



İSKENDERUN TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**TÜRKİYE'DEKİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ
VE YAĞIŞ DAĞILIŞININ
HİDROELEKTRİK ENERJİ
KAZANIMI ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİ**

Umut BULUT

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

TEMMUZ 2021



**TÜRKİYE'DEKİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE YAĞIŞ DAĞILIŞININ
HİDROELEKTRİK ENERJİ KAZANIMI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Umut BULUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2021

Umut BULUT tarafından hazırlanan “TÜRKİYE’DEKİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE YAĞIŞ DAĞILIŞININ HİDROELEKTRİK ENERJİ KAZANIMI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Abdulla SAKALLI

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Başkan: Doç. Dr. Abdulla SAKALLI

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Üye: Prof. Dr. Hüseyin YAPICI

Nükleer Araştırma Anabilim Dalı, Erciyes Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Yunus EROĞLU

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Tez Savunma Tarihi: 02/07/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Umut BULUT

02/07/2021

TÜRKİYE’DEKİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE YAĞIŞ DAĞILIŞININ HİDROELEKTRİK ENERJİ KAZANIMI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Umut BULUT

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2021

ÖZET

Gün geçtikçe artan Dünya nüfusu ve ardından gelen tüketim isteğine bağlı üretim, iklim değişikliğini beraberinde getirmektedir. Alışlagelmiş Türkiye iklimindeki değişimlerle son yıllarda atmosferde oluşan tahribatın yansımaları açıkça görmek mümkündür. Bu çalışmada artan nüfusun enerji talebine karşılık hidrolojik enerji kaynaklarının iklim değişikliğinden ne ölçüde muzdarip olduğu konusunda analizler gerçekleştirilmiştir. 1979-2019 yılları arasında Türkiye’nin ortalama yağış ve sıcaklık miktarları ERA5 uydu verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Türkiye’nin 30 yıllık veri analizine göre, ortalama alansal yağış miktarı 527,61 mm ortalama sıcaklık değeri ise 13,34°C bulunmuştur. Son 30 yıllık sürede sıcaklık ve yağış parametrelerinde ciddi değişiklikler saptanmıştır. 1979-2019 yılları arasında ortalama sıcaklık değerinde 0,87°C artış, yağış miktarında ise 45,89 mm’lik azalış değeri tespit edilmiştir. Bu parametrelerin etkilerini değerlendirebilmek adına DSİ Akım ve Gözlem Yıllıklarından belirlediğimiz 5 istasyonun kayıt altına alınan yıllardaki debi miktarları temin edilmiştir ve bu istasyonların topoğrafik özellikleri incelenmiştir. Artan sıcaklık ve azalan yağış miktarlarına göre beş istasyonun dördünde tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. 1979-2019 yılları arasında ortalama alansal yağışın arttığı yıllarda istasyonlardaki debi miktarlarında artış gözlenmiştir. Türkiye’nin bu süre zarfında ortalama sıcaklık değerinin üstünde gerçekleşen yıllarda ise istasyonlardan dördünün kurak aylar geçirdiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler : İklim değişikliği, yağış, sıcaklık, topografya

Sayfa Adedi : 51

Danışman : Doç. Dr. Abdulla SAKALLI

Impacts of Climate Change and Distribution of Precipitation on Hydroelectric Power
Generation in Turkey
(M. Sc. Thesis)

Umut BULUT

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

July 2021

ABSTRACT

The world population increasing day by day and the subsequent consumption demand, brings climate change with it. It is possible to clearly see the reflection of the damage in the atmosphere in recent years with the changes in the usual Turkish climate. In this study, analyzes have been carried out on the extent to which hydrological energy resources are affected by climate change in response to the energy demand of the increasing population. Between 1979 and 2019, Turkey's average precipitation and temperature amounts were analyzed using ERA5 satellite data. According to the 30-year data analysis of Turkey, the average areal precipitation amount was found to be 527.61 mm and the average temperature value was 13.34 ° C. In the last 30 years, serious changes have been detected in temperature and precipitation parameters. Between 1979 and 2019, an increase of 0.87 ° C in the average temperature value and a decrease of 45.89 mm in the amount of precipitation were determined. In order to evaluate the effects of these parameters, the recorded flow rates of 5 stations determined from DSI Flow and Observation Annuals were obtained and the topographic characteristics of these stations were examined. Consistent results were obtained at four of the five stations, based on increasing temperature and decreasing precipitation. Between 1979 and 2019, an increase was observed in the amount of flow at the stations in the years when the average areal precipitation increased. It was determined that four of the stations had dry months in years that were above the average temperature value of Turkey during this period.

Key Words : Climate change, precipitation, temperature, topography
Page Number : 51
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Abdulla SAKALLI

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimin boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Abdulla SAKALLI'ya, zor zamanlarımda desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme, aramızdan ayrılan ama her zaman yanımda olduğunu bildiğim canım babam Edip BULUT'a, çalıőmalarımda desteğini esirgemeyen arkadaőım Mehmet Uğur GÜÇEL'e, daima bilim adına destekten kaçınmayan TÜBİTAK'a 2170394 numaralı "İklim Değişikliği ve İklimde Meydana Gelen Ekstrem Durumların Bitkilerin Fenolojik Evreleri, Ürün Miktarı, Biyokütle ve Karbon Tutma Kapasiteleri Üzerine Olan Etkilerin İncelenmesi" konulu proje kapsamında araőtırdıęım "Geçmiőten Günümüze Aşırı Hava Olaylarının Bitkilerdeki Fenolojik Evreler Üzerine Etkileri" konulu proje kapsamında burs yardımlarından dolayı teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
HARİTALARIN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Dünya’da İklim Değişikliği	5
2.2. Türkiye’de İklim Değişikliği ve Hidroelektrik Enerji	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Hüseyinli istasyonu	9
3.1.2. Sarımsaklı Barajı Girişi istasyonu	9
3.1.3. Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu	10
3.1.4. Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonu.....	10
3.1.5. Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonu	11
3.2. Yöntem.....	11
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	13
4.1. Türkiye’nin Yağış Dağılımı.....	13
4.2. Türkiye’nin Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değişimi.....	15
4.3. Çalışma Kapsamında Belirlenen 5 İstasyonun Analiz Sonuçları	18

Sayfa

4.4. Kızılırmak Havzasındaki İstasyonların Topoğrafik Sonuçları	25
5. TARTIŞMA	30
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	33
KAYNAKÇA.....	35



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Hüseyinli istasyonu komşu gridleri	9
Çizelge 3.2. Sarımsaklı Baraj Giriş istasyonu komşu gridleri	10
Çizelge 3.3. Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu komşu gridleri	10
Çizelge 3.4. Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Giriş istasyonu komşu gridleri	11
Çizelge 3.5. Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonu komşu gridleri.....	11
Çizelge 4.1. Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası ortalama yıllık yağış miktarları	14
Çizelge 4.2. 1979-2019 yılları arası Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklıkları.....	16
Çizelge 4.3. Hüseyinli istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları	19
Çizelge 4.4. Sarımsaklı Baraj Giriş istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları	20
Çizelge 4.5. Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları.....	21
Çizelge 4.6. Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Giriş istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları.....	22
Çizelge 4.7. Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları.....	24

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Dünya'nın sektörlere göre yıllık CO ₂ emisyonları (1970-2018)	6
Şekil 2.2. Türkiye'deki sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı	7
Şekil 4.1. Türkiye'nin yıllık (1979-2019) ortalama yağış değişimi grafiği.....	15
Şekil 4.2. Türkiye'nin yıllık (1979-2019) ortalama sıcaklık değişimi grafiği.....	16
Şekil 4.3. Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası toplam ortalama yağış ve sıcaklık değişimi grafiği.....	18
Şekil 4.4. Hüseyinli istasyonu 2005-2015 yılları arası ortalama debi (m ³ /s) grafiği.....	20
Şekil 4.5. Sarımsaklı Baraj Girişi istasyonu 2005-2015 yılları arası ortalama debi (m ³ /s) grafiği.....	21
Şekil 4.6. Budaközü Deresi Kırankışla 2003-2015 yılları arası ortalama debi (m ³ /s) grafiği	22
Şekil 4.7. Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi 2001-2015 yılları arası ortalama debi (m ³ /s) grafiği.....	23
Şekil 4.8. Karasu İletim Kanalı Molu Hes 2008-2015 yılları arası ortalama debi (m ³ /s) grafiği.....	24
Şekil 4.9. Hüseyinli istasyonunun topoğrafik haritası	25
Şekil 4.10. Sarımsaklı Baraj Girişi istasyonunun topoğrafik haritası	26
Şekil 4.11. Budaközü Deresi Kırankışla istasyonunun topoğrafik haritası	27
Şekil 4.12. Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonunun topoğrafik haritası	28
Şekil 4.13. Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonunun topoğrafik haritası	29

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 4.1. 1979-2019 yılları arası bölgelere göre Türkiye'nin ortalama yağış miktarı (mm) haritası.....	13



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

%	Yüzde
km	Kilometre
m	Metre
mm	Milimetre
mm/gün	Milimetre bölü gün
m ³	Metreküp
m ³ /s	Metreküp bölü saniye
°C	Santigrat derece
°C/yıl	Santigrat derece bölü yıl
CO ₂	Karbondioksit
Gt	Gigaton

Kısaltmalar

Açıklamalar

BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi
DSİ	Devlet Su İşleri
ECMWF	Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi
GRİD	Karelenmiş
HES	Hidroelektrik Santral
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Problem Durumu/ Konunun Tanımı

İklimde oluşan değişiklik insanlığın varoluş sürecinden günümüze kadar doğal kaynakların kontrolsüz ve bilinçsiz kullanımının devam etmesi temeline dayanmaktadır.

Son yıllarda küresel iklim değişikliğine bağlı artan hava sıcaklığı ve azalan yağışlardan en çok etkilenen ülkelerden biri Türkiye olmuştur. Türkiye'nin karşılaştığı bu durum giderek artan enerji üretim isteğine karşılık verememektedir. Ülkemizde enerji üretim tesislerinin büyük bir parçasını oluşturan hidroelektrik santrallerinin sürdürülebilirliği için iklim değişikliğine bağlı yağış miktarlarının azalması ve kuraklığın artması en büyük tehdit unsurlarıdır. Öztürk, çalışmasında Türkiye'de iklim değişikliğinin neticesine bağlı kuraklığın etkilerini ekonomik kayıplar, çevresel etkiler, sosyal etkiler başlıkları altında toplamıştır. Kuraklığa bağlı hidrolojik kayıpların sonucuna göre su ürünlerinde kayıp, enerji üretiminde azalma, su kalitesinin bozulması kuraklığa bağlı kayıp olarak vurgulanmıştır [1]. Akdeniz ikliminde yer aldığı bilinen Türkiye'nin uzun süreli bölgesel yağış verileri ele alındığında bölgesel kuraklık olaylarının artacağı ve buna bağlı hidrolojik sistemlerin geleceğinin kritik seviyelerde olması gerçekliğiyle baş başadır [2].

Hidrolojik tesislerin geleceğı adına en büyük sorun olan kuraklığın temeli sıcaklık anomalilerinin artış yönünde seyretmesi sonucuna dayanmaktadır.

Tayanç ve diğerleri, tarafından yapılan çalışmada Türkiye'nin 1965-2014 arasındaki yılları içeren ortalama sıcaklık değerindeki artış tespit edilmiştir. Türkiye'nin 1965-2014 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık artışı 0,024°C bulunmuştur ve bu değer ile gelecekteki 50 yıllık süreçte 1,21°C'lik olağandışı artış değeri muhtemel bir sonuç olarak görülmektedir [3]. Demircan, Gürkan, Arabacı ve Coşkun, çalışmalarında ülkemiz adına geçmiş ve gelecek dönemleri kapsayan (2016-2099) sıcaklık analizlerinde 3°C-6°C arasında artış tespitinde bulunmuşlardır [4].

Türkiye'deki hidrolojik kaynaklı enerji üretim tesislerinin en çok nehir ve havzalardan elde edildiğı hesaba katıldığında ülkemizin sıcaklık değerlerinde ve yağış rejimlerinde

oluşabilecek düzensizliklerin akarsuların debi miktarlarını ve buna bağlı enerji üretim miktarlarını sekteye uğratacağı aşikârdır. Öte yandan incelenecek iklim parametrenin ülkenin geçmiş ve gelecek verileri göz önünde bulundurularak çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Kale, Tuzla, Gediz, Büyük Menderes nehirleri için iklimsel parametreleri dikkate alarak 2016-2020 yılları için yaptıkları çalışmada yıllık yağış miktarlarında 1,477 mm azalacağını vurgulamışlardır. Sıcaklık ve buharlaşma seviyelerinde artış, yağış miktarlarında ise azalış öngörülerek nehir akış miktarlarında ciddi bir risk oluşturması kanısındadırlar [5]. İlker ve Terzi, çalışmalarında 1980-2017 yılları arasında Kızılırmak Havzasında bulunan 8 istasyona ait aylık, mevsimsel ve yıllık sıcaklık değerleri MGM'den temin edilmiştir. Analiz edilen istasyonların sonuçlarına göre ortalama sıcaklıkta 0,032 °C/yıl - 0,104°C/yıl arasında artış tespit etmişlerdir [6]. Ercan ve Yüce, Kızılırmak Havzasında bulunan 36 istasyona ait 1975 ile 2015 yılları arasında yıllık yağış ve sıcaklık değişimleri incelemiştir. Bu hidrolojik ve meteorolojik parametrelere göre 40 yıllık süreçte istasyonların 1/9 oranında yağış miktarlarında azalma, 2/3 oranında ise sıcaklıkta artış trendi görülmektedir [7].

Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmaların sonuçlarına bakıldığında iklimde oluşacak bu tahribatın yıkıcı etkileri gelecek için Türkiye'nin en büyük tehdit unsurlarından biridir.

Araştırmanın Amacı

Dışa bağımlılığı azaltarak yenilenebilir enerji potansiyelini artırma planına sahip olan Türkiye'nin, iklim değişikliği sonucu hidrolojik kaynaklarının ne ölçüde etkilendiği araştırılarak gelecek adına bu kaynakların sürdürülebilir hedefe kavuşması amaçlanmıştır. Türkiye'nin 1979-2019 yılları arasında ortalama alansal yağış miktarları ve ortalama sıcaklıklarındaki değişimleri analiz edilerek Kızılırmak Havzasında referans sağlanan 5 istasyonun iklim değişikliğinden ne ölçüde etkilendiği göz önünde bulundurularak hidroelektrik enerji kazanımı üzerine literatüre katkıda bulunmak hedeflenmiştir.

Araştırmanın Önemi

Türkiye’de gün geçtikçe artan iklim anomalileri yenilenebilir enerji kaynaklarını oldukça etkilemektedir. Bu çalışmada Türkiye’de iklim değişikliğinin belirlenen zaman diliminde (1979-2019) DSI’ye bağlı 5 farklı istasyondaki debi miktarlarının ne ölçüde etkilendiği birçok parametreye bakılarak analiz edilmiştir. Bu konu hakkında geçmiş çalışmalar bulunmaktadır. Araştırmada literatürde bulunan diğer çalışmalara oranla daha fazla değişken belirlenmiş, aralarında bağlantı kurulmuş ve analiz edilmiştir. Bu çalışma Türkiye’de değişen iklim parametreleri ve istasyonların alansal yağış miktarları, buldukları bölgelerin coğrafi parametreleri ele alınarak hidroelektrik enerji kazanımı üzerine gerçekleştirilmiştir ve araştırma sonuçları gelecekteki çalışmalara örnek olacak potansiyele sahiptir.

