

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MORFOMETRİK PARAMETRELER VE HAVZA HİDROLOJİSİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ:
EĞİRDİR GÖLÜ HAVZASI ÖRNEĞİ**

Canan KARADENİZ

**Danışman
Doç. Dr. Ayten EROL GÖRÜR**

ISPARTA – 2019



© 2019 [Canan KARADENİZ]

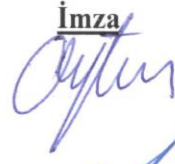
TEZ ONAYI

**MORFOMETRİK PARAMETRELER VE HAVZA HİDROLOJİSİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ:
EĞİRDİR GÖLÜ HAVZASI ÖRNEĞİ**

Canan KARADENİZ tarafından hazırlanan bu tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Doç. Dr. Ayten EROL GÖRÜR
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

İmza


Jüri Üyesi

Doç. Dr. Gülcan SARP
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Hüseyin Oğuz ÇOBAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Yukarıdaki Jüri kararı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/..../.... tarih ve/..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Yusuf UÇAR
Enstitü Müdürü

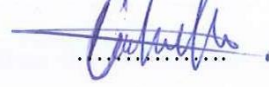
ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

17/06/2019

Canan KARADENİZ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Havza Ve Havza Yönetimi Tanımlarının Kullanımı	3
2.2. Morfometrik Parametreler	5
2.3. Çalışmada Değerlendirilen Morfometrik Parametreler.....	9
2.3.1. Havza alanı	9
2.3.2. Havzanın çevresi.....	9
2.3.3. Dere sırası ve sayısı.....	9
2.3.4. Dere uzunluğu	10
2.3.5. Drenaj yoğunluğu	11
2.3.6. Dere sıklığı.....	12
2.3.7. Çatallanma oranı	12
2.3.8. Form faktörü	13
2.3.9. Şekil faktörü.....	14
2.3.10. Dairesellik oranı	14
2.3.11. Uzama oranı.....	15
2.3.12. Kompaktlık katsayısı.....	15
2.3.13. Drenaj tekstürü.....	15
2.3.14. Tekstür oranı	16
2.3.15. Gravelius indeksi.....	16
2.3.16. Havza reliefi.....	17
2.3.17. Relief oranı	17
2.3.18. Engebellik değeri	17
2.3.19. Hipsometrik eğri.....	18
2.3.20. Hipsometrik integral.....	19
2.3.21. İnfiltrasyon oranı.....	20
2.4. Morfometrik Özelliklerin Sayısallaştırılmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı	20
2.5. Morfometrik Parametreleri Kullanarak Yapılan Çalışmalar	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM	30
3.1. Araştırma Alanı ve Özellikleri.....	30
3.1.1. Araştırma alanı.....	30
3.1.2. Araştırma materyali.....	30
3.2. Havza Alanının İklim Özellikleri.....	33
3.2.1. Havza alanına ait iklim tipinin belirlenmesi	34
3.2.1.1. Alanın yağış ve sıcaklık etkenliği indisleri.....	34
3.2.1.2. Yağış rejimine göre belirlenen indisler	35
3.2.1.3. Yıllık düzeltilmiş PE'un üç yaz ayına ait düzeltilmiş PE değerleri toplamına oranı indisleri.....	35
3.2.2. Eğirdir gölü havzasına ait meteorolojik elemanların değerlendirilmesi ..	36
3.2.2.1. Sıcaklık	36

