T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YILLIK DÜŞÜK AKIM VERİLERİNİN EĞİLİM ANALİZİ

Hazırlayan
Özge GÜZEL ŞAHAN

Danışman
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Yüksek Lisans Tezi

Mayıs 2017
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YILLIK DÜŞÜK AKIM VERİLERİNİN EĞİLİM ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Özge GÜZEL ŞAHAN

Danışman
Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından FYL-2016-6702 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Mayıs 2017
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Özge GÜZEL ŞAHAN

YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

"Yıllık Düşük Akım Verilerinin Eğilim Analizi" adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Özge GÜZEL ŞAHAN

Danışman

Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

Çevre Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK danışmanlığında **Özge GÜZEL ŞAHAN** tarafından hazırlanan **"Yıllık Düşük Akım Verilerinin Eğilim Analizi"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Çevre Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

17../05./2017

JÜRİ:

Danışman : Doç Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK .....

Üye : Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Evrim KARAÇETİN .....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 23/05/2017 tarih ve 2017/29-07..sayılı kararı ile onaylanmıştır.

18 / 07 / 2017

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana emeği geçen ve fikir ve görüşleriyle beni yönlendiren çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK'e ve bu çalışmada katkısı bulunan Rabia UÇAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Karşılaştığım zorlukları aşmamda benden yardımlarını esirgemeyen, iyi günümde ve kötü günümde her zaman yanımda olan, ve benden maddi, manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen canım eşim Bayram ŞAHAN'a ve aileme sonsuz teşekkürler.

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından **FYL-2016-6702** kodlu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Özge GÜZEL ŞAHAN

Mayıs 2017, KAYSERİ

YILLIK DÜŞÜK AKIM VERİLERİNİN EĞİLİM ANALİZİ

Özge GÜZEL ŞAHAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2017
Danışman: Doç. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

ÖZET

Akarsuların düşük akış özellikleri, su kullanımı ile ilgili kararlar vermek ve çevresel akış gereksinimlerini korumak için önemlidir. Bu çalışmada, Türkiye'nin 23 nehir havzasında dağılmış 56 ölçüm istasyonunda düşük akış verileri (asgari 1 günlük akış) analiz edilerek, düşük akışların büyüklüğü ve zamanlamasındaki değişiklikler incelenmektedir. Düşük akışların büyüklüğü ve zamanlamasındaki eğilimleri tespit etmek için, parametrik olmayan Mann-Kendall testi kullanılmıştır. Bu analiz, özellikle Türkiye'nin batısı ve güneyinde düşük akışların büyüklüğünde istatistiksel olarak anlamlı değişimlerin olduğunu göstermiştir. Düşük akışlar istasyonların çoğunluğunda azalmış ve eğilimler son yıllarda daha güçlü hale gelmiştir. Düşük akımların gerçekleşme zamanlarında değişimler olsa da, bunların büyük kısmı istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Anahtar Sözcükler: Türkiye, akarsu akışı, düşük akım, eğilim analizi, zamanlama

TREND ANALYSIS OF ANNUAL LOW FLOWS

Özge GÜZEL ŞAHAN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences M. Sc. Thesis, May, 2017
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Filiz DADAŞER ÇELİK

ABSTRACT

Low flow characteristics of streams are important for making decisions about water uses and for maintaining environmental flow requirements. This study examines the changes in magnitude and timing of low flows in Turkey by analyzing low flow data (minimum 1-day flow) from 56 gauging stations distributed over 23 river basins of Turkey. The trends in magnitude and timing of low flows were investigated using the non-parametric Mann-Kendall test. This analysis showed that there are significant changes in the magnitude of low flows particularly in the western and southern Turkey. Low flows have declined in the majority of stations and their trends have become stronger in recent years. Although trends were detected in timing of low flows, they were not statistically significant for most stations.

Key Words: Turkey, stream flow, low flow, trend analysis, timing

İÇİNDEKİLER

YILLIK DÜŞÜK AKIM VERİLERİNİN EĞİLİM ANALİZİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI ii
KABUL VE ONAY iii
TEŞEKKÜR iv
ÖZET v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLOLAR LİSTESİ ix
ŞEKİLLER LİSTESİ x
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Sera Etkisi ve Küresel Isınma 3
1.2. İklim Değişikliği 6
1.3. İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri 7
1.4. İklim Değişikliğinin Türkiye Üzerindeki Etkileri ve Türkiye'nin İklim Değişikliğine Duyarlılığı 8
1.5. Literatür Özeti 10

2. BÖLÜM

YÖNTEM

2.1. Veri Temini 23
2.2. Veri Analizleri 24
2.3. Sonuçların Değerlendirilmesi 26

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Düşük Akım Verilerinin İstatistiksel Özellikleri.....27

3.2. Eğilim Analizleri 30

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER 36

KAYNAKLAR 38

ÖZGEÇMİŞ.....44

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. 1951-2010 döneminde ölçülen düşük akımların ve düşük akımların gerçekleşme zamanının genel özellikleri 27

Tablo 3.2. 1971-2010 döneminde ölçülen düşük akımların ve düşük akımların gerçekleşme zamanının genel özellikleri 28

Tablo 3.3. 1991-2010 döneminde ölçülen düşük akımların ve düşük akımların gerçekleşme zamanının genel özellikleri 29

Tablo 3.4. Düşük akımlarda pozitif ve negatif eğilim görülen istasyonların sayıları ... 30

Tablo 3.5. Düşük akımlarda görülen değişimlerin büyüklüğü 31

Tablo 3.6. Düşük akımların gerçekleşme zamanında pozitif ve negatif eğilim görülen istasyonların sayıları 31

Tablo 3.7. Düşük akımların gerçekleşme zamanında görülen değişimlerin büyüklüğü 32

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Sera etkisinin gösterimi 4
Şekil 1.2. 1850-2014 döneminde küresel sıcaklık anomalileri 4
Şekil 1.3. Çeşitli senaryolara göre küresel ortalama CO_2 emisyonlarında öngörülen artışlar 5
Şekil 1.4. Çeşitli senaryolara göre küresel ortalama sıcaklıklarda öngörülen artışlar 5
Şekil 2.1. Çalışmaya kullanılan verilerin temin edildiği akım gözlem istasyonlarının konumları ve isimleri 23
Şekil 3.1. Düşük akımların büyüklüğünde meydana gelen eğilimler 32
Şekil 3.2. Düşük akımlarda bulunan eğilimlerin büyüklüğü (m^3/sn/yıl) 33
Şekil 3.3. Düşük akımların gerçekleşme zamanında meydana gelen eğilimler 33
Şekil 3.4. Düşük akımların gerçekleşme zamanında bulunan eğilimlerin büyüklüğü (gün/yıl) 34
Şekil 3.5. 60 yıllık veriye sahip 11 istasyonda ölçülen düşük akım verileri ve bu akımların gerçekleştiği günler 35

GİRİŞ

Küresel ısınma ve iklim değişikliği su kaynakları gibi birçok sektörü tehdit etmektedir. Son yıllarda bu etkilerin düzeyi hissedilir bir biçimde artmaya başlamıştır. Ülkemiz iklimsel değişikliklerden en fazla etkilenmesi beklenen bir bölgede yer almaktadır. Bu nedenle başta su kaynakları olmak üzere bütün sektörlerin iklim değişikliğine duyarlılığının analiz edilmesi, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasının temel konusu ülkemiz su kaynaklarından akarsuların iklim değişikliğine duyarlılığının analiz edilmesidir. Akarsu akımlarında son yıllarda meydana gelen değişimler dünyada ve ülkemizde pek çok çalışmada incelenmiştir. Genel olarak, akarsu akımlarında istatistiksel olarak anlamlı artışlar ve azalmalar yaşanmakta, akarsuların sel ve kuraklık rejimlerinde değişimler görülmektedir. Ülkemizde de yapılan bazı çalışmalarda bu konular incelenmiştir. Ancak son 10 yıllık dönemde iklimsel değişiklerde meydana gelen artış, bu dönemin de akımlar üzerindeki etkisinin incelenmesini gerekli kılmıştır. Bu tez çalışmasında 1951-2010, 1971-2010 ve 1991-2010 olmak üzere üç dönem için ülkemiz akarsu akımlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Özellikle düşük akım serileri ve düşük akımların meydana geldiği dönemlerdeki değişimler analizlere dâhil edilmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye'deki akarsularda yıllık düşük akımların miktarında ve gerçekleşme zamanında meydana gelen değişimlerin belirlenmesidir. Bu tez çalışmasıyla nehirlerdeki düşük akımların zamanla miktarlarındaki değişimler incelenecek ve küresel iklim değişikliği ile ilişkileri ortaya çıkacaktır. Akımlardaki eğilimlerin belirlenmesi su kaynaklarının planlama ve işletilmesinde fayda sağlayacaktır.

Bu tez çalışması 4 temel bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde iklim değişikliği ve su kaynakları üzerindeki etkileri üzerine temel bilgiler verilmektedir. Ayrıca ülkemizde

meydana gelen iklimsel değişiklikler ve bunların su kaynaklarımız üzerindeki etkileri açıklanmaktadır. Son olarak bu çalışmanın konusu ile ilgili ulusal ve uluslararası literatür özetlenmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde bu çalışmada izlenen yöntem ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde bulgular özetlenmekte ve son bölüm olan dördüncü bölümde çalışma sonuçları sunulmaktadır.

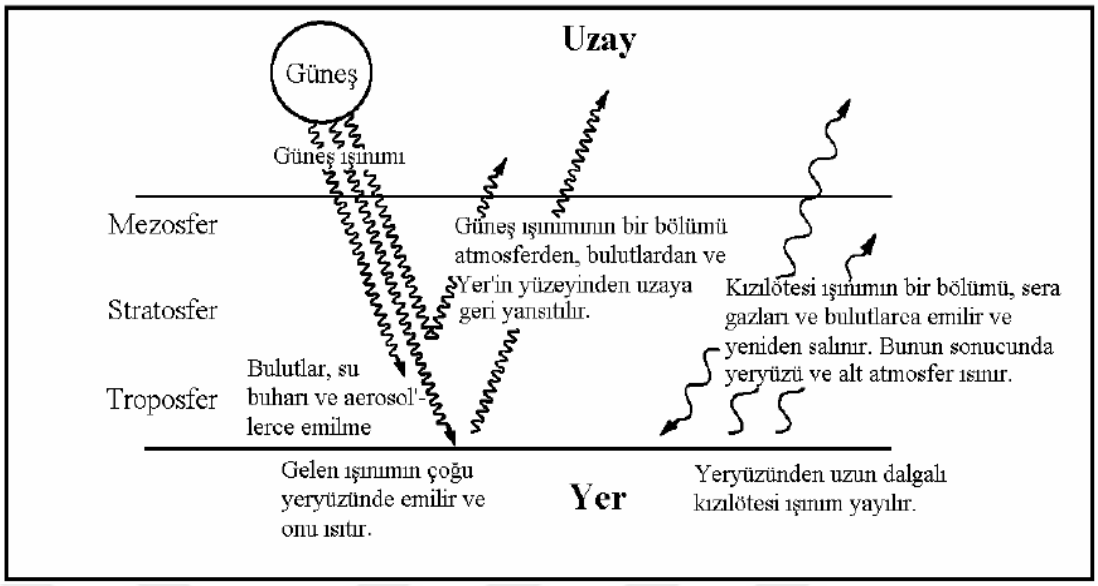
1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Sera Etkisi ve Küresel Isınma

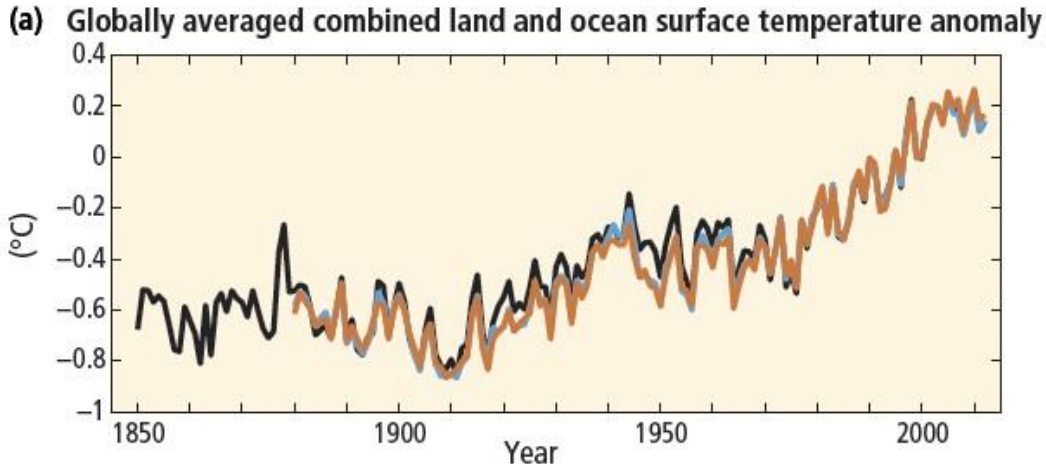
Atmosfer, güneşten gelen görünür ışınların tamamını tutamaz ve bir kısmını yeryüzüne geçirir. Yeryüzüne ulaşan bu ışınlar da yeryüzünü ısıtır. Yeryüzüne ulaşan bu ışınlar dünyanın fazla ısınmasına neden olur. Atmosferde bulunan ve sera gazları olarak bilinen gazlar (su buharı, CO_2, H_2O, CH_4, SO_2, CO, NO_2, CFCs gazları ve PM_{10} vd.) bu ışınları soğurur ve yüzeye doğru yansıtır. Yüzeyden yayılan bu ışınların küçük bir kısmı uzaya geri yansır. Dolayısıyla güneş ışınlarıyla fazla ısınan yeryüzü içindeki fazla ısıyı da dışarı bırakamaz. Bu olaya doğal sera etkisi denir (Şekil 1.1). Dünya'daki yaşam döngüsü için dengeli bir sera etkisi çok önemlidir. Çünkü dünyayı sıcak tutarak, yaşam döngüsünü sürekli hale getirir. Eğer sera etkisi olmasaydı yeryüzü çok soğuk olur ve yaklaşık olarak ortalama sıcaklık -18 ºC civarında olurdu, dolayısıyla dünya yaşanabilir bir yer olamazdı.

Sanayi devrimiyle birlikte artan enerji talebi fosil yakıt tüketimini arttırmıştır. Fosil yakıt kullanımının artışı ise doğal olarak, atmosfere insan eliyle salınan sera gazı emisyonunda artışa neden olmuştur. Atmosferde sera gazlarının miktarının artması ve dolayısıyla kızılötesi ışınların daha fazla tutulması sera etkisinin daha fazla hissedilmesine neden olmaktadır [1].



Şekil 1.1. Sera etkisinin gösterimi [1]

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC) göre küresel ortalama kara ve okyanus sıcaklık anomalilerinin 1850'den günümüze kadar olan değişimleri Şekil 1.2'de gösterilmektedir. Görüleceği üzere küresel ortalama kara ve okyanus sıcaklıkları özellikle 1900'lü yılların başından beri ciddi miktarda artış göstermiştir.