Sınırlılıklar

Hidroelektrik enerji üretim tesislerinin ana parametresi debi miktarıdır. Türkiye’de iklim değişikliğine bağlı yağış düzensizlikleri istasyonlardaki enerji üretim kapasitesini etkileyen en ciddi problemdir. Enerji istasyonlarına giren düşük debi miktarı buna bağlı olarak santralin enerji çıktı gücünü düşürmektedir. Çevresel kaynaklı olmadığı sürece, istasyonların akış hacmini sınırlayan iklim değişikliği adına acil eylem planları üretilmelidir.

Tanımlar

İklim değişikliği, birçok nedene bağlı uzun yıllar sonucunda meydana gelen dünya yüzeyinde sıcaklık artışı, çeşitli bölgelerde yoğun yağış artışı veya düşüşü, kuraklık artışı gibi iklim parametrelerinin değişimi anlamına gelmektedir.

1992 yılında kabul edilen ve Türkiye dahil bir çok ülkenin üyesi konumunda bulunan BMİDÇS iklim değişikliği kavramını, “karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik” olarak tanımlamıştır [8].

HES (Hidroelektrik Santral) su kaynaklı enerji üretim tesisleridir. Türkiye’de bu ve bunun gibi su topluluklarının idaresini ve su parametrelerinin kayıtlarını tutan devlet kurumu DSİ’dir.



2. GENEL BİLGİLER

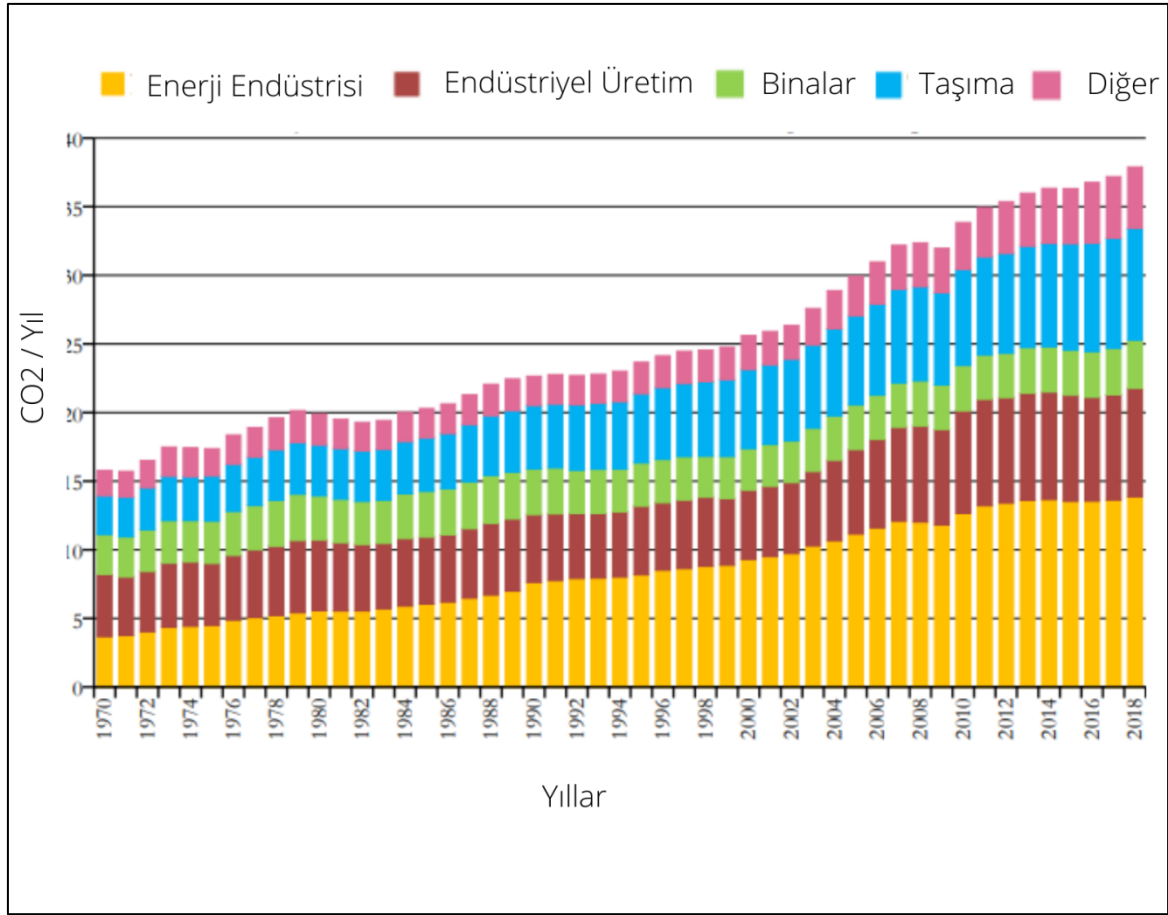
2.1. Dünya’da İklim Değişikliği

Özellikle Sanayi Devriminin başlangıcıyla ortaya çıkan dünya atmosferi için sakıncalı olan zehirli gazların birikimi Dünya’nın ve içerisinde bulunan neslin devamlılığı için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. IPCC raporunda belirtilen küresel iklim değişikliğinin insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının rolünün büyük olduğu belirtilmiştir. Ayrıca tahmini insan kaynaklı küresel ısınma, geçmiş ve devam eden emisyonlar nedeniyle on yılda bir 0,2°C artmaktadır. İnsan faaliyetlerinin yaklaşık 0,8°C ile 1,2°C aralığında, endüstri dönemi öncesi seviyelerden yaklaşık 1,0°C ısınmaya neden olduğu tahmin edilmektedir. Küresel ısınmanın mevcut hızda artmaya devam etmesi halinde 2030-2052 yılları arasında 1,5°C’ye, 2100 yılına kadar pik sıcaklık değeri 2°C’ye ulaşması muhtemeldir [9].

Dünya’nın birikim kapasitesi varoluş sürecinden günümüze kadar çevre kirliliğinin artması ile ciddi sorunları beraberinde getirmeye başlamıştır. 1970 yılından bu yana farkındalık yaratan bu sorunun temeli atmosfer tabakasına zarar veren CO₂ türevi zehirli gazların birikiminden kaynaklanmaktadır [10].

Dünya’nın atmosfer tabakasına zarar veren CO₂ gazlarının sektörel bazda payı oldukça fazladır. Şekil 2.1’de sektörlerin CO₂ yayma miktarları yıllık olarak gösterilmiştir. Buna göre 1970-2018 arasında tüm sektörlerde CO₂ yayılım miktarı arttığı görülmektedir. 2016 ve 2017 yıllarında artan CO₂ miktarı, 2018 yılında %1,2 oranında artışı devam ettirerek 37,9 Gt CO₂ miktarına ulaşmıştır [11].

Artan zehirli gazların yenilenebilir enerji sektörünün devamlılığı konusunda gelecek adına umut vermemektedir. Dünya’nın elektrik üretim kapasitesinin %16’sını, yenilenebilir enerji kapasitesinin ise %78’ini karşılayan hidroelektrik üretiminin devamlılığı küresel iklim değişikliğinin seyrine bağlı olduğu açıkça görülmektedir [12].



Şekil 2.1. Dünya'nın sektörlere göre yıllık CO₂ emisyonları (1970-2018) [11]

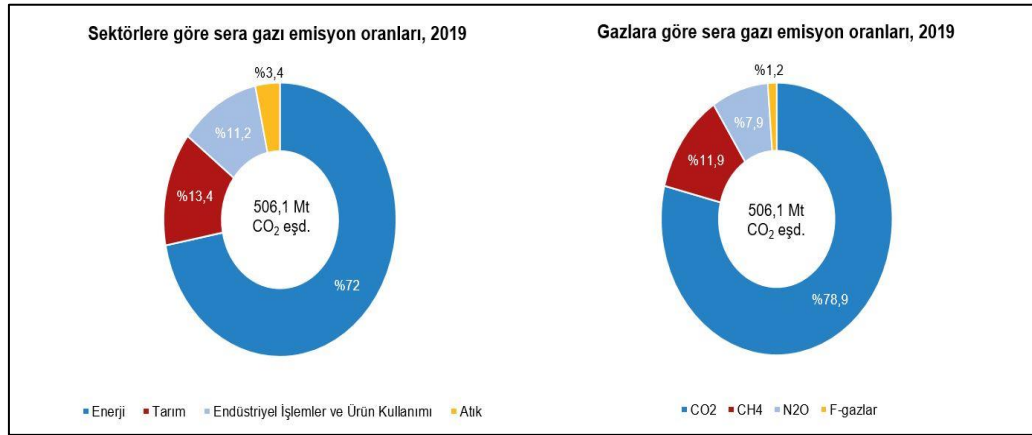
2.2. Türkiye'de İklim Değişikliği ve Hidroelektrik Enerji

Atmosfere yayılan CO₂ ve sera gazı emisyonları, artan nüfusun bilinçsiz tüketimine bağlı üretim, aşırı fosil kaynak kullanımları alışlagelmiş Türkiye ikliminde değişiklikler meydana getirmektedir. İnsan kaynaklı sera gazı üretimi sektörlere göre değişiklik göstererek iklim değişikliğine negatif yönde katkıda bulunmaktadır. Artarak devam eden CO₂ yayılma hızı gelecekteki iklim öngörülerine göre devam etmesi halinde 2080'li yıllara kadar sıcaklık seviyelerinde 3-4°C artış, ortalama yağış miktarlarında ise 0 ile -1 mm/gün arasında düşüş öngörülmektedir [13].

Küresel iklim değişikliğinin temeline dayanan iklim parametrelerindeki değişikliklerin meydana gelmesinde sektörlerin payı oldukça fazladır.

TÜİK 2021 yılında yayınladığı Sera Gazı Emisyon İstatistikleri raporunda, 2019 yılında toplam sera gazı emisyonlarının sektörlere göre araştırmalarında %72 oranıyla en yüksek

emisyona enerji sektöründe gerçekleşmektedir. Bunun yanı sıra %13,4 oranıyla en yüksek ikinci emisyon oranı tarımsal işlemlerin oluşturduğu sektörlerden ve geri kalan %14,6'sı ise endüstri ve atık sektörlerinden kaynaklanmaktadır [14].



Şekil 2.2. Türkiye'deki sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı [14]

Türkiye'de özellikle 1990 yılların başından bu yana sıcaklık değerindeki artışlar dikkat çekmektedir. 1990-2020 yılları arasında 30 yıllık veri setinde ortalama 1,5°C sıcaklık artış değeri tespit edilmiştir ve bu sıcaklık artışı birçok biyoçeşitlilik için sorun teşkil etmektedir [15].

MGM Türkiye 2020 Yılı İklim Değerlendirmesi raporunda, 2020 yılında Türkiye'nin ortalama sıcaklık değeri (14,9°C) bir önceki yıla oranla 0,2°C artış göstermiştir. MGM verilerine göre 2020 yılı ortalama sıcaklığı 1971 yılından bu yana en sıcak 3.yıl olarak kayıtlara geçmiştir. Ayrıca artan sıcaklık değerlerinin yanı sıra azalan alansal yağış miktarları kaygı vericidir. Türkiye'nin 2020 yılında alansal ortalama yağış miktarı (500 mm) bir önceki seneye oranla 85,1 mm azalış göstermiştir. Ayrıca 1981-2010 (574 mm) yağış normallerinin %13 altında gerçekleşmiştir [16].

Türkiye'nin konum itibariyle çok değişkenlik gösteren topografyasına bakıldığında küresel iklim değişikliğinden fazlasıyla etkilenmesi kaçınılmazdır. Türkiye'de yarı nemli (%58,8), yarı kurak (%24,1), kurak (%1,7) ve çok nemli (%3,3) iklim tipine sahip olduğu ve yıllık toplam yağışın bölgelere göre 800 mm'nin üstünde kalan bölgeler nemli ve çok nemli, 400 mm'nin altında kalan bölgeler ise yarı kurak ve kurak iklim tipi içerisinde yer almaktadır ve bölgelere göre yağış rejimlerinde değişiklikler vardır [17].

Küresel iklim değişikliğinin en önemli parametrelerinden olan sıcaklık ve yağış varyasyonlarındaki değişimler ülkemiz geleceği için önem arz etmektedir. Artan sıcaklık ve kuraklık olayları, bazı bölgelerde artan şiddetli yağışa bağlı sel ve taşkınlarından ülkenin coğrafi dağılımının etkilenmesi ve buna bağlı enerji üretim potansiyelindeki kayıplar büyük oranda iklim koşullarının değişimine bağlı olduğunu göstermektedir [18]. Türkiye'nin 2019 yılı sonu kaynaklara göre elektrik üretimi dağılımında %47,3 gibi büyük bir oranı yenilenebilir enerji, %51 fosil kökenli, %1,7'si ise diğer kaynaklardan karşılandığı görülmüştür. Yenilenebilir enerji kaynaklarından %31,4 gibi azımsanmayacak bir oran hidrolik enerjiden karşılanmıştır [19].

Hidroelektrik enerji santralleri sera gazı emisyonları bakımından işletme aşamasında hiçbir çevreyi kirletebilecek zehirli atık üretmez. Diğer alternatif kaynaklara oranla (fosil yakıt kullanan enerji santralleri) sera gazı emisyonları düşüktür. Bu özellikleriyle ve ülkemizin bulunduğu potansiyeli bakımından en popüler enerji üretim tesisleridir [20].

Türkiye'nin gelecekteki iklim değişikliğine bağlı yağış düzensizliklerinin artması veya yağış potansiyelinde düşüş gözlenmesi halinde hidroelektrik çıktı gücünde azalma göstermesi muhtemel bir problem olarak karşımıza çıkacaktır. Yağış geri kazanımlarının doğruluk değerlendirmesi, hidrolojik tepki değişkenlerindeki belirsizliğin kaynağını ve büyüklüğünü, özellikle karmaşık topografyaya sahip bölgelerde anlamaya yardımcı olduğundan, birçok hidrolojik çalışma için bir ön koşuldur [21].

Türkiye'de bulunan nehirlerden elde edilen enerjinin gelecekte düşüş yaşaması hidrometeorolojik afetlerin artışına bağlıdır ve nehir debi miktarlarının düşmesi enerji üretimini sekteye uğratması olasıdır [22].

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün 2016 yılında yayınladığı raporda 2015-2040 yılları arası 25 nehir havzası analiz edilmiş olup 3 farklı iklim modeli oluşturulmuştur. Bu analiz sonucunda yağış rejimlerindeki değişiklikler ile birkaç havza haricinde havzaların su potansiyellerinde %17,5-%46,5 arasında azalış gözlenmiştir. Buna bağlı olarak sürdürülebilir bir enerji kaynağı yaratma hedefinin yağış anomalilerinin değişimine bağlı olduğu aşikârdır [23-24].

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Kızılırmak Nehri 1355 km uzunluğunda Türkiye'nin en önemli akarsularından biridir. Kızılırmak Nehri, İç Anadolu bölgesindeki Sivas ilinin Kızıladağ yerleşim bölgesinden doğarak Karadeniz Bölgesi'nin Bafra ilçesinde denizle buluşarak son bulur [25].

Türkiye'nin en uzun nehri konumunda bulunan Kızılırmak Nehri 37° 58' - 41° 44' kuzey enlemleri ile 32° 48' - 38° 22' doğu boylamları arasında yer alır. Türkiye'nin yıllık 6,48 milyar m³ akış hacmi ile su potansiyelinin (%3,5) önemli bir bölümünü kapsamaktadır [26]. Kızılırmak Havzası'nın akış güzergahını belirleyen en önemli unsur taşkın ovalarıdır ve tektonik hareketler doğrultusunda ana hatlar belirginleşmiştir [27].