	Sayfa
3.2.2.2. Yağış.....	37
3.2.2.3. Bağıl nem.....	38
3.2.2.4. Rüzgâr.....	39
3.3. Havza Alanın Bitki Örtüsü	39
3.4. Havza Alanının Toprak Özellikleri.....	41
3.5. Havza Alanının Jeolojik Özellikleri.....	44
3.6. Araştırma Yöntemi.....	46
3.7. Yöntemin Akış Şeması.....	56
3.8. Morfometrik Parametrelerin Analizi.....	57
3.8.1. Havza alanı	57
3.8.2. Havzanın çevresi	58
3.8.3. Dere sırası ve sayısı.....	58
3.8.4. Dere uzunluğu	58
3.8.5. Drenaj yoğunluğu.....	59
3.8.6. Dere sıklığı.....	59
3.8.7. Çatallanma oranı	60
3.8.8. Form faktörü	60
3.8.9. Şekil faktörü.....	60
3.8.10. Dairesellik oranı	60
3.8.11. Uzama oranı.....	61
3.8.12. Kompaktlık katsayısı.....	61
3.8.13. Drenaj tekstürü.....	61
3.8.14. Tekstür oranı	62
3.8.15. Gravelius indeksi.....	62
3.8.16. Havza reliefi.....	62
3.8.17. Relief oranı	63
3.8.18. Engebililik değeri	63
3.8.19. Hipsometrik eğri.....	63
3.8.20. Hipsometrik integral.....	64
3.8.21. İnfiltrasyon oranı.....	64
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	66
4.1. Morfometrik Parametreler	66
4.1.1. Havza alanı	68
4.1.2. Havzanın çevresi	69
4.1.3. Dere sırası ve sayısı.....	69
4.1.4. Dere uzunluğu	71
4.1.5. Drenaj yoğunluğu.....	72
4.1.6. Dere sıklığı.....	76
4.1.7. Çatallanma oranı	79
4.1.8. Form faktörü	81
4.1.9. Şekil faktörü.....	82
4.1.10. Dairesellik oranı	83
4.1.11. Uzama oranı.....	84
4.1.12. Kompaktlık katsayısı.....	86
4.1.13. Drenaj tekstürü.....	87
4.1.14. Tekstür oranı	87
4.1.15. Gravelius indeksi.....	89
4.1.16. Havza reliefi.....	90
4.1.17. Relief oranı	92

	Sayfa
4.1.18. Engebelilik değeri	93
4.1.19. Hipsometrik eğri.....	94
4.1.20. Hipsometrik integral.....	97
4.1.21. İnfiltrasyon oranı.....	99
4.1.22. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının eğim ve bakı durumları	99
4.1.22.1. Eğim	99
4.1.22.2. Bakı.....	100
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	102
KAYNAKLAR.....	108
EKLER	124
EK A. Çizelgeler.....	125
ÖZGEÇMİŞ.....	130



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MORFOMETRİK PARAMETRELER VE HAVZA HİDROLOJİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: EĞİRDİR GÖLÜ HAVZASI ÖRNEĞİ

Canan KARADENİZ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayten EROL GÖRÜR

Havzaların hidrolojik özellikleri, su miktarı ve kalitesini değerlendirmek bakımından önemlidir. Bu değerlendirmeler, özellikle erozyon olgusunun, sel ve taşkın oluşum koşullarını ve bu oluşumların su kalitesi ve miktarı üzerindeki olumsuz etkilerinin değerlendirilmesini sağlar. Öte yandan, havzaların morfolojik özelliklerinin havza hidrolojisi bakımından analiz edilmesi bu değerlendirmeleri daha güvenilir duruma getirir.

Havzaların hem topografik hem de drenaj ağı özellikleri hidrolojik özelliklerini temsil etmektedir. Bu nedenle, bu iki özellik su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla yapılan havza yönetimi planlarında önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, Eğirdir Gölü havzasının ve alt havzalarının morfolojik parametrelerinin sayısal değerleri ve görselleri Coğrafi Bilgi Sistemi yöntemi ve ArcGIS 10.2 yazılımı yardımıyla sayısal yükseklik modeli verileri kullanılarak elde edilmiştir. Bu amaçla morfolojik analiz yöntemine konu edilen 21 parametre kullanılmıştır. Bu parametreler; havza alanı, havza çevresi, toplam dere sayısı ve sırası, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, çatallanma oranı, form faktörü, şekil faktörü, dairesellik oranı, uzama oranı, kompaktlık katsayısı, drenaj tekstürü, tekstür oranı, gravelius indeksi, havza reliefi, relief oranı, engebellik değeri, hipsometrik eğri, hipsometrik integral ve infiltrasyon oranıdır. Bununla birlikte ana havzanın ve alt havzalarının eğim, bakı ve yükseklik durumları da değerlendirilmiştir.

