelerin belirlenmesi bölgesel tahmin çalışmalarında temel kuraldır. Bir bölgede su kaynaklarının planlanması ve yönetimi, baraj, dolu savak gibi su yapılarının güvenilir bir şekilde projelendirilmesi ve işletilmesi için hidrolojik ve meteorolojik süreçlerin doğru bir şekilde modellenmesi oldukça önemlidir. Bunun için çalışma yapılacak bölgede gözlenmiş yeterli uzunluğa ve güvenilirliğe sahip verilere ihtiyaç vardır (Firat ve diğ, 2012).

Su kaynakları planlamasında kullanılacak hidrolojik tahmin için kullanılacak veri ihtiyaçları aşağıdaki faktöre bağlıdır:

1. Amaç ve tahminin tipi;
2. Havza özellikleri;
3. Tahmin modeli;
4. Tahminden istenilen doğruluk derecesi;
5. Tahmin sisteminin ekonomik kısıtları.

Veri özellikleri (tip, büyüklük vb.) tahmin amacına göre büyük ölçüde değişmektedir. Hidrolojik veriler zemin - su seviyesi, deşarj gibi nehir su düzeyleri ile ilgili su kalitesi ve sediment yükü ve buharlaşma, sıcaklık, nem, yağış ve yağışın kar ve dolu gibi diğer formları ile ilgili hidro-meteorolojik verileri hidrolojik tahmin için büyük öneme sahiptir. Tahminlerde kullanılacak modele bağlı olarak verilerin bir kısmını veya tamamı kullanılabilir. Son yıllarda, veritabanları ve veritabanı işletim yazılımları hidrolojik modelleri ile birleştirilerek hidrolojik modeller yanında kullanılmak üzere hidrolojik veri ve işlemler hidrolojik modelleri tarafından kullanılmaktadır.

Bunun yanında hidrolojik veriler kullanılarak nehir akım rejim hesapları, taşkın ve kuraklık tahminleri için de kullanılabilir. Özellikle, taşkın ve kuraklık tahmini için yeterli yağış ve akarsu akışı/akış-gösterge verisinin olması gereklidir. Hidrolojik tahminlerde kullanılacak verilerin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir (<https://www.mgm.gov.tr>, 2019):

1. Yağış ve akım ölçek sistemlerinin yoğunluğu ve yağışın mekansal dağılımı ve havza için akım ölçerlerin dağılımı örnekleme için yeterli olmalıdır. Yani akım gözlem istasyonları, bölgeye homojen olarak dağılmalı, bölgenin topoğrafik özellikleri ve iklim faktörleri dikkate alınarak konuşlandırılmalıdır.

2. Gözlem istasyonları düzgün bir şekilde işletilmelidir, kayıtlar sağlıklı bir şekilde tutulmalıdır.

3. Gözlemlerin kayıt zamanları amaca uygun olmalıdır. Örneğin anlık maksimum akım değerlerinin önemli olduğu durumlarda, anlık gözlem ağı kurulmalıdır.

4. Veriler, hidrolojik model kuracak kullanıcıların amacına uygun olmalıdır.

5. Veriler standartlara uygun şekilde toplanmalı, kalite kontrollerinin yapılmalı ve ölçeklerin kalibrasyonları belirli aralıklarla kontrol edilmelidir.

6. Gözlem yerlerinin envanteri, parametreler, sensörler, kaydeciler, telemetri ekipmanları ve diğer ilgili veriler grafiksel bir şekilde sunulacak şekilde yapılmalıdır.

Sonuç olarak, hidrolojik veriler, havza ya da su su yapılarının projelendirme çalışmalarının temel araçlarını teşkil eder. Hidrolojide kullanılan veriler:

Hidrolojik Model Girdileri:

- Meteorolojik Veriler (MGİ)

- Yağış,
- Sıcaklık,
- Buharlaşma,
- Nem
- Bulutluluk
- Güneşlenme
- Rüzgar
- Oraj

- Akış Verileri (AGİ)

- Su Kotu,
- Debi
- Su kalitesi parametreleri

- SYM (Sayısal Yükseklik Modelli)

- En Kesit

- Sanat Yapısı, Rezervuar Verileri, Su Çekimleri

İstatistik gözlemlerin belirli bir esasa göre sıralanması ile elde edilen veri gruplarına *seri* adı verilir. Bir değişkenin, zamanla bağlı olarak aldığı sayısal büyüklükleri ifade eden serilere ise, "zaman serileri" denir.

Bir zaman serisinde, "olayın uzun bir süre içindeki yapısal eğilimini özetleyen trendin belirlenmesi, bir yandan (trenden

sapmalar ölçülmek suretiyle) diğer faktörlerin hesaplanmasına temel oluşturulmuş, diğer yandan birden çok serinin trend karakterleri ile mukayeseleri edilmelerini sağlar.

Zaman serilerinde temel beklenti, gelecekte meydana gelmesi muhtemel olayların tahmin edilmesidir. Geleceğe dair tahminler kalitatif ya da nicel yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Kalitatif yöntem; öngörü işlemi ile geçmişteki bilgiler kullanılarak gelecekteki olayların tahmin edilmesidir. Bu yöntem daha çok uygulayıcının bilgi ve becerisine dayalı tercih edeceği yöntemeye dayanır.

Nicel yöntem ise, zaman serileri analizi zaman içinde düzenli aralıklarla gözlemlenen verilerin istatistiksel metotlarla incelenip ve gelecekteki olayların araştırılmasıdır. Hidrolojik olayların analizleri nicel yöntemlerle yapılır.

Zaman içinde aralıksız elde edilen verilerin oluşturduğu serilere *sürekli zaman serileri*, sadece belirli aralıklarda kaydedilen verilere sahip serilere de *kesikli zaman serileri* adı verilmektedir. Hidrolojide kullanılan zaman serileri genellikle sürekli zaman serileridir.

Zaman serisi verileri, değişkenlerin bir dönemden diğerine ardışık gözlemlendi sayısal değerler ile ilgili verir. Zaman serisi verileri genellikle günlük, haftalık, aylık, üç aylık, altı aylık, yıllık ve daha uzun dönemli aralıklarla toplanır. Ancak hidrolojide kullanılacak zaman serilerine ait veriler saniyelik ya da dakikalık olarak toplanmalıdır.

Zaman serileri, gözlem kayıtlarının süreli olarak yapıldığı *fiziksel zaman serileri*, günlük hisse senedi fiyatları, aylık cari açık oranları, ya da yıllık işsizlik oranları gibi farklı zaman aralıklarında gözlemlenen verilerin oluşturduğu *Ekonomik ve finansal zaman serileri*, değişik dönemlerde işletmelerin satış analizleri için ileriye yönelik işletme politikalarının belirlenmesinde kullanılan verilerin oluşturduğu zaman serilerine *İşletme zaman serileri*, orta ve uzun vadeli planlamalarında demografik verilerdeki değişimleri dikkate alarak çeşitli ekonomik göstergeler için yapılacak tahminlerde kullanılan yıllık ortalama nüfus artışı, yıllık ölüm ve doğum oranları gibi verilerin oluşturduğu serilere *Demografik zaman serileri*, Herhangi bir değişkenin ölçümleri belirlenen bir hedeften miktar ve yön bakımından sapmasının incelenmesinde kullanılacak verilerin oluşturduğu serilere *süreç kontrol verileri*, belirli bir dönem içerisinde rasgele olarak meydana gelen olayların meydana getirdiği serilere *nokta süreç verileri* olarak farklı gruplar şeklinde tasnif edilebilir.

Nehir havzasının tüm hidrolojik verilerinin bilinmesi, havza tarihinde yaşanmış tüm tarihsel hidrolojik olayların incelenmesi sadece yeni yapılacak su projelerinin tasarımında değil, olabilecek doğal afetlere karşı gerçekleştirilen risk analizleri için de oldukça önemlidir. Taşkın, kuralık gibi doğal afetlere karşı tedbirler olarak uygulanacak önlem programlarının oluşturulmasında hidrolojik verilerin önemi büyüktür.

2. DEĞİŞKENLİK ANALİZİ

Değişkenlik analizi, gözlemlenen trend verilerine dayanarak mevcut veri grubunun hareketlerini tahmin etmeye çalışan bir tekniktir. Trend analizi, geçmişte yaşananların traderların gelecekte alabileceği değerler hakkında bir fikir vermesi varsayımına dayanmaktadır.

Trend analizi mühendislik bilimlerinden önce ekonomi alanında kullanılmıştır. Ekonomide, yatırımcıların gelecekte bir hisse senedinin, döviz çiftinin hangi yönde bir seyir izleyeceğini tahmin etmelerine imkan sağlayan bir analiz yöntemi olarak literatürde yer almıştır.

Belirli bir piyasa sektöründeki kazançlar gibi mevcut bir piyasa eğiliminin devam edip etmeyeceğinin yanında, herhangi bir pazar alanındaki bir eğilimin bir diğerinde bir eğilimin ortaya çıkıp çıkmayacağını belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Ancak ekonomik olaylar sadece iktisadi durumlardan etkilenmediğinden, sosyal ve politik faktörlerinde zamana zaman belirleyici faktör olabildiklerinden, büyük miktarda veri içermiş olmalarına rağmen, sonuçlarının doğru olacağı kesinlik arz etmemektedir.

Hidrolojik verilerin değişkenliğinin tespitinde kullanılan Trend testleri, yirminci yüzyılın son çeyreğinden günümüze kadar genellikle çevre bilimlerinde geniş bir biçimde yer almaktadır. Bunun yanında, standart metotlarla analiz yapmak için, mevcut su kalitesi değerlerinin çoğu, ya yetersiz kalmakta ya da uygun olmamaktadır.

Su kalitesi verilerinde klasik parametrik metotlardaki (*normallik, lineerlik ve bağımsızlık gibi*) varsayımlarla çoğunlukla karşılaşılmamakta, hatta bazı ölçümler eksik ve/veya yetersiz olmaktadır (Kalaycı ve Kahya, 1998). Nehir akım verileri ise, su kalitesi verileriyle karşılaştırıldığında kayıt uzunluğunu içeren daha az veri problemlerine sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle, genellikle konuyla ilgili su kalitesi çalışmalarında kullanılan trend analiz teknikleri, benzer amaçla akım verilerinin incelenmesinde çok daha etkileyici olduğu düşünüldüğü için yapılmaya değer görülmüştür.

Birinci bölümde anlatılan hidrolojik verilerin oluşturduğu bir zaman serisi, ilgilenilen bir büyüklüğün zaman içerisinde sıralanmış ölçümlerinin bir kümesidir. Zaman serisi ile istatistik analizin yapılma gerekçesi ise, gözlem kümesince temsil edilen gerçeğin anlaşılması ve zaman serisindeki değişkenlerin gelecekteki değerlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesidir Zaman serileri dört bileşenden oluşur (Newbold., 2000) ;

1. Genel Eğilim (Trend) Bileşeni; zaman serilerinin uzun sürede gösterdiği düşme ve yükselme süreçlerinden sonra oluşan kararlı durumu ifade etmektedir. Zaman serileri genellikle, uzun dönem açısından kararlı azalan ya da artan eğilim özelliği gösterirler. Trendin meydana gelebilmesi için yaklaşık 15-20 yıllık bir dönem gereklidir. Trend kalıpları artan, azalan veya değişken olabileceği gibi doğrusal ya da doğrusal olmayan şeklinde bir kalıba sahip olabilir.

2. Mevsim Bileşeni; zaman serilerinde mevsimlere göre değişimin göstergesidir. Kullanılan veriler, zaman serileri olarak

kabulu şartı ile, dönemden döneme farklı eğilimlerde olabilmektedirler. Mevsim etkileri bir yıl içerisinde tamamlanan ve Hidrolojik açıdan ve seride yıl bazında tekrarlanan değişimlerin seyir yönü olarak ifade edilebilir. Hidrolojide mevsimler, 3 ar periyotlu zamanları kapsar.

3. Çevrimsel Bileşen; mevsimsel değişimler ile ilgili olmayan dönemsel değişimlerdir. Genellikle 2- 10 yıl ya da daha uzun bir uzun bir dönemde serinin eğiliminde meydana gelen değişimlerdir. Değişimler bir mevsimden daha uzun bir dönemi kapsar ve düzensizdir. Örneğin, zaman serisinde, genel eğilimden bağımsız kısa süreli genişleme ya da daralma durumu (yağışların anlık ancak belli dönem artması ya da azalması gibi) çevrimsel süreci tarif eder.

4. Düzensiz Bileşen; diğer unsurlar gibi belirli olmayan, hata terimi ile ifade edilebilecek değişimlerdir. Düzensiz hareketlerin tanımlanabilir bir eğilimi yoktur. Seriyi oluşturan diğer bileşenler hesaplandığında geride kalan büyüklüklerdir. Başka bir deyişle, zaman serileri tüm bu kendilerini oluşturan bileşenlere ayrıştırıldıktan sonra, bileşenlerin toplamı şeklinde,

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + I_t$$

ya da çarpma yöntemi ile,

$$Y_t = T_t S_t C_t I_t$$

şeklinde belli bir t döneminde Y zaman serisi ifade edilebilir. Formüllerdeki T trendi, S mevsimsel hareketleri, C konjoktürel

hareketleri, I düzensiz hareketleri temsil eder.

Zaman serileri, özelliği ve yapısı ile bizzat kendisi geleceğin tahmininde kullanılan bir bilgi kaynağı ve yöntem olmasıdır. Zaman serisinde verilerden anlamlı çıkarımlar yapabilmek için serilerin durağan seriler olması şartını sağlaması gereklidir. Bu sebeple, regresyonun gerçek bir ilişkiyi mi, yoksa yanıltıcı bir ilişkiyi mi ifade ettiği, zaman serisi verilerinin durağan olup olmamalarıyla doğrudan ilgilidir (Tarı, 2014).

Zaman serilerinin durağan olmaması durumunda, zaman serileri trend içerecektir. Bu durumda zaman serilerinin kullanılacağı öngörüleme ve regresyon denklemlerinde sahte regresyon benzeri durumlar ortaya çıkacaktır.

Zaman serileri durağan değilse, stokastik ya da deterministik trend içermektedirler. Ancak seri üzerinde uzun dönemde belirli bir trendin varlığı ile düzensiz modellerde zaman içinde ortaya çıkan ve bir müddet sonra kayıp olan trendler birbirinden farklı olur.

Bunun yanında, Bu değişken sürekli veya kesikli olabilir. Kesikli değişken için zaman durakları arasındaki fark sıfırdan büyük; sürekli değişken için ise, limite sıfır olur.