3.1.1. Hüseyinli istasyonu

Hüseyinli istasyonu, D15A164 numaralı DSİ gözlem istasyonlarından biridir. Kızılırmak Havzasında bulunan istasyon Kızılırmak ilçesine bağlıdır. Çalışma kapsamında belirlenen istasyona bağlı ortalama yağış miktarını tespit etmek için komşu gridler (GRİD 1, GRİD 2, GRİD 3, GRİD 4, GRİD 6, GRİD 7, GRİD 8, GRİD 9) belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Hüseyinli istasyonu komşu gridleri

GRİD 1	GRİD 2	GRİD 3
GRİD 4	GRİD 5 34°3'8" D - 40°25'24" K	GRİD 6
GRİD 7	GRİD 8	GRİD 9

3.1.2. Sarımsaklı Barajı Girişi istasyonu

Kızılırmak Havzasında bulunan Sarımsaklı Barajı Girişi istasyonu Kayseri-Bünyan karayolu mevkiindedir. İstasyonun referans grid (GRİD 5) koordinatları Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 2. Sarımsaklı Barajı Girişi istasyonu komşu gridleri

GRİD 1	GRİD 2	GRİD 3
GRİD 4	GRİD 5 35°46'42" D - 38°52'16" K	GRİD 6
GRİD 7	GRİD 8	GRİD 9

3.1.3. Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu

Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu Kızılırmak Havzası üzerinde Çorum-Sungurlu mevkiinde bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında istasyona ait koordinatlar ve komşu gridler (GRİD 1, GRİD 2, GRİD 3, GRİD 4, GRİD 6, GRİD 7, GRİD 8, GRİD 9) Çizelge 3.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 3. 3. Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu komşu gridleri

GRİD 1	GRİD 2	GRİD 3
GRİD 4	GRİD 5 34°30'14" D - 40°9'48" K	GRİD 6
GRİD 7	GRİD 8	GRİD 9

3.1.4. Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonu

Kızılırmak Havzasında bulunan Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonu DSİ gözlem istasyonlarından biridir ve Yozgat ilinde bulunmaktadır.

Çizelge 3.4 'te referans noktası olan 5.Grid'e ait koordinatlar (35°46'32" Doğu - 39°30'30" Kuzey) ve istasyona en yakın komşu gridler gösterilmektedir.

Çizelge 3. 4. Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonu komşu gridleri

GRİD 1	GRİD 2	GRİD 3
GRİD 4	GRİD 5 35°46'32" D - 39°30'30" K	GRİD 6
GRİD 7	GRİD 8	GRİD 9

3.1.5. Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonu

Çalışma kapsamında belirlenen 5. İstasyon Karasu İletim Kanalı Molu Hes koordinatları 35°17'36" Doğu - 38°46'20" Kuzey tespit edilmiştir. İstasyon koordinatlarına en yakın komşu gridler (GRİD 1, GRİD 2, GRİD 3, GRİD 4, GRİD 6, GRİD 7, GRİD 8,GRİD 9) Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. 5. Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonu komşu gridleri

GRİD 1	GRİD 2	GRİD 3
GRİD 4	GRİD 5 35°17'36" D - 38°46'20" K	GRİD 6
GRİD 7	GRİD 8	GRİD 9

3.2. Yöntem

Çalışma kapsamında Türkiye'nin 1979-2019 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları ERA5 uydu verileri kullanılarak temin edilmiştir.

ERA5, Avrupa tabanlı ve orta vadeli hava tahminleri için meteorolojik veri setlerini kullanan ECMWF kuruluşuna ait veri tabanıdır. ERA5, kullanıcılara açık erişim sağlayabilen ve 1979 yılından itibaren C3S iklim veri deposundaki en popüler veri kümesidir. Öte yandan ERA5 içerisinde farklı yüksekliklerde hava sıcaklığı, yağış gibi parametreleri barındıran ayrıntılı küresel atmosfer kayıtlarına sahip reanaliz yöntemidir [28-29].

Çalışma kapsamında saatlik ölçüm yapan ERA5 uydu verileri kullanılarak Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası 12,5x12,5 km alansal çözünürlüğe sahip Türkiye'nin yıllık ortalama yağış ve sıcaklık verileri iklim veri operatörü CDO ile analiz edilmiştir. Ayrıca temin edilen veriler ile 1979-2019 yılları arasında Türkiye'nin bölgesel ortalama yağış miktarları haritalandırılmıştır. Öte yandan Türkiye'deki iklim değişikliğine bağlı hidroelektrik kaynakları analiz etmek için DSİ Akım ve Gözlem Yıllıklarından 5 istasyona ait debi miktarları temin edilmiştir. İstasyonlara ait 1979-2019 yılları arasında ortalama yağış miktarları en yakın komşu gridler (1.Grid, 2.Grid, 3.Grid, 4.Grid, 6.Grid, 7.Grid, 8.Grid, 9.Grid) tespit edilerek analiz edilmiştir. Ayrıca istasyonlar arası ortalama yağış miktarları göz önünde bulundurulmuştur ve karşılaştırılması yapılmıştır. SURFER 20.0 versiyon istenilen koordinatları 3 boyutlu gerçekleştirme imkanı sağlayan haritalandırma programıdır. 12'den fazla enterpolasyon yöntemi sunan bu program topoğrafik haritalandırma işlemlerinde yardımcı olmaktadır [30]. SURFER 20.0 versiyon çalışma kapsamındaki 5 istasyonun bulunduğu bölgelerin topoğrafik özelliklerinin tespiti için kullanılmıştır.

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

$$SS = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]^{0.5} \quad (3.2)$$

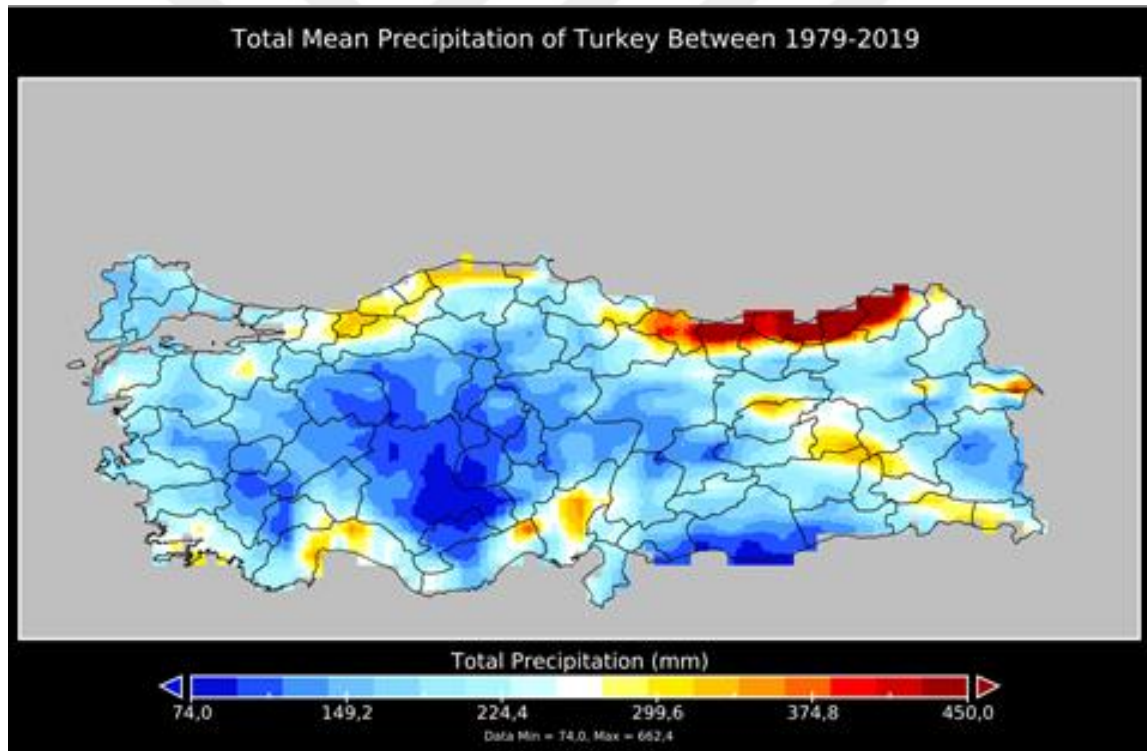
30 yıllık çalışma periyodunda Türkiye'nin yıllık yağış ve sıcaklık değerleri ayrıca istasyonlara ait debi miktarı verilerinin ortalama değerden ne kadar uzaklaştığını analiz etmek için Eş. 3.1 ve Eş. 3.2'de belirtilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

Eş. 3.1 ve Eş. 3.2'deki formüllerde yer alan \bar{y} ifadesi çalışma kapsamında analiz edilen verilerin ortalama değerlerini ifade etmektedir. Öte yandan formüllerde belirtilen i sembolü veri seti başlangıcını, n sembolü ise veri setinin bitiş değerini göstermektedir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Tez çalışması kapsamında ERA5 Ensemble uydu verileri kullanılarak 1979 ve 2019 yılları arasında 12,5x12,5 km çözünürlüğe sahip Türkiye'nin toplam yıllık ortalama yağış haritası ve yıllık ortalama sıcaklık miktarları “iklim veri operatörü” (CDO) ile analiz edilmiştir. Ayrıca Kızılırmak Havzasında belirlenen 5 istasyona ait yıllık debi miktarları DSİ Akım ve Gözlem Yıllıklarından temin edilmiş olup geçmiş dönemlere ait istasyonların yağış dağılımına bağlı değişimleri istasyonlara en yakın komşu gridler belirlenerek analiz edilmiştir.

4.1. Türkiye'nin Yağış Dağılımı



Harita 4.1. 1979-2019 yılları arası bölgelere göre Türkiye'nin ortalama yağış miktarı (mm) haritası

Harita 4.1'de Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası yıllık ortalama yağış miktarı haritası gösterilmiştir. Harita 4.1'de gösterilen analiz sonuçlarına göre, 1979-2019 yılları arasında Türkiye'de en çok yağış alan bölge Doğu Karadeniz Bölgesi olduğu tespit edilmiştir. İç Anadolu bölgesi ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nin belirli bir kısmı ile Ege Bölgesinin küçük bir kısmı az yağış alan bölgelerdir. Kalan diğer bölgeler orta şiddetli yağış almıştır.

Çizelge 4. 1. Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası ortalama yıllık yağış miktarları

Yıl	Ortalama Yağış (mm)	Yıl	Ortalama Yağış (mm)
1979	571,7	2000	481,4
1980	550,8	2001	536,2
1981	605,5	2002	503,1
1982	485,9	2003	528,4
1983	564,6	2004	494,8
1984	473,7	2005	535,3
1985	521,4	2006	511,3
1986	524,2	2007	485,9
1987	596,6	2008	418,2
1988	614,9	2009	603,9
1989	449,2	2010	559,5
1990	450,4	2011	532,9
1991	548,4	2012	571,7
1992	505,2	2013	459,8
1993	499,3	2014	523,5
1994	523,5	2015	554,1
1995	539,7	2016	538,1
1996	567,4	2017	482,6
1997	543,9	2018	577,8
1998	536,2	2019	578,5
1999	482,6		

Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası ortalama yağış miktarları yıllara göre çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

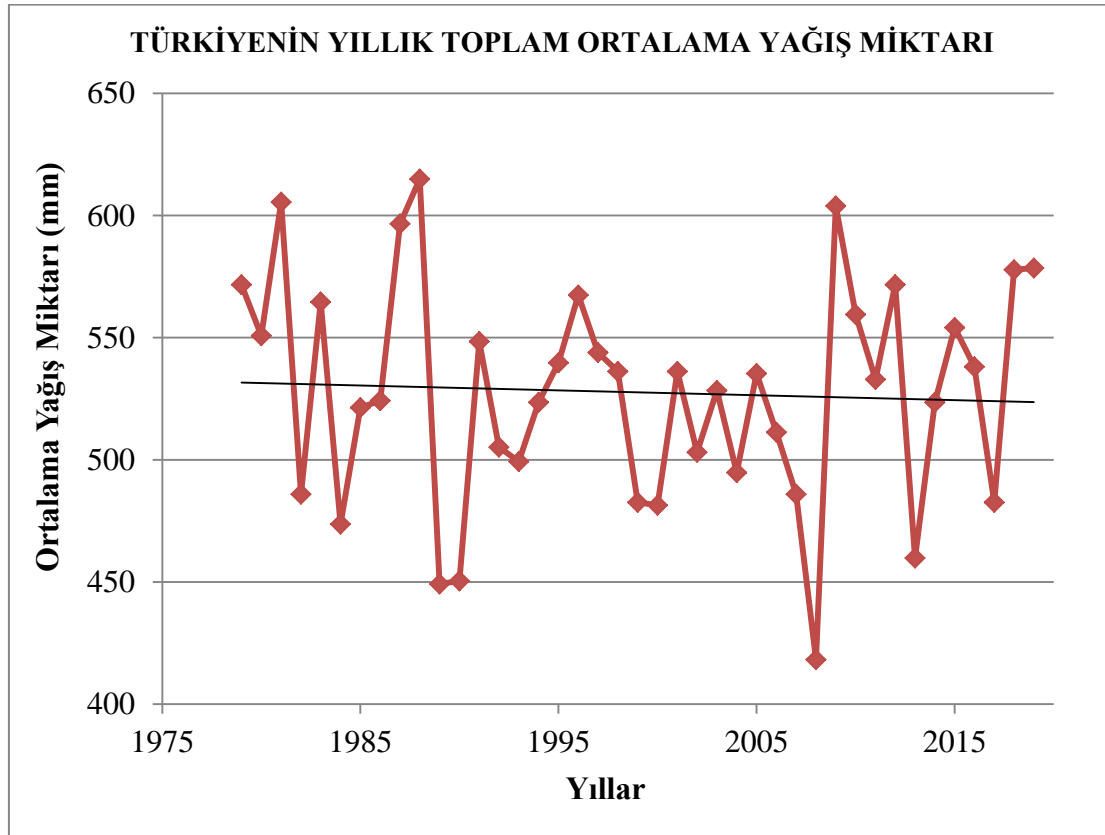
Analiz sonuçlarına göre, Türkiye'nin 30 yıllık veri seti incelendiğinde ortalama yağış miktarının 527,61 mm olduğu tespit edilmiştir. Bu süre zarfında standart sapma değeri 45,89 mm değeri bulunmuştur.

Türkiye'nin en az ortalama yağış aldığı yıl 418,2 mm ile 2008 yılında gerçekleştiği belirlenmiştir. En fazla ortalama yağış miktarı 614,9 mm ile 1988 yılında gerçekleşmiştir. 1979-2019 yılları arası 30 yıllık sürede en fazla yağış alan ikinci yıl 449,2 mm ortalama yağış miktarı ile 1989 yılında gerçekleşmiştir.

Türkiye'nin son 10 yıllık ortalama yağış miktarları incelendiğinde en fazla yıllık yağış ortalaması 578,5 mm yağış ile 2019 yılında gerçekleşmiştir. Ayrıca, son 10 yıllık süre zarfında en az yağış ortalamasının 2013 yılında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Türkiye'nin 10 yıllık ortalama yağış miktarı incelendiğinde, 2008 yılında gerçekleşen en düşük yağış miktarı (418,2 mm) değerinin her yıl üstünde gerçekleştiği ve 30 yıllık yağış ortalamasına yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin 30 yıllık zaman diliminde ortalama yağış miktarı grafiği Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, 1979-2019 yılları arası grafiğe göre çoğunlukla negatif yönlü bir eğilim saptanmıştır.