Araştırma alanında hem genel olarak Eğirdir Gölü havzası, hem de alt havzaları büyük havza sınıfına girmektedir. Bu nedenle, havzaya yağışla düşen suyun toplanma zamanı uzun olacak ve araştırma alanında oluşacak yüzeysel akış hızı nispeten düşük olacaktır. Ancak ana havzanın alt kesimlerinde bulunan H1 ve H5 alt havzalarının hem topografik, hem de drenaj ağı özellikleri bakımından morfolojik olarak havza hidrolojisini olumsuz etkileyeceği belirlenmiştir. Bu alanlarda yüksek risk taşıyan erozyon olgusu nedeniyle suyun kalitesinin ve miktarının olumsuz etkileneceği söylenebilir. Bu nedenle, Eğirdir Gölü havzası yönetim planlarında erozyon riski dikkate alınmalı ve havzanın erozyon potansiyelini ve meydana getireceği toprak kaybı miktarına ait verilerin sayısallaştırılması amacıyla uzun dönemli bilimsel çalışmalara yer verilmelidir. Nitekim Eğirdir Gölü havzası şehirleşmenin hızla arttığı ve fakat yerleşimin planlı olmadığı bir alandır. Bu

nedenle, nüfus artışı sonucu su üretiminde ortaya çıkan baskıların artacağı göz önüne alınarak, erozyon riskinin yaratacağı olumsuz etkilerin iklim değişikliği konusunda risk yaratacağı bilinmelidir.

Anahtar Kelimeler: Eğirdir Gölü havzası, Morfometrik parametreler, Havza hidrolojisi, Erozyon olgusu, Topografya ve drenaj ağı özellikleri, CBS

2019, 129 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Canan KARADENİZ

MORPHOMETRIC PARAMETERS AND WATERSHED HYDROLOGY EFFECTS: EĞİRDİR LAKE BASIN SAMPLE

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Forest Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayten EROL GÖRÜR

The hydrological properties of watersheds are important in assessing fresh water quantity and quality. These evaluations allow the assessment of erosion phenomenon, the conditions of torrent and flood formation, and the negative effects of these occurrences on water quality and quantity. On the other hand, analyzing the morphometric properties of watersheds in terms of watershed hydrology ensures these assessments more reliable.

Hydrological characteristics of watersheds represent are both their properties of topographical and drainage network. Therefore, these two properties have an very important in watersheds management plans to ensure the sustainability of water resources. In this study, numerical and visual values of the morphometric parameters of Lake Eğirdir watershed and its sub-watersheds were obtained using the Geographic Information System method and numerical elevation model data with the help of ArcGIS 10.2 software. For this purpose, 21 parameters which are subject to morphometric analysis method were used. These parameters were area of watershed, perimeter of watershed, total number of streams and numbers, drainage density, stream frequency, bifurcation ratio, form factor, shape factor, circularity ratio, elongation ratio, compactness coefficient, drainage texture, texture ratio, gravelius index, watershed relief, relief ratio is the roughness value, hipsometric curve, hipsometric integral and the infiltration rate and the others topographic features known as slope, elevation and altitude.

In the research area, generally Lake Eğirdir watershed and its sub-watersheds are included in the large watershed class. Therefore, the time to collect water falling into the watershed will be long and the surface flow rate to occur in the research area will be relatively low. Due to the high risk of erosion in these areas, it can be said that the quality and quantity of water will be adversely affected. However, it had been determined that the H1 and H5 sub-watersheds on the lower parts of the main watershed will affect the watershed hydrology morphometrically in terms of both topographic and drainage network propertiess. Therefore, erosion risk should be taken into consideration in Lake Egirdir watershed management plans and long-term scientific studies should be included in order to quantify the erosion potential of the watershed and the amount of soil loss. Thence, Lake Eğirdir watershed was an area

where urbanization was rapidly increasing and the settlement was not planned. Therefore, considering increase in the pressure on water production as a result of population growth, it should be known that the negative effects of erosion risk will create a risk for climate change.

Key words: Lake Egirdir watershed, Morphometric parameters, Watershed hydrology, Erosion phenomenon, Topography and drainage network properties, GIS

2019, 129 pages



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince beni sürekli destekliyerek yüreklendiren, yönlendiren, her türlü sorunumda yanımda olan ve en önemlisi çalışmalarım süresince verdiği destek ve gösterdiği sabır, tezim için gerekli kaynaklar konusunda verdiği bilgiler ve belgeler, her konudaki yardımlarıyla tezimin ortaya çıkmasında gösterdiği çaba ve katkıları için değerli Danışmanım Doç. Dr. Ayten EROL GÖRÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Coğrafi Bilgi Sistemleri konusunda beni yönlendiren ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Hüseyin Oğuz ÇOBAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan ve destek olan aileme ve eşim Burhan KARADENİZ'e sonsuz sevgilerimi sunarım.

