

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DRENAJ HAVZALARININ ASTER GDEM VE
SRTM VERİLERİ TEMELİNDE
KARŞILAŞTIRMALI JEOMORFOMETRİK
ANALİZİ**

MELİKE SULTAN KARABULUT

2501140081

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. HASAN ÖZDEMİR

İSTANBUL-2016

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DRENAJ HAVZALARININ ASTER GDEM VE
SRTM VERİLERİ TEMELİNDE
KARŞILAŞTIRMALI JEOMORFOMETRİK
ANALİZİ**

MELİKE SULTAN KARABULUT

2501140081

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. HASAN ÖZDEMİR

Bu çalışma İ.Ü. BAP tarafından 57744 numaralı proje ile desteklenmiştir.

İSTANBUL-2016



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı : MELİKE SULTAN KARABULUT Numarası : 2501140081
Anabilim Dalı / Anasanat Dalı / Programı : COĞRAFYA Danışmanı : DOÇ.DR.HASAN ÖZDEMİR
Tez Savunma Tarihi : 28.06.2016 Saati : 11:00
Tez Başlığı : "Drenaj Havzalarının ASTER GDEM ve SRTM Verileri Temelinde Karşılaştırmalı Jeomorfo-metrik Analizi"

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 36. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin KABULÜNE OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞUYLA karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-DOÇ.DR.HASAN ÖZDEMİR		Kabul
2-DOÇ.DR.FÜSUN BALIK ŞANLI		Kabul
3-YRD.DOÇ.DR.TOLGA GÖRÜM		Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-PROF.DR.İSA CÜREBAL		
2-YRD.DOÇ.DR.CİHAN BAYRAKDAR		

ÖZ

DRENAJ HAVZALARININ ASTER GDEM VE SRTM VERİLERİ TEMELİNDE KARŞILAŞTIRMALI JEOMORFOMETRİK ANALİZİ

MELİKE SULTAN KARABULUT

Bu çalışmada şekilsel, bitki örtüsü, iklim özellikleri ve hidrolojik özellikleri bakımından farklı özellikler gösteren Çağlayan, Kabisre, Musabeyli ve Koyunluyusufözü drenaj havzalarının akım gözlem istasyonu gerisinde kalan alanlarının morfometrik analizleri yapılmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak yapılan bu analizlerde altlık veri olarak üretilme açısından farklı temellere dayanan stereo görüntülerden üretilen 30 metre çözünürlüklü ASTER GDEM, radar tekniğiyle üretilen 30 metre çözünürlüklü SRTM ve 1/25000 ölçekli topografya haritalarından üretilen 30 metre ve 10 metre çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelleri kullanılmıştır. Havzalara ait temel morfometri birimlerinin üretilmiş ve morfometrik analizlerden Çatallanma Oranı, Uzunluk Oranı, Yüzeysel Akış Uzunluğu, Drenaj Yoğunluğu, Havza Şekli, Uzunluk Oranı, Havza Reliefi, Engebililik Değeri, Akım Toplanma Zamanı ve Hipsometrik İntegral uygulanmıştır. Her bir çalışma alanı için toplamda 10 parametre 4 farklı SYM üzerinde uygulanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları incelenmiş, yorumlanmış ve çalışma alanlarına yapılan arazi çalışmalarıyla kontrol edilmiştir.

Çalışmada ASTER GDEM ve SRTM verilerinin daha yüksek çözünürlüklü topografya haritaları temelli SYM'ler karşısında yüzey özelliklerini yansıtmaları bakımından potansiyelleri incelenmiştir. Bu bakımdan topoğrafik verileri olmayan havzalarda ASTER ve SRTM SYM'lerinin kullanılabilirliği de sınanmıştır. SRTM 30 metre verisinin USGS tarafından özellikle Türkiye'yi içine alan kısmının 2015 yılında kullanıma sunulmasından dolayı hem bu yeni verinin kullanımı hem de diğer Sayısal Yükseklik Modeli verilerinin havza morfometri çalışmalarındaki kullanımlarının değerlendirilmesi bakımından önemlidir. Analiz sonuçlarına göre ASTER ve SRTM sonuçlarının birbirleriyle yakın değerler göstermesi ve özellikle SRTM sonuçlarının TOPO SYM sonuçlarıyla uyumlu olması sözü edilen veri kaynaklarının havza morfometrisi çalışmalarında kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Morfometri, Coğrafi Bilgi Sistemleri, ASTER GDEM, SRTM, Topografya Haritaları, Drenaj Havzaları

ABSTRACT

THE COMPARED GEOMORPHOMETRIC ANALYSIS OF DRAINAGE BASINS DERIVED FROM ASTER GDEM AND SRTM DEM

MELİKE SULTAN KARABULUT

In this study, the morphometric analyses of determined parts of Çağlayan, Kabisre, Musabeyli and Koyunluyusufözü drainage basins which have different features in terms of morphological, hydrological, climatical conditions and vegetation cover were done by using Geographic Information System.

The morphometric analyses were done by using different Digital Elevation Models in terms of created system; ASTER GDEM (30 meter resolution) derived from stereo images, SRTM DEM (30 meter resolution) derived from radar technique and TOPO-DEM (30 meter and 10 meter resolution) derived from 1/25000 scaled topographical maps. The basic morphometric units were produced and selected morphometric parameters like Bifurcation Ratio, Stream Length Ratio, Length of Overland Flow, Drainage Density, Form Factor, Elongated Ratio, Basin Relief, Ruggedness Number, Time of Concentration and Hypsometric Integral were implemented. Totally, 10 morphometric parameters were implemented on four different DEMs for each study area. The results were evaluated, commentated and checked through field works.

The usability of ASTER GDEM (30 m) and SRTM DEM (30 m) data were examined by being compared to TOPO-DEM which have higher pixel resolution in terms of the potentials of reflecting the land topography. The usability of ASTER and SRTM DEMs were tested on basins don't have topographic data. SRTM DEM (30 m) data which is related to study areas were released in 2015 by USGS. This study is important in terms of the usage of this new data and the evaluation of usage of different DEM data in basin morphometry studies. According to anayses, the results of ASTER and SRTM DEMs gave approximate values, especially SRTM results gave best fit with the results of TOPO-DEM. Hence, ASTER GDEM and SRTM data can be used for basin morphometry studies.

Keywords: Morphometry, Geographic Information Systems, ASTER GDEM, SRTM, Topographical Maps, Drainage Basins.

ÖNSÖZ

Bilgisayar teknolojilerinin ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin oldukça geliştiği günümüzde coğrafya alanında pek çok çalışmada bu teknolojiler ve geliştirilen teknikler kullanılmaktadır. Gerek akarsu havzalarında gerekse diğer coğrafi birimler üzerinde uygulanan morfometri analizleri de CBS yöntemlerinin gelişmesi ve analizler için gerekli verilere erişimin kolaylıkla sağlanması sonucunda son yıllarda coğrafya alanında çok sık yapılan çalışmaların başında gelmektedir. "Drenaj Havzalarının ASTER GDEM ve SRTM Verileri Temelinde Karşılaştırmalı Jeomorfometrik Analizi" başlıklı bu çalışmanın yapılışındaki amaç piyasa erişilebilirliği ve kullanımı kolay ASTER ve SRTM SYM verilerinin farklı özellikteki drenaj havzalarının morfometri analizinde arazi topoğrafyasını yansıtmaya potansiyeli bakımından kullanılabilirliklerini ortaya koymaktır. ASTER ve SRTM SYM verilerini test etme amacıyla da referans veri olarak topoğrafya haritalarından üretilen SYM'ler kullanılmıştır.

Bu çalışma, morfolojik ve litolojik yapı, iklim koşulları ve bitki örtüsü özellikleri yönüyle farklılık gösteren dört ayrı havza üzerinde dört farklı özellikteki SYM verisi kullanılarak on parametre uygulanarak yapılan bir morfometri çalışması olması yönüyle alanında bir ilk olduğu düşünülmektedir.

Çalışma havzalarının dört ayrı lokasyonda olması, çalışma alanını genişletmiş; yapılan arazi çalışmalarına ve ofis çalışmalarına çok daha fazla vakit ayrılmasına neden olmuştur. Bunun yanı sıra her bir havza için dört ayrı veri üzerinden on parametre uygulanması konunun ayrıntılı ve daha geniş bir ölçekte ele alınmasını sağlamış; veri sonuçlarının karıştırılmaması için çok daha dikkatli çalışılmasını gerektirmiştir.

Yapılan bu çalışmanın her safhasında bana yol gösteren, yardımcı olan danışman hocam Doç. Dr. Hasan Özdemir'e; arazi çalışmamda tecrübeleriyle tez çalışmamda katkıda bulunan hocam Yrd. Doç. Dr. Tolga Görüm'e, yaptığım bu çalışmaya vakit ayıran değerli jüri üyesi hocam Doç. Dr. Füsun Balık Şanlı'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca hayatım boyunca yanımda olup beni gönülden destekleyen aileme ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana maddi olarak destek olan TÜBİTAK 2211 Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı'na teşekkür ederim.

Melike Sultan Karabulut

İstanbul 2016

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
FOTOĞRAFLAR LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ	1
1.LİTERATÜR DEĞERLENDİRMESİ	3
2.ÇALIŞMA ALANI	8
2.1. Çağlayan ve Kabisre Havzalarının Genel Fiziki Özellikleri.....	10
2.2. Musabeyli ve Koyunluyusufözü Havzalarının Genel Fiziki Özellikleri...	19
3. AMAÇ VE KAPSAM	27
4.VERİ VE YÖNTEM	29
5.BULGULAR	45
5.1. ASTER GDEM (SYM) Sonuçları.....	61
5.1.1. Temel Morfometri Birimleri.....	61
5.1.2. Morfometri Parametreleri.....	62
5.2. SRTM DEM (SYM) Sonuçları.....	70
5.2.1. Temel Morfometri Birimleri.....	70
5.2.2. Morfometri Parametreleri.....	71

5.3. TOPO-30 DEM (SYM) Sonuçları.....	75
5.3.1. Temel Morfometri Birimleri.....	75
5.3.2. Morfometri Parametreleri.....	76
5.4. TOPO-10 DEM (SYM) Sonuçları.....	80
5.4.1. Temel Morfometri Birimleri.....	80
5.4.2. Morfometri Parametreleri.....	81
5.5. HAVZA TEMELİNDE SYM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	84
5.5.1. Köprübaşı AGİ Havzası'nın Morfometri Analizi Sonuçları.....	84
5.5.2. Başköy AGİ Havzası'nın Morfometri Analizi Sonuçları.....	87
5.5.3. Büyük İncirli AGİ Havzası'nın Morfometri Analizi Sonuçları.....	90
5.5.4. Musabeyli AGİ Havzası'nın Morfometri Analizi Sonuçları.....	93
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	96
KAYNAKÇA.....	98

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Musabeyli, K.Yusufözü, Çağlayan ve Kabisre havzalarının konumu.....	9
Şekil 2: Çağlayan ve Kabisre Havzalarının jeolojik yapıları.....	11
Şekil 3:Çağlayan havzasının uydu görüntüsü ve NDVI analizi sonucu.....	17
Şekil 4: Kabisre havzasının uydu görüntüsü ve NDVI analizi sonucu.....	18
Şekil 5: Musabeyli ve Koyunluyusufözü Havzalarının jeolojik yapıları.....	21
Şekil 6: Musabeyli havzasının uydu görüntüsü ve NDVI analizi sonucu.....	25
Şekil 7: Koyunluyusufözü havzasının uydu görüntüsü ve NDVI analizi sonucu.....	26
Şekil 8: 'Terra' uzay aracının görüntü toplama yöntemi.....	31
Şekil 9: SAR tekniğinin çalışma yöntemi.....	33
Şekil 10: Uzay aracının SRTM projesi için veri toplama görüntüsü.....	34
Şekil11:SYM verisi üzerinden akarsu ağı ve havzası üretim aşamaları.....	36
Şekil12: SYM verisindeki çukurlukların ve yükseltelerin giderilmesi.....	37
Şekil13: D8 algoritmasına göre hücrelere verilen değerler ve yönleri.....	37
Şekil 14: Yükselti değerleri ve buna göre verinin akış yönü modellenmesi.....	38
Şekil 15: Akış yönünün sembolik gösterimi ve akış yönü verisinden üretilen akım toplanma verisi.....	38
Şekil 16: 1:25.000 ölçekli topoğrafya haritasından elde edilen SYM'den üretilen Kabisre Deresi ve Kabisre Havzası.....	40
Şekil 17: 1:25.000 ölçekli topoğrafya haritasından elde edilen SYM'den üretilen akım istasyonu gerisindeki havza ve Kabisre Deresi'nin bu alanda kalan kısmı.....	41
Şekil 18:Çağlayan havzasının farklı SYM verilerinden elde edilen minimum ve maksimum yükselti değerleri.....	46
Şekil 19: Türkiye ulusal sınırları içerisinde SRTM boşluklarının dağılımı.....	47
Şekil 20:Kabisre havzasının farklı SYM verilerinden elde edilen minimum ve maksimum yükselti değerleri.....	49

Şekil 21: K.Yusufözü havzasının farklı SYM verilerinden elde edilen minimum ve maksimum yükselti değerleri.....	51
Şekil 22: Musabeyli havzasının farklı SYM verilerinden elde edilen minimum ve maksimum yükselti değerleri.....	52
Şekil 23: Köprübaşı AGİ Havzası'nın maksimum ve minimum yükselti değerleri.....	54
Şekil 24: Başköy AGİ Havzası'nın maksimum ve minimum yükselti değerleri.....	56
Şekil 25: Büyük İncirli Akım AGİ Havzası'nın maksimum ve minimum yükselti değerleri.....	58
Şekil 26: Musabeyli AGİ Havzası'nın maksimum ve minimum yükselti değerleri.....	60
Şekil 27: Köprübaşı AGİ Havzası'nda farklı SYM verilerinden oluşturulan akarsu dizini.....	85
Şekil 28: Başköy AGİ Havzası'nda farklı SYM verilerinden oluşturulan akarsu dizini.....	88
Şekil 29: Büyük İncirli AGİ Havzası'nda farklı SYM verilerinden oluşturulan akarsu dizini.....	91
Şekil 30: Musabeyli AGİ Havzası'nda farklı SYM verilerinden oluşturulan akarsu dizini.....	94

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Rize-Fındıklı Meteoroloji İstasyonu'nun Yıllık Toplam Yağış ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Grafiği.....	13
Grafik 2: Artvin-Arhavi Meteoroloji İstasyonu'nun Yıllık Toplam Yağış ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Grafiği.....	13
Grafik 3: Artvin-Hopa Meteoroloji İstasyonu'nun Yıllık Toplam Yağış ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Grafiği.....	14
Grafik 4: Çağlayan Deresi'ne ait yağış-akım grafiği.....	15
Grafik 5: Kabisre Deresi'ne ait yağış-akım grafiği.....	15
Grafik 6: Yozgat-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun Yıllık Toplam Yağış ve Yıllık Ortalama Sıcaklık Grafiği.....	23
Grafik 7: Musabeyli Deresi'nin yağış-akım grafiği.....	24
Grafik 8: Koyunluyusufözü Deresi'nin yağış-akım grafiği.....	24
Grafik 9: Çağlayan, Kabisre, Koyunluyusufözü ve Musabeyli Dereleri'nin yıl içerisindeki genel akım durumları.....	63
Grafik 10: Çağlayan, Kabisre, Koyunluyusufözü ve Musabeyli Dereleri'nin 2004-2008 yılları arasındaki yıllık ortalama akım değerleri grafiği.....	63

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Temel morfometri birimleri ve çalışma alanları üzerine uygulanan morfometri parametreleri.....	42
Tablo 2: TOPO-10 SYM verisinden elde edilen sonuçlara göre çalışma havzalarının genel özellikleri.....	45
Tablo 3: Çalışma havzalarının ASTER GDEM verisinden elde edilen temel morfometri birimlerinin sonuçları.....	61
Tablo 4: Çalışma havzalarının ASTER GDEM (SYM) verisinden elde edilen morfometri parametrelerinin sonuçları.....	62
Tablo 5: Çalışma havzalarının SRTM DEM (SYM) verisinden elde edilen temel morfometri birimlerinin sonuçları.....	70
Tablo 6: Çalışma havzalarının SRTM DEM (SYM) verisinden elde edilen morfometri parametrelerinin sonuçları.....	71
Tablo 7: Çalışma havzalarının TOPO-30 DEM (SYM) verisinden elde edilen temel morfometri birimlerinin sonuçları.....	75
Tablo 8: Çalışma havzalarının TOPO-30 DEM (SYM) verisinden elde edilen morfometri parametrelerinin sonuçları.....	76
Tablo 9: Çalışma havzalarının TOPO-10 DEM (SYM) verisinden elde edilen temel morfometri birimlerinin sonuçları.....	80
Tablo 10: Çalışma havzalarının TOPO-10 DEM (SYM) verisinden elde edilen morfometri parametrelerinin sonuçları.....	81
Tablo 11: Köprübaşı AGI Havzası'nın farklı SYM verilerine göre morfometri analizi sonuçları.....	86
Tablo 12: Başköy AGI Havzası'nın farklı SYM verilerine göre morfometri analizi sonuçları.....	89
Tablo 13: Büyük İncirli AGI Havzası'nın farklı SYM verilerine göre morfometri analizi sonuçları.....	92
Tablo 14: Musabeyli AGI Havzası'nın farklı SYM verilerine göre morfometri analizi sonuçları.....	95

FOTOĞRAFLAR LİSTESİ

Fotoğraf 1: Çağlayan havzasının 100-300 metre yükseltileri arasında görülen çalı formasyonuna bir örnek.....	16
Fotoğraf 2: Çağlayan Deresi üzerinde bulunan D22A006 kodlu Köprübaşı akım istasyonu.....	53
Fotoğraf 3: Kabisre Deresi üzerinde bulunan D22A049 kodlu Başköy akım istasyonu.....	55
Fotoğraf 4: Koyunluyusufözü Deresi üzerinde bulunan D15A137 kodlu Büyük İncirli akım istasyonu.....	57
Fotoğraf 5: Musabeyli Deresi üzerinde bulunan ancak günümüzde kullanılmayan D15A069 kodlu Musabeyli akım istasyonu.....	59
Fotoğraf 6: Musabeyli Deresi havzasındaki kontrol noktalarından sediment birikimini ortaya koyan bir örnek.....	67
Fotoğraf 7: Musabeyli AGİ'nin bulunduğu lokasyonda derenin yatak durumu ve sediment birikimi.....	67
Fotoğraf 8: Başköy Deresi'nin yan kollarla birleştikten sonra dökülme noktasına yaklaşırken genişleyen yatağından bir örnek.....	74
Fotoğraf 9: Musabeyli Deresi'nin aşınmış havza topoğrafyasına bir örnek.....	78
Fotoğraf 10: Çağlayan Deresi'nin eğimli ve engebeli havza topoğrafyasına bir örnek.....	79

KISALTMALAR LİSTESİ

AGİ: Akım Gözlem İstasyonu

ASTER GDEM: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model

Bh: Havza Reliefi

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

Dd: Drenaj Yoğunluğu

DEM: Digital Elevation Model

DSİ: Devlet Su İşleri

EDM: Electronic Distance Measurement

Ff: Havza Şekli

GPS: Global Positioning System

Hi: Hipsometrik İntegral

Lg: Yüzeysel Akış Uzunluğu

Rb: Çatallanma Oranı

Re: Uzunluk Oranı

Rl: Akarsu Uzunluk Oranı

Rn: Engebелilik Değeri

SAR: Synthetic Aperture Radar (Yapay Açıklıklı Radar)

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission

SYM : Sayısal Yükseklik Modeli

Tc: Akım Toplanma Zamanı

TOPO SYM: Topoğrafya haritalarından üretilen SYM

USGS: United States Geological Survey

GİRİŞ

Yeryüzü şekilleri iç ve dış kuvvetlerin etkisiyle sürekli bir oluşum, gelişim ve değişim içerisindedir. Yüzey şekillerini meydana getiren, gelişimini sağlayan, değişikliğe uğratan iç ve dış etmen ve süreçleri inceleyen, coğrafi dağılımlarını nedenleriyle birlikte ortaya koyan yerbilimi dalına jeomorfoloji denir (Hoşgören, 2014). İncelediği konulara göre pek çok alt dallara ayrılan jeomorfoloji biliminde yapılan çalışmalar arazi tasviri ve haritalanmasına dayanan tanımlama ve matematiksel yöntemlerle ifade edilme olarak iki ana yaklaşımla ele alınmaktadır. Jeomorfolojinin bir dalı olan jeomorfometri arazi şekillerinin matematiksel yöntemlerle ifade edilmesinde önemli bir yer tutmaktadır (Huggett, 2007).

Temelde 'morpho' (şekil) ve 'metry' (ölçüm) kelimelerinin birleşiminden oluşan ve herhangi bir cismin şekilsel özelliklerinin ölçülerek rakamsal olarak ifade edilmesi manasına gelen morfometri, biyolojiden mühendisliğe, tıp biliminden yerbilimlerine kadar pek çok bilim dalında kullanılan bir terimdir. Jeomorfoloji biliminde ise 'bir yerşekline ait yükselti, genişlik ve uzunluk gibi şekilsel özelliklerin, ölçülerek rakamsal olarak ifade edilmesi' (Hoşgören, 2014) anlamına gelen morfometri "kantitatif, yüzey analizi bilimi"dir (Pike, 2000).

19. yüzyılın başlarından beri jeomorfoloji biliminde varolan morfometri 1970'li yıllardan itibaren önem kazanmıştır. Bu durumun gerçekleşmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), EDM (Electronic Distance Measurement) ve GPS (Global Positioning System) teknolojilerinde görülen gelişmeler etkili olmuştur (Huggett, 2007). Sonraki yıllarda ise Sayısal Arazi Modeli (SAM) ve Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) gibi yüzey topoğrafyası hakkında detaylı bilgi sağlayan veriler üretilmiş ve jeomorfometri çalışmalarındaki yerlerini almıştır.

Sayısal Yükseklik Modelleri ilk uygulamalarda yersel yöntemler yardımıyla toplanılan arazi verilerinden üretilirken, günümüzde Light Detection and Ranging (LİDAR), Radio Detection and Ranging (RADAR) teknolojileri ve çeşitli uydu görüntüleri ile SYM üretimi yaygın bir şekilde yapılmakta ve morfometri çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Özellikle son 20 yılda yüzey topoğrafyasına ait verilerin farklı teknolojiler yardımıyla toplanması ve bu veriler vasıtasıyla araziye ait SYM'lerin üretilmesi oldukça yaygınlaşmıştır. Aynı zamanda kullanıcılara sunulması aşamalarındaki gelişmelerle birlikte verilere kolaylıkla erişilebilirlik sağlanmış ve bu durum kullanıma hazır vaziyette üretilmiş SYM verilerinin çeşitli çalışmalarda kullanılabilirliğini arttırmıştır. Tüm bu gelişmelerle birlikte coğrafyada başta havza morfometrisi olmak üzere SYM kullanılarak yapılan morfometri çalışmaları artmıştır.

Akarsu drenaj havzasında ana akarsu ve kollarının oluşturduğu drenaj ağının geometrik özelliklerini ortaya koyan 'havza morfometrisi' (Abrahams, 1984) çalışmalarında en fazla kullanılan kaynak, farklı ölçekli topoğrafya haritalarındaki yükselti değerlerinden CBS teknolojileri yardımıyla üretilen Sayısal Yükseklik Modelleri'dir. Bunun dışında ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) ile Japon Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (METI) ortak yapımı olan ilk versiyonu 2009, düzeltilmiş ikinci versiyonu 2011'de kullanıcılara sunulan ASTER GDEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model) (ASTER GDEM Validation Team, 2011) ile ABD Ulusal Coğrafi İstihbarat Ajansı(NGA), Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA), Alman ve İtalyan Uzay ajansları ortak yapımı olan (Yang vd., 2011), ilk verilerini topladığı 2000 yılından bu yana farklı versiyonları kullanıcıya sunulan SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) projesinden üretilen Sayısal Yükseklik Modelleri de son zamanlarda havza morfometrisi çalışmaları sıklıkla kullanılmaktadır.

Havza morfometrisi çalışmalarında çalışma alanına ait kullanılmak istenilen SYM verileri üzerinde gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra havzanın çizgisel, alansal ve relief özelliklerini ortaya koyma bakımından önemli morfometrik parametreler belirlenmekte ve havza alanı üzerinde uygulanmaktadır. Bu çalışmada da belirlenen çalışma havzalarına ait ASTER ve SRTM verilerinden üretilen SYM'ler ile 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından üretilen SYM'ler temel alınarak gerekli düzenlemeler yapılmış, havzaların morfometrik özelliklerini ortaya koyan parametreler belirlenerek havzalar üzerinde uygulanmıştır. Elde edilen morfometrik analiz sonuçları hem farklı iklimsel ve şekilsel özelliklere sahip havza karakterlerinin hem de farklı SYM kaynaklarının morfometrik analizlerdeki kullanılabilirlikleri açısından karşılaştırılmasında kullanılmıştır.

1.LİTERATÜR DEĞERLENDİRMESİ

Yer bilimleri başta olmak üzere farklı pek çok alanda görülen morfometri çalışmalarına coğrafyada da rastlanmaktadır. Coğrafyada kullanıldığı anlamıyla Dünya yüzey topoğrafyasındaki herhangi bir coğrafi unsurun şekil ve boyutlarının ölçümü ve matematiksel analizine morfometri denilmektedir (Clarke, 1996; Agarwal, 1998; Obi Reddy vd. 2002). Coğrafyanın bir alt dalı olan jeomorfolojide jeomorfometri olarak bilinen bu terim 'kantitatif arazi-yüzey analizi bilimi' olarak tanımlanmaktadır (Pike 1995, 2000; Rasemann vd., 2004). Jeomorfometri matematik, yer bilimleri ve bilgisayar bilimlerini içine alan interdisipliner bir konu olup mühendislik, askeri uygulamalar, uzay araştırmaları, çevre bilimleri ve bunun gibi farklı disiplinlere kapı açmaktadır (Pike, 1995).

Jeomorfometrinin konu kapsamı ilk olarak 1972'de Evans tarafından belirlenmiş ve 'spesifik' olarak tanımlanan ayrık arazi yüzeyi ile 'genel' olarak tanımlanan sürekli arazi yüzeyi olmak üzere iki kısma ayrılmıştır (Evans, 1972). Gerek spesifik gerekse genel olarak tanımlanan jeomorfometride temel esas arazi topoğrafyasıyla ilgili verilerin bilgisayar ortamına aktarılıp, çeşitli analizlere tabi tutularak arazi yüzeyi hakkında değerlendirme yapılmasıdır.

Özellikle 20.yüzyılın son çeyreğinden itibaren bilgisayar teknolojilerinde görülen gelişmeler ile Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinin kullanılmaya başlanmasıyla coğrafyanın farklı alanlarında yapılan morfometri çalışmaları da artmıştır. Tektonizma, erozyon, heyelan, sel, taşkın, havza yönetimi gibi konular morfometrik analizlerin kullanıldığı alanların başında gelmektedir.

Tektonizma konulu çalışmalarda en sık kullanılan morfometrik analizler akarsu uzunluk-gradyan indisi, drenaj havzası asimetri indisi, dağ cephesi eğrilik oranı, vadi tabanı genişliği-vadi yüksekliği oranı, hipsometrik eğri ve integrali gibi analizlerdir. Morfometrik analizlerin kullanıldığı tektonizma çalışmalarına Bahrami (2013), Ket-ord vd. (2013), Hassen vd. (2014), Matos vd. (2014)'nin yaptığı çalışmalar örnek verilebilir. Bu çalışmalarda tektonik hareketliliğin durumu ve arazi morfolojisine etkileri morfometrik analizler yardımıyla belirlenmektedir.

Toprak erozyonu konulu çalışmalarda da morfometrik analizler kullanılmaktadır. Akarsu aşındırma ve materyal taşıma faaliyetlerinin arazi morfolojisine olan etkisinin incelendiği bu tarz çalışmalarda eğim, akarsu sıklığı, drenaj yoğunluğu, akarsu uzunluk oranı, tekstür oranı, hipsometrik eğri ve integrali gibi morfometrik analizler kullanılmaktadır. Ghosh (2011), Rao ve Yusuf (2013), Das (2014), Gajbhiye vd. (2014), Altaf vd.(2014), gibi çalışmalar morfometrik analizler kullanılarak yapılan erozyon çalışmalarının bazılarıdır. Bunun yanısıra morfometrik analizler yardımıyla arazinin heyelan durumunun incelendiği çalışmalar da vardır (Pankaj ve Kumar, 2009).

Tüm bunlarla birlikte morfometrik analizlerin coğrafyada en çok kullanıldığı alan havza morfometrisi ve havza yönetimi ile sel ve taşkın konulu çalışmalardır. Akarsuyun kollarıyla birlikte kapladığı alan olarak tabir edilen 'drenaj havzası'nda ana akarsu ve kollarının oluşturduğu drenaj ağının geometrik özelliklerini ortaya koyan, akarsuyun şekillendirici etkilerinin havza özellikleri üzerindeki etkisini inceleyen, morfometri biliminin alt dallarından biri olan 'havza morfometrisi' (Abrahams, 1984) ile drenaj havzaları morfometrik analizlere tabi tutularak akarsu havzaları hakkında detaylı nicel bilgiler elde edilebilmekte ve kantitatif sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Drenaj havzalarının morfometrisi ve buna yönelik analizlerle ilgili bilinen ilk çalışmalar modern hidrolojinin öncüsü kabul edilen Robert Elmer Horton tarafından ortaya konulmuştur. Horton'a (1932, 1945) göre drenaj havzalarındaki akarsu sistemlerinin kantitatif olarak ifade edilmesi akarsu dizini oluşturma, drenaj yoğunluğunu bulma, çatallanma oranı ve akarsu uzunluk oranını hesaplama yoluyla yapılmaktadır. Akarsu dizini oluşturma fikri ilk olarak Horton tarafından ortaya atılmıştır (Horton, 1945; Scheidegger, 1968). Ayrıca drenaj ağlarının morfometrik özelliklerini sayısal olarak inceleyerek matematiksel olarak ifade edilebileceğini de ortaya koymuştur (Horton, 1945).

Horton'un ortaya koyduğu akarsu dizini oluşturma yöntemi sonrasında Strahler tarafından farklı bir dizin konseptiyle tekrar düzenlenmiştir (Strahler, 1957; Scheidegger, 1968). Böylece en küçük kollara da dizin numarası verilmiştir ancak sonraki dizinlerin numaralandırılması sırasında uygulanan kural her bir dizinin akışa

direkt etki etmesini engellemiştir. Bu duruma sonraki yıllarda Shreve tarafından dikkat çekilmiş ve yeni bir akarsu dizin yöntemi ortaya konulmasına neden olmuştur (Shreve 1966, 1967). Bu şekilde her bir akarsu dizininin etkisi akışa direkt yansıtılmıştır.

Akarsu dizin yöntemleri dışında Horton'un (1945) çizgisel morfometri parametrelerinden çatallanma oranı, akarsu uzunluk oranı ve yüzeysel akış uzunluğu ile alansal morfometri parametrelerinden drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı üzerine incelemeleri de olmuştur. Strahler (1957) de havza morfometrisi parametrelerini inceleyerek ölçülebilir ve boyutsuz olmak üzere iki kısma ayırmıştır. Dizinlerdeki akarsu uzunluklarını, drenaj yoğunluğunu, havza alanı, havza çevresi ve havza reliefini ölçülebilir parametrelerden kabul ederken; akarsu dizin numaralarını, akarsu uzunluk oranını, çatallanma oranını, relief oranını, hipsometrik eğri ve integral değerlerini de boyutsuz parametreler olarak kabul etmiştir (Strahler, 1957).

1968'de Scheidegger yaptığı çalışmayla Horton'un akarsu dizini yöntemi detaylı olarak incelemiş ve bazı yönlerden Strahler'in akarsu dizin yöntemiyle karşılaştırmalar yaparak bu konuda kapsamlı bir çalışma ortaya koymuştur. Patton ve Baker 1976'da yaptıkları çalışmayla morfometrik parametreleri incelemiş ve morfometrik analizlerle sel tahmini konulu ilk çalışmayı yapmıştır. Daha sonrasında ise havza morfometrisiyle ilgili çalışmalar artarak devam etmiştir. Verstappen (1983), Baker vd. (1988), Ritter vd. (2011) tarafından yazılan kitaplar havza morfometrisiyle ilgili konuları da içeren kapsamlı ve literatürde önemli bir yere sahip olan çalışmalardır. Havza morfometrisi ve sel-taşkın konulu en güncel yayınlar Ozdemir ve Bird (2009), Özdemir (2011), Youssef vd. (2011), Hamim vd. (2013), Ashmawy vd. (2014), Sharma vd. (2014), Bhatt ve Ahmed (2014) tarafından yapılmış olan çalışmalardır.

Akarsu havzalarının drenaj özelliklerini ortaya koyan, havzayı çizgisel, alansal ve relief özellikleriyle ifade eden morfometrik analizlerde kullanılan parametreler genel olarak çizgisel morfometri parametreleri, alansal morfometri parametreleri ve relief morfometrisi parametreleri olmak üzere üç grupta toplanmıştır. Havza morfometrisi çalışmalarında yapılan analizlerde kullanılan çizgisel morfometri parametrelerinin

başlıcaları; çatallanma oranı, akarsu uzunluk oranı, yüzeysel akış uzunluğu ve tekstür oranıdır. En sık kullanılan alansal morfometri parametreleri ise drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, havza şekli, uzunluk oranı, gravelius indeks'tir. En yaygın kullanılan relief morfometrisi parametreleri de havza reliefi, relief oranı, engebelilik değeri, akım toplanma zamanı, hipsometrik eğri ve integrali olarak bilinmektedir (Özdemir, 2011).

Günümüze kadar dünyanın farklı yerlerinde pek çok akarsu havzasının drenaj özellikleri geleneksel metotlar kullanılarak incelenmiştir (Horton, 1945; Strahler, 1952, 1957, 1964; Leopold ve Miller 1956; Morisawa 1959; Krishnamurthy vd., 1996). Farklı ölçeklerdeki topoğrafya haritalarının yaygın olarak kullanıldığı bu çalışmalar arazi çalışmaları ve gözlem metoduyla desteklenmiştir. Kaynak veri olarak topoğrafya haritalarının kullanıldığı morfometri çalışmaları özellikle son 10 yılda çok yaygınlaşmıştır. Vijith ve Satheesh (2006), Öztürk ve Erginal (2008), Tari ve Tüysüz (2008), Ozdemir ve Bird (2009), Şatır Erdağ vd. (2009), Yıldırım ve Karadoğan (2009), Eze ve Efiang (2010), Vincy vd. (2012), Karabulut vd. (2013), Günek vd. (2013), Ket-ord vd. (2013), Hajam vd. (2013), Prasannakumar vd. (2013), Shah vd. (2014), Ciornei ve Drăgoi (2014), Karabulut vd. (2014), Avcı ve Günek (2015), Elbaşı (2015) tarafından yapılan çalışmalar bunlardan bazılarıdır.

Morfometri çalışmalarında geleneksel metotlara alternatif olarak uzaktan algılama ve Sayısal Yükseklik Modelleri de kullanılmaktadır (Verstappen 1983; Mark 1983; O'Callaghan ve Mark, 1984; Rinaldo vd. 1998; Macka 2001; Maidment 2002). Özellikle 2000 yılından bu yana kullanıcıların çeşitli uydu görüntülerine ve başta ASTER ve SRTM verilerinden üretilen SYM'ler olmak üzere SYM verilerine erişiminin kolaylaşmış olması bu verilerin farklı versiyonlarının yapılan çalışmalarda kullanımını artırmıştır.

ASTER ve SRTM SYM'ler, yüzey özelliklerini yansıtmaları ve çözünürlükleri yönüyle farklı özellikler göstermeleri nedeniyle pek çok çalışmaya konu olmuşlardır. Sözü edilen bu iki SYM verisinin potansiyellerini karşılaştırmaya yönelik yapılan çalışmalara örnek olarak Hayakawa vd. (2008), Wang vd. (2011), Becak (2014), Ioannidis vd. (2014), Rexer ve Hirt (2014), Ouerghi vd. (2015) verilebilir. Bu çalışmalarda 30 metre çözünürlüklü ASTER SYM verisi ile 90 metre çözünürlüklü

SRTM SYM verileri temel veri olarak kullanılmıştır. ASTER ve SRTM SYM'leri güncel havza morfometrisi çalışmalarında kaynak veri olarak çok yaygın kullanılmaktadır. Satish ve Vajrappa (2014) gibi kimi araştırmacılar sadece ASTER SYM (30 m) verisiyle çalışmalarını yaparken bazı araştırmacılar da çalışmalarında sadece SRTM verilerini kullanmayı tercih etmiştir. Magesh vd. (2012), Magesh vd. (2013), Magesh ve Chandrasekar (2014) tarafından yapılan çalışmalar sadece SRTM verisi kullanılarak yapılan çalışmalardan bazılarıdır. Sözü edilen çalışmalarda da SRTM SYM verisinin 90 metre çözünürlüklü versiyonu kullanılmıştır. Bunun nedeni adı geçen çalışmaların yapıldığı dönemde SRTM SYM verisinin 30 metre çözünürlüklü versiyonunun henüz kullanıcılara sunulmamış olmasıdır.

Bu çalışmaların yanısıra yüzey topoğrafyasını yansıtmaları bakımından ASTER ve SRTM SYM'lerini farklı ölçekli topoğrafya haritalarından elde edilen SYM'ler ile karşılaştırmaya yönelik yapılan morfometri çalışmaları da mevcuttur. Kaliraj vd. (2014), Rai vd. (2014), Farhan vd. (2015.) tarafından yapılan çalışmalarda 30 metre çözünürlüklü ASTER SYM ile TOPO SYM'leri üzerinden morfometri parametreleri incelenmiştir. Sreedevi vd. (2009), Thomas vd. (2011), Magesh vd. (2011), Wilson vd. (2012), Thomas vd. (2012), Magesh vd. (2012), Sreedevi vd. (2013), Babu vd. (2014) tarafından yapılan çalışmalar ise 90 metre çözünürlüklü SRTM SYM ile TOPO SYM'leri kullanılarak morfometri çalışmaları yapılmıştır. Ahmed vd. (2010), Zhao vd. (2011), Thomas ve Prasannakumar (2015) ise çalışmalarında ASTER (30 m), SRTM (90 m) ve TOPO SYM olmak üzere 3 farklı SYM verisini kullanarak parametreleri inceleyip, sonuçları karşılaştırarak bu konuda yapılan diğer çalışmalara göre daha kapsamlı çalışmalar hazırlamışlardır. Yapılan literatür değerlendirmesi sonucunda günümüze değin yapılan morfometri çalışmalarında genel olarak 30 metre çözünürlüklü ASTER, 90 metre çözünürlüklü SRTM ve farklı ölçekli topoğrafya haritalarının sıklıkla kullanıldığı görülmüştür. Ancak SRTM SYM verisinin 30 metre çözünürlüklü versiyonuyla yapılan morfometri çalışmalarına rastlanmamıştır.

Bu çalışmada da belirlenen çalışma havzaları üzerinde çizgisel, alansal ve relief morfometrisiyle ilgili incelenmek istenilen parametreler belirlenmiş; ASTER ve SRTM SYM'lerinin 30 metre çözünürlüklü versiyonları ile çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından üretilen 30 metre ve 10 metre çözünürlüklü

SYM'leri kaynak veri olarak kullanılarak havzaların morfometrik analizi yapılmıştır. Bu çalışma 30 metre çözünürlüklü SRTM SYM verisinin kullanılarak yapıldığı ilk havza morfometrisi çalışması olması ve sözü edilen diğer SYM verileriyle karşılaştırılması yönüyle önemlidir.