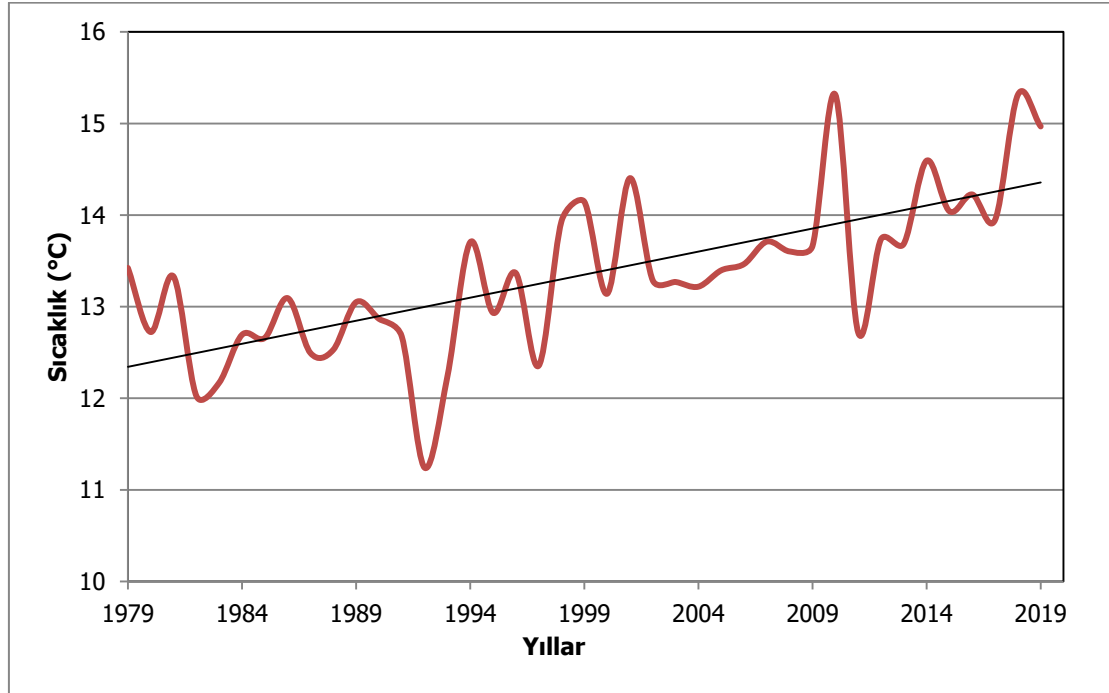
Şekil 4.1. Türkiye'nin yıllık (1979-2019) ortalama yağış değişimi grafiği

4.2. Türkiye'nin Ortalama Sıcaklık ve Yağış Değişimi

ERA5 Ensemble uydu verileri kullanılarak analiz edilen Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 4.2'de sıcaklık eğim grafiği ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında 1979-2019 yılları arasında Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklığında pozitif yönlü eğim grafiği saptanmıştır. Buna göre, 30 yıllık süreçte Türkiye'nin sıcaklık ortalamasının artış yönünde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. 1979-2019 Yılları arası Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklıkları

Yıl	Sıcaklık (°C)	Yıl	Sıcaklık (°C)
1979	13,42304	2000	13,14093
1980	12,72306	2001	14,40338
1981	13,3296	2002	13,28728
1982	12,02483	2003	13,26965
1983	12,16941	2004	13,21851
1984	12,69308	2005	13,3966
1985	12,65958	2006	13,46536
1986	13,09333	2007	13,71045
1987	12,49384	2008	13,60289
1988	12,5291	2009	13,66284
1989	13,04925	2010	15,31496
1990	12,86764	2011	12,71953
1991	12,67545	2012	13,73513
1992	11,24197	2013	13,68576
1993	12,23641	2014	14,59381
1994	13,70339	2015	14,04193
1995	12,93288	2016	14,2253
1996	13,36662	2017	13,94671
1997	12,35455	2018	15,31319
1998	13,93261	2019	14,96761
1999	14,14596		



Şekil 4.2. Türkiye'nin yıllık (1979-2019) ortalama sıcaklık değişimi grafiği

Türkiye'nin 1979-2019 yılları arasındaki ortalama yıllık yağış miktarları ve aynı yıllar arasındaki sıcaklık değerleri ortak bir çalışma yapılarak Şekil 4.3'te gösterilmektedir.

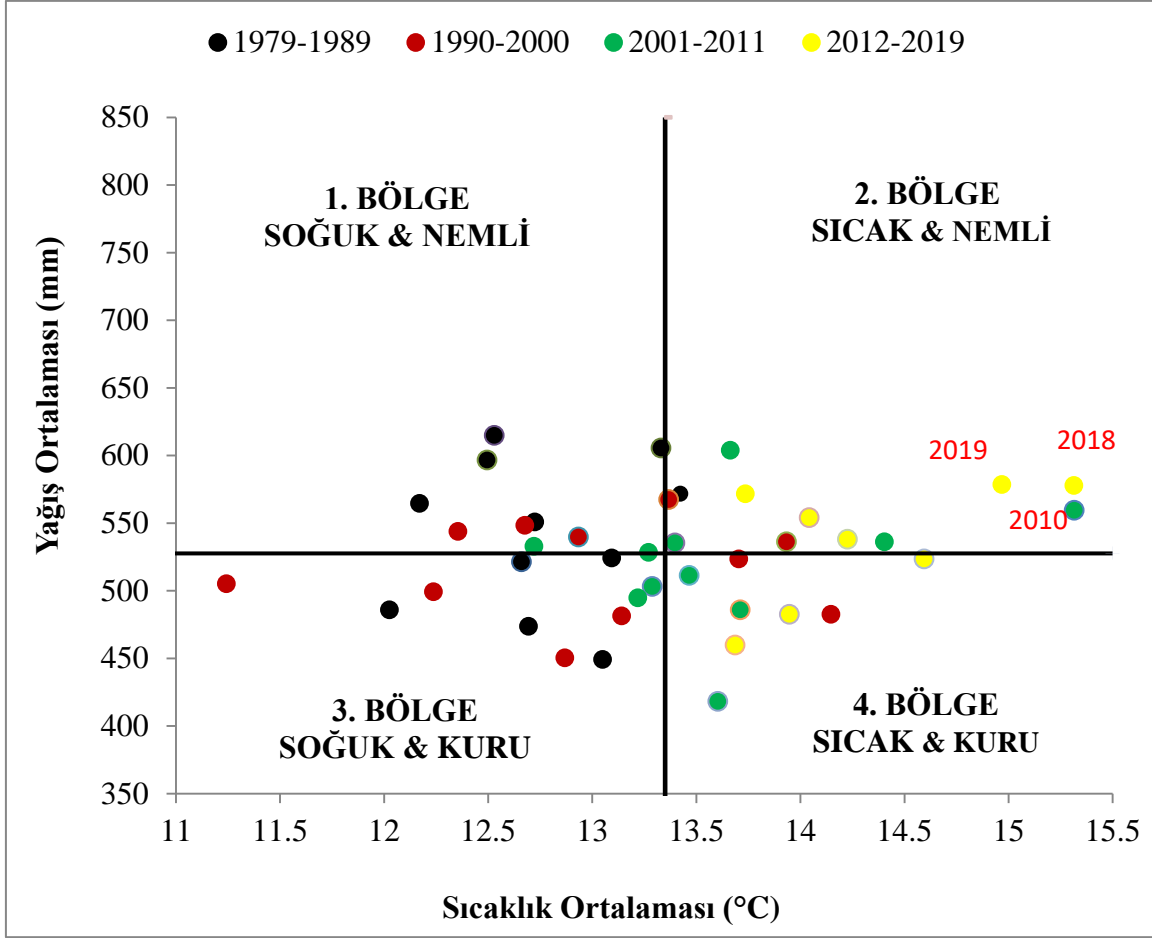
Şekil 4.3'te gösterilen grafik 4 farklı bölgeye ayrılmıştır. Bu kapsamda 11°C ile 13,34°C arasında ortalama sıcaklık ve 527,61 mm ile 850 mm arasında ortalama yağış alan kısım “soğuk ve nemli” bölge, 527,61 mm ile 850 mm ve 13,34°C ile 15,5°C ortalama sıcaklık değeri arasında kalan alan “sıcak ve nemli” bölge, 11°C ile 13,34°C arasında ve 350 mm ile 527,61 mm arasında kalan alan “soğuk ve kuru”, 13,34°C ile 15,5°C ortalama sıcaklık ve 350 mm ile 527,61 mm arasında ortalama yağış alan kısım “sıcak ve kuru” bölge olarak belirtilmiştir.

Şekil 4.3'te belirtilen yıllara göre seriler farklı renklerde gösterilmiştir. 1979-1989 periyodu siyah, 1990-2000 periyodu kırmızı, 2001-2011 periyodu yeşil ve 2012-2019 periyodu arasındaki sıcaklık ve yağış değerleri sarı renk ile belirtilmiştir. Şekil 4.2'de görüldüğü üzere 1979-1989 yılları arasında “soğuk ve nemli”, “soğuk ve kuru” bölgelerinde dağılım görülmüştür. 1990-2011 yılları arasında 4 farklı bölgede dağılım söz konusudur. Öte yandan 2012-2019 yılları arasında sadece 2 farklı bölgede (“sıcak ve nemli”, sıcak ve kuru”) dağılım dikkat çekmektedir.

Türkiye'nin 1979-2019 yılları arasındaki veri sonuçlarına göre ortalama sıcaklık değeri 13,34°C bulunmuştur. 30 yıllık veri setinde 11,24°C ile en düşük ortalama sıcaklık değeri 1992 yılında gözlenmiştir. Türkiye'nin en yüksek sıcaklık değeri birbirlerine en yakın değer ile 2010 ve 2018 yıllarında görülmüştür. Ortalama sıcaklık değeri birbirlerine yakın tespit edilen iki sonuca göre, 15,31°C'lik sıcaklık değeri ile analiz edilen 30 yıldaki en yüksek ortalama sıcaklık 2010 yılında görülmüştür.

Türkiye'nin 1979 yılı ortalama sıcaklık değeri (13,42°C) ile 2019 yılı ortalama sıcaklık değeri (14,96°C) arasında 1,54°C sıcaklık artışı tespit edilmiştir. Türkiye'nin son 10 yıllık sıcaklık değişimine bakıldığında 2010 yılından sonra ciddi bir artış gözlenmemiştir.

Türkiye'nin 1979-2019 yılları arasında sıcaklık değeri 0,87°C ortalama değerden saptanmıştır. Buna göre 30 yıllık zaman aralığında Türkiye'nin sıcaklık değerinin 0,87°C arttığı saptanmıştır.



Şekil 4.3. Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası toplam ortalama yağış ve sıcaklık değişimi grafiği

4.3. Çalışma Kapsamında Belirlenen 5 İstasyonun Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında DSİ Akım ve Gözlem Yıllıklarından temin edilen 5 istasyona ait (Hüseyinli İstasyonu, Sarımsaklı Barajı Girişi İstasyonu, Budaközü Deresi Kırankışla İstasyonu, Yahyasaray Baraj Girişi İstasyonu, Karasu İletim Kanalı Molu Hes İstasyonu) aylara göre yıllık debi miktarları belirlenmiştir. Ölçüm yapılan yıllara ait debi miktarlarının yıllara göre ortalama akım grafikleri belirlenmiştir.

Ayrıca, istasyonlara ait koordinatlar belirlenmiş olup en yakın komşu gridler belirlenip istasyonlara ait 1979-2019 yılları arası ortalama bölgesel yağış miktarları iklim veri operatörü (CDO) kullanılarak analiz edilmiştir. İstasyonlara ait yağış miktarı belirlendikten sonra 1979-2019 yılları arası Türkiye'nin ortalama yağış miktarı ve istasyonların bulunduğu bölgelerin ortalama alansal yağış miktarları analiz edilmiştir. İstasyonlar

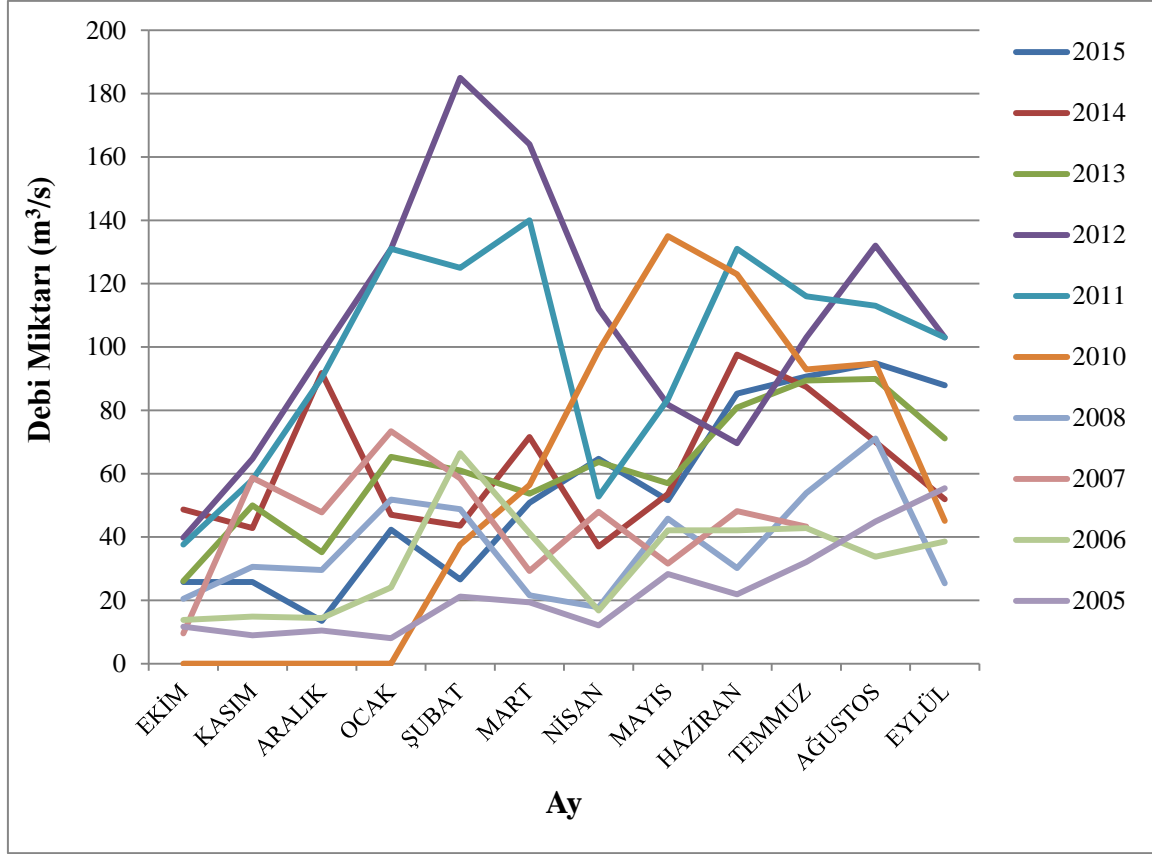
arasındaki ortalama yağış miktarları ve debi miktarları 1979-2019 sürecinde Türkiye'nin yıllara göre ortalama sıcaklık ve yağış parametreleriyle ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 4.3. Hüseyinli istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları

1. Grid 124,00 mm	2. Grid 111,74 mm	3. Grid 120,70 mm
4. Grid 121,64 mm	Hüseyinli İstasyonu (124,47 mm)	6. Grid 133,90 mm
7. Grid 136,73 mm	8. Grid 140,97 mm	9. Grid 134,61 mm

Çizelge 4.3'te belirtilen 1.Grid, 2.Grid, 3.Grid, 4.Grid, 6.Grid, 7.Grid, 8.Grid, 9.Grid çalışma kapsamında referans noktası olan Hüseyinli İstasyonuna ait komşu koordinatları ifade etmektedir. 1979-2019 yılları arası komşu koordinatlara ait bölgesel ortalama yağış miktarları tespit edilmiştir. Bu kapsamda Hüseyinli İstasyonu ortalama bölgesel yağış miktarı 124,47 mm bulunmuştur. (Gridlerin homojen dağılım gösterdiği kabul edilmektedir). DSİ Akım ve Gözlem Yıllıklarından 2005-2015 yılları arası temin edilen istasyona ait aylara göre yıllık debi miktarlarının ortalama değerleri tespit edilmiştir.

