

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI OLARAK SAKARYA
NEHRİ REJİM ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞMELER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rümeysa ER

Enstitü Anabilim Dalı: Coğrafya

Tez Danışmanı: Dr.Öğr.Üyesi Ayşe ATALAY DUTUCU

TEMMUZ – 2020

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI OLARAK SAKARYA
NEHRİ REJİM ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞMELER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rümeysa ER

Enstitü Anabilim Dalı: Coğrafya

“Bu tez sınavı 14/07/2020 tarihinde online olarak yapılmış olup aşağıda isimleri bulunan
jüri üyeleri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.”

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ
Dr.Öğr.Üyesi Ayşe ATALAY DUTUCU	Başarılı
Dr.Öğr.Üyesi Derya Evrim KOÇ	Başarılı
Dr.Öğr.Üyesi Demet BİLTEKİN	Başarılı

 SAKARYA ÜNİVERSİTESİ	T.C. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ TEZ SAVUNULABİLİRLİK VE ORJİNALLİK BEYAN FORMU	Sayfa : 1/1
Öğrencinin		
Adı Soyadı	:	Rümeysa ER
Öğrenci Numarası	:	Y176027001
Enstitü Anabilim Dalı	:	COĞRAFYA
Enstitü Bilim Dalı	:	
Programı	:	☒ YÜKSEK LİSANS ☐ DOKTORA
Tezin Başlığı	:	Küresel İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Sakarya Nehri Rejim Özelliklerindeki Değişmeler
Benzerlik Oranı	:	%18
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,		
☒ Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.		
Rümeysa ER 08/06/2020 İmza		
☐ Sakarya Üniversitesi Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez çalışması ile ilgili gerekli düzenleme tarafımda yapılmış olup, yeniden değerlendirilmek üzere@sakarya.edu.tr adresine yüklenmiştir.		
Bilgilerinize arz ederim.		
...../...../20..... İmza		
Uygundur		
Danışman Unvanı / Adı-Soyadı: Dr.Öğr.Üyesi Ayşe ATALAY DUTUCU		
Tarih:08.06.2020		
İmza: 		
☐ KABUL EDİLMİŞTİR ☐ REDDEDİLMİŞTİR EYK Tarih ve No:	Enstitü Birim Sorumlusu Onayı	

ÖNSÖZ

“Küresel İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Sakarya Nehri Rejim Özelliklerindeki Değişmeler” adlı bu çalışmada yıllar içerisinde Sakarya Nehri’nin rejiminde görülen değişiklikler incelenmiştir. Üç bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde küresel iklim değişikliğinin sebepleri ve etkilerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde araştırma alanı olan Sakarya Nehri Havzası’nın fiziki coğrafya özellikleri ortaya koyulmuştur. Üçüncü bölümde ise Sakarya Nehri’nin rejiminde zaman içerisinde meydana gelen değişiklikler incelenmiş ayrıca sıcaklık ve yağış miktarları ve rejimde görülen değişiklikler, akım, sıcaklık, yağış miktarlarındaki uzun yıllık değişimler ve eğilimler ortaya konmuştur.

Tez danışmanlığımı üstlenerek çalışmam sırasında bana her konuda yardımcı olan değerli hocam Dr.Öğr.Üyesi Ayşe ATALAY DUTUCU’ya şükranlarımı sunarım.

Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tüm bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olan kıymetli aileme bu süreçte verdikleri destek ve gösterdikleri sabır için teşekkür ederim.

Rümeysa ER

14.07.2020

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
FOTOĞRAF LİSTESİ.....	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1: KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ.....	11
1.1. Küresel İklim Değişikliği ve Nedenleri	11
1.1.1. Sera Etkisi	14
1.2. Küresel İklim Değişikliğinin Göstergeleri.....	16
1.3. Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye’ye Etkileri.....	18
1.4. Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri.....	19
1.4.1. Dünya’nın Su Potansiyeli.....	20
1.4.2. Türkiye’nin Su Potansiyeli.....	21
BÖLÜM 2: SAKARYA NEHRİ HAVZASI’NIN FİZİKİ COĞRAFYA	
ÖZELLİKLERİ.....	23
2.1. Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler.....	23
2.2. Hidrografya Özellikleri.....	28
2.2.1. Yer Üstü Suları.....	28
2.2.1.1. Akarsular	28
2.2.1.2. Göller	32

2.2.1.3. Barajlar	33
2.2.2. Yer Altı Suları	35
2.3. İklim Özellikleri.....	37
2.3.1. Sıcaklık.....	38
2.3.1.1 Yıllık Ortalama Sıcaklık ve Termik Rejim.....	38
2.3.1.2. Mutlak Ekstremler	40
2.3.2. Yağış.....	45
2.3.2.1. Yıllık Ortalama Yağış ve Yağış Rejimi.....	45
2.4. Bitki Örtüsü Özellikleri.....	50
BÖLÜM 3: KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI OLARAK SAKARYA NEHRİ REJİM ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞMELER.....	53
3.1. Akarsu Rejimi ve Rejimi Etkileyen Faktörler	55
3.1.1. Sakarya Nehri Akarsu Rejimi	55
3.2. Sıcaklık, Yağış ve Akarsu Rejiminde Farklılaşmalar	60
3.2.1. Sıcaklıklarda Meydana Gelen Değişiklikler	60
3.2.2. Yağış Rejimindeki Değişiklikler.....	65
3.2.3. Akarsu Rejimindeki Değişiklikler.....	71
3.3. Akım ve Yağış Miktarı Arasındaki İlişki	77
3.4. Sıcaklık, Yağış ve Akım Miktarlarındaki Uzun Yıllık Değişimler ve Eğilimler.....	79
SONUÇ VE ÖNERİLER	86
KAYNAKÇA.....	89
ÖZGEÇMİŞ	99

KISALTMALAR

AGİ	: Akım gözlem istasyonu
By	: Bin yıl
CFC	: Kloroflorokarbon
CH₄	: Metan
cm	: Santimetre
CO₂	: Karbondioksit
DSİ	: Devlet Su İşleri
E	: Doğu
ENSO	: El Nino-Güneyli Salınım
H₂O	: Su buharı
ha	: Hektar
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
km	: Kilometre
km²	: Kilometrekare
km³	: Kilometre küp
m	: Metre
mm	: Milimetre
m³	: Metreküp
N	: Kuzey
NAO	: Kuzey Atlantik Salınımı
NO_x	: Azot oksit
NW	: Kuzeybatı
N₂O	: Diazot monoksit
O₃	: Ozon
S	: Güney
SE	: Güneydoğu
Sn	: Saniye
SO	: Güneyli Salınım
W	: Batı

°C : Santigrat derece
% : Yüzde



TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Sakarya Nehri Havzası Genel Özellikleri	3
Tablo 2: El Nino ve La Nina'nın Görüldüğü Yıllar	14
Tablo 3: Sera Gazlarının Katkı Oranları ve Emisyon Kaynakları	16
Tablo 4: Havzadaki Önemli Akarsular	28
Tablo 5: Havzadaki Önemli Göller.....	32
Tablo 6: Havzada Yer Alan Barajlar	34
Tablo 7: Sakarya Nehri Havzası'nın İklimini Ortaya Koymak İçin Belirlenen Meteoroloji Gözlem İstasyonları	37
Tablo 8: Çalışma Sahasında Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C).....	39
Tablo 9: Geyve Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)	40
Tablo 10: Polatlı Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1965-2018)	41
Tablo 11: Sakarya Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)	41
Tablo 12: Bilecik Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)	41
Tablo 13: Kütahya Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)	42
Tablo 14: Nallıhan Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1965-2018)	42
Tablo 15: Geyve Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)	43
Tablo 16: Polatlı Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1965-2018)	43
Tablo 17: Sakarya Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)	44
Tablo 18: Bilecik Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)	44

Tablo 19: Kütahya Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018).....	44
Tablo 20: Nallıhan Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1965-2018).....	45
Tablo 21: Çalışma Sahasında Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm).....	46
Tablo 22: Sakarya Nehri Havzası İçin Belirlenen Akım Gözlem İstasyonları.....	53
Tablo 23: Sakarya Nehri Havzası İçin Belirlenen Meteoroloji İstasyonları.....	54
Tablo 24: Sivrihisar Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C).....	60
Tablo 25: Geyve Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C).....	61
Tablo 26: Bolu Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C).....	62
Tablo 27: Polatlı Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C).....	63
Tablo 28: Eskişehir Bölge Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C).....	64
Tablo 29: Sivrihisar Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm).....	65
Tablo 30: Sivrihisar Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar	65
Tablo 31: Geyve Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm).....	67
Tablo 32: Geyve Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar	67
Tablo 33: Bolu Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm).....	68
Tablo 34: Bolu Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar	68
Tablo 35: Polatlı Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm).....	69
Tablo 36: Polatlı Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar	69
Tablo 37: Eskişehir Bölge Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm).....	70
Tablo 38: Eskişehir Bölge Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar	70
Tablo 39: Aktaş AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m ³ /s).....	71
Tablo 40: Aktaş AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar	71
Tablo 41: Doğançay AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m ³ /s).....	72

Tablo 42: Doğançay AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar	73
Tablo 43: Dokurcun AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m ³ /s)	74
Tablo 44: Dokurcun AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar	74
Tablo 45: Meşecik AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m ³ /s).....	75
Tablo 46: Meşecik AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar	75
Tablo 47: Eşenkara AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m ³ /s).....	76
Tablo 48: Eşenkara AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar	76

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Sakarya Nehri Havzası ve Konumu.....	2
Şekil 2: Sera Etkisi	15
Şekil 3: Sakarya Nehri Havzası'nın Sayısal Yükselti Modeli	27
Şekil 4: Sakarya Nehri Havzası'nın Hidrografi Haritası	29
Şekil 5: Yer Altı Suları; Bu Sularla İlgili Zon ve Kuşaklar; Su Tablası	36
Şekil 6: Sakarya Nehri Havzası'nın İklimini Ortaya Koymak İçin Belirlenen Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının Lokasyonları.....	38
Şekil 7: Uzun Yıllar Ortalama Sıcaklık Grafiği	40
Şekil 8: Aylık ve Yıllık Yağış Değerlerinin Mevsimlere Dağılışı	47
Şekil 9: Uzun Yıllar Ortalama Yağış Grafikleri	48
Şekil 10: Sakarya Nehri Havzası İçin Belirlenen Akım Gözlem İstasyonları ve Meteoroloji İstasyonlarının Lokasyonları	54
Şekil 11: Aktaş AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011).....	58
Şekil 12: Doğançay AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011)..	59
Şekil 13: Dokurcun AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011)..	59
Şekil 14: Meşecik AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011)	59
Şekil 15: Eşenkara AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011) ...	60
Şekil 16: Sivrihisar Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği.....	60
Şekil 17: Geyve Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği	61
Şekil 18: Bolu Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği	62
Şekil 19: Polatlı Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği	63
Şekil 20: Eskişehir Bölge Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği.....	64
Şekil 21: Sivrihisar Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği ..	65
Şekil 22: Geyve Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği.....	66
Şekil 23: Bolu Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği	67
Şekil 24: Polatlı Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği.....	69
Şekil 25: Eskişehir Bölge Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği.....	70

Şekil 26: Aktaş AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği	71
Şekil 27: Doğançay AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği	72
Şekil 28: Dokurcun AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği	74
Şekil 29: Meşecik AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği	75
Şekil 30: Eşenkara AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği	76
Şekil 31: Sivrihisar Yağış Miktarı ve Aktaş Akım Miktarı Arasındaki İlişki.....	77
Şekil 32: Geyve Yağış Miktarı ve Doğançay Akım Miktarı Arasındaki İlişki.....	78
Şekil 33: Bolu Yağış Miktarı ve Dokurcun Akım Miktarı Arasındaki İlişki.....	78
Şekil 34: Polatlı Yağış Miktarı ve Meşecik Akım Miktarı Arasındaki İlişki	78
Şekil 35: Eskişehir Bölge Yağış Miktarı ve Eşenkara Akım Miktarı Arasındaki İlişki	79
Şekil 36: Sivrihisar Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı.....	79
Şekil 37: Geyve Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı.....	79
Şekil 38: Bolu Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı	80
Şekil 39: Polatlı Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı.....	80
Şekil 40: Eskişehir Bölge Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı.....	80
Şekil 41: Sivrihisar Yıllık Toplam Yağış Miktarı.....	81
Şekil 42: Geyve Yıllık Toplam Yağış Miktarı.....	81
Şekil 43: Bolu Yıllık Toplam Yağış Miktarı.....	81
Şekil 44: Polatlı Yıllık Toplam Yağış Miktarı.....	82
Şekil 45: Eskişehir Bölge Yıllık Toplam Yağış Miktarı.....	82
Şekil 46: Aktaş AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı.....	82
Şekil 47: Doğançay AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı.....	83
Şekil 48: Dokurcun AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı	83
Şekil 49: Meşecik AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı	83
Şekil 50: Eşenkara AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı	84

FOTOĞRAF LİSTESİ

Fotoğraf 1: Samanlı Dağları’ndan Pamukova Ovası’nın Görünümü.....	26
Fotoğraf 2: Sakarya Nehri’nden Bir Görünüm (Pamukova).....	31
Fotoğraf 3: Acarlar Gölü Longozu’ndan Bir Görünüm	33



Sakarya Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Özeti

Yüksek Lisans	×	Doktora	
Tezin Başlığı: Küresel İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Sakarya Nehri Rejim Özelliklerindeki Değişmeler			
Tezin Yazarı: Rümeysa ER		Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Ayşe ATALAY DUTUCU	
Kabul Tarihi: 14 Temmuz 2020		Sayfa Sayısı: xii (ön kısım) + 99 (tez)	
Anabilim Dalı: Coğrafya			
Küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olarak iklim elemanlarındaki özellikle de yağışlardaki değişimlere bağlı olarak akarsuların akım ve rejim özellikleri değişmektedir. Her akarsu, havzasında etkili olan iklim özelliklerini yansıtır. Akarsuların akım ve rejim özelliklerini belirleyen en önemli iklim elemanları sıcaklık ve yağıştır. Son yıllarda antropojenik faktörler nedeniyle hızlanan iklim elemanlarında ki farklılaşmaların küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada akım gözlem istasyonlarının ölçüm verileri ve meteoroloji gözlem istasyonlarına ait iklim verileri kullanılarak küresel iklim değişikliğine bağlı olarak Sakarya Nehri'nin rejim özelliklerinde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Çalışma için araştırmayı kapsayan yıllar üç döneme ayrılmıştır. Bu dönemler 1965-1979, 1980-1994, 1995-2011 dönemleridir. Buna göre meteoroloji istasyonlarından iki tanesinin yağış rejiminde değişiklik meydana geldiği tespit edilmiştir. Yağış rejiminde değişiklik meydana gelen meteoroloji istasyonları Sivrihisar ve Bolu meteoroloji istasyonlarıdır. Sivrihisar meteoroloji istasyonunun yağış rejiminde 1995-2011 döneminde, Bolu meteoroloji istasyonunun yağış rejiminde ise 1980-1994 döneminde değişiklik meydana gelmiştir. Akarsuyun rejiminde ise değişiklik yoktur. Ancak dönemlere ait yıllık ortalama akım miktarları akarsuyun akım miktarlarında düşüş olduğunu gösterir. Yalnızca Meşecik akım gözlem istasyonunun akım miktarlarında azalış yoktur. Meşecik'te yıllık ortalama akım miktarının en yüksek olduğu dönem son dönem olan 1995-2011 dönemidir. Küresel sıcaklıklardaki artışlara benzer şekilde araştırma sahasında da özellikle son yıllarda sıcaklıklarda artış yaşanmaktadır. Bu artış yaz döneminde daha fazladır.			
Anahtar Kelimeler: Küresel iklim değişikliği, Sakarya Nehri, Rejim, Akım			

Sakarya University
Institute of Social Sciences Abstract of Thesis

Master Degree	×	Ph.D.	
Title of Thesis: Changes in Regime Characteristics of Sakarya River due to Global Climate Change			
Author of Thesis: Rümeysa ER		Supervisor: Assist. Prof. Ay�e ATALAY DUTUCU	
Accepted Date: 14 July 2020		Number of Pages: xii (pre text) + 99 (main body)	
Department: Geography			
As a result of global climate change, the flow and regime characteristics of streams change depending on the changes in climate elements, especially in precipitation. Each stream reflects the climate characteristics that are effective in its basin. The most important climate elements that determine the flow and regime characteristics of streams are temperature and precipitation. It is thought that the differences in climate elements that have accelerated due to anthropogenic factors in recent years are the result of global climate change. In this study, the changes in the regime characteristics of the Sakarya River due to the global climate change were investigated by using the measurement data of the stream observation stations and the climate data of the meteorological observation stations. Years involving research for the study are divided into three periods. These periods are 1965-1979, 1980-1994, 1995-2011. Accordingly, it has been determined that two of the meteorological stations have change in the precipitation regime. The meteorological stations that change in the precipitation regime are Sivrihisar and Bolu meteorological stations. The precipitation regime of Sivrihisar meteorology station has changed in the period 1995-2011 and the precipitation regime of Bolu meteorological station in the period 1980-1994. There is no change in the regime of the stream. However, the annual average flow amounts for the periods indicate that there is a decrease in the flow amounts of the stream. There is no decrease in the flow amounts of the Me�ecik stream observation station only. The period with the highest annual average flow in Me�ecik is the last period, 1995-2011. Similar to the increases in global temperatures, the research area has experienced an increase in temperatures, especially in recent years. This increase is higher in the summer period.			
Keywords: Global climate change, The Sakarya River, Regime, Streamflow			

GİRİŞ

Dünya'nın 4.6 milyar yıllık jeolojik tarihi içerisinde Dünya'nın yörüngesel hareketleri, Güneş'in uzaya yaydığı enerji miktarı ve atmosferin bileşimindeki değişiklikler veya yer kabuğunda oluşan hareketler nedeniyle iklim sisteminde çok defa değişiklikler yaşanmıştır (Erlat, 2010, 3). İklimde meydana gelen doğal değişmelerin yanında insan faaliyetleri de küresel iklim sistemini etkilemektedir. İnsan faaliyetlerinin iklim sistemi üzerinde etkisinin bulunduğu Antroposen olarak adlandırılan dönemde iklim sistemindeki değişimin en açık belirtisi 20.yüzyılın ikinci yarısında küresel sıcaklıklarda görülen artış trendidir. Paleoklimatik kanıtlar, 20.yüzyılda gerçekleşen ısınma eğiliminin son 10 bin yıl boyunca hiç gerçekleşmemiş hız ve büyüklükte meydana geldiğini işaret etmektedir (Erlat, 2010, 239).

Küresel sıcaklıkların yükselmesi nedeniyle, Dünya çapında su çevriminde değişiklikler, buzulların erimesi ve buna bağlı olarak deniz seviyesinde artışların görülmesi, iklim kuşaklarının yerlerinde değişiklikler meydana gelmesi ve bulaşıcı hastalıkların çoğalması gibi, ekolojik sistemleri ve insan hayatını direkt etkileyecek önemli değişikliklerin ortaya çıkması beklenmektedir (IPCC, 1996'dan akt. Türkeş v.dğr., 2000: 13). Küresel sıcaklıkların artması sonucunda ortaya çıkan iklim değişikliğinin küresel boyuttaki etkilerine ek olarak bölgesel ve zamansal farklılıklar da oluşabilecektir. Örneğin, gelecekte Dünya'nın bazı bölgelerinde kasırgalar, şiddetli yağışlar nedeniyle sel ve taşkın olayları gibi doğal afetler daha çok ve şiddetli meydana gelirken, bazı bölgelerinde ise şiddetli kuraklıklar ve çölleşme olayları daha fazla yaşanabilecektir (Türkeş v.dğr., 2000, 13).

Her akarsu havzasında etkili olan iklim özelliklerini yansıtır. Akarsuların akım ve rejim özelliklerini belirleyen en önemli iklim elemanları sıcaklık ve yağıştır. Küresel iklim değişikliği nedeniyle binlerce yılda göreceli olarak kararlı bir yapıya erişen yağış rejimleri bozulur (Kılıç, 2008, 175). Bu farklılaşmalara bağlı olarak yıl içerisinde akarsuların gidişatlarında pek çok değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Yağış rejimlerindeki değişiklikler nedeniyle akarsuların rejimleri de değişmeye uğramakta, sel ve kuraklık gibi doğal felaketlerin gerçekleşme sıklığı artmaktadır (Kanber v.dğr., 2010, 93).

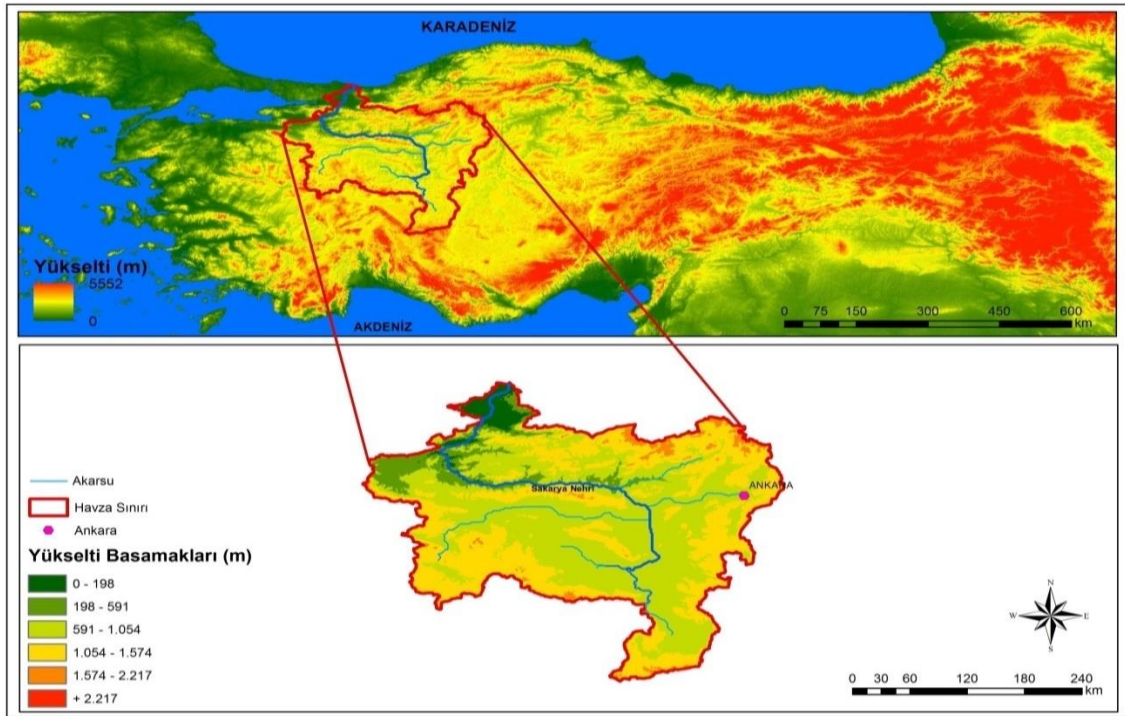
Akarsu akımlarındaki değişimler su potansiyelinin belirlenmesi, su kaynaklarından yararlanma ve kuraklık, sel, taşkın gibi hidrolojik kökenli doğal afetlerin yönetilmesi bakımından önem taşımaktadır (Tekkanat-Sarış, 2015, 69).

Amaç ve Kapsam

Çalışmada küresel iklim değişikliğinin Sakarya Nehri rejim özelliklerinde meydana getirdiğı değişmelerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Sakarya Nehri üzerinde yer alan akım gözlem istasyonlarının ölçüm verileri ve meteoroloji gözlem istasyonlarına ait iklim verileri kullanılarak yıllar içerisinde Sakarya Nehri'nin rejiminde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir.

Küresel ve yerel faktörlerin etkisiyle çeşitli iklim tiplerinin ortaya çıktığı Türkiye, iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden biri olarak görülmektedir. Bu çalışmanın kapsamını ise küresel iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisiyle bağlantılı olarak Sakarya Nehri'nin yıllar içerisinde rejim özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin incelenmesi oluşturur.

Araştırma Alanının Yeri



Şekil 1: Sakarya Nehri Havzası ve Konumu

“Memleketimiz içinden kaynaklarını alıp toprağımızda denize dökülen en uzun akarsu Anadolu yarımadasının en geniş kısmında yer almış bulunan Kızılırmak’tır” (Akyol, 1949, 3). Sakarya Nehri Havzası’nın ana akarsuyu olan Sakarya Nehri ise Türkiye’de doğup Türkiye’de denize dökülen akarsular içinde Kızılırmak’tan sonra en büyük akarsudur (Bulut, 1998’den akt. Güner, 2010: 2). Sakarya Nehri’nin havzası 58.160 km², uzunluğu ise başlangıcında yer alan bazı kaynaklar kuruduğu için 720 km’dir. Havza Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %7’sini kaplar (TÜBİTAK MAM, 2013, 17). Sakarya Nehri Havzası doğuda Batı Karadeniz ve Kızılırmak Havzaları, güneyde Konya Kapalı Havzası ve Akarçay Havzası, batıda ise Susurluk Havzası ile çevrilidir.

Tablo 1: Sakarya Nehri Havzası Genel Özellikleri

Karakteristik	Birim	Değer
Drenaj Alanı	km ²	58.160
Nüfus (2012)	Kişi	7.588.968
Nüfus Yoğunluğu	kişi/km ²	130
Belediye Nüfusu	Kişi	7.037.524
Belediye Nüfusu Oranı	%	93
Yıllık Ortalama Akış	km ³	6,40
Yıllık Ortalama Akış	m ³ /s	193
Potansiyel İştirak Oranı	%	3,4
Yıllık Ortalama Verim	L/s/km ²	3,6
Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği	Mm	479
Yıllık Ortalama Yağış	m ³	32×10 ⁹
Yıllık Ortalama Akış Yüksekliği	Mm	88,90
Ortalama Rakım	M	965
Ortalama Sıcaklık	°C	10,6

Kaynak: TÜBİTAK MAM, 2013, 55.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada Sakarya Nehri Havzası’nda seçilen akım gözlem istasyonları ve meteoroloji istasyonlarına ait veriler kullanılmıştır. E12A021, E12A024, E12A026, E12A037, D12A054 numaralı akım gözlem istasyonlarına ait veriler Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü’nden; 17662, 17726, 17728, 17070, 17126, 17069, 17120, 17155,

17679 numaralı meteoroloji istasyonlarına ait veriler ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. D12A054 numaralı akım gözlem istasyonuna ait 4 yıllık eksik rasat interpolasyon metodu ile tamamlanmıştır. Meteoroloji istasyonları seçilirken akım gözlem istasyonlarına mümkün olduğu kadar yakın ve uzun dönem verisi bulunan meteoroloji istasyonları seçilmeye çalışılmıştır.

Karşılaşılan Güçlükler

Havzada belirlenen akım gözlem istasyonlarından E12A021 ve E12A026 numaralı akım gözlem istasyonlarının 2011 yılına kadar akım verilerinin mevcut olması, diğer akım gözlem istasyonlarının da 2019 yılına kadar verilerinin süreklilik sağlamaması çalışmanın 1965-2011 yılları ile sınırlandırılmasına sebep olmuştur. E12A037 numaralı Dokurcun akım gözlem istasyonu için seçilen 17070 numaralı Bolu meteoroloji istasyonu havza sınırları dışında kalmaktadır. Bunda akım gözlem istasyonuna en yakın uzun dönem verisi bulunan istasyonun seçilmesi etkili olmuştur.

Önceki Çalışmalar

Akyol (1947) “Türkiye’de Akarsu Sistemleri ve Rejimleri” adlı çalışmasında ülkemizde akarsu sistemlerinin oluşumu, günümüz relief ve yapı özelliklerinin ortaya çıkışı, akarsu sistemlerinin fakirleşmesinin nedenlerini incelemiştir.

Akyol (1949) “Türkiye’de Akarsu Rejimleri 1” adlı çalışmasında akaçlama havzalarının geometrik, morfometrik, jeolojik ve biyolojik özelliklerini incelemiş, eksoreik ve endoreik sahaların ne kadar alan kapladıkları ve Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi, Akdeniz’in kıyı uzunluklarına göre akaçlama havzalarını ortaya koymuştur.

Yücel (1955) “Fırat Nehrinin Rejimi Üzerine Bir Deneme” adlı çalışmasında öncelikle Fırat Nehri’nin rejiminin veri eksiklikleri nedeniyle tam olarak ortaya konamayacağını belirtmiştir. Ancak 1937 yılında Ionides tarafından Fırat ve Dicle’nin etüdü yapılmıştır. Bu çalışma Ionides tarafından yapılan çalışmayla bir araya getirildiğinde Fırat rejiminin bütünü elde edilecektir. Çalışmada Fırat Nehri’nin kabarma ve çekik devreleri belirlenmiş, nehrin Ova Kar Tipi Rejim’e sahip olduğu ortaya konmuştur.

Erinç (1957) “Türkiye’de Akarsu Rejimlerine Toplu Bakış” adlı çalışmasında Türkiye’de Akdeniz Akarsu Rejimi, Karadeniz Akarsu Rejimi ve İç Bölgelerin Akarsu Rejimi olarak üç akarsu rejim tipi olduğu ve bu akarsu rejim tiplerinin ülkemizdeki başlıca üç iklim tipine karşılık geldiğini belirtmiştir.

İnandık (1958) “Ege Bölgesi Akarsularının Rejimleri” adlı çalışmasında akarsuların rejimleri üzerinde etkili olan iklim, jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri incelemiştir. Bölgede yer alan dört akarsuyun rejimini ortaya koymuştur. Bakırçay, Gediz, Büyük Menderes ve Küçük Menderes akarsularının bölgenin iklim özelliklerini yansıttığı sonucuna varmıştır.

Yücel (1958) “Kızılırmak’ın Rejimi ve Hirfanlı Barajı” adlı çalışmasında akarsuyun ilkbahar taşkınları, yaz ve kış çekikliğini incelemiştir. Kızılırmak’ta aylık akım Nisan’da azamiye, Eylül’de ise asgariye inmektedir. Kızılırmak’ın taşkınlarını önlemek, yaz aylarında sulama amacıyla kullanmak ve enerji sağlamak için inşasına başlanan Hirfanlı Barajı hakkında bilgi vermiştir.

İnandık ve Cöntürk (1960) “Türkiye Akarsularının Bazı Hidrolojik Özellikleri” adlı çalışmalarında 1936-1958 yılları arasında akım ölçmeleri yapan akarsu istasyonlarının ölçümlerini kullanmışlardır. Akarsularımızın yağış alanları ile kararsızlık oranı arasındaki ilişkiyi gösteren bir eğriye göre Ege ve Marmara Bölgesinde yer alan akarsular en oynak akarsulardır. Bunları Batı Akdeniz Bölgesi akarsuları izlemektedir. Kızılırmak, Yeşilırmak ve Doğu Karadeniz Bölgesi ırmakları Batı Akdeniz ırmaklarına göre daha kararlıdır. Türkiye’de en kararl akarsuların ise Doğu Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu bölgelerindeki akarsularla Sakarya Nehri olduğunu tespit etmişlerdir.

Günek ve Karadoğan (2000) “Yukarı Karasu (Fırat) Havzasında Kar Yağışlarının Akım Üzerine Etkisi” adlı çalışmalarında akım rasat istasyonlarından alınan veriler yardımıyla akarsuyun hidrolojik özelliklerini ve rejimini ortaya koymuşlardır. Akarsuyun su seviyesinde yıl içinde bir yükselme bir de alçalma görüldüğünü, akarsuyun Karlı Ova Rejim Tipi’ne sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Türkeş v.dğr. (2000) “Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri” adlı çalışmalarında hava, iklim, iklim değişikliği, sera etkisi gibi kavramları açıklamışlardır. El Nino’nun

son yıllarda ısınmaya katkısının olup olmadığı, küresel ısınmanın Dünya üzerinde alansal olarak farklılık göstermesi, deniz seviyesindeki ve buzullarda ki değişiklikler gibi konuları incelemişler, küresel ısınmanın ülkemizde neden olacağı etkiler ve küresel ısınmaya karşı alınabilecek önlemleri açıklamışlardır.

Bayazıt v.dğr. (2002) “Türkiye Akarsularında Trend Analizi” adlı çalışmalarında 107 akım gözlem istasyonundan alınan verileri kullanarak trend analizi gerçekleştirmişlerdir. Trendlerin çoğunlukla azalan yönde olduğu, özellikle akarsuların düşük akımlarında Trakya, Batı, Güney ve Orta bölgelerde anlamlı bir azalma izlendiği sonucuna ulaşmışlardır.

Öztürk (2002) “Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri” adlı çalışmada sera gazlarının, okyanus ve bulutların küresel ısınma üzerindeki etkisini açıklamıştır. Geçmişte yaşanan iklim değişiklikleri ve gelecek iklimi hakkında bilgi vermiş ve olası iklim değişikliğinin ülkemizdeki sonuçlarını ortaya koymuştur.

Büyükyıldız ve Berktaş (2004) “Parametrik Olmayan Testler Kullanılarak Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi” adlı çalışmalarında havzada yer alan 25 yağış gözlem istasyonuna ait aylık toplam yağış verilerine trend testleri uygulamışlardır. Sonuçta 0.05 anlamlılık seviyesine göre yalnızca 12 istasyonda azalan yönde bir trend tespit etmişlerdir.

Özel v.dğr. (2004) “Sakarya Nehri Havzası Aylık Akım Verilerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Trend Analizi” adlı çalışmalarında Sakarya Nehri Havzası’nda yer alan 11 akım gözlem istasyonunun aylık ortalama akım verilerini kullanarak verilerin lineer trendlerini belirlemek üzere Spearman’ın Rho, Sen’in T ve Mevsimsel Mann-Kendall testlerini kullanmışlardır. 2 akım gözlem istasyonu hariç bütün akım gözlem istasyonlarında maksimum negatif eğimleri Mart ayında tespit edilmiştir. Mart 10 akım gözlem istasyonu ile en çok trend bulunan aydır. Trendlerin tümü azalan yöndedir. Sonuçlar Sakarya Nehri Havzası’nda gelecekte su sıkıntısının yaşanabileceğini göstermektedir.

Şen (2005) “İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi” adlı çalışmada iklim değişikliğinin su kaynaklarına olan etkilerini IPCC (Intergovernmental Panel on

Climate Change) isimli Birleşmiş Milletlerin Dünya Meteoroloji Teşkilatı ile beraber kurdukları bir kuruluşun bu konuda ki görüşlerinin Türkçe literatüre aktarılmasını yapmıştır.

Atalay (2008) “Sakarya Nehri’nin Aylık ve Yıllık Akım Değerlerinin İstatistiksel Analizi ve Yağış Tutarları ile Korelasyonu” adlı Yüksek Lisans Tezinde Sakarya Nehri’ne ait aylık ve yıllık ortalama akım değerleri ile havzadaki çeşitli istasyonların yağış ve sıcaklık değerlerini analiz ederek Mann-Kendall sıra korelasyon yöntemiyle bu verilerin uzun yıllık serilerinde trend olup olmadığını tespit etmiştir. Ayrıca sıcaklık ve yağış verilerinin gidişatı ile akım verilerinin gidişatı arasında korelasyon aramıştır. Özellikle havzanın güneyinde olmak üzere incelenen veri serilerinin büyük çoğunluğunda 1970-1985 yılları arasında belirginleşen azalan yönde bir trend tespit etmiştir.

Özkul v.dğr. (2008) “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Büyük Menderes ve Gediz Havzaları Örneğinde Değerlendirilmesi” adlı çalışmalarında havzada gözlenen yağış, sıcaklık ve akım dizileri üzerinde eğilim analizi yapmışlar ve akımlarda havza genelinde istatistiksel olarak azalmalar olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Genel Sirkülasyon Modelleri’nden yararlanılarak 2100 yılına kadar küresel sıcaklık ve yağış miktarlarında değişimler olacağını tahmin etmişlerdir.

Türkeş (2008) “Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler” adlı çalışmasında iklim değişikliğine neden olan iç süreç ve etmenler ile dış süreç ve etmenleri açıklamıştır. Geçmişte yaşanan iklim değişiklikleri ortaya koyulmuş, gelecek ile ilgili tahminlerde bulunmuştur. Öngörülen iklim değişikliklerini ve olumsuz etkilerini önlemek için öneriler sunmuştur.

Karaman ve Gökalp (2010) “Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri” isimli çalışmalarında küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramlarını açıklayarak küresel ısınmanın su kaynaklarına etkileri üzerinde durmuşlardır. İklim değişikliğinin negatif etkilerini asgari seviyeye düşürmek için çözüm önerileri sunmuşlardır.

Bahadır (2011) “Kızılırmak Nehri Akım Değişimlerinin İstatistiksel Analizi” adlı çalışmasında iklimde ki değişiklikler ile Kızılırmak Nehri akım değişimleri arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlamıştır. Kızılırmak Havzası içerisinde belirlenen akım ölçüm istasyonlarına ait akım verileriyle sıcaklık ve yağış verileri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Yapılan korelasyon analizleri sonucunda yağış ile akım değerleri arasında pozitif yönlü orta derece anlamlılık, sıcaklık ile akım değerleri arasında ise ters yönlü orta derece anlamlılık düzeyinde ilişki tespit etmiştir. Trend analizleri sonucunda sıcaklığın uzun yıllık gidişinde artış yaşandığı görülürken yağışta ise azalmanın meydana geldiği sonucuna ulaşmış ve lineer trend analizlerine göre de bu seyrin devam edeceği öngörüsünde bulunmuştur.

Yüksel v.dğr. (2011) “Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri” adlı çalışmalarında küresel ısınma ve iklim değişikliğinin Türkiye’deki göller ve baraj gölleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı alınabilecek önlemleri açıklamışlardır.