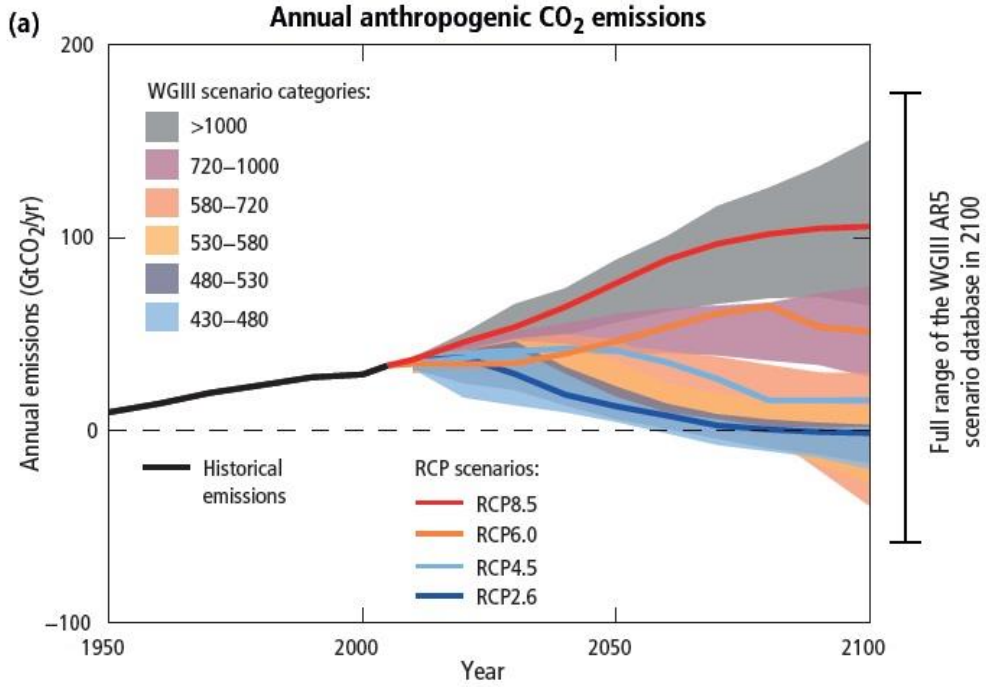


Renkler farklı veri kümelerini göstermektedir.

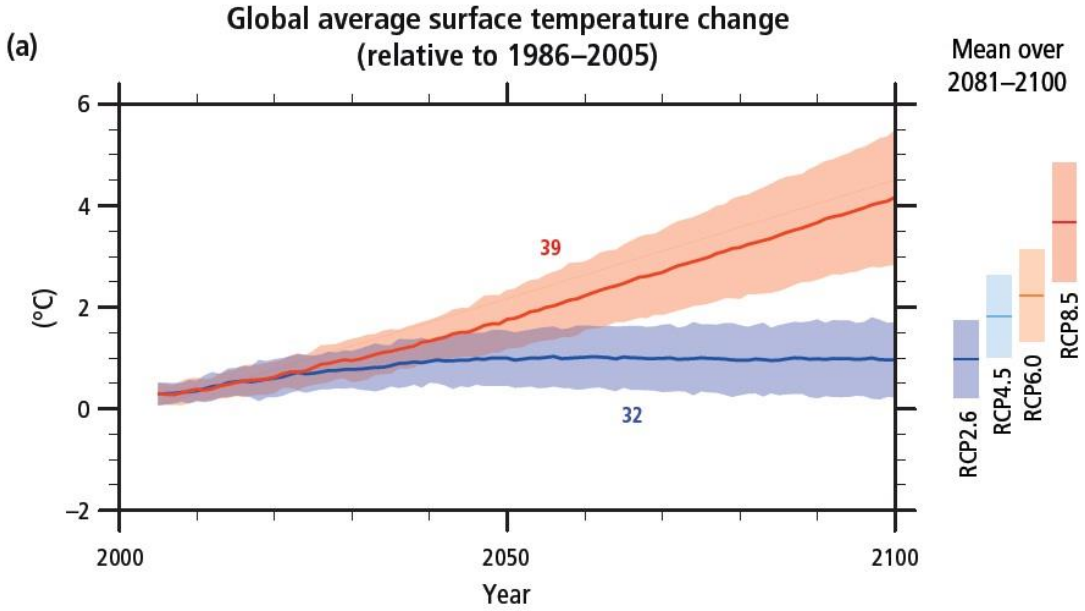
Şekil 1.2. 1850-2014 döneminde küresel sıcaklık anomalileri [2]

Şekil 1.3'de ise 1950'den günümüze CO_2 miktarlarında gerçekleşen değişimler ile birlikte çeşitli senaryolara göre CO_2 miktarlarının gelecekte nasıl değişeceğine yönelik öngörüler yer almaktadır. Şekil 1.4'de ise sıcaklıkların nasıl değişeceğine yönelik tahminler var. Bu senaryolardan en iyimser ve en kötümser olanlarına bakıldığında,

2100 yılı sonu itibariyle küresel ortalama sıcaklıkların sanayi devrimi öncesiyle karşılaştırıldığında RCP2.6 ile RCP8.5 arasında artabileceği öngörülmektedir [2]



Şekil 1.3. Çeşitli senaryolara göre küresel ortalama CO_2 emisyonlarında öngörülen artışlar [2]



Şekil 1.4. Çeşitli senaryolara göre küresel ortalama sıcaklıklarda öngörülen artışlar [2]

1.2. İklim Değişikliği

İklim, hava olaylarının, atmosferik süreçlerin ve iklim elemanlarının değişkenlikleri, uç oluşumları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli gözlem ve verileri ile tanımlanan bir terimdir. İklim değişikliği, iklim koşullarındaki küresel ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli olan ve yavaş gelişim gösteren değişikliklerdir [1].

İklimin değiştiğini gösteren farklı kanıtlar vardır. Sıcaklık ölçümlerinde gözlenen artışlar, yaz sıcaklıklarındaki aşırı artışlar, buzulların erimesi, iklimdeki anormallikler, seller, su taşkınları, kasırgalar, orman yangınları, kuraklık gibi sıradan olmayan doğa olayları, bilim insanlarının dikkatini çekmiş ve çalışmaların bu yöne çevrilmesine neden olmuştur.

Uluslararası anlamda iklim değişikliğini önlemeye yönelik çeşitli adımlar atılmıştır. 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 1992 yılında gerçekleştirilen Rio Zirvesi'nde "Rio Sözleşmeleri" olarak adlandırılan Biyolojik Çeşitlilik ve Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi ile beraber, sürdürülebilir kalkınmanın kurumsal çerçevesini oluşturan en önemli yapıtaşlarından biridir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ek olarak 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik hükümleri içerir [3].

Birleşmiş Milletlerin bünyesinde, iklim değişiklikleri konusunda ülkeler arasında ortak kararlar oluşturmak amacı ile hükümetler arası bir panel sürekli düzenlenmektedir. IPCC ile ülkeler arasında küresel ısınma ve iklim değişiklikleri konusunda bazı tespitler yapılarak, ortak bir akıl oluşturulması amaçlanmıştır.

IPCC V. değerlendirme raporu, küresel iklim değişikliğine neden olan etkenleri inceleyerek 27 Eylül 2013'te yayımlanmıştır. Rapora göre; iklim değişikliğinin insan nedenli olduğu, küresel sıcaklıklarda artış olduğu, deniz seviyesinin yükselmekte olduğu sonuçlarına varılmıştır. İklim değişikliği ile ilgili önlemlerin alınmaması durumunda ise kasırgaların ve kuraklıkların artacağının, buzul erimesinin hızlandığı, deniz seviyelerinin yükseleceğini belirtilmiştir. Ülkemizin de üç tarafının denizlerle çevrili olmasından dolayı risk altında olacak ülkeler arasında bulunmakta olduğu

sonucuna varılmıştır. Bu yıkıcı etkilerin oluşmaması için, sera gazlarının salınımının azaltılması ve bir takım önlemlerin alınması durumunda ancak sıcaklık artışının uygun sevilerde kalabileceği vurgulanmıştır [4].

IPCC, 27-31 Ekim 2014 tarihleri arasında Danimarka'nın başkenti Kopenhag'da 5. Değerlendirme Raporlarından her 3 çalışma grubu raporlarını içeren Sentez Raporunu ve Politika Yapıcılar için Özet Raporu 2 Kasım'da Kopenhag'da onaylamıştır [5].

Sentez raporunda öne çıkan bazı bulgular şu şekilde özetlenebilir. İklim değişikliği ile daha önceki yıllara kıyasla sıcaklıkların belirgin bir şekilde arttığı, deniz sıcaklıklarının arttığı dolayısıyla kar ve buz miktarlarının azaldığı buna bağlı olarak ise deniz sevilerinde artış olduğu belirtilmiştir. Eriyen kar kütleri ve buzullar su varlıklarının miktarını, kalitesini etkileyerek, yaşayan canlıların yaşam alanlarını, sayılarını, türler arası etkileşimlerini kısıtlamıştır. Tarımsal verim üzerindeki olumsuz etkilerin de arttığı görülmüştür.

İklim değişikliği ile sıcaklıklardaki artışlar, kuraklık, sel felaketleri, yangınlar, yeryüzünde yaşayan tüm canlılar üzerinde etkilerini göstermiştir. Ekosistemlerdeki değişim, gıda ve su erişilebilirliğinde sorunlar, altyapı ve yerleşim birimlerinde zarar, hastalık ve ölümlerdeki artış canlılar üzerindeki olumsuz etkilerin oluştuğunu ortaya koymaktadır.

İklim değişikliğinin yıkıcı sonuçları durdurmak için bazı önlemlerin hızlı bir şekilde alınması gerekmektedir. İklim değişikliğini sınırlandırabilmesi için, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek, enerji verimliliğinin arttırılması, orman alanlarının korunması ve arttırılması gibi önlemler alınmalıdır [2].

1.3. İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin ile hidrolojik yapıların olumsuz etkilenmesi ile sürdürülebilir yaşam da engellenmektedir. Hidrolojik yapıların olumsuz etkilenmesi su kaynaklarının canlı yaşamı için olan önemini arttırmaktadır. İklim değişikliği ile su kaynaklarında görülen sıkıntılar tarım ve orman alanlarının azalmasına, enerji ihtiyacının artmasına, ekolojik dengenin bozulmasına neden olması beklenmektedir. Tüm canlılar için sürdürülebilir yaşamın sağlanması için, su kaynaklarının günümüzde

ve gelecekteki ihtiyaçları karşılayabilmesi planlı bir şekilde kullanılması ile sağlanabilir. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, farklı farklı iklim yapılarını göstermesi, küresel ısınma ve iklim değişikliğinden etkilenmesi beklenen ülkelerdendir. Örneğin, sıcaklık artışından dolayı çölleşme tehdidi altında bulunan Güney Doğu ve İç Anadolu gibi kurak ve yarı kurak bölgelerle, yeterli suya sahip olmayan yarı nemli Ege ve Akdeniz Bölgeleri daha fazla etkilenmiş olacaktır [6]. Küresel iklim değişiklikleri; tarımsal çalışmalarda, hayvan ve bitkilerin habitatlarında farklılıklar oluşturarak, su kaynakları açısından sorunlar oluşacaktır [7].

Bu çalışma da yakın zamanda düşük akım miktarlarındaki ve gerçekleşme zamanlarındaki değişimler incelenerek son yıllarda iklimde yaşanan değişiklikler ile ilişkilendirilecektir. Akımlardaki eğilimlerin belirlenmesi ile hidrolojik yapıların planlaması ve işletilmesi açısından önemlidir. Ortalama ve düşük akımların hidrolojik verilerinin bilinmesi barajların kapasite hesabında ve işletmesinde, düşük akımlardaki hidrolojik bilgiler su kalitesinin kontrolü ile ilgili yaşanan sorunlarda ve su temini projelerinde gereklidir. Akımlarda eğilim bulunması gelecekte alınacak kararlarda için önem arz etmektedir [8]. İklim yapısında oluşacak değişimler, yağış (mevsimsel ve yıllık yağışlar), buharlaşma, terleme, yüzey akış toprak içerisindeki su miktarını etkileyecektir. Böylece, su kaynaklarının depolanmasında, topraktaki nem dengesinin sağlanmasında önemli olacaktır.

1.4. İklim Değişikliğinin Türkiye Üzerindeki Etkileri ve Türkiye'nin İklim Değişikliğine Duyarlılığı

İklim değişikliği ile ilgili birçok çalışmada, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyesi yükselmesi, iklimlerin kayması ve salgın hastalıkların artması, ekosistemleri ve insan hayatını doğrudan etkileyeceği öngörülmektedir. İklim değişikliği etkilerinin gelecekte dünyanın bazı bölgelerinde şiddetli yağışlar, kasırgalar, seller ve taşkınlar gibi afetlerde artış beklenmektedir. Bazı bölgelerde ise bunun aksine yağışların azalmasına bağlı olarak kuraklıklar (özellikle İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde), çölleşme ve erozyon gibi afetlerle karşı karşıya kalacaktır.

Türkiye'nin matematik konumu, üç tarafının denizlerle çevrili olması, çeşitli basınçların ve iklimlerin etkisinde geçiş bölgesinde kalması, yer şekillerinden dolayı iklim

değişikliğinden fazla etkilenmesi beklenen riskli ülkeler arasındadır. Atmosferdeki sera gazlarının birikmesi ile oluşacak olan iklim değişiklinin Türkiye üzerinde oluşması beklenen olumsuz etkiler aşağıda özetlenmiştir [1].

Sıcaklık artışlarından dolayı orman yangınlarında artış olabilecektir. İklimlerin kayması sonucu, daha sıcak ve kurak bir iklim etkisine girebilecektir, bu kaymaya uyum sağlayamayan flora-fauna zarar görecek hatta yok olabilecektir. Tarımsal faaliyetlerde sıcaklığın artması ve azalmasına bağlı olarak farklılıklar görülecektir. Özellikle kurak ve nemli yerlerdeki (İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgeleri) su kaynakları olumsuz etkilenecektir. Yağışların azalmasına bağlı olarak kuraklığın şiddetlenmesi ile çölleşme ve erozyon oluşacaktır. Yaz sıcaklıklarının ve kış soğuklarının artması, ısıtma ve soğutma araçlarının kullanılmasının artmasını tetikleyecek ve enerji tüketiminin artmasına neden olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları etkilenecek örneğin, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı değişecektir. Deniz seviyesindeki yükselme turizm ve tarım alanlarını sular altında bırakarak, kıyılardan iç kesimlere doğru göçler olacaktır. Dağların yüksek kesimlerinde bulunan kalıcı buzullar ve kar örtüleri erimeye başlayarak, çığ felaketlerini oluşturacaktır. Orman yapısının bozulması, ağaç kurumaları, zararlı böceklerden geçen salgın hastalıklar ormanlık alanları olumsuz etkileyecektir [1]. Sıtma gibi bazı bulaşıcı hastalıklarda artma beklenmektedir. Hava sıcaklıklarının artması ile, sivrisinek populasyonu da artacak ve hastalıklardan etkilenen nüfusun da artacağı beklenmektedir. Artacak olan çevresel felaketler sonucunda, su ve besin kaynakları azalacak ve buna bağlı olarak beslenme bozuklukları oluşacak ve su kaynaklı hastalıklar artacaktır [6].

İklim etmenleri ve bitki örtüsü bakımından, Türkiye'nin güneydoğusu ve karasal iç bölgeleri çölleşmeye müsait olan kurak ve yarı kurak alanlardır. Yüksek ve parçalı yeryüzü şekilleri, tarım ve orman arazilerinin yanlış ve amacı dışında kullanımı, yasal düzenlemelerin caydırıcı olmaması, sanayi, turizm ve orman yangınlarının doğal ve insan kaynaklı etkilerine bakıldığında, Akdeniz ve Ege Bölgeleri de çölleşme ile karşı karşıya kalması beklenen yarı nemli bölgeler olarak öngörülmektedir. Türkiye'de çölleşmeden etkilenmesi beklenen başta karasal iç bölgeler ile Doğu Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri, Türkiye'nin önemli bir bölümünü kaplamaktadır [9].