Şekil 4.4'te belirtildiği üzere, 2012 yılı Şubat ayında $185 \text{ m}^3/\text{s}$ ortalama debi miktarı ile maksimum seviyeye ulaştığı gözlenmiştir. Öte yandan, 2007 yılında 2 ay 2010 yılında ise 4 ay kurak bir sezon geçirmiştir. Ayrıca, 2009 yılına ait veri girişi bulunamamıştır.



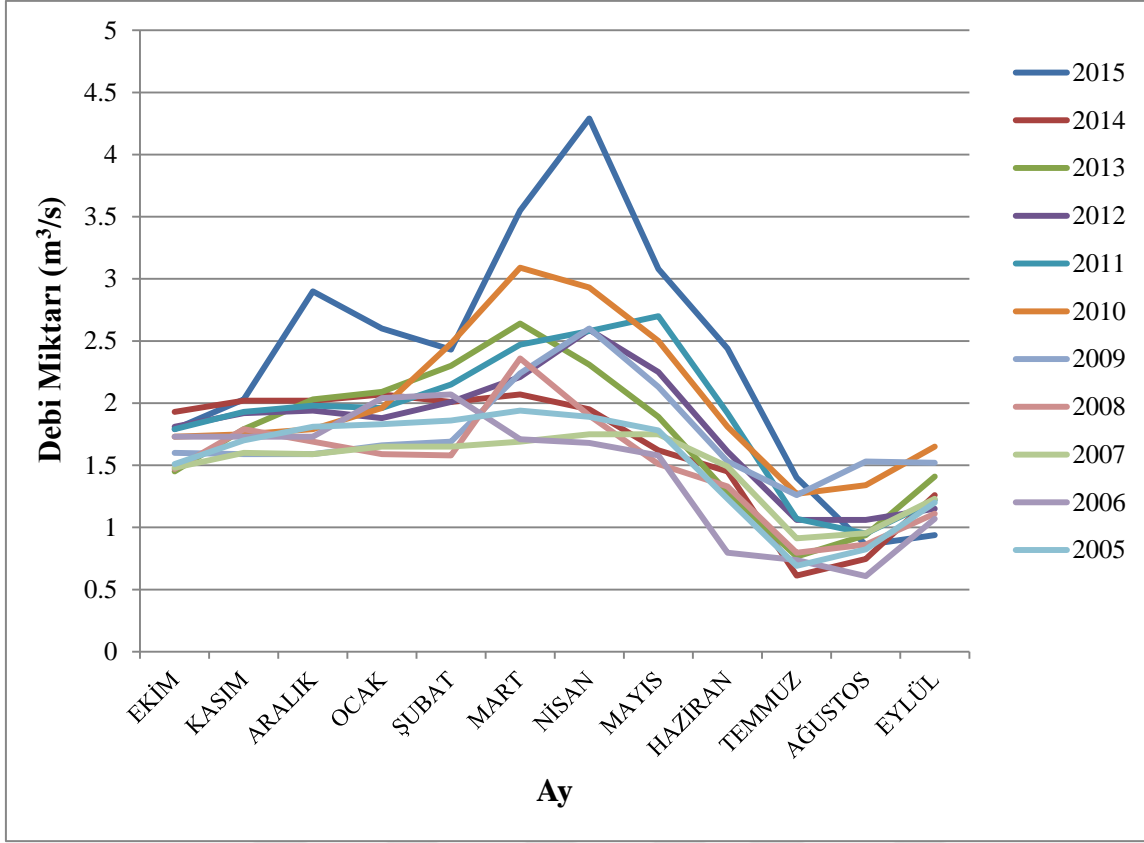
Şekil 4.4. Hüseyinli istasyonu 2005-2015 yılları arası ortalama debi (m³/s) grafiği

Çizelge 4.4. Sarımsaklı Barajı Girişi istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları

1. Grid 118,34 mm	2. Grid 128,48 mm	3. Grid 143,33 mm
4. Grid 125,41 mm	Sarımsaklı Barajı Girişi İstasyonu (136,96 mm)	6. Grid 136,96 mm
7. Grid 136,02 mm	8. Grid 160,30 mm	9. Grid 157,00 mm

Çalışma kapsamında belirlenen 2. istasyon olan Sarımsaklı Barajı Girişi 1979-2019 periyodunda ortalama bölgesel yağış miktarı 136,96 mm tespit edilmiştir. (Gridlerin homojen dağılım gösterdiği kabul edilmektedir).

Şekil 4.5'te istasyona ait ortalama debi miktarları gösterilmiştir. 2005-2015 yılları arası istasyona ait en yüksek ortalama debi miktarı 2015 yılı Nisan ayında, en düşük ortalama debi miktarı 2006 yılı Ağustos ayında gerçekleşmiştir.

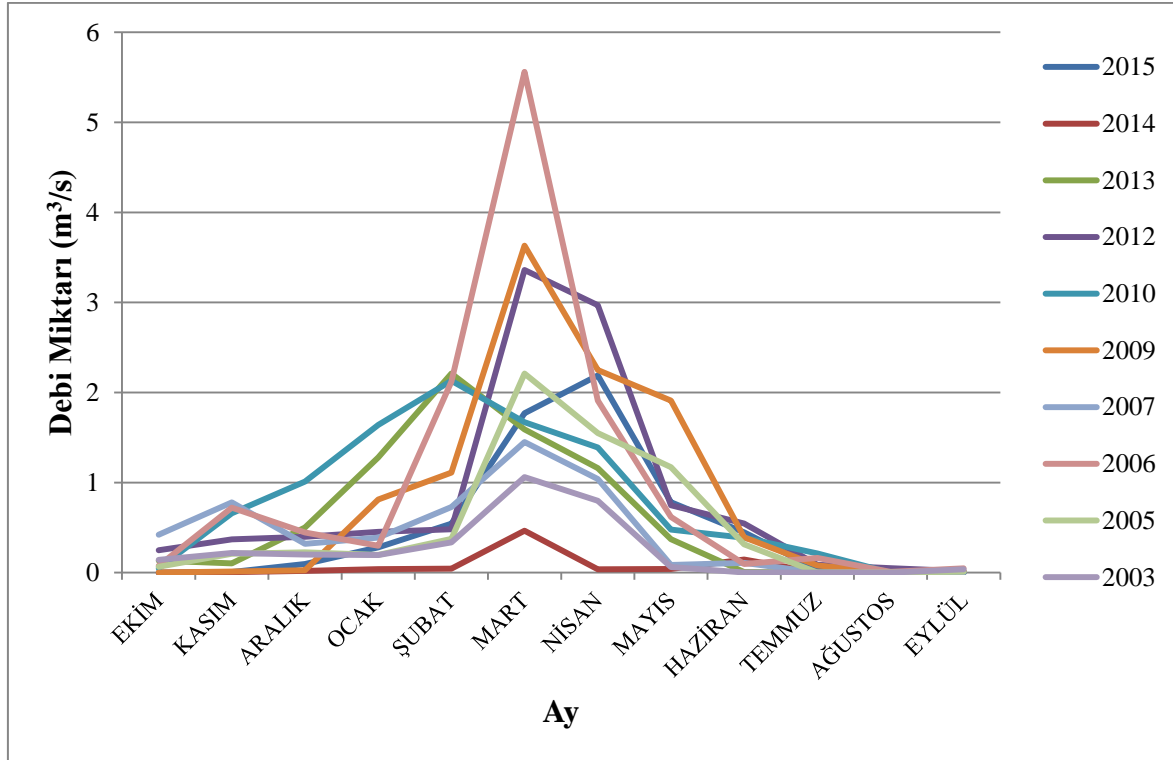


Şekil 4.5. Sarımsaklı Barajı Girişi istasyonu 2005-2015 yılları arası ortalama debi (m^3/s) grafiği

Çalışma alanının 3. istasyonu Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu için referans grid 5. Grid (Budaközü Deresi Kırankışla İstasyonu) belirlenmiştir. Referans noktasının yanı sıra komşu grid değerleri 1.Grid, 2.Grid, 3.Grid, 4.Grid, 6.Grid, 7.Grid, 8.Grid, 9.Grid olmak üzere Çizelge 4.5'te belirtilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, istasyonun ortalama bölgesel yağış miktarı 136,02 mm bulunmuştur. (Gridlerin homojen dağılım gösterdiği kabul edilmektedir).

Çizelge 4.5. Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları

1. Grid 120,70 mm	2. Grid 125,65 mm	3. Grid 144,74 mm
4. Grid 133,90 mm	Budaközü Deresi Kırankışla İstasyonu (136,02 mm)	6. Grid 171,62 mm
7. Grid 134,61 mm	8. Grid 119,05 mm	9. Grid 138,38 mm



Şekil 4.6. Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu 2003-2015 yılları arası ortalama debi (m³/s) grafiği

Şekil 4.6'da Budaközü Deresi Kırankışla istasyonu 2003-2015 yılları arası ortalama debi miktarları yıllara göre analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre 2003-2015 yılları arasında en yüksek debi miktarı 2006 yılının Mart ayında gerçekleşmiştir.

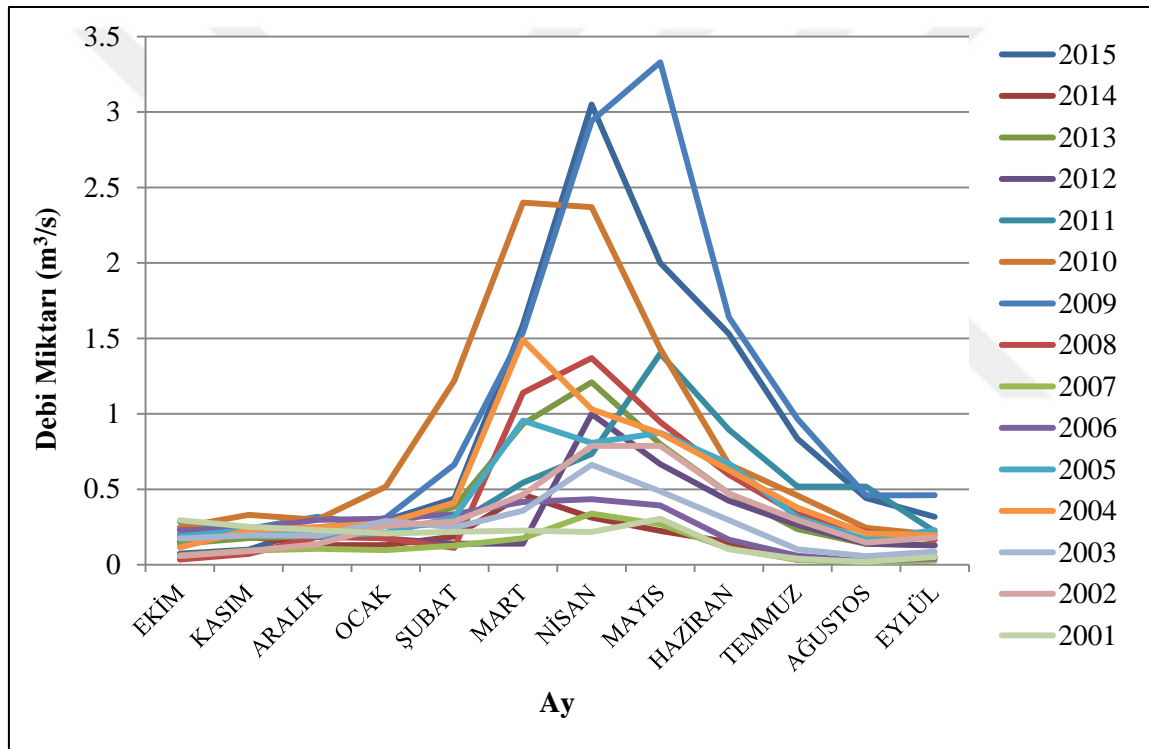
Çalışma kapsamında ölçüm alanı 2003, 2005, 2013, 2014, 2015 yıllarının Temmuz, Ağustos, Eylül aylarının birçoğunda kurak sezon geçirmiştir. Öte yandan 2013 yılı Haziran ayı, 2014 ve 2015 yıllarının Ekim ve Kasım ayları diğer dönemlere ek olarak kurak sezon geçirdiği saptanmıştır. Ayrıca, 2004 yılında istasyona ait veri girişi bulunamamıştır.

Çizelge 4.6. Yahyasaray Baraj Girişi istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları

1. Grid 162,42 mm	2. Grid 162,90 mm	3. Grid 165,72 mm
4. Grid 139,79 mm	Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi İstasyonu (125,18 mm)	6. Grid 144,51 mm
7. Grid 132,96 mm	8. Grid 157,71 mm	9. Grid 194,01 mm

1979-2019 yılları arasındaki 30 yıllık bölgesel ortalama yağış miktarı ve en yakın komşu gridlerinin ortalama bölgesel yağış miktarları (1.Grid, 2.Grid, 3.Grid, 4.Grid, 6.Grid, 7.Grid, 8.Grid, 9.Grid) belirtilmiştir.

Çalışma kapsamında belirlenen istasyonun 30 yıllık zaman diliminde ortalama yağış miktarı 125.18 mm'dir. (Gridlerin homojen dağılım gösterdiği kabul edilir). Belirlenen istasyona en yakın komşu grid olan 4. grid 1979-2019 yılları arasında 139,79 mm ortalama yağış almıştır ve bu yağış değeri geri kalan 4 istasyon arasında Hüseyinli istasyonu ile yakın değerde olduğu dikkat çekmektedir.



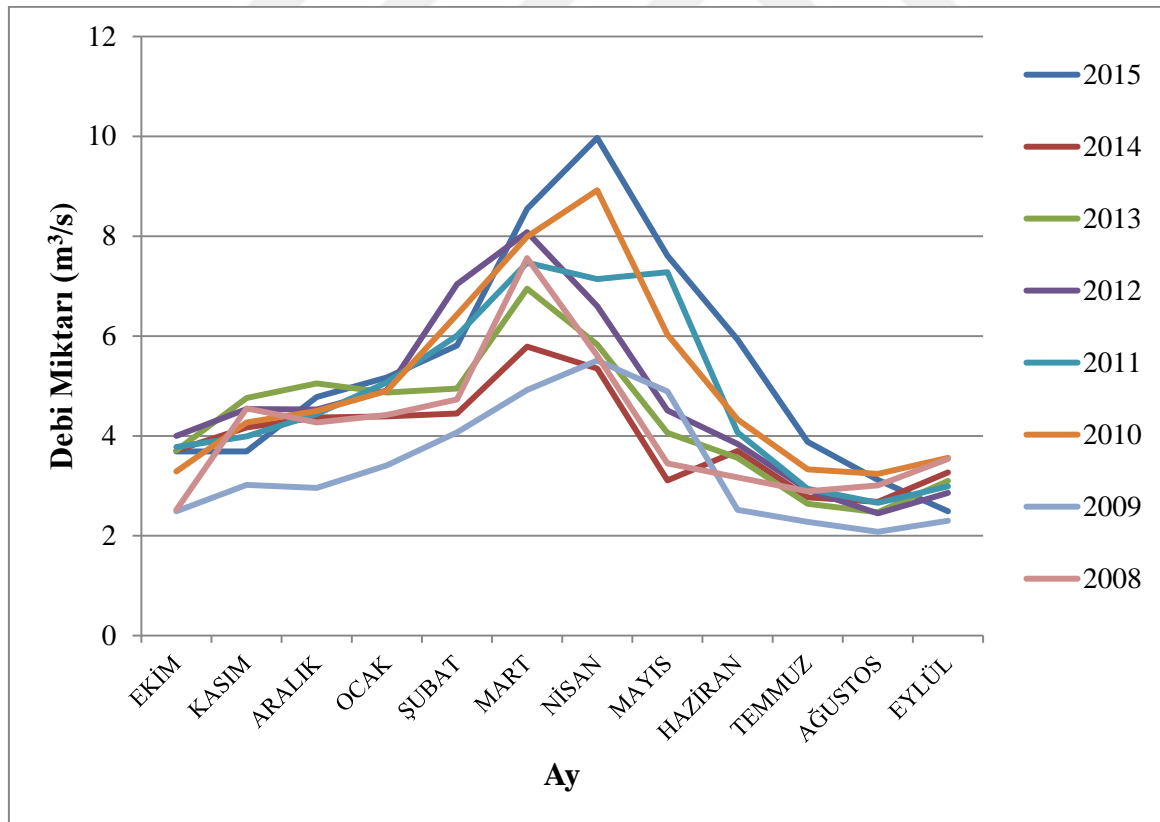
Şekil 4.7. Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonu 2001-2015 yılları arası ortalama debi (m^3/s) grafiği

Şekil 4.7'de Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonunun 2001-2015 yılları arasındaki ortalama debi miktarları analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre istasyonda en yüksek debi miktarı 2009 yılı Mayıs ayında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca analiz edilen 15 yıllık süreçte, günümüze en yakın yıl olan 2015 yılında diğer yıllara oranla debi miktarında artış yaşanmıştır.