Tağıl ve Danacıoğlu (2012) “Zeytinli Çayı Havzasında Akım-Yağış İlişkisi ve Trendi” adlı çalışmalarında akım-yağış arasındaki ilişkiye tespit etmek üzere 1979-2008 yıllarına ait akım miktarları ve yağış verilerini kullanmışlardır. Yapılan analizlere göre hem akım hem de yağışların yıllar arasında istatistiki olarak anlamlı olmayan azalmalar gösterdiğini tespit etmişlerdir. Mann-Kendall analiz sonuçlarına göre de aylık akım miktarlarında azalma eğilimi görüldüğü sonucuna ulaşmışlardır.

Türkeş (2012) “Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme” adlı çalışmasında iklim değişikliğinin doğal ve insan kaynaklı nedenlerini ortaya koymuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden temin edilen veriler yardımıyla ülkemizde yağış ve hava sıcaklığı dizilerinde değişim ve eğilimleri incelemiştir. Türkiye’deki kurak alanları ve ülkemizin çölleşmeye eğilimini açıklamak için Aridite İndisi (Kuraklık İndisi-Kİ) kullanmıştır.

Okkan (2013) “İklim Değişikliğinin Akarsu Akışları Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi” adlı Doktora Tezi çalışmasında 14 iklim modeli kullanarak Tahtalı baraj havzasına ait yağış ve sıcaklık tahminlerini belirlemek ve baraj akımlarına etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Tahtalı baraj havzasında gelecekte yağışların azalacağı,

sıcaklıkların ise artacağı sonucuna varmıştır. Bu değişikliklerin akımlarda bir azalışa sebep olacağı, ayrıca barajdan çekilebilecek içme suyu miktarlarında arz açığına sebep olacağını öngörmüştür.

Sütgibi (2015) “Büyük Menderes Havzasının Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerlerindeki Değişimler ve Eğilimler” adlı çalışmasında Büyük Menderes Havzası’nın sıcaklık, yağış ve akım değerlerindeki değişimleri belirlemek amacıyla parametrik olmayan Mann-Kendall sıra ilişki katsayısından yararlanmıştır. Büyük Menderes Havzası’nda bulunan 4 meteoroloji istasyonunun yıllık ortalama sıcaklıklarına ait zaman dizisi çizimlerine göre sıcaklıklarda bir artış olduğunu gözlemlemiştir. Yağışlarda ise istatistiksel olarak anlamlı bir artış ya da azalış eğilimini yoktur ancak süreleri birbirleriyle farklı olan kurak ve nemli dönemlerin birbirini takip ettiği görülmüştür. Çine akım gözlem istasyonuna ait uzun yıllık akım değerlerinde anlamlı bir azalma eğiliminin olduğuna Mann-Kendall yöntemi sonucunda ulaşmıştır. Akım gözlem istasyonlarının son 20 yıllık akımlarına ait eğilimlerde ise istatistiksel açıdan anlamlı olmayan bir artış tespit edilmiştir. Ancak genel olarak akımlarda azalma eğilimi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Tekkanat (2015) “Porsuk Çayı Havzasında Yağış Şiddeti İle Akarsu Akımları Arasındaki İlişki ve Eğilimlerin Analizi” adlı Yüksek Lisans Tezinde yağış şiddeti, akım rejim özellikleri, akımlarda gözlenen eğilimler, yağış şiddeti-akım ilişkisini incelemiştir. Akım ve yağış şiddetindeki eğilimlerin belirlenmesinde Mann-Kendall, Sperman Rho ve Mann Kendall Sıra Korelasyon testlerini kullanmıştır. Havzanın tamamında yağışlarda azalma eğilimleri, ortalama akımların %56.7’si ve maksimum akımların %65’inde, 0.05 önem seviyesinde azalan yönde anlamlı trendler tespit etmiştir.

Tekkanat ve Sarış (2015) “Porsuk Çayı Havzası’nda Akarsu Akımlarında Gözlenen Uzun Dönemli Eğilimler” adlı çalışmalarında Mann Kendall ve Spearman Rho testi kullanarak aylık minimum, aylık maksimum ve aylık ortalama akımlarda gözlenen eğilimleri belirlemiştir. Uzun süreli minimum, maksimum ve uzun süreli ortalama akım dizilerinde %5 anlamlılık düzeyinde havza genelinde kuvvetli azalma eğilimleri tespit etmişlerdir. Havzada yıllık ortalama akımlarda görülen anlamlı eğilimlerde iklim

elemanlarının etkisini anlamak için meteoroloji istasyonlarından alınan verilere türdeşlik ve rasgelelik sınamaları ve trend analizi uygulamışlardır.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2016) “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi, Sakarya Havzası” adlı çalışmada 2015-2100 periyodu iklim projeksiyonu kullanılarak havzada sıcaklık, yağış gibi iklim elemanlarının değişimleri elde edilmiştir. Projeksiyon dönemi boyunca ortalama sıcaklık değerlerinin artış eğiliminde olacağı, yağış rejiminde ise hem artış hem de azalışların olabileceği ancak projeksiyon dönemi sonuna doğru azalma eğiliminin belirginleşeceği tahmin edilmektedir. Buna bağlı olarak havzadaki su potansiyelinde düşüş yaşanacağı öngörülmüştür.

Tekkanat (2017) “Porsuk Çayı Üst Kesiminde Ortalama Akımların Şen Trend Metodu Kullanılarak Araştırılması” adlı çalışmasında 1970-2011 periyodunda 2 akım gözlem istasyonuna ait ortalama akım değerlerindeki eğilimleri Şen trend metoduyla incelemiştir. Yıllık ortalama akışlarda önemli bir azalma gidişinin olduğu sonucuna ulaşmıştır.

BÖLÜM 1: KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

1.1. Küresel İklim Değişikliği ve Nedenleri

“İklim geniş bir bölge içinde ve uzun yıllar boyunca değişmeyen ortalama hava koşullarına denilir” (Erol, 2011, 10).

İklim değişikliği, iklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişimlerdir. İklimde meydana gelen değişikliğin nedenleri doğal iç süreçler ve dış zorlama etmenleri ile atmosferin bileşimindeki ya da arazi kullanımındaki devamlı antropojen (insan kaynaklı) değişikliklerdir. İklim değişikliklerine yol açabilecek temel içsel süreç ve etmenler insan faaliyetlerine bağlı olarak atmosfere bırakılan sera gazları ile aerosoller, volkanik püskürmelerdir. Bunların etki süreleri değişiklik gösterebilir. İklim değişikliğinin potansiyel dış nedenleri ise yer kabuğu plakalarının hareket etmesi (levha tektoniği kuramı), Güneş etkinlikleri ve Dünya ile Güneş arasındaki astronomik ilişkilerdeki değişikliklerdir (Türkeş, 2008, 27).

Kısa veya uzun periyotlarda farklı sebeplerle iklimlerde değişiklikler ortaya çıkar. Güneş lekelerinin sayısının değişimi, Güneş patlamalarının salınımı ve büyük ölçekli volkanik patlamalar nedeniyle atmosferi kaplayan kül tabakasının oluşturduğu soğuma kısa sürede etkili olan sebeplerdir (Ediger, 2013, 24). Dünya'nın astronomik eksenindeki döngüsel değişiklikler ise yeryüzüne ulaşan Güneş ışınlarının toplam değerlerini ve ışınların geliş açılarını değiştirerek uzun dönemde iklimlerin değişmesine neden olurlar. İlk defa Sırp matematikçi Milutin Milankovitch tarafından ortaya atılan Astronomik Döngüler Teorisi geçmişteki iklim değişikliklerini en iyi açıklayan teorilerdendir. Bu teori “Milankovitch döngüleri” (Milankovitch cycles) olarak da adlandırılır (Hays v.dğr., 1976'dan akt. Ediger, 2013: 24). Buna göre eksen yalpası (precession), eksen eğikliği (obliquity) ve yörünge dış merkezliği (eccentricity) olarak adlandırılan üç ayrı döngü bulunmaktadır. Eksen yalpası her 19-24 by, eksen eğikliği 41 by, yörünge dış merkezliği ise 100 by'da bir gerçekleşerek Dünya'nın bir soğuyup, tekrar ısınmasına sebep olmaktadır (Ediger, 2013, 24).

Çok daha uzun süreli iklim değışiklikleri plaka tektoniğı (plate tectonics) ile oluşurlar. Jeolojik dönemler boyunca plaka tektoniğıne bağı olarak yer kabuğı plakalarının dağılışları değışmiştir. Geçmişte yer yuvarının Pangea gibi tek bir süperkıttadan oluştuğı dönemlerde kıtalar birleşik olduğı için kıtaların içleri çok kurak, okyanusa yakın alanların ise nemli iklime sahip olduğı periyotlar meydana gelmiştir (Ediger, 2013, 24). Taşıyıcı bant olarak isimlendirilen okyanus akıntı sistemi de Dünya iklimlerinin önemli elemanlarındanr. Okyanus akıntı sistemi yeryüzündeki tüm akarsuların taşıdığı suyun 20 katını taşır. Okyanuslar arasında ısı ve su transferini gerçekleştiren bu sistemde Pasifik ve Hint Okyanusu'nun sıcak suları Atlantik'e taşınırken, yüzeyden giden akıntının üzerinde hava ısınarak yakınından geçtiğı karaların iklimini ılımanlaştırır (Aksay v.dğr., 2005, 30).

İklim elemanlarında ortalamanın altında veya üstünde gözlenen değışimin periyodik olarak tekrarlanmasına iklim salınımı denilmektedir. İklim salınımları, büyük ölçekli basınç sistemlerinin yerleri veya kuvvetleri ile deniz suyu sıcaklıklarındaki değışmelere bağı olarak ortaya çıkmaktadır. İklim salınımları etkili oldukları bölgelerde iklim elemanlarında aynı değışikliklerin meydana gelmesine sebep olurlar. Bu salınımların bugün bilinen en iyi örneklerinden ikisi Güneyli Salınım (Southern Oscillation-SO) ve Kuzey Atlantik Salınımı (North Atlantic Oscillation-NAO)'dır. Kuzey Atlantik Salınımı İzlanda alçak basıncı ile Azor dinamik yüksek basıncı arasında hava kütlelerinin meridyonel değışimidir. Özellikle Batı Avrupa'nın iklim koşulları üzerinde belirleyici etkilere sahip olan Kuzey Atlantik Salınımı Kuzey Yarımküre'nin iklimsel değışkenliğini etkileyen önemli bir faktördür. Kış aylarında önemi artmaktadır. Ülkemiz iklimi üzerinde de etkili olan NAO ile ilişkili bölgesel iklim sapmalarını yorumlayabilmek için indisler geliştirilmiştir. İndis değerin +1 ve daha büyük olması durumunda Kuzey Atlantik Salınımı kış indisi kuvvetli pozitif, -1 ve daha az ise kuvvetli negatif olarak değeriendirilir. İndisin kuvvetli pozitif evresinde batı rüzgarları kuzeye kayar ve Atlas Okyanusu üzerindeki nemli-sıcak hava kütlelerini İskandinavya ve Kuzey Avrupa'ya taşır. Bu sebeple Akdeniz Havzası'nın da içinde bulunduğı bazı bölgeler batı rüzgarlarının taşıdığı nemli hava akımlarından yararlanamadığından bu alan üzerinde etkili olan kuzeyli hava akımları özellikle kış mevsiminin daha kurak ve soğuk geçmesine neden olur. NAO indisinin kuvvetli negatif evresinde, batı rüzgarları

bu sefer güneye kayar ve ülkemizde içerisinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda daha yağışlı ve nemli koşullar yaşanır (Erlat, 2010, 26).

Ekvatorial Batı Pasifik Okyanusu'ndan doğuya doğru akan sıcak yüzey sularının besin açısından zengin Humbolt Akıntısı'nın soğuk sularının yerini almasıyla 2-5 yılda bir Güney Amerika'nın batı kıyılarında okyanus akıntılarının doğrultusunda ve yüzey sularının sıcaklığında aniden değişiklik meydana gelir. Bu değişikliğe yerli halk El Niño adını vermiştir. El Niño'nun etkileri çoğunlukla 1-2 yıl boyunca devam etmektedir. El Niño dönemlerinde Tropikal Doğu Pasifik Okyanusu'nda ve Peru kıyısı boyunca, alize rüzgarları zayıflar ve deniz yüzeyi sıcaklığı yaklaşık 4-5°C kadar yükselir. Güneyli Salınım (SO) olayı ise Pasifik Okyanusu'nda görülmektedir. Bu olay, Endonezya alçak basınç ve güneydoğu Pasifik yüksek basınç alanları arasında hava kütlesi değişimidir. Tropikal Pasifik Okyanusu'nun doğusu ve batısı arasında yaklaşık 2.5 yılda bir basınç koşulları değişmektedir. Basınç koşullarının değişmesi rüzgar hızına etki etmekte bu da okyanus sularını etkilemektedir. Güneyli Salınım ve sıcak El Niño suları, ENSO (El Niño-Güneyli Salınım) olarak nitelendirilen aynı iklim olayının bir parçasıdır (Türkeş v.dğr., 1996). Güneyli Salınım'ın El Niño ve La Niña olmak üzere iki evresi vardır. El Niño-Güneyli Salınım evresinde Ekvatorial Pasifik'in doğusunda basınç azalır, Hint Okyanusu, Avustralya ve Endonezya'da ise basınç yükselmektedir. La Niña evresinde ise bu sefer Avustralya ve Endonezya'nın doğu bölümlerinde basınç azalırken, Pasifik'in doğusunda ise yükselir (Erlat, 2010, 29). Hava olaylarının kaydedilmeye başlandığı 1877 yılından beri, El Niño (sıcak olaylar) 2-5 yılda oluşmuş olsa da son 20-30 yıl içerisinde El Niño, La Niña'ya göre daha fazla oluşmuştur. Bu El Niño döneminde, Ekvatorial Orta Pasifik Okyanusu'nda deniz suyu sıcaklığının önceki on yıllardan yüksek olduğu görülmüştür. Endonezya ve Avustralya'nın kuzeydoğusunda kurak dönemlerin meydana geldiği zamanlar çoğunlukla El Niño devresine rastlamaktadır. Tropikal Orta ve Doğu Pasifik Okyanusu'nda etkileri yaygın olarak görülen El Niño ısınması tüm Dünya'yı etkilemektedir (Türkeş v.dğr., 1996).

Bazı yıllarda kesintiye uğramakla beraber, 1990'lı yıllarda başlayıp 1998'in ilk yarısında da etkisini gösteren El Niño olayı nedeniyle Tropikal Orta ve Doğu Pasifik Okyanusu'nda deniz yüzeyi sıcaklıkları normal sıcaklıklara göre 2-5°C daha artmış ancak La Niña'nın etkisini göstermesiyle birlikte normal sıcaklıklara göre 1-2°C

düşmüştür. Böylelikle 1998 yılında küresel iklim sistemi El Niño ve La Niña olaylarının ikisinden de etkilenmiştir. 1998'in ilk yarısında etkili olan kuvvetli El Niño olayı döneminde, Tropikal Orta ve Doğu Pasifik Okyanusu'yla birlikte, Hint Okyanusu'nun batı ve orta bölümlerinde de beklenmedik seviyede bir ısınma meydana gelmiştir. El Niño 1997 ve 1998 yıllarında küresel rekor ısınmaya etki eden esas faktör olarak bilinmektedir (WMO, 1999'dan akt. Türkeş v.dğr., 2000: 8).

Tablo 2: El Nino ve La Nina'nın Görüldüğü Yıllar

El Niño	1930	1940	1941	1951	1953	1957	1963	1965	1969	1972
	1976	1982	1986	1987	1991	1994	1997	2002	2009	2015
La Nina	1933	1938	1942	1949	1950	1954	1955	1964	1970	1971
	1973	1975	1985	1988	1995	1998	1999	2007	2010	2011

Kaynak: Demir-Martı, 2019: 123

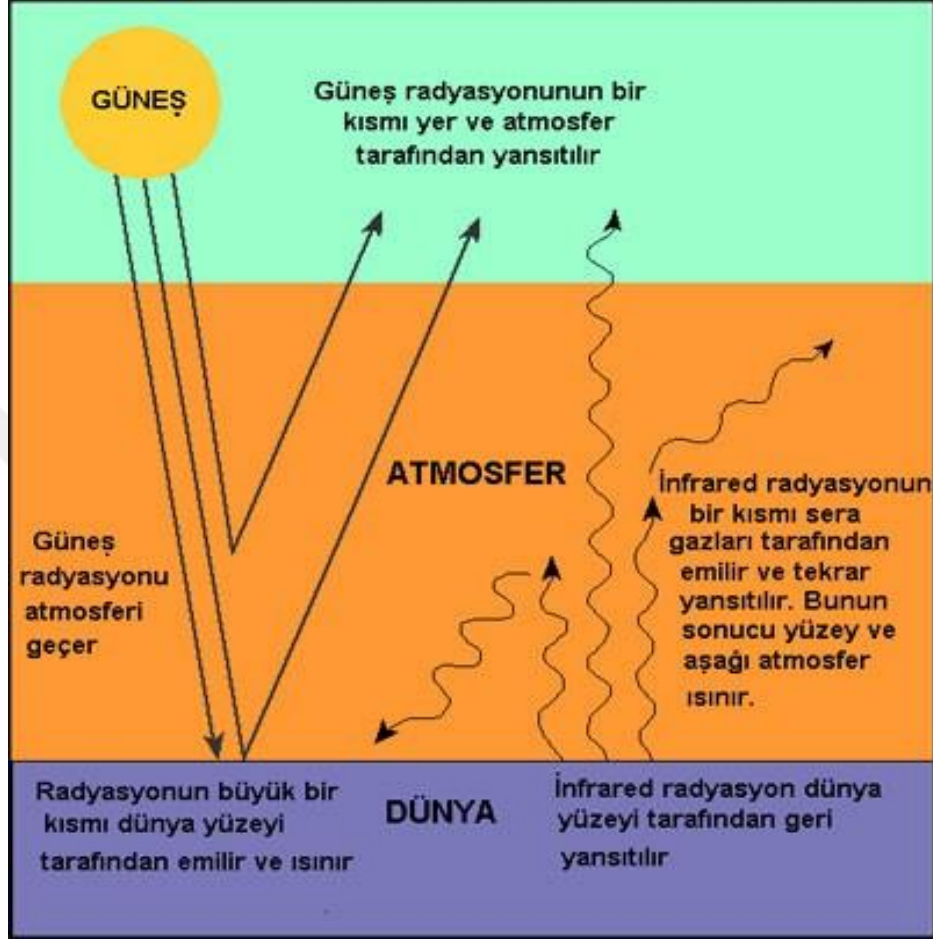
Dünya'nın oluşumundan bu yana zaman içerisinde doğal etmenler ve süreçlerle iklim değişiklikleri yaşanmaktadır. Sanayi devriminden itibaren artan insan faaliyetleriyle birlikte atmosfere salınan sera gazlarındaki artış doğal iklim değişikliğinin yanında antropojen kaynaklı küresel iklim değişikliğinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Aslında sera etkisi yerkürenin ısı dengesini ayarlayarak yaşanabilir olmasını sağlamaktadır. Fakat artan insan etkinlikleriyle atmosfere bırakılan sera gazlarının da artması yerküre sıcaklığının yükselmesine ve iklim değişikliğine neden olmaktadır.

1.1.1. Sera Etkisi

Atmosferdeki gazlar gelen Güneş ışınımına karşı geçirgen olmasına rağmen geri salınan uzun dalga boylu yer ışınımına karşı daha az geçirgendir. Bu sebeple yerküre beklenenden daha fazla ısınır. Isı dengesini düzenleyen bu doğal sürece sera etkisi adı verilir (Türkeş, 2017, 99).

Atmosferde en fazla bulunan azot ve oksijen gazları güneşten gelen kısa dalga boylu ışınımı ile geri salınan uzun dalga boylu yer ışınımını emme özellikleri az olduğundan sera etkisinin oluşumundaki etkileri de azdır. Atmosferde bulunan su buharı (H₂O), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O) ve ozon (O₃) gibi gazlar, yeryüzünden, atmosferden ve bulutlardan yayılan kızılötesi ışınım spektrumu içinde yer alan belirli dalga boylarındaki ışınımı emer ve yeniden bırakır. Bu özellikleri nedeniyle bu gazlara sera gazları denilmektedir. Bugün yeryüzünde atmosferin sera etkisi

sayesinde ortalama 15°C olan sıcaklık değerinin, bu sürecin olmaması durumunda 33°C azalarak, yaklaşık -18°C düşeceği söylenebilir (Erlat, 2010, 11).



Şekil 2: Sera Etkisi

Kaynak: <https://meteoroloji.boun.edu.tr/iklimdegisimi.php>

Yer/atmosfer sistemine giren kısa dalga boylu (GKDB) Güneş enerjisi ile geri salınan uzun dalga boylu (GUDB) yer ışıınımı ortalama koşullarda dengede olmasına rağmen sanayi devriminden itibaren atmosfere salınan antropojen kaynaklı sera gazlarının artması uzun dalga boylu ışıınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatır ve atmosferin daha yüksek oranda ısınmasına neden olur. Yerküre/atmosfer ortak sisteminin enerji dengesine yapılan pozitif katkı, kuvvetlenen sera etkisi olarak adlandırılır. Bu ise, yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (su buharı, CO₂, CH₄, N₂O VE O₃) yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan doğal sera etkisinin kuvvetlenmesine ve küresel ısınmanın meydana gelmesine neden olur (Türkeş, 2017, 99).

Tablo 3: Sera Gazlarının Katkı Oranları ve Emisyon Kaynakları

Sera Gazları	Katkı Oranı	Emisyon Kaynakları
CO ₂	%50	Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlarının yakılması Tropik ormanların yok edilmesi
CFC	%22	Sprey kutularındaki aerosoller Buzdolaplarındaki soğutucu maddeler Özellikle elektronik sanayide kullanılan temizleme maddeleri "Aircondition" sistemleri Sert ve yumuşak köpük üretimi
CH ₄	%14	Pirinç tarlaları İneklerin mideleri Biyomasın yakılması Çöp toplama alanları Doğal gaz boru hatlarındaki kaçaklar Kömür madenleri
Ozon(*)	%7	Trafik Termik santrallerdeki yanma olayları Tropikal ormanların yok olması
N ₂ O	%4	Tarımda suni gübre kullanılması

(*) Troposferde artan NO_x emisyonları nedeniyle oluşan

Kaynak: Aksay v.dğr., 2005, 32.

İklimde meydana gelen doğal değişmelerin yanında insan faaliyetleri de küresel iklim sistemini etkilemektedir. İnsan faaliyetlerinin iklim sistemi üzerinde etkisinin bulunduğu Antroposen olarak adlandırılan dönemde iklim sistemindeki değişimin en açık belirtisi 20.yüzyılın ikinci yarısında küresel sıcaklıklarda görülen artış trendidir. Paleoklimatik kanıtlar, 20.yüzyılda gerçekleşen ısınma eğiliminin son 10 bin yıl boyunca hiç gerçekleşmemiş hız ve büyüklükte meydana geldiğini işaret etmektedir. Doğal nedenlerle açıklanamayan bu ısınma eğilimi günümüzde “insan kaynaklı iklim değişikliği/küresel ısınma” olarak tanımlanmaktadır (Erlat, 2010, 239).

1.2. Küresel İklim Değişikliğinin Göstergeleri

IPCC 1. Çalışma Grubu 5. Değerlendirme Raporu’na göre, atmosfer ve okyanus sıcaklıklarının artmasında, hidrolojik çevrimdeki değişikliklerde, kar ve buz kütlelerinin azalmasında ve küresel ortalama deniz seviyesinde yükselmelerin meydana gelmesinde antropojenik etkilerin varlığı tespit edilmiştir. İnsan etkisinin kanıtları, IPCC 4.

Değerlendirme Raporu'ndan (AR4) beri artmıştır. %95-100 ihtimalle 1951-2010 döneminde meydana gelen ısınmanın esas nedeni insan etkinlikleridir (Türkeş v.dğr., 2013, 16).

Sıcaklıkların ve yaşanan sıcak gün sayılarının devamlı artması, hava soğukluğunun eskiye göre daha yüksek olması, doğal afetlerde artış, yaz aylarında kuraklık artışı ve muson yağmurlarının düzensizleşmesi küresel ısınmanın belirtileridir (Gürlel, 2002'den akt. Samur, 2008: 248). Deniz seviyesinin yükselmesi de küresel iklim değişikliğinin göstergelerinden biridir. Buzulların erimeye bağlı olarak kütle kaybetmeleriyle deniz suyuna yaptıkları katkı deniz seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. 20.yüzyılda deniz seviyesinde gerçekleşen yükselmelerin en önemli nedeni buzul kütlelerinde görülen azalmadır (Samur, 2008, 248). IPCC 1. Çalışma Grubu 5. Değerlendirme Raporu'na göre, geçtiğimiz 20 yıl içinde Grönland ve Antarktika buz kalkanları erimeyle birlikte kütle kaybetmekte, buzullar (dağ, vadi ve takke buzulları, vb.) neredeyse küresel ölçekte küçülmeye devam etmekte, Arktik deniz buzu ve Kuzey Yarımküre ilkbahar kar örtüsü alansal olarak azalmasını sürdürmektedir (yüksek güvenilirlik). Yine IPCC 1. Çalışma Grubu 5. Değerlendirme Raporu'na göre, 19.yüzyıl ortasından bu yana deniz seviyesinin yükselme oranı önceki iki bin yıllık dönemdeki ortalama yükselme oranından daha büyüktür (yüksek güvenilirlik). Küresel ortalama deniz seviyesi 1901-2010 döneminde 19 cm (0,19 [0,17-0,21] m) yükselmiştir (Türkeş v.dğr., 2013, 13).

Küresel sıcaklıklarda meydana gelen artışlar atmosfer sistemi içinde oluşumunu gerçekleştiren hidrolojik çevrimde de önemli değişiklikler yapacaktır. Bunun sonucunda Dünya'nın değişik bölgelerinde zaten oldukça belirsiz olan su kaynaklarının konum ve miktarlarında belirsiz artış ya da azalışlar oluşacak ve hidrolojik çevrimde değişiklikler meydana gelecektir (Şen, 2002, 16).

Çevre, insan sağlığı ve toplumun çeşitli kesimlerini önemli şekilde etkileyen iklim değişikliğinin etkilerinin sürmesi beklenmektedir. Bunun için toplumun iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasının yanında kaçınılmaz boyuttaki bazı sonuçlarına hazır olması ve bu sonuçlara uyum göstermesi gerekmektedir (Ustaoglu, 2009, 7).

1.3. Küresel İklim Değişikliğinin Türkiye'ye Etkileri

Türkiye Kuzey Yarımküre'nin alt tropikal bölgesinde bulunur. Su kaynakları bakımından üç tarafı denizlerle çevrili, büyüklü küçüklü farklı oluşum özelliklerine sahip göller ve devamlı akan akarsulara sahip bir ülkedir. Su kaynaklarının oluşmasında bölge meteorolojisi ile birlikte Avrupa, Asya ve Afrika kıtalarının karasal etkilerinin de katkısı bulunmaktadır. Bölgemiz Dünya standartlarına göre çok yağışlı diye nitelendirilemez fakat coğrafik, topoğrafik ve değişik hava akımlarının etkisi ile yerel yağışlar dağlık kenar bölgelerimizde daha fazladır (Şen, 2002, 17). Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili, coğrafi görünümün kısa mesafelerde farklılıklar gösterdiği, ortalama yükseltinin fazla olduğu bir ülkedir. Ülkemizin bu gibi coğrafi özelliklere sahip olması sebebiyle iklim değişikliği her bölgesini aynı şekilde etkilemeyecektir. Bir örnekle İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimiz daha kurak bir iklime sahip olmaları nedeniyle sıcaklıklarda meydana gelecek artıştan daha fazla etkilenecektir (Öztürk, 2002, 48). Bölgeden bölgeye iklim değişikliği farklı şekillerde ve değişik boyutlarda görülecek olsa bile Türkiye ve gelişmekte olan ülkeler bu durumdan olumsuz etkilenecektir. IPCC'nin raporlarına göre bu olumsuzluklar Türkiye'nin de içinde bulunduğu enlemlerde sıcaklık artışları, yağış rejiminin değişmesi, deniz seviyesinin yükselmesi ve toprak su içeriğinin azalması şeklinde olacağı öngörülmektedir (Kadıoğlu, 2007, 104).

İklim değişikliğinin temel göstergeleri sıcaklık, yağış, buzul, nehir akımı ve deniz seviyesinde görülen değişimlerdir (Şen v.dğr., 2013). IPCC 1. Çalışma Grubu 5. Değerlendirme Raporu'na göre, küresel sıcaklıktaki artış kesindir. Çözümlemeler dolaylı eski iklim verileri, Kuzey Yarımküre'de 1983-2012 döneminin olasılıkla son 1400 yılın en sıcak 30 yıllık dönemi olduğunu (orta güvenilirlik) göstermektedir (Türkeş v.dğr., 2013, 10).

Türkiye'nin ortalama hava sıcaklıkları da Dünya'nın ortalama hava sıcaklığında görülen artışa paralel olarak yükselme eğilimindedir. 1941-2007 arasında ortalama sıcaklıklarda 0,64°C/100 yıl artış eğilimi vardır. Sahip olduğu coğrafi özelliklere bağlı olarak Türkiye'de yağışlar alansal ve zamansal olarak değişiklik gösterir. Bunun yanında Akdeniz ikliminin hakimiyet sahasında yer alması ve bu iklimde yağışların büyük

bölümünün kış mevsiminde görülmesi dolayısıyla ülkemizde de yıl içinde görülen yağışın büyük çoğunluğu kışın düşmektedir. Yıllık toplam yağışın %40'ı kış mevsiminde düşerken onu %27 ile ilkbahar takip etmekte ve %10'u yaz, %24'ü ise sonbahar mevsiminde düşmektedir. 1941-2007 arasında ortalama yağışlarda 29 mm/100 yıl azalış eğilimi vardır (İklim Değişikliği ve Yapılan Çalışmalar, 2008, 15).

1950-2010 dönemine ait iklim verilerini kullanarak Türkiye'nin mevsimlik ortalama hava sıcaklıklarındaki uzun süreli eğilimler incelendiğinde, kış mevsiminde hem artış hem de azalış eğilimlerinin olduğu görülmektedir. Akdeniz Bölgesi'nde sıcaklıklarda artış eğilimleri, Karadeniz Bölgesi ile iç ve batı bölgelerinde ise azalış eğilimleri vardır. Akdeniz Bölgesi'nde sıcaklıklarda görülen artış eğilimleri istatistiksel olarak anlamlı iken sıcaklıklarda azalış eğilimlerinin görüldüğü bölgelerde ise eğilimlerin çok azı istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. İlkbahar ortalama hava sıcaklıkları ülkemizin büyük bir kısmında artış eğilimindedir. Özellikle Marmara, Ege, Akdeniz, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde sıcaklıklarda gözlenen artış eğilimleri istatistiksel bakımdan önem taşımaktadır. Sonbahar ortalama hava sıcaklıkları da çoğunlukla artış eğilimi göstermiştir. Yağışlardaki değişimler incelediğinde ise Türkiye'de kış ve ilkbahar yağış toplamalarında Akdeniz Yağış Rejimi'nin görüldüğü bölgelerimiz (Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri) ile İç ve Doğu Anadolu bölgelerinin iç ve güney bölümlerinde kuraklaşma eğilimi gözlenmektedir. Yazları hem artış hem de azalış eğilimleri, sonbaharda ise Türkiye'nin güneydoğu köşesini kaplayan bir alan dışında yağışlarda artış egemendir (Türkeş, 2012, 9).

1.4. Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri

Su canlıların yaşamlarını devam ettirebilmesi için temel öğelerden biridir. Yaşanan küresel iklim değişikliği su kaynaklarının önemini her geçen gün artırmaktadır. İklim değişikliği nedeniyle sıcaklıkların ve buna bağlı buharlaşmanın artması, yağış rejimlerinde değişikliklerin meydana gelmesi su kaynakları üzerinde önemli etkiler yapmaktadır. Böylece akarsuların ve göllerin su miktarlarında, akarsuların akış rejimlerinde farklılaşmalar meydana gelmektedir.

İklim değişikliğinin su döngüsü, su kaynakları ve bu kaynakların yerel-bölgesel-küresel yönetimi ve dağıtımı üzerinde önemli derecede etkisi bulunmaktadır. Bu etkilerin uzun

zaman içerisinde meydana geleceği tahmin edilse bile insanlık bunun zararlı etkilerini duyumsamaya başlamıştır. Dünya'nın farklı yerlerinde su kaynaklarının alan ve zaman davranışlarında görülmemiş değişiklikler yaşanması buna örnek olarak verilebilir. İklim değişikliğinin su kaynaklarına tesir etmesinin sebebi atmosfer koşullarında değişiklikler meydana getirmesidir. Atmosfer koşullarının değişmesi sonucunda yağış özelliklerinin de değişmesi su kaynakları üzerinde önemli değişiklikler meydana getirebilir. Sel, taşkın gibi doğal afetlerin sıklıklarında artışların meydana gelmesi buna örnek oluşturur. Ayrıca yağışların mevsimsel dağılımında meydana gelen değişiklikler kuraklık sıklığına etki etmektedir. Sıcaklıkların yükselmesi ile birlikte kar yağışı azalır. Kar yağışlarının meydana gelmemesi ya da azalmasının su döngüsü üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır (Kanber v.dğr., 2010, 93).

Küresel ısınma konusunda gerçekleştirilen çalışmalar, iklim değişikliğinin canlılar için hayati derecede öneme sahip olan su kaynakları kısıtlayacağını işaret etmektedir. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde oluşturacağı etki havzanın yer aldığı bölgeye bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bu etkiler yer üstü su potansiyellerinde azalma ya da artış, yer altı akiferlerinin beslenmelerinde ve boşalmalarında değişim, taşkın ve kuraklık sıklıklarında, gerçekleşme mevsimlerinde ve şiddetlerinde değişim, yağış rejiminde değişiklikler, bitki örtüsü ve arazi kullanımında meydana gelecek değişiklikler nedeniyle oluşan erozyon sorunları, kar suları ile beslenen akarsuların akış rejimlerinde değişiklikler, sıcaklıklarda meydana gelen artışlara bağlı olarak tarımsal su ihtiyacında artış meydana gelmesi şeklinde özetlenebilir (Fıstıkoğlu-Biberoğlu, 2008'den akt. Karaman-Gökalp, 2010: 61).

1.4.1. Dünya'nın Su Potansiyeli

2/3'ü sularla kaplı olan Dünyamızda suyun %97.5'i okyanuslarda tuzlu su olarak bulunur. %2.5 oranındaki tatlı suyunda önemli bir bölümü kutuplarda buzul ve çok derin jeolojik tabakalarda yer altı suyu olarak bulunmaktadır. Erişebildiğimiz temiz su kaynakları göllerde, rezervuarlarda, nehirlerde ve derelerde bulunur. Ancak bu miktar yerküredeki toplam tatlı su potansiyelinin %0.10'u gibi küçük bir kısmını oluşturmaktadır (<https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=3>).

Dünya'nın 2/3'ü sularla kaplı olmasına rağmen kullanılabilir su oranı çok azdır. Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte suya olan ihtiyaçta artmaktadır. “Artan nüfusun yanı sıra, bir diğer önemli faktör de su kaynaklarının tüm Dünya’da dengesiz dağılımıdır” (İkiel-Atalay, 2007).

1.4.2. Türkiye’nin Su Potansiyeli

Türkiye’nin 643 mm olan yıllık ortalama yağışı yılda 501 m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³’lük kısmı evapotranspirasyon yoluyla atmosfere iletilmekte, 69 milyar m³’ü yer altına sızarak yer altı suyuna katılmakta, 158 milyar m³’lük kısmı da akışa geçerek akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşmaktadır. Yer altı suyunu besleyen 69 milyar m³’lük suyun 28 milyar m³’lük bölümü kaynaklar aracılığıyla yer üstü suyuna tekrar karışmaktadır. Bununla birlikte Türkiye’ye yılda ortalama 7 milyar m³ su komşu ülkelerden gelmektedir. Böylelikle Türkiye’nin brüt yer üstü suyu potansiyeli 193 milyar m³’tür. Yer altı suyunu besleyen 41 milyar m³ de göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye’nin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ olarak hesaplanır. Ancak günümüzde çeşitli amaçlarla tüketilebilecek yer üstü suyu potansiyeli yurdumuzdaki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden ülkemize gelen akarsulardan ise 3 milyar m³’tür. Böylece yılda ortalama toplam 98 milyar m³ olarak hesaplanmaktadır. 14 milyar m³’lük yer altı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin yılda ortalama toplam 112 milyar m³ tüketilebilir su potansiyeli vardır. Bu 112 milyar m³’lük potansiyelin 44 milyar m³’ü kullanılmaktadır (<http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>).

Yıllara, mevsimlere ve bölgelere göre dengeli bir dağılım göstermeyen su varlığının değerlendirilmesi genelde kişi başına düşen su miktarı ile tespit edilmektedir. Bunun için nüfusun dağılımı da su potansiyelinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Değerlendirmeye göre, kişi başına düşen su miktarı 1000 m³’ün altında olan ülkeler “su fakiri”; 1000 ile 3000 arasında olanlar “su kısıtı-su stresi çeken ülke”; 10000 m³’ün üzerindeki ülkeler ise “su zengini” olarak tanımlanmaktadır. Türkiye’de kişi başına düşen yıllık teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir su miktarı 1430 m³’tür. Bu rakama göre Türkiye su stresi çeken bir ülkedir (Su Hakkı Raporu, 2009, 30).

Yerküre sıcaklıklarının artması ve küresel iklim değişikliğiyle büyük bir kısmı gelişmekte olan ve kurak kesimlerde bulunan ülkelerin yaşadıkları su sıkıntısı daha önemli bir hale gelecektir. Dünya'nın yıllık ortalama sıcaklığında 2 ila 2.5°C düzeyinde bir sıcaklık artışıyla birlikte, 2.4 ila 3.1 milyar insanın temiz su kaynaklarına erişme bakımından tehlike altında olacağı ifade edilmektedir (EC-DGE, 2005: 25'ten akt. Doğan-Tüzer, 2011: 31). Yaşamsal bir kaynak olan su konusunda ortaya çıkacak sorunlar sıcaklıkların yükselmesi, yağış miktarlarının düşmesi sonucunda akarsu debilerinin de düşmesi, kıyı kesimlerde tuzlu suyun tatlı suya katılması ve fırtınaların artması gibi olaylardan doğacaktır (Doğan-Tüzer, 2011, 31).