Canan KARADENİZ
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Strahler'e göre dere derecelendirmesi.....	7
Şekil 3.1. Eğirdir gölü havzası alanı topografik paftalarının alan üzerindeki görünümü	31
Şekil 3.2. Eğirdir Gölü havzasının coğrafi konumu	32
Şekil 3.3. Eğirdir gölü havzasında bulunan meteoroloji istasyonlarının konumu.....	33
Şekil 3.4. Eğirdir ilçesinin 2017-2018 yılı aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinin aylara dağılımı.....	37
Şekil 3.5. Eğirdir ilçesinin 2017-2018 yılı aylık ortalama yağış verilerinin aylara dağılımı	38
Şekil 3.6. Eğirdir ilçesinin 2017-2018 yılı aylık ortalama bağıl nem verilerinin aylara dağılımı.....	38
Şekil 3.7. Alt havzalarda belirlenen toprak deneme noktaları	43
Şekil 3.8. Eğirdir Gölü havzasının jeoloji haritası.....	45
Şekil 3.9. Sayısal arazi modelinin CBS ortamında üretilmesi	46
Şekil 3.10. Sayısal Yükseklik Modelinin ArcGIS ortamında elde edilmesinin görüntüsü.....	47
Şekil 3.11. Sayısal Yükseklik Modeli haritası.....	47
Şekil 3.12. SYM verisindeki çukurlukların ve yüksekliklerin giderilmesi.....	49
Şekil 3.13. Eğirdir Gölü havzasının Strahler yöntemine göre dere dizilimi	50
Şekil 3.14. Eğirdir gölü havzasının alt havzaları ve drenaj ağı	51
Şekil 3.15. Eğirdir Gölü havzasının yükselti sınıfı haritası	53
Şekil 3.16. Eğirdir Gölü havzasının eğim sınıfı haritası	54
Şekil 3.17. Eğirdir Gölü havzası bakı sınıfı haritası	55
Şekil 3.18. Morfometrik parametrelerin sayısal değerlerinin elde edilmesinde kullanılan yöntemin akış şeması	56
Şekil 4.1. Eğirdir Gölü havzasının hipsometrik eğrisi	95
Şekil 4.2. H1 havzanın hipsometrik eğrisi	95
Şekil 4.3. H2 havzanın hipsometrik eğrisi	96
Şekil 4.4. H3 havzanın hipsometrik eğrisi	96
Şekil 4.5. H4 havzanın hipsometrik eğrisi	97
Şekil 4.6. H5 havzanın hipsometrik eğrisi	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Yağış etkenlik indis aralığı değerleri.....	34
Çizelge 3.2. Sıcaklık etkenliği indis değerleri.....	35
Çizelge 3.3. Yağışlı iklimler (A1, B ve C2) için kuraklık indisi değerleri.....	35
Çizelge 3.4. Düzeltilmiş PE'un üç yaz ayına oranı, simgesi ve anlamı.....	36
Çizelge 3.5. Eğirdir Meteoroloji verilerine göre rüzgar esiş yönleri esiş sayıları, esiş sayılarının toplamı ve yüzdeleri (yıllık).....	39
Çizelge 3.6. Havzadan alınan toprak örneklerinde bulunan bitki örtüsü durumu ve ana materyal.....	42
Çizelge 3.7. Örnekleme noktalarının kordinatları	43
Çizelge 3.8. Örnekleme noktalarından alınan toprakların kum, toz, kil oranları ve toprak tekstürü sonuçları	43
Çizelge 3.9. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının ortalama yükselti aralığı ve toplam alan içindeki dağılımı	52
Çizelge 3.10. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının morfometrik özelliklerinin analizinde kullanılan parametreler	64
Çizelge 4.1. Morfometrik analiz sonucu elde edilen morfometrik parametrelerin sonuçları.....	67
Çizelge 5.1. Morfometrik parametrelerin yüksek ve düşük değerlere göre sıralaması	102
Çizelge A.1. Eğirdir İstasyonuna ait bazı meteorolojik elemanların ortalama, maksimum ve minimum değerleri.....	125
Çizelge A.2. Eğirdir Meteoroloji İstasyonunun verilerine dayanılarak hazırlanan su bilançosu.....	126
Çizelge A.3. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının eğim sınıfları ve kapladıkları alanlar ile bu alanların yüzde dağılımı	127
Çizelge A.4. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının bakı sınıfları ve kapladıkları alanlar ile bu alanların yüzde dağılımı	128
Çizelge A.5. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının eğim sınıfları ve kapladıkları alanlar ile bu alanların yüzde dağılımı	129
Çizelge A.6. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının bakı sınıfları ve kapladıkları alanlar ile bu alanların yüzde dağılımı	129