2.1. Literatürde Yer Alan Çalışmalar

Hirsch ve ark. (1982) mevsimsellik, eksik ya da yetersiz veri gibi özelliklere sahip gözlemlerin trend ve eğimlerinin belirlenmesi amacıyla, Mevsimlik Mann- Kendall testini önermişler ve bu amaçla

Mann-Kendall ve Mevsimlik Mann-Kendall testleriyle ilgili gerekli formüllerini vermişlerdir.

Van Belle ve Hughes (1984), parametrik olmayan çeşitli metotların nispi gücünü analiz etmek amacıyla *Asymptotic Relative Efficiency (ARE)* olarak bilinen yöntemi kullanmışlardır. Bu yöntem sonraki yıllarda çoğu çalışmada kullanılmıştır.

Hirsch ve Slack (1984), su kalitesi değerlerimin normal dağılıma uymaması, eksik ve yetersiz olması gibi başlıca üç sebepten dolayı o zamana kadarki literatürde bulunan yöntemlerin kullanılmasının uygun olmadığını sonucuna varmışlardır. Bu sebeple su kalitesi trendlerinin analizi için parametrik metotlara göre daha uygun ve bu tip problemlerden etkilenmeyen parametrik olmayan metotlar geliştirilmiştir. Araştırmacılar serisel bağımlı mevsimlik verilere uygulanan parametrik olmayan trend testlerini analiz ederek, Mann-Kendall testinin değiştirilmiş bir ifadesi olan Mevsimlik Mann-Kendall testini önermişlerdir. Örnek sayısının fazla olması durumunda bu testin serisel bağımlılığa karşı üstün olduğunu ise *Monte Carlo Deneyi* ile kanıtlamışlardır.

Berryman ve ark. (1988), lineer trend için 12, sıçrama trendleri için 7 ve çoklu sıçrama türü trendi için 3 testi su kalitesi serilerine uygulamışlardır. Analizler sonucunda, kullanılan testlerin mevcut verilerin içsel bağımlılık ve mevsimsellik gibi kriterler dikkate alınarak uygun olanının seçilebileceğini belirtmişlerdir.

Erdoğan (1989), Türkiye’deki hidrolojik kuraklık olayını incelemek amacıyla; Türkiye akarsularında 1938-1988 yılları

arasındaki yıllık akım değerlerinin ortalamadan sapmalarını incelemiştir. Yıllık akımların ortalamadan bir sapma kadar küçük çıkması “derin kuraklık”, birbirini izleyen en az dört yıl boyunca küçük çıkması ise “sürekli kuraklık” olarak tanımlamıştır. Çalışma sonucunda, 1954-1955, 1960-61 ve 1972-1973 yıllarında yaygın kuraklık bulurken, Türkiye’yi etkileyen şiddetli ve sürekli hidrolojik kuraklık olayının 70 li yılların başında olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Hirsch ve ark. (1991), lineer trendin belirlenmesi için parametrik regresyon ve parametrik olmayan Mann-Kendall testlerini kullanmışlar ve su kalitesi verilerinin genellikle çarpık dağıldığını sonucuna varmışlardır.

Kadıoğlu (1993), Türkiye’deki 17 istasyonun 1929-90 yılları arasındaki gece ve gündüz sıcaklıklarının trendlerini Mann-Kendall testiyle analiz etmiş ve istatistiksel olarak %95 ve %99 önem seviyelerinde artış trendleri belirlemiştir.

Papadimitriou ve Maheras (1991), yaptıkları bir çalışmada Akdeniz Kıyısında bulunan Kudüs, Atina, Roma ve Marsilya bölgelerinde 120 yıldan daha uzun süreli sıcaklık verilerini kullanarak sıcaklıktaki trendleri belirlemek amacıyla Mann- Kendall trend testini kullanmışlardır. Sonuç olarak, Atina dışında sıcaklıklarda ısınmaya doğru bir gidişatin olduğu vurgulanmışlardır. Sıcaklıkta değişim başlangıç tarihleri; Roma’da 1893, Kudüs’te 1920, Marsilya’da 1942 yılları olarak bulmuşlardır.

Toros (1993), Türkiye geneline yayılmış 18 meteoroloji istasyonuna ait yağış ve sıcaklık verilerini öncelikle homojenlik testine tabii tuttuktan sonra trend analizi gerçekleştirmiştir. Parametrik bir test olan En küçük kareler metodu ile parametrik olmayan Spearman Mertebe Korelasyonu ve Mann-Kendall testleri sonuçlarına göre; Türkiye genelinde bir trende rastlamamıştır. Ancak, özellikle ilk baharın düşük sıcaklıklarında 1950 yıllardan başlayan ve artan yönde bir trend bulmuştur.

Yu ve ark. (1993), A.B.D. Kansas Eyaletinde bulunan 15 istasyona ait su kalitesi gözlem değerlerine Van Belle ve Hughes, Mann-Kendall, Mevsimlik Mann- Kendall ve Sen'in T testlerini uygulamışlardır. Test sonuçlarına göre 17 değişkenin yarısında azalan trendler bulmuşlardır. Trendlerin lineer eğimlerini ise Sen'in geliştirdiği bir metotla belirlemişlerdir.

Kadıoğlu ve ark. (1994), Türkiye' deki 18 yağış istasyonuna Mann-Kendall trend testini uygulamışlar ve 1931-1990 periyodu için çoğunlukla negatif trendler bulmuşlardır. Sonuç olarak, Türkiye'nin aldığı yağışların azalma eğiliminde olduğunu göstermişlerdir.

İçağa (1994), Gediz Havzası su kalitesi verilerine Berryman ve ark. çalışmalarında kullandıkları trend testlerini uygulamıştır. Sonuç olarak, 1979-1989 yılları arasında trend tespit etmiştir.

İçağa ve Harmancıoğlu (1995), Yeşilirmak Havzası'ndaki 10 istasyonun 1982 - 1984 yılları arasındaki su kalitesi verilerine Spearman'ın Rho, Mevsimlik Mann- Kendall, Mann-Whitney ve Kruskal-Wallis'H testlerini uygulamışlardır. Sonuç olarak,

Yeşilirmak Havzası' nda bulunan akarsuları su kalite parametrelerinde herhangi bir trend varlığının olmadığı görülmüştür.

Türkeş (1996a), Türkiye'deki 91 istasyona ait 63 yıllık aylık yağış toplam yıllık yağış verilerine uzaysal ve zamansal karakteristikleri belirlemek amacıyla trend analizi uygulamıştır. Mann-Kendall testine sonuçları, alan ortalamalı yağış serilerinin bir çoğunda negatif trend değeri bulunması sonucunda ve %90 önem seviyesinde Karadeniz ve Akdeniz bölgelerindeki yağış anomalileri azalan trendler olduğu görülmüştür. Bunun yanında, önemli azalan trendlerin çoğunun, çalışma periyodundaki son 20-25 yıl boyunca olan ani azalmaların bir sonucu olarak ortaya çıktığı da gösterilmiştir.

Kothyari ve ark. (1997), Hindistan'ın Ganga havzasına ait 3 istasyondaki yağış ve sıcaklık rejimlerinin değişimlerini belirlemek için muson yağışları, muson mevsimindeki yağmurlu gün sayıları ve yıllık maksimum sıcaklık verilerine Mann- Kendall testini uygulamışlardır. Analize göre yıllık maksimum sıcaklıklardaki artışın ve toplam muson yağışları ile muson mevsimindeki yağmurlu gün sayılarındaki azalmaların 1960 yılının ikinci yarısından sonra gerçekleştiği belirtilmiştir.

Kadıoğlu (1997), Türkiye'deki 18 istasyona ait yıllık ve mevsimlik ortalama ile yıllık minimum ve maksimum sıcaklıkları verilerine Mann-Kendall trend testini uygulamıştır. Çalışma sonucunda, yıllık ortalama sıcaklıkların 1939-1989 periyodunda ısınma trendini belirlerken, soğuma trendinin 1955-1989 yılları arasında olduğunu belirlemiştir.

Kalaycı ve Kahya (1998), Susurluk Havzası nehirlerinde 14 su kalitesi verisinin lineer trendlerini belirlemek için Spearman'ın Rho, Sen'in T, Mann- Kendall ve Mevsimlik Mann-Kendall testlerini kullanmışlardır. Nehir akımındaki azalma trendi, havzaya düşen yağış miktarındaki azalmayla açıklanmıştır.

Moraes ve ark. (1998), güneydoğu Brezilya'da bulunan 8 akım gözlem istasyonunun 1947-1991 yılları arasındaki akım ve yağış değerlerine Mann-Kendall testini kullanarak trend analizi gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, tüm havzadaki yağışlarda artan trend, 4 istasyona ait akım verilerinde ise azalan trend bulmuşlardır.

Kosif (1999), Yeşilirmak havzası'nda bulunan en az 30 yıllık gözlemleri olan 24 değişik istasyona ait, ortalama yıllık sıcaklık, yıllık toplam yağış, yıllık ortalama akım, yıllık toplam buharlaşma, yıllık ortalama güneşlenme süreleri, bir yıldaki bulutlu ve kapalı geçen gün sayıları gibi iklimsel özellikleri temsil eden altı ayrı iklim elemanının 1930-1997 yılları arasında gözlenmiş 43 adet seriyi analiz etmiştir. seriler öncelikle Run (Swet-Eisenhart) testi kullanılarak homojenlik (veri kalite kontrolü) testine tabi tutulmuş sonrasında Mann-Kendall ve en küçük kareler yöntemlerinin uygulanmasıyla trend analizleri yapmıştır. Araştırma sonucunda, havza genelinde ortalama sıcaklıklarda belirgin azalan trend, toplam yağışlarda artan trend, ortalama akımlarda artan trend, toplam buharlaşmalarda azalan trend, ortalama güneşlenme sürelerinde azalan trend ve bulutluluk verilerinin ise eğilimlerin bölgesel olarak değiştiği belirlenmiştir.

Serrano ve ark. (1999), Iberian-Peninsula' da bulunan ve 1995-

201 yılları arasındaki aylık ve yıllık toplam yağış değerlerine sahip 40 istasyona trend analizi gerçekleştirmişlerdir. Mann-Kendal testi sonucuna göre; yıllık toplam yağışlar için 5 istasyonda azalan, 1 istasyonda artan trend bulmuşlardır. Aylık toplam yağış trend analizi sonucunda ise, sadece mart ayında 21 istasyonda azalan yönde trend bulunurken, diğer aylar için herhangi bir trend bulamamışlardır.

Douglas ve ark. (2000), Amerika'daki ortalama 48 yıllık veriye sahip 1571 istasyonun taşkın verilerine Mann-Kendall testine uygulamaları sonucunda, belirgin trendler oraya çıkmamıştır. Taşkın verilerinin aksine, düşük akımlarda ülkenin batısındaki geniş bir alanda ve üç küçük bölgede önemli artan trendler görülürken, görülme nedenleri olarak bölgedeki artan yağış oranları olduğu ispatlanmıştır.

Kosif (2001), Samsun ilindeki iklimsel değişimleri incelemek amacıyla, yıllık ortalama sıcaklık, toplam yağış, bulutlu ve kapalı gün sayıları ve Kürtün Çayı ortalama akım değerlerine en küçük kareler ve Mann-Kendall sıra korelasyon yöntemleri kullanarak trend analizi uygulamıştır. Irmak üzerindeki istasyon 1973 yılında yer değiştirildiğinden bu yıl öncesi ve sonrası için ayrı ayrı trend analizi gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak; ortalama sıcaklık, toplam yağış ve ortalama akım değerlerinde artan trend, bulutlu gün sayıları değerlerinde ise azalan trend bulmuştur.

Zhang ve ark. (2001), Kanada'daki 243 istasyona ait 11 değişkene Mann- Kendall testini tatbik etmişlerdir. Yıllık ortalama akımların 30, 40 ve 50 yıllık periyotlar için genellikle ülkenin güneyinde ve aylık ortalama akımların özellikle Ağustos ve Eylül

aylarında azaldığını, Mart ve Nisan aylarında ise önemli artışların olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, kayıt uzunluğu olarak 30 yılın oldukça uygun olduğu ve sıcaklıktaki artış ile yağıştaki azalmanın yıllık ortalama akımdaki azalmanın ana nedenleri olduğu sonucuna varmışlardır.

Kalaycı ve Kahya (2002), Sakarya Havzası'ndaki 11 istasyonun aylık akımlarına Sen'in T, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall ve Mevsimlik Mann-Kendall testlerini uygulamışlar ve %95 önem seviyesinde azalan trendler bulmuşlardır.

Kalaycı ve ark. (2002), Akşehir ve Beyşehir gölleri üzerinde bulunan 3 istasyona ait 192, 468 ve 408 aylık göl seviye kayıtlarına trend analizini uygulamışlar ve araştırma sonucunda %95 seviyesinde azalan trendi belirlenmişlerdir.

Burn ve Elnur (2002), minimum kayıt uzunluğu 25 yıl olan Kanada'daki 248 istasyonun 18 değişkenine Mann-Kendall testini uygulamışlar ve 1940-1997, 1950-1997, 1960-1997 ve 1970-1997 periyotlarında belirlenen trendler için önem seviyesini %90 almışlardır.

Kalaycı, (2003), Türkiye' deki Nehir Debisi Verilerinin Değişkenlik Analizi adlı çalışmasında, Türkiye'deki 26 havzanın 83 akım gözlem istasyonuna ait 1964 - 1994 periyodundaki aylık akım verilerine parametrik olmayan 4 farklı trend testi (Sen'in T, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall, Mevsimlik Mann-Kendall) uygulamıştır. Aylık akımlardaki trendlerin homojenliği de *Van Belle ve Hughes* tarafından geliştirilen bir prosedür kullanılarak test

edilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'nin batısındaki istasyonlar, %95 önem seviyesinde genelde azalan trendler gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca güneydeki bazı havzalarda da global trend bulmuştur.

Özel (2004), yaptığı çalışmada, 26 büyük akarsu havzasında bulunan ve 83 akım gözlem istasyonunun aylık ortalama akım verilerine trend analizini uygulamıştır. Parametrik olmayan Spearman'ın Rho testi, Sen'in T testi ve Mevsimsel Mann-Kendall Sen testini kullanılarak aylık akım verilerinin lineer trendlerini araştırmıştır. Trend başlangıç yılları Mann-Kendall Sıra Korelasyon testi ile belirlenirken, Van Belle ve Hughes metodu ile aylık trendlerdeki homojenlik kontrolü yapılmıştır. Çalışma sonucunda; trend tespit edilen istasyonlardaki eğilimlerin çoğunluğunun azalan yönde olduğu ve daha çok batı bölgelerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. En fazla azalan trend Mart ayında görülürken, Nisan ayı en az trendde rastlanan ay olarak bulunmuştur. En fazla Artan trend ağustos ayında gözlenmiştir. Çalışmanın en can alıcı sonucu ise, azalan trendlerin başlangıç yıllarının 1980'li yıllar olarak tespit edilmiş olmasıdır.