2. ÇALIŞMA ALANI

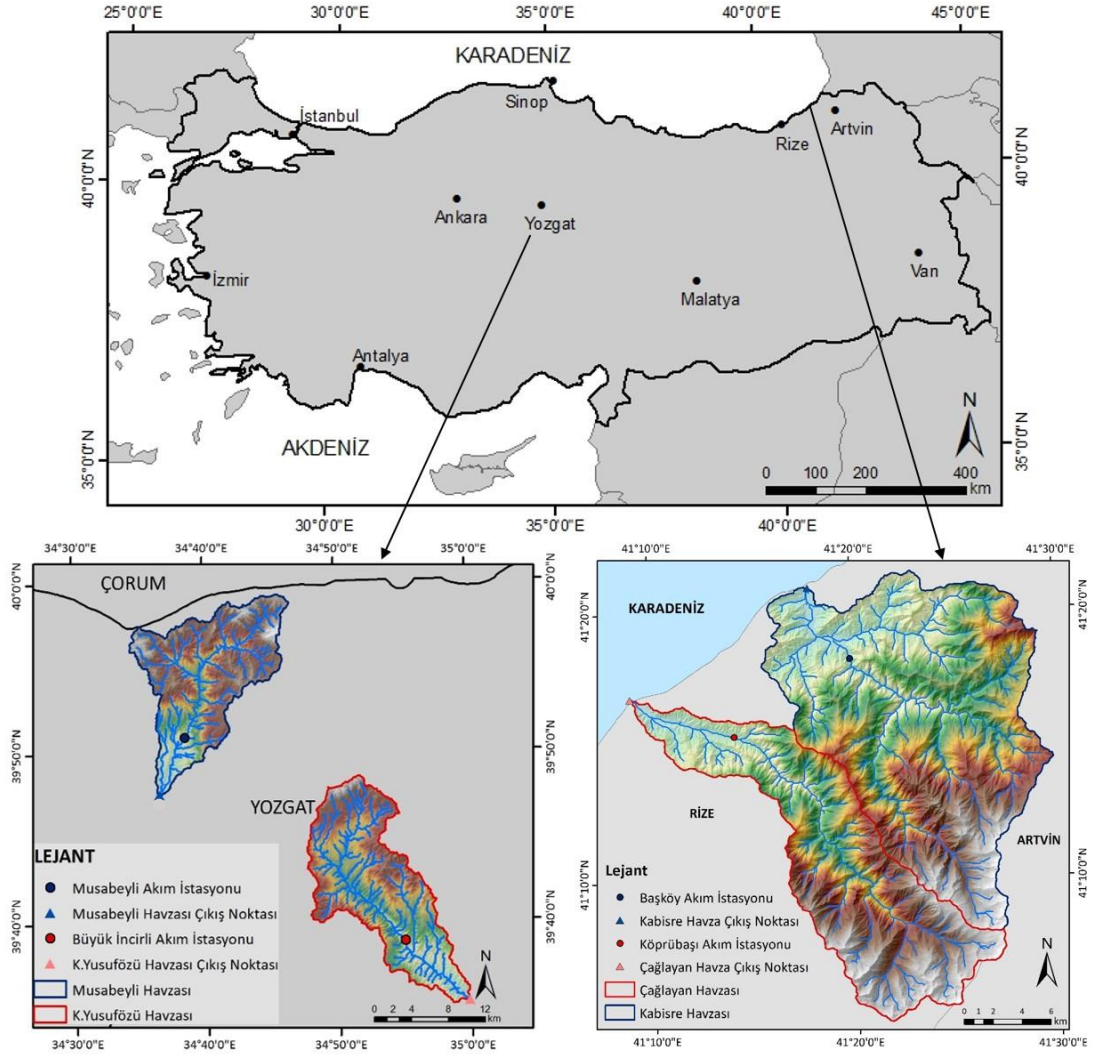
Çalışma alanları Türkiye'nin Karadeniz ve İç Anadolu bölgelerinde seçilmiştir. İki Doğu Karadeniz Havzası'nın alt kollarından, ikisi Kızılırmak Havzası'nın alt kollarından olmak üzere 4 akarsu havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu havzalar Doğu Karadeniz'de Rize-Artvin arasında bulunan Çağlayan Deresi ve Kabisre (Arhavi) Deresi havzaları; İç Anadolu'da ise Yozgat ili içerisinde bulunan Musabeyli Deresi ve Koyunluyusufözü Deresi havzalarıdır. Çalışma alanlarının iki farklı bölgeden seçilmesinin sebebi havzalardaki bitki örtüsü varlığının ya da yokluğunun farklı SYM'lerde vereceği sonuç farklılıklarını ortaya koyabilmektir. Ayrıca çalışma alanları seçilirken havzaların şekilsel özellikleri de dikkate alınmış; her bölge içerisinde havzalarda görülen şekilsel farklılıkların havzaların karakteristik özelliklerini belirlemede önemli bir etken olan morfometrik parametrelerin sonuçlarına olan etkisi incelenmek istenmiştir.

Çalışma alanı olarak belirlenen havzaların jeolojik yapısı, jeomorfolojik durumu, iklim özellikleri ve bitki örtüsü varlığı gibi ortamına has özellikleri havzanın morfometrisi üzerinde çok önemli etkiye sahiptir. Havzanın temelini oluşturan jeolojik birimlerin yaşları, yapısı, konumları, havzada bulunan kayaçların türleri, aşınmaya karşı olan dirençleri, geçirimsizlik durumları, akarsuyun yüzeysel akışını, havzayı aşındırma durumunu, havza şeklini, akarsuyun yüzeysel uzunluğunu, drenaj yoğunluğunu dolayısıyla morfometrisini doğrudan etkilemektedir.

Havzanın jeomorfolojisi, yükseltisi, eğimi, engebelilik durumu akarsuların akışını dolayısıyla aşındırma faaliyetlerini etkilemekte ve havza morfometrisine de etki etmektedir. Havzanın iklim özellikleri de havza morfometrisi üzerinde önemli rol oynar. İklim elemanlarından özellikle sıcaklık ve yağış havzaları şekillendirici etkiye sahiptir. Ortamdaki yağışın miktarı ve düzeni akarsuların debisi ve rejimi üzerinde etkilidir. Ortama düşen yağışın buharlaşan, toprağın derinliklerine sızan ve bitki kökleri tarafından tutulan kısmı dışındaki miktarı yüzeyde akışa geçmektedir. Bu durum sonucunda aşındırma ve biriktirme faaliyetleriyle akarsular havzayı

şekillendirirler. Bir diğer iklim elamanı olan sıcaklık da ortamdaki sıcaklık değerlerini, gün içindeki sıcaklık farklarını etkilediğinden, sebep olduğu fiziksel çözünme olayıyla kayaların yarıp parçalanmasını ve havzaların şekillenmesini etkiler. Havzanın bitki örtüsü varlığı da aşındırma, taşınma ve biriktirme faaliyetlerinin şiddetini etkileyerek havza morfometrisine etki eder. Bitki örtüsünün yoğun olduğu sahalarda tutunmadan dolayı aşındırma faaliyetleri daha az olurken, bitki örtüsünden yoksun sahalarda aşındırma faaliyetleri daha güçlüdür ve daha kolay şekillendirici etkiye sahiptir. Bu sebeplerden dolayı incelenecek havzaların genel fiziki karakterlerine aşağıda yer verilmiştir.

Şekil 1: Musabeyli, Koyunluyusufözü, Çağlayan ve Kabisre havzalarının konumu



1. Çağlayan ve Kabisre Deresi Havzalarının Genel Fiziki Özellikleri

Çağlayan Deresi ve Kabisre Deresi havzaları Türkiye'nin kuzeydoğusunda Doğu Karadeniz Havzası içerisinde bulunurlar. Rize- Artvin sınırında bulunan ve birbirlerine bitişik durumda olan bu iki havza yaklaşık olarak 41°10'0"- 41°30'0" doğu boylamları ile 41°0'0"-41°20'0" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1).

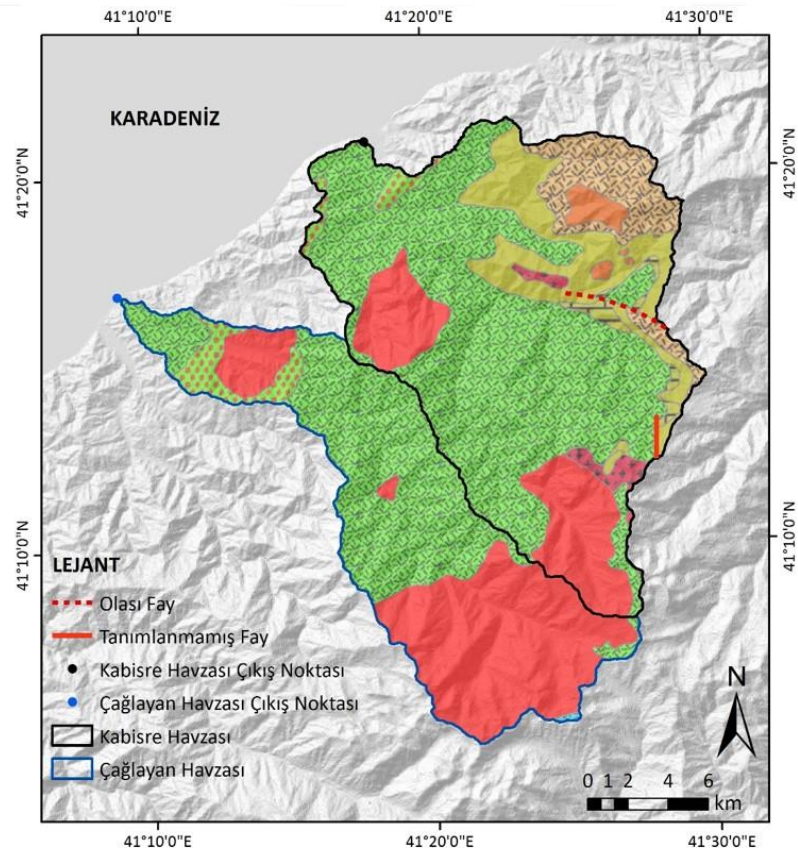
Çağlayan Deresi havzası toplamda 175.4 km²lik bir alan kaplamakta ve yükselti değerleri 0-3331.6 metre arasında değişmektedir. Kabisre Deresi havzası ise toplamda 294.2 km²lik bir alan kaplamakta ve yükselti değerleri 0-3329.8 metre arasında değişmektedir. Güneyinde Doğu Karadeniz Dağları bulunan havzaların akarsuları kuzeyden Karadeniz'e dökülmektedir.

Çağlayan ve Kabisre havzalarının genel jeolojik özellikleri konum itibariyle bitişik havzalar oldukları için benzerlik göstermektedir. Her iki havza da Mesozoik ve Senozoik yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Çağlayan Havzası genel olarak Jura, Kretase ve Tersiyer jeolojik devirlerinin birimlerinden müteşekkildir. Havzanın güneyinde Jura devrinin Alt-Orta Jura dönemlerine ait volkanitler ve sedimenter kayalar bulunmaktadır. Bununla birlikte Tersiyer devrinin Paleosen-Eosen devresine ait granitoidler de havzanın güneyinde büyük bir alan kaplamaktadır. Havzanın geri kalan kısmında ise Kretase devrinin Üst Kretase dönemlerine ait birimler bulunmaktadır. Havzanın orta kısımları volkanit ve sedimenter kayalardan oluşurken, havzanın kuzey kısımları dasit, riyolit, riyodasit kayalarından oluşmaktadır. Çağlayan havzasında aktif fay bulunmamaktadır (Şekil 2) (MTA, 2002).

Kabisre Havzası ise genel olarak Kretase ve Tersiyer jeolojik devirlerinin birimlerinden oluşmaktadır. Havzanın büyük bir kısmında Kretase devrinin Üst Kretase dönemlerine ait volkanit ve sedimenter kayalar bulunmaktadır. Bunun yanı sıra yine aynı döneme ait dasit, riyolit ve riyodasit kayalar havzanın ağız kısmına yakın yerlerde görülmektedir. Havzanın güneyinde ve orta kısımlarında Tersiyer devrinin Paleosen-Eosen devresine ait granitoidler bulunmaktadır. Yine aynı döneme ait kuvars porfir, mikrogranit, granit, granodiyoritler havzanın güneyinde küçük bir alan teşkil etmektedir. Havzanın doğusunda Tersiyer devrinin Orta-Üst Eosen devresine ait volkanit, sedimenter kayalar ve Paleosen-Eosen

devresine ait diyorit, kuvars diyorit ve tonalitler bulunmaktadır. Havzanın Kretase ve Tersiyer dönemine ait jeolojik yapıları arasında bir tür geçiş yapısı olarak Üst Kretase-Paleosen devresine ait birimler bulunmaktadır. Bu jeolojik yapılar neritik kireçtaşı, kırıntılılar ve karbonatlardan oluşmaktadır. Kabisre Havzası'nda aktif fay bulunmamasıyla birlikte havzanın güneyinde tanımlanmamış fay görülmektedir. Havzanın doğusunda ise olası fay bulunmaktadır (Şekil 2) (MTA, 2002). Bu alandaki jeolojik yapının olası fay hattı doğrultusunda aniden kesintiye uğrayıp değişmesi dikkat çekmekte ve fay ihtimalini kuvvetlendirmektedir.

Şekil 2: Çağlayan ve Kabisre Havzalarının jeolojik yapıları



(MTA, 2002)

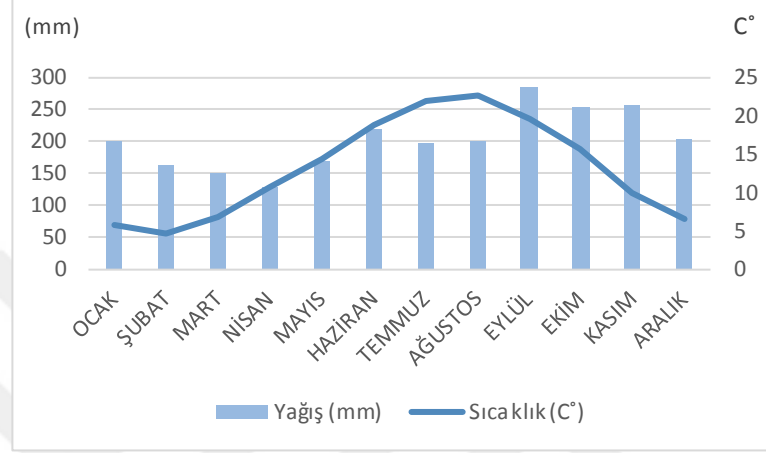
Çağlayan ve Kabisre havzaları morfolojik özellikleri bakımından genel olarak havzaları çevreleyen tepelik alanlardan doğan ve bu akarsular tarafından yarılmış genç vadiler ile yan kolların birleşerek oluşturduğu ana akarsu vadisinden oluşmaktadır. Çağlayan havzasının yükselti değerleri 0-3331,6 metre arasında değişmektedir. Kaçkar Dağları'nın kuzeye bakan yamaçlarında bulunan havzanın en önemli yükseltileri havzayı güneyden çevreleyen Marsis Tepe (3334 m), Şorakbaşı Tepe (3118 m) ve Samurkule Kayalıkları (2800-3000m)'dir. Havzanın zirvesine doğru çok sayıda irili ufaklı göl mevcuttur. Bunların en önemlileri Cor Gölü (2677 m), Terek Gölü (2567 m), Öküzboğan Gölü (2797 m), Alaca Gölü (2757 m), Alaca Gölü (2667 m)'dür. Bu göllerden çıkan aynı isimli dereler 2722 metreden çıkan Çağlayan deresine katılan başlangıç akarsularıdır. Bunlardan başka Abu Deresi, Aylık Dere, İrmakbaşı Dereleri ana akarsuya katılan başlıca önemli derelerdir. Kaynaktan itibaren farklı akarsularla birleşerek zaman zaman farklı isimler alan Çağlayan deresi'nin denize döküldüğü yerdeki ismi Abunoğa Irmağı olarak bilinmektedir.

Kabisre havzasının yükselti değerleri ise 0- 3329,8 metre arasında değişmektedir. Kaçkar Dağları'nın kuzey yamaçlarında yer alan havzanın güneyinde Gül Dağı, doğusunda ise Balıklı Dağı bulunmaktadır. Havzayı çevreleyen en önemli yükseltiler güneyde Kızıl Tepe (3305 m), Demirkapı Tepe (3196 m), Çukur Tepe (3008 m), Çatalkaya Tepe (2984.9 m) ve Sırtayla Tepe (2949 m)'dir. Havzanın kaynak kısmına doğru irili ufaklı göller bulunmaktadır. Nogadit Gölü (2887m), Karagöl (2664 m), Büyükağara Gölü (2673 m), Alaca Gölü (2660 m), Küçükağara Gölü (2483 m) havzada bulunan göllerdendir. Bu göllerden çıkan Nogadit dere, Karagöl dere, Alacagöl dere, Ağara dere, Zurgıza dere ve Arhavi deresi Kabisre Çayı'nı oluşturan başlıca akarsulardır. Bunların dışında ana akarsuya batıdan katılan Sittoligali dere, Lome dere ve Pağovi dere ile doğudan katılan Si deresi ve kolları ana akarsuyu besleyen önemli yan kollarıdır. Havzanın orta bölümlerinde Orçi Dere olarak bilinen ana akarsuyun denize döküldüğü yerdeki ismi Kabisre (Kapistre) Çayı'dır.

Çağlayan ve Kabisre Havzaları iklim özellikleri açısından buldukları Doğu Karadeniz Bölümü'nde her mevsim yağışlı tipik Karadeniz iklimi etkisi altındadır. Havzaların iklimsel özelliklerini detaylı bir şekilde incelemek için civardaki meteoroloji istasyonlarının etki alanları 'Thiessen Polygon' metoduyla ortaya konulmuş ve havza iklimini etkileyen Hopa(Artvin) Büyük Klima, Arhavi(Artvin) Küçük Klima ve Fındıklı(Rize) Küçük Klima Meteoroloji İstasyonlarının verileri

mevcut olan yıllarının günlük ortalama sıcaklık ve günlük toplam yağış verileri alınarak uzun yıllar sıcaklık ve yağış değerlendirmeleri yapılmıştır (Grafik 1- 2- 3).

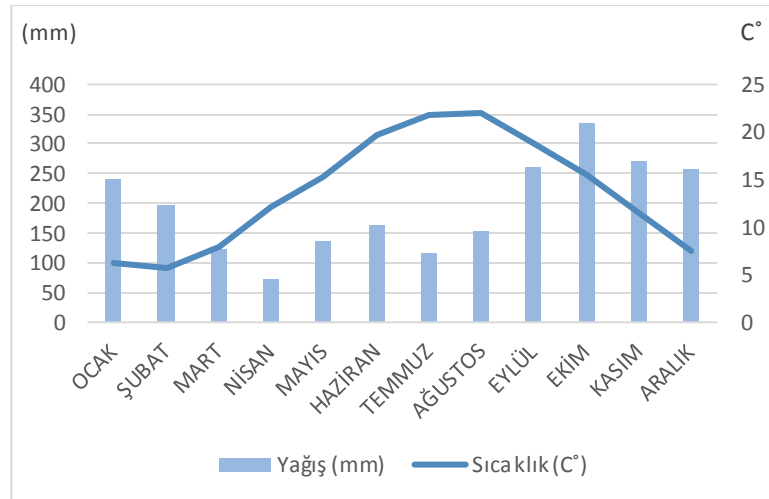
Grafik 1: Rize-Fındıklı Meteoroloji İstasyonu'nun Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış ve Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği



(DMİGM, 2015a).

Açıklama: Rize-Fındıklı Meteoroloji istasyonunun 1990-1999 yılları arasındaki günlük toplam yağış ve günlük ortalama sıcaklık verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

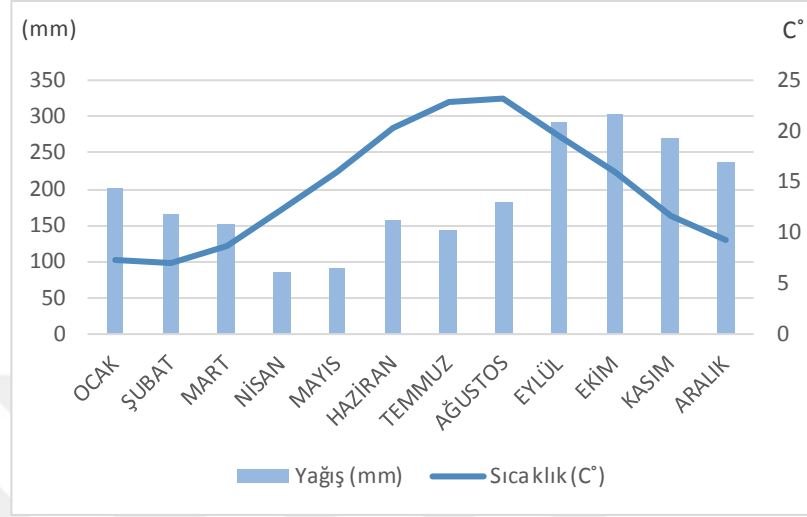
Grafik 2: Artvin-Arhavi Meteoroloji İstasyonu'nun Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış ve Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği



(DMİGM, 2015b).

Açıklama: Artvin-Arhavi Meteoroloji istasyonunun 1984-1993 yılları arasındaki günlük toplam yağış ve günlük ortalama sıcaklık verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Grafik 3: Artvin-Hopa Meteoroloji İstasyonu'nun Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış ve Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği



(DMİGM, 2015c).

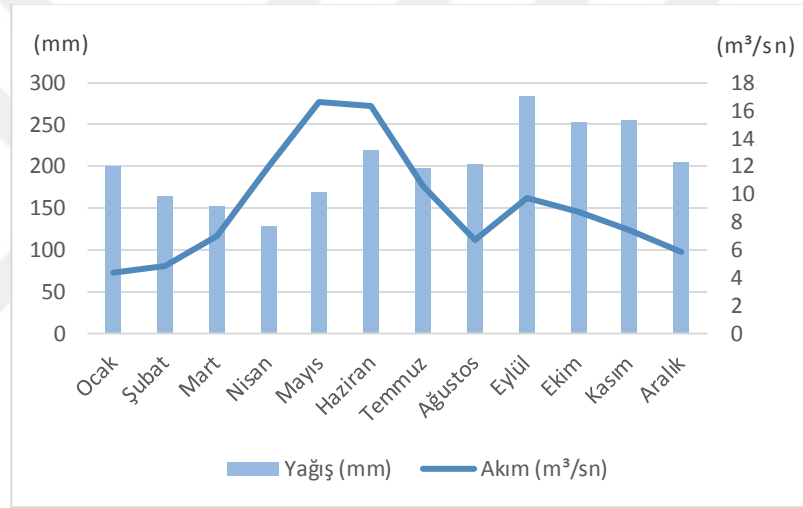
Açıklama: Artvin-Hopa Meteoroloji istasyonunun 1980-2015 yılları arasındaki günlük toplam yağış ve günlük ortalama sıcaklık verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda 3 istasyonun yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Buna göre çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığının 13.7 C°, en soğuk ayın 5.8 C° ile Şubat ayı, en sıcak ayın ise 22.7 C° ile Ağustos ayı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışma alanında görülen yıllık toplam yağışın 2280.6mm olduğu görülmüştür. Havzalara en çok yağışın sonbahar aylarında, en az yağışın ise başta Nisan ayı olmak üzere ilkbahar aylarında düştüğü belirlenmiştir (Koday, 2001).

Ayrıca sıcaklık ve yağış değerleri alınan her bir meteoroloji istasyonu için alana ait iklim sınıflandırması yapılmıştır. Bunun için iklim sınıflandırma yöntemleri içerisinde en yaygın kullanılanlardan biri olan Thornthwaite yöntemi ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış miktarları kullanılarak uygulanmıştır (Dönmez, 1984). Fındıklı, Arhavi ve Hopa Meteoroloji istasyonlarının sıcaklık ve yağış değerlerinden hemen hemen aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Sonuç olarak iki havzayı içine alan iklim tipi Thornthwaite'e göre A B₂ r b₄ harfleriyle ifade edilen 'çok nemli, mezotermal, su noksanı olmayan yahut pek az olan, denizel koşullara yakın' olarak belirlenmiştir.

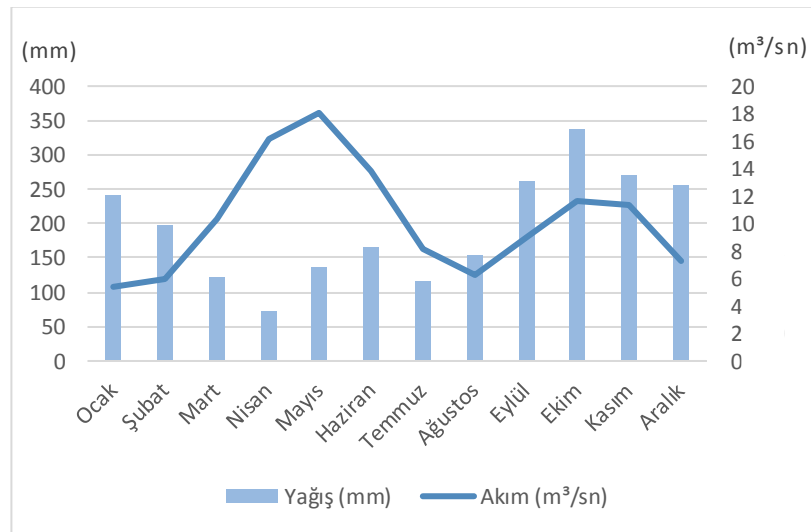
Çağlayan ve Kabisre Dereleri'nin akım değerleri bölgedeki her mevsim yağışlı iklim koşullarından dolayı yıl boyunca oldukça yüksektir. Yıl içerisinde akımın en fazla olduğu aylar kar erimelerinin görüldüğü ilkbahar aylarıdır. Yaz aylarında akım seviyelerinde düşüşler görülmekle birlikte sonbahar yağışlarıyla akım değerlerinde tekrar bir artış görülmektedir (Grafik 4-5). Çağlayan Deresi'nin yıllık ortalama akımı 9,145 m³/sn, Kabisre Deresi'nin ise 10,230 m³/sn'dir (DSİ, 2015). Kabisre Deresi'nin akım değerlerinin daha fazla olması su toplama havzasının daha büyük olması ve dairesel yapısı nedeniyle ana akarsu koluna yan kollardan çok daha fazla akım toplanmasıdır.

Grafik 4: Çağlayan Deresi'ne ait yağış-akım grafiği



(DMİGM, 2015a; DSİ, 2015)

Grafik 5: Kabisre Deresi'ne ait yağış-akım grafiği



(DMİGM, 2015b; DSİ, 2015)

Çağlayan ve Kabisre havzalarının bulunduğu Kuzey Anadolu Dağları'nın denize bakan yamaçlarında her mevsim yağışlı Karadeniz iklimi etkisi altında gür bitki örtüsü toplulukları, ormanlar gelişmiştir. Bu bölgede deniz kıyısından dağların denize bakan yamaçları boyunca 1000m civarına kadar kışın yaprağını döken geniş yapraklı ormanlar, yaklaşık 1000-1500m'leri arasında geniş yapraklı ve iğne yapraklı olmak üzere karışık ormanlar, 1500-2000 m'leri arasında ağırlıklı olarak iğne yapraklı ormanlar, 2000m'nin üzerindeki alanlarda ise alpin çayır türleri geniş alan kaplamaktadır (Atalay, 2011).

Çağlayan ve Kabisre Havzaları'nda tipik Karadeniz iklimi etkisi altında zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Bu havzalar genel olarak bitki coğrafyası bakımından Euro-Siberian flora bölgesinin kolşik kesiminde kalmaktadır (Selim, 2009; Koday, 2001).

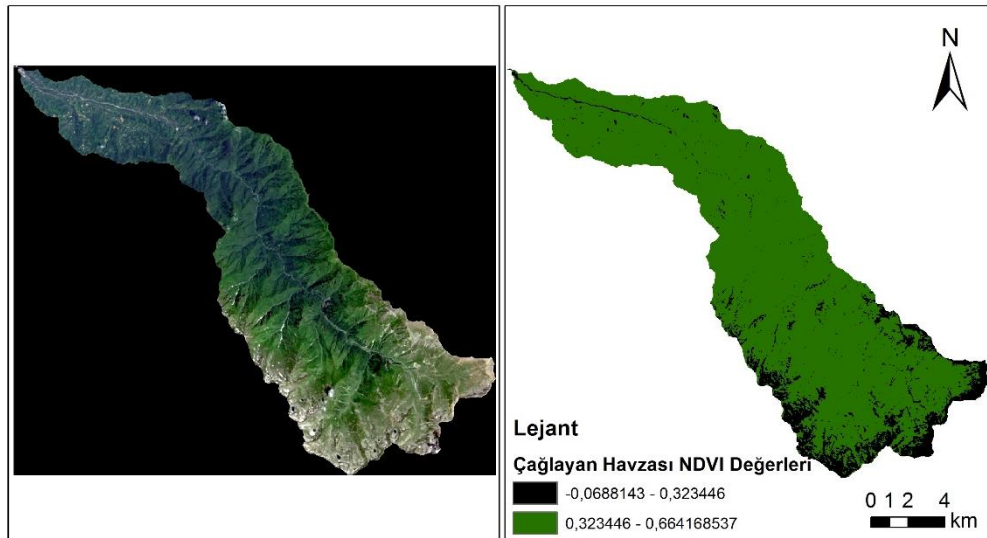
Çağlayan havzasının yaklaşık 100- 300 metre yükseltileri arasında çeşitli nemcil ve kurakçıl karakterli çalılardan oluşan bir çalı formasyonu bulunmaktadır (Fotoğraf 1).

Fotoğraf 1: Çağlayan havzasının 100-300 metre yükseltileri arasında görülen çalı formasyonuna bir örnek



Pseudomaki adı verilen bu çalı formasyonu üzerinde yaklaşık 300-800 metreler arasında yapraklı orman zonu bulunmaktadır (Selim, 2009). Karaağaç, kayın, kızılâğaç, çam, meşe bu yükselteler arasında yaygın görülen türlerdir. 800-1500 metreler arasında geniş ve iğne yapraklı türlerin bir arada bulunduğu karışık ormanlar görülür. Çam, ladin, meşe bu zonda yaygın olarak bulunur. Bu zonun üzerinde iğne yapraklı türlerin hakim olduğu ormanlar görülür. Doğu Ladini, Doğu Karadeniz Köknarı, Sarıçam, Adi Porsuk bu zonda bulunan başlıca iğne yapraklı türlerdir. Yaklaşık 2000 metrelerde, orman zonunun bitiminde subalpine geçiş kesimlerinde tekrar bir çalı formasyonu yer almakta ve daha yükseklerde ise alpin çayırlar bulunmaktadır (Selim, 2009). Havzanın zirve kısmında yer yer bitki örtüsünden yoksun taşlık araziler bulunmaktadır. Havzanın bitki örtüsü yoğunluğunu ortaya koymak için havzanın bulunduğu alana ait 28/7/2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü üzerinde 4-3-2 (RGB) band kombinasyonu üzerinde NDVI analizi yapılmış; yapılan analiz sonucunda toplamda 175.4 km² olan havza alanının yaklaşık 140 km²'sinin bitki örtüsüyle kaplı olduğu görülmüştür (Şekil 3).

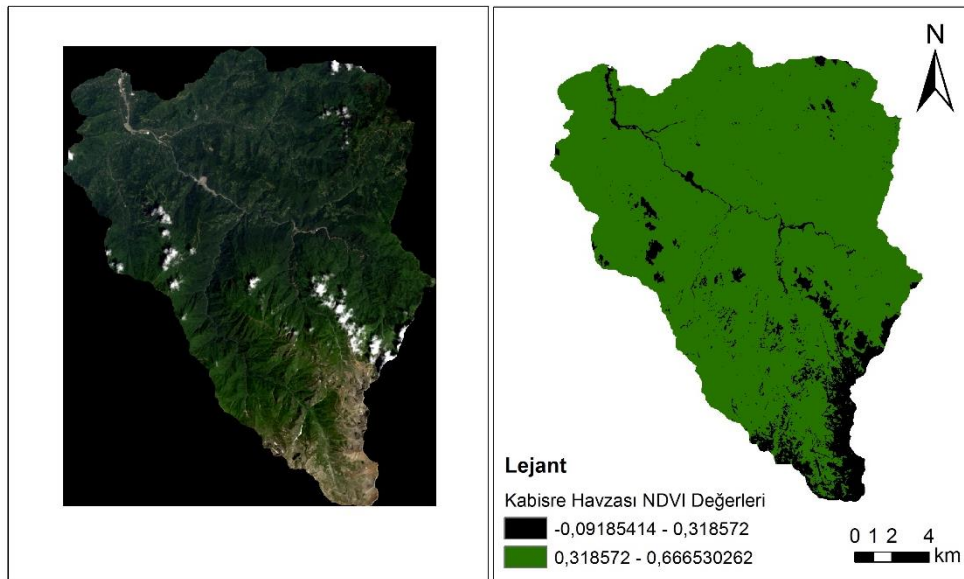
Şekil 3: Çağlayan havzasının uydu görüntüsü (solda) ve NDVI analizi sonucu (sağda)



Kabisre havzası da bitki örtüsü bakımından çok zengindir. Bitki örtüsü bakımından 600-700 metrelere kadar kolşik flora içerisinde kalmaktadır. Orman altı formasyonun da çok zengin olduğu bu zonda kızılâğaç, kestane, kayın, gürgen ve ıhlamur gibi türlerin bulunduğu geniş yapraklı ormanlar bulunmaktadır. Bu zonun üzerinde geniş ve iğne yapraklı türlerin bir arada bulunduğu karışık ormanlar bulunur (Koday,

2001). Bu zonda çam, kızılğaç, karağaç, ladin, gürgen, köknar gibi türler bulunmaktadır. 1500 metrelerden itibaren tamamen iğne yapraklı türler alana hakim olup 2000-2100 metrelerden itibaren yerlerini alpin çayırlara bırakmaktadır (Koday, 2001). 2200 metrelerden sonra havzanın zirvesine yakın kısımlarda ise bitki örtüsünden yoksun, taşlık araziler ve sıra kayalıklar bulunmaktadır. Havzanın bitki örtüsü yoğunluğunu ortaya koymak için havzanın bulunduğu alana ait 28/7/2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Havza alanı üzerinde yer yer bulutluluk görülmesine rağmen havzanın bitki örtüsünü ortaya koyma bakımından bu görüntüden daha net, bulutsuz ve güncel tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü bulunamadığı için analizde bu görüntünün kullanılması zorunlu olmuştur. Görüntü üzerinde 4-3-2 (RGB) band kombinasyonu ile NDVI analizi yapılmış; yapılan analiz sonucunda toplamda 294.2 km² olan havza alanının yaklaşık 264 km²'sinin bitki örtüsüyle kaplı olduğu görülmüştür (Şekil 4). Yapılan analizde havza üzerinde bulutluluğun görüldüğü alanlar bitki örtüsünden yoksun olarak çıkmıştır. Ancak farklı görüntüler yardımıyla altında orman örtüsü olduğundan emin olunan bu alanlar ArcGIS yazılımı kullanılarak hesaplanmış ve 6.9 km²'lik bir alan kapladıkları belirlenmiştir. Bunun sonucunda havzanın yaklaşık olarak 270.9 km²'sinin bitki örtüsüyle kaplı olduğu saptanmıştır.

Şekil 4: Kabisre havzasının uydu görüntüsü (solda) ve NDVI analizi sonucu (sağda)



2. Musabeyli Deresi ve Koyunluyusufözü Deresi Havzalarının Genel Fiziki Özellikleri

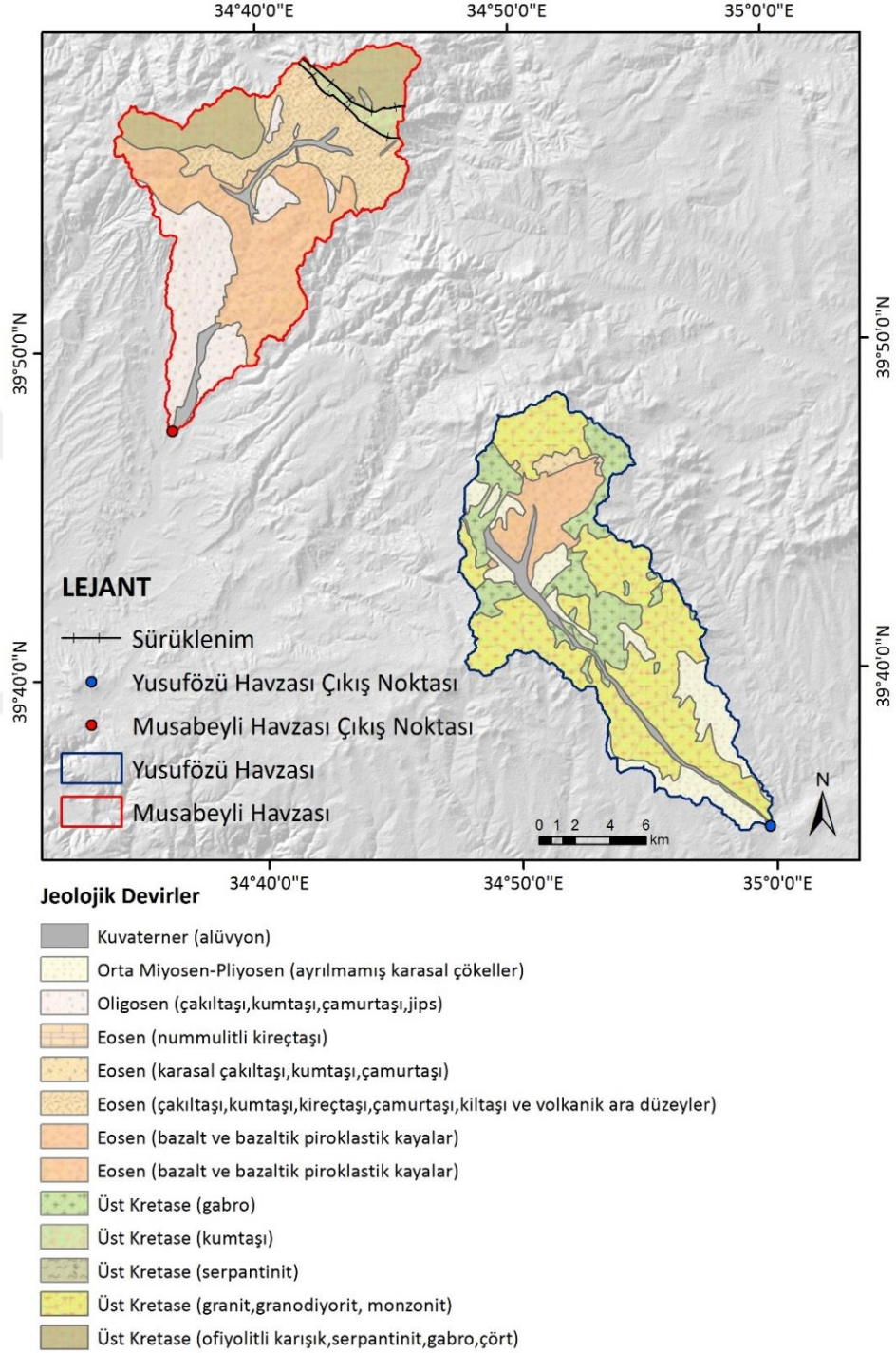
Musabeyli Deresi ve Koyunluyusufözü Deresi havzaları Türkiye'nin Orta Anadolu kısmında Kızılırmak havzası içerisinde bulunurlar. Yozgat il sınırları içerisinde kalan bu iki havza yaklaşık olarak $34^{\circ}35'0''$ - $35^{\circ}0'0''$ doğu boylamları ile $39^{\circ}40'0''$ - $40^{\circ}0'0''$ kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Musabeyli Deresi havzasının toplam alanı 182.9 km^2 , yükselti değerleri 880.3 - 1690 metre arasındadır. Koyunluyusufözü Deresi havzasının toplam alanı ise 196.2 km^2 , yükselti değerleri 957.8 - 1686.2 metre arasındadır. Yozgat il merkezine yakın bir konumda olan havzalar Yozgat'ın kuzeyinden doğup güneyden Kızılırmak'ın alt kollarına katılmaktadır.

Musabeyli ve Koyunluyusufözü havzaları jeolojik olarak genellikle Mesozoik ve Senozoik yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Bunun yanında Kuvaterner dönemine ait oluşumlara da az da olsa rastlanmaktadır. Havzalar içerisinde aktif fay hatları bulunmamaktadır (MTA, 2007).

Musabeyli havzası Kretase, Tersiyer ve Kuvaterner jeolojik devirlerinin birimlerinden oluşmaktadır. Havzanın kuzey kesimleri Üst Kretase devirlerine ait ofiyolitik kayalardan ve serpantinitlelerden oluşmaktadır. Bu bölgenin güneyinde kalan kısımlar da Üst Kretase devrinin Akçadağ birimine ait kumtaşlarından oluşmaktadır. Bu alanın batısında kalan kısımda aynı devre ait ofiyolitik kayalardan oluşmaktadır. Havzanın orta kısımlarına doğru Tersiyer devrinin Eosen ve Oligosen devresine ait oluşumlar önemli bir alan kaplamaktadır. Boğazköy Formasyonu tarafından temsil edilen Eosen devresi oluşumları çakıltası, kumtaşı, kireçtaşı, çamurtaşı, kiltası ve volkanik ara düzeylerden oluşurken; İncik formasyonu tarafından temsil edilen Oligosen devresi oluşumları çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve jipslerden oluşmaktadır. Havzanın orta kısımları ise yine Tersiyer devrinin Eosen devresine ait Alımpınar volkanit üyesi bazalt ve bazaltik piroklastik kayalardan oluşmaktadır. Havzanın aşağı kısımlarına doğru Tersiyer devrinin Oligosen devresine ait İncik formasyonu büyük bir alan kaplamakta; bu kısımlar çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve jipslerden oluşmaktadır. Havzanın ana akarsu boyunu takip eden bazı kısımlarında ise Kuvaterner oluşumlu alüvyonlar görülmektedir (Şekil 5) (MTA, 2007).