Çizelge 4.7. Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonu ve komşu gridlerin bölgesel yağış miktarları

1. Grid 123,05 mm	2. Grid 118,58 mm	3. Grid 118,34 mm
4. Grid 123,76 mm	Karasu İletim Kanalı Molu Hes İstasyonu (125,65 mm)	6. Grid 125,41 mm
7. Grid 123,53 mm	8. Grid 125,41 mm	9. Grid 136,02 mm

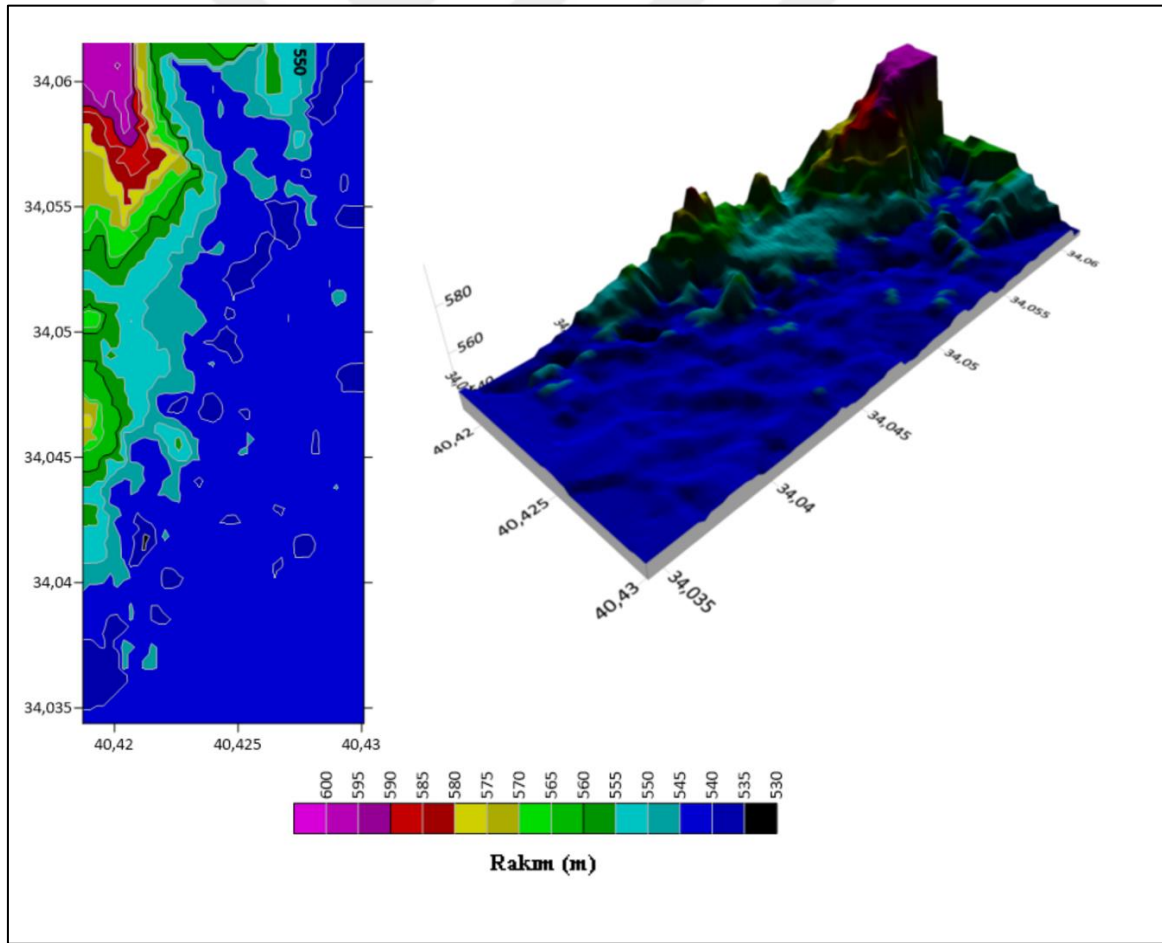
Analiz edilen Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonu 1979-2019 yılları arasında ortalama 125,41 mm yağış almıştır. (Gridlerin homojen dağılım gösterdiği kabul edilir). Şekil 4.8’de istasyona ait ortalama debi miktarı grafiği belirtilmiştir. 2008-2015 yılları arasında ölçüm yapılan istasyonda en yüksek ortalama debi miktarı 2015 Nisan ayında görülmüştür. Öte yandan analiz edilen istasyonun 2015 yılı Eylül ayının 5 gününün kuru olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.8. Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonu 2008-2015 yılları arası ortalama debi miktarı (m³/s) grafiği

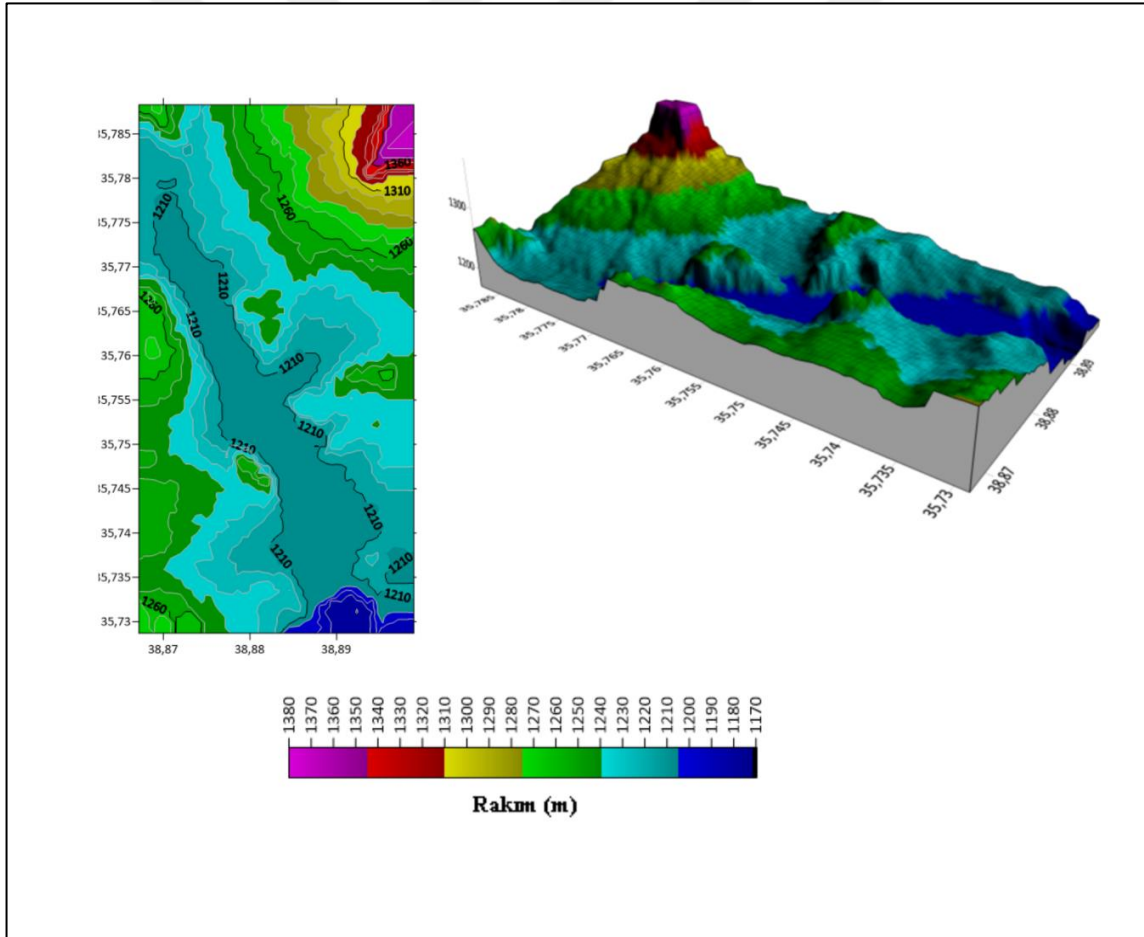
4.4. Kızılırmak Havzasındaki İstasyonların Topoğrafik Sonuçları

Kızılırmak Havzasının orta kısmında bulunan Hüseyinli istasyonu Ankara-Çankırı mevki Kızılırmak ilçesinde bulunmaktadır. Bölgenin bitki örtüsü otsu türlerin yanı sıra ağaç ve çalı gruplarından oluşmaktadır [31]. Şekil 4.9'da Hüseyinli istasyonunun bulunduğu bölgeye (Kızılırmak ilçesi) ait topoğrafik haritası çıkartılmıştır. İstasyonun bulunduğu alana en yakın komşu gridler belirlenerek bölgenin bulunduğu rakım seviyeleri tespit edilmiştir. Şekil 4.9'daki topoğrafik haritaya göre çevrelenen bölgenin maksimum rakım değeri 600 m tespit edilmiştir. Bölgenin coğrafi yapısı incelendiğinde karasal iklim özelliği taşıdığı görülmektedir [32]. Bu kapsamda istasyonun 1. ile 4. bölgede yer almaktadır (Bkz. Şekil 4.3). Ayrıca 1979-2019 yılları arasında 30 yıllık zaman diliminde istasyon 124,47 mm alansal ortalama yağış almıştır.



Şekil 4.9. Hüseyinli istasyonunun topoğrafik haritası

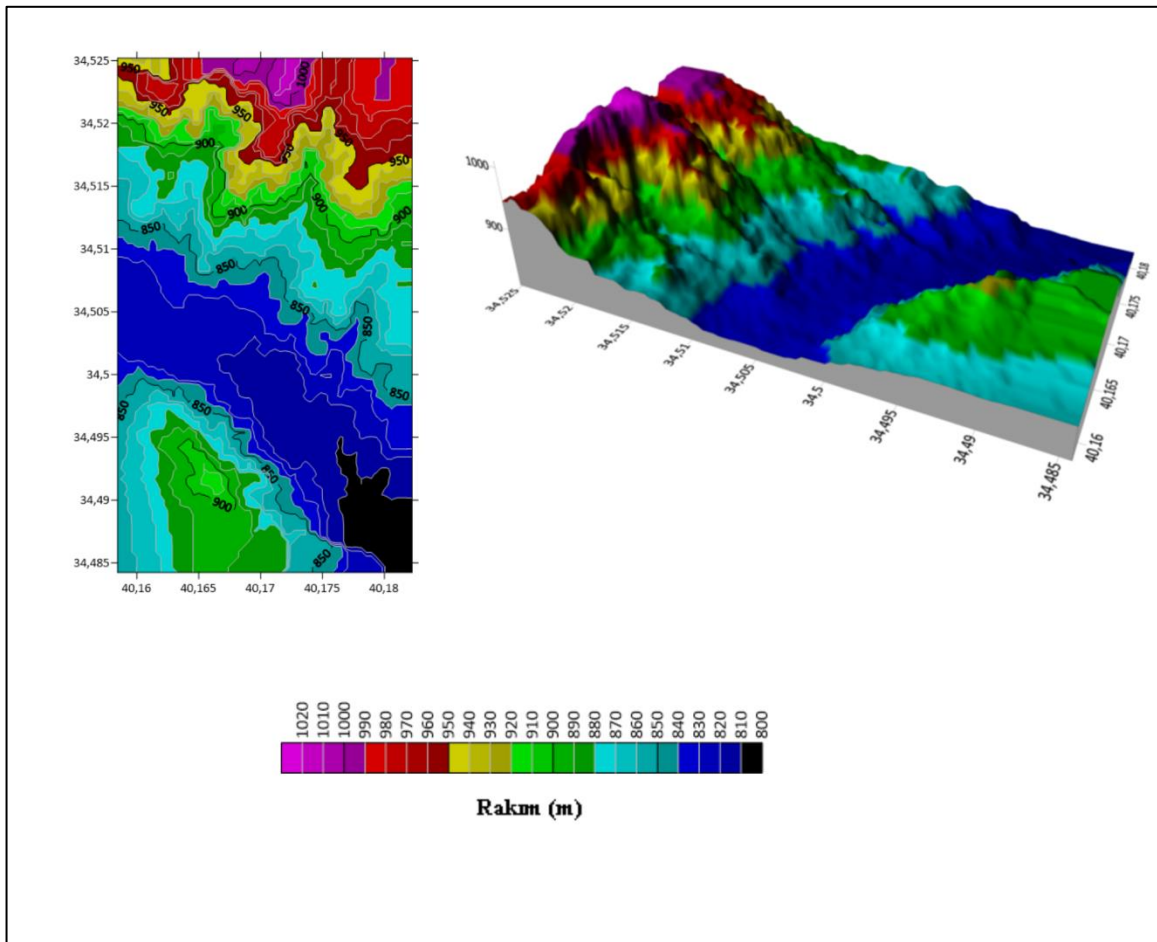
Şekil 4.10'da Sarımsaklı Baraj Girişi istasyonunun topografik haritası belirtilmiştir. İstasyonun bulunduğu bölgeye en yakın komşu grid koordinatları tespit edilerek bölgenin yer şekilleri ve rakım değerlerinin basit ve 3 boyutlu haritası aşağıda gösterilmiştir. Kayseri ilinde bulunan istasyonun en düşük rakım değeri 1170 m, en yüksek rakım değeri ise 1380 m tespit edilmiştir. İstasyonun bulunduğu bölgede yaz aylarında sıcak - kuru, kış aylarında ise soğuk - kar yağışlı iklim tipi görülmektedir [33]. Öte yandan istasyonun bulunduğu iklim koşullarına göre 1. ve 4. Bölgede bulunduğu tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 4.3). Ayrıca 1979-2019 yılları arasında istasyonun yıllık ortalama alansal yağış miktarı 136,96 mm'dir. İstasyonun bulunduğu bölge Orta Anadolu kısmındadır ve bölgeye bozkır bitki örtüsü hakimdir. Yüksek rakımlı bölgelerinde otluk ve dikenliklerin yanı sıra az miktarda da olsa ormanlık alanlara sahiptir [34].



