

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

PORSUK ÇAYI HAVZASINDA YAĞIŞ ŞİDDETİ İLE AKARSU AKIMLARI
ARASINDAKİ İLİŞKİ VE EĞİLİMLERİN ANALİZİ

Yüksek Lisans Tezi

Hazırlayan
İLYAS SADIK TEKKANAT

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. FAİZE SARIŞ

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No:175

Çanakkale – 2015

TAAHHÜTNAME

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Porsuk Çayı Havzasında Yağış Şiddeti ile Akarsu Akımları Arasındaki İlişki ve Eğilimlerin Analizi**” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

13.08.2015

İlyas Sadık Tekkanat

İmza



Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne

İlyas Sadık TEKKANAT'a ait **"Porsuk Çayı Havzasında Yağış Şiddeti ile Akarsu Akımları Arasındaki İlişki ve Eğilimlerin Analizi"** adlı çalışma, jürimiz tarafından Coğrafya Anabilim Dalı, **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Başkan Doç. Dr. Hasan TATLI
Akademik Unvanı, Adı Soyadı

Üye Yrd. Doç. Dr. Faize SARIŞ
Akademik Unvanı, Adı Soyadı

Üye Yrd. Doç. Dr. Tolga GÖRÜM
Akademik Unvanı, Adı Soyadı

Tez No: 10084851

Tez Savunma Tarihi: 13.08.2015

ONAY

Doç. Dr. Şerif KORKMAZ

Enstitü Müdürü

13.08.2015

ÖZET

Hızlı çevresel değişiklikler su kaynakları üzerinde ciddi baskılar oluşturur. Porsuk Çayı Havzası, kentleşme ve sanayinin geliştiği, su kirliliği ve taşkınların önemli bir sorun olarak gözlendiği bir alandır. Porsuk Çayı Havzası'nda yağış karakterinde ve akarsu akımlarında gözlenen değişim ve değişkenlik desenlerinin anlaşılması su kaynaklarının planlanması ve suyla ilgili çevresel sorunlara çözüm üretilmesi bakımından önem taşır. Bu çalışmada, Porsuk Çayı Havzasının yağış şiddeti ve maksimum akım arasındaki ilişkiler ile alansal-zamansal değişkenlik desenlerinin anlaşılması için yağış şiddeti, akım rejimi özellikleri ve çeşitli hidroklimatolojik değişkenlerdeki uzun dönemli eğilimler incelendi. Yapılan analizlerle Türkiye'nin hidroklimatolojisine yeni veri ve bulgular sunulması amaçlandı.

Akım ve yağış şiddetindeki eğilimler: Mann-Kendall, Spearman Rho ve Mann Kendall Sıra Korelasyon testleri ile test edildi. Trendlerin lineer eğimleri, *Sen'in Trend Eğim* metodu ile belirlendi. Trendlerdeki homojenlikler ise *Gidişler Sınaması* ile kontrol edildi. Trendi etkileyen etmen ve süreçlerin anlaşılabilmesi için trend analizi ile birlikte *Pearson ve Spearman Sıra Korelasyon* analizleride yapıldı.

Trend ve korelasyon analizi sonuçlarına göre; hem hafif şiddetli (Kütahya Ekim ayı hariç) hem de orta şiddetli yağışlarda tüm aylarda havza bütününde azalma eğilimleri tespit edildi. Havza genelinde, sıcak dönemde hafif yağışlarda anlamlı azalma eğilimleri tespit edilirken, orta şiddetli yağışlarda cephesel faaliyetlerin etkili olduğu dönemlerde anlamlı azalma eğilimleri tespit edildi. Kritik yıllar ise önemli kurak yıllara ve ekstrem atmosferik salınım dönemlerine karşılık gelmemektedir. Ortalama akımların %56.7'si ve maksimum akımların %65'inde, 0.05 önem seviyesinde azalan yönde anlamlı trendler tespit edildi. Negatif trendin başlangıç yılı, 1980'li yıllarda yoğunlaşmaktadır. Hafif ve orta şiddetli yağışlar ile maksimum akımlar arasındaki ilişki, kuvvetli bir ilişkiden ziyade çok zayıf /zayıf bir ilişkidir.

ABSTRACT

Rapid environmental changes create serious stress on water resources. Porsuk Creek Basin is an area where urbanization and industrialization are developing, water pollution and flood are observed as an important problem. Understanding change and variability patterns in precipitation character and riverflows in Porsuk Creek Basin is of vital importance in terms of planning water resources and producing solution for water-related environmental problems. In this study, rainfall intensity and riverflow regime characteristics of the Porsuk Basin and long-term trends in several hydroclimatological variables were examined for providing an insight for relationships between rainfall and riverflow, and also spatiotemporal variability patterns over the basin. It is aimed to bring new research findings to hydroclimatology of Turkey.

Trends in rainfall intensity and riverflows were detected by using the Mann-Kendall, Spearman's Rho and Mann-Kendall Rank Correlation tests. The linear slopes of trends were determined by *Sen's Estimator of Slope* method. Homogenities in trends were controlled by the *Run test*. To understand factors and processes affecting trends Pearson and Spearman Rank Correlation analyses were evaluated together with trend analysis.

According to trend and correlation analysis results, decreasing trends [both in light (except October in Kütahya) and moderate rainfalls (mm/day) series)] were detected all over basin. Significant decreasing trends in light rainfalls were detected during warm period, while serious negative trends in moderate rainfalls were observed in frontal activity period of the year throughout the basin. Critical years correspond to important dry years and extreme oscillation periods. The 56.7% of mean riverflows and 65% of maximum riverflows exhibit significant decreasing trends at 0.05 significance level. The starting point for detected negative trend in the time series is concentrated at 1980s. A weak correlation exist between moderate intensity rainfall and maximum riverflow series.

ÖNSÖZ

“Porsuk Çayı Havzasında Yağış Şiddeti ile Akarsu Akımları Arasındaki İlişki ve Eğilimlerin Analizi” isimli yüksek lisans tez çalışması, havza ölçeğinde yapılan hidroklimatolojik bir çalışmadır.

Bu çalışmada Porsuk Çayı havzasına ait bir yağış şiddeti sınıflaması oluşturmak, yağış ve akım rejim karakterini belirlemek, yağış şiddeti ile akımdaki trendleri ve korelasyonları değerlendirerek mekânsal ve zamansal farklılıkları nedenleriyle birlikte ortaya koymak amaçlandı.

Bu tez, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından SYL-2014-175 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Tezin hazırlanma aşamasında, bilgi ve tecrübeleriyle yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Faize SARIŞ’a, çalışma sahasının fiziki coğrafya özelliğiyle ilgili harita malzemelerinin elde edilmesinde ve sonuçların yorumlanmasında büyük katkıları olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Muhammed Zeynel ÖZTÜRK’e ve dijital ortamda kullanılabilir jeoloji haritaların temin edilmesindeki katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Telat KOÇ’a teşekkür ederim. Ayrıca bu yüksek lisans tezini maddi açıdan destekleyen Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine ve hayatımı anlamlı hale getiren tüm bölüm hocalarıma, aileme ve arkadaşlarıma -özellikle dostum Rıdvan KAHRAMAN’a- teşekkür eder saygılar sunarım.

İlyas Sadık TEKKANAT.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	xi
GİRİŞ.....	1
1. Önceki Çalışmalar.....	3
2. Veri ve Yöntem.....	11
2.1 Veri.....	11
2.2 Yöntem.....	12
2.3 Morfometrik Analiz.....	12
2.4 Veri Tamamlama.....	12
2.5 Türdeşlik ve Rasgelelik Çözümlenmeleri.....	13
2.6 Eğilim Analizi.....	14
2.7 Korelasyon Analizi.....	15
BÖLÜM I	
ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFİ KONUMU VE ÖZELLİKLERİ.....	17
1.1 Çalışma Alanı.....	17
1.2 Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler.....	19
1.2.1 Jeolojik Özellikler	19
1.2.1.1 Genel Tektonik Özellikler.....	19

1.2.1.2 Jeolojik Birimlerin Mekansal Dağılışı.....	21
1.2.2 Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral.....	24
1.2.3 Yükselti Değişim Aralığı.....	27
1.2.4 Eğim Özelliği.....	27
1.2.5 Asimetri Faktörü.....	29
1.2.6 Havza Şekil (Biçim) Faktörü.....	30
1.3 İklim Özelliği.....	31
1.3.1 Yağış ve Sıcaklık Özelliği.....	31
1.3.2 Yağış Toplamı ve Yıllık Sıcaklık Ortalamasının Mekânsal Değişimi.....	33
1.3.3 Maksimum Kar Örtüsü Kalınlığı ve Ortalama Orajlı Gün Sayıları.....	35
1.3.4 Evapotranspirasyon (Buharlaşma- Terleme) Özellikleri.....	37
1.3.5 Bağıl Nem Özellikleri.....	39
1.3.6 Rüzgâr Özellikleri.....	42
1.3.7 İklim Tipi.....	45
1.4 Hidrolojik Özellikler.....	45
1.4.1 Drenaj Özelliği.....	45
1.4.1.1 Drenaj Yoğunluğu.....	46
1.4.1.2 Drenaj Tipi.....	47
1.4.1.3 Yüzey Eğriliği.....	47
1.4.1.4 Akış Uzunluğu.....	48
1.4.2 Doğal ve Yapay Göller (Barajlar).....	49
1.4.3 Kaynaklar.....	52
1.5 Doğal Bitki Örtüsü Özelliği.....	53
1.6 Toprak Özelliği.....	54
1.7 Genel Arazi Kullanım Özelliği.....	56

1.8 AKK Özelliği.....	58
------------------------------	-----------

BÖLÜM II

BULGULAR.....	61
----------------------	-----------

2.1 Yağış Şiddeti Karakteri.....	61
---	-----------

2.2 Akım Rejim Özellikleri.....	66
--	-----------

2.3 Akarsu Akımlarında Gözlenen Eğilimler.....	69
---	-----------

2.4 Yağış Şiddeti – Akım İlişkisi.....	77
---	-----------

BÖLÜM III

TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	78
----------------------------------	-----------

KAYNAKÇA.....	82
----------------------	-----------

KISALTMALAR

Böl. : Bölüm.

Çev. : Çeviren.

D. : Dergi(si) .

Der. : Derleyen.

Ed. : Editör.

Eds. : Editors.

No. : Numero/Numara.

Nu. : Number.

P. : Page.

S. : Sayfa.

Vol. : Volume.

AGİ : Akım Gözlem İstasyonu.

Mİ : Meteoroloji Gözlem İstasyonu.

HGK : Harita Genel Komutanlığı.

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri.

TIN : Triangulated Irregular Network.

AKK : Arazi Kullanım Kabiliyeti.

T.C. : Türkiye Cumhuriyeti.

OGM : Orman Genel Müdürlüğü.

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Çalışma alanının coğrafi konum haritası.	18
Şekil 1.2: Türkiye ve yakın çevresinin tektonik haritası.	19
Şekil 1.3: Porsuk Çayı Havzasının yalınlaştırılmış neotektonik haritası.	20
Şekil 1.4: Porsuk Çayı Havzasının fay-drenaj haritası.	21
Şekil 1.5: Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlerine göre kayaç türlerinin alansal dağılışı özellikleri.	23
Şekil 1.6: Porsuk Çayı Havzası ve kesimlerinin/bölümlerinin yükselti kademelerinin bindirilmiş kümülatif toplam eğrileri (a) ve bindirilmiş hipsometrik eğrileri (b).	25
Şekil 1.7: Porsuk Çayı Havzasının fizyografik görünümü.	26
Şekil 1.8: Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlerine göre eğim gruplarının alansal özellikleri.	28
Şekil 1.9: Eskişehir istasyonunda aylık ortalama sıcaklık ve yağış dağılışı (1970-2011).	32
Şekil 1.10: Kütahya istasyonunda aylık ortalama sıcaklık ve yağış dağılışı (1970-2011).	32
Şekil 1.11: Sivrihisar istasyonunda aylık ortalama sıcaklık ve yağış dağılışı (1970-2011).	32
Şekil 1.12: Çalışma sahasında yıllık toplam yağışın (a) ve yıllık ortalama sıcaklığın (b) mekânsal değişimi.	34
Şekil 1.13: Eskişehir (B), Sivrihisar (C), Kütahya (D) istasyonuna ait en yüksek kar örtüsü kalınlığı ve orajlı gün sayılarının yıl içerisindeki değişimi (1975-2006).	36
Şekil 1.14: Dumlupınar (a), Kütahya (b), Eskişehir (c), Sivrihisar (d) meteoroloji istasyonlarının Thornthwaite (1948) su bilançosu diyagramı ile gösterimi.	38
Şekil 1.15: Porsuk Çayı Havzası aylık ortalama bağıl nem değişimleri.	40
Şekil 1.16: Kütahya istasyonu yıllar arası ortalama bağıl nem değişimleri.	41
Şekil 1.17: Eskişehir istasyonu yıllar arası ortalama bağıl nem değişimleri.	41
Şekil 1.18: Sivrihisar istasyonu yıllar arası ortalama bağıl nem değişimleri.	42

Şekil 1.19:Kütahya, Eskişehir ve Sivrihisar meteoroloji istasyonlarında aylara ait esme sayıları (1975-2006).	43
Şekil 1.20: Kütahya, Eskişehir ve Sivrihisar istasyonuna ait rüzgâr gülü, hâkim rüzgâr yönü ve hâkim rüzgârın frekansı (%).	44
Şekil 1.21: Araştırma sahasının Plan Eğrilik Derecesi haritası.	48
Şekil 1.22: Doğal Akış Uzunluğu (Flow Length) haritası.	49
Şekil 1.23: Porsuk Çayı ve yakın çevresindeki doğal ve yapay göllerin dağılışı.	51
Şekil 1.24: Su kaynaklarının havza bölümleri ölçeğinde mekânsal dağılımı.	52
Şekil 1.25: Toprak sınıflarının (a) Bütün Havza (b) havza bölümlerine göre dağılımları.	54
Şekil 1.26: Porsuk Çayı Havzası doğal bitki örtüsü dağılışı haritası.	55
Şekil 1.27: Porsuk Çayı Havzası ve havza bölümlerinde Büyük Toprak Gruplarının dağılışı haritası.	56
Şekil 1.28: Güncel Arazi Kullanım sınıflarının (a) Bütün Havza (b) havza bölümleri içerisindeki dağılımları.	57
Şekil 1.29: Porsuk Çayı Havzası genel arazi kullanım haritası.	58
Şekil 1.30: Porsuk Çayı Havzası'nın arazi kullanım kabiliyetleri haritası.	59
Şekil 1.31: AKK sınıflarının (a) Bütün Havza (b) havza bölümleri içerisindeki dağılımları.	60
Şekil 2.1: Kütahya istasyonu aylık hafif/normal şiddetli yağışların kutu grafikleri.	62
Şekil 2.2: Kütahya istasyonu aylık orta şiddetli yağışların kutu grafikleri.	62
Şekil 2.3: Eskişehir istasyonu aylık hafif/normal şiddetli yağışların kutu grafikleri.	63
Şekil 2.4: Eskişehir istasyonu aylık orta şiddetli yağışların kutu grafikleri.	63
Şekil 2.5: Eskişehir ve Kütahya istasyonlarına ait hafif şiddetli yağış oranlarının yıllar arası değişimi (1970-2011).	65
Şekil 2.6: Eskişehir ve Kütahya istasyonlarına ait orta şiddetli yağış oranlarının yıllar arası	

değişimi (1970-2011).	65
Şekil 2.7: Porsuk Çayı Havzası (a) ortalama, (b) maksimum ve (c) minimum akımlara ilişkin rejim grafikleri.	68

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Çalışmada kullanılan yağış şiddeti sınıfları (basamakları).	16
Tablo 1.1: Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlerine göre hipsometrik integral sonuçları.	26
Tablo 1.2: Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlerine göre yükselti değişim aralıkları.	27
Tablo 1.3: Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlere göre eğim özellikleri.	29
Tablo 1.4: Porsuk Çayı Havzası ve havza bölümlerinin asimetri sonuçları.	30
Tablo 1.5: Porsuk Çayı Havzası ve havza bölümlerin şekil analizi.	31
Tablo 1.6: İnceleme sahasında aylık ve yıllık amplitüd değerleri (°C).	34
Tablo 1.7: Eskişehir, Kütahya ve Sivrihisar meteoroloji istasyonlarına ait uzun dönemli bağıl nem değerleri (1975-2006).	39
Tablo 1.8: Porsuk Çayı Havzası ve çevresinde yer alan istasyonlara ait ortalama rüzgâr hızları (m/s).	43
Tablo 1.9: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanının ayrıntılı iklim türleri.	45
Tablo 1.10: Porsuk Çayı Havzasındaki barajlar ve kullanım amaçları.	49
Tablo 2.1: 1970-2011 Eskişehir Mİ'ye ait aylık yağış şiddeti trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).	64
Tablo 2.2: 1970-2011 Kütahya Mİ'ye ait aylık yağış şiddeti trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).	64
Tablo 2.3: 1970-2011 D12A033 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).	70
Tablo 2.4: 1970-2011 E12A003 AGİ'ye ait aylık ortalama akımla trend analiz sonuçları. ($\alpha = 0.05$).	70
Tablo 2.5: 1970-2011 D12A034 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları	

($a = 0.05$).	71
Tablo 2.6: 1970-2011 D12A054 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($a = 0.05$).	71
Tablo 2.7: 1970-2011 E12A048 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($a = 0.05$).	72
Tablo 2.8: 1970-2011 D12A033 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($a = 0.05$).	73
Tablo 2.9: 1970-2011 E12A003 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($a = 0.05$).	74
Tablo 2.10: 1970-2011 D12A034 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($a = 0.05$).	74
Tablo 2.11: 1970-2011 D12A054 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($a = 0.05$).	75
Tablo 2.12: 1970-2011 E12A042 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($a = 0.05$).	75
Tablo 2.13: Porsuk Çayı Havzası trend başlangıç yılları ($a = 0.05$).	76

GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği sürecinde en önemli konulardan birini de yağış paternlerinde görülen değişkenlik oluşturur. Yağışın değişen karakteri, bazı bölgelerde mevsimselliğin belirginleşmesi, bazı alanlarda yağış azlığı, bazı alanlarda ise yağış şiddetinin artması biçiminde gerçekleşir. Yağışın doğal değişkenliğinin fazla olması (çok kısa mesafelerde ve yıldan yıla büyük farklılıklar göstermesi) yağışa ilişkin analizlerin detaylandırılması gereksinimini ortaya çıkarır. Yağışın azlığı, kuraklık ve dolayısıyla su azlığı gibi problemlere yol açarken; yağış şiddetinin artması sel ve taşkın gibi doğal afetlere neden olmaktadır.

Ülkemizde görülen doğal afetler genelde atmosfer kökenli olup, bu afetlerin başında taşkın, sel, kuraklık ve bu afetlerin tetikledikleri diğer afet türleri gelir. Afetlerin yaşanmasında, havzanın fizyografik özellikleri yanında iklimin doğal değişkenliğindeki sapmalar ve çeşitli beşeri faaliyetler başı çekmektedir. Bu tür afetler özellikle gelişmemiş ülkelerde ciddi sosyo-kültürel ve ekonomik zararlara yol açmaktadır. Bu ülkelerde; hızlı nüfus artışı ve beraberindeki plansız kentleşme, bitki örtüsü tahribi, arazi degradasyonu gibi sorunlar afet risk yönetimi uygulamalarının da yetersiz kalmasıyla birlikte zararın boyutunu arttırır (Şahin ve Sipahioğlu 2009; Turoğlu ve Özdemir 2005).

Atmosferik kökenli afetlerin oluşumunda en önemli meteorolojik faktör yağış ve yağış özellikleridir. Bu özelliklerin başında ise yağış şiddeti, yağış süresi ve yağış frekansı gelir. Yağmur şeklinde gerçekleşen şiddetli yağışlar, pik debileri yükselterek ani taşkınlara ve ani sellerin (flash floods) yaşanmasına yol açabilir. Bu tür yağışlarda pik debiler daha yüksek, pike ulaşma süresi ve konsantrasyon süresi ile taşkın süresi daha kısadır. Özellikle ani ve kuvvetli yağışlarda beşeri ve fizyografik şartlar uygun olduğunda, şehir sellerinin yaşanması kaçınılmazdır. Şiddetli yağışlar, sadece sel ve taşkın gibi afetlerin yaşanmasına sebep olmaz; bunun yanında kinetik enerjisi artan su damlaları, normal hızda ilerleyen toprak erozyonunu kuvvetlendirir, doğal vejetasyonu ve tarım sahalarını tahrip eder ve siltasyona sebep olması nedeniyle baraj ömrünü kısaltır. Yer Sistemi üzerinde özellikle atmosfer-hidrolojik sistem arasındaki tüm bu karmaşık ilişki ve bağlantılar sonucu yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının yeterince beslenememesi, etkin su yönetimi ve afet yönetimi çalışmalarının hayata geçirilmesini zorlaştırır. Bu durumda, istatistiksel çalışmalarla üretilen yorumlanmış hidroklimatolojik veriler, su kaynaklarının planlanması ve işletilmesi

aşamalarında ve afet öncesi hazırlık çalışmalarında karar vericiler için, bir ışık kaynağı niteliği taşır. Bu nedenle, etkin su yönetimi ve Afet Acil Yardım Planlarının hazırlık aşamasında meteorolojik ve hidrolojik verilerin trend ve korelasyon analizleri oldukça önemlidir. Ayrıca, ortalama ve düşük akımlarla ilgili hidrolojik bilgilerin baraj ve haznelerin kapasitesinin hesabında ve baraj işletmesinde, taşkınlarla ilgili bilgiler taşkın yapılarının projelendirilmesi ve işletilmesinde, düşük akımlarla ilgili bilgiler su kalitesinin kontrolü ile ilgili problemlerde ve su temini projelerinde gerekli olduğu unutulmamalıdır (Bayazıt vd. 2002).

Hidrolojik bir birim olan havza ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmalar, yağış-akım ilişkisinin daha iyi anlaşılması ve daha doğru bir şekilde ortaya konulabilmesi için giderek önem kazanan bir yaklaşım haline geldi. Bu çalışmada da Sakarya Nehri'nin önemli bir kolu olan Porsuk Çayı Havzası'nda yağış şiddeti ve akım arasındaki ilişki incelendi. Bu amaç doğrultusunda: (1) Porsuk Çayı Havzası'nın yağış şiddeti özelliklerinin belirlenmesi (2) yağış şiddeti sınıflarındaki uzun-dönemli eğilimlerin incelemesi, (3) Akarsu akım rejim karakterinin ortaya konulması, (4) Akımlarda gözlenen eğilimlerin incelenmesi ve (5) yağış şiddeti ile maksimum akımlar arasındaki ilişkinin analizi çalışmaları gerçekleştirildi.

Böylelikle havzaya ilişkin detaylı ve güncel bir hidroklimatolojik analiz gerçekleştirilerek, hem son 40 yılda yağış şiddeti ve akımda gözlenen zamansal değişimler, hem de alansal farklılaşma ortaya konuldu.

1. Önceki Çalışmalar

Türkiye’de yağış miktarının mekânsal dağılışı üzerine yapılan ilk çalışmalar 19. yy’ın son çeyreğinde Avrupalılar tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalardaki rölyef bilgisinin eksikliği, İç ve Doğu Anadolu Bölgesi üzerinde meteoroloji istasyonlarının yokluğu ya/da azlığı ve var olan istasyonlardaki kayıt uzunluğunun yetersizliği gibi sebeplerden dolayı 1943 yılından önce doğru yağış haritaları üretilememiştir. 1950’den önce, dönemine göre en iyi ve en kapsamlı bilimsel çalışmayı Darkot (1943) yapmıştır. Araştırmacı, yağış tutarı ile rölyef arasındaki ilişkinin varlığını ortaya koyarak olası yağış tutarlarını tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmaya göre; ülke genelinde en çok yağış alan sahaları deniz kıyısına paralel dağ sıralarının denize bakan yamaçları oluştururken, en az yağış alan sahaları dağlarla çevrili çukur alanlar ve düzlükler oluşturur.

Türkiye’de yağış rejimi ile ilgili ilk çalışma, mevsimlik yağış miktarlarının yıllık yağış tutarları içindeki oranına göre mevsimlik maksimum ve minimum değerler dikkate alınarak yapılmıştır (Akyol 1944). Buna göre Türkiye’de 3 ana yağış rejim tipi (Karadeniz, Akdeniz ve Kara İçi Yağış Rejim Tipi) ortaya konmuş olmakla birlikte her rejim tipine ait ikişer tane de alt rejim tipi belirlenmiştir. Bunlardan biri ana rejim tipini temsil ederken diğeri geçiş bölgelerin rejim tipini temsil eder. Akyol’un çalışması geçiş rejim tiplerini ortaya koyması açısından önemli görünse de yağışın aylar içindeki dağılışını ve değişim oranını dikkate almaması çalışmada en büyük eksiklik olarak görülmektedir. Yine de, dönemine göre yapılmış en iyi çalışma özelliği gösterir. Daha sonraki yıllarda istasyon sayılarının artması, bilgisayar destekli istatistiksel analizlerin gelişmesiyle birlikte daha doğru yağış rejim bölgeleri oluşturma çalışmaları yapılmıştır (Akyol 1944; Türkeş, 1996; İkiel 2005; Sarış vd. 2010). Bu çalışmalar arasında, Sarış vd. (2010)’un “Türkiye Üzerinde Yağış Rejiminin Mekânsal Değişkenliği” adlı çalışması, yağış rejim bölgelerinin fiziksel olarak ayrıntılı bir şekilde yorumlanması açısından önem taşır. Çalışmanın en önemli çıktısını; Geçiş rejim bölgeleri, iç ve yüksek rölyefe sahip bölgelerdeki karışık paternin fiziksel olarak ortaya konması oluşturur. Bu kapsamda çalışmada 6 yağış rejim şekli (Rejim A, B, C, D, E, F) 5 yağış rejim büyüklüğü (Rejim 1, 2, 3, 4, 5) ile birlikte bu iki yağış rejim sınıflaması birleştirilerek 16 adet birleşik yağış rejim tipi ortaya konmuştur. Oluşturulan karışık yağış rejimlerini tekrar gruplandıran araştırmacı Kıyı rejimleri, Geçiş rejimleri ve İç rejimleri adı altında 3 ana yağış rejim tipi ortaya koymuştur. Kıyı

rejimlerinde belirgin Aralık piki (Kıyı Ege, Akdeniz, Marmara Bölgeleri) ile orta, orta-yüksek ve yüksek büyüklükler ve belirgin Ekim piki (Karadeniz kıyıları) ile orta-yüksek, yüksek, çok yüksek büyüklüklerin varlığında, kıyı alanlarında siklojenez denetimi altında meydana gelen orografik yağışların etkisi büyüktür. Cephesel ve konvektif yağışların kontrolünde olan geçiş rejimlerinde Aralık piki ve yağışların ilkbahara kayması ile birlikte orta ve orta-yüksek büyüklük görülür. Yağışların konvektif düzenekler tarafından kontrol edildiği İç rejimlerde ise Mayıs piki ile birlikte yağışlı ilkbahar dönemi ve karakteristik konvektif yağışların varlığı göze çarpar.

Dünyada yağış trend ve yağış karakteristikleriyle ilgili çalışmalara bakıldığında, Çin'in kuzeyinde Mongolia'nın iç kesimlerindeki yağışlarda bölge genelinde etkili bir azalma görülmektedir. Bölgede ekstrem yağışların baskınlığından ziyade daha çok hafif ve orta şiddetli günlük yağış olaylarının bölgede etkili olmaktadır. İlkbahar ve kış yağışları bölgede artarken, şiddetli kuraklıklar yaz mevsiminde beklenmektedir (Huang vd. 2015). Pakistan'ın Balochistan bölgesinde de hem yıllık hem de mevsimlik yağışlarda belirgin bir azalma deseni bulunmuş olmakla birlikte bölgenin kuzeybatısında şiddetli ve ekstrem kuraklıkların frekansı daha yüksektir. İç-doğu, güneybatı, güney ve güneydeki bazı izole olmuş kıyı kesimler yağışlardaki yüksek değişkenlikten dolayı özellikle kış ve kurak-nemli dönemlerde şiddetli kuraklıklara daha açıktır (Ashraf ve Routray 2015). Hırvatistan'da ise yağışlar büyük alansal değişkenlik ve büyük mevsimsel değişkenlik sergiler. Yıllık yağış miktarlarında dağlık bölgelerde ve bölgenin iç kesimlerinde önemli bir azalma, bölgenin doğusunda sonbahar yağışlarında önemli bir azalma göze çarpar (Gajić-Čapka vd. 2015). Daha geniş ölçekte Akdeniz bölgesinin büyük bölümünde -Afrika'nın kuzeyi, İtalya'nın güneyi ve İber yarımadasının batısındaki anlamlı olmayan hafif artış eğilimleri dışında- 1901-2009 dönemi yıllık yağış toplamalarında önemli (%95 güven düzeyinde) azalmalar gözlenmiştir (Philandras vd. 2011).

Türkiye'de yağışla ilgili trend çalışmalarına bakıldığında yıllık yağışların alansal değişkenliği ile birlikte zaman içerisindeki değişkenlik ve eğilimlerini inceleyen Türkeş (1996) çalışmasında: Ortalama yağış anomalilerinin yağış rejim bölgelerine göre değişme eğiliminde olduğunu Türkiye genelinde yaygın kuraklık olaylarının 1970'li ve 1990'lı yılları başında yaşandığını, bu dönemlerde yıllık yağış ve kış yağış anomalilerinde ciddi azalmaların olduğunu, azalmaların ise genel anlamda Akdeniz Yağış Rejim bölgesinde

daha belirgin olduğunu belirtmiştir. 1929-1993 dönemli yağış trend analizi çalışmasında ise Türkiye’de ortalama yağışlardaki anlamlı azalmaların Karadeniz’in kıyı kesimlerine ek olarak çoğunlukla ülkenin batısında ve güneyinde gözlemlendiği, azalmaların özellikle Ocak, Şubat ve Eylül ile birlikte yıllık ortalama yağışlarda gerçekleştiği belirtilmiştir (Partal ve Kahya 2006). Türkeş vd. (2009)’un 1930-2002 dönemli yağış toplamı trend çalışmasında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Havza ölçeğinde yapılmış çalışmalarda, çalışma sahasının içinde kaldığı Sakarya havzasında genel yağış trend sonuçları ve her aya ait belirlenen trend sonuçlarına göre azalan trendler bulunmuştur (Büyükyıldız 2004). Özellikle bu azalan trendler Aralık, Mart, Eylül ve Şubat aylarında havzanın kuzeyinde ve batısında yoğunlaşmaktadır. Artan yönde trendler ise çoğunlukla Ekim (genellikle havzanın kuzeybatısında) ve Ağustos (genellikle havzanın orta kesimleri) aylarına karşılık gelir. Kasım ayında ise hiçbir istasyonda trend bulunamamıştır. Yağış trenleri açısından havzada kritik yılları 1970 ve 1980’li yıllar oluşturur. Ekim ve Ağustos aylarında artan yöndeki trendlerinin başlangıç yılı 1980’li yıllara karşılık gelirken, azalan yönde belirlenen trendlerin başlangıç yıllarını ağırlıklı olarak 1970 ve 1980’li yıllar oluşturur.

Yağış özelliklerine ilişkin Sarış 2006; Erbekçi 2006; İrdem 2005’in alansal ve zamansal çözümleme çalışmalarında (sırasıyla yağış miktarı-yağış yoğunluğu, yağış olasılığı ve yağış şiddeti) en büyük uyum ve en dikkat çekici özellik kış mevsiminde görülür. Özellikle Sarış (2006); yağış tutarının kış mevsiminde Akdeniz ve Karadeniz yağış rejim bölgelerinde önemli bir azalma eğiliminde olduğunu belirtmiştir. Ayrıca çalışma da, yağış yoğunluğunda azalma eğilimlerinin, tüm mevsimlerde baskın olduğu ve azalma eğiliminin 1950 yılından sonra kuvvetlendiği ifade edilmiştir. Türkiye’de yağış olasılığının alansal ve zamansal çözümlemesine ilişkin ise Erbekçi (2006) çalışmasında; yağış olasılığı değerlerinde genel bir artış eğilimi olduğunu, azalma eğiliminin ise sadece kış mevsiminde (özellikle Ocak ve Şubat aylarında Akdeniz yağış rejim bölgesinde) görüldüğünü ortaya koymuştur.