1.5. Literatür Özeti

Bu tez çalışmasında düşük akımların miktarında ve gerçekleşme zamanındaki değişimler konu edilmektedir. Türkiye'de ve Dünyada düşük akımların miktarının tespit edilmesi konusunda literatürdeki bazı çalışmalar yer almaktadır. Aşağıda ülkemiz dışında yapılan çalışmalar özetlenmektedir.

Douglas v.d. [10] Amerika ve Ohio'da küçük ölçekli, Ortabatı Amerika ve daha üst bölgelerinde büyük ölçekli yağış ve akım verileri kullanarak mekânsal olarak yağış ve akımdaki değişimler Mann-Kendall eğilim testi ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda yağışlarda ve akımlarda istatistiksel olarak anlamlı eğilimler görülmüştür.

Hodgkins v.d. [11] 20. yy'da New England'da nehirlerin pik akımlarının zamana göre değişimini incelemiştir. Son 30 yılda görülen değişimlerin küresel iklim değişikliği ile bağlantılı olduğunu belirtilerek, nehirlerin pik akımlarında ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde değişiklikler olduğu tespit edilmiştir.

Daqing v.d. [12] 1935-1999 döneminde Sibirya'da bulunan Lena Nehri'nin sıcaklık, yağış, akarsu akışı, nehir buz kalınlığı ve katman derinliği analizi yapılmıştır. Lena Nehri'ndeki hidrolojik değişiklikler ile iklim değişikliği arasında güçlü bağlar olduğu belirtilmektedir.

Lindström ve Bergström [13] yıllık ortalama akış hızı ve yıllık ve mevsimlik taşkın piklerindeki eğilimleri İsveç için araştırmışlardır. 1901-2002 dönemi üzerinde durularak toplam 61 istasyondan veri temin edilmiştir. 1920, 1980 ve 1990 yıllarında akışlar %8 artmıştır. Ancak 1970 yılı çok kurak geçmiştir. 1970 ve 2002 yılları arasında akım ve taşkınlar önemli ölçüde artmıştır.

Groisman v.d. [14] Amerika Birleşik Devletleri'ne komşu olan yerlerde 20 yy. da aşırı yağış ve yüksek debideki eğilimler üzerinde çalışmışlardır. Amerika Birleşik Devletleri'nin doğu yarısında yıllık maksimum akım aylarında yüksek yağış ve yüksek yüzey akışı arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Batıya kıyasla Doğu Amerika Birleşik Devletleri kar erimesinin aşırı yağışa etkisi nispeten daha düşük oluşu ve analiz için yeteri kadar yağış ve akış miktarının olmaması katkı sağlamıştır. Doğu Amerika Birleşik Devletleri üzerinde bahar döneminde aşırı yağış olması 20 yy. boyunca yüksek

akış olması ihtimalini arttırmıştır. Pik akarsu akış artışları ve yağışlara rağmen daha az yoğun kar örtüsünün olması görülen anlamlı azalmanın olmasından kaynaklanmaktadır.

Svensson v.d. [15] dünya çapında 21 istasyonda 100 yıl süren günlük ortalama nehir akış kayıtlarını kullanarak, gözlemsel verilerdeki değişiklikleri incelemişlerdir. Sel ve düşük akış serilerindeki eğilimler Mann-Kendall ve lineer regresyon yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Özellikle pik sınır değer (POT) serileri ile yıllık maksimum (AM) nehir akışı serilerinin eğilimleri karşılaştırılmıştır.

Pinter v.d. [16] tarafından yapılan çalışmada Mississippi Nehri sistemi ve Alman Ren Nehri sistemi 73-188 yıllık dönem için analiz edilerek sel ile örtüşen mekanizmaların etkileri ayırt edilmeye çalışılmıştır. Hidrolojik analizde, dönemsel veriler iklim ve arazi kullanımı yanı sıra nehir kanalı ve taşkın modifikasyonları antropojenik ve doğal hidrolojik değişikliklerin toplu etkilerini belirlemiştir. Pik dönemler ve sel frekansları eğilimleri analizi zıt sonuçlar göstermektedir. Mississippi ve Ren üzerinde: Mississippi istasyonlarında eğilimler artmaktadır, ancak Ren istasyonlarında eğilimlerin hiçbiri anlamlı değildir. Mississippi ve kolları üzerinde, istatistiksel olarak anlamlı zirve aşamaları ve pik aşamalı frekanslarında değişiklik 10-14 istasyonlarda tespit edilmiştir. Her iki nehir sistemlerinde, kanal ve taşkın değişiklikleri, iklim değişikliği, arazi kullanımı vardiya ve baraj inşaatının etkileri karşı konulmaz bir hidrolojik tepki ile karşı karşıyadır.

López-Moreno v.d. [17] 1955-1995 döneminde merkezi İspanyol Pyrenees bölgesinde yüksek akımlarının değişimini incelemişlerdir. Sonuçlar son 10 yılda sel yoğunluğunda genel olumsuz bir eğilim göstermektedir. Toplam yıllık düşük akışlarda önemli bir artış olmuştur. Ancak, yağış olaylarının sıklığı dağılımında bir değişiklik tespit edilmemiştir. Akış ve yağış tarafından gösterilen farklı davranış 20. yüzyılda meydana gelen arazilerin terk edilmesi ve ağaçlandırmanın bir sonucu olarak bitki örtüsü artışa bağlı olarak açıklanabilir.

Gan [18] Kanada'daki 37 istasyonda 1949–1989 yılları arasında sıcaklık ve yağış parametrelerine Mann-Kendall testini uygulayarak, sıcaklığın artmış olduğunu ve son 40–50 yıllık kuraklık olduğu belirtilmiştir. Kuraklığın başlamasında sıcaklık yağışa göre daha etkili olmuştur.

Langan v.d. [19] 30 yıllık akış, su sıcaklığı ve hava sıcaklığı verileri üzerinde yapmış oldukları çalışmada ortalama yıllık sıcaklıkta bir değişim olmadığı, fakat bahar ve kış aylarındaki ortalama maksimum günlük sıcaklık değerlerinde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Akarsu debisinin bundan anlamlı şekilde etkilenmediği ve hava ve su sıcaklığı arasında güçlü bir doğru orantı olduğunu belirlemişlerdir. Bu da akarsudaki sıcaklığın doğrudan iklim değişikliğinden kaynaklandığını ortaya koymaktadır.

Morrison v.d. [20] Fraser nehrinde geçmişte yaz aylarındaki su sıcaklıkları ve yıllık ortalama debilerin eğilim analizlerini yaparak, bu veriler ve küresel çevrim modelleri ile geleceğe yönelik varsayımlarda bulunmuşlardır. Bölgenin meteorolojik verileri ile mevcut sıcaklık ve debi modelleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Fakat bu veriler küresel çevrim modellerinin gelecekteki değişimleri göz önüne alınarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 2070-2099 tarihleri arasında ortalama debinin %5 artacağı, pik debinin %18 azalacağı öngörülmüştür. Yaz aylarındaki ortalama su sıcaklığında ise 1.9 ^{o}C'lik bir artış olacağı beklenmektedir.

Pilling ve Jones [21] yapmış oldukları çalışmada küresel çevrim modelleri, günlük yağış verileri ve potansiyel buharlaşma ve terleme verileri ile İngiltere'deki Upper Wye Havzası'nda iklim değişikliğinin mevsimsel debiler, hidrolojik süreçler ve ekstrem akışlar üzerine olan etkisini incelemişlerdir. Yağışta azalma, yaz ve sonbahar mevsimlerinde yağış sürelerinde kısalma olacağı öngörülmüştür. Ayrıca ekstrem akış olaylarında da artış olacağı belirtilmiştir.

Werritty [22] yapmış olduğu çalışmada da iklim değişikliğini belirsizlik olarak ele almış ve İskoçya'daki su kaynakları yönetiminde ve nehir debileri üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Çalışmanın başlangıcında iki temel strateji ele alınmış ve ilkinde 1960 ve 1970'li yıllara ait yağış ve akışa geçen su miktarları verileri ile uzun vadeli eğilim analizleri yapılmıştır. İkinci strateji ise küresel çevrim modellerinin (GCM'ler) ölçeklerinin küçültülerek yağış ve akışa geçen su modellerine entegrasyonunu içermektedir. Çalışmada bölgenin durumu mevsimlere bağlı olarak incelenmiştir ve sonuçta düşük miktarlı yağışların miktarlarında azalma olacağı buna karşın anlık yüksek miktarda gerçekleşen yağışlarda ise artış olacağı belirlenmiştir.

Legesse v.d. [23] Güney Etyopya'da bir havzanın iklim ve toprak kullanım değişimlerinden hidrolojik sistemin nasıl etkilendiğini belirlemek için yaptıkları çalışmada, havza iklim ve toprak kullanım değişimlerinin etkilerini modelleme ile belirlemişlerdir. Model ölçüm sonuçlarıyla oldukça uyumlu bir sonuç vermiş ve yağış miktarındaki %10'luk bir azalışla havzadan çıkan yağışa geçen su miktarında %30'luk bir azalma belirlenmiştir. Aynı şekilde, IPCC'de öngörülen iklim değişikliği senaryolarına bağlı olarak bölgedeki sıcaklığın 1.5^{o}C artması ile havzadan çıkan su miktarında %15 azalma olacağı öngörülmüştür.

Yue v.d. [24] Japonya'da 3 farklı coğrafi bölgede 22 istasyonda yaklaşık 100 yıllık verilere çapraz korelasyonlu Mann-Kendall testi uygulamışlardır. Yapılan çalışma sonucunda I. Bölgede Mayıs ayında artış, Nisan, Eylül, Ekim, Aralık aylarında ise azalma meydana gelmiş, yıllık yağışlarda ise değişiklik olmamıştır. II. Bölgede yıllık yağışlarda azalma belirlenmiş, aylık yağışlarda ise Eylül, Ocak ve Aralık ayında azalma belirlenmiştir. III. Bölgede ise yıllık yağışlarda azalma ve Eylül, Şubat, Haziran ve Temmuz aylarında azalma belirlenmiş ve en çok azalma ise Aralık ayında meydana geldiği ortaya konmuştur.

Fu v.d. [25] Çin'de bulunan Sarı nehrinde yapılan uzun dönemlik hidrolojik rejim, yağış ve sıcaklık değişiminin nehir akımlarındaki etkinliği araştırılmıştır. Yağış verileri için 44 yağış istasyonundan elde edilen verilere Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Ağustos ayından Kasım ayına kadar azalma ve Ocak ayından Haziran ayına kadar olan dönemde ise artış olduğu sonucuna varılmıştır.

Gemmer v.d. [26] Çin'de 1951–2002 yılları arasında 160 istasyonda aylık yağış verilerine Mann-Kendall testi uygulamışlardır. Çin'de yağış verilerinde artışın daha çok Ocak, Haziran ve Temmuz aylarında ve yağış verilerindeki azalışın ise Şubat, Eylül ve Kasım aylarında olduğu tespit edilmiştir. Ağustos, Ekim ve Aralık aylarında ise nispeten artış ve azalışın birbirine eşit sayıda olduğu belirlenmiştir.

Gong v.d. [27] Kuzey Çin'de 1956-2000 yılları boyunca Mayıs – Eylül dönemine ait 30 ölçüm istasyonundan alınan günlük yağış kayıtlarını analiz etmişlerdir. Yağış miktarında azalma eğilimlerinin oldukça önemsiz olduğunu, ancak az yağışlı günlerin daha güçlü bir yoğunluğa doğru önemli bir derecede eğilim gösterdiğini tespit

etmişlerdir. Buna karşılık orta şiddetli ve üzeri yağışlı günler için durumun böyle olmadığını, azalmanın belirgin olduğunu ortaya koymuşlardır.

Thomson v.d. [28] küresel iklim etkisinin atmosferde bağıl nem artışına neden olacağını ve böylece hidrolojik döngüyü etkileyeceğini ifade etmiştir. Tahmin edilen etkiler genellikle düşük enlemlerdeki buharlaşma artışı ve orta ve yüksek enlemlerdeki yağışların artacağıdır.

Nawaz v.d. [29] İngiltere Yorkshire'deki su kaynakları ve hidrolojisi üzerinde iklim değişikliğinin etkilerini karakterize etmek için Monte Carlo simulasyon tekniğini kullanılmışlardır. Yorkshire'de yapılan bu araştırmada, İngiltere'nin kuzeydoğusundaki havzalardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışma sonuçları verim değişimlerinin geleneksel bölgelere has basit değişimlerden oldukça farklı ve büyük ölçüde değişken olabileceğini göstermiştir.

Ye v.d. [30] tarafından yapılan çalışmada Çin'in Yangtze Nehri'nde 1998 yılında meydana gelen büyük sel baskınından sonra, Çin'de kısa dönem iklim bilgileri ile değişimler incelenmiştir. Bu yıkıcı selin nedeni olarak 1997-1998 yılında meydana gelen El Nino olayının olduğuna inanılmaktadır. Kısa dönem iklim tahminleri ve hava tahminleri için, sel önleme aktiviteleri için yararlı planlar yapmak, selle mücadele boyunca anahtar kararlar almak, meteorolojik servisler arasındaki boşlukları gidermek, güvenilir iklim tahmin yöntemlerinin geliştirilmesini sağlamak, akıntıya karşı onarım, yenileme ve sel kontrol sistemleri yatırımlarını iyi planlamak gibi önlemler alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Jiang ve Wang [31] Bu çalışma, 1953-2011 dönemi için uzun vadeli hidrolojik ve meteorolojik verileri kullanarak, kuzeydoğudaki Çin'in en büyük havzalarından olan Liao Nehri Havzasında (LRB) akarsu akış değişimini araştırmaktadır. Hidro-meteorolojik değişkenlerin eğilimlerini ve değişimlerini tanımlamak için parametrik olmayan Mann-Kendall testi, Pettitt testi ve kümülatif anomali eğrisi kullanılmıştır. Son 59 yılda, yıllık ve mevsimsel ortalama akış da önemli düşüş eğilimi görülmüştür. Ocak, Şubat ve Mayıs aylarında yukarı yönlü eğilim görülürken, diğer mevsimlerde düşük eğilim gözlemlenmiştir. (1953-1964) dönemi yüksek , düşük ve ortalama akış, iki dönemden (1965-1984 ve 1999-2011) yüksek olmuştur. Sonuçlar, antropojenik etkinin,

akarsu akış değişkenliğine, iklim değişikliğine göre çok daha fazla katkıda bulunduğunu ortaya koymuştur.

Marini v.d. [32] Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeydoğusunda bulunan akarsu akışındaki değişkenlik ve eğilimler araştırılmıştır. Akarsu akışının uzun vadeli değişkenliği tahmin edilmek için Shannon entropisi kullanılmıştır. Yıllık ve mevsimlik günlük akış akımlarındaki eğilimleri % 5 iki taraflı güven sınırı ile belirlemek için üç istatistiksel test uygulanmıştır. Amerika'nın kuzey doğusundaki 23 eyalette bulunan ve altı farklı su bölgesini kapsayan 669 istasyonundan 70 yıl (1943'ten 2012'ye) kadar olan günlük akarsu verileri kullanılmıştır. Analizler, minimum ve maksimum akış akımlarının ortalama akımlara göre daha fazla değişkenliğe sahip olduğunu göstermiştir. İstasyonların yaklaşık %50'sinde eğilim görülmüştür, istasyonların çoğunda artan trend gözlenmiştir. Coğrafi dağılım açısından, artış eğilimi gösteren istasyonlar Atlantik kıyısında, Büyük Göllerde ve Üst Mississippi Su Bölgesinde tespit edilmiştir.