Büyükyıldız (2004), Sakarya Havzası'na ait aylık toplam yağışlardaki değişimi belirlemek amacıyla trend analizi yapmış, sonrasında serilere stokastik modelleme yapmıştır. Havzadaki bulunan 25 adet istasyonuna ait aylık toplam yağış verilerine Sen'in T, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall ve Mevsimsel Mann-Kendall trend testlerini uygulamıştır. Aylık toplam yağışlar yıllık bazda değerlendirmiş, her istasyona ait yağış serilerinin her bir aylık

değişimini incelemiştir. Trendlerin homojenliğini belirlemek amacıyla Van Belle ve Hughes yöntemini kullanmıştır. Trendlerin lineer eğimleri Sen'in Trend Eğim Metodu kullanılarak hesaplamıştır. Her bir ay için trend başlangıç yıllarını ise Mann-Kendall Sıra Korelasyon testi ile bulunmuştur. Sonuç olarak araştırma istasyonlarının yarısında azalan trendler bulunmuştur. Bunun yanında, 25 istasyona ait toplam 30 ay içerisinde trend bulunan 44 ayda trendlerin yaklaşık %20'sinin artan, %80'inin ise azalan yönde olduğunu tespit etmiştir. Artan trendler 6 istasyonla ekim ayında ve 3 istasyonla ağustos ayında görülürken, geride kalan 35 ayda ise azalan yönde bir trend belirlenmiştir.

Akyürek ve ark. (2004), Türkiye genelinde 24 havzada 107 akım gözlem istasyonundaki yıllık ortalama akımlara T testi ile Kendall testi uygulayarak trend analizini gerçekleştirmişlerdir. Bölgesel bazda trend varlığı da ayrıca incelenmiştir. Yıllık ortalama akım verilerinde incelenen 107 istasyonun 31inde trendi bulmuşlardır. Trend çıkan istasyonların genel olarak Türkiye' nin batı, orta ve güney bölgelerinde olduğunu b, ve bulunan trendin azalan yönde olduğunu bulmuşlardır. Bölgesel analizlerde, her iki bölgede azalan yönde trend ortaya çıkmıştır.

Angı ve Özkaya (2004), Türkiye' nin doğal olan yüzeysel akımları ve bu akımların zaman içerisindeki değişimleri ile alansal dağılımını incelemiştir. Çalışmada, veri yoğunluğunun bulunduğu 1965-2002 dönemi temel alınarak elde edilen sonuçlar ile daha az sayıda verinin bulunduğu 1941-1964 dönemine yaklaşım yapılmış ve

her iki dönemin birleştirilmesi ile 1941-2002 dönemine ait Türkiye'nin yüzeysel akımlarını elde etmişlerdir. Türkiye geneli yüzeysel akımlar, potansiyel ve kullanılabilir olmak üzere ayrı ayrı incelemişler ve seçilen dönemler içerisinde her yıla ait değerler hesaplanmışlardır. Bu şekilde, potansiyel ve kullanılabilir

Cıgızoğlu ve ark. (2004), Türkiye akarsularında düşük, ortalama ve taşkın akımlarda trend varlığını araştırmışlardır. Çalışmada, öncelikle 24 havzadaki 10 civarındaki istasyonuna ait günlük ortalama akım verileri incelemişlerdir. Trend analizini, t testi ve τ (Kendall) testi kullanılarak uygulamışlardır. Her iki test de yıllık maksimum, ortalama, 1 günlük ve 7 günlük akımlara için kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, Marmara, Ege, İç Anadolu (Sakarya havzası dahil) ve Akdeniz bölgelerindeki nehirlerin çoğunun akımlarında trend bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Trend ortalama ve düşük akımlarda, maksimum akımlara göre daha çok istasyonda görülmüştür. Trend birkaç istasyon dışında genellikle zamanla azalan yönde bulunmuşlardır. Sonuç olarak, son 30-60 yıllık dönem için, Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki akarsuların özellikle düşük, ortalama ve bazılarının maksimum akımlarında bir azalma olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Diğer bölgelerde ise belirgin bir trend bulmamışlardır

Say (2006), Türkiye'deki 83 nehirin mevsimlik verilerinin parametrik ve non-parametrik yöntemlerle trend analizini yapmışlardır. Trend analizinin tespiti için parametrik yöntemlerden Zaman Serileri, En Küçük Kareler yöntemi ile non-parametrik yöntemlerden üç farklı trend testini seçmiştir. Bunlar Spearman'ın

Rho testi, Mann Kendall testi ve Seasonal Kendall testidir. Trendlerin lineer eğimleri (birim zamandaki değişim), Sen tarafından tasarlanan parametrik olmayan bir metot kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda da trendler bulunmuş, ancak eğim değerleri daha farklı çıkmıştır. Parametrik olmayan yöntemlerle yapılan test sonuçlarında ise her bir yöntemle elde edilen değerler arasında sayısal sonuçlarda büyük değer farkı olmadığını görmüştür. Kış mevsiminde trend tespit edilen 38 istasyonun tamamında azalan trend bulunmuştur. 45 istasyonda ise trend tespit edememiştir. İlkbahar mevsiminde trend tespit edilen 40 istasyonun tamamında azalan trend bulmuştur. 43 istasyonda ise trend tespit etmiştir. Yaz mevsiminde trend tespit edilen 37 istasyonun tamamında azalan trend bulunmuştur. 46 istasyonda ise trend bulmamıştır. Sonbaharda 39 istasyonun tamamında azalan trend bulunurken, 44 istasyonda ise trend tespit etmemiştir.

Kalaycı ve ark. (2007), Marmara Havzası nehirlerinin yüzey suyu kalite verilerinde lineer trend tespit etmek için parametrik olmayan Spearman'ın Rho, Sen'in T, Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall testlerini uygulamışlardır. Bunun yanı sıra, trendlerin lineer eğimleri (birim zamandaki değişim) için parametrik olmayan Sen'in T Trend Eğim Metodu analize dahil etmişlerdir. Farklı gözlem periyotlarına göre aylık ortalama olarak incelenen parametrelerden azalan trendler, en çok akım ve bor parametrelerinde gözlemlenmişlerdir. Diğer su kalitesi parametrelerinde artan yönde trend bulmuşlardır. Aylık verilerin trend analiz sonuçlarına göre Meriç, Susurluk ve Sakarya Havzaları'ndaki nehir sularında kirlenme eğilimi söz konusu olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Özfidaner (2007), Türkiye’de bulunan yağış gözlem istasyonlarına ait aylık ve yıllık toplam yağış verilerinin eğilimlerini Mann-Kendall ve T- testi ile belirlemiştir. noktasal ve 7 coğrafi bölge için bölgesel ortalama Mann-Kendall testini uygulayarak, gidiş içerip içermediği belirlenmiştir. Analiz sonuçlarını, bölgesel ölçekte daha önce bölgesel gidiş analizi yapılmış akım verileri sonuçları ile kıyaslamıştır. Sonuç olarak göre noktasal ölçekte Türkiye’ nin yedi bölgesi için yağış verilerinde özellikle kış aylarında azalma eğiliminin olduğu görülmüştür. Yağış verilerinde ilkbahar ve yaz aylarında ise artan yönde trend belirlemiştir. Bölgesel ölçekte i Güney Doğu Anadolu Bölgesi’nde genel olarak bir azalma, diğer bölgelerde ise yıl içinde artma ve azalma eğilimleri birbirine yakın çıkmıştır. Ayrıca yağışlardaki gidişin Güney Doğu Anadolu Bölgesi hariç genel olarak nehir akımlarını etkilemediği sonucuna varmıştır.

Yıldız ve Saraç (2008), Türkiye nehirlerindeki taşkın, ortalama ve düşük akımların trendinin incelenmesi ve akımlardaki gidişin Hidroelektrik Santrallerin (HES) enerji üretimlerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, 104 akım gözlem istasyonuna ait günlük ortalama, maksimum ve minimum akım verileri kullanılmışlardır. Hidroelektrik santrallere ait ise ülkenin farklı bölgelerinde 5 adet santralin yıllık üretim ilgileri ve santral karakteristikleri değerlendirmeye almışlardır. Gözlenen trendlerin bölgelere göre dağılımı incelendiğinde Marmara, Ege, Anadolu (Sakarya havzası dahil) ve Akdeniz bölgelerindeki akarsuların çoğunun akımlarında trend bulunduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, 1939-1973 yılları

arasında Türkiye' nin batı, orta ve güney bölgelerindeki akarsuların, özellikle ortalama ve düşük akımlarında (ve bazılarının maksimum akımlarında) anlamlı bir azalma olduğunu bulmuşlardır. Diğer bölgelerde ise zamanla artan bir trend varlığını göstermişlerdir. Hidroelektrik enerji üretimlerinde ise yine akımlardaki trendlere uygun bir gidişin var olduğunu belirtmişlerdir.

Büyükkaracığan (2009), yapmış olduğu doktora çalışmasında gözlem istasyonuna ait 1970-2005 periyodundaki yıllık pik akım değerlerine parametrik olmayan Sen'in T, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall ve parametrik olan En küçük Kareler trend testleri uygulanmıştır. Akımlardaki trendlerin homojenliği de Van Belle ve Hughes testi ile belirlenmiştir. Sonuç olarak, sadece 5 istasyonda azalan trend bulunurken, global trend havzaların hiçbirinde görülmemiştir.

Kızılelma v erk. (2015) yapmış oldukları çalışmalarında, İç Anadolu Bölgesindeki meteoroloji istasyonları yıllık, mevsimlik ve aylık ortalama ve ekstrem sıcaklık trendleri ile yağışlarını ve Mann-kendal, Sens's slope), Lineer regresyon testlerini uygulayıp sıcaklık eğilimleri belirlemişlerdir. Çalışma alanı genelinde, maksimum ve minimum sıcaklık trendlerinde artışların olduğunu, ortalama sıcaklıklarda ise Ürgüp hariç tüm istasyonlarda %95 güven aralığında artışlar olduğunu belirlemişlerdir.

Çeribaşı ve Erdoğan (2015), çalışmasında, Batı Karadeniz Havzası, Doğu Karadeniz Havzası ve Sakarya Havzası akarsuları akım verilerinin trendlerini belirlemek amacıyla, Mann-Kendall testi

ve Spearman'ın Rho testlerini, trend tespit edilen istasyonlarda trend başlangıç yılını tespit etmek için ise, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Batı Karadeniz vw Sakarya Havzasındaki bazı nehir akımlarında azalan yönde trendlere rastlamışlardır. Bunun yanında, Doğu Karadeniz Havzası için akım ölçüm istasyonlarından alınan verilerinde herhangi bir trend varlığı bulamamışlardır.

Büyükkaracığan (2016), 1956-2012 yılları arasında Konya İli merkezinde ölçülen yıllık toplam yağış miktarı verileri üzerine trend analizi uygulanmıştır. Trend analizi için, parametrik olmayan , Sen's T, Spearman's Rho, Mann-Kendal, Sen's T trend, Wald-Wolfowitz testleri ile en küçük kareler parametrik testi yağış verileri üzerine uygulanmıştır. Trendlerin lineer eğimleri, Sen tarafından geliştirilen parametrik olmayan bir metot kullanılarak hesaplanmıştır. Trend başlangıç yılları parametrik olmayan Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile belirlenmiştir. Ayrıca, Van Belle ve Hughes tarafından geliştirilen bir metot kullanılarak, yağış trendlerindeki homojenlik kontrol edilmiştir. Yapılan testler sonucunda Konya İlinde ölçülen yağış verilerinde azalan trend varlığı bulunmuştur.

Tekkanat (2018), Porsuk Çayı üst kesiminde yer alan 2 istasyon için 1970-2011 dönemine ait aylık ortalama akım eğilimleri belirlemek amacıyla, Şen trend metodunu uygulamış ve akım azalmaları Porsuk Barajı Çıkış istasyonu mayıs ve haziran ayı dışında tüm aylarda görüldüğünü ve artış trendin varlığını belirlemiştir. Araştırma sonucunda, Porsuk Çayı üst kesiminde

hidrolojik bir kuraklığın olabileceğini vurgulamıştır.

Tosunoğlu (2017), Çoruh Havza'sındaki günlük maksimum yağış serilerinin trend analizini gerçekleştirmiştir. Çalışmada, yıllık, mevsimlik ve aylık üç zaman dilimdeki günlük maksimum yağışların trendleri Mann-Kendall , modifiye edilmiş Mann-Kendall, Theil-Sen ve Mann-Kendall Sıra Korelasyon testlerini, oruh havzasındaki 5 istasyona ait günlük maksimum yağış verilerine uygulanmıştır. Sonuç olarak, ocak, mart, temmuz, ağustos ve ekim aylarına ait günlük maksimum yağış değerlerinde anlamda bir artış, mayıs ve aralık aylarının günlük maksimum yağış verilerinde ise önemli azalış tespit etmiştir. Yıllık ve mevsimlik verilerde ise artış trendleri bulmuştur.

Demir (2018), Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yer alan 19 adet yağış gözlem istasyonunun 1960-2015 yıllarını kapsayan aylık toplam yağış verilerinde aylık, yıllık ve mevsimlik trendler belirlemek amacıyla, Run Homojenlik testi, Mann-Kendall, şen Trend ve Lineer Trend yöntemleri kullanmıştır. Araştırma sonucunda, toplam yağış verilerinin %98.2'sinin homojen olduğu tespit edilirken, toplam yağışların, Batı Karadeniz Bölgesi'nde azalırken, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde arttığını belirlemiştir.

zfidaner ve diğer (2019), Adana ilinde aylık maksimum ve minimum sıcaklıklardaki trendlerin belirlemek amacıyla, 17351 nolu istasyona ait 59 yıllık minimum ve maksimum sıcaklık verilerine Mann-Kendall sıra korelasyon testi uygulanmışlar vemaksimum sıcaklıklarda 7 defa artış eğilimi belirlemişlerdir. Anlamlı artış eğilimi şubat ve Ağustos ayında grllrken, Mayıs-Temmuz ve Kasım

aylarında azalma eğilimleri tespit etmişlerdir. Bunun yanında, minimum sıcaklık verilerinde Özellikle yaz ve sonbaharın başlangıcında artış eğilimlerini bulmuşlardır.