Yağış şiddetine ilişkin ise Tümertekin’in (1954) “Note on the Rainfall intensity in Turkey” adlı çalışması ulusal literatürdeki ilk çalışmayı oluşturur. Çalışmada araştırmacı; yağış şiddetini 24 saat süresince düşen yağış miktarı olarak tanımlanmış ve şiddetli yağışların bölgelere, mevsimlere göre değiştiğini, Türkiye’de yüksek derecedeki şiddetli yağışların, KD’daki dağlık sahalar dışında güçlü/kuvvetli yağış veya sağanaklar ile

karakterize edildiğini belirtmiştir. Ayrıca Türkiye'nin özellikle batı, güney, iç ve güneydoğu kesimlerinin çok şiddetli yağmur sağanakları ile ayrıldığını, bu bölgelerde Mayıs-Ekim döneminde bir ayda düşen ortalama yağışların %20-50'sinin bir gün içerisinde düştüğünü hatta bu bölgeler içerisinde bir ayda düşmesi gereken yağışın bir günde düştüğü sahalara rastlandığını belirtmiştir. Kış boyunca ülke genelinde yağış şiddetinin düştüğü ya da düşmeye başladığı, ılık dönem (*warm season*) olarak tanımlanan Nisan-Eylül döneminde, ülkenin iç kesimlerinin kısa dönemli ya da kısa süreli güçlü sağanakların etkisi altında kaldığı ifade edilmiştir. Batı ve güney bölgelerse (Akdeniz ikliminin etkisi altında kalan sahalarda) güçlü sağanaklar açısından azami derecede uzun bir dönemsellik ile karakterize edilmiştir. Periyodun iç kısımlarda kısa olmasının daha az önemli olmadığını belirten araştırmacı; İç Anadolu'da bir kısa süreli kuvvetli bir yaz yağışının, yıllık toplam yağışın yaklaşık %25'ini oluşturduğunu, Aksaray örneğiyle açıklamış ve bunun gibi İç Anadolu'da birçok sahanın yer aldığını ve birçok örneğin verilebileceğini ifade etmiştir. Tümerekin ve Contürk'ün (1958) "Türkiye'de Günlük Maksimum Yağışlar" adlı çalışması ise Türkiye ölçeğinde şiddetli yağışların ve ekstrem yağışların coğrafi paterninin anlaşılması açısından önemli bir çalışmadır. Çalışma o dönemde yapılan monografya çalışmalarının ötesinde, yöntem ağırlıklı yönüyle dikkat çeker. Çeşitli zaman ölçeklerinde yağış şiddetlerinin frekanslara bağlı olarak bilinmesinin her türlü ekonomik faaliyet planlanması ve afet planlamasında önem arz ettiği ifade edilmiş olmakla birlikte çalışmanın amacı Türkiye ölçeğinde yağış karakterini anlamaktır. Günlük maksimum yağış miktarlarının frekans yönünden analizi Gumbel'in ekstrem değerler kuramı/yöntemi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Günlük maksimum ortalama yağış değerleri 20 ila 150 mm arasında değişmekte olup en geniş sahayı 30-40 mm oluşturmaktadır. Bu sahada yağış şiddetinin önem arz ettiği belirtilmiş ve bu sahadaki birçok istasyonda günlük yağışın yıllık yağışa nispetinin %10-15, hatta daha yüksek değerler gösterdiği ifade edilerek bu düşünce desteklenmiştir. Ortalama yağışların en yüksek olduğu sahalarda, önemsiz bazı sahalarda (intikaller) hariç, devamlı bir kuşak halinde kıyılar ve dağların denize bakan yamaçları boyunca uzanmaktadır. Kıyıda iç kesimlere doğru gittikçe günlük maksimum ortalamalarında bir azalma görülmektedir. En yüksek değerler Rize ve Antalya çevresinde görülürken en düşük değerler Tuz Gölü ve civarında görülmektedir. 10 ve 100 yılda bir meydana gelmesi muhtemel günlük maksimum yağış tutarlarının dağılım desenine bakıldığında ise kıyı kuşakta alansal daralma ve parçalanma dikkati çeker. Yapılan tüm

haritalarda olası ekstrem sahalara konumlarında pek değişme olmamakla birlikte, 10 ve 100 yılda bir meydana gelmesi muhtemel günlük maksimum yağış tutarlarının dağılışı deseninde özellikle plato ve plato görünümlü sahalarda çevresine göre yüksek yağış değerlerinin varlığı dikkati çeker. Bu çalışmanın yanında Yamanlar ve Nowland'ın (1961) "Türkiye'nin Zararlı Yağmurlar Haritası" adlı çalışma ürettiği harita çıktılarıyla, dönemi açısından ele alındığında ülke kalkınma planlamalarına katkı sağlaması açısından önemli bir çalışmadır. Bu çalışma da Tümertekin ve Contürk (1958) çalışması gibi günlük yağışlar 25-50 mm, 50-100 mm ve 100 mm'den yukarı olacak şekilde gruplanmıştır. Bu gruplama dağılışıyla birlikte fenolojik rasat bilgilerinden ve ülkenin rölyef özelliklerinden yararlanan araştırmacılar Türkiye ölçeğinde tehlikeli yağmurlar haritası oluşturmuştur. Çalışma ile Türkiye üzerinde toprak kaybı ve seller hakkında sağlıklı bilgiler edinilmesi amaçlanmış olup, daha çok çalışmanın zirai planlamalar açısından önemi üzeri durulmuştur. Çalışmada genellikle total yağışın yüksek olduğu sahalara en büyük zararı gördüğü, özellikle en başta sahiller ve dağların dışa bakan yüzeylerinde zararlı yağmurların (tehlikeli yağmurların) daha etkin olduğu sonucuna varılmıştır. Daha sonraki yıllarda Temuçin (1991) doktora tezinin bir bölümünde Manisa ve Akhisar istasyonuna ait günlük yağış verilerini 5 gruba ayırarak 5 tane yağış şiddeti sınıfı oluşturmuştur. Çalışmada; yıllık yağış şiddetindeki değişimler ve değişkenlikler hakkında fikir edinilmeye çalışılmıştır. Her iki istasyonun yıl içinde en yüksek frekansa sahip yağış şiddeti sınıfını 0.1-10 mm (Hafif yağışlar/Normal yağışlar) oluşturur. Bu yağışların kış mevsimindeki frekansı %68-72 arasında değişirken yaz mevsiminde artarak %80-90'lara ulaştığı görülür. Bölgede toplam yağışların en az %60'ı bu sınıfa girmektedir. Orta şiddetteki günlük yağışlarda ise (10.1-25 mm) frekansın ve yağış tutarının en yüksek olduğu kış mevsiminden yaz mevsimine doğru orta şiddetteki yağışlar azalır. Hafif sağanak yağışlarda ise (25.1-50 mm) Eylül aylarından itibaren belirgin bir artış görülür. Şiddetli (50.1-100 mm) ve çok şiddetli sağanakların (>100mm) oranı ise oldukça azdır. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda da benzer yöntemlerin kullanımı devam etmiş olup, değerlendirmelerin yağış rejim bölgelerine göre yapılması, yağış şiddeti çalışmalarına farklı bir boyut ve nesnellik kazandırmıştır. Fakat bazı çalışmalarda farklı yöntemlerle oluşturulmuş yağış rejim bölgelerinin kullanılması (Erlat 1996; İrdem 2005), bazı çalışmalarda değerlendirmelerin idari sınırlar gözetilerek yorumlanması (İkiel 2000; Erlat 2000) çalışmalar arasında alansal ölçekte bir uyumun

varlığını güçleştirmektedir. Bu yüzden çalışmalar arasında ortak bir değerlendirmeye varılamamaktadır.

Yağış şiddeti özelliğini yağış rejim bölgelerine göre ele alan ve değerlendiren ilk çalışmayı Erlat (1996) oluştururken, daha sonraki yıllarda İrdem 2006; Koç ve İrdem 2007'nin yaptığı çalışmalar hem alansal ölçekte hem de zamansal ölçekte değişimleri ele alması açısından Türkiye ölçeğinde en kapsamlı çalışmaları oluşturur. Erlat (1996), Türkiye ölçeğinde günlük yağışların şiddeti üzerine yaptığı incelemede; Türkiye'de yağış şiddetinin dağılımı ile belli şiddetteki yağışların frekansı açısından bölgelerarası önemli farklar olduğunu ifade etmiştir. Çalışmaya göre Türkiye'de günlük ortalama yağış şiddetleri 5-20 mm arasında değişmektedir. Yağış şiddetinin yüksek olduğu alanlar Akdeniz, Karadeniz, Marmara, Karasal Akdeniz yağış rejim bölgeleri yıllık toplam yağış değerlerinin fazla olduğu ve yağışların yağmur şeklinde düştüğü sahalara karşılık gelirken kar şeklinde yağış alan bölgelerde, Akdeniz-İç Anadolu, İç Anadolu ve Karasal yağış rejim bölgeleri, yağış şiddeti belirgin bir oranda azalmaktadır. İrdem 2005; Koç ve İrdem 2007'nin yaptığı çalışmalarda ise sadece alansal dağılışa yer verilmemiş bunun yanında zaman dizisi çözümlerinin de yapılması çalışmayı önceki çalışmalardan farklı kılmıştır. Bu çalışmalarda en dikkat çekici özellik Türkiye genelinde kış mevsiminde hafif yağışlarda (0-10 mm şiddet basamağındaki yağışlar) istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimlerinin varlığının ortaya konmasıdır. Bunun yanında, Karadeniz yağış rejim bölgesi ve Orta Akdeniz Bölümü ile birlikte Anadolu'nun güneybatı kesiminde (Muğla ve Aydın çevresi) bu artış eğilimlerinin kuvvetli olduğu ifade edilmiştir. Normal (10.1-25 mm) ve orta şiddette yağışlarda (25.1-50 mm) ise Türkiye genelinde genel bir azalma olmakla birlikte şiddetli ve çok şiddetli yağışlarda ülke genelinde yüksek değişkenlik bulunmaktadır. Şiddetli yağışlarda Marmara Geçiş ve Karasal İç Anadolu bölgelerinde artış eğilimlerinin varlığı dikkat çekicidir. Çok şiddetli yağışlarda ise yağış rejim bölgelerinin hiçbirinde baskın bir eğilim görülmemekle birlikte, pozitif eğilimlere sadece kıyı bölgelerinde rastlanmıştır.

Şiddetli yağışlarla sel ve taşkın olayları arasında bir ilişki ve eğilimin olduğu yadsınmaz. Nitekim Türkiye'de sel, taşkın ve şiddetli yağış hadiselerinin son 60 yıldaki oluşum eğilimleri incelendiğinde, 1990'lı yıllardan sonraki dönemde ortalama maksimum yağışlardaki eğilimlerle sel ve taşkın olaylarındaki eğilimler arasında bir uygunluk ve

tutarlılık vardır. Özellikle, 1994-95 arasında şiddetli maksimum yağışlardaki belirgin artış eğilimi ile aynı dönemde oluşan taşkın ve sel hadiselerindeki belirgin artış eğilimi bu düşünceyi destekler (Kömüşçü ve Ceylan 2004) .

Avrupa’da akım trend çalışmalarına bakıldığında, Avrupa genelinde özellikle minimum akımlarda 1970’lerden bu yana belirgin bir azalma eğilimi vardır (Douglas vd. 2000; Zaidmann vd. 2001; Hodginks vd. 2005; Fleig vd. 2006). Özellikle Avrupa kıtasının güney ve doğu bölgelerinde akımlarda belirgin bir azalma gözlenmiştir (Stahl vd. 2010). Türkiye’de akarsu akımlarının alansal ve zamansal ölçekte ele alındığı çalışmalara ve çalışma sonuçlarına bakıldığında ise yıllık ortalama akımlar, yıllık maksimum anlık akımlar (taşkınlar) ve yıllık düşük akımlar (1 günlük ve 7 günlük) üzerinde yapılan trend analizlerinde gözlenen akımların büyük kısmında azalan yönde bir trend bulunmuştur (Bayazıt vd. 2002). 107 istasyonun ele alındığı çalışmada istasyonların yaklaşık %40’ının düşük akımlarında, %22’sinin ortalama akımlarında ve %13’ünün taşkınlarında anlamlı bir trend vardır. Ortalama akımlarda görülen trendlerin hepsi azalma yönündedir. Bunların yanında Trakya, Ege, İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde yer alan havzalar ile Yeşilirmak havzasında taşkınlarla, Çoruh, Aras ve Dicle havzalarında düşük akımlarda trend bulunmuştur.

Türkiye’de akarsu akımlarının alansal ve zamansal ölçekte ele alındığı çalışmalara ve çalışma sonuçlarına bakıldığında; Bayazıt vd. (2002)’ye göre yıllık ortalama akımlar, yıllık maksimum anlık akımlar (taşkınlar) ve yıllık düşük akımlar (1 günlük ve 7 günlük) üzerinde yapılan trend analizlerinde gözlenen akımların büyük kısmında azalan yönde bir trend bulunmuştur. 107 istasyonun ele alındığı çalışmada istasyonların yaklaşık %40’ının düşük akımlarında, %22’sinin ortalama akımlarında ve %13’ünün taşkınlarında anlamlı bir trend vardır. Ortalama akımlarda görülen trendlerin hepsi ise azalma yönündedir. Bunların yanında Trakya, Ege, İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde yer alan havzalar ile Yeşilirmak havzasında taşkınlarla, Çoruh, Aras ve Dicle havzalarında düşük akımlarda trend bulunmuştur.

Kahya vd. (2008) 78 istasyon verisine PCA yöntemini uygulayarak Türkiye üzerinde 7 akım bölgesi ortaya koymuştur. Oluşturulan bu alansal patern, Ünal vd. (2003)’ün sıcaklık ve yağış verilerine dayalı olarak oluşturduğu iklim bölgeleriyle tutarlılık göstermektedir. Pik debilerin zamanlamasına ilişkin değerlendirmelere göre pik debiler

ülkenin kıyı kesimlerinde Ocak-Şubat aylarında görülmektedir. İç kesimlere doğru ilerlendiğinde ise zamanlamada değişkenlik artmaktadır. Ülkenin büyük kısmında özellikle doğu ve iç kesimlerinde piklerin Nisan ayında (2-3-4-7. akım bölgeleri) yaşandığı görülür. Ülkenin kuzeydoğusundaki yüksek sahalarda ise kar erimeleri sebebiyle pik debiler Mayıs veya Hazirana kaymıştır.

Kalaycı (2003); Kalaycı ve Kahya (2004) trend çalışmalarında; aylık ortalama akım veri setlerine dört farklı eğilim (trend) testi uygulayarak, Türkiye'deki havzaların akımlarındaki eğilimleri belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada; Türkiye'nin batısında yer alan havzaların (Sakarya Havzası da dâhil) genelde azalan bir eğilim gösterdiği, doğusundakilerin ise hiçbir eğilim göstermediği ifade edilmiştir. Kuzeydeyse, özellikle Yeşilirmak Havzasının büyük bölümünde, artış eğilimleri belirlenmiştir. Ayrıca Türkiye'nin güneyinde yer alan havzaların bazılarında, mevsimlik ve küresel eğilimler bulunmuştur. Sakarya havzasına ilişkin çalışmalara bakıldığında, aylık ortalama akımların azalan yönde bir trende sahip olduğu, yıllık değişkenliğin yüksek olduğu belirtilmiştir. Ancak aylık ve yıllık yağış tutarlarında bir trendin bulunmadığı korelasyon katsayılarının çok kuvvetli olmadığı ya da düşük olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmada bu durumun, genelde artan su tüketimi ve diğer hidrolojik süreçlerle (yağışların azlığı, buharlaşmanın fazla olması ve barajlar) ilgili olabileceği ifade edilmiştir (Atalay 2008). Özfıdaner (2007)'nin çalışmasında yağışlardaki gidişin genel olarak, Güneydoğu Anadolu Bölgesi hariç, nehir akımlarını etkilemediği; Marmara, Ege, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinin nehir akımlarında önemli azalmalar görülmesine rağmen aynı bölgelerin yağış verileri tam aksine genel olarak artma eğilimi gösterdiği ifade edilmiştir. Akımlardaki azalmanın nedeni olarak, yağışlardan ziyade, sıcaklıktaki artış, bilinçsiz su kullanımı, buharlaşma ve insan faaliyetlerinin ortaya çıkardığı sorunlar sıralanmıştır. Kalaycı ve Kahya (2006) 1964-1994 dönemini kapsayan zaman dizisi çözümlemelerinde 1970-74, 1982-86, 1989-94 dönemlerinde akımlarda azalma eğilimlerinin belirgin olduğunu belirtmekle birlikte bu azalışların sebeplerini; ortalama sıcaklıklardaki artışlar, yağışlardaki küçük değişimler ve buharlaşmadaki artışlar şeklinde sıralamıştır. Bu iklim anomalilerinin oluşmasında genelde geniş alanları etkileyen ve geniş ölçekli atmosferik basınç dalgalanmalarını ifade eden atmosferik salınımların etkisi büyüktür. Bunlardan en önemlilerini NAO ve ENSO olayları oluşturur. Erlat (2002); Türkeş ve Erlat (2003; 2005) çalışmalarında genel olarak Kuzey Atlantik Salınım indisleri ile Türkiye'deki yağışlar arasında negatif bir ilişkinin olduğuna

belirtilmiştir. Bu ilişkinin Akdeniz yağış rejim bölgesi ile Karasal İç Anadolu bölgesinin batı bölgelerinde kuvvetli olduğu ve Kuzey Atlantik Salınımının pozitif evresinde, Türkiye’de genel olarak kurak koşulların (yaz dışında) yaşandığı, bu evrede kış döneminde belirgin kurak koşulların çalışmaların ortak çıktılarında. Kahya ve Karabörk (2001); Karabörk ve Kahya (2003) çalışmalarında El-Nino olaylarının akım ve yağış paternleri üzerinde etkisi olduğuna değinirken, çalışmalarda; El-Nino dönemlerinde, Türkiye’nin Batı ve Doğusunda benzer sinyallerin oluştuğu iki çekirdek bölgesinin varlığı ortaya konmuştur. La-Nina olaylarının ise sadece Türkiye’nin doğusunda bir zamansal tutarlılık göstermektedir.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında yağış şiddeti ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır ve genellikle havza temelli değil, ülke ölçeğinde yağış şiddetinin durumunu ortaya koymaktadır. Bu durum, havza ölçeğinde yağış şiddeti-akım ilişkisi, ya da yağışın değişkenliğinin anlaşılmasını güçleştirir. Akım rejimleri ve çeşitli hidrolojik değişkenlerle yapılan trend analizlerinin büyük kısmı ise istatistiksel değerlendirmeler olup havzanın fiziki ve beşeri karakterini de dikkate alan coğrafi bir değerlendirmeden yoksundur. Oysa havza ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmalar yerel etkilerin (rölyef etkisi ve antropojenik etkiler gibi) daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmasına olanak tanır. Bu çalışmayla, Porsuk Çayı özelinde yağış şiddetinin genel karakteri, değişkenliği ve akarsu akımlarındaki uzun süreli eğilimler analiz edilerek, havzanın fiziksel özelliklerini de dikkate alan bir yaklaşımla detaylı bir havza çalışmasının literatüre kazandırılması amaçlandı.

2. Veri ve Yöntem

2.1 Veri

Porsuk Çayı Havzası ve havza bölümlerinin morfometrik analizleri kapsamında Harita Genel Komutanlığı’ndan (HGK) elde edilen 1/100.000 ölçekli 12 tane topoğrafik pafta (i23-i27, j23-j27, k23, k24) ve MTA’dan elde edilen 1/500.000 ölçekli 2 adet jeoloji paftasından (Ankara ve İzmir) yararlanıldı. Hidroklimatolojik analizler kapsamında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü bünyesindeki Eskişehir ve Kütahya meteoroloji istasyonlarına ait 1970-2011 dönemli meteorolojik veriler ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü bünyesindeki E12A048, D12A054, D12A034, E12A003 ve D12A033 akım gözlem istasyonlarına ait 1970-2011 dönemli günlük akım verileri kullanıldı.

2.2 Yöntem

Bu çalışmada iki aşamalı bir metodoloji uygulandı. Öncelikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak Porsuk Çayı havzasının morfometrik analizi gerçekleştirildi. Daha sonra ise çeşitli istatistik yöntemlerden yararlanılarak havzanın hidroklimatolojik karakteri ortaya konuldu. Kullanılan yöntem ve yaklaşımlar, aşağıda sırasıyla ele alındı.

2.3 Morfometrik Analiz

Porsuk Çayı Havzası sınırını doğru bir şekilde çizebilmek için çeşitli öğelerin coğrafi kodlaması MapInfo 10.5 CBS programında sırasıyla aşağıdaki gibi gerçekleştirildi;

1. Adım: 20 m ve 50'şer m aralıklarla izohipslerin çizilmesi ve 50'şer m aralıklarla TIN (Triangulated Irregular Network-Üçgenleştirilmiş Düzensiz Ağ) modelinin elde edilmesi,

2. Adım: Mevsimlik ve Sürekli akarsuların izohipsler dikkate alınarak çizilmesi,

3. Adım: Fay sistemlerinin çizilmesi.

Havza sınırları kesin olarak belirlendikten sonra havzanın jeolojik birimleri ve daha sonra amaca hizmet etmesi amacıyla; yerleşme merkezleri, tepeler, kaynaklar ve göl katmanları çizilerek öznitelik bilgileri girilmiş ve havzaya ait vektör veri tabanı oluşturulmuştur. Havzaya özgü sayısal ifadelerin ortaya konulabilmesi için MapInfo 10.5 programında çeşitli yüzey analizleri (yükselti, eğim, bakı) gerçekleştirilmiş olup bu kapsamda ilk olarak bütün havzanın ve havza bölümlerin 50'şer m aralıklarla 0.005⁰ çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli (DEM) ve eğim sınıf (Turoğlu ve Özdemir 2005: 39) haritaları elde edildi. Raster özellikte oluşturulan bu veri tabanından yola çıkılarak bazı tanıtıcı istatistiksel (min., mak., range, %, $\sum x$, \bar{x} vb.) analizler ve literatürde yaygın olarak kullanılan basit eşitlikler (H_i , AF, m , ŞK) kullanılarak havzanın temel özellikleri ortaya konuldu. Oluşturulan haritaların ve grafiklerin düzenlenmesinde ise ArcGIS 10 CBS programı ve CorelDRAW 12 grafik programı kullanıldı.

2.4 Veri Tamamlama

Uzaklıkların Kareleri Ters Yöntemi: Coğrafyanın 0. Teoremine göre; birbirine yakın noktaların birbirlerine daha çok benzemesi ve karşılıklı etkinin daha fazla olması sebebiyle çalışmada interpolasyon yöntemi olarak daha çok bu metot kullanıldı. Bu interpolasyon

yönteminde; uzaklıkların işin içine katılması için eksik verisi olan istasyon bir kartezyen koordinat sisteminin başlangıç noktası olacak şekilde düşünülerek, 4 kuadratin her birinde başlangıca en yakın bir istasyon tespit edilerek metot uygulanır (Şen 2002: 86-87). Çalışmada, Porsuk Çayı Havzası sınırları içinde eksik verisi olan 4 istasyonda 4 kuadrat özelliğini yansıtan herhangi bir akım gözlem istasyonuna rastlanmadığı için interpolasyon uygulanacak istasyona yakın 2 ya da 3 akım gözlem istasyonu seçildi.

Lineer İnterpolasyon Yöntemi: Bu metot (Cillov 1976: 303-309) sadece Eşenkara (D12A054) akım gözlem istasyonunda 2005 yılı uzun dönem aylık ortalama ve maksimum akım verilerini tamamlamak için kullanıldı. İnterpolasyon için iki belirli nokta olarak aynı istasyonun 2003 ve 2007 yıllarına ait uzun dönem aylık ortalama ve maksimum akım verileri kullanıldı.

2.5 Türdeşlik ve Rasgelelik Çözümlenmeleri

Kruskal-Wallis (K-W) Homojenlik (türdeşlik) Sınaması: K-W türdeşlik sınaması, ortalamaların ve varyansların türdeşliğini doğrulamak için kullanılan etkili bir parametrik olmayan (nonparametrik, evrendeğersiz) sınımadır (Sneyers 1990). Çalışmada bu metot, 5 adet AGİ'ye ait ortalama akım verilerine ve Eskişehir ve Kütahya Mİ'lerine ait ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış toplamalarına uygulandı.

Gidişler Sınaması: Gidişler sınaması parametrik olmayan bir sınımadır. Buradaki gidiş terimi gözlem dizisi içinde belirlenen bir sınır değer (medyanın ya da ortalamanın) altında ya da üstünde giden ardışık gözlem gruplarının her birini ifade eder (Sneyers 1990; Türkeş 2008). Klimatolojik çalışmalarda gidiş sınımalarının belirlenmesinde genelde medyan alınmakta olup buna göre zaman serisinin gidiş sayısı belirlenir. Daha sonraki aşamalarda ilgili dağılım tabloları ile birlikte hipotez kontrolü yapılarak bir karara varılır. Çalışmada bu metot; 5 adet AGİ'ye ait akım (ortalama ve maksimum) serilerine, Eskişehir ve Kütahya Mİ'lerine ait yağış şiddeti sınıflarına ve ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış toplamalarına uygulandı.

Wald-Wolfowitz (W-W) Dizisel İlişki Sınaması: W-W Dizisel ilişki sınaması ile genel olarak dizilerdeki ardışık gözlemler arasında bir dizisel ilişkinin ya da bağımlılığın bulunup bulunmadığı kontrol edilir. Parametrik olmayan bir yöntemdir (Sneyers 1990;

Türkeş 2008). Çalışmada bu metot, 5 adet AGİ'ye ait ortalama akım verilerine ve Eskişehir ve Kütahya Mİ'lerine ait ortalama sıcaklık, bağıl nem ve yağış toplamlarına uygulandı.

2.6 Eğilim Sınamaları

Mann Kendall (M-K) Testi: M-K testi parametrik olmayan bir test olup, klimatolojik ve hidrolojik zaman serilerindeki lineer eğilimlerin tespitinde sıklıkla kullanılır. Güçlü bir trend testidir. Detaylı bilgi için Türkeş vd. (2007; 2009) kaynaklarına başvurulabilir. Çalışmada bu metot, akım verilerine (ortalama ve maksimum akımlar) ilişkin zaman dizilerine uygulandı.

Spearman Rho Testi: İki gözlem serisi arasında anlamlı bir korelasyon olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan Spearman Rho testi, sıra istatistiklerine dayanmakla birlikte lineer trend varlığının araştırılmasında hızlı ve basit bir metottur. (Büyükyıldız 2004). Çalışmada bu metot, akım verilerine (ortalama ve maksimum akımlar) ilişkin zaman dizilerine uygulandı.

Mann Kendall Sıra (Mertebe) Korelasyon Testi: Parametrik olmayan bu test (Sneyers 1990; Türkeş 2012), uygulanan zaman serilerinde zamana bağlı olarak artma veya azalma olup olmadığını bulmak için kullanılır. "Test, sonuçları grafiksel olarak ifade ederken trendin başlangıç noktasını da belirleyebilmektedir" (Özel vd. 2004). Çalışmada bu metot; akım verilerine (ortalama ve maksimum akımlar), yağış şiddeti sınıflarına ve trendi etkileyen iklimsel faktörlere ilişkin zaman dizilerine uygulandı.

Sen's Trend Eğim Metodu: Çalışmada trendlerin lineer eğimleri (birim zamandaki değişim), Sen (1968) tarafından geliştirilen ve parametrik olmayan bir metot kullanılarak hesaplandı. Bu metot, veri hatalarından veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen ve eksik değerlerin bulunduğu serilere uygulanabilmektedir (Yu vd. 1993; Büyükyıldız 2004). Çalışmada bu metot, akım verilerine (ortalama ve maksimum akımlar) ve trendi etkileyen iklimsel faktörlere ilişkin zaman dizilerine uygulandı.

Gauss Süzgeci: Bu metot (Türkeş 1995) zaman serilerindeki mevsimsel ve rassal bileşenlerin etkisinin giderilmesi ve uzun süreli dalgalanmaların kolay incelenmesi için tercih edildi. Çalışmada, 5 adet AGİ'nin 1970-2011 dönemi ortalama ve maksimum akım verilerine uygulandı.

2.7 Korelasyon Analizi

İki rasgele değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olması halinde bu ilişki için en çok kullanılan ölçü birimi korelasyon (ilişki) katsayısıdır (Bayazıt 1996). “İstatistikte çeşitli şekillerde korelasyon hesaplaması yapılabilmekte olup “Pearson”, “Kendall’s tau-b” ve “Spearman” korelasyon hesaplamaları en yaygın kullanılanlardır. Ancak eğer veriler parametrik test koşulunu sağlıyorsa “Pearson Korelasyonu” tercih edilmekte, aksi durumda diğer yöntemler kullanılmaktadır” (Ünal 2007: 167). Çalışmada Spearman Rank Korelasyon analizi, hafif/normal şiddette yağışlar ile orta şiddetteki yağışlar ile aylık maksimum akım dizilerine uygulandı.

Çalışmada kullanılan yağış şiddeti sınıfları ve bunlara ilişkin sınır değerler; Yamanlar ve Nowland (1961), Temuçin (1991), Erlat (1996; 2000) ve İrdem (2005) çalışmalarında kullanılan sınır değerlerdir (Tablo 1).

Çalışmada; uzun dönem eksiksiz rasat yapmış olan yeterli sayıda ve konumda 2 adet meteoroloji istasyonu (Kütahya ve Eskişehir) seçilmiştir. Her 2 istasyonunda kesintisiz 1970-2011 yılı günlük yağış verilerinden yararlanılmıştır. Kullanılacak rasat verileri, D.M.İ Genel Müdürlüğünden bilgisayar ortamında *txt.* formatında alınmış ve Microsoft Excel programında hesap tablolarına dönüştürülmüştür. Bu hesap tabloları; istasyonlara ait yağışlı gün sayıları, yağış toplamları ve yağış şiddet sınıflarına düşen yağışların oransal değerleri içerir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan yağış şiddeti sınıfları (basamakları).

Günlük Yağışlar (mm)	Yağış Şiddeti Özelliği
0.1-10 mm	Hafif/Normal Şiddette
10.1-25 mm	Orta Şiddette
25.1-50 mm	Hafif Sağanaklar
50.1-100 mm	Şiddetli Sağanaklar
>100 mm	Çok Şiddetli Sağanaklar

BÖLÜM I

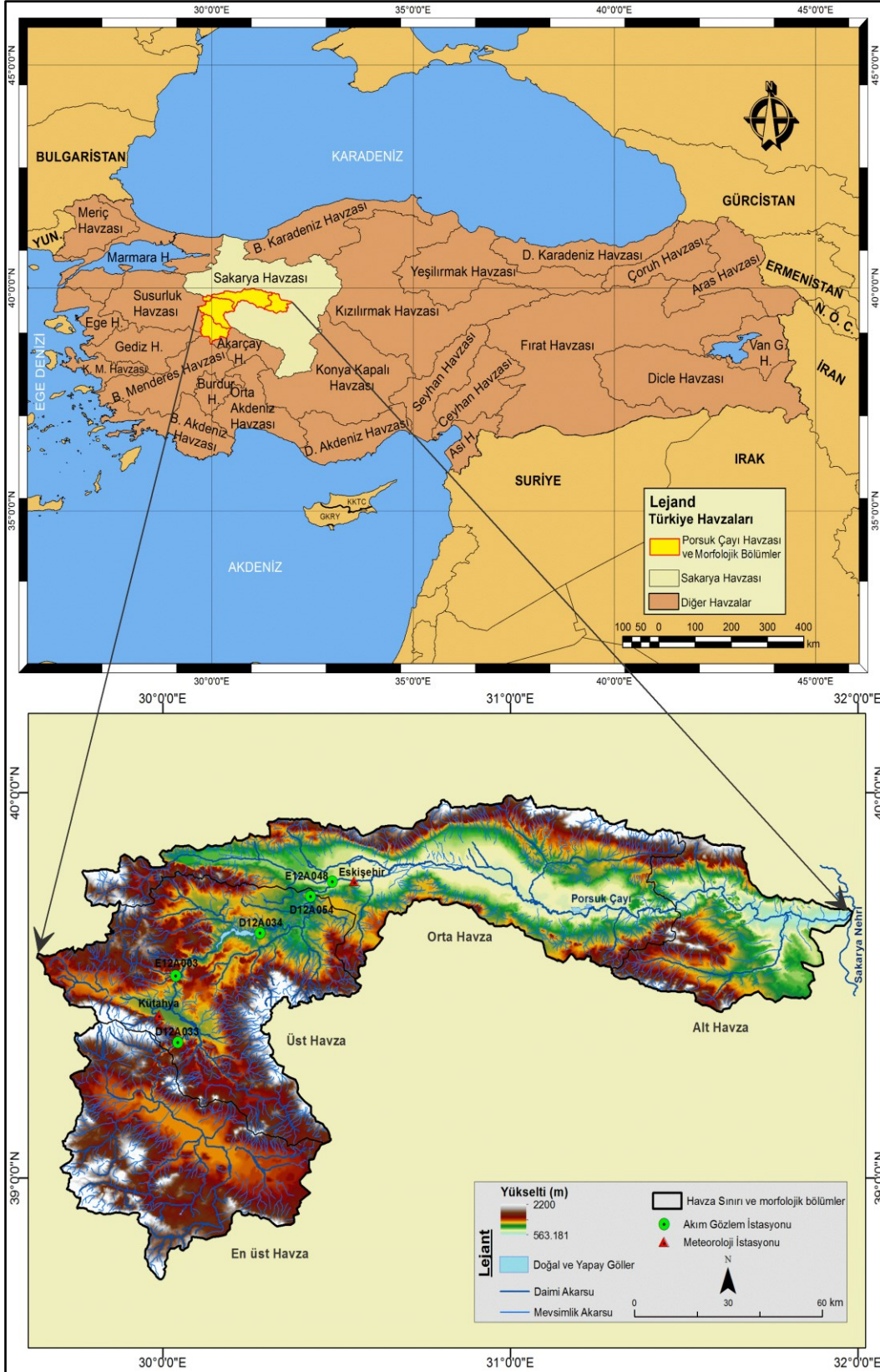
ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFİ KONUMU VE ÖZELLİKLERİ

Belirli jeolojik/jeomorfolojik şartlar altında oluşan havzanın özellikleri kendi içinde değişkenlik gösterir. Bu değişkenliklerin bilinmesi havzaya ait jeomorfolojik bilgiler (özellikle flüvyal aşınım döngüsü) sunduğu gibi drenaj tipleri ve yüzeysel akış hızları hakkında bazı genel hidroloji bilgileri sunmaktadır. Diğer koşullar sabit kalmak şartıyla bir havzanın fiziki coğrafya özellikleri ile mekânsal akım ve yağış dağılışı arasında önemli bir ilişki vardır. Bu bağlamda, çalışmada havzanın fiziki coğrafya özellikleri, havza bölümlerine göre ele alındı ve dağılıştaki benzerlik ve farklılıklar üzerinde durularak yorumlandı.

1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı; Sakarya nehrinin bir kolu olan Porsuk Çayı Havzasıdır. Kuzeybatı Anadolu'da Doğu-Batı yönünde 201 km, Kuzey-Güney yönünde 135 km uzunluğunda 10.869 km²'lik bir alanı kapsayan havza, 29° 38'-31° 59' doğu boylamları ile 38° 44'-39° 99' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Ege, Marmara, İç Anadolu Bölgelerinin kesiştiği noktada bulunan ve her üç bölgenin özelliğini taşıyan araştırma sahası; İç Batı Anadolu Bölümü, Yukarı Sakarya Oluğu, Porsuk Oluğu ve Sündiken Dağları Yöresini içine alır. İl ve il ölçeğinde ise Eskişehir ve Kütahya il merkezleri ile illere bağlı 8 ilçe merkezi, Ankara, Uşak, Bilecik ve Afyon il sınırlarının da bir kısmını içine alır (Şekil 1.1).

Şekil 1.1: Çalışma alanının coğrafi konum haritası.



1.2 Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler

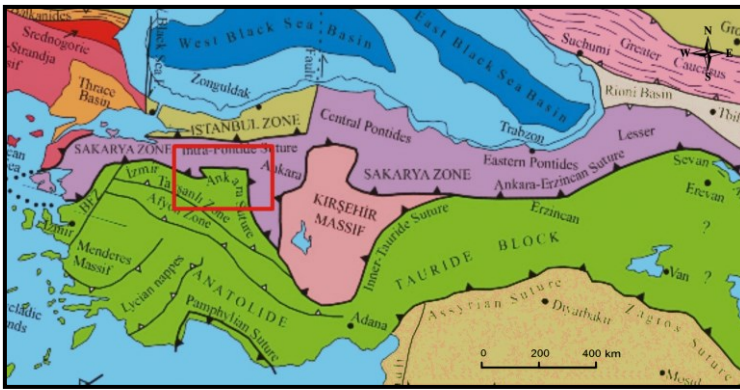
1.2.1 Jeolojik Özellikler

Porsuk Çayı Havzası'nın jeolojik özellikleri kapsamında, çalışmanın ana konusuna katkı sunması amacıyla jeolojik birimlerin yatay ve dikey ölçekte mekânsal dağılımlarına ve havzanın genel tektonik özelliklerine değinilmiştir.

