T.C.
ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

ÇORUH HAVZASI HİDROGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN MORFOMETRİK İNDİSLER İLE İNCELENMESİ

Hasan ÇOBAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Doç. Dr. Mustafa Murat KALE

Çankırı – 2023

T.C.

ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

COĞRAFYA ANABİLİM DALI

ÇORUH HAVZASI HİDROGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN MORFOMETRİK İNDİSLER İLE İNCELENMESİ

Hasan ÇOBAN

ORCID:0000-0003-2973-5716

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Doç. Dr. Mustafa Murat KALE

Çankırı – 2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ iii
TEZ KABUL VE ONAY iv
ÖNSÖZ v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
KISALTMALAR viii
TABLO LİSTESİ x
ŞEKİL LİSTESİ xii

1. GİRİŞ 1

1.1. Araştırma Problemi ve Çalışmanın Amacı 7
1.2. Materyal ve Yöntem 9
1.3. Çalışma Sahası Doğal Ortam Özellikleri 16
1.3.1. Jeoloji 16
1.3.2. Jeomorfoloji 17
1.3.3. Hidrografya 23
1.3.4. İklim 29
1.3.5. Toprak ve Bitki Örtüsü 37

2. ÇALIŞMA SAHASI MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİ 41

2.1. Çizgisel Morfometrik İndisler 41
2.1.1. Çatallanma Oranı (Rb) 41
2.1.2. Akarsu Uzunluk Oranı (RL) 46
2.1.3. Yüzeysel Akış Uzunluğu ($l0$) 49
2.1.4. Tekstür Oranı (T) 51
2.2. Alansal Morfometrik İndisler 53
2.2.1. Havza Alanı (A) 54
2.2.2. Havza Çevresi (P) 55
2.2.3. Drenaj Yoğunluğu (Dd) 56
2.2.4. Akarsu Sıklığı (Fs) 60
2.2.5. Havza Uzunluk Oranı (Re) 63
2.2.6. Havza Şekli (Rf) 65
2.2.7. Gravelius Katsayısı (KG) 68
2.3. Relief Morfometrik İndisler 70
2.3.1. Havza Reliefi (Bh) 70
2.3.2. Relief Oranı (Rh) 72
2.3.3. Engebelilik Değeri (Rn) 75
2.3.4. Akım Toplanma Zamanı (Tc) 77
2.3.5. Hipsometrik Eğri (Hc) 80
2.3.6. Hipsometrik İntegral (Hi) 86

3. SONUÇ VE ÖNERİLER 90

KAYNAKÇA 95

ÖZGEÇMİŞ 106

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığım ‘’*Çoruh Havzası Hidrografik Özelliklerinin Morfometrik İndisler İle İncelenmesi’’* adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlanmasına kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

… / … / 2023

İmza

Hasan ÇOBAN

TEZ KABUL VE ONAY

ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Hasan ÇOBAN tarafından hazırlanan ‘’*Çoruh Havzası Hidrografik Özelliklerinin Morfometrik İndisler ile İncelenmesi’’* başlıklı bu çalışma, *25/07/2023* tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda *[oybirliği/oy çokluğuyla]* başarılı bulunarak jürimiz tarafından *Coğrafya* Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ (Unvanı, Adı ve Soyadı)

Danışman	: Doç. Dr. M. Murat KALE	İmza: ……..
Üye	: Doç. Dr. Okan TÜRKAN	İmza: ……..
Üye	: Doç. Dr. Murat ATAOL	İmza: ……..

ONAY

Bu Tez, Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun ...../..../ 2023 tarih ve ..... sayılı oturumunda belirlenen jüri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Coşkun Polat

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Akarsu havzaları tarih boyunca insanların yerleştikleri, sosyal ve ekonomik faaliyetlerde bulunduğu alanlardır. İçinde bulunduğumuz dönemde su kaynaklarının önemi giderek artmakta ve medeniyetlerin şekillenmesi ve devam ettirilmesi açısından akarsu havzalarının doğal ortam özellikleri ile birlikte insan yaşamına etki edebilecek her özelliğinin iyi anlaşılması gerekmektedir. UA ve CBS temelinde gerçekleştirilen morfometrik çalışmalar sayesinde akarsu havzalarının şekillenmesinde etkili olan faktörler daha iyi yorumlanabilmektedir. Tez konusu olan *''Çoruh Havzası Hidrografik Özelliklerinin Morfometrik İndisler İle İncelenmesi''* adlı bu çalışmanın hazırlanmasında her aşamada tecrübe ve önerileriyle yardımlarını esirgemeyip beni yönlendiren, bilimsel bakış açısı kazanmamda etkili olan danışman hocam Doç. Dr. M. Murat Kale'ye tüm katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca her daim beni destekleyen, maddi ve manevi yanımda olan kıymetli ailem başta olmak üzere tüm hocalarıma ve dostlarıma şükranlarımı sunarım.

…./…./ 2023

Hasan ÇOBAN

ÖZET

Tezin Başlığı :Çoruh Havzası Hidrografik Özelliklerinin Morfometrik İndisler İle İncelenmesi

Tezin Yazarı : Hasan ÇOBAN

Danışman : Doç. Dr. M. Murat KALE

Anabilim Dalı: Coğrafya

Tezin Türü :Yüksek Lisans

Kabul Tarihi :

Bu çalışmada Çoruh Havzası'nın hidrografik özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak sayısal yükseklik modelleri (SYM - Digital Elevation Model-DEM) üzerinden morfometrik indisler yardımıyla araştırılması amaçlanmıştır. SYM veri seti üzerinden Çoruh Havzası'na hidroloji analizi uygulanarak D8 akım modeli ve Strahler yöntemine göre önce akarsu drenaj ağı ardından havza sınırları belirlenmiştir. Yan kollar dikkate alınarak havza sekiz farklı alt havzaya bölünmüştür. Hidrografik özelliklerin belirlenmesi için seçilen morfometik indisler Çoruh Havzası'nın çizgisel, alansal ve relief özelliklerini kapsamaktadır. Bu bakımdan havza genelinde çizgisel olarak çatallanma oranı, akarsu uzunluk oranı, yüzeysel akış uzunluğu ve tekstür oranı; alansal olarak havza alanı, havza çevresi, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, havza şekli, havza uzunluk oranı ve gravelius indeks; relief olarak ise havza reliefi, relief oranı, engebelilik değeri, akım toplanma zamanı, hipsometrik integral ve hipsometrik eğri indisleri uygulanmıştır. Morfometrik indisler havza genelinde ve alt havzalarda ayrı ayrı hesaplanmış ve analiz edilmiştir.

Bu çalışmada, sınıraşan özellikteki Çoruh Havzası ülke sınırlarından bağımsız olarak bir bütün olarak ele alınmış ve belirlenen alt havzalar dâhilinde araştırılmıştır. Bu durum çalışmanın özgünlüğünü arttırmakta ve çalışmayı farklı kılan unsurlar arasında yer almaktadır. Çalışmada elde edilen bulguların havza hidrografik özelliklerinin daha net anlaşılmasına katkı sağlaması hedeflenmektedir. Ayrıca farklı araştırmacılar için temel girdi kaynağı olabileceği gibi havza genelindeki karar vericilerin kullanımına sunularak havzada gerçekleşebilecek olası problemlere objektif ve bütüncül olarak yaklaşılmasına katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hidrografya**,** Morfometri, CBS, Sınır Aşan Su, Çoruh Havzası

ABSTRACT

ThesisTitle **:** Investigation of Hydrographic Properties of Çoruh Basin with Morphometric Indices

Author **:** Hasan ÇOBAN

Supervisor **:** Assoc. Dr. M. Murat KALE

Department **:** Geography

ThesisType **:** Master'sThesis

Date **:**

In this study, it is aimed to determine the hydrographic characteristics of the Çoruh Basin with the help of morphometric indices based on digital elevation models (DEM) using geographic information systems (GIS). Hydrology analysis was applied to the Çoruh Basin based on the DEM data set, and the river drainage network and basin boundaries were determined according to the D8 flow model and Strahler method. Considering the tributaries, the basin was divided into eight different sub-basins. The morphometic indices selected for the determination of hydrographic features include linear, spatial and relief characteristics of the Coruh Basin. In this respect, the basin-wide bifurcation rate, stream length ratio, superficial flow length and texture ratio; in terms of area, basin area, basin environment, drainage density, stream frequency, basin shape, basin length ratio and gravelius index; As relief, basin relief, relief rate, ruggedness value, current collection time, hypsometric integral and hypsometric curve indices were applied. Morphometric indices were calculated and analyzed separately across the basin and sub-basins.

In this study, the Transboundary Çoruh Basin was considered as a whole independent of the borders of the country and investigated within the determined sub-basins. This situation increases the originality of the study and is among the elements that make the study different. It is aimed that the findings obtained in the study will contribute to a clearer understanding of the basin hydrographic characteristics. In addition, it is foreseen that it can be a basic input source for different researchers and will contribute to an objective and holistic approach to possible problems that may occur in the basin by making it available to decision makers throughout the basin.

Keywords: Hydrography, Morphometry, GIS, Transboundary River, Çoruh Basin

KISALTMALAR

a	Gerçek Alan
A	Toplam Havza Alanı
ASTER	Advanced spacebome thermal emission and reflection radiometer
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	Digital Elevation Model
DSAS	Digital Shoreline Analysis System
EPIRB	Environmental Protection Of International River Basins
H	Maksimum Yükseklik
h	Yükseklik
HES	Hidroelektrik Santrali
JRC	Joint Research Centre
km	Kilometre
L	Maksimum Havza Uzunluğu
m	Metre
m²	Metrekare
MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
mm	Milimetre
N	Toplam Dizin Sayısı
NIH	National Instıtute Of Hydrology
ort.	Ortalama
P	Havza Çevresi
r	Yarıçap
s	Sayfa
ss.	Sayfalar
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
T	Tekstür Oranı
UA	Uzaktan Algılama
USGS	United States Geological Survey
vd.	Ve Diğerleri

$\mathbf{x}$	Rölatif Alan
$\mathbf{y}$	Rölatif Yükseklik
$\mathbf{\%}$	Yüzde
$\mathbf{B_h}$	Havza Reliefi
$\mathbf{D_d}$	Drenaj Yoğunluğu
$\mathbf{F_s}$	Akarsu Sıklığı
$\mathbf{H_{max.}}$	Maksimum Yükseklik
$\mathbf{H_{min.}}$	Minimum Yükseklik
$\mathbf{K_G}$	Gravelius İndeks
$\mathbf{L_u}$	Toplam Akarsu Dizinleri Uzunluğu
$\mathbf{L_0}$	Yüzeysel Akış Uzunluğu
$\mathbf{N_u}$	Toplam akarsu dizinleri sayısı
$\mathbf{R_F}$	Havza Şekli
$\mathbf{R_L}$	Akarsu Uzunluk Oranı
$\mathbf{R_b}$	Çatallanma Oranı
$\mathbf{R_e}$	Havza Uzunluk Oranı
$\mathbf{R_n}$	Engebelilik Değeri
$\mathbf{T_c}$	Akım Toplanma Zamanı
$\boldsymbol{H_i}$	Hipsometrik İntegral
$\boldsymbol{R_h}$	Relief Oranı
$\mathbf{°C}$	Derece
$\mathbf{\bar{H}}$	Ortalama Yükseklik
$\mathbf{km^2}$	Kilometrekare
$\boldsymbol{\pi}$	Pi Sayısı

TABLO LİSTESİ

Tablo No: **Sayfa**

Tablo 1.1:Türkiye sınırlarında Çoruh Havzası'na dâhil olan il ve ilçelerin alanları ... 4
Tablo 1.2:Çoruh Havzası'nın Türkiye tarafında yer alan baraj ve HES projeleri 5
Tablo 1.3:Çoruh Havzası'nın Gürcistan tarafında yer alan baraj ve HES projeleri..... 7
Tablo 1.4:Çalışmada kullanılan ASTER GDEM-SYM verileri 10
Tablo 1.5:Çoruh Havzası ve alt havzalarında uygulanan morfometrik indisler 15
Tablo 1.6:Çoruh Havzası kapsamındaki bazı önemli dağlar 18
Tablo 1.7:Çoruh Havzası'na ait önemli ova ve plato sahaları 21
Tablo 1.8:Çoruh Nehri alt havzaları ve önemli akarsuları..... 23
Tablo 1.9:Çalışmada kullanılan istasyonlar ve veri seti 30
Tablo 1.10:Çoruh Havzası uzun dönem aylık ortalama sıcaklık değerleri(°C) 30
Tablo 1.11:Çoruh Havzası uzun dönem aylık toplam yağış miktarı (mm)..... 30
Tablo 2.1:Çoruh Havzası ve alt havzaları çatallanma oranları 45
Tablo 2.2:Çoruh Havzasıve alt havzaları akarsu uzunluk oranları (km) 48
Tablo 2.3:Çoruh Havzası ve alt havzaları yüzeysel akış uzunluk değerleri 50
Tablo 2.4:Çoruh Havzası ve alt havzaları tekstür oranları..... 52
Tablo 2.5:Çoruh Havzası ve alt havzaları drenaj yoğunluğu oranları 59
Tablo 2.6:Çoruh Havzası ve alt havzaları akarsu sıklığı..... 61
Tablo 2.7:Çoruh Havzası ve alt havzaları havza uzunluk oranları 65
Tablo 2.8:Çoruh Havzasıve alt havzaları havza şekli 66
Tablo 2.9:Çoruh Havzası ve alt havzaları gravelius katsayıdeğerleri..... 69
Tablo 2.10:Çoruh Havzasıve alt havzaları havza relief değerleri 71
Tablo 2.11:Çoruh Havzası ve alt havzaları relief oranı değerleri 73
Tablo 2.12:Çoruh Havzası ve alt havzaları engebelilik değerleri 77
Tablo 2.13:Çoruh Havzası ve alt havzaları akım toplanma zamanları 78
Tablo 2.14:Çoruh Havzası hipsometrik eğri (Hc) parametreleri 83
Tablo 2.15:Adzharis Çayı alt havzası hipsometrik eğri (Hc) parametreleri 83
Tablo 2.16:Aşağı Çoruh alt havzası hipsometrik eğri (Hc) parametreleri..... 84
Tablo 2.17:Berta Çayı alt havzası hipsometrik eğri (Hc) parametreleri..... 84
Tablo 2.18:Çoruh Çayı alt havzası hipsometrik eğri (Hc) parametreleri..... 84
Tablo 2.19:Oltu Çayı alt havzası hipsometrik eğri (Hc) parametreleri 85

Tablo 2.20:Orta Çoruh alt havzası hipsometrik eğri (Hc) parametreleri 85
Tablo 2.21:Tortum Çayı alt havzası hipsometrik eğri (Hc) parametreleri..... 85
Tablo 2.22:Yukarı Çoruh alt havzası hipsometrik eğri (Hc) parametreleri 86
Tablo 2.23:Çoruh Havzası ve alt havzaları hipsometrik integral (Hi) parametreleri 88
Tablo 3.1:Çoruh Havzası ve alt havzalarının çizgisel morfometrik özellikleri 90
Tablo 3.2:Çoruh Havzası ve alt havzalarının alansal morfometrik özellikleri 91
Tablo 3.3:Çoruh Havzası ve alt havzalarının relief morfometrik özellikleri 91
Tablo 3.4:Morfometrik indis sonuçlarının taşkın duyarlılık değerlendirmesi 93

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No: **Sayfa**

Şekil 1.1:Çoruh Havzası lokasyon haritası 2
Şekil 1.2:D8 modeline göre drenaj ağı ve akarsu havzası üretim aşamaları..... 11
Şekil 1.3:Akış yönleri ve bu yönlere göre hücre değerleri..... 11
Şekil 1.4:Çoruh Havzası akış yönü haritası 12
Şekil 1.5:Çoruh Havzası alt havzalarının tespit ve tasnif aşamaları 13
Şekil 1.6:Çoruh Nehri alt havzaları..... 14
Şekil 1.7:Türkiye'nin genel tektonik haritası 16
Şekil 1.8:Çoruh Havzası bakı, yükseklik ve eğim haritaları..... 22
Şekil 1.9:Çoruh Havzası'nınana ve ara yönlere göre bakı frekans diyagramı 23
Şekil 1.10:Çoruh Havzası drenaj haritası..... 24
Şekil 1.11:Adzharis Çayı alt havzası drenaj haritası..... 25
Şekil 1.12:Orta Çoruh alt hazvası drenaj haritası..... 25
Şekil 1.13:Yukarı Çoruh alt havzası drenaj haritası..... 26
Şekil 1.14:Aşağı Çoruh alt havzası drenaj haritası 26
Şekil 1.15:Berta Çayı alt havzası drenaj haritası 27
Şekil 1.16:Oltu Çayı alt havzası drenaj haritası 27
Şekil 1.17:Tortum Çayı alt havzası drenaj haritası 28
Şekil 1.18:Çoruh Çayı alt havzası drenaj haritası 28
Şekil 1.19:Artvin istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm) 31
Şekil 1.20:İspir istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm) 32
Şekil 1.21:Oltu istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm) 33
Şekil 1.22:Tortum istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm)..... 34
Şekil 1.23:Bayburt istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm)..... 35
Şekil 1.24:Batum istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm) 36

Şekil 1.25:Çoruh Havzası uzun dönem ortalama sıcaklık (°C) ve uzun dönem toplam yağış miktarı (mm) 37
Şekil 2.1:Drenaj sisteminin Strahler ve Shreve yöntemine göre gösterilişi 42
Şekil 2.2:Çoruh Havzası ve alt havzalarının Strahler metoduna göre akarsu dizin haritası 43
Şekil 2.3:Çoruh Nehri alt havzalarında çatallanma oranı dağılımı 46
Şekil 2.4:Çoruh Nehri alt havzalarında akarsu uzunluk oranı dağılımı 48
Şekil 2.5:Çoruh Nehri alt havzalarında yüzeysel akış uzunluğu dağılımı 51
Şekil 2.6:Çoruh Nehri alt havzalarında tekstür oranı dağılımı 53
Şekil 2.7:Çoruh Havzası ve alt havzalarının alan ve çevre uzunlukları 55
Şekil 2.8:Çoruh Nehri alt havzalarında drenaj yoğunluğu dağılımı 60
Şekil 2.9:Çoruh Nehri alt havzalarında akarsu sıklık dağılımı 62
Şekil 2.10:Çoruh Nehri alt havzaları havza uzunluk oranı dağılımı 64
Şekil 2.11:Çoruh Nehri alt havzaları havza şekli dağılımı 67
Şekil 2.12:Çoruh Nehri alt havzalarında gravelius katsayısı dağılımı 69
Şekil 2.13:Çoruh Nehri alt havzaları havza relief dağılımı 72
Şekil 2.14:Çoruh Nehri alt havzaları relief oranı değeri dağılımı 74
Şekil 2.15:Çoruh Nehri alt havzaları engebelilik değeri dağılımı 76
Şekil 2.16:Çoruh Nehri alt havzaları akım toplanma zamanları dağılımı 79
Şekil 2.17:Çoruh Havzası ve alt havzaları hipsometrik eğrileri (Hc) 82
Şekil 2.18:Çoruh Nehri alt havzaları hipsometrik integral (Hi) değeri dağılımı 89
Şekil 3.1:Çoruh Havzası taşkın duyarlılık seviye sınıflandırması 92

1. GİRİŞ

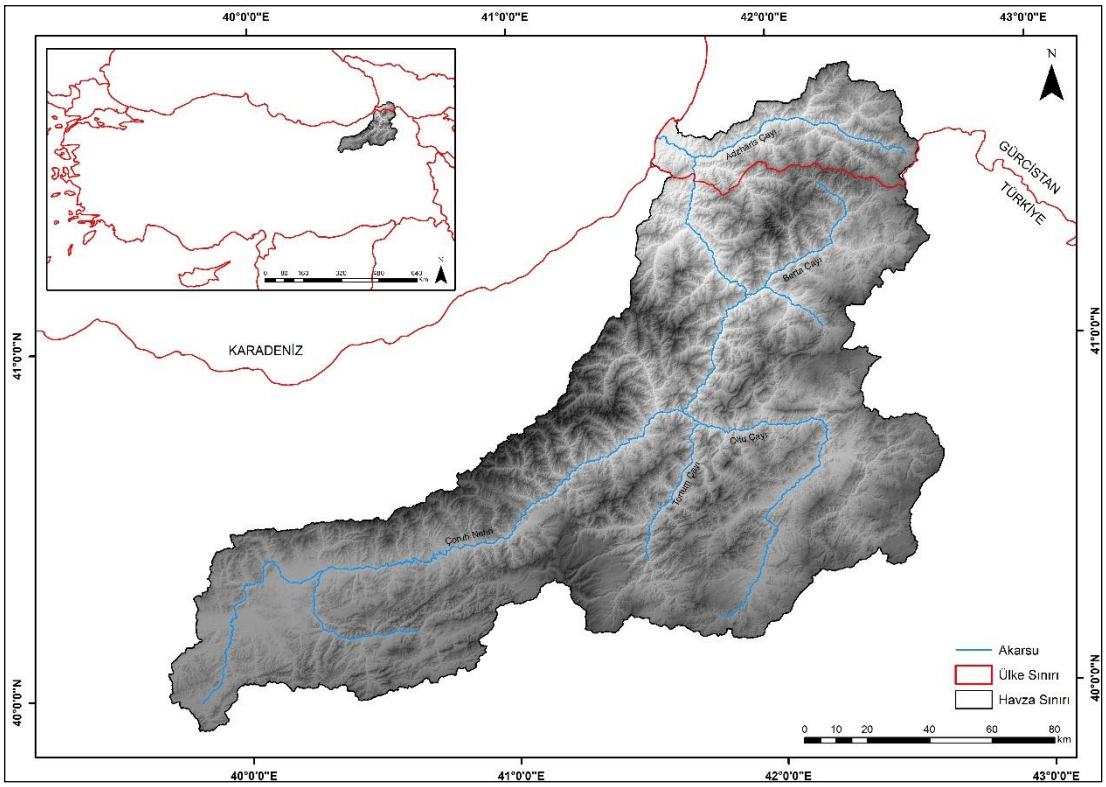
Jeomorfolojinin önemli bir alt dalı konumuna erişip *yer şekillerinin ölçülmesi* anlamına gelen *jeomorfometri*, inceleme için seçilen sahanın sayısal olarak morfolojik özelliklerinin incelenmesine olanak sağlamaktadır (Fural, 2016, s. 1). Morfometri çalışmalarının temelleri eskiye dayanmakla beraber, yeni teknolojik gelişmelere bağlı olarak farklı bir ivme kazanmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ortasından itibaren Coğrafi Bilgi Sistemeri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) alanlarındaki hızlı gelişmeler sayesinde, morfometrik indisler morfolojiyi anlamak ve daha iyi kavramak için sıklıkla kullanılan araçlar arasında yerini almıştır. Morfometrik indisler oldukça geniş araştırma sahalarında dahi hızlı biçimde uygulanabilmektedir (Ege vd., 2019, s. 143). Topoğrafik haritalar, hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden itibaren kolaylıkla hesaplanabilmesi morfometrik indislerin kullanılışını kolaylaştırmaktadır (Ege vd., 2019, s. 143; Köle, 2016, s. 22).

İnsanlık, medeniyetini şekillendirmeye başladığından beri su kaynaklarına yakın yerleri kendine yaşam alanı olarak seçmiştir. İçinde bulunduğumuz dönemde su kaynaklarının önemi gün geçtikçe artmakta olup, su toplama alanlarına ait doğal ortam özelliklerini iyi kavramak medeniyeti şekillendirme ve devam ettirmek için hayati önem taşımaktadır. Su toplama alanlarından biri olan akarsu havzaları ekosistemin diğer öğeleri ile birlikte insanların yerleştikleri, sosyal ve ekonomik faaliyetler gerçekleştirdikleri doğal ortamlardır. Bu sebeple akarsu havzaların insan yaşamına etki edebilecek her özelliğinin bilinmesi oldukça önem taşımaktadır. Bu özelliklerin belirlenmesi için havzalarda morfometrik çalışmaların yapılması ise önem arz etmektedir. Morfometrik çalışmalar yardımıyla seçilen sahanın şekillenmesinde ekili olan faktörler daha iyi yorumlanabilmektedir (Özdemir, 2007, s. 24, Ege vd., 2019, s. 143; Bağdatlı ve Öztürk, 2014, s. 12). Morfometrik özellikleri konu alan çalışmalarda akarsu havzasının şekillenmesini sağlayan drenaj ağına ait özelliklerinin incelenmesinde ise UA ve CBS önemli bir yere sahiptir. Morfometrik çalışmalar sayesinde akarsular ile akarsu havzalarına ait özellikler nitel olarak ölçülmekte, karşılaştırılmakta ve yorumlanmaktadır (Strahler, 1957, s. 913). Morfometrik parametreleri oluşturan değerlerden her biri havzanın bir özelliğini

belirtmekte olup birbirlerini farklı açılardan tamamlamaktadır (Strahler, 1957, s. 913). Bu parametreler sayesinde havza özellikleri ortaya konulmakta ve yorumlanabilmektedir (Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s. 15).

Bu çalışmaya konu olan Çoruh Havzası, Çoruh Nehri ve yan kolları tarafından drene edilmektedir. Havza, 36°52'- 41°32' kuzey paralelleri ve 39°40'- 42°35' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. 21.960 km² yüzey alanına sahip olan Çoruh Havzası'nın 20.108 km²'si Türkiye sınırları dâhilinde ve 1.852 km²'si Gürcistan sınırları dâhilinde yer almaktadır (Şekil 1.1).

Şekil 1.1:Çoruh Havzası lokasyon haritası



Havzanın Türkiye sınırlarında yer alan kısmında batıda Giresun Dağları (3.391 m); doğuda Yanlızçam Dağları (3.026 m); kuzeyde Doğu Karadeniz Dağları; güneyde ise Dumlu (3.169 m), Güllü (2.605 m), Kargapazarı (3.288 m), Otlukbeli (1.750 m), Mescit (3.239 m) ve Allahuekber dağları (3.120 m) bulunmaktadır. Havzanın en yüksek noktası 3.932 m yüksekliğindeki Kaçkar Dağları üzerinde yer alır (Çoban vd. 2020, s. 591). Havzanın Gürcistan sınırlarında yer alan kısmında ise kuzeyde Khvamli (2.002 m) ve Tskhrajvari (1.500 m) dağları; kuzeydoğuda Ushba (4.690 m)

Dağı; batıda Karadeniz Dağları; doğuda ise Gergeti (2.900 m) ve Chaukhi (3.341 m) dağları bulunmaktadır (Koç, 2023, s. 22).

Havzaya ismini veren ve Türkiye akarsu uzunluk sıralamasında 10. sırada bulunan Çoruh Nehri, kaynağını Erzurum'a bağlı İspir ilçe sınırları içerisindeki Mescit Dağları'nın güneybatısındaki Çivilikaya Tepesinin batı yamaçlarından çıkan sulardan almaktadır (Ünsal, 2006b, s. 10; Akpınar vd., 2011, s. 1203). Mescit Dağları'ndan doğup, Bayburt il sınırları içerisinde Kurt Çayı ile birleşerek Masat Çayı ismini alan akarsu, Bayburt il merkezinde Büyükçay ile tekrar birleşerek Çoruh Nehri ismini alır. (SYGM, 2019, s. 2-1). Çok fazla erozyona maruz kalan ve Türkiye'nin en hızlı akan akarsuyu olan Çoruh Nehri, akış hızı açısından dünya genelinde ilk on akarsu arasında yer almaktadır (Akpınar vd., 2011, s. 1204). Ana kol uzunluğu 431 km olan Çoruh Nehri, dar ve derin boğazlar oluşturarak 50 m kotunda Gürcistan sınırına geçip, Batum şehri kıyısında delta oluşturarak Karadeniz'e dökülmektedir. Yılda 5,8 milyon m^3 rusubat taşıyan Çoruh Nehri en fazla erozyonun yaşandığı havzalardan biridir (Sucu ve Dinç, 2008, s. 34). Akarsu ana kol uzunluğunun %95'i Türkiye sınırlarında yer alırken %5'e tekabül eden 21 km'lik kısmı ise Gürcistan sınırlarında akış sergilemektedir. Akarsuyu besleyen en önemli yan kollar Türkiye sınırları dahilinde Oltu Çayı, Tortum Çayı ve Berta Çayı (Bulanık Suyu) iken Gürcistan sınırları dâhilinde Adzharis Çayı'dır.

İdari açıdan Çoruh Nehri Havzası farklı illeri kapsamaktadır. Türkiye'de Erzurum, Artvin, Bayburt, Kars, Erzincan, Gümüşhane, Rize, Ardahan ve Trabzon illeri havza sınırları içerisinde yer alırken; Gürcistan'da ise Batum, Khulo, Shuakhevi, Keda ve Khelvachauri havza sınırları dâhilinde bulunmaktadır. Türkiye sınırlarında havza yüzey alanının büyük bölümünü Erzurum (%47), Artvin (%33) ve Bayburt (%18) illeri kaplamaktadır (Tablo 1.1). Farklı coğrafi özellikler barındıran Çoruh Havzası birçok karakteristik özelliğe sahiptir (Ünsal, 2006a, s. 4; EPIRB, 2011, s. 5).

Tablo 1.1:Türkiye sınırlarında Çoruh Havzası'na dâhil olan il ve ilçelerin alanları

İl Adı	İlçe Adı	Toplam Alan (ha)	İlçenin Havza İçerisindeki Alanı (ha)	İlçenin Havzaya Giren Kısmı (%)
BAYBURT	Aydıntepe	44.460,91	35.348,56	79,50
	Demirözü	59.372,54	56.015,91	94,35
	Merkez	270.550,87	267.816,51	98,99
ARTVİN	Ardanuç	96.163,01	84.121,59	87,48
	Arhavi	40.654,13	7.424,39	18,26
	Borçka	80.592,20	80.514,52	99,90
	Hopa	20.429,87	1.530,50	7,49
	Merkez	114.092,47	114.092,47	100,00
	Murgul	30.095,91	30.089,75	99,98
	Şavşat	131.818,36	123.422,54	93,63
	Yusufeli	226.201,41	225.986,58	99,91
ERZURUM	Aşkale	151.229,57	8.139,73	5,38
	Aziziye (Ilıca)	152.541,23	33.088,42	21,69
	Horasan	174.175,80	1.619,82	0,93
	İspir	213.136,83	207.612,01	97,41
	Köprüköy	77.731,58	562,12	0,72
	Narman	80.061,68	77.875,37	97,27
	Oltu	144.122,19	144.122,19	100,00
	Olur	89.340,24	87.477,57	97,92
	Pasinler	113.441,80	2.658,12	2,34
	Pazaryolu	65.184,65	64.683,97	99,23
	Şenkaya	138.458,46	128.146,40	92,55
	Tortum	146.523,38	145.915,80	99,59
	Uzundere	50.555,82	50.555,82	100,00
	Yakutiye	94.368,97	5.210,09	5,52
RİZE	Ardeşen	37.646,54	544,91	1,45
	Çamlıhemşin	89.675,10	3.014,76	3,36
	Fındıklı	38.275,65	1.440,06	3,76
	İkizdere	85.653,11	2.046,02	2,39
ARDAHAN	Göle	129.248,51	6.360,93	4,92
	Hanak	64.318,67	195,74	0,30
	Merkez	126.111,97	65,29	0,05
	Posof	58.491,01	2,80	0,00
GÜMÜŞHANE	Kelkit	157.034,79	294,60	0,19
	Köse	35.281,68	5.776,10	16,37
	Merkez	188.718,61	1.833,09	0,97
KARS	Sarıkamış	203.751,03	9.377,17	4,60
	Selim	98.644,28	2.457,52	2,49
ERZİNCAN	Çayırlı	106.041,02	4.278,69	4,03
	Otlukbeli	31.979,90	4.689,95	14,67
TRABZON	Çaykara	57.376,40	139,48	0,24
TOPLAM		4.313.552,12	2.026.547,87	46,98

Kaynak: SYGM, 2019, s. 2-2.

Sınıraşan su, herhangi bir ülke sınırı içerisinde doğup başka bir ülke ile sınır oluşturan ya da başka ülke topraklarından geçerek akış gösteren sular olarak tanımlanmaktadır (Köle, 2017b, s. 126). Bu nedenle de dış politikada önemli bir yere sahiptir. Sınır aşan bir akarsu havzasında kıyısı olan ülkeler ise kıyıdaş ülkeler olarak isimlendirilmektedir. (Erdağ, 2015, s. 29).

Bu çalışmaya konu olan Çoruh Havzası sınıraşan bir akarsu tarafından şekillendirilmektedir. Türkiye ve Gürcistan'ın kıyıdaş olduğu havzada ülkelerinin su kaynaklarından faydalanma açısından farklı proje ve faaliyetleri bulunmaktadır. Bu kapsamda yer alan faaliyetlerin temelinde enerji üretimi, taşkın kontrolü, içme ve kullanma suyu temini yer almaktadır. Türkiye'nin memba, Gürcistan'ın mansap ülke konumunda olduğu havzada karşılıklı istişare mekanizmaları sayesinde güncel olarak su kökenli bir çatışma ortamı bulunmamaktadır (Koç, 2023, s. 3).

Çoruh Nehri'nin hidroelektrik enerji potansiyeli havzanın mansap kısmına göre memba kısmında daha yüksektir. Akarsu yataklarının relief ve eğim değerlerinin yüksek, tarımsal su kullanımın görece az olduğu Çoruh Havzası, baraj ve enerji santralleri yapımına olanak sağlamaktadır (Fakıoğlu ve Kağnıcıoğlu, 2009, s. 48). Çoruh Nehri ana kol ve yan kolları üzerine çeşitli amaçlar doğrultusunda kıyıdaş ülkeler tarafından birçok baraj inşa edilmiştir (Kanar, 2016, s. 1; Koç, 2023, s. 3). Çoruh Havzası hidroelektrik potansiyelinden azami ölçüde fayda sağlamak amacıyla Türkiye sınırları dâhilinde 27 adet; Gürcistan sınırları dâhilinde ise 3 adet baraj ve hidroelektirk santral (HES) projesi bulunmaktadır (Tablo1.2 ve Tablo1.3).

Tablo 1.2:Çoruh Havzası'nın Türkiye tarafında yer alan baraj ve HES projeleri

Sıra No	**Adı**	**Amacı**	**Akarsu**	**İşletmeye Giriş Tarihi**	**Talveg Yüksekliği**
1	Muratlı Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi ve Taşkın Koruma	Çoruh Nehri	2005	44 m
2	Tortum I Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Tortum Çayı	2005	10 m
3	Borçka Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi ve Taşkın Koruma	Çoruh Nehri	2007	86 m
4	Yedigöl Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Aksu Çayı	2011	20 m
5	Güllübağ Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Çoruh Nehri	2012	80 m

6	Aksu Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Aksu Çayı	2012	20 m
7	Sırakonaklar Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Sırakonaklar Çayı	2012	20 m
8	Deriner Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi ve Taşkın Kontrolü	Çoruh Nehri	2013	245 m
9	Özlüce Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Çapans Deresi	2013	20 m
10	Arkun Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Çoruh Nehri	2014	188 m
11	Artvin Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi ve Taşkın Koruma	Çoruh Nehri	2015	180 m
12	Erik Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Meydancık Çayı	2016	5 m
13	Şavşat Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Mansurat Çayı	2017	5 m
14	Çayırözü Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Çapans Deresi	2020	10 m
15	Yusufeli Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi ve Taşkın Koruma	Çoruh Nehri	2022	220 m
16	Aksu Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Çoruh Nehri	Planlama Aşamasında	155 m
17	İspir Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Çoruh Nehri	Planlama Aşamasında	105 m
18	Laleli Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Çoruh Nehri	Planlama Aşamasında	127,50 m
19	Bağlık Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Berta Çayı	Planlama Aşamasında	74 m
20	Bayram Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Berta Çayı	Planlama Aşamasında	143 m
21	Ayvalı Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Oltu Çayı	Planlama Aşamasında	125 m
22	Olur HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Oltu Çayı	Fizibilite Raporu Hazır	85 m
23	Altıparmak Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Barhal Çayı	Fizibilite Raporu Hazır	138 m
24	Çay Aşan Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Tortum Çayı	Ön İnceleme Raporu Hazır	20 m
25	Tortum II Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Tortum Çayı	Fizibilite Raporu Hazır	10 m
26	Ardıçlı Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Anuri Dere	Ön İnceleme Raporu Hazır	10 m
27	Öğdem Regülatörü ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Barhal Çayı	Ön İnceleme Raporu Hazır	5 m

Kaynak: Koç, 2023, ss. 4-5.

Tablo 1.3:Çoruh Havzası'nın Gürcistan tarafında yer alan baraj ve HES projeleri

Adı	**Amacı**	**Akarsu**	**İşletmeye Giriş Tarihi**	**Talveg Yüksekliği (m)**
Khelvachauri HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Çoruh Nehri	2017	30 m
Shuakhevi HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Adzharis Çayı	2017	22 m
Kirnati Barajı ve HES	Elektrik Enerjisi Üretimi	Çoruh Nehri	2018	31 m

Kaynak: Koç, 2023, s. 6.

1.1. Araştırma Problemi ve Çalışmanın Amacı

Çalışma alanı olarak seçilen Çoruh Havzası bilimsel açıdan ilgi çekici ve araştırmaya değer birçok özellik barındırdığı için farklı bilim dallarından birçok araştırmacıya konu olmuştur. Bu çalışmaların bir kısmı aşağıda verildiği gibidir.

Tarkan (1973) tarafından Orta ve Aşağı Çoruh Havzaları beşeri ve iktisadi coğrafya temellerine dayanarak bölgesel niteliklerini ele alınmıştır.

Atalay (1982), Oltu Çayı havzasının fiziki coğrafya özelliklerini konu edinerek detaylı bir şekilde sahanın fiziki coğrafya özelliklerini açıklamıştır.

Taban (1993), Çoruh Havzası'nın doğal, beşeri ve ekonomik özelliklerden kaynaklanan sorunları coğrafi esaslara dayanarak Türkiye sınırları içerisinde bütüncül olarak analiz ve sentez ederek sorunların çözümüne ve bölge kalkınmasına katkı sağlamayı amaçlamıştır.

Ünsal (2006a), Yukarı ve Orta Çoruh havzalarının coğrafi faktörlerine dikkat çekerek havzaların tarihi coğrafyasını gerçekleştirilen arkeolojik çalışmaların sonuçlarıyla birlikte ele almıştır.

Ünsal (2006b), Yukarı Çoruh Havzası'nda Bayburt yöresine ait tarihi ve arkeolojik özellikleri konu edinmiştir.

Sucu ve Dinç (2008), tarafından uluslararası öneme sahip olan Çoruh Havzası'nın hidroelektrik enerji potansiyeline kaynaklık eden Türkiye'ye ait projeler tanıtılarak kısa teknik bilgiler aktarılmıştır.

Akpınar ve diğerleri (2011), Türkiye ve Dünya'daki hidroelektrik potansiyeline dikkat çekerek Çoruh Havzası'nda mevcut su kullanım durumu, havza geliştirme planlaması ve geliştirilen projeleri ele alarak değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Atar ve Kopar (2020), tarafından Tortum Çayı Havzası'nın fiziki coğrafya temelinde jeosit destinasyonları incelenerek havzanın jeoturizm potansiyeli değerlendirilmiştir.

Çoban ve diğerleri (2020), Çoruh Deltası'ndaki kıyı çizgisi değişikliğinin 36 yıllık süre zarfında UA ve CBS temelinde araştırmıştır.

Koç (2023), tarafından Çoruh Deltası'ndaki kıyı çizgisi değişikliği DSAS (Digital Shoreline Analysis System) modülü kullanılarak analiz edilmiştir.

Çoruh Nehri havzasını bir bütün olarak ele alan, ülke sınırlarını gözetmeksizin doğrudan Çoruh Havzası'nın tamamını kapsayacak şekilde hidrografik özelliklerini morfometrik indislerle birlikte ele alan bir çalışmaya ise rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, Çoruh Nehri akarsu havzası ülke sınırlarından bağımsız olarak bir bütün olarak ele alınmış ve hidrografik özellikleri belirlenen alt havzalar dâhilinde morfometrik idisler kullanılarak araştırılmıştır. Bu durum çalışmanın özgünlüğünü arttırmakta ve çalışmayı farklı kılan unsurlar arasında yer almaktadır.

''Çoruh Havzası Hidrografik Özelliklerinin Morfometrik İndisler İle İncelenmesi'' başlıklı bu çalışmanın temel amacı çalışma sahasının hidrolojik özelliklerini seçili morfometrik indisler kullanarak ayrıntılı bir şekilde analiz etmektir. Çalışma bulguları Türkiye ve Gürcistan sınırlarında yer alan alt havzaların birbirleri ile karşılaştırılması ve Çoruh Havzası'na ait hidrolojik özelliklerin ortaya çıkartılması hedeflenmektedir.

Sınır aşan bir su havzası olma özelliği sergileyen Çoruh Havzası ile ilgili elde edilen bu çalışmaya ait bulgularının farklı araştırmacılar için temel girdi olacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda çalışma bulgularının havza genelindeki karar vericilerin kullanımına sunulması ile bütüncül olarak havzaya objektif olarak yaklaşılacağı öngörülmektedir.

1.2. Materyal ve Yöntem

Çoruh Havzası'nın hidrolojik özelliklerin araştırılması sırasında analitik ve ampirik yöntemlerden faydalanılmıştır. Havzanın doğal ortam özellikleri göz önünde bulundurularak araştırma sahasını yansıtabilecek morfometrik parametreler öncelikli olarak tercih edilmiştir.

Saha genelinde arazi çalışmaları yapılmak istenmiş fakat pandemi koşulları nedeni ile öngörülen saha çalışmaları gerçekleştirilememiştir.

Çalışmanın temel veri seti; Sayısal Yükseklik Modeli (SYM - Digital Elevation Model-DEM)'den itibaren CBS aracılığıyla üretilmiştir. Çalışma alanının geniş olması nedeniyle ekonomik ve hızlı erişim açısından bir tercih ile internet üzerinden indirilen 27 metre çözünürlüklü ASTER GDEM SYM verilerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu kararın verilmesindeki bir diğer faktör ise Gürcistan sınırları dâhilinde kalan havza alanının 1/25.000 ölçekli topografya haritalarına erişilememiş ve bu nedenle SYM'nin topografya haritaları üzerinden üretilememiş olmasıdır.

Havzalara ait çeşitli morfometrik analizlerde temel ve çoğu zaman tek veri kaynağı olan SYM, çalışmanın doğruluğu ve güvenilirliği açısından çok önemlidir. Bu nedenle çalışmanın amacı, beklenilen doğruluk düzeyi, çalışma alanının büyüklüğü vb. faktörler dikkate alınarak tercih edilen SYM belirlendikten sonra genel olarak bir ön işleme tabi tutularak olası bazı hataları giderilmiş ve analizlere hazır hale getirilmiştir. Akabinde gerekli analizler yapılarak arazi yüzey detayları ve morfometrik hesaplamalar için gerekli olan parametreler elde edilmiştir.