Dudley v.d. [33] Amerika Birleşik Devletlerinde kar erimesine bağlı akış ve akışın zamanlamasındaki eğilimler incelenmiştir. Kar erimesi ile ilgili akarsu akışı zamanlamasındaki değişiklikler, su varlığı ve kullanımı ile akarsu akışında kaymalar olduğunu göstermektedir. Kar erimesi ve akış zamanlamasındaki geçmişteki eğilimler, ABD'de bulunan ve en az etkilenen nehir havzaları için hesaplanmıştır. Yıllık yağışın en az% 30'unun kar olarak alındığı havzaları kullanılmıştır ve akarsu verileri bölgesel olarak kış, ilkbahar dönemleri için kullanılmıştır. ABD doğusundaki ölçümlerde eğilimler, büyüklük ve yön açısından nispeten homojen ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Sırasıyla 1940-2014 ve 1960-2014 dönemleri için 8.2 gün (1.1 gün / on yıl) ve 8.6 gün (1.6 gün / on yıl) daha erken gerçekleştiği tespit edilmiştir. Batı'daki eğilimler önemli olsa da bile, eğilimlerin çoğu zamanla gerçekleştirilmiştir. Kuzeybatı'daki erken dönem eğilimleri, bu bölgede önemli eğilim gözlemleyen önceki çalışmalara göre istatistiksel olarak anlamlı değildir. Sıcak hava yağışla ilişkili olup, daha sıcak ve kurak koşullar altında önceki kar erimleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu ilişki, akarsu akış zamanlamasında kaymalara neden olmuştur.

Türkiye'de benzer konuda yapılan çalışmalar da aşağıda sıralanmaktadır.

Karabörk ve Kahya [34] tarafından yapılan çalışmada, 76 akım gözlem istasyonunda ölçülen aylık ortalama akım değerleri ve 94 istasyonda ölçülen aylık toplam yağış değerleri kullanılmak suretiyle El Nino ve La Nina olaylarının Türkiye'nin yağış ve akım paternleri üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiş ve bu etkilerin şiddetleri, fazları ve coğrafik uzanımları belirlenmiştir. İstasyonların 24 aylık El Nino ve La Nina kompozitlerine uygulanan birinci harmonikler söz konusu olaylara bu hidrometeorolojik parametrelerin tepkisi olarak kabul edilmiştir. Birinci harmoniklerin haritada vektörel gösterimi ile aday bölgeler belirlenmiş, daha sonra bu bölgelerdeki El Nino ve La Nina sinyallerinin kararlılık analizi yapılarak El Nino ve La Nina olaylarına tepki veren kararlı bölgeler ortaya konulmuştur. Güney Salınımı'nın eksrem fazlarının kararlı bölgelerdeki yağış ve akım serileri ile olan ilişkisinin istatistiksel önemi hipergeometrik dağılımla belirlenmiştir. Bu analizlerin sonucunda, hem yağış hem de akım değerleri için, ülkenin doğu ve batısında El Nino ilişkili ıslak sezonlara sahip bölgeler belirlenmiştir. La Nina olayları içinse ülkenin sadece doğusunda La Nina ilişkili kurak sezona sahip bölgeler belirlenmiştir. El Nino ilişkili kararlı bölgelerin modüler yıllık ve sezonluk yağış ve akım serileri üzerinde gerçekleştirilen spektral analiz sonucu El Nino ilişkili sayılan periyotlardaki harmonikler önemli bulunmuş ve bu durumun çalışmadaki diğer bulguları desteklediği sonucuna varılmıştır.

Karabörk ve Kahya [35] Seyhan Havzası'nda Göksu Nehri üzerindeki 1801 numaralı akım gözlem istasyonunda ölçülen yıllık ve aylık akımların stokastik modellerini geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında, yıllık ve aylık seriler için otoregressif (AR) ve otoregressif -hareketli ortalama (ARMA) modellerinin metodolojisi ayrıntılı bir şekilde verilerek yıllık serilerin AR ve ARMA, aylık serilerin ise periyodik AR (PAR) ve periyodik ARMA (PARMA) modelleri ile modellemeleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucu yıllık akımlar için AR(1) ve ARMA(2,1), aylık akımlar içinse PAR(2) ve PARMA(2,1) modelleri en uygun modeller olarak seçilmişlerdir.

Şen ve Kahya [36] Türkiye'deki 83 adet akım gözlem istasyonundan alınan 28 yıllık günlük akım verileri, düşük ve yüksek akım yüzdelik sıra değerlerine ayrılarak her bir sıra değerine karşılık gelen veri takımları üzerinde çalışılmıştır. Veri takımları standartlaştırılarak hiyerarşik küme analizi yöntemleri ile 45 farklı kombinasyon uygulanarak, elde edilen homojen bölge sayısı sonuçlarının kontrolü için, veri setlerine çeşitli istatistiksel testler uygulanmıştır. Elde edilen sonuçların tutarlılığının testi için,

83 istasyonluk veri seti 2'ye bölünüp, elde edilen yeni veri setleri de kendi içinde yüzdelik sıra değerlerine ayrılmış ve her birine yeniden hiyerarşik küme analizi yöntemleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, elde edilen kümeleme çözümlemelerinin uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Partal v.d. [37] Türkiye'nin farklı bölgelerine dağılmış akım gözlem istasyonlarının günlük meteorolojik verileri kullanılarak, yapay sinir ağları ve dalgacık analizi metotlarıyla günlük yağış verilerinin tespit edilmesi araştırılmıştır. Bu verilere öncelikle homojenlik analizi uygulanmış daha sonra homojenlik açısından uygun olan 14 istasyona ait veriler tespiti yapmak amacıyla seçilmiştir. Meteorolojik veriler ile yapay sinir ağlarının üç farklı algoritması, yağış tespiti yapmak için kullanılmış, sonra ölçülmüş meteorolojik verilerin ayrık dalgacık dönüşümü bileşenleri kullanılarak yağış tespiti yapılmıştır. Sonuç olarak, dalgacık-YSA metotlarının performansı daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Martı ve Kahya [38] Bu çalışmada, Türkiye'nin akım, yağış ve sıcaklık verilerinin Tropikal Pasifik'te meydana gelen Güneyli Salınım'dan nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Bunun için, Türkiye geneline düzgün olarak dağılmış olan 78 akım gözlem istasyonunda ölçülen aylık ortalama akım değerleri, 94 yağış gözlem istasyonunda ölçülen aylık toplam yağış değerleri ile akım ve yağış verilerinin sıcaklıkla muhtemel bir ilgisinin de olabileceği düşünülerek, 62 adet sıcaklık gözlem istasyonunda ölçülen ortalama sıcaklık değerleri kullanılarak standart ve standart olmayan sezonlarda t-testi uygulanmıştır. Çalışmanın diğer bölümünde ise El Niño yıllarına ait aylık veriler bahsi geçen akım ve yağış veri setlerinden çıkarılarak yerlerine RTYSA modeli ile üretilen veriler yerleştirilmiş, El Niño yıllarındaki veriler olmasaydı acaba bir farklılık olur muydu sorusuna orijinal ve sentetik seriler arasında varyans, ortalama, popülasyon ve otokorelasyon yönünden farklılıklar incelenerek cevap aranmıştır.

Yıldız ve Malkoç [39] Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından yapılan bir çalışmada Türkiye'de EİE tarafından işletilen akım gözlem istasyonlarının uzun dönem yıllık ve mevsimlik ortalama akışlarında artma veya azalma eğilimlerini belirlemişlerdir. Doğu Akdeniz havzasındaki Ege, Akdeniz, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nin akarsu havzalarında akarsuların taşıdığı su miktarlarında azalan eğilimler tespit edilmiştir. Marmara ve Batı Karadeniz kıyılarında ise, Orta ve Doğu Karadeniz ve Doğu

Anadolu bölgelerinde akarsuların su miktarlarında ise artan eğilimler olduğu görülmüştür.

Cığızoğlu v.d. [40] Türkiye genelindeki 26 havzanın 24'ündeki 100 civarındaki akım istasyonun günlük ortalama akım verileri üzerinde çalışmışlardır. Türkiye akarsularındaki taşkın, ortalama ve düşük akımlarda eğilim olup olmadığı araştırılmıştır. Eğilim analizi için, parametrik bir test olan T testi ve parametrik olmayan τ (Kendall) testi uygulanmıştır. Eğilimlerin maksimum akımlarla kıyaslandığında, ortalama ve düşük akımlarda daha fazla olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, eğilimler genellikle azalan yönde olmuştur. Yani, Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki akarsuların genellikle ortalama ve düşük akımlarında anlamlı bir azalma olduğu görülmüştür.

Demirel ve Kahya [41] Türkiye akım verilerin, benzer akım düzenlerini içeren bölgelere ayırmak için nicel metotlu hiyerarşik küme analizini kullanılmıştır. Küme analizi, atmosfer bilimlerinde 'Öklit' benzerlik ölçütüyle öne çıkan 'Ward's yöntemiyle', doğal akımlı, yoğun akım düzenlemesi yapılmamış 80 akım istasyonunda incelenmiştir. Küme analizi kullanarak elde edilen sonuçlarda, benzer akım özelliğine sahip bölgelerin hali hazırdaki iklim bölgeleri ile uyumlu olmadığı görülmüştür. Türkiye akarsularında bölgesel çalışmalarda ihtiyaç olabilecek harita, metotların sağlamlıkları test edildikten ve birçok veri üzerinde uygulandıktan sonra elde edilmiştir.

Angı ve Özkaya [42] tarafından Türkiye'nin doğal olan yüzey akımları ile bu akımların zaman içerisindeki değişimleri ve alansal olarak dağılımı araştırılmıştır. Havzaların akış-yağış özelliklerinin farklılığından dolayı 26 akarsu havzası ayrı ayrı değerlendirilerek, sonuçlar birleştirilmiştir. Çalışmada, veri yoğunluğunun olduğu 1965-2002 dönemi esas alınarak elde edilen sonuçlar ile daha az sayıda verinin olduğu 1941-1964 dönemine yaklaşım yapılarak, her iki dönemin birleştirilmesi ile de 1941-2002 dönemine ait Türkiye'nin yüzey akımları elde edilmiştir. Seçilen dönemler içerisinde her yıla ait değerler hesaplanmış, Türkiye genelinde yüzey akımları, potansiyel ve kullanılabilir olmak üzere ayrı ayrı incelenmiştir. Bu şekilde, potansiyel ve kullanılabilir yüzey akımlarının zaman içerisindeki değişimleri tespit edilmiştir.

Büyükkaracığan ve Kahya [43] iki bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde, taşkın frekans analizi hesaplamalarının temel varsayım olarak kabul ettiği bağımsızlık

tezinin varlığını incelemişlerdir. Bu amaçla; otokorelasyon, medyanı çaprazlama, dönüm noktaları, sıra farklılık ve Spearman sıralı seri korelasyon katsayısı bağımlılık testleri Konya Havzası'nda bulunan 13 akarsuya ait yıllık pik akım serilerine uygulanmıştır. Uygulanan testlerin en az ikisine göre 13 akarsuyun sadece bir tanesi bağımlı bir karakter göstermiştir. Gerçekleştirilen taban akımı analizi sonucunda, yıllık pik akımların birinci seri otokorelasyon katsayıları ile havzadaki su tutma kapasitesi arasında dikkat çekici bir ilişki olmadığı ve bağımsızlık tezinin havzada bulunan akarsular için geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde, 12 istasyona ait yıllık pik akım serilerine iki ve üç parametreli log-normal, Gumbel, Pearson-3, log-Pearson-3, Log-Boughton, log-logistic, ekstrem değerler dağılımları uygulanarak en uygun olasılık dağılım modelinin belirlenmesine çalışılmıştır. Modellerin en uygununu belirlemek üzere, klasik uygunluk testleri, khi-kare ve Kolmogorov-Smirnov testleri kullanılmıştır. Bu testlerin değerlendirmelerine göre, Log-Pearson -3'ün diğerlerine göre daha uygun bir model olduğu sonucuna varılmıştır.

Özel v.d. [44] Sakarya havzasında bulunan 11 adet akım gözlem istasyonunun aylık ortalama akım verileri üzerinde çalışmışlardır. Aylık akım verilerinin lineer eğilimlerini bulmak için, parametrik olmayan testler (Spearmanın Rho, Senin T ve Mevsimsel Mann-Kendall testleri) kullanılmıştır. Trendlerin lineer eğilimleri, Sen tarafından geliştirilen ve parametrik olmayan bir metot olan Sen's Slope metodu uygulanarak bulunmuştur. Eğilim başlangıç yılları parametrik olmayan Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile belirlenmiştir. Nem seviyesinde, yapılan analizler sonucunda incelenen 11 istasyonun %64'ünde 0.05 düzeyinde anlamlı eğilimler olduğu görülmüştür. Genellikle eğilimler azalan yöndedir. 1221 ve 1243 numaralı istasyonlar azalan yönde eğilimlerin en fazla olduğu istasyonlardır ve bu istasyonlar havzanın kuzey batı kısmında bulunmaktadır. 1216 ve 1226 numaralı istasyonlar dışındaki diğer tüm istasyonların maksimum negatif eğimleri Mart ayında görülmüştür. Mart ayı 10 istasyonda en fazla eğilim tespit edilen ay olmuştur ve eğilimler azalan yöndedir. Mart ayı maksimum eğilimin de en fazla olduğu ay olmuştur.

Tekkanat ve Sarış [45] Porsuk Çayı Havzası'nda yer alan akım gözlem istasyonlarının uzun dönem için aylık minimum, maksimum ve ortalama akım verileri kullanılmış ve havzadaki akımların belirli dönemlerdeki değişimi üzerinde çalışılmıştır. Analizi için eksik verilerin tamamlanması, veri kontrolü, eğilim ve korelasyon analizleri

kullanılmıştır. 1970-2011 dönemini için 42 yıllık aylık verilere uygulanan analizlerle, Porsuk Çayı Havzası'nda ortalama, maksimum ve minimum akımlarda azalma eğilimleri görülmüştür. 5 istasyona ait toplam 60 aya uygulanan analizler sonucunda ortalama akımlarının % 56.7'si, minimum akımların % 48.3'ü ve maksimum akımların % 65'inde, 0.05 anlamlılık düzeyinde azalma eğilimleri tespit edilmiştir.

Kadıoğlu v.d. [46] Türkiye'de 18 yağış gözlem istasyonunun yıllık ve mevsimlik yağış serilerinin eğilimlerini araştırmışlardır. Eğilimler belirli bir yönde olmamasına rağmen, özellikle kış aylarında bir azalma, ilkbaharda aylarında ise artma olduğu sonucu elde edilmiştir.

Türkeş v.d. [47] 1930-1992 yılları arasında Türkiye'deki her bir meteorolojik istasyon ve her bir coğrafi bölgenin uzun süreli ortalama sıcaklılarındaki eğilimleri ve ani değişimleri belirlemek için parametrik olmayan çeşitli testler kullanmışlardır. Bölgesel ortalama sıcaklık serilerini kullanarak, iklimin Doğu Anadolu'da ısınma, özellikle Marmara ve Akdeniz Bölgeleri'nde ise soğuma eğiliminde olduğunu bulmuşlardır.