Gelecekte ülkemizin de içinde yer aldığı enlemlerde sıcaklıkların artması, yağışların azalması ve toprak su içeriğinde azalmaların olması beklenmektedir. Bunun için yarı kurak olan Türkiye'de kuraklığın etkileri gelecekte daha çok hissedilebilecek ve suyun önemi ülkemizde artacaktır (Kadıoğlu, 2008, 9).

Su kaynakları doğrudan iklim ile ilişkilidir. İklimde meydana gelecek herhangi bir değişiklik su kaynakları üzerinde de etkisini gösterecektir. Tüm canlılar hayatlarını devam ettirebilmek için suya muhtaçtır. Öyle ki geçmişten bugüne insanlar hep su kaynaklarının yakınına yerleşmişlerdir. Tarımsal faaliyetler, sanayi faaliyetleri, turizm faaliyetleri gibi insan faaliyetlerinin gerçekleşmesi için su gereklidir. Fakat yaşanan iklim değişikliğinin su kaynaklarını kısıtlayacağı yönünde öngörüler bulunmaktadır. Bu durum gelecekte su kaynaklarının önemini daha da artıracaktır.

BÖLÜM 2: SAKARYA NEHRİ HAVZASI'NIN FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

2.1. Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler

Yukarı Sakarya Havzası; kuzeyindeki güneydoğu-kuzeybatı yönünde uzanan Sivrihisar Dağları (1819 m) ile Sarısu-Porsuk oluğundan ayrılmıştır. Eskişehir Ovası güneyindeki bir eşik ile Sakarya Irmağı'nın ani dirsek çizdiği yer arasında 120 km uzunluğundaki bu havza, Eskişehir Ovası'na göre 100-150 metre daha yüksekte yer alır. 50 km genişlikteki bu havzanın bu kadar geniş olması kuzeybatı-güneydoğu kırılmaları sayesinde. Kuzeybatı-güneydoğu yönlü faylara karşı yakadaki Sivrihisar Dağları'nda da rastlanır. Kökeni tektonik olan bu havza, neojende bir dolgu alanı idi. Neojene ait tabanda konglomera, arada marnlı jipsler ve bunun üstünde kalker yapıları bu depolar daha sonra geniş tabanlı vadilerle yarılarak bir platoya dönüşmüştür (Güngördü, 2003, 182). Sarısu-Porsuk oluğunu, Yukarı Sakarya Havzası'ndan ayıran Sivrihisar Dağları: çekirdeği mermer, granit ve gnayslardan oluşmuştur (Güngördü, 2003, 185). Yukarı Sakarya Havzası relief bakımından ova, yayla, dağ ve tepelerden oluşmakla beraber hakim olan relief şekli platodur. Genellikle Neojen'de oluşmuş yüzlek bir sahada gelişen bu yaylalar alçak Neojen yaylaları olarak adlandırılır. Nispi irtifaları 50-300 metre arasında olan birtakım tepe ve dağlar (Çöngerçalı tepesi, Adaçal, Kırgız Dağı gibi) bu yaylaların ortasında ve kenarında yükselmektedir. Doğu ve batıda hafif eğimli, geniş birer şev, bu yaylaları, kenarı teşkil eden orta irtifadaki dağ ve yaylalara bağlamaktadır. Genellikle Paleozoik ve yer yer Mezozoik ve Tersiyer arazilerinden oluşan bu orta irtifadaki dağ ve yaylalar tatlı eğimli yamaçları ve yuvarlak şekilleri ile uzaktan dikkati çekmektedir. Bunlar bilhassa havzanın batı tarafında sıralar oluşturmaktan ziyade münferit dağlar meydana getirmektedirler (Ardel, 1955, 3). Havzanın doğu kısmında kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan, çekirdeğini granitin oluşturduğu ve eski araziden (Paleozoik şist ve mermerler) oluşan dağlar, daha az kütleli olmakla beraber silsile karakterini taşır gibi görünürler. Bununla beraber kuzeybatıda parçalanmış olan ve daha ziyade tepeler karakteri arz eden bu silsile, Sakarya'nın kuzeye doğru geniş bir yay resmettiği yerin batısında kaybolmakta ve bu kısımda doğu ve kuzeydoğuda çerçeve vazifesini Eosen-Oligosen'den oluşan dağ ve

tepeler meydana getirmektedir (Ardel, 1955, 6). Yukarı Sakarya Havzası kuzey, kuzeydoğu ve doğuda Sivrihisar-Kaymaz kristalen ve kristalofilien kütlesi ile, güneyde Emirdağ Paleozoik şisti kütlesi ve batıda Paleozoik-Mezozoik ve Nümülitik kalker kütleleri ile çevrelenmiştir (Ardel, 1955, 18).

“Orta Sakarya Vadisi’nin başladığı ve Sakarya’nın yarma vadiler meydana getirdiği Narlı ve Saray doğusunda sıyrılan Pliosen formasyonları altında Eosen konglomeraları, marn ve kalkerleri ve onların da altındaki granodiorit kütlesi ortaya çıkmıştır. Saray batısında bu granodioritik kütle ile Sündiken masifinin metamorfik şistleri arasında N-S doğrultusunda hafif kavisler yapan anormal kontakt hattı bulunur. Orta Sakarya’nın bu kesiminde doğudaki yüksek sahayı, belirli bir jeomorfolojik ünite oluşturur. Kuzeyde Beypazarı-Ayaş Havzası’nın alçak sahası ile güneyde Sakarya ve bilhassa onun doğudan gelen kolu olan Ankara Çayı Vadisi arasında esas itibarıyla 1000 m civarında uzanan bir plato yer alır. Kırbaşı Platosu olarak adlandırılan bu ünitenin esas yapısını batıda Sakarya Vadisi’nin açıldığı kısımda da devamını gördüğümüz geniş bir granodiorit kütlesi teşkil etmektedir” (Bilgin, 1990, 166).

Sakarya Kırbaşı Platosu’nun batı kenarında içbükey yamacı doğuya bakan ve çapı 4 km’yi aşan büyük gömük menderesi takiben birdenbire kuzeydeki Kirmir Çayı Vadisi’ne çıkar ve adeta oraya oturur. Doğuda Kirmir Çayı Vadisi’nin orta kısımlarından batıda ülkemizin en büyük barajları arasında yer alan Sarıyar Barajı çevresine, kuzeyde Çayırhan-Beyazır Havzası’nı tahdit eden yüksek plato ve dağ kenarlarından güneyde Sündiken platolarının yüksek yamaçlarına kadar çok geniş bir saha Neojen tortul serileri ile doldurulmuştur (Bilgin, 1990, 169). Orta Sakarya Vadisi’nin Sarıyar Barajı’nın batısından Yenice’ye kadar olan yaklaşık 60 km’lik kısmı yapı ve litoloji olarak en sade bölümünü oluşturur. Orta Sakarya Vadisi’nin bu bölümünde jeolojik yapıda metamorfik şistlerden müteşekkil bir kütle hakimdir. Ancak yer yer genellikle E-W yönündeki mermer şeritleri ve batıda Yenice güneyinde genişleyen yeşil kayalar (serpantin, peridotit) bu kütle içinde yer alır (Bilgin, 1990, 173).

Sakarya Nehri’nin Porsuk kavşağından sonra ulaştığı ilk alüvyal düzlük olan Yenice Boğazı çıkışından başlayıp, vadinin daralarak bu düzlüğün kesintiye uğradığı Alpagut

Boğazı arasında Orta Sakarya Vadisi kanyon görünümünden kurtularak beşeri ve ekonomik faaliyetlere izin verecek genişliğe ulaşmaktadır (Yazıcı, 1998, 5). Bu bölümde Sakarya Vadisi'nin kuzeyinde granit ve şistlerden oluşan kütleli bir temel uzanır. Bunun üzerine daha yukarı kesimlerde devamlı görülen Jura (Bilecik kireçtaşı-Kapıkaya greleri) formasyonları gelmektedir (Bilgin, 1990, 176).

“Vadinin güneyinde, içerisinde geniş sahalı ofiyolitlerin ve mermer kuşaklarının da bulunduğu, ancak esasen Paleozoik şist ve metamorfik şistlerden oluşan Sündiken masifi bulunur. Bu kütle batıda Bilecik-Söğüt platosuna birleşmektedir. Vadinin sözü edilen bu güney yamaçları üzerinde kuzeyden gelen ve metamorfik kütleyle bindiren parçalı veya devamlı tortul kayalar bulunmaktadır” (Yazıcı, 1998, 6).

“Orta Sakarya Vadisi Sündiken ve Göynük Dağları arasında yer yer 800-900 metre derinliğinde açılmış, taban genişliği 200-3000 metre arasında değişen, doğu-batı uzanışlı bir oluk vadidir. Vadiyi güneyden ve kuzeyden çevreleyen dağların üzerinde geniş plato sahaları bulunmaktadır. Platolarla vadi tabanı arasında ise akarsular tarafından parçalanmış yamaçlar, genç vadiler ve tepelikler yer alır” (Yazıcı, 1998, 11). “Yaklaşık olarak 1250 m izohipsi ile çevrelenen Sündiken platolarının yüzeyi lavlarla kaplıdır. Birbirlerinden kalker kornişleriyle ayrılan farklı yükseklikteki düzlüklerden oluşan Göynük platoları, akarsular tarafından nispeten fazlaca yarılmışlardır” (Yazıcı, 1998, 15).

“Orta Sakarya Vadisi'nin doğuda Sarıyar Barajı ile Yenice arasında kalan bölümü metamorfik şistlerin devamlı olduğu saha içinde açılmış Alpogut Boğazı'nı takiben Hamidabad'a kadar olan kısmı da, kısmen bazı formasyonların sınırlı bir şekilde bulunmasına rağmen, bugünkü mecranın 30 km'lik devamı ile granitik kayalar içinde açılmış olmasıyla dikkati çeker. Vadinin bu kısmı kuzeybatıda başlayıp doğuya devam eden platoların güney kenarı boyunca çok dik ve muhteşem yamaçlar halinde tahdit edilmiş olarak göze çarpar. Güneyde ise granitik kütle üzerinde gelişmiş kademeler ile Söğüt platosuna geçilir (Bilgin, 1990, 182). Söğüt kuzeyinde Orta Sakarya Hamidabad'da 1 km genişliğe sahip alüvyal tabandan itibaren, genel uzanışında SE-NW yönünü alır. Böylece kuzeyde Bilecik platolarından gelen Karasu'ya birleşmeden önce bu uzanışı gösterir” (Bilgin, 1990, 185).

Sakarya Nehri Osmaneli kuzeyinde Ciciler ve Mekece yerleşmeleri arasında Pamukova Ovası'na (Sakarya) girer. Kuzeyinde yer alan Samanlı Dağları'nın eteklerinde kurulan Pamukova kuzeyden ve güneyden yüksek dağlarla çevrili bir depresyondur. Bu dağlar üzerinde değişik büyüklüklerde platolar yer alır.



Fotoğraf 1: Samanlı Dağları'ndan Pamukova Ovası'nın Görünümü

Doğu-batı yönünde uzanış gösteren Samanlı Dağları tektonik kökenli İzmit-Adapazarı ile Gemlik-Pamukova oluklarını birbirinden ayırmaktadır. Samanlı masifi olarak adlandırılan bu yüksek kütlenin temeli Paleozoik'e ait formasyonlardan oluşmaktadır. Genellikle gnays, mikaşist ve diğer metamorfik kayalardan oluşan masifte Keltepe, Çebişkaya ve Çataltepe gibi Pamukova kuzeyine rastlayan kesimlerde olduğu üzere mermer ve kristalen kalkerlerde yayılım alanı bulmaktadır (Özgür, 1996, 19). “Kuvaterner'deki deniz seviyesi yükselmelerine bağlı şekilde Pamukova oluşunun tabanı büyük ölçüde Sakarya Nehri, fakat aynı zamanda kollarının getirdiği alüvyonlarla doldurulmuştur. Pamukova oluşunun kuzey ve güneyinde yüksek alanlarda büyük ölçüde Pliyosen, yer yer de Miyosen'e ait aşınım yüzeylerine rastlanılmaktadır” (Özgür, 1996, 18). Pamukova Ovası'nı boydan boya kateden Sakarya Nehri Geyve Boğazı'ndan çıkarak Adapazarı Ovası'na ulaşır. Sakarya'nın kuzeyinde yükseltisi fazla olmayan tepeler yer alırken güney bölümünde Samanlı Dağları yükseltisi hakimdir. Sakarya

Nehri bu dağlar arasından çıktıktan sonra taşıdığı alüvyonları biriktirerek Adapazarı Ovası'nı (Akova) oluşturur.

Havzanın aşağı kesimini oluşturan Sakarya ilinin merkezi olan Adapazarı, eski bir göl yatağı olan sedimanter bir basen kıyısında kurulmuştur. Şehrin güney bölümü sıg ve sert zeminler üzerine, kuzeyde yer alan bölümü Kuvarterner alüvyon zeminler üzerine oturmaktadır. Kentin derin alüvyonlar üzerinde yer alan kesiminde yüzeyden itibaren yaklaşık 15 metre derinlik içerisinde yer alan zeminler, genel olarak yer yer kil ve çakıl bantları içeren ince kum, silt ve kilden oluşmaktadır. Daha aşağıda ise göl çökellerinin oluşturduğu kalın kil tabakaları yer almaktadır (TÜBİTAK MAM, 2013, 70).



Şekil 3: Sakarya Nehri Havzası'nın Sayısal Yükselti Modeli

2.2. Hidrografiya Özellikleri

Türkiye topraklarının yarısından fazlası esas itibarıyla kurak bölgelerden oluşur. Türkiye’de su meselesi bilhassa zirai gelişmesi, ekonomik faaliyeti, sıhhi durumu için hayati önem arz eden bir konudur (Akyol, 1949, 1).

Bu bölümde araştırma sahasında yer alan akarsular, göller ve barajlar incelenecektir.

2.2.1. Yer Üstü Suları

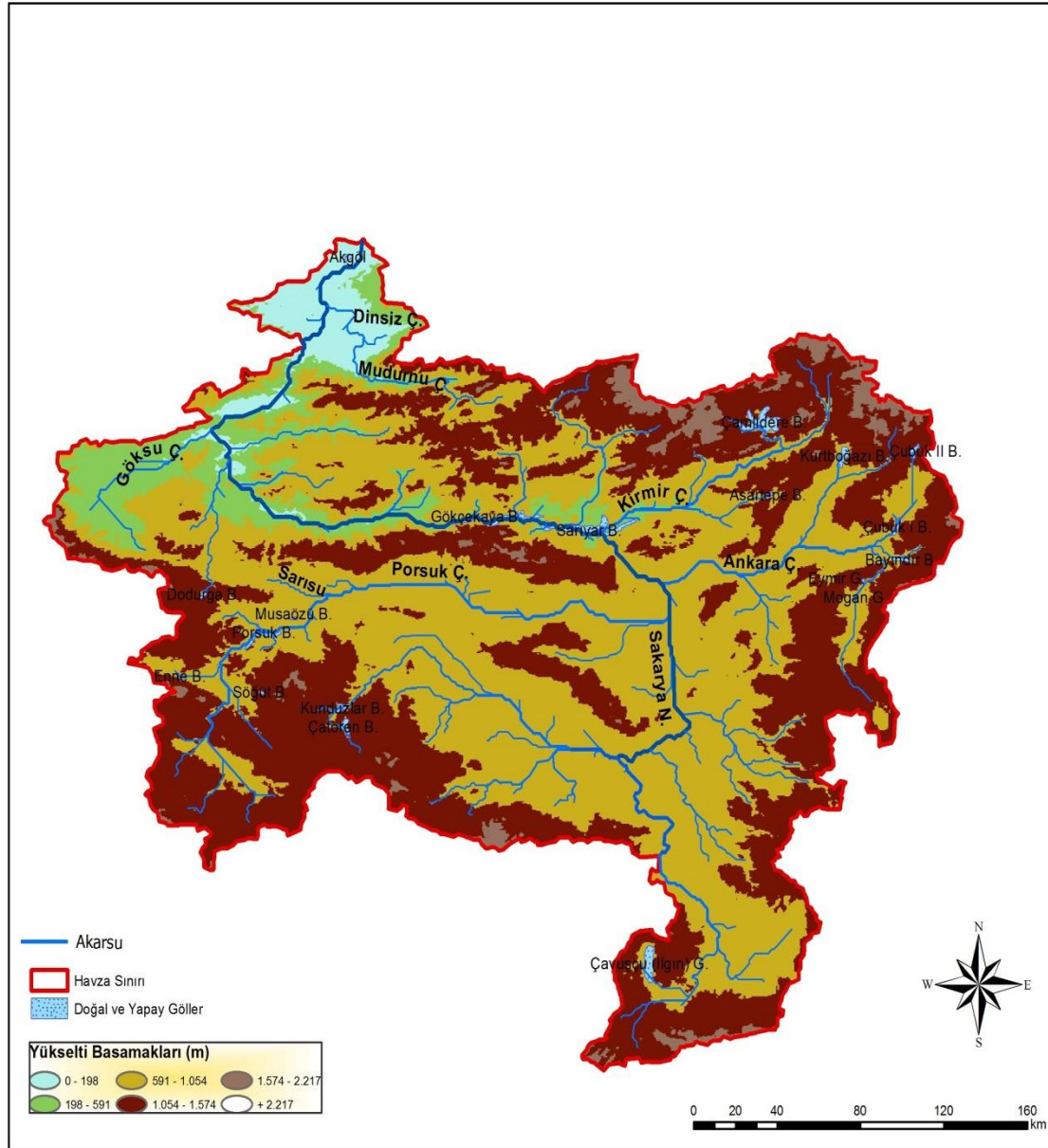
2.2.1.1. Akarsular

“Akarsu yer altında ve yeryüzünde en yüksek dereden ana ırmağa kadar belli bir yatak içinde eğim yönünde sürekli, dönemli ya da geçici olarak akan sular olarak tanımlanır” (Akengin-Dölek, 2015, 77). Ülkemizde farklı özelliklere sahip birçok akarsu bulunmaktadır. Araştırma sahasının başlıca hidrografiya özelliklerini Sakarya Nehri ve önemli kolları olan Porsuk Çayı, Ankara Çayı, Mudurnu Çayı ve Göksu Çayı oluşturur. Sakarya Nehri eksoreik (dışa akışlı) bir akarsu olup Karadeniz akçılama havzası içinde yer alır.

Tablo 4: Havzadaki Önemli Akarsular

Adı	Alt Havzası	Uzunluğu (km)	Ortalama Debisi (m ³ /sn)
Seydi Çayı	Y.Sakarya	107	38,0
Bardakçı Deresi	Y.Sakarya	42	0,1
Gökpınar Deresi	Y.Sakarya	100	5,6
Ilıcaözü Deresi	Y.Sakarya	40	1,5
Porsuk Çayı	Porsuk Çayı	448	16,4
Ilıcaözü Deresi	Ankara Çayı	40	1,5
Ankara Çayı	Ankara Çayı	140	11,9
Kirmir Çayı	O.Sakarya	160	?
Aladağ Çayı	O.Sakarya	83	0,8
Nallıdere	O.Sakarya	31	?
Değirmendere	O.Sakarya	17	0,2
Çatak Çayı	O.Sakarya	20	0,1
Göynük Çayı	O.Sakarya	60	6,1
Göksu Çayı	Göksu-Karasu Çayı	105	18,9
Karasu Çayı	Göksu-Karasu Çayı	65	1,4
Mudurnu Çayı	A.Sakarya	120	22,2
Çarksuyu	A.Sakarya	45	4,7

Kaynak: TÜBİTAK MAM, 2013, 94.



Şekil 4: Sakarya Nehri Havzası'nın Hidrografya Haritası

Sakarya Nehri

Karadeniz Havzası'nın önemli akarsularından Sakarya Nehri ülkemiz akarsularının %3,4'ünü oluşturur ve $6,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ortalama yıllık akışa sahiptir (TÜBİTAK MAM, 2013, 94). Türkiye'nin en uzun akarsularından biri olan Sakarya Nehri, Afyon'un kuzeydoğusunda Emir Dağları'ndan, Bayat Yaylası'ndan Eskişehir arkasındaki Türkmen Dağı'na doğru hafif bir yay çizerek uzanan yüksek kabarığın kuzey diplerinden doğar. Sakarya Nehri'nin de Kızılırmak gibi belli bir başı yoktur. Bu yüksek kabarıktan ve diplerinden doğan birçok küçük çaylar, kaynak suları Sivrihisar meridyeni

üzerinde toplanırlar ve Sakarya artık tek bir yatak içerisinde teşekkül etmiş bulunur. Bununla birlikte birkaç büyük kaynak Sakarya'nın başı kabul edilebilir. Bunlardan biri Eskişehir'in Çifteler ilçesinin 5 km kadar güneydoğusunda, birçok gözden çıkan kuvvetli sulardır. Bu sulara yörede Sakarbaşı adı verilir. Bu su daha yukarılardan gelen Bardakçı ve Ilıca sularıyla birleşerek ileride Seyit Suyu'na katılır (Yıldız-Malkoç, 2000: 106'dan akt. Atalay, 2008: 4). Çakmak köyü yakınında Ankara-Eskişehir arasında il sınırı oluşturur ve kuzeye döner. Kıran Hamamı adı verilen yerde Porsuk Çayı ile birleştikten sonra kuzeye doğru akışını sürdürür (TÜBİTAK MAM, 2013, 94). Kaya Boğazı denilen yerden Ankara Çayı'nı alır. Sakarya kuzeye doğru pek derin Kargı Boğazı'na sokulur, sonra Sarıyar Baraj gölüne girer. Uşak Bükü denilen yerde, Karadeniz Dağları'nın güneye doğru son sırasından gelen, baş taraflarında Yanabat Çayı'nı, aşağı kesiminde, birçok suların birleşmesinden hasıl olan Nuzurup Çayı'nı alınca Kırmir Çayı adını alan, Ankara Çayı'ndan daha kuvvetli çayı da aldıktan sonra Sarıyar Baraj gölünden sonra sırasıyla Gökçekaya ve Yenice Baraj göllerine de girer. Çok keskin bir dirsek çizerek Söğüt'e doğru uzanan devamlı sıradağın diplerini izleyerek açıkça batı yönünü tutar. Sakarya Paşalar Boğazı'ndan, tam iki dar kaya arasından kurtulduğu yerde soldan gelen Karasu'yu alır ve Osmaneli Ovası'na açılır. Osmaneli Ovası'nın sonunda Porsuk'tan sonra soldan aldığı kolların en kuvvetlisi olan Göksu'yu alır (Saraçoğlu, 1990, 134). Sakarya Nehri Osmaneli'yi (Bilecik) geçtikten sonra Pamukova'ya ulaşarak Sakarya ili topraklarına girer. Pamukova'da menderesler oluşturarak akışını sürdüren nehir Geyve Boğazı'ndan çıkarak Adapazarı Ovası'na varır. Sapanca Gölü'nün fazla sularını boşaltan Çark Suyu'nu ve Mudurnu Çayı'nı aldıktan sonra akışına devam eden Sakarya Nehri Karasu ilçesinden Karadeniz'e dökülür.



Fotoğraf 2: Sakarya Nehri'nden Bir Görünüm (Pamukova)

Porsuk Çayı

Kütahya il sınırları içinde Murat Dağı'nın eteklerinden doğan Porsuk Çayı, Kütahya sınırlarından Eskişehir'e girer. Sakarya Nehri'ne katılmadan evvel Kunduz Deresi, Mollaoğlu Deresi, Sarısu, Keskin Suyu, Kargın Deresi ve Pürtek Çayı'nı alır. İki koldan oluşan Porsuk Çayı'nın iki kolu Çukurova'da (Kütahya) birleştikten sonra akışına devam eder ve Sakarya Nehri'ne katılır (Ocak v.dğr., 2012, 42).

Ankara Çayı

İç Anadolu Bölgesi'nde Sakarya Nehri'ne dökülen 140 km uzunluğa sahip akarsudur. Çubuk Çayı ve birçok derenin birleşimi olan Hatip Çayı (Bayraktar, 1988'den akt. Atıcı-Ahıska, 2005: 52) ile birleşerek Ankara Çayı adını almaktadır. Ankara Çayı'na alüvyal set gölleri olan Mogan ve Eymir göllerinin çıktısını da alan İncesu, Ova Çayı ve Haymana suyu karışmaktadır. Ardından Ayaş ve Beypazarı ilçelerinden geçerek Sakarya Nehri'ne katılır (Atıcı, 1997'den akt. Atıcı-Ahıska, 2005: 52).

Mudurnu Çayı

Mudurnu Çayı dağlık ve bol yağışlı büyük bir havzanın sularını toplamaktadır (Saraçoğlu, 1990, 136). “Akyazı ilçesine bağlı olan Dokurcun’da Sakarya ili topraklarına giren Mudurnu Çayı Sakarya Nehri’nin önemli kollarından biridir. Söğütlü ilçesi Rıza Bey Mahallesi doğusunda, Hendek-Söğütlü ilçelerinin sınırı yakınlarında Sakarya Nehri’ne katılmaktadır” (Atalay Dutucu, 2018, 226).

Göksu Çayı

Domaniç-Yirce Dağları’ndan doğarak, İnegöl Havzası ve Yenişehir Ovası içinden akan Göksu, Yenişehir Ovası’nın doğusunda Hayriye Boğazı’na girerek Osmaneli ilçe sınırlarına dahil olur. Kuzeybatı yönünde yoluna devam ettikten sonra Osmaneli yerleşmesi yakınlarında Sakarya Nehri’ne soldan karışır (DİE Türkiye İstatistik Yıllığı, 2001, 12’den akt. Başkaya, 2012: 85).

2.2.1.2. Göller

Farklı oluşum özelliklerine sahip göllerin yer aldığı ülkemizde Sakarya Nehri Havzası’nda 13 adet göl yer alır. Bu 13 gölün 7 tanesi Aşağı Sakarya Alt Havzası’nda bulunmaktadır. Aşağı Sakarya Alt Havzası’nda tektonik oluşumlu bir göl olan Sapanca Gölü 4.700 hektar yüzölçümü ile havzada yer alan en büyük ve en derin göldür.

Tablo 5: Havzadaki Önemli Göller

Göl İsmi	Alt Havza	Büyüklüğü (ha)	Maksimum Derinliği (m)	Maksimum Kotu (m)
İlgın	Y.Sakarya	1.087	3	1029
Mogan	Ankara Çayı	567	5	972
Eymir	Ankara Çayı	112	10	968
Çubuk	O.Sakarya	15	13	1027
Sünnet	O.Sakarya	18	22	820
Karagöl	O.Sakarya	1	-	-
Karamurat	A.Sakarya	4	-	-
Sapanca	A.Sakarya	4.700	61	33
Büyük Akgöl	A.Sakarya	500	6	4
Küçük Akgöl	A.Sakarya	20	6	-
Taşkısığı	A.Sakarya	90	6	-
Poyrazlar	A.Sakarya	60	3	25
Acarlar	A.Sakarya	2.300	3	0,5

Kaynak: TÜBİTAK MAM, 2013, 99.

Yine Aşağı Sakarya Alt Havzası’ndaki Acarlar Longozu su basar orman, akarsu, kumul ekosistemleri gibi çeşitli ekosistemlerin bir arada bulunması ve bu ekosistemlerin içinde barındırdığı tür çeşitliliği ekolojik süreçlerin çeşitliliği bakımından oldukça önemlidir. Flora ve fauna bakımından çeşitli türleri barındıran Acarlar Gölü Longoz Ormanı’nın tamamı Kültür Bakanlığı, Bursa Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından 25.06.1998 tarihinde, “1. Derece Doğal Sit Alanı” olarak ilan edilerek mutlak koruma altına alınmıştır (Acarlar Gölü Longoz Ormanı Sulak Alan Yönetim Planı 2016-2020, 2016).



Fotoğraf 3: Acarlar Gölü Longozu’ndan Bir Görünüm

2.2.1.3. Barajlar

Barajlar elektrik enerjisi üretimi, sulama, içme suyu sağlama, taşkınları önleme gibi amaçlarla inşa edilen yapay göllerdir. Sakarya Nehri Havzası’nda yapılaş amaçları farklılık gösteren işletme halinde 28 adet baraj bulunmaktadır. Havzada işletmeye geçen ilk baraj olan Çubuk I Barajı 1936 yılında faaliyete geçmiştir.

Tablo 6: Havzada Yer Alan Barajlar

Adı	İli	İlçesi	Akarsuyu	Durumu	İşletmeye Açılış Tarihi	Amacı
Beşkarış	Kütahya	Altıntaş	Kokarçay D.	İşletmede	2010	Sulama
Gökpınar	Eskişehir	Sivrihisar	Gökpınar D.	İnşaat halinde		İçme Suyu-Sulama
Çatören	Eskişehir	Seyitgazi	Harami D.	İşletmede	1987	Sulama – Taşkın
Kureyşler	Kütahya	Aslanapa	Kureyşler D.	İşletmede	2016	Sulama
Kunduzlar	Eskişehir	Seyitgazi	Akin D.	İşletmede	1985	Sulama
Söğüt	Kütahya	Merkez	İlgin D.	İşletmede	1983	Sulama
Enne	Kütahya	Merkez	Dereboğazı D.	İşletmede	1973	Sanayi Suyu
Kaymaz	Eskişehir	Sivrihisar	Çayırılık D.	İşletmede	1978	Sulama
Porsuk	Eskişehir	Merkez	Porsuk Ç.	İşletmede	1972	İçme Suyu-Sulama – Taşkın
Musaözü	Eskişehir	Merkez	Mollaoğlu D.	İşletmede	1969	Sulama
A.Kuzfındık	Eskişehir	Merkez	Koca D.	İşletmede	2006	Sulama
Dodurga (Daridere)	Bilecik	Bozüyük	Sarısu	İşletmede	1976	Sulama-Taşkın-Enerji
Kayaş Bayındır	Ankara	Merkez	Bayındır D.	İşletmede	1965	İçme Suyu
Gürsöğüt	Ankara	Milhalıççık, Beypazarı	Sakarya N.	İnşaat halinde		Enerji
Kargı	Ankara	Milhalıççık, Beypazarı	Sakarya N.	İşletmede	2017	Enerji
Çubuk I	Ankara	Çubuk	Çubuk Ç.	İşletmede	1936	İçme Suyu-Taşkın
Kuruçay Brj.	Ankara	Çubuk	Çubuk Ç.	Proje aşamasında		İçme Suyu
Sarıyar	Ankara	Nallıhan	Sakarya N.	İşletmede	1956	Enerji
Gökçekaya	Eskişehir	Alpu	Sakarya N.	İşletmede	1973	Enerji
Yenice	Eskişehir	Sarıcakaya	Sakarya N.	İşletmede	2000	Enerji-Taşkın
Kızıldamlar	Bilecik	Söğüt	Söğüt D.	İşletmede	2003	Sulama

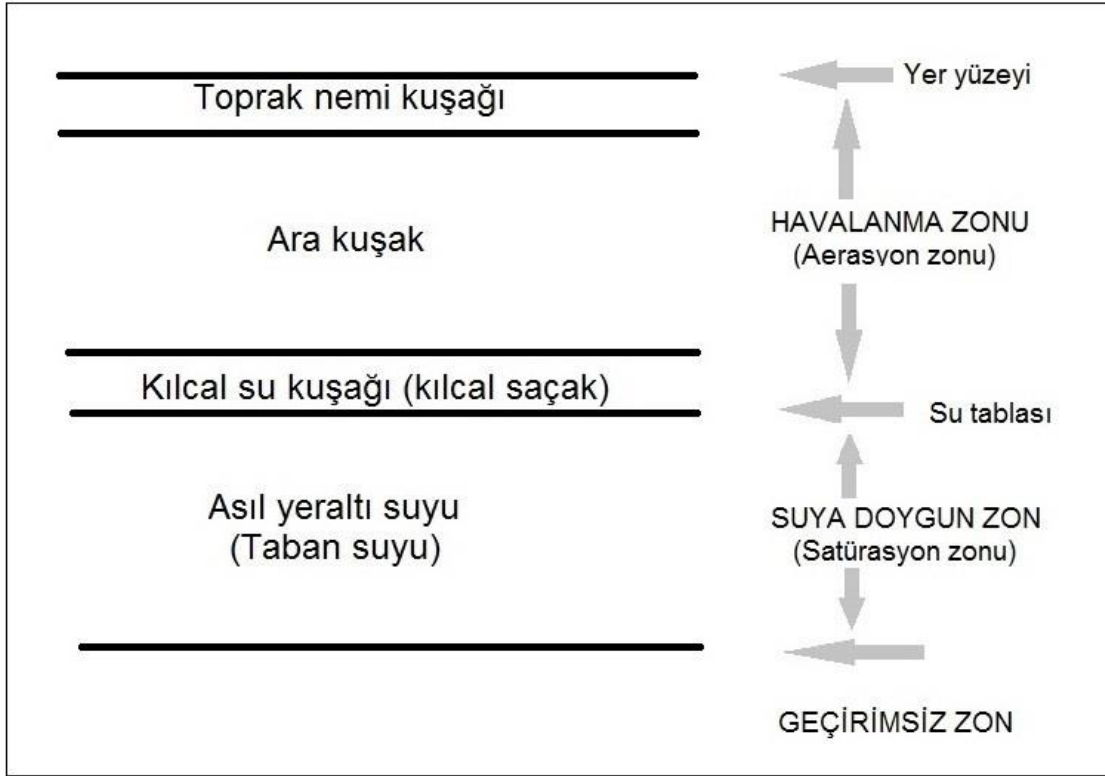
Tablo 6'nın devamı

Günyurdu Mustafa Eldemir	Bilecik	Pazaryeri	Bakraş D.	İşletmede	2006	Sulama
Asartepe	Ankara	Ayaş	İlhan Ç.	İşletmede	1980	Sulama
Babasultan	Bursa	İnegöl	Karadere	İşletmede	2009	Sulama
Kurtboğazı	Ankara	Kazan	Kurt D. ve Ova Ç.	İşletmede	1967	İçme Suyu-Sulama
Çubuk II	Ankara	Çubuk	Çubuk Ç.	İşletmede	1965	İçme Suyu-Taşkın
Kavşakkaya	Ankara	Kazan	Koca D.	İşletmede	2007	İçme Suyu
Boğazköy	Bursa	Yenişehir	Göksu	İşletmede	2008	Enerji-Sulama
Çamlıdere Bayındır	Ankara	Çamlıdere	Gökçepınar D.	İşletmede	2006	Hayvan Sulama
Eğrekkaya	Ankara	Kızılcahamam	Sey Ç.	İşletmede	1994	İçme Suyu
Akyar	Ankara	Kızılcahamam	Bulak D.	İşletmede	2000	İçme Suyu
Ballıkaya	Sakarya	Akyazı	Mudurnu Ç.	İnşaat halinde		İçme Suyu

Kaynak: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Baraj Havzaları Yeşil Kuşak Ağaçlandırma Eylem Planı 2013-2017'den alınarak güncellenmiştir.

2.2.2. Yer Altı Suları

Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı yer altına sızarak yer altı suyunu oluşturur. Kayaçların suyun yer altına sızmasına elverişli olması durumunda yer üstü suları yerçekiminin etkisiyle havalanma zonundan (aerasyon) suya doymun zona (satürasyon) doğru hareket eder ve geçirimsiz zon üzerinde depolanarak yer altı suyunu meydana getirir.



Şekil 5: Yer Altı Suları; Bu Sularla İlgili Zon ve Kuşaklar; Su Tablası

Kaynak: Hoşgören, 2013'den uyarlanmıştır.

Sakarya Nehri Havzası'nın yukarı kesimini oluşturan Afyonkarahisar ili sınırlarındaki Emirdağ Ovası'nda yer altı suyunun işletme rezervi $51,0 \times 10^6$ m³/yıl'dır. Ovadaki akiferler Alüvyon, Neojen kireçtaşı, Mesozoyik kireçtaşı karakteristiğindedir. Havzanın Porsuk Çayı bölümünde kalan Kütahya'da yer altı suyunun akış yönü Porsuk Çayı Vadisi boyunca doğudan batıya doğru, Kütahya Ovası batı bölümünde ise Felent Çayı Vadisi'ne bağlı olarak batıdan doğuya doğrudur. Yer altı suyu ovanın bazı bölümlerinde Porsuk Çayı'nı beslemektedir. Ankara Çayı ve Orta Sakarya Alt Havzası'nın önemli bir kısmını oluşturan Ankara ilinin yer altı suyu potansiyeli yaklaşık 200 milyon m³'tür. Bu potansiyelin %75 gibi önemli bir kısmı Ankara Ovası, Kazan-Mürted Ovası, Polatlı ilçesinin güneyi ile Sakarya Havzası'na girmeyen Sereflikoçhisar-Peçenek Havzası'nda yer almaktadır. Kirmir Havzası (Kızılcahamam-Beyazırması arası), Nallıhan Havzası ve Çubuk Ovası yer altı suyu potansiyeli bakımından verimli diğer havzalardır (TÜBİTAK MAM, 2013, 101).

Sakarya Nehri Havzası'nın aşağı bölümünü oluşturan Sakarya'da ise yer altı su seviyesi çok yüksek düzeydedir hatta bazı bölümler bataklık halindedir. DSİ 3. Bölge

Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre Sakarya'da toplam yer altı suyu rezervi 248 milyon m³/yıl'dır. Yer altı suyu ovada ortalama 2-5 m derinlikte bulunmaktadır (Çelebi-Özdemir, 2015, 7).