CBS hızlı ve güvelilir bir şekilde SYM'lerin oluşturulmasına ve sayısal analizlerin gerçekleştirilmesine imkân sağlamaktadır. Analizlerin gerçekleştirilmesi ve

morfometrik parametrelerin hesaplanması gibi aşamaların tamamının CBS ortamında yürütülmesi, manuel olarak veri oluşturma ve işlemenin doğurabileceği hataların en aza indirgenmesine imkân yaratmakta ve işlem hızı nedeniyle zaman tasarrufu sağlanmaktadır (Erdede ve Öztürk, 2016, s. 394; Günek vd., 2013, s. 1). Bu kapsamda çalışma genelindeki hesaplama ve analizler ile gerekli altlık ve haritaların oluşturulmasında ArcGIS paket programı 10.5 sürümü kullanılmıştır.

Çalışma sahasını kapsayan 12 adet SYM verisi tespit edilmiştir (Tablo 1.4). Tek bir sayısal yükselti modeli üzerinden uygulamaları gerçekleştirmek için ilgili veriler ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılarak mozaikleştirilmiştir. Ardından elde edilen SYM verisine SYM-Fill işlemi uygulanarak olası hataları (mevcut olmayan teraslar, boşluklar, çukurluk ve yükseltiler) giderilmiştir. Böylece SYM verisi üzerinde akarsu drenaj ağları ve havza sınırları belirlenerek Çoruh Havzası için gerekli haritaların üretimine uygun hale getirilmiştir. Çoruh Havzası'na ait SYM verisi üzerinden morfometrik indislere ait haritaların bir kısmının oluşturulması aşamasında ArcGIS 10.5 Spatial Analyst Tools modülü araç olarak kullanılmıştır.

Tablo 1.4:Çalışmada kullanılan ASTER GDEM-SYM verileri

	ASTER GDEM-SYM verisi		**ASTER GDEM-SYM verisi**
1	ASTGTMV003_N39E039_dem	**7**	ASTGTMV003_N40E041_dem
2	ASTGTMV003_N39E040_dem	**8**	ASTGTMV003_N40E042_dem
3	ASTGTMV003_N39E041_dem	**9**	ASTGTMV003_N41E039_dem
4	ASTGTMV003_N39E042_dem	**10**	ASTGTMV003_N41E040_dem
5	ASTGTMV003_N40E039_dem	**11**	ASTGTMV003_N41E041_dem
6	ASTGTMV003_N40E040_dem	**12**	ASTGTMV003_N41E042_dem

Kaynak: Usgs Earth Explorer

Çoruh Havzası drenaj ağı belirlenirken ArGIS 10.5 yazılımı üzerinden ''Hydrology'' araç kutusu altındaki ''Flow Direction'' modülünden faydalanılmış ve akış yönleri belirlenmiştir. Ardından akış yönü kullanılarak ''Flow Accumulation'' aracı yardımıyla akım toplanma alanları tespit edilmiştir. Tüm bunların hesaplamalarının temeli 8 yönlü akış algoritması olan D8 modeline dayanmaktadır (Şekil 1.2). Bu algoritma ilk olarak 1988 yılında Jenson ve Domingue tarafından geliştirilmiştir. Bu algoritma SYM temelli olup bir hücredeki akış yönünün çevresindeki komşu 8 hücreden hangisine doğru olabileceğinin hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Fizik

kuralları gereği bu akış yönünün 8 hücre arasında en fazla eğime sahip olan istikamete doğru olacaktır (Elbaşı, 2015, s. 30).

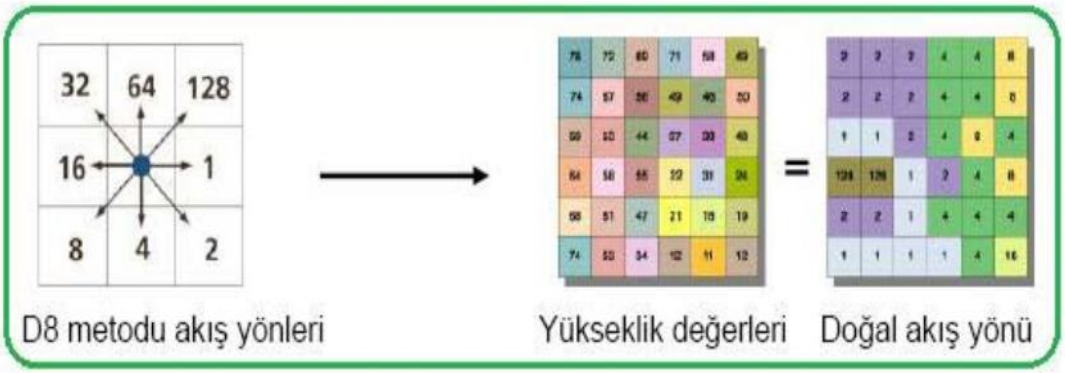
Şekil 1.2:D8 modeline göre drenaj ağı ve akarsu havzası üretim aşamaları



Kaynak: Elbaşı, 2015, s. 31

D8 Modeline göre 8 komşu hücreye değer ataması yapılır ve bu değerlerinin eğim ve yükselti değerleri hesaplanır. Değerler 1 ile 128 arasında değişkenlik göstererek her biri farklı bir yönü ifade etmektedir (Şekil 1.3). Her hücre için doğu, güneydoğu, güney, güneybatı, batı, kuzeydoğu, kuzey, kuzeydoğu olarak yönler belirlenmiştir (Aslan vd., 2004, s. 172).

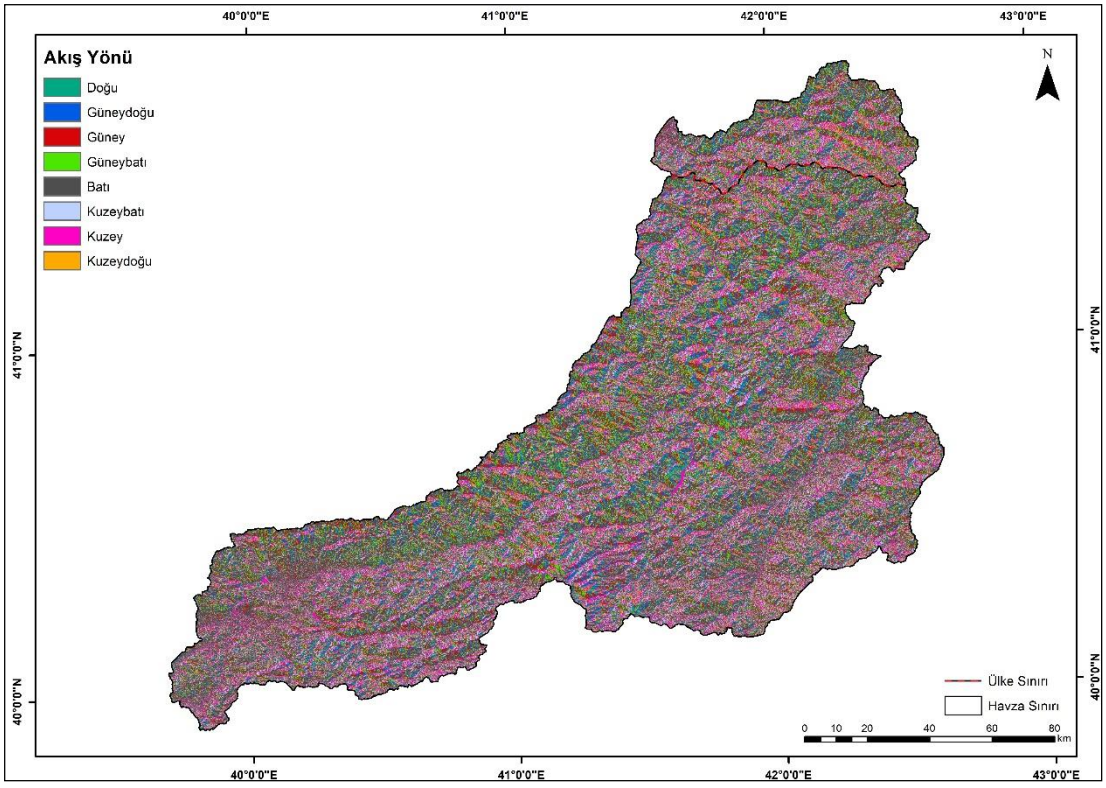
Şekil 1.3: Akış yönleri ve bu yönlere göre hücre değerleri



Kaynak: Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s.357

Akış yönü ve akım toplanma verilerinden raster akarsu ağı elde edilebilmesi için bir eşik değer belirlenmelidir. Hücre değerleri bu eşik değerinin üzerinde olan hücreleri akarsu olarak tanımlayabilmektedir. Bu eşik değerinin belirlenmesinde çalışma alanının büyüklüğü, amacı, kapsamı, ölçeği, hassasiyeti ve özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi takdirde elde edilen drenaj ağı ve üzerinde gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda hatalar gözlenmektedir (Elbaşı, 2015, s. 33). Bu çalışma da tüm bunlar göz önünde bulundurularak gerçeğe en yakınlık açısından eşik değer 500 olarak belirlenmiştir. Çalışma sahasına ait akış yönü haritası Şekil 1.4'te verilmiştir.

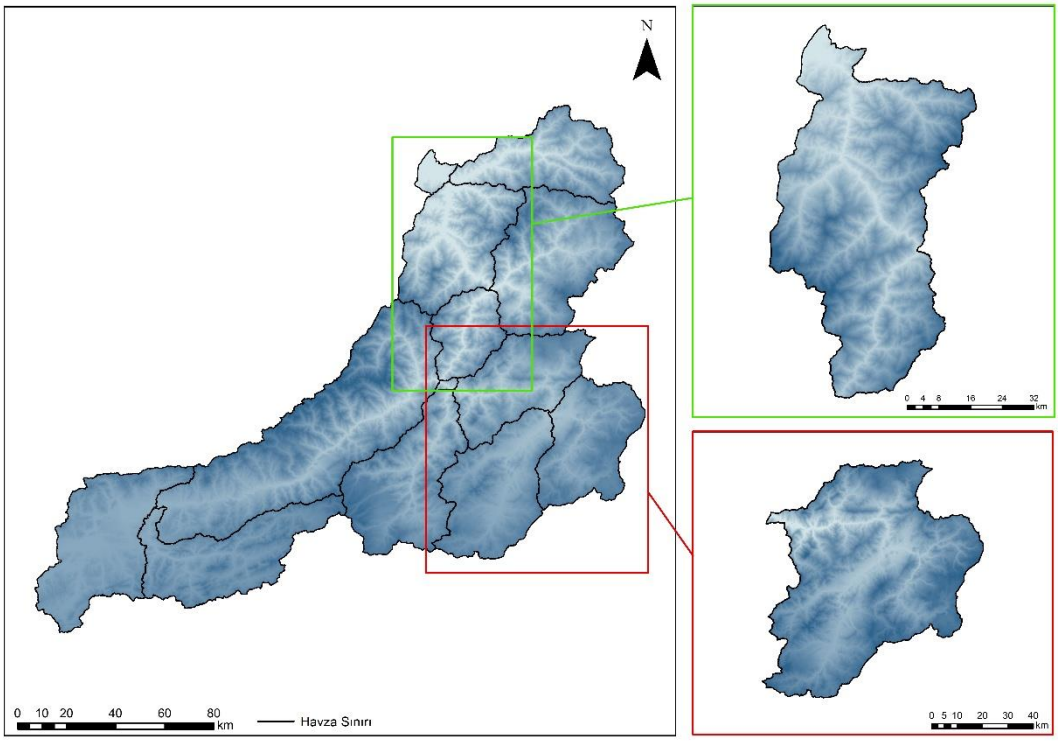
Şekil 1.4:Çoruh Havzası akış yönü haritası



Drenaj ağı üretiminden sonra alt havza sınırları belirlenerek morfometrik indislerin her bir alt havzaya ayrı ayrı uygulanması öngörülmüştür. Çoruh Havzası sınırları belirlendikten sonra bölgeye ait SYM ve sınır verileri Global Mapper 23.0 (64-bit) uygulamasına aktarılarak ''create watershed'' komutu üzerinden alt havza sınırları tespit edilmiştir. Bu aşamada ilk etapta Çoruh Havzasıyan kollarına ait 13 alt havza belirlenmiştir. Bu sınır verileri kaydedilip inceleme alanında gerçeğe yakınlık ve geçerli sonuç elde etme açısından ArcGIS 10.5 yazılımı yardımıyla tekrar düzenlenmiştir. İlk olarak Aşağı Çoruh alt havzası kendi içerisinde 3 ayrı alt havzaya

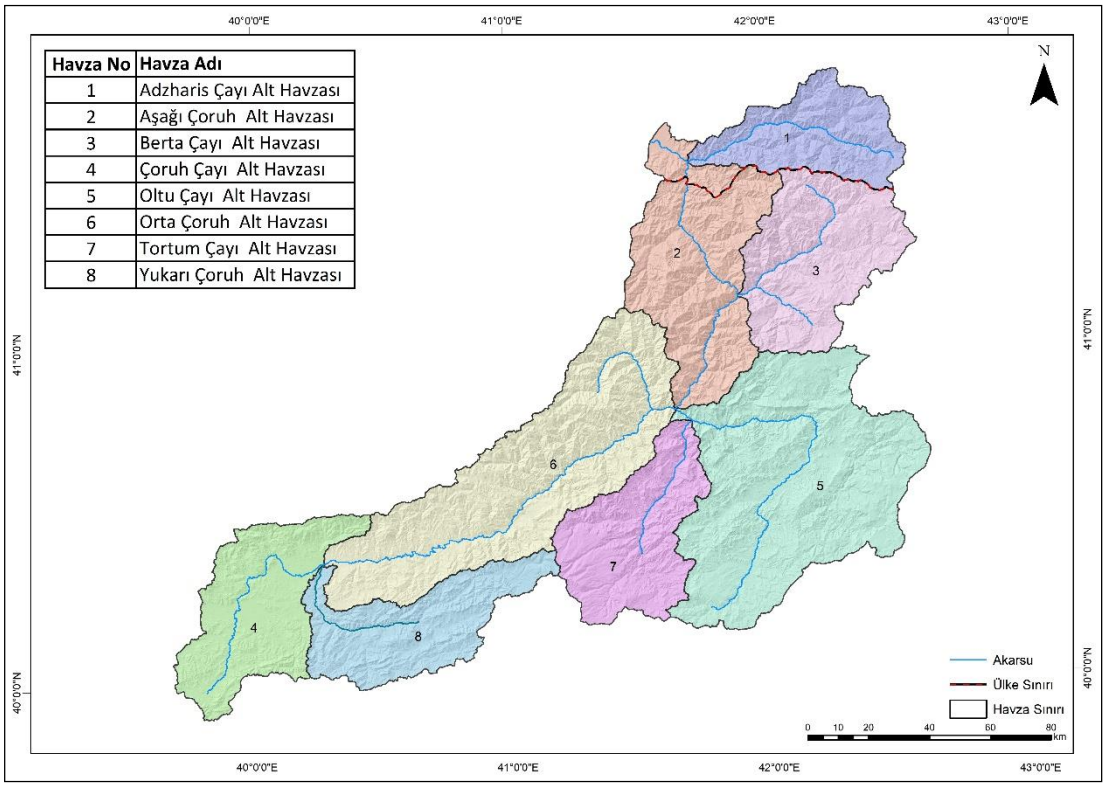
ayrılmıştır. Düzenleme sonucunda Aşağı Çoruh alt havzası tek havza olarak yeniden düzenlenmiş ve deniz ile birleşerek kıyıda oluşan delta bölgeye dâhil edilmiştir (Şekil 1.5). Bir diğer düzenlemeye maruz kalan alt havza ise Oltu Çayı alt havzasıdır. Düzenlenmemiş havza sınırlarında Oltu Çayı alt havzası kendi içerisinde 4 alt havzaya ayrılmıştır. Bu alt havza da tek havzaya indirgenerek mansap kısmı ana akarsu koluna bağlanan bir alt havza olmuştur (Şekil 1.5). Tortum Çayı alt havzası ise Oltu Çayı alt havzasına dökülmektedir. Tüm sınır birleştirme işlemleri ArcGIS 10.5 yazılımdaki ‘’Geoprocessing’’ ve ‘’Dissolve’’ komutlarından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Aynı yazılım üzerinden kıyı çizgisinde gerçekleştirilen düzenlemeler dâhil olmak üzere bazı haritalar oluşturulurken ‘’Editör’’ komutundan yararlanılmıştır. Akış yönleri ve havzalara ait sınırların belirlenmesinde, havzalara uygun morfometrik indislerin uygulanması ve bu özellikler yardımıyla Çoruh Havzası’nın hidrografik özelliklerinin yorumlanması ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Şekil 1.5:Çoruh Havzası alt havzalarının tespit ve tasnif aşamaları



Bu çalışmada Çoruh Havzası, akarsuya bağlanan yan kollar ve yukarıda açıklanan birleştirme işlemleri dikkate alınarak 8 alt havza halinde araştırılmıştır (Şekil 1.6).

Şekil 1.6:Çoruh Nehri alt havzaları



Bu çalışmada akarsu dizilerininin ortaya çıkartılmasında Strahler'in geliştirdiği yöntem ve modelleme esas alınmıştır. Söz konusu yönteme göre ilk akarsular birinci dizileri, birinci dizilerin birleşmesiyle de sonraki diziler meydana gelmektedir. Tüm akarsu kollarına bu işlem uygulandıktan sonra en büyük dizi numarasına sahip akarsu kolu ana akarsu olarak nitelendirilmektedir (Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s. 18). Çoruh Havzası ve başlıca alt havzalarında bu yöntem ayrı ayrı işleme alınmış ve havzalar üzerinde gerçekleştirilen tüm hesaplamalara altlık veri olarak kullanılmıştır.

Çoruh Havzası'nın hidrografik özelliklerinin incelenmesine yönelik belirlenen morfometrik özellikler; çizgisel, alansal ve relief indisleriolarak üç başlık altında ele alınmıştır (Tablo 1.5). Bu bağlamda; dört çizgisel, yedi alansal ve altı relief olmak üzere toplamda on yedi morfometrik indis havzaya uygulanmıştır (Tablo 1.5). Çatallanma oranı (R_b), akarsu uzunluk oranı (R_L), yüzeysel akış uzunluğu (l_0), tekstür oranı (T) çizgisel morfometri içinde; havza alanı (A), havza çevresi (P), drenaj yoğunluğu (D_d), akarsu sıklığı (F_s), havza şekli (R_f), havza uzunluk oranı (R_e) ve gravelius indeks (K_G) alansal morfometri içinde; havza reliefi (B_h), relief oranı (R_h), engebelilik değeri (R_n), akım toplanma zamanı (T_c), hipsometrik eğri

(H_c) ve hipsometrik integral (H_i) ise relief morfometrisi kapsamında ele alınıp havzaya uygulanmıştır. Elde edilen sayısal veriler doğrultusunda Çoruh Havzası'nın hidrografik özelikleri havza genelinde değerlendirilmiştir. Bunların yanı sıra çalışma alanıyla ilgili morfometrik haritalar ve tablolar üretilmiştir. İndislere ait detaylı bilgiler Çalışma Sahası Morfometrik Özellikleri bölümünde verilmiştir.

Tablo 1.5:Çoruh Havzası ve alt havzalarında uygulanan morfometrik indisler

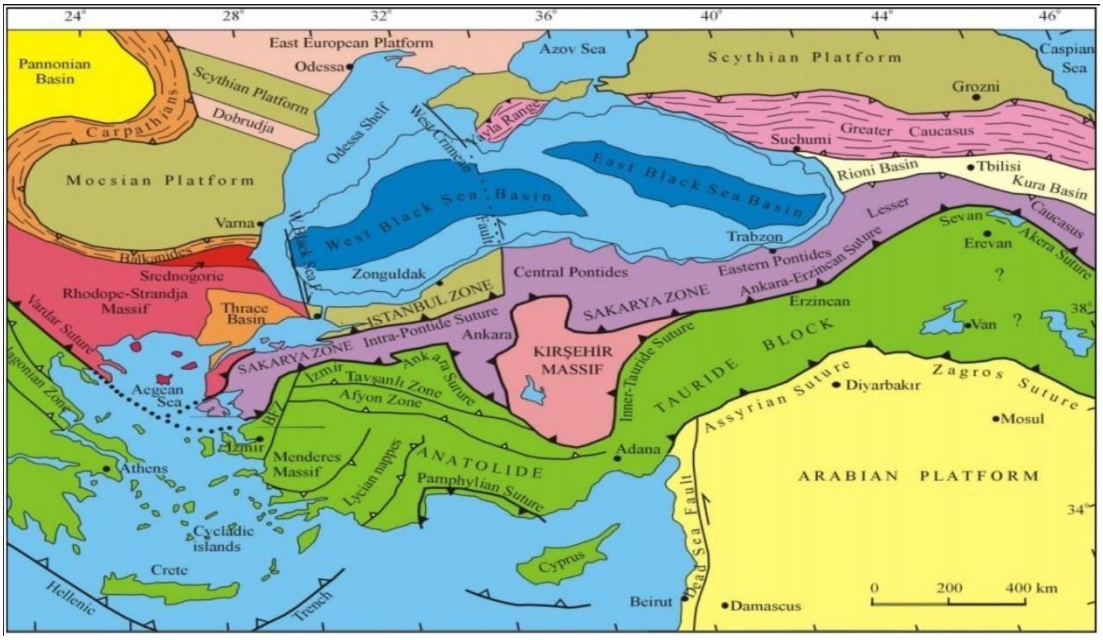
Çizgisel Morfometrik İndisler	
Çatallanma Oranı	$R_b = N_u / N_{u+1}$
Akarsu Uzunluk Oranı	$R_L = L_u / L_{u+1}$
Yüzeysel Akış Uzunluğu	L_0= 1/2D
Tekstür Oranı	T = N_{u1} * (1/P)
Alansal Morfometrik İndisler	
Havza Alanı	A
Havza Çevresi	P
Drenaj Yoğunluğu	D_d = ∑ L/A
Akarsu Sıklığı	F_s = N/A
Havza Şekli	R_F = A $/L_b$ ²
Havza Uzunluk Oranı	R_e = 2/L_m* $(A/\pi)^{0,5}$
Gravelius İndeks	K_G = P/2$\sqrt{\pi * A}$
Relief Morfometrik İndisler	
Havza Reliefi	$B_{\square}$ = $H_{max.}$- $H_{min.}$
Relief Oranı	$R_{\square}$ = H/L
Engebelilik Değeri	R_n = $B_{\square}$ * D_d
Akım Toplanma Zamanı	T_c = 6.95 * $L^{1.15}$ / $B_{\square}^{0,385}$
Hipsometrik Eğri	x = a/A y = h/H
Hipsometrik İntegral	H_i= $\overline{H}$ - $H_{min.}$ /$H_{max.}$ - $H_{min.}$

1.3. Çalışma Sahası Doğal Ortam Özellikleri

1.3.1. Jeoloji

Alp orojenik kuşağı içerisinde yer alan Çoruh Havzası, Kuzey Anadolu orojenik kuşağının doğu bölümünde bulunmaktadır. Aynı zamanda Anadolu'nun tektonik birlikleri sınıflandırmasında Doğu Pontidler olarak bilinen alanın kuzey zonu bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 1.7). Havzanın morfolojik evriminde ve bugünkü görünüşüne sahip olmasında orojenik, epirojenik ve tektonik faaliyetlerin yanı sıra dış kuvvetlerinde etkisi görülmektedir (SYGM, 2019, s. 2-81).

Şekil 1.7:Türkiye'nin genel tektonik haritası



Kaynak: Okay ve Tuysuz, 1999

Havza genelinde Paleozoyik'ten bugüne kadar tortul, magmatik ve metamorfik kayaçlar dağılım göstermektedir. Çoruh Havzası, Mesozoyik başlarından itibaren deniz tabanı yayılması ile Tetis Denizi tarafından işgal edilmiştir. Bunun sonucunda tabanında ultrabazik magma bulunan jeosenklinalde geniş alanlara yayılan ofiyolit istifler (peridotit, serpantin, gabro, rodiolit, pelajik kireç taşları) tektonik aktiviteler sonucunda sıkıştırma kuvvetine maruz kalarak kıvrılma eğilimi göstermiştir. Ofiyolit tabakaları üzerinde fliş ve kireç taşlarının birlikte bulunduğu yerler jura-kretase

devrini karakterize etmektedir. Sonrasında antiklinal ve senklinal adı verilen kıvrımlı yapılar medyaya gelmiştir. Mesozoyik sonunda epirojenik hareketler neticesinde jeoseklinal alanı daralarak blok şeklinde yükselmiştir. Çökelmiş olan tortul kayaçlar yükselirken tetis jeoseklinalinin sedimentleri kıvrım yapıları arasında çökelerek dar kanallara yerleşmiştir. Havza üzerinde yer yer ofiyalitlerin bulunması ve jeosenklinal alanlarında ultrabazik magma çıkışından sonra karalaşmalar gözlenmiştir. Tersiyer başındaki karalaşmaların nedeni bölgede paleosen devrinin yaşanmadığına bağlanmaktadır (Atar ve Kopar, 2020, s. 104; Taban, 1993, s. 6). Ancak havza üzerinde Eosen'de sığ bir şekilde deniz yayıldığı ve bu deniz flişlerinin çökelim gösterdiği ön görülmektedir. Oligosen'den itibaren havza üzerinde alp orojenezi faaliyetlerinin artan etkisiyle faylanmalar oluşmuş ve tektonik havzalar meydana gelmiştir (Atalay, 1982, s. 7). Bölgede tektonizma faaliyetleri pleistosene kadar devam etmiş daha sonra volkanizmaya neden olan epirojenik karakterde tektonizma faaliyetleri ön planda rol oynamıştır. Neojen'den itibaren tüf ve bazaltlar havzanın güneydoğu kesimlerine yayılım göstermiştir. Kuvaterner başlangıcında ise merkezi püskürmeler daha çok aktivite göstererek Allahuekber Dağları'nda koniler oluşturmuştur. Neojen sonunda ve Pleyistosen'de epirojenik hareketlerle birlikte bölge yükselme eğilimi göstermiştir. Kısaca üst miyosen zamanından sonra tamamen karalar halinde bulunan havza, zamanla orojenik ve volkanik aktivitelerini yitirmiştir. Artık dış kuvvetlerin etkisi havzanın günümüz morfolojisini kazanmasında etken olmuştur. Yükselen arazi Çoruh Nehri ve yan kolları ile kesilerek çeşitli jeomorfolojik birimler oluşturmuştur (Atar ve Kopar, 2020, s. 104; Taban, 1993, s. 6; Atalay, 1982, s. 7; Tarkan, 1973, s. 26; SYGM, 2019, s. 81).

1.3.2. Jeomorfoloji

Çoruh Havzası'nda dağlar ve depresyonlar arasında eğimin fazla olması sebebiyle dağlık alanlar hidrografik faaliyetler sonucunda derin ve dar vadilerin yanı sıra oluşan boğazlar ile yarılmıştır. Çoruh Nehri ve yan kolları bu şekilde dar ve derin vadilerde yer almaktadır. Havza, özellikle eğim değerlerinin az olduğu Bayburt Ovası ve vadi tabanlarında oluşan düzlükler dışında, engebenin ve eğim şartlarının fazla olduğu topografya özelliği sergilemektedir. Bu çalışmaya konu olan Çoruh Havzası'nın bugünkü morfolojisine sahip olmasında, jeolojik ve tektonik olayların

(orojenik, epirojenik ve volkanik) yanında flüvyal süreçlerce gerçekleştirilen aşındırma, taşıma ve biriktirme faaliyetleri önemli bir role sahiptir (Atalay, 1982, s. 21; Taban, 1993, s. 7; SYGM, 2019, s. 2-21; EPIRB, 2011, s. 26).

Kuzey Anadolu orojenezi içerisinde bulunan Çoruh Havzası, Çoruh Nehri'nin K-KD istikametinde bulunan Doğu Karadeniz Dağları ve güneyinde GB-KD doğrultusunda yer alan Yanlızçam (3.026 m) ve Mescit (3.239 m) dağları arasında konumlanmaktadır. Doğu-batı doğrultusunda büyük kubbeleşmelerin görüldüğü bu dağlarda yükselti değerleri doğu istikametinde artış göstermektedir. Havzanın en yüksek noktası olan Kaçkar Dağları'ndan (3.932 m) kuzeye doğru gidildikçe yükselti değerleri düşmektedir. Yüksek bölgelerde hörgüç kayalara ve buzul aşınım izlerini yansıtan sirklere rastlanmaktadır (SYGM, 2019, s. 2-21; Tarkan, 1973, s. 9). Havzanın Türkiye sınırları dâhilinde kalan kısmının kuzeyinde Doğu Karadeniz ve Mtirala Sırtları; güneyinde Dumlu (3.169 m), Güllü (2.608 m), Allahuekber (3.120 m), Otlukbeli (1.750 m), Kargapazarı (3.288 m), Mescit Dağları (3.239 m); doğusunda Yanlızçam Dağları (3.026 m); batısında Giresun Dağları yer almaktadır (Çoban vd., 2020, ss. 590-591; Taban, 1993, s. 1; SYGM, 2019, s. 2-20). Çoruh Nehri Karadeniz dağ sisteminde yer alan Taşlı Tepe mevkiinden Türkiye sınırını terk ederken, mansap kısmının güney kesiminde batı-doğu yönünde bir dağ sırası eteğinde hareket etmektedir. Karçal Dağları olarak bilinen dağ sırası bir müddet Kafkas Dağlarına paralel olarak uzanırken aynı zamanda Gürcistan ile ülke sınırını oluşturmaktadır (Tarkan, 1973, s. 8; Taban, 1993, s. 9). Gürcistan sınırları içerisinde Çoruh Havzası'nın kuzeyinde Khvamli (2.002 m) ve Tskhrajvari (1.500 m); kuzeydoğusunda Ushba Dağı (4.690 m); batısında Karadeniz Dağları; doğusunda ise Gergeti (2.900 m) ve Chaukhi Dağı (3.341 m) yer almaktadır (Koç, 2023, s. 22). Havza kapsamındaki bazı önemli dağlar Tablo 1,6'da belirtilmiştir.

Tablo 1.6:Çoruh Havzası kapsamındaki bazı önemli dağlar

Dağ Sistemleri	**HavzaKonumu**	**Jeolojik Formasyonu**	**Dağ İsimleri**	**Yükseklik (m)**
Doğu Karadeniz Dağları	Kuzey Kuzeybatı	Paleozoyik kökenli granit, kuarslıdiorit, granodiorit; kratese ve üst kratese	Soğanlı Dağı	3.376
			Kırklar Dağı	3.352
			Cimil Dağı	3.345
			Dilek Dağı	3.550

		kökenli yaşlı kalker, fliş ve volkanik seriler.	Gül Dağı	3.348
			Balık Dağı	1.890
			Kaçkar Dağı	3.932
Otlukbeli Dağları	Güneybatı	Paleozoyik, mesozoik, kratese ve olgomiosen kökenli yaşlıseriler.	Coşan Dağı	2.975
			Ardıcın Dağı	2.033
			Akbaba Dağı	3.058
Kargapazarı Dağları	Güneydoğu	Bazaltlar, mesozoik yaşlı kratese, üst kratese ve oligo-miyosen kökenli seriler	Karadağ	2.930
			Dutlu Dağı	2.528
Allahuekber Dağları			Ziyaret Tepesi	2674
			Büyükdağ	2.802
			Zozan Dağı	2.908
			Soğanlı Dağı	2.875
			Allahuekber Tepesi	3.120
Yanlızçam Dağları	Kuzeydoğu	Paleozoik kökenli bazalt, andezit ve neojen kökenli sedimanterler.	Avsek Dağı	2.641
			Zamp Dağı	2.745
			Çadır Dağı	3.050
			Çiçek Dağı	3.167
			Cin Dağı	3.167
Mescit Dağları	Güney	Kratese-jura, üst kratese, yaşlı, volkanik seriler ve fliş kalkerleri	Sarıçiçek Dağı	2.781
			Mezge Dağı	2.457
			Kurucayurt Dağı	2.730
			Bozan Dağı	2.924
			Akbaba Dağı	3.058
			Dumlu Dağı	3.169
			Mecit Tepesi	3.230
Karçal Dağları	Kuzey	Paleosen kökenli bazalt ve üst kratese kökenli volkanik seriler	Karaşalvar Dağı	1.450
			Hadis Dağı	2.000
			Kabakud Dağı	1.950
			Geyik Dağı	1.850
			Kara Dağ	2.357
			Nasara Dağı	2.357
			Sarıçayır Dağı	2.650
			Karaisal Dağı	2.540
			Demirkapı Dağı	290
			Kanlı Dağ	2.688

Kaynak: Taban, 1993, ss. 8-9; Tarkan, 1973, s. 8

Çoruh Havzası'nın Gürcistan sınırları içerisinde kalan kısmı olan Adzaharis Çayı alt havzasının genel jeomorfolojik yapısını Ajara-Mereti Dağlarının güney sırtları ile sınır dağları arasında kalan Adjaristskali depresyonları ve kısmen kıyıda oluşan delta ovası oluşturmaktadır. Havzanın kuzeydeki vadi genişliği güney yamaçlarına göre daha geniş olmakla beraber bu genişlik akarsu mansabına yaklaştıkça kademeli olarak daralmaktadır (EPIRB, 2011, s. 27).

Havza değişken bir topografyaya sahip olmakla birlikte yükselti değerleri neredeyse 4.000 metreye ulaşmaktadır. Genel olarak dağlık alanlar tarafından oluşturulan Çoruh Havzası'nda akarsu vadileri boyunca uzanan ova alanları da topografyanın temel unsurları arasında yer almaktadır. Yerleşime uygun alanlar genellikle 1.800-2.000 metre arasındadır (SYGM, 2019, s. 2-20). Bu alanlar toplam havza alanının %41'ini oluştururken diğer sahalar %59'unu oluşturmaktadır. Yükseklik ve eğimin oldukça fazla olduğu sarp araziler havza içerisinde yoğun olarak bulunduğundan bu sahalarda yerleşmeye uygun yüzeyler genel olarak sıkışık durumdadır (SYGM, 2019, s. 2-20).

Yükseltisi 2.500-2.750 metre olan dağlar arasında tektonik faaliyetlerin etkisiyle birlikte dağların uzanışına paralel olarak vadi yapıları oluşmuştur (Taban, 1993, s. 9). jeomorfolojik açıdan oluk veya çöküntü alanlarını oluşturan bu yerleri ile dağların zirveleri arasında 1.000-1.200 metre yükselti farkı bulunmaktadır. Akarsuların akış gösterdiği bu yataklar ''V'' şeklinde yapıya sahip genç oluşumlu akarsu vadileridir (Taban, 1993, s. 9). Bölgedeki jeomorfolojik yapı, eğim değerlerinin fazla olması, iklime bağlı olarak değişen yağış miktarı ve dağılışına paralel olarak havza içerisinde sıklıkla taşkınlar meydana gelmektedir (Taban, 1993, s. 23).

Çoruh Havzası'nda ova ve plato sahaları %10-15 oranında görece az bir alan kaplamaktadır (Taban, 1993, s. 9). Yaklaşık 1.450-1.750 metre yüksekliğinde bulunan Bayburt Ovası Türkiye sınırları içindeki en büyük ovadır (Taban, 1993, s. 9). Yaklaşık 900 km² alana karşılık gelen Bayburt Ovası'nın bölümleri ise Keçevi Düzü, Mormuş Düzlüğü, Aydıntepe Ovası ve Düzeker Ovası'dır. Gürcistan sınırları içerisinde ise nehrin Karadeniz kıyısında oluşturduğu Batum Delta Ovası yer almaktadır. Bu alanlar akarsu yatak eğiminin az olduğu alüvyon birikim sahalarına

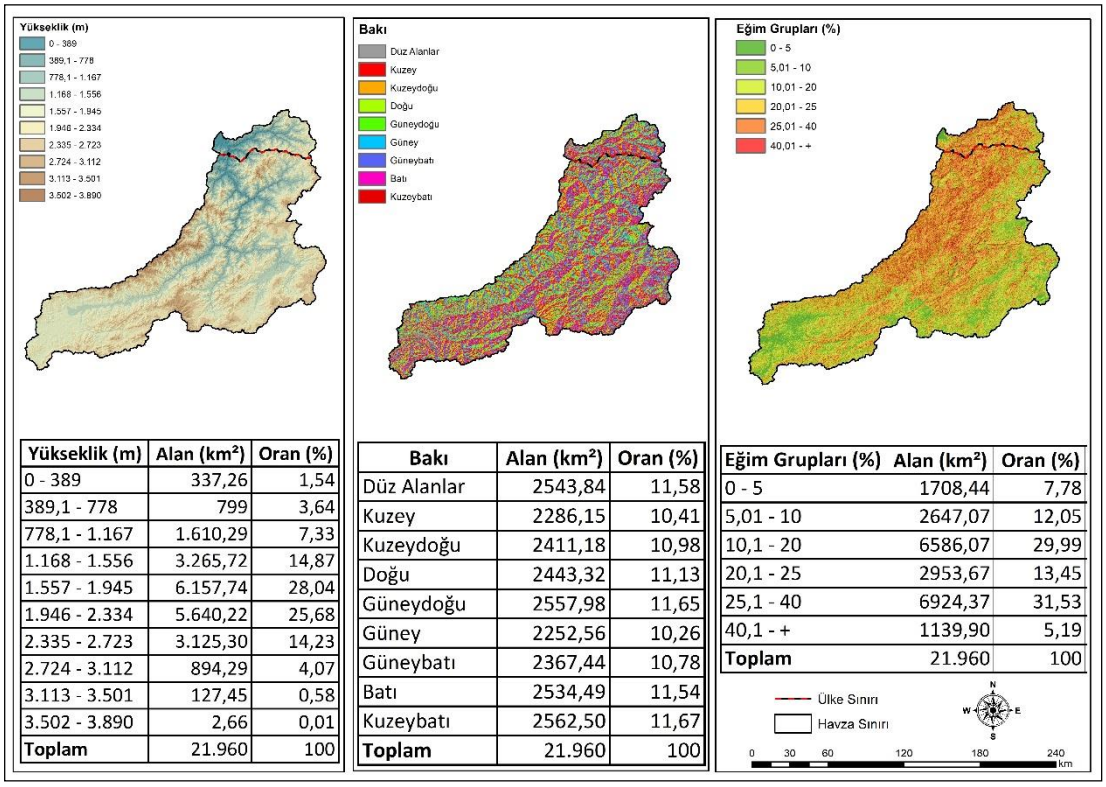
karşılık gelmektedir. Havza genelinde plato alanları Oltu, Narman ve Şenkaya civarında toplanmakla birlikte akarsular tarafından genellikle derin vadilerle yarılarak kesintiye uğramıştır. Bu nedenle sahanın D-KD istikametinde parça parça bulunan bazalt platolarına rastlamak mümkündür (Taban, 1993, s. 10). Genel anlamda Erzurum ve Artvin illeri yüksek reliefe sahiptir. Platolar ve dağlar arasında yükseklikleri 1.500-1.800 m yüksekliğinde bazı depresyon olukları mevcuttur. Bunlardan bazıları Erzurum ve Hasankale ovalarıdır. Bu düzlüğü 2.030 metre yüksekliğine sahip Deveboynu Beli ayırmaktadır. Artvin ili sınırlarında ise sahil kesimindeki alüvyal düzlükler dışında ova sayılabilecek alanlar mevcut değildir. Plato sahaları il genelinde fazla yer kaplamaktadır. Çoruh Havzası'na ait önemli ova ve platolar Tablo 1.7'de yer verilmiştir.

Tablo 1.7:Çoruh Havzası'na ait önemli ova ve plato sahaları

Ova Alanları
Bayburt Ovası (Keçevi Düzü, Mormuş Düzlüğü, Aydıntepe Ovası, Düzeker Ovası), Batum Delta Ovası, Arhavi ve Hopa alüvyon düzlükleri
Plato (Yayla) Alanları
Aydıntepe, Yoncalı, Üzengili, Dumlu, Akbulut, Cumavank, Otlukbeli, Yazyurdu, Tohnovi, Çavdar, Somarnova, Karakaya, Menge, Seydiyakup, Ardıçgöze, Armutlu, Kavlatan, Göloba, Çençül Akkoyun, Solkari, Kuşmer, Gökçedere, Gümüşdamla, Yaylapınar, , Günbuldu, Şur, Irmak, Eser, Çukur, Çımağıl, Tekman, Meşeli, Ballı, Kurudere, Taşköprü, Meydancık, Düzenli, Kireçli, Yığılı, Keşoğlu, Çamlık, Kapik, Yoncalı, Mısırlı, Oba Irmaklar, Bilbilan, Çamlıca, Hanlıköy, Mağara, İnekli, Dikme, Kocakarlı, Taşkınlık

Kaynak: SYGM, 2019, s. 2-22

Şekil 1.8:Çoruh Havzası bakı, yükseklik ve eğim haritaları



Yükseklik (m)	Alan (km²)	Oran (%)
0 - 389	337,26	1,54
389,1 - 778	799	3,64
778,1 - 1.167	1.610,29	7,33
1.168 - 1.556	3.265,72	14,87
1.557 - 1.945	6.157,74	28,04
1.946 - 2.334	5.640,22	25,68
2.335 - 2.723	3.125,30	14,23
2.724 - 3.112	894,29	4,07
3.113 - 3.501	127,45	0,58
3.502 - 3.890	2,66	0,01
Toplam	21.960	100

Bakı	Alan (km²)	Oran (%)
Düz Alanlar	2543,84	11,58
Kuzey	2286,15	10,41
Kuzeydoğu	2411,18	10,98
Doğu	2443,32	11,13
Güneydoğu	2557,98	11,65
Güney	2252,56	10,26
Güneybatı	2367,44	10,78
Batı	2534,49	11,54
Kuzeybatı	2562,50	11,67
Toplam	21.960	100

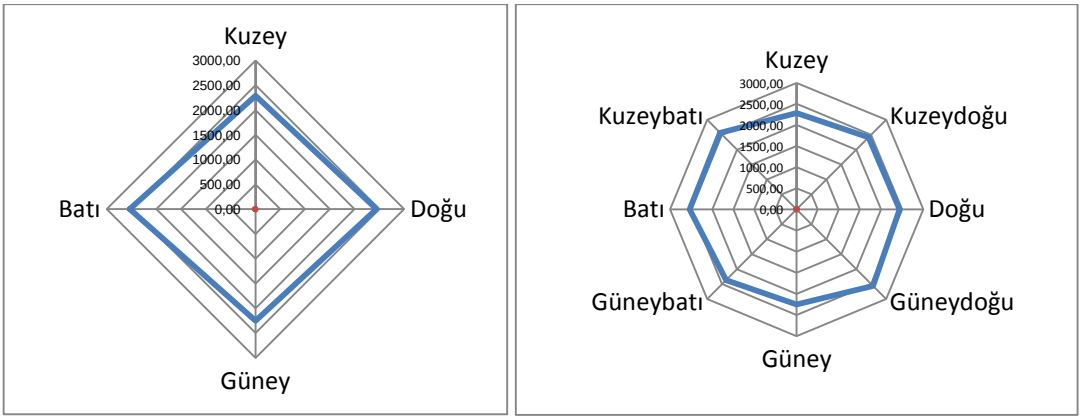
Eğim Grupları (%)	Alan (km²)	Oran (%)
0 - 5	1708,44	7,78
5,01 - 10	2647,07	12,05
10,1 - 20	6586,07	29,99
20,1 - 25	2953,67	13,45
25,1 - 40	6924,37	31,53
40,1 - +	1139,90	5,19
Toplam	21.960	100

Çoruh Havzası oldukça dik yamaçlı yüksek zirvelerin bulunduğu bir topografyaya sahiptir. Havzanın en yüksek eğime sahip bölümü %12,01 eğim değeri ile Aşağı Çoruh alt havzasıdır (Şekil 1.8). En düşük eğim değerine sahip bölümü ise %19,04 eğim değeriyle Çoruh Çayı alt havzası olarak belirlenmiştir (Şekil 1.8). Çoruh Havzası sınırları içerisinde en yüksek eğim değerine sahip alanlar 6.586,07 km² alan kaplayan dik eğimli alanlardır. Bu sahalar havzanın toplam %29,99'luk kısmını kaplamaktadır. Havza sınırları içerisinde 2.647,07 km² alana sahip alanlar alçak plato sahalarından ova ve vadi tabanlarına geçiş alanlarına karşılık gelmektedir. Bu alanlar havza genelinin % 12,05'sına karşılık gelmektedir (Şekil 1.8). Havzanın toplamda %50,17 kısmını oluşturan fazla eğimli ve sarp araziler yüksek arazi zirvelerinin bulunduğu kanyon vadi yamaçlarından oluşmaktadır (Şekil 1.8).