Türkeş [48] Türkiye'de 91 istasyonda 1930–1993 yılları arasında yıllık ve mevsimlik yağış verilerinde Mann-Kendall testini uygulamıştır. Mann-Kendall testi sonucunda, Karadeniz ve Akdeniz Bölgesi'nde yağışta azalma ve yıllık serilerde Türkiye genelinde azalma olduğu görülmüştür. 17 istasyonda ciddi eğilimler olduğu bulunmuş, bunların 15'inde ciddi azalmalar tespit edilmiştir.

Türkeş [9] çalışmasında karasal yağış rejimine sahip iç bölgelerdeki bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışları üzerine odaklanmıştır. Yıllık kuraklık verilerinde artan bir eğilim gözlenmiştir. Türkiye'nin karasal iç ve doğu bölgelerinin büyük bir kısmı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi, iklim elemanları ve bitki örtüsüne de bakılarak, çölleşme tehdidi altında bulunan araziler olduğu sonucuna varılmıştır.

Yılmaz [49] çalışmasında Doğu Karadeniz Havzası'ndaki iklim eğilimlerini ve etkilerini araştırmıştır. Verilerin homojenliği Wald-Wolfowitz dizisel korelasyon ve Swet-Eisenhart gidişler sınamaları ile belirlenmiştir. Homojenlik testinden sonra, en küçük kareler regresyon ve Mann-Kendall sıra korelasyon yöntemleri ile eğilimler bulunmuştur.

Kosif [50] Yeşilırmak Havzası sınırları içerisinde bulunan 24 farklı istasyonun yıllık ortalama sıcaklık, toplam yağış, ortalama akım, toplam buharlaşma, ortalama güneşlenme süreleri, bulutlu ve kapalı geçen gün sayıları gibi iklimsel özellikleri belirleyen iklim elemanlarının, 1930-1997 yılları arasını kapsayan 43 adet iklim serisinin analizi yapılmıştır. Daha sonra serilere homojenlik testi uygulanmış ve eğilim analizleri yapılmıştır. Eğilim analizinde en küçük kareler yöntemi ve Mann-Kendall mertebe korelasyon istatistiği, homojenlik testinde ise Run (Swet-Eisenhart) testi kullanılmıştır.

Turan [51] tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin su ve toprak kaynakları potansiyeli çeşitli açılardan ele alınmış, Türkiye'nin, nüfus artışının hızlı olması sebebiyle, gelecekte su sıkıntısı olacak olan ülkeler arasında bulunacağı belirtilmiştir. Ülkemizde mevsimlere bağlı olarak farklılık gösteren akım verileri 'akış-yağış' önümüzdeki yıllarda da farklılıklar göstereceği belirtilmiştir. Bu farklılık sonucu, su sıkıntısı ile karşılaşmamak ve gelecekteki su ihtiyaçları için, su planlaması ve yönetiminin önemi vurgulanmıştır.

Tecer v.d. [52] Rize'de yapılan bu çalışmada yağış miktarları için iki ayrı dönem belirlenmiş ve her iki dönem içinde Mann-Kendall Sıra korelasyon testi uygulamışlardır. İki dönem olan 1975–1984 ve 1985–2001 yıllarının ortalama yağış miktarları sırasıyla 2092 mm ve 2279 mm'dir. %99 güven aralığında yapılan t testine göre, iki dönemin ortalamaları birbirinden farklı çıkmıştır. 1975–1984 dönemi daha kurak iklime doğru yönelmiş, 1985–2001 dönemi ise yağışlı iklime doğru yönelmiştir.

Yeşilata v.d. [53] Atatürk Baraj Gölü'nün bölge iklimi üzerine etkisi incelenmiştir. Şanlıurfa ve Adıyaman illerinin 30 yıllık (1972-2001) meteorolojik verileri kullanılmıştır. Bu meteorolojik veriler (maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve bağıl nem) aylık ortalama değerleri ile çalışmıştır. Atatürk Baraj Gölü'nden önceki ve sonraki 15 yıllık dönemler (1972-1986 ve 1987-2001) için çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda, artışın bağıl nem ve maksimum sıcaklıklar için yadsınamayacak seviyede olduğunu göstermiştir.

Partal ve Kahya [54] Türkiye genelinde yıllık ortalama ve aylık toplam yağış verilerine parametrik olmayan testlerden Mann-Kendall Sıra Korelasyon ve Sen'in T testi

uygulanmıştır. 1929–1993 yılları arasında 96 yağış ölçüm istasyonu ile çalışılmıştır. Bölgesel ortalama yağış verilerinde de yine Mann-Kendall ve Sen'in T testi kullanılmıştır. Azalma eğilimleri daha çok Ocak, Şubat ve Eylül yağışları ile yıllık ortalamada tespit edilmiştir. Gözlenen yıllık ortalama yağışlarda, Türkiye'nin batısında ve güneyinde ve Karadeniz'in sahil kesiminde önemli azalmalar belirlenmiştir.

Demir v.d. [55] Türkiye genelinde ortalama, maksimum ve minimum hava sıcaklıkları ve yağış serileri, uzun süreli değişikliklerin ve eğilimlerin bulunması hedeflenmiştir. Türkiye'nin ortalama hava sıcaklıklarında güney ve güney batıda yer alan bölgelerde anlamlı artış eğilimleri olmuştur. Yaz mevsimi ortalama sıcaklıklarındaki ısınma eğilimi, istasyonların çoğunda 'anlamlı pozitif dizisel ilişki katsayısı' ile adlandırılmaktadır. Yıllık maksimum sıcaklık serilerindeki değişiklikler artma eğilimi göstermiştir. Akdeniz, Güney Doğu Anadolu ile Doğu Anadolu'nun güney kesimlerinde de artma eğilimi görülmüştür. Minimum sıcaklıklar, 27 istasyonda anlamlıdır ve Türkiye geneli artma eğilimindedir.

Yenigün v.d. [56] Türkiye'nin en büyük havzası olan Fırat Havzası'nda seçilen 22 akım gözlem istasyonunda ortalama, maksimum ve minimum akım değerleri için parametrik olmayan testler olan Mann Kendall ve Spearman Rho testlerini uygulamışlardır. Testler sonucunda maksimum akımlar için herhangi bir eğilim gözlenmezken, minimum akımlarda beş istasyonda azalan, bir istasyonda artan eğilim, ortalama akımlarda bir istasyonda azalan akım gözlemlemişlerdir.

Özetle, Türkiye'deki nehirlerin düşük akım miktarları ve gerçekleşme zamanları yakın zamana göre değişimi üzerine daha önce yapılmış bir çalışma mevcut değildir. Özellikle düşük akımların gerçekleşme zamanı ile ilgili bir çalışmaya rastlanamamıştır. Dolayısıyla bu çalışma da yakın zamanda düşük akım miktarlarındaki ve gerçekleşme zamanlarındaki değişimler incelenecektir.

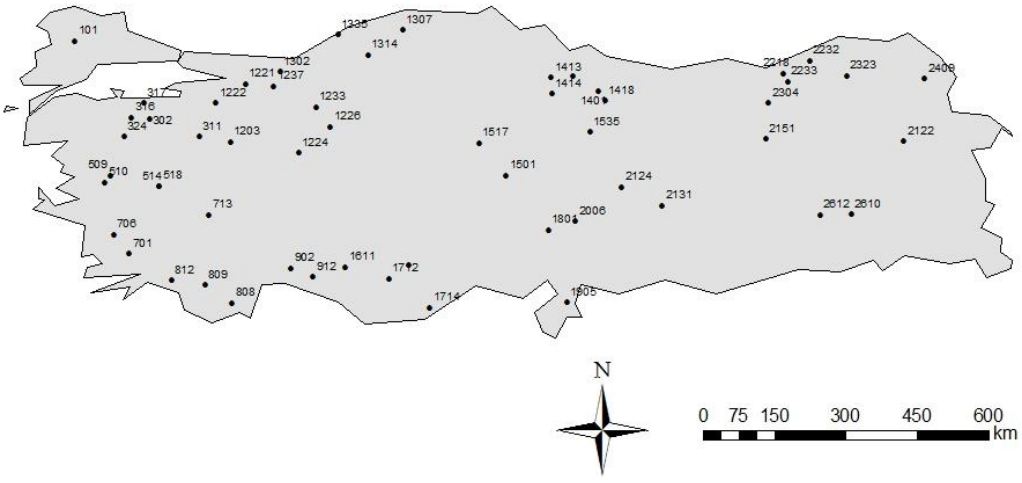
2. BÖLÜM

YÖNTEM

Bu tez çalışması üç aşamada gerçekleştirilmiştir: Veri temini, veri analizleri ve sonuçların değerlendirilmesi. Aşağıda bu aşamalar ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

2.1. Veri Temini

Bu tez çalışmasında Türkiye düşük akım verilerinde eğilimleri belirlemek için, Türkiye genelinde homojen olarak dağılmış 56 akım gözlem istasyonundan alınan veriler kullanılmıştır. Veriler Devlet Su İşleri tarafından toplanmakta olup, 1951-2010, 1971-2010 ve 1991-2010 dönemi için yıllık düşük akımlar ve bu akımların gerçekleşme zamanlarından (bir su yılı içinde en düşük akım ve o akımın gerçekleştiği tarih) oluşmaktadır. Bu veriler 11 istasyonda 1951-2010 dönemi için (60 yıl), 55 istasyonda 1971-2010 dönemi için (40 yıl) ve 56 istasyonda 1991-2010 dönemi için (20 yıl) mevcuttur. Şekil 2.1'de çalışmada kullanılan istasyonların konumları ve istasyon numaraları gösterilmektedir. İstasyon seçiminde veri kalitesi ve veri serisinin uzunluğu dikkate alınmıştır.



Şekil 2.1. Çalışmaya kullanılan verilerin temin edildiği akım gözlem istasyonlarının konumları ve isimleri

2.2. Veri Analizleri

Rastgele bir değişkenin değerlerinde zamana bağlı olarak azalma veya artma olması durumuna eğilim denir. Bir büyüklüğün zamansal değişiklik boyunca ölçülen değerlerinde anlamlı bir azalma ya da artma olup olmadığı istatistiksel bazı testlerle bulunabilmektedir.

Hidrolojik parametreler (yağış, akış gibi) zamansal değişime göre rastgele değişen karakterde olduğu için devamlı bir azalma veya artma eğiliminin incelenmesi özel yöntemlerle mümkündür [57]. İstatistiksel eğilim testleri ile "gözlenen değerlerde bir eğilim olmadığı" hipotezi kontrol edilerek "kabul" veya "red" kararı verilir. Karar hipotezde seçilen anlamlılık düzeyi ile alakalıdır. Anlamlılık düzeyi, gerçekte eğilim bulunmadığı halde testin eğilim bulunduğu sonucunu vermesi olasılığına eşittir.

Eğilimlerin belirlenmesinde parametrik ya da parametrik olmayan testler uygulanır. En sık kullanılan testler arasında parametrik t testi ve parametrik olmayan Mann-Kendall testi bulunmaktadır. Mann-Kendall testinin daha güvenilir bir test olduğu görüşü ön plandadır [57]. Mann-Kendall testi ile eğilimin varlığının görülmesi olasılığı daha fazladır. Mann-Kendall eğilim testi zamansal eğilimlerin belirlenmesinde sıkça kullanılır. Verilerin belirli bir dağılıma uyma zorunluluğu bulunmadığından daha kolay uygulanabilmektedir.

Bu çalışmada eğilimleri belirlemek için Mann-Kendall eğilim testi seçilmiştir.

Testinin ilk aşamasında eğilim istatistiği olan S, Formül 1'de gösterildiği şekilde belirlenir. Formül 1'de, x verileri, n ise veri serisinin uzunluğunu göstermektedir. Formül 1'de yer alan sgn fonksiyonu Formül 2'deki gibi tanımlanır.

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

$$\operatorname{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & if \quad \theta > 0 \\ 0 & if \quad \theta = 0 \\ -1 & if \quad \theta < 0 \end{cases} \tag{2}$$

S istatistiği, n>10 durumunda normal dağılım gösterir. S istatistiğinin ortalama (μ) ve varyansı (δ) ise Formül 3 ve 4'deki gibi hesaplanır.

$$\mu=0 \tag{3}$$

$$\sigma = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n} t_i i(i-1)(2i+5)}{18} \tag{4}$$

Standart normal değişken değeri, Z, Formül 5 kullanılarak hesaplanabilir. Bu çalışmada Z'nin istatistiksel anlamlılığı 0.05 düzeyinde incelenmiştir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\sigma}} & if \quad S>0 \\ 0 & if \quad S=0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\sigma}} & if \quad S<0 \end{cases} \tag{5}$$

Değişkenlerdeki eğilimlerin büyüklüğü Formül 6 kullanılarak tespit edilmiştir. Formül 6'da, N veri çiftlerinin sayısını, x_j ve x_k ise sırasıyla j ve k zamanlarındaki (j, k' den büyük olmak üzere) veri değerlerini göstermektedir.

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j-k} \text{ i=1' den N'e kadar} \tag{6}$$

Ayrıca belirli bir önem seviyesinde verilerde varolan korelasyon yapısını da belirlemek gerekir. Bu nedenle bu çalışmada Mann-Kendall testi uygulanmadan önce %5 önem seviyesinde serisel korelasyon önemli ise bu etkiyi gidermek için prewhitening uygulaması yapılmıştır. Serisel korelasyon (r) Formül 7 ile hesap edilir.

$$r(k) = \frac{\sum(x(t)*x(t+k)) - \frac{1}{n-k}\sum x(t)*\sum x(t+k)}{\left(\sum x^2(t) - \frac{1}{n-k}(\sum x(t))^2\right)^{1/2}\left(\sum x^2(t+k) - \frac{1}{n-k}(\sum x(t+k))^2\right)^{1/2}} \tag{7}$$

Burada öteleme sayısı (k) 1 olarak alınır. X(t) ise zaman serisinin herhangi bir andaki değeridir. Bulunan serisel korelasyonun %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak

önemli olup olmadığını belirlemek için Formül 7 ve 8'de verilen r'nin üst ve alt limitleri için aşağıdaki bağıntılar kullanılır.

$$r_{üst} = \frac{1}{n-k}(-1 + z_{1-\alpha/2}\sqrt{n-k-1}) \quad (8)$$

$$r_{alt} = \frac{1}{n-k}(-1 - z_{1-\alpha/2}\sqrt{n-k-1}) \quad (9)$$

Burada n, toplam veri sayısı k, öteleme sayısı ve z normal dağılım tablosundan belirli bir α güven aralığında (α=0.05) okunan kritik değerdir.

Eğer serisel korelasyon % 5 önem seviyesinde önemli ise zaman serisine Mann-Kendall testi aynen uygulanır.

Aksi halde ($X_1, X_2,\ldots,X_n$) orijinal zaman serisine önce pre-whitening yapıldıktan sonra elde edilen yeni seriye (X_2-r*X_1, X_3-r*X_2,…., Xn-r*$X_{(n-1)}$) Mann-Kendall testi uygulanır.

Bu çalışmada seçilen 56 istasyona ait düşük akım ve gerçekleşme zamanı değerleri Mann-Kendall eğilim testi ile analizlere tabii tutulmuştur. Akımın gerçekleşme zamanı, 1 Ocak tarihi baz alınarak, yılın kaçıncı gününe denk geldiği hesaplanarak belirlenmiştir. Eğilimlerin büyüklüğü Formül 6'ya göre (Sen's Slope) hesaplanmıştır.