1.2.1.1 Genel Tektonik Özellikler

Anadolu'nun tektonik haritasında görüleceği üzere, Porsuk Çayı Havzası sınırları içerisinde iki adet tektonik ünite bulunur. Bunlar, kabaca havzanın kuzeyinde yer alan Karakaya Kompleksi'ni içinde barındıran Sakarya Zonu ve onun güneyinde yer alan Anatolid-Torid Bloku'dur (Şekil 1.2). Bu iki tektonik ünite ise İzmir-Ankara Sütur ile birbirinden ayrılır. Şengör ve Yılmaz'ın (1981) çalışmalarında; İzmir-Ankara-Erzincan Kenedi olarak adlandırdığı bu süturu, Mesozoyik'te Sakarya Zonu'nu Anatolid-Torid Bloku'ndan ayıran bir okyanusun kuzeye doğru yitilmesi ve bu iki kıtanın Paleosen'de çarpışması sonucu oluşmuş ofiyolitik bir kenet olduğunu belirtmiştir. Günümüzde ise bu kenet Neojen çökelleri ve ayrılmamış Kuvaterner çökelleriyle kaplıdır. Anatolid-Torid kuşağının kuzey bölümünde (kabaca Porsuk Çayı Havzasının Üst ve En üst Havzası) yer alan farklı karakterdeki zonlar (Tavşanlı ve Afyon Zonu) kuvvetli deformasyon ve kuvvetli metamorfizma sahalarına karşılık gelir (Şekil 1.2).

Şekil 1.2: Türkiye ve yakın çevresinin tektonik haritası.

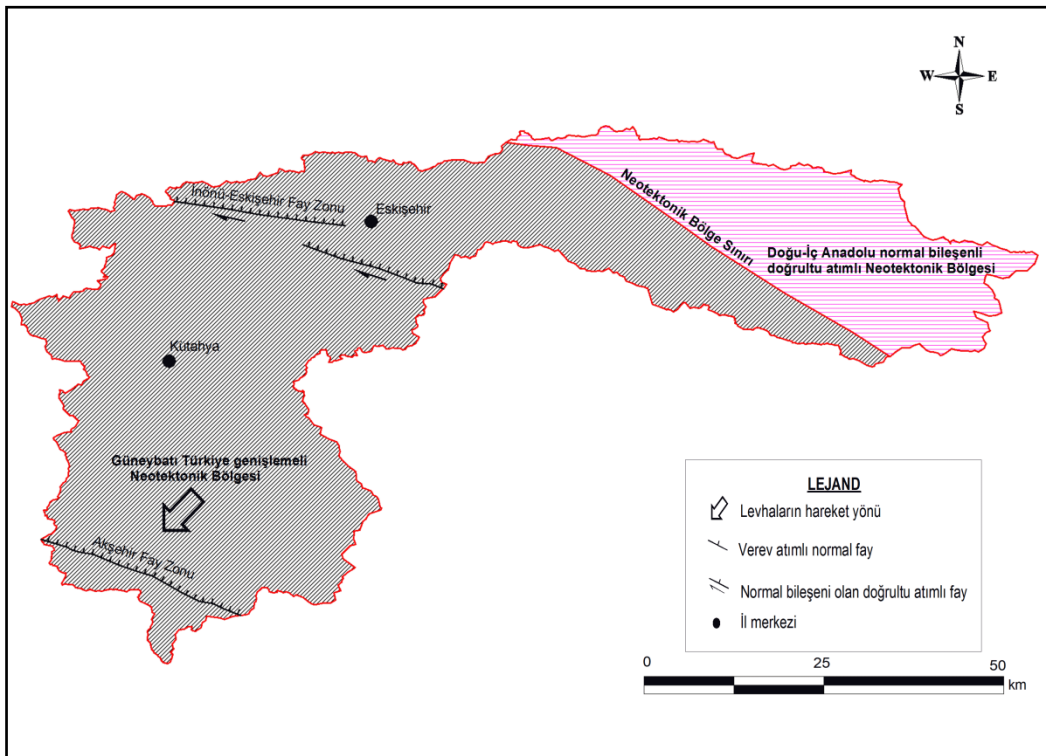


Bu haritada kırmızı alan; Porsuk Çayı Havzasının içinde kaldığı yaklaşık alana karşılık gelir. Harita Okay ve Tüysüz (1999: 477)'den yararlanılarak oluşturuldu.

Türkiye’de yaklaşık 11 milyon yıl önce Bitlis-Zagros süturu boyunca Tetis Okyanusunun kapanmasından sonra, Paleotektonik dönem yerini Neotektonik döneme bırakmış ve farklı karakterlerde neotektonik rejim türleri ve bölgeleri meydana gelmiştir. Çalışma alanını oluşturan Porsuk Çayı Havzası bu kapsamda Doğu-İç Anadolu normal bileşenli doğrultu atımlı Neotektonik Bölge ile GB Türkiye genişlemeli Neotektonik Bölge içerisinde kalır (Şekil 1.3). Özellikle havzada 2 farklı belirgin bir neotektonik rejimin olduğunun işaretlerini Erol (1991) tarafından yapılan haritadaki yüzey çizgiselliklerinin keskin değişimleri ve doğrultularında da gözlenir. Neotektonik dönem, araştırma sahasında Orta Miyosenle başlar (Şengör 1987; Seyitoğlu ve Scott 1991).

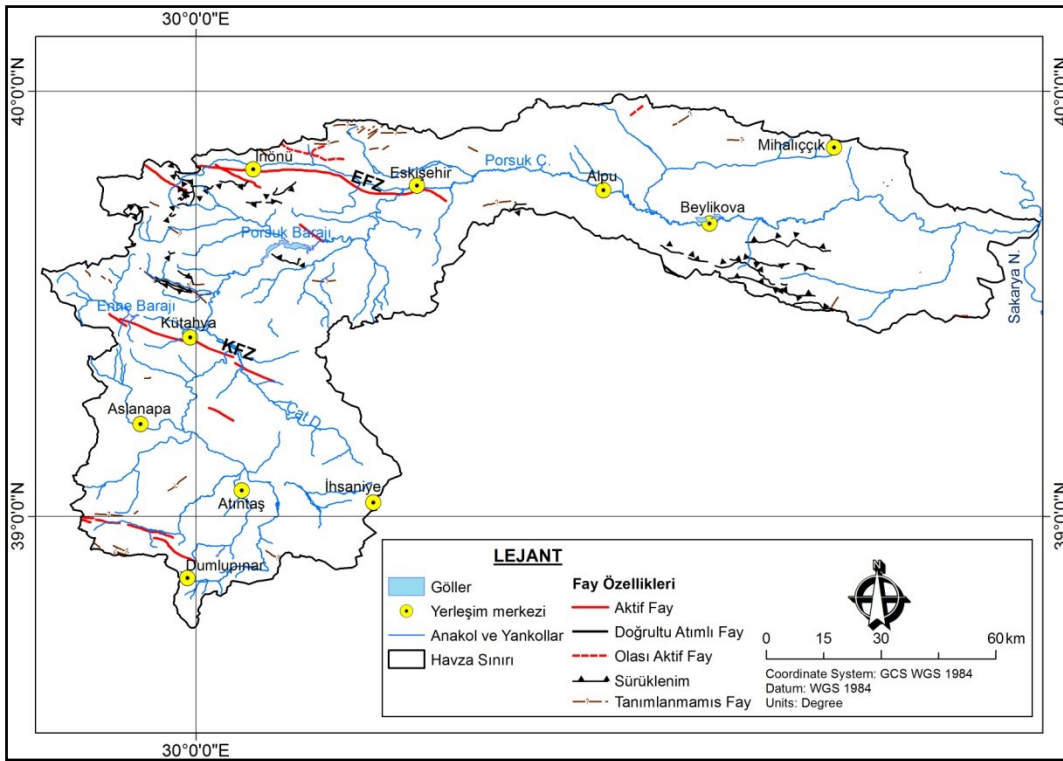
Havza içerisinde 2 önemli aktif fay zone uzanır. Bunlar; KB-GD yönünde uzanan normal bileşenli verev atımlı Eskişehir Fay Zonu’nun İnönü-Eskişehir segmenti (Şekil 1.3) ve benzer uzanım gösteren Kütahya Fay Zonu’dur (Şekil 1.4).

Şekil 1.3: Porsuk Çayı Havzasının yalınlaştırılmış neotektonik haritası.



Afet Bilgi Sistemi Komisyonu Raporu’ndan (2004: 29) düzenlenerek elde edilmiştir.

Şekil 1.4: Porsuk Çayı Havzasının fay-drenaj haritası.



1/500.000 ölçekli jeoloji haritalarından yararlanılmıştır (MTA 2002).

1.2.1.2 Jeolojik Birimlerin Mekânsal Dağılışı

Havza genelinde tip ve zaman açısından 36 farklı özellikte kayaç türü tespit edilmiştir. Havza genelinde en yaygın kayaç grubu sedimenter kayaçlar olup bunu metamorfik ve ofiyolitik grubu kayaçlar takip etmektedir. Havzada en yaygın kayaç tipleri Kuvaterner dönemine ait ayrılmamış Kuvaterner çökelleri (%20) ve Alt-Orta Miyosen dönemine ait gösel kireçtaşı, marn ve şeyl özellikteki (%19.6) sedimenter kayaçlardır. Genelde baskın olan bu kayaç tiplerinin havza bölümlerine göre farklılıklar gösterdiği görülür (Şekil 1.5).

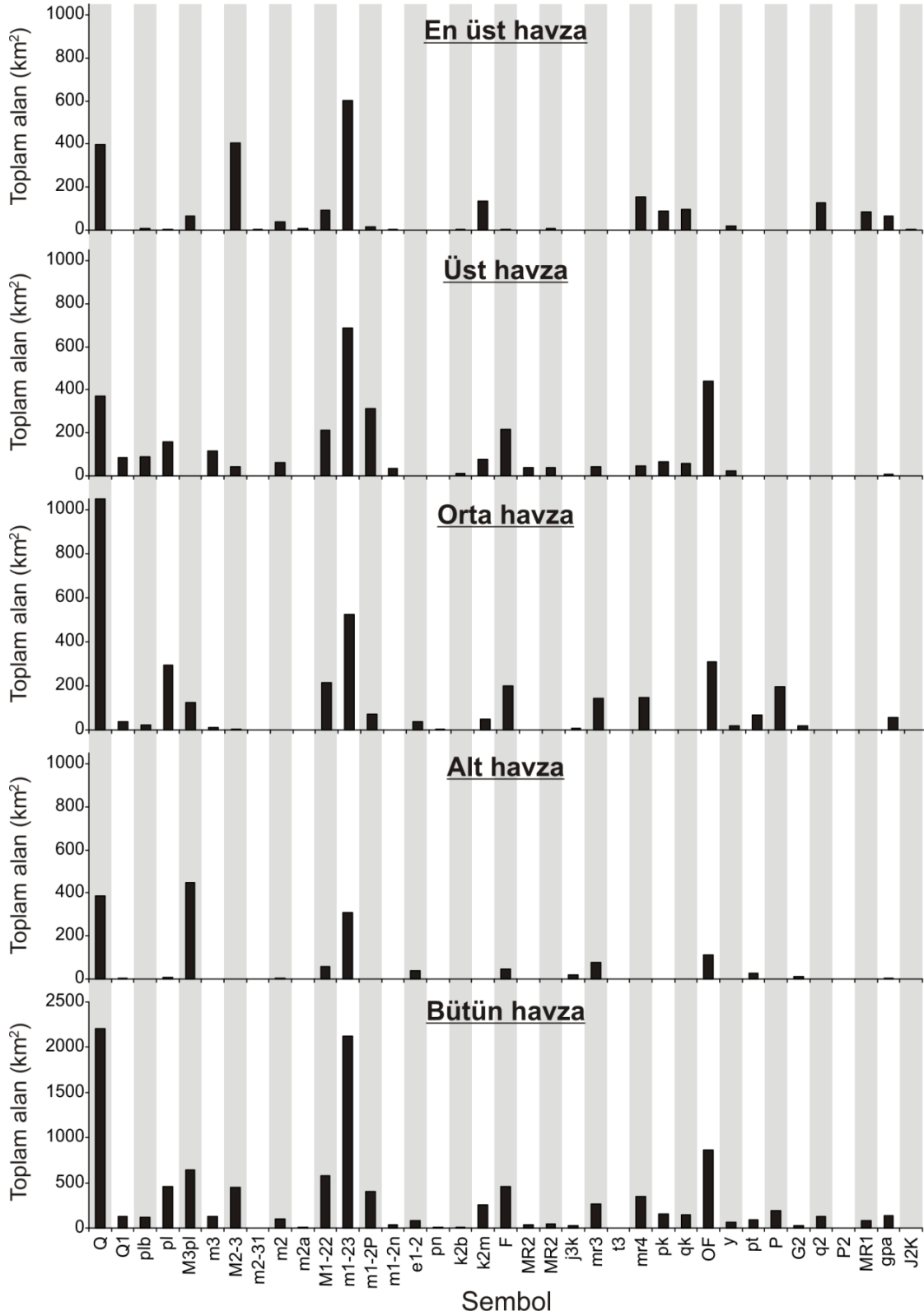
Alt Havza'nın %77.3'ünü Üst Miyosen–Pliyosen dönemli evaporitli sedimenter kayaçlar (M3pl), Kuvaterner dönemine ait ayrılmamış Kuvaterner çökelleri (Q) ve Alt-Orta Miyosen dönemine ait gösel kireçtaşı, marn ve şeyl katmanları oluşturur (m1-23). Havza bölümleri içinde en geniş alana sahip havza Orta Havza olmakla birlikte havza genelinin %33.5'ini oluşturur. Kuvaterner dönemine ait ayrılmamış Kuvaterner çökellerinin (Q) en baskın olduğu havza Orta Havza'dır. Bu kayaç tipi Orta Havza'nın

%29'unda yüzeylenmiş olmakla birlikte %14.6'sını gölsel kireçtaşı, marn ve şeyl (m1-23) oluşturur. Havza içerisinde en yüksek eğim grubuna sahip olan Üst Havza'da hâkim tipteki kayaç orta havzadan çok farklıdır. Yaklaşık %21.5'ini gölsel kireçtaşı, marn ve şeyller oluştururken %14'ünü Mesozoyik döneme ait ayrılmamış ofiyolitik kayalar (OF) oluşturur. Kuvaterner dönemine ait kayaçların oranı ise %14'tür. En üst Havza'da en yaygın kayaç tipi %24.7'lik oranla sedimenter kayaçlardan gölsel kireçtaşı, marn ve şeyldir. Üst Havza'da ikinci hâkim kayaçlar ofiyolitik kayaçlar (%16) iken En üst Havza'da Orta-Üst Miyosen dönemine ait karasal kırıntılılar (M2-3) %16.6 oranla yüzeylenmiştir. En üst Havza'da Kuvaterner dönemine ait kayaç türü (Q) %16.3 oranla en yaygın 3. kayaç tipidir (Şekil 1.5).

Porsuk Çayı Havzasında volkanik kayaçların 584 km², plütonik kayaçların 32 km²'lik bir yüzey alanına sahip olması, volkanik aktiviteler sonucu yüzeye çıkan kayaç türlerinin yükselti ve eğimdeki değişime olan pozitif katkısı, orojenik ve epirojenik hareketlerin katkısı yanında göz ardı edilebilir. Alt-Orta Miyosen dönemli Piroklastik kayaçların/Piroklastiklerin (m1-2P) %78'inin (314.086 km²) Üst Havza'da yüzeylenmesi bu havzada volkanik aktivitelerin daha etkin olduğunu gösterir.

Orta Havza'dan Üst Havza'ya geçişte yükselti, eğim ve litoloji çok keskin bir değişim gösterir. Bu sınır topoğrafik sınır yanında, iklimik bir sınıra ve hidrolojik bir sınıra karşılık gelir. Sınırın oluşturduğu bu bölgeler, bölgenin mekânsal ve zamansal değişimini anlamada ve farklılıkları ortaya koymada havza açısından önem arz eder. Neotektonik bölge sınırı bu bölgelere tam bir uyum göstermez; Alt Havza'dan Orta Havza'ya geçişte görülmemektedir. Neotektonik rejimin yüzey morfolojisine etkisi ise daha çok Orta Havza'dan Üst Havza'ya geçişteki sınır çevresinde görülmektedir.

Şekil 1.5: Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlerine göre kayaç türlerinin alansal dağılış özellikleri.



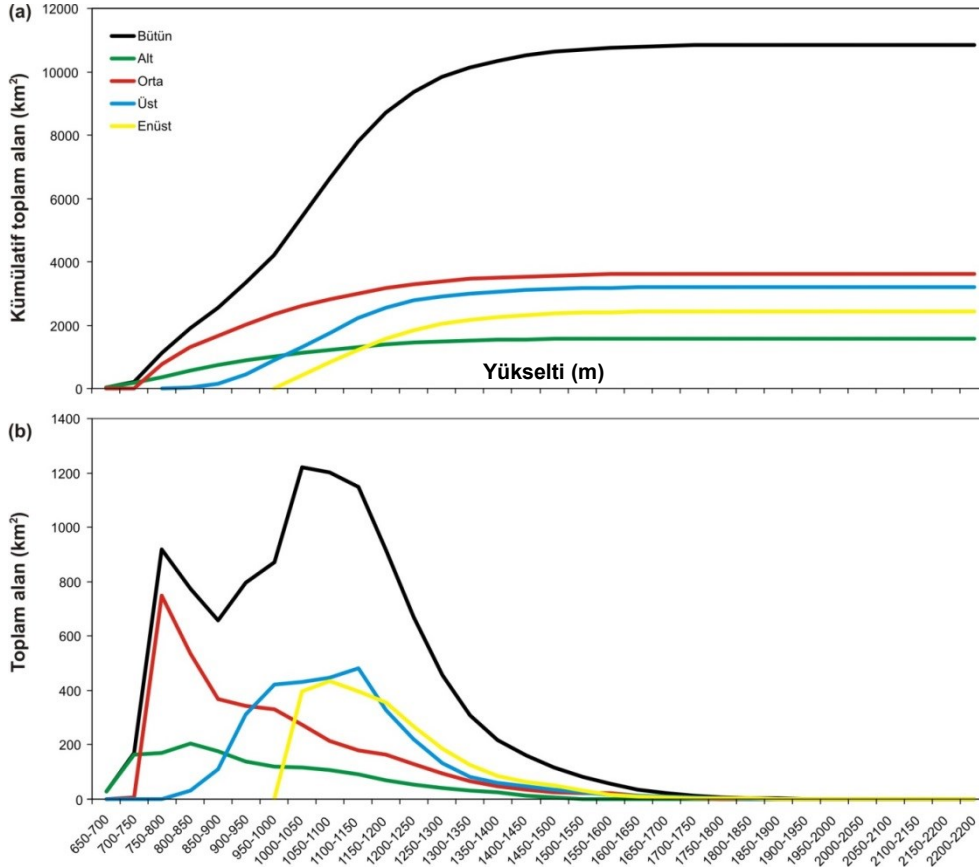
1.2.2 Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral

Porsuk Çayı Havzası 10.830 km²'lik bir alana sahip olmakla birlikte yükselti aralığı 677 ile 2201 m arasında değişir. Yükselti aralıkları havza bölümlerine göre değişse de %97.7'si 700-1500 mm arasında olup %50'si 1050-2201 m arasındadır. Bu sonuçlara göre havzanın bütününde dağlık sahaların geniş yer kapladığı sonucuna varılabilir. Şekil 2b'deki Porsuk Havzasına ait hipsometrik eğride 2 yükselti aralığının hâkim olması çevresine göre eğim değeri yüksek ana kütlelerin varlığından ileri gelir. Orta Havza'nın kuzeyinde D-B doğrultusunda Orojenik kuşak içerisinde uzanan Sündiken Dağları, Üst Havza'da yer alan Türkmen Dağı, Ahır Dağı ve havzanın en yüksek noktasını oluşturan (2201 m) Murat Dağı havza genelinde önemli yükseltilerdir. Bu dağların çevre sahalarına göre geniş yüzey alanlarına sahip olması (özellikle Sündiken Dağları)iki hâkim yükselti kademesinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlerine göre yapılan yükselti kademelerinin bindirilmiş kümülatif (eklenik) toplam eğrilerinde en geniş alanı Orta Havza (%33.5; 3628 km²) en az alanı ise Alt Havza (%14.4; 1557 km²) oluşturur. Diğer havza bölümlerinde; Üst Havza 3208 km² (%29.6), En üst Havza ise 2436 km²'lik (%22.5) bir alana sahip olmakla birlikte havza bütünü 10.830 km²'lik bir alanı oluşturur (Şekil 1.6a).

İki hâkim yükselti kademesindeki sivriliğinin bu kadar belirginleşmesinde üst havzanın hipsometrik eğrisindeki belirgin bir kırılmanın da büyük bir etkisi vardır. Bu kırılma da 850 m'den sonraki yükselti kademesine geçişteki alansal artış oranı etkilidir. Nitekim Üst Havza'da 800-850 m arasının 32 km² 850-900 m arasının ise 112 km²'lik bir alana sahip olması bu durumu doğrulamaktadır (Şekil 1.6b).

Şekil 1.6: Porsuk Çayı Havzası ve kesimlerinin/bölümlerinin yükselti kademelerinin bindirilmiş kümülatif toplam eğrileri (a) ve bindirilmiş hipsometrik eğrileri (b).



Hipsometrik integral, hipsometrik eğri altında kalan alan olup, ortalama yükseklik ile en düşük yükselti seviyesi arasındaki farkın en yüksek seviye ile yine en düşük yükselti seviyesi arasındaki farka oranıdır (Keller ve Pinter 2002: 123). Basit bir eşitliği olan hipsometrik integral aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$HI = \frac{\text{Ort.Yükseklik } (\bar{z}) - \text{Min.Yükseklik } (z_{min})}{\text{Mak.Yükseklik } (z_{max}) - \text{Min.Yükseklik } (z_{min})} \quad (1.2)$$

Tüm havzanın hipsometrik integral değeri (0.25) Porsuk Çayı Havzasının yaşlılığa yakın olgunluk safhasında olduğunu göstermektedir. Havza bölümlerinde de değerlerin birbirine yakın olduğu görülürken, En üst Havza'da hipsometrik integral değeri 0.17 olarak bulunmuştur. Bu durum En üst Havza'nın diğer havza bölümleri ve havza bütününe göre olgunluk safhasından uzak olduğunu En üst drenaj havzanın daha az aşındırıldığını gösterir. En büyük değerlerin Alt Havza'da görülmesi şaşırtıcı değildir (Tablo 1.1).

1.2.3 Yükselti Değişim Aralık Analizi

Yükselti değişim aralıklarının Alt (Aşağı) Havza'dan En üst Havza'ya doğru artması (Tablo 1.2) ve havzanın şekilsel görünümü, Anadolu'da meydana gelen Alp Orojenezi'nin sonuçlarının bir ürünü olduğunu göstermektedir. Orta Havza'dan Üst Havza'ya doğru geçildiğinde D-B doğrultusunda uzanan havzanın aniden K-G doğrultusunda uzandığı görülür. Bu durumun oluşmasındaki en büyük etmen Anadolu'da meydana gelmiş olan Alp Orojenezi ile epirojenik hareketlerin birlikte hareket etmesinden ileri gelir. Havzadaki ana kol ve diğer yan kollar, meydana gelmiş bu olaylar sonucu oluşan genel morfolojik eğime paralel olarak D-B ve keskin bir dönüşle kabaca K'den G'ye doğru başlıca iki doğrultuda akarlar.

Tablo 1.2: Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlerine göre yükselti değişim aralıkları.

Havza	Mak. Yükseklik (m)	Min. Yükseklik (m)	Değişim Aralığı (m)
Porsuk	2202	677	1525
Aşağı	1657	677	980
Orta	1763	736	1027
Üst	1883	814	1069
En üst	2202	976	1226

1.2.4 Eğim Özellikleri

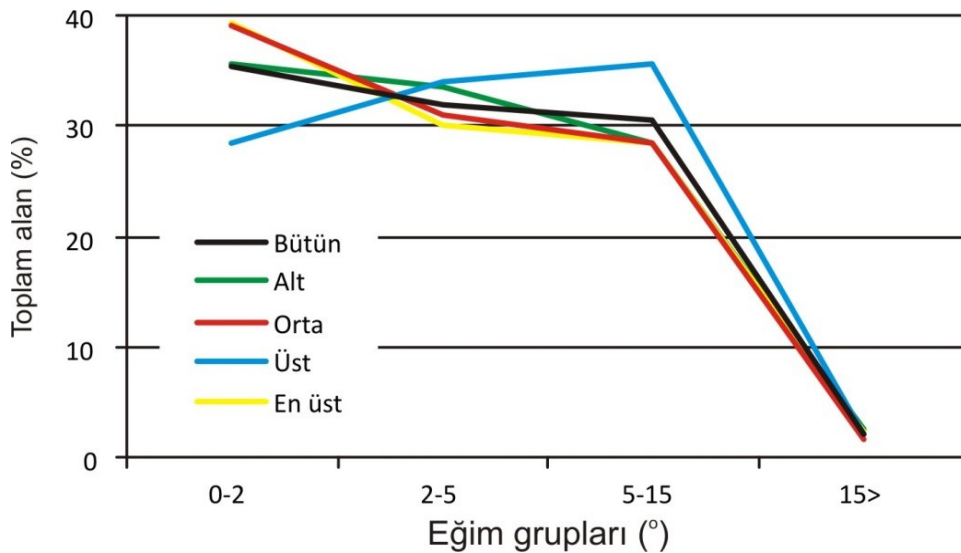
Araştırma alanının eğim özellikleri belirlenirken Turoğlu ve Özdemir'in (2005: 39) Tunçdilek (1985)'ten faydalanılarak oluşturduğu eğim sınıfları dikkate alınmıştır.

Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlerine göre eğim gruplarının oransal ve alansal dağılışı değerlendirildiğinde, Havza bütününde 0-2° eğim grubu %35.5 (3833 km²), 2-5° eğim grubu %32 (3466 km²), 5-15° eğim grubu %30.5 (3297 km²), 15°> eğim grubu ise %2 (214 km²) oranında ve alanında yer kaplarken havza bölümleri arasında bazı sayısal farklılıklar göze çarpar. Alt Havza'da 0-2° eğim grubu yaklaşık %35.6 (556 km²), Orta Havza'da %39 (1415 km²), Üst Havza'da %28.4 (910km²), En üst Havza'da %39.3 (952 km²). 2-5° eğim grubu Alt Havza'da %33.5 (523 km²), Orta Havza'da %31 (1122 km²), Üst

Havza'da %34 (1089 km²) ve En üst Havza'da %30 (731 km²). 5-15° eğim grubu ise Alt Havza'da %28.4 (444 km²), Orta Havza'da %28.4 (1028 km²), Üst Havza'da %35.5 (1138 km²), En üst Havza'da %28.4 (687 km²) oranında ve alanında yer kaplar. Son olarak 15°> eğim grubu Alt Havza'da yaklaşık %2.4 (38 km²), Orta Havza'da %1.6 (58 km²), Üst Havza'da %2 (64 km²) ve En üst Havza'da %2.2 (54 km²) oranında ve alanında bir dağılışa sahiptir (Tablo 1.3).

Havzada eğim grupları arasındaki alansal dağılış oranlarındaki farklılıklara bakıldığında; Üst Havza'da bariz bir şekilde yükseltinin tedrici bir şekilde artmasına paralel olarak eğim değerlerinin de arttığı görülür. Bunda Üst Havza'nın diğer havzalara göre eğimin kısa mesafelerde değişmesi etkilidir. Alt Havza'da eğim gruplarının alansal dağılış oranı %5-15° eğim grubuna kadar yaklaşık yakın özellikler göstermesi az eğimli geniş bir aşınım sathının varlığına işaret eder (Şekil 1.8). Nitekim Erol'un (1991) yaptığı haritalama çalışmalarında da Porsuk Çayı Havzasının Alt Havza'sında platoluk sahalarda Neojen arazilerin üzerinde Pliyosen aşınım yüzeyleri (D III) geniş bir yer kaplar.

Şekil 1.8: Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlerine göre eğim gruplarının alansal özellikleri.



Havzanın yaklaşık %98'inde eğim değerleri 0-15° arasında olup düz ve düze yakın alanlardan oluştuğu görülür. Dik ve çok dik eğimli sahalara ise toplam havzanın yaklaşık %1.98'ine (214.376 km²) karşılık gelir (Tablo 1.3). Üst Havza dışındaki havza bölümleri morfolojik tanım olarak düz ve çukur alanlardan oluştuğu için afet türü açısından Taşkın

riski fazla olan havza bölümleridir. Üst Havza'da ise az eğimli sahalar geniş yer kapladığı için Sel-Seyelan riski en fazla olan havza bölümüdür (Tablo 1.3). Havzada önemli yan kolların eğim değerlerinin standart sapması düşük değerlere sahip olması havzada drenajın yoğun olmamasından ve yarıлма derecesinin düşük olmasından ileri gelir. En yüksek değer Orta Havza'da yer alan Mihaliççık Deresine ($s = 4.8$) ait iken bu durum havza geneline yansımaz. Üst Havza'da yer alan kolların ortalama standart sapması ise 3-3.5 arasında değişir. Ana kolun standart sapması 0.6 gibi çok küçük değere sahiptir.

Tablo 1.3: Porsuk Çayı Havzasının havza bölümlere göre eğim özellikleri.

Eğim grupları	Morfolojik tanımı	Afet türü	Porsuk Havzası ve Havza Bölümleri Alan (km ²)				
			Bütün	Alt	Orta	Üst	En üst
0-2	Düz ve çukur alanlar	Taşkın	3833	556	1415	910	952
2-5	Düz ve düze yakın	Taşkın-Sel	3466	523	1122	1089	731
5-15	Az eğimli sahalar	Sel-Seyelan	3297	444	1028	1138	687
15>	Dik ve çok dik eğimli	Seyelan Sel	214	38.	58	64	54

1.2.5 Asimetri Faktörü

Havza asimetri faktörü, ana akarsuyun akış yönüne göre sağında kalan kısma ait alanın, havzanın toplam alanına oranını ifade eder (Hare ve Gardner 1985: 97-100). Değerin 50'den büyük olması çarpılmanın (tilt) ana akarsuyun akış yönüne göre solunda (batısında) olduğunu ortaya koymaktadır (Keller ve Pinter 2002: 123-125).

Porsuk Çayı Havzası ve havza bölümlerinin asimetri sonuçlarına göre en simetrik havza bölümü Orta Havza olup çarpılmanın Alt ve Üst Havza'da ana akarsuyun akış yönüne göre solunda olduğu görülmektedir. Çarpılmanın coğrafi işaretlerini ise Alt Havza'da Sivrihisar Dağları ve tepelerinin Üst Havza'da ise yüksek platoların varlığı, K ve KB'den Porsuk Çayına katılan yan kolların G ve GD'den katılan yan kollara göre daha kısa olması gösterir (Tablo 1.4).

Tablo 1.4: Porsuk Çayı Havzası ve havza bölümlerinin asimetri sonuçları.

Havzalar	Asimetri Faktörü
Bütün Havza	0.44
Alt	0.70
Orta	0.31
Üst	0.55
En üst	0.35

Taşkınlarla ve erozyonlarla ilgili risk çalışmalarında asimetri sonuçlarına göre; Porsuk Çayı Havzasının Alt ve Üst Havza'larında güney kolların diğer havzalarda ise kuzey kolların dikkate alınması yaşamsal öneme sahiptir.

1.2.6 Havza Şekil (Biçim) Faktörü

Havza Biçim Faktörü: $m = \frac{A}{BL}$ (Ören 2011: 34)

m= Havza biçim faktörü

A= Havza alanı (km²)

B= Havzanın en büyük genişliği (km)

L= Ana akarsu kolunun uzunluğudur (km).

“Havzanın şeklinin saptanmasında birçok katsayı kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de **şekil katsayısı**dır. Şekil katsayısı L^2/A oranından elde edilir. Burada “L” ana akarsuyun talveg uzunluğu, “A” ise akarsu havzasının alanıdır” (Hoşgören 2004: 114).

Havzanın şekli akım eğrisinin (hidrograf) eğim özelliklerini etkiler (Misal; Taşkın piki, taşkın süresi, taşkın zamanı ve gecikme süresi gibi). Yukarıda iki farklı havza biçim faktörünü gösteren eşitlik sonuçları benzerdir. Şekil katsayısı sonuçlarına göre havzanın bütününde ve Orta Havza'da değerlerin büyük çıkması, havza biçim faktöründe ise havza bütününde ve Orta Havza'da değerlerin küçük çıkması, bu havza bölümlerinin diğer havza bölümlerine göre daha uzun ve daha dar olduğunu göstermektedir (Tablo 1.5). Başka bir deyişle, havzanın %33.5'lik bir oranı kapsayan Orta Havza'nın D-B doğrultusunda uzun ve dar bir dikdörtgeni andırması havzanın genel biçim faktörünü ya da şekil katsayısını etkilemiştir. Bu duruma yüzey drenajıda uyum sağlamış olup Orta Havza'da yer alan ana akarsu kolunun, ülkemizde meydana gelmiş olan kıvrımlar ve dislokasyonlar (kırıklar ve

çatlaklar) neticesinde D-B yönünde morfolojik aklana ve tektonik yapıya bağlı olarak depresyon içerisinde aktığı görülmektedir.

Tablo 1.5: Porsuk Çayı Havzası ve havza bölümlerin şekil analizi.