2.3. İklim Özellikleri

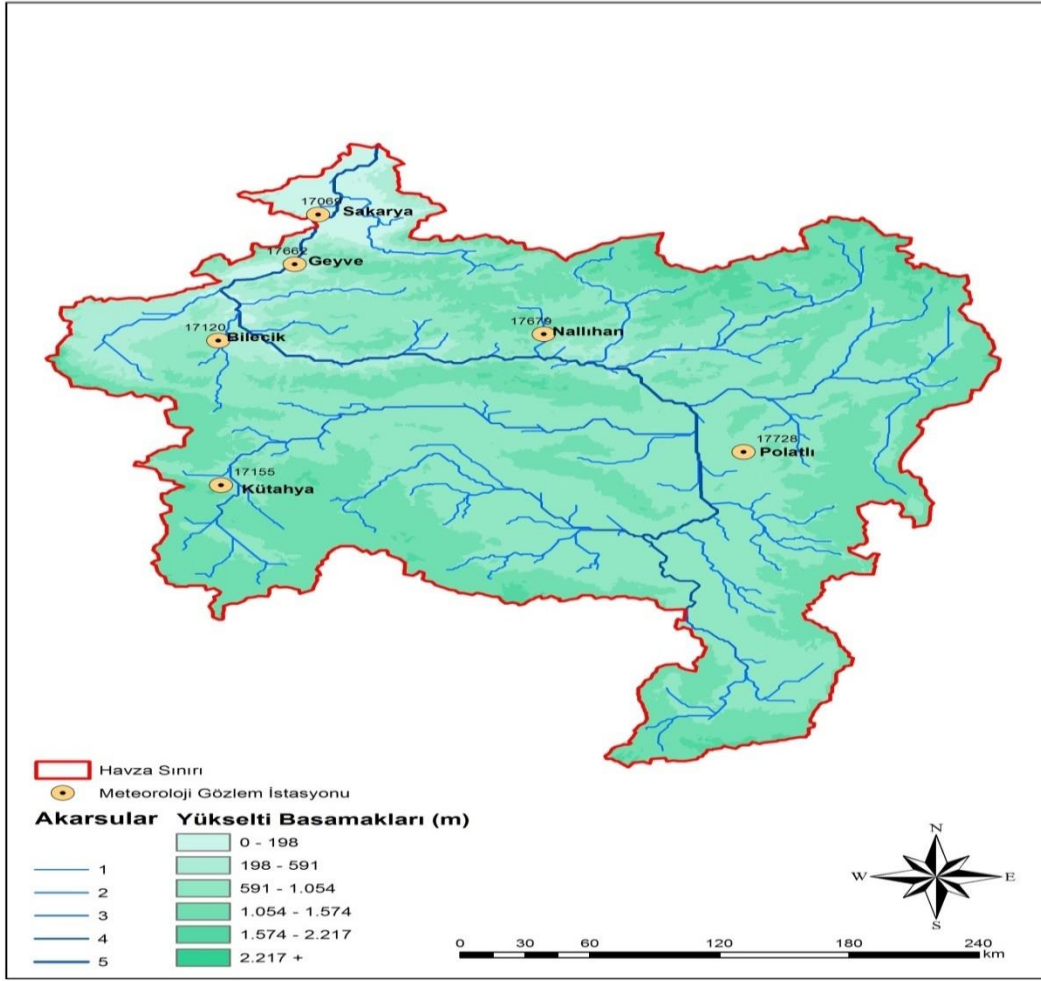
Bir bölgenin iklim özelliklerini sıcaklık, atmosfer basıncı, rüzgar, yağış ve nem gibi iklim elemanları oluşturur. İklim canlıların yaşamı, yeryüzündeki dağılışları, yeryüzü şekillerinin oluşumu, ekonomik faaliyetler, akarsu rejimleri gibi pek çok faktör üzerinde etkili olmaktadır.

Konumu bakımından subtropikal kuşakta yer alan Türkiye, Akdeniz ikliminin etki alanındadır (İkiel, 1998, 111). Türkiye polar hava merkezleriyle tropikal hava merkezlerinin arasında bulunmaktadır. Konumu bakımından İzlanda dinamik alçak basınç, Sibirya termik yüksek basınç, Azor dinamik yüksek basınç ve Basra termik alçak basınç merkezlerinin arasında bulunması Türkiye'de hava ve iklim koşullarının bu basınç merkezleri tarafından belirlenmesini sağlamıştır (Ustaoglu, 2018, 165). Ancak yükselti, orograf ve karasallık gibi fiziki coğrafya etmenlerine bağlı termik ve dinamik değişiklikler de bölgesel ve yerel iklim özelliklerini belirlemektedir (İkiel, 1998, 111).

Geniş bir alanı kaplayan Sakarya Nehri Havzası'nda da çeşitli iklimler etkilidir. Havzanın genel iklim özelliklerini ortaya koymak amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü gözlem istasyonlarına ait iklim verileri kullanılmıştır.

Tablo 7: Sakarya Nehri Havzası'nın İklimini Ortaya Koymak İçin Belirlenen Meteoroloji Gözlem İstasyonları

İstasyon No	İstasyon Adı	İli	Kot (m)	Enlem	Boylam
17662	Geyve	Sakarya	100	40,5214	30,2960
17728	Polatlı	Ankara	886	39,5834	32,1624
17069	Sakarya	Sakarya	31	40,7676	30,3934
17120	Bilecik	Bilecik	539	40,1414	29,9772
17155	Kütahya	Kütahya	969	39,4171	29,9891
17679	Nallıhan	Ankara	650	40,1733	31,3320



Şekil 6: Sakarya Nehri Havzası'nın İklimini Ortaya Koymak İçin Belirlenen Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının Lokasyonları

2.3.1. Sıcaklık

2.3.1.1 Yıllık Ortalama Sıcaklık ve Termik Rejim

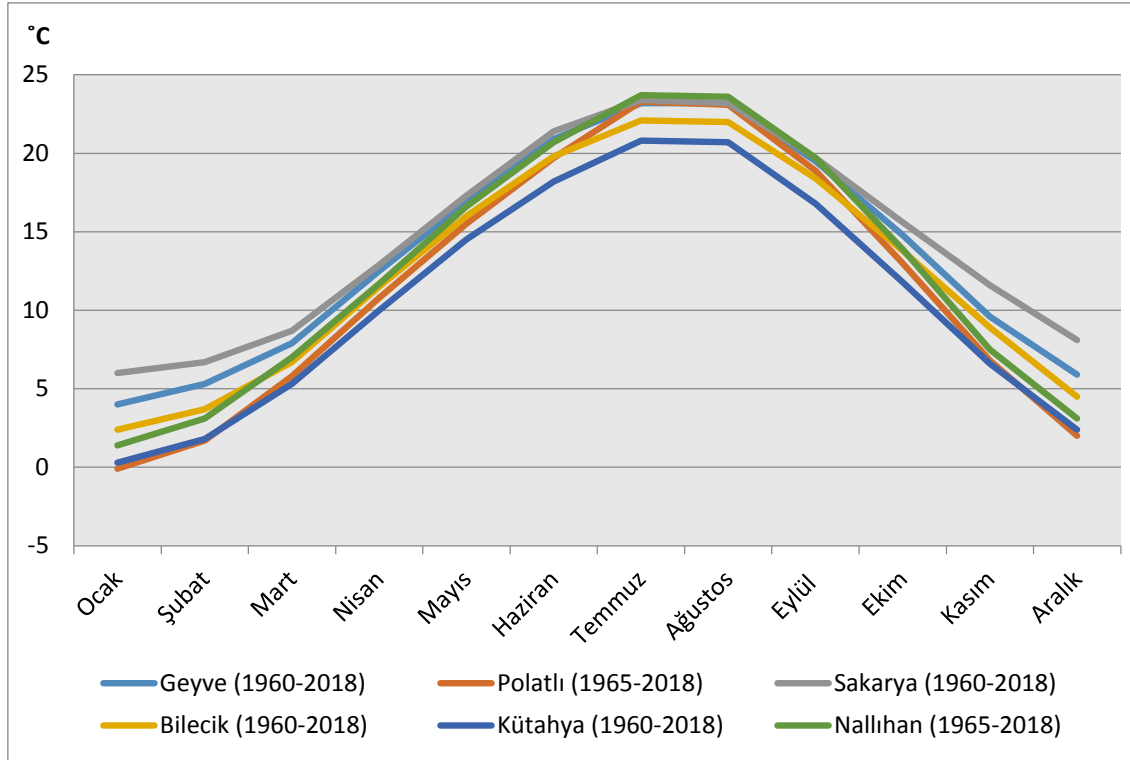
Havzada belirlenen meteoroloji istasyonlarının verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık Geyve'de 13.6°C, Polatlı'da 11.7°C, Sakarya'da 14.6°C, Bilecik'te 12.5°C, Kütahya'da 10.8°C, Nallıhan'da 12.7°C'dir. Aylık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde en soğuk ayın Ocak ayı olduğu görülür. En sıcak ay ise Temmuz'dur. Ancak Geyve meteoroloji istasyonunda Temmuz ve Ağustos ayı sıcaklık değerleri aynıdır (Tablo 8). En soğuk ay olan Ocak ayında tüm meteoroloji istasyonlarında ortalama sıcaklık değerleri 10°C'nin altındadır. En yüksek sıcaklık değerlerinin görüldüğü Temmuz ayı ortalama sıcaklık değerleri ise tüm istasyonlarda 20°C'nin üzerindedir. Yıllık amplitüd

değerleri Geyve’de 19.2°C, Polatlı’da 23.2°C, Sakarya’da 17.4°C, Bilecik’te 19.7°C, Kütahya’da 20.5°C, Nallıhan’da 22.3°C’dir.

Tablo 8: Çalışma Sahasında Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Geyve (1960-2018)	4.0	5.3	7.9	12.5	16.9	20.9	23.2	23.2	19.5	14.8	9.6	5.9	13.6
Polatlı (1965-2018)	-0.1	1.7	5.8	10.8	15.5	19.7	23.3	23.1	18.9	13.0	6.8	2.0	11.7
Sakarya (1960-2018)	6.0	6.7	8.7	12.9	17.3	21.4	23.4	23.2	19.7	15.6	11.6	8.1	14.6
Bilecik (1960-2018)	2.4	3.7	6.7	11.5	16.0	19.8	22.1	22.0	18.4	13.8	8.9	4.5	12.5
Kütahya (1960-2018)	0.3	1.8	5.3	10.0	14.5	18.2	20.8	20.7	16.8	11.8	6.6	2.4	10.8
Nallıhan (1965-2018)	1.4	3.1	7.0	11.7	16.6	20.7	23.7	23.6	19.7	13.9	7.5	3.1	12.7

Araştırma sahasında ölçüm yapan meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre aylık ortalama sıcaklıklar Ocak ayında en düşük değeri alır (Geyve 4.0°C, Polatlı -0.1°C, Sakarya 6.0°C, Bilecik 2.4°C, Kütahya 0.3°C, Nallıhan 1.4°C). Mayıs ayında yıllık ortalamanın üzerine çıkan sıcaklıklar Temmuz ayında en yüksek değere erişir (Geyve 23.2°C, Polatlı 23.3°C, Sakarya 23.4°C, Bilecik 22.1°C, Kütahya 20.8°C, Nallıhan 23.7°C). Ekim ayına kadar yıllık ortalamanın üzerinde olan sıcaklık değerleri Kasım ayında yıllık ortalamanın altına düşer ve Şubat ayına kadar sıcaklıklarda düşüş görülür. Yıllık ortalama sıcaklık değeri en yüksek istasyon Sakarya’dır. Bu değer iç kısımlara doğru gidildikçe düşmektedir. En düşük yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 969 m yükseltisi ile Kütahya’ya aittir.



Şekil 7: Uzun Yıllar Ortalama Sıcaklık Grafiği

2.3.1.2. Mutlak Ekstremler

2.3.1.2.1. Mutlak Maksimum Sıcaklık

Rasat devresi esnasında ölçülmüş olan en yüksek sıcaklık değeri mutlak maksimum sıcaklık olarak adlandırılır (Erinç, 1996, 417).

Tablo 9: Geyve Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Maksimum Sıcaklık(°C)	25.4	25.8	30.3	35.1	37.2	41.8	43.7	42.4	42.3	37.2	28.2	25.3	43.7
Maksimum Sıcaklık Yılı	2010	1989	2001	2016	1994	2007	2000	1994	2017	2003	1993	1963	2000

Geyve meteoroloji istasyonunda rasat süresi içerisinde mutlak maksimum sıcaklık 43.7°C ile 2000 yılının Temmuz ayında ölçülmüştür. Maksimum sıcaklık değerleri Haziran'dan Ekim'e kadar 40°C'nin üzerindedir.

Tablo 10: Polatlı Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1965-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Maksimum Sıcaklık(°C)	17.8	21.0	27.0	31.0	33.4	37.4	42.5	39.7	37.7	33.3	24.3	24.0	42.5
Maksimum Sıcaklık Yılı	1995 2010	2016	2001	1989	1995	2007	2000	2006	2017	1999	1966	2007	2000

Tablo 10’u incelediğimizde Polatlı meteoroloji istasyonunda rasat süresi içerisinde mutlak maksimum sıcaklığın 42.5°C ile 2000 yılı Temmuz ayında ölçüldüğü görülmektedir. Mutlak maksimum sıcaklık değerine en yakın değer ise 39.7°C ile Ağustos 2006’da kaydedilmiştir.

Tablo 11: Sakarya Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Maksimum Sıcaklık(°C)	25.8	28.7	31.9	35.8	37.6	40.2	44.0	41.8	40.7	38.6	30.0	28.5	44.0
Maksimum Sıcaklık Yılı	2010	2016	2001	1998	1980	2007	2000	1977	2017	2003	1961	2010	2000

Sakarya meteoroloji istasyonunda da rasat süresi içerisinde mutlak maksimum sıcaklık 44.0°C ile 2000 yılı Temmuz ayında ölçülmüştür. Yine mutlak maksimum sıcaklık değerine en yakın değer Ağustos ayındadır. Maksimum sıcaklık değerleri Haziran’dan Ekim’e kadar 40°C’nin üzerindedir.

Tablo 12: Bilecik Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Maksimum Sıcaklık(°C)	22	24.6	29.0	32.7	35.8	38.0	41.0	40.2	38.4	34.3	27.4	25.0	41.0
Maksimum Sıcaklık Yılı	2010	1960	2001	1989	1990	2016	2000	2006	2007	2003	1961	2005	2000

1960-2018 yılları arasında Bilecik meteoroloji istasyonunda ölçülen mutlak maksimum sıcaklık değeri 41.0°C ile 2000 yılı Temmuz ayında ölçülmüştür. Rasat süresi içerisinde

maksimum sıcaklıkların aylara dağılımına baktığımızda Bilecik meteoroloji istasyonunda Temmuz ve Ağustos ayları hariç maksimum sıcaklıkların 40°C'nin altında olduğu görülür.

Tablo 13: Kütahya Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Maksimum Sıcaklık(°C)	17.1	24.2	27.0	30.2	32.5	36.2	39.5	38.8	36.1	31.2	25.4	21.7	39.5
Maksimum Sıcaklık Yılı	1971	2016	1977	2008	1990	2007	2000 2010	2010	2007	2012	2004	2010	2000 2010

Kütahya meteoroloji istasyonunda mutlak maksimum sıcaklık 39.5°C'dir. Bu değer hem 2000 hem de 2010 yıllarının Temmuz ayında ölçülmüştür. Araştırma sahasında incelenen meteoroloji istasyonları içerisinde Kütahya meteoroloji istasyonu dışındaki tüm istasyonlarda mutlak maksimum sıcaklık 40°C üzerindedir.

Tablo 14: Nallıhan Meteoroloji İstasyonuna Ait Maksimum Sıcaklık Değerleri (1965-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Maksimum Sıcaklık(°C)	17.1	21.4	27.6	31.8	34.3	38.4	42.9	40.8	39.2	33.7	25.8	19.5	42.9
Maksimum Sıcaklık Yılı	2010	2016	2001	1998	2014	2007	2012	2010	2017	2012	2004	2010	2012

Nallıhan meteoroloji istasyonunda rasat süresi içerisinde mutlak maksimum sıcaklık 42.9°C ile 2012 yılının Temmuz ayında ölçülmüştür. İncelenen meteoroloji istasyonlarının hepsinde mutlak maksimum sıcaklık Temmuz'da ölçülmüştür. Nallıhan meteoroloji istasyonu dışındaki 5 istasyonda mutlak maksimum sıcaklıklar 2000 yılında ölçülmüştür. Kütahya meteoroloji istasyonunda ise 39.5°C olan mutlak maksimum sıcaklık 2000 yılının yanında 2010 yılında da ölçülmüştür.

2.3.1.2.2. Mutlak Minimum Sıcaklık

Rasat devresi esnasında ölçülmüş olan en düşük sıcaklık değeri mutlak minimum sıcaklık olarak adlandırılır (Erinç, 1996, 417).

Tablo 15: Geyve Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Minimum Sıcaklık(°C)	-14.9	-15.4	-10.0	-3.2	0.0	5.4	9.0	8.4	3.7	-1.0	-5.0	-12.2	-15.4
Minimum Sıcaklık Yılı	1967	1985	1985	1997	1995	1997	1993	1981	1997	2005	1995	1967	1985

Geyve meteoroloji istasyonuna ait minimum sıcaklık değerleri tablosuna göre rasat süresi içerisinde ölçülen mutlak minimum sıcaklık -15.4°C'dir. 1985 yılının Şubat ayında ölçülmüştür. En yüksek minimum sıcaklık değeri 9.0°C ile Temmuz 1993'te ölçülmüştür. Minimum sıcaklıklar Ekim'den Mayıs'a kadar 0°C'nin altındadır.

Tablo 16: Polatlı Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1965-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Minimum Sıcaklık(°C)	-22.4	-21.7	-19.0	-8.7	-2.1	1.5	6.0	5.8	1.9	-6.0	-11.0	-17.1	-22.4
Minimum Sıcaklık Yılı	2006	1985	1985	1997	1981	2000	1993	2000	1992	1977	1995	1975	2006

Polatlı meteoroloji istasyonunda mutlak minimum sıcaklık -22.4°C ile 2006 yılının Ocak ayında ölçülmüştür. Mutlak minimum sıcaklığa en yakın değer ise -21.7°C ile 1985 yılının Şubat ayında ölçülmüştür. Minimum sıcaklıklar 8 ay boyunca 0°C'nin altındadır.

Tablo 17: Sakarya Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Minimum Sıcaklık(°C)	-14.5	-13.5	-7.3	-2.4	2.0	6.1	8.7	7.8	5.4	-0.2	-2.6	-9.1	-14.5
Minimum Sıcaklık Yılı	1961	1965	1985	1969	1995	1962	1964	1965	1962	1965	1973	1967	1961

Sakarya meteoroloji istasyonunda ise mutlak minimum sıcaklık 1961 yılının Ocak ayında ölçülmüş olup -14.5°C 'dir. Mutlak minimum sıcaklık uzun yıllar ortalama sıcaklık değerlerinde olduğu gibi en soğuk ay olan Ocak ayında ölçülmüştür. En yüksek minimum sıcaklık değeri 8.7°C ile Temmuz ayında kaydedilmiştir.

Tablo 18: Bilecik Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Minimum Sıcaklık(°C)	-14.4	-14.3	-10.1	-6.0	1.0	6.0	7.7	8.2	3.2	-0.8	-6.4	-12.8	-14.4
Minimum Sıcaklık Yılı	1968	1985	1987	2003	1995	1967	1965	1970	1970	2011	1995	1967	1968

Bilecik meteoroloji istasyonunda mutlak minimum sıcaklık -14.4°C ile 1968 yılının Ocak ayında ölçülmüştür. Mutlak minimum sıcaklığa en yakın minimum sıcaklık ise 14.3°C ile 1985 yılı Şubat ayında ölçülmüştür. Minimum sıcaklıklar Ekim'den Mayıs'a kadar 0°C 'nin altındadır.

Tablo 19: Kütahya Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1960-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Minimum Sıcaklık(°C)	-20.1	-22.9	-15.7	-7.8	-2.8	1.9	4.0	3.3	0.0	-6.5	-11.0	-17.8	-22.9
Minimum Sıcaklık Yılı	1972	1964	1985	2003	1981	1962	1985	1965	1968	1965	1995	1967	1964

Tablo 19'a göre Kütahya meteoroloji istasyonunda ölçülen mutlak minimum sıcaklık -22.9°C 'dir. 1964 yılı Şubat ayında ölçülmüştür. İncelenen meteoroloji istasyonları

içerisinde en düşük mutlak minimum sıcaklık değerine Kütahya meteoroloji istasyonunda rastlanır.

Tablo 20: Nallıhan Meteoroloji İstasyonuna Ait Minimum Sıcaklık Değerleri (1965-2018)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Minimum Sıcaklık(°C)	-18.8	-16.0	-14.5	-4.5	0.3	4.0	6.0	7.0	3.0	-3.5	-10.0	-13.8	-18.8
Minimum Sıcaklık Yılı	2006	1965	1985	1969	1999	1977	1969	1965	1993	1973	1995	2002	2006

Nallıhan meteoroloji istasyonunda mutlak minimum sıcaklık değeri -18.8°C ile 2006 yılının Ocak ayında ölçülmüştür. Minimum sıcaklıklar Ekim'den Mayıs'a kadar 7 ay boyunca 0°C'nin altındadır. Mayıs'tan itibaren 0°C'nin üstünde değerler gösterir.

2.3.2. Yağış

0,001 ila 0,040 mm çaplı su tanecikleri 0,5 mm'den daha büyük olduklarında yere düşmeye başlarlar. Atmosferde kısa veya uzun bir yol izleyip yeryüzüne inen bu tanelere yağış adı verilir (Erol, 2011, 231).

Çalışmanın bu bölümünde araştırma sahasında belirlenen meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama yağış tutarları ve yağış rejimi incelenmiştir.

2.3.2.1. Yıllık Ortalama Yağış ve Yağış Rejimi

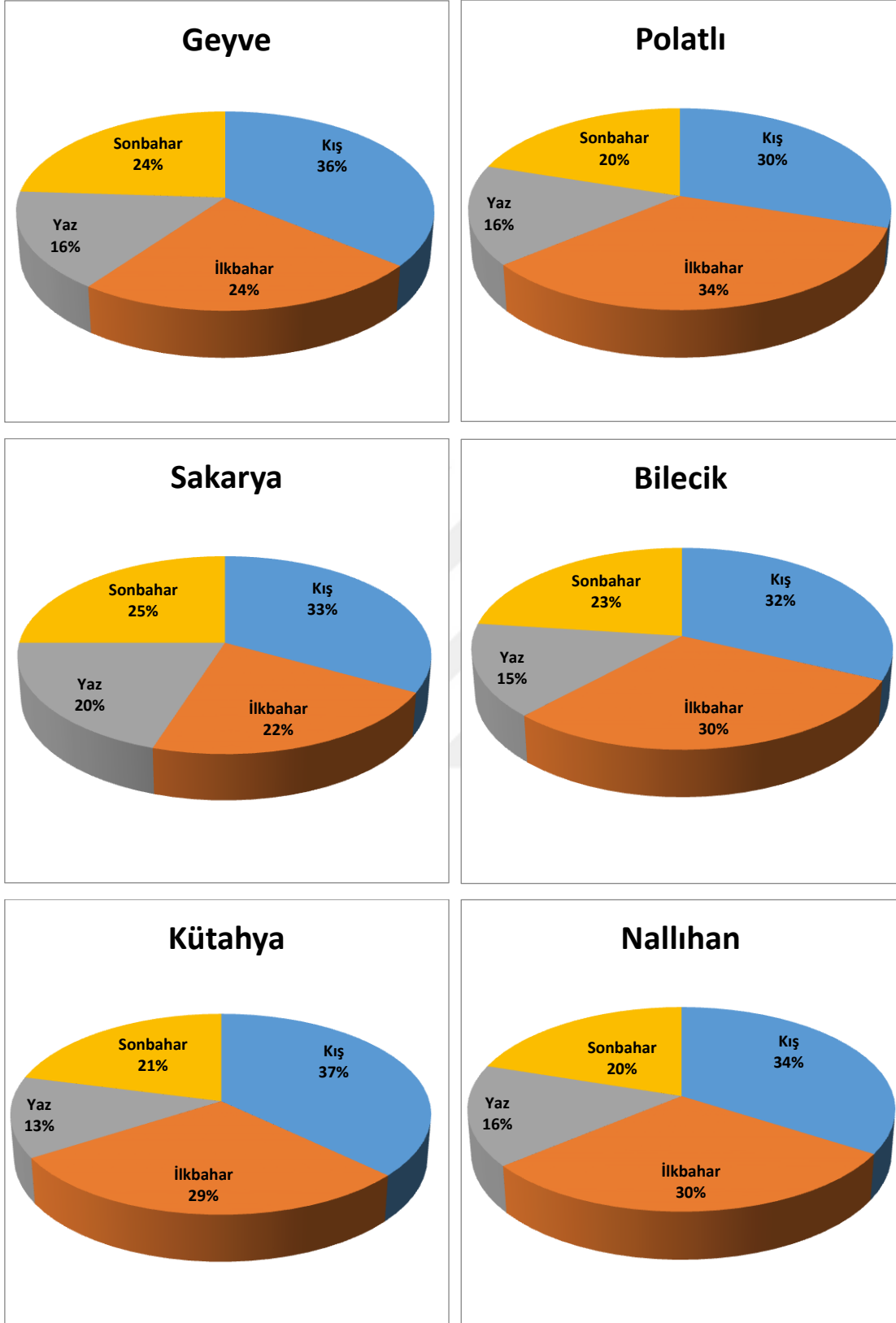
Çalışma sahasında yer alan meteoroloji istasyonlarına ait aylık ve yıllık ortalama yağış tutarları tablo 21'de verilmiştir. Buna göre meteoroloji istasyonlarının yağış tutarlarının yıl içerisinde aylara dağılışında farklılıklar bulunmaktadır. Uzun yıllar ortalama yağış değerlerinin aylara dağılımına baktığımızda aylık ortalama yağışın en fazla olduğu Geyve'de Aralık, Polatlı'da Nisan, Sakarya'da Aralık, Bilecik'te Aralık, Kütahya'da Aralık, Nallıhan'da Ocak ayıdır. Aylık ortalama yağışın en az olduğu ay ise Polatlı, Bilecik, Kütahya, Nallıhan'da Ağustos iken Geyve'de Temmuz, Sakarya'da Mayıs ayıdır.

Tablo 21: Çalışma Sahasında Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

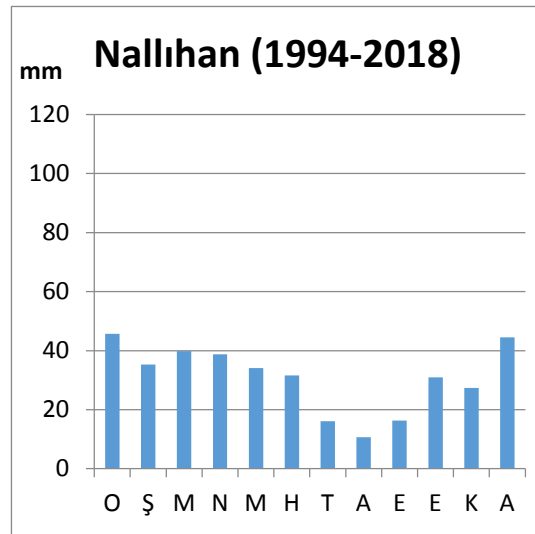
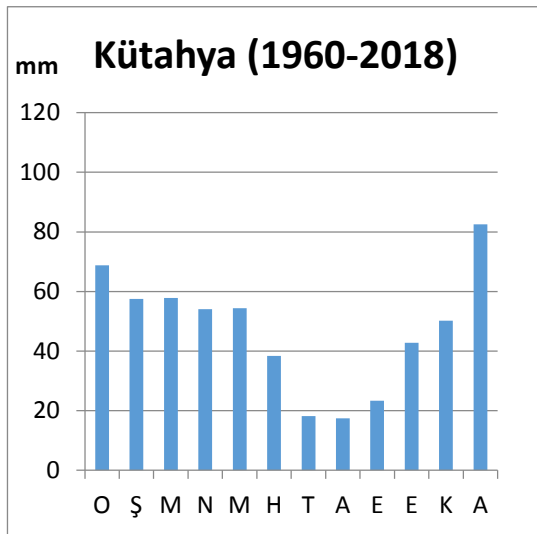
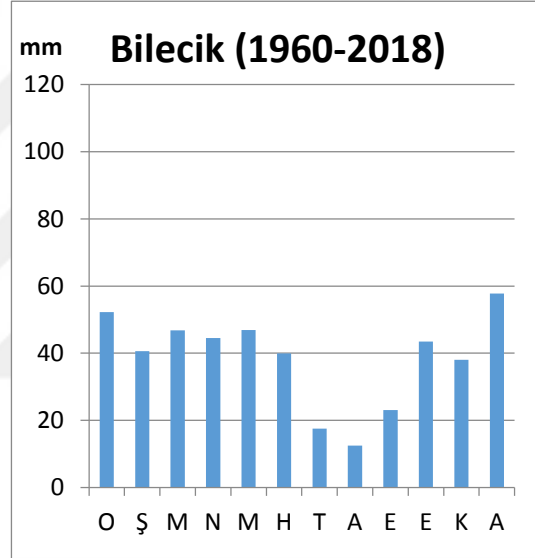
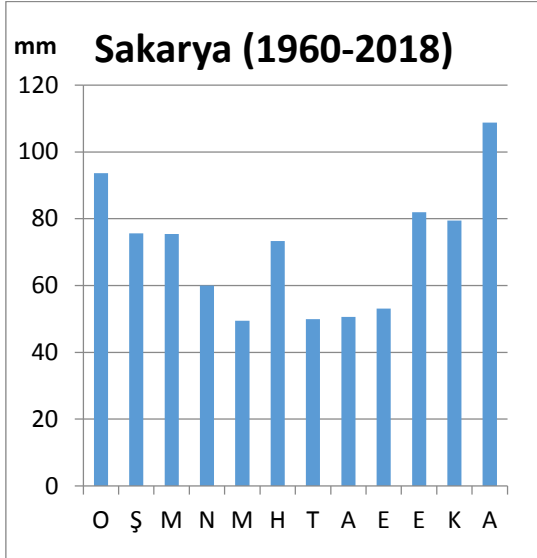
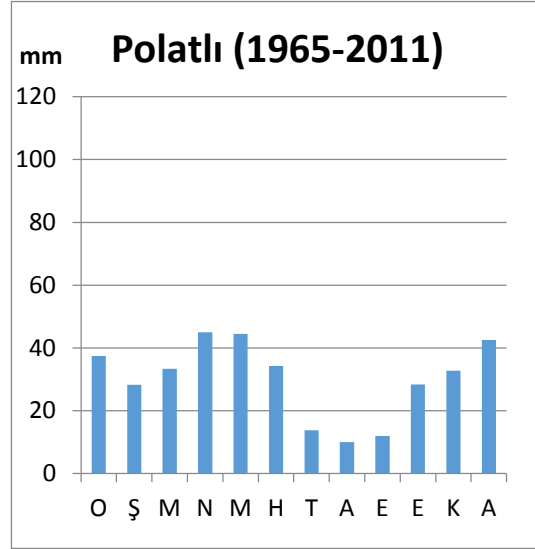
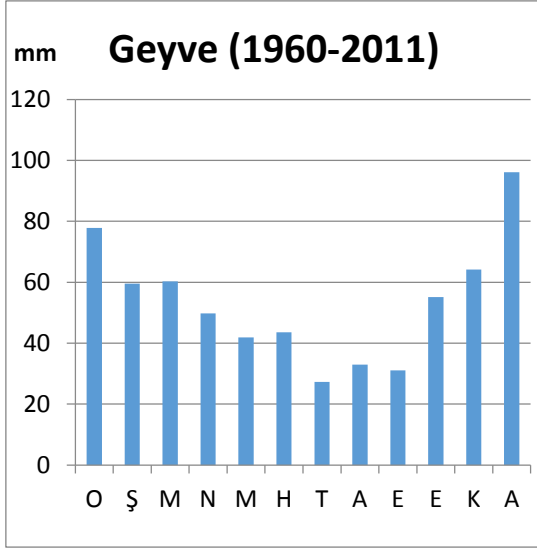
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Geyve (1960-2011)	77.8	59.5	60.3	49.8	41.9	43.6	27.3	33.0	31.1	55.1	64.2	96.1	639.7
Polatlı (1965-2011)	37.4	28.3	33.4	45.0	44.5	34.3	13.8	10.0	12.0	28.4	32.8	42.5	362.4
Sakarya (1960-2018)	93.6	75.6	75.4	60.0	49.5	73.3	49.9	50.6	53.1	81.9	79.4	108.8	851.1
Bilecik (1960-2018)	52.2	40.6	46.8	44.5	46.9	39.9	17.5	12.5	23.1	43.5	38	57.8	463.3
Kütahya (1960-2018)	66.8	57.5	57.8	54.1	54.4	38.4	18.2	17.5	23.4	42.8	50.2	82.5	563.6
Nallıhan (1994-2018)	45.7	35.3	39.8	38.8	34.1	31.6	16.1	10.7	16.3	31.0	27.4	44.5	371.3

Yıllık ortalama yağış tutarı en fazla 851.1 mm ile Sakarya’da görülmektedir. Sakarya’yı sırasıyla 639.7 mm ile Geyve, 563.6 mm ile Kütahya, 463.3 mm ile Bilecik, 371.3 mm ile Nallıhan, 362.4 mm ile Polatlı izlemektedir.

Yağışın mevsimlere dağılışına bakıldığında tüm istasyonlarda en az yağışlı mevsimin yaz mevsimi olduğu görülmektedir (Geyve %16.24, Polatlı %16, Sakarya %20.42, Bilecik %15.08, Kütahya %13.14, Nallıhan %15.72). En yağışlı mevsim Polatlı’da ilkbahar (%33.91) iken diğer istasyonlarda kış mevsimidir (Geyve %36.48, Sakarya %32.66, Bilecik %32.50, Kütahya %36.69, Nallıhan %33.80).



Şekil 8: Aylık ve Yıllık Yağış Değerlerinin Mevsimlere Dağılışı



Şekil 9: Uzun Yıllar Ortalama Yağış Grafikleri

Yağış miktarının aylara dağılımında bölgeden bölgeye farklılıklar görülebilir. Bunda etkili olan iki faktör bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi planetar faktörler olarak adlandırdığımız o bölgeyi etkileyen hava kütleleri ve cephe sistemlerinin yıl içinde değişiklikler göstermesi, diğeri ise bölgesel ve yerel faktörlerde görülen değişimlerdir. Türkiye’de yağış miktarının yıl içindeki dağılımının kısa mesafelerde önemli değişimler göstermesinde Türkiye’nin hava kütlelerinin geçiş güzergahında yer alması ve atmosfer koşullarında değişiklikler oluşmasına etkide bulunan relief, yükselti ve bakı gibi faktörlerin rolü bulunmaktadır (Temuçin, 1990, 161).

Temuçin’in (1990) yaptığı sınıflandırmaya göre Türkiye’de 10 yağış rejim tipi bulunmaktadır. Sakarya Nehri Havzası bu yağış rejimlerinden İç Anadolu Yağış Rejimi, Marmara Yağış Rejimi ve Akdeniz-İç Anadolu Geçiş Tipi’ne girmektedir. Havzada yer alan meteoroloji istasyonlarından Sakarya ve Geyve bu sınıflandırmaya göre Marmara Yağış Rejimi içerisinde yer alır. Marmara Yağış Rejimi’nde yağışlı dönem kış mevsimidir. İlkbahar aylarından başlayarak yağış miktarları düşmeye başlar ve yaz ayları en kurak devreyi oluşturur. Ancak kuzeyde Karadeniz’in, güneyde ise Marmara Denizi’nin yer almasına bağlı olarak denizel etkiler yağışlı dönem ile kurak dönem arasındaki farkı azaltır. İç Anadolu Yağış Rejimi’nde yağış miktarının en fazla olduğu aylar Mayıs, Aralık ve Ocak’tır. Ayrıca İç Anadolu Yağış Rejimi’nin görüldüğü alanlarda Aralık ve Ocak aylarında yağış miktarları artmakta ancak Şubat ve Mart aylarında yağış miktarı Aralık ve Ocak ayına göre biraz düşmektedir. Nisan-Haziran ayları arasındaki yağışlı dönemin arkasından yaz aylarında yağış miktarı düşmektedir. Bilecik, Nallıhan ve Polatlı meteoroloji istasyonları Temuçin’in (1990) yaptığı sınıflandırmaya göre İç Anadolu Yağış Rejimi içerisinde yer alırlar. Kütahya ise Akdeniz-İç Anadolu Geçiş Tipi’ne girmektedir. Bu yağış rejiminde yağış miktarlarının en fazla olduğu aylar ise Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır. Kasım ayında başlayan yağış artışı Mayıs ayı sonuna kadar devam etmektedir. Kış mevsiminde düşen yağış miktarı yaz mevsimine göre daha yüksektir. Ancak aralarındaki bu fark Akdeniz Rejimi’ne göre daha azdır. Bu durum da ilkbaharda düşen yağış miktarındaki fazlalığı göstermektedir. Haziran’dan başlayarak yağış miktarında belirgin bir azalış görülmekte, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları ise en kurak ayları oluşturmaktadır.

2.4. Bitki Örtüsü Özellikleri

Bitkilerin yetişmesi ve yeryüzündeki dağılışlarında iklim, yüzey şekilleri, toprak, ana materyal ve biyotik faktörler rol oynarlar. Türkiye coğrafi konumuna bağlı olarak farklı iklim tiplerinin görüldüğü bir ülkedir. Ayrıca yüzey şekilleri ve toprak tiplerinin de değişiklik göstermesiyle ülkemizde farklı bitki türleri yetişmektedir.

Araştırma alanı olan Sakarya Nehri Havzası geniş bir alanı kaplamaktadır. Bu havza Atalay'a (2002) göre Türkiye'nin ekolojik bölgelerinden Karadeniz İklim Bölgesi, Marmara Geçiş Bölgesi ve Karasal Bölgeleri kapsamaktadır.