2.3. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye'deki nehirler de yıllık düşük akım verilerinin miktarında ve gerçekleşme zamanında meydana gelen değişimlerin eğilim analizi ile belirlenmesidir. Eğilim değerleri coğrafi bilgi sistemi araçları kullanılarak görselleştirilmiştir. Eğilimlerin mekânsal dağılımları incelenmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

Bu çalışmada Türkiye genelinde 56 akım gözlem istasyondan alınan düşük akım verilerin analizi yapılarak, akım verilerinde zamanla bir değişim olup olmadığı araştırılmış ve bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu amaçla, yıllık düşük akım verileri 1951-2010, 1971-2010 ve 1991-2010 olmak üzere 3 dönem için eğilim analizi uygulanmıştır.

3.1. Düşük Akım Verilerinin İstatistiksel Özellikleri

56 akım istasyonundan alınan verileri karakterize etmek için istatistiksel analiz (maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma) yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçları, 11 istasyonda 1951-2010 dönemi için (60 yıl) Tablo 3.1'de, 55 istasyonda 1971-2010 dönemi için (40 yıl) Tablo 3.2'de ve 56 istasyonda 1991-2010 dönemi için (20 yıl) Tablo 3.3'de verilmiştir.

Görüleceği üzere 56 istasyonda düşük akım değerleri son derece değişkendir. Düşük akımlar 0-52.2 m^3/sn aralığında değişmektedir. Düşük akımların gerçekleşme zamanları da değişim gösterse de, genel olarak yaz aylarına denk gelen 200-300. günler arasında gerçekleşmiştir.

Tablo 3.1. 1951-2010 döneminde ölçülen düşük akımların ve düşük akımların gerçekleşme zamanının genel özellikleri

	Akım Değerleri (m^3/sn)				Akımın Gerçekleşme Zamanı (gün)			
İstasyon No	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
302	4.66	27.2	10.38	4.25	0	349	247	43
311	0.37	3.55	1.81	0.70	10	346	233	63
701	0.00	2.05	0.63	0.53	217	325	250	22
706	0.00	42.6	12.37	12.05	132	291	225	40
902	21.00	40	31.32	3.95	211	345	284	28
1203	0.75	5.15	2.12	1.09	175	278	233	23
1401	1.70	15.8	7.54	3.21	5	357	234	76
1402	10.10	52.2	25.62	10.20	178	347	249	38
1501	0.00	18.2	9.27	4.41	19	361	222	87
1801	6.31	16.8	11.58	2.16	14	361	257	84
2304	1.40	6.83	3.70	1.11	0	365	182	145

Tablo 3.2. 1971-2010 döneminde ölçülen düşük akımların ve düşük akımların gerçekleşme zamanının genel özellikleri

	Akım Değerleri (m^3/sn)				Akımın Gerçekleşme Zamanı (gün)			
İstasyon No	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
101	0	0.266	0.02	0.06	35	275	233	50
302	4.71	16	9.78	3.19	0	349	245	48
311	0.368	3.3	1.67	0.69	10	346	232	72
316	0.2	8.94	4.68	2.00	10	320	232	53
317	3.2	34.2	14.40	7.93	153	296	255	29
324	0	2.5	0.37	0.63	177	350	241	49
509	0	0.239	0.09	0.08	157	351	225	33
510	0	1.24	0.21	0.35	114	274	240	39
518	0.032	21.6	5.87	5.90	140	334	237	59
701	0.01	1.19	0.47	0.36	217	325	250	24
706	0.054	31.4	10.60	9.89	132	285	229	43
713	0.01	4.13	1.48	1.17	45	362	231	81
808	0.2	3.42	1.46	1.06	4	360	261	72
809	0.023	0.47	0.23	0.14	178	286	236	27
812	9.6	18	12.52	2.21	179	296	244	29
902	25.8	37	32.14	2.65	234	333	285	23
912	0	21.8	5.00	6.44	231	349	290	27
1203	1.01	4.03	1.96	0.94	175	274	228	22
1221	5.57	42.6	21.33	9.27	151	353	247	47
1222	0	3.25	1.08	0.84	206	295	241	22
1224	0.903	3.92	2.36	0.92	30	317	181	59
1226	0.127	5.64	2.59	1.38	201	303	225	20
1233	0	0.6	0.16	0.16	150	305	233	27
1237	0.675	2.84	1.77	0.59	189	307	245	30
1302	1.86	6.6	4.15	1.35	170	318	250	35
1307	0.166	0.701	0.42	0.13	181	283	251	26
1314	0.834	7.05	3.34	1.62	15	297	241	45
1335	3.86	22.9	12.74	4.74	79	292	248	38
1401	1.7	10.3	6.42	2.28	27	357	234	85
1402	10.1	52.2	28.30	10.47	178	347	247	42
1413	3.98	28	13.75	6.39	123	321	237	43
1414	4.4	13.3	7.65	2.21	1	336	197	107
1418	1.6	3.37	2.58	0.42	203	304	260	23
1501	3.26	18.2	10.35	3.50	19	361	230	82
1517	0	2.56	0.68	0.76	100	349	232	47
1535	1.48	6.35	3.85	1.02	1	340	239	60
1611	0.034	0.32	0.17	0.08	175	344	250	30
1612	0.03	1	0.37	0.29	181	325	243	28
1712	5.25	8.9	7.44	0.79	204	323	252	31
1714	15.6	41.2	29.57	9.01	203	304	247	27
1801	6.31	14.6	10.76	1.98	14	361	257	81
1905	0	1.95	0.59	0.57	103	290	214	42
2006	0.62	4.32	2.22	0.97	18	353	232	65
2122	1.97	12	5.68	2.06	44	345	243	44
2124	3.42	7.8	5.50	0.97	5	364	183	101
2131	0.05	0.86	0.36	0.20	1	349	263	76
2151	4.07	16.1	9.79	2.99	12	358	204	114
2218	2.43	10.4	6.55	1.92	0	361	153	125
2232	4.84	9.38	7.02	1.24	0	340	130	122
2233	0.818	1.62	1.24	0.22	8	345	156	133
2304	2.13	5.6	3.71	0.95	0	359	173	143
2323	0.836	15.6	7.44	3.02	2	348	217	75
2409	0.536	2.77	1.77	0.58	2	347	182	95
2610	1.87	4.33	2.61	0.48	9	323	254	47
2612	0	7.58	3.22	2.70	16	364	235	81

Tablo 3.3. 1991-2010 döneminde ölçülen düşük akımların ve düşük akımların gerçekleşme zamanının genel özellikleri

	Akım Değerleri (m^3/sn)				Akımın Gerçekleşme Zamanı (gün)			
İstasyon No	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
101	0	0.27	0.06	0.09	35	275	228	64
302	4.71	10.90	7.67	2.19	211	349	252	31
311	0.368	1.81	1.17	0.49	10	346	222	85
316	0.89	6.06	4.04	1.69	10	320	222	63
317	3.2	11.30	7.66	2.17	153	289	243	33
324	0.292	2.50	0.99	0.78	184	350	272	52
509	0	0.11	0.02	0.03	173	274	224	27
510	0	0.00	0.00	0.00	114	274	248	51
514	0.001	0.02	0.01	0.00	189	282	234	25
518	0.032	4.82	1.25	1.67	140	313	234	56
701	0.01	0.38	0.13	0.10	221	325	249	27
706	0.054	5.60	1.84	1.80	158	285	241	41
713	0.106	1.63	0.65	0.57	65	316	234	71
808	0.2	1.10	0.43	0.26	124	360	264	51
809	0.023	0.17	0.11	0.04	178	286	239	32
812	9.6	13.70	11.10	1.15	179	296	240	34
902	25.8	37.00	31.69	3.66	234	316	279	25
912	0	8.00	1.41	2.43	231	346	287	29
1203	1.01	1.60	1.25	0.20	175	274	221	24
1221	5.57	28.30	15.22	6.96	178	353	250	49
1222	0.02	3.25	1.12	0.88	206	295	241	26
1224	0.903	2.04	1.36	0.39	68	230	165	58
1226	2.06	5.64	3.61	1.25	205	303	224	21
1233	0	0.12	0.06	0.04	198	284	231	23
1237	0.675	2.39	1.49	0.56	203	283	243	26
1302	1.86	5.93	4.29	1.43	209	318	263	25
1307	0.176	0.68	0.43	0.15	181	283	249	28
1314	0.834	5.39	2.82	1.48	204	287	244	26
1335	4.75	22.90	13.35	6.68	79	292	247	48
1401	1.7	9.80	5.02	2.30	27	357	214	117
1402	13	52.20	34.52	10.92	178	347	250	47
1413	3.98	16.60	9.16	4.14	123	321	246	48
1414	5.4	7.90	6.37	0.74	1	336	229	117
1418	1.6	2.95	2.54	0.47	215	286	254	22
1501	3.26	18.20	10.56	4.84	31	361	222	105
1517	0.016	2.56	1.00	0.86	100	349	239	65
1535	2.25	6.35	3.87	1.31	1	283	219	80
1611	0.067	0.22	0.13	0.05	175	283	247	31
1612	0.03	0.62	0.18	0.19	181	275	239	27
1712	5.25	7.62	6.94	0.92	204	318	252	32
1714	15.6	23.60	18.56	2.77	205	304	249	28
1801	8.63	12.80	11.11	1.31	14	361	250	89
1905	0.04	1.26	0.80	0.48	160	290	230	42
2006	1.1	3.56	2.05	0.71	218	281	243	22
2122	1.97	7.92	4.98	1.74	218	282	249	17
2124	4.68	5.90	5.46	0.44	6	342	186	89
2131	0.09	0.62	0.30	0.17	1	349	257	82
2151	6.29	16.10	10.54	3.09	12	358	168	135
2218	3.27	7.38	5.66	1.25	0	345	154	133
2232	4.84	8.40	6.62	1.39	7	340	164	127
2233	0.91	1.62	1.31	0.24	8	345	174	140
2304	2.67	5.15	4.04	0.76	2	359	170	147
2323	0.836	15.60	6.69	3.95	34	280	228	52
2409	0.536	2.77	1.74	0.71	23	284	167	97
2610	1.9	2.97	2.56	0.35	9	323	250	63
2612	0	7.58	4.13	3.03	16	364	226	113

3.2. Eğilim Analizleri

Düşük akımlar da görülen değişimlerin büyüklüğü ve düşük akımların gerçekleşme zamanında meydana gelen değişimler 1951-2010, 1971-2010 ve 1991-2010 dönemleri için (60, 40 ve 20 yıllık dönemler için) incelenmiştir. Meydana gelen kayma miktarı gün/yıl cinsiden ifade edilmiştir. Düşük akımlarda görülen değişimlerin büyüklüğü ise m^3/sn/yıl cinsinden ifade edilmiştir. Sonuçlar Tablo 3.4, Tablo 3.5, Tablo 3.6 ve Tablo 3.7 ve Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de sunulmaktadır. Tespit edilen eğilimlerin anlamlılığı 0.05 düzeyinde değerlendirilmiştir.

1951-2010 dönemi 60 yıllık veriye sahip olan 11 istasyondan dokuzu (81%) düşük akımlarda anlamlı değişimler göstermiştir. Bu dokuz istasyonun sekizinde anlamlı düzeyde negatif eğilim görülmüştür. 11 istasyonda görülen değişim -0.29 m^3/sn/yıl ile 0.15 m^3/sn/yıl arasında değişmiş ve ortalama değişim hızı -0.05 m^3/sn/yıl'dır. (Tablo 3.4 ve Tablo 3.5)

1971-2010 dönemi 40 yıllık veriye sahip olan 55 istasyondan otuz dördü (62%) düşük akımlarda anlamlı değişimler göstermiştir. Bu otuz dört istasyonun otuzu anlamlı düzeyde negatif eğilim, 55 istasyonda görülen değişim -0.78 m^3/sn/yıl ile 0.10 m^3/sn/yıl arasında değişmiş ve ortalama değişim hızı -0.07 m^3/sn/yıl'dır (Tablo 3.4 ve Tablo 3.5).

1991-2010 dönemi 20 yıllık veriye sahip olan 56 istasyondan on beşi (27%) düşük akımlarda anlamlı değişimler göstermiştir. Bu on beş istasyonun onu anlamlı düzeyde negatif eğilim, 56 istasyonda görülen değişim -0.66 m^3/sn/yıl ile 0.38 m^3/sn/yıl arasında değişmiş ve ortalama değişim hızı -0.04 m^3/sn/yıl'dır (Tablo 3.4 ve Tablo 3.5).

Tablo 3.4. Düşük akımlarda pozitif ve negatif eğilim görülen istasyonların sayıları (yüzdeleri).

Zaman Aralığı	**1950-2010**	**1970-2010**	**1990-2010**
Seri Uzunluğu (yıl)	60	40	20
İstasyon Sayısı	11	55	56
Anlamlı eğilim gösteren istasyon sayısı (yüzdesi)	9 (81%)	34 (62%)	15 (27%)
Anlamlı negatif eğilim gösteren istasyon sayısı	8	30	10

Tablo 3.5. Düşük akımlarda görülen değişimlerin büyüklüğü (m^3/sn/yıl cinsinden)

Zaman Aralığı	1950-2010	1970-2010	1990-2010
Ortalama	-0.05	-0.07	-0.04
Standart Sapma	0.11	0.15	0.16
Minimum	-0.29	-0.78	-0.66
Maksimum	0.15	0.10	0.38

1951-2010 dönemi 60 yıllık veriye sahip olan 11 istasyondan hiçbiri (0%) düşük akımların gerçekleşme zamanında anlamlı değişimler (kayma) göstermemiştir. Dolayısıyla anlamlı negatif ve anlamlı pozitif eğilim gösteren istasyon bulunmamaktadır. 11 istasyonda görülen değişim –0.85 gün/yıl ile 0.60 gün/yıl arasında değişmiş ve ortalama değişim hızı -0.01 gün/ yıl veya 60 yıllık dönemde 0.6 gün olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.6 ve Tablo 3.7).

1971-2010 dönemi 40 yıllık veriye sahip olan 55 istasyondan beşi (9%) düşük akımların gerçekleşme zamanında anlamlı değişimler (kayma) göstermiştir. Bu beş istasyonun beşi de anlamlı pozitif eğilim (yani daha geç zamanda gerçekleşme) görülmüştür. 55 istasyonda görülen değişim –1.01 gün/yıl ile 3.38 gün/yıl arasında değişmiş ve ortalama değişim hızı 0.18 gün/ yıl veya 40 yıllık dönemde 7.2 gün olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.6 ve Tablo 3.7).

1991-2010 dönemi 20 yıllık veriye sahip olan 56 istasyondan altısı (11%) düşük akımların gerçekleşme zamanında anlamlı değişimler (kayma) göstermiştir. Bu altı istasyonun altısı da anlamlı pozitif eğilim (yani daha geç zamanda gerçekleşme) görülmüştür. 56 istasyonda görülen değişim –3.83 gün/yıl ile 9.53 gün/yıl arasında değişmiş ve ortalama değişim hızı 0.18 gün/ yıl veya 20 yıllık dönemde 3.6 gün olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.6 ve Tablo 3.7).