Koyunluyusufözü havzası da Kretase, Tersiyer ve Kuvaterner jeolojik devirlerinin birimlerinden oluşmaktadır. Havzanın yukarı kesimleri Üst Kretase devrine ait Orta Anadolu granitoidleri grubundan granit, granodiyorit ve monzonit kayalarından oluşmaktadır. Orta Anadolu granitoid grubunun güneyinde küçük bir alan kaplamakla birlikte Tersiyer devrinin Eosen devresine ait nummulitli kireçtaşları ve Baraklı formasyonuna ait karasal çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı birimleri bulunmaktadır. Havzanın orta kısımlarına doğru Üst Kretase'ye ait Karaboğazdere gabrosu; Eosen'e ait nummulitli kireçtaşları ve Alimpınar volkanit üyesi bazalt ve bazaltik piroklastik kayalar; Orta Miyosen- Pliyosen'e ait İç Anadolu grubundan ayrılmamış karasal çökeller bulunmaktadır. Havzanın orta kısımlarında Üst Kretase'ye ait Karaboğazdere gabrosu ve daha güney kısımlara doğru yine Üst Kretase devrine ait Orta Anadolu granitoidleri grubundan granit, granodiyorit ve monzonit kayaları havzanın büyük bir kısmını kaplamaktadır. Havzanın çıkış kısımlarında ise yine Orta Miyosen-Pliyosen'e ait ayrılmamış karasal çökeller bulunmaktadır. Bu jeolojik birimlerin yanısıra havzanın yukarı kesimlerinden çıkış alanına kadar derenin ana kolunu takip eden bir biçimde Kuvaterner oluşumlu alüvyonlar da havzada görülmektedir (Şekil 5) (MTA, 2007).

Şekil 5: Musabeyli ve Koyunluyusufözü Havzalarının jeolojik yapıları



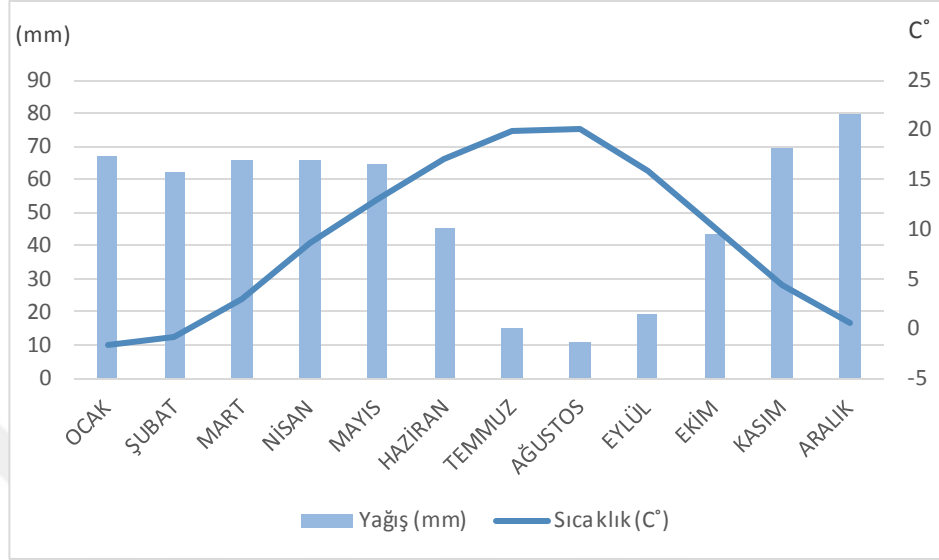
(MTA, 2007)

Morfolojik özellikleri yönüyle Musabeyli havzasının yükselti değerleri 880.3-1690 metre arasında değişmektedir. Havzayı çevreleyen önemli yükseltiler kuzeyde Malçan Tepesi (1489.8 m), Beltarla Tepesi (1453 m), Yağlıoluk Tepesi (1555 m); doğuda Akçadağ (1690 m), Öküzgözü Tepesi (1445 m), Kavak Tepesi (1460 m); batıda ise Yepelek Tepe (1555 m) ve Tekçam Tepesi (1441 m)'dir. Havzanın kuzeyindeki tepelik arazilerden doğan Arpalık Dere, Kirazlı Dere ve Karaleylek Deresi Musabeyli Deresi'nin başlangıç akarsularıdır. Bu derelerin birleşiminden oluşan Çatınağzı deresi ve bundan başka Cehennem deresi, Boymul deresi, Bayrakdar deresi, Kara dere Musabeyli Deresi'nin en önemli kollarıdır. Genel olarak bu akarsular tarafından yarılmış vadilerden oluşan Musabeyli havzası'nda doğal veya yapay göl bulunmamaktadır.

Koyunluyusufözü havzasının ise yükselti değerleri 957.8- 1686.2 metre arasında değişir. Havzanın çevresindeki önemli yükseltiler kuzeyde Kavurkorusubeli Tepesi (1685 m), Danışıklar Tepe (1608 m), Yoncalık Tepe (1478 m), Memişbey Tepesi (1389 m); doğuda Armutlu Tepe (1444 m) ve Sanlıkaya Tepe (1449.6 m); batıda ise Karaziraat Tepesi (1510.2 m), Küçükmehtöyüğü Tepesi (1425 m), Küçükkoru Tepesi (1371 m), Yanıkyer Tepesi (1383 m)'dir. Havzanın kuzey kesimlerinden çıkan Söğütlüpınar Deresi, Kapaklıavğın Deresi ve Yozgatlıdamaltı Deresi Koyunluyusufözü deresini oluşturan ilk kollar olup, bu derelerin birleşiminden oluşan Kütüklü Dere Koyunluyusufözü Deresi'nin en önemli koludur. Bunun yanısıra havzanın batısından Tilkideliği Dere ve havzanın doğusundan ise Bahçebağ Deresi ana kola birleşerek Koyunluyusufözü Deresi'ni besleyen diğer kollarıdır. Yaklaşık 1200 metrede havzanın kuzeybatısında bulunan Topçu Göleti havza içerisindeki tek göl olup bundan başka doğal ya da yapay göl bulunmamaktadır.

İklim koşulları açısından Musabeyli ve Koyunluyusufözü Havzaları'nın bulunduğu bölgede yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk geçen karasal iklimin özellikleri hakimdir. Havzaların karakteristik iklim özelliklerini detaylı bir şekilde incelemek için her iki havzaya da yakın konumda bulunan Yozgat-Merkez Büyük Klima Meteoroloji İstasyonu'nun mevcut olan yıllarının günlük ortalama sıcaklık ve günlük toplam yağış verileri alınarak uzun yıllık sıcaklık ve yağış değerlendirmeleri yapılmıştır (Grafik 6).

Grafik 6: Yozgat-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun Uzun Yıllar Aylık Ortalama Yağış ve Aylık Ortalama Sıcaklık Grafiği



(DMİGM, 2015d).

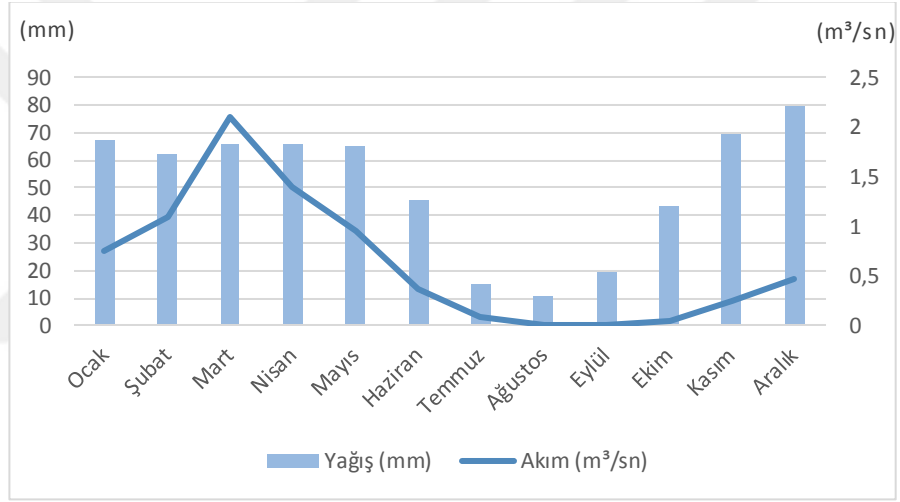
Açıklama: Yozgat-Merkez Meteoroloji istasyonunun 1980-2015 yılları arasındaki günlük toplam yağış ve günlük ortalama sıcaklık verilerinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Yozgat-Merkez Meteoroloji İstasyonu'nun 1980-2015 yılları arasındaki 36 yıllık sıcaklık ve yağış verilerinden yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışma alanını da içine alan bu bölgede yıllık ortalama sıcaklığın 9.2 C°, en soğuk ayın -1.6 C° ile Ocak ayı, en sıcak ayın ise 19-20 C° ile Temmuz-Ağustos ayları olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışma alanında görülen yıllık toplam yağışın 607 mm civarında olduğu belirlenmiştir. Bu alana en az yağışın düştüğü aylar Temmuz-Ağustos ayları; en çok yağışın düştüğü periyot ise Kasım-Mayıs arası periyottur.

Ayrıca çalışma alanına ait sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak iklim sınıflandırma yöntemlerinden Thornthwaite yöntemi uygulanmıştır. Thornthwaite yönteminde iklim tipini belirlemede kullanılan yağış tesirlilik indisi, sıcaklık tesirlilik indisi, yağış rejimine göre ortaya konulan indisler ve PE'un 3 yaz ayına nisbet indisi hesaplanmıştır (Dönmez, 1984). Sonuç olarak çalışma alanının Thornthwaite iklim tiplerinden C₂ B₁ s² b₃ harfleriyle ifade edilen 'yarı nemli, mezotermal, su noksanı yaz mevsiminde ve çok kuvvetli olan, denizel koşullara yakın' iklim tipine girdiği belirlenmiştir. Musabeyli ve Koyunluyusufozü Dereleri'nin akım değerleri bölgede

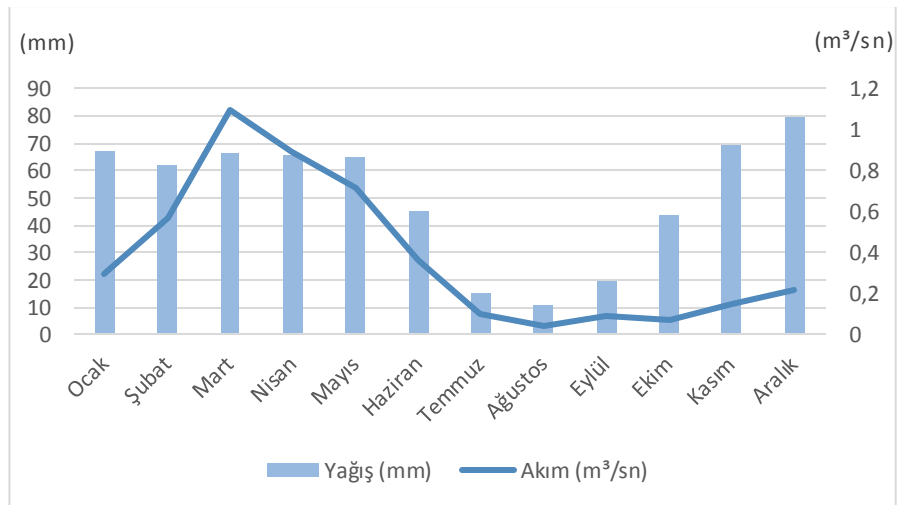
hakim olan karasal iklim koşulları nedeniyle fazla değildir. Bölgeye çok fazla yağışın düşmemesi ve düşen yağışların akıma geçmeden yüzeyde emilmesi derelerin akım değerlerinin çok düşük olmasına neden olmaktadır. Yıl içerisinde akımın en fazla olduğu aylar ilkbahar aylarıdır. Bu durumda kar erimelerinin de önemli bir etkisi vardır. Yaz aylarında yağışların oldukça düşmesiyle birlikte akım seviyelerinde de önemli düşüşler görülmektedir. Sonbahar aylarında yağışlar tekrar artmakta ancak bu durum akım değerlerinde artışı sağlayamamaktadır (Grafik 7-8). Musabeyli Deresi'nin yıllık ortalama akımı $0.672 \text{ m}^3/\text{sn}$, Koyunluyusufözü Deresi'nin ise $0,371 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir (DSİ, 2015).

Grafik 7: Musabeyli Deresi'nin yağış-akım grafiği



(DMİGM, 2015d; DSİ, 2015)

Grafik 8: Koyunluyusufözü Deresi'nin yağış-akım grafiği

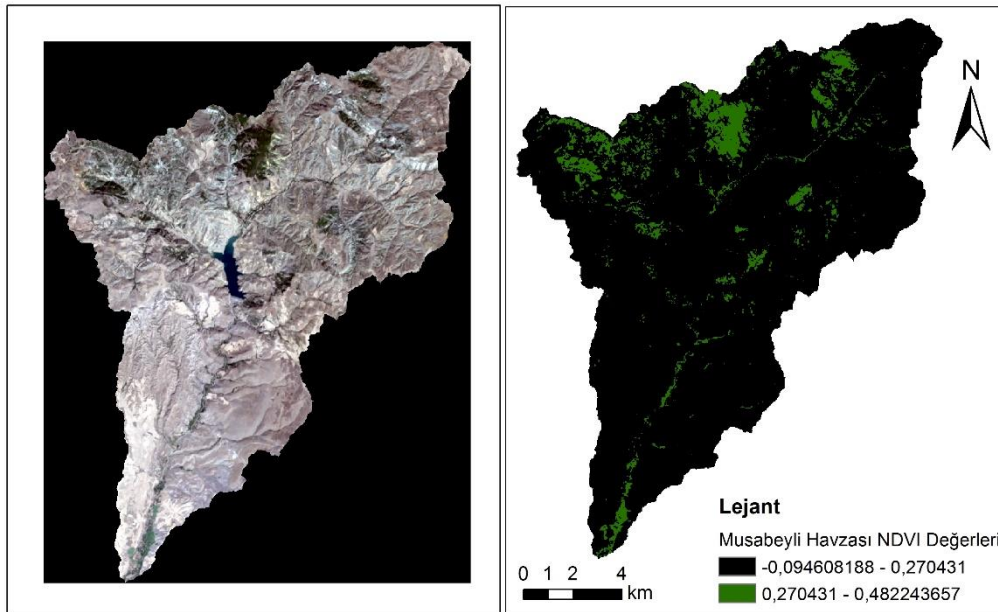


(DMİGM, 2015d; DSİ, 2015)

Musabeyli ve Koyunluyusufözü Havzaları tipik karasal iklim etkisi altındadır. Çalışma alanları içerisinde yer yer yapraklı ağaç toplulukları bulunmakla birlikte genel olarak bozkır, çalılık ve bitki örtüsünden tamamen yoksun çıplak arazilerden oluşmaktadır (Atalay, 2011).

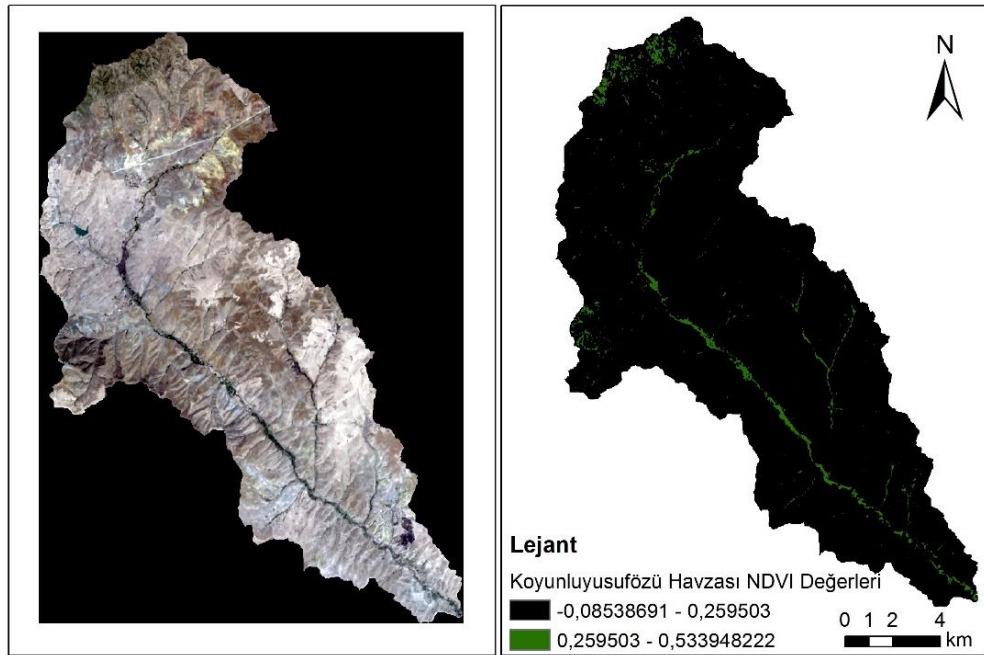
Musabeyli Havzası'nın yukarı kısımlarında geniş yapraklı ağaçlar bulunmakta, bazı yerlerde nadiren iğne yapraklı türler de görülmektedir. Yaklaşık olarak 1200-1400 metreler arasında havzanın farklı yerlerinde meşe ormanları ve karışık meşe-ardıç toplulukları bulunmakta; bunların yanısıra ormanaltı florası olarak yer yer çalılıklar görülmektedir. Havzanın aşağı kısımlarına doğru bitki örtüsü tamamen azalmakta, ağaç toplulukları yerini çalılıklara bırakmaktadır. Havzanın bazı kısımları ise bitki örtüsünden tamamen yoksun arazilerden oluşmaktadır ve bu alanlar havza içerisinde azımsanmayacak bir alan kaplamaktadır (Atalay, 2011). Havzanın bitki örtüsü yoğunluğunu ortaya koymak için havzanın bulunduğu alana ait 26/9/2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü üzerinde 4-3-2 (RGB) band kombinasyonu ile NDVI analizi yapılmış; yapılan analiz sonucunda toplamda 182.9 km² olan havza alanının yaklaşık 12 km²'sinin bitki örtüsüyle kaplı olduğu görülmüştür (Şekil 6).

Şekil 6: Musabeyli havzasının uydu görüntüsü (solda) ve NDVI analizi sonucu (sağda)



Koyunluyusufözü Havzası ise genel olarak bitki örtüsünden yoksun arazilerden oluşmaktadır. Havzanın yukarı kesimlerinde 1300-1600 metreler arasında yer yer meşe ve ardıç toplulukları bulunmakla birlikte oldukça dar bir alanı kaplamaktadırlar. Havzanın orta kısımlarına inildikçe önce ağaç toplulukları yerini çalılıklara bırakır; daha sonra ise çalılıklar da ortadan kalkarak tamamen bitki örtüsünden yoksun araziler görülür. Havzanın orta ve aşağı kısımları tamamen bitki örtüsünden yoksun çıplak arazilerden oluşmaktadır (Atalay, 2011). Havzanın bitki örtüsü yoğunluğunu ortaya koymak için havzanın bulunduğu alana ait 26/9/2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü üzerinde 4-3-2 (RGB) band kombinasyonu ile NDVI analizi yapılmış; yapılan analiz sonucunda toplamda 196.2 km² olan havza alanının yaklaşık 6 km²'sinin bitki örtüsüyle kaplı olduğu görülmüştür (Şekil 7).

Şekil 7: Koyunluyusufözü havzasının uydu görüntüsü (solda) ve NDVI analizi sonucu (sağda)



3.AMAÇ VE KAPSAM

Bu çalışmanın amacı; şekilsel, bitki örtüsü, iklim özellikleri ve hidrolojik özellikleri bakımından farklı olan akarsu havzalarının farklı Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kaynakları temelinde havza morfometrik özelliklerinin araştırılması, farklı SYM'lere ait sonuçların farklılık ve kullanılabilirliklerinin ortaya konmasıdır. Bu amaç doğrultusunda seçilen havzalar; Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alan Çağlayan ve Kabisre Deresi havzaları ile İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak Bölümü'nde yer alan Koyunluyusufözü ve Musabeyli Dereleri havzalarıdır.

Havzaların morfometrik özellikleri ve akım değerleri arasındaki ilişkinin incelenmesi açısından morfometrik parametreler havzalarda bulunan akım gözlem istasyonlarının gerisindeki alana yani akım gözlem istasyonlarının su toplama alanı kabul edilen kısmına uygulanmıştır. Çağlayan havzası için D22A006 kodlu Köprübaşı akım istasyonu, Kabisre havzası için D22A049 kodlu Başköy akım istasyonu, Koyunluyusufözü havzası için D15A137 kodlu Büyük İncirli akım istasyonu ve Musabeyli havzası için ise D15A069 kodlu Musabeyli akım istasyonunun ardında kalan alan havza sınırları içerisinde morfometrik parametrelerin uygulanacağı alan olarak seçilmiştir. Bu alanların şekilsel ve alansal özellikler bakımından birbirleriyle uyumlu olmalarına da dikkat edilmiştir.

Çalışma alanlarına ait alan, çevre, havza uzunluğu, akarsu dizinlerinin sayısı ve uzunlukları, maksimum-minimum ve ortalama yükseklik değerleri gibi temel morfometrik birimler hesaplanmakla birlikte, çalışma alanlarının morfometrik özelliklerini en iyi yansıtacağı düşünülen parametreler seçilmiş ve uygulanmıştır. Çalışmada yapılması planlanan morfometrik analizler çizgisel, alansal ve relief morfometrisi olmak üzere 3 ana başlık altında incelenmiştir.

Çizgisel morfometri parametrelerinden;

- Çatallanma oranı (R_b)
- Akarsu uzunluk oranı (R_l)
- Yüzeysel akış uzunluğu (L_g)

Alansal morfometri parametrelerinden;

- Drenaj yoğunluğu (Dd)
- Havza şekli (Ff veya Rf)
- Uzunluk oranı (Re)

Relief morfometrisi parametrelerinden;

- Havza reliefi (Bh veya R)
- Engebelilik değeri (Rn)
- Akım toplanma zamanı (Tc)
- Hipsometrik integral (Hi) seçilmiş ve analizleri yapılmıştır.

Seçilen parametreler ASTER ve SRTM verilerinden üretilen, '1 arc-second' yani yaklaşık olarak 30 metre çözünürlüklü SYM'lere uygulanmıştır. Bunun yanısıra çalışma alanlarına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları temelli üretilen 30 metre ve 10 metre çözünürlüklü SYM'lere de aynı parametreler uygulanmış ve analiz sonuçları referans verisi olarak kullanılmıştır. Böylece ASTER ve SRTM verilerinin havza morfometrisi özelliklerini yansıtma bakımından doğruluk oranları incelenmiştir. Böylelikle her bir çalışma alanı için toplamda 10 parametre 4 farklı SYM üzerinde uygulanmış ve çıkan sonuçlardan hem havzaların morfometrik analizi yapılmış hem de farklı SYM'lerin yüzey özelliklerini yansıtma bakımından potansiyelleri tartışılmıştır.

Çalışma ücretsiz olarak temin edilen SYM verilerinin (ASTER GDEM ve SRTM) daha yüksek çözünürlüklü topoğrafya haritaları temelli SYM karşısındaki kullanılabilirlikleri açısından incelenmiştir. Ayrıca SRTM 30 m SYM verisinin USGS tarafından özellikle Türkiye'yi içine alan kısmını 2015 yılında kullanıma açmasından dolayı hem bu verinin hem de diğer SYM veriler karşısında havza morfometri çalışmalarındaki kullanımlarının değerlendirilmesi bakımından önemlidir.

4.VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan temel altlık verileri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından üretilmiş olan 1/100.000'lik ve 1/500.000 'lik jeoloji haritaları, Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilmiş olan 1/25.000'lik topoğrafya haritaları, ASTER ve SRTM verilerinden elde edilmiş SYM'ler, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen meteorolojik veriler (yağış ve sıcaklık), DSİ'den temin edilen akım verileri oluşturmaktadır.

Çalışmada jeoloji ve topoğrafya haritalarının koordinatlandırılıp sayısallaştırılması ve yapılacak işlemler için uygun hale getirilmesi, topoğrafya haritalarından SYM üretilmesi, 3 farklı kaynaktan elde edilen SYM verileri üzerinde gerekli düzenlemeler yapılması ve morfometrik analizler için uygun hale getirilmesi, SYM verileri üzerinde havza alanlarının ve akarsu ağlarının belirlenmesi, belirlenen morfometri parametrelerinin havzalar üzerinde uygulanması, çıkan sonuçların analizi ve haritalanması gibi tüm bu işlemler ise CBS yazılımlarından ArcGIS 10.1 programı kullanılarak yapılmıştır. Bununla birlikte çalışma sonuçlarının yazılıp, tablolu-grafikli görsellerle ifade edilmesinde Microsoft Office yazılımları da kullanılmıştır.

Çalışma alanlarının jeolojik yapısını ve özelliklerini belirlemek için jeoloji haritalarından faydalanılmıştır. İç Anadolu'da bulunan iki havza için 1/100.000 ölçekli jeoloji haritalarından 'İ33' paftası, Doğu Karadeniz'de bulunan iki havza içinse alana ait 1/500.000 ölçekli jeoloji haritalarından 'Trabzon' paftası kullanılmıştır. Sözü edilen paftalarının sayısal jeoloji verileri kullanılmıştır. Böylece her bir havzanın jeolojik yapısı belirlenmiş ve analizi yapılmıştır.

SYM verileri topoğrafya haritaları, GPS verileri, stereo uydu görüntüleri, radar, lidar ve son olarak da insansız hava araçları gibi birçok farklı kaynaktan üretilebilmektedir. Yapılan çalışmada morfometri analizleri için altlık veri olarak üretilme açısından farklı sistemlere dayanan 3 ayrı SYM kullanılmıştır. Bunlar araziye ait 1/25.000'lik topoğrafya haritalarından üretilen TOPO-SYM, Stereo uydu görüntülerinden oluşturan ASTER GDEM (SYM) ve radar kaynaklı verilerden oluşturulan SRTM DEM (SYM)'dir.

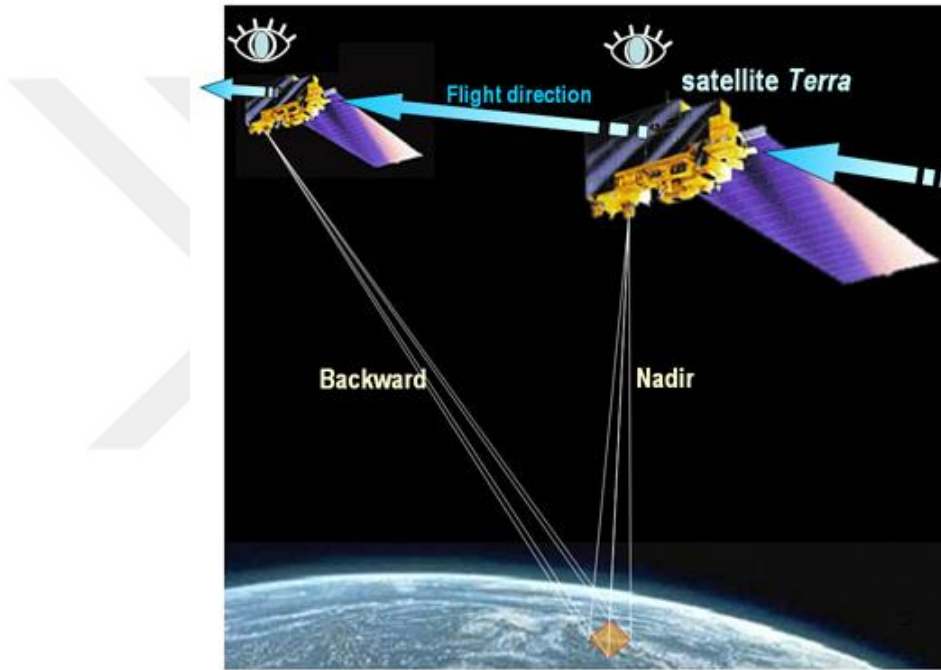
TOPO-SYM için Harita Genel Komutanlığı'nca hazırlanan 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları kullanılmıştır. Doğu Karadeniz'de bulunan havzaları içine alan 'F46a3', 'F46b3', 'F46b4', 'F46c1', 'F46c2', 'F46c3', 'F46c4', 'f46d2' den oluşan 8 pafta; İç Anadolu'da bulunan havzalar içinse 'İ33a1', 'İ33a2', 'İ33a3', 'İ33a4', 'İ33b1', 'İ33b3', 'İ33b4', 'İ33c1', 'İ33c2', 'İ33c3' paftaları olmak üzere 10 pafta; tüm çalışma havzaları için toplamda 18 pafta kullanılmıştır. Seçilen topoğrafya haritalarındaki eşyüksekti eğrileri sayısallaştırıldıktan sonra iki ayrı çalışma alanında bulunan topoğrafya haritalarının izohips verileri ArcGIS'in ArcToolbox - Data Management Tools- General Tools'un altında bulunan 'Append' tool yardımıyla kendi aralarında birleştirilmiş ve SYM üretimi için hazır hale getirilmiştir. Topoğrafya haritalarındaki eşyüksekti eğrileri, nirengi noktaları, akarsu çizgileri, göl alanları, çukurluklar ve sınır verileri gibi arazi topoğrafyasına ait veriler kullanılarak SYM üretilebilmektedir. Bu çalışmada da topoğrafya haritalarındaki izohips verilerinden direkt SYM üretilmiş ve kullanılmıştır. Bunun için birleştirilen izohips verilerinden ArcToolbox- 3D Analyst Tools- Raster Interpolation'ın altında bulunan 'Topo to Raster' tool yardımıyla 10x10m çözünürlüklü ve 30x30m çözünürlüklü olmak üzere her iki çalışma alanına ait 2 farklı çözünürlüklü SYM üretilmiştir. Üretilen SYM'ler yapılacak analizler için hazır hale getirilmiştir.

Çalışmada kullanılan altlık verilerden bir diğeri stereo uydu görüntülerinden oluşturulan ASTER DEM (SYM) verisidir. Açılımı 'The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model' olan ASTER GDEM, ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) ile Japon Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (METI) tarafından yapılmış ortak bir çalışmanın ürünüdür (ASTER GDEM Validation Team, 2011). ASTER'in alet ve cihazları Japon Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (METI) tarafından tasarlanıp üretilmiş; NASA'nın 'Terra' uydusuna yerleştirilmiş ve 1999 yılının Aralık ayında görüntü almak üzere yörüngeye gönderilmiştir (Tachikawa vd., 2011). İlk görüntülerini 2000 yılında toplamaya başlayan ASTER (ASTER GDEM Validation Team, 2011) görüntülerini toplamda 14 spektral banttandır almaktadır. Bu bantlar 15 metre uzamsal çözünürlükte olan görünür-yakın kızılötesi banttandır çözünürlüğü 90 metre olan termal kızılötesi banta değişmektedir (Hirano vd., 2003). Bu bantlardan görünür ve yakın kızılötesi (visible and near infrared - VNIR) stereo görüntü sağlayabilmektedir (Thomas ve Prasannakumar, 2015). Görünür yakın kızılötesinin alt sistemi biri üç bantlı 'nadir looking' diğeri ise tek sensörlü 'backward looking' olmak üzere iki teleskoptan

oluşur. Bu şekilde kaydedilen stereo çift görüntülerden alana ait SYM otomatik tekniklerle oluşturulur (Hirano vd., 2003).

'Nadir and backward looking' yönteminde uzay aracı görüntüsü alınmak istenilen alanın biri alanın tam üzerindekiyken, diğeri alanın üzerinden geçildikten sonra alana açılı bir yönden olmak üzere iki farklı açıdan görüntüsünü almaktadır. Sonrasında görüntüler işlenerek alanın yükseklik modellemesi yapılmaktadır (Şekil 8).

Şekil 8: 'Terra' uzay aracının görüntü toplama yöntemi (1)



ASTER GDEM (GDEM1)'in ilk versiyonu 29 Haziran 2009'da kullanıcılara sunulmuştur (ASTER GDEM Validation Team, 2011). Japonya'nın Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC) kuruluşu ve NASA'nın Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) kuruluşu vasıtasıyla kullanıcıların elektronik ortamdan verileri ücretsiz olarak indirip kullanmaları sağlanmıştır (Tachikawa vd., 2011).

Toplamda 1.2 milyonun üzerinde görüntü tabanlı DEM(SYM) 'den derlenen GDEM1 Dünya yüzey alanının 83° Kuzey ve 83° Güney enlemleri arasında kalan kısımlarının verisini içermektedir. Her bir pafta '1 arc-second' yani yaklaşık olarak 30 metreye karşılık gelmektedir (ASTER GDEM Validation Team, 2011).

ASTER GDEM'in ikinci versiyonu (GDEM2) NASA ve METI tarafından 2011 yılının Ekim ayı ortalarında kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. İlk versiyonda olduğu gibi 1'aralıklı yani 30x30 metre çözünürlüğe sahiptir. 2. versiyonda 260.000 ek görüntü eklenerek verilerin kapsamı arttırılmıştır (ASTER GDEM Validation Team, 2011). Ayrıca görüntülerdeki su kütlelerinin sınırlarında da iyileşmeler görülmüştür (Ioannidis vd., 2014). Ancak tüm bu iyileştirmelere rağmen ASTER GDEM Dünya yüzeyinin üst kısmında bulunan bitki örtüsü, antropojenik yapılaşma görüntüleri de yansıtmaktadır (Becek, 2014; Rexer ve Hirt 2014). Bu yönüyle verideki yükseklik değerleri zemindeki çıplak alanların yükseklik değerini vermemekte (Rexer ve Hirt 2014); bundan dolayı ASTER GDEM bir çeşit Sayısal Yüzey Modeli özelliği göstermektedir (Becek, 2014). Ayrıca arazi verilerini kaydeden uydu daimi bulut örtüsünün bulunduğu alanlardan görüntü alamayacağı için bu alanlarla ilgili veri eksikliği de ASTER GDEM için bir diğer handikaptır (Rexer ve Hirt, 2014).

Belirtilen havzalar üzerinde yapılan morfometri çalışmasında kullanılan SYM'lerden biri de ASTER GDEM 2 verisidir. USGS Earth Explorer internet sayfasından (<http://earthexplorer.usgs.gov>) çalışma alanlarını içeren paftalar indirilmiştir. Doğu Karadeniz'deki iki havza 'n41e041' kodlu paftada görüntülenebildiğinden dolayı bu bölgedeki çalışma alanına tek paftalık SYM verisi yeterli olmuştur. Orta Anadolu'daki çalışma havzaları ise 'n39e035', 'n39e034' ve 'n40e034' kodlu paftaların sınırları içinde bulunduğundan dolayı bu bölgedeki çalışma alanları için 3 paftalık SYM verisi indirilmiştir. Orta Anadolu'daki havzalara ait 3 paftalık veri ArcGIS 10.1 yazılımında bulunan ArcToolbox- Data Management Tool- Raster Tool-Raster Data Set altında bulunan 'Mosaic to New Raster' işlemiyle tek pafta olacak şekilde birleştirilmiştir. Böylelikle çalışma havzalarına ait ASTER SYM verileri daha sonraki işlemler için hazır hale getirilmiştir.

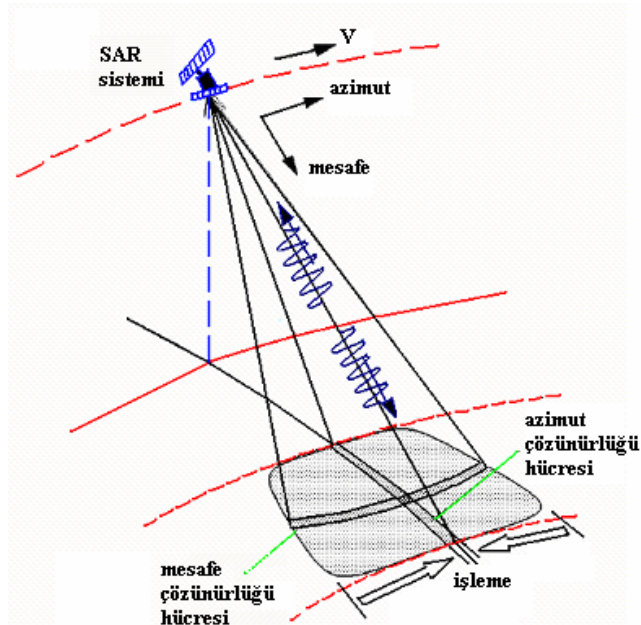
Çalışmada kullanılan altlık verilerden sonuncusu ise radar kaynaklı verilerden oluşturulan SRTM DEM (SYM) verisidir. SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ABD Ulusal Coğrafi İstihbarat Ajansı (National Geospatial-Intelligence Agency- NGA), Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration- NASA), Alman Uzay Ajansı (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt- DLR) ve İtalyan Uzay Ajansı (Agenzia Spaziale Italiana- ASI) arasındaki ortak bir projedir (Yang vd., 2011; Czubski vd., 2013).

Bu projenin hedefi Dünya yüzeyinin 60° Kuzey ve 57° Güney enlemleri arasında kalan kısımlarının SYM verisini oluşturmaktır (Rabus vd., 2003). Bu amaçla

'Endavour' uzay mekiği 11 Şubat 2000 tarihinde yörüngesine fırlatılmış; 11 günlük görev süresince veri toplayıp 22 Şubat 2000 tarihinde yeryüzüne geri dönmüştür (Rabus vd., 2003; Sefercik, 2007; Yang vd., 2011). Taranması hedeflenen Dünya yüzeyinin % 99'u bir kez, %95'i iki kez, %50'si ise üç veya daha çok defa görüntülenmiştir (JPL, 2000). Yüzeyin birden çok görüntülenmesindeki amaç çeşitli nedenlerden kaynaklanabilecek veri boşluklarını en aza indirmektir (Bildirici vd., 2007).

SRTM projesi için gönderilen uzay aracı 'Radar Ölçme Tekniği' ile veri toplama işlemini yerine getirmiştir. RADAR (Radio Detecting and Ranging) hava şartlarından bağımsız olarak radyo sinyalleriyle cisimlere ilişkin mesafeye bağlı olarak konum ve yükseklik bilgisi toplayan bir sistemdir. Bu projede Radar ölçme yönteminin en gelişmiş tekniği olan 'Yapay Açıklıklı Radar' tekniği olarak da bilinen SAR (Synthetic Aperture Radar) (Yapay Açıklıklı Radar) tekniği kullanılmıştır. SAR tekniği, mikrodalgaları yayıp bunların geri dönüş sinyallerini kaydederek kendi aydınlanmasını sağlayabilen bir sistemdir. Sistem, geri dönen sinyallerin gecikmelerini kullanarak sinyal işleme tekniğiyle bunları yüksek çözünürlüklü görüntülere dönüştürmektedir (Şekil 9) (Bamler 1999; Sefercik, 2007).

Şekil 9: SAR tekniğinin çalışma yöntemi



(Sefercik, 2007)

3 boyutlu veri elde etmek için iki adet SAR sisteminin kullanıldığı tekniğe ise 'İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar' tekniği olarak da bilinen 'InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar)' tekniği denilmektedir. SRTM projesinde veri toplama işleminde kullanılan bu teknik, birbirine belirli bir mesafede konumlandırılmış iki adet SAR sisteminin, üzerinden geçilen yeryüzü topoğrafyasına ilişkin farklı bakış açılarından eş zamanlı veri toplaması esasıyla çalışmaktadır (Bamler 1999; Sefercik, 2007). Tek geçişli İnterferometre tekniğinde Alman-İtalyan ortak yapımı X-band ve Amerikan yapımı C-band olmak üzere toplamda iki bantta çalışılmıştır. Bu bantlar uzay aracının hem gövdesinde hem de uzay aracının gövdesinden dışarı doğru uzanan 60 metre uzunluğundaki direğin ucunda bulunan antenlerde bulunmaktadır (Şekil 10). Böylece aynı alana ait interferometrik radar görüntüleri hem X hem C bantla farklı açılardan tek geçişte alınabilmektedir (Rabus vd., 2003; Yang vd., 2011).