Havzalar	Havza Biçim (Şekil) Faktörü	Şekil Katsayısı
Bütün Havza	0.126 \cong 0.13	18.91
Alt	0.373 \cong 0.37	2.96
Orta	0.144 \cong 0.14	7.90
Üst	0.326 \cong 0.33	4.06
En üst	0.311 \cong 0.31	4.23

1.3. İklim Özellikleri

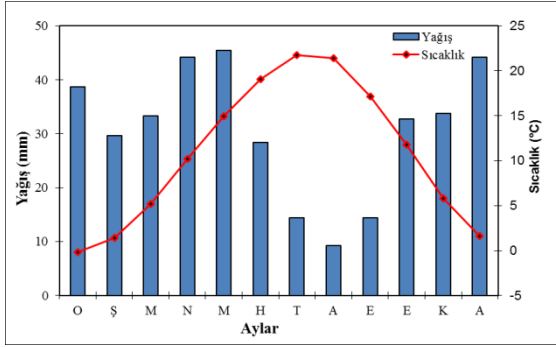
1.3.1 Yağış ve Sıcaklık Özelliği

İki farklı yağış rejim tipi görülen havzada Kütahya istasyonunda, Akdeniz Geçiş (Aralık maksimumu ve bahara uzamış kış) yağış rejimi; Eskişehir istasyonunda, Karasal İç Anadolu (Nisan-Mayıs maksimumu) yağış rejimi egemendir (Sariş vd. 2010). Koppen'nin (1884) iklim sınıflama sistemine göre (Essenwanger 2001: 10); Porsuk Çayı Havzası'nın sıcaklık rejim tipi, tümüyle Orta/Ilıman Kuşak karasal sıcaklık rejimi sınıfına girer. Havza'nın ortalama sıcaklığı 10.4°C, yıllık maksimum sıcaklık ortalaması 21.1°C ve yıllık minimum sıcaklık ortalaması -0.4°C'dir.

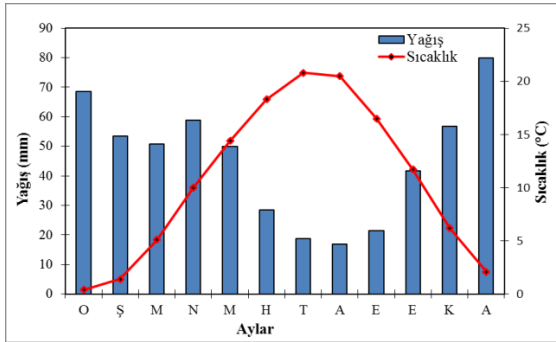
Yıllık ortalama 470 mm yağış alan havza da yıllık maksimum yağış ortalaması 603 mm iken yıllık minimum yağış ortalaması yaklaşık 283 mm'dir. Havzanın uzun dönemli aylık yağış ve sıcaklık ortalamalarına bakıldığında en kurak ayları sırasıyla Ağustos (13.6 mm), Temmuz (16.5 mm) ve Eylül ayları (17.5mm) oluşturur. En nemli ayları Eskişehir Mayıs (45.4 mm), Aralık ve Nisan (44.2 mm) oluşturmakla birlikte Kütahya istasyonunda sırasıyla Aralık (77.8 mm), Ocak (64.2 mm), ve Nisan (59.4 mm) aylarıdır. Havza genelinde en sıcak ayları; Temmuz (21.8°C), Ağustos (21.5°C) ve Haziran (19 °C) ayları oluştururken en soğuk ayları Ocak (0 °C), Şubat (1.4 °C) ve Aralık (1.8 °C) ayları oluşturur (Şekil 1.9-1.10).

Yaz günleri ($25^{\circ}\text{C} \geq$) genellikle Mayıs-Eylül aylarında görülürken, Kış günleri ($-0.1^{\circ}\text{C} \leq$) Aralık ayında başlayıp Nisan ayına kadar devam etmektedir. Yaz günlerinin en fazla görüldüğü ay Temmuz ayı iken (ortalama 193 gün) Kış günlerinin en fazla görüldüğü ay havza genelinde en soğuk ayı oluşturan Ocak (ortalama 642 gün) ayıdır.

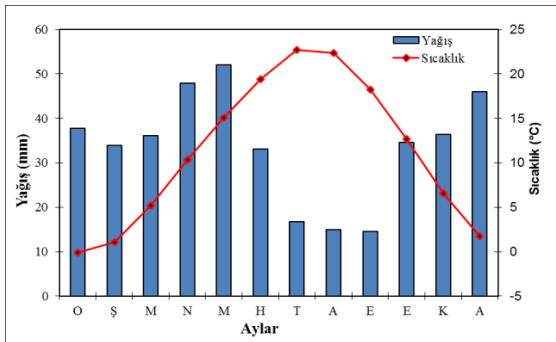
Şekil 1.9: Eskişehir istasyonunda aylık ortalama sıcaklık ve yağış dağılışı (1970-2011).



Şekil 1.10: Kütahya istasyonunda aylık ortalama sıcaklık ve yağış dağılışı (1970-2011).



Şekil 1.11: Sivrihisar istasyonunda aylık ortalama sıcaklık ve yağış dağılışı (1970-2011).

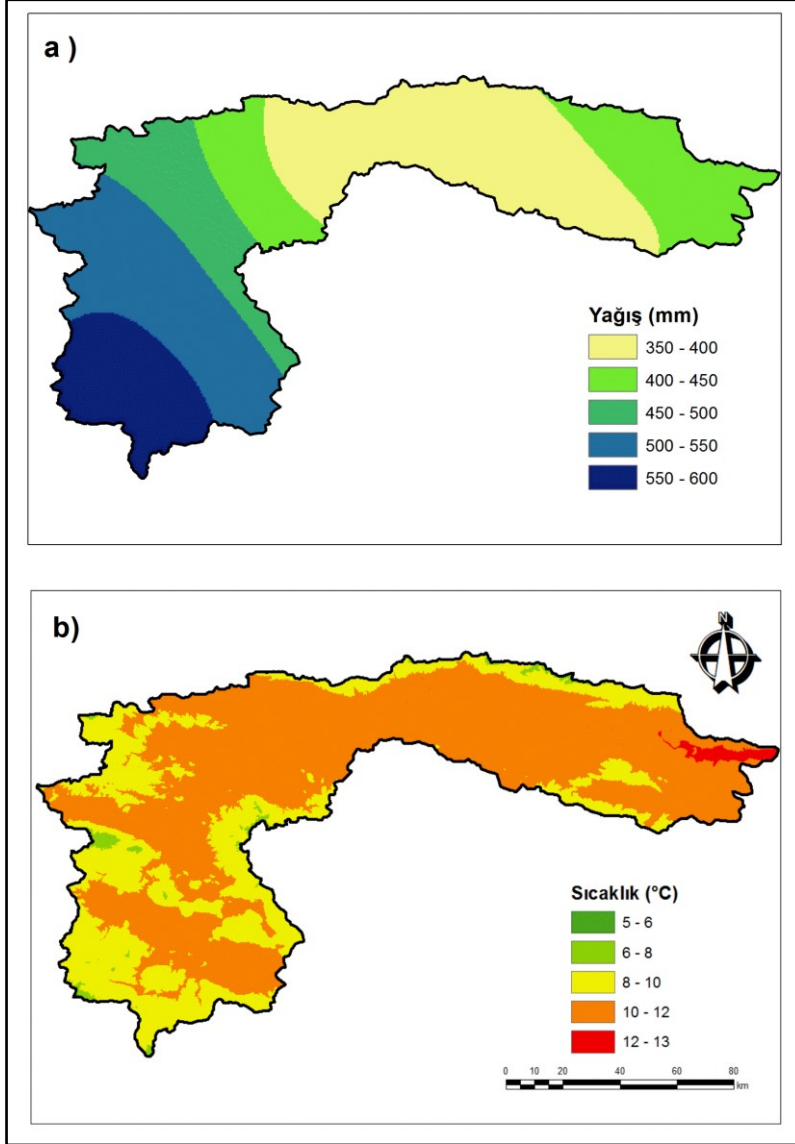


1.3.2 Yağış Toplamı ve Yıllık Sıcaklık Ortalamasının Mekânsal Değişimi

Yıllık toplam yağışın dağılım haritasının oluşturulmasında havzaya dağılmış 6 kontrol noktasından (Polatlı, Sivrihisar, Eskişehir, Bozüyük, Kütahya ve Dumlupınar meteoroloji istasyonları) yararlanılmış olup, en iyi lineer tahmin edici olması sebebiyle Sıradan (Ordinary) Kriging algoritması kullanılmıştır. Düzgün bir dağılım sergilemesi ve Gama dağılımına benzemesi sebebiyle de Spherical (Küresel) semivariogram modeli tercih edilmiştir. Buna göre havzanın ortalama yağışı yaklaşık 450 mm olup, alt ve orta havzada yağışlar 350-450 mm arasında dağılım sergilerken Üst ve En üst Havza'da bu değerler 450-600 mm arasında yer almaktadır. Havzanın en yağışlı bölgesini En üst Havza'da Murat Dağı ve yamaçları (yaklaşık 600 mm) oluştururken en az yağışı Orta Havzada Eskişehir Ovası (yaklaşık 350 mm) almaktadır (Şekil 1.12a).

Yıllık ortalama sıcaklık haritasının üretilmesinde tek bir kontrol noktasından (Kütahya Mİ) yola çıkılarak topoğrafik sıcaklık haritası üretilmiştir. Dağılımı etkileyen en önemli faktörün yükselti olduğu ve her 100 m'de 0.5°C'lik sıcaklık düşüşünün gerçekleştiği kabul edilmiştir. Buna göre havzanın ortalama sıcaklığı 11°C'dir. Havzanın en sıcak bölgesini Alt Havza'da Porsuk Çayı vadisi ve yamaçları (12+°C) oluştururken en soğuk bölgesini En üst Havza'da Murat Dağı ve etekleri (5-6°C) oluşturur (Şekil 1.12b). Aylık ve yıllık sıcaklık farkları açısından ise Eskişehir istasyonunda (yaz ayı hariç) değerler nispeten yüksektir. Bölgede yıllık ortalama amplitüd değeri 9.4°C'yi bulmaktadır. (Tablo 1.6).

Şekil 1.12: Çalışma sahasında yıllık toplam yağışın (a) ve yıllık ortalama sıcaklığın (b) mekânsal değişimi.



Tablo 1.6: İnceleme sahasında aylık ve yıllık amplitüd değerleri (°C).

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Eskişehir-Anado	3.6	7.3	9.7	9.5	9.2	9.2	10.4	11.6	12.8	12.4	9.8	5.2	9.4
Kütahya	5.2	6.6	8.7	8.9	9.2	9.4	10.6	12	13	11.2	7.5	5	9
Sivrihisar	4.5	5.6	7.3	6.8	6.9	7.5	8.7	9.6	9.6	8.3	6.5	4.4	7.2

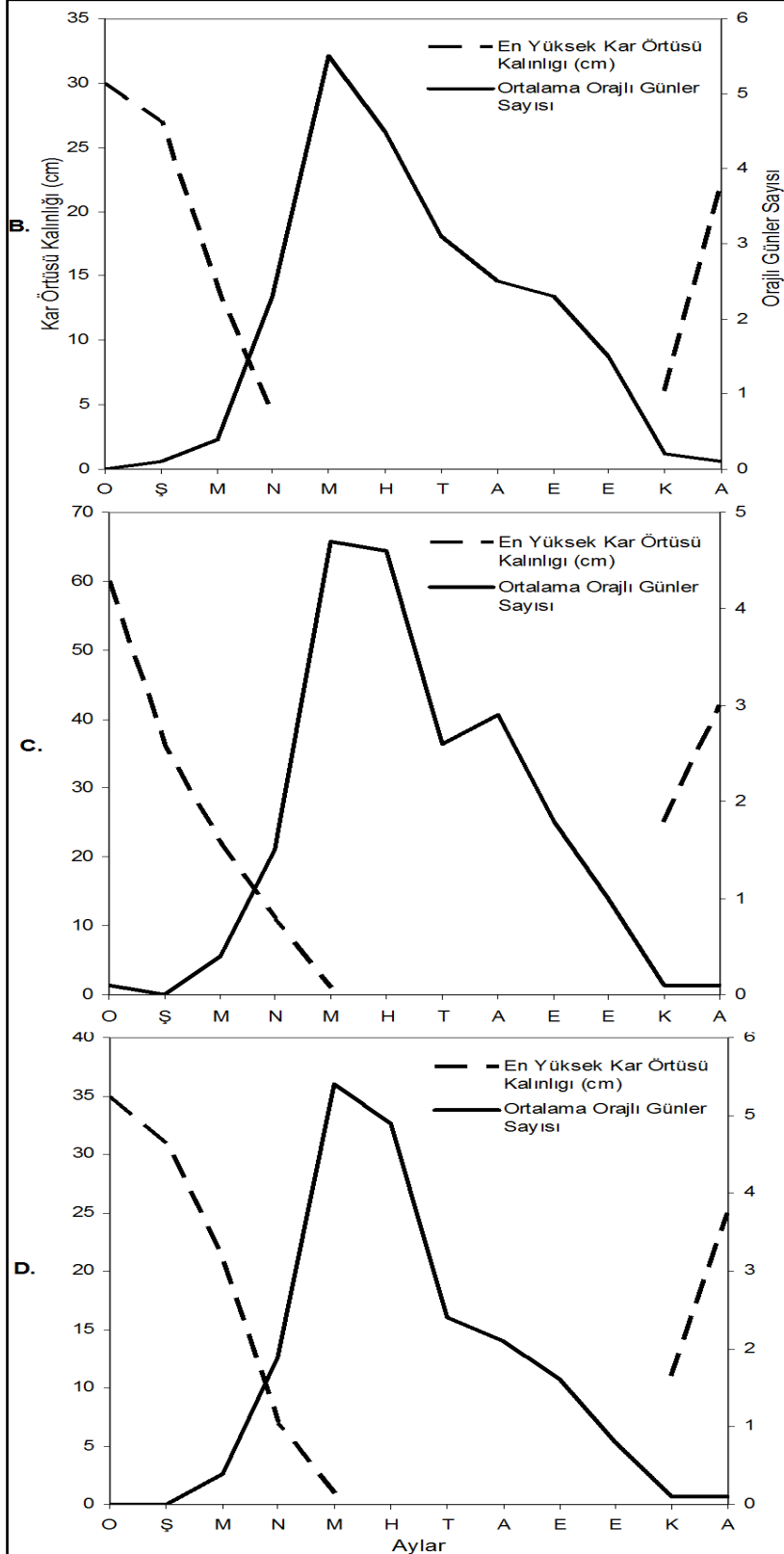
1.3.3 Maksimum Kar Örtüsü Kalınlığı ve Ortalama Orajlı Gün Sayıları

Oraj, şimşekli, gökgürültülü sağanak yağışlı konvektif fırtına anlamına gelmektedir. Farklı kuvvetlerde gelişen rüzgâr şirinin egemen olduğu kararsız atmosfer koşullarına bağlı olarak Cb (Kümülonimbüs) bulutlarıyla birlikte ortaya çıkan orajların potansiyel enerjisini oluşturan gizli ısının kinetik enerjiye dönüşmesiyle birlikte fırtına, dolu, yıldırım ve çalışma için önemli bir yer tutan şiddetli yağışlar meydana gelmektedir. Bu başlık altında Alt Havza'yı temsil edebilecek 32 yıllık rasat süresine sahip Sivrihisar istasyonu, Orta Havza'yı temsil edebilecek 17 yıllık rasat süresine sahip Eskişehir-Anado istasyonu ve Üst Havza'yı temsil edebilecek 32 yıllık rasat süresine sahip Kütahya istasyonu uzun dönemli aylık ortalama verilerinden yararlandı.

Her 3 istasyonda orajların en çok görüldüğü ay Mayıs iken bunu Haziran ve Temmuz takip etmektedir. En az görüldüğü aylar ise Ocak ve Şubat olup bunu Aralık ayı takip eder. Orajların en yüksek olduğu aylarda maksimum kar örtüsü kalınlıkları düşmekte bahardan yaz, yazdan bahara geçişlerde (Mayıs-Ekim) tüm kar ve buz örtüsünün eridiği görülür. Bu durumun görülmesinde en önemli faktör karın ve orajın farklı ve birbirinin tam zıttı termal şartlarda oluşmasıdır (Şekil 1.13). Mayıstan Hazirana geçişte 4 °C'nin üzerinde gerçekleşen sıcaklık artışı kar ve buz örtülerinin erime döneminin başlangıcını oluştururken, Ekimden Kasıma doğru sıcaklıklardaki keskin düşüşler (5°C üzeri) kar ve buz örtülerinin oluşma döneminin başlangıcını oluşturur. Haziran-Ekim arasında kar örtüsünün görülmemesinde sıcaklık artışı yanında evapotranspirasyon değerlerinin yağış tutarından fazla olması da etkilidir.

Havzada ilkbahar ve yaz mevsiminde orajların oldukça fazla görülmesi ve maksimum kar örtüsü kalınlardaki ciddi düşüşler sel ve taşkın olayları açısından bu mevsimleri riskli hale getirir.

Şekil 1.13: Eskişehir (B), Sivrihisar (C), Kütahya (D) istasyonuna ait en yüksek kar örtüsü kalınlığı ve ortalama orajlı gün sayılarının yıl içerisindeki değişimi (1975-2006).



1.3.4 Evapotranspirasyon (Buharlaşma-Terleme) Özellikleri

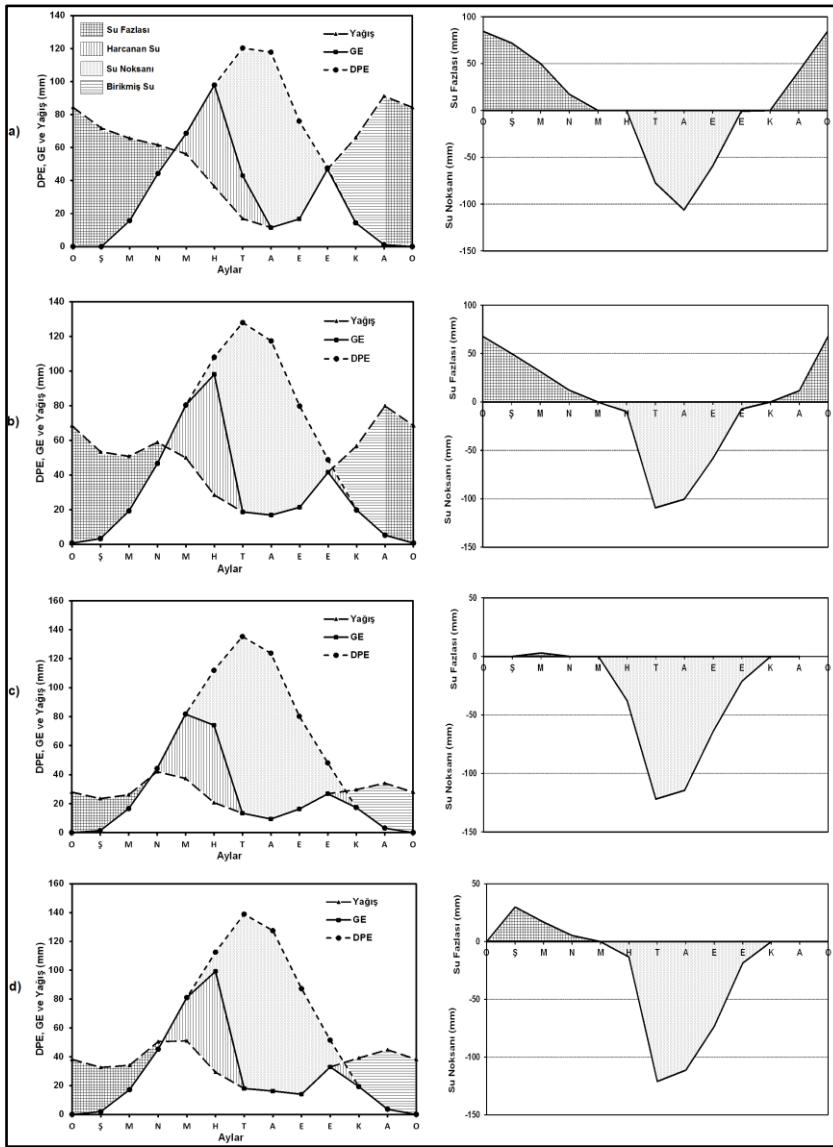
Bu çalışmada iklim tipi ve özelliklerini belirlemede uluslararası alanda suyun yıl içindeki değişimine ilişkin veri sağlaması bakımından en yaygın kullanılan ve kolay uygulanan Thornthwaite İklim Sınıflandırması (Thornthwaite 1948) kullanılmıştır. Sınıflama sisteminin temelini yağış-evapotranspirasyon ve sıcaklık-evapotranspirasyon arasındaki karşılıklı ilişkiler oluşturur.

a), b), c), ve d) istasyonlarının hepsinde yağışların potansiyel evapotranspirasyondan fazla olmaya başladığı ay Kasım ayıdır. İstasyon bazında değerlendirildiğinde havza genelinde olduğu gibi En üst Havza'yı temsil eden Dumlupınar istasyonunda, Kasım ayından itibaren toprakta su birikmeye başlar. Aralık ayına gelindiğinde toprak artık doymuştur. Yani birikmiş suyun değeri 100'dür. Aralık, Ocak Şubat, Mart ve Nisan aylarında yağışın evapotranspirasyondan fazla olması nedeniyle su fazlası meydana gelmektedir. Mayıs ayında potansiyel evapotranspirasyon yağıştan fazla olmaktadır. Sıcaklığın Nisan ayından itibaren artmasıyla birlikte birikmiş su kullanılmaya başlar. Mayıs ayına kadar toprak doymuş halde olduğundan Mayıs ayında su noksanlığı yoktur. Haziran ayına gelindiğinde ise birikmiş suyun tamamı kullanıldığından toprakta su açığı belirir (Şekil 1.14). Aynı benzer özellikler Kütahya (b) istasyonunda da görülmekle birlikte En üst Havza'ya nispeten su fazlası değerler daha düşük ve su noksanı değerler daha yüksek değerler gösterir. Özetle Üst Havza En üst Havza'ya göre daha kuraktır. Orta Havza'yı temsil eden Eskişehir istasyonuna (c) gelindiğinde, Kasım ayından itibaren toprakta su birikmeye başlar. Mart ayına gelindiğinde toprak artık doymuş hale gelmektedir. Yani birikmiş suyun değeri 100'dür. Nisan-Ekim aylarında yağışın evapotranspirasyondan az olması nedeniyle su açığı meydana gelmektedir. Sıcaklığın Mayıs ayından itibaren artmasıyla birlikte birikmiş su kullanılmaya başlar. Mart ayına kadar toprak doymuş halde olduğundan Mart ayında su noksanlığı yoktur. Haziran ayında birikmiş suyun tamamı kullanıldığından toprakta su açığı belirir (Şekil 1.14). Alt Havza'ya temsil eden Sivrihisar istasyonuna (d) gelindiğinde, Kasım ayından itibaren toprakta su birikmeye başlar Şubat ayına gelindiğinde toprak artık doymuş hale gelmektedir. Yani birikmiş suyun değeri 100'dür. Şubat, Mart ve Nisan aylarında yağışın evapotranspirasyondan fazla olması nedeniyle su fazlası meydana gelmektedir. Mayıs ayında potansiyel evapotranspirasyon yağıştan fazla olmaktadır. Sıcaklığın Nisan ayından

itibaren artmasıyla birlikte birikmiş su kullanılmaya başlar. Mayıs ayına kadar toprak doymuş halde olduğundan Mayıs ayında su noksanlığı yoktur. Haziran ayında birikmiş suyun tamamı kullanıldığından toprakta su açığı belirir (Şekil 1.14).

Tüm istasyonlardaki ortak özellik; kurak dönem içindeki Temmuz ve Ağustos aylarında su noksanlığının maksimumlara ulaşmasıdır (Şekil 1.14).

Şekil 1.14: Dumlupınar (a), Kütahya (b), Eskişehir (c), Sivrihisar (d) meteoroloji istasyonlarının Thornthwaite (1948) su bilançosu diyagramı ile gösterimi.



Şekilde **yağış**, aylık yağış tutarını (mm); **DPE**, aylık düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyonu (mm) ve **AE**, aylık gerçek evapotranspirasyonu (mm) tutarını gösterir.

1.3.5 Bağıl Nem Özellikleri

Bağıl nem ile sıcaklık, buharlaşma, toprak nemi, toprak su tutma kapasitesi ve yüzeysel akış arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır.

Bağıl nemin gün içerisinde değişimini etkileyen iki faktör bulunmaktadır; mutlak nem ve sıcaklıktır. Sabah saatlerinde (07:⁰⁰) sıcaklığın düşük olması yanında havadaki su buharı kapasitesinin düşük olması her 3 istasyonda bağıl nemin yüksek olmasını sağlamıştır. Günün ilerleyen saatlerinde (14:⁰⁰) havanın ısınmasıyla havanın su buharı kapasitesinin artması sonucu havadaki bağıl nemin ciddi bir düşüşe uğradığı görülürken akşam saatlerine doğru gelirken (20:⁰⁰) havanın sıcaklığının tekrar düşmesine bağlı olarak su buharı kapasitesinin düşmesi sonucu bağıl nemin tekrar yükseldiği görülür (Tablo 1.7). Bağıl nemin günlük değişkenliği oldukça yüksekken bu yüksek değişkenlik aylık ya da yıllık ortalamalara yansımaz. Mutlak nem miktarı sabit kalsa dahi, bağıl nemin azaldığı hava koşulları buharlaşmayı arttırıcı bir rol oynayacağı için toprak nemi azalır ve bağıl nemin yüzeysel akış üzerindeki etki oranı da düşer. Buradan yola çıkarak Porsuk Çayı Havzasında sabah ve akşam saatlerinde yağışın yüzeysel akışa geçen miktarı arttırıcı en yüksek değere sahip istasyonun Eskişehir ve çevresi, öğle saatlerinde Sivrihisar ve çevresi olduğu görülür. Yıllık bağıl nem (nispi nem) değerlerine bakıldığında değerler birbirine yakın olmakla birlikte en yüksek değer Eskişehir istasyonunda görülürken bunu Kütahya ve Sivrihisar istasyonu takip eder.

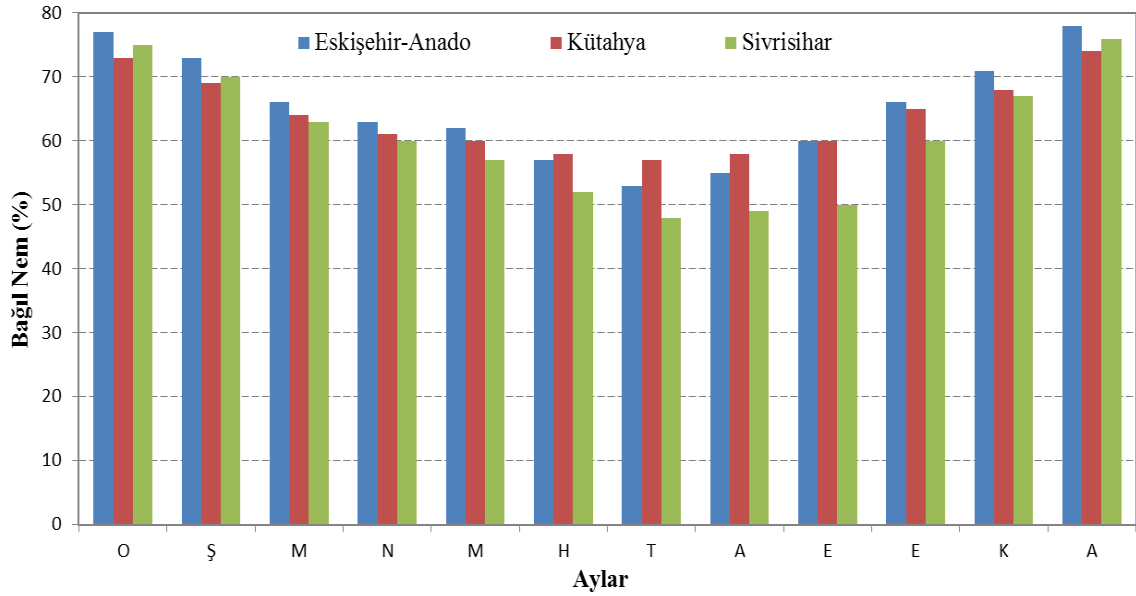
Tablo 1.7: Eskişehir, Kütahya ve Sivrihisar meteoroloji istasyonlarına ait uzun dönemli bağıl nem değerleri (1975-2006).

	Eskişehir-Anado	Kütahya	Sivrihisar
Saat 07 deki ortalama Bağıl Nem (%)	81	78	71
Saat 14 deki ortalama Bağıl Nem (%)	44	47	49
Saat 20 deki ortalama Bağıl Nem (%)	70	66	60
Yıllık ortalama Bağıl Nem (%)	65	63	60

Havzada bağıl nem oranı Temmuz-Aralık ayında bir artış eğilimi gösterirken Ocak-Temmuz ayı arasında azalma eğilimi göstermektedir. Bağıl nemin en yüksek değer gösterdiği Kış mevsiminde %70'e varan değerler yaz mevsiminde %50'nin altına indiği

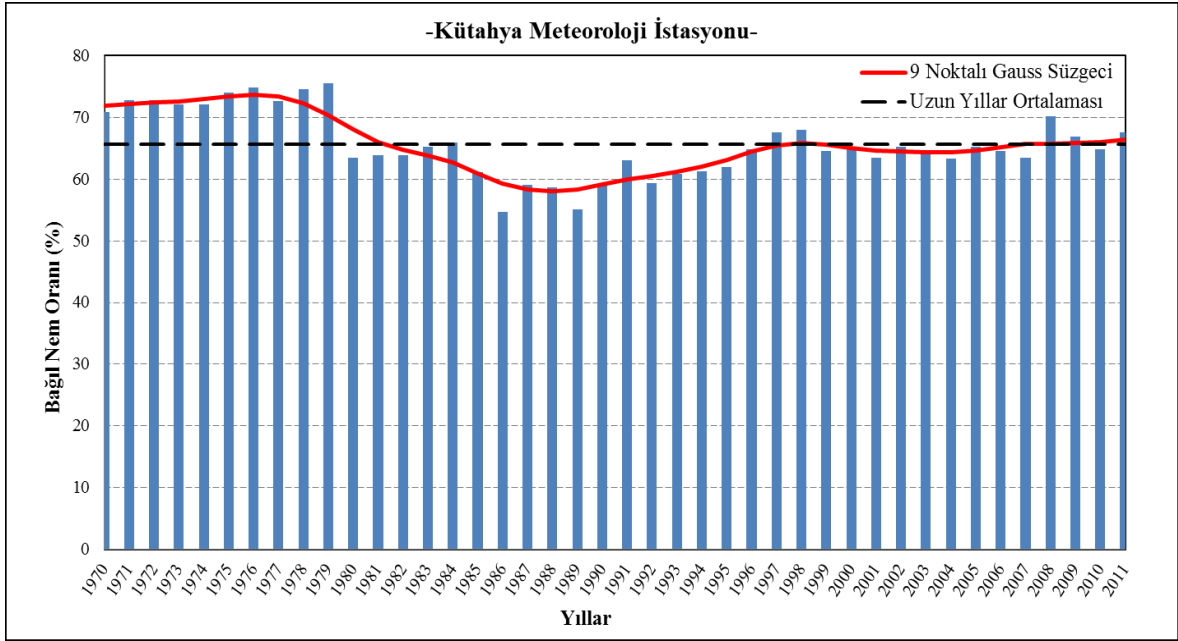
görülür. Aralık ve Ocak aylarında %73-78 arasında değişen bağıl nem değerleri, Temmuz ve ağustos aylarında %48-58 oranlarına kadar düşer (Şekil 1.15).

Şekil 1.15: Porsuk Çayı Havzası aylık ortalama bağıl nem değişimleri.

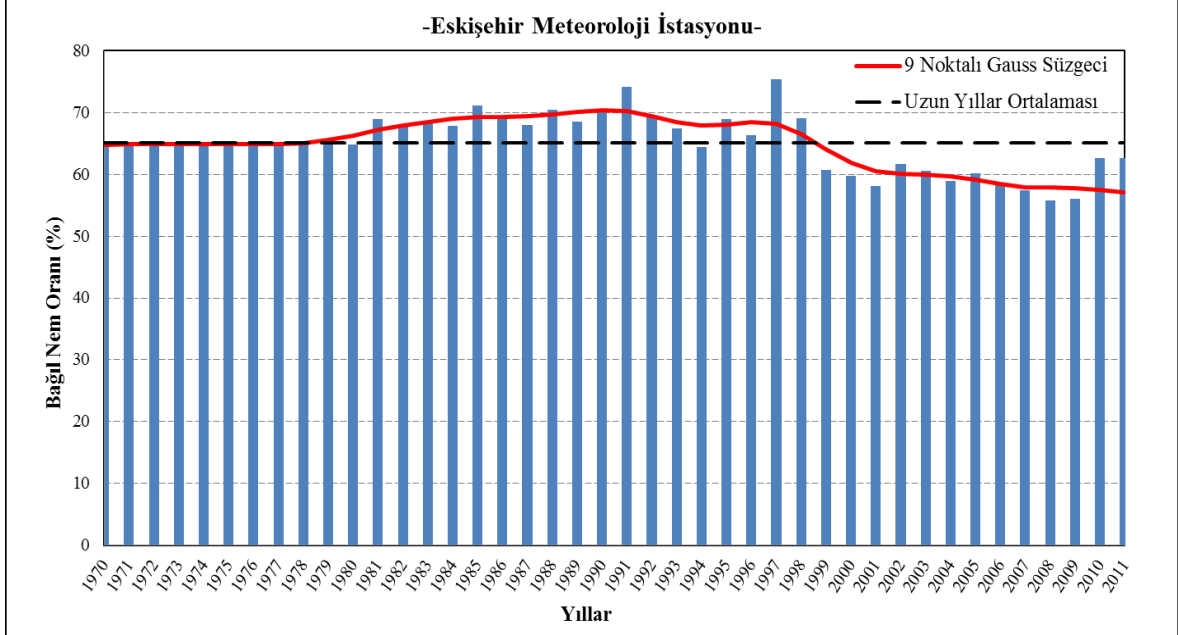


Bağıl nemin Porsuk Çayı Havzasında yıllar arası değişkenliğine bakıldığı zaman yaklaşık %5-8 arasında değişmekle birlikte Üst Havza'ya doğru gidildikçe artar (Şekil 1.16-1.18). Kütahya'da 1979 yılında %79.4'lere ulaşan bağıl nem değerlerinin 1986 ve 1989 yıllarında yaklaşık %55 düzeylerine kadar düştüğü gözlenir. 1981 yılından sonra genel bir azalma eğilimine girdiği ve ortalamanın altında seyrettiği görülürken 1997 yılından sonra ise ortalama etrafında zayıf bir dalgalanma gösterdiği görülür (Şekil 1.16).