Çeribaşı (2019), Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan gözlem istasyonlarına ait yıllık ortalama yağış verilerine Mann-Kendall, Spearman's Rho ve Şen Yöntemlerini kullanarak trend varlığını araştırmıştır. Çalışma sonunda, havzadaki bazı istasyonlarda artan bir yağış trendi sonucuna ulaşmıştır.

2.2. Trend Testleri

Bu bölümde literatürde yaygın olarak kullanılan trend testleri ilgili teroik esaslar verilmiştir. Bu testler *parametrik* ve *parametrik olmayan* (non-parametrik) testler olarak ikiye ayrılır. Parametrik testlerde örneklemden elde edilen sonuçları evrene genelleştirilebilir. Non-parametrik testlerde genelleme yapıma imkanı yoktur. Parametrik testler, veri grubunun normal dağıldığının temel hipotezi üzerine kurulmuştur. Yani testler serilerin normal dağıldığını kabul eder. Non-parametrik testler; seri büyüklüğü 30' dan küçük, verilerin normal dağılmadığı ya da heterojen olduğu durumlarda uygulanır. Sınıflama, sıralama gibi bir çok veri düzeyinde uygulanabilir. Her iki grup test de verilerin aralıklı ya da oranlı ölçekte toplanmış olması gerekmektedir.

Değişkenlik analizlerinde regresyon analizi ve klasik trend testleri, dayandıkları temel varsayımlar nedeniyle, bağlayıcı şartları nedeniyle uygun sonuçlar verememektedir. Özellikle regresyon analizi, normal dağılıma uyması, iç bağımlılık (otokorelasyon)

olmaması, ölçümlerin hatasız olması, eşit varyans, doğrusallık kabullerine dayandığından, söz konusu her bir kabulün analiz öncesinde kontrol edilmesi gerekir. Bu açıdan özellikle parametrik olmayan trend testleri uygulama kolaylığı ve sonuçları açısından değişkenlik analizinde tercih edilmektedir.

Eğer bir seri yönü önemli olmamak üzere trende sahip ise, bu serinin beklenen değeri yani ortalama düzeyi çoğu zaman zamana bağlı olur ve serinin elemanları ile de ilişkilidir. Başka bir deyişle, elde edilen son gözlem değeri önceki ya da ondan bir önceki gözlem değerinden etkileniyor anlamına gelir. Bu nedenle serilerdeki tüm gecikmeler için yokluk hipotezi red edilir. Gecikmeler arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu durumlarda seri durağan karakterde değildir.

Hidrolojik serilerde önemli problemlerden birisi de serilerde eksik veri bulunmasıdır. Bu durumda, trend terimi (t) bağımsız değişken, zaman serisi bağımlı değişken olmak üzere regresyon uygulanarak eksik veri tamamlanabilir.

Hidrolojik rastgele değişkenlerin büyük bir çoğunluğu normal dağılıma (Gauss dağılımı) uymaz. Bundan dolayı, mevcut yıllık akım verileri, bağımlılık testleri uygulanmadan önce normalite testinden geçirilmiştir. Wall ve Englot (1985), tarafından, normalite şartlarını sağlamayan serilere uygun transformlar (log veya Log-log) uygulanarak, seriler normal dağılıma uydurulması gerekliliği vurgulanmıştır. Sonra bu transform olmuş serilere söz konusu beş testi uygulamışlardır. Eğer durum böyle ise, yaptıkları çalışmada temel bir

hata vuku bulmuştur.

En küçük kareler testi bir parametrik test olup seri elemanlarını normal dağıldığı varsayımını yapar. Diğer trend test ise, parametrik olmayan (nonparametric) testler olup, seri elemanlarını herhangi bilinen bir olasılık dağılıma uymasını şart koşmaz, yani; dağılımdan bağımsız (distribution-free) metotlardır. Bu da zaten parametrik olmayan testlerin önemli bir özelliğidir.

2.2.1. Normalite Testi

Normallik testleri birçok istatistiksel test için ön gerekliliktir. Çünkü bu çalışmada kullanılan en küçük kareler testi gibi parametrik testlerin varsayımı, verilerin normal dağıldığıdır. Serilerin normal dağılıma uyup uymadığının kontrolü ancak normallik testlerinin uygulanması ile mümkündür. Ki-Kare, Lilliefors, Kolmogorov-Smirnov, ve Shapiro – Wilk normallik testleri en bilinen normalite testleridir. Yapılan çalışmalarda, Veri sayısının 30'dan az ise olduğu durumlarda özellikle Khi-kare ve kolmogorov-Smirnov iyi sonuçlar vermediği görülmüştür.

Bu çalışmada, bir değişkenin normal dağılıma uyup uymadığının tespiti amacıyla, analitik bir yöntem olan Çarpıklık Testi (Skewness Test) kullanılmıştır.

Çarpıklık testi, normal bir değişkenin çarpıklık katsayısının sıfır olduğu gerçeğine dayanmaktadır. Çünkü bu dağılım, teorik olarak lokasyon parametresi olan ortalama değerinden (μ) geçen düşey eksene göre simetriktir.

Çarpıklık katsayısı (γ),

$$\gamma = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^3}{\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 \right]^{3/2}} \quad (3)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada Q_i terimi zaman serisinin elemanlarını, \bar{Q} örnek ortalamasını ve N serideki eleman sayısını temsil eden terimlerdir. Ancak (4) eşitliği ile verilen sınırlar arasında bir çarpıklık katsayısı değerine sahip olan dağılımlar da normal kabul edilebilir.

$$\left\{ -U_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{6}{N}}, \quad U_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{6}{N}} \right\} \quad (2)$$

Daha pratik olarak hesaplanan γ değeri $(-0.05, 0.05)$ sınırları arasında ise seri normal kabul edilir. Kurtosis değeri (G_s), $-0.5 < G_s - 3 < 0.5$ sınırları arasında kalması istenir. Bahis konusu olan bu son test ise, normal dağılıma ait Kurtosisdeğerinin 3'e eşit olduğu kuralına dayanmaktadır (Yevjevich, 1972).

Frekans dağılımlarının sivriliğinin ölçüsü olan Kurtosis katsayısının büyük örnekler haricinde kullanılmasının tavsiye edilmediği de unutulmamalıdır (Benjamin ve Cornell, 1970).

(3) ve (4) eşitlikleri ile ifade edilen testler, gerçekte $N > 150$ olan örnekler için yeterli doğruluktur. Daha küçük örnekler için, Snedecor ve Cochran, (3) eşitliğinden hesaplanan çarpıklık katsayısını

kıyaslamak amacıyla, örnek büyüklüğü ve belirli bir olasılık seviyesine bağlı olarak düzenlenmiş kıyaslamak amacıyla bir tablo oluşturmuşlardır (Tablo 3).

Buna göre; Tabloda $\alpha = 0.02$ ile $\alpha = 0.10$ önemlilik seviyeleri ve değişik N değerleri için verilen $\gamma, \alpha (N)$ hipotezi kabul edilir (Salas ve ark., 1980).

Tablo 3. N < 150 İçin Çarpıklık Katsayı Değerleri

N	α		N	α	
	0.02	0.10		0.02	0.10
≤ 25	1.261	0.711	70	0.673	0.459
30	0.986	0.662	80	0.631	0.432
35	0.923	0.621	90	0.596	0.409
40	0.870	0.587	10	0.567	0.389
45	0.825	0.558	125	0.508	0.350
50	0.787	0.534	150	0.464	0.321
60	0.723	0.492	175	0.430	0.298

2.2.2. Sen'in T testi

Dağılımdan bağımsız olan mevsimlik olaylardan etkilenmeyen bu testin istatistikleri aşağıda verilen sıralamadaki eşitlikler yardımıyla bulunabilir (Van Belle ve Hughes, 1984).

Öncelikle değişken değerleri; i yılları ($i=1, \dots, n$) ve j ayları ($j=1, \dots, 12$) gösteren indisler olmak üzere X_{ij} ile simgelenirse,

a) j. ay ve i. yıl için $X_{.j}$ ve $X_{i.}$ ortalama değerleri bulunur,

b) X_{ij} orijinal aylık değerlerinden, karşılık gelen ayın ortalaması çıkarılarak $(X_{ij}-X_{.j})$ fark değerleri elde edilir. Böylece mevsimlik etkiler ortadan kaldırılır,

c) Bu farklar küçükten büyüğe dizilerek en küçüğüne 1, en büyüğüne $12n$ sıra değerleri verilir. Sembolik olarak bu işlem $R_{ij}=\text{Rank}(X_{ij}-X_{.j})$ eşitliği ile hesaplanır. Verilerde aynı değere sahip farklar (*bağ durumu*) varsa, bunların gerçekte alması gereken sıra değerlerinin ortalaması dikkate alınır,

d) Elde edilen sıraların her bir ay ve her bir yıl için ortalamaları $R_{.j}=\sum_i R_{ij}/n$ ve $R_i=\sum_j R_{ij}/12$ eşitlikleri ile bulunur ve son işlem olarak,

e) Sen'in T testi istatistiği aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$T = \left[\frac{12m^2}{n(n+1)\sum_{i,j} (R_{ij} - R_j)^2} \right]^{1/2} \left[\sum_{i=1}^n \left(i - \frac{n+1}{2} \right) \left(R_i - \frac{nm+1}{2} \right) \right] \quad (5)$$

Yukarıda m mevsimlik zaman periyotlarını göstermekte olup bu çalışmada yıllık değerler alındığından 1'e eşittir.

α önem seviyesinde $|T| > z$ (standart normal değişken) durumunda trendin yokluğu üzerine kurulan H_0 hipotezi reddedilir ve belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır.

22.3. Spearman'ın Rho testi

Bu test, iki gözlem serisi arasında korelasyonun varlığını belirlemek amacıyla kullanılır. Test, sıra istatistiklerini temel alan teroi üzerine kurulmuştur. Sıra istatistiği $R(x_i)$, gözlemlerin küçükten büyüğe (*veya büyükten küçüğe*) sıralanması ile belirlenir ve

Spearman'ın Rho değeri (r_s) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

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

$R(x_i)$, i . gözlemin sıra numarasını; i , verilerin gözlem sırasını ve n , toplam gözlem sayısını ifade eder. $n > 30$ için r_s dağılımı normale yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılır (İçağa, 1994).

Bunun için r_s 'nin test istatistiği $z = r_s \sqrt{n-1}$ eşitliği ile bulunur ve α önem seviyesinde, $|z| > z_\alpha$ durumunda gözlem değerlerinin zamanla değişmediği üzerine kurulan H_0 hipotezi reddedilerek belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır.

2.2.4. Mann-Kendall testi

Genellikle su kalitesi, akım, sıcaklık ve yağış gibi hidro-meteorolojik zaman serilerindeki trendlerin belirlenmesinde kullanılan bu test Kendall'ın Tau istatistiği olarak da bilinmektedir. (Zhang ve ark., 201; Yue ve ark., 2002).

Mann-Kendall testinde zamana göre sıralanmış x_1, \dots, x_n gözlemleri, H_0 hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rastgele değişkenlerdir (Yu ve ark., 1993). H_1 hipotezine göre ise ($k \neq j$) olmak üzere tüm ($k, j \leq n$) için seride x_k ve x_j değerlerinin dağılımı benzer değildir, yani seride lineer bir trend bulunmaktadır. Sen'in T testinde olduğu gibi mevsimselliği çıkartılmış verilere uygulanan bu

testin istatistiği (S), (6) ve (7) eşitliklerinden hesaplanır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (7)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{eğer } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{eğer } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{eğer } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (8)$$

Asimptotik olarak normal bir dağılıma sahip ve ortalaması sıfır olan test istatistiği S'nin varyansı $\text{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18$ şekilde hesaplanır. Eğer verilerde benzer değerler (*bağ durumu*) varsa, bu ifadenin payından $\sum_t t(t-1)(2t+5)$ değeri çıkartılır.

Burada t herhangi bir bağ durumundaki benzer x'lerin sayısını ve \sum_t bütün bağ durumları üzerinden alınan toplamı göstermektedir. Süreklilik düzeltme birimi kullanılırsa, $n \leq 10$ olmak üzere S istatistiğinin teorik olasılık dağılımı için normal dağılım oldukça uygundur (Hirsch ve ark., 1982). Bunun sonucu olarak, standart normal değişken (z) aşağıdaki eşitlikle hesaplanarak kritik z değeriyle karşılaştırılır.

$$z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{eğer } S > 0 \\ 0 & \text{eğer } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{eğer } S < 0 \end{cases} \quad (9)$$

Eğer α önem seviyesinde $|z| \leq z_{\alpha/2}$ ise H_0 hipotezi kabul edilir, aksi durumda reddedilir. Hesaplanan S değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan bir trendin varlığını gösterir. Bu teknik, eksik verilerin varlığını dikkate almadığı ve verilerin belirli bir dağılıma uyma zorunluluğunu aramadığı için kullanışlıdır (Yu ve ark., 1993).

2.2.5. En Küçük Kareler Testi

Parametrik bir test olan yöntem; zaman ile sonuçlar arasındaki fonksiyonel ilişkiyi ortaya çıkarmaktır. Trendi en iyi tanımlayacak fonksiyon tipinin seçilmesi:

1. Zaman X, olayın aldığı değerler Y ekseninde işaretlenerek olayın grafiği çizilir. Bu grafikten olayın uzun dönemde nasıl bir gelişme gösterdiği hangi tip fonksiyonla ifade edilebileceği, bükülme noktasına göre eğrinin derecesi belirlenir.

2. Fonksiyon tipi grafikte belirlenmesi mümkün olmadığında, fonksiyon tiplerinin standart hataları hesaplanır; en küçük standart sapması olan fonksiyon tipi seçilir.

Kullanılan Fonksiyonun Verilere En Yakın Denkleminin Yazılması:

1. Doğrusal Denklem:

$$Y = a + bx \quad (10)$$

Bu eşitlik genelde artma ve azalmaları sabitlik gösteren seriler için kullanılır.

2. Parabol Denklemi:

$$Y = a + bX + cX^2 \quad (9)$$

Bu eşitlik, yükselmeyi alçalmanın takip ettiği yön eğiştirmeyi veren veriler için kullanılır.

3. Üstel Denklem:

$$Y = a.bX \quad (10)$$

Bu denklem, artma ya da azalma oranı sabit olan serileri hesaplamayı sağlar.