Havza genelinde yükselti değerleri incelendiğinde 1.557 ve 2.334 m yükselti aralığına sahip alanlar toplamda havzanın % 53,08'ini kaplamaktadır. Yüksekliği 2.335 metreden fazla olan alanlar aşırı dik ve sarp arazilere karşılık gelmekle beraber yerleşmeye uygun değildir. Bu alanlar havza genelinin %18,89'una karşılık gelmektedir (Şekil 1.8).

Çoruh Havzası hâkim bakı yönü batıdır. Batı yönü bakı sahaları havza genelinde 2.534,49 km² alan kaplamaktadır. Bu değer havza genelinin % 11,54' üne karşılık gelmektedir. Havzada ikincil hâkim bakı yönü ise 2.443,32 km² alana sahip ve havzanın %11,13' ünü oluşturan doğudur. Ara yönlere göre daha ayrıntılı analiz yapıldığında ise Çoruh Havzası' nın hâkim bakı yönü KB–GD yönünde olduğu belirlenmiştir (Şekil 1.9).

Şekil 1.9:Çoruh Havzası'nınana ve ara yönlere göre bakı frekans diyagramı



1.3.3. Hidrografya

Çoruh Nehri kaynağını Mescit Dağları'ndaki Çivilikaya Tepesi'nden çıkan kaynak sulardan almaktadır. Çoruh Nehri, ana kola dökülen irili ufaklı birçok yan koldan beslenmektedir. En önemli yan kolları Gürcistan sınırlarında yer alan Adzharis Çayı ve Türkiye sınırlarındaki Berta, Oltu ve Tortum çaylarıdır (Çoban vd., 2020, s. 590). Çoruh Havzası alt havzalarına drene eden önemli akarsular Tablo 1.8'de ve akarsu havzalarına ait yükselti basamakları ile drenaj ağı Şekil 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.14, 1.15, 1.16, 1.17 ve 1.18'de verilmiştir.

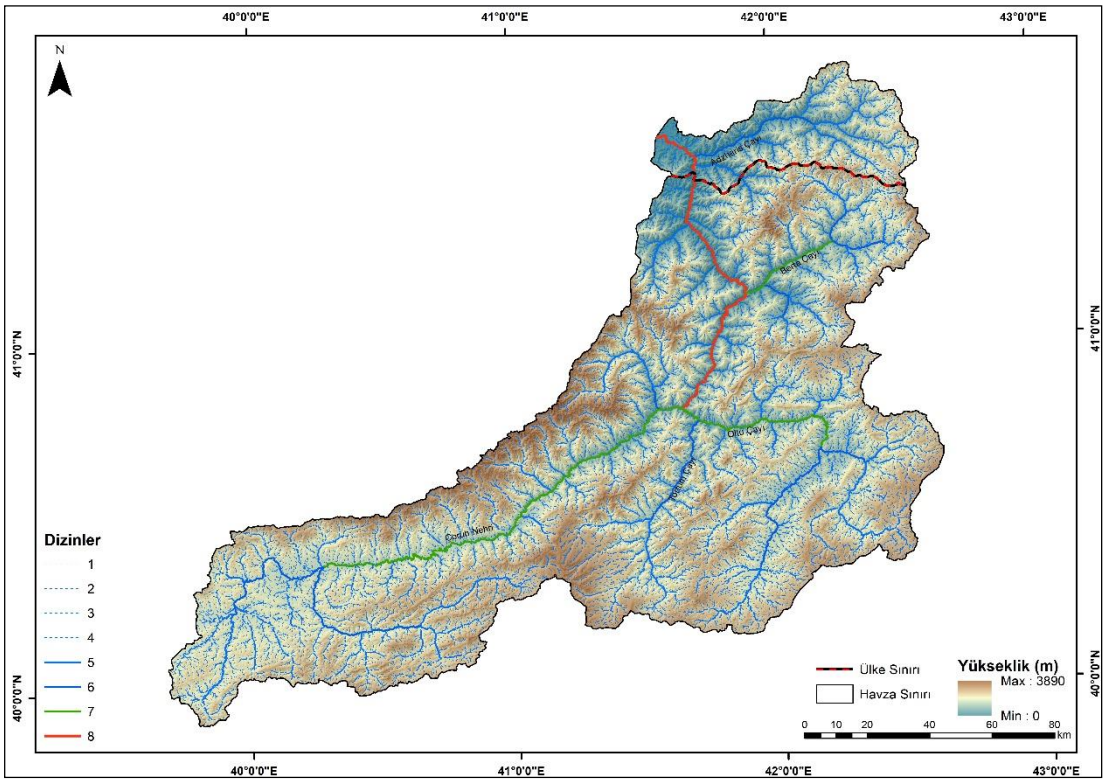
Tablo 1.8:Çoruh Nehri alt havzaları ve önemli akarsuları

Alt Havza Numarası	Alt Havza Adı	Akarsu Adı
1	Adzharis Çayı Alt Havzası	Akavreta Çayı, Chvanistskali Çayı, Acharistskali Çayı, Chirukhistskali Çayı, Skhalta Çayı, Adzharis Çayı

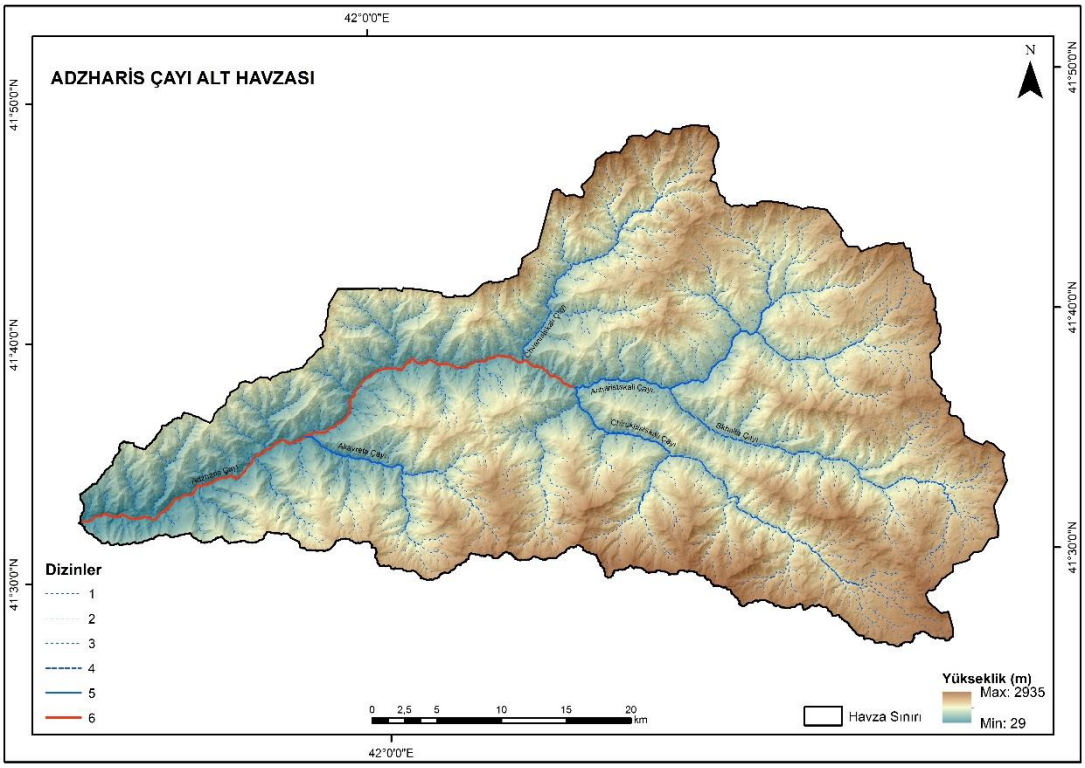
2	Aşağı Çoruh Alt Havzası	Maçahel Suyu, Murgul Çayı, Hatilla Deresi,
3	Berta Çayı Alt Havzası	Köprüler Deresi, Meydancık Çayı, Şavşat Çayı, Berta Çayı
4	Çoruh Çayı Alt Havzası	Kanlıçoruh Deresi, Gümüşdamla Deresi, Sorkunlu Deresi, Balkaynak Deresi, Sakızlı Deresi, Pulur Deresi, Lori Deresi, Rüştü Deresi, Danişment Deresi, Çoruh Nehri
5	Oltu Çayı Alt Havzası	Bulanık Suyu, Alabalık Deresi, Penek Çayı, Bardız Çayı, Sivri Deresi, Büyük Çay, Narman Çayı, Oltu Çayı
6	Orta Çoruh Alt Havzası	Barhal Çayı, Balaban Deresi, Demirdöken Çayı, Aksu Çayı
7	Tortum Çayı Alt Havzası	Bağbaşı Çayı, Tortum Çayı
8	Yukarı Çoruh Alt Havzası	Çoruh Çayı, Kurt Çayı, Kop Çayı, Çoruh Nehri

Kaynak: 1/25.000'lik topografik haritaların ilgili paftaları; Google Earth Pro

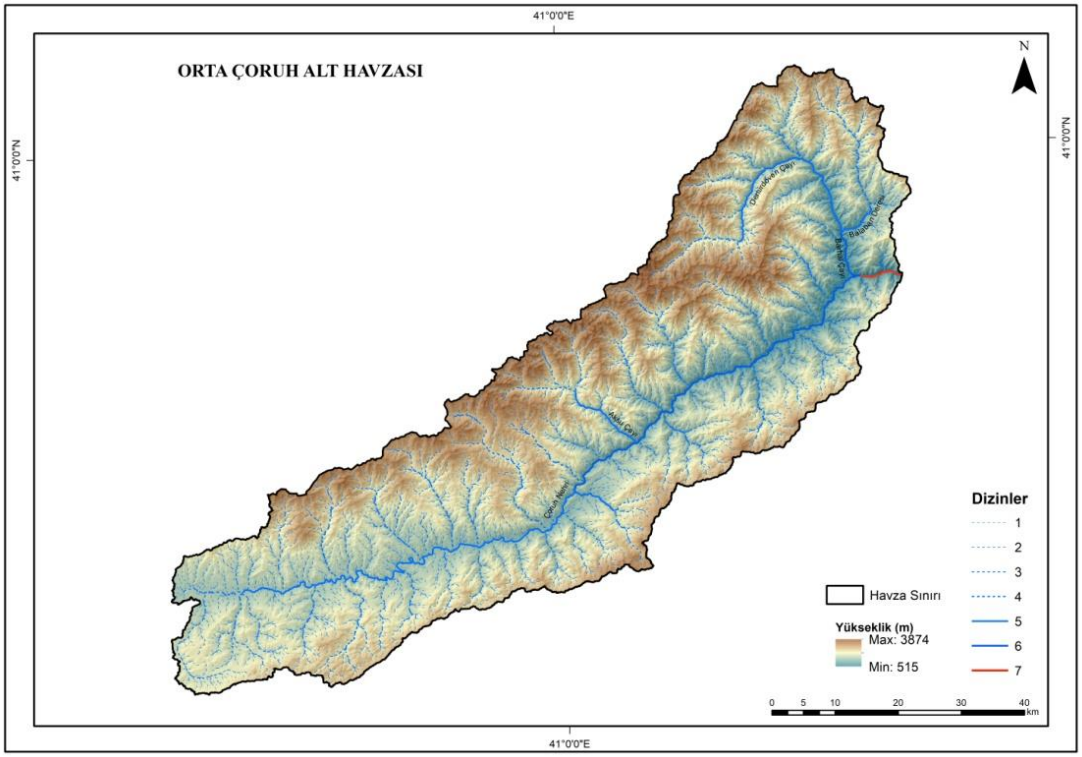
Şekil 1.10:Çoruh Havzası drenaj haritası



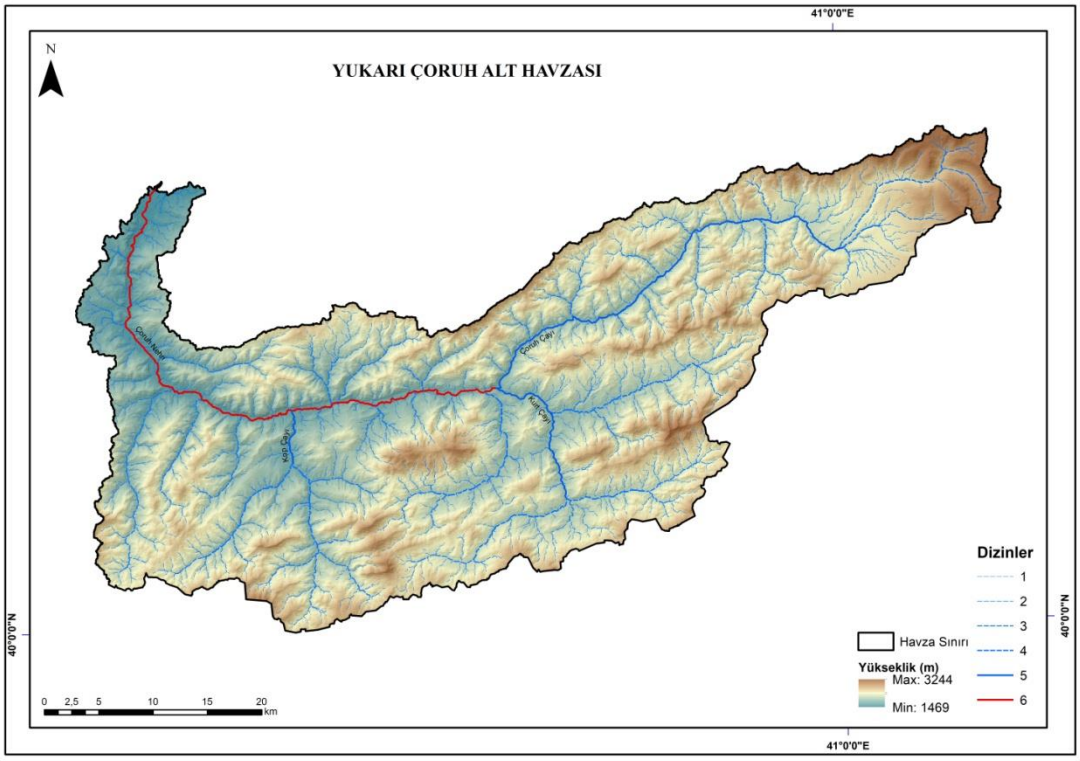
Şekil 1.11: Adzharis Çayı alt havzası drenaj haritası



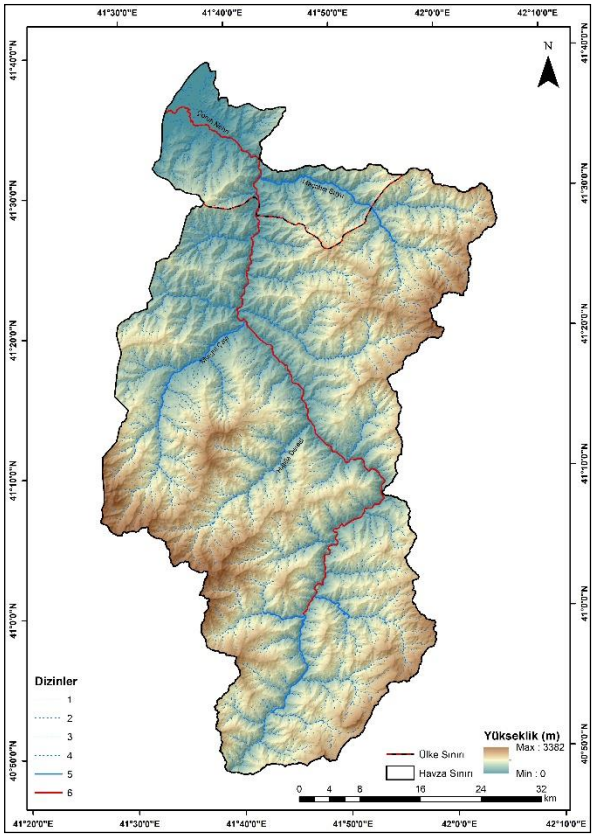
Şekil 1.12: Orta Çoruh alt hazvası drenaj haritası



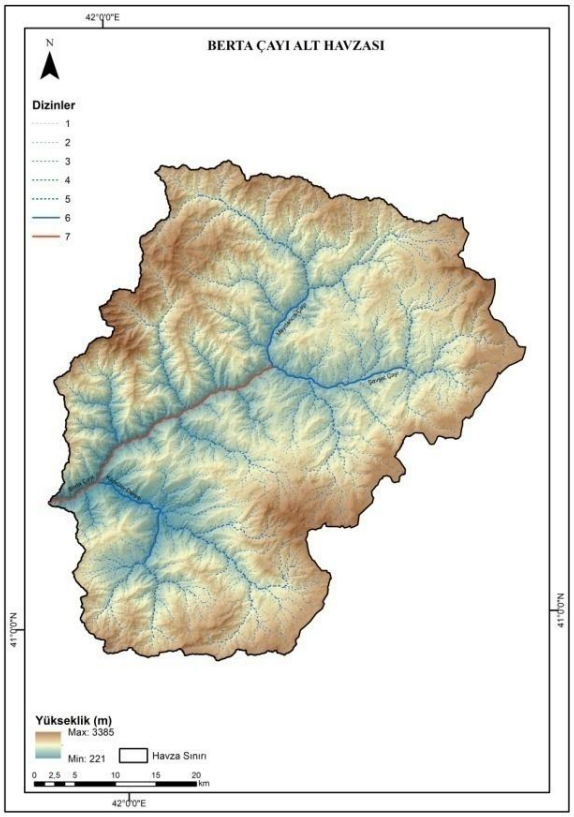
Şekil 1.13: Yukarı Çoruh alt havzası drenaj haritası



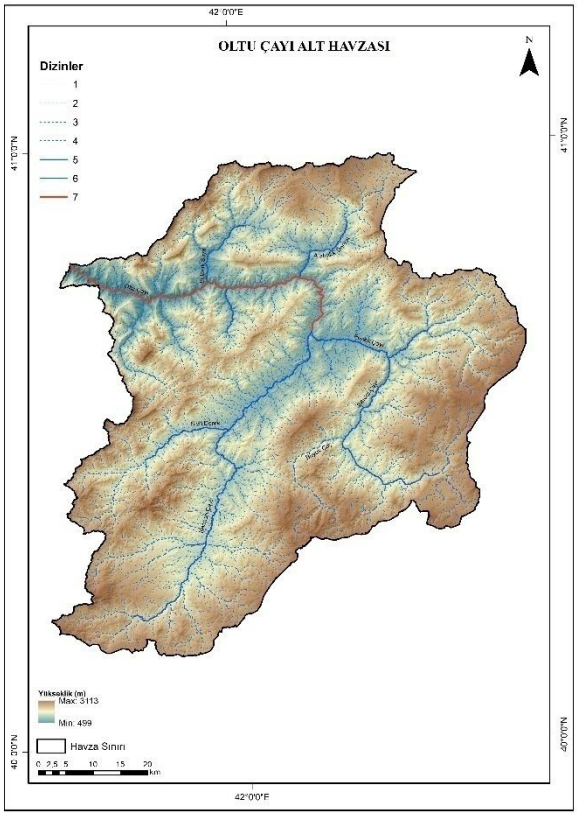
Şekil 1.14:Aşağı Çoruh alt havzası drenaj haritası



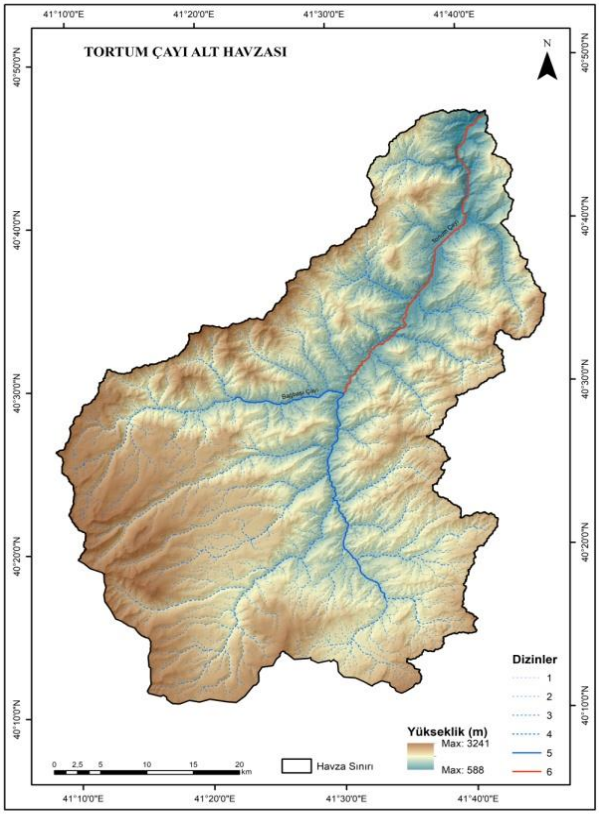
Şekil 1.15: Berta Çayı alt havzası drenaj haritası



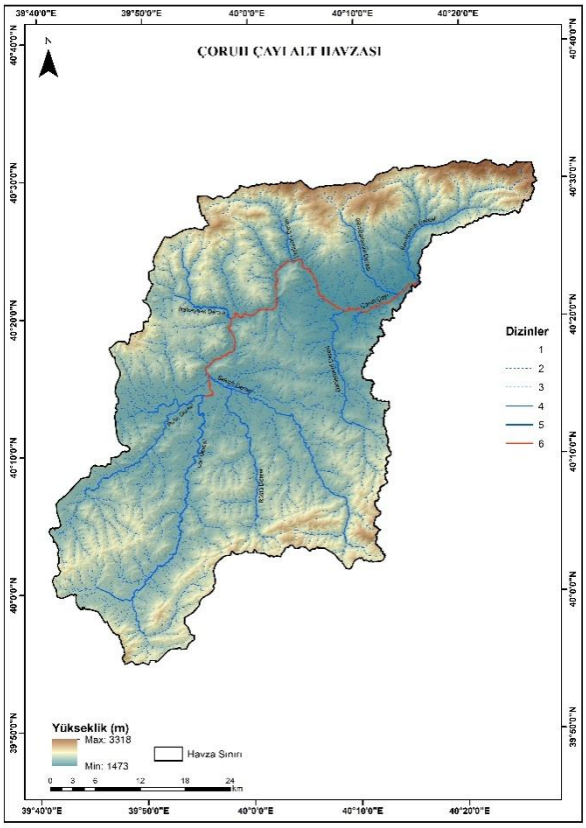
Şekil 1.16: Oltu Çayı alt havzası drenaj haritası



Şekil 1.17: Tortum Çayı alt havzası drenaj haritası



Şekil 1.18:Çoruh Çayı alt havzası drenaj haritası



Çoruh Havzası'nda irili ufaklı birbirinden farklı karakteristik özelliklere sahip birçok göl bulunmaktadır. Göllerin birçoğu heyelan ve buzul aşındırma faaliyetleri sonucu oluşmuş göllerdir (Taban, 1993, s. 25). Havza içerisindeki önemli heyelan set gölü olarak Tortum Gölü gösterilebilir. Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzey ve güney yamaçlarında 2.000-2.500 m yükseklik kuşağında buzul aşındırma faaliyetleri sonucu oluşan birçok göl bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Karagöl, Şeytan Gölü, Libler Gölü ve Paşkaya (Marsis) Gölü, Kızgölü, Gözedağı Gölleri ve Yedigöller'dir (SYGM, 2019, s. 2-25). Altıparmak ve Kaçkar dağları kuşağında GB-KD istikametinde 15 adet buzul sirk gölü bulunmaktadır (SYGM, 2019, s. 2-25). Bayburt yöresindeki göller genelde krater gölü olup Soğanlı Dağları'nda yer almaktadır. Bunlardan bazıları Altıgöl ve Balıklı Göl'dür (Taban, 1993, s. 25). Artvin yöresine ait Borçka, Ardanuç ve Şavşat yörelerinde göller bulunmaktadır (Taban, 1993, s. 25). Bunlardan bazıları Karagöl, Akgöl, Dip Göl'dür (SYGM, 2019, s. 2-25;Taban,1993, s. 25).

1.3.4. İklim

İklim, en basit ifade ile uzun dönem hava olaylarının ortalamasıdır (Erol, 2014, s. 10). Çoruh Havzası matematik ve özel konumu nedeniyle farklı iklim özelliklerine sahiptir. Bir geçiş bölgesi iklimi özelliği sergileyen Çoruh Havzası, genel olarak karasal ve Karadeniz iklimi özelliklerini yansıtmaktadır (SYGM, 2019, ss. 2-55-56). Havzanın güney-güneybatısı Erzurum-Kars platolarının soğuk hava etkisinde, kuzeyi ise Doğu Karadeniz Dağları boyunca yükselen nemli havanın etkisindedir. Bu nedenle havza alanında Karadeniz ikliminden sert, karasal iklimden daha yumuşak iklim koşulları yaşanmaktadır. En fazla yağışın ilkbahar aylarında kayıta geçtiği Çoruh Havzası'nda kışlar serin ve yağışlı, yazlar ise kurak ve sıcak sürmektedir (SYGM, 2019, ss. 2-55-56). Havzanın kuzey yamaçlarının yüksek kesimleri kış aylarında yoğun kar yağışı etkisindedir. İlkbaharın gelmesiyle kar kütleleri erimeye başlamakta olup bu durum havza su potansiyelinin ana kaynağı konumundadır (SYGM, 2019, ss. 2-55-56).

Bu çalışmada Çoruh Havzası'na ait yağış ve sıcaklık değerlerinin belirlenmesinde farklı 6 istasyona ait uzun dönem rasat verileri dikkate alınmıştır. Bu istasyonlar Batum, Artvin, Oltu, Tortum, İspir ve Bayburt istasyonlarıdır. İstasyonlar içerisinde

Batum istasyonu Gürcistan sınırlarında yer almaktadır. Türkiye sınırlarında yer alan istasyonlar için gerekli veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den temin edilmiştir. Batum istasyonu için ise gerekli rasat verileri Climate Data ve World Climate Data web sitelerinden alınmıştır. Çalışmada kullanılan istasyonlara ait temel veri seti Tablo 1.9'da belirtilmiştir.

Tablo 1.9:Çalışmada kullanılan istasyonlar ve veri seti

İstasyon No	İstasyon Adı	İstasyon Konumu		Deniz Seviyesinden Yüksekliği (m)	Sıcaklık Rasat Dönemi	Yağış Rasat Dönemi
		Enlem	Boylam			
17045	Artvin	41°17' 52"	41°81'87"	613	1970-2021	1970-2021
17666	İspir	40°,48'68"	40°99'97"	1223	1970-2016	1975-2016
17668	Oltu	40°54'97"	41°99'51"	1312	1970-2021	1970-2011
17688	Tortum	40°30'13"	41°54'09"	1576	1970-2021	1970-2011
17089	Bayburt	40°2547"	40°22'07"	1584	1970-2021	1970-2021
	Batum	41°37'00"	41°38'12"	3	1981-2021	1999-2019

Kaynak: MGM ve http://www.worldclimate.com/; tr.climate-data.org

Meteoroloji istasyonlarına ait uzun dönem aylık sıcaklık ortalamaları (°C) Tablo 1.10'da, uzun dönem aylık toplam yağış miktarı (mm) ise Tablo 1.11'de verilmiştir. Uzun dönem ortalama sıcaklık (°C) ve uzun dönem toplam yağış miktarlarının (mm) her istasyon için aylık ölçekteki değişiminin gösterildiği grafikler Şekil 1.19, 1.20, 1.21, 1.22, 1.23 ve1.24'te verilmiştir. Çoruh Havzası'na ait zun dönem ortalama sıcaklık (°C) ve uzun dönem toplam yağış miktarı (mm) haritalarına ise Şekil 1.25'te yer verilmiştir.

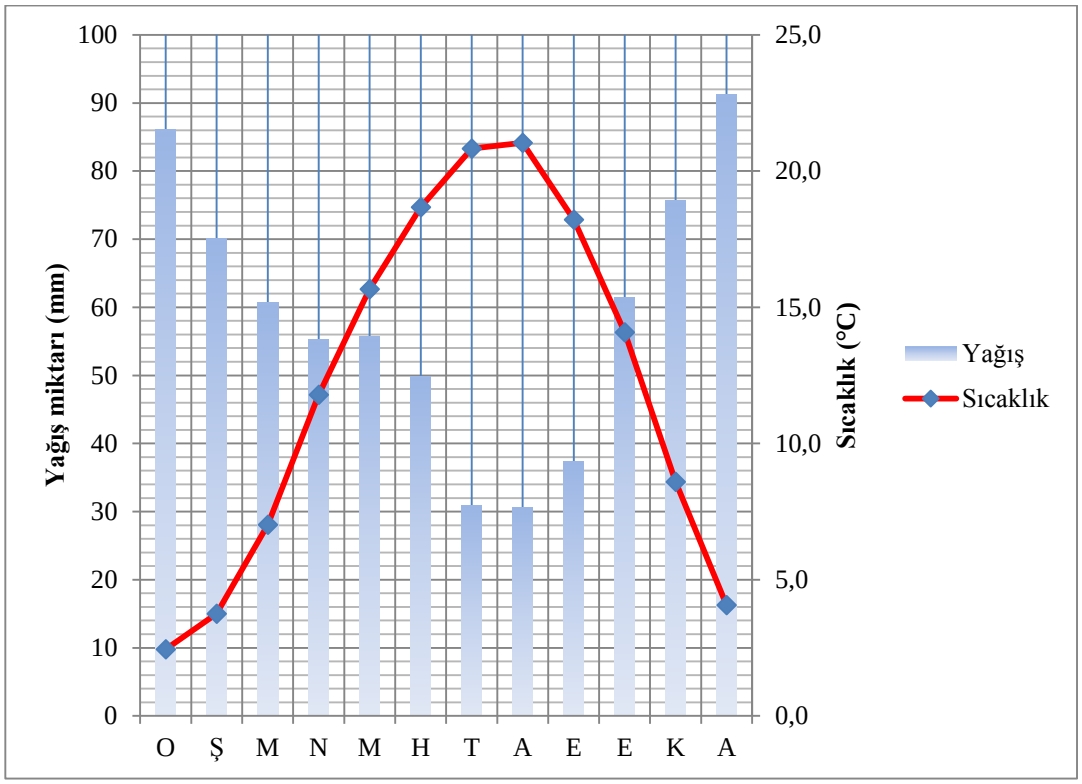
Tablo 1.10:Çoruh Havzası uzun dönem aylık ortalama sıcaklık değerleri(°C)

İstasyon No	**İstasyon Adı**	**Ay (°C)**												**Yıl (°C)**
		O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	
17045	Artvin	2,4	3,8	7,0	11,8	15,7	18,7	20,8	21,0	18,2	14,1	8,6	4,1	12,2
17666	İspir	-3,1	-1,4	3,9	10,2	14,8	19,3	23,5	23,5	18,8	12,0	5,0	-0,7	10,5
17668	Oltu	-3,6	-1,4	3,7	9,7	14,0	18,2	22,3	22,4	18,1	11,7	4,6	-1,3	9,9
17688	Tortum	-3,5	-2,2	2,0	8,0	12,4	16,4	20,1	20,0	15,8	10,0	3,6	-1,6	8,4
17089	Bayburt	-6,2	-4,7	0,7	7,1	11,6	15,4	18,9	18,9	15,0	9,5	2,5	-3,4	7,1
	Batum	5,0	5,6	7,4	11,5	15,4	19,3	21,7	22,1	19,5	15,5	10,7	6,9	13,4

Tablo 1.11:Çoruh Havzası uzun dönem aylık toplam yağış miktarı (mm)

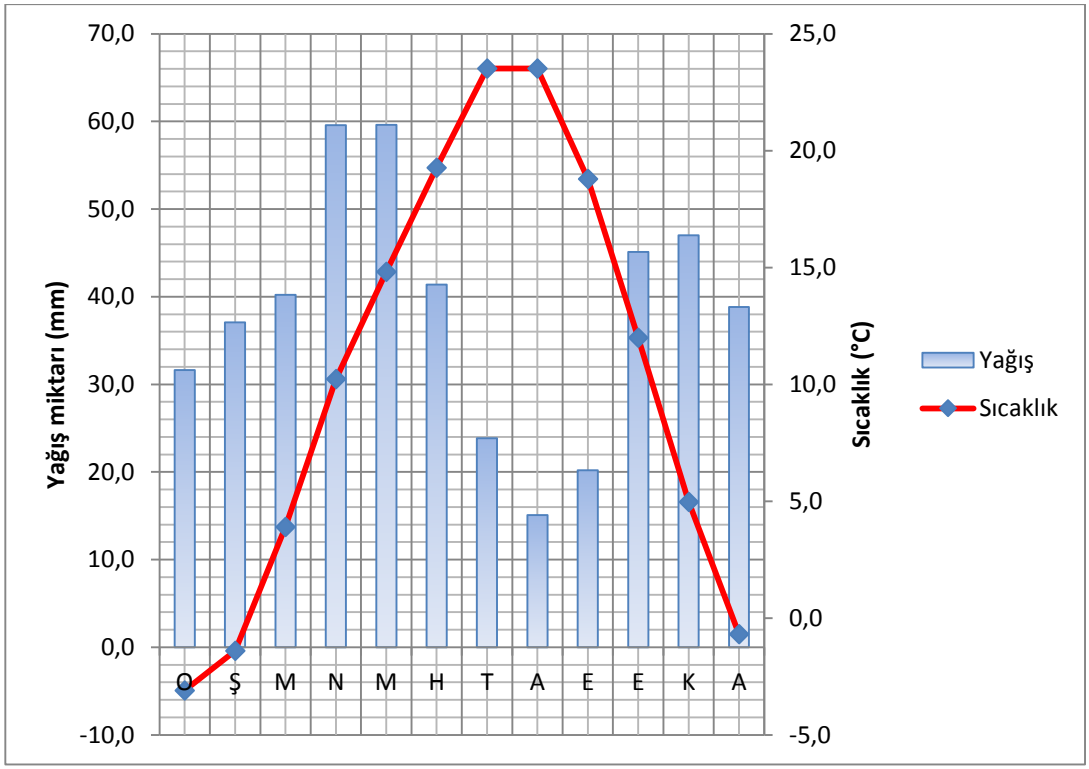
İstasyon No	**İstasyon Adı**	**Ay (mm)**												**Yıl (mm)**
		O	**Ş**	**M**	**N**	**M**	**H**	**T**	**A**	**E**	**E**	**K**	**A**	
17045	Artvin	86,1	70,1	60,7	55,2	55,7	49,9	30,9	30,7	37,4	61,5	75,7	91,3	705,1
17666	İspir	31,6	37,1	40,2	59,6	59,6	41,4	23,8	15,1	20,2	45,1	47,0	38,8	452,9
17668	Oltu	16,1	19,9	28,2	47,3	60,3	55,4	38,1	22,1	18,7	34,2	25,1	20,5	356,4
17688	Tortum	24,4	31,3	40,4	57,5	66,7	57,8	39,7	25,5	21,3	44,7	39,3	29,1	475,3
17089	Bayburt	27,2	28,3	42,3	62,5	71,7	49,6	22,1	18,0	21,7	44,7	33,6	29,2	447,9
	Batum	166	134	146	101	107	158	212	253	257	244	186	173	2.137

Şekil 1.19: Artvin istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm)



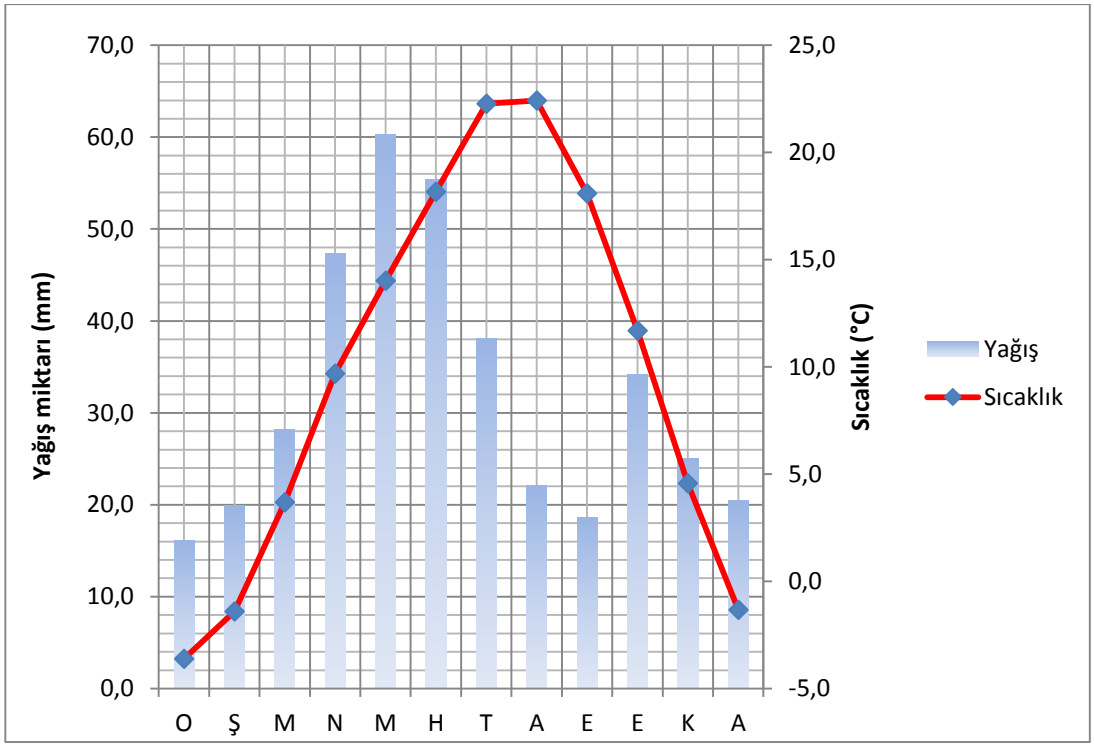
17045 Artvin MGİ' nin 51 yıllık verilerine göre uzun dönem aylık ortalama sıcaklık değeri 12,2 (°C)'dir. Bu verilere göre uzun dönem aylık toplam yağış (mm) değeri ise 705,1 mm/yıl'dır. Ağustos yılın en sıcak ayı olup en az yağışların yaşandığı aydır. Ocak ayı 2,4 °C ile en soğuk ay olup Aralık ayı ise 91,3 mm/yıl yağış değeriyle en fazla yağışlara sahip aydır. Uzun dönem ortalamalarına göre en yüksek ve en düşük sıcaklık farkı 18,6 °C, en fazla yağış ve en düşük yağış miktarları arasındaki fark ise 55,4 mm'dir. Ocak ve Ağustos ayları arasındaki sürede yağışlar azalma eğilimi gösterirken Eylül ayından Ocak ayına kadar olan sürede artış görülmektedir.

Şekil 1.20:İspir istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm)



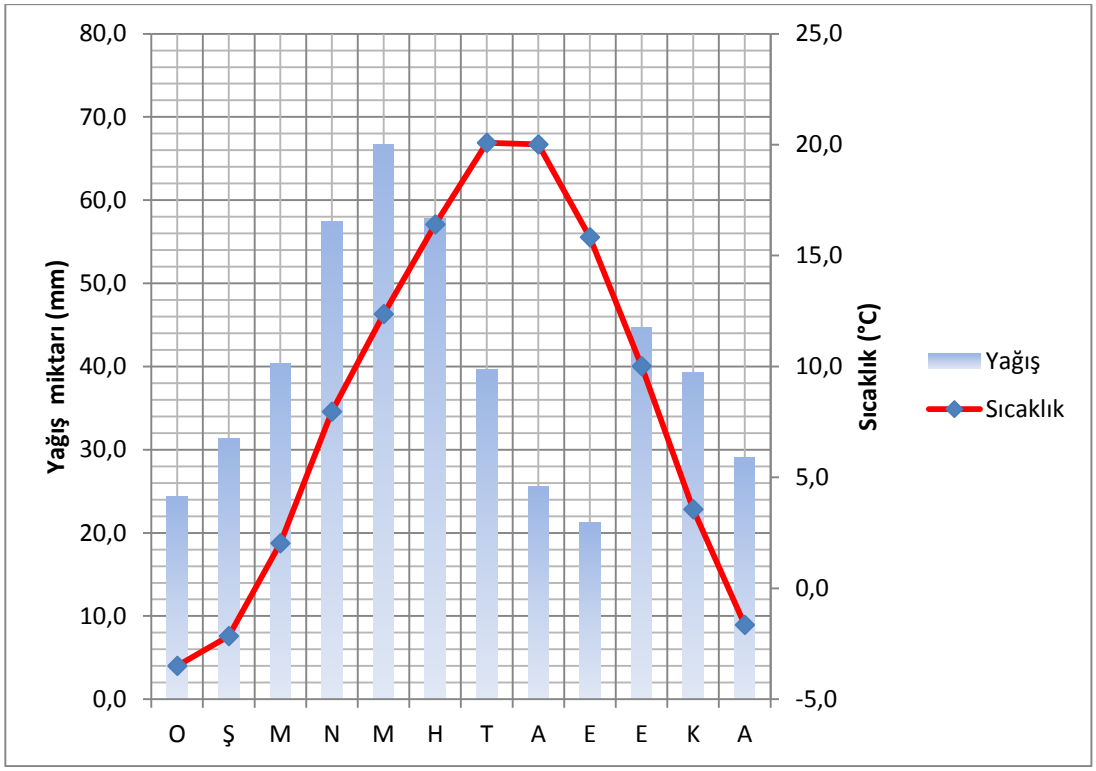
17666 İspir MGİ uzun dönem aylık sıcaklık ortalaması 10,5 °C, aylık toplam yağış miktarı ise 452,9 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre en sıcak aylar 23,5 °C ile Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Sıcaklığın en düşük kaydedildiği ay ise -3,1°C ile Ocak ayı olarak saptanmıştır. Uzun dönem aylık toplam yağış miktarı en fazla olduğu değer 59,6 mm/yıl olarak Nisan ve Mayıs aylarına, en düşük olduğu ay ise 15,1 mm/yıl ile Ağustos ayına aittir. En düşük ve en yüksek aylık ortalama sıcaklık değerleri arasındaki fark 20,4 °C iken aylık toplam yağış miktarı farkı ise 44,5 mm/yıl olarak belirlenmiştir.