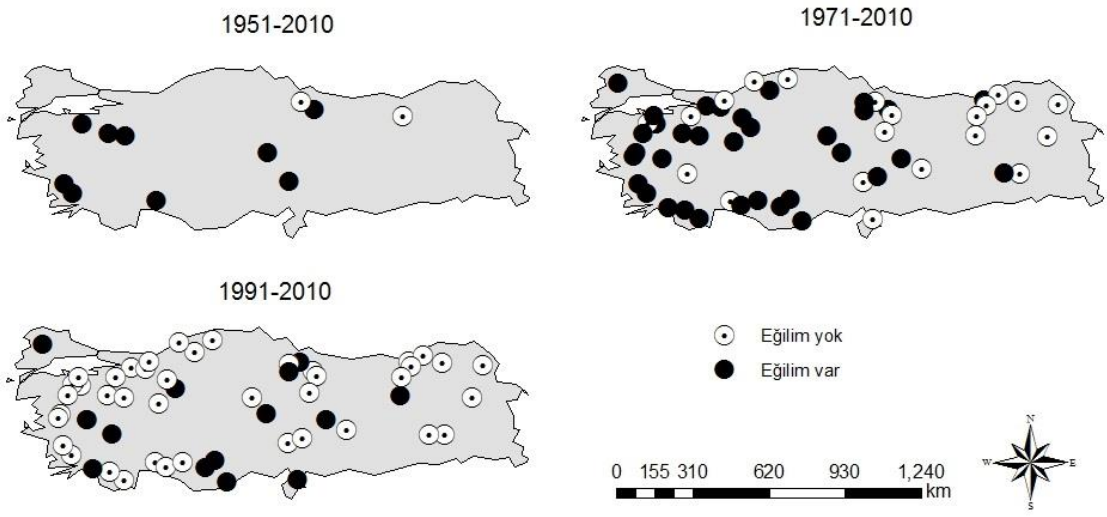
Tablo 3.6. Düşük akımların gerçekleşme zamanında pozitif ve negatif eğilim görülen istasyonların sayıları (yüzdeleri). Pozitif eğilim daha geç, negatif eğilim ise daha erken gerçekleşme durumunu ifade etmektedir.

Zaman Aralığı	1950-2010	1970-2010	1990-2010
Seri Uzunluğu (yıl)	60	40	20
İstasyon Sayısı	11	55	56
Anlamlı eğilim gösteren istasyon sayısı (yüzdesi)	0 (0%)	5 (9%)	6 (11%)
Anlamlı negatif eğilim gösteren istasyon sayısı	0	0	0
Anlamlı pozitif eğilim gösteren istasyon sayısı	0	5	6

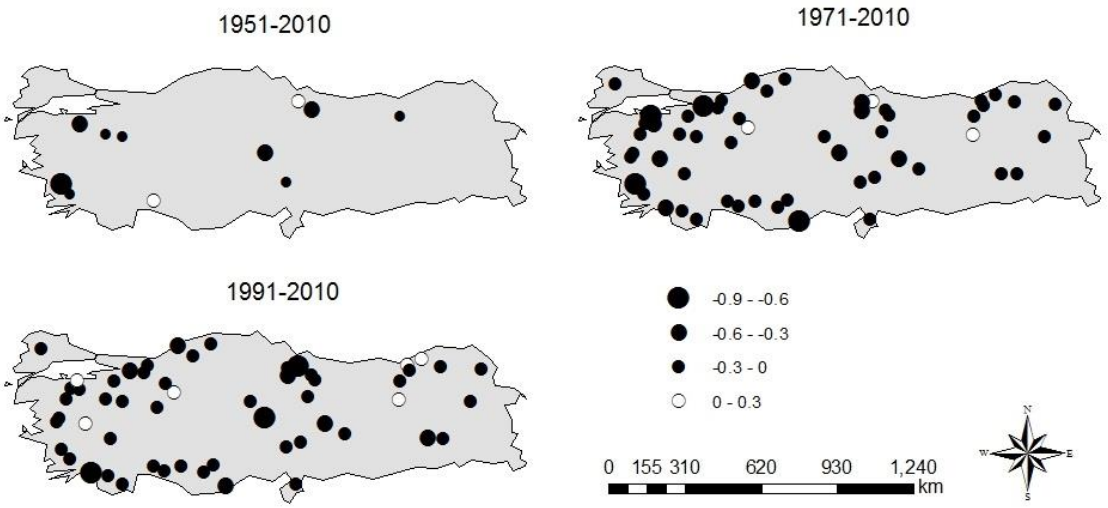
Tablo 3.7. Düşük akımların gerçekleşme zamanında görülen değişimlerin büyüklüğü (gün/yıl cinsinden)

Zaman Aralığı	**1950-2010**	**1970-2010**	**1990-2010**
Ortalama	-0.01	0.18	0.18
Standart Sapma	0.40	0.76	2.19
Minimum	-0.85	-1.01	-3.83
Maksimum	0.60	3.38	9.53

Düşük akımların büyüklüğünde meydana gelen eğilimler 1951-2010, 1971-2010 ve 1991-2010 üç dönem olarak Şekil 3.1 ve Şekil 3.2' de verilmiştir. Haritalardan da anlaşılacağı üzere, anlamlı eğilimler olduğu görülmüştür. Eğilimler özellikle Batı ve Güney Türkiye'de düşük akımların büyüklüklerinde önemli düşüşler olduğunu göstermiştir. Eğilimler 1971 ile 2010 yılları arasında en güçlü, bu da son yıllarda değişimlerin hızlandığını göstermektedir.

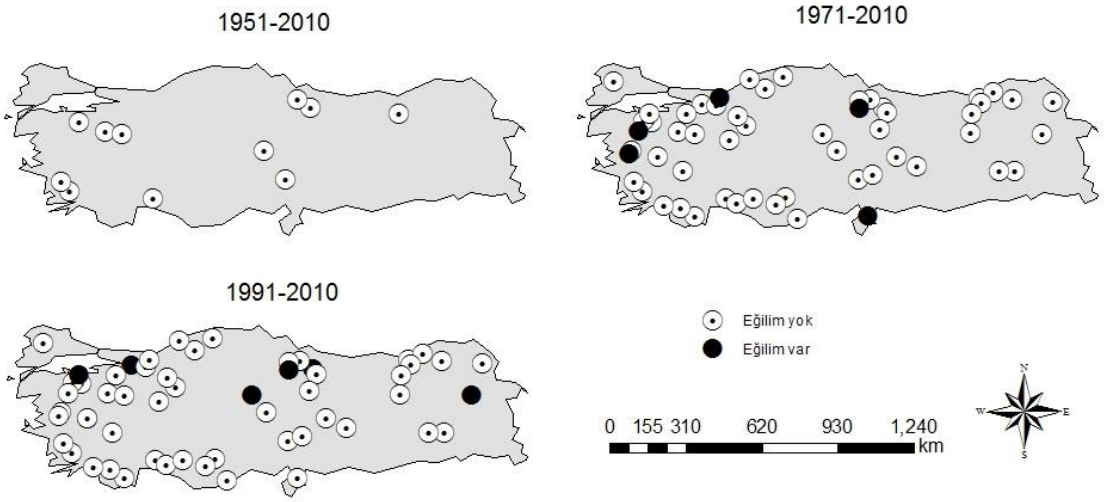


Şekil 3.1. Düşük akımların büyüklüğünde meydana gelen eğilimler

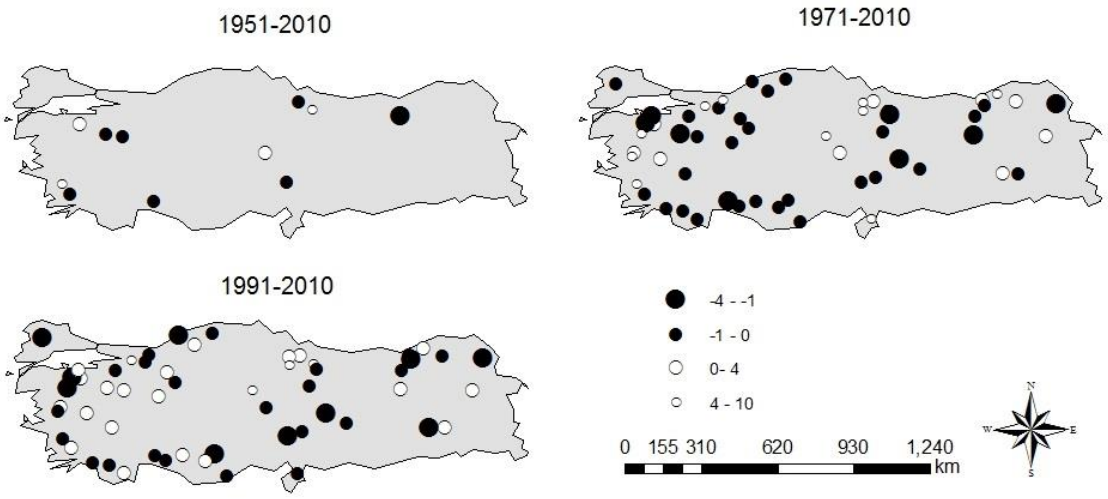


Şekil 3.2. Düşük akımlarda bulunan eğilimlerin büyüklüğü (m^3/sn/yıl)

Düşük akımların gerçekleşme zamanında meydana gelen eğilimler 1951-2010, 1971-2010 ve 1991-2010 üç dönem olarak Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de verilmiştir. Haritalardan da anlaşılacağı üzere, düşük akımların gerçekleşme zamanında eğilimleri çoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ancak özellikle 1971-2010 ve 1991-2010 yılları arasında değişimlerin hızlandığı görülmektedir.

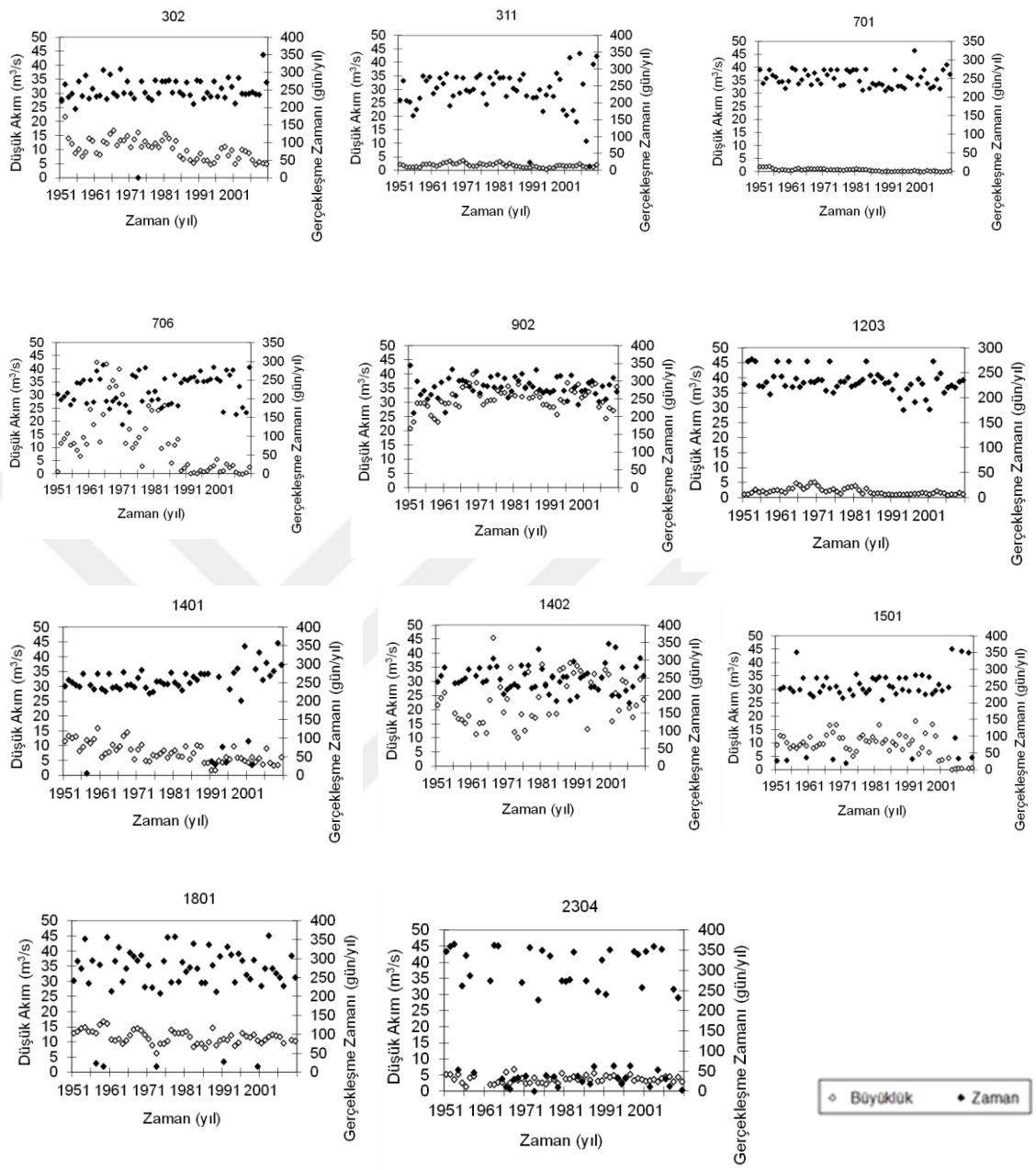


Şekil 3.3. Düşük akımların gerçekleşme zamanında meydana gelen eğilimler



Şekil 3.4. Düşük akımların gerçekleşme zamanında bulunan eğilimlerin büyüklüğü (gün/yıl)

60 yıllık veriye sahip olan 1951-2010 yılları arasındaki istasyonlarda ölçülen düşük akım değerleri ve bu değerlerin gerçekleştiği günlerin yıllar itibariyle değişimi Şekil 3.5'de verilmektedir. Bu istasyonlar arasında yer alan istasyonlarda düşük akımın gerçekleşme zamanında anlamlı değişim tespit edilmiştir.



Şekil 3.5. 60 yıllık veriye sahip 11 istasyonda ölçülen düşük akım verileri ve bu akımların gerçekleştiği günler

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Düşük akımlar ya göllerden ya bataklıktan ya da yer altı suyundan boşaltılan yüzey suyu tarafından meydana gelir. Birçok doğal ve antropojenik süreçler büyüklükleri ve zamanlamaları belirlemede etkilidir [58]. Önemli olan doğal faktörler arasında iklim, topografya, jeoloji, topraklar ve arazi örtüsü kullanımı bulunmaktadır. Havzada yer altı suyu soyutlaması veya arazi örtüsü kullanımı değişiklikleri, barajların inşaatı, nehirlerden su çıkarma ve nehirlere akan suyun boşaltılması insan kaynaklı veya antropojenik etkilerdir.

Türkiye'deki nehir akışlarındaki düşük akım analizleri, düşük akımların büyüklüğünde tutarlı bir değişim olduğunu göstermiştir. Özellikle Türkiye'nin batı ve güney bölgelerinde aşağı yönlü eğilimler gözlemlenmiştir. Düşük akımların zamanlamasında bazı değişiklikler de tespit edilmiştir. İklimsel faktördeki değişiklikler, düşük akımların büyüklüğü ve zamanlamasındaki değişiklikler için muhtemel nedenlerden biri olabilir.