4. Hiperbol Denklemi:

$$1 / Y = a + bX \quad (13)$$

5. Kübik Denklem:

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 \quad (14)$$

Serinin grafiğinde alçalma ve yükselmeleri içeren iki bükülme varsa kullanılır.

6. Geometrik Denklem:

$$Y = a \cdot X^b \quad (15)$$

2.2.6. Cuzick Trend Testi

Cuick tarafından, Wilcoxon tip testinin sıralı grupların trend değerlerini tahmin etmek amacıyla geliştirilmiştir. Genellikle tıp alanında kullanılan non parametrik test son yıllarda mühendislik bilimlerinde de kullanılmaya başlanmıştır.

$$T = \sum_{i=1}^k l_i R_i \quad (16)$$

$$L = \sum_{i=1}^k l_i n_i \quad (17)$$

$$E(T) = \frac{L(N+1)}{2} \quad (18)$$

$$Var(T) = \frac{N+1}{12} (N \sum_{i=1}^k (l_i^2 n_i) - L^2) \quad (19)$$

$$Z = \frac{T - E(T)}{\sqrt{var(T)}} \quad (20)$$

Formüllerdeki, R_i , bu grup için toplanan mertebelerinin toplamı, l_i ise bu grup için alınan puanların toplamı, n_i bu grup için örneklem büyüklüğü ve N ise toplam gözlem sayısıdır. Gruplar arasında hiçbir eğilim olmayan sıfır hipotezi (null hipotezi) için T ortalama $E(T)$,

varyans var (T) olacaktır ve boş hipotez normalize edilmiş test istatistiği z kullanılarak test edilmiştir.

Cuzick'in Wilcoxon sıralamasını özetlemesi uygulaması, üç veya daha fazla sıra grubu olan verilerdeki eğilimi değerlendirmek için rütbe toplamı testine sahiptir.

2.2.7. Şen Trend Testi

Klasik trend testlerinin bazılarının ön kabullerin test edilmesi ve test sonuçlarının sadece eğilimin yok, artan eğilim veya azalan eğilim şeklinde kısıtlı kısıtlı sonuçlar vermesi alternatif metodun geliştirilmesi zorunluluğunu doğurmuştur. Bu zorluk ve eksiklere alternatif olarak geliştirilen ve herhangi bir temel varsayıma bağlı olmaksızın doğrudan serilere uygulanabilen Şen trend testi, Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi (YEC) olarak da adlandırılmaktadır.

Herhangi bir ön kabul şartına dayanmayan Şen trend testi, farklı uzunluktaki zaman serilerine uygulanabilmektedir. Yani bu yöntemin en önemli özelliği, özelliği tüm data aralıklarına uygulanayıp yorumlanabilmesidir.

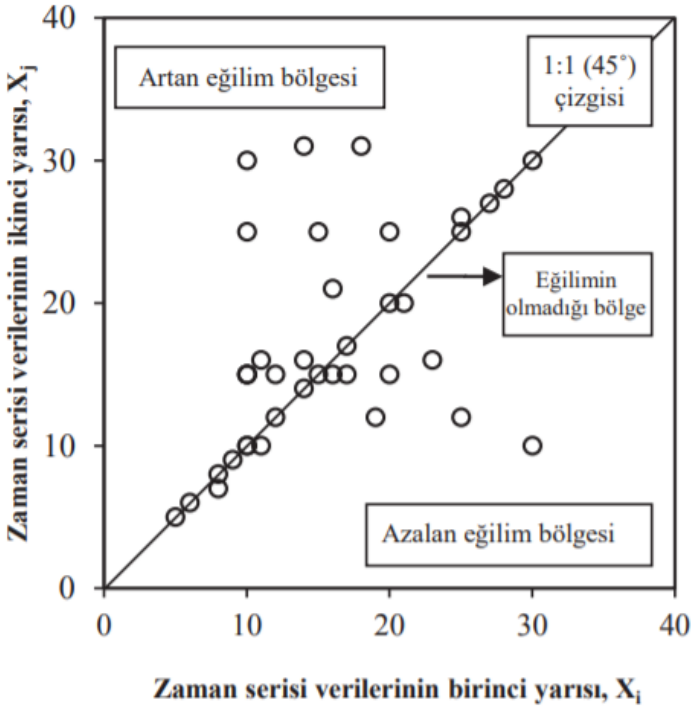
Bu yöntemde, eldeki mevcut değişkenin veri serisi, ölçüm tarihleri baz alınarak, başlangıçtan son ölçüme sıralanır. Oluşan seri iki eşit parçaya ayrılır ve ayrı ayrı kendi içinde bu kez veri büyüklüğüne göre küçükten büyüğe doğru sıralanır.

Sonrasında, Kartezyen koordinat sistemine göre, Şekil 2 de gösterildiği gibi, oluşan iki veri sütununun ilki (X_i) X-eksenine, diğeri (X_j) ise Y-eksenine yerleştirilir. Oluşan iki boyutlu grafik üzerinde

veri noktaları:

- 1:1 (45°) çizgisinin üzerine toplanmış ise bir eğilim yoktur (a trendless time series);
- altında ise azalan bir eğilim (a decreasing trend) vardır;
- üstünde ise artan bir eğilim (an increasing trend) vardır;

şeklinde yorumlanmaktadır (Şen, 2012).



Şekil 2. Verilerin Kartezyen koordinatlar üzerinde gösterilmesi (Şen, 2012)

2.2.8. Sen'in trend eğim metodu

Bir zaman serisinde lineer bir trend mevcut ise gerçek eğim (birim zamandaki değişim) parametrik olmayan bir metot kullanılarak belirlenebilir. Bu metot veri hatalarından veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen ve eksik değerlerin bulunduğu kayıtlara uygulanabilmektedir (Büyükyıldız, 2004). j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k olmak üzere ($j > k$ şartı ile); $N = n(n-1)/2$ (n zaman periyotlarının sayısı) adet Q_i ($i=1, 2, \dots, N$) değeri aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır.

$$Q_i = \frac{(x_j - x_k)}{(j - k)} \quad (21)$$

Elde edilen Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bu N adet eşdeğerlerinin medyan değeri lineer trend eğim parametresini tahmin etmek için ilgili bir istatistiktir. N adet Q_i değerinin medyanı alınarak ilgili gözlemin birim zamandaki değişimi N sayısının tek olması durumunda;

$$Q = Q_{(N+1)/2} \quad (22)$$

eşitliği ile çift olması durumunda ise;

$$Q = \frac{1}{2} Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2} \quad (23)$$

formülü ile hesaplanabilir. Bulunan Q medyan değeri, Sen'in önerdiği parametrik olmayan bir teknik kullanılarak iki taraflı test ile % 10 (1- α) güven aralığında test edilir ve gerçek eğim hakkında karar verilir (Yu ve ark., 1993, Büyükyıldız, 2004).

2.2.9. Van Belle ve Hughes (trend) homojenlik testi

Havza bazındaki genel trendin varlığını tespit etmek amacıyla kullanılan bu testte, havzada bulunan istasyonların verileri global trend için birleştirilir (Van Belle ve Hughes, 1984). Bu amaçla, verilen bir istasyondaki mevsimsel trendlerin homojenliğini tespit etmek an Belle ve Hughes (1984) tarafından geliştirilen bu testin medtodolojisi aşağıdaki gösterilmiştir.

$$X^2_{\text{homojen}} = X^2_{\text{toplam}} - X^2_{\text{trend}} = \sum(Z_i)^2 - m(Z)^2 \quad (24)$$

Bu eşitlikteki Z_i ve Z değerleri aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$Z_i = \frac{S_i}{\sqrt{(\text{Var}(S_i))}} \quad (25)$$

$$Z = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_i \quad (26)$$

Bu eşitliklerdeki S_i değerleri her bir yıl için hesaplanmış olan Mann-Kendall Test istatistiği değerleridir, m ise mevsim veya ay sayısını göstermektedir.

3. UYGULAMALAR

Bu çalışmada değikenlik analizinin temelini oluşturan trend testleri olan uygulamaları, lineer trendlerini analiz etmek için parametrik olmayan Sen'in T, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall, ve Şen trend testleri ile parametrik olan en küçük kareler testleri Türkiye'deki yıllık pik akım verileri nuygulanmıştır. Trendlerin doğrusal eğimlerini belirlemek amacıyla Sen'in Trend Eğim Metodu ve trendlerdeki homojenliği test etmek için Van Belle ve Hughes Trend Homojenlik Testi uygulanmıştır.

Testlerinin uygulanma biçimi ve söz konusu testler için yazılan bilgisayar programının doğruluğunu kontrol amacıyla, 101 nolu Şeytan Deresi – Babaeski Akım gözlem istasyonuna ait yıllık pik akım değerleri alınmıştır.

Bu çalışmada kullanılan parametrik ve parametrik olmayan trend testlerinin sayısal uygulamalar yapılarak tablolar halinde gösterilmiştir. Test istatistiğinin mutlak değerinin, bütün testlerde 0.05 (%95) olarak alınan α önem seviyesindeki z (1.96) değerinden büyük olması durumunda trendin varlığına karar verilmiştir. Aksi durumda istatistiksel olarak önemsiz olup trendin olmadığı sonucu çıkar.

Sen'in T ve Spearman Rho trend eğim testlerindeki negatif sayısal değerler ile Mann-Kendall testindeki pozitif değerler azalan bir trendi ifade etmektedir. En küçük kareler testi parametrik bir test olduğundan serinin normal dağıldığı varsayımını temel almaktadır. Bu nedenle tüm istasyon verilerine normalite testi uygulanmış olup,

uygun tranasformlar ile normalleştirilmiş serilere uygulanmıştır.

Uygulanan trend testleri sonucunda sadece enaz iki test sonucuna göre, 5 istasyon verilerinde azalan trende rastlanmıştır. Bu istasyonlar, 324, 2124, 2131, 2145 ve 2505 nolu istasyonlardır. Güneydoğu Anadolu Projesinin yoğun olarak uygulandığı ve birçok barajın yapımının tamamlandığı ya devam ettiği Fırat Havzası' nda 3 istasyonun azalan trende sahip olması dikkat çekici bir noktadır. Kalan 85 istasyonda trende rastlanmaması durumu seri bağımsızlığı durumuyla açıklanabilir.

101 nolu Şeytan Deresi – Babaeski Akım gözlem istasyonuna ait yıllık pik akım serilerin trend testlerinin uygulaması:

Normalite testi

Bir zaman serisinin normal dağılıma uyup uymadığı çarpıklık testi ile kontrol edilir. Ortalama değeri 90.806 m³/s olan İstasyona ait orjinal değerler formülde yerine konularak çarpıklık katsayısı,

$$\gamma = \frac{\frac{1}{48} \left[(26.1 - 90.806)^3 + \dots + (21.0 - 90.806)^3 \right]}{\frac{1}{48} (26.1 - 90.806)^2 + \dots + (26.1 - 90.806)^2}^{3/2} = -0.0418$$

Tablo 3.1'de gösterilen N=48 ve $\alpha = 0.02$ önemlilik seviyesi için, $\gamma_{(0.02)}(48) = 0.80 > |-0.04|$ olduğundan, serinin orjinal değerleri normal dağılıma uyduğu görülür.

Sen'in T testi

1) X_i ortalama değer = 90.806 m³/s bulunur,

b) X_i orijinal yıllık değerlerinden, ortalama değer çıkarılarak ($X_i - X_{ort}$) fark değerleri elde edilir.

c) Bu farklar küçükten büyüğe dizilir. Sembolik olarak bu işlem $R_{ij} = \text{Rank}(X_i - X_{ort})$ eşitliği ile hesaplanır. Verilerde aynı değere sahip farklar (*bağ durumu*) varsa, bunların gerçekte alması gereken sıra değerlerinin ortalaması dikkate alınır,

d) Elde edilen sıraların her her bir yıl için ortalamaları $R_{.j} = \sum_i R_{ij}$ ve R_i/n ve $R_i = \sum_j R_{ij}$ eşitlikleri ile bulunur ve son işlem olarak, Sen'in T testi istatistiği aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$T = \left[\frac{m^2}{n(n+1) \sum_i (R_i - R_{ort})^2} \right]^{1/2} \left[\sum_{i=1}^n \left(i - \frac{n+1}{2} \right) \left(R_i - \frac{nm+1}{2} \right) \right]$$

Yukarıda m mevsimlik zaman periyotlarını göstermekte olup bu çalışmada yıllık değerler alındığından 1e eşitir.

Söz konusu denklemde değerler yerine konulduğunda, $T=1.20582$ bulunur.

α önem seviyesinde $\alpha = 1.20582$ $\alpha < z=1.96$ (standart normal değişken) olduğundan trendin yokluğu üzerine kurulan H_0 hipotezi kabul edilir ve belirli bir trendin var olmadığı olduğu sonucuna varılır.

Spearman'ın Rho Testi

Testin temeli sıra istatistiklerine dayandırdan, Sıra istatistiği $R(x_i)$, gözlemlerin küçükten büyüğe sıralanması ile belirlendiğinden seri sıra sayılarının göre sıralanır ve (r_s) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$r_s = 1 - 6 \left[\sum_{i=1}^n (R(x_i) - i)^2 \right] / (n^3 - n)$$

Denklemdedeğerler yerine yazıldığında, $r_s=1.595$ bulunur.

$R(x_i)$, i . gözlemin sıra numarasını; i , verilerin gözlem sırasını ve $n=48$ dir.

Z değerı teorik esaslarda belirtilen eşitlik ile bulunur ve α önem seviyesinde,

$$1.595 < z_{\alpha} = 1.96$$

olduğundan gözlem değerlerinin zamanla değişmediği görölerek belirli bir trendin var olmadığı sonucuna varılır.

Mann-Kendall testi

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

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

S'nin varyansı $\text{Var}(S) = 48(48-1)(248+5)/18$ şekilde hesaplanır.