Şekil 4.10. Sarımsaklı Baraj Girişi istasyonunun topoğrafik haritası

Budaközü Deresi Kırankışla istasyonunun topoğrafik haritası basit ve 3 boyutlu biçimde Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Çorum-Sungurlu mevkiinde bulunan istasyonun klimatolojisi yarı kurak iklim ve karasal iklim tipi olarak bilinmektedir. Bunun yanı sıra bitki örtüsüne bakıldığında bölgeye meşe türleri ve bodur çalılar egemen olmaktadır [29].

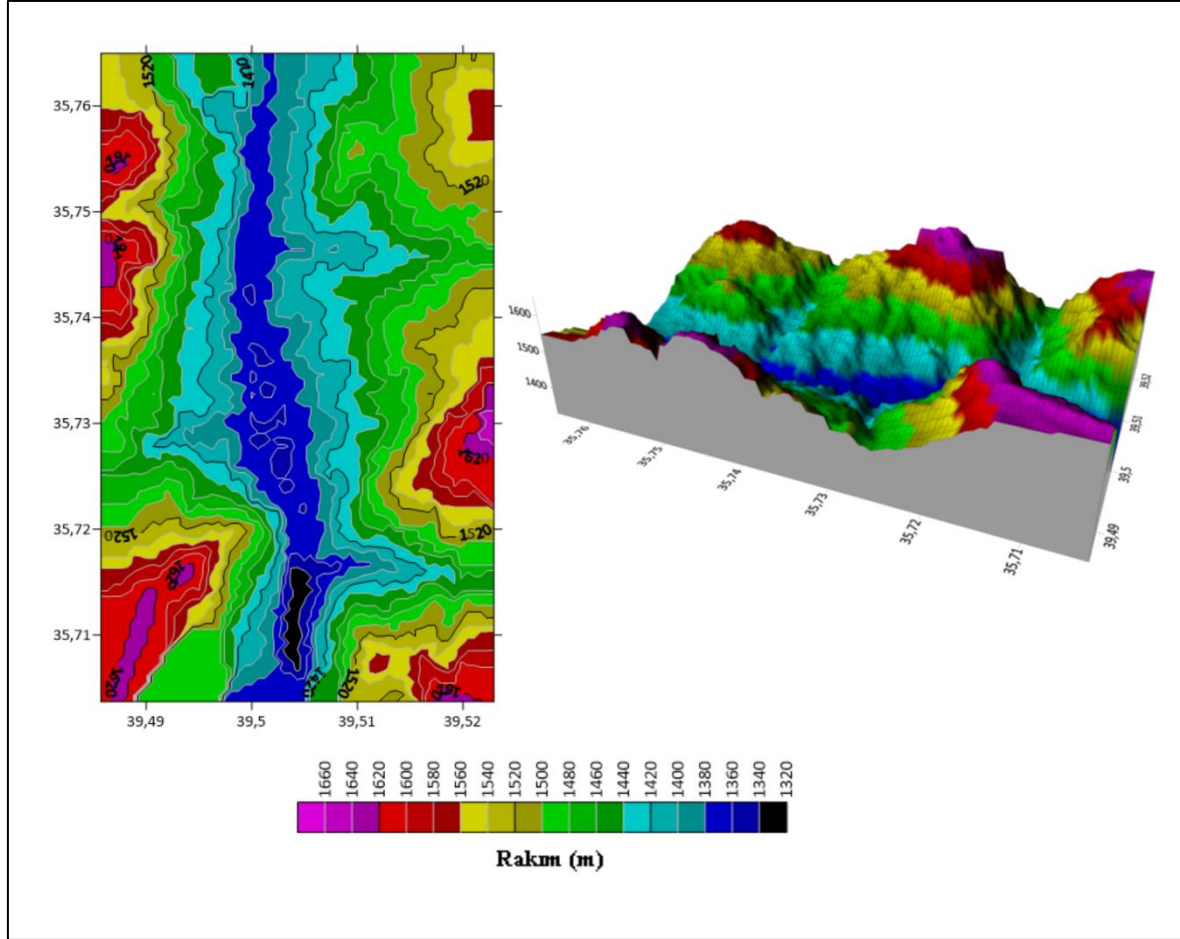
Şekil 4.11'de belirtildiği üzere çalışılan bölgenin rakım aralığının 800 m ile 1020 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Öte yandan Budaközü Deresi Kırankışla istasyonunun 1979-2019 yılları arasında ortalama alansal yağış miktarı 136,02 mm bulunmuştur.



Şekil 4.11. Budaközü Deresi Kırankışla istasyonunun topoğrafik haritası

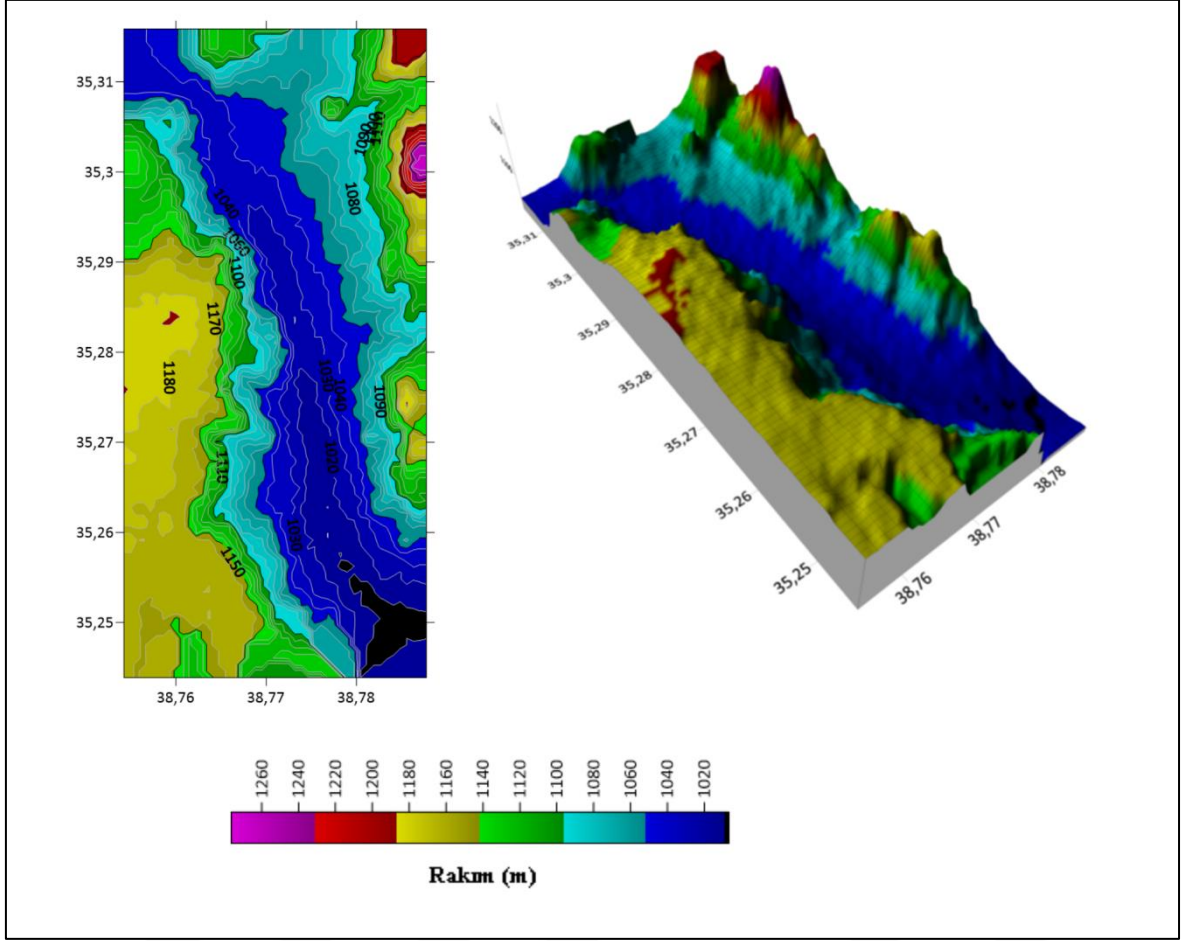
Çalışma kapsamında Şekil 4.12'de Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonunun topoğrafik haritası basit ve 3 boyutlu haritası belirtilmiştir. $35^{\circ}46'32''$ D - $39^{\circ}30'30''$ K koordinatlarına sahip istasyonun bulunduğu alana en yakın komşu gridler belirlenerek bölgenin bulunduğu rakım seviyeleri tespit edilmiştir. Analiz sonucuna göre bölgenin en düşük rakım değeri 1320 m ile en yüksek rakım değeri ise 1600 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yozgat mevkiinde bulunan Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonu

1979-2019 yılları arasında 125,18 mm ortalama alansal yağış aldığı saptanmıştır (Bkz. Çizelge 4.6). Karasal iklim bölgesinde bulunan istasyonun daha önce belirtilen Şekil 4.3'teki grafikte 1 ve 4 numaralı bölgedeki iklim özelliklerini taşıdığı tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 4.3). Buna göre yazları sıcak ve kuru, kışları ise soğuk ve nemlidir.



Şekil 4.12. Kanak Çayı Yahyasaray Baraj Girişi istasyonunun topoğrafik haritası

Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonunun topoğrafik haritası Şekil 4.13'te belirtilmiştir. Topoğrafik haritada istasyona ait enlem ve boylam değerlerinin yanı sıra renk skalasında her bir komşu gridin rakım değerleri ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen istasyonun bulunduğu alanın en düşük rakım değeri 1020 m ve en yüksek rakım değeri ise 1260 m'dir. Kayseri-Ankara mevkiinde bulunan istasyonun 1979-2019 yılları arası alansal ortalama yağış miktarı 125,65 mm'dir (Bkz. Çizelge 4.7). Öte yandan istasyonun bulunduğu iklim koşullarına göre 1. ve 4. Bölgede (sıcak-kuru, soğuk-nemli) bulunduğu tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 4.3). İstasyonun bulunduğu bitki örtüsü önceki istasyon olan Sarımsaklı Barajı Girişi gibidir ve bozkır bitki örtüsü görülmektedir.



Şekil 4.13. Karasu İletim Kanalı Molu Hes istasyonunun topoğrafik haritası

5. TARTIŞMA

De Luca ve diğeri, çalışmalarında 1979-2018 yılları arasında Akdeniz Havzası için yaptıkları çalışmada geçmiş son yüzyılda belirgin bir iklim değişikliği söz konusu olduğunu belirtmişlerdir. ERA5 Ensemble uydu verileri kullanılarak yaptıkları çalışmada sıcaklık ve yağış arasında bir bağlantı kurmuşlardır. Analizlerinde sıcak-kuru ve soğuk-ıslak dinamik sistem analizi oluşturmuşlardır. Çalışmada kışın, sıcaklık ve yağış arasında önemli bir eğilim bulmamışlardır. Fakat yaz aylarında sıcak ve kuru günlerde önemli bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Tez çalışması kapsamında iki çalışmada kullanılan yıllar ve analiz yöntemi arasında benzerlikler olduğu saptanmıştır. Her iki çalışmada da çalışma periyodu kapsamında sıcaklıkta artış eğilimi bulunmuştur. Yağış eğilimi konusunda farklılıklar çalışmanın gerçekleştiği veri seti ve bölgesel değişikliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir [36].

Altan, Teksoy ve Solmaz, çalışmalarında 2001-2018 yılları arasında Türkiye'nin ortalama yağış miktarını 633 mm bulmuşlardır. Belirlenen yıllar aralığında en yüksek yağış miktarını 2009 yılında (794 mm) tespit etmişlerdir. Tez çalışması kapsamında Türkiye'nin 2001-2018 yılları arasında ortalama yağış miktarı 523,17 mm bulunmuştur. Ayrıca 2001-2018 yılları arasında en yüksek yağış miktarı 603,9 mm ile 2009 yılında gerçekleşmiştir. Çalışmalar arasındaki değer farklılıkları kullanılan veri setinin alansal çözünürlüğünden kaynaklanabilir [37].

MGM, tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin 2019 yılı ortalama sıcaklık ve ortalama alansal yağış miktarı sırasıyla 14,7°C, 585,1 mm bulunmuştur. MGM çalışmalarında 2019 yılında gerçekleşen sıcaklık değeri, 1971 yılından bu yana en sıcak 4. yıl olduğu belirtilmiştir. Tez çalışması kapsamında 2019 yılında Türkiye'nin ortalama alansal yağış miktarı 578,5 mm bulunmuştur. Ayrıca 2019 yılı ortalama sıcaklık değeri 14,96°C bulunmuştur. Bu kapsamda her iki çalışmadaki değişiklikler birbirine yakın değerlerde gerçekleşmiştir. Fakat değerler arasındaki değişikliklerin iki çalışma arasındaki periyot, alansal çözünürlük ve kullanılan veri seti farklılıklarından kaynaklanabileceğini belirtmek gerekir [38].

Zhang, Gabriele, Scoccimarro ve Napolitano çalışmalarında, 1979-2017 yılları arasında kullandıkları yüksek çözünürlüklü ERA5 ile Akdeniz bölgesinde 20'den fazla bölgede aşırı yağış gözlemlendi. Tez çalışması kapsamında belirlenen çalışma periyodunda (1979-2019) ve aynı hava tahmin modeli (ERA5) kullanılarak Akdeniz bölgesinde yer alan Türkiye'nin ortalama bölgesel yağış miktarlarında aşırı yağış tespit edilmemiştir. Çalışma kapsamındaki analiz sonuçlarındaki değişiklikler tespit edilen bölge ve çözünürlük farklılığından kaynaklanabilir [39].

Tayanç ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, 1965-2014 yıllarını kapsayan 50 yıllık sürede Türkiye'nin sıcaklık artışını $1,21^{\circ}\text{C}$ değeri bulmuşlardır. Çalışma kapsamında 1979-2019 yıllarını kapsayan analiz sonucuna göre 1979 ve 2019 yıllarında belirlenen sıcaklık değeri farkına göre $1,54^{\circ}\text{C}$ sıcaklık artışı görülmüştür. Her iki çalışma arasındaki değer farklılığı kullanılan yöntem ve belirlenen zaman aralıklarından kaynaklanabilir [3].

Yüksel, tez çalışmasında Kızılırmak Havzasında belirlediği Şarkışla istasyonun 1963-2015 yılları arası ortalama yağış değerini 120 mm tespit etmiştir. Çalışma kapsamında Kızılırmak Havzasında belirlenen 5 istasyon değerinin ortalama yağış miktarlarına çok yakın çıktığı tespit edilmiştir. Veri analizinde kullanılan yöntemler ve zaman aralıkları farklılık gösterse de birbirlerine yakın lokasyonlarda bulunan istasyonların analiz sonuçlarının benzerliği çalışmaların doğruluğu konusunda bilgi vermektedir [40].

Çiçek ve Ataol çalışmalarında, DSİ'den belirledikleri havzalara ait akış hacimlerini belirlemişlerdir. Öte yandan Türkiye'nin yağış dağılımı için haritalandırma yapmışlardır. Sonuçlarına göre, Türkiye'nin yıllık ortalama yağış miktarını (1971-2000) DSİ ortalamasının ($626,6\text{ mm}$) aksine 727 mm bulunmuştur. Tez çalışması kapsamında 1979-2000 yılları arasında $528,93\text{ mm}$ yağış ortalaması sonucu 2 çalışmada farklılık göstermektedir. Tespit edilen sonucun farklı olması çalışma yöntemi, veri kaynaklarının farklılığı veya çalışmadaki zaman periyodunun değişkenlik göstermesinden kaynaklanabilir [41].

Yılmaz çalışmasında, Kızılırmak Havzasının 2. tip yağış kuşağında olduğunu ve kış döneminden bahar dönemine geçişlerde bölgenin yağış miktarının arttığını, aynı zamanda yaz dönemine geçişlerde ise azaldığını tespit etmiştir. Tez çalışması kapsamında beş istasyondan dördü benzer sonuç vermiştir [42].