Zengin bir bitki örtüsüne sahip Sakarya ilinde doğal bitki örtüsü genellikle ormanlardan oluşur (Sakarya İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu, 2018, 2). Sakarya, Avrupa-Sibiryaya fitocoğrafya bölgesinin Öksin provensi içindedir. Sakarya'da genellikle Kuzey Anadolu Fitocoğrafya Bölgesi'nde bulunan ve çoğunluğu Öksin alt bölgesine ait olan ağaç ve çalılar hakimdir. Bitki örtüsü orman formasyonu, çalı formasyonu ve ot formasyonundan oluşur. Bahsedilen formasyonlar içinde en geniş alanı 1600-1700 metrelerce kadar yayılış gösteren orman formasyonu oluşturur. Sakarya'da yayılış gösteren ormanlar geniş yapraklı nemli ormanlardır. Sahadaki klimaks türü oluşturan doğu kayını ormanları alçak seviyelerden başlayarak 1200 metreye kadar devam eder (Kılıç-İkiel, 2012). Sakarya deltası üzerindeki Acarlar Longozu'nda büyük bir kısmı sivri meyveli dişbudak topluluklarından oluşan higrofil ormanlar yer alır. Sivri meyveli dişbudağa adi kızılâğaç eşlik eder. Ayrıca Acarlar subasar ormanlarının alt katında zengin bir çalı ve ot katı da görülür (Koç, 2018, 300).

“Batı Karadeniz bölümünde Sakarya'nın kollarından Dokurcun Vadisi ve özellikle vadinin kuzeye bakan yamaçları boyunca son derece zengin bir vejetasyon bulunur” (Atalay, 2002, 49). Mudurnu Çayı Havzası'nda Mudurnu-Göynük-Taraklı vadileri ile Karadağ ve Abant Dağları'nın güneye bakan yamaçlarında kuru ormanlar görülür. “Kızılçam ormanları, özellikle Taraklı civarında Göynük Suyu Vadisi'nin güneye bakan yamaçlarında 600-800 m'ye kadar yükselir. Karadağ'ın güneye bakan yamaçlarında 700-1400 m arasında karaçamlar bulunur. Bunun altındaki seviyelerde kızılçam ve meşe, üstte ise sarıçamlar yer alır. Mudurnu oluğu boyunca karaçamlar yaygındır” (Atalay, 2002, 69).

Elverişli şartlara bağlı olarak tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı Geyve-Pamukova Havzası'nın güneyinde bulunan karaçam ve kızılçam ormanlarının tahrip edilmesiyle maki formasyonu oluşmuştur. Fakat zaman içerisinde maki ve psödamakiler de tarım alanı açılması nedeniyle yerlerini üzüm bağı ve zeytin dikim alanlarına bırakmıştır. Havzanın kuzeyinde ve doğusunda bulunan nemli orman alanları da tahribe uğramıştır. Ovada kurulan yerleşmelerin zaman içerisinde kuzeye, Samanlı Dağları'na doğru genişlemesiyle birlikte bu alanda yer alan karaçamlar ortadan kaldırılmış, yerini antropojen stepler almıştır (Kaymaz-İkiel, 2006, 4).

Neredeyse tamamı Sakarya Nehri Havzası'nda yer alan Bilecik ilinde yaygın bitki örtüsü meşe, otsu bitkiler ve makilerdir. 1000 m yükseltiye kadar bu şekilde olan bitki örtüsü, 1500 m yükseltiye kadar iğne yapraklı ağaçlar, karaçam, kayın, kızılçam, kestane türündeki ağaçlardan oluşur. Daha yukarı kesimlerde ise köknar cinsi ağaçlar yer alır (Aygün, 1998, 14).

Sakarya ve Porsuk Çayı boyunca Eskişehir Ovası'na kadar uzanan alanda bozkır sahaları yer alır (Atalay, 2002, 154). Karaçam ormanları oldukça büyük bir alan kaplamaktadır. Bu ormanlar Sündiken ve Sivrihisar Dağları, Yazılıkaya Yaylası ve Sandıklı Dağları'nda bulunur. Burada meşe toplulukları plato yüzeylerinde kümeler halindedir. İç Anadolu vejetasyonunu karakterize eden kesit, Eskişehir Ovası ile Sündiken Dağları veya Kütahya ile Eskişehir arasında yer alır. Burada doğal bozkırların hemen üstünde yaklaşık 1000 m'den itibaren görülmeye başlayan meşeler 1400-1500 m'ye kadar devam eder, daha yükseklerde ise karaçam ormanları bulunur. Bu ormanların üst kuşağında 1500-1600 m'den sonra sarıçam ormanları yer alır (Atalay, 2002, 157).

“Sakarya Oluğu'nun kuzeyinde 1500-1700 m arasında uzanan Sündiken Dağları, Marmara, İç Anadolu ve Akdeniz iklimleri ve dolayısıyla fitocoğrafya bölgeleri yönünden bir geçiş kuşağı üzerinde bulunur. Bu alanda, Akdeniz elemanları %25, Avrosibirya %20, İran-Turan elemanları ise %18 oranındadır. Diğerleri ise çok bölgeli ve kozmopolittir. Bu alanda orman, çalı, bozkır ve akarsu boylarında higrofil topluluklar yer alır. Sündiken Dağları'nın güneye bakan yamaçlarında orman sınırının, Eskişehir-Mihalıççık yolu kenarlarında 800 m civarında başladığını gösteren kalıntılar

varsa da, bu sınır 1100-1300 m'den geçer. Saçlımeşe, tüylü meşe, katran ardıcı, kokar ardıc ve boz ardıc korulukları görülür. Karaçamlar 1200-1300 m'den başlar, 1600-1700 m'ye kadar devam eder. Dağın kuzey yamacına geçildiğinde, burada 300-350 m'yi bulan Sakarya Vadisi'nde kızılçam ile yer yer mazı meşesi toplulukları görülür. Meşe toplulukları içerisinde, sivri dişbudak, akçakesme, laden, menegiçten oluşan maki elemanlarıyla zeytin topluluklarına da rastlanır. Bundan sonra 1500 m'ye kadar karaçam ve bunların tahrip edildikleri alanlarda meşe ve ardıçlara geçilir. Kuzeye bakan yamacın orta bölümünde nemli dere içlerinde, saçlımeşe, sapsız meşe, akçaağaç, gürgen, dişbudak türleri, germeşe, iğaçacı gibi nemli ortamlarda yetişen ağaç ve çalılar görülür. Bu yamaçta 1300 m'den sonra 1600-1700 m'ye kadar saf sarıçam ormanları yer alır. Özellikle Karakütük ve Çatacık civarında sarıçam ormanları yoğunlaşır” (Saya-Güney, 2014, 238).

Eskişehir mintikası genellikle İç Anadolu stepleri ile Kuzey Anadolu ve bir aşamaya kadar Batı Anadolu ormanlarının bağlantı sahası üzerinde bulunduğu söylenebilir. Gerçekte Yukarı Sakarya Bölümü'nü tümüyle işgal etmiş olan step, Eskişehir mintikasına da geçerek Sarısu-Porsuk Ovalarını da işgal etmekte ve kuzeydeki Sündiken engeliyle sona ermektedir. Yani Eskişehir'de ormanlık alan kuzeyde dağ sıraları üzerinde ve güney bölümünde yer alan platolar üzerinde mevcuttur (Tunçdilek, 1957, 120). Eskişehir Ovası'nda ise Sarısu-Porsuk vadi tabanlarını tümüyle örten stepik formasyon ve akarsu kıyılarında oluşmuş ağaç formasyonu bulunmaktadır (Tunçdilek, 1957, 136).

Beyazır-Karaşar-Nallıhan civarları İç Anadolu ile Karadeniz Bölgesi arasındaki geçiş alanında bulunur. Bu bölgelerde dağların güneye bakan yansında alttan üste doğru kızılçam, karaçam ve sarıçam ormanları sıralanırlar (Saya-Güney, 2014, 235).

BÖLÜM 3: KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI OLARAK SAKARYA NEHRİ REJİM ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞMELER

Atmosfer koşullarında meydana gelecek değişiklikler su döngüsü üzerinde etkisini göstermektedir. Yerküre sıcaklığının artmasına bağlı olarak meydana gelen küresel iklim değişikliğinin atmosferik koşullarda meydana getireceği değişiklikler havzaların hidrolojik sürekliliklerinde saha ve zaman çapında önemli farklılaşmalar meydana getirecektir (Fıstıkoğlu-Biberoğlu, 2008'den akt. Karaman-Gökalp, 2010: 61).

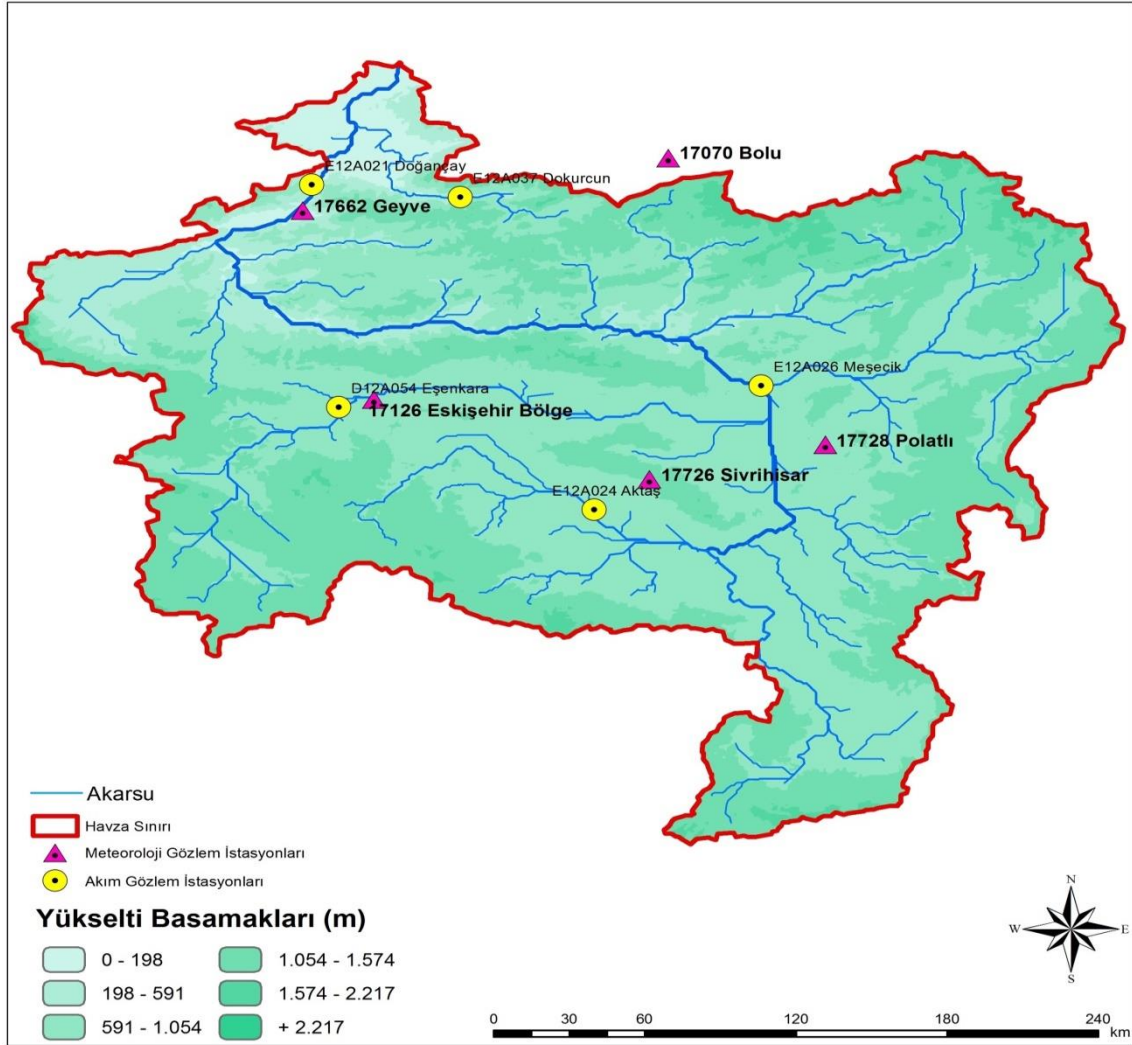
Çalışmanın bu bölümünde Sakarya Nehri üzerinde belirlenen akım gözlem istasyonlarına ait akım verileri kullanılarak yıllar içerisinde Sakarya Nehri'nin rejiminde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Ayrıca belirlenen meteoroloji istasyonlarının verilerinin analiz edilmesi ile de nehrin rejiminde tespit edilen değişimler ile iklim değişikliği özellikleri arasındaki ilişkinin derecesi araştırılmıştır.

Tablo 22: Sakarya Nehri Havzası İçin Belirlenen Akım Gözlem İstasyonları

İstasyon No	İstasyon Adı	Akarsu	Yağış Alanı (km²)	Yaklaşık Kot (m)	Enlem	Boylam
E12A021	Doğançay	Sakarya Nehri	53502.4	41	40°37'	30°19'
E12A024	Aktaş	Sakarya Nehri	4271.2	837	39°19'	31°20'
E12A026	Meşecik	Ankara Çayı	6582.8	635	39°49'	31°56'
E12A037	Dokurcun	Mudurnu Çayı	1054.8	286	40°34'	30°51'
D12A054	Eşenkara	Porsuk Çayı	5169.00	807	39°43'	30°25'

Tablo 23: Sakarya Nehri Havzası İçin Belirlenen Meteoroloji İstasyonları

İstasyon No	İstasyon Adı	İli	Kot (m)	Enlem	Boylam
17662	Geyve	Sakarya	100	40°31'	30°17'
17726	Sivrihisar	Eskişehir	1070	39°27'	31°32'
17728	Polatlı	Ankara	886	39°35'	32°09'
17070	Bolu	Bolu	743	40°43'	31°36'
17126	Eskişehir Bölge	Eskişehir	801	39°45'	30°33'



Şekil 10: Sakarya Nehri Havzası İçin Belirlenen Akım Gözlem İstasyonları ve Meteoroloji İstasyonlarının Lokasyonları

1880-2011 yılları periyodunda, küresel ölçekte yaşanan en sıcak 10 yılın 9'u 2000 yılından sonra gerçekleşmiştir (NASA, 2012'den akt. Turoğlu, 2014a: 101). İklim değişikliğiyle bağlantılı bazı çalışmalarda da (Turoğlu, 2014a; Turoğlu, 2014b) bu konu vurgulanıp 15'er yıllık dönemler belirlenmiş ve analizler yapılmıştır. Bundan dolayı 1965-2011 yıllarını kapsayan bu çalışma 1965-1979, 1980-1994, 1995-2011 yıllarını kapsayan 3 döneme ayrılarak sıcaklık, yağış ve akım miktarları ve rejim özelliklerindeki değişiklikler incelenmiştir. 17126 numaralı Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonunun bazı yıllara ait verilerinin bulunmaması sebebiyle 1965-1978, 1982-1990, 2007-2011 yıllarına ait aylık ortalamalar alınmıştır. Eşenkara akım gözlem istasyonu ile Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonu karşılaştırılacağından Eşenkara AGİ'ye ait gözlem süreleri de Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonuna benzetilmiştir.

3.1. Akarsu Rejimi ve Rejimi Etkileyen Faktörler

Bir akarsuyun akım miktarında, akış şart ve hususiyetlerinde meydana gelen değişikliğin yıl içindeki seyrine rejim denilir. Akarsuların rejimi öncelikli olarak havzasının iklim şartlarına, bu şartların belirlediği beslenme ve zayıt miktarlarına bağlıdır. Topoğrafya şartları, eğim, bitki örtüsü, zeminin tabiatı gibi amillerde rol oynar. Fakat bunların etkisi iklim şartlarının rolü yanında daha azdır. Bundan dolayı iklim akarsu rejimlerini tayin eden başlıca etkidir. Akarsu rejimleri havzalarının iklim şartlarını yansıtmaktadır. Havzaları farklı iklim bölgelerine taşacak kadar geniş olan veya farklı iklim bölgelerinden gelen tabiler alan büyük akarsuların rejimleri üzerinde, ayrı ayrı iklim bölgelerinin şartları etkilidir. Sakarya Nehri gibi iç kısımlardan doğarak, kenar kısımlardan geçtikten sonra denize dökülen akarsularımızda durum böyledir (Erinç, 1957, 94).

3.1.1. Sakarya Nehri Akarsu Rejimi

Sakarya Nehri'nin akarsu rejimini belirlemek için Aktaş, Doğançay, Dokurcun, Meşecik ve Eşenkara akım gözlem istasyonlarının aylık ortalama akım miktarlarının yıl içindeki seyri incelenmiştir. Oluşturulan grafiklere göre Doğançay ve Dokurcun akım gözlem istasyonlarında ortalama akımlar en yüksek değere Nisan ayında ulaşır. Aktaş ve Meşecik akım gözlem istasyonlarında ise en yüksek değer Mart ayına denk gelir. Ancak bu değerler Nisan ayı ile çok yakındır. Bu 4 istasyondan farklı olarak Eşenkara akım

gözlem istasyonunda azami akım Mayıs ayında görülür. En düşük ortalama akım miktarı akım gözlem istasyonlarına göre değişmekte olup Temmuz, Ağustos, Eylül aylarından birine denk gelir. Yaz aylarında yağışın az olması ve evapotranspirasyonun fazla olması bu aylarda akım miktarının düşmesine sebep olur. Fakat azami akımda olduğu gibi asgari akımda da Eşenkara akım gözlem istasyonu farklılık gösterir. Bu akım gözlem istasyonunda asgari akım kışa denk gelerek Aralık ayında gerçekleşir. Eşenkara akım gözlem istasyonu dışındaki tüm istasyonlarda ortalama akımlar Ekim ayından itibaren artmaya başlar, Nisan ayından sonra düşüşe geçer. Eşenkara akım gözlem istasyonunda ise Aralık ayından itibaren artan ortalama akım Mayıs'ta en yüksek değere erişir ve bu aydan sonra düşüşe geçer.

Erinç (1957) ülkemizde Akdeniz Akarsu Rejimi, Karadeniz Akarsu Rejimi ve İç Bölgelerin Akarsu Rejimi olarak üç akarsu rejim tipi belirlemiştir. Bu rejim tipleri ülkemizde gözlenen üç iklim tipine tekabül etmektedir. İç Anadolu akarsuları içinde değerlendirilen Sakarya Nehri buna göre İç Bölgeler Akarsu Rejimi içinde kalmaktadır. İç Bölgeler Akarsu Rejimi'nde azami akım karların eridiği ilkbahar mevsimine, genellikle Nisan ayına denk gelir. Şiddetli kış soğuklarının hüküm sürdüğü sahalarda akımın asgari olduğu devre yağışların kar halinde alıkonulduğu kış mevsimine rastlar. Kış sıcaklıklarının nispeten daha mülayim olduğu daha az kontinental sahalarda asgari akım yaz sonlarında erişilir.

Geniş bir alanı akaçlayan Sakarya Nehri'nin üzerinde yer alan akım gözlem istasyonlarının akım miktarları incelendiğinde farklılıklar olduğu görülür. Bunda farklı iklim bölgelerinden geçmesinin etkisi bulunmaktadır. Akarsu rejimini etkileyen en önemli faktör iklim olduğuna göre bu büyük nehrin çığıruları arasında farklılıklar görülmesi doğaldır. Sakarya ili içerisinde nehrin aşağı çığırında yer alan Doğançay akım gözlem istasyonu debinin en yüksek olduğu istasyondur. Doğançay akım gözlem istasyonu Geyve Boğazı çevresinde yer almaktadır. İnandık (1958) Geyve Boğazı'ndaki rejimin plüviyal karakter gösterdiğini, akımın fazlalaşmasında karların payı olduğu ve bunun özellikle karların eriyip suya katıldığı Nisan ayında kendini belli ettiğini söylemiştir. Böylelikle burada görülen rejimin yağmurlu-karlı (plüvio-nival) olduğunu ileri sürmüştür.

Hoşgören (2013) akarsu rejimi sınıflamasına göre basit rejimler ve karmaşık rejimler bulunmaktadır. Buzul Rejimi, Kar Rejimi ve Yağmur Rejimi basit rejimlere dahil olurken Yağmurlu Karmaşık Rejim, Yağmurlu-Karlı Karmaşık Rejim, Karlı-Yağmurlu Karmaşık Rejim karmaşık rejimler içerisinde değerlendirilmektedir.

Buzul Rejimi: Beslenmesinde buzulların etkili olduğu akarsuların rejimidir. Bu rejim tipinde soğuk devreye karşılık gelen uzun süreli bir seviye alçalması ile yaz devresine rastlayan kısa süreli bir seviye yükselmesi görülür. Maksimum yükselme Kuzey Yarımküre’de Temmuz ve Ağustos aylarındadır (Hoşgören, 2013, 83).

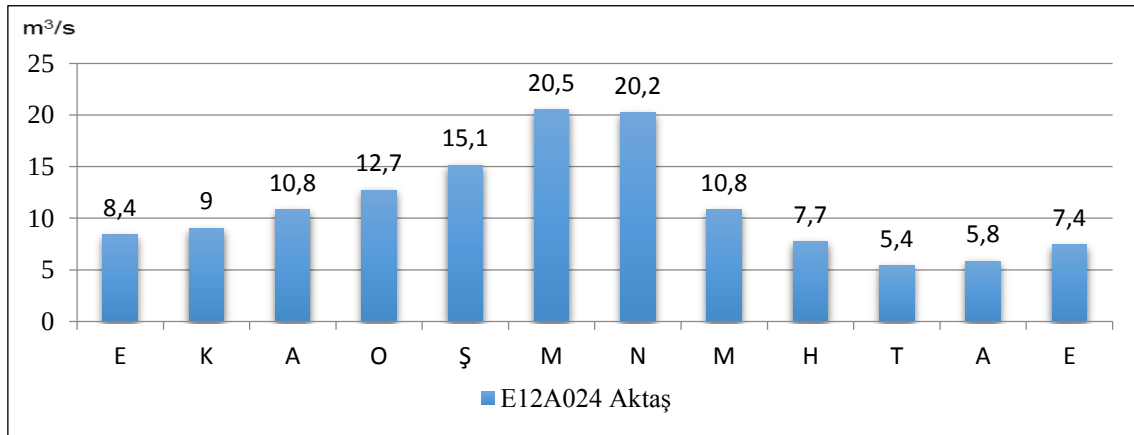
Kar Rejimi: Karlı Dağ ve Karlı Ova Rejimi olarak ikiye ayrılır. Kar yağışlarının gerçekleştiği ve kar örtüsünün uzun zaman yerden kalkmadığı sahalarda bulunan akarsuların rejim tipidir. Buzul Rejimi’ne benzetmekle birlikte yükselme değeri Buzul Rejimi’nden düşüktür. Yılın sıcak devresinde seviye yükselmesi, soğuk devresinde seviye alçalması görülür (Hoşgören, 2013, 83).

Yağmur Rejimi: Yağışların yağmur şeklinde düştüğü bölgelerdeki akarsularda bu rejim tipi görülür. 3 tipe ayrılır. Yağmurlu Okyanus Rejimi, Orta İklim Kuşağı’nın okyanus etkisinde kalan alçak bölgelerinde yer alan akarsuların rejim tipidir. Her mevsimi yağışlı olmasına rağmen akarsuların su seviyesi yaz aylarında buharlaşmanın yüksek olması sebebiyle alçalır. Maksimum Şubat veya biraz gecikme ile Mart ayında görülür. Minimum Ağustos ayına isabet eder. Yağmurlu Akdeniz Rejimi Akdeniz ikliminin hakimiyet sahasında yer alan akarsuların rejim tipidir. Akarsuların akım miktarlarında kış aylarında seviye artışı ve yaz seviye alçalması görülmektedir. Bu yönüyle Yağmurlu Okyanus Rejimi’ne benzer. Ancak yükselme ve alçalmalar daha belirgindir. Akarsu Şubat ayında maksimuma, Ağustos veya Eylül ayında minimuma erişir. Yağmurlu Tropikal Rejim ise tropikal ve muson yağış rejimlerinin görüldüğü bölgelerin rejim tipidir. Bu bölgelerde yağışlar çoğunlukla yazındır. Bu sebeple akarsuların su seviyesi Buzul Rejimli akarsulara benzer şekilde yaz mevsiminde yükselip kış mevsiminde düşer (Hoşgören, 2013, 84).

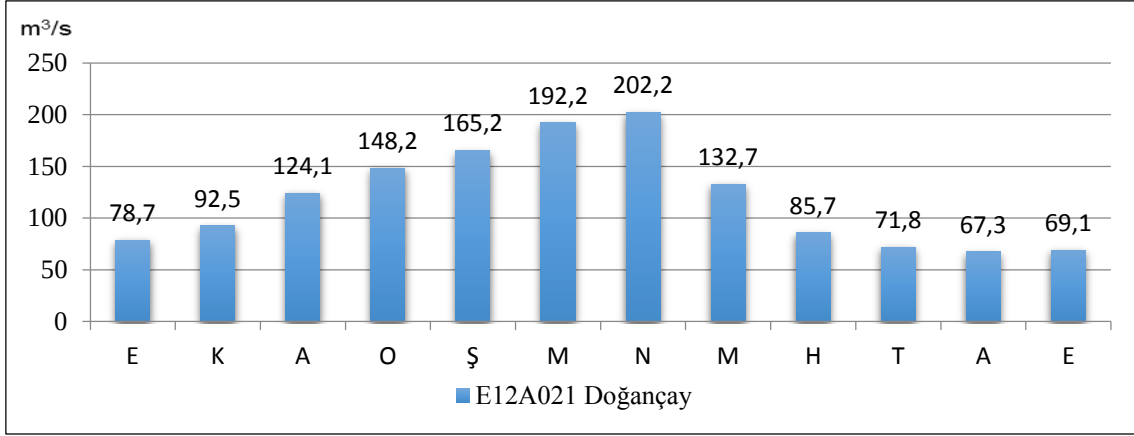
Karmaşık Rejimler: Karmaşık rejimler içerisinde yer alan Yağmurlu Karmaşık Rejim dönenceler arası kuşakta bulunan akarsuların rejimidir. Rejim üzerinde etkili olan faktör yağıştır. Yağış miktarı yıl içinde iki maksimum iki de minimum gösterir. Havzada farklı

yağış rejimleri varsa ve akarsuyun çeşitli kolları farklı akarsu rejimlerine sahipse ana akarsuyun rejimi karmaşık bir özellik gösterir. Karlı-Yağmurlu Karmaşık Rejim Orta İklim Kuşağı'ndaki bazı büyük akarsular ile dağlık bölgedeki akarsularda görülür. Karlı-Yağmurlu Karmaşık Rejim'de akarsular yağmurdan çok kar sularıyla beslenirler. Akarsuyun su seviyesi yıl içinde iki kez yükselir, iki kez alçalır. Yağmurlu-Karlı Karmaşık Rejim'de ise bunun tam tersi rejim üzerinde yağmur sularıyla beslenmenin etkisi kar sularına oranla daha fazladır. Yükseltinin azalması ve karasal etkilerin azalması bunda etkili faktördür. Bu akarsularında su seviyesinde iki kez yükselme iki kez alçalma meydana gelir (Hoşgören, 2013, 86).

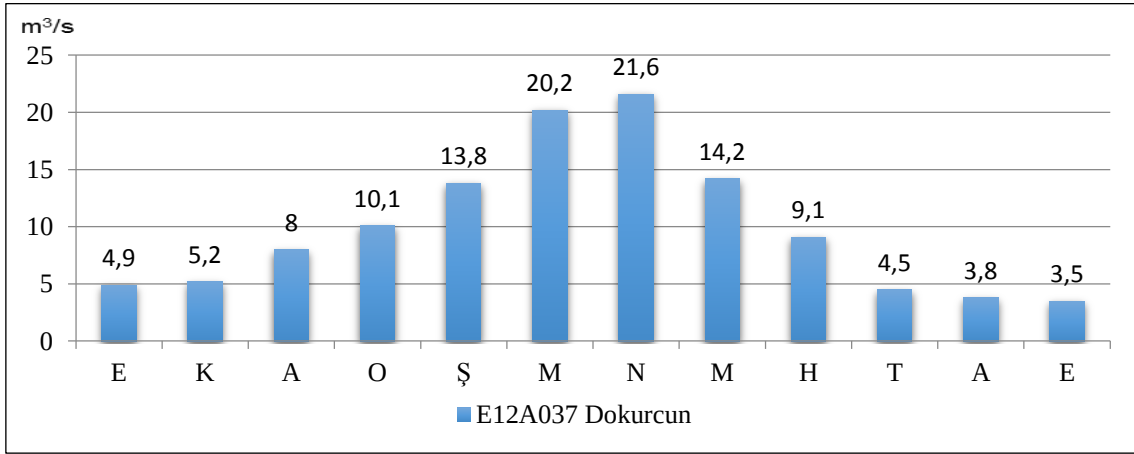
Bu rejim tiplerine göre Aktaş, Doğançay, Dokurcun, Meşecik akım gözlem istasyonları Yağmurlu Akdeniz Rejimi'ne benzemektedir. Ancak Yağmurlu Akdeniz Rejimi'nde maksimum akım Şubat ayında görülür. Bu dört istasyonda ise birkaç ay gecikmeyle maksimum akım Mart veya Nisan ayında görülmektedir. Eşenkara akım gözlem istasyonunun rejim tipi bu dört istasyondan farklıdır. Akarsuyun akım miktarının düşük olduğu zamanlar kış aylarına denk gelmiş, minimum akım Aralık ayında gerçekleşmiştir. Sıcaklıkların yükseldiği devrede ise akım miktarlarında yükselme görülür. Bundan dolayı rejim tipi Kar Rejimi'ne benzemektedir.



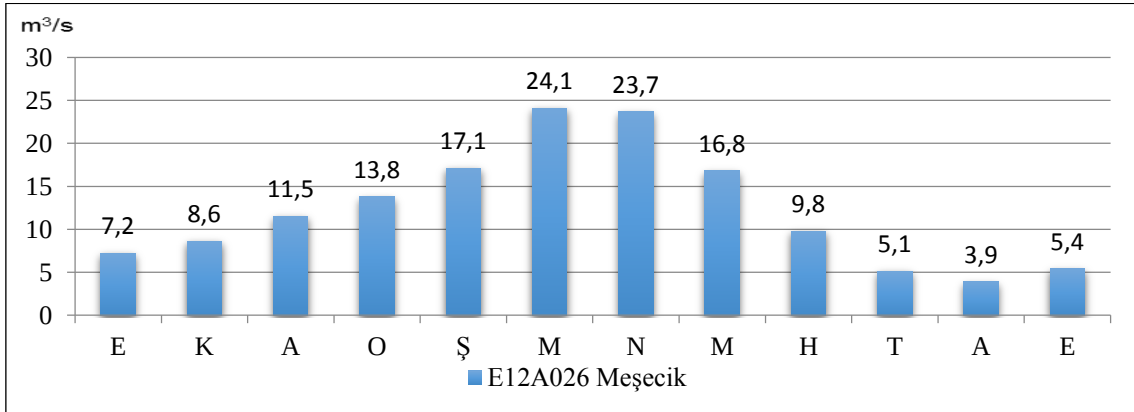
Şekil 11: Aktaş AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011)



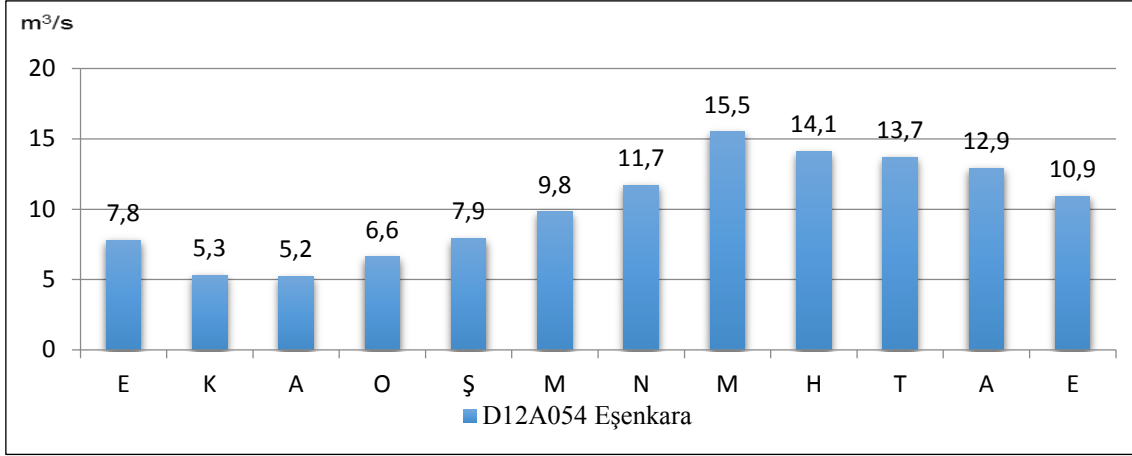
Şekil 12: Doğançay AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011)



Şekil 13: Dokurcun AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011)



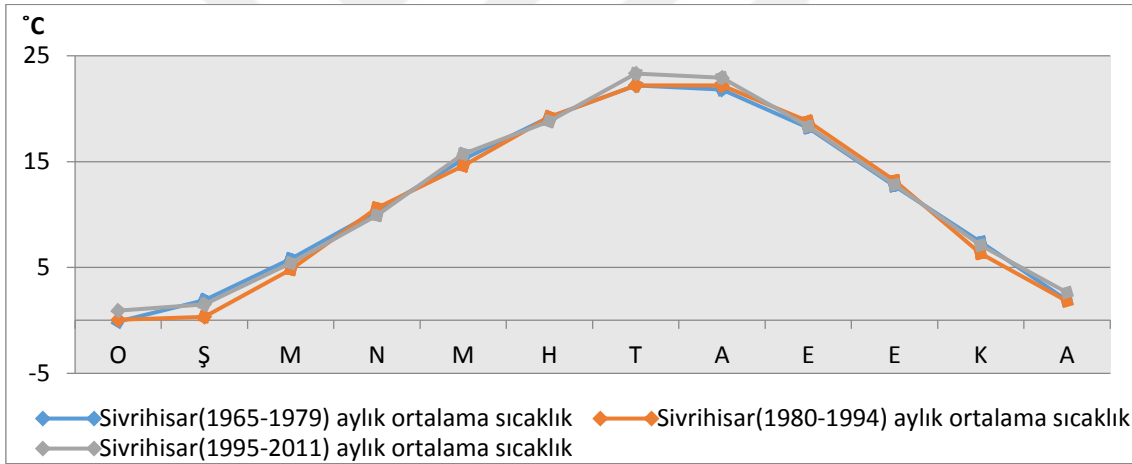
Şekil 14: Meşecik AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011)



Şekil 15: Eşenkara AGİ Uzun Yıllar Aylık Ortalama Akım Miktarları (1965-2011)

3.2. Sıcaklık, Yağış ve Akarsu Rejiminde Farklılaşmalar

3.2.1. Sıcaklıklarda Meydana Gelen Değişiklikler

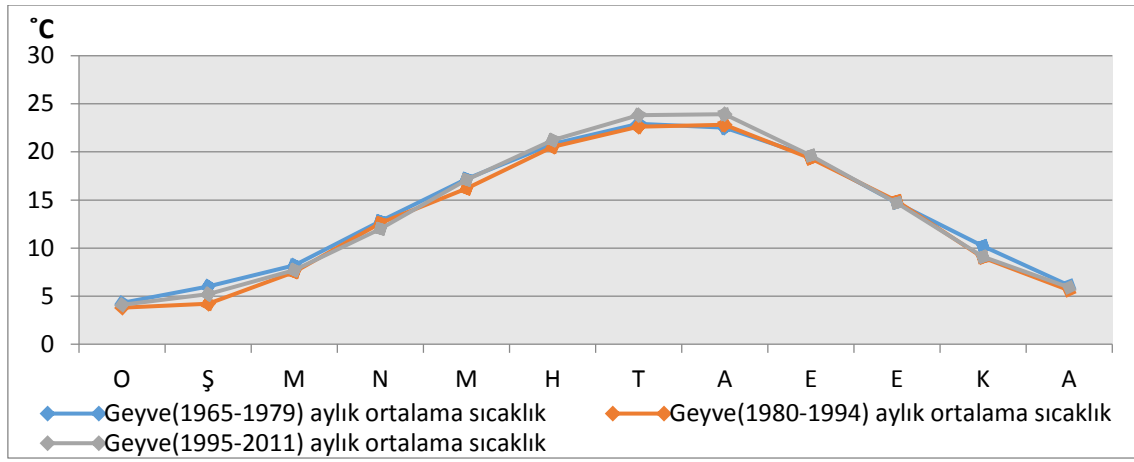


Şekil 16: Sivrihisar Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği

Tablo 24: Sivrihisar Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	-0,1	1,9	5,8	10,3	15,2	19,2	22,2	21,8	18,2	12,7	7,4	1,9	11,3
1980-1994	0,04	0,3	4,8	10,6	14,6	19,2	22,2	22,2	18,8	13,2	6,3	1,8	11,1
1995-2011	0,9	1,5	5,4	9,9	15,7	18,8	23,3	22,9	18,3	12,8	7,1	2,6	11,6

Sivrihisar aylık ortalama sıcaklıklarında yaz aylarında son dönemde belirgin bir artış mevcuttur. Aralık ve Ocak ayları sıcaklık miktarlarında da artış meydana gelmiştir. 1965-1979 yılı aylık ortalama sıcaklıklarına göre maksimum sıcaklık değeri 22,2°C ile Temmuz ayına denk gelir. Bir sonraki dönem de aynı değer ile Temmuz ve Ağustos ayları en sıcak iki aydır. Benzer şekilde son dönem olan 1995-2011 döneminde de en sıcak ay Temmuz ayıdır. Maksimum sıcaklıklar Temmuz ve Ağustos aylarında görülürken minimum sıcaklık değerleri ise Ocak ayında görülür. Yıllık sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu dönem 1995-2011 dönemidir. Bu dönemin sıcaklık ortalamasının yükselmesinin nedeni Temmuz ve Ağustos ayı sıcaklıklarındaki artıştan kaynaklanmaktadır.