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Alan
Bh	Havza Reliefi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
C _c	Kompaktlık Katsayısı
Dd	Drenaj Yoğunluğu
Fs	Dere Sıklığı
HGK	Harita Genel Komutanlığı
Hi	Hipsometrik İntegral
Hmax	Havzadaki maksimum yükseklik
Hmin	Havzadaki minimum yükseklik
İ	İnfiltrasyon Oranı
Kg	Gravelius İndeks
LIDAR	Light Detection and Ranging
Lu	Toplam Akarsu Uzunluğu
N	Havzadaki toplam akarsu kolu sayısı
Nu	“u” rakamsal ifadesinden toplam akarsu dizinleri sayısı
P	Çevre
PE	Potansiyel Evapotranspirasyon
RADAR	Radio Detection And Ranging
Rb	Çatallanma Oranı
R _c	Dairesellik Oranı
R _e	Uzama Oranı
R _f	Form Faktörü
R _h	Relief Oranı
Rn	Engbelilik Değeri
R _s	Şekil Faktörü
R _t	Drenaj Tekstürü
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yükselti Modeli (SYM)
T	Tekstür Oranı

1. GİRİŞ

Uygurliklar boyunca yafam ve insanliğın gelişiminde 6nemli bir yer tutan doğal kaynakların uygun şekilde planlanması, geliştirilmesi ve korunması gerekmiştir. Bu durumun başlıca nedeni artan n6fus karşısında toprak, su ve bitki 6rt6s6 gibi doğal kaynaklara olan baskıların hızla artmakta olmasıdır. Bu durum, doğal kaynakların miktar ve kalite bakımından bozulmasına neden olmaktadır. G6n6m6zde, toprağın yoğun kullanımı sonucunda tahribi ve bu tahribat sonrasında doğal kaynaklar 6zerindeki olumsuz etkilerin artmasının nedeni de aynı nedenlerle giderek daha ciddi bir boyutta devam etmektedir. Havza bazında yapılan 6alışmaların 6nemi, toprak, su ve bitki 6rt6s6 kaynaklarının birlikte b6t6nc6l bir yaklaşımla korunmasına olanak tanınmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, t6m d6nyada olduğu gibi 6lkemizde de son on yıldır toprak ve su kaynaklarının bir planlama birimi olan havza bazında ele alınmasına 6nem verilmektedir.

Havza y6netimi ilkeleri kapsamında ele alınan toprak ve su kaynaklarının planlanması ve y6netimi konuları giderek daha fazla 6nem kazanmakta, bunun neticesinde su toplama havzalarının iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Morfometrik parametrelerin analizi bu ama6la kullanılan y6ntemlerden birisidir. Havza y6netim planları kapsamında değerlendirildiğinde, bu y6ntemin en 6nemli 6zelliği, havzaların topografik ve drenaj ağı 6zelliklerini 6l6me ve değerlendirmede sağladıkları kolaylıktır. Bu y6ntem d6nyanın bazı farklı b6lgelerinde de kullanılmış ve havzaların morfometrik 6zellikleri bu y6ntemle değerlendirilmiştir (Horton, 1945; Strahler, 1957, 1964; Krishnamurthy vd., 1996; Agarwal, 1998; Reddy vd., 2002). Morfometrik analiz y6ntemi, sayısal fizyografik bir y6ntem olarak da nitelendirilmektedir (Agarwal, 1998).