Şekil 1.21: Oltu istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm)



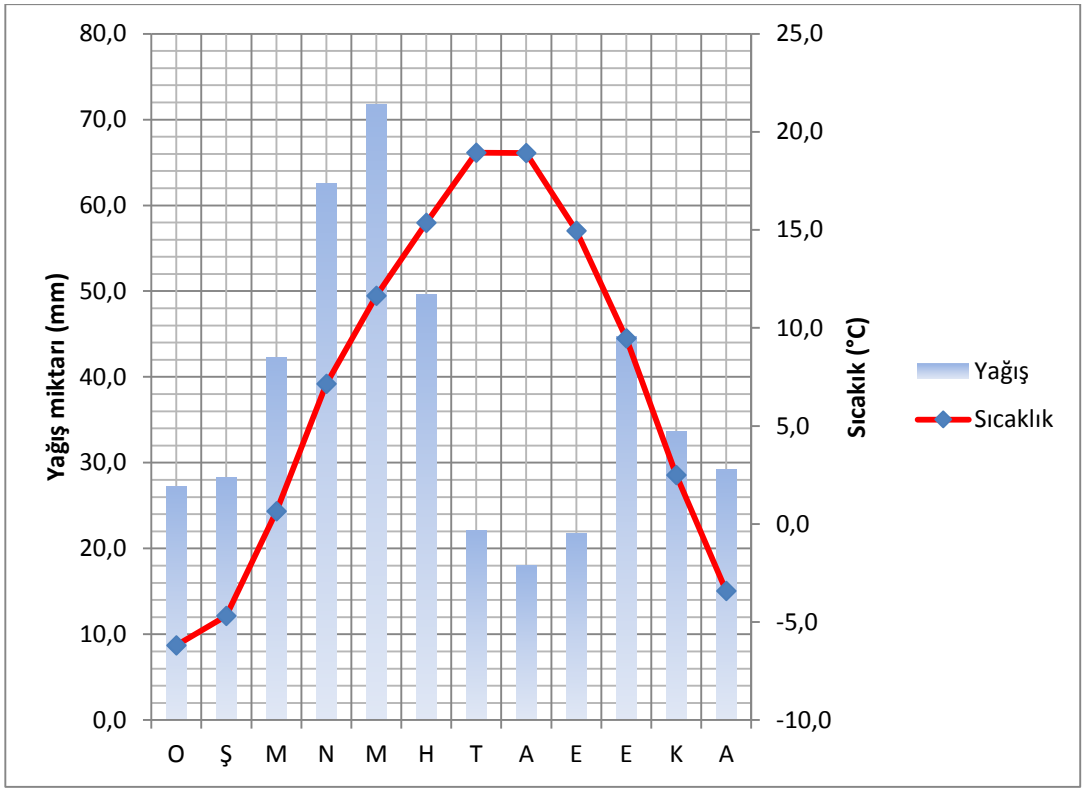
17668 Oltu MGİ verilerine göre uzun dönem aylık sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu aylar Temmuz (22,3 °C) ve Ağustos (22,4 °C) aylarıdır. Uzun dönem aylık toplam yağış miktarının en fazla yaşandığı aylar ise Mayıs (60,3mm/yıl) ve Haziran (55,4 mm/yıl) aylarıdır. En düşük sıcaklık ortalaması-3,6 °C ve en düşük yağış değeri ise 16,1 mm/yıl olarak Ocak ayında kaydedilmiştir. 51 yıl boyunca kaydedilen uzun dönem sıcaklık ortalaması 9,9 °C olarak belirlenmiştir. 41 yıllık sürede havza genelinde uzun dönem toplam aylık yağış miktarı ise 356,4 mm/yıl'dır. Uzun dönem en yüksek sıcaklık ile en düşük sıcaklık arasındaki fark 18,8 °C iken en yüksek ve en düşük yağış değerleri arasındaki fark 44,2 mm/yıl olarak belirlenmiştir.

Şekil 1.22: Tortum istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm)



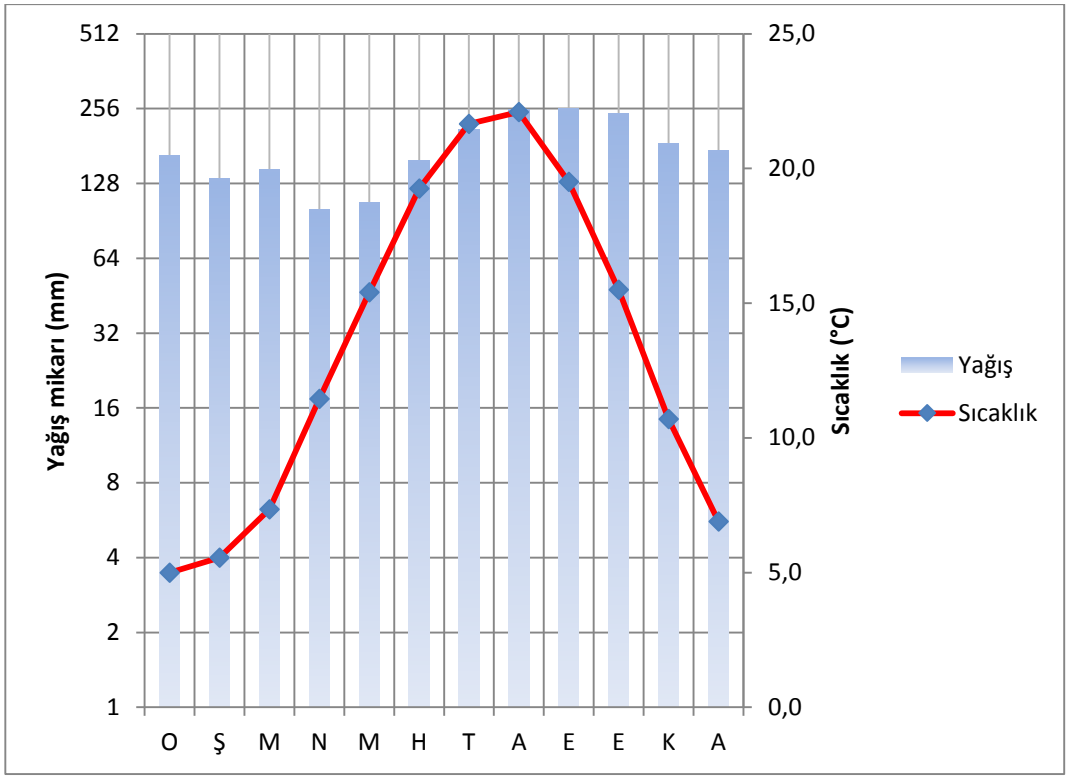
17688 Tortum MGİ uzun dönem aylık sıcaklık ortalaması 8,4 °C, uzun dönem aylık toplam yağış miktarı ise 475,3 mm/yıl'dır. En yüksek sıcaklık ortalamaları Temmuz (20,1 °C) ve Ağustos (20,0 °C) aylarındadır. En düşük sıcaklık ortalamaları kış aylarında ve 0°C' nin altında kaydedilmiştir. Sıcaklık ortalamasının en düşük olduğu ay -3,5 °C ile Ocak ayıdır. Uzun dönem aylık toplam yağış miktarının en fazla olduğu ay 66,7 mm/yıl değeriyle Mayıs ayıdır. En düşük aylık yağış miktarının ise 21,3 mm/yıl olarak Eylül ayında kaydedildiği belirlenmiştir. Uzun dönem ortalama sıcaklıklarının en yüksek ve en düşük değer farkı 16,6 °C, uzun dönem toplam aylık yağışların en yüksek ve en düşük değerler farkı ise 45,4 mm/yıl'dır.

Şekil 1.23: Bayburt istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm)



17089 Bayburt MGİ uzun dönem verilerine göre aylık ortalama sıcaklık 7,1 °C, uzun dönem aylık toplam yağış miktarı ise 447,9 mm/yıl'dır. Uzun dönem aylık sıcaklık ortalamalarına göre en sıcak aylar 18,9 °C ile Temmuz ve Ağustos aylarıdır. En düşük sıcaklık kış aylarında ve 0°C' nin altında kaydedilmiştir. En soğuk ay -6,2 °C ile Ocak ayıdır. Uzun dönem rasat verilerine göre en fazla yağış 71,7 mm/yıl ile mayıs ayında gerçekleşmiştir. En düşük yağış miktarı (18,0 mm/yıl) ise en fazla sıcaklık değerine sahip aylardan biri olan Ağustos ayında kaydedilmiştir. En yüksek ve en düşük değerlere göre uzun dönem aylık ortalama sıcaklık farkı 12,7 °C, uzun dönem aylık toplam yağış farkı ise 53,7 mm/yıl'dır.

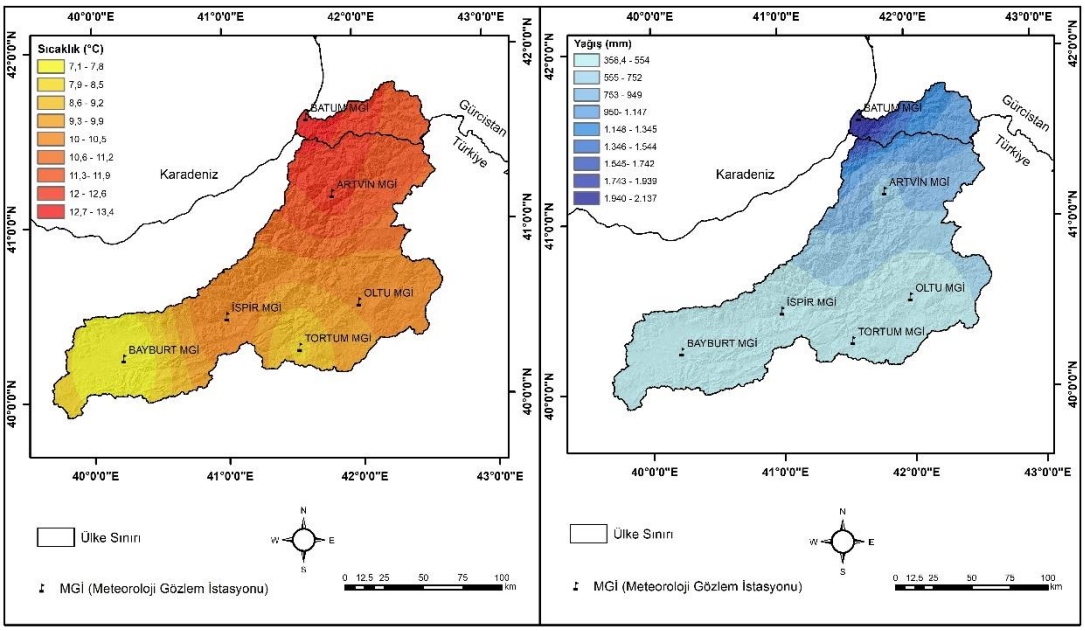
Şekil 1.24: Batum istasyonu uzun dönem aylık ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarı (mm)



Batum istasyonu için erişilebilen ölçekte uzun dönem aylık ortalama sıcaklık verileri 41 yıl, uzun dönem aylık toplam yağış değeri ise 21 yılllık süreyi kapsamaktadır. İstasyon verilerine göre uzun dönem aylık ortalama sıcaklık değeri 13,4 °C, uzun dönem aylık toplam yağış miktarı ise 2.137 mm/yıl'dır. En yüksek aylık ortalama sıcaklık değeri 22,1 °C ile Ağustos ayında, en düşük sıcaklık değeri ise 5 °C ile Ocak ayında kaydedilmiştir. En yüksek yağış miktarının 257 mm/yıl olarak Eylül ayında, en düşük yağış miktarının ise 101 mm/yıl ile Nisan ayında gerçekleştiği tespit edilmiştir. En düşük ve en yüksek değerlere ait aylık ortalama sıcaklık farkı 17,1 °C, aylık toplam yağış miktarı farkı ise 156 mm/yıl'dır.

Havza genelinde sıcaklık değerleri G-K aksında akarsuyun akış yönüne paralel bir hat boyunca artış sergilemektedir (Şekil 1.25). Sıcaklık değerlerine benzer şekilde yağış miktarı da membadan mansaba doğru artış eğilimi sergilemekte akarsuyun denize döküldüğü bölge en yüksek değerine ulaşmaktadır (Şekil 1.25).

Şekil 1.25:Çoruh Havzası uzun dönem ortalama sıcaklık (°C) ve uzun dönem toplam yağış miktarı (mm)



1.3.5. Toprak ve Bitki Örtüsü

Çoruh Havzası sınırları içerisinde on iki temel toprak grubu yer alır. Bunlar: Alüvyal Topraklar, Kahverengi Topraklar, Tuzlu-Alkali ve Tuzlu-Alkali Karışığı Topraklar, Kestanerengi Topraklar, Gri Kahverengi Podzolik Topraklar, Kolüvyal Topraklar, Kahverengi Orman Toprakları, Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları, Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar, Kireçsiz Kahverengi Topraklar, Bazaltik Topraklar, Yüksek Dağ Çayır Topraklarıdır (SYGM, 2019, ss. 2-84-85).

Kestane renkli topraklar genellikle Çoruh Havzası'nın güney kesimlerinde (Yukarı Çoruh ve Narman bölgesi) 1.700-2.000 m yükselti aralığında neojen, killi, mamlı çökellerin düz, düze yakın ve hafif eğimli alanlarda gelişim göstermiştir (Ünsal, 2006a, s. 18; Ünsal, 2006b, s. 9). Bu alanlar genellikle çayır olarak kullanılmakla beraber hububat tarımına elverişlidir. Kahverengi orman toprakları, genelde Orta ve Aşağı Çoruh havzalarında gelişim göstermektedir (Taban, 1993, ss. 25-27). Kuzey ve kuzeye bakan yamaçlarda gelişim gösteren bu topraklar sarıçam, ladin ve göknar ormanları ile kaplıdır. Gelişiminde bazalt, neojen, volkano-sedimanter, kratese-fliş ve kireç taşlarının etkisi bulunan bu topraklar araştırma sahamızda kireçli ve kireçsiz kahverengi orman toprakları olarak görülmektedir (Taban, 1993, ss. 25-27).

Yükseklik değerlerinin 2.000 metreden fazla olduğu alanlarda artan yağışlarla birlikte toprakta dekalsifikasyon süreci meydana gelmiştir (Ünsal, 2006a, s. 18; Ünsal, 2006b, s. 9). Yükseltisi 2.000 metreden az olan yerlerde ise sekonder kireçlenmenin yanında yağışların yetersizliği nedeniyle kireç birikimi yaşanmıştır (Ünsal, 2006a, s. 18; Ünsal, 2006b, s. 9). Podzol ve podzolümsü topraklar, Aşağı Çoruh alt havzasının Türkiye-Gürcistan sınırına kadar yaygınlık göstermektedir (Taban, 1993, ss. 25-27). Yıllık yağış miktarının artış göstermesi ve yıkanmanın aşırı gerçekleşmesi nedeniyle horizonların düzenleri bozulmuş ve asidik özellikleri artmıştır. Ormanların durumuna ve bitki örtüsünün dağılışına göre kestanerengi ve kahverengi topraklarla karışık veya komşu olarak bulunmaktadır (Taban, 1993, ss. 25-27). Yüksek dağ-çayır toprakları, Çoruh Havzası'nda 2.200 metreden fazla yükseltiye sahip alanlarda (Doğu Karadeniz Dağları, Mecit Dağları, Allahuekber Dağları, Yanlızçam Dağları) gelişim göstermiştir. Bölgede bazı plato sahalarında gelişim gösteren bu toprakların kalınlıkları fazla olmayıp organik madde bakımından zengindir. Volkanik formasyonlar üzerinde gelişen topraklar, Çoruh Havzası'nın Doğu Anadolu'da kalan veya buraya komşu olan alanlarında yayılış göstermiştir. Daha çok bazaltlar üzerinde gelişim gösteren bu toprakların kalınlıkları az olduğu gibi çoğu yerde erozyona maruz kalması sonucunda ana kayanın yüzeye çıktığı görülmektedir (Ünsal, 2006a, s. 18; Ünsal, 2006b, s. 9). Kısa boylu otsu bitkilerin yayılış gösterdiği bu alanlar tarıma elverişli değildir. Alüvyal topraklar, Çoruh Nehri ve yan kollarının vadi tabanlarında gelişim göstermiştir. Bölgenin arazi yapısına göre renkleri ve kalınlıkları değişen bu tür topraklar genç oluşumlu olup çeşitli tarım ürünlerinin yetişmesine olanak sağlamaktadır (Ünsal, 2006a, s. 18; Ünsal, 2006b, s. 9). Litosoller olarak bilinen, orman örüsünün tahribatı sonucunda taşlı, çakıllı ve bloklu biçimde görülen, tarıma elverişsiz ve step bitki örtüsünün gelişimine olanak sağlayan bu toprak grupların Oltu, Tortum ve Yukarı Çoruh havzalarında yaygınlık göstermektedir (Taban, 1993, ss. 25-27; Ünsal, 2006a, s. 18; Ünsal, 2006b, s. 9).

Havza üzerinde bazı toprak gruplarının dağılışı sınırlı düzeydedir. Kapladıkları alan ve dağılış açısından büyükten küçüğe doğru sıralama yapıldığında önemli derecede etkisi görülen büyük toprak grupları şu şekildedir: Kahverengi orman toprakları, kahverengi topraklar, bazaltik topraklar, kestanerengi topraklar, yüksek dağ-çayır toprakları (SYGM, 2019, s. 2-88).

Gürcistan Arazi Örgütü Bilimsel Araştırma Enstitüsü (1999) tarafından hazırlanan 1/500.000 ölçekli Gürcistan Toprak Haritası'na göre, Gürcistan sınırları içerisinde gelişen Adzharis Çayı alt havzasında dağılış gösteren büyük toprak gruplarının incelenmesi sonucunda kıyı şeridi boyunca delta oluşumuna sebebiyet veren alüvyal toprakların bulunduğu tespit edilmiştir (JRC, 2013, s. 79). Batum şehir merkezinin gelişim gösterdiği bu toprakların kıyıdan iç kısımlarına doğru suptropikal podzol topraklar 30 m. yüksekliğine kadar yayılım göstermekte olup kırmızı ve kırmızı podzol topraklar ise 100 m yüksekliğe kadar ulaşmaktadır (JRC, 2013, s. 79). Adzharis Çayı vadisinin yükselti değerleriyle paralellik gösteren toprak gruplarının 2.000 m'den yüksek noktalarında yüksek dağ-çayır toprakları bulunurken vadi genişliğinin daraldığı ve yüksekliğin azaldığı yerlerde kahverengi orman toprakları 800-2.000 m aralığında yayılış göstermişlerdir (Kvrivishvili vd., 2018, ss. 336-339). Sarı-kahverengi orman toprakları 800-1.000 metre yükseltileri arasında yayılmaktadır. Ayrıca 1.100-1.600 metre yükseltileri arasında kahverengi orman toprakları asidik özellikle bulunmaktadır. Havzada 2000 metre yükseltisinde özellikle Mtrali dağlarının sırtlarında bazı bölgelerinde şiddetli aşınmanın neticesinde çıplak ana kayaların bulunduğu yerler dikkat çekmektedir. (JRC, 2013, s. 79; Kvrivishvili vd., 2018, ss. 336-339).

Çoruh Havzası'nda eğim değerlerinin oldukça fazla olması ile birlikte aşırı derecedeki bitki örtüsü tahribatı ve hatalı arazi kullanımı gibi temel nedenlerden dolayı toprak aşınım şiddeti artmıştır (Taban, 1993, s. 25). Özellikle Orta ve Aşağı Çoruh havzaları olmak üzere havzanın büyük bölümünde ana kaya ve çıplak arazilerden oluşan sahalar meydana gelmiştir. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda toprak örtüsü daha fazla gelişim göstermiş ve erozyon şiddeti bu alanlarda daha yavaş cereyan etmiştir (Taban, 1993, s. 25). Erozyon şiddetinin çok olduğu alanlar çalışma sahasının %11,35'ini kaplarken erozyonun çok az gerçekleştiği ya da hiç olmadığı alanlar %3,85'lik alana karşılık gelmektedir (SYGM, 2019, s. 2-91). Çıplak kayaçların ve molozların bulunduğu sahalar %7,14'lük yer kaplarken geriye kalan %1,25'lik kısım havzada yerleşim yerleri, sanayi alanları, göl veya gölet alanları, nehirler ve ırmak taşkın yatakları gibi sahalara karşılık gelmekle beraber bu alanlarla ilgili erozyon verisi sunulamamaktadır (SYGM, 2019, s. 2-91). Havza genelinde alüvyal toprakların su erozyonundan hiç etkilenmemesiyle beraber

kolüvyal topraklar hafif derecede etkilenmiştir. Bazaltik, kireçsiz kahverengi orman toprakları, kahverengi ve kestane rengi topraklar orta derecede erozyona maruz kalmıştır (Dizdar, 2003, s. 274). Aynı zamanda kahverengi orman topraklarının bu gruba dâhil olması erozyondan şiddetli derecede etkilenen toprak gruplarını göstermektedir. Su erozyonundan çok şiddetli olarak etkilenen toprak grupları ise şu şekildedir: Kahverengi orman toprakları, kireçsiz kahverengi orman toprakları, yüksek dağ-çayır toprakları, kestanerenkli topraklar ve kahverengi topraklar (Dizdar, 2003, s. 274).

Çoruh Havzası'nın alçak kesimlerinde çalı ve kuru orman formasyonu yayılış göstermektedir (Ünsal, 2006a, ss. 16-18). 1.500-2.400 metre yükseklik kuşağında nemli ve yarı nemli sarıçam ormanları bulunurken, 2.400 metreden sonra ise farklı çayır formasyonları bulunmaktadır (Ünsal, 2006a, ss. 16-18). Havza genelinde üç bitki formasyonun tahribi sonucu dağ stepleri gelişim göstermiştir. 1.000-1.250 metre yükseklik kuşağında çalı formasyonu, 1.300-2.400 yükseklik kuşağında sarıçam ormanları ve 2.500-2.600 metre yükseklik kuşağında ise dağ çayırları yayılış göstermektedir (Ünsal, 2006a, ss. 16-18). Havza genelinde yükseltinin daha fazla olduğu yerlerde bitki örtüsünden yoksun çıplak kayalıklar da önemli yer kaplamaktadır. Bu alanlar Yusufeli ilçesinin doğu kesimindeki vadi yamaçlarında Kaçkar ve Altıparmak dağlarının tepelerinde görülmektedir (Ünsal, 2006a, ss. 16-18).

2. ÇALIŞMA SAHASI MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİ

2.1. Çizgisel Morfometrik İndisler

Çizgisel morfometrik indisler, drenaj havzalarında çizgisel geometrideki paremetrelerden itibaren hesaplanarak topografyayı karakterize eden değerlerdir. (Çelik, 2022, s. 109). Hesaplamalar drenaj ağlarının sahip olduğu çizgisel şekillerin tespiti ve analizlerinin yapılması esasına dayanır. Bu morfometrik indislerin temelini akarsu dizin sayısı, uzunluğu ve havza çevresi gibi parametreler oluşturmaktadır (Özdemir, 2011, s. 459; Esen, 2022, s. 241; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 365; Karataş, 2017, s. 132). Bu çalışmada yerli ve yabancı literatürde yaygın olarak kullanılan çatallanma oranı (R_b), akarsu uzunluk oranı (R_L), yüzeysel akış uzunluğu (L_0) ve tekstür oranı (T) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

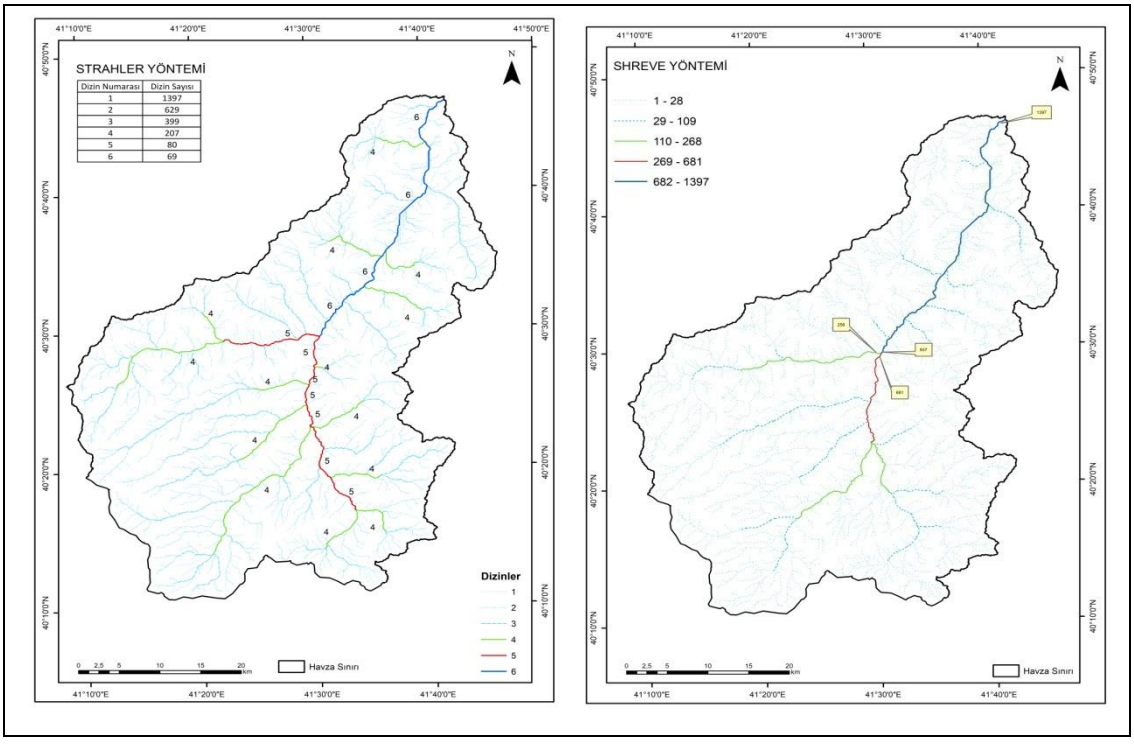
2.1.1. Çatallanma Oranı (R_b)

Horton tarafından geliştirilen çatallanma oranı, temeli Strahler akarsu derecelendirme metodu ve Playfair yasasına dayanan bir morfometrik orandır (Elbaşı, 2015, s. 43; Pike, 2009. s. 16; Strahler, 1957, s. 914). Horton, İskoç matematikçi Playfair'in akarsular üzerindeki gözlemlerini Strahler yöntemi yardımıyla matematiksel olarak formülize ederek bilim dünyasında benimsenmesine yardımcı olmuştur (Erkal ve Taş, 2013, s. 57). Playfair'in gözlemlerine göre her akarsuyun kendisine bağlanan yan kolları vardır. Her kol kendisiyle orantılı büyüklükte vadiler içerisinde akıp, sistemli bir şekilde gelişerek ana akarsuya bağlanır. Böylece akarsuyun genişleme (çatallanma) safhaları hakkında yorum yapılabilmesi sağlanır. Her bir safhanın ''dizin'' olarak adlandırıldığı yöntemde, akarsu sisteminde ilk dizini memba kısmındaki kollar, son dizini ise mansap kısmındaki kollar oluşturmaktadır (Turoğlu, 1997, s. 356; Köle, 2017, s.76; Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s. 27).

Birçok akarsu derecelendirme sistemi olduğu gibi bunların en gelişmiş olanları Arthur N. Strahler ve Ronald L. Shreve'nin geliştirdikleridir. Bu doğrultuda Strahler'e göre aynı değerdeki dizinler birleşerek bir üst dizini oluşturur. Yani yan

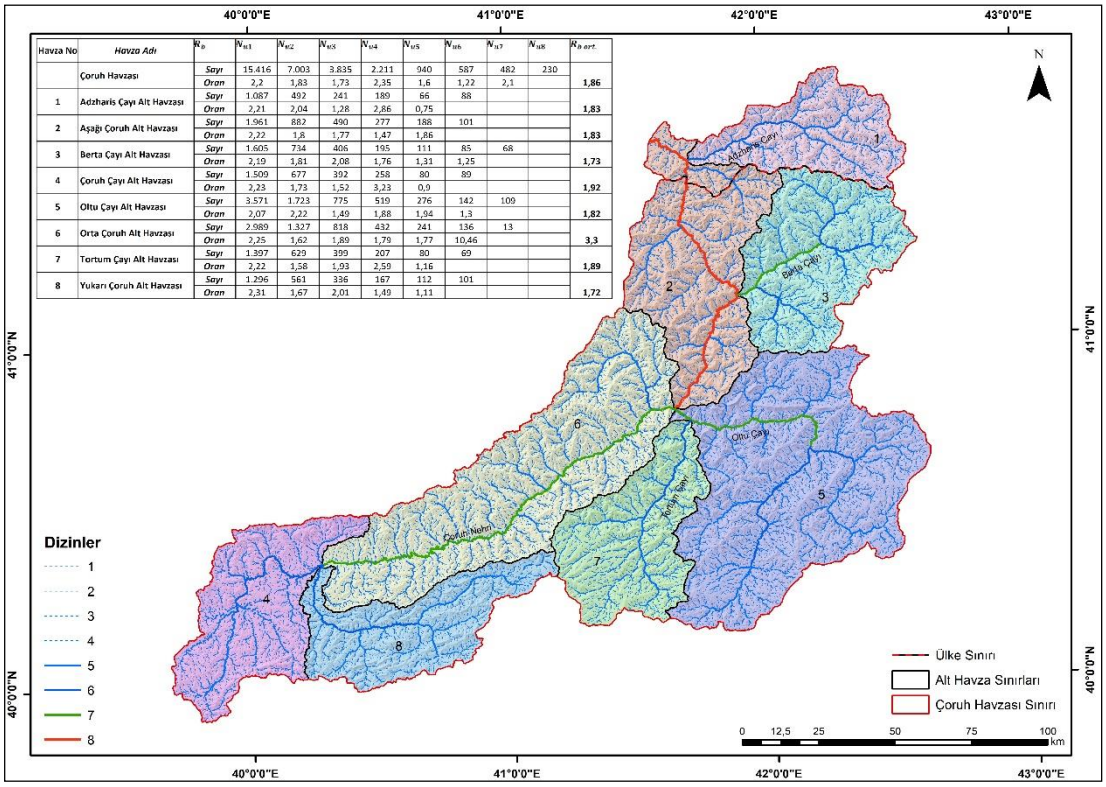
kol görevinde olmayan fakat akıma sahip bir segment ilk dizin olarak kabul edilir. Daha sonra ilk dizinlerin birleşmesiyle ikinci dizinler oluşur. İkinci dizinlerin birleşmesiyle de üçüncü dizinler meydana gelir ve bu şekilde dizin değerleri artış gösterir (Çelik, 2022, s. 110). Bu tasniflemeye göre herhangi bir dizine kendisinden alt düzeyde dizin eklenince akarsu dizin değerinde yükselme olmaz (Hoşgören, 2015, s. 116; Hoşgören, 2017, s. 61). Mesafe göz önünde bulundurulmaz aynı zamanda dördüncü derece ve sonraki değerdeki çatallanma havzaları birbirlerine benzer varsayılır (Huggett, 2015, s. 212; Hoşgören, 2015, s.116; Hoşgören, 2017, s. 61). Shevere derecelendirme sistemine göre ise akarsu yatak büyüklüğü, kendisini besleyen tüm kolların toplam sayısıyla belirlenmektedir. Akarsuyun boyutu ve havza alanının oranı arasında sıkı bir bağ vardır. Bu nedenle akarsu büyüklüğü göreceli olarak küçük derelerinde debi oranlarını da yansıtmaktadır. Kısaca herhangi bir dizin değeri katıldığı dizinin değeriyle toplanarak artış göstermektedir. Derecelendirme sistemleri arasında pek çok istatistiklerle kanıtlanmış ve bilim dünyasında kabul görmüş olan Strahler yöntemidir (Huggett, 2015, s. 212; Erkal ve Taş, 2013, s. 57). Strahler ve Shreve yöntemlerine göre çalışma sahasındaki Tortum Çayı alt havzasına ait dizinler Şekil 2.1'de verilmiştir.

Şekil 2.1: Drenaj sisteminin Strahler ve Shreve yöntemine göre gösterilişi



Çalışma genelindeki hesaplamalar için Strahler yöntemi kullanılmış olup, Çoruh Havzası'na ait Strahler metoduna göre akarsu dizin haritası Şekil 2.2'de verilmiştir.

Şekil 2.2:Çoruh Havzası ve alt havzalarının Strahler metoduna göre akarsu dizin haritası



Havza No	Havza Adı		N_b	N_{u1}	N_{u2}	N_{u3}	N_{u4}	N_{u5}	N_{u6}	N_{u7}	N_{u8}	R_b ort.
	Çoruh Havzası	Sayı	15.416	7.003	3.835	2.211	940	587	482	230		
		Oran	2,2	1,83	1,73	2,35	1,6	1,22	2,1			1,86
1	Adzharis Çayı Alt Havzası	Sayı	1.087	492	241	189	66	88				
		Oran	2,21	2,04	1,28	2,86	0,75					1,83
2	Aşağı Çoruh Alt Havzası	Sayı	1.961	882	490	277	188	101				
		Oran	2,22	1,8	1,77	1,47	1,86					1,83
3	Berta Çayı Alt Havzası	Sayı	1.605	734	406	195	111	85	68			
		Oran	2,19	1,81	2,08	1,76	1,31	1,25				1,73
4	Çoruh Çayı Alt Havzası	Sayı	1.509	677	392	258	80	89				
		Oran	2,23	1,73	1,52	3,23	0,9					1,92
5	Oltu Çayı Alt Havzası	Sayı	3.571	1.723	775	519	276	142	109			
		Oran	2,07	2,22	1,49	1,88	1,94	1,3				1,82
6	Orta Çoruh Alt Havzası	Sayı	2.989	1.327	818	432	241	136	13			
		Oran	2,25	1,62	1,89	1,79	1,77	10,46				3,3
7	Tortum Çayı Alt Havzası	Sayı	1.397	629	399	207	80	69				
		Oran	2,22	1,58	1,93	2,59	1,16					1,89
8	Yukarı Çoruh Alt Havzası	Sayı	1.296	561	336	167	112	101				
		Oran	2,31	1,67	2,01	1,49	1,11					1,72

Çatallanma oranı dizin sayısının belirlenmesinden itibaren her dizindeki akarsu sayısının bir üst dizindeki akarsu sayısına bölünmesiyle elde edilir. (Huggett, 2015, s. 212; Mahadevaswamy vd., 2011, s. 724; Uzun, 2014, s. 81; Uzun, 2019, s. 462; Turoğlu ve Aykut, 2019, Aydın, 2008, s. 10; Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s. 27; Elbaşı, 2015, s. 44; Toprak, 2015, s. 95).

$$R_b = N_u / N_{u+1}$$

Formülde çatallanma oranı R_b, akarsuda herhangi bir dizin değerindeki toplam kol sayısı N_u , N_{u+1} ise bir üst dizine ait kol sayısının toplamını ifade eder. Havza ortalama R_b değerini ise tüm dizinlerin ortalaması verir. İdeal bir havzada çatallanma oranı 3 olmalıdır (Huggett, 2015, s. 212; Mahadevaswamy vd., 2011, s. 724). Genellikle çatallanma oranı 3 ile 5 arasında değere sahip olan havzalarda topoğrafik engebelilik ön planda olmadığı gibi litolojik özellikleri de daha homojen yapıya sahiptir (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 7). Değerleri 5'ten düşük sahalar jeomorfolojik

kontrollü drenaj sistemini oluştururken değerleri 5'ten yüksek sahalar strüktürel kontrollü drenaj sistemini karakterize eder (Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s. 27; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 367). Çatallanma oranının yüksek olduğu yerlerde yapının etkisi büyüktür. Yüksek çatallanma değerlerine şekilsel olarak sıklıkla görece uzun havzalarda ulaşılabilir (Erkal ve Taş, 2013, s. 58). Aynı zamanda ardı ardına yumuşak litolojideki yerlerde ve dayanımlı katmanlı litolojideki sahalarda çatallanma oranı on veya daha yüksek değere ulaşabilir (Huggett, 2015, s. 212). Ancak bazı havzalarda sabit değerler üzerinden incelemelerde hatalar gözlenebilmektedir. Bu nedenlerle çatallanma oranının farklı havzaların değerleriyle kıyaslanarak yorumlanması daha doğru olmaktadır (Elbaşı, 2015, s. 43; Uzun, 2019, s. 462; Karataş, 2017, s. 137; Özdemir, 2016, s. 61; s. 163).

Çatallanma oranı aynı zamanda, drenaj havzası üzerinde tektonizmanın bozucu ve yönlendirici etkisinin belirgin olmadığına işaret ederken dış kuvvetlerin etkisinde gerçekleşen akarsu aşındırmalarının havzayı ne şekilde etkilendiğini ortaya koymaktadır (Cürebal, 2004, s. 15). Akarsu yatakları bulunduğu sahanın litolojik ve jeomorfolojik özelliklerinin yanı sıra iklim ve yağış rejimlerine göre gelişir (Fural, 2018, s. 550; Fural, 2016 s. 67; Cürebal, 2004, s. 15; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 7). Akarsu havzalarında çatallanma oranlarındaki değerlerin düşük tespit edilmesi, havza üzerinde geçirimliliğin ve infiltrasyon potansiyelinin düşük seviyede olduğu yerlerde, yüzeysel drenaj debisinin daha etkili ve yüksek olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda bu bölgeler taşkın duyarlılığı yüksek olan sahalardır. Yüksek çatallanma değerlerine sahip havzalarda ise yüzeylerin sızma potansiyelinin yüksek olduğu ve akarsuların devresel olarak akış gösterdiği bilinmektedir. Bu bölgeler ise görece taşkın duyarlılığı düşük olan sahalardır (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 7; Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s. 27; Erkal ve Taş, 2013, s. 58).

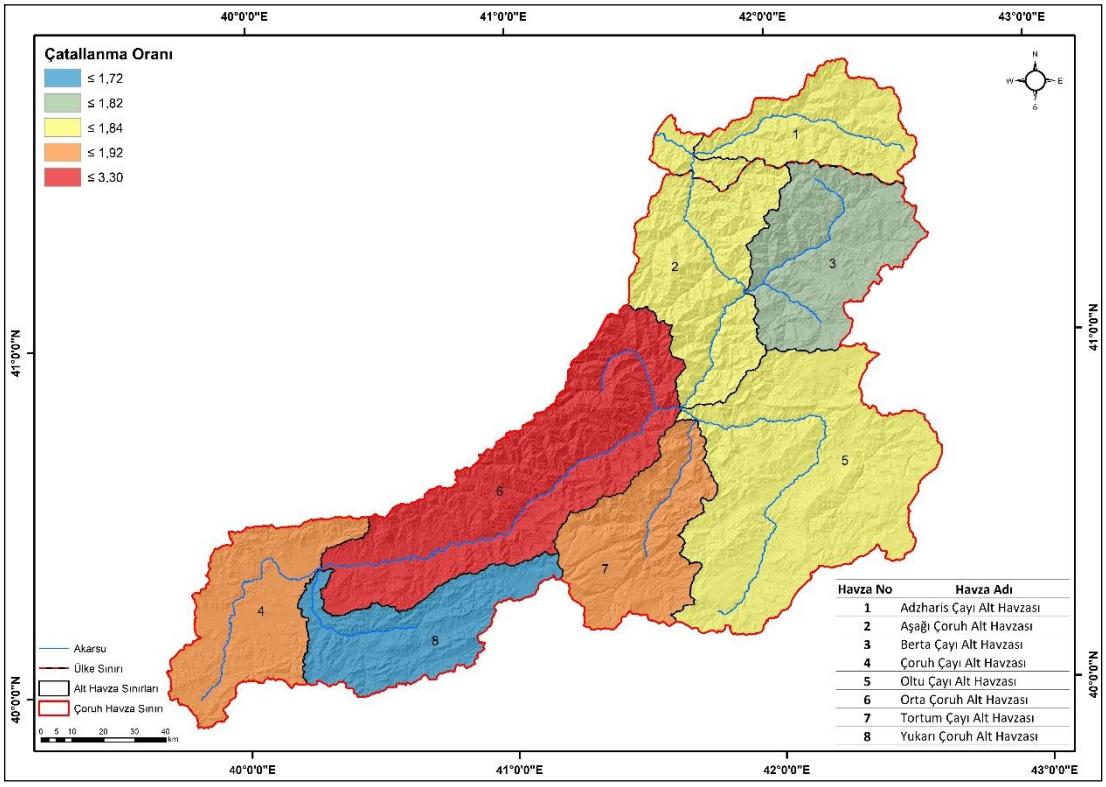
Çoruh Havzası'nda Strahler yöntemi ile yapılan analiz sonucunda çatallanma oranları 1,72 ile 3,30 arasında değişmektedir. Çoruh Havzası genelinde bu değer 1,86'dır. Yapılan hesaplamalarda çatallanma oranı en yüksek olan Orta Çoruh Havzası (3,30), en düşük olan ise Yukarı Çoruh Havzası'dır (1,72). Diğer değerler Adzharis Çayı alt havzası ve Aşağı Çoruh alt havzası için 1,83; Berta Çayı alt havzası için 1,73; Çoruh Çayı alt havzası için 1,92; Oltu Çayı alt havzası için 1,82; Tortum Çayı alt havzası

için 1,89 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2.1 ve Şekil 2.3). Bulunan sonuçların havza genelinde Horton'un belirlediği ortalama değerden (3) düşük çıkması havza genelinin taşkın karakterli olduğunu ve heterojen yapıdaki litolojinin egemen olduğunu ifade etmesi açısından önemlidir. Söz konusu bulgu hava litolojisi ile uyumludur. Yukarı Çoruh Alt Havzası, Çoruh Nehri'nin memba kısmını oluştururken Çoruh Çayı ve Kurt Çayı ile birleşerek akarsuya ismini verir. Havza en düşük çatallanma değerine sahip olup hesaplama sonuçlarına göre yüzeysel akış debisi yüksek ve taşkın karakterli olduğu düşünülmektedir. En yüksek değere sahip Orta Çoruh Havzası ise diğer havzalarla aynı şekilde jeomorfolojik kontrollü drenaj sistemini karakterize eder. Topoğrafik olarak akarsu dar ve uzunlamasına vadi içerisinde akış gösterir. Bu havzanın en geniş kesiti 40 km iken, havza uzunluğu 144 km'dir. Ayrıca tüm alt havzalarda birinci dizin akarsu sayılarının fazla olması flüvyal süreçlerin havza aşınmasında güncel olarak etkin rol oynağını göstermektedir.