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{eğer } S > 0 \\ 0 & \text{eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{eğer } S < 0 \end{cases}$$

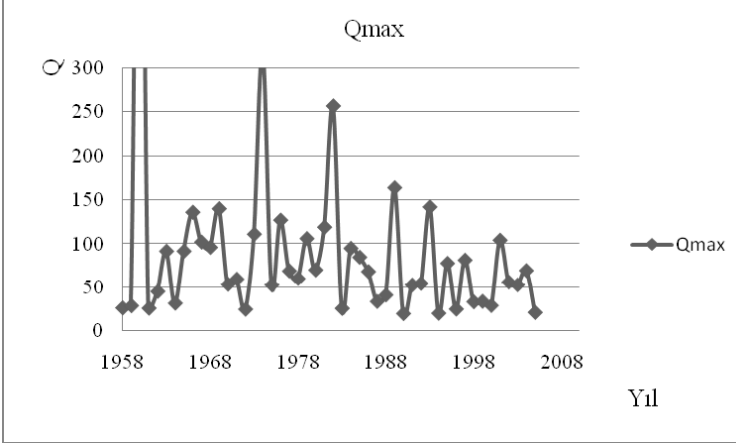
Denklemden S, varyans değeri yerine yazıldığında, S istatistiği (-1,207) olarak bulunur. α önem seviyesinde,

$$1.207 < z_{\alpha} = 1.96$$

olduğundan, gözlem değerlerinin zamanla değişmediği görülerek belirli bir trendin var olmadığı sonucuna varılır.

En Küçük Kareler Testi

Öncelikle serimiz normal dağıldığı çarpıklık testiyle belirlendiğinden orijinal değerler kullanılmıştır.



Şekil 3. 101 nolu Şeytan Deresi – Babaeski AGİ’ nunda Akım değerlerinin zaman serisi.

Grafiği çizilen seride, hesaplar sonucunda,

1,407 (< 1.96)

olarak bulunan doğrunun eğimi ile paralel olarak belirgin bir trendin var olmadığını göstermiştir.

Sen'in trend eğim metodu

101 nolu istasyonda herhangi bir trend tespit edilmemesine rağmen trend eğim hesabı yapılırsa,

$$Q_i = \frac{(x_i - x_k)}{(j-k)}$$

Denkleminden elde ettiğimiz yeni Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralarsak,

48 adet eşdeğerlerinin medyan değeri lineer trend eğim parametresini tahmin formülünden ile hesapladığımızı

-0,0103

değerini elde ederiz. Ancak yapılan trend testlerinde herhangi bir trend bulunmadığından bu istatistiğin bu istasyon için yapılma şartı yoktur.

Van Belle ve Hughes (trend) homojenlik testi

Havza bazındaki genel trend hakkında bilgi edinmek amacıyla kullanılan bu testi 101 nolu istasyonun bulunduğu Meriç Havzasında başka bir istasyon verisi kullanmadığımızdan bu havza için yapmak imkansızdır. Bu nedenle testi 2 istasyon verisi aldığımız Marmara Suları Havzası için yaparsak,

$$\chi^2_{\text{homojen}} = \chi^2_{\text{toplam}} - \chi^2_{\text{trend}} = \sum (Z_i)^2 - m(Z)^2$$

eşitliğini kullanmamız gerekecektir. Bu eşitlikteki Z_i ve Z

$$Z_i = \frac{S_i}{\sqrt{(\text{Var}(S_i))}} \quad \text{ve} \quad Z = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_i$$

değerleri aşağıdaki şekilde bulunabilir:

Bu eşitliklerdeki S_i değerleri, önceden hesapladığımız Mann-Kendall Test istatistiği değerleridir. m değeri ise yıllık verilerde çalıştığımız için 1 dir.

Bulunan Z ve Z_i değerleri yazılırsa,

$\chi^2_{\text{homojen}} = \chi^2_{\text{toplam}} - \chi^2_{\text{trend}} = 81.41$ değeri bulunur.

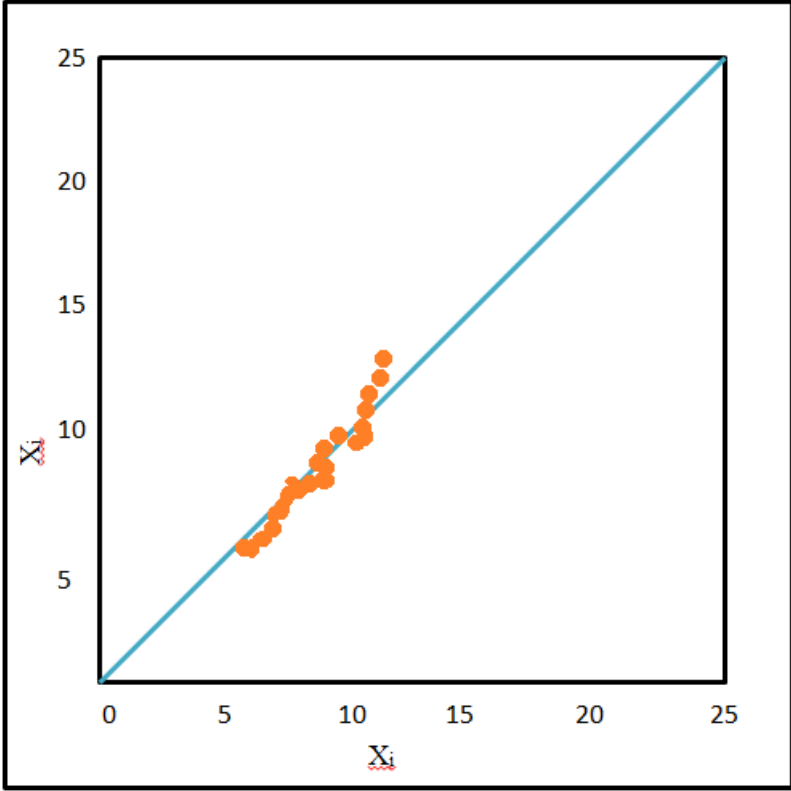
Homojenlik için asıl önemli değer olan χ^2_{istasyon} değeri formülden 26.84 değeri bulunur.

Bu değer tablodan alınan χ^2_{kritik} değeri olan 3.84 den büyük olduğundan havza bazında global bir trendden söz edilemez sonucuna ulaşılabilir.

Şen Trend Testi

Veri serisi, ölçüm tarihleri baz alınarak, başlangıçtan son ölçüme sıralanır. Oluşan seri iki eşit parçaya ayrılır ve ayrı ayrı kendi içinde bu kez veri büyüklüğüne göre küçükten büyüğe doğru sıralanır. Grafik üzerinde değerler işaretlenir.

İstasyonun akım verilerinde anlamlı bir trende rastlanmamıştır.



Şekil 4. 101 nolu Şeytan Deresi – Babaeski AGİ Şen Trend testi

Tablo 4.Tüm İstasyonların trend analiz sonuçları

İstasyon	Mann-Kendall testi	Spearman'ın Rho testi	Sen'in T testi	Sen'in trend eğim metodu	Enküçük kareler testi	TREND
101	-1.21	1.60	1.21	-0.0103	1,44	-
209	-1.02	0.92	1.37	-0.0211	1,02	-
212	1.41	-1.04	-0.22	-0.032	1,41	-
302	-1.0	1.06	1.05	-0.0109	0,21	-
311	-1.21	0.60	1.21	-0.0567	1,10	-
314	-1.01	1.65	0.02	-0.0215	-0,09	-
316	1.21	-1.15	-1.61	-0.078	-1.13	-
317	-0.29	1.37	0.11	-0.0931	0.40	-
321	-1.34	0.82	1.77	-0.3215	0.37	-
324	-2.03	0.66	0.82	-0.0166	-2.02	↓
328	-1.44	0.99	1.0	-0.0256	0,87	-
407	0.21	-1.21	-0.33	-0.0219	-0,33	-
509	0.28	-1.33	-0.89	-0.2459	-0.67	-
510	-1.01	1.12	0.22	-0.1235	-0,13	-
514	-1.66	1.45	1.67	-0.0451	0.27	-
515	-1.10	1.56	0.28	-0.2728	1,19	-
518	0.87	-1.21	-1.61	-0.5513	-0,97	-
523	-1.41	1.39	1.43	-0.0964	0,21	-
601	0.01	-1.60	-0.04	-0.2896	0,01	-
701	0,31	-0.29	-1.21	-0.3337	-0,94	-
706	1.29	-0,53	-1.23	-0.2156	-0,77	-
713	1.32	-1.10	0.01	-0.1278	-0,11	-
808	-0.33	1.20	0.45	-0.001	1,24	-
809	-1.44	1.410	0.21	-0.0121	1,0	-
812	-1.28	1.34	1.19	-0.6228	0,81	-
902	-0.04	0.98	0.34	-0.0519	1.06	-
912	-0.75	1.26	0.72	-0.2148	0.96	-
Ø17	-0.05	0.06	0.14	-0.0167	0.91	-

İstasyon	Mann-Kendall testi	Spearman'ın Rho testi	Sen'in T testi	Sen'in trend eğim metodu	Enküçük kareler testi	TREND
1102	-0.01	1.52	0.81	-0.8801	0.96	-
1203	-1.24	0.96	1.75	-0.099	1.03	-
1221	-0.64	0.10	0.99	-0.2998	0.07	-
1222	-0.96	0.79	1.15	-0.00	1,11	-
1124	-0.78	1.45	0.05	0.00	-0,98	-
1226	0.89	-1.89	-0.57	-0.0910	-0,11	-
1233	0.12	0.56	0.92	-0.107	1,44	-
1237	-1.04	0.83	1.49	-0.8901	-1,23	-
1302	-1.49	0.46	1.66	-0.4451	0,99	-
1307	0.23	-1.38	-1.76	-0.1341	1,56	-
1314	-0.84	0.54	0.12	-0.9812	-1-01	-
1331	-0.30	2.22	1.26	-0.021	-0,98	-
1334	-1.82	1.20	0.70	-0.0721	-0,21	-
1335	-1.25	1.37	0.08	-0.7819	1,19	-
1401	1.05	-1.65	-0.35	0.010	0,43	-
1402	0.47	-1.15	-1.61	-0.0981	-0,26	-
1413	0.58	-1.37	-0.11	-0.1981	0,47	-
1414	0.21	-1.07	-0.61	-0.0849	0,44	-
1418	-1.18	0.82	1.77	-1.081	0,61	-
1501	1.35	-0.76	-0.82	-0.0678	-0,44	-
1517	-1,21	1.61	1.04	-0.5082	0,67	-
1535	-0,99	0.26	0.01	-0.0781	-0,46	-
1611	0,22	-0.78	-0.99	-0.0209	-0,18	-
1612	0,99	-0.87	-0.38	-0.1118	0,56	-
1622	-0,66	0.85	1.88	-0.4445	-0,34	-
1712	-0,22	0.93	0.47	-1.014	1,35	-
1714	-0,67	1.08	1.56	-0.0725	0,44	-
1719	-0,22	1.84	1.22	-0.0666	1,22	-
1720	-0,65	0.01	0.67	-0.0781	0,54	-
1801	0,21	-1.09	-0.84	-0.0307	0,98	-
1805	-0,56	0,05	0.90	-0.6121	1,12	-
1905	-1,16	1,56	1.02	-0.0909	-0,56	-

İstasyon	Mann-Kendall testi	Spearman'ın Rho testi	Sen'in T testi	Sen'in trend eğim metodu	Enküçük kareler testi	TREND
1906	0.60	-0.23	-1.25	-0.0716	1,01	-
1907	-0.59	0.19	1.05	-0.0290	0,67	-
2002	0,98	-0.67	-0.44	-0.0208	-1,22	-
2004	0,93	-0.25	-0.47	-0.0441	-0,78	-
2006	-1.56	1.88	0.58	-0.0871	1,01	-
2102	-1.20	1.01	1.0	-0.010	1,44	-
2122	1.40	-0.56	-0.21	0.00	0,76	-
2124	-2.94	2.21	1.33	-0.9841	1,22	↓
2131	-2,87	2.51	0.91	-0.057	-1.55	↓
2145	-2,45	1.99	0.61	-0.0178	-1,98	↓
2151	-1,57	0.92	1.23	-0.0997	-0,21	-
2154	0,98	-0.32	-1.03	-0.0189	1,09	-
2156	1,94	-0.33	-1.44	-0.0129	0,41	-
2157	-1,26	1.11	0.21	-0.091	-0,86	-
2158	1,23	-0.05	-0.28	0.001	-0,26	-
2164	1,41	-1.17	-1.01	-0.0333	0,61	-
2218	0,01	-0.98	-1.66	-0.0815	-0,21	-
2213	0,06	-0.41	-0.01	-0.0031	-0,17	-
2232	-1,05	0.74	1.10	-0.056	0,99	-
2233	0,49	-1.21	-0.87	-0.6502	-1,66	-
2304	-1,45	0.90	1.41	-0.1018	-0,26	-
2305	-0,66	1.20	1.56	-0.0908	-0,36	-
2316	-1,09	0.18	0.01	-0.0394	-1,56	-
2323	1,11	-0.85	-0,31	-0.0208	-0,34	-
2402	-0,09	1.81	0,92	-0.0290	1,44	-
2409	1,33	-0.17	-1,45	-0.0221	0,44	-
2415	-0,66	1.31	1,47	-0.0661	1,66	-
2505	-2,29	0.44	3,07	-0.0217	-0,44	↓
2610	-1,59	1.38	1,23	-0.0328	-0,98	-
2612	-0,11	0.82	1,19	-0.044	-1,33	-

3.1.1. Havza genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları

Bu bölümde havza bazında global trend sonuçları tablolar halinde verilmiştir.

Tek istasyon verileri alınan havzalarda söz konusu analiz yapılmamıştır.

Tablo 5. Marmara Suları Havzası genelinde global trend için

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	108.25	k.m=2	36.36
χ^2_{homojen}	81.41	k.m-1=1	35.12
χ^2_{istasyon}	13.59	k-1=1	3.84
χ^2_{trend}	26.84	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Marmara Suları Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend söz konusu değildir.

Tablo 6. Susurluk Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	221.25	k.m=8	118.32
χ^2_{homojen}	134.01	k.m-1=7	118.05
χ^2_{istasyon}	23.59	k-1=7	15.78
χ^2_{trend}	87.24	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Susurluk Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend söz konusu değildir.

Tablo 7. Gediz Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2 toplam	121.05	k.m=6	92.78
χ^2 homojen	108.17	k.m-1=5	91.64
χ^2 istasyon	21.99	k-1=5	11.07
χ^2 trend	12.88	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	χ^2 istasyon χ^2 kritik	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	χ^2 trend χ^2 kritik	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Gediz Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend söz konusu değildir.

Tablo 8. Büyük Menderes Havza genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	197.77	k.m=3	51.0
χ^2_{homojen}	68.91	k.m-1=2	49.80
χ^2_{istasyon}	41.36	k-1=2	5.99
χ^2_{trend}	128.86	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2_{trend} testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Büyük Menderes Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend söz konusu değildir.