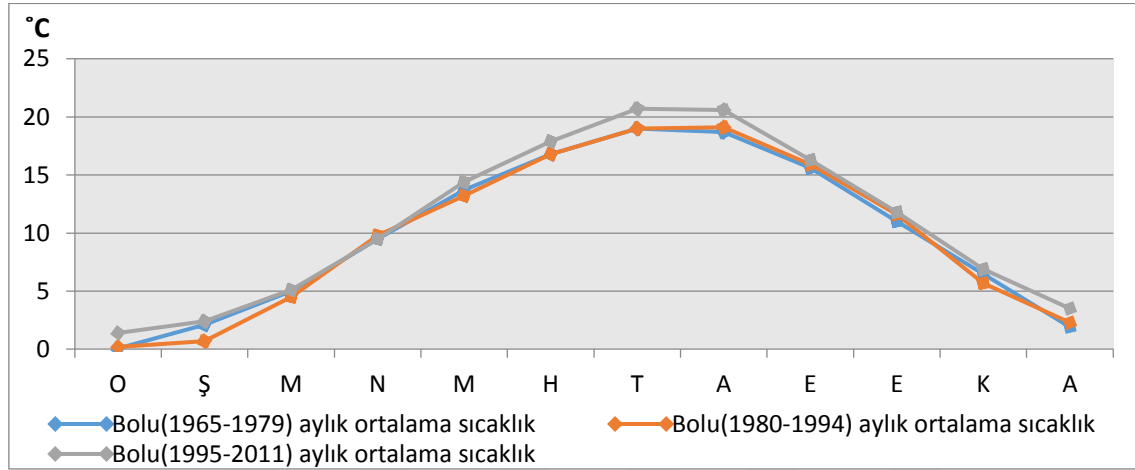
Şekil 17: Geyve Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği

Tablo 25: Geyve Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	4,3	6	8,2	12,8	17,2	20,8	22,9	22,5	19,5	14,7	10,2	6,1	13,7
1980-1994	3,8	4,2	7,5	12,6	16,2	20,5	22,6	22,8	19,3	14,9	9	5,6	13,2
1995-2011	4,1	5,2	7,7	12	17,1	21,2	23,8	23,9	19,6	14,7	9,1	5,9	13,6

Geyve meteoroloji istasyonu aylık ortalama sıcaklıklarına göre maksimum sıcaklık 1965-1979 döneminde Temmuz ayında sonraki iki dönem de ise Ağustos ayındadır. İlk iki dönemin maksimum sıcaklıkları birbirine yakın olmasına rağmen son dönemde yükselmiştir. Minimum sıcaklıklar ise üç dönemde Ocak ayına rastlar. Yıllık sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu dönem ilk dönem olmasına rağmen son dönem olan

1995-2011 dönemi ile aralarındaki fark çok azdır. Son dönemde yaz sıcaklıklarında Sivrihisar'a benzer şekilde artış meydana gelmiştir. 1980-1994 döneminde Ağustos ve Ekim ayları dışındaki tüm ayların aylık ortalama sıcaklıkları ilk dönemden daha düşüktür. Son dönemde aylık ortalama sıcaklıklar bir önceki döneme göre yükselmiştir. Fakat 1965-1979 döneminden yaz ve sonbahar ayları hariç ortalama sıcaklıklar daha düşüktür. Yani son dönem yıllık ortalama sıcaklığın ilk döneme yaklaşmasında özellikle yaz sıcaklıklarındaki artış etkili olmuştur.



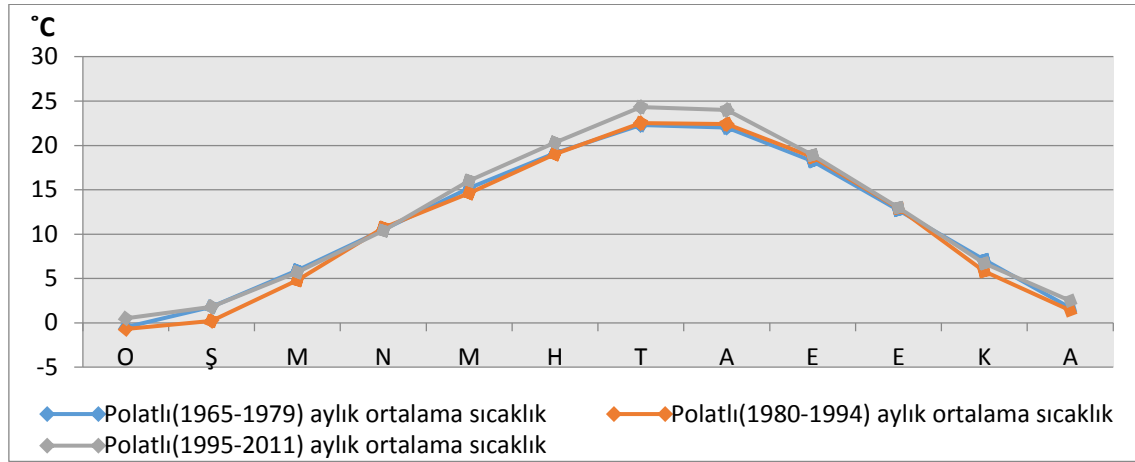
Şekil 18: Bolu Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği

Tablo 26: Bolu Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	0,07	2,1	5	9,5	13,7	16,8	19	18,7	15,6	11	6,5	1,9	9,9
1980-1994	0,2	0,7	4,5	9,8	13,2	16,8	19	19,1	15,9	11,6	5,7	2,3	9,9
1995-2011	1,4	2,4	5,1	9,5	14,4	17,9	20,7	20,6	16,3	11,8	6,9	3,5	10,8

Hesaplanan ortalamalara göre Bolu aylık ortalama sıcaklıklarında artış söz konusudur. Yıllık sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu dönem 1995-2011 dönemidir. Maksimum sıcaklıklar Temmuz ve Ağustos aylarında, minimum sıcaklıklar ise Ocak ayında görülür. İlk dönem maksimum sıcaklık 19°C, ikinci dönem 19,1°C, son dönem ise 20,7°C'dir. Minimum sıcaklıklarda 1965-1979 döneminde 0,07°C, 1980-1994 döneminde 0,2°C, 1995-2011'de ise 1,4°C'dir. Buradan da anlaşılacağı üzere maksimum ve minimum sıcaklık ortalamaları yükselmektedir. Yine diğer istasyonlarda

olduğu gibi bu istasyonda da son dönemde yaz sıcaklıklarındaki (Haziran, Temmuz, Ağustos) artış diğer aylardaki artıştan daha fazladır.



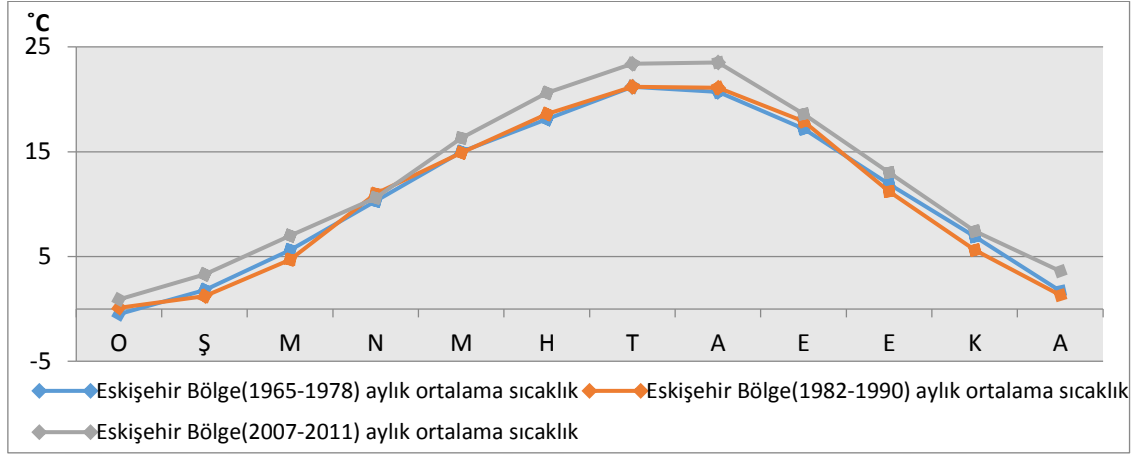
Şekil 19: Polatlı Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği

Tablo 27: Polatlı Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	-0,5	1,8	5,9	10,5	15,2	19,1	22,3	22	18,2	12,7	7,1	1,7	11,3
1980-1994	-0,7	0,2	4,8	10,7	14,6	19	22,5	22,4	18,7	12,9	5,8	1,4	11
1995-2011	0,5	1,8	5,7	10,4	16	20,3	24,3	24	18,9	13	6,7	2,5	12

17728 numaralı Polatlı meteoroloji istasyonunun 1965-2011 yılları arası aylık ortalama sıcaklık miktarlarını üç döneme ayırıp incelediğimizde sıcaklık ortalamalarında Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında her dönem artış meydana geldiği görülmektedir. Üç dönemin yıllık ortalama sıcaklıkları 1995-2011 döneminde yıllık ortalama sıcaklığın (12°C) diğer dönemlerden daha yüksek olduğunu gösterir. Yani Polatlı meteoroloji istasyonunda sıcaklık miktarları artmaktadır. Maksimum sıcaklıklar da artış göstermektedir. Üç dönemde de maksimum sıcaklık Temmuz ayına rastlamaktadır. Minimum sıcaklar diğer istasyonlarda olduğu gibi Ocak ayına denk gelir. İlk iki dönem minimum sıcaklık 0°C'nin altında iken son dönemde 0°C'nin üstüne çıkmıştır. 1965-1979 dönemine göre son dönem olan 1995-2011 döneminin yaz sıcaklıklarında, özellikle de Temmuz ve Ağustos ayı sıcaklıklarında belirgin bir artış görülmektedir. 1995-2011 dönemi yıllık sıcaklık ortalamasının artmasına bu aylar katkı yapmıştır. Bundan önce incelenen üç meteoroloji istasyonunda olduğu gibi Polatlı aylık

ortalama sıcaklık miktarları grafiğinde de en dikkat çekici değişiklik son dönemde yaz sıcaklıklarında meydana gelen artıştır.



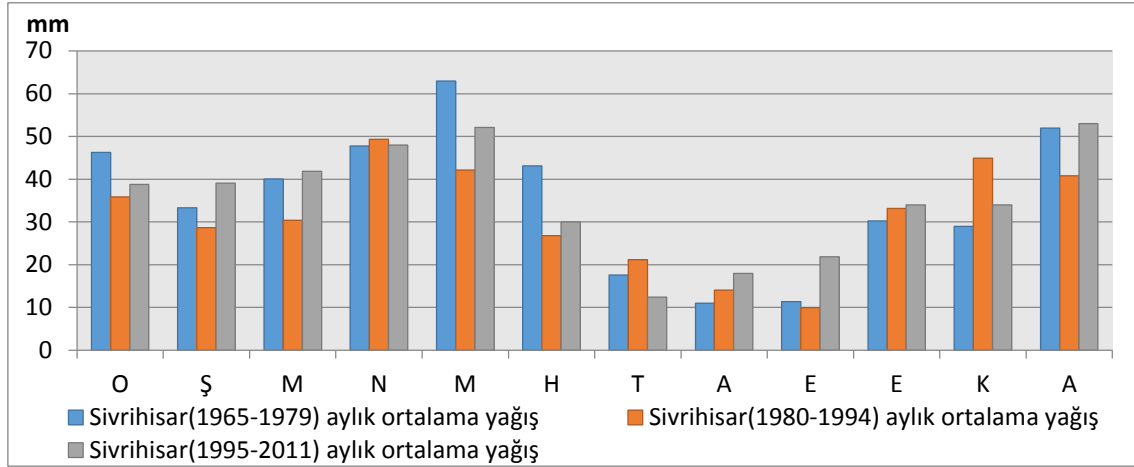
Şekil 20: Eskişehir Bölge Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık Miktarları Grafiği

Tablo 28: Eskişehir Bölge Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1978	-0,5	1,8	5,6	10,3	15	18,1	21,2	20,7	17,2	11,9	6,9	1,7	10,8
1982-1990	0,1	1,2	4,7	11	14,9	18,6	21,2	21,1	17,9	11,2	5,6	1,3	10,7
2007-2011	0,9	3,3	7	10,6	16,3	20,6	23,4	23,5	18,8	13	7,4	3,6	12,3

Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonunda da yıllık sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu dönem 12,3°C ile son dönemdir. İlk iki dönemin sıcaklık ortalaması birbirine çok yakındır. Maksimum sıcaklıkta son dönemde diğer iki dönemin maksimum sıcaklığından daha yüksektir. 1965-1978 ve 1982-1990 dönemlerinde maksimum sıcaklığın denk geldiği ay Temmuz, 2007-2011 döneminde ise 23,5°C ile Ağustos ayıdır. Minimum sıcaklıklar Ocak ayına denk gelmekle birlikte her dönem minimum sıcaklık değeri yükselmiştir. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları sıcaklık miktarlarında ilk dönemden başlayan kademeli bir artış görülmektedir. Özellikle 2007-2011 döneminin Temmuz ve Ağustos ayı sıcaklık ortalamaları dikkat çekici bir artış göstermiştir. Diğer aylarda genellikle sıcaklıklar 1982-1990 döneminde düşüş göstermiş, 2007-2011 döneminde tekrar yükselişe geçmiştir.

3.2.2. Yağış Rejimindeki Değişiklikler



Şekil 21: Sivrihisar Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği

Tablo 29: Sivrihisar Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

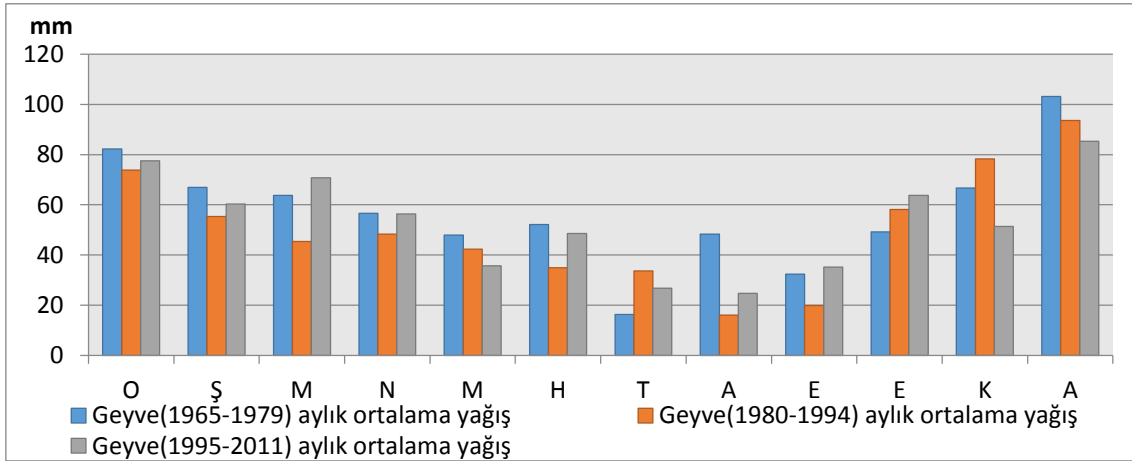
Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	46,1	33,3	40	47	62	43,1	17,6	10,9	11,4	30,2	29	52	422,6
1980-1994	35,9	28,7	30,3	49,3	42,2	26,7	21,1	14,1	9,9	33,1	44,9	40,8	377
1995-2011	38,8	39,1	41,9	48	52,1	30	12,4	18	21,9	34	34	53	423,2

Tablo 30: Sivrihisar Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar

Sivrihisar	Maksimum Yağış Ayı	Minimum Yağış Ayı
1965-1979	Mayıs	Ağustos
1980-1994	Nisan	Eylül
1995-2011	Aralık	Temmuz

Sivrihisar meteoroloji istasyonunun verileri kullanılarak oluşturulan ortalama yağış miktarları tablosu ve grafiğine göre yağışın yıl içinde aylara dağılışında farklılıklar olduğu görülür. 1965-1979 yılları aylık ortalamalarına göre yağış miktarı Mayıs ayında maksimuma ulaşır. 1980-1994 ortalamalarına baktığımızda ise yağış miktarı Nisan'da maksimuma ulaşmıştır. Önceki iki periyotta ilkbaharda görülen maksimum yağış 1995-2011 periyodunda ise Aralık ayında görülür. Minimum yağışlarda dönemler arasında farklı aylara rastlamıştır. Buna göre 1965-1979 ortalamalarında Ağustos, 1980-1994 ortalamalarında Eylül, 1995-2011 ortalamalarında ise Temmuz ayında minimum

yağışlar görülmüştür. Hem maksimum hem de minimum yağışlar üç dönemde farklı aylarda görülür. Yağış ortalaması en yüksek dönem 1995-2011 dönemi olmasına karşın 1965-1979 dönemiyle arasında çok küçük bir fark bulunmaktadır. Sivrihisar meteoroloji istasyonu uzun yıllar aylık yağış ortalamaları Temuçin'in (1990) yaptığı sınıflandırmaya göre İç Anadolu Yağış Rejimi'ne dahil olduğunu göstermektedir. İç Anadolu Yağış Rejimi'nde en fazla yağış Mayıs, Aralık ve Ocak aylarında görülür. Sivrihisar'da da dönemler arasında maksimum yağış farklı aylarda meydana gelmesine rağmen İç Anadolu Yağış Rejimi'ne benzerdir. Aynı şekilde minimum yağış miktarlarının görüldüğü aylarda her dönem farklı aylara denk gelmesine karşın İç Anadolu Yağış Rejimi'nde yağış miktarının düştüğü aylardır. Üç dönem boyunca aylık yağış ortalamalarını incelediğimizde ilkbahar sonunda yağış ortalamalarının düşmeye başladığı ve yazın düştüğü görülür. Yazın son ayı yağış ortalamaları yükselmeye başlamış bu yükselme sonbaharda da devam etmiştir. Böylelikle yaz yağışlarının azalıp sonbahar yağışlarının arttığı şeklinde bir yorum yapılabilir. Ayrıca 1965-1979 ve 1980-1994 dönemlerinde ilkbaharda gerçekleşen maksimum yağışın son dönem Aralık'ta gerçekleşmesi, minimum yağışın ise Temmuz'a denk gelmesi Sivrihisar'da yağış rejiminin son dönem değişerek Akdeniz-İç Anadolu Geçiş Tipi'ne benzer özellikler gösterdiği söylenebilir.



Şekil 22: Geyve Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği

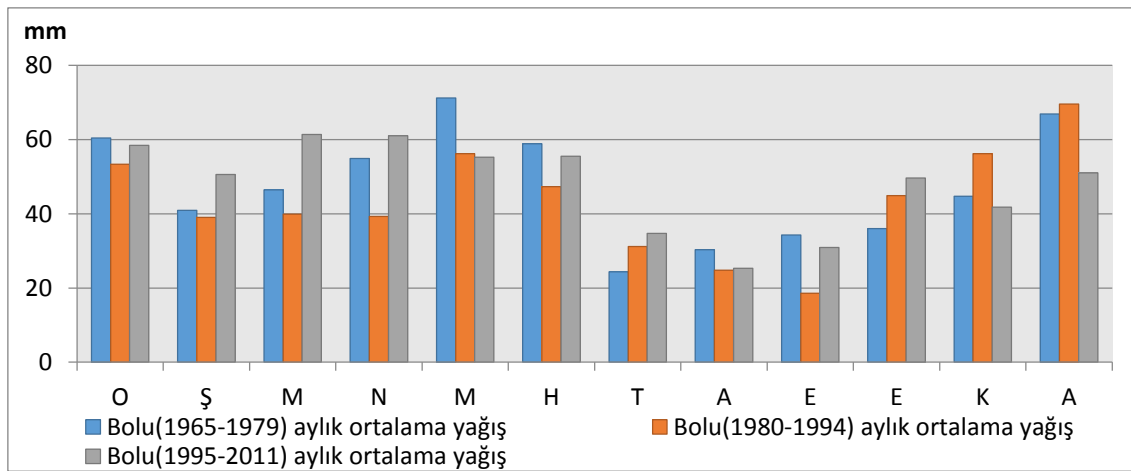
Tablo 31: Geyve Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	82,2	66,9	63,7	56,6	47,9	52,2	16,3	48,3	32,4	49,2	66,7	103,1	685,5
1980-1994	73,8	55,3	45,4	48,3	42,3	34,9	33,7	16,1	19,9	58,1	78,3	93,6	599,7
1995-2011	77,5	60,3	70,8	56,3	35,7	48,6	26,8	24,7	35,2	63,7	51,4	85,3	636,3

Tablo 32: Geyve Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar

Geyve	Maksimum Yağış Ayı	Minimum Yağış Ayı
1965-1979	Aralık	Temmuz
1980-1994	Aralık	Ağustos
1995-2011	Aralık	Ağustos

Geyve meteoroloji istasyonunda da ortalaması alınan üç dönemde maksimum yağışlar Aralık ayında görülür. Miktarlara baktığımızda her dönem düşüş gösterir. 1965-1979 dönemi ortalamalarına göre 103,1 mm olan maksimum yağış 1995-2011 döneminde 85,3 mm'ye düşmüştür. Minimumlar yaz aylarında görülmekle birlikte 1965-1979 periyodunda Temmuz diğer iki periyotta Ağustos ayına rastlar. Yağış ortalaması en yüksek olan periyot 1965-1979 periyodudur. Bir sonraki periyot yağış ortalamasında bir düşüş meydana gelmiş 1995-2011'de ise yine yükselmiştir. Temuçin'in (1990) yağış rejimi tipleri sınıflandırmasına göre bu meteoroloji istasyonunda Marmara Yağış Rejimi görülmektedir. Dönemler arasında yağış rejiminde bir değişiklik meydana gelmemiştir.

**Şekil 23:** Bolu Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği

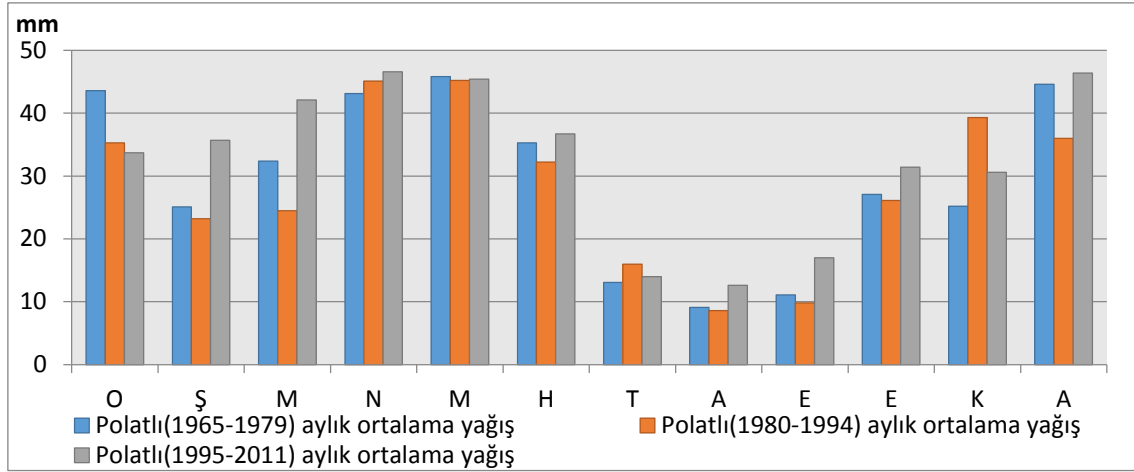
Tablo 33: Bolu Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	60,4	40,9	46,4	54,9	71,2	58,9	24,4	30,3	34,3	36	44,7	66,9	569,3
1980-1994	53,3	39	39,9	39,3	56,2	47,3	31,2	24,8	18,6	44,9	56,2	69,6	520,3
1995-2011	58,4	50,6	61,4	61	55,2	55,5	34,7	25,3	30,9	49,6	41,8	51	575,4

Tablo 34: Bolu Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar

Bolu	Maksimum Yağış Ayı	Minimum Yağış Ayı
1965-1979	Mayıs	Temmuz
1980-1994	Aralık	Eylül
1995-2011	Mart	Ağustos

Bolu meteoroloji istasyonunda aylık ortalamaları alınan üç dönemin maksimum ve minimum yağış miktarlarını incelediğimizde Sivrihisar meteoroloji istasyonunda olduğu gibi farklı aylarda gerçekleştiği anlaşılr. 1965-1979 döneminde 71,2 mm ile Mayıs ayında görülen maksimum yağış 1980-1994 döneminde Aralık'ta 1995-2011'de ise Mart'ta görülür. Bunun yanında maksimum yağış miktarları, ortalaması alınan ilk dönemden başlayıp bugüne doğru devamlı düşmüştür. Minimum yağışlarda farklı aylara rastlar. 1965-1979 döneminde Temmuz ayında 1980-1994'te Eylül'de, 1995-2011'de Ağustos'ta görülür. Yağışın aylara dağılımı düzensizdir. Son dönem yıllık ortalama yağış miktarı önceki dönemlere göre artış göstermesine rağmen Kasım, Aralık ve Mayıs aylarının yağış miktarı bir önceki döneme göre düşüş göstermiştir. Bolu meteoroloji istasyonunun da Geyve gibi Marmara Yağış Rejimi'ne sahip olduğu söylenebilir. Fakat 1980-1994 döneminde Temuçin'in (1990) yaptığı sınıflandırmaya göre Karasal Yağış Rejimi 1'e benzer. Bunun için dönemler arası yağış rejiminde değişiklik görülmektedir.



Şekil 24: Polatlı Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği

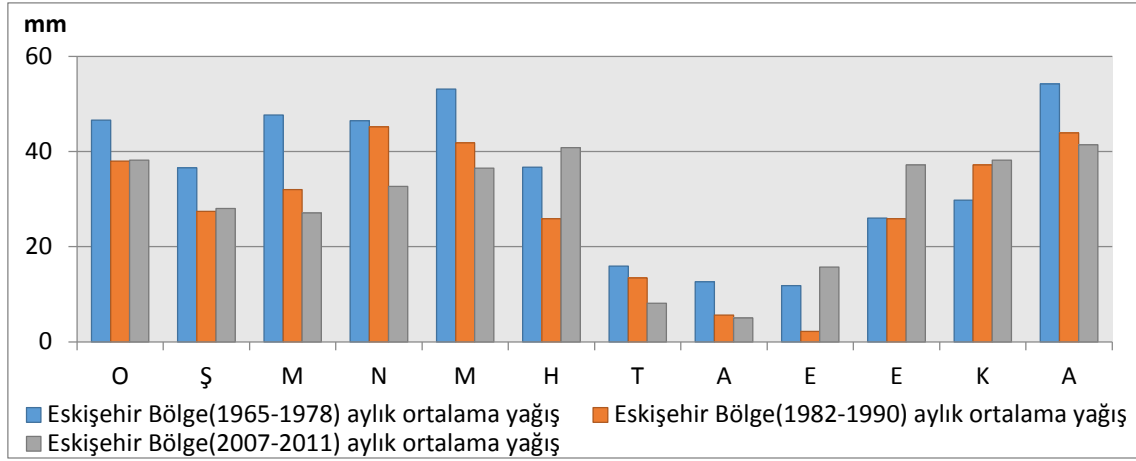
Tablo 35: Polatlı Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	43,6	25,1	32,4	43,1	45,8	35,3	13,1	9,1	11,1	27,1	25,2	44,6	355,5
1980-1994	35,3	23,2	24,5	45,1	45,2	32,2	16	8,6	9,8	26,1	39,3	36	341,3
1995-2011	33,7	35,7	42,1	46,6	45,4	36,7	14	12,6	17	31,4	30,6	46,4	392,2

Tablo 36: Polatlı Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar

Polatlı	Maksimum Yağış Ayı	Minimum Yağış Ayı
1965-1979	Mayıs	Ağustos
1980-1994	Mayıs	Ağustos
1995-2011	Nisan	Ağustos

Polatlı’da yağışın yıl içinde aylara dağılışında farklılıklar vardır. Maksimum ve minimum yağışları incelediğimizde ilk iki dönem maksimum yağış ortalaması Mayıs ayında, 1995-2011 döneminde ise Nisan ayında olduğu görülür. Minimum yağış ise tüm dönemler Ağustos’ta gerçekleşmiştir. Ortalama yağış miktarları alınan üç dönemin yağış miktarları ise Polatlı meteoroloji istasyonunda en yağışlı dönemin 1995-2011 dönemi olduğunu gösterir. Yağış ortalaması 392,2 mm’dir. Mevsimsel olarak özellikle ilkbahar yağışları artmıştır. Ocak ayı yağışlarında ise kademeli bir düşüş meydana gelmiştir. Polatlı İç Anadolu Yağış Rejimi’nin özelliklerini taşımaktadır. 1965’ten 2011’e yağış rejiminde değişikliğe rastlanmamıştır.



Şekil 25: Eskişehir Bölge Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış Miktarları Grafiği

Tablo 37: Eskişehir Bölge Aylık ve Yıllık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1978	46,6	36,6	47,7	46,5	53,1	36,7	15,9	12,6	11,8	26	29,8	54,2	417,5
1982-1990	38	27,4	32	45,2	41,8	25,9	13,4	5,6	2,2	25,9	37,2	43,9	338,5
2007-2011	38,2	28	27,1	32,7	36,5	40,8	8,1	5	15,7	37,2	38,2	41,4	348,9

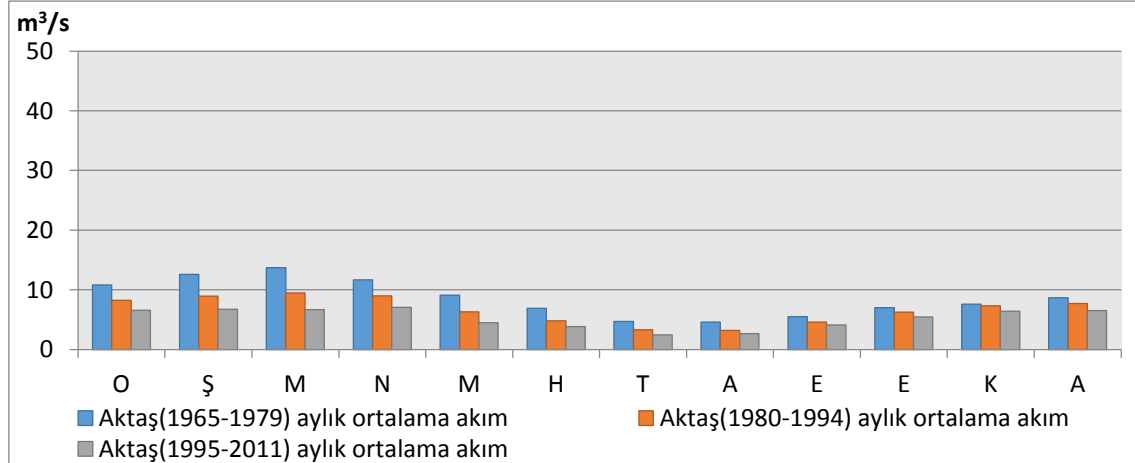
Tablo 38: Eskişehir Bölge Aylık Ortalama Yağış Değerlerine Göre Maksimum ve Minimum Yağışın Görüldüğü Aylar

Eskişehir Bölge	Maksimum Yağış Ayı	Minimum Yağış Ayı
1965-1978	Aralık	Eylül
1982-1990	Nisan	Eylül
2007-2011	Aralık	Ağustos

17126 numaralı Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonu 1965-1978 yılları aylık ortalama yağış miktarlarına göre maksimum yağışın görüldüğü ay Aralık'tır. 1982-1990 döneminde ise maksimum yağış Nisan ayında görülmüştür. 2007-2011 yılları aylık ortalama yağış miktarlarına göre yine maksimum yağış Aralık ayındadır. Minimum yağış miktarları ise 1965-1978, 1982-1990 periyotlarında Eylül ayna denk gelirken 2007-2011'de bir ay önce Ağustos ayında görülür. Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonu da Sivrihisar ve Polatlı meteoroloji istasyonu ile aynı yağış rejimine sahiptir. İç Anadolu Yağış Rejimi'nin görüldüğü istasyonda ilkbahar ve kış yağış tutarlarında

düşüş, sonbahar yağış tutarlarında ise artış gerçekleşmiştir. Yaz aylarında da Haziran ayı 2007-2011 dönemi dışında dönemlik aylık yağış ortalamalarında düşüş görülür. Yağış rejiminde ise değişiklik söz konusu değildir.

3.2.3. Akarsu Rejimindeki Değişiklikler



Şekil 26: Aktaş AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği

Tablo 39: Aktaş AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m³/s)

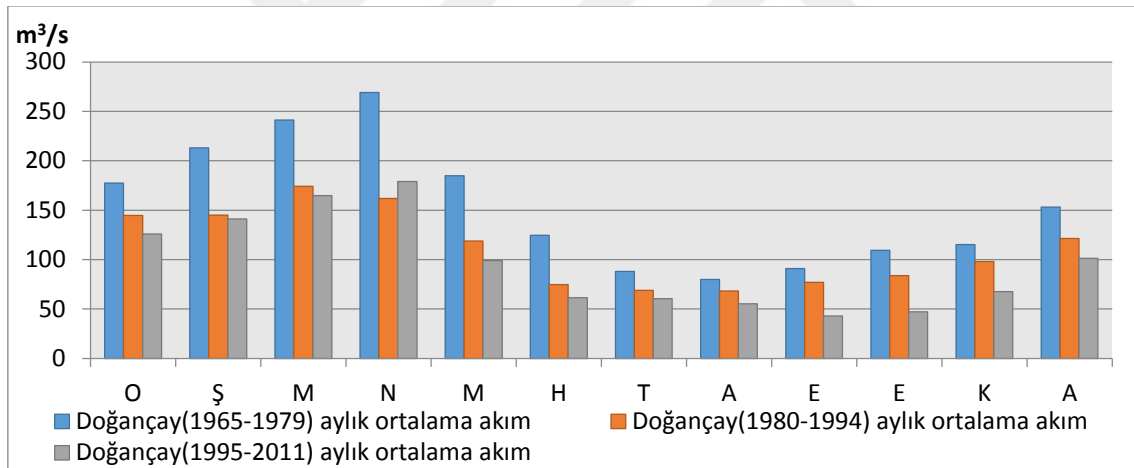
Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	10,8	12,6	13,7	11,7	9,1	6,9	4,7	4,6	5,5	7	7,6	8,7	8,5
1980-1994	8,2	8,9	9,4	8,9	6,3	4,8	3,3	3,2	4,6	6,2	7,3	7,7	6,6
1995-2011	6,5	6,7	6,6	7	4,4	3,8	2,4	2,6	4,1	5,4	6,4	6,5	5,2

Tablo 40: Aktaş AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar

Aktaş AGİ	Azami Akım Ayı	Asgari Akım Ayı
1965-1979	Mart	Ağustos
1980-1994	Mart	Ağustos
1995-2011	Nisan	Temmuz

Aktaş akım gözlem istasyonunun yıl içindeki akım değişmelerini incelediğimizde seviye yükselmesinin Mart-Nisan aylarında olduğu anlaşılmaktadır. 1965-1979 ve 1980-1994 periyodunda azami akım Mart ayında görülürken 1995-2011 periyodunda bir ay gecikerek Nisan'da görülür. İlk iki dönem azami akım miktarları sırasıyla 13,7m³/s,

9,4m³/s iken 1995-2011 periyodunda 7m³/s'ye düşmüştür. Yağışların az, buharlaşmanın ise yüksek olduğu yaz aylarında akarsuların akım miktarlarında düşüşler meydana gelir. Aktaş akım gözlem istasyonunda asgari yaz aylarından birine denk gelmektedir. 1965-1979 ve 1980-1994 periyotlarında asgari akım Ağustos ayına rastlarken 1995-2011 döneminde 2,4m³/s ile Temmuz'da görülür. Periyotlar arasında hem azami hem de asgari akımda bir aylık kaymalar meydana geldiği anlaşılmaktadır. Ayrıca grafikten de görüldüğü üzere Aktaş akım gözlem istasyonunun aylık ortalama akım miktarları incelendiğinde akım miktarlarının her dönem önceki dönemden daha düşük olduğu görülür. Örneğin Aralık ayında 1965-1979 ortalaması 8,7m³/s iken 1980-1994 döneminde 7,7m³/s, 1995-2011'de ise 6,5m³/s'dir. Aktaş akım gözlem istasyonunun aylık ortalama akım miktarlarına göre rejim değişikliği incelendiğinde son dönemde azami ve asgari akımların görüldüğü aylarda (Nisan-Temmuz) değişiklik vardır. Ancak sadece bir aylık kaymalar meydana gelmiştir. Bundan dolayı belirgin bir rejim değişikliği yoktur.