Tablo 2.1:Çoruh Havzası ve alt havzaları çatallanma oranları

Havza Adı	R_b	N_{u1}	N_{u2}	N_{u3}	N_{u4}	N_{u5}	N_{u6}	N_{u7}	N_{u8}	$R_{bort.}$
Çoruh Havzası	*Sayı*	15.416	7.003	3.835	2.211	940	587	482	230	1,86
	Oran	2,20	1,83	1,73	2,35	1,60	1,22	2,10		
Adzharis Çayı Alt Havzası	*Sayı*	1.087	492	241	189	66	88			1,83
	Oran	2,21	2,04	1,28	2,86	0,75				
Aşağı Çoruh Alt Havzası	*Sayı*	1.961	882	490	277	188	101			1,83
	Oran	2,22	1,80	1,77	1,47	1,86				
Berta Çayı Alt Havzası	*Sayı*	1.605	734	406	195	111	85	68		1,73
	Oran	2,19	1,81	2,08	1,76	1,31	1,25			
Çoruh Çayı Alt Havzası	*Sayı*	1.509	677	392	258	80	89			1,92
	Oran	2,23	1,73	1,52	3,23	0,90				
Oltu Çayı Alt Havzası	*Sayı*	3.571	1.723	775	519	276	142	109		1,82
	Oran	2,07	2,22	1,49	1,88	1,94	1,30			
Orta Çoruh Alt Havzası	*Sayı*	2.989	1.327	818	432	241	136	13		3,30
	Oran	2,25	1,62	1,89	1,79	1,77	10,46			
Tortum Çayı Alt Havzası	*Sayı*	1.397	629	399	207	80	69			1,89
	Oran	2,22	1,58	1,93	2,59	1,16				
Yukarı Çoruh Alt Havzası	*Sayı*	1.296	561	336	167	112	101			1,72
	Oran	2,31	1,67	2,01	1,49	1,11				

Şekil 2.3:Çoruh Nehri alt havzalarında çatallanma oranı dağılımı



2.1.2. Akarsu Uzunluk Oranı (R_L)

Strahler metoduna bağlı olarak geliştirilen akarsu uzunluk oranı, herhangi bir dizinin toplam uzunluğunun kendisinden bir sonraki dizinin toplam uzunluğuna oranlanmasıyla elde edilir. (NIH, 1998, s. 12; Özdemir, 2011, s. 460; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 368; Geçen ve Ölmez, 2017 s. 5; Karataş, 2017, s. 135; Uzun, 2019, s. 462).

$$R_L = L_u / L_{u+1}$$

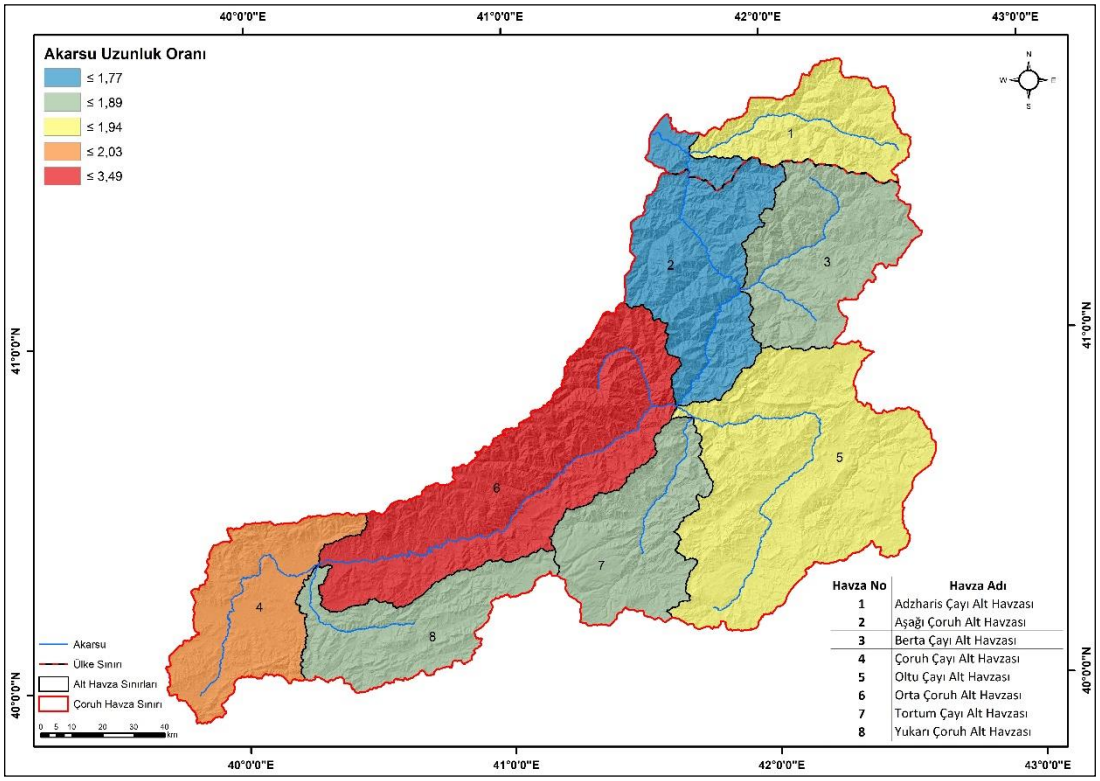
Formül içeriğinde L_u herhangi bir dizin değerinin toplam uzunluğunu, L_{u+1} ise bir üst dizine ait toplam uzunluğu ifade eder. Akarsu uzunluk oranı, drenaj havzası içerisinde akış halinde olan su miktarının, akarsu kollarındaki tutulma oranını yansıtır. Bu oran herhangi bir dizinde akış gösteren su miktarı için bir sonraki akarsu kolu uzunluğunun yeterlilik durumu hakkında bilgi verir (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 368; Uzun, 2017, s. 462). Burada havzanın şekli ve hâkim drenaj sistemi bu indis için etkin faktördür. Dendritik sistemin hâkim olduğu drenaj havzalarında bu oran düşük, sub-paralel ve paralel drenajın hâkim olduğu havzalarda ise bu oranın

yüksek çıkacağından söz etmek mümkündür (Geçen ve Ölmez, 2017 s. 5; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 368; Uzun, 2017, s. 462).

Akarsu uzunluk oranı, akarsu drenaj alanına ait yüzeysel akış karaterini temsil etmektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 7). Uzunluk oranı havza geometrisi ile ilişkilidir. Genellikle uzunlamasına havzalarda bu indise ait toplam ve ortalama oran, dairesel havzalara göre daha düşüktür. Bir başka ifade ile dairesel havzalarda dizin değerleri, uzunlamasına havzalara göre daha yüksek çıkabilir ve suyun tutulma oranı da artış gösterebilir. Bu durum ise ana akarsu üzerinde birikimi artırdığı gibi havza içerisinde suyun yavaş drene edilmesine sebep olmaktadır (Karataş, 2017, s. 135; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 7; Özdemir, 2011, s. 460; Geçen ve Ölmez, 2017 s. 5; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 368; Uzun, 2017, s. 462). Bir başka ifade ile R_L değeri düşük olan su toplama alanlarında alt dizinlerden gelen su yükü aynı anda bir araya gelemeyeceği ve kolay kolay akarsu yatağı su taşıma kapasitesinin üzerinde akım yükü oluşturamayacağı için taşkın duyarlılığı görece düşük olacaktır.

Çoruh Havzası'nın genel akarsu uzunluk oranı 1,97 olarak hesaplanmıştır. Alt havzalara uygulanan R_L analizinde, R_L değeri en yüksek olan havza 3,49 ile Orta Çoruh Alt Havzası, en düşük R_L değerine sahip havza 1,77 ile Aşağı Çoruh Alt Havzası'dır. Diğer havzalarda elde edilen sonuçlar bu iki değer arasında değişkenlik göstermektedir (Tablo 2.2 ve Şekil 2.4). Orta Çoruh Alt Havzası'nda akarsu uzunluk oranının yüksek çıkması, havza şekli ve oluşan drenaj oluklarının olası etkisiyle uzunluğu kısalan dizin değerlerinin, uzun bir mesafe içerisinde doğrudan 5. ve 6. dizinlere bağlanmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, R_L analizine göre suyun en çok tutulum gösterdiği, erozyon faaliyetlerin yoğun olarak yaşandığı ve taşkın duyarlılığı en yüksek yer Orta Çoruh Alt Havzası olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer havzalarda ise tutulumungörece az ve akarsuyun görece daha hızlı akış özelliği düşünülmektedir.

Şekil 2.4:Çoruh Nehri alt havzalarında akarsu uzunluk oranı dağılımı



Tablo 2.2:Çoruh Havzasıve alt havzaları akarsu uzunluk oranları (km)

Havza Adı	R_L	N_{u1}	N_{u2}	N_{u3}	N_{u4}	N_{u5}	N_{u6}	N_{u7}	N_{u8}	$R_{Lort.}$
Çoruh Havzası	*Uzunluk*	12.841.400	6.028.902	2.882.301	1.467.047	553.390	343.757	277.471	277.471	1,97
	Oran	2,13	2,09	1,96	2,65	1,61	1,24	2,11		
Adzharis Çayı Alt Havzası	*Uzunluk*	887.946	421.770	178.972	104.596	40.109	48.150			1,92
	Oran	2,11	2,36	1,71	2,61	0,83				
Aşağı Çoruh Alt Havzası	*Uzunluk*	1.537.074	678.853	350.958	184.570	102.482	105.677			1,77
	Oran	2,26	1,93	1,90	1,80	0,97				
Berta Çayı Alt Havzası	*Uzunluk*	1.333.737	634.835	314.527	128.970	65.560	48.970	37.563		1,86
	Oran	2,10	2,02	2,44	1,97	1,34	1,30			
Çoruh Çayı Alt Havzası	*Uzunluk*	1.338.362	625.765	291.526	184.132	56.294	57.073			2,03
	Oran	2,14	2,15	1,58	3,27	0,99				
Oltu Çayı Alt Havzası	*Uzunluk*	3.028.177	1.546.172	613.524	355.527	153.162	77.306	69.241		1,94
	Oran	1,96	2,52	1,73	2,32	1,98	1,12			
Orta Çoruh Alt Havzası	*Uzunluk*	2.461.250	1.123.055	601.892	288.860	148.087	79.131	7.198		3,49
	Oran	2,19	1,87	2,08	1,95	1,87	10,99			
Tortum Çayı Alt Havzası	*Uzunluk*	1.161.197	539.558	306.008	132.005	43.721	41.876			1,89
	Oran	2,15	1,76	2,32	3,02	1,04				
Yukarı Çoruh Alt Havzası	*Uzunluk*	1.097.650	464.477	239.471	109.515	67.197	59.908			1,85
	Oran	2,36	1,94	2,19	1,63	1,12				

2.1.3. Yüzeysel Akış Uzunluğu (l_0)

Yağıştan itibaren akışa geçen suların belirli bir hat boyunca toplanıp ardından akma eğilimi göstermesiyle akarsu yatağı oluşmaktadır (Erinç, 2015, s. 375). Yeryüzüne düşen yağışın belirli bir yatak içerinde kanalize olmadan önce sığ bir tabaka halinde zemini kaplayarak akış göstermesi ise ‘’seyelan’’ olarak isimlendirilmektedir (Hoşgören, 2017, s. 272; Hoşgören, 2015, s. 56). Seyelan suları ile en yakın kanal arasındaki mesafe ise ‘’yüzeysel akış uzunluğu’’ olarak ifade edilmektedir (Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s. 26). Seyelan uzunluğu ilk olarak 1945 yılında Horton tarafından formülize edilmiştir (Esen, 2022, s. 242).

$$L_0 = 1/2D_d$$

Formülde yer alan D_d drenaj yoğunluğunu temsil etmekte olup alansal morfometri kısmında detaylı olarak bahsedilmiştir. Bu indis yüzeysel erozyon faaliyetlerinde etken faktörlerin belirlenmesi ve drenaj yoğunluğuna bağlı olarak bu faktörler arasındaki ilişkiyi açıklamada kullanılmaktadır (Toprak, 2015, s. 99). Havza üzerindeki seyelan durumu açıklanırken flüvyal faaliyetlerin etkisi hakkında yorum yapılmasına olanak sağlanır (Toprak, 2015, s. 99; Esen, 2022, s. 242). Drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu ve dairesel şekildeki havzalarda su tutulum oranı fazla olduğundan L_0 değeri düşük hesaplanmaktadır. Bu bölgelerde eğim ve yüzeysel akışın fazla olması taşkın duyarlılığını artırır (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 369; Toprak, 2015, s. 99). Bu indis değeri uzunlamasına havzalarda su tutulumu az olduğu için genelde görece yüksek çıkmaktadır (Uzun, 2019, s. 462; Özdemir, 2011, s. 461). Dolayısıyla bu bölgelerde olası taşkın duyarlılığıgörece daha azdır (Karataş, 2017, s. 140; Uzun, 2019, s. 462; Özdemir, 2011, s. 461; Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s. 26; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 369; Toprak, 2015, s. 99; Esen, 2022, s. 242).

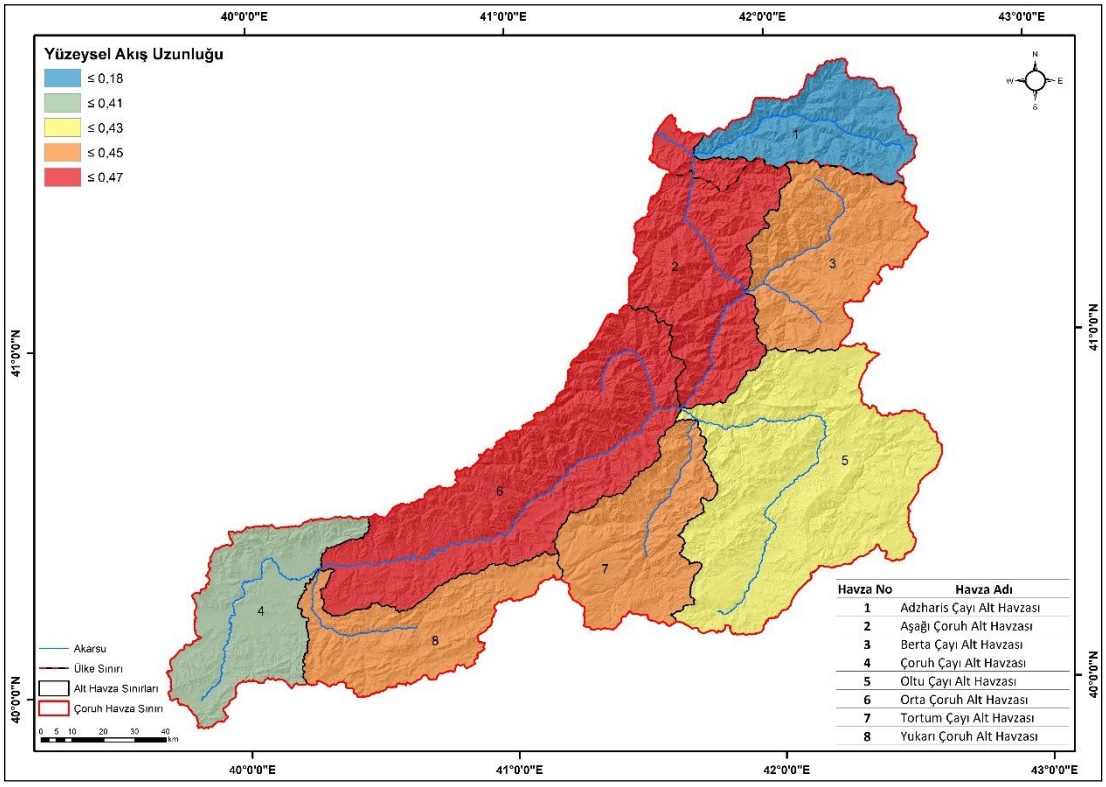
Çoruh Havzası genelinde ortalama yüzeysel akış uzunluk değeri 0,45 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2.3). Genel ortalamanın haricinde bu değer Berta, Tortum ve Yukarı Çoruh Çayı alt havzalarında da tespit edilmiştir. Havza genelinin yüksek L_0 değerine sahip olması yüzey erozyonunun fazla olduğunu düşündürmektedir. Çoruh Nehri’nin Karadenize en yüksek miktarda sedimanın taşındığı akarsulardan biri olması bu savı desteklemektedir. Alt havzalar arasında en büyük yüzeysel akış değeri 0,47 ile Aşağı ve Orta Çoruh alt havzalarında, en düşük yüzeysel akış değeri ise 0,18

ile Adzharis Çayı alt havzasında hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar yüzeysel akış uzunluğu indisinin drenaj yoğunluğuyla ters orantılı olduğu savını bir kez daha kanıtlar şekildedir. Adzharis Çayı alt havzası dendritik drenaj sistemine sahip ve hemen hemen dairesel şekilde bir havzadır. Bu havzada birinci dizin sayısı oldukça fazla ve su tutulumu çoktur. Drenaj yoğunluğu (2,80) ile en yüksek ve yüzeysel akış uzunluğu en düşük havzadır. Orta ve Aşağı Çoruh alt havzaları ise en düşük drenaj yoğunluğu (1,07) olan ve en yüksek yüzeysel akış uzunluğu değerine sahip havzalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu havzalarda yan kollardan doğrudan ana akarsuya bağlanan küçük derelerin yapıya uygun hareket edip zaman zaman paralel görünümlerini kaybetmesine bağlı olarak havzalarda subparalel drenaj yapısının geliştiği düşünülmektedir. Buna rağmen Orta Çoruh Alt Havzasının akarsu uzunluk oranı tespitinde en fazla su tutulmasına sahip havza olarak belirlenmesi dikkatlerden kaçmamıştır. Ancak bu alt havzalar şekilsel olarak uzunlamasına yönelim gösterdiği gibi alansal olarak da geniş sınırlara sahiptir. Bu özelliklerin yanı sıra eğim ve litolojik özellikler de değerlendirildiğinde su tutulumu ne kadar fazla olursa olsun, havzaların alansal ve şekilsel özelliklerinden dolayı drenaj yoğunluklarının düşük hesaplanmasına sebebiyet verdiği düşünülmektedir (Tablo 2.3 ve Şekil 2.5).

Tablo 2.3:Çoruh Havzası ve alt havzaları yüzeysel akış uzunluk değerleri

Havza Adı	**Ɛ L**	**A**	D_d	$2D_d$	L_0
Çoruh Havzası	24.526 km	21.960 km²	1,12	2,24	0,45
Adzharis Çayı Alt Havzası	4.293 km	1.531 km²	2,80	5,6	0,18
Aşağı Çoruh Alt Havzası	2.960km	2.782 km²	1,06	2,12	0,47
Berta Çayı Alt Havzası	2.564 km	2.296 km²	1,12	2,24	0,45
Çoruh Çayı Alt Havzası	2.553 km	2.114 km²	1,21	2,42	0,41
Oltu Çayı Alt Havzası	5.843 km	4.985 km²	1,17	2,34	0,43
Orta Çoruh Alt Havzası	4.709 km	4.401 km²	1,07	2,14	0,47
Tortum Çayı Alt Havzası	2.224 km	2.003 km²	1,11	2,22	0,45
Yukarı Çoruh Alt Havzası	2.038 km	1.849 km²	1,10	2,20	0,45

Şekil 2.5:Çoruh Nehri alt havzalarında yüzeysel akış uzunluğu dağılımı



2.1.4. Tekstür Oranı (T)

Tekstür oranı, drenaj havzası içerisinde ki ilk dizin sayılarının toplamı ile havzaya ait su ayrım çizgisi uzunluğunun oranlanmasıyla elde edilir (Esen, 2022, s. 242; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9).

$$T = N_{u1} * (1/P)$$

Formülde belirtilen N_{u1} ilk dizin sayıları toplamını, P, havzaya ait çevre uzunluğunu, T ise havzaya ait tekstür oranını ifade etmektedir. (Esen, 2022, s. 242; Karataş, 2017, s. 131; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9; Özdemir, 2011, s. 461).

Tekstür oranı, akarsuya ait dizin değerlerinin sıklık derecelerini ve nispeten birbirlerine olan mesafelerini matematiksel olarak ifade eder (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9). Havzaya ait litoloji, jeoloji, rölyef, infiltrasyon ve bakı durumu gibi özellikler bu indisin hesaplanmasında değişkenliğe sebebiyet vermektedir (Karataş, 2017, s. 131; Uzun, 2019, s. 461). İndis sonucunun yüksek hesaplanması akarsu drenaj havzasında birinci dizinlerin fazla olduğunu, düşük hesaplanması ise ilk dizin sayılarının az olduğunu açıklamaktadır. Bu değer genellikle dairesel şekle sahip

havzalarda yüksek çıkarken, uzunlamasına şekle sahip havzalarda düşük hesaplanmaktadır (Rana vd., 2016, s. 846; Özdemir, 2011, s. 461; Karataş, 2017, s. 131; Uzun, 2019, s. 461; Elbaşı, 2015, s. 48; Geçen ve Ölmez, 2017, s. 218). Düşük T değerine sahip havzalarda taşkın duyarlılığı az iken yüksek T değerine sahip havzalarda bu risk fazladır (Esen, 2022, s. 242; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9). Smith'e göre, Tekstür oranı ile elde edilen değerleri beş farklı sınıfta incelemek mümkündür. Bu tasniflemeye göre havzaya ait drenaj dokuları saptanabilir (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9; Çelik, 2022, s. 117).

1. T < 2 ise ''çok geniş - çok kaba''
2. T < 2-4 ise ''geniş - seyrek''
3. T < 4-6 ise ''orta''
4. T < 6-8 ise ''dar - iyi''
5. T > 8 ise ''çok dar - ince''

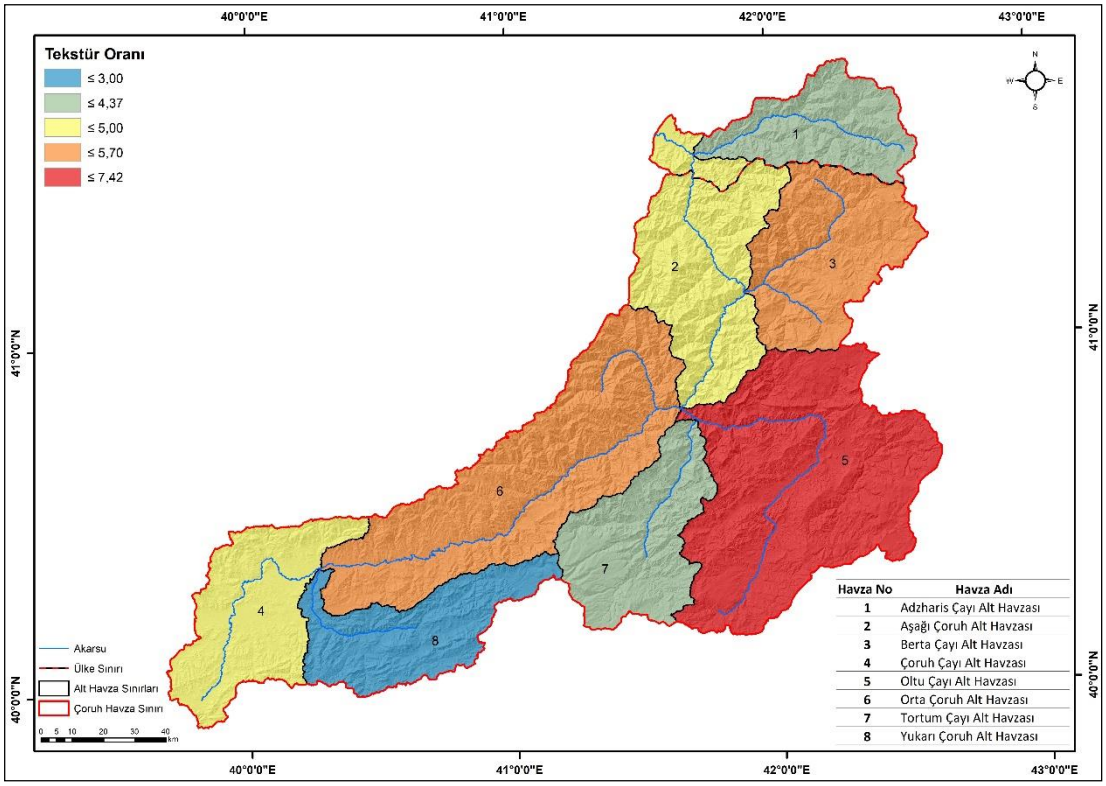
Tablo 2.4:Çoruh Havzası ve alt havzaları tekstür oranları

Havza Adı	N_{u1}	***P (km)***	***T***
Çoruh Havzası	15.416	1.083	14,23
Adzharis Çayı Alt Havzası	1.087	252	4,31
Aşağı Çoruh Alt Havzası	1.961	395	4,96
Berta Çayı Alt Havzası	1.605	301	5,33
Çoruh Çayı Alt Havzası	1.509	319	5
Oltu Çayı Alt Havzası	3.571	482	7,42
Orta Çoruh Alt Havzası	2.989	524	5,70
Tortum Çayı Alt Havzası	1.397	320	4,37
Yukarı Çoruh Alt Havzası	1.296	382	3

Çoruh Havzasında ortalama tekstür oranı 14,23 olarak hesaplanmıştır. Oldukça yüksek hesaplanan bu değer, havza genelinde eğim değerlerinin yüksek ve havza alanı içerisinde çok sayıdaki birinci dizinin yer almasının bir yansımasıdır. Alt havzalarda tekstür oranları ise 3 ile 7,42 değerleri arasında değişkenlik

göstermektedir. Alt havzalar arasında en düşük tekstür oranı Yukarı Çoruh alt havzasına (3), en yüksek tekstür oranı ise Oltu Çayı alt havzasına (7,42) aittir. Bu değerler havza geneline göre daha homojen bir dağılıma sahiptir. Genel olarak havza alanı tekstür oranıyla doğru orantılı olduğu için bu değerlerin daha düşük çıkması normal karşılanabilmektedir. Çoruh Havzası genel olarak ‘’çok dar’’ (ince) nitelikte drenaj dokusuna sahiptir. Alt havzaların drenaj dokuları incelendiğinde Oltu Çayı Alt Havzası ‘’dar’’ (iyi), Yukarı Çoruh Alt Havzası ‘’geniş’’ (seyrek) ve diğer alt havzalar ‘’orta’’ drenaj dokusuna sahip özellikler göstermektedir. (Tablo 2.4 ve Şekil 2.6).

Şekil 2.6:Çoruh Nehri alt havzalarında tekstür oranı dağılımı



2.2. Alansal Morfometrik İndisler

Alansal morfometrik indisler havzanın hidrolojik özellikleri ile bağlantılı iki boyutlu parametrelerdir. Nicel olarak alansal indislerin hesaplamalarında havza alanı (A) ve çevre uzunluğu (P), havza boyutunun gelişiminde önemli role sahiptir (Sabancı, 2022, s. 150). Alansal morfometri, akarsu havzalarının geometrik özellikleri ile drenaj ağları arasındaki etkileşimi açıklamaktadır. Bu kapsamda belirlenen indislerin

sonuçları havzaların genel olarak dairesel veya uzunlamasına şekilde olup olmadığı hakkında bilgi verir (Esen, 2022, s. 242). Havza içerisinde yağışların toplanması ve yüzeysel akış birikimi açısından alansal morfometrik parametreler önem arz etmektedir. Bu açıdan Çoruh Havzası ve alt havzalarının hidrografik özelliklerinin alansal olarak açıklanması için drenaj yoğunluğu (D_d), akarsu sıklığı (F_s), havza şekli (R_f), havza uzunluk oranı (R_e) ve gravelius indeks (K_G), gerekli indisler olarak seçilmiş ve uygulanmıştır. Elde edilen değerler birbirleriyle korelâsyona tabi tutularak değerlendirilmiş ve havzalara ait hidrografik özellikler ele alınmıştır.

2.2.1. Havza Alanı (A)

Drenaj şebekelerini oluşturan her akarsu birimi kendi gücüyle orantılı bir şekilde morfolojiye yerleşerek birbirleriyle etkileşim sağlarlar. Havza alanı akarsuların oluşturduğu vadilerinin büyüklüğüyle paralel bir şekilde akım ve sediment yükü taşıma kapasitesine sahiptir (Uzun, 2019, s. 459). Yani havza alanının büyüklüğü, havzada gerçekleşen akış ve aşındırma faaliyetleri açısından önemli rol oynamaktadır (Karataş, 2017, ss. 119-121; Uzun, 2019, s. 459). Yağış alanları ve havza alanı arasında pozitif bir ilişki vardır. Zira aynı iklim ve ortam koşullarının görüldüğü havzalarda fazla yağış havza alanı daha büyük olan havzada kaydedilmektedir (Çelik, 2022, s. 117). Drenaj alanı 250 km² den küçük alana sahip yerler ‘’küçük havza’’, bu değerden büyük alana sahip yerler ise ‘’büyük havza’’ olarak nitelendirilebilir (Tülücü, 2012, s. 55). Genellikle havza alanı büyük olan yerlerde olgunluk sürecine bağlı olarak akarsuların yatak eğimleri düşük, havza alanı küçük olan yerlerde ise yatak eğimleri fazladır (Öztekinci ve Coşkun, 2021, s. 270).

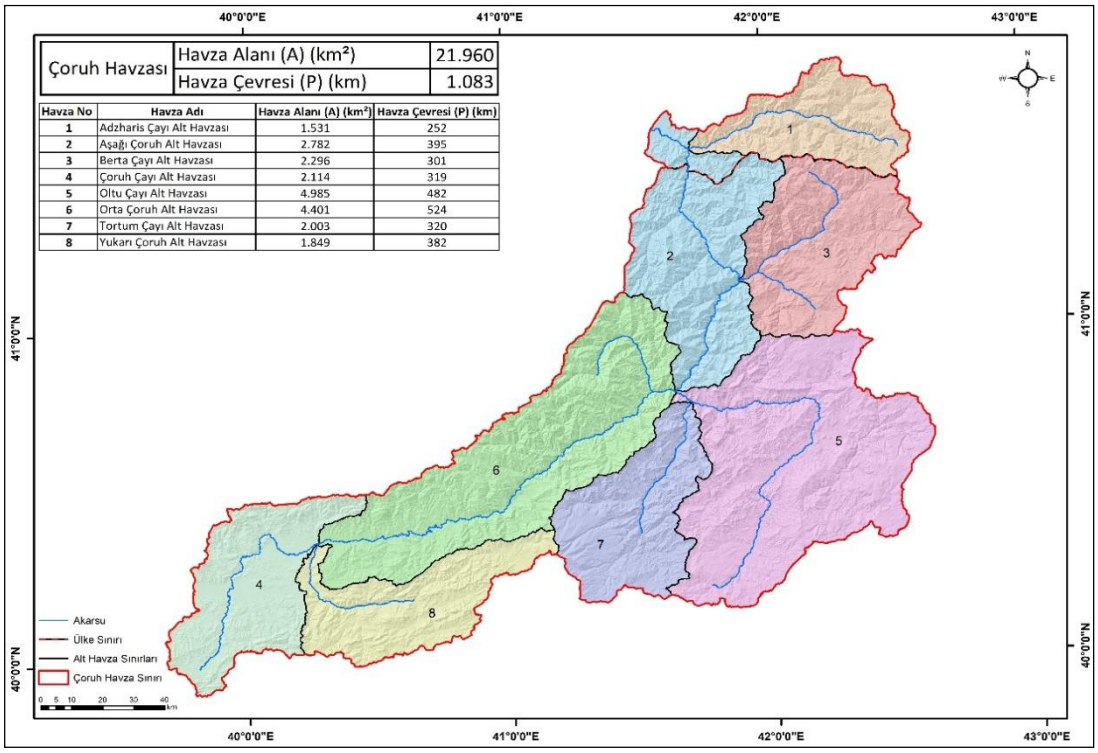
Drenaj havzalarının alt havzalarıyla birlikte alanlarının tespit edilmesi su bilançosu, seyelan, sel ve takış duyarlılığı gibi birçok özelliğin belirlenmesi için oldukça büyük önem taşımaktadır (Sabancı, 2022, s. 151; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 359). Schumm (1956) ve Strahler (1957), havza alanlarının kıyaslanması neticesinde elde edilen yorumların anlamlı olabilmesi için, akarsu dizinleri bazında karşılaştırma yapılmasının daha doğru olacağını öne sürmüştür. Bu şekilde havzalarda ne gibi flüvyal aktivitelerin meydana geldiği ve bölgesel farklılıklar daha iyi anlaşılabilmektedir.

Çoruh Havzası'nın toplam havza alanı 21.960 km² olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.7). Çoruh Havzası içerisinde bulunan sekiz alt havza arasında en büyük alan 4.985 km² ile Oltu Çayı Havzası, en küçük alana sahip olan havza ise 1.531 km² ile Adzharis Çayı Alt Havzasıdır. Bu değerlere göre havza geneli ve tüm alt havzalar ‘’büyük havza’’ niteliğindedir (Şekil 2.7).

2.2.2. Havza Çevresi (P)

Havza Çevresi, havzanın alanı ile birlikte su bölümü çizgisi güzergâhının engebe (girinti-çıkıntı) durumu hakkında bilgi edilmesini sağlayan parametredir (Uzun, 2019, s. 460; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 360). Farklı indis hesaplarında kullanılan bu değer havza şekli hakkında fikir edinilmesine yardımcı olur (Karataş, 2017, s. 122; Uzun, 2019, s. 460; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 360; Öztekinci ve Coşkun, 2021, s. 270). Oldukça engebeli bir su ayrım çizgisine sahip olan Çoruh Havzası'nın çevre uzunluğu 1.083 km olarak ölçülmüştür (Şekil 2.7). Çevre uzunluğunun en fazla olduğu alt havza Orta Çoruh Alt Havzası (524 km) iken, en az çevre uzunluğu Adzharis Çayı Alt Havzasında'dır (252 km). Alt havzalara ait çevre uzunluğu ortalaması ise 372 km olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.7).

Şekil 2.7:Çoruh Havzası ve alt havzalarının alan ve çevre uzunlukları



2.2.3. Drenaj Yoğunluğu (D_d)

Drenaj alanındakivadi uzunlukları toplamının birim alandaki değerine ‘’drenaj yoğunluğu (vadi yoğunluğu)’’ denir (Hoşgören, 2017, s. 313). ‘’Akarsu yoğunluğu’’ ise birim alanda yer alan akarsuların toplam uzunluklarını temsil eder. Bu terimler arasında fark vardır. Çünkü bazı vadiler akarsulardan yoksun ve sürekli kuru özellikte olabilir. Böyle bir sahanın akarsu yoğunluğunun drenaj yoğunluğundan yüksek olması beklenemez (Hoşgören, 2015, s. 106; Sabancı, 2022, 156). Bu durumda Horton sadece havzada faal durumda olan akarsuların hesaplamasını değil, maksimum yağış zamanlarında suyun taşınması ve iletilmesinde drenaj kabiliyetine sahip tüm vadi uzunluklarının hesaba alınmasının daha doğru olacağını belirtmiştir (Zavoıanu, 1985, s. 138; Özdemir, 2011, s. 462; Karataş, 2017, s. 127; Elbaşı, 2015, s. 50).

Flüvyal morfoloji terimleri arasında ‘’iyi drene olmuş’’ ve ‘’kötü drene olmuş’’ ifadeleri havza özelliklerinin yansıtılmasında önem taşımaktadır. Bu terimler eskiden bu yana klasik fiziki coğrafya alanında yayımlanan kitaplarda hep nitel olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Ancak kötü drene olduğu düşünülen havzaların ortalama yağış değerleri iyi drene olmuş havzalardan daha yüksek çıkabilir (Elbaşı, 2015, s. 50). Buna benzer durumlar akarsu havzalarının gelişimi ve karakteristik özelliklerinin nicel olarak daha iyi ifade etmek gerektiğini ortaya çıkarmıştır (Elbaşı, 2015, s. 50). Bu bakımdan havzaların vadilerle parçalanma derecesini etkileyecek özelliklerinin belirlenmesi ve drenaj yoğunluk değerlerinin saptanması gerekmektedir (Hoşgören, 2015, s. 106).

Feldner 1903 yılında yaptığı çalışmasında drenaj yoğunluğunu, iç içe geçmiş havzalara dikkat edilerek açıklanması gerektiğini öne sürmüştür. Bu kurama göre drenaj yoğunluğu drenaj alanının iç içe geçme katsayısına oranı ile hesaplanmalıdır Çıkan değerlerlin drenaj yoğunluğu ile doğru orantılı olacağı öne sürülmüştür (Zavoıanu, 1985, s. 138).

Neumann, geliştirdiği yöntemle drenaj yoğunluğu hesaplamasına yeni bir boyut kazandırmış ve zamanla popülerlik kazanmasına öncülük etmiştir. Daha öncelerde bilim insanlarının bir kısmı incelenecek alanı eğri ölçer ve bölücü kullanarak 1 veya

2 km² lik karelere bölüp, bu alan içerisinde tarama ve renklendirme yaparak hesaplamalarını gerçekleştirmişlerdir. Neumann ise, eşit karelere bölme yöntemini kullanmak yerine, havza sınırlarının bu birimlerin yerine kullanılabileceğini ve bu sınırlar içerisinde hesaplamaların yapılmasının daha doğru olabileceğini öne sürmüştür (Zavoıanu, 1985, s. 138).

Yer şeklilerinin karakterizasyonu, açıklanması ve analiz edilmesi noktasında önem arz eden drenaj yoğunluğu için gerekli bağıntı Robert E. Horton tarafından üretilmiştir (Horton, 1932, s. 357; Toprak, 2015, s. 101; Uzun, 2014, s. 82; Elbaşı, 2015, s. 50). Drenaj yoğunluğu, havza sınırları içerisindeki toplam drenaj uzunluğunun, havza alanına oranlanmasıyla elde edilir (Turoğlu, 1997, s. 360; Karataş, 2017, s. 127; Uzun, 2014, s. 82; Toprak, 2015, s. 101; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 10; Çelik, 2022, s. 119).

$$D_d = \sum \mathrm{L/A}$$

Formül içeriğinde yer alan ifadelerde:
D_d= Ortalama drenaj yoğunluğunu,
$\sum$ L = Toplam drenaj uzunluğunu,
A = Havza alanını simgelemektedir (Özdemir, 2011, s. 462; Elbaşı, 2015, s. 50).

Akarsuların aşındırma aktivitelerini yansıtan drenaj yoğunluğu, havzalarının parçalanma durumu hakkında bilgi vermektedir (Uzun, 2019, s. 461; Hoşgören, 2015, s. 106; Huggett, 2015, s. 212; Aydın, 2008, s. 8; Özdemir, 2011, s. 462; Elbaşı, 2015, s. 52). Bu indis sayesinde drenaj havzasıyla ilgili yüzey erozyon hassasiyeti, yükselti değerleri, iklim özellikleri, infiltrasyon kapasitesi, akarsu uzunlukları, toprak porozite ve permabilitesi, evoporasyon, morfolojik zaman aşaması, yer altı su tablası yakınlığı ve bitki örtüsü gibi özellikler arasında anlamlı yaklaşımlar yapılabilmektedir (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 365). Aşındırıcı güç ve yüzeylerin dayanıklılığı arasındaki ilişkiyi açıklayan drenaj yoğunluğu, akarsu oluşumunda da yer alan bazı unsurlarla (litoloji, iklim, bitki örtüsü, jeomorfoloji, zaman ve insan gibi) sıkı bir şekilde bağlantılıdır (Horton, 1932, s. 357; Esen, 2022, s. 242; Hoşgören, 2015, s. 106; Huggett, 2015, s. 212; Uzun, 2014, s. 82; Özdemir, 2011, s. 462; Elbaşı, 2015, s. 52; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 10; Karataş, 2017, s.

127). Düşük drenaj yoğunluğu, yüzeyinde dayanıklı kayaçların bulunduğu ve akarsu kollarının geniş aralıklarla olduğu yerlerde belirlenirken; yüksek drenaj yoğunluğu, akarsu kollarının daha sık aralıklarda olduğu ve yüzeyinde yumuşak kayaçların bulunduğu yerlerde görülür. Yüzeysel akışlarla çok parçalanmış ve yüksek drenaj yoğunluğuna sahip yerler, derelerin sıklık durumlarını yansıtırken; düşük drenaj yoğunluğuna sahip ve az parçalanmış yerler, infiltrasyonun fazla olduğu, yer altı su akımlarının oluştuğu ve önemli birikim alanlarını gösterir (Erkal ve Taş, 2013, s. 59; Uzun, 2019, s. 461; Elbaşı, 2015, s. 52; Özdemir, 2011, s. 463; Huggett, 2015, s. 212; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 10; Horton, 1932, s. 357; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 365). Drenaj yoğunluk değerinin yüksek hesaplandığı yerlerde vadi yamacı eğim değerleri fazla iken, havza içerisinde gerçekleşen yüzeysel akış uzunluğu düşüktür. Bununla beraber havza içerisinde su ve sediment üretimi de etkilenmektedir (Zavoıanu, 1985, s. 138; Aydın, 2008, s. 8; Görür ve Karadeniz, 2018, s. 451). Jeoloji ve eğim değerlerinin aynı kabul edildiği, nemli ve yoğun bitki örtüsüne sahip bölgelerde, infiltrasyonla su kaybı fazla olup drenaj yoğunluk değeri düşük iken; daha kurak yerlerde durum tersi özellik gösterip drenaj yoğunluk değeri yüksektir. Bu da drenaj yoğunluk değerinin sadece litolojiyle alakalı olmayıp klimatik faktörlerle de etkileşimde olduğunu gösterir (Özdemir, 2011, s. 463; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 365; Geçen ve Ölmez, 2017, s. 216). Genel olarak dayanıklı zemin yapısı, nemli iklim koşulları, yoğun bitki örtüsü ve aşırı sızma miktarı düşük drenaj yoğunluğuna sahip yerleri temsil ederken; yüksek drenaj yoğunluğuna sahip yerlerde ise durum tam tersidir. (Langbein, 1947, s. 133; Aydın, 2008, s. 8; Karataş, 2017, s. 127; Toprak, 2015, s. 101; Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s. 25).