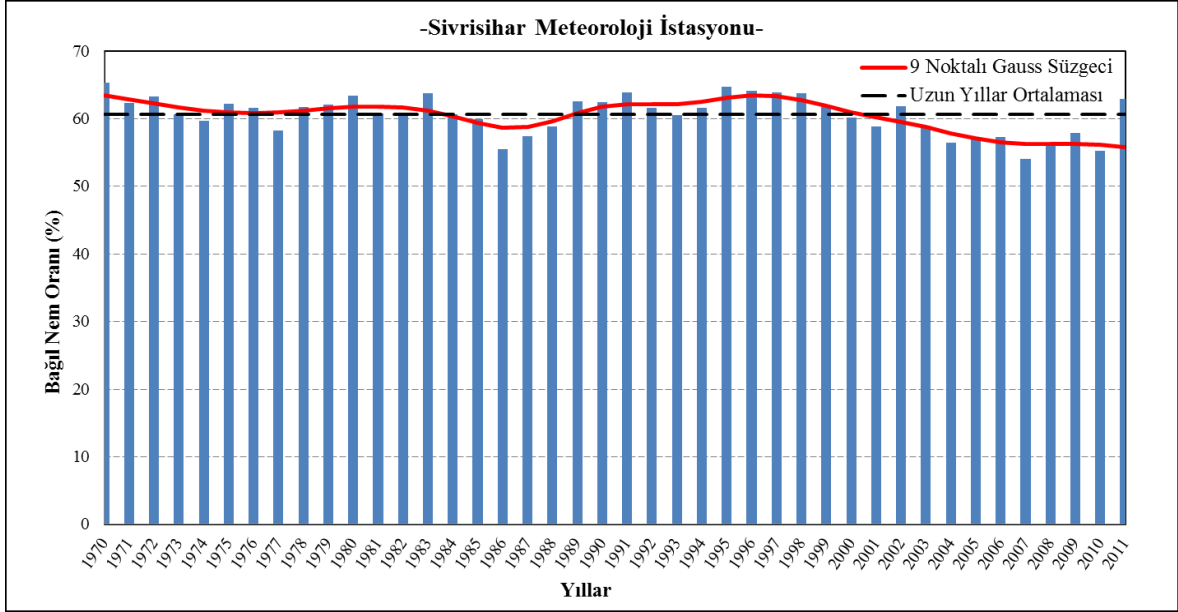
Şekil 1.16: Kütahya istasyonu yıllar arası ortalama bağıl nem değişimleri ($VK \cong 8.06$).



Şekil 1.17: Eskişehir istasyonu yıllar arası ortalama bağıl nem değişimleri ($VK \cong 7.2$).



Şekil 1.18: Sivrihisar istasyonu yıllar arası ortalama bağıl nem değişimleri ($VK \cong 4.66$).



1.3.6 Rüzgâr Özellikleri

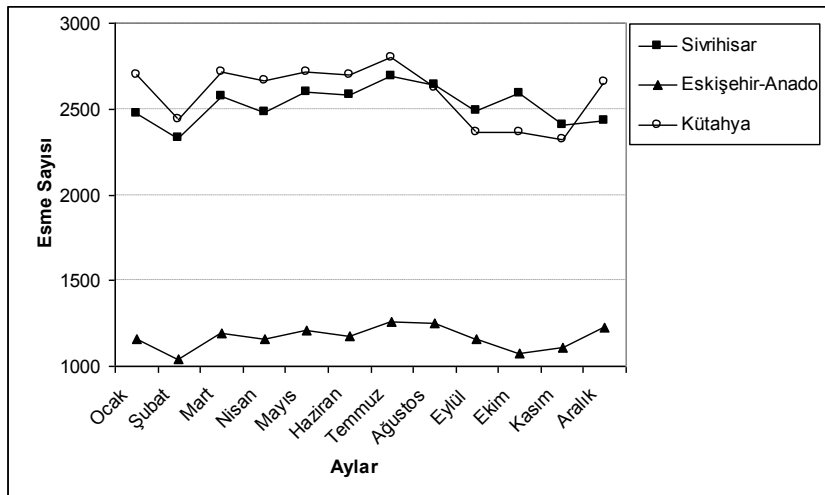
Rüzgâr bölümünde rüzgârın 3 önemli özelliği üzerinde durulacaktır. Bunlar; yön, hız ve esme sıklığıdır (esme sayısı, frekans). Rüzgâr yönleri çok sık değişir. Bu değişme gün içinde en az birkaç defa meydana geldiği gibi, aylık ve mevsimlik olarak da önemli değişmeler olur. Yöndeki değişme, hava şartlarını önemli ölçüde etkiler. Bu etkiler, bazen yağışa sebep olduğu gibi, bazen de sıcaklığı artırma veya azaltma yönünde olabilir. WMO'nun rüzgâr hızını kestirmek ve rüzgâr hızının karada ve denizdeki etkilerini ortaya koymak için oluşturduğu ve kullandığı Bofor Ölçeğine (Beaufort Skalası) göre Porsuk Çayı Havzası ve çevresinde yer alan 10 istasyona ait ortalama rüzgâr hız değerlerinin tümü 4 m/s 'nin altında olduğu için hafif esinti sınıfına girer (Tablo 1.8).

Tablo 1.8: Porsuk Çayı Havzası ve çevresinde yer alan istasyonlara ait ortalama rüzgâr hızları (m/s).

İstasyon No	İstasyon Adı	Dönem	Ort. Rüzgâr Hızı (m/s)
17120	Bilecik	1970-2012	2.38
17123	Eskişehir-Anado	1970-2012	3.08
17124	Eskişehir-Ask	1970-2012	2.89
17126	Eskişehir-Bölge	1970-2012	2.41
17155	Kütahya	1970-2012	1.59
17190	Afyonkarahisar	1970-2012	2.29
17702	Bozüyük	1975-2006	1.5
17704	Tavşanlı	1975-2006	1.6
17726	Sivrihisar	1975-2006	2.3
17728	Polatlı	1975-2006	2.7

Porsuk Çayı Havzası içerisinde yer alan Sivrihisar, Eskişehir-Anado ve Kütahya meteoroloji istasyonlarında aylara ait esme sayıları (1975-2006) bakıldığında Eskişehir-Anado istasyonu (1000-1250) diğer iki istasyona (2250-2750) nazaran düşük değerler göstermektedir. Doğal mevsimler açısından her 3 istasyonda sonbahardan kış mevsimine geçişlerde esme sayılarında belirgin bir düşüş görülürken yaz mevsiminde ise belirgin bir artış eğilimi görülmektedir (Şekil 1.19).

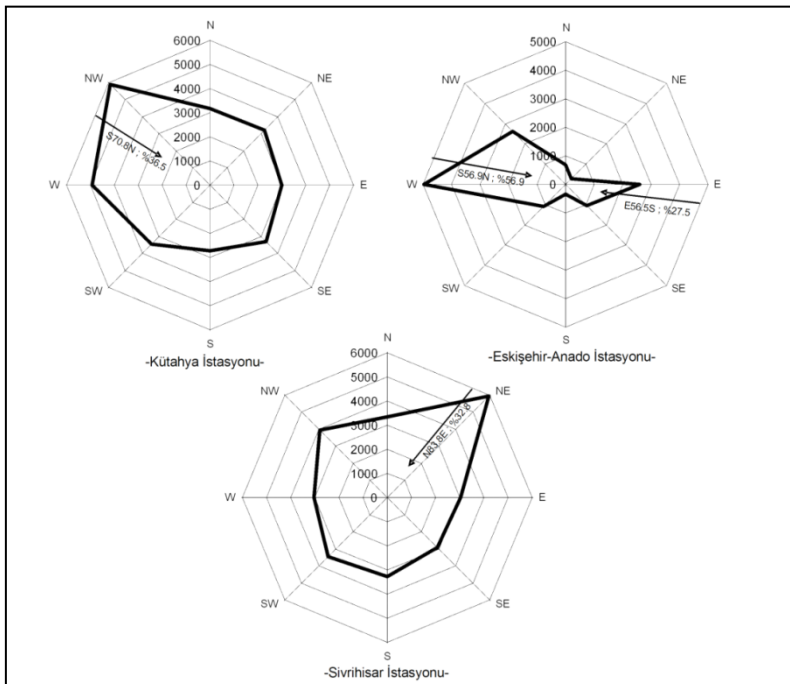
Şekil 1.19: Kütahya, Eskişehir ve Sivrihisar meteoroloji istasyonlarında aylara ait esme sayıları (1975-2006).



Rüzgârın etkilerini ve rüzgârı etkileyen faktörlerin doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için hız ve esme sayısının değerlendirilmesi tek başına yeterli değildir. Bunun yanında hâkim rüzgâr yönü ve frekansı (% olarak) da tam olarak ifade edilmesi gerekir. Bunun için kolay uygulanabilirliği sebebiyle Rubinstein Yöntemi uygulanarak hâkim rüzgâr yönü frekansı hesaplanmıştır.

Havzanın batısında yer alan Kütahya istasyonu rüzgârgülünde hâkim rüzgâr yönü S70.8N (KKB, Yerel ismi: Karayel) açısında olmakla birlikte frekansı (esme sıklığı) yaklaşık %36.5'dir. Eskişehir-Anado istasyonu rüzgâr yön ve açısı Kütahya istasyonu ile benzerlik gösterse de Kütahya istasyonu kadar baskın bir hâkim yönü ve açısı yoktur. Havzanın ortasında yer alan Eskişehir-Anado istasyonu rüzgârgülünde hâkim rüzgâr yönü S56.9N (yaklaşık B ve D, Yerel ismi: Batı ve Doğu rüzgârları) açısında olmakla birlikte frekansı (esme sıklığı) yaklaşık %59.6'dır. Sivrihisar istasyonu rüzgâr yön ve açısı Kütahya ve Eskişehir-Anado istasyonundan bariz bir şekilde ayrılrsa da Kütahya istasyonu gibi baskın bir hâkim yön bulunmaktadır. Havzanın doğusunda yer alan Sivrihisar istasyonu rüzgârgülünde hâkim rüzgâr yönü N83.8E (KKD, Yerel ismi: Poyraz) açısında olmakla birlikte frekansı (esme sıklığı) yaklaşık %32.8'dir (Şekil 1.20).

Şekil 1.20: Kütahya, Eskişehir ve Sivrihisar istasyonuna ait rüzgârgülü, hâkim rüzgâr yönü ve hâkim rüzgârın frekansı (%).



1.3.7 İklim Tipi

Thornthwaite iklim tipi belirleme indis ve harflendirme sonuçlarına göre; Eskişehir-Anado ve Sivrihisar istasyonları D,B'1,d,b'3 harfleriyle gösterilirken Kütahya ve Dumlupınar istasyonları Thornthwaite formülüne göre C2,B'1,s2,b'3 harfleriyle karakterize edilir. Başka bir deyişle Eskişehir-Anado ve Sivrihisar istasyonlarının yarı kurak birinci dereceden mezotermal, su fazlası olmayan (no surplus) yahut çok az olan (or few) tali iklim tipine girdiği; Kütahya ve Dumlupınar istasyonlarının yarı nemli, birinci dereceden mezotermal, su fazlası kış mevsiminde çok kuvvetli olan tali iklim tipine girdiği söylenebilir. Havza geneli Türkiye'ye göre karasal/kıtasal tesire daha yakın olmakla birlikte, nispeten Dumlupınar istasyonu denizel/okyanusal tesire, Eskişehir istasyonu karasal/kıtasal tesire daha yakındır (Tablo 1.9).

Tablo 1.9: Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanının ayrıntılı iklim türleri.

İstasyon Adı	Thorntwaite iklim tipi belirleme yöntemi sonuçları	Nemlilik İndis (L_m) sonuçları	Sıcaklık Tesirlik İndis sonuçları	Yağış rejimine göre tali iklim tipleri	Sıcaklık rejimine (Yaz Konsantrasyonu) göre tali iklim tipleri
Dumlupınar	C2,B'1,s2,b'3	C2:Yarı nemli (19.7)	B'1:Mezotermal (60.4)	s2: Su fazlası kış mevsiminde çok kuvvetli (yüksek, şiddetli) olan tali iklim tipi	b'3: Karasal/Kıtasal tesire yakın (53.6)
Kütahya	C2,B'1,s2,b'3	C2:Yarı nemli (0.3)	B'1:Mezotermal (65.8)	s2:Su fazlası kış mevsiminde çok kuvvetli (yüksek, şiddetli) olan tali iklim tipi	b'3: Karasal/Kıtasal tesire yakın (53.7)
Eskişehir-Anado	D,B'1,d,b'3	D:Yarı kurak (-32)	B'1:Mezotermal (66.4)	d: Su fazlası olmayan (nosurplus) yahut çok az olan (orfew) tali iklim tipi	b'3: Karasal/Kıtasal tesire yakın (55.9)
Sivrihisar	D,B'1,d,b'3	D:Yarı kurak (-21.9)	B'1:Mezotermal (68.7)	d:Su fazlası olmayan (nosurplus) yahut çok az olan (orfew) tali iklim tipi	b'3: Karasal/Kıtasal tesire yakın (55.2)

1.4 Hidrolojik Özellikler

Hidrolojik özellikler başlığı altında, yüzey sularının mevcut durumu ve mekânsal dağılışı ele alındı.

1.4.1 Drenaj Özelliği

Porsuk Çayı Havzasının drenaj özelliklerini ortaya koymak için drenaj yoğunluğu, tipi, yüzey eğriliği ve akım birikimi ve akış uzunluğu özellikleri açıklandı.

1.4.1.1 Drenaj Yoğunluğu

Akarsu yoğunluğu: Jeomorfolojik açıdan yüzeyi şekillendirme derecesi, iklim açısından nemli ve kurak bölgelerin tespitinde, hidroloji açısından ise debi rejim bölgelerinin yaklaşık olarak belirlenmesinde bazı yararlı bilgiler vermektedir.

Havza bütününde 0.19 km/km^2 olan devamlı akarsu yoğunluğu Alt Havza'da 0.16 km/km^2 , Orta Havza'da 0.12 km/km^2 , Üst Havza'da 0.24 km/km^2 ve En üst Havza'da 0.3 km/km^2 olarak hesaplanmıştır. Mevsimlik ve devamlı akarsular birlikte değerlendirildiğinde basit sisteme göre havza bütününde akarsu yoğunluğu 0.87 km/km^2 iken Alt Havza'nın akarsu yoğunluğu 0.6 km/km^2 , Orta Havza'nın 1.05 km/km^2 , Üst Havza'nın, 0.96 km/km^2 ve En üst Havza'nın 0.66 km/km^2 'dir. Mevsimlik akarsuların Orta Havza'da yoğun olması havza bütününde akarsu yoğunluğunun yüksek çıkmasına katkıda bulunurken, En üst Havza'da düşük olması havza bütününde akarsu yoğunluğunun düşük çıkmasına neden olmuştur. Bu durum Üst ve En üst Havza'nın morfolojik evrim aşamasının Alt ve Orta Havza'ya göre başlangıç aşamasında olduğunu ya da daha genç bir morfolojiye sahip olduğu gösterir. Bu durumu Üst ve En üst Havzadaki yüksek vadi yoğunluğu ve yüksek çatallanma oranı da doğrulamaktadır.

Havzadaki akarsuların büyük kısmı Kuvaterner ve Neojen devrine ait yüzeyde akmaktadır. Üst Havza'ya gelindiğinde çökel kayaçların yanında ferromagnezyen minerallerden oluşan ayrılmamış ofiyolitik kayaların geniş bir alanda yüzeylenmesi (517 km^2), ofiyolitik melanj (k2m) ve şistlerin (P2) sadece En üst Havza'da bulunması (En üst Havza'nın %11) havzada akarsu yoğunluğunu arttırıcı yapısal ve topoğrafik faktörleri oluşturur. Bunun yanında Üst Havza ve En üst Havza'da yükseltiyle beraber dik yamaçların Alt ve Orta Havza'ya göre baskın olması akarsu yoğunluğunu arttırıcı bir diğer faktördür.

Akarsu yoğunluğunu etkileyen yapısal ve topoğrafik faktörlerden ziyade iklimin doğrudan ve dolaylı etkileri akarsu yoğunluğu üzerinde birinci dereceden etkili en önemli özelliktir (Burada sayısal olarak verilmedi). Alt-Orta Havza yarı-kurak bir iklimi temsil ederken nispeten yağış etkinliği düşük, Üst-En üst Havza yarı nemli bir iklimi temsil ederken nispeten yağış etkinliği yüksektir. Bu belirgin iklimsel özellikler, havza bölümlerinde akış yoğunluğu üzerinde en önemli faktörleri oluşturur.

1.4.1.2 Drenaj Tipi

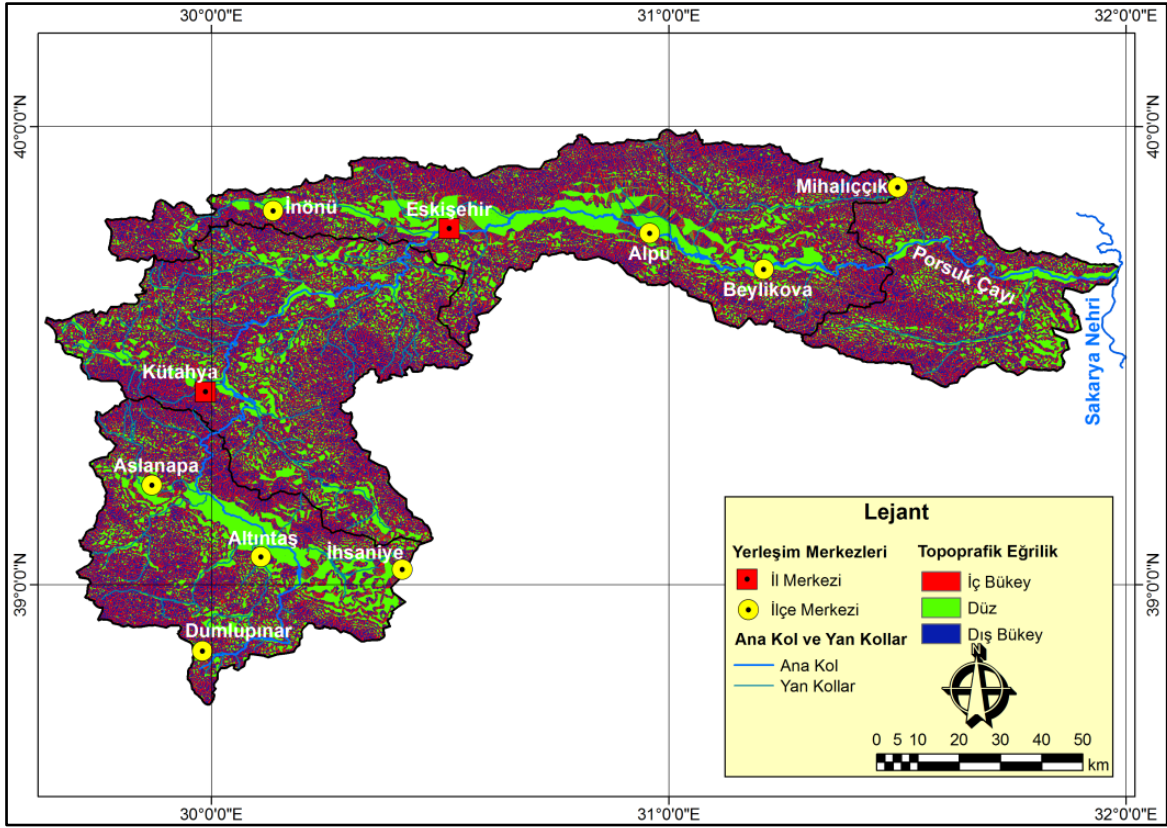
Havzadaki daimi akarsuların büyük kısmı konsekant akarsu olmakla birlikte, aktif ve tanımlanmamış faylara bağlı olarak gelişen akarsular da bulunur. Bunlar genelde Üst Havza'da (Güvez Deresi, Çiftlik Deresi, Felet Çayı ve Çad Deresi) toplanmıştır. Orta Havza'da Sarısu Çayı En üst Havza'da Kocaçay'ında subsekant vadiler içerisinde aktıkları görülür. Üst Havza ile En üst Havza arasında 1000-1600 m yüksekliğinde D-B yönünde yaklaşık 16 km² lik bir sahada Porsuk Çayının epijenik olarak saplandığı ve "V" tipi bir vadi (kanyon=boğaz) yaklaşık 20 km menderesli bir akış gösterdiği görülmektedir. Bu menderesli akış, özellikle Alt-Orta Miyosen dönemine ait Kireçtaşları ve Mesozoyik zamanına ait mermerlerin yüzeylendiği kütleler içindedir.

Alt ve Orta Havza'da paralel karakterde bir drenaj ağı görülürken En üst ve En üst Havza'da dantritik karakterde bir drenaj ağı görülür (Şekil 1.22b).

1.4.1.3 Yüzey Eğriliği

Yüzey eğriliği analizleri; yüzeyin ya da yer şekillerin morfolojisinin incelenmesinde, yüzeysel akış özellikleri, toprak nem derecesi ve tekstür özellikleri, mikroklimatik sahaların belirlenmesi ve saha döngüsünün ortaya konmasında önemli yer tutmaktadır. Yamaçların iç bükey, dış bükey ve yatay özelliklerinin ortaya konmasında ArcInfo'da yapılan analizlerde düz ya da düze yakın sahalara temsil edebilmek için 0'a yakın değerler (-0.1-0.1 arasındaki değerler) baz alınmış olmakla birlikte, pozitif değerler dış bükey sahalara, negatif değerler ise iç bükey sahalara karşılık gelmektedir (Şekil 1.21). Çıkan sonuçlara göre havzanın polijenik bir topoğrafyası bulunmaktadır. Bu durum orojenik ve epirojenik hareketler yanında flüvyal süreç ve etmenlerin sahayı işlemeden ileri gelmektedir. Özellikle Üst Havza'da yüksek eğim değerlerinin var olması geniş bir alan kaplayan dış bükey sahalara ortaya çıkmasını sağlamıştır. Sadece bu durum dikkate alındığında Üst Havza'daki yamaçlarda nispeten toprak neminin düşük olması ve yüzeysel akışların daha az kayba uğrayarak daha hızlı hareket etmesi beklenmesi gereken bir durumu oluşturur. Bu tür sahalarda debilerin yüksek değerler göstermesi suya bağlı afetler açısından riskli sahalara karşılık gelir.

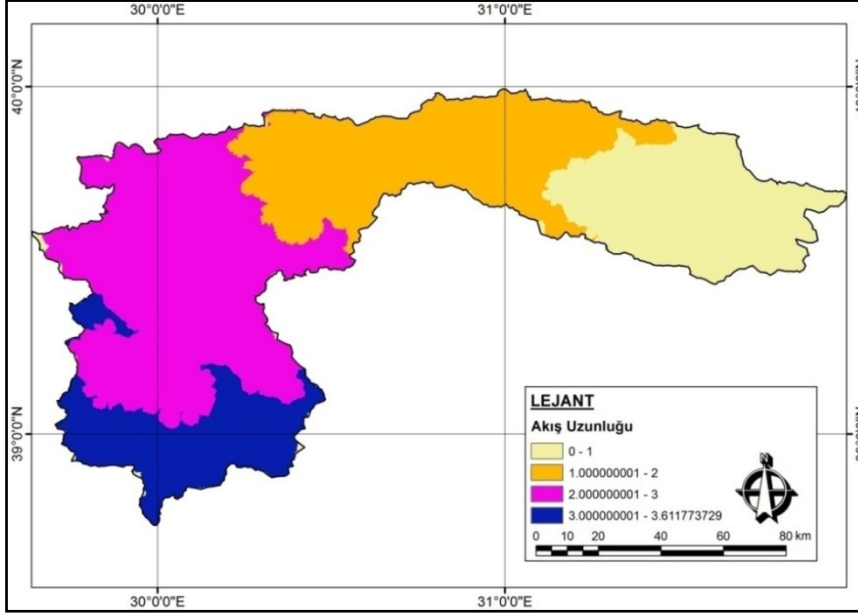
Şekil 1.21: Araştırma sahasının Plan Eğrilik Derecesi haritası.



1.4.1.4 Akış Uzunluğu

Akışı yönlendiren etmen hiç kuşkusuz eğimdir. Piksellerin karşılıklı eğim derecelerinden yararlanılarak oluşturulan düzeltilmiş DEM görüntüsünden elde edilen akım akış uzunluğu haritalarında Üst Havza'nın yukarı kesimleri ile En üst Havza'da aşağı sudaki akış mesafesi Alt ve Orta Havzaya oranla yaklaşık 2 katının olduğu görülür. Akış mesafesinin Alt ve Orta Havza'da az olması, diğer koşullar aynı kalmak suretiyle fizyografik özellikler kapsamında havza şekli ve havza büyüklüğü ile ilgili bir durumdur. Uzunlamasına ensiz ve küçük havzalarda yüksek yüzeysel akışlar yanında infiltrasyon kapasitesinde düşük olması havza genelinde ortalama akım miktarlarının yüksek olmasına sebep olmaktadır. Bunun yanında litoloji ve eğim faktörlerinin de büyük bir etkisi vardır. Bu durum, akış mesafesinin nispeten Alt ve Orta Havza'da düşük olması gecikme süresi ve taşkın pikine olumsuz bir katkı yapar.

Şekil 1.22: Doğal Akış Uzunluğu (Flow Length) haritası.



1.4.2 Doğal ve Yapay Göller(Barajlar)

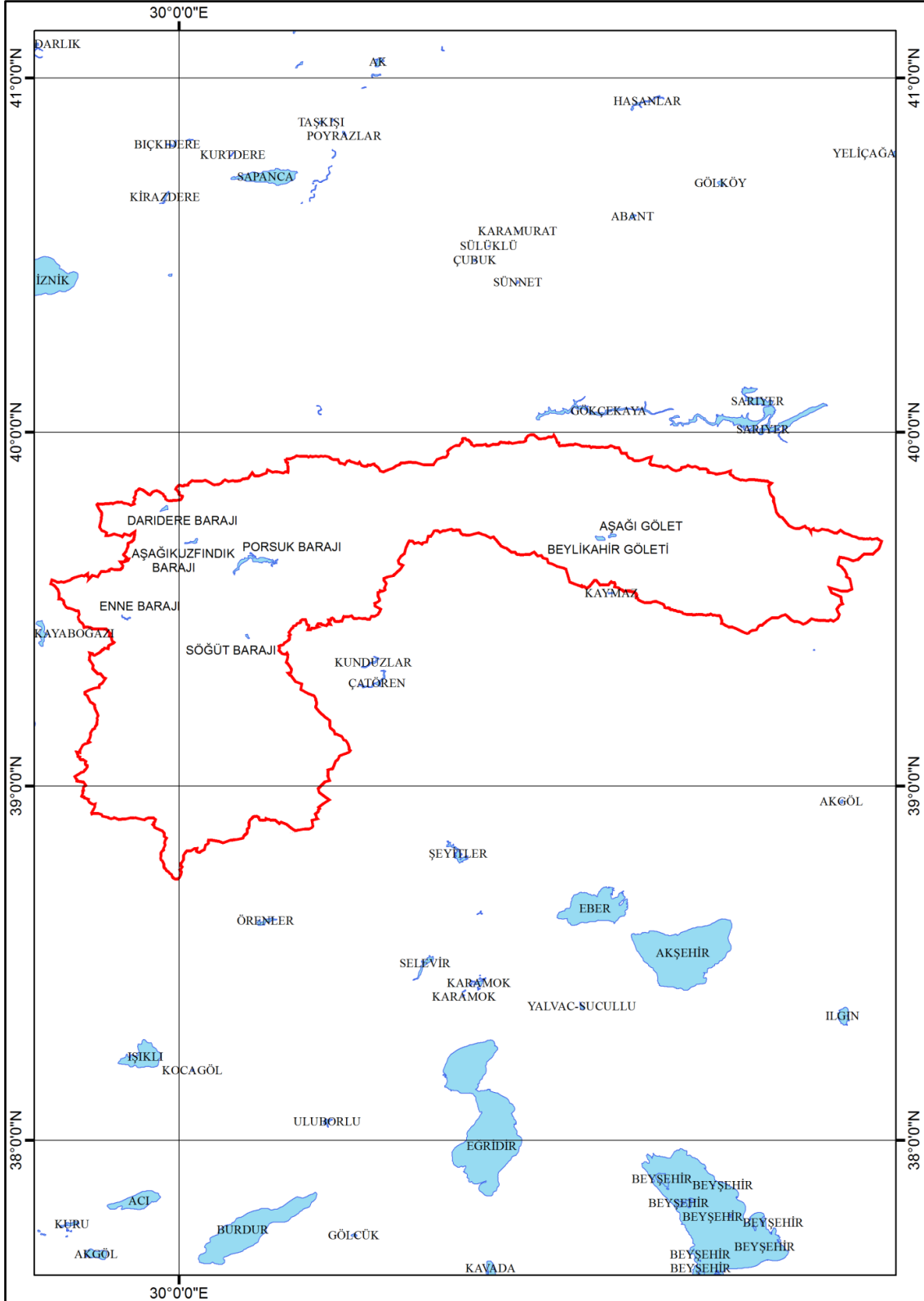
Porsuk Çayı Havzasında doğal bir göl bulunmazken havza yapay göl açısından (çevresine kıyasla) da fakirdir (Şekil 1.23). Havza sınırları içerisinde tespit edilen ve işletilen 13 baraj, işletilen 28 inşaat halinde 2 gölet (Yayıklı ve Okçu) ve 1 adet depolama tesisi (Beylikova Depolama Tesisi) vardır. Barajların geneli sulama (S) amaçlıdır (Tablo 1.10).

Tablo 1.10: Porsuk Çayı Havzasındaki barajlar ve kullanım amaçları.

Barajlar	Akarsuyu	Amacı
Akçaköy	Murat Ç.	S
Kureyşler	Kureyşler D.	S
Çatören	Harami Dere	S
Kaymaz	Çayırılık D.	S
Kunduzlar	Yönek D.	S
Musaözü	Mollaoğlu D.	S
Porsuk	Porsuk Ç.	S+T+İ
Aşağı Kuzufındık	Kocadere	S
Enne	Dereboğazı	İ+SA
Söğüt	İlgın D.	S
Beşkarış	Kokar Ç.	S
Dodurga (Darıdere)	Sarısu	S+T
Keskin Barajı	Keskin D.	S

Havzanın en büyük barajı Porsuk Barajıdır. Adından da anlaşılacağı üzere Üst Havza sınırları içerisinde Porsuk Çayı üzerinde kuruludur. Baraj gölünün alanı WGS 1984 Elipsoidi Zone 36, 1/250.000 ölçekli topoğrafik haritanın sayısallaştırılmasıyla 22.918 km² olarak hesaplanmış olup yağış alanı yaklaşık 5.644 km²'dir. Deniz seviyesinden olan yüzey yüksekliği 890 m olan baraj gölünü 6 akarsu beslemekle birlikte bunların 2 tanesi mevsimlik akarsudur. Taşkın koruma ve sulama amaçlı kurulan barajın yapımına 1944 yılında başlanmış olup 1948 sonları baraj inşaatı tamamlanmış ve hizmete açılmıştır (Büyükerşen ve Efelerli 2008). 1966 yılına gelindiğinde Eskişehir'in içme ve sulama kullanımını artırma düşüncesiyle baraj yükseltme çalışmaları başlamış ve bu çalışma 1972 yılına kadar sürmüştür. Bu çalışmalar zarfında 1970 yılında taşkın riskini azaltmak amaçlı baraj gölü yakınlarındaki Kargın Deresi de göle derive edilmiştir.

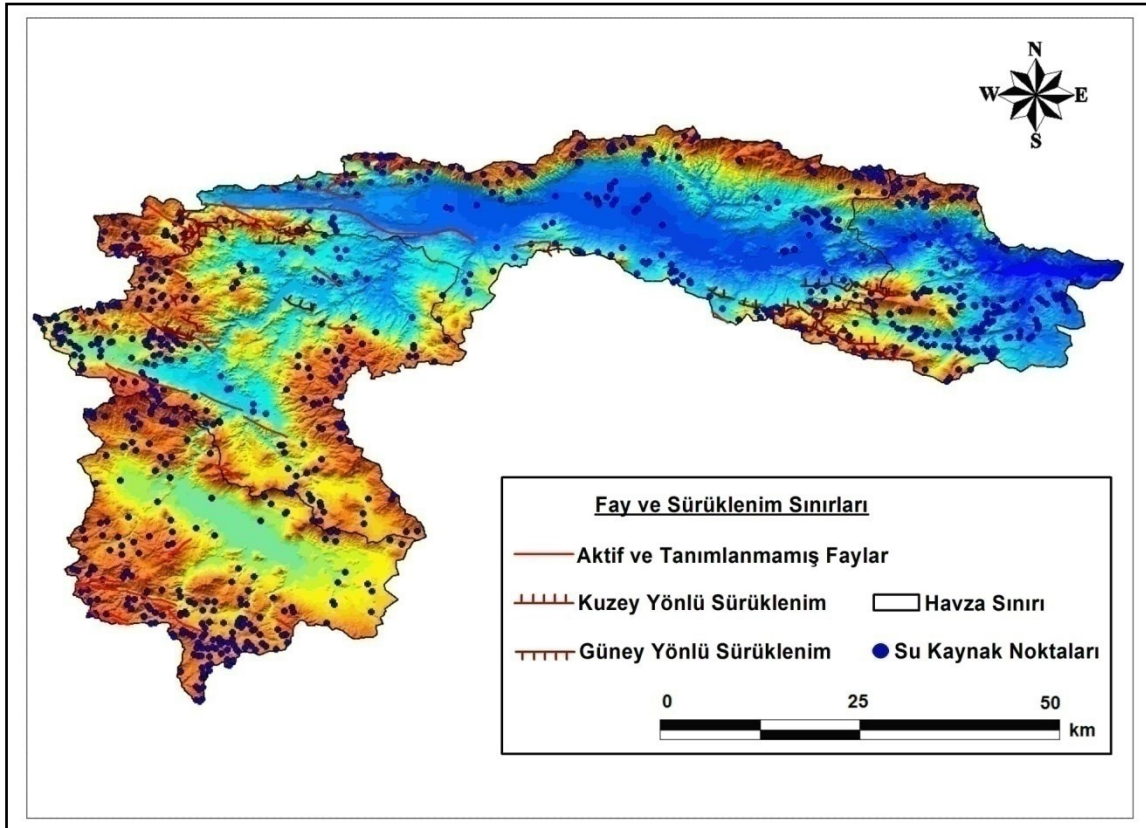
Şekil 1.23:Porsuk Çayı ve yakın çevresindeki doğal ve yapay göllerin dağılışı.



1.4.3 Kaynaklar

Porsuk Çayı Havzasında su kaynaklarının mekânsal dağılışına bakıldığında kaynakların genelde dağlık sahalarda toplandığı görölmektedir (Şekil 1.24). Jeolojik birimler açısından Neojen yaşı kireçtaşı, marn, şeyl karakterindeki kayaç türleri ile Mesozoyik yaşı mermer kayaçları üzerinde toplanma eğilimi gösterirken, özelde Alt Havza'da Miyosen yaşı evaporitli sedimenter kayaçlar üzerinde toplanma eğilimi göstermiştir. Havza genelinde su kaynakları açısından en fakir jeolojik birimi ise ayrılmamış Kuvaterner çökelleri oluşturur (Şekil 1.24). Havzada, su kaynaklarının mekânsal dağılışında litolojik birimler dışında faylı sahalarda etkili olduğu görülür. Bu tür sahalarda kaynakların çizgisel bir uzanış göstermesine katkıda bulunur (Nitekim Üst ve En üst Havza'da görüldüğu gibi).