Şekil 27: Doğançay AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği

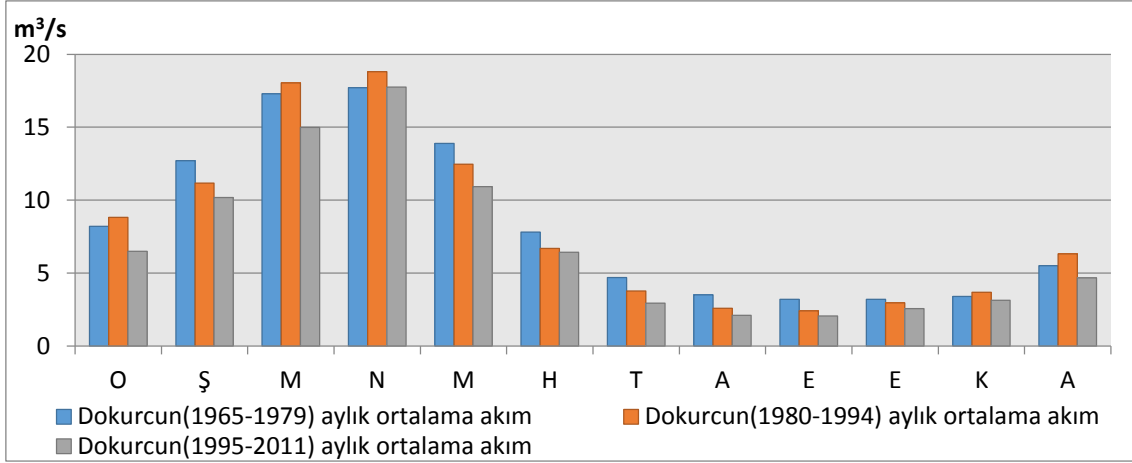
Tablo 41: Doğançay AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m³/s)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	177,4	212,9	241	269,1	184,7	124,4	87,9	80	90,7	109,3	115,3	153,1	153,8
1980-1994	144,5	144,9	174,3	161,8	118,8	74,7	69	68,3	77	83,7	97,9	121,2	111,3
1995-2011	125,8	140,9	164,9	178,8	99	61,4	60,2	55,2	43	47,2	67,7	101,2	95,4

Tablo 42: Doğançay AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar

Doğançay AGİ	Azami Akım Ayı	Asgari Akım Ayı
1965-1979	Nisan	Ağustos
1980-1994	Mart	Ağustos
1995-2011	Nisan	Eylül

E12A021 numaralı Doğançay akım gözlem istasyonunda da azami akım ilkbahar aylarından birinde görülür. Aylık ortalama akım miktarını incelediğimiz ilk periyot olan 1965-1979 periyodunda ve 1995-2011 periyodunda azami akım Nisan ayındadır. 1980-1994 periyodunda ise $174,3\text{m}^3/\text{s}$ ile bir ay önce Mart ayına rastlar. Azami akım miktarı en düşük olan periyotta ikinci periyottur. İlk periyodun azami akım miktarı $269,1\text{m}^3/\text{s}$, son periyodun $178,8\text{m}^3/\text{s}$ 'dir. Asgari akım 1965-1979 döneminde $80\text{m}^3/\text{s}$ ile Ağustos ayında görülür. 1980-1994 döneminde de yine aynı ay $68,3\text{m}^3/\text{s}$ 'dir. Son dönemde ise suların en düşük seviyeye eriştiği ay Eylül ($43\text{m}^3/\text{s}$) ayıdır. Asgari akım miktarları her dönem bir önceki dönemden daha düşüktür. Sakarya Nehri'nin aşağı çıkışında yer alan ve havza içerisinde incelenen istasyonlardan en yüksek debiye sahip olan bu istasyonda maksimum aylık ortalama akım $269,1\text{m}^3/\text{s}$, minimum aylık ortalama akım $43\text{m}^3/\text{s}$ 'dir. Doğançay akım gözlem istasyonunun aylık ortalama akım miktarları Aktaş akım gözlem istasyonunda olduğu gibi her dönem azalış göstermektedir. Yalnızca son dönem Nisan ayı ortalaması bir önceki döneme göre yüksektir. Aylık ortalama akım miktarlarında ilk dönemden son döneme kadar düşüş meydana gelmesine rağmen azami ve asgari akımın görüldüğü aylarda büyük farklılıklar olmayışı ve akarsuyun yıl içinde gösterdiği akım düzeninin değişmemesi akarsuyun bu bölümünde de rejimde değişiklik olmadığını gösterir.



Şekil 28: Dokurcun AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği

Tablo 43: Dokurcun AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m³/s)

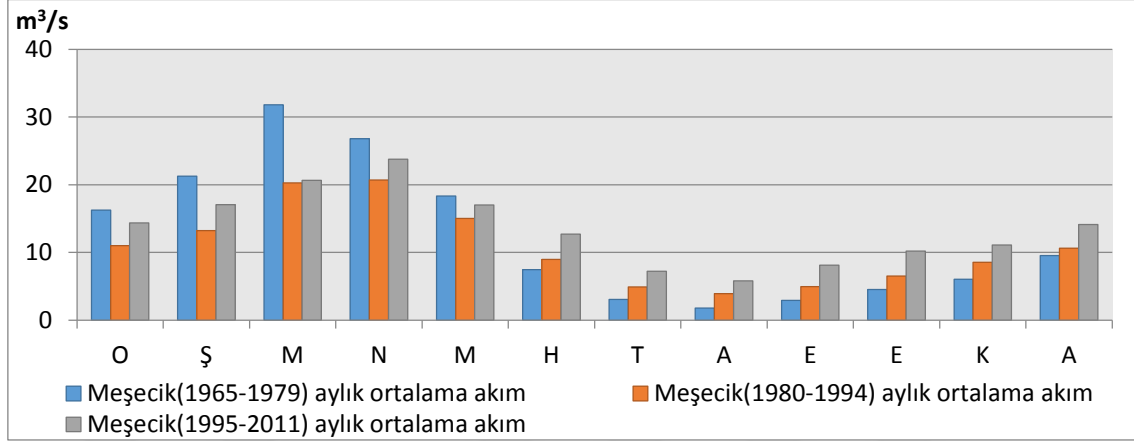
Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	8,2	12,7	17,3	17,7	13,9	7,8	4,7	3,5	3,2	3,2	3,4	5,5	8,4
1980-1994	8,8	11,1	18	18,8	12,4	6,7	3,7	2,5	2,4	2,9	3,6	6,1	8,1
1995-2011	6,4	10,1	14,9	17,7	10,9	6,4	2,9	2,1	2	2,5	3,1	4,6	7

Tablo 44: Dokurcun AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar

Dokurcun AGİ	Azami Akım Ayı	Asgari Akım Ayı
1965-1979	Nisan	Eylül
1980-1994	Nisan	Eylül
1995-2011	Nisan	Eylül

Dokurcun akım gözlem istasyonu Mudurnu Çayı üzerinde bulunmaktadır. Bu akım gözlem istasyonunda dönemler arası akım miktarlarını incelediğimizde ortalamaları alınan üç dönemde de azami akım Nisan ayındadır. Azami akım miktarları sırasıyla 17,7m³/s, 18,8m³/s, 17,7m³/s'dir. Asgari akımda üç dönem Eylül ayına rastlamıştır. Asgari akımın en düşük olduğu dönem 2m³/s ile 1995-2011 dönemidir. Dokurcun akım gözlem istasyonunda hem azami akım hem de asgari akımın görüldüğü aylarda dönemler arası bir farklılık olmadığı görülür. Bu sebepten dolayı rejim değişikliği sözkonusu değildir. Aylık ortalama akım miktarları yılın yedi ayı her dönem önceki dönemden daha düşüktür. Kalan beş ay ise 1980-1994 döneminde aylık ortalamalarda

yükselme meydana gelmiş, 1995-2011 döneminde ise ortalama akım miktarları yine düşmüştür. Dönemlik akım ortalamasının en düşük olduğu dönem 7m³/s ile son dönemdir. Bu sonuç akım miktarlarında düşüş olduğunu gösterir.



Şekil 29: Meşecik AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği

Tablo 45: Meşecik AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m³/s)

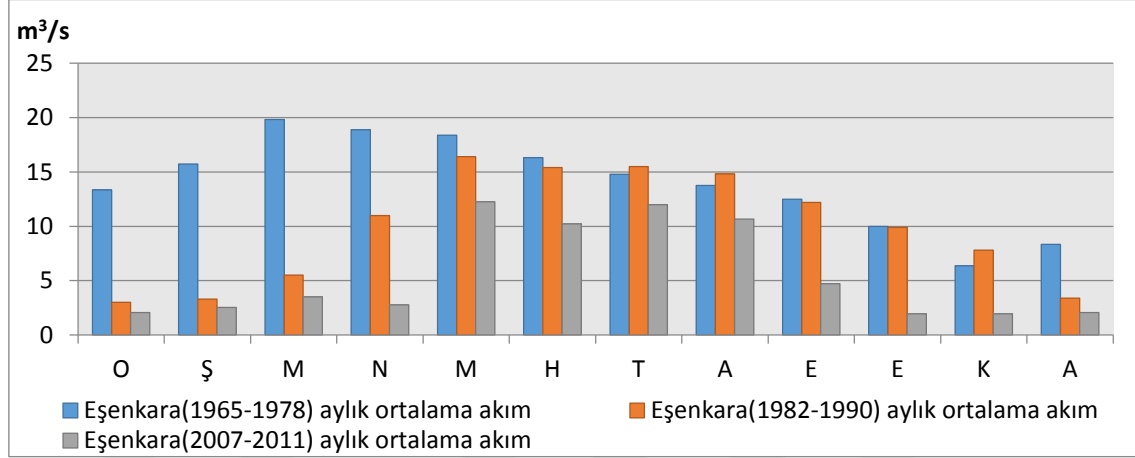
Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1979	16,2	21,2	31,8	26,8	18,3	7,4	3	1,7	2,9	4,5	6	9,5	12,4
1980-1994	11	13,2	20,2	20,7	15	8,9	4,9	3,9	4,9	6,5	8,5	10,6	10,7
1995-2011	14,3	17	20,6	23,7	17	12,6	7,2	5,7	8,1	10,1	11	14,1	13,5

Tablo 46: Meşecik AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar

Meşecik AGİ	Azami Akım Ayı	Asgari Akım Ayı
1965-1979	Mart	Ağustos
1980-1994	Nisan	Ağustos
1995-2011	Nisan	Ağustos

Ankara Çayı üzerinde bulunan Meşecik akım gözlem istasyonunda 1965-1979 döneminde azami akım 31,8m³/s ile Mart ayında iken sonraki iki dönemde Nisan ayına gerilemiştir. Asgari akım ise ortalama akım miktarları alınan üç dönemde Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Üç dönem boyunca yılın yedi ayı (Haziran-Aralık) aylık ortalama akım miktarları her dönem bir önceki dönemden daha yüksektir. İlkbahar akım miktarlarında düşüş görülürken yaz ve sonbahar ayları akım miktarları artış

göstermiştir. Meşecik akım gözlem istasyonunda yalnızca ilk dönem azami akımın görüldüğü ay diğer dönemlerden farklıdır. Asgari akımın ise üç dönemde aynı ayda meydana gelmesi rejimde bir değişiklik olmadığını gösterir.



Şekil 30: Eşenkara AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarları Grafiği

Tablo 47: Eşenkara AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Akım Miktarları (m³/s)

Yıllar	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
1965-1978	13,3	15,7	19,8	18,8	18,3	16,3	14,7	13,7	12,5	9,9	6,3	8,3	14
1982-1990	3	3,3	5,5	11	16,4	15,4	15,5	14,8	12,2	9,9	7,8	3,4	9,8
2007-2011	2	2,5	3,5	2,7	12,2	10,2	11,9	10,6	4,7	1,9	1,9	2	5,5

Tablo 48: Eşenkara AGİ Aylık Ortalama Akım Miktarlarına Göre Azami ve Asgari Akımın Görüldüğü Aylar

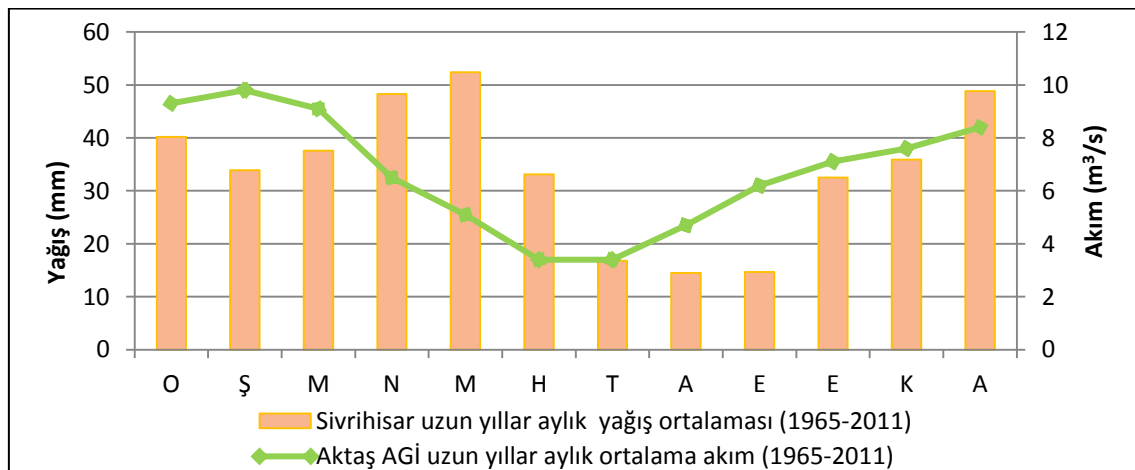
Eşenkara AGİ	Azami Akım Ayı	Asgari Akım Ayı
1965-1978	Mart	Kasım
1982-1990	Mayıs	Ocak
2007-2011	Mayıs	Kasım

Eşenkara akım gözlem istasyonunun rasatlarına göre akarsuyun azami seviyeye ulaştığı ay 1965-1978 yılları ortalama akım miktarlarına göre Mart ayıdır. Bu ay akım miktarı 19,8m³/s'dir. Ortalamaları alınan diğer iki dönem 1982-1990 ve 2007-2011 dönemlerinde ise akarsuyun akım miktarı azami seviyeyi Mayıs ayında görür. Asgari seviyeye baktığımızda ise 1965-1978 ile 2007-2011 periyotlarında Kasım ayına denk gelen asgari akım 1982-1990 periyodunda Ocak ayına denk gelmiştir. Diğer dört akım

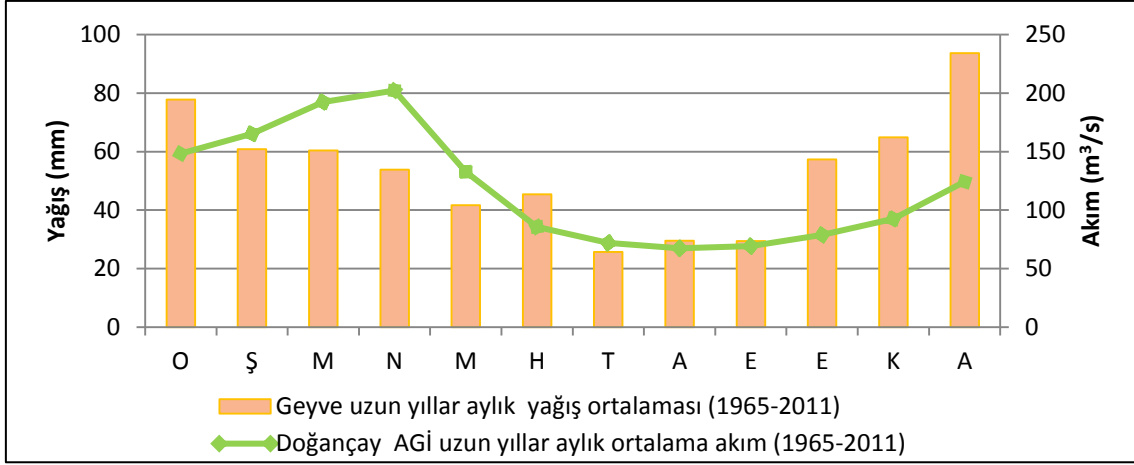
gözlem istasyonunda Temmuz, Ağustos, Eylül aylarından birinde gerçekleşen asgari akım Eşenkara akım gözlem istasyonunda değişiklik gösterir. Eşenkara akım gözlem istasyonu azami ve asgari akımın görüldüğü aylar bakımından diğer istasyonlardan farklıdır. Ayrıca diğer akım gözlem istasyonlarında dönemler arası azami ve asgari akımın görüldüğü aylar arasında bir aylık kaymalar meydana gelmişken Eşenkara akım gözlem istasyonunda 1982-1990 döneminde asgari akım Ocak ayında gerçekleşerek bir önceki ve sonraki döneme göre iki ay gecikmiştir. Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında ilk dönem akım miktarları diğer iki döneme göre oldukça yüksektir. Akarsuyun bu bölümünde dönemlik akım miktarları her dönem düşmüştür. Aylık ortalama akım miktarlarında ise kış aylarındaki azalma diğer aylara göre çok yüksektir. Rejim olarak bu istasyonda da rejim değişikliğinin olmadığı söylenebilir.

3.3. Akım ve Yağış Miktarı Arasındaki İlişki

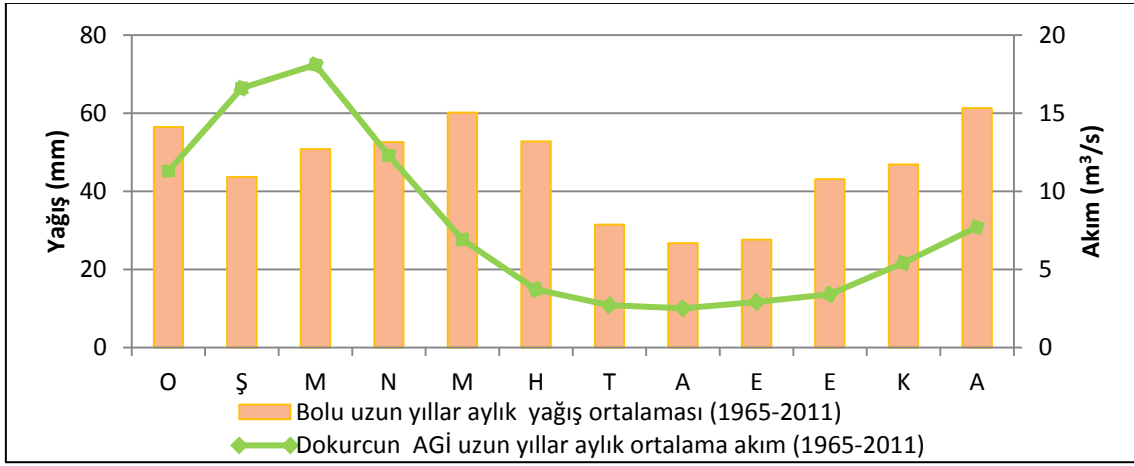
Aylık akım miktarları ve yağış arasındaki ilişkiyi görebilmek için grafikler oluşturulmuştur. Akım gözlem istasyonu ile o akım gözlem istasyonuna en yakın, uzun dönem verisi bulunan meteoroloji istasyonunun yağış miktarları arasındaki ilişki aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Grafiklere bakıldığında yağış miktarı arttığında akım miktarında da bir artış yaşandığı, yağış miktarı azaldığında ise akım miktarının da düştüğü görülür. Bazı meteoroloji istasyonlarında kış aylarında yağış miktarlarında artış meydana gelmesine rağmen akım miktarlarında aynı derecede artış gözlenmemesinin sebebi kışın yağışların kar halinde tutulmasıdır.



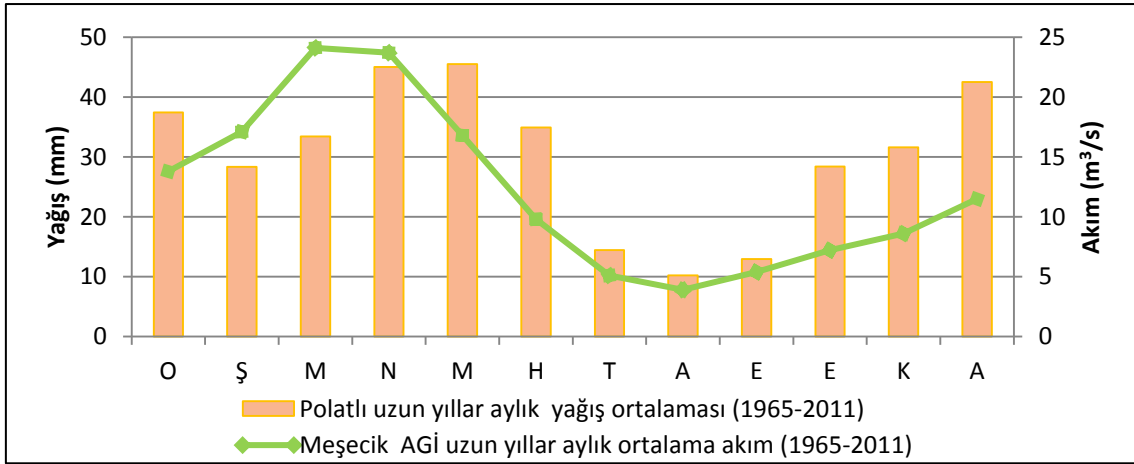
Şekil 31: Sivrihisar Yağış Miktarı ve Aktaş Akım Miktarı Arasındaki İlişki



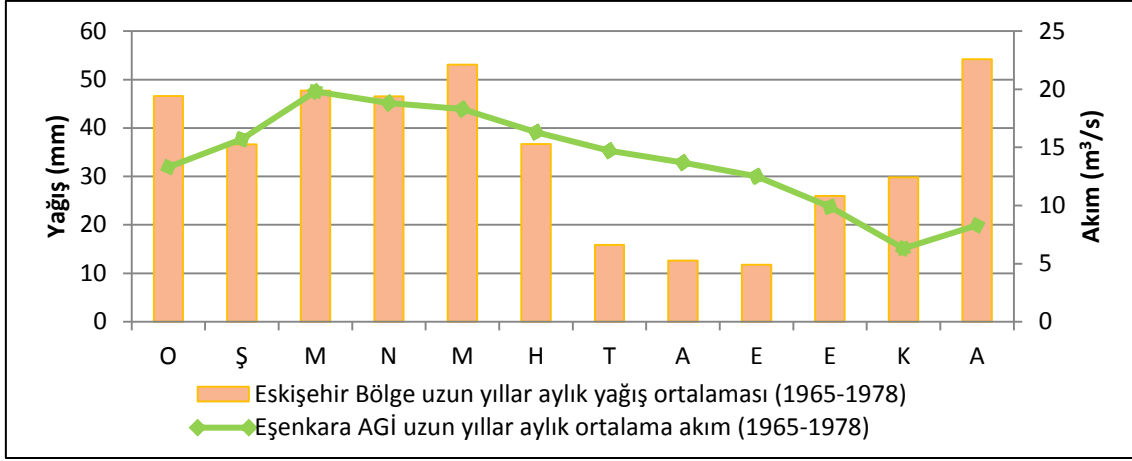
Şekil 32: Geyve Yağış Miktarı ve Doğançay Akım Miktarı Arasındaki İlişki



Şekil 33: Bolu Yağış Miktarı ve Dokurcun Akım Miktarı Arasındaki İlişki

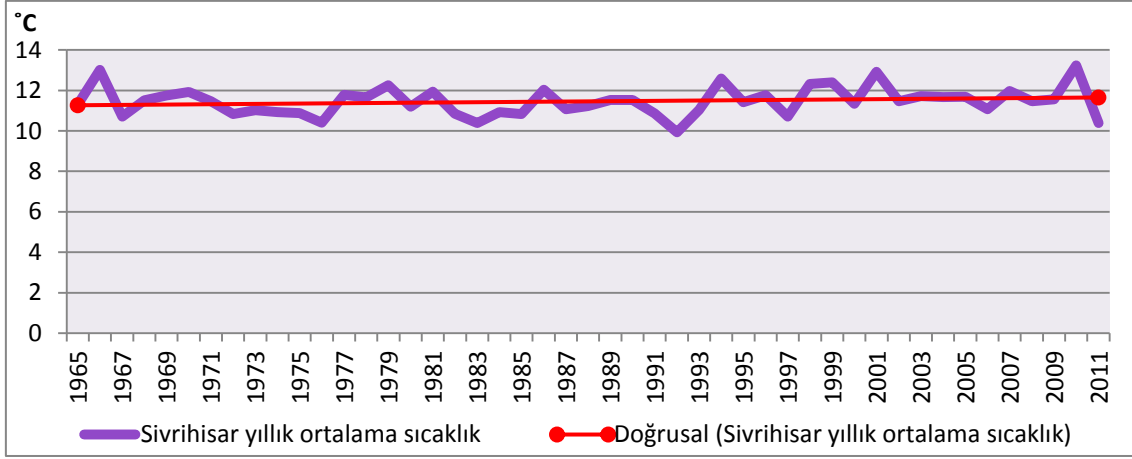


Şekil 34: Polatlı Yağış Miktarı ve Meşecik Akım Miktarı Arasındaki İlişki

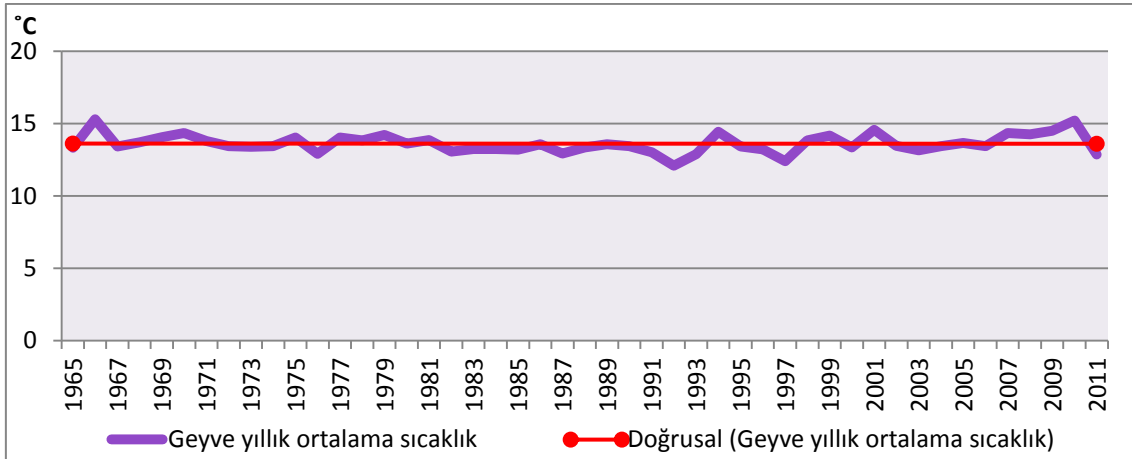


Şekil 35: Eskişehir Bölge Yağış Miktarı ve Eşenkara Akım Miktarı Arasındaki İlişki

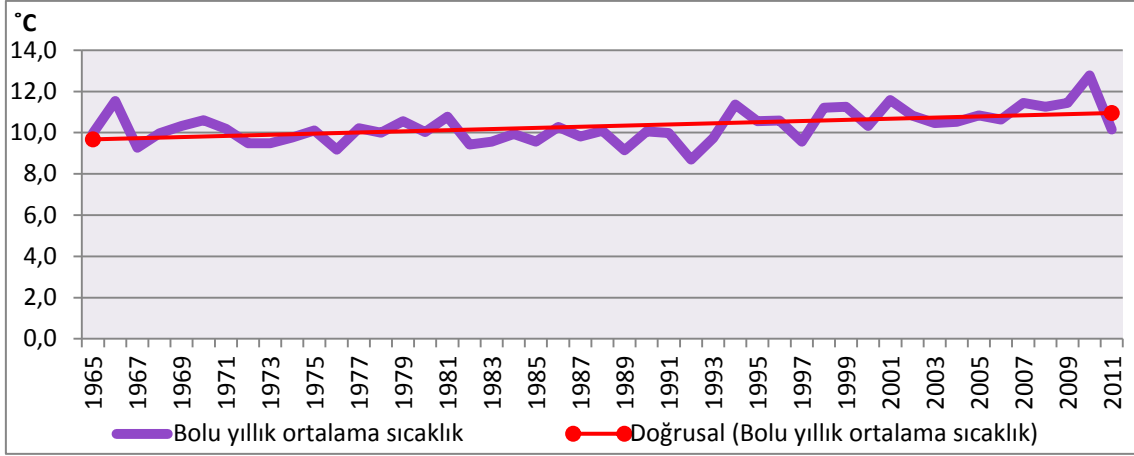
3.4. Sıcaklık, Yağış ve Akım Miktarlarındaki Uzun Yıllık Değişimler ve Eğilimler



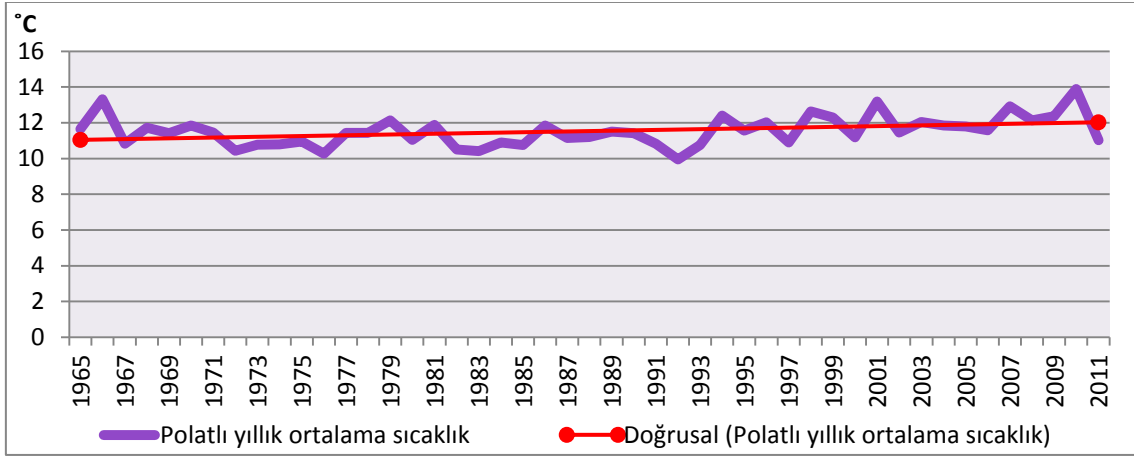
Şekil 36: Sivrihisar Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı



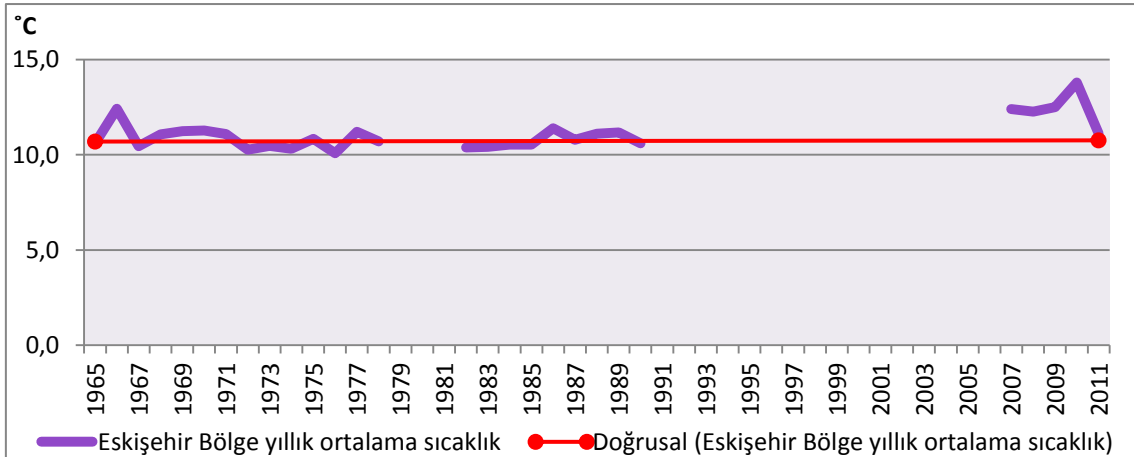
Şekil 37: Geyve Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı



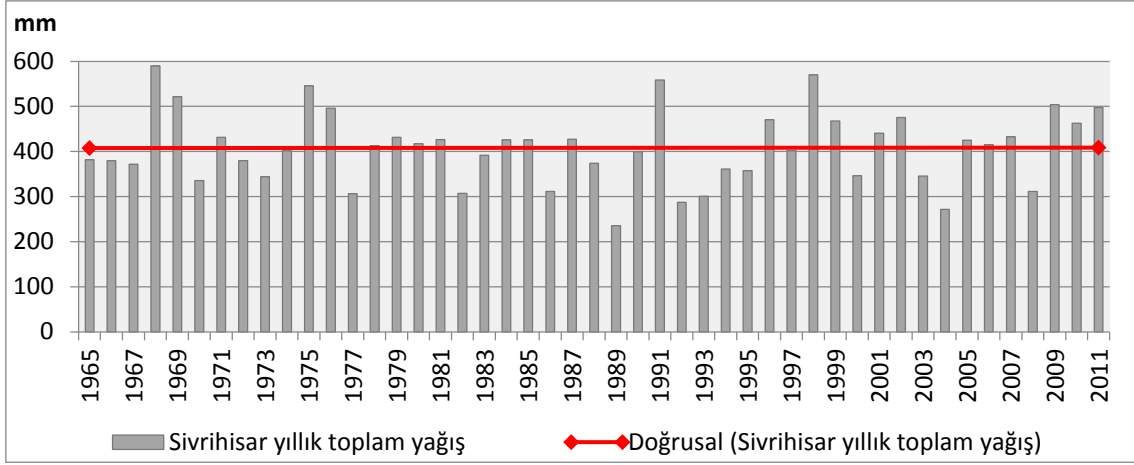
Şekil 38: Bolu Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı



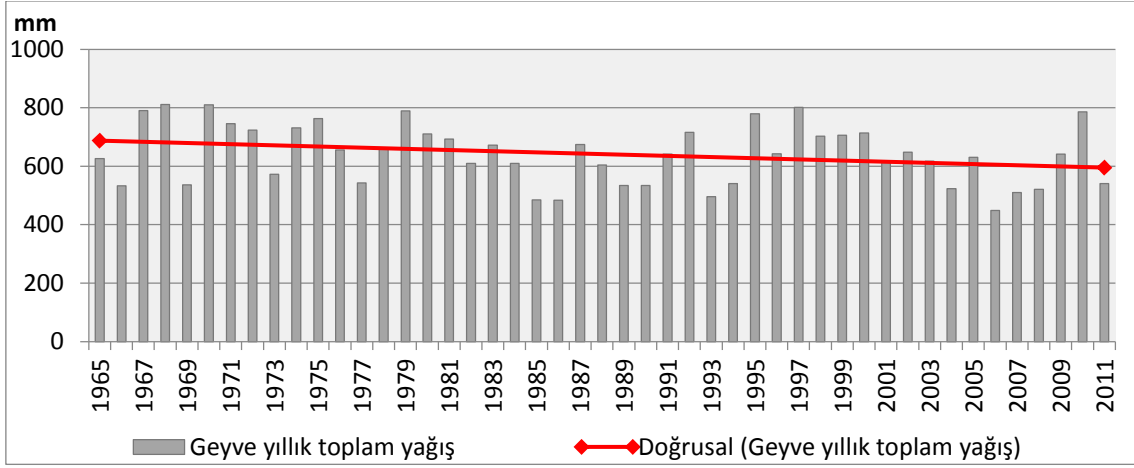
Şekil 39: Polatlı Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı



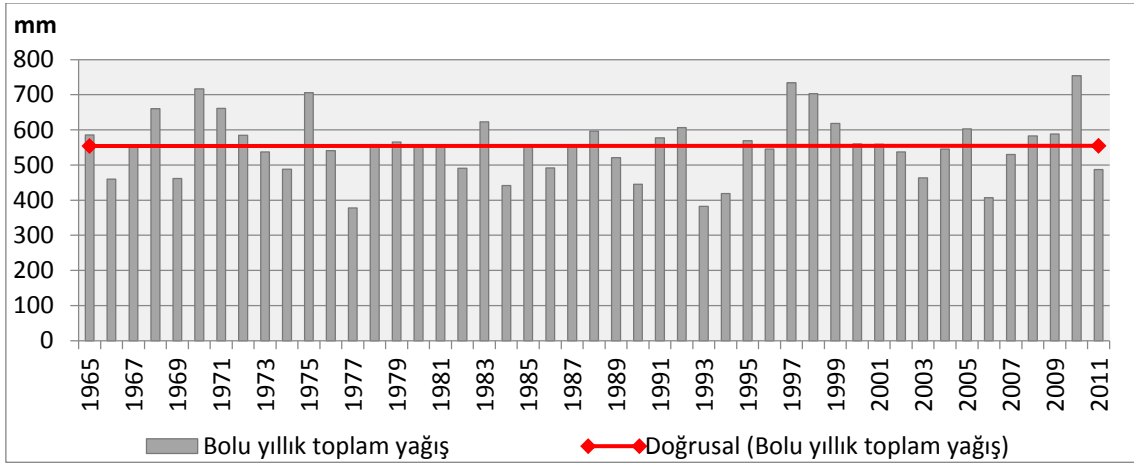
Şekil 40: Eskişehir Bölge Yıllık Ortalama Sıcaklık Miktarı



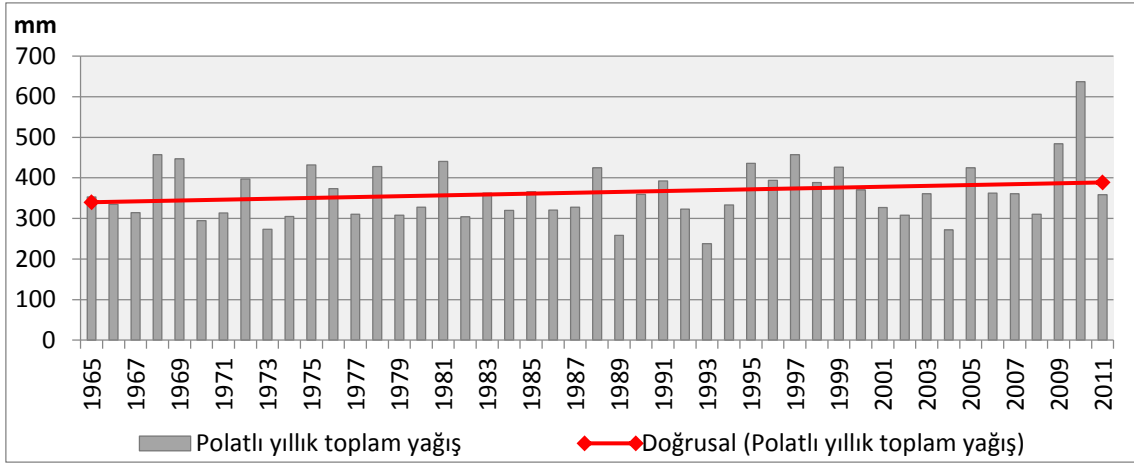
Şekil 41: Sivrihisar Yıllık Toplam Yağış Miktarı