Şekil 10: Uzay aracının SRTM projesi için veri toplama görüntüsü (2)



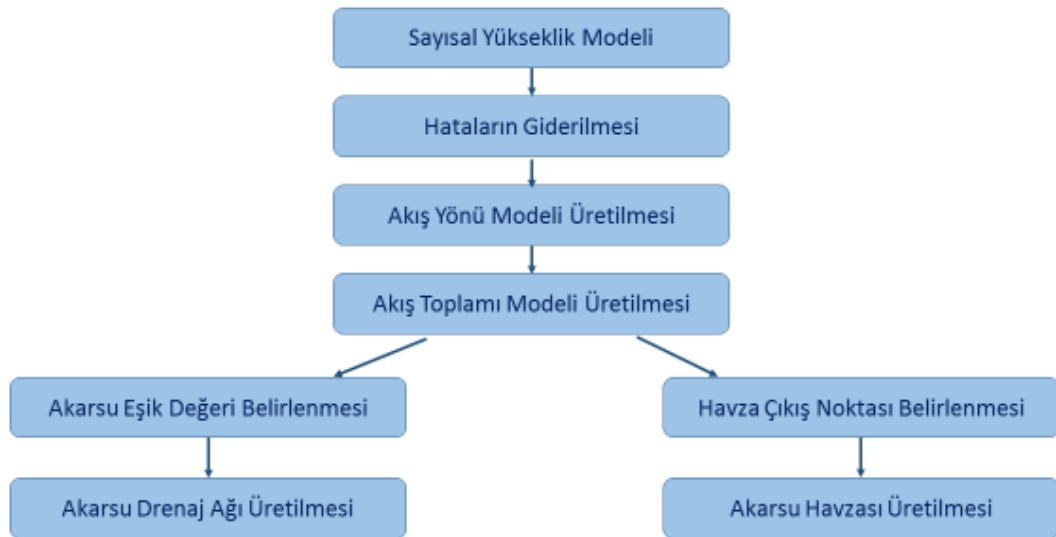
Bu şekilde toplanan verilerin işlenmesi sonucu genel olarak Dünya yüzeyine ait orijinal veriler coğrafi koordinatlarda 1', 3' ve 30' yay çözünürlükte grid olarak sunulmuştur. ABD sınırları içinde kalan bölge için 1' aralıklı (yaklaşık 30 metre), geriye kalan alanlar için de 3' ve 30' aralıklı (yaklaşık 90 metre ve 900 metre) SYM'ler elde edilmiştir ve kullanıcılara sunulmuştur. Düzenlenmiş 2. versiyonu da 2005 yılında yayınlanmıştır (Bildirici vd., 2007). ABD sınırları dışında bulunan alanlar için 1' aralıklı (30x30 metre) SYM verileri ise 2015 yılı sonlarına doğru kullanıma sunulmuştur.

SRTM projesinden üretilen SYM'ler üzerinde 2000 yılından bu yana pek çok kez düzeltmeler yapılmıştır. Ancak buna rağmen başta veri toplamada kullanılan bantların özellikleri olmak üzere farklı nedenlerden dolayı sözü edilen SYM'ler üzerinde birtakım veri eksikleri bulunmaktadır. SRTM C-bant ScanSAR denilen bir modda çalışabildiği için yeryüzünün tamamına yakın bir kısımdan veri toplayabilmektedir. Ancak X-bandın bu moda sahip olmaması baklava dilimi şeklinde veri boşlukları oluşmasına neden olmaktadır (Sefercik, 2007). Bunun yanında SAR sisteminin yana bakma özelliği ve yer noktalarıyla ilişkisi görüntü büzülmesi, görüntü dönmesi ve radar gölgesi gibi geometrik yapaylıklara neden olmaktadır. Ayrıca su kütleleri gibi radar dalgalarının yansımaya neden olabilecek yüzeylerde birçok sinyalin geri dönmemesi ve algılayıcıdan kaçması bu alanlarda SRTM verilerinde düzenli boşluklar meydana gelmesine neden olmaktadır (Bildirici, 2007). Yerleşmelerin, vejetasyonun ve kar örtüsünün yoğun bulunduğu alanlarda radar dalgalarının yüzey topoğrafyasına tamamen ulaşamaması da bu alanlarda SRTM verilerinde eksikler görülmesine neden olmaktadır (Farr vd., 2007). Ancak tüm bu eksikliklerine rağmen SRTM SYM'lerinin günümüz koşullarında morfometri çalışmalarında topoğrafya özelliklerini yansıtma bakımından gerçeğe yakın değerler verdiği yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur (Zhao vd., 2011; Thomas ve Prasannakumar, 2015). Yapılan bu çalışmada kullanılan altlık verilerden biri de 2015 yılının sonlarına doğru kullanıcılara sunulan 30x30 metre çözünürlüklü SRTM SYM verisidir. Belirtilen havzalar için gerekli olan veriler USGS Earth Explorer internet sayfasından (<http://earthexplorer.usgs.gov>) indirilmiştir. ASTER SYM verilerinde olduğu gibi Doğu Karadeniz'deki iki havza için 'n41e041' kodlu tek pafta indirilmiştir. Orta Anadolu'daki çalışma havzaları içinse 'n39e035', 'n39e034' ve 'n40e034' kodlu paftaların sınırları içinde bulunduğundan dolayı bu bölgedeki çalışma alanları için 3 paftalık SYM verisi indirilmiştir. Orta Anadolu'daki havzalara

ait 3 paftalık veri ArcMap 10.1 programında bulunan 'Mosaic to New Raster' aracıyla birleştirilerek tek pafta haline getirilmiştir. Böylelikle çalışma havzalarına ait SRTM SYM verileri de daha sonraki işlemler için hazır hale getirilmiştir.

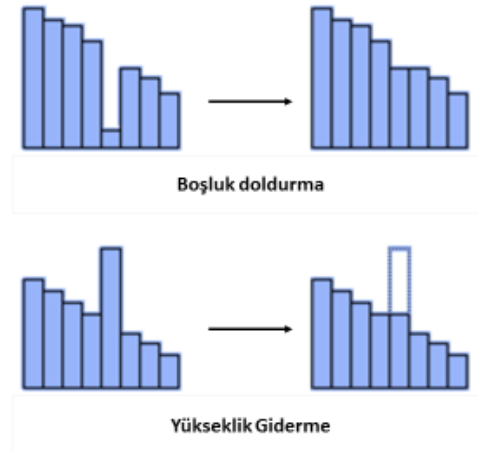
Çalışma havzalarına ait ASTER, SRTM ve topoğrafya haritalarından üretilen SYM verileri üzerinde morfometri analizleri yapılmadan önce birtakım düzeltmelerin yapılması zorunludur. Çünkü SYM verileri üretilirken farklı nedenlerden dolayı içerisinde birtakım hatalar oluşabilmektedir (Bater ve Coops, 2009). Gerçekte arazi yüzeyinde varolmayan yükselti, teraslar, çukurluklar ve boşluklar bu hatalardan bazılarıdır (Martz ve Garbrecht, 1992). Akarsu drenaj ağının doğru bir şekilde üretilmesi, havza sınırlarının doğru bir şekilde belirlenebilmesi için SYM üzerindeki bu hataların giderilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı ilk önce SYM üzerindeki hatalar giderilmiş; sonrasında sırasıyla akış yönü ve yüzeysel akış toplamı hesaplanmıştır. Daha sonra ise akarsu ağı üretilmeli ve akarsu havzası belirlenmiştir (Şekil 11).

Şekil 11: SYM verisi üzerinden akarsu ağı ve havzası üretim aşamaları.



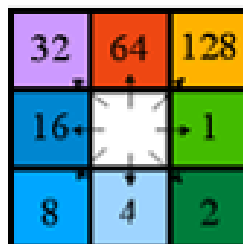
Çalışma havzalarına ait SYM'ler üzerinde olması muhtemel hataların giderilmesi için öncelikle ArcMap'te 'Hydrology' araç kutusunda bulunan 'Fill ' aracıyla doldurma işlemi yapılmıştır. Bu işlem vasıtasıyla gerçekte varolmayan ancak SYM üzerinde bulunan çukurluklar, depresyonlar doldurulmuş, hatalar giderilmiş ve SYM verisi akarsu ağı ve havzası üretilmesi için uygun hale getirilmiştir (Şekil12).

Şekil 12: SYM verisindeki çukurlukların ve yükseltelerin giderilmesi

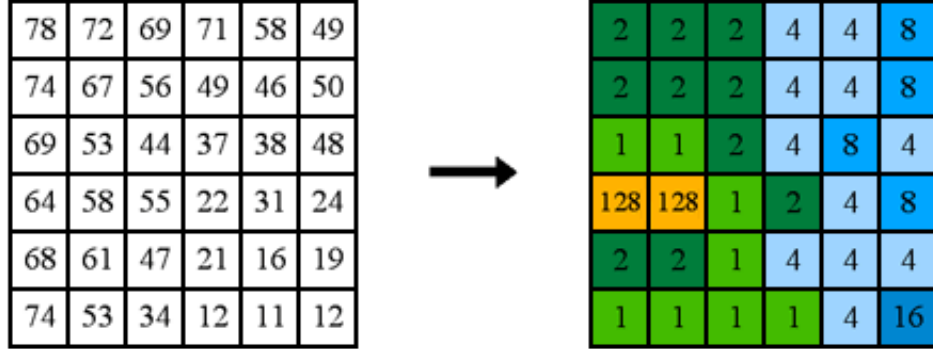


Hatalardan arındırılan SYM üzerindeki yapılacak bir sonraki işlem 'Flow Direction' ile akışın yönünü belirleme işlemidir. SYM verisi üzerinden drenaj özelliklerini çıkartmak için Peucker ve Douglas tarafından birçok algoritma ortaya konulmuştur (Peucker ve Douglas, 1975). Ancak akış yönünü belirlemede ilk ve en sade yöntem O'Callaghan and Mark (1984) tarafından ortaya konulmuştur (Tarboton, 1997). 8 yönlü akış algoritması (D8) olarak isimlendirilen bu algoritma sonrasında yaygın bir şekilde kullanılmıştır (Marks vd., 1984; Band, 1986; Jenson ve Domingue, 1988; Mark, 1988; Morris ve Heerdegen, 1988; Tarboton vd., 1988; Tarboton, 1989; Jenson, 1991; Martz ve Garbrecht, 1992). D8 algoritması SYM verisindeki her bir hücrede akış yönünün bu hücreye komşu olan 8 hücreden birine, yani etrafındaki hücrelerden en dik eğimin görüldüğü hücreye doğru olacağı esasına dayanmaktadır (Tarboton, 1997). D8 algoritmasında akış yönü hesaplaması yapılırken ortada kalan hücrenin 8 komşu hücrelerine değer verilmektedir. 1 ile 128 arasında değişen değerler hücrelerin yükselti ve eğim derecelerine göre belirlenmektedir (Elbaşı, 2015) (Şekil 13, Şekil 14). Bu çalışmada da akarsu akış yönü verisi üretilirken temelde D8 modeline dayanan ArcMap'in 'Hydrology' araç kutusunda bulunan 'Flow Direction' aracı kullanılmıştır.

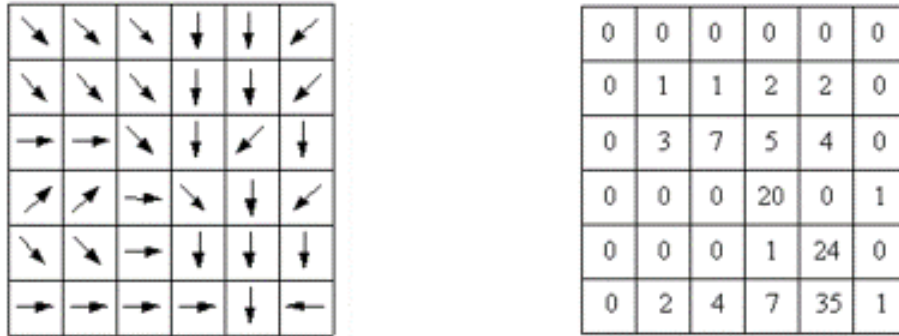
Şekil 13: D8 algoritmasına göre hücrelere verilen değerler ve yönleri



Şekil 14: Yükselti değerleri (solda) ve buna göre verinin akış yönü modellenmesi (sağda).



Şekil 15: Akış yönünün sembolik gösterimi (solda) ve akış yönü verisinden üretilen akım toplanma verisi (sağda).

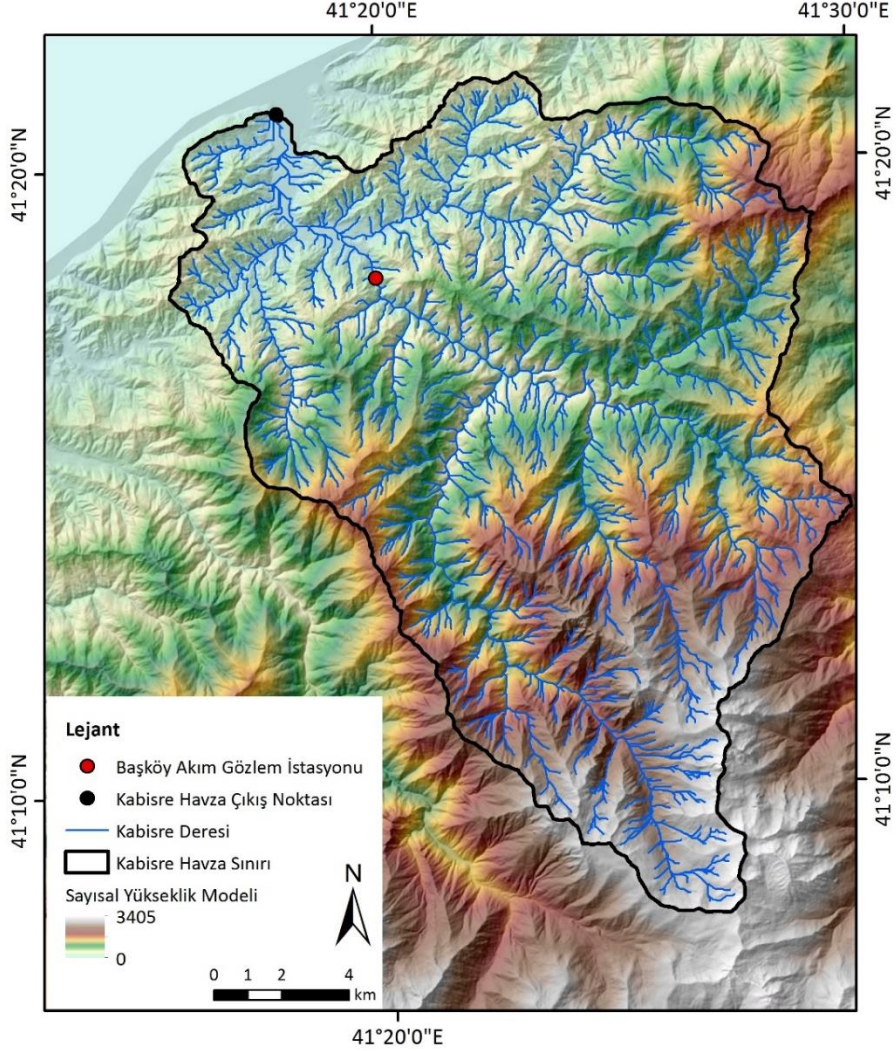


Akış yönü verisinin oluşturulmasından sonra yüzeysel akış toplanma verisi oluşturulmaktadır (Şekil 15). Akışın hangi yönde toplanacağı ve hangi yönden çizgisel akışa geçeceği yine D8 modeli kullanılarak belirlenmektedir. Akım yönü belirlenen her hücreye kaç hücreden akış olacağı hesaplanır, hesaplanan değerler diğer hücrelerin değerlerinin hesaplanmasında kullanılır. Hücrelerde toplanan akım miktarına bağlı olarak hücrelerdeki değerler akarsu ağının ağız kısmına doğru toplanarak kümülatif bir şekilde artarak gider. Bu işlem sonucunda akarsu ağına ait akış toplanma modeli oluşmaktadır. Yapılan çalışmada akış toplanma modeli ArcMap'in 'Hydrology' araç kutusunda bulunan 'Flow Accumulation' aracı kullanılarak yapılmıştır. Üretilen akış toplanma verisinden akarsu ağı oluşturulabilmesi için çalışma alanının büyüklüğü, çalışmanın kapsamı ve çalışmanın ölçeği gibi durumlar göz önünde bulundurularak bir eşik değeri belirlenmesi gerekmektedir. Hücre değeri, belirlenen bu eşik değerinin üzerinde olan hücreler ele alınarak çalışma alanına ait akarsu raster verisi üretilmektedir. Çalışma

alanına ait uygun eşik değerini belirlemek yapılan çalışmanın doğruluğu açısından çok önemlidir. Eşik değerinin çok düşük tutulması kuru vadilerin dahi akarsu ağına katılabilmesine neden olurken; çok yüksek tutulması da akarsuyun önemli kollarının üretilen akarsu ağına görülememesine neden olabilmektedir. Bundan dolayı çalışma alanı üzerinde farklı eşik değerleri baz alınarak denemeler yapılmış ve sonucunda hücre değeri 500'ün üzerinde bulunan hücreler ele alınarak akarsu verisinin üretilmesi uygun görülmüştür. ArcMap'te 'Hydrology' araç kutusunda bulunan 'Raster Calculator' aracı kullanılarak eşik değeri belirlenmiş ve çalışma sahalarına ait akarsu ağı üretilmiştir.

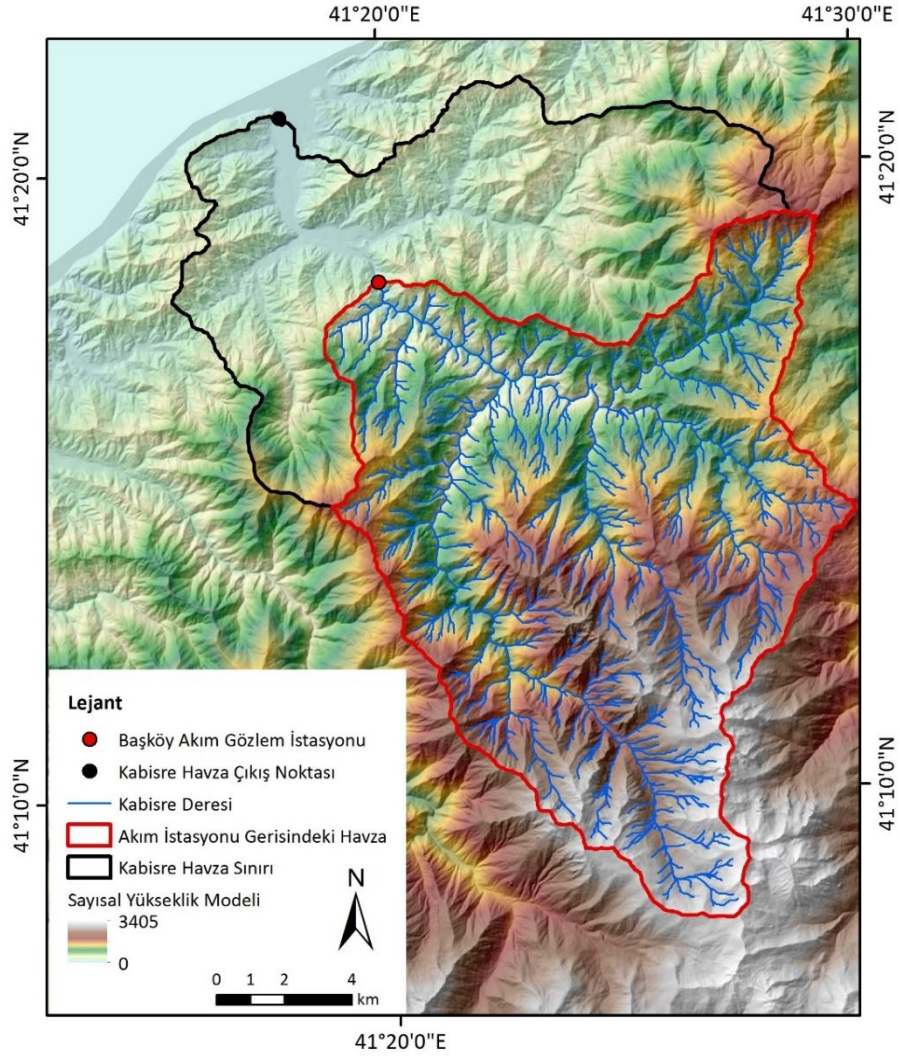
Sonraki aşamada 4 çalışma havzasının sınırları belirlenmiştir. Bu işlem için öncelikle havzaların 'dökülme noktaları' (pour point) tespit edilmiştir. Karadeniz'de bulunan Kabisre ve Çağlayan Deresi havzaları için derelerin denize döküldükleri noktalar havzaların çıkış noktası olarak kabul edilirken; iç kesimde bulunan Musabeyli ve Koyunluyusufözü Deresi havzaları için sözü edilen derelerin daha büyük kola katıldığı noktalar dökülme noktası olarak kabul edilmiştir. Kullanılan CBS yazılımı sayesinde SYM ve belirlenen havza çıkış noktaları kullanılarak belirlenen noktanın gerisindeki havzalar tespit edilmiştir. Bunun için ArcMap'te 'Hydrology' araç kutusunda bulunan 'Watershed' aracı kullanılmış ve havzalar üretilmiştir (Şekil 16).

Şekil 16: 1:25.000 ölçekli topoğrafya haritasından elde edilen SYM'den üretilen Kabisre Deresi ve Kabisre Havzası



Ayrıca havza içerisinde bulunan Akım Gözlem İstasyonları da dökülme noktası olarak işaretlenmiş; böylece istasyonların gerisindeki havzalar belirlenmiştir. Seçilen morfometri parametreleri Akım Gözlem İstasyonları'nın gerisinde kalan, istasyonların yağış alanı havzalarında uygulanacağı için bu işlem önemlidir (Şekil 17).

Şekil 17: 1:25.000 ölçekli topoğrafya haritasından elde edilen SYM'den üretilen akım istasyonu gerisindeki havza ve Kabisre Deresi'nin bu alanda kalan kısmı



Genel havza içerisinde belirlenen bu alanlara yapılacak morfometri analizleri arazideki coğrafi unsurların özelliklerine göre çizgisel, alansal veya relief özelliklerinin ölçülmesi ile elde edilen morfometri parametreleri vasıtasıyla olmaktadır. Bunun için çalışma alanlarının morfometrisini en iyi yansıtacağı düşünülen parametreler seçilmiştir. Çalışma alanları üzerine yapılan analizlerde kullanılan temel morfometri birimleri, uygulanan parametreler ve açıklamaları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Temel morfometri birimleri ve çalışma alanları üzerine uygulanan morfometri parametreleri

No.	Parametre	Birim	Açıklama	Kaynak
Temel Morfometrik Birimler				
1.	A	km ²	Havzanın alanı	
2.	P	km	Havzanın çevre uzunluğu	
3.	Lb	km	Ana akarsuya paralel olarak ölçülen havzanın maksimum uzunluğu	
4.	u	(ölçüsüz)	Akarsu dizini, Hiyerarşik sıralama	Strahler(1964)
5.	N	(ölçüsüz)	Havzadaki akarsu dizinlerinin toplam sayısı	Strahler(1958)
6.	Nu _(1,2,3...)	(ölçüsüz)	Her bir dizindeki akarsuların toplam sayısı	
7.	L	km	Havzadaki akarsu dizinlerinin toplam uzunluğu	
8.	Lu _(1,2,3...)	km	Her bir dizindeki akarsuların toplam uzunluğu	
9.	Hmax	m	Havzadaki maksimum yükselti değeri	
10.	Hmean	m	Havzadaki ortalama yükselti değeri	
11.	Hmin	m	Havzadaki minimum yükselti değeri	
Çizgisel Morfometri Parametreleri				
12.	Rb	(ölçüsüz)	Çatallanma Oranı, $Rb = Nu / (Nu + 1)$ Nu = "u" dizinindeki akarsuların toplam sayısı Nu+1 = bir üst dizindeki akarsuların toplam sayısı	Schumm (1956)
13.	RI	(ölçüsüz)	Akarsu uzunluk oranı, $RI = Lu / (Lu + 1)$ Lu = "u" dizinindeki akarsuların toplam uzunluğu Lu+1= bir üst dizindeki akarsuların toplam uzunluğu	Patton (1988)
14.	Lg	km	Yüzeysel akış uzunluğu, $Lg = 1/2 \times Dd$ Dd= Drenaj yoğunluğu	Horton (1945)
Alansal Morfometri Parametreleri				
15.	Dd	km/km ²	Drenaj yoğunluğu, $Dd = L/A$ L= Tüm dizinlerdeki akarsuların toplam uzunluğu A= Havza alanı (km ²)	Horton (1932) Horton(1945)
16.	Ff (Rf)	(ölçüsüz)	Havza şekli, $Ff (Rf) = A / Lb^2$ A= Havza alanı (km ²) Lb ² = Havza uzunluğunun karesi (km)	Horton (1932) Horton (1945)
17.	Re	(ölçüsüz)	Uzunluk Oranı, $Re = (2/Lb) \times (A/\pi)^{0.5}$ Lb= Havza uzunluğu (km) A= Havza alanı (km ²) $\pi = 3.14$	Schumm (1956)
Relief Morfometrisi Parametreleri				
18.	Bh (R)	m	Havza reliefi, $Bh(R) = Hmax - Hmin$ Hmax= Havzadaki maksimum yükselti değeri Hmin= Havzadaki minimum yükselti değeri	Schumm(1956)
19.	Rn	(ölçüsüz)	Engebelilik değeri, $Rn = Bh (R) \times Dd$ Bh(R)= Havza reliefi Dd= Drenaj yoğunluğu	Schumm (1956) Strahler (1958)
20.	Tc	dakika (dk.)	Akım toplanma zamanı, $Tc = 0.0195 \times (L(ana akarsu)^{0.77} / S^{0.385})$ L(ana akarsu) = Ana akarsuyun uzunluğu (m) S= Eğim açısı (m/m)	Kirpich (1940)
21.	Hi	m	Hipsometrik integral, $Hi = (Hmean - Hmin) / (Hmax - Hmin)$ Hmean= Havzadaki ortalama yükselti değeri Hmin= Havzadaki minimum yükselti değeri Hmax= Havzadaki maksimum yükselti değeri	Pike ve Wilson (1971) Mayer (1990)

Çizgisel Morfometri Parametreleri

- Çatallanma Oranı (R_b): Havza içerisinde belirli bir dizindeki akarsuların toplam sayısının, bir üst dizinin toplam sayısına oranıdır (Schumm, 1956). Havzada, her bir dizin arasında R_b değeri hesaplandıktan sonra bu değerlerin ortalaması alınarak havzaya ait R_b değeri bulunmuştur.
- Akarsu Uzunluk Oranı (R_l): Havza içerisinde belirli bir dizinin toplam uzunluğunun bir sonraki dizinin toplam uzunluğuna oranıdır (Patton, 1988). Çatallanma oranında olduğu gibi, öncelikle her bir dizin arasındaki R_l değeri hesaplanmış; sonrasında R_l değerlerinin ortalaması alınarak havzaya ait R_l değeri bulunmuştur.
- Yüzeysel Akış Uzunluğu (L_g): Yeryüzüne düşen yağışın yüzeyde akarak akarsuya ulaşma mesafesi olarak tanımlanır (Shah vd., 2014). Havzanın drenaj yoğunluğu değeri kullanılarak hesaplanmıştır.

Alansal Morfometri Parametreleri

- Drenaj Yoğunluğu (D_d): Bir havzadaki akarsuyun tüm dizinlerinin toplam uzunluğunun havzanın alanına bölünmesiyle elde edilmiştir (Horton, 1932, 1945).
- Havza Şekli (F_f veya R_f): Havzanın alanının maksimum havza uzunluğunun karesine bölünmesiyle hesaplanmıştır (Horton, 1932, 1945).
- Uzunluk Oranı (R_e): Havzanın şekilsel özelliklerini ortaya koyan bir diğer parametredir. Havza alanı ve havza uzunluğu verileri kullanılarak hesaplanmıştır.

Relief Morfometri Parametreleri

- Havza Reliefi (B_h veya R): Havzanın en yüksek noktası ile en alçak noktası arasındaki maksimum dikey uzaklığı ifade eden B_h değeri, havzadaki maksimum yükselti değerinden minimum yükselti değerinin çıkarılmasıyla elde edilmiştir (Schumm, 1956).
- Engebelilik Değeri (R_n): Havzaya ait havza reliefi değeri ile drenaj yoğunluğu değerinin çarpımıyla elde edilmiştir (Schumm, 1956; Melton, 1957; Strahler, 1958).
- Akım Toplanma Zamanı (T_c): Bir havzada, suyun havzanın en uzak noktasından ana kola veya denize döküldüğü noktaya ulaşma süresini ortaya

koymaktadır (Verstappen, 1983). Ana akarsu uzunluğu ve eğim değeriyle hesaplanmaktadır.

- Hipsometrik İntegral (Hi): Hipsometrik eğrinin altında kalan alanı ifade eder. Arazinin aşınmadan kalan orjinal kısmını temsil eder (Kouli vd., 2007). Havzanın maksimum, minimum ve ortalama yükseklik değeri kullanarak hipsometrik integral hesaplanmıştır (Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990).

Seçilen parametrelerin her bir havza için 4 farklı özellikli SYM üzerinde uygulanmasının ardından çıkan sonuçlar yorumlanmış, birbiriyle karşılaştırılmış ve çalışma alanlarına yapılan arazi çalışmalarıyla dijital ortamda elde edilen sonuçların kontrolü sağlanmıştır. Analiz sonuçlarına ait haritalar, şekiller, araziden fotoğraflar, tablo ve grafiklerin eklenmesiyle çalışma tamamlanmıştır.

5.BULGULAR

Çalışma alanı olarak belirlenen Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde bulunan Çağlayan ve Kabisre Deresi havzaları ile İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak Bölümü'nde bulunan Koyunluyusufözü ve Musabeyli Deresi havzaları üzerinde, üretilme açısından farklı sistemlere dayanan ASTER GDEM (SYM), SRTM DEM (SYM), topoğrafya haritalarından üretilen 10 metre çözünürlüklü TOPO-10 SYM ve 30 metre çözünürlüklü TOPO-30 SYM olmak üzere 4 farklı SYM verisi üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Referans verisi olarak kullanılan TOPO-10 SYM verisinden elde edilen sonuçlara göre Çağlayan Deresi havzası toplamda 175.4 km²'lik bir alan kaplamakta ve yükselti değerleri 0-3331.6 metre arasında değişmektedir. Kabisre Deresi havzası ise toplamda 294.2 km²'lik bir alan kaplamakta ve yükselti değerleri 0-3329.8 metre arasında değişmektedir. Koyunluyusufözü Deresi havzasının toplam alanı 196.2 km², yükselti değerleri 957.8- 1686.2 metre arasındadır. Musabeyli Deresi havzasının toplam alanı ise 182.9 km², yükselti değerleri 880.3-1690 metre arasındadır.

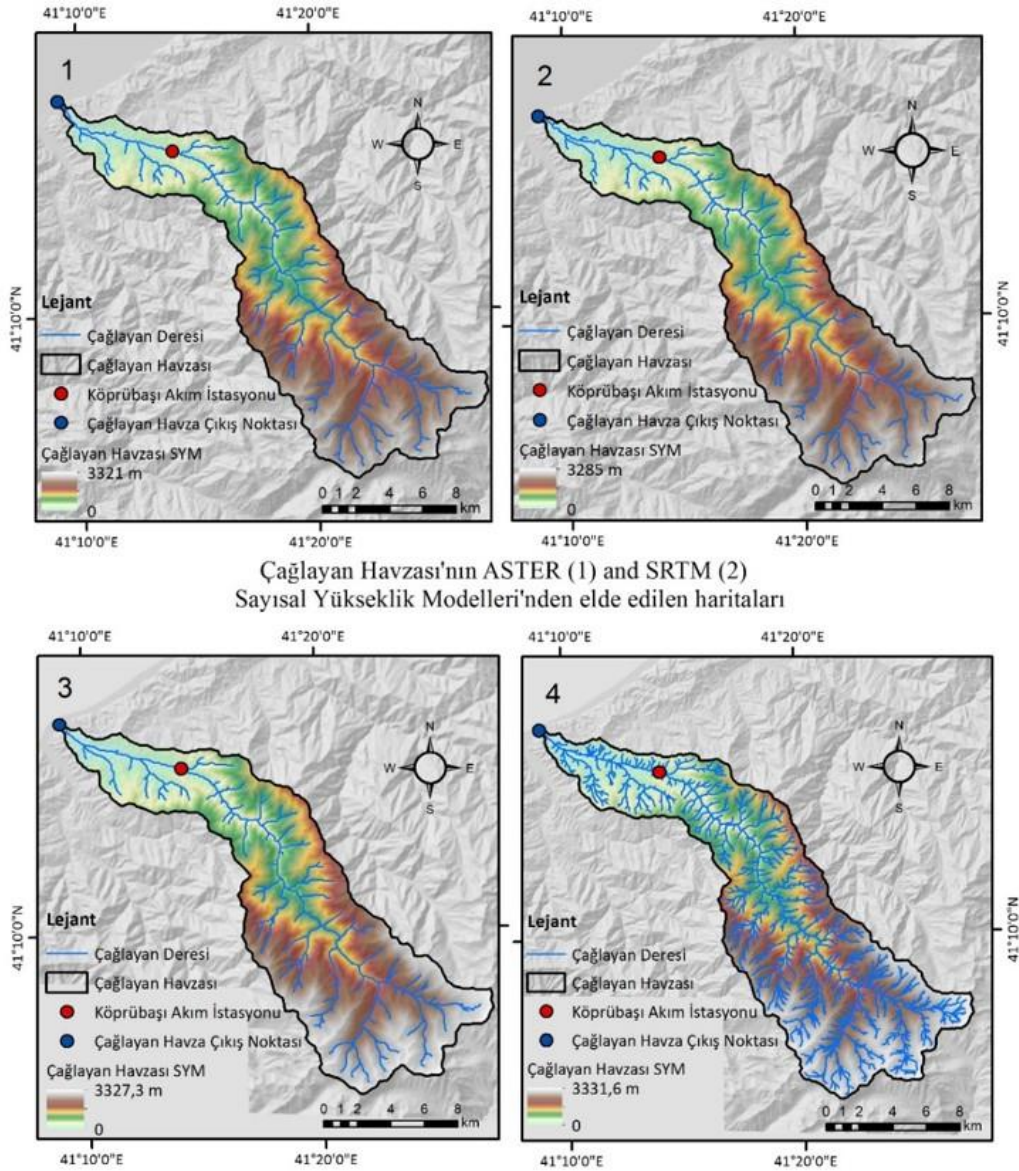
Tablo 2: TOPO-10 SYM verisinden elde edilen sonuçlara göre havzaların tamamının genel özellikleri

	Alan (km ²)	Çevre Uzunluğu (km)	Minimum Yükselti (m)	Ortalama Yükselti (m)	Maksimum Yükselti (m)
Çağlayan Havzası	175.4	84.7	0	1560.6	3331.6
Kabisre Havzası	294.2	86.4	0	1137	3329.8
Koyunluyusufözü Havzası	196.2	85.9	957.8	1220.8	1686.2
Musabeyli Havzası	182.9	78.8	880.3	1258.5	1690

Çağlayan, Kabisre, Koyunluyusufözü ve Musabeyli havzalarının genel alanlarının minimum ve maksimum yükselti değerleri ASTER GDEM, SRTM, TOPO-30 ve TOPO-10 SYM verilerinden elde edilen sonuçlarda farklılık göstermiştir.

Çağlayan deresi havza çıkış noktasından Karadeniz'e döküldüğü için dört SYM verisinde de minimum yükselti değeri 0 çıkmıştır. Ancak maksimum yükselti değeri 3285 ile 3331.6 metre arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 18). Havzaya ait maksimum yükselti değerlerine bakıldığında ASTER GDEM sonucu ile referans verisi TOPO-30 sonucu arasındaki fark 6.3 metre kadarken; diğer referans verisi TOPO-10 sonucu arasındaki fark ise 10.6 metre kadardır.

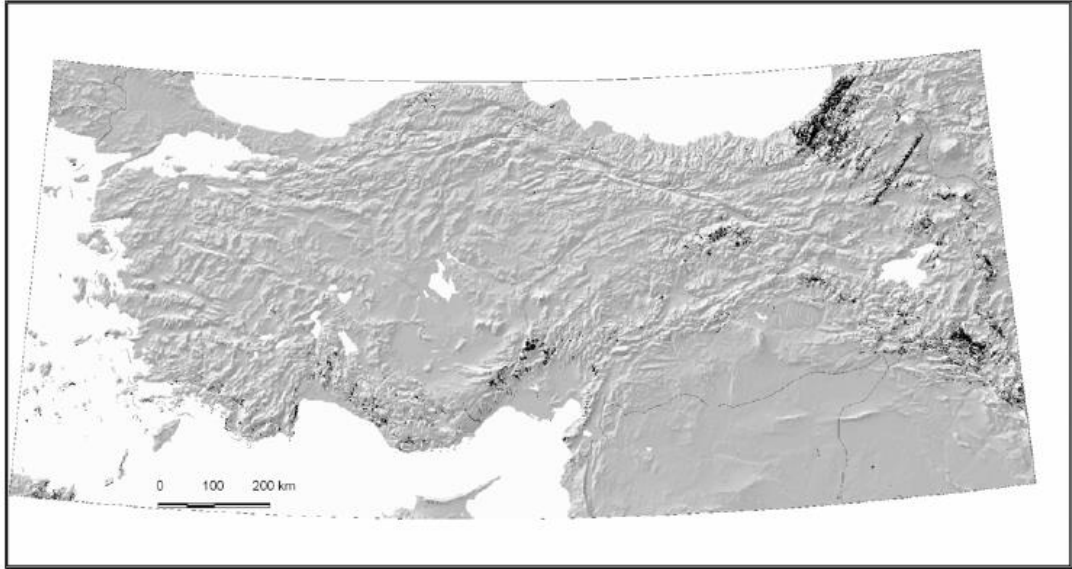
Şekil 18: Çağlayan havzasının farklı SYM verilerinden elde edilen minimum ve maksimum yükselti değerleri



SRTM verisinde maksimum yükselti değeri sonucu beklenenden oldukça düşük çıkmıştır. SRTM ile TOPO-30 sonuçları arasındaki fark 42.3 metreyken, SRTM ile TOPO-10 sonuçları arasındaki fark 46.6 metre çıkmıştır. Bu duruma SRTM'in veri toplama sisteminin neden olduğu düşünülmektedir. SRTM'de gönderilen radar sinyallerinin geri dönmesiyle arazi yükselti verisi oluşturulmaktadır. Yükseltisi fazla, dağlık alanlarda gönderilen radar sinyallerinin saçılıp dağılması sinyallerin alıcıya geri dönmesini engellemektedir. Bu durum veri kaybına neden olmakta ve üretilen

SYM verisinde hatalara ve boşluklara neden olmaktadır (Şekil 19) (Bildirici vd., 2007). Çağlayan Havzasının SRTM verisinden elde edilen maksimum yükselti değerinin de bundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü Çağlayan Havzası'nın yukarı kısımları Kaçkar Dağları'nın zirvesine, kayalık kesimlerine tırmanıp bu alanlarda geniş yer kaplamaktadır. Bu durum havzanın bu kısımlarında görülmesi muhtemel veri boşluklarının oluşma ihtimalini artırmakta ve piksel kayıplarına neden olabilmektedir. Dolayısıyla bu durumun Çağlayan Havzası'nda maksimum yükselti değerlerini etkilediği düşünülmektedir.

Şekil 19: Türkiye ulusal sınırları içerisinde SRTM boşluklarının dağılımı (Bildirici vd., 2007)

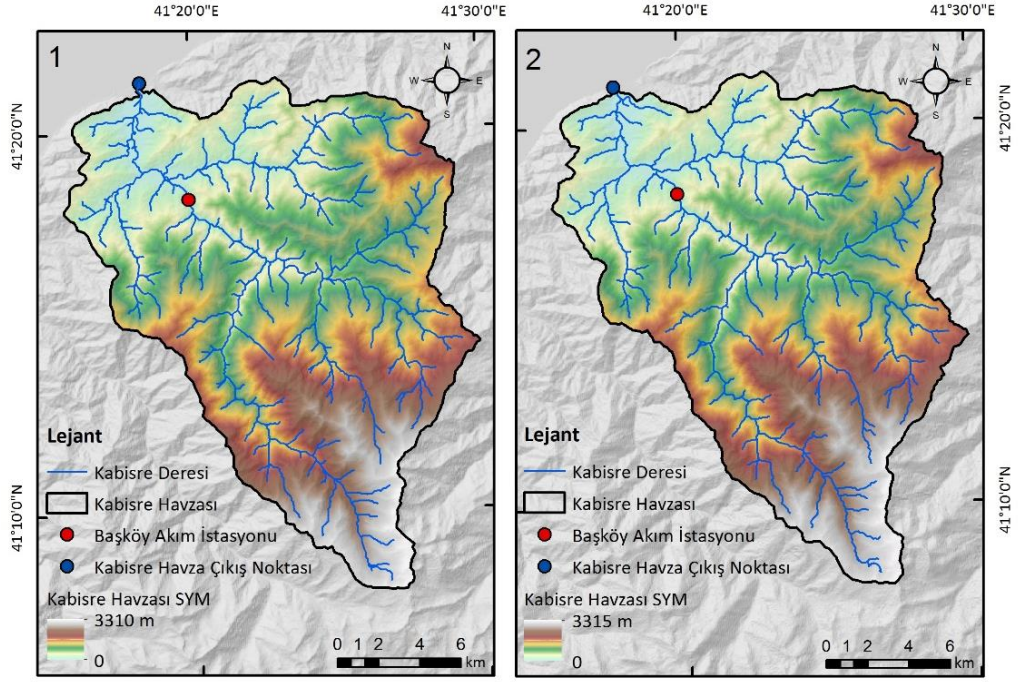


Kabisre deresi havza çıkış noktasından Karadeniz'e döküldüğü için dört SYM verisinde de minimum yükselti değeri 0 çıkmıştır. Ancak maksimum yükselti değeri 3310 ile 3329,8 metre arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 20). ASTER GDEM ile TOPO-30 sonucu arasındaki fark 8.7 metre; TOPO-10 sonucu ile arasındaki fark ise yaklaşık 19.8 metredir. SRTM ile TOPO-30 sonucu arasındaki fark 3.7 metre kadarken; TOPO-10 sonucu arasındaki fark ise 14.8 metre kadardır. Maksimum yükselti değerleri sonuçlarına bakıldığında SRTM sonuçlarının referans verisi TOPO-SYM sonuçlarına ASTER GDEM sonuçlarından daha yakın olduğunu görülmektedir.