Tablo 9. Batı Akdeniz Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2 toplam	136.35	k.m=3	46.0
χ^2 homojen	52.01	k.m-1=2	52.60
χ^2 istasyon	6.33	k-1=2	4.22
χ^2 trend	84.34	1=1	2.99
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
TREND			YOK

Test sonucuna göre Batı Akdeniz Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 10. Orta Akdeniz Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes Homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	96.33	k.m=3	27.20
χ^2_{homojen}	50.01	k.m-1=2	38.10
χ^2_{istasyon}	11.59	k-1=2	2.21
χ^2_{trend}	46.32	1=1	4.69
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2_{trend} testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
TREND			YOK

Test sonucuna göre Orta Akdeniz Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 11. Sakarya Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları

	Van Belle ve Hughes	Serbestlik	χ^2_{kritik}
	homojenlik testi	derecesi	$\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	257.59	k.m=7	106.38
χ^2_{homojen}	129,56	k.m-1=6	105.26
χ^2_{istasyon}	32.72	k-1=6	12.59
χ^2_{trend}	128.03	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
Açıklama			χ^2_{trend} testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
TREND			YOK

Test sonucuna göre Sakarya Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 12. Batı Karadeniz Suları Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2 toplam	345.65	k.m=6	92.78
χ^2 homojen	99.33	k.m-1=5	91.64
χ^2 istasyon	16.59	k-1=5	11.07
χ^2 trend	246.32	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
TREND			YOK

Test sonucuna göre Batı Karadeniz Suları Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 13. Yeşilırmak Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	141.28	k.m=5	79.10
χ^2_{homojen}	156.23	k.m-1=4	77.94
χ^2_{istasyon}	20.16	k-1=4	9.49
χ^2_{trend}	4.75	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2_{trend} testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
TREND			YOK

Test sonuca göre Yeşilırmak Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend yoktur.

Tablo 14. Kızılırmak Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	58.05	k.m=3	51.00
χ^2_{homojen}	51.83	k.m-1=2	49.80
χ^2_{istasyon}	9.82	k-1=2	5.99
χ^2_{trend}	6,22	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Kızılırmak Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend söz konusu değildir.

Tablo 15. Orta Anadolu Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	138.61	k.m=24	51.00
χ^2_{homojen}	72.33	k.m-1=23	49.80
χ^2_{istasyon}	20.19	k-1=1	5.99
χ^2_{trend}	66.28	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2_{trend} testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Kızılırmak Havzası Orta Anadolu Havzası Akarsuları yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend söz konusu değildir.

Tablo 16. Doğu Akdeniz Suları Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	345.11	k.m=4	65.16
χ^2_{homojen}	101.29	k.m-1=3	63.99
χ^2_{istasyon}	12.02	k-1=3	7.81
χ^2_{trend}	243.82	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots \chi^2_{\text{kritik}} >$		
Açıklama	$\chi^2_{\text{trend}} \text{ testi}$ yapılmaz		
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots \chi^2_{\text{kritik}} >$		
TREND	YOK		

Bu sonuca göre Doğu Suları Akdeniz Havzasına ait nehirlerin yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 17. Seyhan Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

Van Belle ve Hughes homojenlik testi		Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	17.12	k.m=2	36.36
χ^2_{homojen}	10.79	k.m-1=1	35.12
χ^2_{istasyon}	31.31	k-1=1	3.84
χ^2_{trend}	6.33	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
Açıklama			χ^2_{trend} testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Seyhan Havzasına ait nehirlerin yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 18. Hatay Suları Havza genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	121.34	k.m=3	51.0
χ^2_{homojen}	67.02	k.m-1=2	49.80
χ^2_{istasyon}	31.31	k-1=1	5.99
χ^2_{trend}	54.32	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2_{trend} testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Hatay Suları Havzasına ait nehirlerin yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 19. Ceyhan Havza genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2 toplam	130.84	k.m=2	36.36
χ^2 homojen	89.15	k.m-1=1	35.12
χ^2 istasyon	11.02	k-1=1	3.84
χ^2 trend	41.69	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	χ^2 istasyon χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	χ^2 trend χ^2_{kritik}	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Ceyhan Havzasına ait nehirlerin yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 20. Fırat Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	418.01	k.m=11	124.30
χ^2_{homojen}	321.52	k.m-1=10	119.20
χ^2_{istasyon}	48.61	k-1=10	18.31
χ^2_{trend}	96.49	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2_{trend} testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots \chi^2_{\text{kritik}}$	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Fırat Havzasına ait nehirlerin yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 21. Doğu Karadeniz Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2 toplam	88.16	k.m=5	79.10
χ^2 homojen	80.06	k.m-1=4	77.94
χ^2 istasyon	11.03	k-1=4	9.49
χ^2 trend	8.10	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	χ^2 istasyon χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	χ^2 trend χ^2_{kritik}	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Doğu Karadeniz Havzasına ait nehirlerin yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 22. Çoruh Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2_{toplam}	111.61	k.m=4	65.16
χ^2_{homojen}	105,93	k.m-1=3	63.99
χ^2_{istasyon}	21.91	k-1=3	7.81
χ^2_{trend}	5.68	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	$\chi^2_{\text{istasyon}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
Açıklama			χ^2_{trend} testi yapılmaz
Global trend	$\chi^2_{\text{trend}} \dots$ χ^2_{kritik}	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Çoruh Havzasına ait nehirlerin yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 23. Aras Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2 toplam	63.58	k.m=3	51.0
χ^2 homojen	56.99	k.m-1=2	49.80
χ^2 istasyon	31.38	k-1=2	5.99
χ^2 trend	6.59	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	χ^2 istasyon χ^2 kritik	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	χ^2 trend χ^2 kritik	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Aras Havzasına ait nehirlerin yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

Tablo 24. Dicle Havzası genelinde global trend için homojenlik testinin sonuçları.

	Van Belle ve Hughes homojenlik testi	Serbestlik derecesi	χ^2_{kritik} $\alpha=0.05$
χ^2 toplam	319.04	k.m=1	36.36
χ^2 homojen	77.17	k.m-1=1	35.12
χ^2 istasyon	9.91	k-1=3	3.84
χ^2 trend	241.87	1=1	3.84
İstasyon homojenliği	χ^2 istasyon χ^2 kritik	>	
Açıklama			χ^2 trend testi yapılmaz
Global trend	χ^2 trend χ^2 kritik	>	
TREND			YOK

Bu sonuca göre Dicle Havzasına ait nehirlerin yıllık pik akım serilerinde havza bazında global bir trend bulunamamıştır.

4. DEĞERLENDİRME

Bir rastgele değişkenin değerlerinde zamana bağlı olarak azalma ya da artma durumunun varlığına trend denir. Bu çalışmada örneği verilen hidrolojik bir veri olan yıllık pik akım serilerinin trend hesaplamaları, baraj, rezervuar, sulama ve drenaj kanalları, gibi su kaynaklarının planlanması ve işletilmesi açısından olduğu kadar, bunların üzerine yapılacak köprüler gibi sanat yapılarının da projelendirilmesinde oldukça önemlidir.

Bu değişkenliklerin belirlenmesi amacıyla çok farklı araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmamız bu tip çalışmalara örnek teşkil etmektedir. Özetle, trendin bulunması ile, mevcut durum değerlendirilip, buna göre geleceğe ilişkin tahminler yapılması imkânı sağlar.

Değişkenlik analizinde teorik esasları verilen trend testlerinin uygulama örnekleri sonucunda, çalışma periyodundaki yıllık pik akım trendleri sonuçlarına göre sadece 5 istasyon verisinde trende rastlanmıştır. Ülkemiz için önemli barajların bulunduğu bölgedeki üçünün Fırat Havzasında 3 adet asalan trend değerine sahip istasyonun bulunması oldukça dikkat çekicidir.

Bunun yanında, ülkemizin diğer bölgelerindeki havzalarda ise genelde trende rastlanılmamıştır. Belirlenen bütün trendler en az %95 seviyesinde önemlidir. Bunun yanında homojenlik test sonuçlarına göre, çalışmada verileri kullanılan tüm havzalarda global trend bulunmamıştır.

Türkiye bazında detaylı bir değerlendirme yapacak olursak, çalışmada kullanılan kullanılan parametrik ve parametrik olmayan metotlara göre sadece 324, 2124, 2134, 2145 ve 2505 nolu istasyonlarda azalan trend bulunmuş; ancak ülkenin tamamına yakın kısmında trend belirlenmemiştir.

Her bir istasyondaki trendlerin ve trend yönlerinin homojenliği, Van Belle ve Hughes metoduyla test edilmiştir. Van Belle ve Hughes testinin sonuçları, diğer testlerin sonuçlarıyla oldukça tutarlı görünmektedir.

Akım trendleri ile yağış değişimlerini arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla birçok araştırmacı tarafından yapılmış çok sayıda analiz mevcuttur (Kalaycı, 2003). Örneğin, akımın yağıştaki değişimlere ve diğer iklimsel parametrelere karşı ilişkisinin belirtildiği Douglas ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışma dikkate alınarak, akım verilerindeki (*azalan*) trendlerin iklim değişimiyle ilişkisi incelenebilir.

Buna göre, Türkiye' nin 1938-1989 periyodundaki ortalama yıllık sıcaklık verilerini inceleyen Kadioğlu (1997), yıllık minimum ve mevsimlik ortalama sıcaklıklarda artan trendler olduğunu göstermiştir. 1930-93 yılları arasındaki alan ortalamalı yıllık ve kış yağış serileriyle çalışan Türkeş (1996a), 7'si Akdeniz yağış bölgesinde bulunan 15 istasyondaki yıllık yağışlarda istatistiksel olarak önemli azalan trendler belirlemiş ve bu trendlerin çoğuna, çalışma periyodunun son 20-25 yılı boyunca oluşan azalmaların neden olduğu sonucuna varmıştır. Bunun yanında Aylık ortalama akımlar üzerinde çalışan

Kalaycı (2003) ve Say (2006).

Türkiye sathında azalan trendler bulmuşlardır. 1960'lı yıllardan sonra, Afrika'dan Endonezya'ya uzanan tropikal kuşaklar üzerindeki yağışlarda ve buna bağlı olarak da akarsular, göl seviyeleri ve toprak nemlerinde ani düşüşler gözlenmiştir. 1970'li yılların başı ile 1990'lı yılların ortası arasındaki kurak koşullardan en fazla Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu bölgeleri etkilenmiştir (Türkeş, 1996b).

Yapılan bölgesel homojenlik testi sonucunda havza bazında yapılan analiz neticesinde hiçbir havzada bölgesel homojenliğe rastlanmamıştır. Aylık ve yıllık ortalama akım çalışmalarının aksine çalışmamız sonucunda birkaç istasyon dışında trende rastlanmaması yıllık pik akım serilerinin anlık değerlerden oluşması ve bağımsızlık özelliğinden kaynaklandığı sonucuna varılabilir.

Yıllık pik akım serileri için gerçekleştirilen trend analizi, diğer iklim elemanlarının trendleri ile birlikte incelenebilir. Bu ise aylık ve günlük pik akım serilerinin incelenmesiyle daha sağlıklı olacaktır. İklimsel değişimlerin hidrolojik olayları doğrudan etkilediği açık olduğundan, yağış-akım gibi, iklim ve hidrolojik olaylar arasındaki bağlantılar daha özel ölçekte incelenebilir.

Türkiye, küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından, dünyadaki riskli ülkeler arasındadır. Ülkemiz, karmaşık ve kompleks bir iklim yapısına sahip olduğundan, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak meydana gelebilecek bir iklim değişikliğinden fazlasıyla etkilenmektedir. Söz konusu iklimsel değişimler, farklı topografik yapıda bölgelerin bulunması, su kaynaklarının çeşitliliği ve orografik

özellikleri sebebiyle, iklim değişikliğinden farklı şekil ve büyüklüklerde etkilenmektedir

Bunun yanında, iklim değişiklikleri, özellikle su kaynaklarının azalması, kuraklık ve çölleşmeye bağlı olarak ekolojik dengenin bozulmasında da neden olmaktadır. İklim değişikliklerine karşı gerekli tedbirlerin alınmaması durumunda, kurak, yarı kurak alanlar ile kentsel bölgelerdeki su kaynakları su kaynaklarının olumsuz etkilenecek ve artan nüfusun da etkisi ile içme su ihtiyacı daha da artacaktır.

Türkiye’de yağış rejimindeki azalan trend, tarımsal üretimde olumsuz etkilemektedir. Yağış rejiminin bahar aylarına doğru kayma göstermesi, tarım ürün ekim standartlarını da etkilemektedir. Son onbeş yılda, en kurak mevsimlerin yaşanmasına paralel olarak, kuraklık trendinin de arttığı görülmektedir. Kuraklık; normalin altında yağış, düşük toprak nemi, sıcak kuru hava gibi hidrolojik verilerden kaynaklanmaktadır. Bunun yanında, hemen hemen tüm havzalardaki yağışın miktar ve dağılımındaki azalan trend, yer altı ve yer üstü su rezervlerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

Gelecekte Türkiye’ nin izleyeceği su politikaları, gerçekleştirilecek su yapıları projeleri, içme ve kullanma amaçlı akarsulardan yararlanma ihtiyacı düşünüldüğünde, genelde azalan yönde trend belirlenmiş olması havzalardaki su kaynaklarının planlanmasında daha rasyonel davranılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Her ne kadar yıllık pik akım serilerinde belirgin bir trende rastlanmamış olsa da, yapılmış çalışmalar gösteriyor ki, önümüzdeki yıllarda akış durumuna geçen su miktarındaki azalma sonucu Türkiye'den kaynaklanıp komşu ülkelere su taşıyan nehirlerin debilerinde önemli azalmalar olacaktır.

Uluslar arası hukuka göre, söz konusu akarsuların bir miktarının komşu ülkelerin hak ve ihtiyaçlarını karşılamak üzere bırakılmasında belirlenen ölçünün değişmekte olan iklim şartlarını esas alarak ayarlanması gerekecektir. Bununla birlikte akarsular çevresinde yaşayan ve bunlara bağımlı olarak yaşayan insanların durumları gözden geçirilmelidir.

Azalan trend tespit edilen havzalardaki yerleşim bölgelerindeki nüfusun gelecekteki su ihtiyacı şimdiden belirlenmeye çalışılmalı ve havzalar için gerekli master plan çalışmaları yapılmalıdır.

Bu çalışmada yapılan değişkenlik analizi sonuçlar da dikkate alınarak, Türkiye'deki su kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılması yönünde çalışmaların yapılması ve özellikle havza yönetimi konusunda acil tedbirler alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Dicle ve Fırat nehirleri gibi sınır aşan akarsuların boşa akan suların da biriktirilmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili projeler gerçekleştirilmelidir.