Şekil 1.24: Su kaynaklarının havza bölümleri ölçeğinde mekânsal dağılımı.



1.5 Doğal Bitki Örtüsü Genel Özellikleri

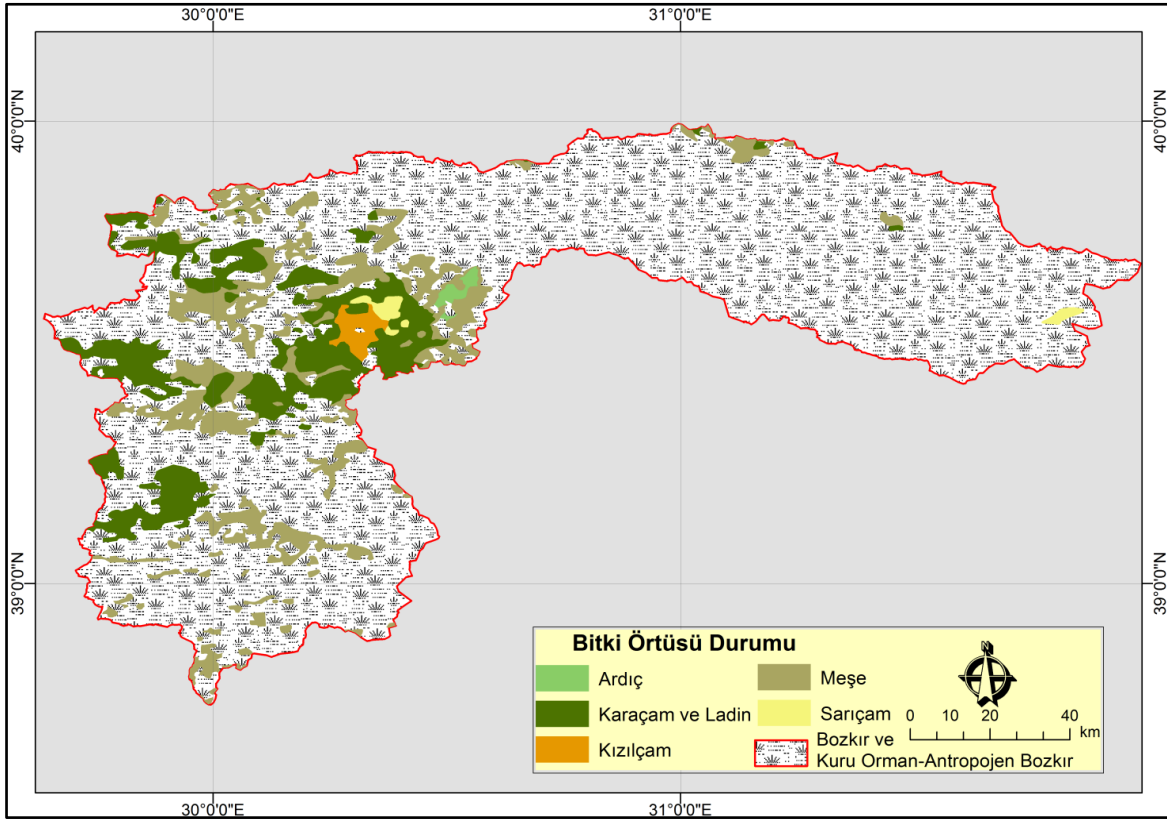
Araştırma alanı, ülkemizin üç büyük flora alanlarından Akdeniz, Avrupa-Sibirya (Öksin) ve İran-Turan flora bölgesi içerisinde yer almakla birlikte büyük kısmı (nispeten İnönü yerleşim alanının batısındaki tepelik sahalar hariç) İran-Turan flora bölgesi özelliklerini yansıtır. Davis'in (1988) karelej sistemine göre B₂ – B₃ karesi içerisinde yer almaktadır.

Porsuk Çayı Havzası'nın yaklaşık %76.58'ini Bozkır, Kuru Orman-Antropojen Bozkır oluştururken yaklaşık %22.42'sini 6 farklı ağaç türü (2422.8 km²) oluşturur (%10.86 Meşe, %10.14, Karaçam ve Ladin, %0.66 Kızılcım, %0.48 Sarıçam ve %0.29 Ardıç). Bu ağaç türleri (*Quercus ssp.*, *Pinus nigra*, *Picea ssp.*, *Pinus brutia*, *Juniperus ssp.* ve *Pinus sylvestris*) aynı zamanda havzanın temel meşçeresini oluşturur (Şekil 1.25). Havzanın doğu kesiminde yer alan Türkmen Dağı ve ona bağlı alçak platoluk sahalar ve tepelik sahalar ile En üst Havza'nın batı kesimindeki platoluk ve tepelik sahalar havzanın temel meşçeresinin yayılış gösterdiği sahalardır. Havzanın orman formasyonu açısından en fakir sahasını ise Orta Havza ve Alt Havza oluşturur. Bu kesimde, dar alanlı orman formasyonlarına aynı zamanda bölgelerarası geçiş bölgesini temsil eden Sündiken dağlarının güney yamaçlarında rastlanır. Bu kesimde havza bütününde olduğu gibi hâkim tür Meşe (*Quercus ssp.*) olmakla birlikte daha yüksek kesimlerde (+1500 m) Karaçam ve Ladin topluluklarına yer yer rastlanır. Bunun yanında Alt Havza'da Sivrihisar dağlarının G-GB yamaçlarında dar bir alanda Sarıçam topluluğuna da rastlanır (Şekil 1.25).

Havzada temel meşçere topluluklarının parçalı ve dağınık bir yayılış göstermesi ve Bozkır ve Kuru Orman-Antropojen Bozkır sahalarının oldukça geniş bir alan kaplaması temelde antropojenik etkilerin baskın olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle step ve orman formasyonları arasında geçiş formu özelliği gösteren Meşe topluluklarının parçalı bir yayılış göstermesi ve orman formasyonları ile komşuluklarının oldukça zayıflaması, özellikle Ardıç ve Kızılcım meşçerelerinin sadece Türkmen dağının yüksek kesimlerinde rastlanması (Şekil 1.25) ve bazı araştırmacıların arazi etütleri (Kayacık ve Aytuğ 1968; Uslu 1959; Uslu 1978) bu durumu doğrular. Bunun yanında Anadolu'da güncel morfojenezi başlatan Kuvaterner yükselmesi, Pleistosen'den Holosene geçişte Anadolu ikliminde meydana gelen kuraklaşma-karasallaşma (desiccation) süreci (Erol 1989) ve yakın geçmişteki iklimsel faktörlerin (özellikle kurak yıllar, kuraklaşma ve çölleşme

eğilimleri) bu sürece katkı yapmış ve bu süreci hızlandırmış olması inkâr edilemez. Bu durum, havza genelinde şiddetli su ve rüzgâr erozyonunu riskini arttırması yanında yüksek derecede toprak ve su kirliliği sorunlarını da beraberinde getirmiştir.

Şekil 1.25: Porsuk Çayı Havzası doğal bitki örtüsü dağılışı haritası.



Türkiye Orman Atlası (2013)'ten yararlanılarak oluşturuldu.

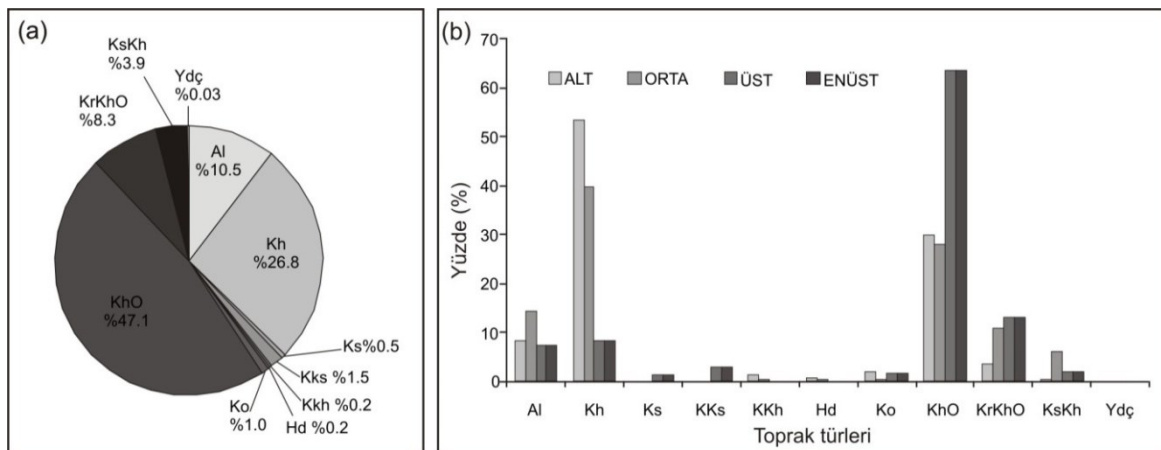
1.6 Toprak Özellikleri

Porsuk Çayı Havzası ve havza bölümleri topraklarının fiziki özelliklerini belirlemede, 1938 Genetik Toprak Sınıflaması (Baldwin vd. 1938) kullanılmış olup 3 takım altında bulunan Büyük Toprak Gruplarının havza bölümleri ölçeğinde mekânsal ve alansal (km²) dağılışı belirlenmiştir.

Havza bütününde 11 farklı karakterde toprak türü görülürken yaklaşık %47.1 oranında intrazonal karakterde Kahverengi Orman toprağı ve yaklaşık %26.8 oranında ona komşu olan zonal karakterde Kahverengi toprakların havzada egemen olduğu görülür. Bunu %10.5 oranında Alüvyal topraklar, %8.3 oranında Kireçsiz Kahverengi Orman

toprağı, %4 oranında Kireçsiz Kahverengi topraklar, %1.5 oranında Kırmızımsı Kestane rengi topraklar, %1 oranında Kolüvyal topraklar, %0.5 oranında Kestane rengi topraklar, %0.2 Kırmızımsı Kahverengi topraklar, %0.2 oranında Hidromorfik topraklar ve %0.03 oranında Yüksek Dağ Çayır topraklar izler (Şekil 1.26a).Havzanın kesimlere göre toprak türlerinin dağılışı ve oranları ise Şekil 1.26b’de verildi.

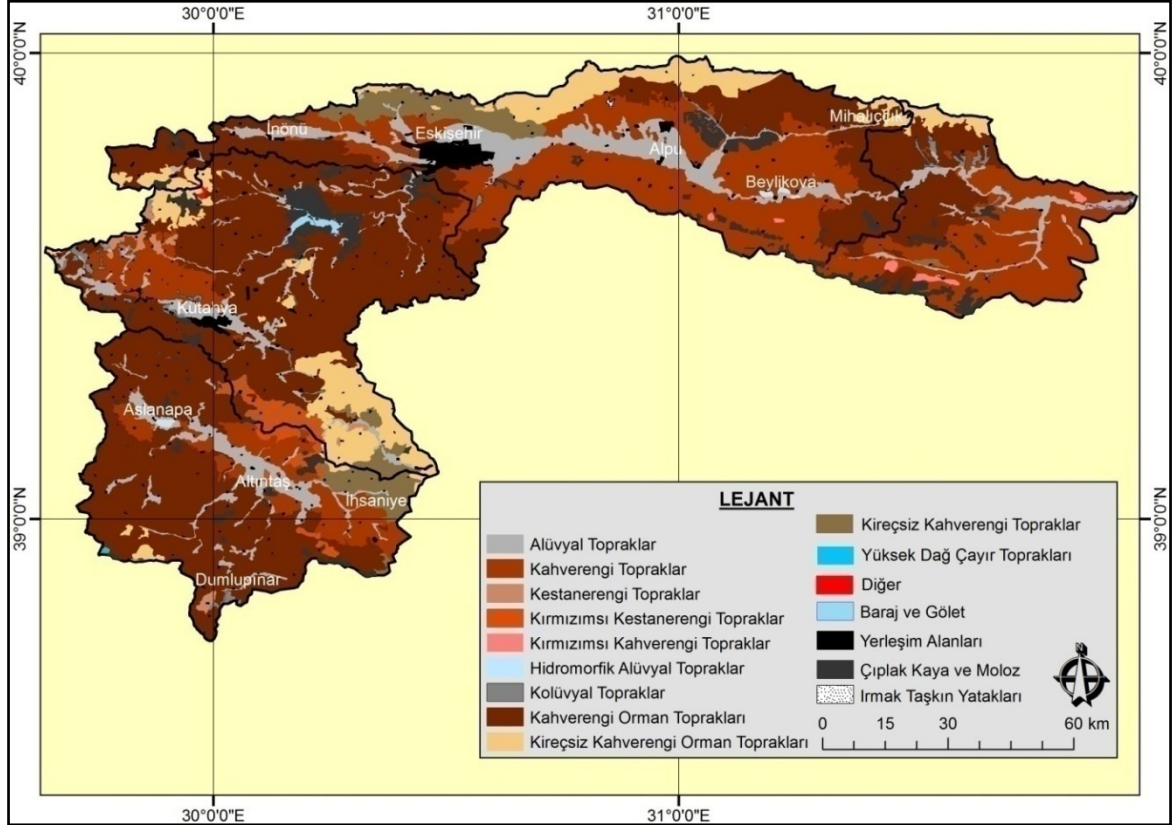
Şekil 1.26: Toprak sınıflarının (a) Bütün Havza (b) havza bölümlerine göre dağılımları (Al: Alüvyal topraklar, Kh: Kahverengi topraklar, Ks: Kestane rengi topraklar, KKS: Kırmızımsı Kestane rengi topraklar, KKh: Kırmızımsı Kahverengi topraklar, Hd: Hidromorfik topraklar, Ko: Kolüvyal topraklar, KhO: Kahverengi Orman toprakları, KrKhO: Kireçsiz Kahverengi Orman toprakları, KsKh: Kireçsiz Kahverengi topraklar, Ydç: Yüksek Dağ Çayır toprakları).



Havza bütününe bakıldığında İnzazonal toprakların çok geniş bir alanda yüzeylenmesi ve Kahverengi Orman toprağının havza bütününde ki egemenliği toprak oluşumunda topoğrafya ve ana madde etkisinin iklim ve vejetasyon etkisinden daha fazla olduğunu göstermektedir. Genelde Kahverengi Orman toprağının Kuvaterner yaşlı sediment kayalar dışındaki diğer tüm kayaç tiplerinin mostra verdiği arazilerde, özellikle Neojen yaşlı kireçtaşı, marn ve şeyller üzerinde geliştiği görülür. 350-400 mm yağış alan Orta Havza'nın orta kesimi (Eskişehir ve Alpu Ovaları hariç) ve 400-600 mm yağış alan sahalarda yaygın bir dağılışı alanına sahip bu toprakların 450-600 mm yağış alan sahalarda toplandığı görülür (özellikle Üst ve En üst Havza). Metamorfik kayalar üzerinde ise dar bir yayılışa sahiptir Alüvyal taban ve ovalık sahalardan hariç eğimi yüksek yamaç araziler ve dağlık sahalarda yayılışı gösteren bu sığ topraklar, dikey dağılışı Yüksek Dağ Çayır

topraklarının altında Kireçsiz Kahverengi Orman toprakları ile Kahverengi Orman toprakları arasında bulunurlar (Şekil 1.27).

Şekil 1.27: Porsuk Çayı Havzası ve havza bölümlerinde Büyük Toprak Gruplarının dağılışı haritası.

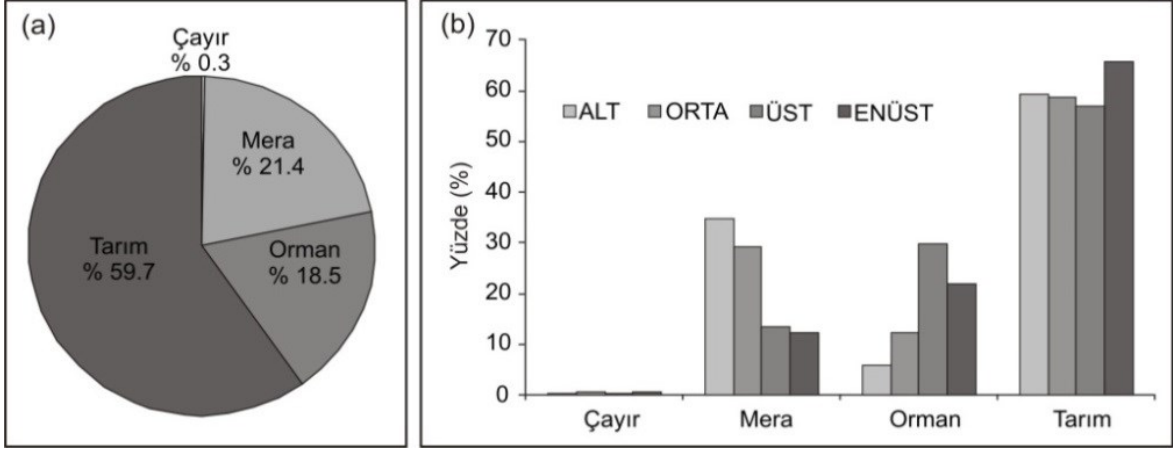


T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığına bağlı OGM'den sağlanan veri tabanı kullanılarak oluşturuldu.

1.7 Genel Arazi Kullanım Özellikleri

Güncel arazi kullanım özelliklerine göre; havza bütününde tarım alanları yaklaşık %56.43 (6111.5 km²), mera alanları %20.26 (2194.15 km²), orman alanı %17.45 (1889.8 km²), yerleşim alanı %1.4 ve çayır alanı yaklaşık %0.32 (34.24 km²) orana sahiptir. Yaklaşık %4.13'ünü (447.77 km²) ise diğer grubu (çıplak kaya ve moloz sahaları, baraj ve gölet, ırmak ve nehir, havaalanı ve ırmak taşkın yatakları) oluşturur (Şekil 1.28a). Havza bölümlerine göre ise arazi kullanım özelliklerinde farklılıklar vardır (Şekil 1.28b).

Şekil 1.28: Güncel Arazi Kullanım sınıflarının (a) Bütün Havza (b) havza bölümleri içerisindeki dağılımları.

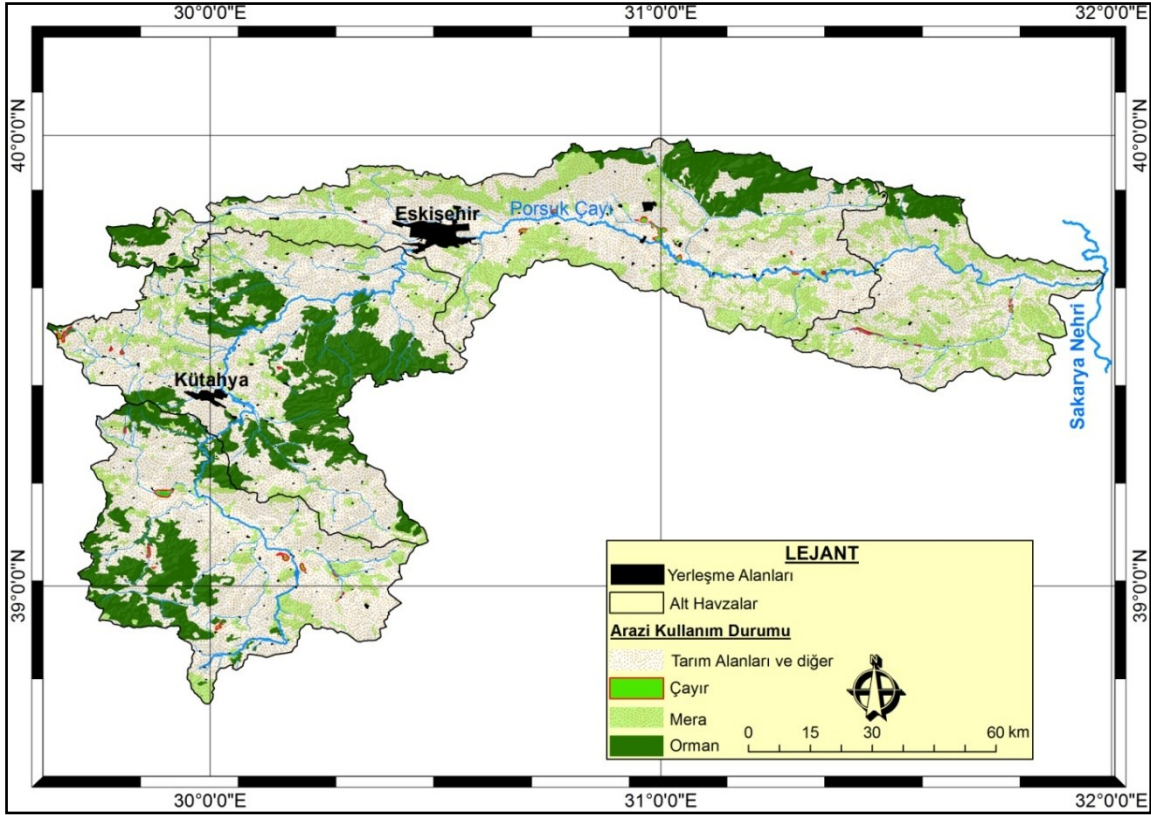


Havza genelinde ormanlık alanlar yüksek dağlık kütleler üzerinde bir dağılış sergilerken, tarım alanları tüm havza bölümlerinde miktar ve oransal açıdan geniş bir alan kaplarken özelde Orta Havza ovaları en geniş ve en toplu tarım arazilerini barındırır. Mera alanları açısından Alt Havza'dan En üst Havza'ya doğru oransal bir azalış görülürken, en geniş ve en toplu dağılış Orta Havza'dadır. Çayır alanları ise alansal olarak geniş bir alan kaplamasa da Orta Havza ve En üst Havza'nın göreceli üstünlüğü vardır. Özellikle ovalık sahalar üzerinde akan daimi akarsular çevresinde dağınık bir dağılış gösterir (Şekil 1.29).

En geniş yerleşim alanı Orta Havza'da görülmekle birlikte bunu Üst Havza takip eder. Bu durumun görülmesinde sırasıyla Eskişehir ve Kütahya'ya bağlı il, ilçe merkezleri yanında köy ve beldelerin varlığı etkilidir (Şekil 1.29).

Diğer grubu içerisinde havza bütünü'nün %4.13'ünü oluşturan bölümün yaklaşık %3.5'ini (379.45 km²) dağınık bir dağılışa sahip çıplak kaya ve moloz sahaları oluşturması dikkat çekici bir durumdur. En geniş yayılış alanını Üst Havza ve Orta Havza'da bulan bu tür sahaların havza içerisinde geniş bir yer kaplaması, yağışın doğrudan yüzeysel akışa geçmesine pozitif bir etki yapar. Bu sebeple bu tür araziler diğer koşullar sabit kalmak şartıyla, doğal afetler açısından (özellikle hidrografik kökenli afetler ve buna bağlı olarak oluşan tetikleyici afetler) en riskli sahaları karşılık gelir (Şekil 1.29).

Şekil 1.29: Porsuk Çayı Havzası genel arazi kullanım haritası.



T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığına bağlı OGM'den sağlanan veri tabanı kullanılarak oluşturuldu.

1.8 Arazi Kullanım Kabiliyet (AKK) Özelliği

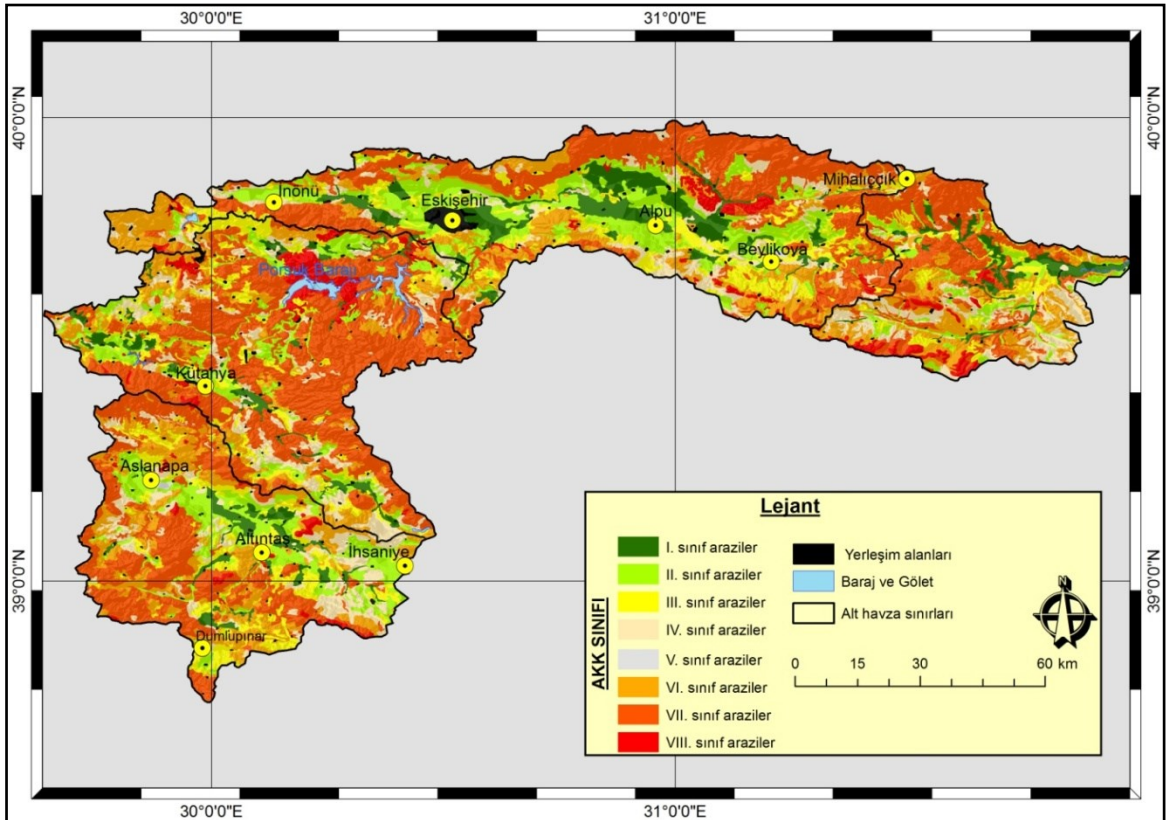
Havza bütününe bakıldığında AKK sınıfına dâhil edilen alan yaklaşık 10.685 km²'dir. Buna göre havzanın yaklaşık %36.4'ünü VII. Sınıf arazileri oluşturur. Bunu %16.6 ile VI. Sınıf, %14.7 ile II. Sınıf, %10.9 ile IV. Sınıf, %10.5 ile III. Sınıf, %7.2 ile I. Sınıf, %3.6 ile VIII. Sınıf ve yaklaşık %0.1 ile V. Sınıf araziler takip eder (Şekil 1.30-1.31a).

Havza bölümleri bazında ise Alt Havza'nın yaklaşık %32.6'sını VII. Sınıf araziler oluştururken bunu %20.6 ile VI. Sınıf, %15.9 ile IV. Sınıf, %9.4 ile II. Sınıf, %8.3 ile III. Sınıf, %8.2 ile I. Sınıf ve yaklaşık %5 ile VIII. Sınıf araziler takip eder. Orta Havza'da ise havzanın yaklaşık %31.6'sını VII. Sınıf araziler oluştururken bunu %19.3 ile II. Sınıf, %16 ile VI. Sınıf, %11.1 ile III. Sınıf, %10.4 ile I. Sınıf, %8.6 ile IV. Sınıf, %2.9 ile VIII. Sınıf ve yaklaşık %0.08 ile V. Sınıf araziler takip eder. Üst Havza'ya gelindiğinde havzanın

yaklaşık %47.9'sını VII. Sınıf araziler oluştururken bunu %11.9 ile VI. Sınıf, %11 ile II. Sınıf, %10.3 ile VI. Sınıf, %9.2 ile III. Sınıf, %5 ile I. Sınıf ve yaklaşık %4.9 ile VIII. Sınıf araziler takip eder. En üst Havza'da ise havzanın yaklaşık %31.2'sini VII. Sınıf araziler oluştururken bunu %21.2 ile VI. Sınıf, %16.2 ile II. Sınıf, %12.6 ile III. Sınıf, %11.8 ile VI. Sınıf, %5 ile I. Sınıf, %1.9 ile VIII. Sınıf ve yaklaşık %0.2 ile V. Sınıf araziler takip eder (Şekil 1.30-1.31b).

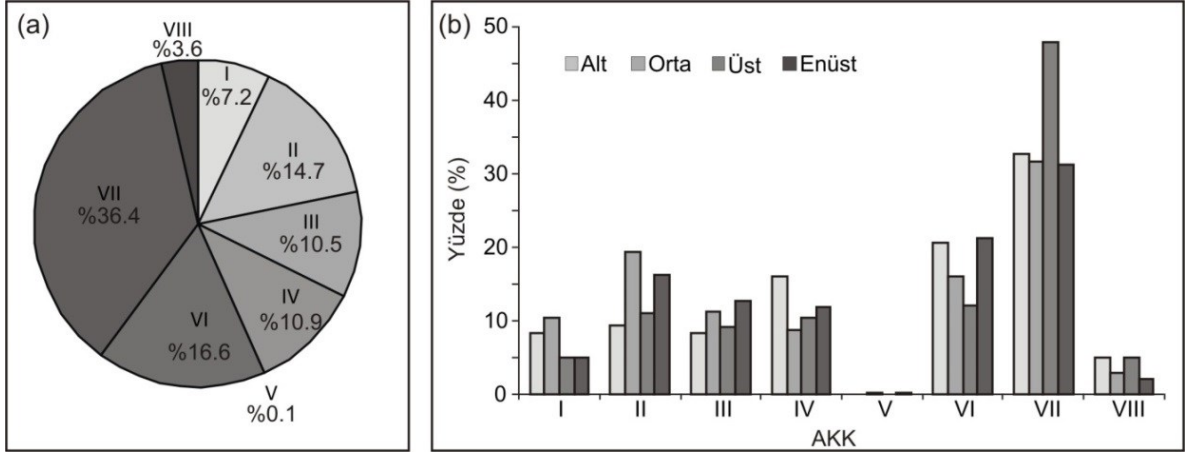
Tüm bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda Porsuk Çayı Havzası'nın %43.3'ü işlemeli tarıma uygun alanları oluştururken, %68.6'sını işlemeli tarıma uygun olmayan alanlar oluşturur. Havza bölümleri ölçeğindeyse Alt Havza'nın yaklaşık %41.9'u, Orta Havza'nın %49.4'ü, Üst Havza'nın %35.3'ü ve En üst Havza'nın yaklaşık %45.5'i işlemeli tarıma uygun alanlardan oluşur.

Şekil 1.30: Porsuk Çayı Havzası'nın arazi kullanım kabiliyetleri haritası.



T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığına bağlı OGM'den sağlanan veri tabanı kullanılarak oluşturuldu.

Şekil 1.31: AKK sınıflarının (a) Bütün Havza (b) havza bölümleri içerisindeki dağılımları.



BÖLÜM II

BULGULAR

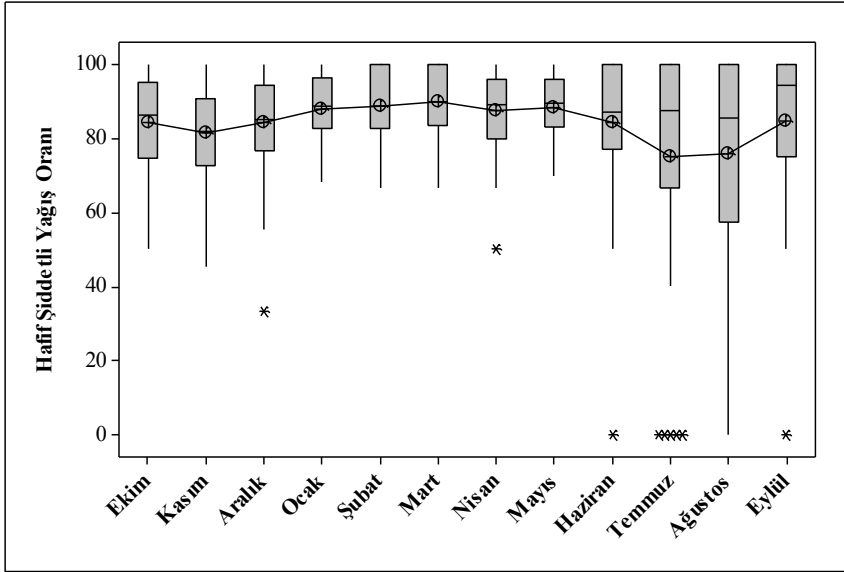
2.1 Yağış Şiddeti Karakteri

Kütahya’da aylık ortalama hafif/normal yağışlar, toplam yağışın % 86.43’ünü, orta şiddette yağışlar %11.47’sini, hafif sağanaklar yaklaşık %1.95’ini, şiddetli sağanaklar ise toplam yağışın yaklaşık %0.15’ini oluşturur. Hafif sağanaklar yılın tüm ayında bölgeyi etkilemekle birlikte, Ekim-Şubat döneminde (frontojenez dönemi) özellikle Ekim ayında daha baskındır. Şiddetli sağanaklar ise; Ekim-Ocak ve Haziran aylarında bölgede etkili olmakla birlikte en fazla Aralık ayında etkilidir.