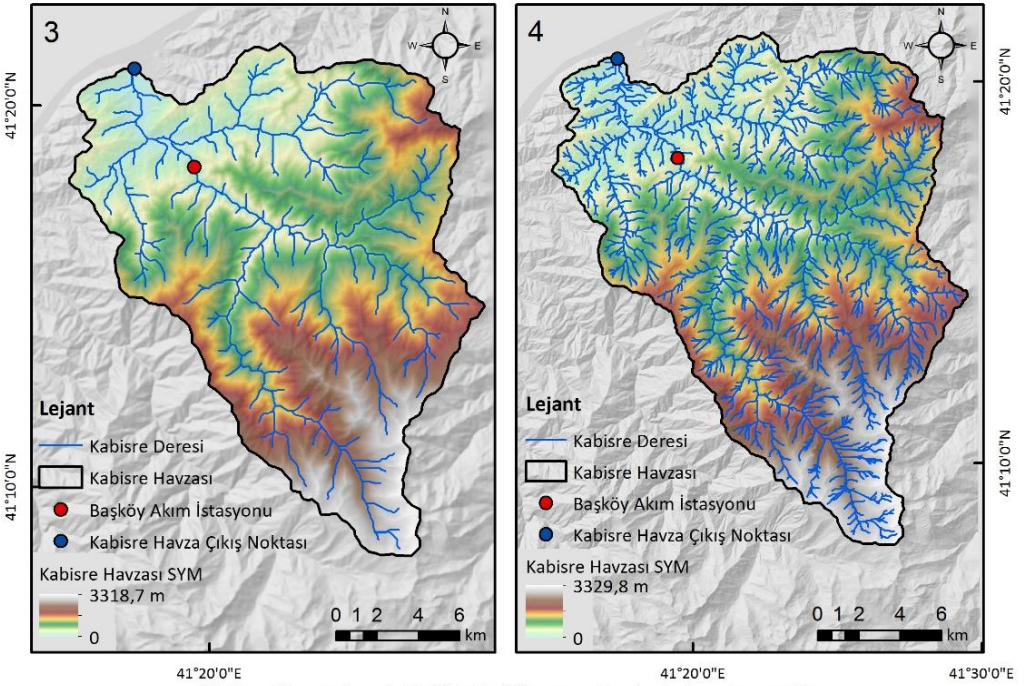
ASTER GDEM sonuçlarıyla TOPO-SYM sonuçları arasında çok fazla fark olması bu verinin stereo uydu görüntülerinden üretilmesinden; dolayısıyla yüzeydeki bitki örtüsünde yükseltiyi dahil edilmesinden kaynaklanmaktadır. SRTM verilerinde ise radar sinyalleri bitki örtüsünden yeryüzüne ulaşabildiği ölçüde yüzeyin yükselti değerleri hakkında doğru sonuçlar vermektedir.

Ayrıca Çağlayan Havzası'nın SRTM verilerinden elde edilen maksimum yükselti değerlerindeki anormal sonuçların Kabisre Havzası'nda görülmemesi de dikkat çekmektedir. Bu durumun Kabisre Havzası'nın yukarı kısımlarının Kaçkar Dağları'nın zirve kesimlerine çok fazla sokulmayıp, bu kısımlarda geniş alan kaplamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla havzanın yukarı kısımlarında veri boşlukları ve piksel kaybı ihtimali düşük olmaktadır. Bu durum Kabisre Havzası'nda SRTM verisinden elde edilen maksimum yükselti değeri sonucunun Çağlayan Havzası SRTM verisinden elde edilen maksimum yükselti değeri sonucuna göre daha tutarlı sonuç verdiğini ortaya koymaktadır.

Şekil 20: Kabisre havzasının farklı SYM verilerinden elde edilen minimum ve maksimum yükselti değerleri



Kabisre Havzası'nın ASTER (1) and SRTM (2) Sayısal Yükseklik Modelleri'nden elde edilen haritaları

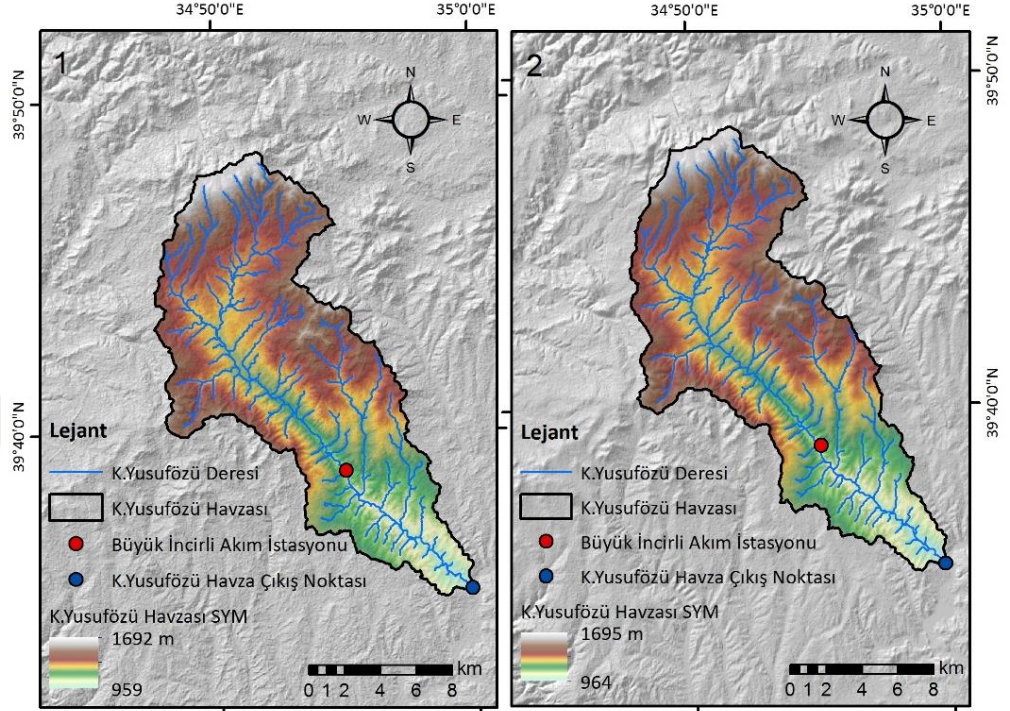


Kabisre Havzası'nın 1:25.000 ölçekli topografya haritalarından üretilen 30 metre (3) ve 10 metre (4) çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelleri'nden elde edilen haritaları

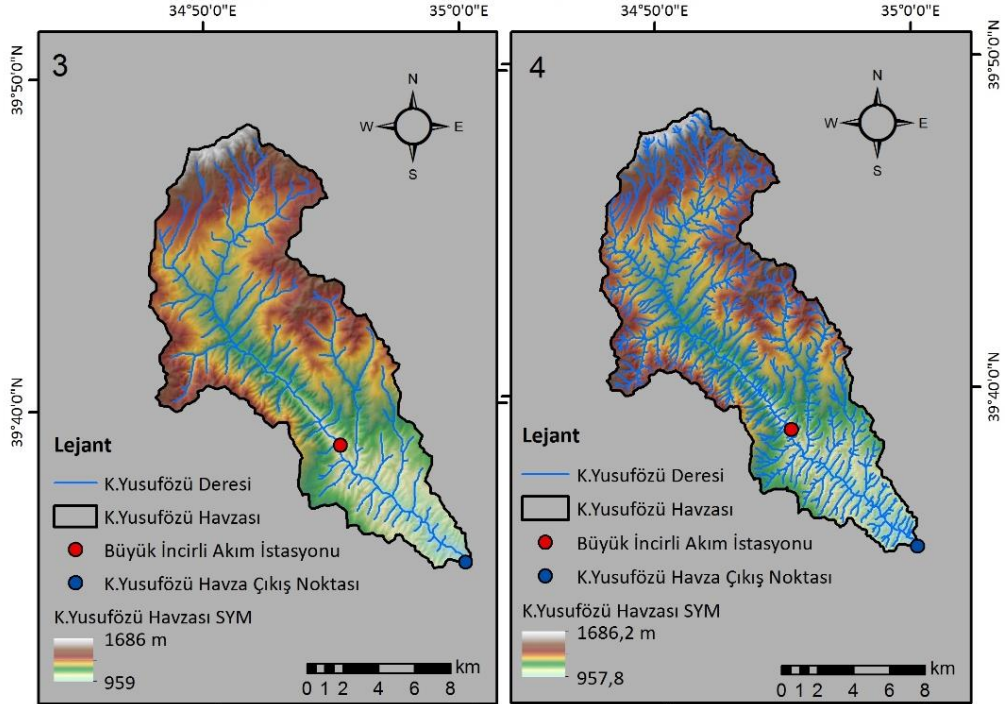
Koyunluyusufözü Havzası'nın minimum yükselti değerleri 957,8 ile 964 metre arasında değişmektedir. Havzaya ait minimum yükselti değerlerine bakıldığında ASTER GDEM sonucu ile TOPO-30 sonucu arasında fark yoktur; ASTER GDEM ile TOPO-10 sonucu arasındaki fark ise 1.2 metre kadardır. SRTM ile TOPO-30 sonuçları arasındaki fark 5 metreyken; SRTM ile TOPO-10 sonuçları arasındaki fark 6.2 metre kadardır. Havzanın maksimum yükselti değerleri ise 1686 ile 1695 metre arasında değişmektedir (Şekil 21). Havzaya ait maksimum yükselti değerlerine bakıldığında ASTER GDEM sonucu ile TOPO-30 sonucu arasındaki fark 6 metre, ASTER GDEM ile TOPO-10 sonucu arasındaki fark ise 5.8 metre kadardır. SRTM ile TOPO-30 sonuçları arasındaki fark 9 metre, SRTM ile TOPO-10 sonuçları arasındaki fark ise 8.8 metre kadardır. Maksimum ve minimum yükselti değerlerine bakıldığında, bu havzada ASTER ve SRTM sonuçlarının birbirlerine yakın değerler gösterdiğini ancak ASTER sonuçlarının referans verisi TOPO-DEM sonuçlarıyla daha yakın olduğu görülmektedir. Havza yüzeyinin bitki örtüsünden yoksun, çıplak arazilerden oluşması ASTER GDEM'den elde edilen arazi yükselti değerlerinin TOPO-SYM değerleriyle uyuşmasında etkili olmuştur.

Musabeyli Havzası'nın ise minimum yükselti değerleri 871 ile 880.5 metre arasında değişmektedir. Havzaya ait minimum yükselti değerlerine bakıldığında ASTER GDEM sonucu ile TOPO-30 sonucu arasındaki fark 3.5 metre, ASTER GDEM ile TOPO-10 sonucu arasındaki fark ise 3.3 metre kadardır. SRTM ile TOPO-30 sonuçları arasındaki fark 9.5 metre, SRTM ile TOPO-10 sonuçları arasındaki fark ise 9.3 metre kadardır. Havzanın maksimum yükselti değerleri ise 1689 ile 1693 metre arasındadır (Şekil 22). Havzaya ait maksimum yükselti değerlerine bakıldığında ASTER GDEM sonucu ile TOPO-30 sonucu arasındaki fark 3 metre, ASTER GDEM ile TOPO-10 sonucu arasındaki fark ise yine 3 metredir. SRTM ile TOPO-30 sonuçları arasındaki fark 1 metreyken, SRTM ile TOPO-10 sonuçları arasındaki fark ise yine 1 metredir. Minimum değerlerde ASTER sonuçları referans TOPO-DEM verileriyle daha yakınken; maksimum değerlerde SRTM sonuçları TOPO-DEM sonuçlarıyla sadece 1 metrelik farkla oldukça yakınlık göstermiştir. Havza yükselti değerlerinin hem ASTER hem SRTM SYM değerleriyle uyumluluk göstermesinde arazinin bitki örtüsünden yoksun olmasının etkisi vardır.

Şekil 21: Koyunluyusufözü havzasının farklı SYM verilerinden elde edilen minimum ve maksimum yükselti değerleri

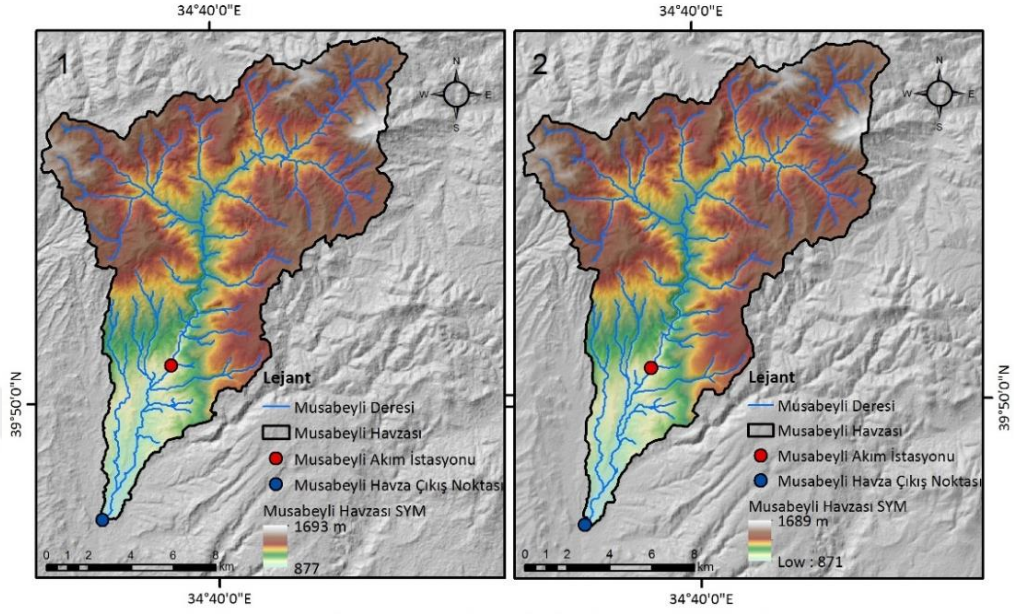


K.Yusufözü Havzası'nın ASTER GDEM (1) ve SRTM (2) Sayısal Yükselti Modelleri'nden elde edilen haritaları

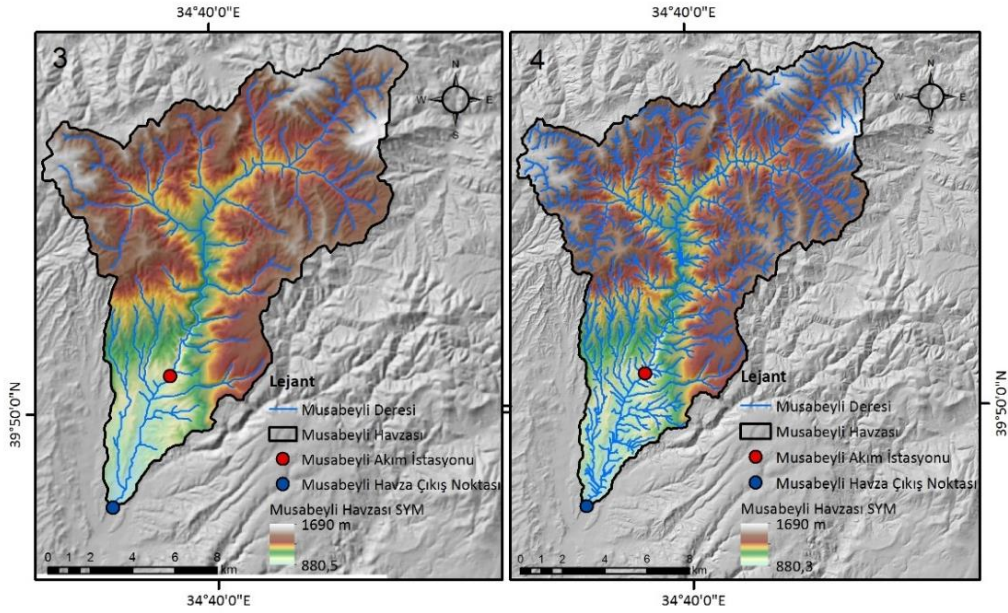


K.Yusufözü Havzası'nın 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından üretilen 30 metre (3) ve 10 metre (4) çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modelleri'nden elde edilen haritaları

Şekil 22: Musabeyli havzasının farklı SYM verilerinden elde edilen minimum ve maksimum yükselti değerleri



Musabeyli Havzası'nın ASTER GDEM (1) ve SRTM(2) Sayısal Yükselti Modelleri'nden elde edilen haritaları



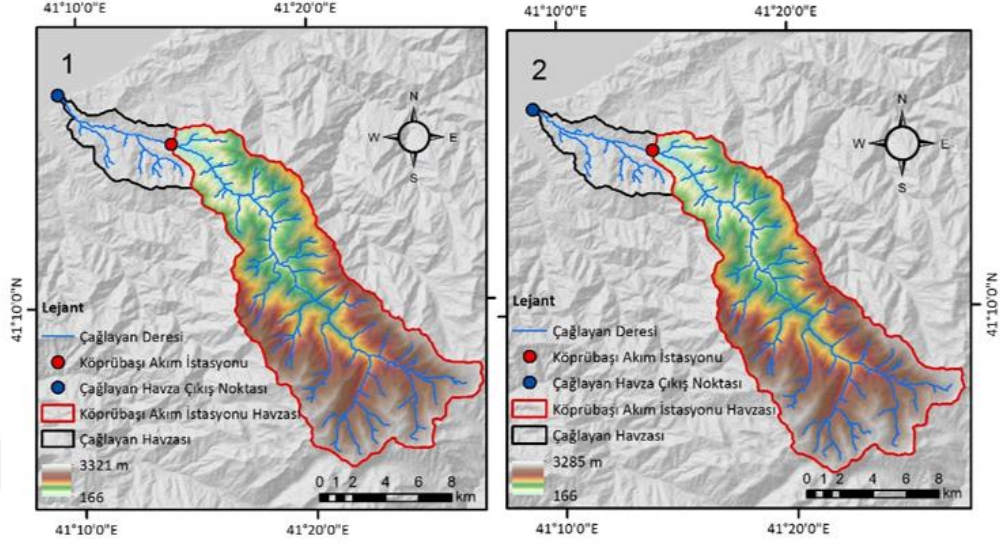
Musabeyli Havzası'nın 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından üretilen 30 metre (3) ve 10 metre (4) çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modelleri'nden elde edilen haritaları

Havzaların morfometrik özellikleri ve akım değerleri arasındaki ilişkinin incelenebilmesi açısından morfometrik parametreler havzalarda bulunan akım gözlem istasyonlarının (AGİ) gerisindeki alana yani akım gözlem istasyonlarının su toplama alanı kabul edilen havzalara uygulanmıştır. Daha önceden koordinat değerleri bilinen akım gözlem istasyonlarının lokasyonları, yapılan arazi gözlem çalışmalarıyla kontrol edilerek belirlenmiştir. Bu noktaların gerisindeki havzalar tespit edilerek morfometri analizlerinin uygulanması için hazır hale getirilmiştir. Çağlayan Havzası'nda D22A006 kodlu Köprübaşı akım istasyonunun yeri tespit edilmiş (Fotoğraf 2), gerisinde kalan Köprübaşı AGİ Havzasına parametreler uygulanmıştır (Şekil 23).

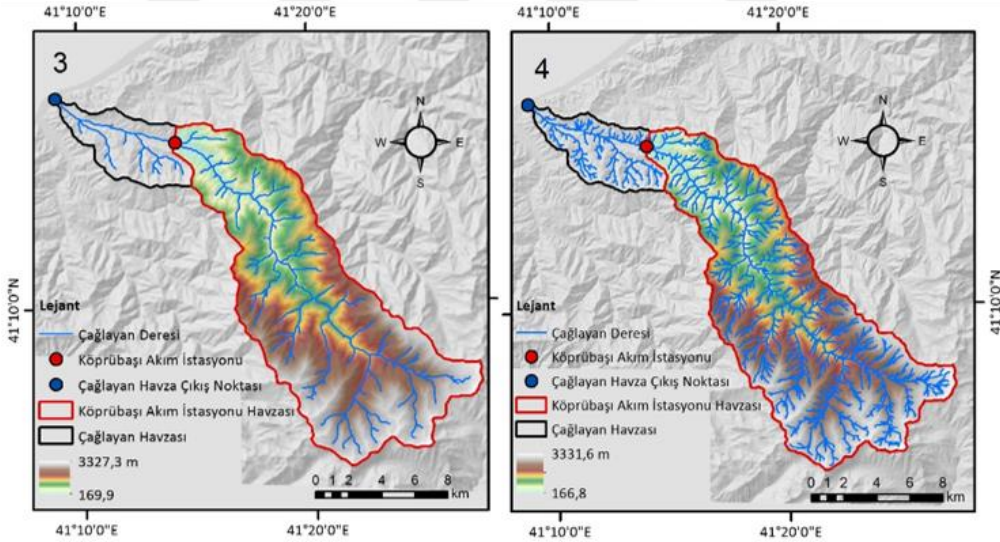
Fotoğraf 2: Çağlayan Deresi üzerinde bulunan D22A006 kodlu Köprübaşı akım istasyonu



Şekil 23: Köprübaşı AGİ Havzası'nın maksimum ve minimum yükselti değerleri



Köprübaşı Akım İstasyonu Havzası'nın ASTER (1) and SRTM (2) Sayısal Yükseklik Modelleri'nden elde edilen haritaları



Köprübaşı Akım İstasyonu Havzası'nın 1:25.000 ölçekli topografya haritalarından üretilen 30 metre (3) ve 10 metre (4) çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelleri'nden elde edilen haritaları

Köprübaşı akım gözlem istasyonu'nun koordinat değerlerine göre farklı SYM'ler üzerinden elde edilen yükselti değerleri ASTER GDEM'de 166 metre, SRTM SYM'de 166 metre, TOPO-30 SYM'de 169.9 metre, TOPO-10 SYM'de 166.8 metre olarak çıkmıştır. ASTER ve SRTM SYM'lerinden çıkartılan Köprübaşı AGİ yükselti değerinin referans verisi TOPO-10 SYM verisine çok yakın olduğu görülmektedir.

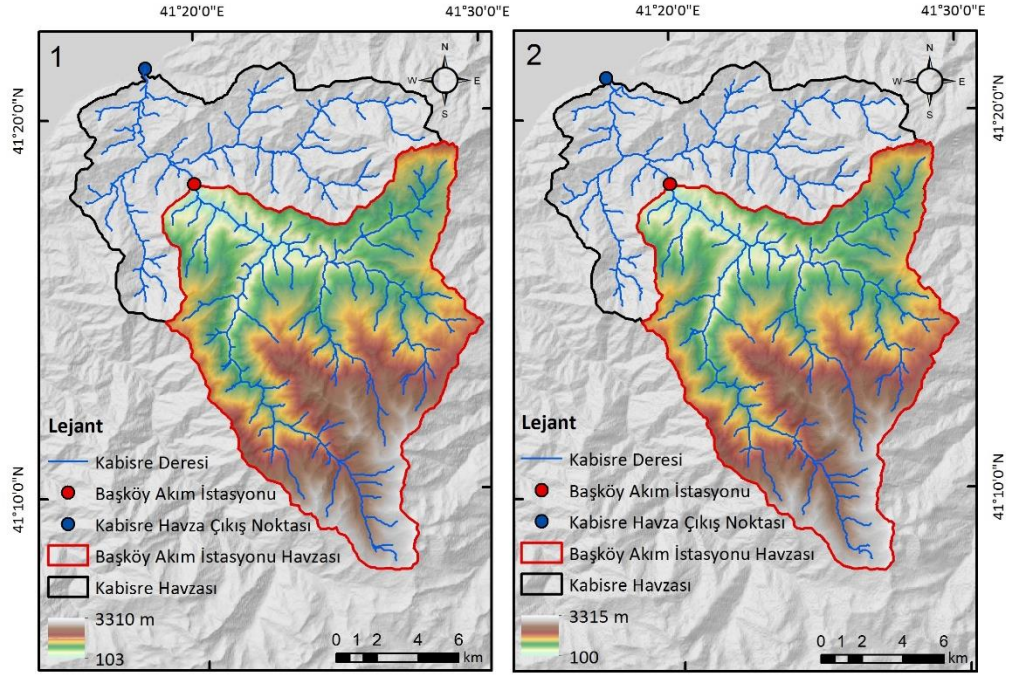
Kabisre Havzası'nda ise D22A049 kodlu Başköy akım istasyonunun yeri tespit edilmiş (Fotoğraf 3), gerisinde kalan Başköy AGİ Havzasına seçilen parametreler uygulanmıştır (şekil 24).

Fotoğraf 3: Kabisre Deresi üzerinde bulunan D22A049 kodlu Başköy akım istasyonu

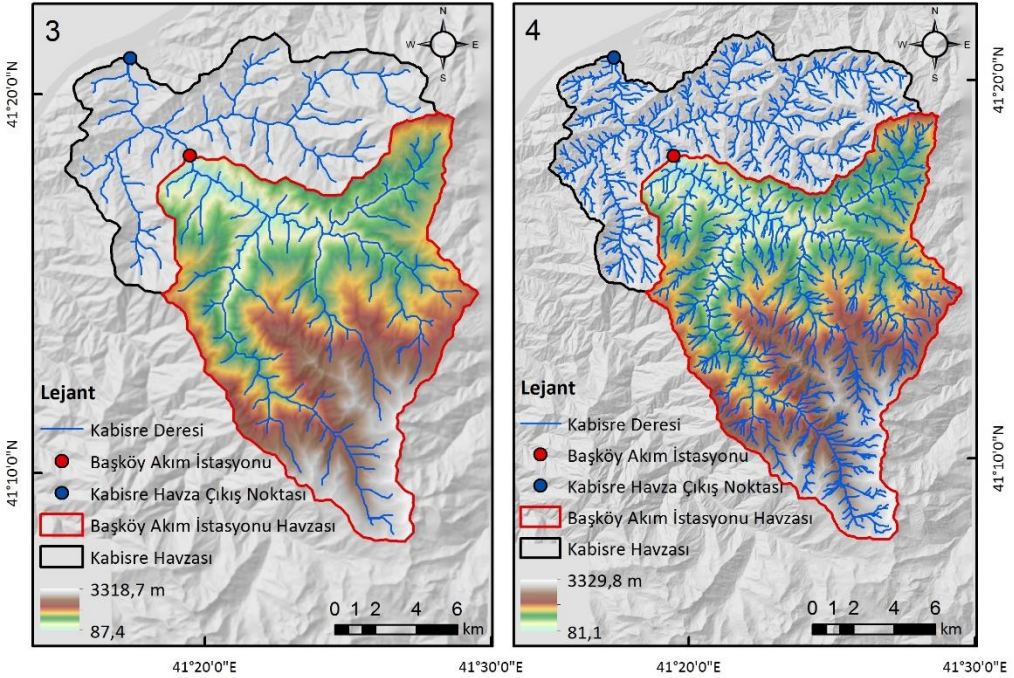


Başköy akım gözlem istasyonu'nun koordinat değerlerine göre farklı SYM'ler üzerinden elde edilen yükselti değerleri ASTER GDEM'de 103 metre, SRTM SYM'de 100 metre, TOPO-30 SYM'de 87.4 metre, TOPO-10 SYM'de 81.1 metre olarak çıkmıştır. SRTM SYM'inden ıkarılan Başköy AGİ yükselti değerinin referans verisi TOPO-SYM değerlerine daha yakın olduğu görülmüştür.

Şekil 24: Başköy AGİ Havzası'nın maksimum ve minimum yükselti değerleri



Başköy Akım İstasyonu Havzası'nın
ASTER (1) and SRTM (2) Sayısal Yükseltilik Modelleri'nden elde edilen haritaları



Başköy Akım İstasyonu Havzası'nın 1:25.000 ölçekli topografya haritalarından üretilen
30 metre (3) ve 10 metre (4) çözünürlüklü Sayısal Yükseltilik Modelleri'nden elde edilen haritaları

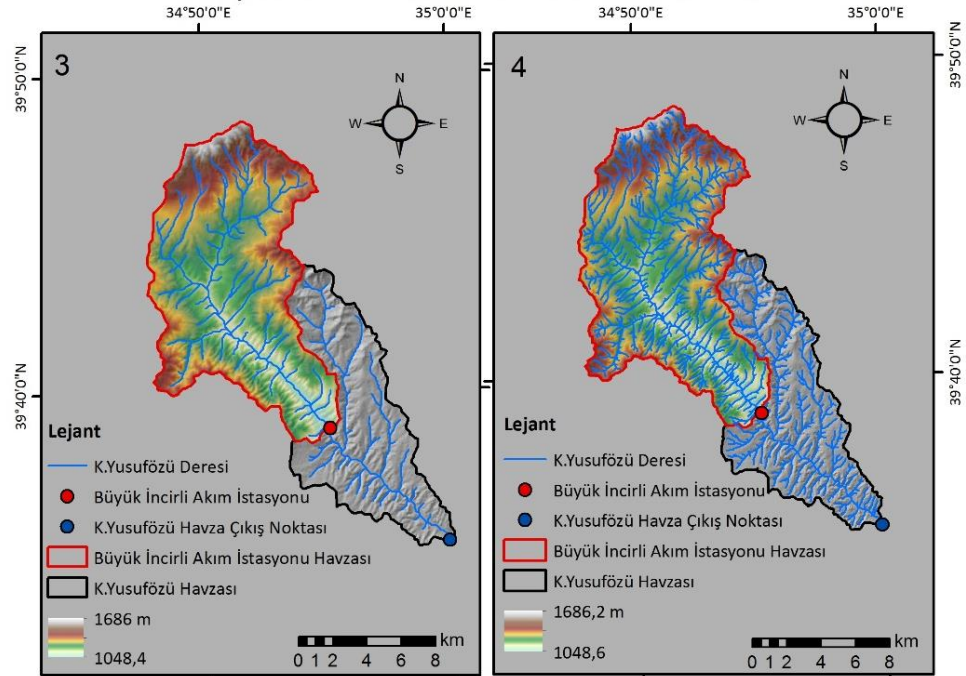
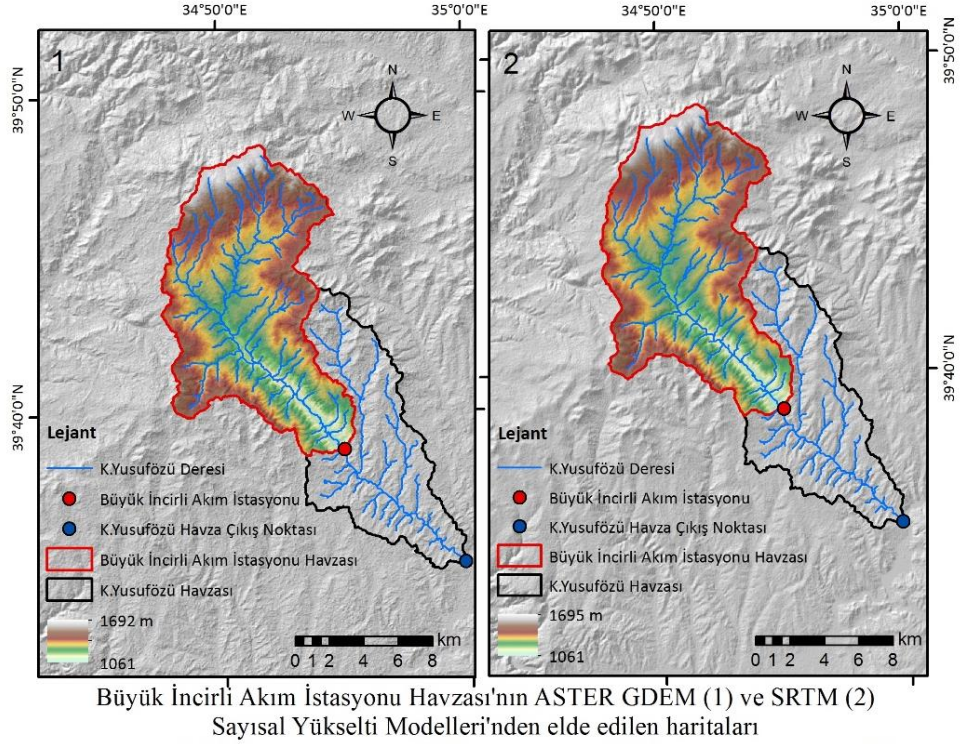
Koyunluyusufözü Havzası'nda D15A137 kodlu Büyük İncirli akım istasyonunun yeri tespit edilmiş (Fotoğraf 4), gerisinde kalan Büyük İncirli AGİ Havzasına seçilen parametreler uygulanmıştır (Şekil 25).

Fotoğraf 4: Koyunluyusufözü Deresi üzerinde bulunan D15A137 kodlu Büyük İncirli akım istasyonu



Büyük İncirli akım gözlem istasyonu'nun koordinat değerlerine göre farklı SYM'ler üzerinden elde edilen yükselti değerleri ASTER GDEM'de 1061 metre, SRTM SYM'de 1061 metre, TOPO-30 SYM'de 1048.4 metre, TOPO-10 SYM'de 1048.6 metre olarak çıkmıştır. ASTER ve SRTM SYM'ne göre Büyük İncirli AGİ'nun yükselti değerleri aynı, TOPO-SYM'lerinden çıkan yükselti değeriyle aralarındaki fark 13 metre kadardır.

Şekil 25: Büyük İncirli Akım AĞI Havzası'nın maksimum ve minimum yükselti değerleri



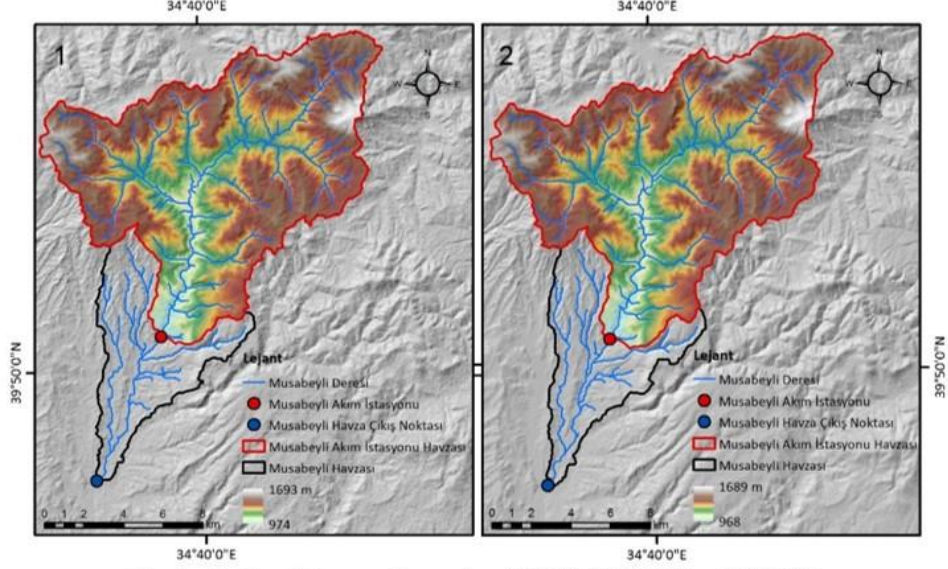
Musabeyli Havzası'nda D15A069 kodlu Musabeyli akım istasyonunun yeri tespit edilmiş (Fotoğraf 5), ardında kalan Musabeyli AĞI Havzasına seçilen parametreler uygulanmıştır (Şekil 26).

Fotoğraf 5: Musabeyli Deresi üzerinde bulunan ancak günümüzde kullanılmayan D15A069 kodlu Musabeyli akım istasyonu

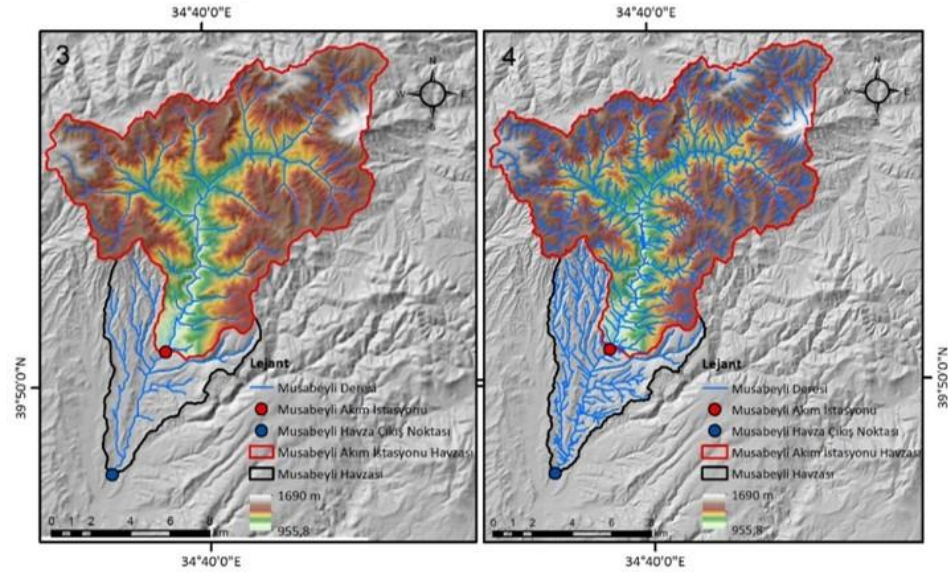


Musabeyli akım gözlem istasyonu'nun koordinat değerlerine göre farklı SYM'ler üzerinden elde edilen yükselti değerleri ASTER GDEM'de 974 metre, SRTM SYM'de 968 metre, TOPO-30 SYM'de 955.8 metre, TOPO-10 SYM'de 955.8 metre olarak çıkmıştır. SRTM SYM'inden çıkartılan Musabeyli AĞI yükselti değerinin referans verisi TOPO-SYM değerlerine daha yakın olduğu görülmüştür.

Şekil 26: Musabeyli AGİ Havzası'nın maksimum ve minimum yükselti değerleri



Musabeyli Akım İstasyonu Havzası'nın ASTER GDEM (1) ve SRTM(2) Sayısal Yükselti Modelleri'nden elde edilen haritaları



Musabeyli Akım İstasyonu Havzası'nın 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından üretilen 30 metre (3) ve 10 metre (4) çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modelleri'nden elde edilen haritaları

Her bir çalışma havzası için ASTER, SRTM, TOPO-30 ve TOPO-10 olmak üzere dört farklı SYM verisi üzerinde parametrelerin uygulanacağı alanlar belirlenmiştir. Bu alanlara ait havza alanı, çevre uzunluğu, havza uzunluğu, eğim değerleri, akarsu dizinlerinin sayıları ve uzunlukları gibi temel morfometri birimleri hesaplanmış ve uygulanacak morfometri parametreleri için temel veriler oluşturulmuştur. Sonrasında ise seçilen morfometri parametreleri her bir alan üzerine uygulanmıştır. Her bir SYM verisinden elde edilen çalışma havzalarına ait sonuçlar değerlendirilmiştir.

5.1.ASTER GDEM (SYM) Sonuçları

5.1.1 Temel Morfometri Birimleri

Her bir çalışma havzasının ASTER GDEM (SYM) verisinden elde edilen sonuçlara göre temel morfometrik özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Çalışma havzalarının ASTER GDEM verisinden elde edilen temel morfometri birimlerinin sonuçları

	Karadeniz'deki Havzalar		İç Anadolu'daki Havzalar	
	Köprübaşı AGİ Havzası	Başköy AGİ Havzası	Büyük İncirli AGİ Havzası	Musabeyli AGİ Havzası
Havza Alanı (km ²)	151,86	187,06	126,16	144,69
Havza Çevre Uzunluğu (km)	68,38	70,12	63,47	68,83
Havza Uzunluğu (km)	24,70	21,62	18,48	18,51
Minimum Yükselti	166	103	1061	974
Ortalama Yükselti	1761,5	1483,1	1267,7	1312,8
Maksimum Yükselti	3321	3310	1692	1693
Ortalama Eğim (°)	29,4	28,4	7,8	11,8
Maksimum Eğim (°)	65,3	67,1	35,6	47,2
1. Dizin Sayısı	81	112	76	85
2. Dizin Sayısı	19	22	14	21
3. Dizin Sayısı	2	5	2	4
4. Dizin Sayısı	1	1	1	2
5. Dizin Sayısı	-	-	-	1
Toplam Dizin Sayısı	103	140	93	113
1.Dizin Uzunluğu (km)	71,62	101,27	90,15	76,92
2.Dizin Uzunluğu (km)	38,47	32,90	37,42	33,97
3.Dizin Uzunluğu (km)	6,93	30,09	10,38	13,33
4.Dizin Uzunluğu (km)	20,59	13,97	12,28	9,69
5.Dizin Uzunluğu (km)	-	-	-	8,19
Toplam Dizin Uzunluğu (km)	137,62	178,22	150,23	142,11

Her bir bölgedeki havzaların alansal olarak kendi aralarında uyumlu ve yaklaşık değerlere sahip olmasına, şekilsel olarak da birinin uzun diğerinin dairesel olmasına olabildiğince dikkat edilmiştir. ASTER SYM sonuçlarına göre havza uzunluk değerlerine bakıldığında Karadeniz'de Köprübaşı AGİ havzası Başköy AGİ havzasına göre daha uzun, İç anadolu'da Musabeyli AGİ havzası ile Büyük İncirli AGİ havzası birbirlerine yakın değerler göstermiştir. Yükselti değerleri bakımından Karadeniz'de Köprübaşı AGİ Havzası, İç Anadolu'da da Musabeyli AGİ Havzası ortalama yükseltisi fazla olan havzalardır. Ortalama eğim değerleri de yine aynı havzalarda yüksektir. Köprübaşı, Başköy, Büyük İncirli AGİ Havzalarında dörder

dizin çıkarken, Musabeyli AGİ Havzasında 5 dizin oluşmuştur. Toplam dizin uzunluğu en fazla olan havza kapladığı alan bakımından en geniş olan Başköy AGİ Havzasıdır.