Morfometrik analiz y6ntemiyle yapılan değerlendirmelerden elde edilen sonu6lar, toprak ve su kaynaklarının korunmasını sağlayan 6alışmalarda kolaylık sağlamakta, havza y6netim planlamalarında yer verilmesi gereken bu değerlendirmeler, havza topografyası ve drenaj ağı 6zelliklerinin 6l6lmesi bakımından yararlı olmaktadır. Bu veriler, arazi y6zeyinin oluşumu ve gelişimi ile ilgili bilgileri de ortaya koymaktadır (Singh, 1992; Dar vd., 2013). Daha da 6nemlisi, bir havzanın morfometrik analizi yapıldığı takdirde toprak ve su kaynaklarının y6netimi ile ilgili zorlukların ve havza

yönetim planlarının taşıyacağı risklerin azaltılabileceği (Martins ve Gadiga, 2015) kabul edilmektedir. Bu nedenle, morfometrik analizin havza ile ilgili klavuz niteliğinde bir çalışma ve havza yönetimi için en uygun yöntem olduğu da (Reddy vd., 2004; Latief vd., 2015; Farhan vd., 2016) ifade edilmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, Eğirdir Gölü Havzası'nın morfometrik parametrelerini sayısallaştırmak ve havzanın hidrolojisi üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Bu amaçla; a) genel olarak morfometrik parametreler incelenmiş, b) Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak havzanın bazı morfometrik özellikleri sayısallaştırılmış, c) elde edilen sayısal değerler havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkileri bakımından değerlendirilmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Su kaynaklarının korunması ve yararlı kullanımı doğrultusunda değerlendirilmesi ancak bütünleşik bir yönetim mekanizması ile gerçekleştirilebilir (Turan ve Eren, 2008). Dünyanın farklı yerlerinde bir çok akarsu havzası ve alt havzalarının drenaj özellikleri farklı yöntemler ve bazı morfometrik parametreler kullanılarak çalışılmıştır (Horton, 1945; Strahler, 1952, 1957, 1964; Morisawa, 1959; Leopold ve Miller, 1956; Krishnamurthy vd.,1996). Morfometrik parametrelerin analizleri geniş havzaların hidrolojik davranışları, litoloji ile ilgili yapı, su kaynakları ve taşkın yönetimi hakkında değerli veriler sunmaktadır. Morfometrik parametrelere ait bilgiler uydu görüntüleri ve topografya haritalarından elde edilmektedir (Moore vd., 1991; Teixeira vd., 2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), bu parametrelerin ölçülmesinde etkin bir araç olarak karşımıza çıkar. Morfolojik parametrelerin değerlendirilmesi, akarsu dizinleri, havza alanının ölçülmesi, havza çevresinin ölçülmesi, akarsu kanal uzunluğu, akarsu yoğunluğu, akarsu sıklığı, çatallanma oranı, tekstür oranı gibi değişik akarsu parametrelerinin analiziyle gerçekleştirilir (Kumar vd., 2000).

2.1. Havza ve Havza Yönetimi Tanımlarının Kullanımı

Sosyo-ekonomik kalkınmanın sürdürülebilirliği hedeflendiğinde doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması da bir zorunluluk olmalıdır (Atabay, 1998). Aynı araştırmacı, havzaların tanımının yapılması, havza içindeki doğal kaynakların fiziksel-biyolojik-ekolojik özellikleri, hassasiyetleri ve yapay faktörlerden etkilenme risklerinin belirtilmesinin önemli olduğunu ifade etmiştir. Öncelikle havzayı anlamak ve içerisinde bulunan doğal kaynaklardan sürekli olarak ve verimli bir şekilde faydalanmak için havza kavramının tanımının iyi bilinmesi gerekmektedir (Atabay, 1998). Havza tanımı birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Bunlardan Brooks vd., (1996) havzayı, bir dere sistemiyle sularını boşaltan ve topografik olarak sınırlandırılmış bir alan, dere veya nehir üzerindeki hidrolojik bir birim, akarsu kesitine sularının boşaltıldığı tüm alan şeklinde tanımlanmaktadır. Anderson (1999)'a göre havza suları, sedimentleri, çözülmüş maddeleri, drenaj sularını genel bir çıkışa veya bir noktadan göle, baraja, denize ve okyanusa ulaşan topografik alanlardır. Kauffman (2002)' a göre havzanın tanımı; arazi, su ve ekosistem yönetimi