Bu çalışmadan bağımsız olarak, yapılan trend çalışmalarının ışığında, şehir merkezlerinde değişen iklim koşulları sonucunda özellikle çarpık ve plansız şehirleşmenin de katkısıyla değişen radyasyon dengesi daha sıcak alanların meydana gelmesine neden

olmaktadır. Artan enerji tüketimi, yeşil alanların azalması, sel geçitlerindeki yapılaşma, trafik problemi yağış ve sıcaklık gibi iklim faktörlerinin alansal ve zamansal olarak farklılaşmasına yol açmaktadır.

Günden güne değişen bu faktörler nedeniyle de gözlemlerden elde edilen kayıtların uzun yıllar için güvenli sonuçlar verebilecek tahmin hesaplarında kullanılması imkansız hale gelmektedir. Özellikle yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının insan hayatı için sahip olduğu önemin kavranması ve değerlendirilmesi açısından, söz konusu kaynakların hidrolik ve hidrolojik özelliklerinin araştırılması ve analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu analizlerin başında gelen trend analizi geleceğe dair planlamada önemli bir yere sahiptir.

Nehir akımları gibi hidrolojik verilerin zaman içerisindeki değişimlerinin su yapıları tasarım ve yönetimlerinde göz önünde bulundurulmaları gerekmektedir. Bu yaklaşım mikro ölçekte planlamalardan çok makro ölçekte planlamaların şeklimde olmalıdır. Yani bütüncül bir yaklaşımla su yönetimi anlayışının yerleşmesi ve uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akyürek M., Önöz, B., Bayazıt, M., ve Cıgızoğlu, M (2004). Türkiye Yıllık Ortalama Akımlarının Trend Analizi, 40-48. IV. Ulusal Hidroloji Kongresi ve Hidrolojide Yeni Yöntemler Semineri.
- Altıparmak, B. (2008). Fırat Havzası Taşkın Mevsimselliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Angı, E.A. ve Özkaya, M. (2004). Türkiye’deki Yüzeysel Akımlar ve Trendleri, 48- 56 IV. Ulusal Hidroloji Kongresi ve Hidrolojide Yeni Yöntemler Semineri, Ankara.
- Arslan, O. (2008). Su Kalitesi Verilerinin CBS ile Çok Değişkenli İstatistik Analizi (Porsuk Çayı Örneği). Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2:99.
- Baldwin, C.K. ve Lall, U. (2000). Dramatic fluctuations of Devils Lake, North Dakota: Climate connections and forecasts, Final Report, February 28, 24. Institute for Water Resources, US Army Corps of Engineers.
- Bayazıt, M. (1981). Hidrolojide İstatistiksel Metotlar, İTÜ Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M., Cigizoglu, H. K., Önöz, B. (2002). Türkiye Akarsularında Trend Analizi, Türkiye Mühendislik Haberleri, 420-421-422 (4-5-6): 8-10.
- Benjamin, J. R., and Cornell, C. A. (1970). Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers. McGraw-Hill Bode Company, New York.
- Berryman, D., Botee, B., Chris, B., Haemmerli, J. (1998).

- Nonparametric Test for Trend Detection in Water Quality Time Series. *Water Resources Bulletin*, 24(3): 245-556.
- Burn, D.H. ve Elnur, M.A.H. (2002). Detection of Hydrologic Trends and Variability, *Journal of Hydrology*, 255, 107-122.
- Büyükkaracıġan N. and Kahya, E. (1997). The Dependence Analysis of Annual Peak Flows of Streams in Konya Basin, PP:274-282. International Conference on Water Problems in Mediterranean Countries, Near East University, Northern Cyprus.
- Büyükkaracıġan, N. (2016). Türkiye Akarsuları Yıllık Pik Akım Serilerinin Frekans ve Deġişkenlik Analizi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Büyükkaracıġan, N., (2004). Gediz Havzası Yıllık Pik Akım Serilerinin Taşkın Frekans Analizi. Doktora Semineri, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Büyükkaracıġan, N. (2016). Trend Analysis of Annual Total Precipitation Data in Konya, *International Journal of Geological and Environmental Engineering* Vol:10, No:12.
- Büyükyıldız, M., (2004). Sakarya Havzası Yaġışlarının Trend Analizi ve Stokastik Modellemesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Castellarin, A., Burn, D.H. and Brath, A. (2001). Assessing The Effectiveness Of Hydrological Similarity Measure For Flood Frequency Analysis. *Journal of Hydrology*, 241: 270-285.
- Cıġızoġlu, H.K., Bayazıt, M, Önöz, B., Yıldız M., ve Malkoç Y. (2004). Türkiye Nehirleri Taşkın, Ortalama ve Düşük Akımlarındaki Trendler, 56-52. IV. Ulusal Hidroloji Kongresi

ve Hidrolojide Yeni Yöntemler Semineri.

Çeribaşı, G. ve Doğan, E. (2015). Trend Analizi Yöntemi Kullanılarak Batı ve Doğu Karadeniz ile Sakarya Havzası Akım Miktarlarının Değerlendirilmesi, SDU International Technologic Science, gic Science Vol. 7, No 2, pp. 1-12.

Çeribaşı, G. (2019), Şen Yöntemi ve Trend Yöntemlerini Kullanarak Doğu Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Analiz Edilmesi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1), 254-264, Iğdır.

Demir, V. (2018), Karadeniz Bölgesi Yağışlarının Trend Analizi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek Lisans Tezi, Samsun.

Douglas, E.M., Vogel, R.M. ve Kroll, C.N. (2000). Trends in floods and low flows in the United States: Impact of spatial correlation. Journal of Hydrology 240, 90-105.

EİEİ, 1952-2005. Su Yılı Akım Değerleri. EİEİ Hidrolik Etüd Dairesi, EİE Genel Müdürlüğü, Ankara.

Erdoğan, F. (1989). Türkiye’de Yaygın Kuraklıklar. Meteoroloji Mühendisleri Odası Bülteni, 2, 1-4.

Esendal, Halil, 2007, Eğirdir Gölü Su Seviyesi Mevsimsel Değişiminin Bulanık Mantık Metoduyla Modellenmesi, Yüksek Lisans, Süleyman Demirel Üniversitesi.

Fırat M., Dikbaş, F., Koç, A.C., Güngör, M. (2012). Ortalamalar Yöntemi ile Yıllık Yağışların Sınıflandırılması ve Homojen Bölgelerin Belirlenmesi, İMO Teknik Dergi, 6037-6050,

yazı:383

- Haan, C.T. (1977). *Statistical Methods in Hydrology*. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA, 377.
- Hirsch, R.M., Slack, J.R. ve Smith, R.A. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18 (1), 107-121.
- Hirsch, R.M., ve Slack, J.R. (1984). A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research* 20 (6), 727-732.
- Hirsch, R.M., Alexander, R.B., ve Smith, R.A. (1991). Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality, *Water Resources Research* 27 (5), 803-813.
- İçağa, Y. (1994). *Analysis of Trends in Water Quality Using Nonparametric Methods*. Dokuz Eylül University Institute for Graduate Sciences, Thesis of Master Degree in Civil Engineering, İzmir, Turkey, 174.
- İçağa, Y. ve Harmancıoğlu, N. (1995). Yeşilirmak Havzasında su Kalitesi Eğilimlerinin Belirlenmesi, 482-497. Türkiye İnşaat Mühendisliği XIII. Teknik Kongresi, 20-22 Aralık, Ankara, Türkiye.
- Kadıoğlu, M. (1993). Türkiye’de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. *Çevre Koruma Dergisi* 47, 34-37.
- Kadıoğlu, M., Toros, H. ve Kurtuluş, B. (1994). Küresel Isınma ve Türkiye’de Yağış Trendleri, Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı, 467-476. 12 Nisan, Ankara, Türkiye.
- Kadıoğlu, M. (1997). Trends in Surface Air Temperature Data over

- Turkey. *International Journal of Climatology* 17, 511-520.
- Kahya E., 1991. U.S Streamflow Patterns Associated With the Extrem Phases of Southern Oscillation, University of California, Los Angeles.
- Kalaycı, S. ve Kahya, E. (1998). Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science* 22, 503-514.
- Kalaycı, S. ve Kahya, E. (2002). Streamflow Trends In Sakarya Basin, 1241-1250. Fifth International Congress on Advances in Civil Engineering (ACE 2002), , September 25-27, İstanbul, Turkey.
- Kalaycı, S., Kahya, E. ve Kabdaşlı, S. (2002). Variability of Akşehir and Beyşehir Lake levels in Turkey, Third International Symposium on Sustainable Agro- environmental Systems: New Technologies & Applications, October 26-29, Cairo, Egypt.
- Kalaycı, S. (2003). Türkiye’ deki Nehir Debisi Değerlerinin Değişkenlik Analizi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kalaycı, S., Büyükyıldız, M., Kahya, E. ve Alp, M. (2007). Marmara Havzası Nehirlerinde YüzeY Suyu Kalitesi Verilerinin Farklı Gözlem Yıllarındaki Değişimleri. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Kongresi (UKIDEK), Konya.
- Kızılelma, Y., Çelik, M. ve Karabulut, M. (2015). İç Anadolu Bölgesinde sıcaklık ve yağışların trend analizi, *Türk Coğrafya Dergisi* Sayı 64: 1-10, İstanbul.
- Kosif, K. (1999). Yeşil Irmak Havzası Yıllık Parametrelerinin Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-25.
- Kosif, K. (2001). Samsun İlinde İklim Trendleri. DSİ Teknik Bülteni,

98: 3-13

- Lins, H.F. (1985). Streamflow variability in the United States: 1931-1978. *Journal of Climate and Applied Climatology* 24, 463-471.
- Lins, H.F. (1997). Regional Streamflow Regimes and Hydroclimatology Of The United States. *Water Resources Research* 33 (7), 1655-1667.
- Lins, H.F. and Slack, J.R. (1999). Streamflow Trends in the United States. *Geophysical Research Letters* 26 (2), 227-230.
- Marshall, J., Kushnir, Y., Battisti, D., Chang, P., Czaja, A., Dickson, R., Hurrell, J., McCartney, M., Saravanan, R. ve Visbeck, M. (2001). North Atlantic Climate Variability: Phenomena, Impacts and Mechanisms. *International Journal of Climatology* 21, 1863-1898.
- Moraes, J.M., Pellegrino, G.Q., Ballester, M.V., Martinelli, L.A., Victoria, R.L. and Krusche, A.V. (1998). Trends In Hydrological Parameters of a Southern Brazilian Watershed and its Relation to Human Induced Changes. *Water Resources Management* 12, 295-311.
- Newbold, P. (2000). İşletme ve İktisat için İstatistik, çev.Ümit Şenesen, Literatür .ss.777-785, İstanbul.
- Özeli N. (2004). Türkiye' deki Nehir Akımları Aylık Verilerinin Non-parametrik Yöntemlerle Trend Analizi. Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özfidaner, M. (2007). Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi ve Nehir Akımları Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen

Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Özfidaner, M. Uçan, D. ve Topaloğlu, F. (2019), Adana İlinde Maksimum Ve Minimum Sıcaklıkların Gidiş Analizi, 32(2): 237-241.
- Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V. ve Lane, W.L. (1980). Applied modeling of hydrologic time series. Water Resources Publications, 484, Littleton, CO.
- Say, A. (2006). Türkiye' deki Nehir Akımları Mevsimlik Verilerinin Parametric ve Non-parametrik Yöntemlerle Trend Analizi. Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Serrano, A., Mateos, V.L. and Garcia, J.A. (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation Over The Iberian Peninsula for the Period, 1921 – 1995. Phys Chem. Earth 24 (1-2), 24-25.
- Srikanthan, R., McMahon, T.A. ve J.L.Irish (1983). Time Series Analyses of Annual Flows of Australian Streams. Journal of Hydrology 66: 213-226.
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology, Journal of Hydrologic Engineering, 17(9), 1042- 1046.
- Tarı R. (2014). Ekonometri. Umuttepe Yayınları, Kocaeli
- Tekkanat, İ., S. (2017). Porsuk Çayı Üst Kesiminde Ortalama Akımların Şen Trend Metodu Kullanılarak Araştırılması, Coğrafi Bilimler Dergisi Cbd 15 (1), 49 - 57.
- Toros, H. (1993). Klimatolojik Serilerden Türkiye İkliminde Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tosunoğlu, F. (2017). Trend Analysis of Daily Maximum Rainfall

- Series in Çoruh Basin, Turkey, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 7(1): 195-205.
- Türkeş, M. (1990). Türkiye’de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul, Türkiye..
- Türkeş, M., 1996(a). Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. International Journal of Climatology 16, 1057-1076.
- Türkeş, M. (1996(b). Meteorological Drought in Turkey: A historical perspective, 1930-93. Drought Network News 8, 17-21.
- Türkeş, M., Utku, M.S. ve Kılıç, G. (1995). Variations and Trends in Annual Mean air Temperatures in Turkey With Respect To Climatic Variability. International Journal of Climatology 15, 557-569.
- Türkeş, M. (1998). Influence of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation on Rainfall Variations in Turkey. International Journal of Climatology 18, 649-680.
- Türkeş, M. (2000). El Niño-Güneyli Salınım Ekstremleri ve Türkiye’deki Yağış Anomalileri ile İlişkileri. Çevre Bilim & Teknoloji Dergisi 1 (1), 1-13.
- Van Belle, G. ve Hughes, J.P. (1984). Nonparametric Tests for Trend in Water Quality. Water Resources Research 20 (1), 127-136.
- Widmann, M. and Schär, C. (1997). A Principal Component And Long-Term Trend Analysis of Daily Precipitation in Switzerland. International Journal of Climatology 17, 1333-1356.

- WMO, 1971. Climatic Change, 195, Geneva, Switzerland.
- Yıldız, M, ve Saraç, M. (2008). Türkiye Akarsularındaki Akımların Trendleri ve bu Trendlerin Hidroelektrik Enerji Üretimine Etkileri, 503-516. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu.
- Yu, Y.S., Zou, S. and Whittemore, D. (1993). Non-Parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas. Journal of Hydrology 150, 61-80.
- Yue, S., Pilon, P. ve Cavadias, G. (2002). Power of the Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests for Detecting Monotonic Trends in Hydrological series. Journal of Hydrology 259, 254-271.
- <https://www.mgm.gov.tr>, erişim:05.08.2019



978-625-7029-03-2