İklim şartlarına bağlı olarak yoğunluk oranı genellikle 0,5-2,5 arasında değişkenlik gösterir. Reddy vde diğerleri (2004), drenaj yoğunluğunu değerlerini:

1. $\geq$ 1,75 ise ‘’yüksek’’,
2. $\geq$ 2,5 olması halinde ise ‘’çok yüksek’’

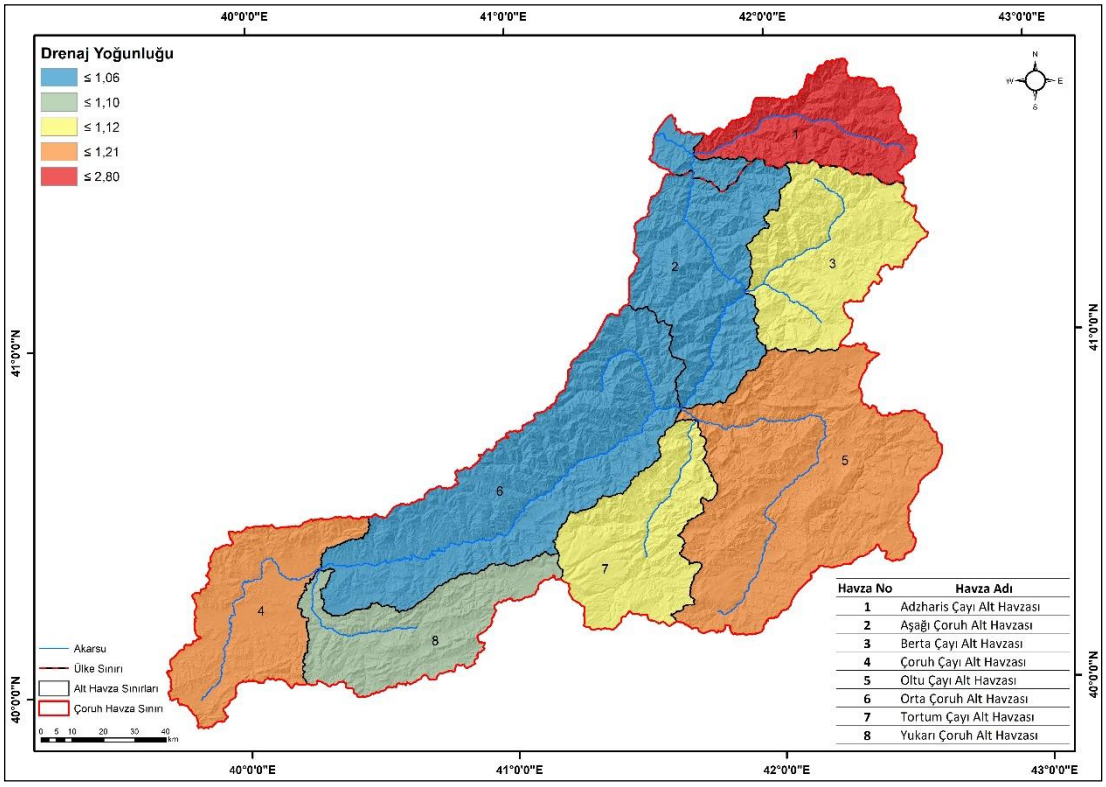
olarak ifade etmiştir (Toprak, 2015, s. 102; Aydın, 2008, s. 8).

Tablo 2.5:Çoruh Havzası ve alt havzaları drenaj yoğunluğu oranları

Havza Adı	$\sum L(km)$	A(km²)	D_d
Çoruh Havzası	24.526	21.960	1,12
Adzharis Çayı Alt Havzası	4.293	1.531	2,80
Aşağı Çoruh Alt Havzası	2.960	2.782	1,06
Berta Çayı Alt Havzası	2.564	2.296	1,12
Çoruh Çayı Alt Havzası	2.553	2.114	1,21
Oltu Çayı Alt Havzası	5.843	4.985	1,17
Orta Çoruh Alt Havzası	4.709	4.401	1,07
Tortum Çayı Alt Havzası	2.224	2.003	1,11
Yukarı Çoruh Alt Havzası	2.038	1.849	1,10

Çoruh Havzası için hesaplanan drenaj yoğunluk değeri 1,12'dir. Alt havzalarda drenaj yoğunluğu km²'de 1,06 ile 2,80 arasında değişmektedir. Elde edilen bu değerler Adzharis Çayı Alt Havzasının (2,80) ''çok yüksek'' drenaj yoğunluğuna sahip olduğunu gösterirken diğer alt havzaların ise drenaj yoğunluklarının görece ''düşük'' olduğunu işaret etmektedir. En düşük drenaj yoğunluğuna sahip olan havza 1,06 değeriyle Aşağı Çoruh Alt Havzası'dır. Adzharis Çayı Alt Havzası hariç diğer alt havzaların tamamında drenaj yoğunluğu açısından benzer özellikler ve etkilerin olduğunu görmek mümkündür. Adzharis Çayı Alt Havzası'nın drenaj yoğunluğunun çok yüksek olması, yüksek miktarda yağış almasından itibaren akışa geçen su kütesinin daha fazla yatak oluşturması ile açıklanabilir. Akarsuyu drene eden birinci dizinlerin çokluğu ve yüzeysel akış mesafesinin kısa olması bu durumu destekler niteliktedir. Bunun sonucunda havza içerisinde yoğun infiltrasyon yaşanması ve yüzeysel akış uzunluğunun yüksek olmasının drenaj yoğunluğu değerlerinin düşük hesaplanmasına sebep olduğu düşünülmektedir (Tablo 2.5 ve Şekil 2.8).

Şekil 2.8:Çoruh Nehri alt havzalarında drenaj yoğunluğu dağılımı



2.2.4. Akarsu Sıklığı (F_s)

Bir akarsu drenaj havzasında yer alan tüm dizin değerlerine ait toplam akarsu sayılarının havza alanına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Horton, 1945, s. 285). Akarsu ağları bakımından yeryüzünde oldukça fakir veya çok gelişmiş bölgeler mevcuttur. Havza içerisinde bulunan akarsuların birim alandaki (km²) sayısını ifade eden bu indis değerinin 3,5'ten büyük olması halinde akarsu sıklığı ''çok yüksek''olarak nitelendirilmektedir (Hoşgören, 2015, s. 106, Aydın, 2008, s. 8).

$$F_S = \text{N/A}$$

Formül içerinde ''N'' havza içerisindeki toplam dizin sayısını, ''A'' ise havzaya alanı gösterirken ''F_S'' akarsu sıklığını ifade etmektedir (Geçen ve Ölmez, 2017, s. 217). Akarsu sıklığı ve drenaj yoğunluğu değerlerinin bilinmesi havzaya ait drenaj dokuları (yapı, sistem, ağılış) hakkında bilgi vermektedir (Özdemir, 2011, s. 463; Uzun, 2019, s. 460). Alansal büyüklüğe bağlı olarak değişiklik gösteren bu indis, drenaj yoğunluğuyla doğrudan karşılaştırılamaz (Sabancı, 2022, s. 159). Çünkü havzaların sahip olduğu küçük kolların sayısı havzanın boyutlarına göre önemli ölçüde değişiklik gösterebilir (Elbaşı, 2015, s. 55). Drenaj havzasının erozyonel

faaliyetlerini yansıtan bu indis farklı parametrelerden de etkilenebilir (Rana vd., 2016, s. 846). Litoloji, iklim, bitki örtüsü, jeomorfolojik özellikler ve insan gibi birçok faktörün akarsu sıklığı üzerinde önemli rol oynamaktadır (Hoşgören, 2015, s. 106). Aynı zamanda akarsu sıklığı infiltrasyon ve yüzeysel akış değerleriyle de bağlantılıdır (Esen, 2022, s. 242). Düşük akarsu sıklık değerinin belirlendiği yerler, geçirimli tabakaların yer altığı litolojiye sahip alçak rölyef alanlarını gösterirken; yüksek değerlerin tespit edildiği alanlar geçirimsiz tabakalı litolojiyi, yüksek rölyef alanlarını veya seyrek bitki örtüsünün olduğu yerleri işaret edebilmektedir (Özdemir, 2011, s. 463). Peltier (1962, s. 28)'e göre akarsu sıklığı havzaya ait iklim özellikleri hakkında da bilgiler içermektedir. Nemli iklim koşullarına sahip sahalarda orta seviyede hesaplanan akarsu sıklığı, yarı kurak yerlerde yüksek, kurak alanlarda ise düşük değerlerle sonuçlanmaktadır (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 362). İklim özelliklerinin bir yansımasını örneklendirecek olursak eğer dağlık sahalarda kısa mesafede değişen iklim koşulları akarsu sıklığını yüksek değerde sonuçlandırırken, ovalık alanlarda bu değer düşük bulunur (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018, s. 362). Çoruh Havzası ve alt havzalarına ait akarsu sıklık oranları Tablo 2.6 ve akarsu sıklık oranlarının dağılımı Şekil 2.9'da verilmiştir.

Tablo 2.6:Çoruh Havzası ve alt havzaları akarsu sıklığı

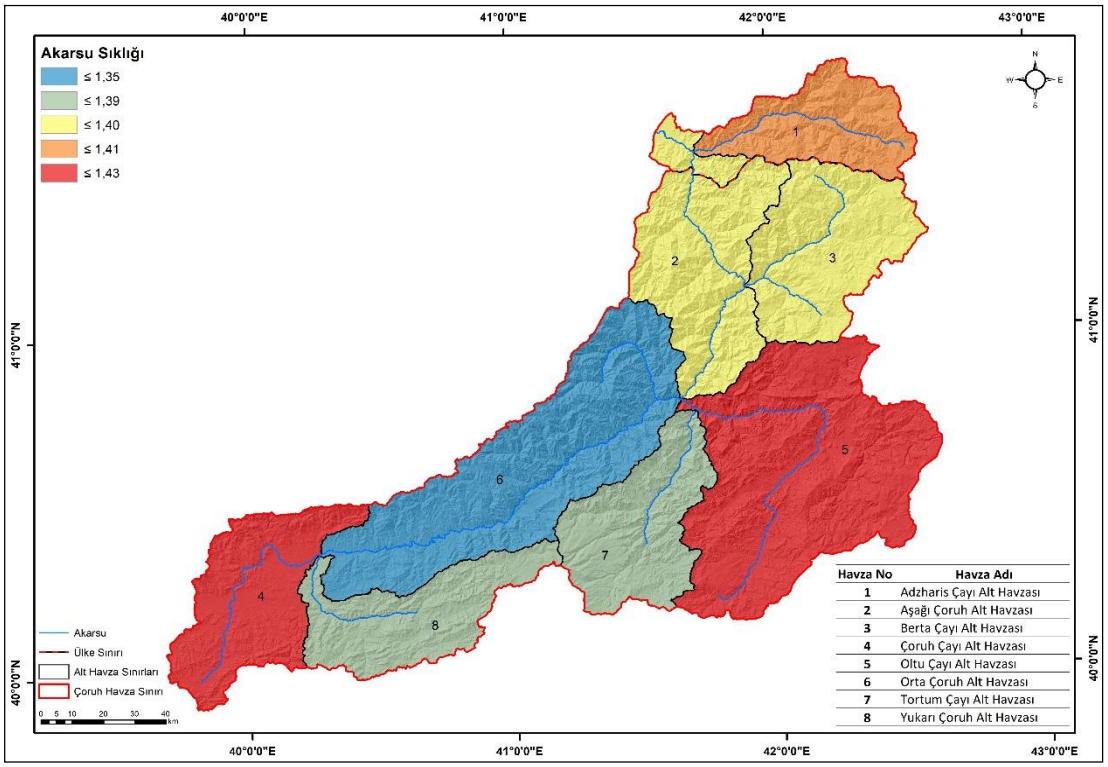
Havza Adı	***N***	***A(***km²***)***	F_s
Çoruh Havzası	30.704	21.960	1,40
Adzharis Çayı Alt Havzası	2.163	1.531	1,41
Aşağı Çoruh Alt Havzası	3.899	2.782	1,40
Berta Çayı Alt Havzası	3.204	2.296	1,40
Çoruh Çayı Alt Havzası	3.005	2.114	1,42
Oltu Çayı Alt Havzası	7.115	4.985	1,43
Orta Çoruh Alt Havzası	5.956	4.401	1,35
Tortum Çayı Alt Havzası	2.781	2.003	1,39
Yukarı Çoruh Alt Havzası	2.573	1.849	1,39

Çoruh Havzası'nın akarsu sıklığı 1,40 olarak belirlenmiştir. Bu değer aynı zamanda alt havzalardaki akarsu sıklık değerinin ortalamasını (1,40) ifade etmektedir. Alt havzalarda *Fs* değerleri 1,39 ile 1,43 arasında değişmektedir. Akarsu sıklığı en düşük ve aynı değere sahip iki adet alt havza olduğu görülmüştür. Bunlar Torum Çayı ve Yukarı Çoruh alt havzalarıdır (1,39). En yüksek akarsu sıklığı değeri ise Oltu Çayı

Alt Havzasında (1,43) belirlenmiştir. Havzaya ait ortalama değerle aynı akarsu sıklığına sahip iki tane alt havza belirlenmiştir. Bunlar Berta Çayı ve Aşağı Çoruh alt havzalarıdır (1,40). Çoruh Havzası ve alt havzalarında hesaplanan akarsu sıklığı drenaj yoğunluğunda da olduğu gibi havzanın litolojik ve jeomorfolojik özelliklerine uyumlu olarak dağılış göstermektedir. Elde edilen değerlerin birbirlerine yakın olması alt havza yükseltilerinin ve engebelerinin birbirine yakın olması ile ilişkilendirilebilir. Değerler sahanın litolojik olarak homojen yapıya oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Havza genelinde sonuçlanan düşük akarsu sıklığı bitki örtüsünün yoğun ve geçirimli tabakalar sayesinde yer altına su sızmasının fazla olmasına bağlanabilir.

Akarsu sıklığı aynı zamanda drenaj sisteminin havzadaki gelişme seviyesinin sayısal bir göstergesidir (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9). *Fs* değeri aynı zamanda taşkın duyarlılığı ile ilgili çıkarımda bulunulmasını sağlar. Yüksek *Fs* değerleri farklı nedenlerden dolayı yağıştan akışa geçen su miktarında çok az kayıp gerçekleştiğini göstermekte ve yüksek taşkın duyarlılığını ifade etmektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9).

Şekil 2.9:Çoruh Nehri alt havzalarında akarsu sıklık dağılımı



2.2.5. Havza Uzunluk Oranı (R_e)

Schumm (1956) tarafından geliştirilen formülde havza uzunluk oranı, havzanın kapladığı alan ile aynı alana sahip bir dairenin çap uzunluğu ve havzaya ait maksimum uzunluğunun oranlanmasıyla bulunur (Zovoianu, 1985, s. 106).

$$R_e = 2/L_m * (A/\pi)^{0,5}$$

Formülde;

L_m = Maksimum havza uzunluğu,

A = Havzaya ait alanı simgelemektedir.

Havza uzunluk oranının hesaplanması, havzalara ait geometrik şekillerin (uzun veya dairesel) belirlenmesiyle birlikte taşkın duyarlılığı ve akış toplanma zamanının tespit edilmesi açısından önem arz etmektedir. Şekilsel olarak uzun havzalar kısa olanlara göre hidrografik açıdan daha gelişmiştir. (Öztekinci ve Çoşkun, 2021, s. 273; Karataş, 2017, s. 123). Bu değer havzaların sahip olduğu infiltrasyon kapasitesini yansıtırken yüzeysel akışları hakkında da bilgiler vermektedir (Özdemir, 2011, s. 464). Tespit edilen yüksek R_e değerleri, havzaların sızma kapasitesinin düşük olduğunu ve yüksek derecede yüzeysel akışa sahip olduğunu belirtir (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9). Bu tür havzalarda yüksek erozyon faaliyetleri görülebildiği gibi aşırı sediment taşınması da gözlenebilir. Düşük R_e değerine sahip havzalarda ise durum tam tersidir. Yüzeysel akış az miktardadır ve sızma derecesi yüksektir. Haliyle akarsu erozyon faaliyetlerinin düşük olmasından dolayı sediment taşınması da az olacaktır (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9).

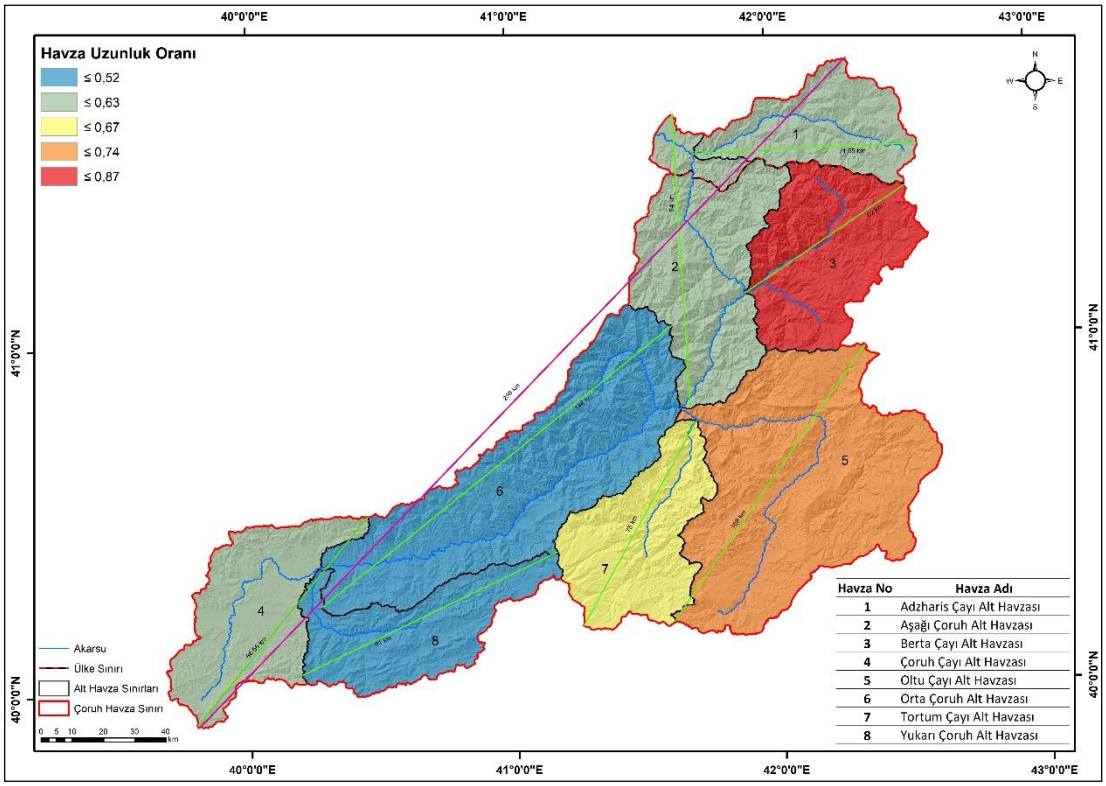
Farklı iklim koşulları ve jeolojik faktörlerden etkilenen havza uzunluk oranı, 0,6 ile 1,0 değerleri arasında değişkenlik gösterir. R_e değerinin 1,0'e yakınlaşması, bölgenin düşük röliefde olduğunu gösterirken; 0,6 ve 0,8 arasında sonuçlanan değerler, sarp arazilerin yer aldığı yüksek röliefdeki alanları göstermektedir (Çelik, 2022, s. 123).
Bu çalışmada sınıflandırma Parven ve arkadaşları tarafından yapılan sınıflandırma değerleri referans alınarak gerçekleştirilmiştir. Parven ve arkadaşları (2012, s. 1047) havza uzunluk oranlarını havza şeklinin tespit edilmesi açısından 5 grupta ele almıştır:

1. 0,9 ≤ 1 = ‘’dairesel’’
2. 0,8 <0,9 = ‘’oval’’
3. 0,7 <0,8 = ‘’az uzun’’
4. 0,5 <0,7 = ‘’uzun’’
5. ≤ 0,5 = ‘’daha uzun’’

Daire alanı $A = \pi . r^2$ formülü ile elde edilir. Çoruh Havzası ile aynı alana sahip dairenin yarıçap uzunluğu ise $r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$ ’ye eşit olur. Çapı ise 2r’dir. Gerekli matematiksel işlemler yapıldığında Çoruh Havzası ile aynı alana (21.960 km²) sahip bir dairenin çapı 167,61 km olarak hesaplanmıştır.

Çoruh Havzası ve alt havzalara ait uzunluk oranları Tablo 2.7’de ve uzunluk oranlarının dağılımı Şekil 2.10’da verilmiştir. Çoruh Havzası uzunluk oranı 0,56 olarak hesaplanmıştır. Bulunan bu değer Çoruh Havzası’nın görece uzun bir geometrik şekle, yüksek rölyefe ve sarp arazilere sahip olduğunu göstermesi açısından önemlidir.

Şekil 2.10:Çoruh Nehri alt havzaları havza uzunluk oranı dağılımı



Tablo 2.7:Çoruh Havzası ve alt havzaları havza uzunluk oranları

Havza Adı	**A (km²)**	**L(km)**	**R_e**
Çoruh Havzası	21.960	298	0,56
Adzharis Çayı Alt Havzası	1.531	71,65	0,62
Aşağı Çoruh Alt Havzası	2.782	94	0,63
Berta Çayı Alt Havzası	2.296	62	0,87
Çoruh Çayı Alt Havzası	2.114	86,66	0,60
Oltu Çayı Alt Havzası	4.985	108	0,74
Orta Çoruh Alt Havzası	4.401	144	0,52
Tortum Çayı Alt Havzası	2.003	75	0,67
Yukarı Çoruh Alt Havzası	1.849	91	0,53

Çalışma sahasındaki alt havzaların uzunluk oranlarını incelendiğinde, alt havzaların havzaların yükseltileri ve eğimleri ile uzunluk oranlarının ilişkili olduğu anlaşılır. Yüksek uzunluk oranına sahip alt havzalar görece yüksek rölyef ve eğimin egemen olduğu sarp arazilerden oluşmaktadır. Bu bağlamda en yüksek akarsu erozyon faaliyetinin Berta ve Oltu alt havzalarında gerçekleşeceği en düşük akarsu erozyonunun ise Orta Çoruh Alt Havzasında gerçekleştiği düşünülmektedir. Berta Çayı Alt Havzası R_e değerine göre (0,87) oval görünüme sahip tek havzadır. Oltu Çayı Alt Havzası (0,74) ise az uzun görünüme sahip tek havzadır. Diğer tüm alt havzalar ise görece uzun görünümdedir (Şekil 2.10).

2.2.6. Havza Şekli (R_f)

Horton (1932, s. 355) tarafından geliştirilen bu indis, havza alanının maksimum havza uzunluğunun karesine oranlanmasıyla elde edilir.

$$R_f = \mathrm{A}/{L_b}^2$$

Formül içeriğinde;

‘’A’’ havza alanı (km²),

‘’L_b’’ ise havzaya ait maksimum uzunluğudur.

Havza içerisinde akım yoğunluğunu tahmin etmekte kullanılan bu indis aynı zamanda havzanın nasıl bir şekilsel karaktere sahip olduğu hakkında da bilgiler vermektedir (İmamoğlu, 2020, s. 874). Yani havzanın dairesel veya uzunlamasına bir

şekilde olduğunu belirlemeye yardımcı parametredir (Esen, 2022, s. 243). Böylelikle havzanın aşındırma gücü ve erozyon faaliyetleri hakkında dolaylı yoldan fikirler elde edilebilir (Uzun, 2019, s. 460).

R_f değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. İndis değerlerinin sıfır değerine yakınsaması uzunlamasına bir havza şeklini gösterirken bir veya bire yakın değerler havzanın kare veya dairesel şekilde olduğunu ifade etmektedir (Çelik, 2022, s. 121). Havza şekil değeri 0,22'den düşük olan yerler ince ve uzun havzalar olarak nitelendirilir ve dairesel havzalar için genelde bu değer 0,78'den daha düşük sonuçlanmaktadır (Yıldırım, 2018, s. 36). Değeri 0,80 ve üzeri ise havza dairesel şekle oldukça yakındır (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9).

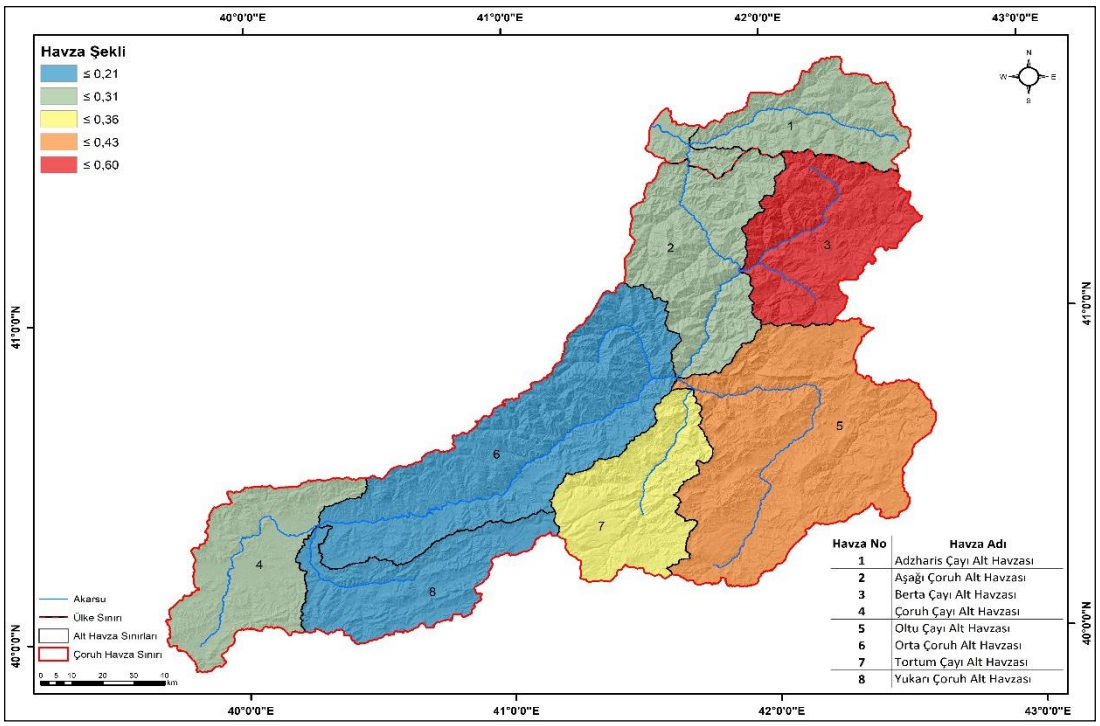
Havza şekli yağışların akarsulara oradan da mansap kısmına ulaşma hızı ve zamanını etkileyen bir parametredir (Yıldırım, 2018, s. 78; İmamoğlu, 2020, s. 874). Düşük R_f değerinin görüldüğü havzalarda düşük akımlarla birlikte tali yollardan kısa zaman içerisinde gelen sular, yüksek ve uzun süreli ana akımları oluşturur. Yüksek R_f değerin görüldüğü havzalarda ise tali yollardan yüksek akımla birlikte uzun zaman içerisinde gelen sular, kısa süreli ana akımları oluşturur. Bu havzalarda maksimum akım süresi de kısa olarak gözlenmektedir (Özdemir, 2011, s. 464). Düşük değerdeki havzalarda yan kollar genellikle az dizine sahip, kısa ve aralıklı olarak ana akarsuya bağlanırlar. Böyle bir drenaja sahip yerlerde, yoğun yağışlar sırasında suların aynı anda bir araya gelmesi ve büyük hacimli su kütlesine dönüşmesi engellenmiş olur. Yüksek değerdeki havzalarda ise sular kısa mesafelerde bir sonraki akıma dâhil olur ve aynı anda yoğun akımlarla bir araya gelir. Böylelikle de maksimum akım ile birlikte kısa süre içerisinde çok büyük hacimli su kütleleri oluşur (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 9). Bu nedenle sel ve taşkın duyarlılığı dairesel havzalarda daha yüksektir (Çelik, 2022, 122).

Tablo 2.8:Çoruh Havzasıve alt havzaları havza şekli

Havza Adı	**A(km²)**	**L(km)**	**L^2**	**R_f**
Çoruh Havzası	21.960	298	88.804	0,25
Adzharis Çayı Alt Havzası	1.531	71,65	5.134	0,30

Aşağı Çoruh Alt Havzası	2.782	94	8.836	0,31
Berta Çayı Alt Havzası	2.296	62	3.844	0,60
Çoruh Çayı Alt Havzası	2.114	86,66	7.510	0,28
Oltu Çayı Alt Havzası	4.985	108	11.664	0,43
Orta Çoruh Alt Havzası	4.401	144	20.736	0,21
Tortum Çayı Alt Havzası	2.003	75	5.625	0,36
Yukarı Çoruh Alt Havzası	1.849	91	8.281	0,22

Şekil 2.11:Çoruh Nehri alt havzaları havza şekli dağılımı



Çoruh Havzası ve alt havzalara ait şekil oranları Tablo 2.8'de ve havza şekil oranlarının dağılımı Şekil 2.11'de verilmiştir. Çoruh Havzasının R_f değeri 0,25 olup bu durum havzanın görece uzunlamasına geometride bir havza özelliği sergilediğini göstermektedir. Alt havzalarda ise R_f değerleri 0,21 ile 0,60 arasında değişmektedir. Bu değerler alt havzalarda da uzunlamasına geometrik şeklin baskın olduğunu göstermektedir. Çalışma alanındaki havzalarda belirlenen düşük R_f değerleri, bu sahalarda uzun süre boyunca yüksek akışın meydana geleceğini ifade etmektedir. Fakat Berta Çayı (0,60) ve Oltu Çayı (0,43) alt havzaları dairesel görünüme en yakın

şekle sahiptir. Bu havzalar kısa sürede yüksek akımların bir araya gelmesiyle birlikte sel ve taşkın duyarlılığı diğerlerine oranla daha yüksek olan alt havzalar olma özelliği sergilerler.

2.2.7. Gravelius Katsayısı (K_G)

Havzaya ait çevre uzunluğunun, havza ile aynı alana sahip dairenin çevre uzunluğuna oranlanmasıyla elde edilir (Karataş, 2017, s. 151).

$$K_G = P/2\sqrt{\pi * A}$$

Formülde;

P = Havza çevre uzunluğunu (km),

A = Havza alanını (km²) ifade etmektedir.

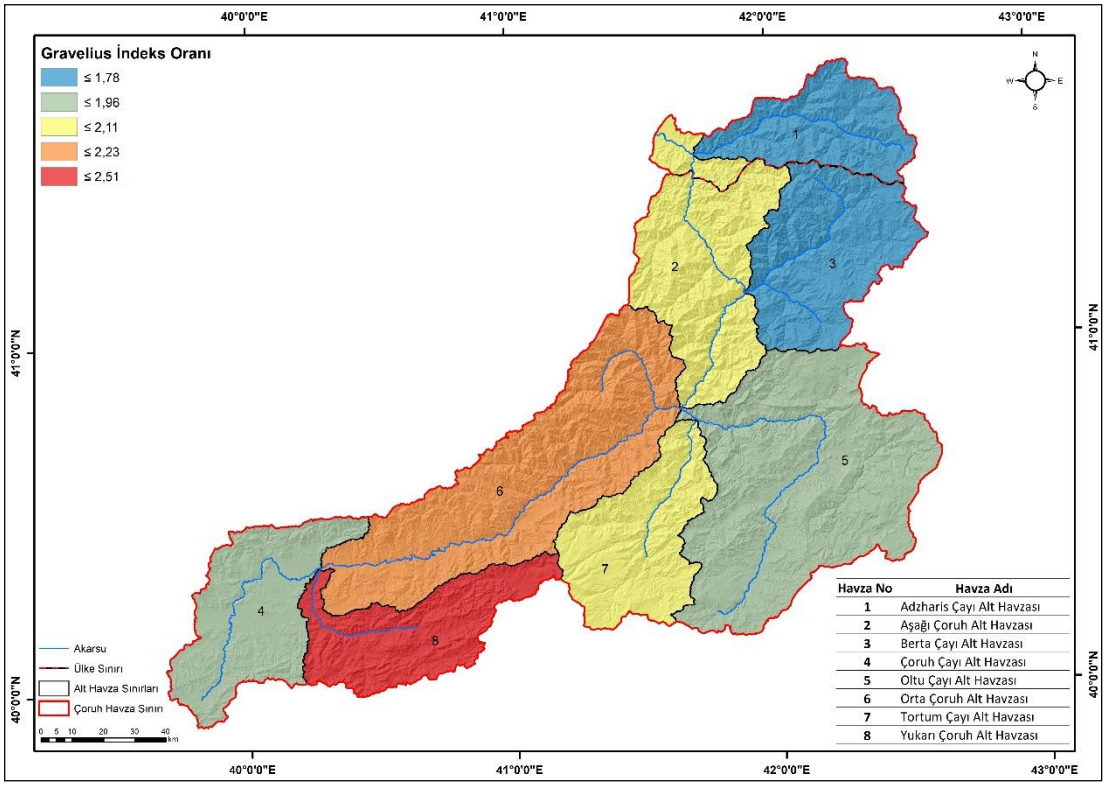
Doluluk katsayısı olarak da bilinen bu indis, havza şekil indekslerinden en çok bilinenlerden biri olup havzanın hidrografik özelliklerini etkilemektedir (Sabancı, 2022, s. 173). Rölyef özelliklerinin havza üzerinde gerçekleşen flüvyal aşınım süreçlerini ne şekilde etkilediği hakkında bilgi vermektedir. Bu değerlerin yüksek sonuçlanması havzada gerçekleşen aşınım faaliyetlerinde rölyefsel etkinin büyük olduğunu belirtmektedir (Çelik, 2022, s. 124; Uzun, 2019, s. 467).

İndis sonuçları genelde 1'den büyük değerler almaktadır (Veeranna vd., 2017, s. 1805; Sabancı, 2022, s. 173). Havzaya ait geometrik şekiller dairesele yakınlaştıkça tespit edilen değer 1'e yaklaşır (İmamoğlu, 2022, s. 874; Esen, 2022, s. 243). Su toplanma süresi fazla zaman almadığından, kısa sürede akım değerleri artar ve olası taşkın duyarlılığı yükselir. Yüksek akımların olduğu alanlarda akarsu erozyon faaliyetlerin görece daha hızlı gerçekleşmesi olağandır. Uzunlamasına havzalarda ise bu değer 1'den uzaklaşır (İmamoğlu, 2022, s. 874; Esen, 2022, s. 243). Akarsu erozyon faaliyetleri uzun sürede gerçekleşir ve taşkın duyarlılığı düşüktür (Veeranna vd., 2017, s. 1805; Sabancı, 2022, s. 173; İmamoğlu, 2022, s. 874; Esen, 2022, s. 243; Öztekinci ve Çoşkun, 2021, s. 276).

Tablo 2.9:Çoruh Havzası ve alt havzaları gravelius katsayıdeğerleri

Havza Adı	**P(km)**	**A**(km²)	$\mathbf{K_G}$
Çoruh Havzası	1.083	21.960	2,06
Adzharis Çayı Alt Havzası	252	1.531	1,82
Aşağı Çoruh Alt Havzası	395	2.782	2,11
Berta Çayı Alt Havzası	301	2.296	1,78
Çoruh Çayı Alt Havzası	319	2.114	1,96
Oltu Çayı Alt Havzası	482	4.985	1,92
Orta Çoruh Alt Havzası	524	4.401	2,23
Tortum Çayı Alt Havzası	320	2.003	2,02
Yukarı Çoruh Alt Havzası	382	1.849	2,51

Şekil 2.12:Çoruh Nehri alt havzalarında gravelius katsayısı dağılımı



Çoruh havzası için tespit edilen gravelius katsayısı 2,06'dır. Tespit edilen bu değer, havzaya ait çevre uzunluğunun kendisini iki katı uzunluğuna eriştirecek kıvrımlılığa sahip olduğunu belirtmektedir. Yani Çoruh Havzası'nın su bölüm çizgisi, rölyef ve zemin özellikleri bakımından % 100'den fazla uzama gösterecek şekilde girinti-çıkıntıya sahiptir. Bu bağlamda havzanın görece uzun geometrik bir şekle sahip olduğu ve flüvyal süreçlerin havza üzerinde son derece büyük etkisi olduğu net bir

şekilde anlaşılmaktadır. Akarsu ağlarının sık görünümde olması ve keskin sırtların yer alması litolojide düşük permabilitenin varlığını belirtirken yoğunluğunun fazla olduğunu da işaret etmektedir.

Alt havzalarda gravelius katsayı değerleri 1,78 ile 2,51 arasında değişmektedir. Tespit edilen sonuçlara göre en küçük değerde olan Berta Çayı alt havzası (1,78) dairesel şekle en yakın havzadır. Aynı zamanda çizgisel erozyon faaliyetleri fazla olduğu gibi akım toplanma süresi kısa ve taşkın duyarlılığı en yüksek alt havzadır. En yüksek değerde olan Yukarı Çoruh alt havzası (2,51) için tam tersi özellikler söz konusudur. Uzun şekle sahip olduğu gibi su toplanma süresinin uzun, akarsu erozyon faaliyetlerinin az ve taşkın duyarlılığının görece düşük olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 2.9 ve Şekil 2.12).

2.3. Relief Morfometrik İndisler

Relief parametreler drenaj havzaların üç boyutlu özelliklerini kapsamaktadır. Havzaların drenaj koşulları ve röliefsel özellikleri arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir (Özdemir, 2011, s. 464; Esen, 2022, s. 243; Öztekinci ve Çoşkun, 2021, s. 319). Rölief özellikler kapsamında Çoruh Havzası ve başlıca alt havzalarına havza reliefi ($B_{\square}$), relief oranı ($R_{\square}$), engebelilik değeri (R_n), akım toplanma zamanı (T_c), hipsometrik eğri (H_c) ve hipsometrik integral (H_i) indisleri uygulanarak havzaya ait değerler bulunmuştur. Elde edilen değerler birbirleriyle ilişkilendirilerek yoruma tabi tutulmuş ve havzaların hidrografik özellikleri hakkında çıkarımlarda bulunulmuştur.

2.3.1. Havza Reliefi (B_h)

Havza reliefi; drenaj havzasında en yüksek ve en alçak nokta arasındaki dikey mesafeyi temsil eder (Uzun, 2019, s. 465).

$$B_h = \mathrm{H}_{\mathrm{max.}} - \mathrm{H}_{\mathrm{min.}}$$

Formülde;

$\mathrm{H}_{\mathrm{max.}}$= Havzanın en yüksek noktası (m),

$\mathrm{H}_{\mathrm{min.}}$= Havzanın en alçak noktası (m)' dır.

Havzalara ait drenaj gelişimi, yer altı ve yüzeysel akış, infiltrasyon miktarı, jeomorfolojik evrim, bitki örtüsü yoğunluğu, toprak özellikleri, yağış miktarı ve şekli, iklim koşulları ve erozif aktiviteler gibi birçok özellik hakkında çıkarımlarda bulunulmasına olanak sağlamaktadır (İmamoğlu, 2020, s. 874; Polat, 2019, s. 355). Aynı zamanda havza reliefinin yüksek olduğu sahalar yatak eğiminin fazla olduğu dik yamaçları yansıttır. Bu alanlarda akım toplanma süresi kısa olduğu gibi gerçekleşen akımların debi oranı yüksektir (Çelik, 2022, s. 125; İmamoğlu, 2020, s. 874; Polat, 2019, s. 355). Aşındırma gücü fazla olan bu özellikteki havzalarda hidroelektrik enerji potansiyeli de fazladır (Geçen ve Ölmez, 2017, s. 217). B_h artışı daha dik yamaçları işaret etmektedir. Bu nedenle B_h değerinin yüksek çıkması yağıştan akışa geçen suyun çok daha hızlı bir süre içinde kanalize olarak akmasını ifade eder ki bu durum taşkın duyarlılığını arttırmaktadır (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 10).

Çoruh Havzası ve alt havzalarına ait havza relief değerleri Tablo 2.10'da ve relief grupları Şekil 2.13'de verilmiştir.

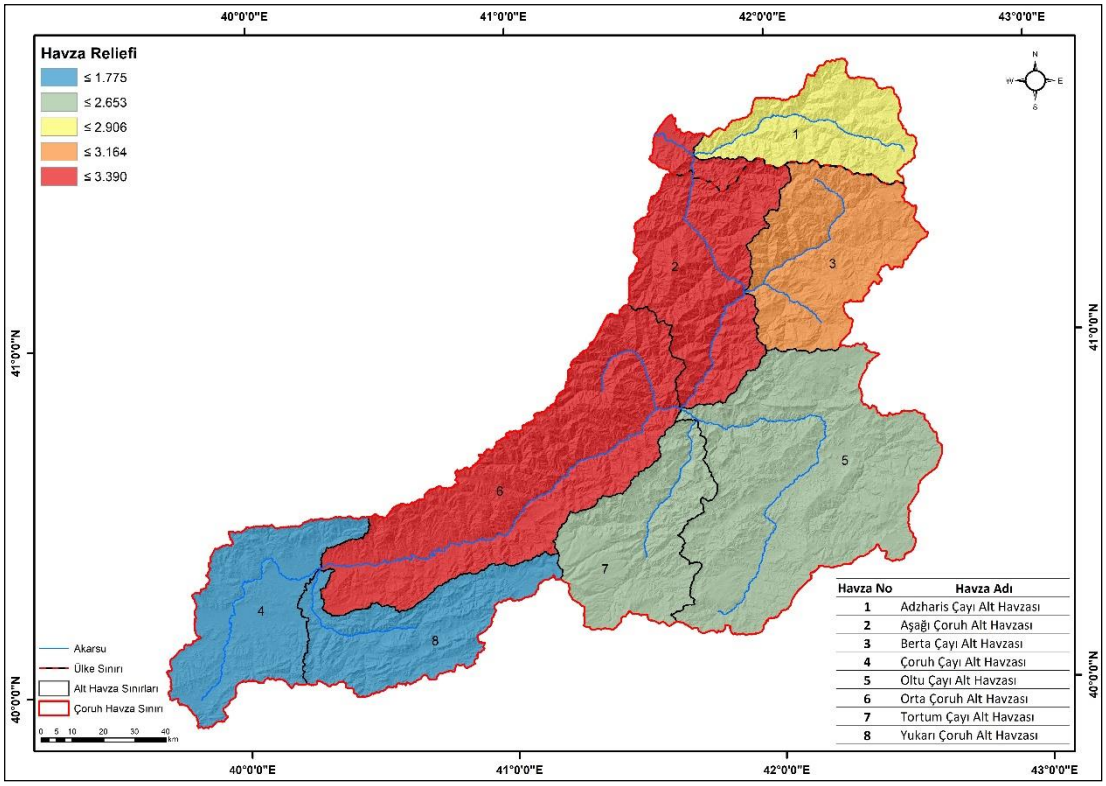
Tablo 2.10:Çoruh Havzasıve alt havzaları havza relief değerleri

Havza Adı	**H_{max}(m)**	**H_{min}(m)**	**B_h(m)**
Çoruh Havzası	3.890	0	3.890
Adzharis Çayı Alt Havzası	2.935	29	2.906
Aşağı Çoruh Alt Havzası	3.382	0	3.382
Berta Çayı Alt Havzası	3.385	221	3.164
Çoruh Çayı Alt Havzası	3.318	1.473	1.845
Oltu Çayı Alt Havzası	3.113	499	2.614
Orta Çoruh Alt Havzası	3.890	500	3.390
Tortum Çayı Alt Havzası	3.241	588	2.653
Yukarı Çoruh Alt Havzası	3.244	1.469	1.775

Çoruh Havzası sularını deniz seviyesine ulaştıran açık havza özelliği göstermektedir. Yani havzaya ait minimum yükseklik değeri sıfırdır. Bu nedenle havzanın maksimum yüksekliği (3.890 m.) aynı zamanda havza reliefini de yansıtmaktadır. Aynı şekilde havzanın mansap kısmını oluşturan Aşağı Çoruh Alt Havzası için de relief oranı 3.382 m olarak hesaplanmıştır. Alt havzalarda en düşük havza reliefi

Yukarı Çoruh Alt Havzası'nda (1.775 m.), en yüksek havza reliefi ise Orta Çoruh Alt Havzası'nda (3.390 m.) tespit edilmiştir. Havza genelinde relief değerlerinin yüksek bulunması, havzada önemli bir eğimin olduğunu ve yüzeysel aşındırma gücünün havza gelişiminde etkili olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle Çoruh Havzası kısa sürede yüksek debi oranı ile fazla akıma sahip olduğu gibi hidroelektrik potansiyeli oldukça yüksek olan havza özelliği sergilemektedir (Tablo 2.10 ve Şekil 2.13). Özellikle Orta Çoruh ve Aşağı Coruh alt havzaları görece daha yüksek hidroelektrik potansiyeline sahip havzalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şekil 2.13:Çoruh Nehri alt havzaları havza relief dağılımı



2.3.2. **Relief Oranı (R_h)**

Havzada sınırları içerisinde hesaplanan havza relief değeri ile havzaya ait maksimum kuş uçumu mesafenin oranlanmasıyla elde edilir (Pike ve Wilson, 1971, s. 1080; Schumm, 1956, s. 608; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 10).

$$R_h = \mathrm{H/L}$$

Formül içerisinde;

H = Havza reliefi (B_h)(m),

L = Havzaya ait maksimum uzunluğu (L_b) (m) ifade etmektedir.