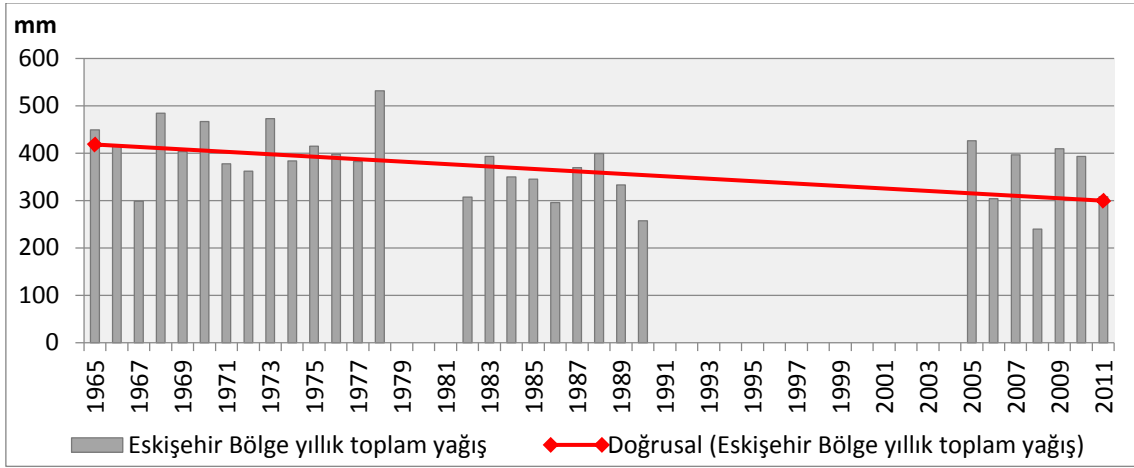
Şekil 42: Geyve Yıllık Toplam Yağış Miktarı



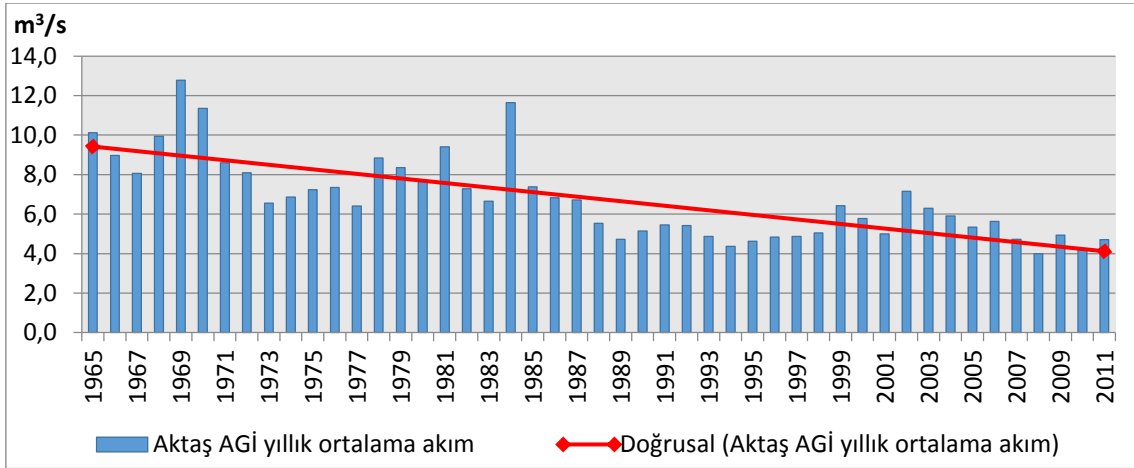
Şekil 43: Bolu Yıllık Toplam Yağış Miktarı



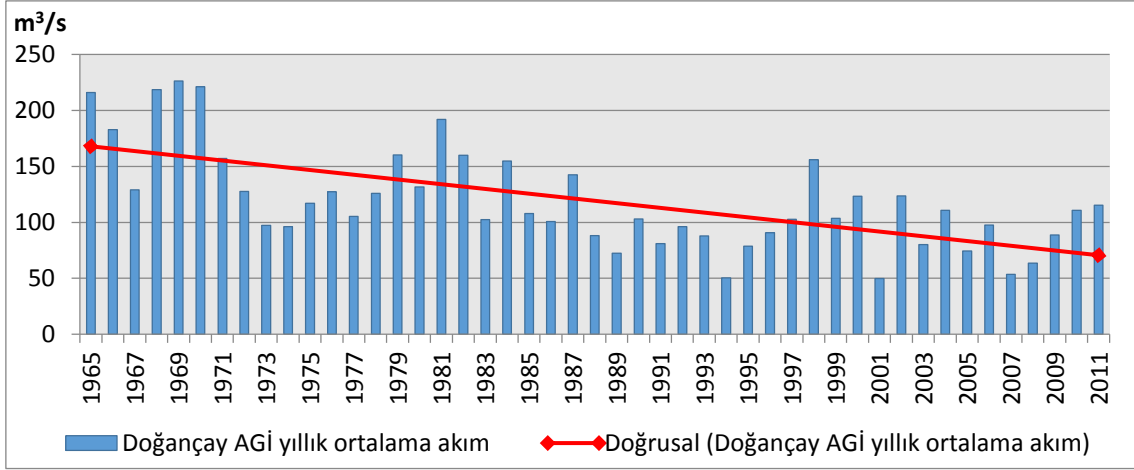
Şekil 44: Polatlı Yıllık Toplam Yağış Miktarı



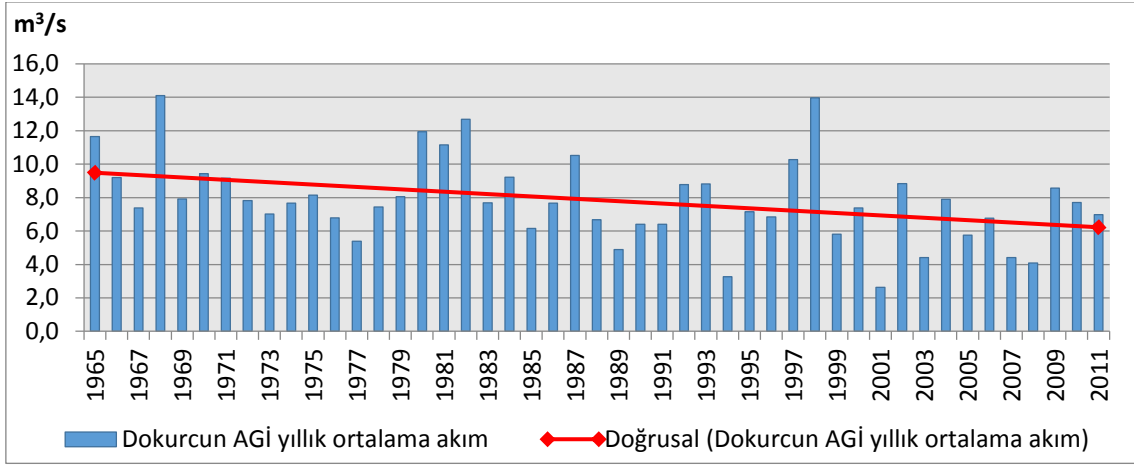
Şekil 45: Eskişehir Bölge Yıllık Toplam Yağış Miktarı



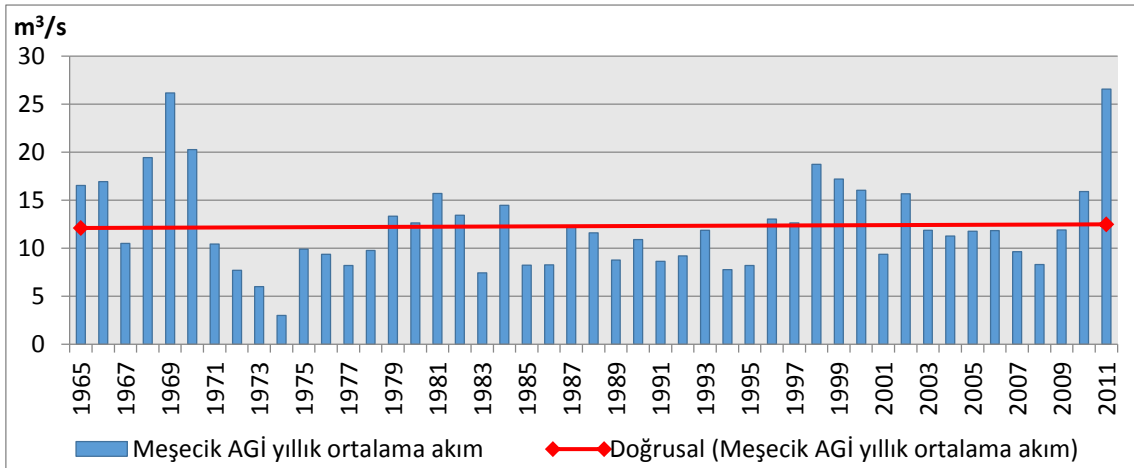
Şekil 46: Aktaş AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı



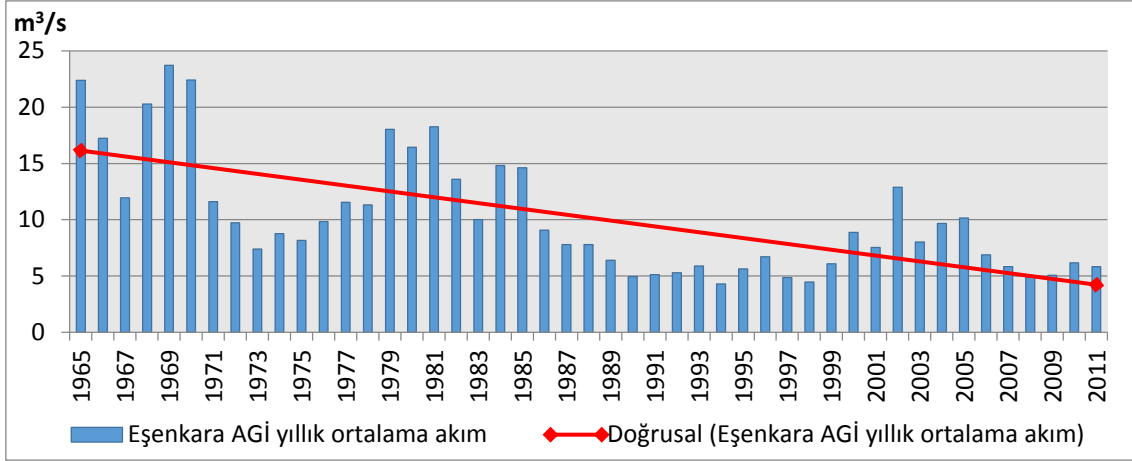
Şekil 47: Doğançay AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı



Şekil 48: Dokurcun AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı



Şekil 49: Meşecik AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı



Şekil 50: Eşenkara AGİ Yıllık Ortalama Akım Miktarı

Sıcaklık eğilimlerine bakıldığında Sivrihisar, Bolu, Polatlı ve Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonları artış eğilimi gösterirken, Geyve meteoroloji istasyonu kararlı gidiş göstermektedir.

İklimin sıcaklık ve yağış elemanlarındaki farklılaşma akarsu akımına etki etmektedir. Sivrihisar meteoroloji istasyonunun verilerine göre yağış kararlı bir gidiş göstermekte, sıcaklık ise artış eğilimindedir. Aktaş AGİ akım miktarında ise azalış eğilimi görülür. Yağış kararlı gidiş göstermesine rağmen sıcaklıkta meydana gelen artışın akım miktarlarında azalış eğilimine neden olduğu söylenebilir.

Sivrihisar ve Bolu yıllık toplam yağış miktarlarına göre kararlı bir gidiş göstermektedir. Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonunun bazı yıllara ait verileri mevcut değildir. Ancak genel gidişata bakıldığında yağış miktarının son yıllarda azalış gösterdiği anlaşılr. Geyve’de yağış miktarlarında azalma eğilimi gösteren bir diğer istasyondur. Bu istasyonlardan farklı olarak yıllık yağış miktarında artış eğilimi görülen istasyon Polatlı’dır. Aydeniz, Erinç ve De Martonne iklim sınıflandırmalarına göre çalışma kapsamında olan meteoroloji gözlem istasyonları içerisinde Sivrihisar ve Polatlı daha kurak iklim tipine sahip istasyonlardır. Polatlı’nın uzun yıllar yıllık ortalama yağış tutarı hesaplandığında da diğer istasyonlardan daha düşük olduğu görülür. Böylece incelenen meteoroloji gözlem istasyonları içerisinde en kurak iklime sahip Polatlı’da yıllık toplam yağış miktarı artış eğilimi göstermektedir. Polatlı’da yıllık toplam yağış miktarının en yüksek olduğu yıl 2010’dur. Bu yıl toplam yağış miktarı 636,8 mm’dir. 2009 yılı ise yıllık toplam yağışın en yüksek (484,1 mm) olduğu ikinci yıl olmuştur.

Akım gözlem istasyonlarına ait yıllık ortalama akım miktarları incelendiğinde 1965'ten 2011 yılına kadar akım miktarlarında bir azalma eğilimi olduğu açıktır. Yalnızca Meşecik akım gözlem istasyonunun akım miktarlarında azalış eğilimi gözlenmez. Meşecik akım gözlem istasyonu dışındaki tüm istasyonlarda 1969 yılı yıllık akım ortalamasının en yüksek olduğu yıldır. Meşecik'te 1969 ve 2011 yılları yıllık ortalama akım miktarlarının en yüksek olduğu iki yıldır. Meşecik AGİ'de yıllık akım ortalaması 1969 yılı $25,1\text{m}^3/\text{s}$, 2011 yılı $25,5\text{m}^3/\text{s}$ 'dir. İncelenen yıllar arasında akım gözlem istasyonlarının yıllık ortalama akım miktarlarının en düşük olduğu ilk üç yılın çoğunlukla 1994 yılı sonrasına denk geldiği görülmüştür.



SONUÇ VE ÖNERİLER

“Küresel İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Sakarya Nehri Rejim Özelliklerindeki Değişmeler” adlı bu çalışmada araştırmayı kapsayan 1965-2011 yılları 3 döneme ayrılmıştır. Bu dönemler 1965-1979, 1980-1994, 1995-2011 dönemleridir. Çalışmaya göre sıcaklık miktarları incelenen meteoroloji istasyonlarından Geyve dışındaki tüm istasyonlarda en sıcak dönem son dönem olmuştur. Geyve’de ilk dönem en sıcak dönemi oluşturmasına rağmen son dönemle sıcaklık değerleri neredeyse aynıdır. Veriler incelendiğinde son dönemde yaz aylarında sıcaklıkların artış gösterdiği tespit edilmiştir. Oluşturulan şekillere bakıldığında da en dikkat çeken noktayı yaz sıcaklıklarında son dönemde görülen artış oluşturur. Son dönemin en sıcak dönem olmasında özellikle yaz sıcaklıklarında görülen bu artışın büyük payı bulunmaktadır. Sıcaklık miktarlarında uzun yıllar görülen değişimler ve eğilimlerin incelendiği grafikler de sıcaklığın artış eğiliminde olduğunu doğrulamaktadır. Sıcaklıklarda görülen bu artış küresel sıcaklıklardaki artma eğilimiyle benzerdir. Yıllık sıcaklık ortalamasının en düşük olduğu dönem ise ikinci dönem olan 1980-1994 dönemidir (Eskişehir Bölge için 1982-1990).

Yağışta görülen değişimler incelendiğinde meteoroloji istasyonları artış veya azalış bakımından sıcaklıktaki kadar birbirine benzer değildir. Uzun yıllar yağış miktarlarında görülen eğilimlere göre azalış, artış ve kararlılık gösteren meteoroloji istasyonları bulunmaktadır. 1965-2011 yıllarını 3 döneme ayırarak yapılan incelemeler sonucunda Polatlı, Geyve ve Eskişehir Bölge meteoroloji istasyonlarının yağış rejiminde değişikliğe rastlanmamışken Sivrihisar ve Bolu meteoroloji istasyonlarının yağış rejimlerinde değişiklik olduğu tespit edilmiştir. Sivrihisar, Eskişehir Bölge ve Polatlı meteoroloji istasyonları İç Anadolu Yağış Rejimi’ne, Geyve ve Bolu ise Marmara Yağış Rejimi’ne sahiptir. Ancak rejim özelliklerinde değişiklik tespit edilen meteoroloji istasyonlarından Sivrihisar’ın yağış rejimi son dönemde (1995-2011) Temuçin’in (1990) yağış rejimi sınıflandırmasından Akdeniz-İç Anadolu Geçiş Tipi’ne benzerlik göstermiştir. Yağış rejiminde değişiklik tespit edilen bir diğer meteoroloji istasyonu olan Bolu 1980-1994 döneminde Temuçin’in (1990) yaptığı sınıflandırmaya göre Karasal Yağış Rejimi 1’e benzemektedir. Ortalama yağış miktarları ve yağış rejimi incelenen üç dönem içerisinde yağış ortalaması en düşük olan dönem 1980-1994 (ikinci

dönem) dönemidir. Eskişehir Bölge istasyonunda da ikinci dönemi oluşturan 1982-1990 dönemi yağış ortalamasının en düşük olduğu dönemi oluşturur.

Üç döneme ait yıllık ortalama akım miktarlarına bakıldığında Meşecik AGİ dışındaki dört akım gözlem istasyonunun akım miktarlarında her dönem düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir. Doğrusal eğilim çizgileri de akım miktarlarında azalış eğilimi olduğunu gösterir. Erinç'e (1957) göre İç Bölgeler Akarsu Rejimi'ne, Hoşgören'e (2013) göre Yağmurlu Akdeniz Rejimi'ne (Aktaş, Doğançay, Dokurcun, Meşecik) ve Kar Rejimi'ne (Eşenkara) benzeyen akarsuyun rejim özelliklerinde değişiklik yoktur.

Sakarya Nehri Havzası için belirlenen meteoroloji istasyonlarının sıcaklık ve yağış miktarlarında, akım gözlem istasyonlarının ise akım miktarlarında görülen değişikliklerin NAO ve ENSO gibi atmosfer salınımlarıyla bağlantısı incelendiğinde El Nino-Güneyli Salınım ile ilgili önemli bir değişikliğin olmadığı görülür. Ancak NAO ile bağlantılı bazı değişiklikler mevcuttur. Türkeş ve Erhat (2003) çalışmalarında 1963, 1968, 1969 ve 1978 yıllarının kış aylarında görülen nemli koşulların NAO indisinin negatif evresine bağlı olduğunu, Türkiye'de 1963 yılında yaygın ve güçlü nemli koşulların yaşandığını belirtmişlerdir. Sakarya Nehri Havzası'nda da 1968, 1969 ve 1978 yılları toplam yağış miktarında artış gözlenmektedir. Bu yıllarda akım miktarları da artış göstermiştir. Özellikle 1969 yılı Aktaş, Doğançay ve Eşenkara akım gözlem istasyonlarında araştırmayı kapsayan yıllar içerisinde yıllık ortalama akımın en yüksek olduğu yıldır. Yine Türkeş ve Erhat (2003) çalışmalarında 1973 ve 1989 yıllarında yağışın azalmasının NAO indisinin pozitif evresi ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir. Sakarya Nehri Havzası'nda da bu yıllarda yağış miktarları azalış göstermektedir. Yağış miktarlarındaki bu azalış akım miktarlarına da etki etmiş ve yıllık ortalama akım miktarları düşmüştür.

Sonuç olarak sanayi devriminden beri atmosfere salınan sera gazlarının oranı artmış ve insan kaynaklı küresel iklim değişikliği meydana gelmiştir. Bu insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması için fosil yakıtların kullanımı en aza indirilmelidir. Fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji üretimi sağlanmalıdır.

Bilindiği gibi ormanlar önemli bir karbon yutak alanıdır. Ancak orman alanlarının tahrip edilmesi bu yutak alanlarının azalmasına neden olarak karbon salınımını artırmaktadır. Orman alanları korunarak bu salınım azaltılabilir.

İklimin yağış ve sıcaklık elemanlarında meydana gelecek değişiklikler su kaynakları üzerinde etkisini göstermektedir. Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak su kaynaklarının miktarlarında ve su çevriminde değişikliklerin ortaya çıkması beklenmektedir. Eğer iklim değişikliğine karşı gerekli önlemler alınmazsa su sıkıntısı ortaya çıkacak, bu sıkıntı özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde daha ciddi bir problem haline gelecektir. Bundan dolayı su kaynaklarımız korunmalı ve en verimli şekilde kullanılmalıdır.

Yaz aylarında görülen sıcaklık artışları küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olarak görülmektedir. Bu çalışmada da son yıllarda yaz ayları sıcaklıklarında artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Yaz sıcaklıklarındaki artışlar ve yaz süresinin uzaması suya olan ihtiyacı artıracak, bu hava koşullarına ve iklime oldukça bağımlı olarak yapılan tarımsal faaliyetlerde de (Ustaoğlu-Karaca, 2010, 155) önemli bir konu haline gelecektir. Tarım ürünlerinin suya olan ihtiyacı artacaktır. Suyu en verimli şekilde kullanabilmek için sulamanın doğru zamanda yapılması ve buharlaşma ile su kaybının en az olacağı sulama yönteminin tercih edilmesi gerekmektedir.

Küresel iklim değişikliği nedeniyle sel, taşkın, kuraklık, erozyon gibi doğal afetlerin sıklıklarında artışlar yaşanabilir. Bunun için doğal afet riskleri belirlenmeli, erken uyarı sistemleri geliştirilmeli, ağaçlandırma çalışmaları yapılmalı, taşkın riski olan akarsularda mevcut altyapı sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Akengin, Hamza - Dölek, İskender. Türkiye Fiziki Coğrafyası. Ankara: Pegem Akademi, 2015.
- Aksay, Cemal Seçkin - Ketenoglu, Osman - Kurt, Latif. "Küresel Isınma ve İklim Değişikliği". Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi 1/25 (2005): 29-41.
- Akyol, İbrahim Hakkı. "Türkiye'de Akarsu Sistemleri ve Rejimleri". Türk Coğrafya Dergisi 0/9-10 (1947): 1-36.
- Akyol, İ.Hakkı. "Türkiye'de Akarsu Rejimleri 1". Türk Coğrafya Dergisi 0/11-12 (1949): 1-34.
- Ardel, Ahmet. "Yukarı Sakarya Havzası (Morfolojik Etüd)". Türk Coğrafya Dergisi 0/13-14 (1955): 3-24.
- Atalay, İbrahim. Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri. İzmir: Meta Basımevi, 2002.
- Atalay, Ayşe. Sakarya Nehri'nin Aylık ve Yıllık Akım Değerlerinin İstatistiksel Analizi ve Yağış Tutarları İle Korelasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2008.
- Atalay Dutucu, Ayşe. "Sakarya'nın Hidrografik Özellikleri". Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri. Ed. Cercis İkiel. 219-248. İstanbul: Sakarya Üniversitesi Yayınları, 2018.
- Atıcı, Tahir. "Sakarya Nehri Kirliliği ve Algler". Ekoloji Çevre Dergisi 24 (1997): 28-32.
- Atıcı, Tahir - Ahıska, Seyhan. "Pollution And Algae Of Ankara Stream". Gazi Üniversitesi Journal of Science 18/1 (2005): 51-59.
- Aygün, Kemal. Bilecik Şehir Coğrafyası. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 1998.

Bahadır, Muhammet. “Kızılırmak Nehri Akım Değişimlerinin İstatistiksel Analizi”. Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic Volume 6/3 (2011): 1339-1356.

Başkaya, Zafer. Osmaneli İlçesinin Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, 2012.

Bayazıt, Mehmetçik - Cıgızoğlu, Kerem - Önöz, Bihrat. “Türkiye Akarsularında Trend Analizi”. Türkiye Mühendislik Haberleri 420-421-422 (2002): 8-59.

Bayraktar, Seyfullah. Hatip Çayı (Ankara) Diyotome Florası. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 1988.

Bilgin, Turgut. “Orta Sakarya Vadisinin Jeomorfolojisi”. Coğrafya Araştırmaları Dergisi (Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu Yayını) 2/2 (1990): 161-193.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve D.A.E Meteoroloji Laboratuvarı. “İklim Değişikliği”. Erişim: 11 Haziran 2019.
<https://meteoroloji.boun.edu.tr/iklimdegisimi.php>.

Bulut, Emin. Sakarya Akarsuyu Havzası’nın Hidrolojik Etüdü ve Planlanması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 1998.

Büyükyıldız, Meral - Berktaş, Ali. “Parametrik Olmayan Testler Kullanılarak Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi”. Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 19/2 (2004): 23-38.

Çelebi, Ahmet - Özdemir, Saim. “Sakarya İli Ölçeğinde Su Varlığı, Projeksiyonu ve Sürdürülebilir Su Yönetimi”. Sakarya Ticaret Borsası 53 (2015): 1-35.

Demir, Hümeysra - Martı, Ali İhsan. “Güneyli Salınımın İç Anadolu Bölgesi Yıllık Yağış Eğilimlerine Etkisi”. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi 2/3 (2019): 122-133.

Devlet İstatistik Enstitüsü. “Türkiye İstatistik Yıllığı”. İstatistik Enstitüsü Yayınları No: 2466, 2001.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. “Toprak ve Su Kaynakları”. Erişim: 8 Mayıs 2019.
<http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>.

Doğan, Seyhun - Tüzer, Mutlu. “Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri”. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 12/1 (2011): 21-34.

EC-DGE (European Commission-Directorate General Environment) (2005), “The Impacts and Costs of Climate Change”, http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/final_report2.pdf.

Ediger, Volkan Ş. Türkiyede İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Enerji. İstanbul: ENİVA-Enerji ve İklim Değişikliği Vakfı, 2013.

Erinç, Sırrı. “Türkiye’de Akarsu Rejimlerine Toplu Bakış”. Türk Coğrafya Dergisi 0/17 (1957): 93-118.

Erinç, Sırrı. Klimatoloji ve Metodları. İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım, 1996.

Erlat, Ecmel. İklim Sistemi ve İklim Değişimleri. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 2010.

Erol, Oğuz. Genel Klimatoloji. İstanbul: Çantay Kitapevi, 2011.

Fıstıkoğlu, O. - Biberoğlu, E. Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Önlemleri. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu. Ankara, 2008.

Günek, Halil - Karadoğan, Sabri. “Yukarı Karasu (Fırat) Havzasında Kar Yağışlarının Akım Üzerine Etkisi”. 2. Ulusal Kar Kongresi (2000): 105-120.

Güner, Hüseyin Tuncay. Sakarya Havzası Akım Verilerinin Dendroklimatolojik Yöntemlerle Rökonstrüksiyonları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, 2010.

Güngördü, Ersin. Türkiye’nin Coğrafyası. Ankara: Asil Yayın Dağıtım, 2003.

Gürlelel, Can Fuat. Dünyaada Çok Taraflı Denge ve Türkiye İçin Yakın Gelecek, İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayını, 2002.

Hays, J.D., Imbrie, J., Shackleton, N.J. Variations in the Earth’s orbit: Pacemaker of the ice ages. Science, 194(4270), 1121-1132. 1976.

Hoşgören, Yıldız. Hidrografiya’nın Ana Çizgileri I. İstanbul: Çantay Kitabevi, 2013.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., et al. (eds.)]. Cambridge University Press: Cambridge and New York.

IPCC. 1996. Climate Change 1995, Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson R, T., et al., eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.

İkiel, Cercis. "Türkiye Fiziki Coğrafiyasına Genel Bir Bakış". Yeni Türkiye Dergisi 4 (1998): 104-115.

İkiel, Cercis - Atalay, Ayşe. "Sustainable Use of Water Resources and Insensitivity of the Human". 31 st IMISE Conference (2-7- July- 2007) Naples, İtaly.

İnandık, Hamit. “Ege Bölgesi Akarsularının Rejimleri”. Türk Coğrafiya Dergisi 0/18-19 (1958): 78-100.

İnandık, Hamit - Cöntürk, Hüseyin. “Türkiye Akarsularının Bazı Hidrolojik Özellikleri”. Türk Coğrafiya Dergisi 0/20 (1960): 65-70.

İnandık, Hamit. “Sakarya’nın Rejimine Dair Küçük Bir Not”. Türk Coğrafiya Dergisi 0/18-19 (1958): 187-0.

Kadioğlu, Mikdat. “Küresel İklim Değişimi ve Türkiye”. Sel-Heyelan-Çığ Sempozyumu. Kongre Sempozyum Bildiriler Kitabı. 2007.

Kadioğlu, Mikdat. “Küresel İklim Değişikliğine Uyum Stratejileri”. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Kar Hidrolojisi Konferansı Bildiri Kitabı. Erzurum: 2008.

Kanber, Rıza - Baştuğ, Ruhi - Büyüktaş, Dursun - Ünlü, Mustafa - Kapur, Burçak. “Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları ve Tarımsal Sulamaya Etkileri”. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1. 83-118. Ankara: 2010.

Karaman, Sedat - Gökalp, Zeki. “Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri”. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 1 (2010): 59-66.

Kaymaz, Beyza - İkiel, Cercis. “Geyve-Pamukova Havzasında Arazi Degradasyonu”. 1. Uzaktan Algılama CBS Çalıştay ve Paneli (UZAL-CBS-2006). İstanbul Teknik Üniversitesi. 2006.

Kılıç, Selim. “Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi”. İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi 39 (Ekim 2008): 161-186.

Kılıç, Derya Evrim - İkiel, Cercis. “Vegetation Geography of Western Part of Elmacık Mountain, Turkey”. Journal of Environmental Biology 33 (2012): 293-305.

Koç, Derya Evrim. “Sakarya’nın Bitki Örtüsü Özellikleri”. Sakarya’nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri. Ed. Cercis İkiel. 287-315. İstanbul: Sakarya Üniversitesi Yayınları, 2018.

NASA, (2012) “NASA Finds 2011 Ninth-Warmest Year on Record” <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/2011temps.html>

Okkan, Umut. İklim Değişikliğinin Akarsu Akışları Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 2013.

Ocak, Atila - Orhan, Ayşe - Özdeniz, Ebru. “Flora of Porsuk Stream and Surrounding”. Biological Diversity and Conservation 5/2 (2012): 41-52.

Özel, Nadire - Kalaycı, Serdar - Sevimli, Mehmet F. - Büyükyıldız, Meral. “Sakarya Nehri Havzası Aylık Akım Verilerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Trend Analizi”. Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 19/2 (2004): 1-22.

Özgür, Ertuğrul Murat. Pamukova Coğrafyası. Ankara: Ekol Yayınevi, 1996.

Özkul, Sevinç - Fıstıkoğlu, Okan - Harmancıoğlu, Nilgün. “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Büyük Menderes ve Gediz Havzaları Örneğinde Değerlendirilmesi”. TMMOB 2.Su Politikaları Kongresi. 309-322. Mattek Matbaacılık, 2008.

Öztürk, Kemal. “Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri”. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 22/1 (2002): 47-65.

Samur, Hayriye. “Küresel İklim Değişiminin Etkileri ve Uluslararası Alandaki Mücadele Stratejileri”. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı Bildiriler Kitabı. Ed. S. Kalaycı - M. E. Aydın. 245-258. Konya: Damla Ofset, 2008.

Saraçoğlu, Hüseyin. Bitki Örtüsü Akarsular ve Göller. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi, 1990.

Saya, Ömer - Güney, Emrullah. Türkiye Bitki Coğrafyası. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 2014.

Su Çalışma Grubu. “Su Hakkı Raporu”. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2009. http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/16165_02_30.pdf.

Sütgibi, Semra. “Büyük Menderes Havzasının Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerlerindeki Değişimler ve Eğilimler”. Marmara Coğrafya Dergisi 31 (2015): 398-414.

Şen, Zekai. İklim Değişikliği ve Türkiye Su Kaynaklarına Etkisi. İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2002.

Şen, Zekai. İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi. 22 Mart Dünya Su Günü, "İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi" Paneli, 2005.

Şen, Ömer Lüfti - Bozkurt, Deniz - Göktürk, Ozan Mert - Dünder, Berna - Altürk, Bahadır. “Türkiye’de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri”. 2013. http://ipc.sabanciuniv.edu/en-old/wp-content/uploads/2012/10/Bildiri_Omer_L_Sen_vd_2013.pdf.

Tağıl, Şermin - Danacıoğlu, Şevki. Zeytinli Çayı Havzasında Akım-Yağış İlişkisi ve Trendi., Kazdağları 3.Ulusal Sempozyumu. Balıkesir, 2012.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Baraj Havzaları Yeşil Kuşak Ağaçlandırma Eylem Planı 2013-2017

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi”. 2016. http://iklim.ormansu.gov.tr/ckfinder/userfiles/files/Iklim_Nihai_Rapor_Sakarya_Ek_14_REV_nihai.pdf.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. “Acarlar Gölü Longoz Ormanı Sulak Alan Yönetim Planı 2016-2020”. 2016.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. “İklim Değişikliği ve Yapılan Çalışmalar”. 2008.

T.C. Sakarya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. “Sakarya İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu”. Sakarya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/son-sakarya-2017-cevre-durumu-raporu-20180806140843.pdf>.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. “Dünya’da Su”. Erişim: 8 Mayıs 2019. <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=3>.

Tekkanat, İlyas Sadık. Porsuk Çayı Havzasında Yağış Şiddeti İle Akarsu Akımları Arasındaki İlişki ve Eğilimlerin Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 2015.

Tekkanat, İlyas Sadık - Sarış, Faize. “Porsuk Çayı Havzasında Akarsu Akımlarında Gözlenen Uzun Dönemli Eğilimler”. Türk Coğrafya Dergisi 64 (2015): 69-83.

- Tekkanat, İlyas Sadık. “Porsuk Çayı Üst Kesiminde Ortalama Akımların Şen Trend Metodu Kullanılarak Araştırılması”. Coğrafi Bilimler Dergisi 15/1 (2017): 49-57.
- Temuçin, Ecmel. “Aylık Değişme Oranlarına Göre Türkiye’de Yağış Rejimi Tipleri”. Ege Coğrafya Dergisi 5/1 (1990): 160-183.
- Tunçdilek, Necdet. “İç Anadolunun Kuzey-Batı Bölümünde (Eskişehir Bölgesinde) Bitki Örtüsünün Dağılışına Toplu Bir Bakış”. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 7/1 (1957): 120-139.
- Turoğlu, Hüseyin. İklim Değişikliği Bağlamında İstanbul’un Su Yönetimi Problemleri (In the context of climate change, water management problems of İstanbul)., TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu. Ankara, 23-24 Ekim 2014a.
- Turoğlu, Hüseyin. “İklim Değişikliği ve Bartın Çayı Havza Yönetimi Muhtemel Sorunları”. Coğrafi Bilimler Dergisi 12/1 (2014b): 1-22.
- Türkeş, M., Sümer, U. ve Kılıç, G., 1996, El Lino Güneyli Salınım: Küresel Bir Okyanus/ Atmosfer Olayı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- Türkeş, Murat - Sümer, Utku M. - Çetiner, Gönül. “Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri”. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (Nisan 2000): 7-24
- Türkeş, Murat - Erhat, Ecmel. “Precipitation Changes and Variability in Turkey Linked to The North Atlantic Oscillation During The Period 1930-2000”. International Journal of Climatology 23 (2003): 1771-1796.
- Türkeş, Murat. “Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler”. İklim Değişikliği ve Çevre 1/1 (Mart 2008): 26-37.
- Türkeş, Murat. “Türkiye’de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme”. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi 4/2 (2012): 1-32.

Türkeş, Murat - Şen, Ömer Lütfi - Kurnaz, Levent - Madra, Ömer - Şahin, Ümit. “İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu”. 2013. <http://ipc.sabanciuniv.edu/publication/iklim-degisikliginde-son-gelismeler-ipcc-2013-raporu/>.

Türkeş, Murat. Genel Klimatoloji Atmosfer, Hava ve İklimin Temelleri. İstanbul: Kriter Yayınevi, 2017.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi (TÜBİTAK MAM). “Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Sakarya Havzası”. Proje Nihai Raporu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. 2013.

Ustaoglu, Beyza. Türkiye’de İklim Değişikliğinin Fındık Tarımına Olası Etkileri. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2009.

Ustaoglu, Beyza - Karaca, Mehmet. “Türkiye’de Sıcaklık Koşullarının Fındık Tarımına Olası Etkileri”. İTÜ Dergisi/d 9/3 (2010): 153-161.

Ustaoglu, Beyza. “Sakarya’nın İklim Özellikleri”. Sakarya’nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri. Ed. Cercis İkiel. 163-217. İstanbul: Sakarya Üniversitesi Yayınları, 2018.

Yazıcı, Hakkı. Orta Sakarya Vadisi’nin Coğrafi Etüdü “Yenice-Alpagut Arası”. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları, 1998.

Yıldız, Mehmet - Malkoç, Yüksel. Türkiye Akarsu Havzaları ve Hidrolojik Kuraklık Analizi. Ankara: EİE, 2000.

Yücel, Talip. “Fırat Nehrinin Rejimi Üzerine Bir Deneme”. Dil ve Tarih - Coğrafya Fakültesi Dergisi 13/4 (1955): 95-111.

Yücel, Talip. “Kızılırmak’ın Rejimi ve Hirfanlı Barajı”. Dil ve Tarih - Coğrafya Fakültesi Dergisi 16/1-2 (1958): 109-140.

Yüksel, İbrahim - Sandalcı, Mehmet - Çeribaşı, Gökmen - Yüksek, Ömer. “Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri”. 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı. 51-58. Mattek Matbaacılık, 2011.

WMO. 1999. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1998, WMO-No. 896, World Meteorological Organization, Geneva



ÖZGEÇMİŞ

24.09.1995'te Sakarya'da doğdu. İlköğretim ve ortaöğretimi Pamukova'da tamamladı. 2013 yılında Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nde başladığı lisans eğitimine yatay geçiş yaparak Sakarya Üniversitesi'nde devam etti. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Coğrafya Bölümü'nden mezun oldu. Mezun olduğu 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