ve devamlılığı için en uygun planlama ünitesidir. Karadağ (2007)' a göre havza, suyun yüzeysel hareketini sürdürdüğü, doğal sınırını oluşturan, hidrolojik olarak birbirinden bağımsız karasal alandır. İstanbulluoğlu (2008) ise havzayı akışını bir yüzeyden suyolu (akarsu) üzerinden alıp bir çıkış noktasına gönderen alan olarak tanımlamaktadır. Havzalar, doğal ve insani girdileri olan bir üretim sistemleridir (Kusler, 2003). Bu bakımdan havza kavramının odak noktası havza içerisindeki doğal kaynakların bir bütün olarak değerlendirilmesidir. Havza içerisinde meydana gelen habitat kayıpları, su kirliliği, su kaynaklarının giderek azalması, çölleşme, ani taşkınlar, kentleşme sorunları, erozyon ve ekosistemin tahribi havzada karmaşık bir sürecin oluştuğunu göstermektedir. Bu durum, sistemli çalışmayı gerektiren havza ve havza yönetimi kavramları içinde değerlendirilmektedir (Frankenberger vd., 2002; Erol, 2006; Randhir, 2006).

Ülkemizde havza yönetimi tanımı ilk kez Ormancılık Terminolojisi adlı sözlükte yer almaktadır (Özhan, 2004). Bu tanıma göre havza yönetimi su üretimi ve erozyon, dere akışı ve sel kontrolü amacıyla bir yağış havzasındaki doğal kaynakların düzenlenmesi ve idaresidir (Kittredge, 1948).

Wilm (1957), havza yönetiminin bir yağış havzasından optimum miktarda su üretmek, su verimini kontrol etmek ve toprak stabilitesini en iyi şekilde sağlamak amacıyla arazinin işletilmesi ve kullanılması olarak tanımlandığını ifade etmiştir.

Balcı ve Özyuvacı (1974)'ya göre havza yönetimi bir yağış havzasında erozyonu ve taşkınları kontrol altına almak ve en yüksek miktar ve kalitede su üretmek için saptanmış temel amaçlara uygun biçimde sosyo-ekonomik koşulları ve arazi ve su kaynaklarının estetik değerlerini de dikkate alarak doğal kaynakların düzenlenmesi ve idaresidir.

Bu tanımlara göre havza yönetiminin temel amaçları erozyon ve taşkınları kontrol etmek, kaliteli ve arzu edilen miktarda su üretmektir. Brooks vd., (1996), havza yönetimin, toprak ve su kaynaklarını olumsuz etkilemeksizin arzu edilen ürün ve hizmetleri sağlamak için bir havza üzerindeki arazi ve diğer kaynakların kullanımını yönlendirme ve organize etme süreci olarak tanımlamıştır. Karadağ (2007) havza yönetimini, suyun doğal kaynak olarak kabul edildiği, suyu yönetmeyi ve

planlanmayı hedefleyen bir yönetim sistemi olarak tanımlamıştır. Tüm bu tanımlardan anlaşıldığı üzere havza yönetimi, toprak ve su kaynakları arasındaki ilişkinin kurularak doğal kaynakların idaresi ve planlanması olarak kabul edilebilir. Bir havzada sürdürülebilir bir kullanımın sağlanabilmesi için yenilenebilir doğal kaynakların planlanması ve yönetiminin temelini havza hidrolojisinin anlaşılması oluşturur. Nitekim en başta baraj, sel kontrol yapıları, ulaşım, sulama ve su kalitesi kontrol projelerinin yapımında hidroloji bilgisine ihtiyaç duyulur. Benzer şekilde su temini, selden korunma, dere ve göl kalitesinin korunması çalışmalarında hidroloji bilimi önemli bir yer tutar (Erol ve Karadeniz, 2018).

Havza kavramı, genel olarak, havza yönetimi disiplini içerisinde su toplama havzası ya da yağış havzası olarak ifade edilmektedir. Böylece, havza yönetimi disiplini içinde bir havza tanımı yapmak gerektiğinde, “sırtlardan geçtiği varsayılan su ayırım çizgisi ile sınırlandırılan, üzerine düşen yağış sularını bir drenaj sistemi ile boşaltan, iç bükey topografik yapıya sahip, hidrolojik, ekonomik ve sosyal bir ünite olarak tanımlanabilir” ifadesi kullanılabilir.

2.2. Morfometrik Parametreler

Morfometri (morphometry) kelimesi köken olarak Latince “morph” (şekil) ve “metron” (ölçmek) kelimelerinin birleşiminden meydana gelmektedir (Elbaşı, 2015). Pike (2000)’ ye göre morfometri, şekilsel unsurların rakamlarla ifade edilmesidir. Coğrafi açıdan ise morfometri “Kantitatif, arazi yüzeyi analizleri bilimi”dir.