Er ve Dutucu belirledikleri havzadaki beş istasyon için debi miktarlarını ele almışlardır. 1965-2011 yılları arasında yaptıkları çalışmada istasyonlardan beşinde de debi miktarlarında azalış gözlemlenmiştir. Genel anlamda sıcaklık miktarlarında artış ve yağış miktarlarında ise ciddi azalışlar tespit etmişlerdir. Tez çalışması kapsamında Türkiye'nin 1979-2019 yılları arasında ortalama bölgesel yağış ve sıcaklık değişimleri, analiz edilen istasyonların debi miktarları karşılaştırıldığında iki çalışma arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir [43].



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında, iklim değişikliği ve yağış dağılışının hidroelektrik enerji kazanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Çalışmada Türkiye'nin 1979-2019 yılları arası 30 yıl boyunca ortalama sıcaklık ve yağış miktarları analiz edilmiştir. 1979-2019 yılları arası 30 yıllık veri seti ERA5 Ensemble uydu verileri kullanılarak 12,5x12,5 km çözünürlükte Türkiye'nin toplam yıllık ortalama yağış haritası ve yıllık ortalama sıcaklık haritası çıkarılmıştır ve atmosferik parametreler iklim veri operatörü (CDO) kullanılarak analiz edilmiştir.

1979-2019 periyodunda Türkiye'nin ortalama yağış miktarı 527,61 mm ortalama sıcaklık değeri ise 13,34°C bulunmuştur. Çalışma periyodunda en çok yağış 614,9 mm ile 1988 yılında gerçekleşmiştir. En düşük yağış ise 2008 yılında gerçekleşmiştir. Son 10 yılda en düşük yağış 2013 en yüksek yağış ise 2019 yılında gerçekleşmiştir. Türkiye'nin 1979-2019 yılları arasında yağış miktarlarında negatif yönlü bir eğilim tespit edilmiştir. 30 yıllık çalışma periyodu analiz edildiğinde ortalama sıcaklık değerlerinde 0,87°C sapma gerçekleşmiştir. Öte yandan ortalama yağış miktarında ise 45,89 mm sapma değeri gözlemlenmiştir.

Türkiye'nin ortalama yağış miktarlarının değişimine bağlı akarsu debi miktarlarının ne ölçüde etkilendiğine dair Kızılırmak Havzasında 5 farklı istasyon analiz edilmiştir. İstasyonlara ait debi miktarları DSİ'den temin edilmiştir. İstasyonların 1979-2019 yılları arası istasyonlara en yakın komşu gridler belirlenerek ortalama alansal yağış miktarları tespit edilmiştir. Ortalama alansal yağış miktarlarının önceki çalışmalarla tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Türkiye'nin ortalama yağış miktarları ile istasyonların debi miktarları arasında yapılan analiz sonuçlarına göre, beş istasyonun dördünde tutarlı sonuçlar gerçekleşmiştir. Türkiye'nin ortalama yağış miktarının üstünde gerçekleşen yıllarda istasyonların dördünün maksimum debi miktarlarına ulaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin ortalama yağış miktarının altında gerçekleştiği yıllarda istasyonların en düşük debi miktarlarına ulaştığı gözlemlenmiştir.

Kızılırmak Havzasında bulunan istasyonların topoğrafik özellikleri incelenmiştir. SURFER 20.0 versiyon kullanılarak istasyonların bulunduğu alanların topoğrafik haritaları basit ve 3 boyutlu şekilde analiz edilmiştir.

Çalışma alanlarında belirlenen koordinatlara göre rakım değerleri farklılık göstermektedir. İstasyonların farklı rakımlı bölgelerde bulunduğu göz önüne alınarak değerlendirilen analiz sonuçlarına göre bölgelerin rakım değerleri ile ortalama alansal yağış miktarları arasında kesin bir sonuca varılamamıştır.

Analiz sonuçlarına göre Türkiye’de iklim değişikliğine bağlı yağış anomalilerinin düzensizliği ve yağış miktarlarının sürekli aşağı yönlü eğilim hareketinin devam etmesi halinde hidroelektrik enerji üretim miktarlarını düşürmesi kaçınılmazdır. Sürdürülebilir enerji geleceği adına iklim değişikliğinin bir an önce önüne geçilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

1. Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 47–65. doi: 10.17152/gefd.19283.
2. Türkeş, M. (2012). Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1–32. doi: 10.1501/csau_0000000063.
3. Tayanç, M., Eren, S., E., Aydın, Y., Baltacı, H., Göktürk, M., O., Erkan, K. ve Akkoyunlu, O., B. Türkiye’de Güncel İklim Değişikliği. VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım 2017, Antalya, 17–23.
4. Demircan, M., Gürkan, H., Arabacı H., ve Coşkun, M. Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.
5. Kale, S., Hisar O., Sönmez, Y., A., Mutlu F., ve Filho, L., W. (2018). An Assessment of the Effects of Climate Change on Annual Streamflow in Rivers in Western Turkey. *International Journal of Global Warming*, 15(2), 190–211. doi: 10.1504/IJGW.2018.092901.
6. Terzi, Ö., ve İlker, A. (2020). Kızılırmak Havzası’nda Sıcaklık Değerlerinin Trend Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(3), 626–634. doi: 10.19113/sdufenbed.686484.
7. ERCAN, B., ve YÜCE, İ., M. (2017). Kızılırmak Havzasının Hidrometeorolojik Verilerinin Trend Analizi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 333–340. doi: 10.17100/nevbi tek.323640.
8. Arıkan, Y. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü. Bölgesel Çevre Merkezi REC Türkiye, Nisan 2006, Ankara.
9. IPCC, (2018). Summary for Policymakers. In: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.*
10. Pabuçcu, H., ve Bayramoğlu, T. (2016). Yapay Sinir Ağları İle CO2 Emisyonu Tahmini: Türkiye Örneği. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 762-778
11. Crippa, M., Oreggioni, G., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., Lo Vullo, E., Solazzo, E., Monforti-Ferrario, F., Olivier, J.G.J., Vignati, E., Fossil CO2 and GHG emissions of all world countries - 2019 Report, EUR 29849 EN, Publications Office of

- the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-11100-9, doi:10.2760/687800, JRC117610.
12. Bayazıt, Y. (2021). The effect of hydroelectric power plants on the carbon emission: An example of Gokcekaya dam, Turkey. *Renewable Energy*, 170, 181-187.
 13. Kaya Dünder, A. (2005). Avrupa Birliği ve Türkiye'de İklim Değişikliği Politikalarının Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
 14. TÜİK, (2020). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2018. URL: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196>. Son Erişim Tarihi: 20.05.2021
 15. Demirdöğen, A. (2020). Türkiye'de Sıcaklık ve Tarım Alanlarındaki Değişim. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 26(2), 167-176.
 16. MGM, (2021). Türkiye 2020 Yılı İklim Değerlendirmesi. Ankara. URL: <https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2020-iklim-raporu.pdf>. Son Erişim Tarihi: 20.05.2021
 17. Aydın, S., Şimşek, M., Çetinkaya G., ve Öztürk, Z., M. (2019). Erinç Yağış Etkinlik İndisi'ne Göre Belirlenen Türkiye İklim Bölgelerinin Rejim Karakteristikleri. *1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı*, 20-22 Haziran. doi: 10.26650/PB/PS12.2019.002.074.
 18. Ruffato-Ferreira, V., Renata da Costa, B., Júnior, O., A., Silva, L., W., de Berrêdo Viana, D., do Nascimento, S., A., J., ve de Freitas, V., A., M. (2017). A Foundation for the Strategic Long-Term Planning of the Renewable Energy Sector in Brazil: Hydroelectricity and Wind Energy in the Face of Climate Change Scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72(October 2016), 1124-1137. doi: 10.1016/j.rser.2016.10.020.
 19. ETKB. URL: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>. Son Erişim Tarihi: 20.05.2021
 20. Emeç, Ş., Adar, T., Akkaya, G. & Delice, E. K. (2019). Efficiency Assessment of Hydroelectric Power Plant in Turkey by Data Envelopment Analysis (DEA). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 34-45. doi: 10.31590/ejosat.594716
 21. Amjad, M., Yılmaz, M., T., Yücel, İ., ve Yılmaz, K., K. (2020). Performance evaluation of satellite- and model-based precipitation products over varying climate and complex topography. *Journal of Hydrology*, 584(2020). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124707>
 22. Şen, Ö., L., Bozkurt, D., Göktürk, O., M., Altürk, B., ve Dünder, B. (2017). Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. URL: <https://www.researchgate.net/publication/322099836>. Son Erişim Tarihi: 20.05.2021
 23. Yıldız, D., Yıldız D., ve Özgüler, H. (2019). Hidroenerji Raporu Yekdem'e Kayıtlı

- HES'lerin Üretim Verimliliği. Su Politikaları Derneği (SPD) Hidropolitik Akademi. URL: <https://www.enerjiportali.com/wp-content/uploads/2019/07/YEKDEME-Kay%C4%B1tl%C4%B1-HESlerin-%C3%9Cretim-Verimlili%C4%9Fi.pdf>. Son Erişim Tarihi: 20.05.2021
24. De Jong, Pieter, Tanajura, C., A., S., Sánchez, S., A., Dargaville, R., Kiperstok, A., ve Torres, E., A. (2018). Hydroelectric Production from Brazil's São Francisco River Could Cease Due to Climate Change and Inter-Annual Variability. *Science of the Total Environment*, 634, 1540–1553. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.256.
 25. Bahadır, M. (2011). Kızılırmak Nehri Akım Değişimlerinin İstatistiksel Analizi. *International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 6(3), 1339–1356.
 26. Arslan, O., Bilgil, A., ve Veske, O. (2016). Standart Yağış İndisi Yöntemi İle Kızılırmak Havzası'nın Meteorolojik Kuraklık Analizi. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 188-194.
 27. Sağdıç, M., ve Koç H. (2012). Yukarı Kızılırmak Havzası'nın İklimi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 58(1–20). doi: 10.17211/tcd.62593.
 28. ECMWF. URL: <https://www.ecmwf.int/en/about>. Son Erişim Tarihi: 20.05.2021
 29. Hersbach, H., de Rosnay, P., Bell, P., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., AlonsoBalmaseda, M., Balsamo, G., Bechtold, P., Berrisford, P., Bidlot, J., de Boissésón, E., Bonavita, M., Browne, P., Buizza, R., Dahlgren, P., Dee, D., Dragani, R., Diamantakis, M., Flemming, J., Forbes, R., Geer, A., Haiden, T., Hólm, E., Haimberger, L., Hogan, R., Horányi, A., Janisková, M., Laloyaux, P., Lopez, P., Muñoz-Sabater, J., Peubey, C., Radu, R., Richardson, D., Thépaut, J-N., Vitart, F., Yang, X., Zsótér, E., and Zuo, H. Presented to the Scientific Advisory Committee, 8 October 2018, including updates on the ERA5 production status.
 30. Yang, C-S., Kao, S-P., Lee F-B., ve Hung P-S. (2004). Twelve Different Interpolation Methods: a Case Study of Surfer 8.0. *ISPRS*; 778–783.
 31. Aytaş, İ., Bilgili, B., C., ve Şahin, Ş. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, Ankara.
 32. Dengiz, O., Göl, C., Ekberli, İ., ve Özdemir, N. (2009). Farklı Alüvyial Teras Şekilleri Üzerinde Oluşmuş Toprakların Dağılımı ve Özelliklerinin Belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 24(3), 184–93.
 33. Sezen, G. (2008). Sarımsaklı Baraj Gölü (Kayseri) Fitoplanktonu ve Su Kalitesi Özellikleri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
 34. Kars, F. (2021). Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santralının Kayseri İline Sağladığı Faydaların İncelenmesi. *Türk Hidrolik Dergisi*, 5(1), 1-7.
 35. Gülersoy, A., E. (2013). Çorum Merkez İlçede Arazi Kullanımının Zamansal Değişimi

- (1987-2011) ve Çevresel Etkileri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11(2), 169-194.
36. De Luca, P., Messori, G., Faranda, D., Ward, J., P., and Coumou, D. (2020). Compound Warm-Dry and Cold-Wet Events over the Mediterranean. *Earth System Dynamics* 11(3), 793–805. doi: 10.5194/esd-11-793-2020.
 37. ALTAN, K., TEKSOY A., ve AKAL SOLMAZ, S. K. (2020). Türkiye'de Yağış ve Sıcaklığın Su Kaynakları, Tarımsal Ürün Verimi ve Su Politikalarına Etkisi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1253–1270. doi: 10.17482/uumfd.787493.
 38. MGM, (2020). Türkiye 2019 Yılı İklim Değerlendirmesi. Ankara. URL: <https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2019-iklim-raporu.pdf>. Son Erişim Tarihi: 20.05.2021
 39. Zhang, W., Villarini, G., Scoccimarro, E., and Napolitano, F. (2020). Examining the Precipitation Associated with Medicanes in the High-Resolution ERA-5 Reanalysis Data. *International Journal of Climatology*, 1-7. doi: 10.1002/joc.6669.
 40. Yüksel, S. (2019). Kızılırmak Havzasında Mevsimsel ve Yıllık Yağmurlardaki Değişkenliğin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
 41. Çiçek, İ., ve Ataol, M. (2009). Türkiye'nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(1), 51–64. doi: 10.1501/cogbil_0000000094.
 42. Yılmaz, E. (2018). Türkiye'de Aylık Yağış Eğilimleri, Yağış Kaymaları ve Yağış Eğilim Rejimleri (1971-2010). *Journal of Human Sciences*, 15(4), 2066-2091. doi: 10.14687/jhs.v15i4.5479.
 43. Er, R., ve Atalay Dutucu, A. (2020). Sakarya Nehri Havzası'nda Sıcaklık, Yağış ve Akarsu Rejiminde Meydana Gelen Değişikliklerin İncelenmesi. *Anadolu Kültürel Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 127-143.

DİZİN

A

Abstract · v,vii

D

Debi · iv, x, 2, 3, 8, 12, 13, 14,
19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,
33, 34, 35
DSİ · v, vii, 3, 4, 9, 11, 12, 14,
19, 20, 32, 34

E

Emisyon · x, 5, 6, 7, 8
Enerji · ii, iv, vii, 1, 2, 3, 4, 5, 6,
7, 8, 34, 35, 38, 39, 40

H

Harita · x, xi, 12, 14, 26, 27, 28,
29, 30, 32, 34, 35
Hidrolojik · iv, 1, 2, 8
Hes · ix, x, xii, 1, 4, 11, 13, 19,

25, 29, 30, 38

Havza · vii, 1, 2, 8, 9, 10, 11, 14,
26, 31, 32, 33, 34, 35, 36,
37, 38

İ

İklim Değişikliği · iv, 1, 2, 3, 5,
6, 7, 8, 12, 31, 34, 35, 36,
38

K

Kızılırmak · vii, 2, 9, 10, 11, 14,
26, 32, 34, 35, 36, 37, 38
Kuraklık · 1, 3, 8, 36, 38

L

Literatür · 2, 3

M

MGM · xii, 2, 7, 3

S

Sıcaklık · iv, vii, ix, x, 1, 2, 3, 5,
6, 7, 8, 12, 13, 14, 16, 17,
18, 19, 20, 31, 32, 33, 34,
36, 37
Sera Gazı · x, 5, 6, 7, 8

T

Topoğrafya · iv, 7, 8
Topoğrafik · iv, vii, x, 12, 26, 27,
28, 29, 30, 35

Y

Yağış · i, ii, vii, ix, x, xi, 1, 2, 3,
6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15,
16, 18, 19, 20, 21, 22, 23,
24, 25, 26, 27, 28, 29, 31,
32, 33, 34, 37, 38



TEKNOVERSITE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