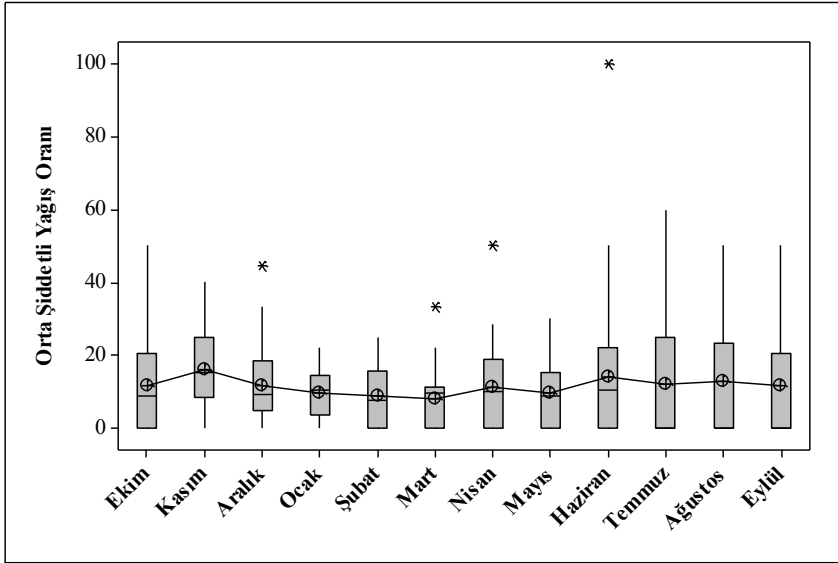
Eskişehir’de aylık ortalama hafif/normal yağışlar, toplam yağışın % 91.10’sini, orta şiddette yağışlar %8.36’sını, hafif sağanaklar yaklaşık %0.34’ünü, şiddetli sağanaklar ise yaklaşık %0.21’ini içermektedir. Hafif sağanaklar; Ekim, Ocak ve Nisan-Temmuz aylarında bölgeyi etkilemekle birlikte Nisan-Temmuz döneminde (frontoliz dönemi) özellikle Mayıs ayında daha baskındır. Şiddetli sağanaklar ise Eylül, Kasım ve Aralık aylarında bölgede etkilidir. Her iki istasyonda da “çok şiddetli sağanak” grubuna giren yağış tespit edilemedi. Bu sonuçlar dikkate alındığında, Porsuk Çayı Havzasında hafif şiddetli yağışların baskın olduğu söylenebilir.

Çalışmada, Kütahya ve Eskişehir istasyonlarına ilişkin aylık yağış şiddeti sınıflarının yıl içindeki değişkenliğini göstermek için (Boxplot/Box&Whiskers) kutu grafiklerden yararlanıldı. Kütahya’da hafif şiddetli yağışların oranındaki değişkenliğin kış ve ilkbahar mevsiminde nispeten azaldığı, yaz mevsiminde ise belirgin bir şekilde arttığı, uç değerlerin oluştuğu ve hafif şiddetli yağışların oranının Mart ayında en çok olduğu görülür (Şekil 2.1). Orta şiddetli yağışlarda da benzer bir değişkenlik paterni görülebilir (Şekil 2.2).

Şekil 2.1: Kütahya istasyonu aylık hafif/normal şiddetli yağışların kutu grafikleri.

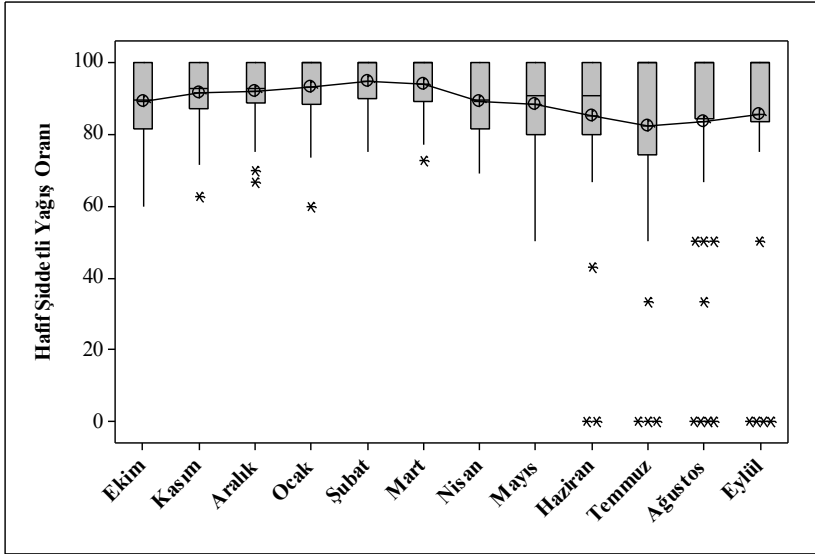


Şekil 2.2: Kütahya istasyonu aylık orta şiddetli yağışların kutu grafikleri.

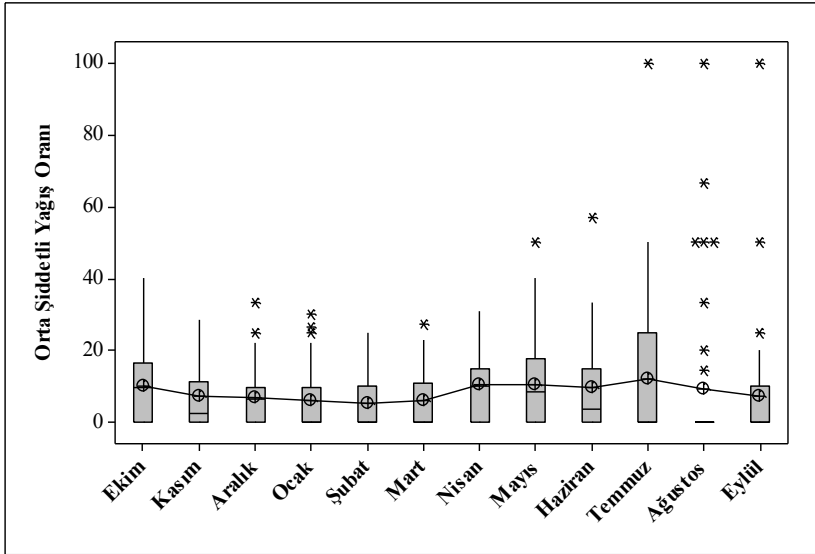


Eskişehir’de ise gerek hafif şiddetli yağışlar gerek orta şiddetli yağışlarda yıl içerisindeki değişkenlik Kütahya istasyonundan düşük olmakla birlikte, yaz mevsiminde uç değerlerin görülme sıklığı Eskişehir istasyonunda daha fazladır. Hafif şiddetli yağışların oranındaki değişkenlik yaz ve ilkbahar aylarında yüksektir. Hafif şiddetli yağışların oranının en fazla olduğu ay Şubat’tır (Şekil 2.3). Orta şiddetli yağışlarda ise değişkenlik Nisan-Temmuz döneminde yükselir. Ağustos ayı ise orta şiddetli yağışların en az görüldüğü aydır (Şekil 2.4).

Şekil 2.3: Eskişehir istasyonu aylık hafif/normal şiddetli yağışların kutu grafikleri.



Şekil 2.4: Eskişehir istasyonu aylık orta şiddetli yağışların kutu grafikleri.



Hafif şiddetli ve orta şiddetli yağışlara ilişkin yapılan trend analiz sonuçlarına göre; Eskişehir’de, hafif şiddetli yağışlarda Ocak, Haziran-Eylül aylarında; orta şiddetli yağışlarda Ekim, Ocak-Mart ve Haziran-Eylül aylarında istatistiksel açıdan anlamlı azalma eğilimleri diğer aylarda ise anlamlı olmayan azalma eğilimleri tespit edildi. Gerek hafif şiddetli gerekse orta şiddetli yağışlarda trend başlangıç yılına rastlanılmamasının yanı sıra gözlem dizilerinin tümü istatistiksel açıdan rasgelelik göstermektedir (Tablo 2.1). Kütahya istasyonunda ise hafif şiddetli yağışlarda Temmuz-Eylül aylarında; orta şiddetli yağışlarda Ekim ve Haziran-Eylül aylarında istatistiksel açıdan anlamlı azalma eğilimleri diğer

aylarda ise (Ekim ayı hafif yağışlar hariç) anlamlı olmayan azalma eğilimleri tespit edilirken hafif şiddetli yağışlarda Ağustos (1977 yılı) ve Eylül (2007) aylarında; orta şiddetli yağışlarda Ekim ve Haziran aylarında (1978 yılı) trend başlangıç yılına rastlandı. Kasım hafif yağışlar ve Nisan orta şiddetli yağışlar dışında gözlem dizileri rasgelelik göstermektedir (Tablo 2.2).

Tablo 2.1: 1970-2011 Eskişehir Mİ'ye ait aylık yağış şiddeti trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

Aylar	Mann Kendall Sıra Korelasyonu $u(t)$		Gidişler Sınaması (Z)		Trend Başlangıç Yılı		Trend Yönü	
	Hafif/Normal Yağışlar	Orta Şiddette Yağışlar	Hafif/Normal Yağışlar	Orta Şiddette Yağışlar	Hafif/Normal Yağışlar	Orta Şiddette Yağışlar	Hafif/Normal Yağışlar	Orta Şiddette Yağışlar
Ekim	-1.40	-2.59	-0.94	0.31	—	—	0	↓
Kasım	-1.64	-3.09	-0.30	-0.31	—	—	0	↓
Aralık	-1.16	-1.14	0.31	-0.92	—	—	0	0
Ocak	-2.63	-2.70	*1.27	0.70	—	—	↓	↓
Şubat	-1.27	-4.41	*0.06	0.06	—	—	0	↓
Mart	-1.74	-3.58	*-0.57	-0.57	—	—	0	↓
Nisan	-1.59	-0.25	1.25	1.89	—	—	0	0
Mayıs	-1.61	-1.16	-1.24	-1.25	—	—	0	0
Haziran	-1.98	-3.18	-0.30	-0.94	—	—	↓	↓
Temmuz	-5.26	-2.89	*-1.60	-1.46	—	—	↓	↓
Ağustos	-4.80	-6.82	*-1.41	-0.49	—	—	↓	↓
Eylül	-4.58	-5.69	*1.48	0.31	—	—	↓	↓

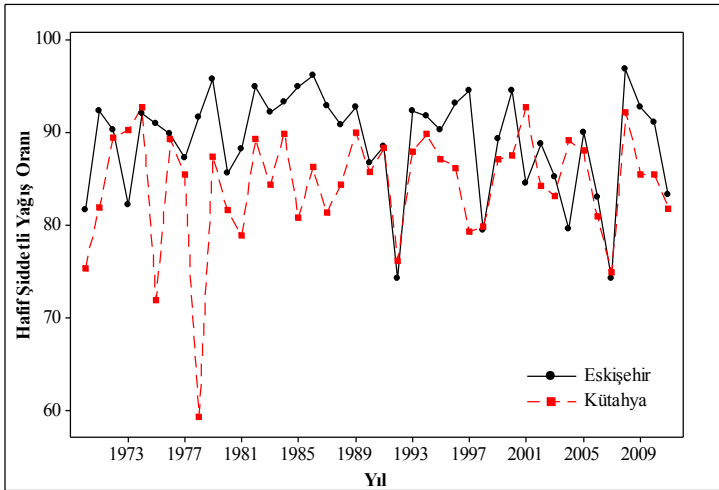
(* simgeli gözlem dizilerinde, medyanlar açısından bir gidiş yoktur. Bu nedenle, gidişler sınaması ortalamaya göre yapıldı).

Tablo 2.2: 1970-2011 Kütahya Mİ'ye ait aylık yağış şiddeti trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

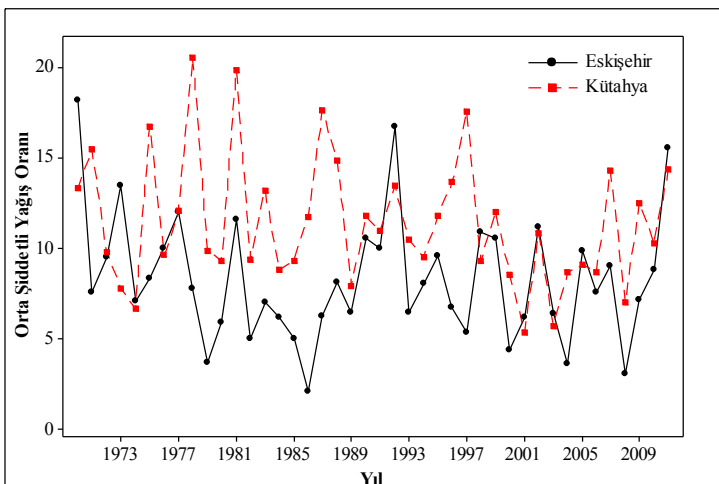
Aylar	Mann Kendall Sıra Korelasyonu $u(t)$		Gidişler Sınaması (Z)		Trend Başlangıç Yılı		Trend Yönü	
	Hafif/Normal Yağışlar	Orta Şiddette Yağışlar	Hafif/Normal Yağışlar	Orta Şiddette Yağışlar	Hafif/Normal Yağışlar	Orta Şiddette Yağışlar	Hafif/Normal Yağışlar	Orta Şiddette Yağışlar
Ekim	0.27	-2.50	0.00	-0.62	—	1978	0	↓
Kasım	-0.16	-0.79	2.50	1.87	—	—	0	0
Aralık	-0.36	-0.40	0.00	1.27	—	—	0	0
Ocak	-0.73	-0.62	0.95	0.33	—	—	0	0
Şubat	-0.70	-0.79	0.64	0.62	—	—	0	0
Mart	-0.90	-1.61	0.64	0.62	—	—	0	0
Nisan	-0.60	-0.94	-1.25	-2.50	—	—	0	0
Mayıs	-0.34	-0.94	0.94	0.31	—	—	0	0
Haziran	-0.21	-3.48	0.31	1.25	—	1978	0	↓
Temmuz	-2.18	-3.13	1.56	0.46	—	—	↓	↓
Ağustos	-2.37	-3.33	0.95	1.41	1977	—	↓	↓
Eylül	-2.05	-3.57	-0.94	-1.52	2007	—	↓	↓

Kütahya istasyonunda, hafif şiddetli yağışların en baskın olduğu yıl 2001 (yaklaşık %92.86) en zayıf olduğu yıl 1978 (yaklaşık %59.46) iken, orta şiddetli yağışların en baskın olduğu yıl 1978 (yaklaşık %20.61) en zayıf olduğu yıl 1978'dir (yaklaşık %20.61). Eskişehir istasyonunda ise hafif şiddetli yağışların en baskın olduğu yıl 2008 (yaklaşık %96.87) en zayıf olduğu yıl 2007 (yaklaşık %74.29) iken, orta şiddetli yağışların en baskın olduğu yıl 1970 (yaklaşık %18.21) en zayıf olduğu yıl 1986'dır (yaklaşık %2.15). Hafif şiddette ve orta şiddette yağışların etkili olduğu ve zayıf olduğu bu dönemler Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da da görülmektedir.

Şekil 2.5: Eskişehir ve Kütahya istasyonlarına ait hafif şiddetli yağış oranlarının yıllar arası değişimi (1970-2011).



Şekil 2.6: Eskişehir ve Kütahya istasyonlarına ait orta şiddetli yağış oranlarının yıllar arası değişimi (1970-2011).



Kütahya istasyonunda hafif şiddetli yağışların yıllar arası değişkenlikleri, büyüklük sırasına göre; Aralık ($VK = 16.01$), Kasım ($VK = 15.55$), Ekim ($VK = 15.23$), Nisan ($VK = 12.59$), Ocak ($VK = 10.77$), Şubat ($VK = 10.73$), Mart ($VK = 10.16$) ve Mayıs ($VK = 10.05$) ayları şeklindedir. Uzun yıllar ortalamasında $VK = 7.54$ 'tür. Eskişehir istasyonunda hafif şiddetli yağışların yıllar arası değişkenlikleri, büyüklük sırasına göre; Mayıs ($VK = 14.59$), Ekim ($VK = 12.79$), Kasım ($VK = 11.07$), Ocak ($VK = 10.25$), Nisan ($VK = 10.17$), Aralık ($VK = 8.70$), Mart ($VK = 8.37$) ve Şubat ($VK = 7.17$) ayları şeklindedir. Uzun yıllar ortalamasında ise $VK = 6.27$ 'dir.

Kütahya ve Eskişehir'de hafif şiddetli yağışların yaklaşık NE (Nispi Etkenlik) değerleri ise Ocak $\cong 1.05$, Şubat $\cong 1.50$, Mart $\cong 1.21$, Nisan $\cong 1.24$, Mayıs $\cong 0.69$, Ekim $\cong 1.19$, Kasım $\cong 1.40$ ve Aralık $\cong 1.84$ 'tür. Uzun yıllar ortalaması dikkate alındığında ise $NE = \frac{7.54}{6.27} \cong 1.05$ olarak bulunur.

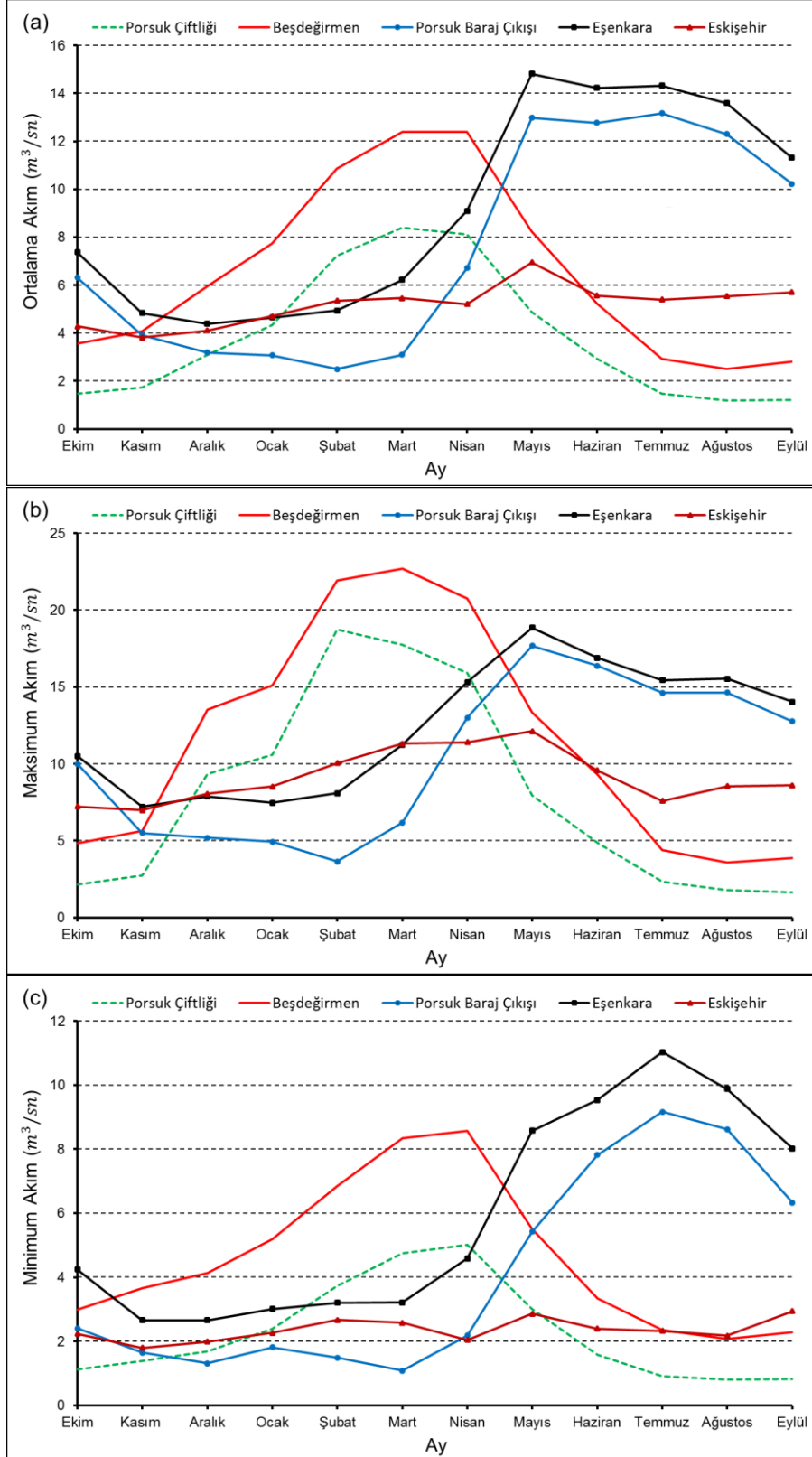
VK değerleri dikkate alındığında; hafif şiddetli yağış oranlarında Eskişehir istasyonundaki yağışlar Kütahya'ya göre daha homojen bir yapı sergiler. Uzun yıllar ortalamasına ilişkin NE değerleri dikkate alındığında ise Kütahya'da hafif şiddetli yağış oranı arasındaki farklılığın, Eskişehir'deki hafif şiddetli yağış oranına göre %0.5 ya da 1.05 kat daha fazla olduğu; Aralık ayı NE değerleri dikkate alındığında Kütahya'da hafif şiddetli yağış oranı arasındaki farklılığın, Eskişehir'deki hafif şiddetli yağış oranına göre %84 ya da 1.84 kat daha fazla olduğu; Mayıs ayında ise %6.9 ya da 0.69 kat daha fazla olduğu anlaşılır.

2.2 Akım Rejim Özellikleri

Porsuk Çayı Havzası'nda yer alan AGİ'lerin akım rejim özellikleri Şekil 2.7'deki grafiklerde gösterildi. Akımların büyüklüğü ele alındığı zaman istasyonlar arasında çok belirgin bir rejim farklılığından söz edilemez. Eşenkara istasyonu minimum, ortalama ve maksimum akımlarda en yüksek akım miktarına sahip istasyondur. Akım değerinin en düşük olduğu istasyonlar ise Porsuk Çitliği (ortalama $3.8 \text{ m}^3/\text{sn}$) ve Eskişehir (ortalama $5.1 \text{ m}^3/\text{sn}$) istasyonlarıdır. Bu istasyonlardan Eskişehir istasyonu mevsimsellik açısından da belirgin bir patern göstermeyen, düşük akımlı ancak düzenli akım rejimine sahip bir istasyon olarak dikkat çeker. Büyüklük yönünden diğer istasyonlar değerlendirildiğinde Eşenkara istasyonunun ortalama $9.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik akımı varken; Beşdeğirmen ve Porsuk Barajı

Çıkış istasyonlarının ortalama akım değerleri ise sırasıyla 6.5 m³/sn ve 7.5 m³/sn'dir. Eskişehir istasyonu dışında kalan 4 istasyonu mevsimsellik özelliğine göre iki grup halinde ele almak mümkündür. Porsuk Çiftliği ve Beşdeğirmen istasyonlarının akım rejiminin mevsimsellik özelliğine bakıldığında, belirgin bir kış-ilkbahar maksimumu gösterdikleri ve Mart ayında pik akıma ulaştıkları görülür. Porsuk Barajı Çıkış ve Eşenkara istasyonlarının akım rejimlerinde ise, belirgin bir ilkbahar-yaz maksimumu gösterdikleri ve Mayıs ayında pik akıma ulaştıkları görülür. Havza genelinde akımları besleyen birincil unsur kış yağışları olmakla birlikte Nisan-Mayıs-Haziran döneminde görece yüksek olarak seyreden akımlar kar erimelerinin ve ilkbahar yağışlarının da etkisini gösterir. Havzanın üst kısmında kış mevsimi boyunca karla yağışlı ve karla örtülü gün sayısı aylık 7 gün, maksimum kar kalınlığı ise 40-50 cm civarındadır. Dolayısıyla doğrudan kar erimesinin baskın olduğu bir rejimden söz edilemez. Porsuk Çiftliği ve Beşdeğirmen istasyonları eğimin fazla akımın hızlı olduğu Üst Havza'da yer alır, dolayısıyla, kar erimelerine daha erken tepki gösteren istasyonlardır. Öte yandan, Porsuk Barajı Çıkış ve Eşenkara istasyonlarının gecikmeli pik dönemi ise, Orta Havza'da yer almaları ve suyun Üst Havza drenajından toplanarak gelmesi ile geçen süre göz önüne alındığında anlaşılabilir.

Şekil 2.7: Porsuk Çayı Havzası (a) ortalama, (b) maksimum ve (c) minimum akımlara ilişkin rejim grafikleri.



2.3 Akarsu Akımlarında Gözlenen Eğilimler

Bu başlık altında Porsuk Çayı Havzası ortalama ve maksimum akımlarında gözlenen eğilimler incelendi.

Ortalama akımlara ilişkin yapılan Mann Kendall ve Sperman Rho test sonuçlarına göre, Porsuk Çiftliği istasyonuna ait ortalama akımlarda %5 anlamlılık düzeyinde 8 ayda (Ekim-Ocak, Haziran-Eylül) azalma eğilimleri tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalma Ocak ayına rastlanmaktadır. Trend belirlenen diğer aylarda ise eğim değerleri/büyüklikleri birbirine yakın değerler göstermektedir. Ayrıca, anlamlı azalma eğilimlerin görüldüğü ayların tümünde gözlem dizileri istatistiksel açıdan rasgelelik göstermemektedir (Tablo 2.3). Beşdeğirmen istasyonunda ise 10 ayda (Mart ve Nisan hariç) azalma eğilimi tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalma Şubat ayına rastlanmaktadır (Tablo 2.4). Porsuk Barajı Çıkış istasyonuna bakıldığında, sadece Ekim ve Eylül aylarında görülen anlamlı azalma eğilimlerinde eğilimlerin büyüklüğü birbirine yakındır. Gidişler sınaması sonuçlarına göre, Mart gözlem dizileri dışında, diğer tüm aylarda istatistiksel açıdan rasgele olmama durumu söz konusudur (Tablo 2.5). Eşenkara istasyonunda 8 ayda (Ekim-Kasım, Mart-Nisan, Haziran-Eylül) trendler bulunurken, en kuvvetli azalma eğilimi Eylül ayında $-0.268 \text{ m}^3/\text{s}/\text{yıl}$ ve Ekim ayında $-0.250 \text{ m}^3/\text{s}/\text{yıl}$ olarak hesaplandı (Tablo 2.6). Son olarak Eskişehir istasyonunda 4 ayda (Ekim, Ocak-Mart) azalma eğilimleri tespit edildi. Anlamlı trendler içerisindeki en kuvvetli azalma ise Mart ayına karşılık gelmektedir (Tablo 2.7).

Uzun süreli aylık ortalama akımlara ilişkin yapılan Mann-Kendall sıra korelasyon test sonuçlarına göre, havza genelinde trend başlangıç yılları 1984-1989 yılları arasında değişim göstermekle birlikte, Eskişehir istasyonundaki bazı istasyonlarda ve bazı aylarda 2004-2005 yıllarının ikinci bir trend başlangıç yılını oluşturduğu görülmektedir. Özellikle ilkbahar aylarında (Şubat-Haziran) trend başlangıç yılının oluşmaması, ortalama akımlarda kuvvetli eğilimlerin olmadığını gösterir. Tüm istasyonlarda sadece Ekim ayında negatif yönlü trend başlangıç yılının tespit edilmesi ise dikkat çekicidir (Tablo 2.13). Havzada, ortalama akımlardaki anlamlı azalma eğilimleri, Kütahya istasyonunda Mart ve Nisan ayı hariç tüm aylarda toplandığı görülürken Eskişehir istasyonundaki anlamlı azalma eğilimlerinin Ekim ve Mart aylarında toplandığı görülür.

Tablo 2.3: 1970-2011 D12A033 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-3.12	-3.54	-0.039	-3.75	↓
Kasım	-2.93	-3.64	-0.048	-3.75	↓
Aralık	-2.93	-3.35	-0.064	-3.12	↓
Ocak	-2.17	-2.30	-0.073	-3.12	↓
Şubat	-0.54	-0.66	-0.033	-2.50	0
Mart	-1.15	-1.09	-0.081	-1.25	0
Nisan	-1.17	-1.26	-0.064	-1.87	0
Mayıs	-1.8	-1.84	-0.076	-1.25	0
Haziran	-2.36	-2.51	-0.059	-2.19	↓
Temmuz	-2.67	-3.14	-0.035	-3.75	↓
Ağustos	-2.80	-3.29	-0.025	-3.75	↓
Eylül	-2.80	-3.26	-0.028	-2.50	↓

Tablo 2.4: 1970-2011 E12A003 AGİ'ye ait aylık ortalama akımla trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-4.36	-4.28	-0.079	-4.37	↓
Kasım	-3.94	-4.03	-0.082	-3.75	↓
Aralık	-3.84	-3.90	-0.119	-3.75	↓
Ocak	-3.40	-3.48	-0.134	-3.75	↓
Şubat	-2.11	-2.14	-0.165	0.00	↓
Mart	-1.84	-1.87	-0.186	-1.88	0
Nisan	-1.58	-1.77	-0.129	-0.62	0
Mayıs	-2.38	-2.66	-0.127	-0.94	↓
Haziran	-3.60	-3.08	-0.117	-1.56	↓
Temmuz	-3.66	-3.62	-0.063	-2.81	↓
Ağustos	-3.84	-3.86	-0.054	-3.12	↓
Eylül	-3.62	-3.76	-0.058	-4.37	↓

Tablo 2.5: 1970-2011 D12A034 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-3.86	-4.02	-0.202	-3.75	↓
Kasım	-1.67	-1.95	-0.075	-3.75	0
Aralık	-0.63	-0.72	-0.016	-2.19	0
Ocak	-0.04	-0.07	-0.001	-4.06	0
Şubat	0.90	0.20	0.001	-3.44	0
Mart	-1.63	-1.66	-0.036	-1.25	0
Nisan	-1.15	-1.29	-0.050	-1.87	0
Mayıs	0.90	0.04	0.000	-1.87	0
Haziran	-1.84	-1.79	-0.124	-4.37	0
Temmuz	-1.58	-1.92	-0.088	-4.69	0
Ağustos	-1.80	-2.29	-0.105	-3.75	0
Eylül	-3.80	-3.45	-0.213	-3.75	↓

Tablo 2.6: 1970-2011 D12A054 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-4.10	-4.28	-0.250	-5.00	↓
Kasım	-2.43	-2.50	-0.099	-2.50	↓
Aralık	-1.15	-0.97	-0.029	-3.12	0
Ocak	-1.78	-1.74	-0.046	-2.50	0
Şubat	-1.26	-1.27	-0.033	-1.25	0
Mart	-2.19	-2.31	-0.063	-1.87	↓
Nisan	-2.71	-2.69	-0.128	-3.12	↓
Mayıs	-1.34	-1.23	-0.067	0.00	0
Haziran	-3.53	-3.48	-0.163	-2.50	↓
Temmuz	-3.23	-3.70	-0.136	-2.81	↓
Ağustos	-3.62	-3.95	-0.159	-3.75	↓
Eylül	-4.14	-4.36	-0.268	-3.12	↓

Tablo 2.7: 1970-2011 E12A048 AGİ'ye ait aylık ortalama akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-2.10	-2.16	-0.082	-2.19	↓
Kasım	-1.32	-1.47	-0.031	-1.87	0
Aralık	-1.76	-1.63	-0.049	-2.81	0
Ocak	-2.45	-2.34	-0.083	-2.50	↓
Şubat	-2.36	-2.39	-0.090	-0.62	↓
Mart	-2.67	-2.65	-0.104	-2.19	↓
Nisan	-1.56	-1.43	-0.056	-2.19	0
Mayıs	-0.02	0.52	-0.009	-2.19	0
Haziran	-0.13	0.14	-0.007	-2.19	0
Temmuz	-0.37	-0.22	-0.018	-3.44	0
Ağustos	-1.20	-0.80	-0.033	-2.81	0
Eylül	-1.54	-1.62	-0.082	-2.19	0

Maksimum akımlara ilişkin yapılan Mann Kendall ve Spearman Rho testi sonuçlarına göre, Kütahya ovasının güneyinde yer alan Porsuk Çiftliği istasyonuna ait maksimum akımlarda %5 anlamlılık düzeyinde 7 ayda (Ekim-Aralık, Haziran-Eylül) azalan yönde eğilimler tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalmanın Aralık ayında olduğu ve trend belirlenen diğer aylarda eğim değerlerinin/büyükliğünün birbirine yaklaştığı görülür. Ayrıca, Gidişler sınamasına göre, anlamlı azalma eğilimlerinin görüldüğü aylık dizilerin büyük kısmı (Ekim ve Aralık hariç) rasgelelik göstermez (Tablo 2.8). Biraz daha kuzeyde Kütahya-Beşdeğirmenler civarında yer alan Beşdeğirmen istasyonunda 10 ayda (Mart ve Mayıs hariç) azalma eğilimi bulundu. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalmanın Şubat ayında olduğu ve trend belirlenen diğer aylarda eğim değerlerinin birbirinden uzaklaştığı görülmektedir (Tablo 2.9). Porsuk Barajı'nın mansabında kurulu olan Porsuk Barajı Çıkış istasyonunda 5 ayda (Ekim, Kasım, Mart, Ağustos ve Eylül) azalma eğilimi tespit edildi. Bu aylar içerisinde en kuvvetli azalma, Ekim ayında $-0.260 \text{ m}^3/\text{s}/\text{yıl}$ olmakla birlikte trend belirlenen diğer aylarda eğim değerlerinin birbirine yaklaştığı görülmektedir (Tablo 2.10). Eskişehir il merkezi sınırları

içerisinde yer alan Eşenkara istasyonunda, Mart ayı hariç tüm aylarda anlamlı azalma eğilimleri tespit edilmekle birlikte en büyük eğim değerine Ekim ayında rastlanır (Tablo 2.11). Eskişehir-Kütahya yolunun çıkışındaki beton köprünün 1 km mansabında yer alan Eskişehir istasyonunda ise 6 ayda (Ekim-Mart) azalma eğilimleri tespit edildi. Anlamlı trendler içerisindeki en kuvvetli azalma ise Mart ayına karşılık gelmektedir (Tablo 2.12).

Uzun süreli aylık maksimum akımlara ilişkin yapılan Mann-Kendall sıra korelasyon test sonuçlarına göre, havza genelinde trend başlangıç yılları 1980-1989 yılları arasında değişim göstermekle birlikte, bazı istasyonlarda ve bazı aylarda 2000-2005 yılları ikinci bir trend başlangıç yılını oluşturur. Negatif yönlü trend başlangıç yıllarının %40'ı 1986-1988 döneminde gerçekleşmiştir. 5 istasyonun tamamında sadece Ekim-Kasım aylarında negatif yönlü trend başlangıç yılı tespit edilirken, en az trend görülen ay Mayıs ayıdır (sadece Eşenkara istasyonunda) (Tablo 2.13). Havzada, maksimum akımlardaki anlamlı azalma eğilimleri, Kütahya istasyonunda Mart ve Mayıs ayı hariç tüm aylarda toplandığı görülürken Eskişehir istasyonundaki anlamlı azalma eğilimlerinin ay geneline bir yayılmadan ziyade Ekim-Mart döneminde toplandığı ya da yoğunlaştığı görülür.