Relief oranı; havzanın vadi oluşumu, engebe durumu, flüvyal ve erozyonel süreçleri ile birlikte eğim değerlerini yansıttığı gibi havza genelinde dağılışları hakkında karşılaştırmalı olarak çıkarımda bulunulmasını sağlar (Kaur vd., 2014, s. 373; Ekinci, 2005, s. 125; Özşahin, 2015, s. 110; Öztekinci ve Coşkun, 2021, s. 323). Dolayısıyla akarsu yatak eğimi, sediment taşıma hacmi ve miktarı, drenaj yoğunluğu ve uzunluk oranı arasındaki ilişki bu indis sayesinde yorumlanabilir (Uzun, 2019, s. 465).

Yüksek relief oranı, aşırı erozyon faaliyetlerinin görüldüğü yüksek eğimli cılız bitki örtüsüne sahip sarp arazileri ifade edebilir (Mahala, 2019, s. 12). Aynı zamanda bu oran, havza içerisinde akışta olan suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşme durumunu yansıtır (Parveen vd., 2012, s. 1048; Öztekinci ve Çoşkun, 2021, s. 323; Yıldırım, 2018, s. 82). Dik eğimli arazilerde yüzeysel akış hızlı gerçekleşebileceğinden, fazla erozyonel aktivite etkili olacakve yoğun şekilde sular drene olacaktır. Düşük rölyef oranı ise; su drenajının yavaş gerçekleştiği, düşük eğim değerine sahip, yoğun bitki örtüsü görülen, infiltrasyonun fazla olduğu ve yer altı su potansiyelinin daha etkin olduğu sahaları belirtmektedir (Parveen vd., 2012, s. 1048; Öztekinci ve Çoşkun, 2021, s. 323; Yıldırım, 2018, s. 82).

Morisawa (1962), homojen yapıda litolojiye sahip drenaj havzalarında akarsu dizin değerlerinin artış göstermesiyle, relief oranının düşüş gösterdiğini ortaya koymuştur.

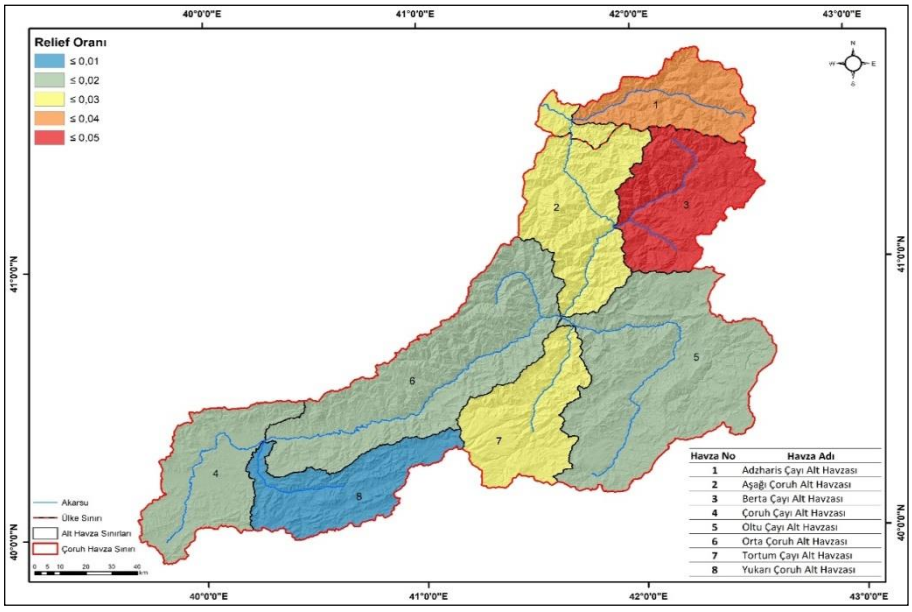
Tablo 2.11:Çoruh Havzası ve alt havzaları relief oranı değerleri

Havza Adı	**H (m)**	**L (m)**	**R_h**
Çoruh Havzası	3.890	298.000	0,01
Adzharis Çayı Alt Havzası	2.906	71.650	0,04
Aşağı Çoruh Alt Havzası	3.382	94.000	0,03
Berta Çayı Alt Havzası	3.164	62.000	0,05
Çoruh Çayı Alt Havzası	1.845	86.660	0,02
Oltu Çayı Alt Havzası	2.614	108.000	0,02
Orta Çoruh Alt Havzası	3.390	144.000	0,02

Tortum Çayı Alt Havzası	2.653	75.000	0,03
Yukarı Çoruh Alt Havzası	1.775	91.000	0,01

Belirtilen formül doğrultusunda Çoruh Havzası'nın reief oranı 0,01 olarak bulunmuştur. Aynı değer (0,01) alt havzalar arasında minimum değer olarak Yukarı Çoruh Alt Havzası'nda görülmektedir. Maksimum relief oranı ise 0,05 ile Berta Çayı alt havzasında belirlenmiştir. Çoruh Çayı, Oltu Çayı ve Orta Çoruh alt havzalarında ise 0,02 oranında aynı değerler elde edilmiştir. Daha öncede bahsedildiği gibi morfometrik indisler yardımıyla elde edilen sayısal değerler, birbirleriyle mukayeseye tabi tutularak ve sentezlenerek anlamlı hale gelebilmektedir. Bu nedenle maksimum ve minimum relief değerlerin sonuçlandığı havzaların karşılaştırılması neticesinde havzanın erozatif faaliyetleri, topografik özellikleri, flüvyal gelişimi, akım hızı, aşındırma ve biriktirme aktiviteleri gibi birçok konuda bilgi edinilebir. Alt havzalara ait maksimum relief oranları genellikle havza sınırlarını teşkil eden tepelerin bulunduğu sahaları oluşturmaktadır. Elde edilen değerlerin yüksek olduğu havzalar engebe ve eğimin fazla olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Arazinin özellikle doğu kesimleri oldukça eğimli bir yapıya sahiptir. Havza şekillenmesi açısından flüvyal faaliyetlerin etkisi bu alanlarda bariz ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda havza geneli yoğun debi oranı ve eğim değerleriyle birlikte hidroelektrik potansiyeli oldukça yüksek bir görünüm sergilemektedir (Tablo 2.11 ve Şekil 2.14).

Şekil 2.14:Çoruh Nehri alt havzaları relief oranı değeri dağılımı



2.3.3. Engebelilik Değeri (R_n)

Melton (1957, s. 28) tarafından bulunan bu indis, havza reliefi ve drenaj yoğunluğunu çarpma işlemine tabi tutularak elde edilmektedir.

$$R_n = B_h * D_d$$

Formülde;

B_h = Havza reliefi (km),

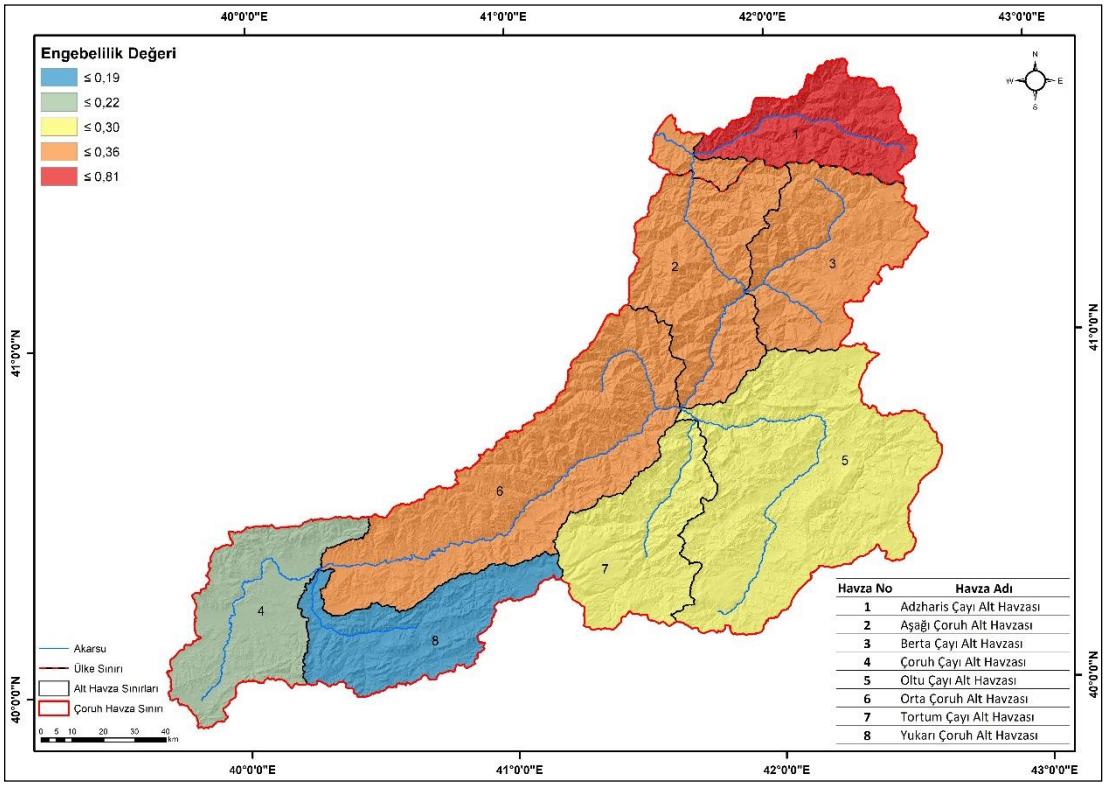
D_d= Drenaj yoğunluğunu (km/km²) ifade etmektedir.

Engebelilik değeri, drenaj havzalarına ait relief koşulları, erozyon potansiyeli, litolojik yapısı ve drenaj yoğunluğu gibi özellikler hakkında bilgiler vermektedir (Chitra vd., 2011, s. 318). Havza üzerinde eğim dağılımının anlaşılması, infiltrasyon potansiyeli ve akım ilişkisinin belirlenmesinde önemlidir. Sızma kapasitesi ve eğim oranıyla ters orantılıdır (Çelik, 2022, s. 127). Havzanın erozyonel faaliyetler sonucu yarılma derecesinin göstergesi olan bu indis değerini, yüksek relief ve drenaj yoğunluğu artırmaktadır (Reddy vd., 2004, s. 8; Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 11). Engebelilik değeri, alçak relief ve yüksek drenaj yoğunluğu olan havzalar ile yüksek relief ve düşük drenaj yoğunluğunun olduğu havzalarda yakın değerlerde sonuçlanmaktadır (Elbaşı ve Özdemir, 2015, s. 60). Alçak reliefteki havzalar yüksek oranda yarılmaların olduğu sahaları yansıtırken, daha az yarılma gösteren havzalar ise yüksek relief alanlarını göstermektedir. Aynı zamanda engebelilik değerinin artması pik akımlarının artmasına olanak sağlamakla birlikte erozyonel faaliyetlerin etkinliğini yükseltmesine sebep olmaktadır (Jothimani vd., 2021, s. 360; Özdemir, 2011, s. 465; Özdemir ve Bird, 2009, s. 1412; Patton ve Baker, 1976, s. 951). Ayrıca engebelilik değerinin yüksek olduğu alanlar aynı zamanda sel ve taşkın duyarlılığının da yüksek olduğu alanlara işaret etmektedir. Düşük engebelilik değerinin belirlendiği alanlarda ise durum tam tersidir (İmamoğlu, 2020, s. 874; Elbaşı ve Özdemir, 2015, s. 60; Esen, 2022, s. 244).

Çoruh Havzası'nın engebelilik değeri 0,43 olarak bulunmuştur. Alt havzalarda maksimum R_n değeri 0,81 ile Adzharis Çayı alt havzasında, minimum değer ise 0,19 ile Yukarı Çoruh alt havzasında tespit edilmiştir. Sadece alt havzalar dikkate alındığında ortalama R_n değeri 0,36, medyan değer ise 0,325'dir. Bu indis hesabında

drenaj yoğunluğu ve havza reliefi dikkate alındığından havza sınırları içerisinde yükselti fark değerleri önemlidir. Havzadaki zirve noktaların reliefi ne kadar yüksek ve akarsu vadi taban seviyesi ne kadar düşük ise havzanın engebelilik değeri bu ilişkiye göre artış göstermektedir (Çelik, 2022, s. 128). Aynı şekilde drenaj yoğunluk değerleri de bu etkiye sahiptir. Drenaj ağları gelişmiş olan havzalarda ilk dizinlerin çokluğu arazinin fazla yarıldığını göstermektedir. (Öztekinci ve Çoşkun, 2021, s. 327). Bu bakımdan Çoruh Havzası'nda fazla parçalanma ve erozyon faaliyetlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca vadi yoğunluğu ve relief değerlerinin yüksekliğinin, engebelilik değerini yükseltmeye yönelik olarak tetiklediği düşünülmektedir. Havzalarda genel manada akım pikleri fazla olduğu gibi sel ve taşkın duyarlılığı da yüksektir. Aynı zamanda akarsu debi ve erozyon faaliyetleri göz önünde bulundurulduğunda hidroelektrik enerji potansiyeli yüksektir. Havza üzerinde hâlihazırda işletilen ve yapım aşamasında olan HES'lerin varlığı ise bu durumu kanıtlar niteliktedir (Tablo 2.12 ve Şekil 2.15).

Şekil 2.15:Çoruh Nehri alt havzaları engebelilik değeri dağılımı



Tablo 2.12:Çoruh Havzası ve alt havzaları engebelilik değerleri

Havza Adı	**B_h (km)**	**D_d**	**R_n**
Çoruh Havzası	0,3890	1,12	0,43
Adzharis Çayı Alt Havzası	0,2906	2,80	0,81
Aşağı Çoruh Alt Havzası	0,3382	1,06	0,36
Berta Çayı Alt Havzası	0,3164	1,12	0,35
Çoruh Çayı Alt Havzası	0,1845	1,21	0,22
Oltu Çayı Alt Havzası	0,2614	1,17	0,30
Orta Çoruh Alt Havzası	0,3390	1,07	0,36
Tortum Çayı Alt Havzası	0,2653	1,11	0,29
Yukarı Çoruh Alt Havzası	0,1775	1,10	0,19

2.3.4. Akım Toplanma Zamanı (T_c)

Akım toplanma zamanı; havza sınırları içerisinde memba ve mansap kısımları arasında en uzak mesafede akışa geçen suyun ne kadar sürede drene edildiğini gösterir (Fang, 2007, s. 314; Utlu ve Özdemir, 2018, s. 58; Toprak, 2015, s. 105).

$$T_c = 0{,}0195 * L^{1.15} / S^{0{,}385}$$

Formülde;

L = Ana akarsu uzunluğu (L_m) (m),

S = Havza eğimi (S_l)' dir.

Bu sürenin belirlenmesinde literatürde birçok formül geliştirilmiştir (Grimaldi vd., 2012, s. 221). Bunların en çok kullanılanı Kirpich (1940) formülüdür. Jeoloji, toprak, iklim, akarsu yatağının şekli, havza üzerinde yer alan arızalar, relief ve eğim özellikleri gibi birçok faktör akım toplanma süresini etkilemektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 10; Esen, 2022, s. 244). Akışın gerçekleştiği yüzey bitki örtüsünden yoksun beton veya asfalt tarzı yapılarla kaplı ise sular yüzeysel akışa çabuk yönelir ve akım toplanma süresi kısalır. Ancak bitki örtüsü yoğun ve şehirleşmenin olmadığı sahalarda suyun havza içerisinde oyalanması uzun sürer. Dolayısıyla akım toplanma süresi de uzamaktadır. Ancak şehirleşmenin etkisiyle beşeri faaliyetler sonucu oluşturulan yapay yataklar, suyun sürtünme gücünü azaltarak hızlı hareket etmesine dolayısıyla da akım toplanma süresini hızlandırmaktadır. Bir diğer önemli etken olan eğim faktörüyle akım toplanma zamanı ters orantılıdır. Akım toplanma süresinin

düşük olduğu alanlarda eğim değerleri fazla; sürenin yüksek olduğu alanlarda ise eğim değerleri düşüktür (Özdemir, 2011, s. 466). Benzer özelliklere jeoloji ve toprak faktörlerinde de bahsedebiliriz. Çatlaklı ve kireçtaşlarından oluşan sahalarda, sular yeraltına sızma eğilimi göstererek yüzeysel akışı azaltmaktadır. Hatta bu alanlarda seyelan oluşumuna hiç rastlanmaz. Böyle sahalarda akım toplanma zamanı uzun sürer. Buna karşın geçirimsiz ve çatlaksız yapıdaki alanlarda sular yüzeysel akışa çabuk geçme eğilimi gösterirler. Bu havzalarda ise akım toplanma süresi kısadır. Killi yapıda olan toprak sahalarda sızma minimum düzeyde olduğundan toprak yüzeyi hemen doygun hale gelip şişme özelliği göstererek suların akış hızını artırmaktadır. Fakat kumlu sahalarda infiltrasyon fazla gerçekleştiğinden suların ilerleme hızı yavaş olmakta ve mansaba ulaşma süresi uzun sürmektedir (Öztekinci ve Çoşkun, 2021, s. 328). Taşkın duyarlılık seviyesi ile akım toplanma süresi birbirlerine ters etki göstermektedir. T_c değerinin yüksek bulunduğu sahalarda taşkın duyarlılığı azdır. Düşük T_c değerinin tespit edildiği sahalarda ise taşkın duyarlılığı fazladır (Turoğlu ve Aykut, 2019, s. 10).

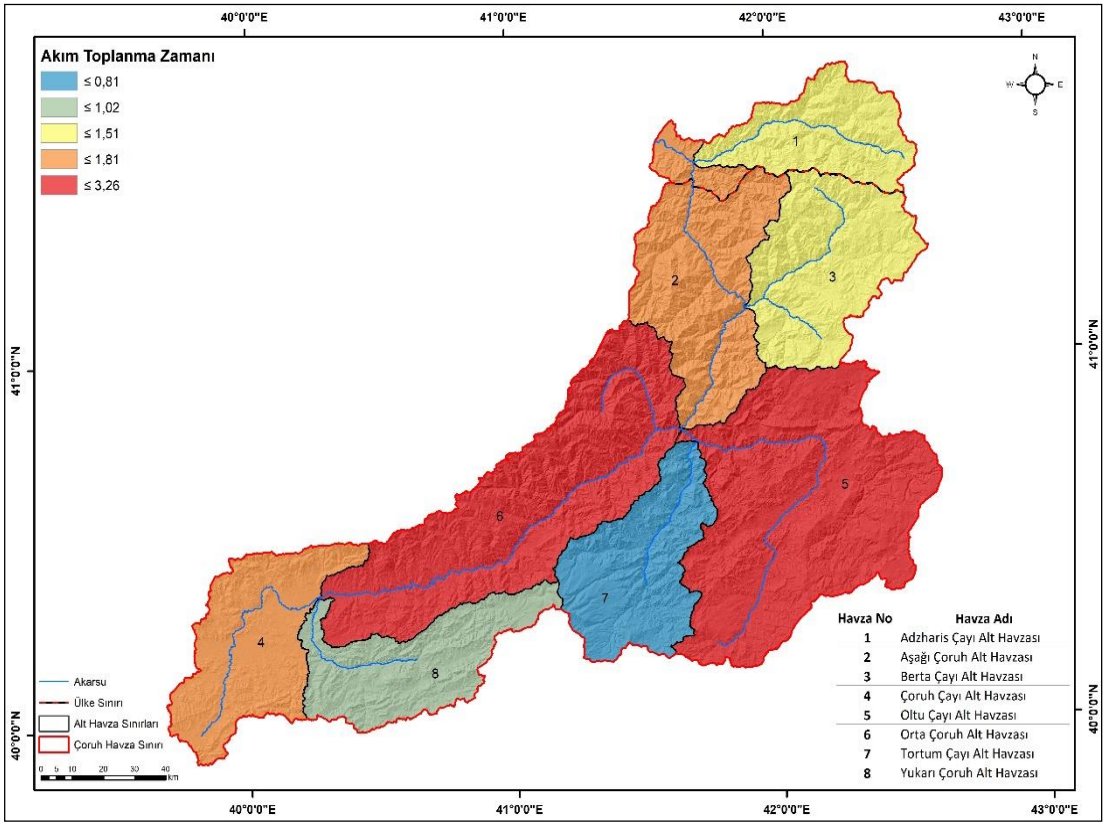
Tablo 2.13:Çoruh Havzası ve alt havzaları akım toplanma zamanları

Havza Adı	**L_m(m)**	**S_l**	**T_c(dk)**	**T_c(s)**
Çoruh Havzası	363.870	1,07	363,62	6,06
Adzharis Çayı Alt Havzası	99.041	2,93	90,58	1,51
Aşağı Çoruh Alt Havzası	121.803	2,78	108,40	1,81
Berta Çayı Alt Havzası	93.691	3,38	82,15	1,37
Çoruh Çayı Alt Havzası	96.916	1,90	105,25	1,75
Oltu Çayı Alt Havzası	154,658	1,69	157,80	2,63
Orta Çoruh Alt Havzası	203.302	1,67	195,68	3,26
Tortum Çayı Alt Havzası	56.244	4,72	48,76	0,81
Yukarı Çoruh Alt Havzası	59.908	2,96	61,27	1,02

Çoruh Havzası sınır aşan havza özelliğinde olup, sularını Batum şehrinde Karadeniz'e ulaştırarak açık havza özelliği de göstermektedir. Sınır aşan ve açık havza özelliği gösteren tek alt havza ise Aşağı Çoruh'tur. Aşağı Çoruh alt havzası

sularını denize ulaştırırken Tortum Çayı alt havzası sularını Oltu Çayı alt havzasına dökmektedir. Böylelikle Oltu Çayı iki alt havzaya ait suları ana akarsuya ulaştırmaktadır. Ancak havza sınırlarının farklı olması sebebiyle, indis hesaplaması da ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Diğer alt havzaların sularını döktüğü mansap kısmını ana akarsu kolu oluşturmaktadır. Bulunan akım toplanma zamanları detaylı olarak tabloda gösterilmiştir. Uygulanan indis sonucuna göre Çoruh Havzası'nda bir su damlasının memba kısmından mansap kısmına ulaşıncaya kadarki aldığı süre 6 saat 6 dakika olarak hesaplanmıştır. Alt havzalarda akım toplanma süresi en kısa Tortum Çayı alt havzasında (48 dakika) tespit edilmiştir. Orta Çoruh alt havzasının (3 saat 26 dakika) ise sularını en uzun sürede drene ettiği görülmüştür. Hesaplamalar gerçekleştirilirken havza üzerindeki insan faaliyetleri dikkate alınmayarak mevcut doğal ortam koşullarına göre yapılmıştır. Bu sürelerin havza sınırları içerisinde doğal olarak gerçekleşen değişikliklere ve beşeri faaliyetlerin etkisine göre değişmesi beklenmektedir (Tablo 2.13 ve Şekil 2.16).

Şekil 2.16:Çoruh Nehri alt havzaları akım toplanma zamanları dağılımı



2.3.5. Hipsometrik Eğri (H_c)

İlk olarak hipsometrik eğrilerin oluşturulması, 1854 yılında Earl Eoritska'nın dikey yönlü olan ortalama kabartma reliefini analiz etmek için, yatay yönde bölümler oluşturulması gerektirdiği fikrine dayanmaktadır (Zavoianu, 1978, s. 185). Daha sonraları koordinat sistemini geliştiren Albert de Lapparent'in birkaç kontur çizgisiyle belirlenmiş sahaları tek bir eğriye dönüştürmesine dayanır. Drenaj kabartma grafiği olarak da adlandırılan hipsometrik eğri, farklı yükseklik gruplarındaki havza alanlarının yüzdesel değerlerinin grafiksel olarak gösterimidir (Zavoianu, 1978, s. 185). John Murray tarafından 1888 yılında hipsometrik eğrilerin açıklayıcı ve faydalı olabileceği düşüncesiyle deniz yatakları için çalışmalar yapmıştır (Zavoianu, 1978, s. 187). Aynı zamanda Langbein (1947, s. 140), erozyon ve hidrolojik araştırmalar açısından hipsometrik eğrilerin faydalı olduğuna dair çalışmalarda bulunmuştur. Strahler (1952) ve Schum (1956), birçok çalışmalarında drenaj havzalarının jeomorfolojik evrimi hakkında bilgiler edinme konusunda, hipsometrik eğrilerin analiz, kıyaslama ve yorumlama açısından faydalı olduğuna değinmişlerdir.

Drenaj havzasının relief özelliklerini alansal açıdan yansıtan hipsometrik eğri, havzanın evrimi ve üzerinde gerçekleşen aşınım faaliyetleri hakkında bilgi vermektedir (Strahler, 1952, s. 1119; Strahler, 1957, s. 920). Eğri, koordinat ekseninde apsis ve ordinatların belirlenmesi temeline dayanır. Relief değerleri ordinat kısmında metrik olarak işaretlenirken, apsis kısmında değeri girilen yüksekliğin alansal karşılığı da metrekare cinsinden işlenir. Bunların sonucunda düşey yönde kümülatif bir eğri çizilmekte ve eğri üzerindeki her bir nokta kendi relief değerine göre yüzeyde kapladığı alanına karşılık gelmektedir (Elbaşı, 2015, s. 62; Zavoianu, 1978, s. 185). Koordinat sistemine yerleştirilen değerler sol üst köşeden (x=0, y=1) itibaren sağ alt köşeye (x=1, y=0) doğru ulaşacak şekilde bir eğri oluşturmalıdır. Böylece çizilen eğri basitçe tepeden tabana kadar havza yüzeyinde bulunan kara kütlesi hacminin dağılışını ortaya koymaktadır (Elbaşı, 2015, s. 62; Zavoianu, 1978, s. 185). Eğri oluşturulurken apsis ve ordinata yerleştirilen alan ve yükselti değerleri kendi cinsleriyle oranlanarak yazılır. Böylece oranlamalar 0 ile 1 arasında boyutsuz bir değere ulaşır ve havzanın yeryüzünde başka bir havzalarla

kıyaslanmasına olanak sağlanır. Aynı zamanda oransal yöntemle çizilen hipsometrik eğri, havzaya ait şekil, alan ve yükselti değerlerinden bağımsız şekilde normalize edilmiştir. (Strahler, 1952, s. 1119; Strahler, 1957, s. 920; Köle, 2016, s. 24; Özdemir, 2011 s. 466; Elbaşı, 2015, s. 62; Zavoianu, 1978, s. 185).

$$x = a/A \qquad y = h/H$$

Formüllerde;

h = Dikkate alınan yükselti seviyesi (m),

H = Havzaya ait maksimum yüksekli seviyesi(m),

a = Değerlendirilen yükseklik üzerindeki gerçek alan (km²),

A = Havzanın toplam alanını (km²)

x = Rölatif alan,

y = Rölatif yüksekliği ifade etmektedir (Şekil 2.17).

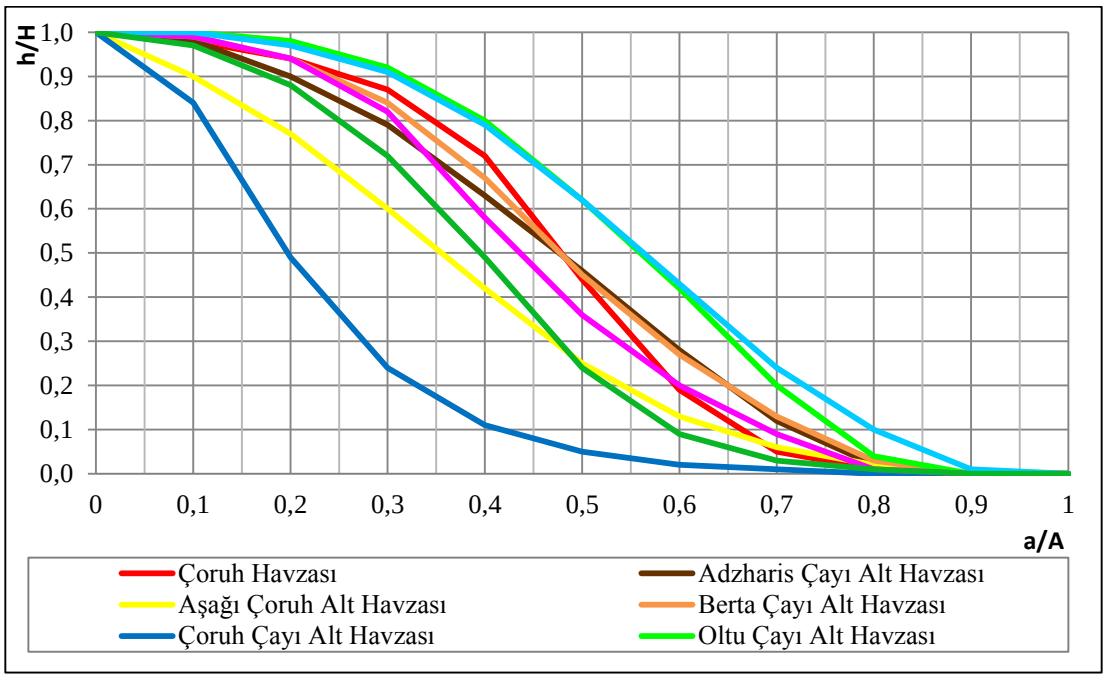
Havza sınırları içerisinde dikkate alınan yükselti seviyesinin, havzanın maksimum yüksekliğine oranlanmasıyla rölatif yükseklik değeri elde edilir. Yine dikkate alınan yüksekliğin alansal değerinin havzanın toplam alanına oranlanmasıyla da rölatif alan değerleri bulunur. Rölatif yükseklik ve rölatif alan değerlerinin koordinat sistemine yerleştirilerek birlikte değerlendirilmesiyle de hipsometrik eğriler elde edilir (Öztekinci ve Coşkun, 2021, s. 330; Özdemir, 2011, s. 466).

Elde edilen hipsometrik eğriler jeomorfolojik ve tektonik parametrelerin etkisiyle şekil almaktadır. Dışbükey (konveks) şekle sahip eğriler, dış kuvvetlerin etkisiyle aşındırma faaliyetlerinin fazla olduğu sahaları temsil ederken, içbükey (konkav) şekle sahip eğriler, aşındırma sonucu taşınan materyallerin birikim alanlarını göstermektedir. Konveks yapıdaki havzalarda akarsu akım gücüne bağlı olarak sel karakterli su baskınları etken olurken, konkav yapıdaki havzalarda taşkın karakterli su baskınları etkili olmaktadır. (Strahler, 1952, s. 1121; Özdemir, 2011, s. 466; Öztekinci ve Coşkun, 2021, s. 330).

Konveks şekilde hipsometrik eğriye sahip drenaj havzalarının fizyografik yaşı genç ve akarsu akım gücü yüksektir. Bu havzalarda yüksek su erozyonuyla birlikte taşınan sediment miktarı fazladır. Konkav şekilde eğriye sahip havzalarda ise durum tam tersidir (İmamoğlu, 2020, s. 873). Bu drenaj havzaları fizyografik olarak peneplen

evresinde olmakla birlikte, akarsu akım gücünün düşük olması nedeniyle sediment birikim sahalarını göstermektedir (İmamoğlu, 2020, s. 873; Elbaşı, 2015, s. 62; Polat, 2019, s. 359; Çelik, 2022, s. 128). Hipsometrik eğrisi ‘’S’’ şekilde olan havzalar ise olgunluk seviyesindedir (Köle, 2016, s. 24). İçbükey ve dışbükey eğrilerin varlığı, havza içerisinde aşınım faaliyetlerinin yüksekliğiyle birlikte, dar ve derin akarsu vadilerinin gelişim gösterdiğine işaret etmektedir (Geçen ve Ölmez, 2017, s. 219).

Şekil 2.17:Çoruh Havzası ve alt havzaları hipsometrik eğrileri (H_c)



Çoruh Havzası hipsometrik eğrisinin ‘’S’’ şekline benzer olması, havzaya ait jeomorfolojik gelişim yaşının görece olgun seviyede olduğunu ve akarsu aşındırma faaliyetlerinin havza üzerinde hala etkin olduğunu kanıtlar niteliktedir. Havza sınırları içerisinde dar ve derin akarsu vadilerinin varlığı bu durumu desteklemektedir. Rölatif yüksekliğin 0,7-1 arasında olduğu yükseltisi 2.723 metreden fazla sahalar konveks şekilde eğriyi temsil ederek genç, 0-0,2 arasında kalan 778 metreden düşük seviyedeki sahalar ise konkav yapıda eğriyi göstererek yaşlı topografyada olduğunu belirtmektedir. Grafikte dikkat çeken en dik eğime sahip 0,2-0,7 arasında kalan 778 ve 2.723 metre yükseklikleri arasında kalan alanların ise olgun topografya sahalarını ifade etmektedir (Şekil 2.17).

Benzer hipsometrik eğri geometrisinin, Çoruh Çayı Alt Havzası hariç diğer alt havzalarda görülmesi, neredeyse havzanın tamamının jeomorfolojik bakımdan olgun bir safhada olduğunu belirtmektedir. Çoruh Çayı alt havzasına ait hipsometrik eğri konkav şekilde özellik göstermektedir. Bu durum havza içerisinde eğim ve akarsu akımlarının düşük olduğunu gösterirken; bunun sonucunda akarsu aşındırma faaliyetlerinin görece düşük olduğunu belirtmektedir. Çalışma sahası ve alt havzalara ait hesaplamalar sonucunda elde edilen H_c parametreleri sırasıyla Tablo 2.14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22'de verilmiştir.

Tablo 2.14:Çoruh Havzası hipsometrik eğri (H_c) parametreleri

h (m)	H (m)	a	A	Rölatif Yükseklik	Rölatif Alan
0	3890	22.051,95	21.960,00	0,00	1,00
389,1	3890	21.656,49	21.960,00	0,10	0,99
778	3890	20.838	21.960,00	0,20	0,95
1.167	3890	19.215,63	21.960,00	0,30	0,88
1.556	3890	15.945,94	21.960,00	0,40	0,73
1.945	3890	9.789,33	21.960,00	0,50	0,45
2.334	3890	4.149,49	21.960,00	0,60	0,19
2.723	3890	1.024,37	21.960,00	0,70	0,05
3.112	3890	130,11	21.960,00	0,80	0,01
3.501	3890	2,66	21.960,00	0,90	0,00
3.890	3890	0,00	21.960,00	1,00	0,00

Tablo 2.15: Adzharis Çayı alt havzası hipsometrik eğri (H_c) parametreleri

h (m)	H (m)	a	A	Rölatif Yükseklik	Rölatif Alan
29	2.935	1.530,61	1.530,61	0,01	1,00
319,6	2.935	1.492,69	1.530,61	0,11	0,98
610,2	2.935	1.381,35	1.530,61	0,21	0,90
900,8	2.935	1.207,77	1.530,61	0,31	0,79
1.191	2.935	966,46	1.530,61	0,41	0,63
1.482	2.935	698,87	1.530,61	0,50	0,46
1.773	2.935	426,81	1.530,61	0,60	0,28
2.063	2.935	180,92	1.530,61	0,70	0,12
2.354	2.935	38,13	1.530,61	0,80	0,02
2.644	2.935	1,78	1.530,61	0,90	0,00
2.935	2.935	0	1.530,61	1,00	0,00

Tablo 2.16:Aşağı Çoruh alt havzası hipsometrik eğri (H_c) parametreleri

h (m)	H (m)	a	A	Rölatif Yükseklik	Rölatif Alan
0	3.382	2.873,56	2.782,00	0,00	1,03
338,2	3.382	2.593,35	2.782,00	0,10	0,93
676,4	3.382	2.203,60	2.782,00	0,20	0,79
1.015	3.382	1.721,92	2.782,00	0,30	0,62
1.353	3.382	1212,28	2.782,00	0,40	0,44
1.691	3.382	725,64	2.782,00	0,50	0,26
2.029	3.382	378,48	2.782,00	0,60	0,14
2.367	3.382	171,09	2.782,00	0,70	0,06
2.706	3.382	56,3	2.782,00	0,80	0,02
3.044	3.382	7,92	2.782,00	0,90	0,00
3.382	3.382	0	2.782,00	1,00	0,00

Tablo 2.17: Berta Çayı alt havzası hipsometrik eğri (H_c) parametreleri

h (m)	H (m)	a	A	Rölatif Yükseklik	Rölatif Alan
221	3.385	2.295,85	2.295,85	0,07	1,00
537,4	3.385	2.267,97	2.295,85	0,16	0,99
853,8	3.385	2.159,88	2.295,85	0,25	0,94
1170	3.385	1.919,77	2.295,85	0,35	0,84
1.487	3.385	1.531,93	2.295,85	0,44	0,67
1.803	3.385	1.036,66	2.295,85	0,53	0,45
2.119	3.385	626,22	2.295,85	0,63	0,27
2.436	3.385	304,48	2.295,85	0,72	0,13
2.752	3.385	59,35	2.295,85	0,81	0,03
3.069	3.385	3,65	2.295,85	0,91	0,00
3.385	3.385	0	2.295,85	1,00	0,00

Tablo 2.18:Çoruh Çayı alt havzası hipsometrik eğri (H_c) parametreleri

h (m)	H (m)	a	A	Rölatif Yükseklik	Rölatif Alan
1.473	3.318	2.113,91	2.113,91	0,44	1,00
1.658	3.318	1.769,29	2.113,91	0,50	0,84
1.842	3.318	1.037,38	2.113,91	0,56	0,49
2.027	3.318	512,11	2.113,91	0,61	0,24
2.211	3.318	239,57	2.113,91	0,67	0,11
2.396	3.318	104,89	2.113,91	0,72	0,05
2.580	3.318	39,33	2.113,91	0,78	0,02
2.765	3.318	13,76	2.113,91	0,83	0,01
2.949	3.318	5,15	2.113,91	0,89	0,00
3.134	3.318	0,31	2.113,91	0,94	0,00
3.318	3.318	0	2.113,91	1,00	0,00

Tablo 2.19: Oltu Çayı alt havzası hipsometrik eğri (H_c) parametreleri

h (m)	H (m)	a	A	Rölatif Yükseklik	Rölatif Alan
499	3.113	4.985,01	4.985,01	0,16	1,00
760,4	3.113	4.968,83	4.985,01	0,24	1,00
1.022	3.113	4.891,07	4.985,01	0,33	0,98
1.283	3.113	4.581,36	4.985,01	0,41	0,92
1.545	3.113	3.984,78	4.985,01	0,50	0,80
1.806	3.113	3.097,08	4.985,01	0,58	0,62
2.067	3.113	2.095,77	4.985,01	0,66	0,42
2.329	3.113	1.000,91	4.985,01	0,75	0,20
2.590	3.113	203,95	4.985,01	0,83	0,04
2.852	3.113	6,55	4.985,01	0,92	0,00
3.113	3.113	0	4.985,01	1,00	0,00

Tablo 2.20: Orta Çoruh alt havzası hipsometrik eğri (H_c) parametreleri

h (m)	H (m)	a	A	Rölatif Yükseklik	Rölatif Alan
500	3.890	4.400,48	4.400,48	0,13	1,00
839	3.890	4.341,56	4.400,48	0,22	0,99
1.178	3.890	4.142,86	4.400,48	0,30	0,94
1.517	3.890	3.588,04	4.400,48	0,39	0,82
1.856	3.890	2.571,29	4.400,48	0,48	0,58
2.195	3.890	1.605,18	4.400,48	0,56	0,36
2.534	3.890	872,88	4.400,48	0,65	0,20
2.873	3.890	377,12	4.400,48	0,74	0,09
3.212	3.890	55,84	4.400,48	0,83	0,01
3.551	3.890	1,7	4.400,48	0,91	0,00
3.890	3.890	0	4.400,48	1,00	0,00

Tablo 2.21: Tortum Çayı alt havzası hipsometrik eğri (H_c) parametreleri

h (m)	H (m)	a	A	Rölatif Yükseklik	Rölatif Alan
588	3.241	2.002,81	2.002,81	0,18	1,00
853,3	3.241	1.992,96	2.002,81	0,26	1,00
1.119	3.241	1.945,17	2.002,81	0,35	0,97
1.384	3.241	1.826,15	2.002,81	0,43	0,91
1.649	3.241	1.586,98	2.002,81	0,51	0,79
1.914	3.241	1.246,77	2.002,81	0,59	0,62
2.180	3.241	863,29	2.002,81	0,67	0,43
2.445	3.241	487,59	2.002,81	0,75	0,24
2.710	3.241	208,42	2.002,81	0,84	0,10
2.976	3.241	29,56	2.002,81	0,92	0,01
3.241	3.241	0	2.002,81	1,00	0,00

Tablo 2.22: Yukarı Çoruh alt havzası hipsometrik eğri (H_c) parametreleri

h (m)	H (m)	a	A	Rölatif Yükseklik	Rölatif Alan
1.469	3.244	1.849,43	1.849,43	0,45	1,00
1.647	3.244	1.787,15	1.849,43	0,51	0,97
1.824	3.244	1.632,62	1.849,43	0,56	0,88
2.002	3.244	1.334,94	1.849,43	0,62	0,72
2.179	3.244	900,50	1.849,43	0,67	0,49
2.357	3.244	447,73	1.849,43	0,73	0,24
2.534	3.244	172,27	1.849,43	0,78	0,09
2.712	3.244	62,57	1.849,43	0,84	0,03
2.889	3.244	23,36	1.849,43	0,89	0,01
3.067	3.244	2,22	1.849,43	0,95	0,00
3.244	3.244	0	1.849,43	1,00	0,00

2.3.6. Hipsometrik İntegral (H_i)

Hipsometrik integral, rölatif alan ve yükseklik korelâsyonuyla elde edilen eğriler altındaki alanın oransal olarak sayısal ifadesine karşılık gelmektedir (Çelik, 2022, s. 128; Elbaşı, 2015, s. 66). Hipsometrik eğrileri karakterize etmek için kullanılan en basit yöntemdir (Özdemir, 2011, s. 466). Ortalama havza yükseltisi ile minimum yükseklik farkının, maksimum ve minimum değerler farkıyla elde edilen havza reliefi indisi ile oranlanması sonucunda bulunmaktadır (Aydın, 2008, s. 46; Pike vd., 1971, s. 1080).

$$H_i = \bar{H} - H_{min.} / H_{max.} - H_{min.}$$

Formülde;

$\bar{H}$ = Ortalama havza yükseltisini (m),

$H_{min.}$ = Minimum yüksekliği (m),

$H_{max.}$ = Maksimum yüksekliği (m) ifade etmektedir.