5.1.2. Morfometri Parametreleri

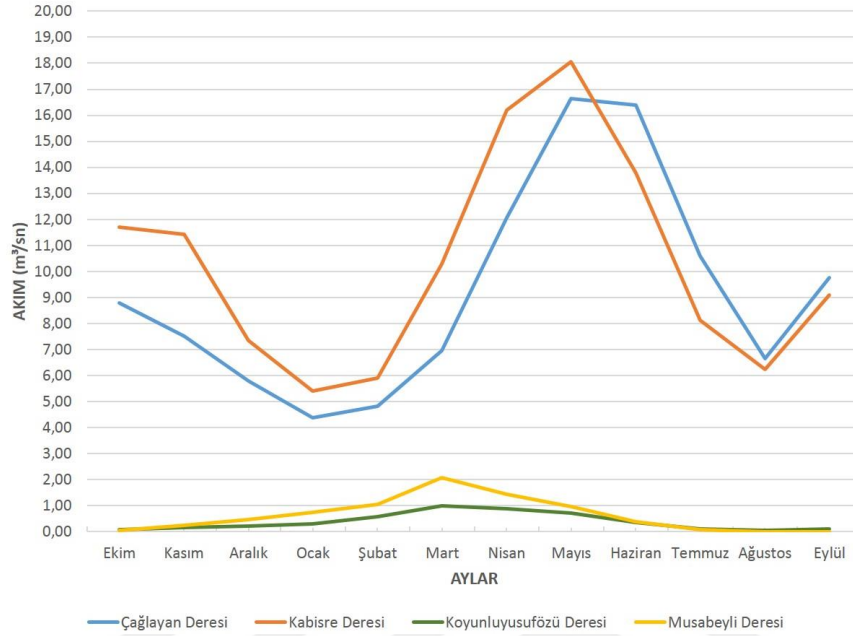
Seçilen morfometri parametreleri her bir çalışma havzası için ASTER GDEM (SYM) verileri üzerinde uygulanmış ve sonuçlar Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Çalışma havzalarının ASTER GDEM (SYM) verisinden elde edilen morfometri parametrelerinin sonuçları

	Karadeniz'deki Havzalar		İç Anadolu'daki Havzalar	
	Köprübaşı AGİ Havzası	Başköy AGİ Havzası	Büyük İncirli AGİ Havzası	Musabeyli AGİ Havzası
Çatallanma Oranı (Rb)	5,25	4,83	4,81	3,32
Akarsu Uzunluk Oranı (Rl)	2,58	2,11	2,29	1,84
Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg)	0,55	0,53	0,42	0,51
Drenaj Yoğunluğu (Dd)	0,91	0,95	1,19	0,98
Havza Şekli (Ff) (Rf)	0,25	0,40	0,37	0,42
Uzunluk Oranı (Re)	0,56	0,71	0,69	0,73
Havza Reliefi (Bh) (R)	3155	3207	631	719
Engebelilik Değeri (Rn)	2,86	3,06	0,75	0,71
Akım Toplanma Zamanı (Tc)	112,72	86,46	171,18	155,12
Hipsometrik İntegral (Hi)	0,51	0,43	0,33	0,47

- Çatallanma Oranı (Rb): Rb değerinin düşük olduğu havzalara ait akım hidrografları daha keskin ve yüksek olurken; Rb değerinin yüksek olduğu havzalara ait akım hidrografları ise daha düşük ve devamlı olmaktadır (Strahler, 1964; Özdemir, 2011). Karadeniz'de Rb değeri 4.83 olan Başköy AGİ havzasına ait akım hidrografının, Rb değeri 5.25 olan Köprübaşı AGİ havzasına ait akım hidrografına göre daha yüksek ve keskin olması beklenmektedir. İç Anadolu' da ise Rb değeri 3.32 olan Musabeyli AGİ havzasına ait akım hidrografının, Rb değeri 4.81 olan Büyük İncirli AGİ havzasına ait akım hidrografına göre daha yüksek ve keskin olması beklenmektedir. Bu durum Karadeniz havzalarında kısmi olarak görülmekle birlikte İç Anadolu havzalarında derelerin akım değerleri düşük olduğu için net olarak görülememektedir (Grafik 9-10).

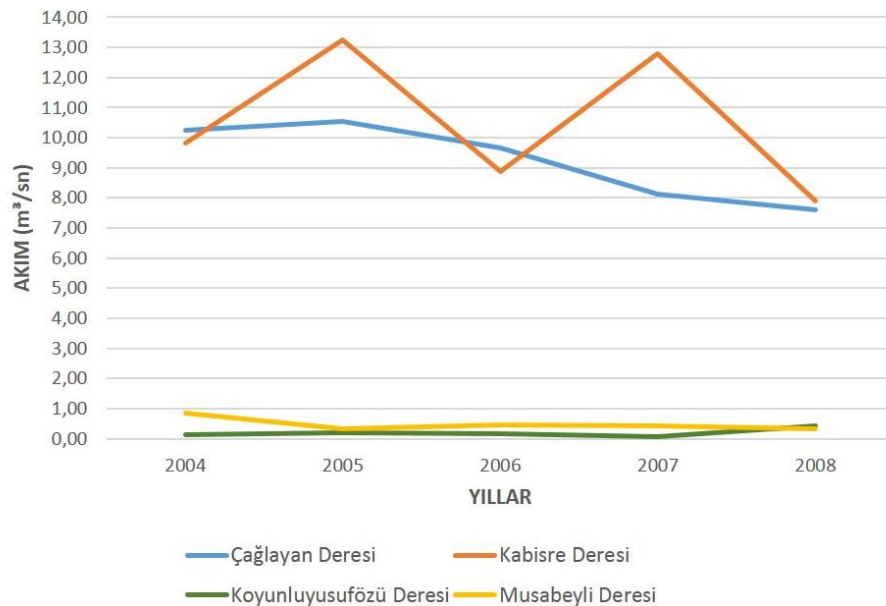
Grafik 9: Çağlayan, Kabisre, Koyunluyusufözü ve Musabeyli Dereleri'nin yıl içerisindeki genel akım durumları



(DSİ, 2015)

Açıklama: Havzalarda bulunan akım istasyonlarının çok yıllık akım verilerinin ortalaması alınarak oluşturulmuştur.

Grafik 10: Çağlayan, Kabisre, Koyunluyusufözü ve Musabeyli Dereleri'nin 2004-2008 yılları arasındaki yıllık ortalama akım değerleri grafiği



Ayrıca Rb değeri havza jeolojisi hakkında da bilgi vermektedir. Rb değeri 3-5 arasında çıkan havzaların jeolojisinin daha homojen bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir (Verstappen, 1983; Ritter vd., 2002; Özdemir, 2011). Bu nedenle çalışma havzalarının jeolojik olarak homojen bir yapıya sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

- Akarsu Uzunluk Oranı (RI): Akarsu dizinlerinin uzunluklarına bağlı olarak üst kollardan gelen suyun tutulma oranları hakkında bilgi veren bu parametre havza şekli faktörü tarafından etkilenmektedir. Şekilsel olarak daha uzun bir yapıya sahip havzalarda dizin uzunluk oranları dairesel havzalara göre daha azdır. Dolayısıyla uzunlamasına havzalarda su daha az tutulup, hızlı bir şekilde drene olurken; dairesel havzalarda tutulma ve ana kolda birikim daha fazla olmaktadır (Özdemir, 2011). Ancak Karadeniz havzalarının ASTER SYM sonuçlarına bakıldığında daha uzun bir yapıya sahip olan Köprübaşı AGİ havzasının RI değerinin dairesel yapılı Başköy AGİ havzasının RI değerinden 0.47 kadar daha fazla çıktığı görülmektedir. İç Anadolu havzalarında ise havza uzunluğu 30 metre fazla olan Musabeyli AGİ havzasının RI değerinin Büyük İncirli AGİ havzasının RI değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Musabeyli AGİ havzasında suyun daha az tutulup, hızlı bir şekilde drene olduğu söylenebilir. Sonuçlara bakılarak ASTER SYM verisinin bitki örtüsünün yoğun olduğu Karadeniz bölgesinde havza özelliklerini yansıtmaya bakımından yetersiz kaldığını görülmektedir.
- Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg): Dairesel havzalarda suyun havzada oyalanması fazla olduğu için Lg değeri düşük çıkmaktadır. Suyun oyalanmasının az olduğu uzunlamasına havzalarda ise Lg değeri daha yüksektir (Özdemir, 2011). Karadeniz havzalarında dairesel Başköy AGİ Havzası'nın Lg değeri 0.53 çıkarken, Köprübaşı AGİ Havzası'nın Lg değeri 0.55 çıkmıştır. İç Anadolu havzalarında ise Musabeyli AGİ havzasının Lg değeri dairesel bir havza olmasına rağmen Büyük İncirli AGİ havzasının Lg değerinden daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi Büyük İncirli AGİ Havzası'nın Dd değerinin fazla olmasıdır.
- Drenaj Yoğunluğu (Dd): Drenaj yoğunluğu havzalardaki drenaj ağı, jeolojik yapı, iklim ve bitki örtüsü özellikleri hakkında bilgi vermektedir (Hoşgören, 2001; Özdemir, 2011). Dayanıklı kayaların bulunduğu alanlarda akarsu ağları seyrek, drenaj yoğunluğu düşük, buna bağlı olarak havzadaki

aşındırma ve parçalanma da az olmaktadır. (Patton, 1988; Özdemir, 2011). Havzaların drenaj yoğunluğu değerlerine bakıldığında, Başköy ve Köprübaşı AGİ havzalarının 0.95 ve 0.91 değerleriyle birbirlerine yakın sonuçlar verdiği; Musabeyli ve Büyük İncirli AGİ havzalarının ise 0.98 ve 1.19 değerlerini vererek drenaj yoğunluklarının Karadeniz havzaları'ndan daha fazla olduğu görülmektedir. Havzaların jeolojik yapılarına bakıldığında Karadeniz havzalarının daha çok volkanik kayalardan oluştuğu, İç Anadolu havzalarının ise daha çok kumtaşı, kilitaşı, çamurtaşı gibi malzemelerden oluştuğu bilinmektedir (Şekil 2 ve Şekil 5). Ayrıca bölgedeki iklimsel ve bitki örtüsü özellikleri de drenaj yoğunluğunu etkilemektedir. Karadeniz havzalarında olduğu gibi nemli iklim koşullarının görüldüğü bölgelerde yoğun bitki örtüsüne bağlı olarak infiltrasyonla su kaybı fazla olmakta ve Dd değeri azalmaktadır. Buna karşın İç Anadolu havzaları gibi daha kurak ve bitki örtüsü bakımından fakir bölgelerde bu durumun tam tersi meydana gelmekte ve Dd değeri artmaktadır (Özdemir, 2011).

- Havza Şekli (Ff veya Rf): Havzanın şekilsel özellikleri ve buna bağlı olarak akım durumu hakkında bilgi veren bu parametrede düşük Ff veya Rf değeri havzanın uzunlamasına bir şekle sahip olduğunu gösterirken, değer yüksek çıkması havzanın şekilsel olarak dairesel bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Düşük Ff değerinin görüldüğü uzunlamasına havzalarda kısa sürede yan kollardan gelen az akım sonucunda uzun süreli yüksek ana akımın görülmesi muhtemeldir. Yüksek Ff değerinin görüldüğü dairesel havzalarda ise uzun sürede yan kollardan gelen yüksek akım sonucunda kısa süreli yüksek akım görülebilmektedir (Biswas vd., 1999; Reddy vd., 2004, Özdemir, 2011). Karadeniz havzalarında Başköy AGİ havzası 0.40 Ff değerine sahip olup dairesel özellik gösterirken, Köprübaşı AGİ havzası 0.25 Ff değerine sahip olup uzunlamasına bir şekil özelliği göstermektedir. İç Anadolu havzalarında Musabeyli AGİ havzası 0.42 Ff değerine sahip olup dairesel özellik gösterirken, Büyük İncirli AGİ havzası 0.37 Ff değerine sahip olup uzunlamasına bir şekil özelliği göstermektedir. Dairesel yapıya sahip Başköy ve Musabeyli AGİ havzalarında uzun sürede yan kollardan gelen yüksek akım sonucunda kısa süreli yüksek akım görülebilirken; uzun yapıya sahip Köprübaşı ve Büyük İncirli AGİ havzalarında kısa sürede yan kollardan gelen az akımla uzun süreli yüksek ana akım görülebilmektedir.

- Uzunluk Oranı (Re): Havzanın şekilsel özelliklerini ortaya koyan bir diğer parametredir. Bu değer, iklim tipine ve jeolojik yapıya bağlı olarak 0.6 ile 1.0 arasında değişmektedir (Strahler, 1964). Değerin 1.0 'a yaklaşması havzanın daha dairesel bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Biswas vd., 1999). Karadeniz havzalarında Köprübaşı AGİ havzası 0.56, Başköy AGİ havzası 0.71 Re değerine sahiptir. İç anadolu havzalarında Büyük İncirli AGİ havzası 0.69, Musabeyli AGİ havzası 0.73 Re değerine sahiptir. Re değeri 1' e daha yakın olan Başköy ve Musabeyli AGİ havzalarının daha dairesel bir formda olduğu bilinmektedir. Ayrıca Re değeri havzanın infiltrasyon kapasitesi ve havzadaki yüzeysel akış özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Düşük Re değeri geçirgenliği yüksek zemin yapısını ve buna bağlı olarak alanda yüzeysel akışın az olduğunu ifade ederken; yüksek Re değeri ise yüzeysel akışın yoğun olduğu, buna bağlı olarak aşındırma faaliyetlerinin fazla, sediment taşınımının yoğun olduğu havzaları göstermektedir (Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011). Havzaların Re değerlerine bakıldığında en düşük Re değerinin Köprübaşı AGİ havzasına, en yüksek Re değerinin ise Musabeyli AGİ havzasına ait olduğu görülmektedir. Buna göre yüzeysel akışın yoğun, aşındırma faaliyetlerinin ve sediment taşınımının en yoğun olduğu havza Musabeyli AGİ havzasıdır. Yapılan arazi çalışmasında kontrol noktalarında yapılan gözlemler Musabeyli AGİ havzasında sediment birikiminin yoğun olduğunu ortaya koymuştur.

Fotoğraf 6: Musabeyli Deresi havzasındaki kontrol noktalarından sediment birikimini ortaya koyan bir örnek



Fotoğraf 7: Musabeyli AGİ'nin bulunduğu lokasyonda derenin yatak durumu ve sediment birikimi



- Havza Reliefi (Bh veya R) ve Akım Toplanma Zamanı (Tc): Havza reliefi ve akım toplanma zamanı değeri yakından ilişkilidir. Havza reliefi değerinin artması yamaç eğiminin artmasına ve buna bağlı olarak akım toplanma zamanının azalmasına neden olmaktadır (Patton, 1988). Karadeniz havzalarında Bh değeri 3155 metre olan Köprübaşı AGİ havzasının Tc değeri 112.7 dakika, Bh değeri 3207 metre olan Başköy AGİ havzasının Tc değeri ise 86.5 dakikadır. İç Anadolu havzalarında ise Bh değeri 631 metre olan Büyük İncirli AGİ havzasının Tc değeri 171.2 dakika, Bh değeri 719 metre olan Musabeyli AGİ havzasının Tc değeri ise 155.1 dakikadır. Havzalarda Bh değeri arttıkça Tc değeri azalmaktadır. Ayrıca havza reliefi havzalardaki drenaj ağı, yüzeysel su akışı özellikleri, arazi yüzeyi gelişimi, havzadaki erozif faaliyetler üzerinde etkilidir (Özdemir, 2011). Havza reliefi değerinin yüksek olması akarsuyun hızlı bir akışa sahip olduğunu, infiltrasyonun düşük olduğunu ve erozif faaliyetlerin fazla olduğunu göstermektedir (Ozdemir ve Bird, 2009). İç Anadolu havzalarıyla kıyaslandığında Karadeniz havzaları yüksek Bh değeri vermektedir. Akarsuları hızlı bir akışa sahiptir ve aşındırma faaliyetleri fazladır. Bu durumun ortaya çıkmasında Bh değerinin yanında bölgenin iklim özelliklerinin akarsuların akımını artırmasında etkilidir. Ayrıca dairesel havzalarda yan kollardan gelen fazla akımla anakoldaki akım artar, dere yatağı genişler, bu durum havzadaki aşındırma faaliyetleri üzerinde etkili olur.
- Engebelilik Değeri (Rn): Bir arazide Rn değerinin yüksek olması engebenin, eğim değerlerinin fazla olduğunu ve buna bağlı olarak akarsu akış hızının, aşındırma faaliyetlerinin ve yarılmının da fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca engebelilik değeri arttıkça pik akımlarda artmalar da meydana gelmektedir (Özdemir, 2011). Havzaların Rn değerlerine bakıldığında Köprübaşı AGİ havzası 2.86, Başköy AGİ havzası 3.06, Büyük İncirli AGİ havzası 0.75, Musabeyli AGİ havzası ise 0.71 değerlerini göstermektedir. Bu parametre sonuçlarına bakılarak Karadeniz havzalarının İç Anadolu havzalarına göre daha eğimli ve engebeli olduğu, akarsularının akışı ve aşındırmasının ise daha fazla olduğu bir kez daha ortaya konulmaktadır.

- Hipsometrik İntegral (Hi): Bir arazide hipsometrik integral değerinin yüksek çıkması topoğrafyanın yüksek olduğunu gösterirken; değer orta ve düşük çıkması ise arazinin oldukça aşındırılmış ve parçalanmış bir topoğrafyaya sahip olduğunu göstermektedir. Hipsometrik integral ve topoğrafyanın parçalanma derecesi, havzanın aşınım döngüsündeki safhası (gençlik, olgunluk, yaşlılık safhası gibi) hakkında bilgi vermektedir. Hipsometrik integral değerinin yüksek çıkması arazinin aşınma safhası bakımından gençlik safhasına yakın olduğunu gösterirken, düşük çıkması yaşlılık safhasına yakın olduğunu göstermektedir (Özdemir, 2011). Havzaların Hi değerlerine bakıldığında Köprübaşı AGİ havzası 0.51, Başköy AGİ havzası 0.43, Büyük İncirli AGİ havzası 0.33, Musabeyli AGİ havzası ise 0.47 değerlerini vermektedir. Karadeniz havzalarından Başköy AGİ havzası, İç Anadolu havzalarından ise Büyük İncirli AGİ havzası yaşlılık safhasına daha yakın, parçalanma ve aşınma oranları daha yüksektir. Köprübaşı ve Musabeyli AGİ havzaları ise diğer havzalara göre daha genç bir topoğrafyaya sahiptir.

5.2.SRTM DEM (SYM) Sonuçları

5.2.1 Temel Morfometri Birimleri

Her bir çalışma havzasının SRTM DEM (SYM) verisinden elde edilen sonuçlara göre temel morfometrik özellikleri Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: Çalışma havzalarının SRTM DEM (SYM) verisinden elde edilen temel morfometri birimlerinin sonuçları

	Karadeniz'deki Havzalar		İç Anadolu'daki Havzalar	
	Köprübaşı AGİ Havzası	Başköy AGİ Havzası	Büyük İncirli AGİ Havzası	Musabeyli AGİ Havzası
Havza Alanı (km ²)	151,83	187,16	126,08	144,92
Havza Çevre Uzunluğu (km)	68,42	69,98	61,13	67,04
Havza Uzunluğu (km)	24,71	21,66	18,50	18,63
Minimum Yükselti	166	100	1061	968
Ortalama Yükselti	1758,4	1483,4	1266,5	1309,3
Maksimum Yükselti	3285	3315	1695	1689
Ortalama Eğim (°)	29,0	28,2	7,0	11,6
Maksimum Eğim (°)	65,6	71,3	28,8	47,5
1. Dizin Sayısı	83	104	75	84
2. Dizin Sayısı	21	19	16	20
3. Dizin Sayısı	3	5	3	4
4. Dizin Sayısı	1	1	1	2
5. Dizin Sayısı	-	-	-	1
Toplam Dizin Sayısı	108	129	95	111
1.Dizin Uzunluğu (km)	68,83	97,10	79,44	75,03
2.Dizin Uzunluğu (km)	37,64	33,73	37,58	33,13
3.Dizin Uzunluğu (km)	9,68	27,63	11,33	12,54
4.Dizin Uzunluğu (km)	20,42	13,92	12,60	9,65
5.Dizin Uzunluğu (km)	-	-	-	8,64
Toplam Dizin Uzunluğu (km)	136,56	172,38	140,95	138,99

Her bir bölgedeki havzaların alansal olarak kendi aralarında uyumlu ve yaklaşık değerlere sahip olmasına dikkat edilmiştir. SRTM SYM sonuçlarına göre havza uzunluk değerlerine bakıldığında Karadeniz'de Köprübaşı AGİ havzası Başköy AGİ havzasına göre daha uzun, İç anadolu'da Musabeyli AGİ havzası ile Büyük İncirli AGİ havzası birbirlerine yakın değerler göstermiştir. Yükselti değerleri bakımından Karadeniz'de Köprübaşı AGİ Havzası, İç Anadolu'da da Musabeyli AGİ Havzası ortalama yükseltisi fazla olan havzalardır. Ortalama eğim değerleri de yine aynı havzalarda yüksektir. Köprübaşı, Başköy, Büyük İncirli AGİ Havzalarında dörder dizin çıkarken, Musabeyli AGİ Havzasında 5 dizin oluşmuştur. Toplam dizin

uzunluğu en fazla olan havza kapladığı alan bakımından en geniş olan Başköy AGİ Havzasıdır.

5.2.2. Morfometri Parametreleri

Seçilen morfometri parametreleri her bir çalışma havzası için SRTM DEM (SYM) verileri üzerinde uygulanmış ve sonuçlar Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6: Çalışma havzalarının SRTM DEM (SYM) verisinden elde edilen morfometri parametrelerinin sonuçları

	Karadeniz'deki Havzalar		İç Anadolu'daki Havzalar	
	Köprübaşı AGİ Havzası	Başköy AGİ Havzası	Büyük İncirli AGİ Havzası	Musabeyli AGİ Havzası
Çatallanma Oranı (Rb)	4,65	4,76	4,34	3,30
Akarsu Uzunluk Oranı (Rl)	2,06	2,03	2,11	1,83
Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg)	0,56	0,54	0,45	0,52
Drenaj Yoğunluğu (Dd)	0,90	0,92	1,12	0,96
Havza Şekli (Ff) (Rf)	0,25	0,40	0,37	0,42
Uzunluk Oranı (Re)	0,56	0,71	0,69	0,73
Havza Reliefi (Bh) (R)	3119	3215	634	721
Engelibelik Değeri (Rn)	2,81	2,96	0,71	0,69
Akım Toplanma Zamanı (Tc)	115,06	86,62	166,02	152,62
Hipsometrik İntegral (Hi)	0,51	0,43	0,32	0,47

- Çatallanma Oranı (Rb): Karadeniz havzalarında ASTER SYM sonuçlarının aksine SRTM SYM sonuçlarına göre Başköy AGİ havzasının Rb değeri Köprübaşı AGİ havzasının Rb değerinden 0.11 kadar fazla çıkmıştır. İç Anadolu havzalarında ise ASTER SYM sonuçlarında olduğu gibi Musabeyli AGİ havzasına ait Rb değeri Büyük İncirli AGİ havzasının Rb değerinden düşük çıkmıştır.
- Akarsu Uzunluk Oranı (Rl): Karadeniz havzalarının SRTM SYM sonuçlarına bakıldığında daha uzun bir şekle sahip olan Köprübaşı AGİ havzasının Rl değerinin dairesel yapılı Başköy AGİ havzasının Rl değerinden 0.03 kadar daha fazla çıktığı görülmektedir. İç Anadolu havzalarında ise havza uzunluğu 130 metre daha fazla olan Musabeyli AGİ havzasının Rl değerinin Büyük İncirli AGİ havzasının Rl değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sebeple Musabeyli AGİ havzasında suyun daha az tutulup, hızlı bir şekilde drene olduğu söylenebilir. Bu parametre sonucuna bakılarak Karadeniz havzaları için SRTM SYM verisinin havza özelliklerini yansıtırma bakımından

ASTER SYM verisine nazaran daha iyi olduğu ancak yine de tatmin edici sonuçlar vermediği söylenebilir.

- Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg): Karadeniz havzalarında dairesel Başköy AGİ Havzası'nın Lg değeri 0.54 çıkarken, Köprübaşı AGİ Havzası'nın Lg değeri 0.56 çıkmıştır. İç Anadolu havzalarında ise Musabeyli AGİ havzasının Lg değeri dairesel bir havza olmasına rağmen Büyük İncirli AGİ havzasının Lg değerinden daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi Büyük İncirli AGİ Havzası'nın Dd değerinin fazla olmasıdır.
- Drenaj Yoğunluğu (Dd): Havzaların drenaj yoğunluğu değerlerine bakıldığında, Başköy ve Köprübaşı AGİ havzalarının 0.92 ve 0.90 değerleriyle birbirlerine yakın sonuçlar verdiği; Musabeyli ve Büyük İncirli AGİ havzalarının ise 0.96 ve 1.12 değerlerini vererek drenaj yoğunluklarının Karadeniz havzaları'ndan daha fazla olduğu görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre çıkan sonuçlar ASTER GDEM verilerine bağlı sonuçlarla büyük ölçüde örtüşmektedir. Bu analiz sonuçları da İç Anadolu havzalarının Karadeniz havzalarına göre akarsu ağının daha fazla olmasını sağlayacak olanakları bünyesinde barındırdığı sonucuna varılmaktadır.
- Havza Şekli (Ff veya Rf): Havzaların Ff değerleri ASTER SYM sonuçlarıyla aynı çıkmıştır. Karadeniz havzalarında Başköy AGİ havzası 0.40 Ff değerine sahip olup dairesel özellik gösterirken, Köprübaşı AGİ havzası 0.25 Ff değerine sahip olup uzunlamasına bir şekil özelliği göstermektedir. İç Anadolu havzalarında Musabeyli AGİ havzası 0.42 Ff değerine sahip olup dairesel özellik gösterirken, Büyük İncirli AGİ havzası 0.37 Ff değerine sahip olup uzunlamasına bir şekil özelliği göstermektedir. Dairesel yapılı Başköy ve Musabeyli AGİ havzalarında uzun sürede yan kollardan gelen yüksek akım sonucunda kısa süreli yüksek akım görülebilirken; uzun yapılı Köprübaşı ve Büyük İncirli AGİ havzalarında kısa sürede yan kollardan gelen az akımla uzun süreli yüksek ana akım görülebilmektedir.
- Uzunluk Oranı (Re): Karadeniz havzalarında Köprübaşı AGİ havzası 0.56, Başköy AGİ havzası 0.71 Re değerine sahiptir. İç anadolu havzalarında Büyük İncirli AGİ havzası 0.69, Musabeyli AGİ havzası 0.73 Re değerine sahiptir. Re değeri 1' e daha yakın olan Başköy ve Musabeyli AGİ havzalarının daha dairesel bir formda olduğu bilinmektedir. Ayrıca düşük Re değeri geçirgenliği yüksek zemin yapısını ve buna bağlı olarak alanda

yüzeysel akışın az olduğunu ifade ederken; yüksek Re değeri ise yüzeysel akışın yoğun olduğu, buna bağlı olarak aşındırma faaliyetlerinin fazla, sediment taşınımının yoğun olduğu havzaları göstermektedir (Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011). Havzaların Re değerlerine bakıldığında en düşük Re değerinin Köprübaşı AGİ havzasına, en yüksek Re değerinin ise Musabeyli AGİ havzasına ait olduğu görülmektedir. Buna göre yüzeysel akışın yoğun, aşındırma faaliyetlerinin ve sediment taşınımının en yoğun olduğu havza Musabeyli AGİ havzasıdır.

- Havza Reliefi (Bh veya R) ve Akım Toplanma Zamanı (Tc): Karadeniz havzalarında Bh değeri 3119 metre olan Köprübaşı AGİ havzasının Tc değeri 115.1 dakika, Bh değeri 3215 metre olan Başköy AGİ havzasının Tc değeri ise 86.6 dakikadır. İç Anadolu havzalarında ise Bh değeri 634 metre olan Büyük İncirli AGİ havzasının Tc değeri 166 dakika, Bh değeri 721 metre olan Musabeyli AGİ havzasının Tc değeri ise 152.6 dakikadır. Havzalarda Bh değeri arttıkça Tc değeri azalmaktadır. Havza reliefi değerinin yüksek olması akarsuyun hızlı bir akışa sahip olduğunu, infiltrasyonun düşük olduğunu ve erozif faaliyetlerin fazla olduğunu göstermektedir (Ozdemir ve Bird, 2009). İç Anadolu havzalarıyla kıyaslandığında Karadeniz havzaları yüksek Bh değeri vermektedir. Akarsuları hızlı bir akışa sahiptir ve aşındırma faaliyetleri fazladır. Bu durumun ortaya çıkmasında Bh değerinin yanında bölgenin iklim özelliklerinin akarsuların akımını artırmasında etkilidir. Ayrıca dairesel havzalarda yan kollardan gelen fazla akımla anakoldaki akım artar, dere yatağı genişler, bu durum havzadaki aşındırma faaliyetleri üzerinde etkili olur.

Fotoğraf 8: Başköy Deresi'nin yan kollarla birleştikten sonra dökülme noktasına yaklaşırken genişleyen yatağından bir örnek



- Engebelilik Değeri (R_n): Havzaların R_n değerlerine bakıldığında Köprübaşı AGİ havzası 2.81, Başköy AGİ havzası 2.96, Büyük İncirli AGİ havzası 0.71, Musabeyli AGİ havzası ise 0.69 değerlerini göstermektedir. Bu parametre sonuçlarına bakılarak Karadeniz havzalarının İç Anadolu havzalarına göre daha eğimli ve engebeli olduğu, akarsularının akışı ve aşındırmasının ise daha fazla olduğu bir kez daha ortaya konulmaktadır.
- Hipsometrik İntegral (H_i): Havzaların H_i değerlerine bakıldığında Köprübaşı AGİ havzası 0.51, Başköy AGİ havzası 0.43, Büyük İncirli AGİ havzası 0.32, Musabeyli AGİ havzası ise 0.47 değerlerini vermektedir. Karadeniz havzalarından Başköy AGİ havzası, İç Anadolu havzalarından ise Büyük İncirli AGİ havzası yaşlılık safhasına daha yakın, parçalanma ve aşınma oranları daha yüksektir. Köprübaşı ve Musabeyli AGİ havzaları ise diğer havzalara göre daha genç bir topoğrafyaya sahiptir.

5.3.TOPO-30 DEM (SYM) Sonuçları

5.3.1 Temel Morfometri Birimleri

Her bir çalışma havzasının TOPO-30 DEM (SYM) verisinden elde edilen sonuçlara göre temel morfometrik özellikleri Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7: Çalışma havzalarının TOPO-30 DEM (SYM) verisinden elde edilen temel morfometri birimlerinin sonuçları

	Karadeniz'deki Havzalar		İç Anadolu'daki Havzalar	
	Köprübaşı AGİ Havzası	Başköy AGİ Havzası	Büyük İncirli AGİ Havzası	Musabeyli AGİ Havzası
Havza Alanı (km ²)	151,82	187,10	127,37	145,03
Havza Çevre Uzunluğu (km)	67,42	69,04	60,46	66,53
Havza Uzunluğu (km)	24,72	21,61	18,63	18,90
Minimum Yükselti	169,9	87,4	1048,4	955,8
Ortalama Yükselti	1758,4	1478,1	1263,6	1307,3
Maksimum Yükselti	3327,3	3318,7	1686,0	1690
Ortalama Eğim (°)	30,3	29,2	7,2	12,1
Maksimum Eğim (°)	56,4	59,8	26,8	38,5
1. Dizin Sayısı	90	104	74	85
2. Dizin Sayısı	20	23	15	22
3. Dizin Sayısı	3	5	2	5
4. Dizin Sayısı	1	1	1	2
5. Dizin Sayısı	-	-	-	1
Toplam Dizin Sayısı	114	133	92	115
1.Dizin Uzunluğu (km)	69,07	90,87	78,61	73,25
2.Dizin Uzunluğu (km)	34,47	32,13	34,05	30,67
3.Dizin Uzunluğu (km)	9,74	28,91	11,38	14,96
4.Dizin Uzunluğu (km)	20,11	13,86	11,53	9,18
5.Dizin Uzunluğu (km)	-	-	-	8,05
Toplam Dizin Uzunluğu (km)	133,40	165,77	135,57	136,10

TOPO-30 SYM sonuçlarına göre havza uzunluk değerlerine bakıldığında Karadeniz'de Köprübaşı AGİ havzası Başköy AGİ havzasına göre daha uzun, İç anadolu'da Musabeyli AGİ havzası Büyük İncirli AGİ havzasına göre daha uzun çıkmıştır (270 m – 0,27 km). Yükselti değerleri bakımından Karadeniz'de Köprübaşı AGİ Havzası, İç Anadolu'da da Musabeyli AGİ Havzası ortalama yükseltisi fazla olan havzalardır. Ortalama eğim değerleri de yine aynı havzalarda yüksektir. Köprübaşı, Başköy, Büyük İncirli AGİ Havzalarında dörder dizin çıkarken, Musabeyli AGİ Havzasında yine 5 dizin oluşmuştur. Toplam dizin uzunluğu en fazla olan havza kapladığı alan bakımından en geniş olan Başköy AGİ Havzasıdır.

5.3.2. Morfometri Parametreleri

Seçilen morfometri parametreleri her bir çalışma havzası için TOPO-30 DEM (SYM) verileri üzerinde uygulanmış ve sonuçlar Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8: Çalışma havzalarının TOPO-30 DEM (SYM) verisinden elde edilen morfometri parametrelerinin sonuçları

	Karadeniz'deki Havzalar		İç Anadolu'daki Havzalar	
	Köprübaşı AGİ Havzası	Başköy AGİ Havzası	Büyük İncirli AGİ Havzası	Musabeyli AGİ Havzası
Çatallanma Oranı (Rb)	4,72	4,71	4,81	3,19
Akarsu Uzunluk Oranı (Rl)	2,01	2,01	2,10	1,80
Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg)	0,57	0,56	0,47	0,53
Drenaj Yoğunluğu (Dd)	0,88	0,89	1,06	0,94
Havza Şekli (Ff) (Rf)	0,25	0,40	0,37	0,41
Uzunluk Oranı (Re)	0,56	0,71	0,68	0,72
Havza Reliefi (Bh) (R)	3157,3	3231,3	637,6	734,2
Engebelilik Değeri (Rn)	2,77	2,86	0,68	0,69
Akım Toplanma Zamanı (Tc)	111,53	84,39	157,31	147,30
Hipsometrik İntegral (Hi)	0,50	0,43	0,34	0,48

- Çatallanma Oranı (Rb): Karadeniz'deki havzalarda Rb değerleri birbirine çok yakın değerler vermekle birlikte ASTER sonuçlarında olduğu gibi Başköy AGİ Havzası'nın Rb değeri Köprübaşı AGİ Havzası'na göre daha düşük çıkmıştır. Başköy AGİ havzasının Rb değeri 4.71 Köprübaşı AGİ havzasının Rb değeri 4.72 çıkmıştır. İç Anadolu' daki havzalarda ise ASTER ve SRTM sonuçlarında olduğu gibi Musabeyli AGİ havzasının Rb değeri 3.19 çıkarak Büyük İncirli AGİ havzasının Rb değerinden yine daha düşük sonuç vermiştir.
- Akarsu Uzunluk Oranı (Rl): Karadeniz havzalarının TOPO-30 SYM sonuçlarına bakıldığında daha uzun bir yapıya sahip olan Köprübaşı AGİ havzasının Rl değeri ile dairesel yapılı Başköy AGİ havzasının Rl değerinin aynı çıktığı görülmektedir. İç Anadolu havzalarında ise havza uzunluğu 270 metre daha fazla olan Musabeyli AGİ havzasının Rl değerinin Büyük İncirli AGİ havzasının Rl değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Musabeyli AGİ havzasında suyun daha az tutulup, hızlı bir şekilde drene olduğu söylenebilir. Bu parametre sonucuna bakılarak Karadeniz havzaları için TOPO-30 SYM verisinin havza özelliklerini yansıtmada bakımından ASTER ve

SRTM SYM verilerine nazaran daha mantıklı kabul edilebilecek sonuçlar verdiği söylenebilir.

- Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg): Karadeniz havzalarında dairesel Başköy AGİ Havzası'nın Lg değeri 0.56 çıkarken, Köprübaşı AGİ Havzası'nın Lg değeri 0.57 çıkmıştır. İç Anadolu havzalarında ise Musabeyli AGİ havzasının Lg değeri dairesel bir havza olmasına rağmen Büyük İncirli AGİ havzasının Lg değerinden daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi Büyük İncirli AGİ Havzası'nın Dd değerinin fazla olmasıdır.
- Drenaj Yoğunluğu (Dd): Havzaların drenaj yoğunluğu değerlerine bakıldığında, Başköy ve Köprübaşı AGİ havzalarının 0.89 ve 0.88 değerleriyle birbirlerine yakın sonuçlar verdiği; Musabeyli ve Büyük İncirli AGİ havzalarının ise 0.94 ve 1.06 değerlerini vererek drenaj yoğunluklarının Karadeniz havzaları'ndan daha fazla olduğu görülmektedir.
- Havza Şekli (Ff veya Rf): Havzaların Ff değerleri ASTER ve SRTM SYM sonuçlarıyla büyük ölçüde aynı çıkmıştır. Karadeniz havzalarında Başköy AGİ havzası 0.40 Ff değerine sahip olup dairesel özellik gösterirken, Köprübaşı AGİ havzası 0.25 Ff değerine sahip olup uzunlamasına bir şekil özelliği göstermektedir. İç Anadolu havzalarında Musabeyli AGİ havzası 0.41 Ff değerine sahip olup dairesel özellik gösterirken, Büyük İncirli AGİ havzası 0.37 Ff değerine sahip olup uzunlamasına bir şekil özelliği göstermektedir.
- Uzunluk Oranı (Re): Karadeniz havzalarında Köprübaşı AGİ havzası 0.56, Başköy AGİ havzası 0.71 Re değerine sahiptir. İç anadolu havzalarında Büyük İncirli AGİ havzası 0.68, Musabeyli AGİ havzası 0.72 Re değerine sahiptir. Re değeri 1' e daha yakın olan Başköy ve Musabeyli AGİ havzalarının daha dairesel bir formda olduğu bilinmektedir. Havzaların Re değerlerine bakıldığında en düşük Re değerinin Köprübaşı AGİ havzasına, en yüksek Re değerinin ise Başköy ve Musabeyli AGİ havzalarına ait olduğu görülmektedir.
- Havza Reliefi (Bh veya R) ve Akım Toplanma Zamanı (Tc): Karadeniz havzalarında Bh değeri 3157.3 metre olan Köprübaşı AGİ havzasının Tc değeri 111.5 dakika, Bh değeri 3231.3 metre olan Başköy AGİ havzasının Tc değeri ise 84.4 dakikadır. İç Anadolu havzalarında ise Bh değeri 637.6 metre olan Büyük İncirli AGİ havzasının Tc değeri 157.3 dakika, Bh değeri 734.2 metre olan Musabeyli AGİ havzasının Tc değeri ise 147.3 dakikadır.

Havzalarda Bh değeri arttıkça Tc değeri azalmaktadır. İç Anadolu havzalarıyla kıyaslandığında Karadeniz havzaları yüksek Bh değeri vermektedir. Akarsuları hızlı bir akışa sahiptir ve aşındırma faaliyetleri fazladır. Bu durumun ortaya çıkmasında Bh değerinin yanında bölgenin iklim özelliklerinin akarsuların akımını artırmasında etkilidir.