Tablo 2.8: 1970-2011 D12A033 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-3.03	-3.45	-0.062	-1.25	↓
Kasım	-2.97	-3.71	-0.077	-3.12	↓
Aralık	-2.49	-2.83	-0.410	-0.94	↓
Ocak	-1.52	-1.62	-0.114	-1.87	0
Şubat	-0.15	-0.14	-0.027	0.01	0
Mart	-1.13	-1.10	-0.222	0.00	0
Nisan	-0.91	-0.92	-0.087	0.00	0
Mayıs	-1.82	-1.93	-0.115	-1.25	0
Haziran	-2.67	-2.71	-0.010	-2.81	↓
Temmuz	-2.86	-3.17	-0.064	-3.44	↓
Ağustos	-2.73	-3.24	-0.043	-2.50	↓
Eylül	-2.67	-3.18	-0.041	-1.86	↓

Tablo 2.9: 1970-2011 E12A003 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-4.14	-3.90	-0.090	-2.50	↓
Kasım	-3.64	-3.95	-0.104	-2.50	↓
Aralık	-3.45	-3.51	-0.217	0.62	↓
Ocak	-2.73	-2.87	-0.214	-2.50	↓
Şubat	-2.28	-2.45	-0.329	0.64	↓
Mart	-1.91	-2.04	-0.315	-0.62	0
Nisan	-2.20	-2.07	-0.248	-1.25	↓
Mayıs	-1.86	-2.08	-0.156	-0.92	0
Haziran	-2.71	-2.82	-0.179	-0.94	↓
Temmuz	-3.73	-3.62	-0.110	-2.81	↓
Ağustos	-3.90	-3.63	-0.080	-3.12	↓
Eylül	-2.93	-3.29	-0.068	-3.75	↓

Tablo 2.10: 1970-2011 D12A034 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-3.16	-3.18	-0.260	-2.81	↓
Kasım	-2.17	-2.20	-0.133	-2.50	↓
Aralık	-0.69	-1.00	-0.036	-3.12	0
Ocak	-0.13	-0.17	-0.004	-2.50	0
Şubat	0.13	-0.02	0.000	-2.19	0
Mart	-2.17	-2.33	-0.148	-1.87	↓
Nisan	0.46	0.34	0.026	-1.87	0
Mayıs	-0.74	-0.76	-0.071	-3.75	0
Haziran	-1.04	-1.27	-0.068	-5.00	0
Temmuz	-1.17	-1.67	-0.085	-4.69	0
Ağustos	-2.1	-2.20	-0.146	-3.44	↓
Eylül	-2.88	-3.39	-0.156	-3.75	↓

Tablo 2.11: 1970-2011 D12A054 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-4.12	-4.00	-0.361	-3.75	↓
Kasım	-2.97	-2.85	-0.171	-2.50	↓
Aralık	-3.19	-2.78	-0.156	-2.50	↓
Ocak	-2.77	-2.97	-0.161	-3.12	↓
Şubat	-2.40	-2.04	-0.093	-1.25	↓
Mart	-1.91	-2.05	-0.137	0.62	0
Nisan	-2.21	-2.26	-0.167	-1.87	↓
Mayıs	-2.20	-1.94	-0.121	-2.50	↓
Haziran	-3.81	-3.90	-0.187	-3.12	↓
Temmuz	-2.80	-3.62	-0.130	-2.19	↓
Ağustos	-3.77	-4.00	-0.189	-4.06	↓
Eylül	-4.14	-4.00	-0.211	-4.37	↓

Tablo 2.12: 1970-2011 E12A048 AGİ'ye ait aylık maksimum akımların trend analiz sonuçları ($\alpha = 0.05$).

İstasyon İndex No	Mann Kendall (Z)	Sperman Rho Testi (Z)	Sen' s Trend Eğimi (Q_{medyan})	Gidişler Sınaması (Z)	Trend Yönü
Ekim	-2.23	-2.38	-0.156	-2.19	↓
Kasım	-2.20	-1.87	-0.091	-0.94	↓
Aralık	-2.90	-2.80	-0.198	-2.19	↓
Ocak	-2.77	-2.81	-0.201	-1.56	↓
Şubat	-2.32	-2.41	-0.181	0.94	↓
Mart	-2.34	-2.44	-0.194	-0.94	↓
Nisan	-0.98	-1.08	-0.097	-2.81	0
Mayıs	-0.54	-0.21	-0.077	-1.56	0
Haziran	-0.37	-0.37	-0.045	-1.56	0
Temmuz	0.04	-0.02	0.000	-4.69	0
Ağustos	-0.93	-0.95	-0.079	-3.44	0
Eylül	-1.28	-1.41	-0.141	-2.19	0

Tablo 2.13: Porsuk Çayı Havzası trend başlangıç yılları ($\alpha = 0.05$).

	İstasyon İndex No	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Ortalama Akım (m^3/s)	D12A033	1988	1989	1989	1988	–	–	–	–	–	1988	1988	1988
	E12A003	1984	1985	1986	1987	1987	–	–	1985	1982	1984	1984	1984
	D12A034	1987	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1986
	D12A054	1988	2005	–	–	–	1985	2004	–	2004	1987	1987	1988
	E12A048	1985	–	–	2004	1983	1982	–	–	–	–	–	–
Maksimum Akım (m^3/s)	D12A033	1986	1988	1987	–	–	–	–	–	1987	1988	1988	1988
	E12A003	1986	1988	1987	1988	1989	–	2003	–	1983	1984	1984	1982
	D12A034	1987	1985	–	–	–	2004	–	–	–	–	1982	1985
	D12A054	1989	2003	1986	1980	1980	1986	2004	1988	2002	1987	1986	1999
	E12A048	1987	2005	1979	1981	1980	1982	–	–	–	–	–	–

Maksimum ve ortalama akımlara ilişkin gözlem dizilerinin, sırasıyla yaklaşık %66.7'sinde ve %83.3'ünde inhomojenlik tespit edilmiştir. Havzada görülen inhomojenlikler, genelde trend inhomojenliği olmakla birlikte belirli dalgalanmalarla açıklanabilirken, Porsuk Barajı Çıkış istasyonuna ilişkin gözlem dizilerindeki dalgalanmalar, doğal değişkenliği yansıtmayan bir durumdur. Bu durum, daha çok baraj işletilmesinden kaynaklanan mevsimlik su politikalarıyla ilgili olabilir. Bu değerlendirmeyi, yapılan türdeşlik ve rasgelelik sınamaları ile birlikte trend analizleri de destekler.

2.4 Yağış Şiddeti-Akım İlişkisi

Porsuk Çayı Havzası'nda hafif şiddetli ve orta şiddetli yağışlar ile maksimum akım dizileri arasındaki ilişkinin yönü ve büyüklüğünü belirlemek için ilgili gözlem dizilerine parametrik olmayan Sperman Rank Korelasyon analizi uygulandı. Korelasyon sonuçlarına göre; Eskişehir istasyonunda yağış şiddeti sınıfları ile maksimum akımlar arasında tüm aylarda %5 anlamlılık düzeyinde negatif ya da pozitif yönlü çok zayıf/zayıf bir ilişki tespit edildi. İstisnai olarak, Kütahya istasyonunda Ocak ayı hafif şiddetli yağışlar ile Porsuk Çiftliği ve Beşdeğirmen istasyonlarına ilişkin Ocak maksimumları arasında negatif ve orta derecede anlamlı bir ilişki dışında diğer tüm aylarda anlamlı negatif ya da pozitif yönlü çok zayıf/zayıf bir ilişki bulundu. Bulunan orta derecedeki ilişki, Porsuk Çiftliği ve Beşdeğirmen istasyonlarına ilişkin maksimum akımlardaki değişimin ancak %30'unun Kütahya'daki Ocak ayı hafif şiddetli yağışlar ile açıklanabildiğini göstermektedir. Değişimin yaklaşık %70'i ise beşeri faaliyetler, buharlaşma-terleme, sıcaklık ve bağıl nem gibi başka değişkenlerce açıklanabilmekte ya da tanımlanabilmektedir. Genel olarak, havza genelinde yağış şiddeti sınıfları ile maksimum akımlar arasında kuvvetli bir ilişkiden ziyade çok zayıf/zayıf bir ilişki vardır. Nitekim bu benzer ilişki, akım üzerinde etkili olan diğer iklim elemanları; sıcaklık, bağıl nem ve yağış toplamları ile ortalama akımlar arasında da görülmekle birlikte, akım üzerinde nispeten en etkili iklim elemanı yağıştır (Tekkanat ve Sarış 2015).

BÖLÜM III

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Porsuk Çayı havzasında yağış şiddetinin karakteri ve yıllar arası değişkenlik paternine ilişkin önemli bulgular elde edildi. Porsuk Çayı Havzası'nda hafif şiddetli yağışlar baskın olup, orta şiddetli yağışlar frekansı yüksek olan ikinci yağış şiddet grubunu oluşturur. Havzanın orta bölümünü temsil eden Eskişehir ve yukarı bölümünü temsil eden Kütahya istasyonları arasında yağış şiddetinin mevsimselliği açısından bazı farklılıklar vardır.

Bu belirgin farklılıklar, havzanın üst kesimlerine doğru yağışların şiddet oranının artması, yağış şiddeti oranlarının mevsimsel baskınlığı ve yağışlarda yüksek yıllar arası değişkenliğin görülmesi şeklindedir. Bu durum, Üst Havza'nın Akdeniz iklimi özelliğini daha iyi yansıttığına ve bölgenin hava koşullarının Orta Enlem Siklonları tarafından daha çok denetlendiğine işaret etmektedir. Orta Havza'da ise hem orta şiddetli yağışların hem de hafif sağanakların ilkbahar sonu ve yaz genelinde bölgeyi etkilemesi konvektif yükselmeye bağlı yağışların etkinliğini akla getirmektedir.

Eskişehir istasyonunda Nisan-Ağustos döneminde ve Ekim ayında orta şiddetli yağış oranları uzun dönem ortalamasının üzerindedir. En büyük sapma Temmuz ayında olup bu sapma yaklaşık $\%+3.57$ 'dir. Bu ayda düşen yağışların $\cong \%12$ 'si orta şiddet sınıfındadır. Kütahya istasyonunda ise Haziran-Aralık döneminde orta şiddetli yağış oranları uzun dönem ortalamasının üzerindedir. En büyük sapma Kasım ayında olup bu sapma yaklaşık $\%+4.73$ 'tür. Bu ayda düşen yağışların $\cong \%11.5$ 'i orta şiddet sınıfındadır. Eskişehir istasyonunda Şubat, Mart, Ağustos, Eylül, Kasım ve Aralık aylarında hafif sağanak şiddetinde yağış düşmezken, Kütahya istasyonunda 1970-2011 dönemli tüm aylarda hafif sağanaklar görülmüştür. Eskişehir istasyonunda düşen hafif sağanakların $\cong \%27.9$ 'u Mayıs ayında gerçekleşirken, Kütahya istasyonunda düşen hafif sağanakların $\cong \%28.2$ 'isi Ekim ve Aralık aylarında gerçekleşmiştir. Eskişehir istasyonunda Eylül, Kasım ve Aralık aylarında düşen şiddetli sağanakların $\cong \%88$ 'i Kasım ve Aralık ayında düşerken Kütahya'ya düşen şiddetli sağanakların $\cong \%52.9$ 'u Aralık ayında $\cong \%7.6$ 'sı Kasım ayında düşmüştür.

Uzun dönem ortalamaları dikkate alındığında Orta Havzadan Üst Havza'ya geçişte hafif şiddetli yağışların etkinliği azalırken, orta şiddetli yağışların ve hafif sağanakların

etkinliği artmakta, şiddetli sağanakların etkinliği ise azalmaktadır. Eskişehir istasyonunda şiddetli sağanakların toplam oranı Kütahya'ya göre %42 ya da 1.42 kat daha fazla olmakla birlikte Kasım ayının bu orana katkısı \cong %78.27, Aralık ayının ise \cong %21.73'tür.

Yağış şiddeti sınıflarına uygulanan trend analiz sonuçlarında; hafif ve orta şiddetli yağışlarda Kütahya istasyonundaki azalma eğilimleri İrdem'in (2005) çalışmasında da ortaya konmuştur; ancak Kütahya kış mevsimi hafif yağışlarda, ilkbahar-sonbahar orta şiddetli yağışlarda tespit edilen anlamlı olmayan artış eğilimlerine bu çalışmada rastlanılmamıştır. Tam tersine hafif yağışlarda (Ekim ayı hariç) ve orta şiddetli yağışlarda tüm aylarda azalma eğilimi tespit edilmiştir. Kütahya'daki hafif yağışlarda Ağustos ve Eylül ayında trend başlangıç yılı 1977 ve 2007 yılıdır. Orta şiddetli yağışlarda ise 1978 Haziran ayı trend başlangıç yılını oluşturur. De Martonne (1925-1926) kuraklık indisine göre (Essenwanger 2001: 14) bu yıllar havzada önemli kurak ve nemli yılları karşılık gelmemektedir.

Akarsu akım rejimleri ve akımlarda gözlenen trendlere ilişkin önemli sonuçlar aşağıda belirtildi:

- 1) Akım büyüklüğü dikkate alındığında, Orta ve Üst Havza'yı temsil eden istasyonların akım rejimlerinde belirgin bir farklılık görülmemekle birlikte maksimumlarda aylık/mevsimlik kaymalar dikkat çekicidir. Üst Havza kış-ilkbahar maksimumları ile karakterize edilirken Orta Havza ilkbahar-yaz maksimumları ile karakterize edilir. Üst Havza'da Akdeniz makro ikliminin etkileri, Orta Havza'da ise bu etkilerin kaybolup karasallığın kendini göstermesi akım rejimini şekillendirmiştir.
- 2) Porsuk Çayı Havzası'nda aylık akım serilerine uygulanan trend analiz sonuçlarına göre, testler arasında (bazı istisnalar hariç) büyük bir uyum ve tutarlılık bulundu. Uzun süreli maksimum akım dizilerinde, %5 anlamlılık düzeyinde havza genelinde kuvvetli azalma eğilimleri tespit edildi. Tüm istasyonlarda negatif yönlü anlamlı eğilimlerin tespit edildiği ayları; Ekim ve Kasım ayları, sadece birer istasyonda negatif yönlü anlamlı eğilimlerin tespit edildiği ayları; Mart (Porsuk Çiftliği istasyonu) ve Mayıs (Beşdeğirmen istasyonu) ayları oluşturur. Anlamlı trendlerin görüldüğü istasyonlarda, en büyük eğim değeri Eskişehir istasyonunda Ekim ayında $-0.361 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{yıl}$ olarak hesaplanırken, en düşük eğim değeri Kütahya istasyonunda Haziran ayında $-0.010 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{yıl}$ olarak hesaplandı.

- 3) Uzun süreli ortalama akım dizilerinde, %5 anlamlılık düzeyinde havza genelinde kuvvetli azalma eğilimleri tespit edilmiştir. Tüm istasyonlarda negatif yönlü anlamlı eğilimlerin tespit edildiği tek ay; Ekim ayıdır. Sadece birer istasyonda negatif yönlü anlamlı eğilimlerin tespit edildiği ayları; Nisan (Beşdeğirmen istasyonu) ve Mayıs (Eşenkara istasyonu) ayları oluşturur. Anlamlı trendlerin görüldüğü istasyonlarda, en büyük eğim değeri Eskişehir istasyonunda Ekim ayında $-0.268 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{yıl}$ olarak hesaplanırken, en düşük eğim değeri Kütahya istasyonunda Ağustos ayında $-0.025 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır. En kuvvetli azalmanın görüldüğü istasyon, Eskişehir il merkezi sınırları içerisinde Porsuk Çayı üzerinde konumlanmış Eşenkara (D12A054) istasyonu olmakla birlikte, en zayıf azalma eğiliminin görüldüğü istasyon Eskişehir'e 42 km mesafedeki Porsuk Barajı aksının 15 km mansabında yer alan Porsuk Barajı Çıkış (D12A034) istasyonudur.
- 4) Mann Kendall sıra korelasyon test grafik sonuçlarına göre; uzun süreli ortalama ve maksimum akım dizilerinde azalma trendinin başlangıç yılı, 1980'li yıllarda yoğunlaşmaktadır. Bu dönemler, Eskişehir ve Kütahya bölgelerinde, 1981 yılından sonra daha kurak koşullara doğru belirgin bir gidişin olduğu dönemlere karşılık gelir. Sakarya Havzası ölçeğinde akım eğilimlerinin incelendiği çalışmalar (Bayazit vd. 2002; Kalaycı 2003; Kahya ve Kalaycı 2004; Özel vd. 2004) ile bu çalışma arasında, özellikle trend yönleri ve genel trend başlangıç yılları açısından, uyumluluk ve tutarlılık ortaya konmuştur.

Havza genelinde akımlarda meydana gelen azalmalar, belirli bir eşik değer altındaki düşük akımları odak noktasına alarak hidrolojik kuraklık açısından havzanın durumunun incelenmesini gerektirir. Havzada maksimum akımların %65'inde görülen anlamlı azalmalar, hidrografik kökenli doğal afetler ve tetikleyici diğer afetler açısından pozitif bir etki yaratırken ortalama akımların %56.7 ve minimum akımların %48.3'ünde görülen anlamlı azalma eğilimleri (Tekkanat ve Sarış 2015: 69) başta Porsuk Barajı olmak üzere diğer doğal ve yapay su rezervleri üzerinde negatif bir etki yaratmaktadır. Ekonomik sektörler açısından, gelecekte akarsu akımlarındaki azalma eğilimlerinin bu şekilde devam etmesi, özellikle havzanın %56.43'ünü oluşturan tarım alanlarını (özellikle sulu tarım alanlarını) olumsuz bir şekilde etkilemesi kuvvetle muhtemeldir.

Orta ve Üst Havza'nın coğrafi özellikleri (eğim, bakı, toprak bitki örtüsü ve arazi kullanımı) düşünüldüğünde Orta Havza'da özellikle Aralık ayında gerçekleşen şiddetli sağanaklar taşkınlara, Üst Havza'da ise özellikle Aralık ayında düşen şiddetli sağanaklar yanında sonbahar (Eylül hariç) ve kış mevsiminde gerçekleşen hafif sağanaklar şehir sellerine neden olabilir. Su kaynakları yönetimi kapsamında Üst ve En üst Havza'nın orman örtüsü, hatta çayır ve mera alanları da gerek Porsuk Baraj ömrünün uzaması ve su kalitesinin korunması için gerekse havzanın bozulmuş orman ve vadi ekosistemindeki ekolojik dengenin daha da kötüye gitmemesi için korunmalıdır. Hatta bu amaç için uygulanabilir kırsal sosyolojik metotlar ile birlikte sosyal ormancılık projeleri hazırlanmalı tarım ve orman karma sistemleri geliştirilmelidir.

Bölgede yağışlarda ve akımlarda ay geneline yansıyan anlamlı azalma eğilimleri, bölgenin daha kurak koşullara doğru bir gidişini göstermektedir. Kuvvetli trend eğilimleri yanında tarımsal faaliyetlerin su bölümü çizgisine doğru hızla ilerlemesi kuraklaşma ve çölleşme sürecini hızlandırmaktadır. Özellikle bu süreçte, yaz ve sonbahar kuraklığı bölgede kendini daha fazla hissettirmektedir. Bu sonuçların en çok tatlı su kaynaklarını ve tarımı etkilemesi kaçınılmazdır. Kuraklığın sosyo-ekonomik sektörler üzerindeki etkilerinin izlenebilmesi ve kuraklıkla mücadelede havzaya yönelik doğru eylem planlarının hazırlanması için kuraklığa ilişkin veri tabanı yönetim sistemi (KVTYS) oluşturulmalıdır. Gerekli veri ve bilgilerin üretilmesi için çayı besleyen dereler üzerinde de AGİ'lerin kurulması ve uzun süreli işletilmesi gereklidir.

Gelecekte Porsuk Çayı Havzasına ilişkin elde edilen bu hidroklimatolojik değerlendirmelerin kalitesinin artırılması ve değerlendirmelerin pratik sonuçlar üretebilmesi için arazi kullanımı ve arazi örtüsünün yıllar arası değişimi uzaktan algılama yöntemleriyle incelenmeli ve karşılıklı ilgi-bağlantı desenleri anlaşılmalı çalışılmalıdır. Bunun için Landsat uydu görüntülerinden yararlanılabilir. Özellikle 1970, 1980, 1985, 2000, 2005, 2010 dönemine ait Landsat uydu görüntülerinin kontrollü sınıflamaya tabi tutularak arazi sınıflarının oluşturulması, hem arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişimin sebeplerinin hemde akımlardaki azalma trendini etkileyen etmen ve süreçlerin anlaşılmasını kolaylaştıracaktır.

KAYNAKÇA

- Akyol, İbrahim Hakkı. “Türkiye’de basınç, rüzgârlar ve yağış rejimi”, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 5-6, 1944, 1-34.
- Ashraf, Muhammad; Jayant K. Routray. “Spatio-temporal characteristics of precipitation and drought in Balochistan Province, Pakistan”, *Natural Hazards*, 77, 2015, 229–254.
- Atalay Ayşe, Sakarya Nehri’nin Aylık ve Yıllık Akım Değerlerinin İstatistiksel Analizi ile Yağış Tutarları ile Korelasyonu, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), 2008, Sakarya Üniversitesi.
- Baldwin, Mark; Charles H. Kellog; James Thorp. *Soil Classification*, Soiland Man, U.S. Department of Agriculture, Yearbook of Agriculture, Government Printing Office, Washington 1938.
- Bayazıt, Mehmetçik; H. Kerem Cıgızoğlu; Bihrat Önöz. “Türkiye Akarsularında Trend Analizi”, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı: 420-421-422, 2002, 8-30.
- Bayazıt, Mehmetçik. *İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri*, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul 1996.
- Büyükerşen, Yılmaz; Saim Efelerli. “Havza Su Yönetimi Porsuk Havzası ve Eskişehir”, *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, İMO Kongre Merkezi, Ankara 20-22 Mart 2008.
- Büyükyıldız Meral, Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi ve Stokastik Modellemesi, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), 2004, Selçuk Üniversitesi.
- Cillov, Haluk. *İstatistik Tekniği ve Uygulaması*, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Yayını, İstanbul 1976.
- Darkot, Besim. “Türkiye’de yağışların dağılışı”, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 2, 1943, 137-159.
- Davis, Peter Hadland. *Flora of Turkey and the East Aegean Island*, Vol. 10, Edinburg at the University Press, Edinburg 1988.
- Deniz Ali, Türkiye’yi Etkileyen Sinoptik Sistemlerin Klimatolojisi, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), 1997, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Douglas, E. M.; R. M. Vogel; C. N. Kroll. “Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation”, *Journal of Hydrology*, 240, 2000, 90-105.
- Erbekçi Eray, Türkiye Yağışlarının Olasılık Bakımından Zamansal ve Alansal Değişkenliği, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), 2006, Çanakkale Onsekiz Mart

Üniversitesi.

- Erlat, Ecmel. “Türkiye’de Yağış Anomalileri ve Kuzey Atlantik Salınımı Arasındaki İlişkiler”, *Klimatoloji Çalıştayı*, Ege Üniversitesi, 193-210, İzmir 2002.
- Erlat, Ecmel. “Trakya’da Günlük Yağışların Şiddet Bakımından Özellikleri”, *Ege Coğrafya Dergisi*, Sayı: 11, İzmir, 2000, 97-110.
- Erlat, Ecmel. “Türkiye’de Günlük Yağışların Şiddeti Üzerine Bir İnceleme”, *Ege Coğrafya Dergisi*, Sayı: 9, İzmir, 1996, 159-184.
- Erol, Oğuz. “Türkiye’nin Jeomorfolojik Evrimi ve Bugünkü Genel Jeomorfolojik Görünümü Yayınlanmamış Ders Notu”, İstanbul 1989.
- Essenwanger, Oskar M. *General Climatology*, (World Survey of Climatology), Vol. 1C, Elsevier Science B.V., The Netherlands 2001.
- Erol, Oğuz “*Türkiye Jeomorfoloji Haritası*”, MTA, Ankara, 1991.
- Fleig, A. K.; L. M. Tallaksen; H. Hisdal; S. Demuth. “A global evaluation of streamflow drought characteristics”, *Hydrology and Earth System Sciences*, 10, 2006, 535–552.
- Gajić- Čapka, Marjana; Ksenija Cindrić; Zoran Pasarić. “Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010”, *Theoretical and Applied Climatology*, 121, 2015, 167–177.
- Hare, Paul W.; Thomas W. Gardner. “Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica”, in Morisawa, M. and Hack, J.T., eds., *Tectonic geomorphology: Proceedings of the 15th Geomorphology Symposia Series*, 97-100, Binghamton 1985.
- Hodgkins, Glenn A.; Robert W. Dudley; Thomas G. Huntington. “Summer low flows in New England during the 20th century”, *Journal of the American Water Resources Association*, 41(2), 2005, 403-412.
- Hoşgören, M. Yıldız. *Hidrografya’nın Ana Çizgileri 1*, Çantay Kitabevi, İstanbul 2004.
- Huang, Jin; Shanlei Sun; Yan Xue; Jinchi Zhang. “Changing characteristics of Precipitation during 1960–2012 in Inner Mongolia, northern China”, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 127, 2015, 257–271.
- İkiel, Cercis. “Rainfall Regime Regions in Turkey (A Statistical Climate Study)”, *Proceedings of International Conference Forest Impact on Hydrological Processes and Soil Erosion*, University of Forestry, 130-136, Yundola-Bulgaria 2005.
- İkiel, Cercis. “Muğla ve Çevresinin Yağış Şiddeti Bakımından Özellikleri”, *Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Dergisi*, Cilt: 52, 2000, 96-101.

- İrdem Cemil, Türkiye’de Yağışların Şiddet Bakımından Alansal ve Zamansal Değişikliği, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), 2005, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
- Kahya, Ercan; Serdar Kalaycı; Thomas C. Piechota. “Stream Regionalization: Case Study of Turkey”, *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 13, No. 4, 2008, 205-214.
- Kahya, Ercan; Serdar Kalaycı. “Trend Analysis of Streamflow in Turkey”, *Journal of Hydrology*, 289, 2004, 128-144.
- Kahya, Ercan; M. Çağatay Karabörk. “The Analysis of El Nino and La Nina Signals in Streamflows of Turkey”, *International Journal of Climatology*, 21, 2001, 1231-1250.
- Kalaycı, Serdar; Ercan Kahya. “Assessment of streamflow variability modes in Turkey: 1964-1994”, *Journal of Hydrology*, 324, 2006, 163-167.
- Kalaycı Serdar, Türkiye’deki Nehir Debisi Değerlerinin Değişkenlik Analizi, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), 2003, Selçuk Üniversitesi.
- Karabörk, M. Çağatay; Ercan Kahya. “The Teleconnections Between The Extreme Phases Of The Southern Oscillation And Precipitation Patterns Over Turkey”, *International Journal Of Climatology*, Vol. 23, 2003, 1607–1625.
- Kayacık, Hayrettin; Burhan Aytuğ. “Gordion Kral Mezarı’nın Ağaç Malzemesi Üzerinde Ormancılık Yönünden Araştırmalar”, *İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Cilt: XVIII, Sayı: 1, 1968.
- Keller, A. Edward; Nicholas Pinter. *Active Tectonic: Earthquake, Uplift and Landscape*, Prentice Hall Press, New Jersey 2002.
- Koç, Telat; Cemil İrdem. “Türkiye’de Yağışların Şiddet Bakımından Zamansal ve Alansal Değişkenliği”, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 49, İstanbul, 2007, 1-42.
- Kömüşçü, Ali Ümrân; Abdullah Ceylan. “Yağış Şiddeti ve Tekerrür Periyotlarına Göre Türkiye’de Sel ve Taşkın Oluşumuna Eğilimli Alanların Belirlenmesi” *IV. Ulusal Hidroloji Kongresi*, İTÜ Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul 23-25 Haziran 2004.
- Köppen, Wladimir. “Die Wärmezonnen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet (The thermal zones of the earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and to the impact of heat on the organic world)”, *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 1, 1884, 215–226. (translated and edited by Volken, E. and S.Brönnimann–*Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 20, No.3, (June

2011), 351–360).

- Okay, Aral I; Okan Tüysüz. “Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F., Seranne, M. (Eds.), *Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen*”, *Geological Society of London Special Publication*, 156, 1999, 475-515.
- Orman Genel Müdürlüğü, *Türkiye Orman Atlası*, Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığı, CBS Şube Müdürlüğü, Ankara 2013.
- Ören Aziz, Karasu Çayı (Sakarya Nehrinin Bir Kolu) Havzasının Jeomorfolojisi, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), 2011, İstanbul Üniversitesi.
- Özel, Nadire; Serdar Kalaycı; F. Mehmet Sevimli; Meral Büyükyıldız. “Sakarya Nehri Havzası Aylık Akım Verilerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Trend Analizi”, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Sayı: 19, 2004, 11-22.
- Özfidaner Mete, Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi ve Nehir Akımları Üzerine Etkisi, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), 2007, Çukurova Üniversitesi.
- Partal, Turgay; Ercan Kahya. “Trend analysis in Turkish precipitation data”, *Hydrological Processes*, 20, 2006, 2011–2026.
- Philandras, C. M.; P. T. Nastos; J. Kapsomenakis; K. C. Douvis; G. Tselioudis; C. S. Zerefos. “Long term precipitation trends and variability within the Mediterranean region”, *Natural Hazards Earth System Sciences*, 11, 2011, 3235–3250.
- Sarış, Faize; David M. Hannah; Warren J. Eastwood. “Spatial variability of precipitation regimes over Turkey”, *Hydrological Sciences Journal*, 55, 2010, 234-249.
- Sarış Faize, Türkiye’de Yağış Yoğunluğunun Alansal ve Zamansal Değişimi, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), 2006, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi.
- Sen, Pranab. Kumar. “Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall’s Tao”, *Journal of the American Statistical Association*, 39, 1968, 1379-1389.
- Seyitoğlu, Gürol; Barry Scott. “Late Cenozoic crustal extension and basin formation in West Turkey”, *Geological Magazine*, 128, 1991, 155-166.
- Stahl, K.; H. Hisdal; J. Hannaford; L.M. Tallaksen; H. A. J. van Lanen; E. Sauquet; S. Demuth; M. Fendekova; J. Jódar. “Streamflow trends in Europe: evidence from a dataset of near-natural catchments”, *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 2010, 2367-2382.
- Sneyers, R. *On Statistical Analysis of Series of Observations*, W.M.O Technical Note, World Meteorological Organization, Geneva 1990.

- Şahin, Cemalettin; Şengün Sipahioğlu. *Doğal Afetler ve Türkiye*, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, 2009.
- Şen, Zekai. *Hidrolojide Veri İşlem, Yorumlama ve Tasarım (Seminer Notları)*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul 28 Ocak-2 Şubat 2002.
- Şengör, A. M. Celal. "Cross-fault and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, Continental extensional tectonics", M. P. Cocard, J. F. Dewey, P. L. Hancock, (Eds.), *Geological Society Special Publication*, 28, 1987, 575-589.
- Şengör, A. M. Celal; Yücel Yılmaz. "Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic Approach", *Tectonophysics*, 75, 1981, 181-241.
- T.C. Bayındırlık İskân Bakanlığı. *Afet Bilgi Sistemi Komisyon Raporu*, Deprem Şurası-2004, Ankara Temmuz 2004.
- Tekkanat, İ. Sadık; Faize Sarış. "Porsuk Çayı Havzasında akarsu akımlarında gözlenen uzun dönemli eğilimler", *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı:64, 2015, 69-83.
- Temuçin Ecmel, Manisa ve Akhisar Ovalarında İklim ve Ortam İlişkileri, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), 1991,Ege Üniversitesi.
- Thornthwaite, C. Warren "An Approach toward a rational classification of climate", *Geography Review*, 1948, 55-94.
- Tunçdilek, Necdet. *Türkiye'de Relief Şekilleri ve Arazi Kullanımı*, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayınları, İstanbul 1985.
- Turoğlu, Hüseyin; Hasan Özdemir. *Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri*, Çantay Kitabevi, İstanbul 2005.
- Tümertekin, Erol; Hüseyin Cöntürk. "Türkiye'de Günlük Maksimum Yağışlar", *Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 9, 1958, 115-121.
- Tümertekin, Erol. "Note on the rainfall intensity in Turkey", *Review of the Geographical Institute University of Istanbul*, No. 1, İstanbul, 1954, 183-184.
- Türkeş, Murat "Klimatolojik ve Hidrolojik Verilerin İklimsel Değişkenlik Analizi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Ders Notları", Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Ana Bilim Dalı, Çanakkale Kasım 2012.
- Türkeş, Murat; Telat Koç; Faize Sarış. "Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey", *International Journal Climatology*, Vol. 29, Issue: 8, 2009, 1056-1074.
- Türkeş, Murat "Klimatolojik ve Atmosferik Verilerin Türdeşlik ve Rasgelelik Çözümlemesi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Ders Notları", Çanakkale Onsekiz

- Mart Üniversitesi, Coğrafya Anabilim Dalı, Çanakkale 2008.
- Türkeş, Murat; Telat Koç; Faize Sarış. “Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin Zamansal ve Alansal Çözümlemesi”, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, Cilt: 5, Sayı: 1, 2007, 57-73.
- Türkeş, Murat; Ecmel Erlat. “Türkiye’de Kuzey Atlantik Salınımı ile Bağlantılı Yağış Değişikliklerinin 500 hpa Seviyesindeki Dolaşımıyla Açıklanması”, *Ulusal Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı (Prof. Dr. Yalçınlar Anısına)*, 363-372, 2005.
- Türkeş, Murat; Ecmel Erlat. “Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic oscillation during the period 1930-2000”, *International Journal Climatology*, 23, 2003, 1771–1796.
- Türkeş, Murat. “Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey“, *International Journal of Climatology*, 16, 1996, 1057-1076.
- Türkiye Jeoloji Haritası (1/500.000 ölçekli)*, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 2002.
- Unal, Yurdanur; Tayfun Kindap; Mehmet Karaca. “Redefining the climate zones of Turkey cluster analysis”, *International Journal of Climatology*, Vol. 23, Issue: 9, July 2003, 1045-1055.
- Uslu, Selman. “İç Anadolu’nun Ormansızlık Problemi”, *İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt: 20, 1970, 124 -126.
- Uslu, Selman. “İç Anadolu Steplerinin Antropojen Karakteri Üzerine Araştırmalar”, *Orman Genel Müdürlüğü Yayını*, No.15, 1959, 138-178.
- Ünal Belkıs Zervent, Dokunmuş Havlu Kumaşların Üretim Parametreleri ve Performans Özelliklerinin Optimizasyonu, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), 2007, Çukurova Üniversitesi.
- WMO. *Climatic Change*, World Meteorological Organization (WMO), Technical Note, No.79, Geneva 1966.
- Yamanlar, Orhan; John L. Nowland. “Türkiye’nin Zararlı Yağmurlar Haritası”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt: 11, Sayı: 1, 1961.
- Yu, Yung Sheng; Shimin Zou; Donald Whitemore. “Non-Parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas”, *Journal of Hydrology*, Vol.150, Issue: 1, 1993, 61-80.
- Zaidman, M. D; H. G. Rees; A. R. Young. “Spatiotemporal development of streamflow droughts in northwest Europe”, *Hydrology and Earth System. Sciences*, 5(4), 2001, 733-751.