Hipsometrik eğrileri karakterize eden hipsometrik integral değerlerinin incelenmesi sonucunda havzaya ait, jeomorfoljik yaş evresi, flüvyal aktiviteler ve erozyonel faaliyetler neticesinde gerçekleşen sedimet birikimi ve boyutları hakkında yorumlamalarda bulunulabilir (Öztekinci ve Coşkun, 2021, s. 331). H_i değerlerinde büyük sonuçlar elde edilmesi dikkate alınan topografyanın fizyografik yaşının gençlik evresinde olduğundan ve düşük değerde sonuçlanan hipsometrik integralde ise sahanın olgunluğundan bahsetmek mümkündür (Singh vd., 2008, s. 1555; Pareta ve Pareta, 2012, s. 52; Strahler, 1952, s. 1118; Yıldırım, 2018, s. 83; Altıparmak ve

Türkoğlu, 2018, s. 373). Topoğrafya yüksekliği hakkında bilgi veren hipsometrik integral değerleri 0 ile 1 arasında değerlerle sonuçlanmaktadır. Bu indis drenaj havzalarının aşınım döngüsü içindeki alanların topografik karşılıklarını açıklayabilmek için önemlidir (Uzun, 2019, s. 467; Polat, 2019, s. 361). Jeomorfolojik yaşı genç olan drenaj havzaları, erozyon faaliyetlerinin yüksek olduğu aktif tektonik sahaları temsil ederken, olgun topografyaya sahip drenaj havzaları ise görece erozyon faaliyetlerinin daha az gerçekleştiği düşük relief alanlarını oluşturmaktadır (Köle, 2016, s. 24; Fural ve Poyraz, 2015, s. 499). Gençlik evresindeki havzalarda akarsu vadileri kanyon veya ‘’V’’ şeklinde olup ani yükselti farkı ve su düşüşü sonucunda oluşan şelalelerin yer aldığı, derin yarılmaların ve parçalanmanın olduğu alanlara karşılık gelir. Olgunluk seviyesindeki havzalarda drenaj ağları geçlik evresine göre daha gelişmiştir. Bu evrede akarsu topografyayı deniz seviyesine kadar aşındırarak denge profiline ulaştırmaktadır. Bu alanlarda topografyanın eğiminin azalması, vadilerin menderesli jeomorfik yapılar oluşturmasına izin verebilmektedir. Yaşlılık evresindeki havzada ise eğim neredeyse tamamen ortadan kalkarak vadiler oldukça geniş yer kaplaması sonucu suyun akım gücü oldukça yavaş gerçekleşir. Menderes yapılarının bulunduğu sahalar aşırı sediment birikimi sonrasında taşkın ovası haline gelir. Topoğrafya burada deniz seviyesine kadar aşınarak morfolojik birimler arasında geçişin daha homojen yapıda olduğu görülmektedir. (Özdemir, 2011, ss. 467-468; Ödeker ve Türkoğlu, 2020, ss. 34-35; Acak ve Altın, 2019, s. 656; Ege ve Duman, 2019, s. 685).

Hipsometrik integral için gerekli yükseklik değerleri eş yükselti eğrilerinden veya SYM (Sayısal Yükselti Modeli) yardımıyla tespit edilirken, ortalama relief değerleri havzalara ait SYM histogramlarından elde edilmektedir (Ödeker ve Türkoğlu, 2020, ss. 34-35; Acak ve Altın, 2019, s. 656). Hipsometrik integral değerleri, analiz aşaması sırasında birçok araştırmacı tarafından farklı sınıflandırmalara tabii tutulmuştur (Elbaşı, 2015, s. 66). Çoruh havzası ve başlıca alt havzalarının hipsometrik integral değerlerinin daha detaylı analiz edilmesi amacıyla, Eynoddin ve diğerleri (2017, s. 219), El Hamdouni ve diğerleri (2008, s. 159), Dehbozorgi ve diğerleri, (2010, s. 333) ve Mahmood ve Gloaguen (2012, s. 415) tarafından dikkate alınan değerler sınıflandırılması kullanılmıştır. Örnek çalışmalara göre havzalara ait

jeomorfolojik yaş evriminin tespit edilmesi için belirlenen hipsometrik integral değerleri şu şekildedir:

- $0 < H_i < 0{,}4$ = Yaşlılık
- $4 \leq H_i \leq 5$ = Olgunluk
- $5 < H_i < 1$ = Gençlik

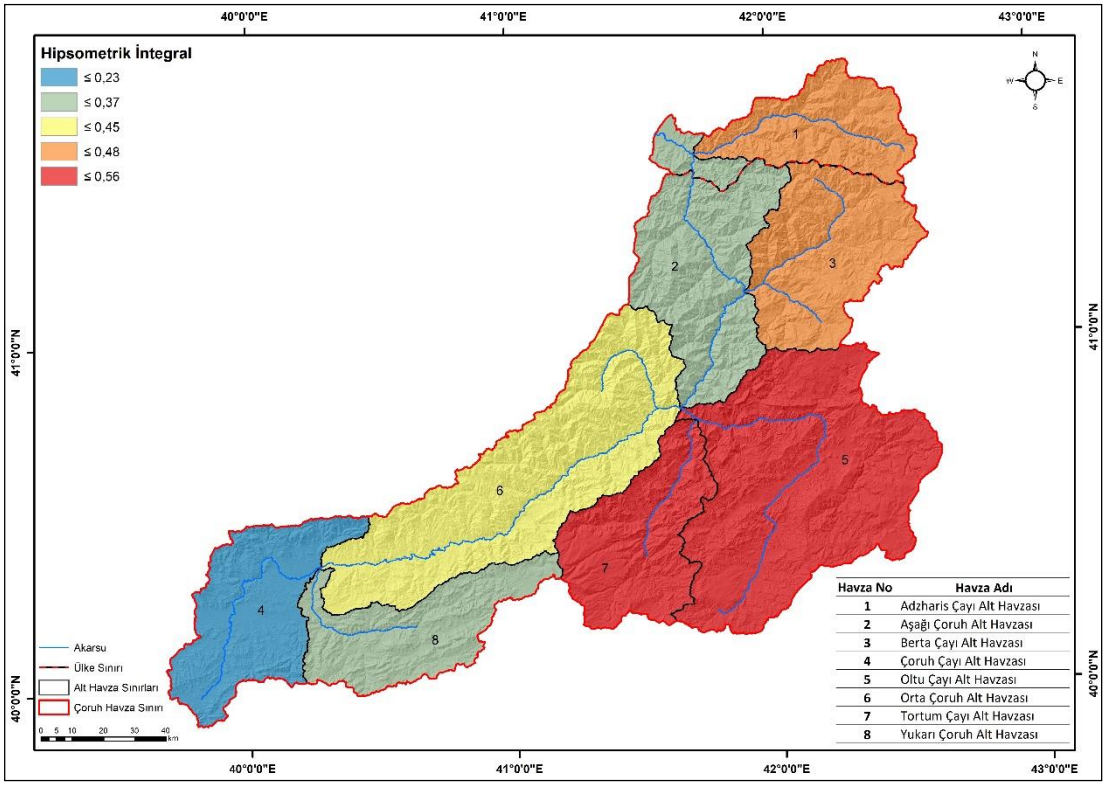
Tablo 2.23:Çoruh Havzası ve alt havzaları hipsometrik integral (H_i) parametreleri

Havza Adı	$\bar{H}$	H_{min}	H_{max}	H_i
Çoruh Havzası	1.836	0	3.890	0,47
Adzharis Çayı Alt Havzası	1.388,46	29	2.935	0,47
Aşağı Çoruh Alt Havzası	1.261	0	3.382	0,37
Berta Çayı Alt Havzası	1.743,75	221	3.385	0,48
Çoruh Çayı Alt Havzası	1.890,36	1.473	3.318	0,23
Oltu Çayı Alt Havzası	1.31,71	499	3.113	0,55
Orta Çoruh Alt Havzası	2.022	515	3.874	0,45
Tortum Çayı Alt Havzası	2.069,32	588	3.241	0,56
Yukarı Çoruh Alt Havzası	2.168,64	1.469	3.244	0,39

Çoruh Havzası'nın hipsometrik integral değeri 0,47 olarak bulunmuştur (Tablo 2.23). Tespit edilen bu değer havzanın jeomorfolojik yaşının olgunlaşma düzeyinde ya da yarı olgun olduğunu göstermektedir. Çoruh Havzası tamamen olgunluk düzeyinde özellikler barındırmamaktadır. Bunun temel nedeninin havza alanı genelindeki aktif tektonizma bağlı olduğu düşünülmektedir. Havzaya ait hipsometrik eğri incelendiğinde tektonik ve erozyonel faaliyetlerin havza üzerinde bir arada etkili olduğu anlaşılmaktadır. Eğri üzerinde konveks ve konkav yapıların varlığı ve ''S'' şekil düzeneği bunu kanıtlar niteliktedir. Başlıca alt havzalara ait hipsometrik integral değerleri 0,23 ile 0,56 arasında değişmektedir (Tablo 2.23). Alt havzalara ait $H_i$değerler ortalaması 0,44 olduğu görülmektedir. Medyan değer ise 0,46 olarak tespit edilmiştir. Maksimum H_i değeri Tortum Çayı alt havzasında (0,56), minimum H_i değeri ise Çoruh Çayı alt havzasında hesaplanmıştır. Fizyografik yaş evrimi belirleme konusunda dikkate alınan örnek çalışmalardaki tasniflemeye göre; Çoruh Çayı (0,23), Aşağı Çoruh (0,37) ve Yukarı Çoruh (0,39) alt havzaları yaşlılık düzeyindedir. Hipsometrik eğrileri incelendiğinde bu havzaların konkav şekilleri diğerlerine göre daha yüksek relieflerde başlamakta ve havzalar alçak olarak

konumlanmaktadır. Bu netice de havzaların yaşlı olduğunu veya erozyon faaliyetlerine oldukça fazla maruz kaldığını göstermektedir. Akarsu vadi eğim değerlerinin az olması bu durumu kanıtlar niteliktedir. Görece daha genç havzalar ise Oltu Çayı (0,55) ve Tortum Çayı (0,56) alt havzalarıdır. Hipsometrik eğri yapıları konveks yapıdadır. Bu nedenle vadi eğimlerinin fazla olmasıyla beraber su aşındırma ve taşıma faaliyetleri görece daha fazladır. Sediment birikim alanları ise oldukça azdır. Fizyografik olarak olgunluk düzeyinde ya da görece genç-olgun olarak saptanan havzalar ise Orta Çoruh (0,45), Adzharis Çayı (0,47) ve Berta Çayı (0,48)alt havzalarıdır. Bu havzalarda hesaplanan H_i değerlerinin gençlik evresine yakın sonuçlanması ile birlikte hipsometrik eğrilerindeki konveks ve konkav şekillerin birlikteliği, havzalar üzerinde tektonizmanın ve akarsu erozyon faaliyetlerinin bir arada hüküm sürdüğü savına bağlanmaktadır (Tablo 2.23 ve Şekil 2.18).

Şekil 2.18:Çoruh Nehri alt havzaları hipsometrik integral (H_i) değeri dağılımı



3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Çoruh Havzası'nın hidrografik özellikleri morfometrik indisler yardımıyla ele alınmıştır. Sınır aşan bir havza olan Çoruh Nehri Havzası, çalışma kapsamında bir bütün olarak düşünülerek ülke sınırlarından bağımsız olarak ele alınmıştır. CBS temelinde 27 metre çözünürlüklü 12 adet SYM verisi üzerinden D8 modülü ve Strahler yöntemine göre hidroloji analizi uygulanmıştır. Ardından Çoruh Nehri havza sınırları belirlenerek havza 8 alt havzaya indirgenmiştir. Hidrografik özelliklerin belirlenmesinde yardımcı olabilecek gerekli 17 adet morfometrik indis çalışma sahasına uygulanmak üzere seçilmiştir. Morfometrik indisler havza geneline ve her bir alt havzaya ayrı uygulanarak indis sonuçları alt havzalar arasında mukayese edilmiştir. Bu sayede Çoruh Havzası'nın hidrografik özellikleri morfometrik indislerle detaylı bir şekilde araştırılmıştır.

Bu çalışma kapsamında Çoruh Havzası ve alt havzalarına uygulanan çizgisel, alansal ve relief morfometrik indislere aitdeğerler sırasıyla Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de yer verilmiştir.

Tablo 3.1:Çoruh Havzası ve alt havzalarının çizgisel morfometrik özellikleri

Havza Adı	R_b	R_l	L_0	T
Çoruh Havzası	1,86	1,97	0,45	14,23
Adzharis Çayı Alt Havzası	1,83	1,92	0,18	4,31
Aşağı Çoruh Alt Havzası	1,83	1,77	0,47	4,96
Berta Çayı Alt Havzası	1,73	1,86	0,45	5,33
Çoruh Çayı Alt Havzası	1,92	2,03	0,41	5
Oltu Çayı Alt Havzası	1,82	1,94	0,43	7,42
Orta Çoruh Alt Havzası	3,30	3,49	0,47	5,70
Tortum Çayı Alt Havzası	1,89	1,89	0,45	4,37
Yukarı Çoruh Alt Havzası	1,72	1,85	0,45	3

Tablo 3.2:Çoruh Havzası ve alt havzalarının alansal morfometrik özellikleri

Havza Adı	***A (km²)***	***P (km)***	D_d	F_s	R_f	R_e	K_G
Çoruh Havzası	21.960	1.083	1,12	1,40	0,25	0,56	2,06
Adzharis Çayı Alt Havzası	1.531	252	2,80	1,41	0,30	0,62	1,82
Aşağı Çoruh Alt Havzası	2.782	395	1,06	1,40	0,31	0,63	2,11
Berta Çayı Alt Havzası	2.296	301	1,12	1,40	0,60	0,87	1,78
Çoruh Çayı Alt Havzası	2.114	319	1,21	1,42	0,28	0,60	1,96
Oltu Çayı Alt Havzası	4.985	482	1,17	1,43	0,43	0,74	1,92
Orta Çoruh Alt Havzası	4.401	524	1,07	1,35	0,21	0,52	2,23
Tortum Çayı Alt Havzası	2.003	320	1,11	1,39	0,36	0,67	2,02
Yukarı Çoruh Alt Havzası	1.849	382	1,10	1,39	0,22	0,53	2,51

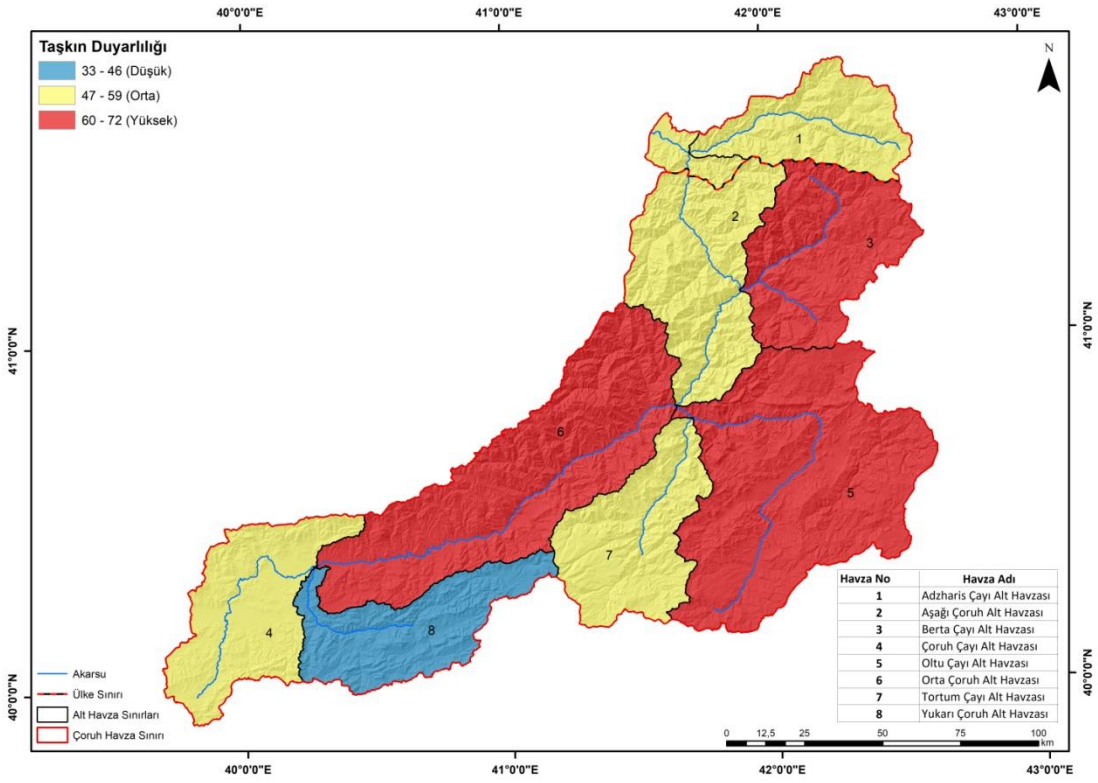
Tablo 3.3:Çoruh Havzası ve alt havzalarının relief morfometrik özellikleri

Havza Adı	B_h	R_h	R_n	T_c	H_i
Çoruh Havzası	3.890	0,01	0,43	6,06	0,47
Adzharis Çayı Alt Havzası	2.906	0,04	0,81	1,51	0,47
Aşağı Çoruh Alt Havzası	3.382	0,03	0,36	1,81	0,37
Berta Çayı Alt Havzası	3.164	0,05	0,35	1,37	0,48
Çoruh Çayı Alt Havzası	1.845	0,02	0,22	1,75	0,23
Oltu Çayı Alt Havzası	2.614	0,02	0,30	2,63	0,55
Orta Çoruh Alt Havzası	3.390	0,02	0,36	3,26	0,45
Tortum Çayı Alt Havzası	2.653	0,03	0,29	0,81	0,56
Yukarı Çoruh Alt Havzası	1.775	0,01	0,19	1,02	0,39

Çoruh Havzası'nın hidrografik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan morfometrik indis değerleri aynı zamanda taşkın duyarlılığı açısından değerlendirilmiştir. Tüm alt havzalar için uygulanan morfometrik indis değerleri, sekiz havza sıralamasına

konularak havzaların taşkın duyarlılık analizi için birden sekize kadar sayısal etki faktörleri belirlenmiştir. Ardından bu etki faktörleri her alt havzada ayrı olacak şekilde toplanarak ilgili alt havzalara yönelik taşkın duyarlılık değerleri elde edilmiştir (Tablo 3.4). Bulunan değerlerin düşüklüğü veya yüksekliğiyle havzanın taşkın duyarlılığı doğru orantılıdır. Bu çalışmada elde edilen taşkın duyarlılığı değerleri 33 ile 72 arasında değişmektedir. Çoruh Havzasında belirlenen sekiz alt havza içingerçekleştirilen taşkın duyarlılık analizi, belirlenen havza sınırları çerçevesinde makro boyutta çalışılmıştır. Bu nedenle taşkın duyarlılık değerlerinineşit sınıf aralıkları dikkate alınarak üç sınıfta (33-46 düşük, 47-59 orta, 60-72 yüksek) toplanmasına karar verilmiştir (Şekil 3.1).

Şekil 3.1:Çoruh Havzası taşkın duyarlılık seviye sınıflandırması



Çoruh Havzası'nın hidrolojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik uygulanan morfometrik indis sonuçlarına göre Yukarı Çoruh Alt Havzası düşük, Çoruh Çayı, Tortum Çayı, Adzharis Çayı ve Aşağı Çoruh alt havzaları orta, Orta Çoruh, Oltu Çayı ve Berta Çayı alt havzaları ise yüksek taşkın duyarlılığı göstermektedir.

Tablo 3.4: Morfometrik indis sonuçlarının taşkın duyarlılık değerlendirmesi

Havza Adı	R_b	R_L	L_0	T	D_d	F_s	R_F	R_e	K_G	B_h	R_h	R_n	T_c	H_i	∑
Adzharis Çayı Alt Havzası	4	5	1	2	8	4	4	4	2	5	4	7	4	5	59
Aşağı Çoruh Alt Havzası	4	1	5	4	1	3	5	5	6	7	3	6	6	2	58
Berta Çayı Alt Havzası	2	3	4	6	5	3	8	8	1	6	5	5	3	6	65
Çoruh Çayı Alt Havzası	6	7	2	5	7	5	3	3	4	2	2	2	5	1	54
Oltu Çayı Alt Havzası	3	6	3	8	6	6	7	7	3	3	2	4	7	7	72
Orta Çoruh Alt Havzası	7	8	5	7	2	1	1	1	7	8	2	6	8	4	67
Tortum Çayı Alt Havzası	5	4	4	3	4	2	6	6	5	4	3	3	1	8	58
Yukarı Çoruh Alt Havzası	1	2	4	1	3	2	2	2	8	1	1	1	2	3	33

Çoruh Havzası'nın günümüzdeki hidrografik özellikleri çalışma sahasının doğal ortam faktörlerinin etkisi altında gerçekleşmiştir. Havza üzerinde fiziki faktörlerin etkisi büyük olduğu gibi beşeri faktörler de önemli derecede etkilidir. Havza sınırları kapsamında kıyıdaş ülkeler tarafından birçok proje hayata geçirilmiş ve gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Su kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi, içme ve kullanma suyu temini ve tarımsal faaliyetler gibi çeşitli amaçlarla gerçekleştirilen projelerin çok büyük bir kısmına Türkiye ev sahipliği yapmaktadır. Kıyıdaş ülkeler tarafından gerçekleştirilen faaliyetlerin beraberinde akarsuyun üzerine inşa edilen setler neticesinde Çoruh Nehri'nin delta ovasına taşıdığı sediman miktarı zamanla azalma eğilimi sergilemiştir. Sediman kayıplarına neden olabilecek bu tür faaliyetler delta ovasında yer alan Batum şehri için büyük çevresel sorunlara neden olabilmektedir. Sediman gelirinin eksilmesi ve bu durumun sürekliliği Batum şehrinin büyük bir kısmında kıyı çizgisi değişikliğine sebebiyet vermektedir. Bu değişikliğe bağlı olarak deniz sularının kıyı doğrultusunda ilerlemesi, şehir içerisinde bulunan başta havalimanı olmak üzere; liman, oteller, plajlar, kurumsal alanlar ve birçok yerleşim yerini büyük tehlikenin içerisine sürükleyecektir. Bu nedenle çeşitli amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen veya gerçekleştirilmesi planlanan projeler kıyıdaş ülkelerin çıkarları doğrultusunda gözetilerek hayata geçirilmelidir. Bu konu çerçevesinde havzaya uygulanacak projelerde, doğal sediman akışının korunması,

havza içerisinde ekolojik ve sosyal hayat düzeni gibi faktörler düşünülerek kıyıdaş ülkeler arasında anlaşmazlığa sebebiyet vermeyecek şekilde planlanmalıdır.

Akarsu havzaları tarih boyunca insanların yaşamlarını sürdürdükleri alanlar olarak tercih edilmiştir. Doğal kaynakların kullanımı ve sürdürülebilirliği bu açıdan önemlidir. Çoruh Havzası aynı zamanda sınır aşan bir akarsu havzasıdır. Aynı zamanda havza üzerinde erozyon, heyelan, kıyı çizgisi değişikliği, sel ve taşkın duyarlılığının yüksekliği gibi birçok insan yaşamını etkileyecek olumsuz faktörler gerçekleşmektedir. Böylesine önemli bir alan için yapılacak çalışmalarda oldukça dikkatli olunmalıdır. Genel olarak çalışma alanı bütüncül bakış açısıyla düşünülmeli ve uygulanacak projelerde gerekli hassasiyet gösterilmelidir.

KAYNAKÇA

Acak, G., Altın, B. N. (2019). Yıldız Irmağı Havzası'nın sel ve taşkın potansiyelinin morfometrik analizlerle değerlendirilmesi, *2. Uluslar Arası Coğrafya Eğitimi Kongresi (Ucek-2019),* Ekim: 642- 659.

Akkaya Aslan, Ş. T., Gündoğdu, K. S., Demir, A. O. (2004). Sayısal yükseklik modelinden yararlanılarak bazı havza karakteristiklerinin belirlenmesi, Bursa Karacabey İnkaya Örneği. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, Bursa.

Akpınar, A., Kömürcü, M. İ., Kankal, M. (2011). Development of hydropower energy in turkey: the case of Coruh River Basin. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 1201–1209.

Altıparmak, S., Türkoğlu, N. (2018). "Yakacık Çayı havzasının (hatay) morfometrik analizi. *DTCF Dergisi*, (58)1 353-374.

Atalay, İ. (1982). *Oltu Çayı havzasının fiziki coğrafyası ve amenajmanı*. İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Yayınları(11).

Atar, E., Kopar İ. (2020). Tortum Çayı Havzası'nın (Erzurum-Artvin-kd Türkiye) potansiyel jeosit destinasyonları ve bunların jeoturizm açısından kaynak değer analizi. *Coğrafi Perspektifle Dağ Ve Dağlık Alanlar (Sürdürülebilirlik-Yönetim Örnek Alan İncelemeleri-Kriter Yayınevi*, (1):101-131.

Aydın, A. (2008). *Büyük Menderes Nehri sağ sahil derelerindeki sel kontrol çalışmalarının irdelenmesi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Doktora Tezi), İstanbul.

Bağdatlı, C., Öztürk, B. (2014). Havza morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin (cbs) etkin rolü. *SAÜ. Fen Bil. Der., 18(1):* 11-19

Calculating linear and areal and relief aspect parameters using geo-spatial techniques (Arcgıs 10.2 and SWAT model) for Akkeru River Basin Warangal. *International Journal Of Current Microbiology And Applied Sciences*, *6 (10)*: 1803-1809.

Chitra, C., Alaguraja, P., Ganeshkumari, K., Yuvaraj, D., Manivel, M. (2011). Watershed characteristics of kundah sub basin using remote sensing and gıs techniques. *International Journal of Geomatics and Geosciences, 2(1)*:311.

Cürebal, İ. (2004). Madra Çayı'nın hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (11)*:11-24.

Çelik, D. (2022).*Devrez Çayı havzasının uygulamalı hidrografyası*.Karabük Üniversitesi Lisans Eğitim Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), Karabük.

Çoban, H., Koç, Ş. Kale, M.M. (2020). Çoruh deltası (Gürcistan/Batum) kıyı çizgisi değişimi (1984 – 2019). *Lnternational Journal of Geography andGeography Education, (42)*:589-601. DOI:10.32003/igge.741573

Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A. A., Motamedi, H., Hosseiniasl, A. (2010). Quantitative analysis of relative tectonic activity in the sarvestan area, central Zagros, *Iran. Geomorphology, (121)*: 329-341.

Dizdar, M. Y. (2003). *Türkiye'nin toprak kaynakları*. Ankara: Tmmob Ziraat Mühendileri Odası Teknik Yayınlar Dizisi (2).

Ege İ., Duman, N. (2019). Kurudere (Dazkırı/Afyonkarahisar) Havzası'nın sel potansiyelinin morfometrik analizlerle değerlendirilmesi, *2. Uluslar Arası Coğrafya Eğitimi Kongresi Bildiriler Kitabı, (Ucek 2019,*Ekim, 677-691.

Ege, İ., Polat, S., İzmirli, E. (2019). Özdemirci (Çivril – Denizli) havzasının morfotektonik özelliklerinin cbs ile belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 16 (44)*:141-167.

Ekinci, D. (2005). Karadeniz Ereğlisi'nin zemin hareketleri duyarlılık sahalarının sınıflandırılması ve yüksek riskli yerleşmelerin zemin stabilite analizi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, (13):*121-137.

Elbaşı, E., Özdemir, H. (2015). *Marmara Denizi Akarsu havzalarının morfometrik analizi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.

EPIRB. (2011). *Charachterısatıon of the Chorokhı-Adjarıstkalı pılot basın, Georgia*. Tbilisi. Project Funded By The European Union, (279)666.

Erdağ, R. (2015). Türkiye'nin sınıraşan sular sorunu. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi, 5 (9)*:27-52. DOI: 10.17828/yasbed.52053

Erdede, B., Öztürk, D. (2016). Kızılırmak havzasının taşkın potansiyelinin çizgisel, alansal ve rölyef morfometrik indisler kullanılarak değerlendirilmesi. *6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (Uzal-Cbs 2016), 5-7 Ekim 2016*. 392-399.

Erinç, S. (2015). *Jeomorfoloji 1*. Der yayınları.(284). İstanbul.

Erkal, T., Taş, B. (2013). *Jeomorfoloji ve insan*. İstanbul:Yeditepe Yayınları.

Erol, O. (2014). *Genel klimatoloji*. İstanbul: Çantay Yayınları.

Esen, F. (2022). Ayancık Çayı Havzası'nda (Sinop) meydana gelen taşkın olaylarının havza morfometrisi açısından değerlendirilmesi. *International Journal Of Geography And Geography Education (IGGE),(47)*:233-257. http://Dx.Doi.Org/10.32003/İgge.1126933

Eynoddin, E. H., Solgi, A., Pourkermani, M., Matkan, A., Arian, M. (2017). Assessment of relative active tectonics in the Bozgous Basin (SWof Caspian Sea). *Open Journal of Mariane Science, (7)*:211-237.

Fakıoğlu, S., Kağnıcıoğlu, N. (2009). Doğu Karadeniz ve Çoruh havzalarının hidroelektrik enerji üretimi açısından değerlendirilmesi. Trabzon. *FORUM 2009, Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli Ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri, Kasım.*

Fang, X., Thompson, D. B., Cleveland, T.G. Pradhan, P. (2007). Variations of time of concentration estimates using nrcs velocity method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, (4):314-322. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-437, 133

Fural, Ş. (2016). *Köprü Çayı Havzası'nın (Antalya - Isparta) Jeomorfolojik özelliklerinin morfometrik yöntemler ile analizi*. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,(Yüksek Lisans Tezi), Balıkesir.

Fural, Ş. (2018). Acısu Çayı'nın (Serik-Antalya) drenaj özelliklerinin morfometrik analizi.*The Journal Of Academic Social Science Studiesınternational Journal Of Social Science*, (72):541-556. Doi:http://Dx.Doi.Org/10.9761/JASSS7914

Fural, Ş., Poyraz, M. (2015). Değirmendere Havzası'nın (Edremit) jeomorfolojik ve hidrografik özelliklerine morfometrik yaklaşım. *Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları*, Eylül.

Geçen, R., Ölmez, İ. (2017). Beyazçay Havza'sının (Hatay) jeomorfometrik analizler ile değerlendirilmesi. *Internatıonal Symposıum On Geomorphology*, Ekim.

Görür, A. E., Karadeniz, C. (2018). Morfometrik parametrelerin havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 19(4): 447-454. DOI: 10.18182/tjf.476776

Grimaldi, S., Petroselli, A., Tauro, F., Porfiri, M. (2012). Time of concentration: A paradox in modern hydrology. *Hydrological Sciences Journal*, 57(2): 217-228.

Günek, H., Sunkar M., Toprak, A. (2013). Muş şehrini etkileyen Çar Ve Muş derelerinin bazı jeomorfometrik indislere göre analizleri. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*.

Hamdouni, R. E., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacón, J., Keller, E.A. (2008). Assessment of relative active tectonics, southwest border of sierra nevada (southern Spain). *Geomorphology*, (96):150- 173.

Horton, R. E. (1945), Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin Of The Geological Society Of America,* (56):275-370.

Horton, R.E. (1932). Drainage basin characteristics. *American Geophysical Union Of Transactions*, (13): 350-361.

Hoşgören, M.Y. (2015). *Hidrografya'nın ana çizgileri 1*. İstanbul: Çantay Yayınları.

Hoşgören, M.Y. (2017). *Jeomorfoloji terimleri sözlüğü*. İstanbul:Çantay Yayınları.

Huggett, J.R. (2015). *Jeomorfolojinin temelleri*, Ankara: Nobel Yayınları, (1258).

İmamoğlu, A. (2020). Alaca Çayı havzası erozyon durumunun morfometrik ölçümler ile ilişkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* (18): 868-878.

Jothimani, M., Dawit, Z., Mulualem, W. (2021). flood susceptibility modeling of megech river catchment, lake tana basin, north western ethiopia, using morphometric analysis. *Earth Systems And Environment*, 5(2), 353-364.

JRC. (2013). Soil resources of mediterranean and caucasus countries extension of the european soil database. Luxembourg,*Publications Office of the European Union*.

Kanar, F. (2016). *Zeytinlik (Artvin) civarının jeolojisi ve tektoniği*. Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), Yozgat.

Karataş, A. (2017). *Karasu Çayı havzasının hidrografik planlaması*. İstanbul: Çantay Kitabevi.

Kaur, M., Singh, S., Verma, V. K., Pateriya, B. (2014). Quantitative geomorphological analysis & land use/land cover change detection of two sub-watersheds in ne region of punjab, India. *The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences*, (XL-8): 371-375.

Koç, S. (2023). Çoruh deltası (Batum) kıyı çizgisi değişikliğinin dsas kullanılarak analizi. Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), Çankırı.

Köle, M, M. (2016).Devrez Çayı vadisinin tektonik özelliklerinin morfometrik indisler ile araştırılması. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*. (33):21- 36.

Köle, M. M. (2017a). Orta ve Ilgaz-Kurşunlu depresyonları hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 7(1): 73-84.

Köle, M. M. (2017b). 1954 – 2016 Dönemi Türkiye sınıraşan sular politikası. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 35, 122-133. DOI:10.14781/mcd.291177

Langbein, W. B. (1947). Topographic characteristics of drainage basins, *Contributions to the hydrology of the United States,* 968(C):125-157.

Mahadevaswamy, G., Nagaraju D., Siddalingamurthy, S., Lakshmamma, Mohammad, S. I., Nagesh, P.C. And Krishna, R. (2011). Morpometric analysis of nanjangud taluk, mysore district, karnataka, India, using gıs technigues. *International Journal Of Geomatics And Geosciences*,1(4). ISSN:0976-4380.

Mahala, A. (2019). The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. *Applied Water Science*, 10(1):33.

Mahmood, S. A., Gloaguen, R. (2012). Appraisal of active tectonics in hindu kush: ınsights from DEM derived geomorphic ındices and drainage analysis. *Geoscience Frontiers*, 3(4):407-428.

Melton, M. A. (1957) An analysis of the relation among elements of climate, surface properties and geomorphology, *Columbia University Department of Geology*, (11), New York.

Morisawa, M. E. (1962). Quantitative geomorphology of some watersheds in the appalachian plateau. *Geological Society Of America Bulletin*(73):1025-1046.

Nıh, (1998). Representative basin studies: morphometric analysis of suddagedda basin. andhra paradesh. *Jal Vigyan Bhavan, Roorke-India: National İnstitute Of Hydrology*, (24):97-98, Indıa.

Ödeker, B. Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi Havzası'nın Rize/Çayeli morfometrik özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri cbs ile belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60 (1):14-38.

Özdemir, H. (2007). *Havran Çayı havzasının (Balıkesir) cbs ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Doktora Tezi), İstanbul.

Özdemir, H. (2016). *Hidrografya*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Açık Ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.

Özdemir, H., (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar, *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik Ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, (5): 507-526.

Özdemir, H., Bırd, D.(2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and SYM in point of floods. *Environmental Geology*, (56):1405-1415.

Özşahin, E. (2015). Ganos (Işıklar) Dağı Ve yakın çevresindeki (Tekirdağ) akarsuların drenaj özellikleri. *International Journal Of Social Science*, (35):139-162.

Öztekinci, S.Y., Coşkun, M. (2021). Devrek Çayı havzasının vejetasyonu ve hidrografyası. *İksad Yayınevi*, Aralık.

Pareta, K., Pareta, U. (2012). Quantitative geomorphological analysis of a watershed of ravi river basin, H.P. India. *International Journal Of Remote Sensing And GIS*, (1)1:41-56.

Parveen, R., Kumar, U., Sıngh, V. K. (2012). Geomorphometric characterization of upper south Koel Basin, Jharkhand: A Remote Sensing & GIS Approach. *Journal of Water Resource and Protection*, (4):1042-1050.

Patton, P. C., Baker, V. R. (1976). Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. *Water Resources Research*, 12(5): 941.

Peltier, L. C. (1962). Area sampling for terrain analysis. *The Profesyonel Geographer*, 14(2):24-28.

Pıke, R. J., Evans, I. S., Hengl, T. (2009), Geomorphometry: A Brief Guide. *Developments in Soil Science*. (33):3-30.

Pike, R. J., Wilson, S. (1971). Elevation-relief ratio, hypsometric ıntegral, and geomorphic area-altitude analysis, *Geological Socieity of America Bulletin*, 82 (4):1079-1085.

Polat, N. (2019). *Araç Çayı havzasının uygulamalı hidrografyası*. Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Karabük.

Rana, N., Sıngh, S., Sundrıyal, Y. P., Rawat, G. S., Juyal, N. (2016). Interpreting the geomorphometric indices for neotectonic implications: an example of Alaknanda Valley, Garhwal Himalaya, India. *Indian Academy Of Sciences,* 125(4):841-854.

Razmadze, M. (1999). *Gürcistan toprak haritası*. Tbilisi: Gürcistan Devlet Projesi ve Arazi Örgütü Bilimsel Araştırma Enstitüsü.

Reddy, G. P. O., Maji, A.K., Gajbhiye, K.S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in basaltic terrain, central India—a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,* (6):1-16.

Sabancı, S.(2016). *Karpuz Çayı havzasının hidrografik analizi*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Doktora Tezi), İstanbul.

Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at perth amboy, *New Jersey. Geol. Soc. Am. Bul*.,(67):597-646.

Singh, O., Sarangi, A., Sharma, M. C. (2008). Hypsometric ıntegral estimation methods and its relevance on erosion status of north-western lesser himalayan watersheds, *Water Resources Management*, (22):1545-1560.

Strahler, A, N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *American Geophysical Union*, (38)6.

Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, (63):1117-1142.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology, *American Geophysical Union Transactions*, 38(6):913-920.

Sucu, S. & Dinç, T. (2008). *Çoruh havzası projeleri*. Ankara: TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi,

SYGM, (2019). *Çoruh havzası taşkın yönetim planı stratejik çevresel değerlendirme taslak kapsam belirleme raporu*. Ankara: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Taban, S. (1993). *Çoruh havzasında fiziki coğrafya özelliklerinin beşerî ve iktisadi coğrafyaya etkileri*. *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.

Tamar O. K., Tengiz F. U., Winfried E. H. B., Leo T. J., Giuli V. T., Mariam N. M., Ketevan A. G., Rusudan G. K., Ilia O. K. (2018). The red book of the soils of Georgia. *Annals Of Agrarian Science*, (16)3:332-343.

Tarkan, M. T. (1973). *Orta ve Aşağı Çoruh havzası beşerî ve iktisadi coğrafya bakımından bir bölge araştırması*. Erzurum: *Atatürk Üniversitesi Yayınları, (No:166), Edebiyat Fakültesi Yayınları (No:37). Araştırma Serisi (No:29)*.

Toprak, A. (2015). *Solhan Deresi havzasının (Bingöl) sel ve taşkın analizi*. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,(Yüksek Lisans Tezi), Elazığ.

Turoğlu, H. (1997). İyidere havzasının hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, (32):355-364.

Turoğlu, H., Aykut, T. (2019). Ergene Nehri havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirilmesi, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (2): 1-5

Tülücü, K. (2012).*Su kaynaklarinin planlanmasi.* Adana: *Ç*.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın (No:175).Ders Kitapları Yayın (No: A-53).

Utlu, M., Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği. *Cografya Dergisi, (36)*:49-62. https://Doi.Org/10.26650/JGEOG408101

Uzun, M. (2014). Lale Dere (Yalova) Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfometrik analizlerle incelenmesi, *Route Educational And Social Science Journal*. 1(3).

Uzun, M. (2019). Dilderesi havzasında (Kocaeli) morfometrik indislerle flüvyal süreçler ve drenaj şebekesi yerleşiminin değerlendirmesi. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 40: 454-477.

Ünsal, V. (2006)a. *Eskiçağda Çoruh Havzası*. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Doktora Tezi), Erzurum.

Ünsal, V. (2006)B. *Yukarı Çoruh havzasının tarihi ve arkeolojisi Bayburt Yöresi.* Bayburt*:* Bayburt Valiliği Yayınları.

Veeranna, J., Gouthami, K., Yadav, P. B.,Mallikarjuna, V.R. (2017). Calculating linear and areal and relief aspect parameters using Geo-Spatial Techniques (ArcGIS 10.2 and SWAT model) for Akkeru River Basin Warangal. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (10): 1803-1809.

Yıldırım, Ü. (2018). *Göksu Nehri ve Tarsus Çayı (Mersin) arasında yer alan akarsuların morfometrik, hidrolojik ve hidrokimyasal özelliklerinin*

araştırılması. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Doktora Tezi), Mersin.

Zavoianu, I. (1985). *Morphometry of drainage basins*. Romania: Developments İn Water Science, (20).

Okay, A. I., Tuysuz, O.(1999). Tethyan sutures of northern Turkey. Geological Society, London, Special Publications. Doi:10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22

URL. 1: https://en.climate-data.org/asia/georgia/autonomous-republic-of adjara/batumi-1759/ erişim tarihi: 07.07.2023

URL.2: http://www.worldclimate.com/cgi-bin/data.pl?ref=N41E041+1102+37484W erişim tarihi: 07.07.2023

URL.3: https://www.mgm.gov.tr/ erişim tarihi: 06.07.2023

URL.4: https://earthexplorer.usgs.gov/ Erişim tarihi: 06.10.2020

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

ORCID	0000-0003-2973-5716
Adı Soyadı	Hasan ÇOBAN
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	05.10.1996

LİSANS EĞİTİM BİLGİLERİ

Üniversite	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fakülte	Edebiyat Fakültesi
Bölüm	Coğrafya

YÜKSEK LİSANS EĞİTİM BİLGİLERİ

Üniversite	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Enstitü	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı	Coğrafya Anabilim Dalı

KATILDIĞI

Kurslar	Coğrafi Bilgi Sistemleri, İnsan Kaynakları Yönetimi Eğitimi, Diksiyon Eğitimi
Projeler	

İLETİŞİM

Adres	
E-mail	hasanncoban57@gmail.com