- Engebelilik Değeri (R_n): Havzaların R_n değerlerine bakıldığında Köprübaşı AGİ havzası 2.77, Başköy AGİ havzası 2.86, Büyük İncirli AGİ havzası 0.68, Musabeyli AGİ havzası ise 0.69 değerlerini göstermektedir. Bu parametre sonuçlarına bakılarak Karadeniz havzalarının İç Anadolu havzalarına göre daha eğimli ve engebeli olduğu, akarsularının akışı ve aşındırmasının ise daha fazla olduğu bir kez daha ortaya konulmaktadır.

Fotoğraf 9: Musabeyli Deresi'nin aşınmış havza topoğrafyasına bir örnek



Fotoğraf 10: Çağlayan Deresi'nin eğimli ve engebeli havza topoğrafyasına bir örnek



- Hipsometrik İntegral (Hi): Havzaların Hi değerlerine bakıldığında Köprübaşı AGİ havzası 0.50, Başköy AGİ havzası 0.43, Büyük İncirli AGİ havzası 0.34, Musabeyli AGİ havzası ise 0.48 değerlerini vermektedir. Karadeniz havzalarından Başköy AGİ havzası, İç Anadolu havzalarından ise Büyük İncirli AGİ havzası yaşlılık safhasına daha yakın, parçalanma ve aşınma oranları daha yüksektir. Köprübaşı ve Musabeyli AGİ havzaları ise diğer havzalara göre daha genç bir topoğrafyaya sahiptir.

5.4.TOPO-10 DEM (SYM) Sonuçları

5.4.1 Temel Morfometri Birimleri

Her bir çalışma havzasının TOPO-10 DEM (SYM) verisinden elde edilen sonuçlara göre temel morfometrik özellikleri Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9: Çalışma havzalarının TOPO-10 DEM (SYM) verisinden elde edilen temel morfometri birimlerinin sonuçları

	Karadeniz'deki Havzalar		İç Anadolu'daki Havzalar	
	Köprübaşı AGİ Havzası	Başköy AGİ Havzası	Büyük İncirli AGİ Havzası	Musabeyli AGİ Havzası
Havza Alanı (km ²)	151,89	186,95	127,05	144,89
Havza Çevre Uzunluğu (km)	68,55	70,28	62,20	68,73
Havza Uzunluğu (km)	24,70	21,53	18,63	18,80
Minimum Yükselti	166,8	81,1	1048,6	955,8
Ortalama Yükselti	1757,4	1478,2	1264,0	1307,8
Maksimum Yükselti	3331,6	3329,8	1686,2	1690
Ortalama Eğim (°)	32,3	31,3	8	13,8
Maksimum Eğim (°)	67,8	69,1	35	45,3
1. Dizin Sayısı	797	933	582	732
2. Dizin Sayısı	169	196	127	164
3. Dizin Sayısı	42	46	28	34
4. Dizin Sayısı	10	6	4	9
5. Dizin Sayısı	2	2	1	2
6. Dizin Sayısı	1	1	-	1
Toplam Dizin Sayısı	1021	1184	742	942
1.Dizin Uzunluğu (km)	220,65	253,43	171,63	205,35
2.Dizin Uzunluğu (km)	99,96	127,54	97,10	99,75
3.Dizin Uzunluğu (km)	45,51	52,20	53,57	52,02
4.Dizin Uzunluğu (km)	21,94	31,05	11,38	22,04
5.Dizin Uzunluğu (km)	5,40	20,47	16,51	9,61
6.Dizin Uzunluğu (km)	20,80	5,22	-	8,25
Toplam Dizin Uzunluğu (km)	414,25	489,91	350,19	397,03

TOPO-10 SYM sonuçlarına göre havza uzunluk değerlerine bakıldığında Karadeniz'de Köprübaşı AGİ havzası Başköy AGİ havzasına göre daha uzun, İç anadolu'da Musabeyli AGİ havzası Büyük İncirli AGİ havzasına göre 170 metre daha uzun çıkmıştır. Yükselti değerleri bakımından Karadeniz'de Köprübaşı AGİ Havzası, İç Anadolu'da da Musabeyli AGİ Havzası ortalama yükseltisi fazla olan havzalardır. Ortalama eğim değerleri de yine aynı havzalarda yüksektir. Üzerinde çalışılan SYM verisinin piksel çözünürlüğüne bağlı olarak havzalardaki dizin sayıları ve uzunlukları diğer SYM verilerine göre daha fazla çıkmıştır. Köprübaşı, Başköy,

Musabeyli AGİ Havzalarında altışar dizin çıkarken, Büyük İncirli AGİ Havzasında 5 dizin oluşmuştur. Toplam dizin uzunluğu en fazla olan havza kapladığı alan bakımından en geniş olan Başköy AGİ Havzasıdır.

5.4.2. Morfometri Parametreleri

Seçilen morfometri parametreleri her bir çalışma havzası için TOPO-10 DEM (SYM) verileri üzerinde uygulanmış ve sonuçlar Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10: Çalışma havzalarının TOPO-10 DEM (SYM) verisinden elde edilen morfometri parametrelerinin sonuçları

	Karadeniz'deki Havzalar		İç Anadolu'daki Havzalar	
	Köprübaşı AGİ Havzası	Başköy AGİ Havzası	Büyük İncirli AGİ Havzası	Musabeyli AGİ Havzası
Çatallanma Oranı (Rb)	3,99	4,34	5,03	3,91
Akarsu Uzunluk Oranı (RI)	2,16	2,31	2,24	1,96
Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg)	0,18	0,19	0,18	0,18
Drenaj Yoğunluğu (Dd)	2,73	2,62	2,76	2,74
Havza Şekli (Ff) (Rf)	0,25	0,40	0,37	0,41
Uzunluk Oranı (Re)	0,56	0,72	0,68	0,72
Havza Reliefi (Bh) (R)	3164,8	3248,7	637,6	734,2
Engebelilik Değeri (Rn)	8,63	8,51	1,76	2,01
Akım Toplanma Zamanı (Tc)	115,50	106,38	163,82	140,99
Hipsometrik İntegral (Hi)	0,50	0,43	0,34	0,48

- Çatallanma Oranı (Rb): Karadeniz havzalarında ASTER ve TOPO-30 SYM sonuçlarının aksine TOPO-10 SYM sonuçlarına göre Başköy AGİ havzasının Rb değeri Köprübaşı AGİ havzasının Rb değerinden 0.35 kadar fazla çıkmıştır. İç Anadolu havzalarında ise diğer SYM sonuçlarında olduğu gibi Musabeyli AGİ havzasına ait Rb değeri Büyük İncirli AGİ havzasının Rb değerinden düşük çıkmıştır.
- Akarsu Uzunluk Oranı (RI): Karadeniz havzalarının TOPO-10 SYM sonuçlarına bakıldığında daha uzun bir yapıya sahip olan Köprübaşı AGİ havzasının RI değerinin dairesel yapılı Başköy AGİ havzasının RI değerinden daha düşük çıktığı görülmektedir. İç Anadolu havzalarında ise havza uzunluğu 170 metre daha fazla olan Musabeyli AGİ havzasının RI değerinin Büyük İncirli AGİ havzasının RI değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Köprübaşı ve Musabeyli AGİ havzalarında diğer havzalara nazaran suyun daha az tutulup, hızlı bir şekilde drene olduğu söylenebilir. Bu parametre sonucuna bakılarak hem Karadeniz hem İç Anadolu havzaları için

TOPO-10 SYM sonucunun diğer SYM sonuçlarına göre daha detaylı sonuç verdiği görülmektedir.

- Yüzeysel Akış Uzunluğu (L_g): TOPO-10 SYM sonuçları her iki çalışma bölgesindeki havzalar için de birbirine çok yakın değerler vermiştir.
- Drenaj Yoğunluğu (D_d): Havzaların drenaj yoğunluğu değerlerine bakıldığında, Başköy ve Köprübaşı AGİ havzalarının 2.62 ve 2.73 değerlerini verdiği; Musabeyli ve Büyük İncirli AGİ havzalarının ise 2.74 ve 2.76 değerlerini vererek drenaj yoğunluklarının Karadeniz havzaları'ndan daha fazla olduğu görülmektedir. Havzaların jeolojik yapılarına bakıldığında Karadeniz havzalarının daha çok volkanik kayalardan oluştuğu, İç Anadolu havzalarının ise daha çok kumtaşı, kıltaşı, çamurtaşı gibi malzemelerden oluştuğu bilinmektedir (Şekil 2 ve Şekil 5). Ayrıca bölgedeki iklimsel ve bitki örtüsü özellikleri de drenaj yoğunluğunu etkilemektedir. Karadeniz havzalarında olduğu gibi nemli iklim koşullarının görüldüğü bölgelerde yoğun bitki örtüsüne bağlı olarak infiltrasyonla su kaybı fazla olmakta ve D_d değeri azalmaktadır. Buna karşın İç Anadolu havzaları gibi daha kurak ve bitki örtüsü bakımından fakir bölgelerde bu durumun tam tersi meydana gelmekte ve D_d değeri artmaktadır (Özdemir, 2011).
- Havza Şekli (F_f veya R_f): Havzaların F_f değerleri ASTER ve SRTM SYM sonuçlarıyla büyük ölçüde, TOPO-30 SYM sonuçlarıyla tamamen aynı çıkmıştır. Karadeniz havzalarında Başköy AGİ havzası 0.40 F_f değerine sahip olup dairesel özellik gösterirken, Köprübaşı AGİ havzası 0.25 F_f değerine sahip olup uzunlamasına bir şekil özelliği göstermektedir. İç Anadolu havzalarında Musabeyli AGİ havzası 0.41 F_f değerine sahip olup dairesel özellik gösterirken, Büyük İncirli AGİ havzası 0.37 F_f değerine sahip olup uzunlamasına bir şekil özelliği göstermektedir.
- Uzunluk Oranı (R_e): Karadeniz havzalarında Köprübaşı AGİ havzası 0.56, Başköy AGİ havzası 0.72 R_e değerine sahiptir. İç anadolu havzalarında Büyük İncirli AGİ havzası 0.68, Musabeyli AGİ havzası 0.72 R_e değerine sahiptir. R_e değeri 1' e daha yakın olan Başköy ve Musabeyli AGİ havzalarının daha dairesel bir formda olduğu bilinmektedir. Havzaların R_e değerlerine bakıldığında en düşük R_e değerinin Köprübaşı AGİ havzasına, en yüksek R_e değerinin ise Başköy ve Musabeyli AGİ havzalarına ait olduğu görülmektedir.

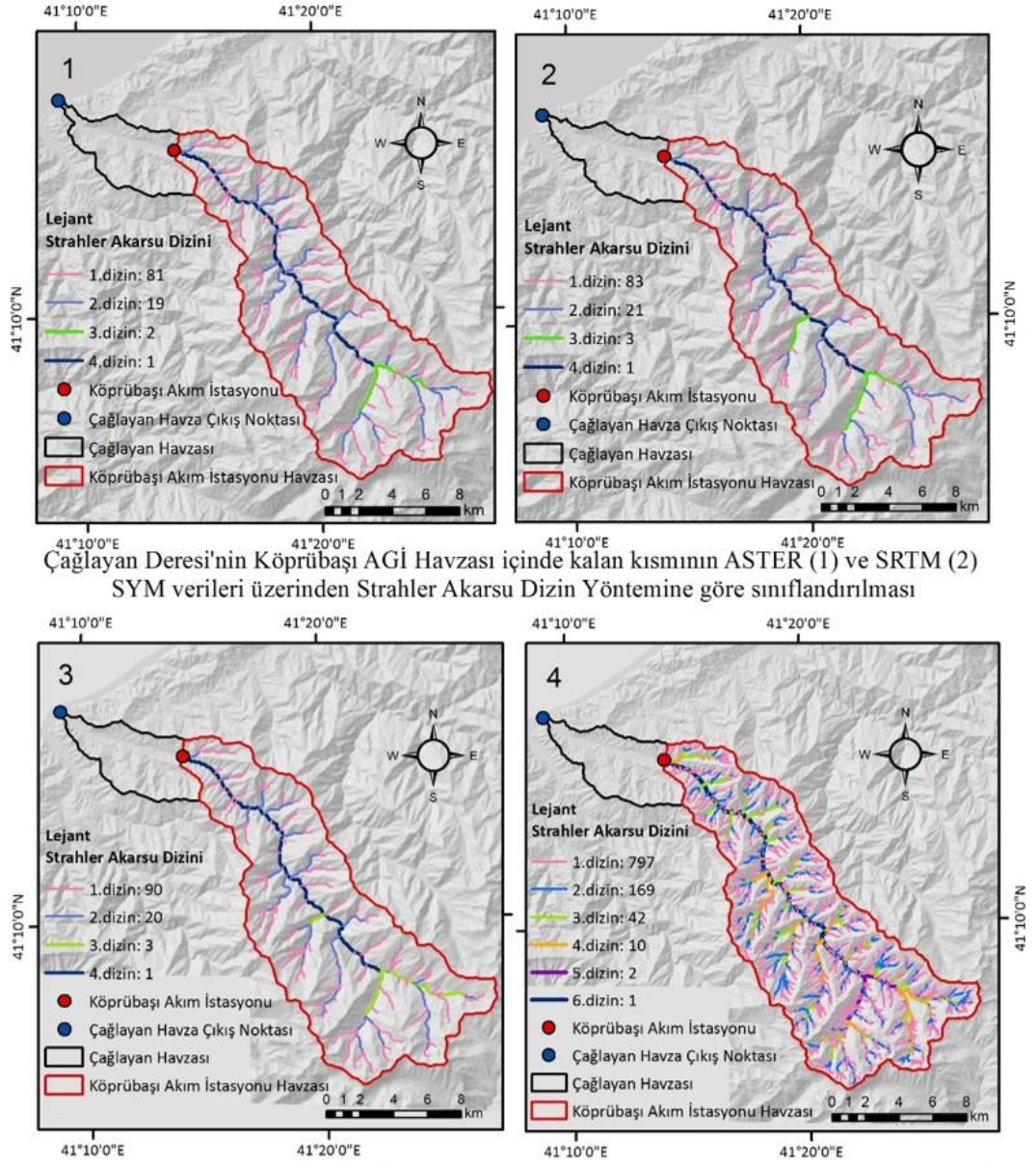
- Havza Reliefi (Bh veya R) ve Akım Toplanma Zamanı (Tc): Karadeniz havzalarında Bh değeri 3157.3 metre olan Köprübaşı AGİ havzasının Tc değeri 111.5 dakika, Bh değeri 3231.3 metre olan Başköy AGİ havzasının Tc değeri ise 84.4 dakikadır. İç Anadolu havzalarında ise Bh değeri 637.6 metre olan Büyük İncirli AGİ havzasının Tc değeri 157.3 dakika, Bh değeri 734.2 metre olan Musabeyli AGİ havzasının Tc değeri ise 147.3 dakikadır. Havzalarda Bh değeri arttıkça Tc değeri azalmaktadır. İç Anadolu havzalarıyla kıyaslandığında Karadeniz havzaları yüksek Bh değeri vermektedir. Akarsuları hızlı bir akışa sahiptir ve aşındırma faaliyetleri fazladır. Bu durumun ortaya çıkmasında Bh değerinin yanında bölgenin iklim özelliklerinin akarsuların akımını artırmasında etkilidir.
- Engelibelik Değeri (Rn): Havzaların Rn değerlerine bakıldığında Köprübaşı AGİ havzası 8.63, Başköy AGİ havzası 8.51, Büyük İncirli AGİ havzası 1.76, Musabeyli AGİ havzası ise 2.01 değerlerini göstermektedir. Bu parametre sonuçlarına bakılarak Karadeniz havzalarının İç Anadolu havzalarına göre daha eğimli ve engebeli olduğu, akarsularının akışı ve aşındırmasının ise daha fazla olduğu bir kez daha ortaya konulmaktadır.
- Hipsometrik İntegral (Hi): Havzaların Hi değerlerine bakıldığında TOPO-30 SYM sonuçlarında olduğu gibi Köprübaşı AGİ havzası 0.50, Başköy AGİ havzası 0.43, Büyük İncirli AGİ havzası 0.34, Musabeyli AGİ havzası ise 0.48 değerlerini vermektedir. Karadeniz havzalarından Başköy AGİ havzası, İç Anadolu havzalarından ise Büyük İncirli AGİ havzası yaşlılık safhasına daha yakın, parçalanma ve aşınma oranları daha yüksektir. Köprübaşı ve Musabeyli AGİ havzaları ise diğer havzalara göre daha genç bir topoğrafyaya sahiptir.

5.5. HAVZA TEMELİNDE SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLERİNİN SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

5.5.1. Köprübaşı AGİ Havzası'nın Morfometri Analizi Sonuçları

Köprübaşı AGİ havzasının alan, çevre uzunluğu ve havza uzunluğu tüm SYM sonuçlarında birbirine yakın değerler çıkmıştır. Minimum yükselti değeri tüm SYM sonuçlarında birbirine yakinken; maksimum yükselti değeri ise ASTER ve TOPO SYM'lerinde yakın değerler vermiş, ancak SRTM bu konuda zayıf kalmış, veri kaybindan dolayı oldukça ekstrem bir sonuç vermiştir. Dizin sayıları bakımından ASTER, SRTM, TOPO-30 SYM'nde dörder dizin çıkmış ve SRTM sonuçları TOPO-30 sonuçlarına daha yakın değerler vermiştir. TOPO-10 SYM piksel çözünürlüğüne bağlı olarak diğer SYM'inden farklı olarak altı dizin vermiştir ve dizin uzunlukları diğer SYM'inden fazla çıkmıştır (Şekil 27). Rb, RI, Dd, Rn parametrelerinde SRTM verisinden edinilen sonuçlar TOPO- 30 SYM sonuçlarına daha yakın çıkmış; Lg ve Hi parametrelerinin ASTER ve SRTM sonuçları aynı çıkmış ve TOPO-SYM sonuçlarıyla çok yakın değerler vermiştir. Ff ve Re parametrelerinin sonuçları tüm SYM'nde aynı çıkmıştır. Bh değerlerinde ASTER ve TOPO-SYM sonuçları yakın değerler göstermiştir. Ayrıca havzalardaki ana akarsu uzunluğu ve havza eğim değerleri tüm SYM'lerde birbirine yakın sonuçlar verdiği için farklı SYM'lerden elde edilen Tc değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır (Tablo 11).

Şekil 27: Köprübaşı AGİ Havzası'nda farklı SYM verilerinden oluşturulan akarsu dizini



Çağlayan Deresi'nin Köprübaşı AGİ Havzası içinde kalan kısmının ASTER (1) ve SRTM (2) SYM verileri üzerinden Strahler Akarsu Dizin Yöntemine göre sınıflandırılması

Çağlayan Deresi'nin Köprübaşı AGİ Havzası içinde kalan kısmının TOPO-30 (3) ve TOPO-10 (4) SYM verileri üzerinden Strahler Akarsu Dizin Yöntemine göre sınıflandırılması

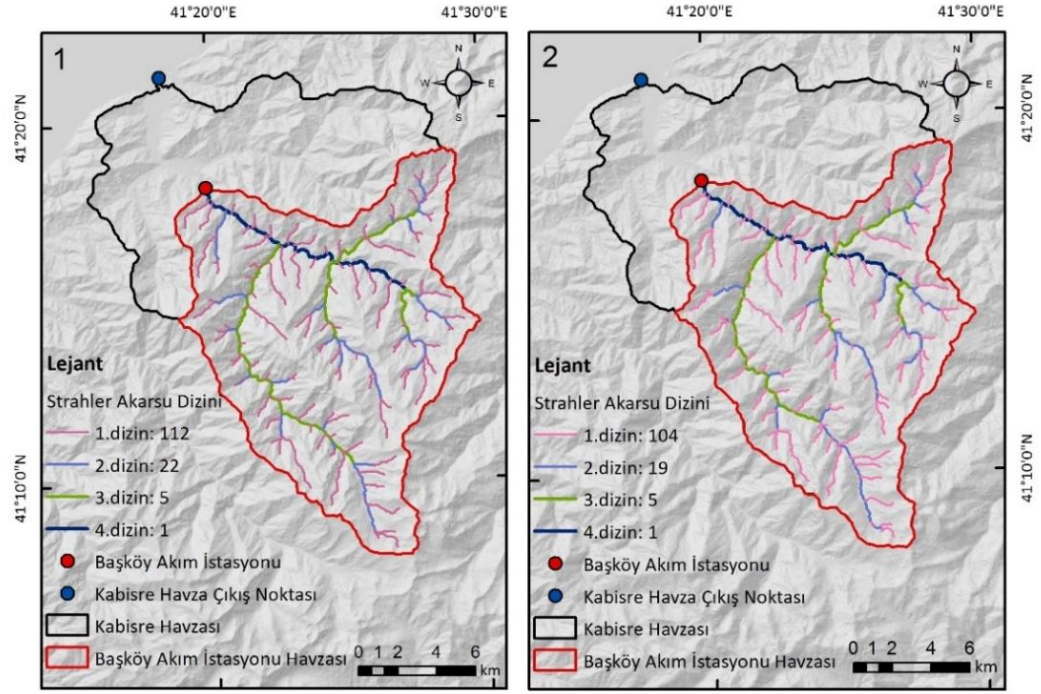
Tablo 11: Köprübaşı AGİ Havzası'nın farklı SYM'ne göre morfometri analizi sonuçları

KÖPRÜBAŞI AGİ HAVZASI	ASTER SYM	SRTM SYM	TOPO-30 SYM	TOPO-10 SYM
Alan (km ²)	151,86	151,83	151,82	151,89
Havza çevre uzunluğu (km)	68,38	68,42	67,42	68,55
Havza uzunluğu (km)	24,70	24,71	24,72	24,70
Minimum yükselti	166	166	169,9	166,8
Ortalama yükselti	1761,5	1758,4	1758,4	1757,4
Maksimum yükselti	3321	3285	3327,3	3331,6
1. dizin sayısı	81	83	90	797
2. dizin sayısı	19	21	20	169
3. dizin sayısı	2	3	3	42
4. dizin sayısı	1	1	1	10
5. dizin sayısı	-	-	-	2
6. dizin sayısı	-	-	-	1
Toplam dizin sayısı	103	108	114	1021
1. dizin uzunluğu (km)	71,62	68,83	69,07	220,65
2. dizin uzunluğu (km)	38,47	37,64	34,47	99,96
3. dizin uzunluğu (km)	6,93	9,68	9,74	45,51
4. dizin uzunluğu (km)	20,59	20,42	20,11	21,94
5. dizin uzunluğu (km)	-	-	-	5,40
6. dizin uzunluğu (km)	-	-	-	20,80
Toplam dizin uzunluğu (km)	137,62	136,56	133,40	414,25
Akarsu çatallanma oranı (Rb)	5,25	4,65	4,72	3,99
Akarsu uzunluk oranı (Rl)	2,58	2,06	2,01	2,16
Yüzeysel akış uzunluğu (Lg)	0,55	0,56	0,57	0,18
Drenaj yoğunluğu (Dd)	0,91	0,90	0,88	2,73
Havza şekli (Rf) (Ff)	0,25	0,25	0,25	0,25
Havza uzunluk oranı (Re)	0,56	0,56	0,56	0,56
Havza reliefi (R) (Bh)	3155	3119	3157,3	3164,8
Engbelilik değeri (Rn)	2,86	2,81	2,77	8,63
Akım toplanma zamanı (Tc)	112,72	115,06	111,53	115,50
Hipsometrik integral (Hi)	0,51	0,51	0,50	0,50

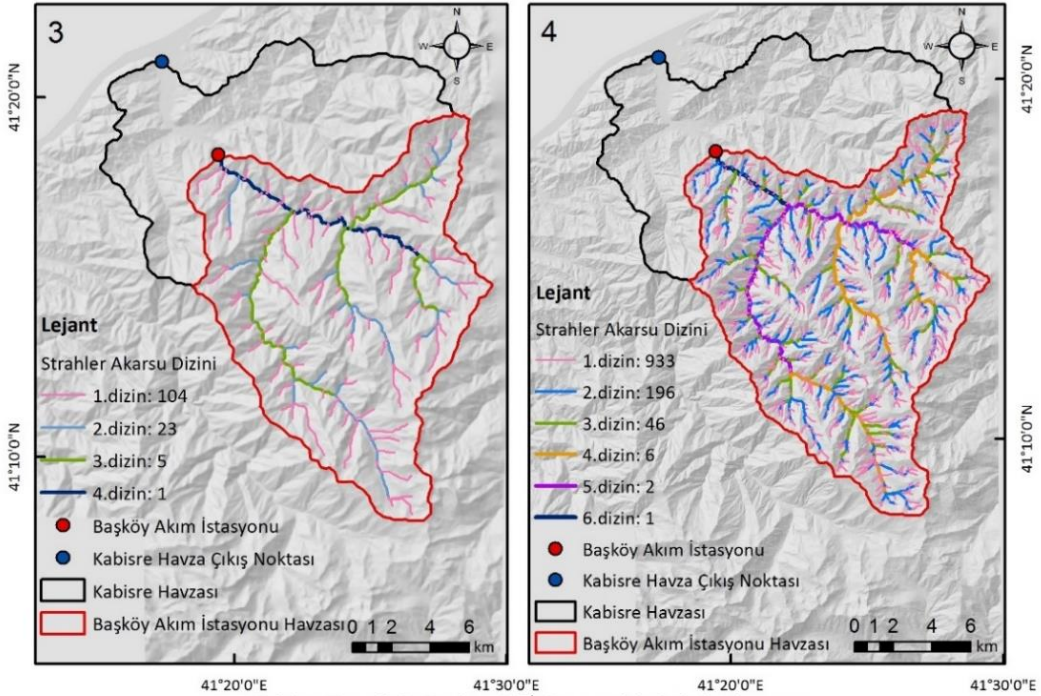
5.5.2. Başköy AGİ Havzası'nın Morfometri Analizi Sonuçları

Başköy AGİ havzasının alan, çevre uzunluğu ve havza uzunluğu tüm SYM sonuçlarında birbirine yakın değerler çıkmıştır. Minimum ve maksimum yükselti değerlerinde SRTM SYM sonuçları TOPO SYM sonuçlarına daha yakın değerler vermiştir. Dizin sayıları bakımından ASTER, SRTM, TOPO-30 SYM'nde dörder dizin çıkmış; ASTER ve SRTM sonuçları TOPO-30 sonuçlarına yakın değerler vermiştir. TOPO-10 SYM piksel çözünürlüğüne bağlı olarak diğer SYM'inden farklı olarak altı dizin vermiştir (Şekil 28). Rb, RI, Lg, Dd, Rn ve Bh parametrelerinde SRTM verisinden elde edilen sonuçlar TOPO- 30 SYM sonuçlarına daha yakın çıkmıştır. Ff, Re ve Hi parametrelerinin sonuçları tüm SYM'nde aynı çıkmıştır. Tc değeri ise ASTER ve SRTM SYM'nde çok yakın değerler vermiş ve bu değerler TOPO-30 SYM sonucuyla büyük oranda uyumluluk göstermiştir. TOPO-10 SYM'nde ana akarsu kolu dizin durumuna göre diğer SYM'lerdeki ana akarsu kolundan farklı bir yön izlemiş, bu durumda bu SYM'de ana akarsu kolu daha uzun çıkmıştır. Sonuç olarak bu durum TOPO-10 SYM'nde Tc değeri artırmış ve sonuç diğer SYM'lerden elde edilen sonuçlardan daha yüksek çıkmıştır (Tablo 12).

Şekil 28: Başköy AGİ Havzası'nda farklı SYM verilerinden oluşturulan akarsu dizini



Kabisre Deresi'nin Başköy AGİ Havzası içinde kalan kısmının
ASTER (1) ve SRTM (2) SYM verileri üzerinden Strahler Akarsu Dizin Yöntemine göre sınıflandırılması



Kabisre Deresi'nin Başköy AGİ Havzası içinde kalan kısmının
TOPO-30 (3) ve TOPO-10 (4) SYM verileri üzerinden Strahler Akarsu Dizin Yöntemine göre sınıflandırılması

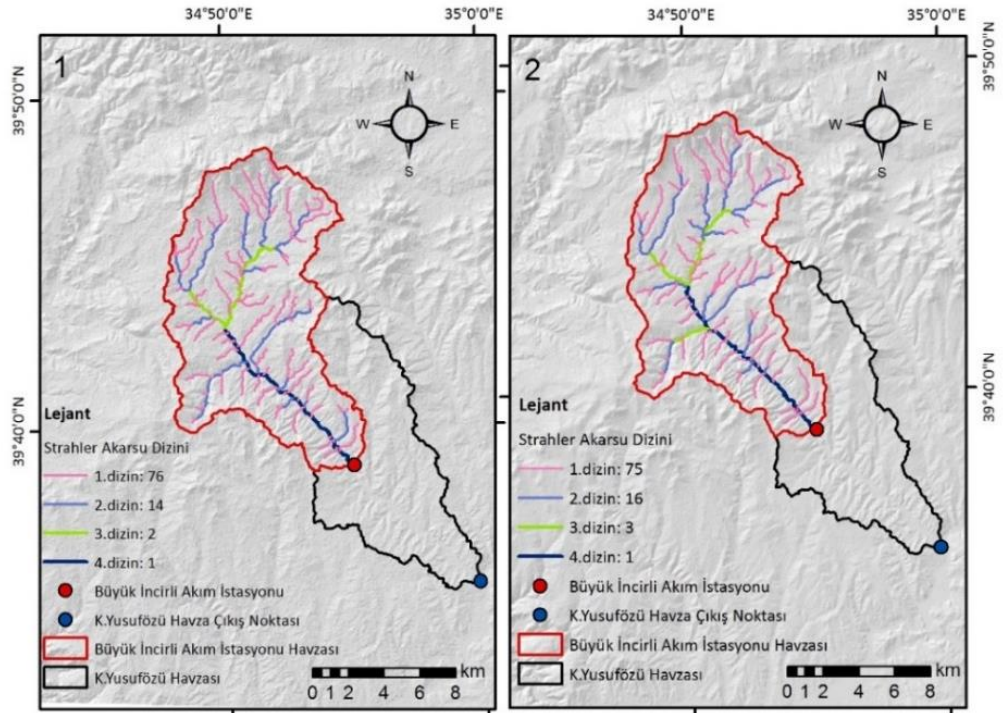
Tablo 12: Başköy AGİ Havzası'nın farklı SYM'ne göre morfometri analizi sonuçları

BAŞKÖY AGİ HAVZASI	ASTER SYM	SRTM SYM	TOPO-30 SYM	TOPO-10 SYM
Alan (km ²)	187,06	187,16	187,10	186,95
Havza çevre uzunluğu (km)	70,12	69,98	69,04	70,28
Havza uzunluğu (km)	21,62	21,66	21,61	21,53
Minimum yükselti	103	100	87,4	81,1
Ortalama yükselti	1483,1	1483,4	1478,1	1478,2
Maksimum yükselti	3310	3315	3318,7	3329,8
1.dizin sayısı	112	104	104	933
2.dizin sayısı	22	19	23	196
3.dizin sayısı	5	5	5	46
4.dizin sayısı	1	1	1	6
5.dizin sayısı	-	-	-	2
6.dizin sayısı	-	-	-	1
Toplam dizin sayısı	140	129	133	1184
1.dizin uzunluğu (km)	101,27	97,10	90,87	253,43
2.dizin uzunluğu (km)	32,90	33,73	32,13	127,54
3.dizin uzunluğu (km)	30,09	27,63	28,91	52,20
4.dizin uzunluğu (km)	13,97	13,92	13,86	31,05
5.dizin uzunluğu (km)	-	-	-	20,47
6.dizin uzunluğu (km)	-	-	-	5,22
Toplam dizin uzunluğu (km)	178,22	172,38	165,77	489,91
Akarsu çatallanma oranı (Rb)	4,83	4,76	4,71	4,34
Akarsu uzunluk oranı (Rl)	2,11	2,03	2,01	2,31
Yüzeysel akış uzunluğu (Lg)	0,53	0,54	0,56	0,19
Drenaj yoğunluğu (Dd)	0,95	0,92	0,89	2,62
Havza şekli (Rf) (Ff)	0,40	0,40	0,40	0,40
Havza uzunluk oranı (Re)	0,71	0,71	0,71	0,72
Havza reliefi (R) (Bh)	3207	3215	3231,3	3248,7
Engebililik değeri (Rn)	3,06	2,96	2,86	8,51
Akım toplanma zamanı (Tc)	86,46	86,62	84,39	106,38
Hipsometrik integral (Hi)	0,43	0,43	0,43	0,43

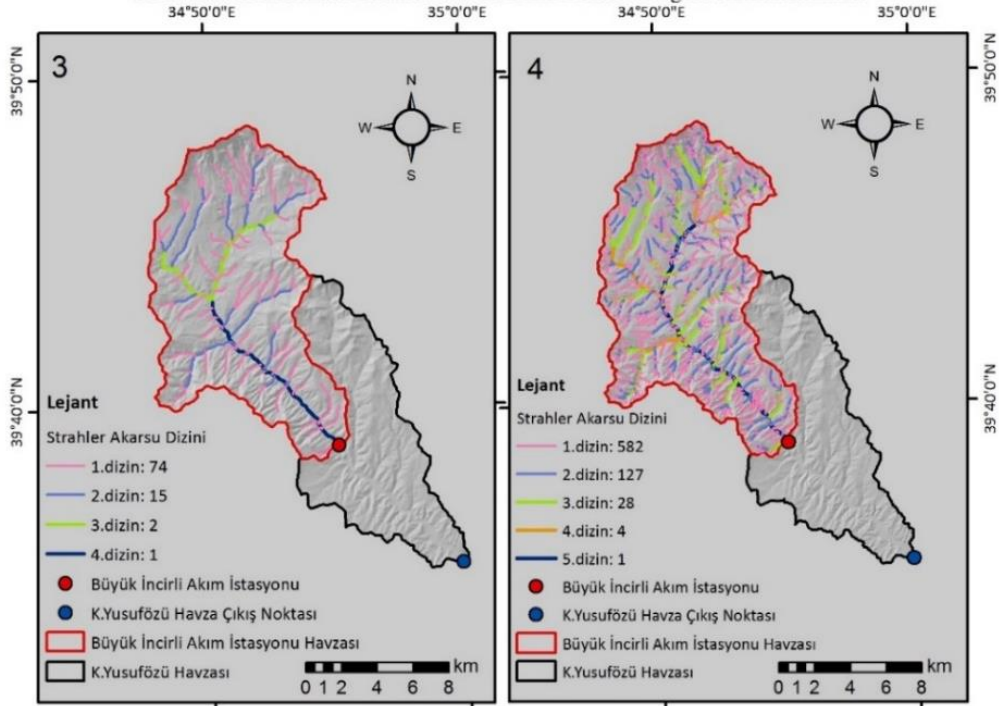
5.5.3. Büyük İncirli AGİ Havzası'nın Morfometri Analizi Sonuçları

Büyük İncirli AGİ havzasının alanı ve uzunluğu ASTER ve SRTM SYM'nde hemen hemen aynı çıkmış ve bu değer TOPO SYM sonucu ile yaklaşık değer göstermiştir. Havzanın çevre uzunluğu tüm SYM'nde yakın sonuçlar vermekle birlikte SRTM SYM sonucu TOPO SYM sonuçlarına daha yakın çıkmıştır. Minimum yükselti değeri ASTER ve SRTM'de aynı çıkmış, TOPO SYM sonucuyla yaklaşık 13 metrelik bir fark göstermiştir. Bu durumun ortaya çıkmasında havzanın bitki örtüsünden yoksun olmasının önemi büyüktür. Maksimum yükselti değerinde ise ASTER ve TOPO SYM sonuçları daha yakındır. Dizin sayıları bakımından ASTER, SRTM, TOPO-30 SYM'nde dörder dizin çıkmış; ASTER ve SRTM sonuçları TOPO-30 sonuçlarına yakın değerler vermiştir. TOPO-10 SYM ise piksel çözünürlüğüne bağlı olarak diğer SYM'inden farklı olarak beş dizin vermiştir (Şekil 29). Rb ve Hi parametrelerinde ASTER SYM'nden edinilen sonuçlar TOPO SYM sonuçlarıyla yakındır. Rl, Lg, Dd, Bh, Rn ve Tc parametrelerinde SRTM SYM'nden elde edilen sonuçlar TOPO SYM sonuçlarıyla daha yakın çıkmıştır. Ff parametresi sonuçları tüm SYM'nde aynı çıkmıştır. Re parametresi ise ASTER ve SRTM' de aynı çıkmış, bu sonuçlar ise TOPO SYM sonuçlarına yakın çıkmıştır (Tablo 13).