Türkiye'de iklim parametrelerindeki (yani, yağış ve sıcaklık) değişiklikleri inceleyen birkaç çalışma bulunmaktadır. Partal ve Kahya [54] 1929-1993 dönemi için 96 hava istasyonunda aylık ve ortalama yıllık yağış serilerindeki eğilimleri incelemiştir. Batı, güney ve kuzeydeki ortalama yıllık, Ocak, Şubat ve Eylül aylarında yağış seviyelerinde belirgin düşüş (negatif) eğilimler bulmuşlardır. Türkeş v.d. [59] 1929'dan 2002' ye kadar Türkiye'de 97 hava istasyonundaki mekânsal ve zamansal değişimleri araştırmıştır. Analizleri, kış mevsiminde (Aralık, Ocak ve Şubat) yağışların eğiliminin batı ve güneyde görülen "Akdeniz" ve "Akdeniz geçiş" iklim tiplerinde görüldüğünü ortaya koymuştur. Bu bölgelerdeki yıllık yağış miktarı da düşüş eğilimi göstermiştir, ancak kış serilerindeki eğilimler kadar güçlü değildir. Türkeş v.d. [59] Ocak, Şubat ve Eylül aylarında güçlü düşük eğilimlerin varlığını doğrulamıştır. Kış yağış miktarlarının azalması, daha az kar birikimi olduğu anlamına gelir. Daha az kar, nehirlerin taban

akışını azaltan bir faktör olabilir. Buna ek olarak, Eylül yağışındaki güçlü düşüş eğilimleri, sık sık yaz aylarında karakterize edilen kuru dönemin daha uzun sürdüğünü göstermektedir. Daha önceki çalışmalardan görülebileceği gibi, Türkiye'de yağış miktarı ve dağılımındaki değişim, düşük akım değişikliklerinin sonuçlarından biri olabilir. Türkiye'deki sıcaklık seviyelerindeki değişiklikler daha önce araştırılmıştır. Kadıoğlu, [60] Türkiye genelindeki 18 istasyondan hava sıcaklığı verilerindeki eğilimleri incelemiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi dışındaki ortalama yıllık seride önemli bir eğilim bulunmamıştır. Tayanç v.d. [61] 1951-2004 arasındaki 51 istasyondan sıcaklık serilerindeki eğilimleri araştırmıştır. Tüm sıcaklık serileri için hesaplanan yıllık ortalamalar, güney ve güney doğu bölgelerinde önemli derecede ısınmayı ve kuzeydoğudaki önemli soğumayı göstermektedir. Daha yüksek sıcaklık, yaz aylarında yüksek buharlaşma seviyeleri ile ilişkilendirilir, bu da akarsu akışlarını düşürebilir. Kış sıcaklıklarındaki artışlar, kışın yağışın kar yerine yağış biçiminde olduğu anlamına gelir. Bu da taban akışlarındaki azalmaya neden olabilir.

Düşük akış modellerinde değişikliklere neden olabilecek bir diğer faktör de arazi kullanım değişiklikleridir. Maalesef, Türkiye üzerinden arazi kullanım değişikliklerini araştırmak için herhangi bir çalışma mevcut değildir. Düşük akışların ve arazi kullanım değişikliklerinin ne kadar bağlı olduğunu belirlemek için daha fazla araştırma gereklidir.

Bu çalışmada, Türkiye'de düşük akımların büyüklüğü ve zamanlaması değişiklikleri araştırılmıştır. Analiz, özellikle Batı ve Güney Türkiye'de düşük akımların büyüklüklerinde önemli düşüşler, gerçekleşme zamanında ise kaymalar olduğunu göstermiştir. Eğilimler 1971 ile 2010 yılları arasında en güçlü, bu da son yıllarda değişimlerin hızlandığını göstermektedir. Düşük akımlardaki belirgin değişimlerin gözlemlendiği bölgelerde, düşük akımlardaki değişimler, iklim değişikliklerine bağlı olabilir. Düşük akımlardaki değişiklikler için arazi kullanımı değişikliği diğer muhtemel neden olabilir, ancak arazi kullanımı ve düşük akış değişiklikleri arasındaki bağlantıyı belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu tez çalışması, su kaynaklarının planlamasında yönetiminde, tarımsal üretimde, suda yaşayan bazı canlıların habitatlarında ve flora-fauna çalışmalarında kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. 2000. Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.

2. IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

3. Aparı Çetinsoy F.F. 2010. Küresel İklim Değişikliği: Avrupa Birliği ve Türk Tarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

4. Batan, M., 2014. Küresel İklim Değişikliği ve Beklenen Sonuçları, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Diyarbakır

5. **http://www.mgm.gov.tr/kurumsal/haberler.aspx?y=2014&f=ipccsentez** (Erişim Tarihi: Şubat 2017)

6. Şahin, S., 2013. Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye'deki Su Kaynaklarına Etkileri, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum

7. Öztürk, K., 2002. Küresel İklim Değişikliği Ve Türkiye'ye Olası Etkileri, **G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 22**(1):47-65.

8. Usul, N., 2008. Mühendislik Hidrolojisi, ODTÜ yayıncılık, ANKARA, Eylül

9. Türkeş, M., 1998a. İklimsel Değişebilirlik Açısından Türkiye'de Çölleşmeye Eğilimli Alanlar. DMİ/İTÜ II. Hidrometeoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 45-57, T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İsleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

10. Douglas, E.M., Vogel, R.M., Kroll, C.N., 2000. Trends in Floods and Low Flows in the United States; Impact of Spatial Correlation; **Journal of Hydrology., 240**, 90-105.

11. Hodgkins G.A., Dudley R.W., Huntington T.G., 2003. Changes in the timing of high river flows in New England over the 20th Century, **Journal of Hydrology**., Pages 244–252

12. Daqing Y., Douglas L. K., Larry D. H., Xuebin Z., Tingjun Z., 2002. Hengchun Y., Siberian Lena River hydrologic regime and recent change, **Journal of Geophysical Research: Atmospheres** 107(D23):4694, 2002

13. Lındström, G., Bergström, S., February 2004. Runoff trends in Sweden 1807–2002 Hydrological Sciences–**Journal–des Sciences Hydrologiques, 49**(1)

14. Groisman,P., Knight, R., and Karl, T., February 2001. Heavy Precipitation and HighStreamflow in the Contiguous United States: **Trends in the Twentieth Century,** 82(2).

15. Svensson C., Kundzewıcz Z. W., Maurer T., 2005. Hydrological Sciences–**Journal–des Sciences Hydrologiques, 50**(5).

16. Pinter N., Ickes B.S., Wlosinski J.H., Van der Ploeg R.R. 2006. **Journal of Hydrology 331**:554– 566

17. López-Moreno J. I., Beguería S., García-Ruız J.M. 2006. Hydrological Sciences–Journal–**des Sciences Hydrologiques, 51**(6).

18. Gan, Y.T., 1998. Hydroclimatic Trends and Possible Climatic Warming in the Canadian Praires. **Water Resources, 34**(11):3009–3015.

19. Langan, S.J., Johnston, L., Donaghy, M.J., Youngson, A.F., and Hay, D.W., Soulsby, C., 2001. Variation in River Water Temperatures in an Upland Stream Over a 30-Year Period, **the Science of the Total Environment, 265**, 195- 207.

20. Morrison, J., Quıck, M.C. and Foreman, M. G. G., 2002. Climate Change in the Fraser River watershed: flow and temperature projections. **Journal of Hydrology, 263**:230-244.

21. Pilling, C.G. and Jones, J.A.A., 2002. The Impact of Future Climate Change on Seasonal Discharge, Hydrological Processes and Extreme Flows in the Upper Wye Experimental Catchment, Mid-Wales, **Hydrological Processes, 16**(6), 1201-1213.

22. Werritty, A., 2002. Living with Uncertainty: Climate Change, River Flows and Water Resource Management in Scotland. **The Science of the Total Environment, 294**, 29-40.

23. Legesse, D., Vallet-Coulomb, C. and Gasse, F., 2003. Hydrological Response of a Catchment to Climate and Land use Changes in Tropical Africa: case study South Central Ethiopia. **Journal of Hydrology, 275**, 67-85.

24. Yue, S., Hashıno, M., 2003. Long Term Trends of Annual and Monthly Precipitation in Japan. **Journal of the American Water Resources Association, 39**(3):587–596.

25. Fu, G., Chen, S., Lıu, C., and Shepard, D., 2004. Hydro-Climatic Trends of the Yellow River Basin for the Last 50 Years. **Climatic Change, 65**(1-2):149-178.

26. Gemmer, M., Becker, S., and Jıang T., 2004. Observed Monthly Precipitation Trends in China 1951–2002. **Theoretical and Applied Climatology, 77**(1–2):39–45.

27. Gong, Dao- Y, Shi Pei- Jun, Wang Jng- A, 2004. Daily Precipitation Changes In the Semi- Arid Region Over Northern China. **Journal of Arid Environment, 59**(4) : 771-784

28. Thomson, A. M, Brown, R. A., Rosenberg, N. J..,Srnvasan, R. And Izaurralde, R. C., 2005. Climate Change Impacts for The Conterminous Usa: an Integrated Assessment. **Climatic Change, 69**: 67–88.

29. Nawaz, N.R., Adeloye, A.J., 2006. Monte Carlo Assessment of Sampling Uncertainty of Climate Change Impacts on water Resources Yield in Yorkshire, England. **Climatic Change, 78**: 257–292.

30. Ye, Q., Glantz, M. H., 2005. The 1998 Yangtze Floods: The Use Of Short-Term Forecasts in The Context Of Seasonal To Interannual Water Resource Management. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 10**: 159–182.

31. Jiang, C., Wang, F., 2016. Temporal changes of streamflow and its causes in the Liao River Basinover the period of 1953–2011, northeastern China, **Catena 145**: 227-238

32. Marini, G., Zollo, R., Fontana, N., Giugni, M., Singh, V.P., 2016. Variability and trends in streamflow in northeast United States, **Procedia Earth and Planetary Science, 16**:156–165.

33. Dudley, R.W., Hodgkins, G.A., McHale, M.R., Kolian, M.J., Renard, B., 2017. Trends in snowmelt-related streamflow timing in the conterminous United States, **Journal of Hydrology 547**:208–221

34. Karabörk M., Ç., Kahya E., 2000. El Nino ve La Nina olaylarının Türkiye'deki nehir akımları ve yağış değerleri üzerindeki etkileri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi

35. Karabörk M., Ç., Kahya E., 1997. Yıllık ve aylık akımların stokastik modellenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

36. Şen O., Kahya E., 2011. Türkiye akım değişkenlerinin hidrolojik homojen bölgelerinin tayini, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

37. Partal T., Kahya E., Cığızoğlu K., 2007. Türkiye yağış miktarlarının yapay sinir ağları ve dalgacık dönüşümü yöntemleri ile tahmin Edilmesi, **İTÜ Dergisi/D mühendislik 7(3):73-85** Haziran 2007

38. Martı A., İ., Kahya E., 2007. Türkiye'deki Akım, Yağış Ve Sıcaklık Verilerinin Güneyli Salınımla Olan İlişkilerinin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya

39. Yıldız, M., Malkoç, Y., 2000, Türkiye Akarsu Havzaları ve Hidrolojik Kuraklık Analizi, EİE, Ankara, 2000.

40. Cığızoğlu, H.K., Bayazıt, M., Önöz, B., Yıldız, M., Malkoç, Y., 2004. Türkiye Nehirleri Taşkın, Ortalama ve Düşük Akımlarındaki Trendler; IV Ulusal Hidroloji Kongresi, 21-25 Haziran 2004, İstanbul.

41. Demirel M., C., Kahya E., 2004. Cluster analysis of streamflow data over Turkey, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

42. Angı, M., Özkaya M., 2004. Türkiyede Yüzeysel Akımlar ve Trendleri; IV Ulusal Hidroloji Kongresi, 21- 25 Haziran 2004, İstanbul.

43. Büyükkaracığan N., Kahya E., 2009. Konya Havzası Akarsuları Yıllık Pik Akım Serilerinin Taşkın Frekans Analizi. **Journal of Technical-Online Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 8**(3).

44. Özel N., Kalaycı S., Sevimli M. F., Büyükyıldız M., 2004. Sakarya Nehri Havzası Aylık Akım Verilerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Trend Analizi. **Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Dergisi 19**(2).

45. Tekkanat İ. S., Sarış F. 2015. Porsuk Çayı Havzasında akarsu akımlarında gözlenen uzun dönemli eğilimler, **Türk Coğrafya Dergisi, 64**: 69-83.

46. Kadıoğlu, M., Toros, H., ve Kurtuluş, B., 1994. Küresel Isınma ve Türkiye' de Yağış Trendleri. T.C. Bayındırlık ve İskan Bak. DSİ Genel Müd., 40. Kuruluş Yılı, Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirme Konferansı Bildirileri, Cilt. 1, Ankara, 467–476.

47. Türkeş, M., Sümer, U.M., ve Kılıç, G., 1995. Variations and Trends in Annual Mean Air Temperatures in Turkey With Respect to Climatic Variability. **International Journal Climatol., 15**: 557-569.

48. Türkeş, M., 1996. Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. **International Journal of Climatology 16**:1057–1076.

49. Yılmaz, İ., 1999. Doğu Karadeniz Havzasındaki İklim Trendleri ve Olası Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 84s.

50. Kosif, K., 1999. Yeşilırmak Havzası İklim Parametrelerinin Trend Analizi. Yüksek Lisans Tezi, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 244s

51.Turan, F., 2002. Türkiye'nin Su ve Toprak Kaynakları Potansiyeli ve Gelişimi. TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 420-421-422 / 2002/4-5-6.

52. Tecer, L.H., Okutan, H. ve Cert, O., 2004. İklim Değişimi: 1975-2001 Periyodunda Rize Yağış ve Sıcaklık Trendlerinin Analizi. *I. Ulusal Çevre Kongresi*,13–15 Ekim, 355–365.

53.Yeşilata, B., Bulut, H., Yeşilnacar, M.., 2004. GAP Bölgesinde Sıcaklık ve Nem Parametrelerindeki Baraj Gölü Kaynaklı Değişim Trendinin Araştırılması. **Tesisat Mühendisliği Dergisi,** 83:21-31.

54. Partal, T ve Kahya, E., 2006. Trend Analysis in Turkish Precipitation Data. **Hydrology Processes 20**(9):2011–2026.

55. Demir, İ., Kılıç, G., Coşkun, M., Sümer, U.M. 2008. Türkiye'de Maksimum, Minimum ve Ortalama Hava Sıcaklıkları ile Yağış Dizilerinde Gözlenen Değişiklikler ve Eğilimler. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 69-84. TMMOB adına TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, Ankara.

56. Yenigün, K., Gümüş, V., Bulut, H., 2008. Trends in Streamflow of The Euphrates Basin, Turkey. **Proceedings of The Institution of Civil Engineers Water Management, 161**(WM4): 189–198.

57. Helsel, D.R., Hirsch, R.M.: 1992. Statistical Methods in Water Resources, **Elsevier Science**, 323-326

58. Smakhtin, V.U., 2001. Low flow hydrology: A review. **Journal of Hydrology 240**:147-186

59. Türkeş, M., Koç, T., Sariş, F., 2009. Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. **International Journal of Climatology,** 29:1056-1074

60. Kadioğlu, M., 1997. Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey. **International Journal of Climatology, 17**:511-520

61. Tayanç, M., Im, U., Doğruel, M., Karaca, M., 2009. Climate change in Turkey for the last half century. **Climatic Change, 94** (3-4):483-502

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Özge GÜZEL ŞAHAN
Uyruğu: Türkiye (TC)
E-mail: ozgeguzel@outlook.com
Doğum Tarihi ve Yeri: 02 Haziran 1987, Ergani-Diyarbakır

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	2017
Lisans	EÜ Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölüm	2012
Lise	Fatih Lisesi, Diyarbakır	2004

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2014-Halen	TEİAŞ 11. Bölge Müdürlüğü (Kayseri)	Çevre Mühendisi
2013-2014	Koza İş Dünyası Çevre Danışmanlık Firması (Kayseri)	Çevre Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce (Orta)