Şekil 29: Büyük İncirli AGİ Havzası'nda farklı SYM'nden oluşturulan akarsu dizini



K.Yusufözü Deresi'nin Büyük İncirli AGİ Havzası içinde kalan kısmının ASTER (1) ve SRTM (2) SYM verileri üzerinden Strahler Akarsu Dizin Yöntemine göre sınıflandırılması



K.Yusufözü Deresi'nin Büyük İncirli AGİ Havzası içinde kalan kısmının TOPO-30 (3) ve TOPO-10 (4) SYM verileri üzerinden Strahler Akarsu Dizin Yöntemine göre sınıflandırılması

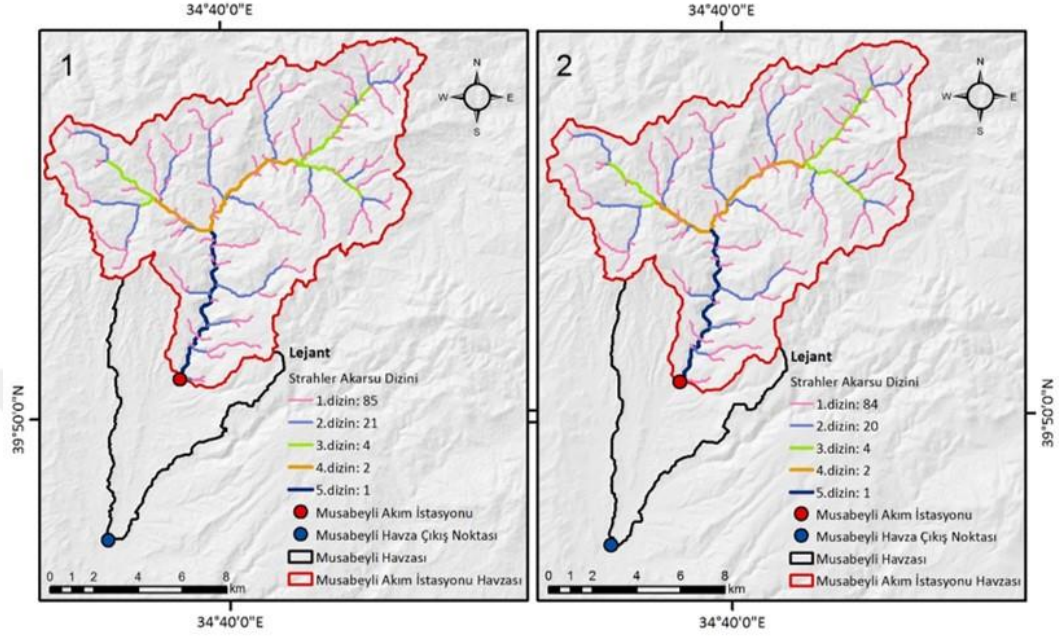
Tablo 13: Büyük İncirli AGİ Havzası'nın farklı SYM'ne göre morfometri analizi sonuçları

BÜYÜK İNCİRLİ AGİ HAVZASI	ASTER SYM	SRTM SYM	TOPO-30 SYM	TOPO-10 SYM
Alan (km ²)	126,16	126,08	127,37	127,05
Havza çevre uzunluğu (km)	63,47	61,13	60,46	62,20
Havza uzunluğu (km)	18,48	18,50	18,63	18,63
Minimum yükselti	1061	1061	1048,4	1048,6
Ortalama yükselti	1267,7	1266,5	1263,6	1264,0
Maksimum yükselti	1692	1695	1686,0	1686,2
1.dizin sayısı	76	75	74	582
2.dizin sayısı	14	16	15	127
3.dizin sayısı	2	3	2	28
4.dizin sayısı	1	1	1	4
5.dizin sayısı	-	-	-	1
6.dizin sayısı	-	-	-	-
Toplam dizin sayısı	93	95	92	742
1.dizin uzunluğu (km)	90,15	79,44	78,61	171,63
2.dizin uzunluğu (km)	37,42	37,58	34,05	97,10
3.dizin uzunluğu (km)	10,38	11,33	11,38	53,57
4.dizin uzunluğu (km)	12,28	12,60	11,53	11,38
5.dizin uzunluğu (km)	-	-	-	16,51
6.dizin uzunluğu (km)	-	-	-	-
Toplam dizin uzunluğu (km)	150,23	140,95	135,57	350,19
Akarsu çatallanma oranı (Rb)	4,81	4,34	4,81	5,03
Akarsu uzunluk oranı (Rl)	2,29	2,11	2,10	2,24
Yüzeysel akış uzunluğu (Lg)	0,42	0,45	0,47	0,18
Drenaj yoğunluğu (Dd)	1,19	1,12	1,06	2,76
Havza şekli (Rf) (Ff)	0,37	0,37	0,37	0,37
Havza uzunluk oranı (Re)	0,69	0,69	0,68	0,68
Havza reliefi (R) (Bh)	631	634	637,6	637,6
Engebelilik değeri (Rn)	0,75	0,71	0,68	1,76
Akım toplanma zamanı (Tc)	171,18	166,02	157,31	163,82
Hipsometrik integral (Hi)	0,33	0,32	0,34	0,34

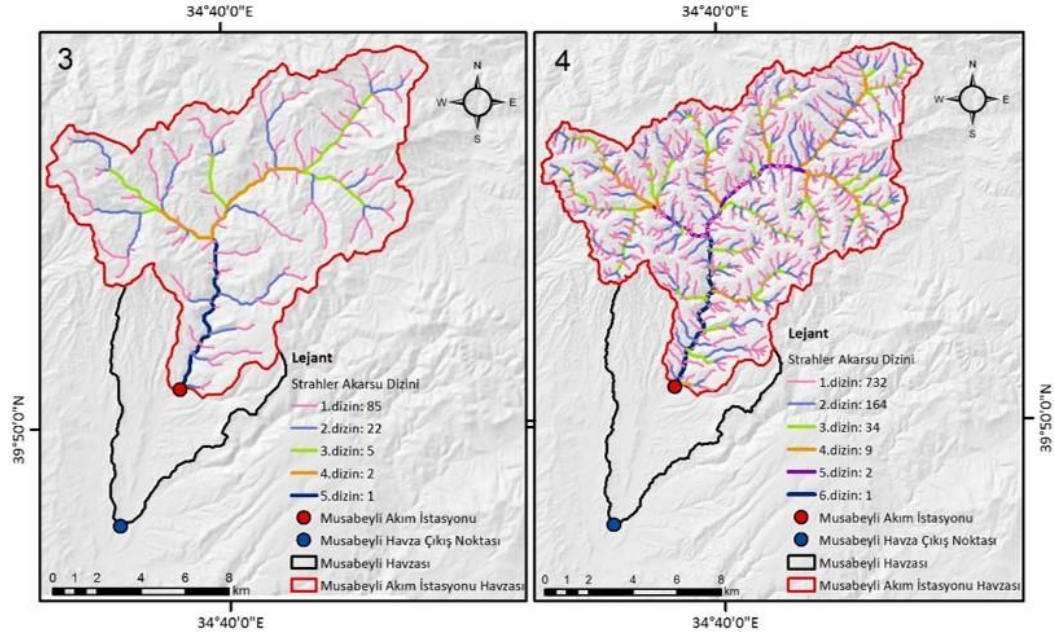
5.5.4. Musabeyli AGİ Havzası'nın Morfometri Analizi Sonuçları

Musabeyli AGİ havzasının alan, çevre uzunluğu ve havza uzunluğu tüm SYM'nde birbirine yakın sonuçlar vermekle birlikte genel olarak SRTM SYM'nden edinilen sonuçlar TOPO SYM sonuçlarıyla daha yakın değerler vermiştir. Minimum ve maksimum yükselti değerlerine bakıldığında da SRTM SYM sonuçları TOPO SYM sonuçlarıyla daha yakın çıkmıştır. ASTER SYM yükselti değerleri bakımından olması gerekenden daha yüksek değerler vermiştir. Dizin sayıları bakımından ASTER, SRTM, TOPO-30 SYM'nde beşer dizin çıkmış; ASTER ve SRTM sonuçları TOPO-30 sonuçlarına yakın değerler vermiştir. TOPO-10 SYM ise piksel çözünürlüğüne bağlı olarak diğer SYM'inden farklı olarak altı dizin vermiştir (Şekil 30). Rb, Ri, Lg, Dd, Bh ve Rn parametrelerinde SRTM SYM'nden elde edilen sonuçlar TOPO SYM sonuçlarıyla daha yakın çıkmıştır. Ff, Re ve Hi parametrelerinde sonuçlar ASTER ve SRTM' de aynı çıkmış, bu sonuçlar ise TOPO SYM sonuçlarına yakın çıkmıştır. Tc değeri ise ASTER, SRTM ve TOPO-30 SYM'nde birbirlerine yaklaşık değerler vermiştir. Bu durum bu 3 SYM'nde ana akarsu kol uzunluğu ve yönü ile havza eğim değerlerinin hemen hemen birbirine yakın değerler vermesiyle ilişkilidir. TOPO-10 SYM'nde ise ana akarsu kolu dizin durumuna göre diğer SYM'lerdeki ana akarsu kolundan farklı bir yön izlemiş, bunun sonucunda bu SYM'nde ana akarsu kolu diğer SYM'lerden daha kısa çıkmıştır. Bu durum TOPO-10 SYM'de Tc değeri sonucunun diğer SYM'lerden elde edilen sonuçlara göre daha düşük çıkmasına neden olmuştur (Tablo 14).

Şekil 30: Musabeyli AGİ Havzası'nda farklı SYM verilerinden oluşturulan akarsu dizini



Musabeyli Deresi'nin Musabeyli AGİ Havzası içinde kalan kısmının ASTER (1) ve SRTM (2) SYM verileri üzerinden Strahler Akarsu Dizin Yöntemine göre sınıflandırılması



Musabeyli Deresi'nin Musabeyli AGİ Havzası içinde kalan kısmının TOPO-30 (3) ve TOPO-10 (4) SYM verileri üzerinden Strahler Akarsu Dizin Yöntemine göre sınıflandırılması

Tablo 14: Musabeyli AGİ Havzası'nın farklı SYM'ne göre morfometri analizi sonuçları

MUSABEYLİ AGİ HAVZASI	ASTER SYM	SRTM SYM	TOPO-30 SYM	TOPO-10 SYM
Alan (km ²)	144,69	144,92	145,03	144,89
Havza çevre uzunluğu (km)	68,83	67,04	66,53	68,73
Havza uzunluğu (km)	18,51	18,63	18,90	18,80
Minimum yükselti	974	968	955,8	955,8
Ortalama yükselti	1312,8	1309,3	1307,3	1307,8
Maksimum yükselti	1693	1689	1690	1690
1. dizin sayısı	85	84	85	732
2. dizin sayısı	21	20	22	164
3. dizin sayısı	4	4	5	34
4. dizin sayısı	2	2	2	9
5. dizin sayısı	1	1	1	2
6. dizin sayısı	-	-	-	1
Toplam dizin sayısı	113	111	115	942
1. dizin uzunluğu (km)	76,92	75,03	73,25	205,35
2. dizin uzunluğu (km)	33,97	33,13	30,67	99,75
3. dizin uzunluğu (km)	13,33	12,54	14,96	52,02
4. dizin uzunluğu (km)	9,69	9,65	9,18	22,04
5. dizin uzunluğu (km)	8,19	8,64	8,05	9,61
6. dizin uzunluğu (km)	-	-	-	8,25
Toplam dizin uzunluğu (km)	142,11	138,99	136,10	397,03
Akarsu çatallanma oranı (Rb)	3,32	3,30	3,19	3,91
Akarsu uzunluk oranı (Rl)	1,84	1,83	1,80	1,96
Yüzeysel akış uzunluğu (Lg)	0,51	0,52	0,53	0,18
Drenaj yoğunluğu (Dd)	0,98	0,96	0,94	2,74
Havza şekli (Rf) (Ff)	0,42	0,42	0,41	0,41
Havza uzunluk oranı (Re)	0,73	0,73	0,72	0,72
Havza reliefi (R) (Bh)	719	721	734,2	734,2
Engbelilik değeri (Rn)	0,71	0,69	0,69	2,01
Akım toplanma zamanı (Tc)	155,12	152,62	147,30	140,99
Hipsometrik integral (Hi)	0,47	0,47	0,48	0,48

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Çağlayan ve Kabisre Deresi havzalarının ve İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Musabeyli ve Koyunluyusufözü Deresi havzalarının akım gözlem istasyonlarının gerisinde kalan alanları için havza morfometri analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde altlık veri olarak ASTER GDEM, SRTM, TOPO-30 ve TOPO-10 SYM verileri kullanılmıştır. Bu sayede farklı SYM verilerinin havza morfometrisi çalışmalarında kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Her bir çalışma havzası için 4 farklı SYM verisi üzerinde çalışılmış ve her biri üzerinde 10 morfometri parametresi uygulanmıştır. ASTER ve SRTM SYM verilerinin sonuçları referans verisi olarak kullanılan TOPO-30 ve TOPO-10 SYM verilerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Havzalarda uygulanan her bir parametrenin 4 ayrı SYM verisinden elde edilen sonuçlarına bakıldığında bazı istisnalar dışında ASTER ve SRTM sonuçlarının genel olarak birbirleriyle yakın değerler gösterdiği ve bu değerlerin TOPO SYM sonuçlarıyla uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Özellikle havzalara ait alan, çevre uzunluğu, havza uzunluğu gibi temel morfometri birimlerinin 4 SYM verisinden elde edilen sonuçları kıyaslandığında yaklaşık değerler verdiği görülmüştür. Havzaların dizin sayıları ve uzunlukları ASTER ve SRTM SYM sonuçlarında birbirine yakın değerler vermiş; ancak SRTM sonuçlarının TOPO-30 sonuçlarına daha yakın olduğu görülmüştür. Havzaların yükselti değerleri için de aynı durum söz konusudur. Dağlık, kayalık zirveler dışında SRTM sonuçları TOPO-SYM sonuçlarıyla büyük oranda örtüşmektedir.

Havzanın morfolojik durumu dışında bitki örtüsü varlığının da veri sonuçlarını etkilediği görülmüştür. Bitki örtüsünün yoksun genel olarak çıplak arazilerden oluşan Musabeyli ve Koyunluyusufözü Havzaları ile yoğun bitki örtüsüne sahip Çağlayan ve Kabisre Havzaları veri sonuçları göz önüne alınarak kıyaslandığında genel olarak birçok parametrede Musabeyli ve Koyunluyusufözü Havzaları'nda ASTER ve SRTM SYM sonuçlarının her iki TOPO SYM sonuçlarıyla daha yakın olduğu, daha gerçekçi değerler ve sonuçlar verdiği görülmüştür. Karadeniz havzalarındaki yoğun bitki örtüsünün ASTER verisinde yükselti değerine dahil edilmesi, SRTM verisinde ise radar sinyallerinin yoğun bitki örtüsünden yeryüzüne net biçimde geçememesi bu havzalarda sözü edilen verilerin sonuçlarının TOPO-SYM sonuçlarıyla olan ilişkisini etkilemiştir.

Değerlendirilen parametrelerin sonuçlarına bakıldığında havza şekil özelliklerini yansıtan havza uzunluk oranı (Re) ve havza şekli (Ff) gibi parametrelerin tüm SYM sonuçlarında aynı olduğu; çatallanma oranı (Rb), uzunluk oranı (RI), yüzeysel akış uzunluğu (Lg), drenaj yoğunluğu (Dd), engebellik değeri (Rn), havza reliefi (Bh), akım toplanma zamanı (Tc), hipsometrik integral (Hi) gibi pek çok parametre sonucunun ise ASTER ve SRTM SYM sonuçlarında yakın değerler verdiği ve bu değerlerin TOPO-30 SYM sonuçlarıyla uyumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak SRTM sonuçlarının TOPO-30 sonuçlarına ASTER GDEM sonuçlarından daha yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca SRTM SYM sonuçlarının bazı durumlarda piksel çözünürlüğü daha iyi olmasına rağmen TOPO-10 SYM sonuçlarıyla da çok yakın değerler verdiği görülmüştür.

Yapılan analizlerin sonucunda SRTM SYM'nden elde edilen sonuçların havza topoğrafyasıyla ilgili gerçeğe daha yakın değerler verdiği ortaya konulmuştur. Bu durum sözü edilen veri kaynaklarının havza morfometrisi çalışmalarında kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle SRTM SYM verileri radar sinyallerinin geri dönüşüyle araziye ait yükselti değerlerini oluşturduğundan dolayı düşey doğrultudaki doğruluk değerleri ASTER GDEM verilerine göre genel olarak daha yüksektir. Ayrıca topoğrafya haritalarından SYM üretmenin zaman alıcı ve zahmetli bir iş olduğu düşünüldüğünde, kullanıcılara ücretsiz sunulan ve erişilebilirliği kolay olan ASTER ve SRTM gibi verilerin başta havza morfometrisi olmak üzere morfometri çalışmalarında kullanılması isabetli olacaktır.

Ancak yapılan çalışmalarda seçilen çalışma alanına göre kullanılacak altlık veri kaynağının seçilmesi daha doğru bir yaklaşımdır. Çalışma sahasının morfolojik durumu, yükseltisi, bitki örtüsü gibi karakteristik özellikleri göz önünde bulundurularak kullanılacak altlık veri seçilmeli, sonrasında analizler yapılmalıdır. Bunların yanısıra analizlerden elde edilen sonuçların doğrulanabilmesi için çalışma alanında yer kontrol noktaları belirlenerek, bu noktaların koordinatları ve yükseklik değerlerinin GPS'lerle ölçüldüğü arazi gözlem çalışmalarının da yapılması isabetli olacaktır.

KAYNAKÇA

- ABRAHAMS, A.D.: 1984 "Channel networks: A geomorphological perspective", **Water Resources Research**, 20/2, 161-188.
- AGARWAL, C.S.: 1998 "Study of drainage pattern through aerial data in Naugarh area of Varanasi district, U.P", **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, 26, 169–175
- AHMED, S.A., CHANDRASHEKARAPPA, K.N., RAJ, S.K., NISCHITHA, V., KAVITHA, G.: 2010 "Evaluation of Morphometric Parameters Derived from ASTER and SRTM DEM – A study on Bandihole Sub watershed Basin in Karnataka", **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, 38, 227–238
- ALTAF, S., MERAJ, G., ROMSHOO, S.A.: 2014 "Morphometry and land cover based multi-criteria analysis for assessing the soil erosion susceptibility of the western Himalayan watershed", **Environmental Monitoring and Assessment**, 186, 8391–8412
- ASHMAWY, M., EL-WAHED, M.A., KAMH, S., AZIM, F.A.: 2014 "Drainage morphometry and its influence on runoff of El-Kouf watershed, NE,Libya – A remote sensing and GIS approach", **2. Scientific Conference for Environment and Sustainable Development in Arid and Semi-Arid Regions**, Ajdabiya, Libya. 14-16 Jan.,2014.
- ASTER GDEM Validation Team: 2011 **ASTER Global Digital Elevation Model Version 2-Summary of Validation Results**. NASA Land Processes Distributed Active Archive Center and Joint Japan-US ASTER Science Team.
- AVCI, V., GÜNEK, H.: 2015 "Uludere havzasının Bingöl, jeomorfolojik özelliklerinin belirlenmesinde morfometrik analizlerin kullanımı", **Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 21, 745-770.
- ATALAY, İ.: 2011 **Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği**, İzmir, Meta Basım Matbaacılık, s 182-185.

- BABU, K.J., SREEKUMAR, S., ASLAM, A.: 2014 "Implication of drainage basin parameters of a tropical river basin of South India", **Applied Water Science**, doi: 10.1007/s13201-014-0212-8
- BAHRAMI, S.: 2013 "Analyzing the drainage system anomaly of Zagros basins: Implications for active tectonics", **Tectonophysics**, 608, 914–928
- BAKER, V.R., KOCHER, R.C., PATTON, P.C.: 1988 **Flood Geomorphology**. Wiley.
- BAMLER, R.: 1999 The SRTM Mission: A World Wide 30m Resolution DEM from SAR Interferometry in 11 Days, **Photogrammetric Week**, Wichmann Verlag, Heidelberg.
- BAND, L. E.: 1986 "Topographic partition of watersheds with digital elevation models. **Water Resources Research**", 22/1, 15–24.
- BATER, C.W., COOPS, N.C.: 2009 "Evaluating error associated with lidar-derived DEM interpolation", **Computers & Geosciences**, 35/2, 289-300.
- BAYER ALTIN, T., ALTIN, B.N.: 2011 "Drainage morphometry and its influence on landforms in volcanic terrain, Central Anatolia, Turkey", **Procedia Social and Behavioral Sciences**, 19, 732–740.
- BECEK, K.: 2014 "Assessing Global Digital Elevation Models Using the Runway Method: The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Versus the Shuttle Radar Topography Mission Case", **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 52/8, 4823- 4831.
- BHATT, S., AHMED, S.A.: 2014 "Morphometric analysis to determine floods in the Upper Krishna basin using Cartosat DEM", **Geocarto International**, 29/8, 878–894.
- BİLDİRİCİ, .Ö., ÜSTÜN, A., ULUGTEKİN, N., SELVİ, H.Z., ABBAK, A., BUĞDAYCI, İ., DOGRU, A.Ö.: 2007 SRTM Verilerine Dayalı Ülke Bazında 3’x3’ Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması, **Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IV. Sempozyumu**. 5-7 Haziran 2007, İstanbul
- BISWAS, S., SUDHAKAR, S., DESAI, V.R.: 1999 "Prioritisation of Subwatersheds Based on Morphometric Analysis of Drainage Basin: A Remote Sensing and

GIS Approach”, **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, 27/3, 155-166.

CIORNEI, I., DRAGOI, M.: 2014 “The Effect of the Topographical Scale upon the Morphometric Parameters of Torrential Watersheds”, **Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology**, 18/2, 213- 219.

CLARKE, J.I.: 1996 Morphometry from Maps. **Essays in Geomorphology**. Elsevier publication. Co., New York, p 235–274.

CZUBSKI, K., KOZAK, J., KOLECKA, N.: 2013 “Accuracy of SRTM-X and ASTER elevation data and its influence on topographical and hydrological modeling: Case study of the Pieniny Mts. in Poland”, **International Journal of Geoinformatics**, 9/2, 7-14.

DAS, D.: 2014 “Identification of Erosion Prone Areas by Morphometric Analysis Using GIS”, **Journal of The Institution Engineers India Series A**, 95/1, 61–74.

DMİGM.: 2015a Rize-Fındıklı Küçük Klima Meteoroloji İstasyonu Sıcaklık ve Yağış Verileri, **Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü**, Ankara.

DMİGM.: 2015b Artvin-Arhavi Küçük Klima Meteoroloji İstasyonu Sıcaklık ve Yağış Verileri, **Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü**, Ankara.

DMİGM.: 2015c Artvin-Hopa Büyük Klima Meteoroloji İstasyonu Sıcaklık ve Yağış Verileri, **Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü**, Ankara.

DMİGM.: 2015d Yozgat-Merkez Büyük Klima Meteoroloji İstasyonu Sıcaklık ve Yağış Verileri, **Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü**, Ankara.

DÖNMEZ, Y.: 1984 **Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları**, İ.T.Ü. Yayın No: 2506, Coğrafya Enstitüsü Yayın No: 102

DSİ.: 2015 Başköy, Köprübaşı, Musabeyli ve Büyük İncirli Akım Gözlem İstasyonları'nın Akım Verileri, **Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü**, Ankara.

EVANS, I.S.: 1972 General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In: Chorley, R.J. :Ed., **Spatial Analysis in Geomorphology**. Harper & Row, 17–90.

- EZE, E.B., EFIONG, J.: 2010 “Morphometric Parameters of the Calabar River Basin: Implication for Hydrologic Processes”, **Journal of Geography and Geology**, 2/1,18-26.
- FARHAN, Y., ANBAR, A., ENABA, O., AL-SHAikh, N.: 2015 “Quantitative Analysis of Geomorphometric Parameters of Wadi Kerak, Jordan, Using Remote Sensing and GIS”, **Journal of Water Resource and Protection**, 7, 456-475.
- FARR, T., ROSEN, P., CARO, E., CRIPPEN, R., DUREN, R., HENSLEY, S., KOBRICK, M., PALLER, M., RODRIGUEZ, E., ROTH, L., SEAL, D., SHAFFER, S., SHIMADA, K., UMLAND, J., WERNER, M., OSKIN, M., BURBANK, D., ALSDORF, D.: 2007 “The shuttle radar topography mission”, **Reviews of Geophysics**, 45/2, 1-33.
- GAJBHIYE, S., MISHRA, S.K., PANDEY, A.: 2014 “Prioritizing erosion-prone area through morphometric analysis: an RS and GIS perspective”, **Applied Water Science**, 4, 51–61.
- GHOSH, S.: 2011 “Quantitative and Spatial Analysis of Fluvial Erosion in relation to Morphometric Attributes of Sarujharna Basin, East Singhbhum, Jharkhand”, **International Journal of Geomatics and Geosciences**, 2/1, 71-90.
- GÜNEK, H., SUNKAR, M., TOPRAK, A.: 2013 Muş şehrini etkileyen Çar ve Muş derelerinin bazı jeomorfometrik indislere göre analizleri. **TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi**. 11-13 Kasım 2013, Ankara.
- HAJAM, R.A., HAMID, A., BHAT, S.: 2013 “Application of Morphometric Analysis for Geo-Hydrological Studies Using Geo-Spatial Technology –A Case Study of Vishav Drainage Basin”, **Hydrology Current Research**, 4/3, 1-12
- HAMIM, S.A., SURYADI, F.X., SJARKOWI, F.:2013 Effect of uncontrolled landuse change to the inundation pattern and its possible measures case study: Lambidaro lowland subsystem in Palembang. **Proceedings of 2013 IAHR World Congress, Chengdu, China**.
- HASSEN, M.B., DEFFONTAINES, B., TURKI, M.M.: 2014 “Recent tectonic activity of the Gafsa fault through morphometric analysis: Southern Atlas of Tunisia”, **Quaternary International**, 338, 99-112.

- HAYAKAWA, Y.S., OGUCHI, T. , LIN, Z.: 2008 “Comparison of new and existing global digital elevation models: ASTER G-DEM and SRTM-3”, **Geophysical Research Letters**, 35, L17404, 1-5.
- HIRANO, A., WELCH, R. and LANG, H.: 2003 “Mapping from ASTER stereo image data: DEM validation and accuracy assessment”, **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, 57, 356–70.
- HORTON, R. E.: 1932 “Drainage basin characteristics”, **Transactions of American Geophysics Union**, 13, 350-361.
- HORTON, R. E.: 1945 “Erosional development of streams and their drainage basins; Hydrophysical approach to quantitative morphology”, **Bulletin of Geological Society of America**, 56, 275-370.
- HOŞGÖREN, M.Y.: 2001 **Hidrograya'nın Ana Çizgileri I: Yeraltı suları-Kaynaklar-Akarsular**, 4. Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- HOŞGÖREN, M.Y.: 2014 **Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü**. Çantay Kitabevi. 2.Baskı. İstanbul
- HUGGETT, R.J.: 2007 **Fundamentals of Geomorphology**. Routledge. Cornwall. 2.Edition, Chapter 1, p 13-15.
- IOANNIDIS, C., XINO GALAS, E., SOILE,S.: 2014 “Assessment of the global digital elevation models ASTER and SRTM in Greece”, **Survey Review**, 46/338, 342-354.
- JENSON, S. K., DOMINGUE, J. O.: 1988 “Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis”, **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 54/11, 1593–1600.
- JENSON, S. K.: 1991 “Applications of hydrologic information automatically extracted from digital elevation models”, **Hydrological Processes**, 5/1, 31– 44.
- JPL: 2000 **SRTM As-Flown Mission Timeline**, URL: http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_TIM_AF.pdf Issued by: D. Seal / F. Rogez, JPL NASA.
- KALE V.S., GUPTA A.: 2001 **Introduction to Geomorphology**. 84-86.

- KALIRAJ, S., CHANDRASEKAR, N., MAGESH, N.S.: 2014 "Morphometric analysis of the River Thamirabarani sub-basin in Kanyakumari District, South west coast of Tamil Nadu, India, using remote sensing and GIS", **Environmental Earth Science**, doi 10.1007/s12665-014-3914-1
- KANTH, T.A., HASSAN, Z.U.: 2012 "Morphometric Analysis and Prioritization of Watersheds for Soil and Water Resource Management in Wular Catchment Using Geo-Spatial Tools", **International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences**, 2, 30-41.
- KARABULUT, M., KÜÇÜKÖNDER, M., TOPUZ, M.: 2014 "Kızkalesi, Ayaş, Kabızlı Havzalarının :Erdemli-Mersin, Jeomorfometrik Analizi", **Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı**, 482-492.
- KARABULUT, M., KÜÇÜKÖNDER, M., TOPUZ, M.: 2013 "Alata :Erdemli, deresinin jeomorfometrik analizi", **Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi Bildiriler Kitabı**, 429-438.
- KET-ORD, R., TANGTHAM, N., UDOMCHOKE, V.: 2013 "Synthesizing Drainage Morphology of Tectonic Watershed in Upper Ing Watershed :Kwan Phayao Wetland Watershed", **Modern Applied Science**,7/1, 13-27.
- KIRPICH, Z. P.: 1940 "Time of concentration of small agricultural watersheds", **Civil Engineering**, 10/6, 362.
- KODAY, Z.: 2001 "Arhavi Çayı Havzasında Coğrafi Gözlemler Hakkında İlk Notlar", **Doğu Coğrafya Dergisi**, 5, 481-483.
- KOULI, M., VALLIANATOS, F., SOUPIO, P. and ALEXAKIS, D.: 2007 "GIS-Based Morphometric Analysis of Two Major Watersheds, Western Crete, Greece", **Journal of Environmental Hydrology**, 15, 1-17.
- KRISHNAMURTHY, J, SRINIVAS, G, JAYARAM, V, CHANDRASEKHAR, M.G.: 1996 "Influence of rock types and structures in the development of drainage networks in typical hardrock terrain", **ITC Journal**, 3-4, 252-259.
- LEOPOLD, L.B, MILLER, J.P.: 1956 "Ephemeral streams: hydraulic factors and their relation to the drainage network", **U.S. Geological Survey**, prof. pa 282-A

- MACKA, Z.: 2001 "Determination of texture of topography from large scale contour maps", **Geografski Vestnik** 73/2, 53–62.
- MAIDMENT, D.R.: 2002 **ArchHydro GIS for water resources**. Esri Press, California
- MAGESH, N.S., CHANDRASEKAR, N.: 2014 "GIS model-based morphometric evaluation of Tamiraparani subbasin, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India", **Arabian Journal of Geosciences**, 7, 131–141
- MAGESH, N.S., JITHESHLAL, K.V., CHANDRASEKAR, N., JINI, K.V.: 2013 "Geographical information system-based morphometric analysis of Bharathapuzha river basin, Kerala, India", **Applied Water Science**, 3, 467-477.
- MAGESH, N.S., CHANDRASEKAR, N., KALIRAJ,S.: 2012 "A GIS based Automated Extraction Tool for the Analysis of Basin Morphometry", **Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science**, 2/1, 32-35.
- MAGESH, N. S., CHANDRASEKAR. N., SOUNDNANAGAYAM, J.P.: 2011 "Morphometric evaluation of Papanasam and Manimuthar watersheds, parts of Western Ghats, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India: a GIS approach", **Environmental Earth Science**, 64, 373–381.
- MAGESH, N.S., JITHESHLAL, K.V., CHANDRASEKAR, N., JINI, K.V.: 2012 "GIS based morphometric evaluation of Chimmini and Mupily watersheds, parts of Western Ghats, Thrissur District, Kerala, India", **Earth Science Informatics**, 5, 111–121.
- MARK, D.M.: 1983 "Relation between field-surveyed channel network and map-based geomorphometric measures, Inez Kentucky", **Annals of the Association of American Geographers**, 73/3, 358–372.
- MARK, D. M.: 1988 **Network models in geomorphology**, in **Modelling in Geomorphological Systems**, M. G. Anderson, John Wiley, New York. Chapter 4, p 73-97.
- MAYER, L.: 1990 **Introduction to Quantitative Geomorphology: An Exercise Manual**, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- MARKS, D., DOZIER, J., FREW, J.: 1984 "Automated basin delineation from digital elevation data", **Geo Processing**, 2, 299–311.
- MARTZ, L.W., GARBRECHT, J.: 1992 "Numerical definition of drainage networks and subcatchment areas from digital elevation models", **Computers & Geosciences**, 18/6, 747-761.
- MATOS, B., TOMLJENOVIC, B., TRENC, N.: 2014 "Identification of tectonically active areas using DEM: a quantitative morphometric analysis of Mt. Medvednica, NW Croatia", **Geological Quarterly**, 58/1, 51–70.
- MELTON, M.A.: 1957 An analysis of the relation among elements of climate, surface properties and geomorphology, **Technical Report**, 11, Department of Geology, Columbia University, New York.
- MORISAWA, M.E.: 1959 Relation of morphometric properties to runoff in the Little Mill Creek, Ohio, Drainage Basin, **Technical Report**, 17, Columbia University, Department of Geology, ONR, New York
- MORRIS, D. G., HEERDEGEN, R. G.: 1988 "Automatically drained catchment boundaries and channel networks and their hydrological applications", **Geomorphology**, 1, 131–141.
- MTA.: 2002 1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Trabzon Paftası, **Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü**
- MTA.: 2007 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Yozgat İ-33 Paftası, **Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü**.
- OBI REDDY, G.E., MAJI, A.K., GAJBHIYE, K.S.: 2002 "GIS for morphometric analysis of drainage basins", **GIS India**, 4/11, 9–14.
- O'CALLAGHAN, J., MARK, D.M.: 1984 "The extraction of drainage networks from digital elevation data", **Computer Vision Graph Image Process**, 28, 323–344
- OUERGHI, S., ELSHEIKH ,R.F.A., ACHOUR ,H., BOUAZI ,S.: 2015 "Evaluation and Validation of Recent Freely-Available ASTER-GDEM V.2, SRTM V.4.1 and the DEM Derived from Topographical Map over SW Grombalia :Test Area, in

North East of Tunisia”, **Journal of Geographic Information System**, 7, 266-279

OZDEMİR, H., BIRD, D.: 2009 “Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods”, **Environmental Geology**, 56, 1405–1415.

ÖZDEMİR, H.: 2011 Havza morfometrisi ve taşkınlar. **Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel**, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, 5, 507-526, İstanbul

ÖZTÜRK, B., ERGİNAL, A.E.: 2008 “Bayramdere havzasında: Biga yarımadası, Çanakkale, havza gelişiminin morfometrik analizler ve jeomorfik indislerle incelenmesi”, **Türk Coğrafya Dergisi**, 50, 61-68.

PANKAJ, A., KUMAR, P.: 2009 “GIS-based Morphometric Analysis of Five Major Sub-watersheds of Song River, Dehradun District, Uttarakhand with Special Reference to Landslide Incidences”, **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, 37, 157–166.

PATTON, P.C., BAKER, V.R.: 1976 “Morphometry and Floods in Small Drainage Basins Subject to Diverse Hydrogeomorphic Controls”, **Water Resources Research**, 12, 941-952.

PATTON, P.C.: 1988 Drainage Basin Morphometry and Floods. **Flood Geomorphology**, 51-64, John Wiley and Sons. New York.

PEUCKER, T. K., DOUGLAS, D. H.: 1975 “Detection of surface-specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data”, **Computer Graphics & Image Processing**, 4, 375-387.

PIKE, R.J., WILSON, S.E.: 1971 “Elevation-relief Ratio, Hypsometric Integral and Geomorphic Area-altitude Analysis”, **Geological Society of America Bulletin**, 82, 1079-1083.

PIKE, R.J.: 1995 “Geomorphometry—progress, practice, and prospect”, **Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband**, 101, 221–238.

PIKE, R.: 2000 “Geomorphometry - diversity in quantitative surface analysis”, **Progress in Physical Geography**, 24/1, 1-20.

- PRASANNAKUMAR, V., VIJITH, H., GEETHA, N.: 2013 “Terrain evaluation through the assessment of geomorphometric parameters using DEM and GIS: case study of two major sub-watersheds in Attapady, South India”, **Arabian Journal of Geosciences**, 6, 1141–1151
- RABUS, B., EINEDER, M., ROTH, A., BAMLER, R.: 2003 “The shuttle radar topography mission—a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar”, **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 57, 241–262.
- RAI, P.K., MOHAN, K., MISHRA, S., AHMAD, A., MISHRA, V.N.: 2014 A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. **Applied Water Science**, doi 10.1007/s13201-014-0238-y
- RAO, L.A.K., YUSUF, A.: 2013 “Morphometric analysis for soil erosion assessment in parts of Chambal basin using Remote Sensing and GIS, Madhya Pradesh”, **International Journal of Advanced Technology & Engineering Research :IJATER**, 3/3, 134-141.
- RASEMANN, S., SCHMIDT, J., SCHROTT, L., DIKAU, R.: 2004 “Geomorphometry in mountain terrain” In: Bishop, M.P., Shroder, J.F. :Eds., **GIS & Mountain Geomorphology**. Springer, Berlin, 101–145.
- REDDY, G.P.O., MAJIA, 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.
- REXER, M., HIRT, C.: 2014 “Comparison of free high resolution digital elevation data sets :ASTER GDEM2, SRTM v2.1/v4.1, and validation against accurate heights from the Australian National Gravity Database”, **Australian Journal of Earth Sciences**, 61, 213–226
- RINALDO, A, RODRIGUEZ-ITURBE, I, RIGON, R.: 1998 “Channel networks”, In: Jeanloz R, Albee AL, Burke KC :eds, **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, 26, 289–327.
- RITTER, D.F., KOCHER, R.C., MILLER, J.R.: 2002 **Process Geomorphology**, 4.Edition, McGraw-Hill.

- RITTER, D.F., KOCHER, R.C., MILLER, J.R.: 2011 **Process Geomorphology**, 5.Edition, Waveland Press: Illinois.
- SATISH, K., VAJRAPPA, H.C.: 2014 “Morphological Parameter Estimation Derived From ASTER-DEM Using GIS and Remote Sensing Techniques – A Study on Hosakote Watershed of Dakshina Pinakini River Basin, Karnataka, India”, **International Journal of Research :IJR**, 1/10 ,1959-1967.
- SCHEIDEGGER, A.E.: 1968 “Horton’s law of stream numbers”, **Water Resources Research**, 4/3, 655-658.
- SCHUMM, S. A.: 1956 “Evaluation of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey”, **Bulletin of Geological Society of America**, 67, 597-646.
- SEFERCİK, U.G.: 2007 Radar interferometri tekniği ile SYM üretimi ve doğruluk değerlendirmeleri. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası. **11.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı**. 2-6 Nisan 2007. Ankara
- SELİM, S.: 2009 “**Doğu Karadeniz Yöresi, Fındıklı İlçesi, Çağlayan ve Arılı Vadi Ekosistemleri ile Bu Ekosistemlerin Etkileşimleri Üzerine Araştırma**”, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), İzmir.
- SHAH, A.H., NENGROO, Z.A., KUCHAY, N.A., BHAT, M.S.: 2014 “Morphometric analysis and watershed prioritization for hydrological studies in Dal lake watershed of Jammu & Kashmir: A remote sensing & GIS approach”, **International Journal of Recent Scientific Research**, 5/1, 82-94.
- SHARMA, C.S., MISHRA, A., PANDA, S.N.: 2014 “Assessing Impact of Flood on River Dynamics and Susceptible Regions: Geomorphometric Analysis”, **Water Resources Management**, 28, 2615–2638.
- SHREVE, R.L.: 1966 “Statistical Law of Stream Numbers”, **Journal Geology**, 74, 17-37.
- SHREVE, R.L.: 1967 “Infinite topologically random channel networks”, **Journal Geology**, 75, 178-186.

- SREEDEVI, P. D., OWAIS, S. , KHAN, H. H., AHMED, S.: 2009 “Morphometric Analysis of a Watershed of South India Using SRTM Data and GIS”, **Journal Geological Society of India**, 73, 543-552.
- SREEDEVI, P.D., SREEKANTH, P.D., KHAN, H.H., AHMED, S.: 2013 “Drainage morphometry and its influence on hydrology in an semi arid region: using SRTM data and GIS”, **Environmental Earth Science**, 70, 839–848.
- STRAHLER, A.N.: 1952 “Dynamic basis of geomorphology”, **Bulletin of the Geological Society of America**, 63, 923–938.
- STRAHLER, A.N.: 1957 “Quantitative analysis of watershed geomorphology”, **Transactions American Geophysical Union**, 38, 913–920.
- STRAHLER, A.N.: 1958 “Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms”, **Geological Society of America Bulletin**, 69, 279–300.
- STRAHLER, A. N.: 1964 Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow V.T. :ed., **Handbook of Applied Hydrology**. McGraw Hill Book Company, New York
- ŞATIR ERDAĞ, D., TÜYSÜZ, O., AKYÜZ, S.: 2009 “Ecemiş Fay Zonu’nun morfotektonik özellikleri ve morfometrik analizi”, **İTÜ Dergisi/D Mühendislik**, 8/5, 67-79.
- TACHIKAWA, T., HATO, M., KAKU, M. & IWASAKI, A.: 2011 Characteristics of ASTER GDEM version 2, **Geoscience and Remote Sensing Symposium :IGARSS**, 3657–3660, 2011 IEEE International, IEEE.
- TARBOTON, D. G.: 1997 “A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models”, **Water Resources Research**, 33/2, 309–319.
- TARBOTON, D. G., BRAS, R. L., RODRIGUEZ-ITURBE, I.: 1988 “The fractal nature of river networks”, **Water Resources Research**, 24/8, 1317–1322.
- TARBOTON, D. G.: 1989 **The Analysis of River Basins and Channel Networks Using Digital Terrain Data**, University of Cambridge Mass. Inst. of Technol.(Sc.D. thesis), Dep. of Civ. Eng., Cambridge.

- TARI, U., TÜYSÜZ, O.: 2008 “İzmit Körfezi ve çevresinin morfotektoniği”, **İTÜ Dergisi/D Mühendislik**, 7/1,17-28.
- THOMAS, J., JOSEPH, S., THRIVIKRAMJI, K.P., ABE, G.: 2011 “Morphometric analysis of the drainage system and its hydrological implications in the rain shadow regions, Kerala, India”, **Journal of Geographical Sciences**, 21/6, 1077-1088.
- THOMAS, J., JOSEPH, S., THRIVIKRAMJI, K.P., ABE, G., KANNAN, N.: 2012 “Morphometrical analysis of two tropical mountain river basins of contrasting environmental settings, the southern Western Ghats, India”, **Environmental Earth Science**, 66, 2353–2366.
- THOMAS, J., PRASANNAKUMAR, V.: 2015 “Comparison of basin morphometry derived from topographic maps, ASTER and SRTM DEMs: an example from Kerala, India”, **Geocarto International**, 30/3, 346–364.
- VIJITH, H., SATHEESH, R.: 2006 “GIS based morphometric analysis of two major upland sub-watersheds of Meenachil River in Kerala”, **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, 34/2, 181-185.
- VINCY, M.V., RAJAN, B., PRADEEPKUMAR, A.P.: 2012 “Geographic information system–based morphometric characterization of subwatersheds of Meenachil river basin, Kottayam district, Kerala, India”, **Geocarto International**, 27/8, 661–684.
- VERSTAPPEN, H.T.: 1983 **Applied Geomorphology**. ITC. Enschede.
- WANG, L., J. CHEN, H. ZHANG, L. CHEN.: 2011 Difference analysis of SRTM C-band DEM and ASTER GDEM for global land cover mapping. **2011 International Symposium on Image and Data Fusion, ISIDF 2011**.
- WILSON, J.S.J., CHANDRASEKAR, N., MAGESH, N.S.: 2012 “Morphometric Analysis of Major Sub-Watersheds in Aiyar & Karai Pottanar Basin, Central Tamil Nadu, India Using Remote Sensing & GIS Techniques”, **Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science**, 2/1, 8-15.
- YANG, L., MENG, X., ZHANG, X.: 2011 “SRTM DEM and its application advances. **International Journal of Remote Sensing**”, 32/14, 3875–3896.

YILDIRIM, A., KARADOĞAN, S.: 2011 “Raman Dağları güneyinde :Dicle Vadisi, morfometrik ve morfotektonik analizler”, **Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi**, 16, 154-166

YILDIRIM, A., KARADOĞAN, S.: 2009 “Dicle Üniversitesi kampüs alanının jeomorfolojik özelliklerinin belirlenmesinde morfometrik analizler”, **Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi :DÜSBED**, 1/1, 48-69.

YOUSSEF, A.M., PRADHAN, B., HASSAN, A.M.: 2011 “Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery”, **Environmental Earth Science**, 62, 611–623.

ZHAO, S., CHENG, W., ZHOU, C., CHEN, X., ZHANG, S., ZHOU, Z., LIU ,H., CHAI, H.: 2011 “Accuracy assessment of the ASTER GDEM and SRTM3 DEM: an example in the Loess Plateau and North China Plain of China”, **International Journal of Remote Sensing**, 32/23, 8081–8093.

İnternet Kaynakları

(1).<http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEME/2.html> (Son erişim: 01.05.2016)

(2).http://www.digital-geography.com/announcement-realease-worldwide-high-resolution-srtm-data-30m/#.Vv_OnOKLTIU (Son erişim: 01.05.2016)