Havzaların ayrıntılı morfometrik analizi, jeomorfik tarihi, yer şekillerinin evrimi ve özellikleri drenaj şebekelerinin gelişimini keşfetmeye yardımcı olur. Drenaj havzalarının fiziksel özellikleri (yani şekil, boyut, drenaj yoğunluğu, akışın uzunluğu ve boyutu vb.), drenaj havzalarının karakterize ettiği hidrolojik parametrelerle oldukça ilişkilidir (Strahler, 1952; Mesa, 2006).

Su toplama havzalarının morfometrisi; akıntı, toprak erozyonu, sel ve kuraklık, nehir çökmesi, akarsu akışlarının değişmesi ve akarsuların dallanma biçimi, drenaj hatlarının akış özellikleri ve performansları ile ilgili işlemlerin hidrolojik ve jeomorfik tepkisi ile ilgilidir (Garde, 2005; Mohd vd., 2013). Pike (1995)’a göre

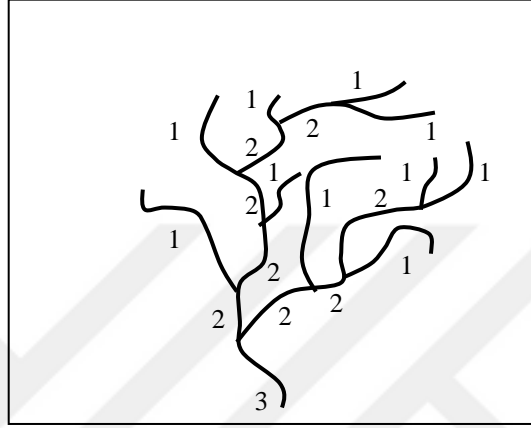
morfometri; matematik, yer bilimleri ve bilgisayar bilimleri üzerine kurulmuş disiplinler arası bir bilimdir. Morfometri coğrafya ve jeomorfolojiden, toprak bilimleri ve askeri mühendisliğe kadar birçok alanda göz önünde bulundurulmasıyla birlikte sadece sayısal tekniklerin bir bütünü olmaktan çıkıp kendi bir bilim halini almıştır.

Abrahams'a (1984) göre morfometri için üretilen formüllere uygun parametrelerin belirlenmesi ve formüllerin uygulanması işlemine morfometrik analiz adı verilmektedir. Morfometri biliminin akarsuların şekillendirici etkileri ve havza özellikleri ile ilgilenen alt dalı havza morfometrisidir (Abrahams, 1984). Havza morfometrisi ile jeomorfolojik açıdan büyük öneme sahip olan su toplama havzaları hakkında daha detaylı bilgiler sayısal yöntemlerle elde edilebilmektedir. Yağış havzalarına uygulanan sayısal analizlerin öncüsü, modern hidroloji biliminin babası olarak da kabul edilen, Robert Elmer Horton'dur (Elbaşı, 2015).

Horton (1932 ve 1945), morfometri kelimesinin ilk kez 1957'de Chorley (Elbaşı, 2015) tarafından kullanıldığını belirtmiştir. Buna göre morfometrinin, yağış havzası özellikleri ve havzaların morfolojik süreçlerinin temellerini oluşturduğu Horton (1932 ve 1945) tarafından ifade edilmiştir. Horton (1932 ve 1945), yaptığı sınıflandırmada "olgun, genç, yaşlı ve iyi drene olmuş, kötü drene olmuş" terimleri üzerinde durmuş ve bu tanımları "nasıl, ne kadar ve neden?" sorularıyla sorgulamıştır. Bunun sonucunda; drenaj yoğunluğu, yüzeysel akış, dere frekansı gibi özellikleri sayısallaştırarak morfometrik tanımların temelini atmış ve ilk defa akarsuların sınıflandırılarak incelenebileceği fikrini öne sürmüştür.

Su toplama havzalarının karakteristik özelliklerini ve morfolojik süreçlerini anlamak konusunda çalışmalar yapan Horton (1932 ve 1945)'un çalışmalarını bir adım ileri götüren Strahler (1952) de hipsometrik eğrinin tanımını yapmıştır. Horton (1932 ve 1945)'un ortaya atmış olduğu yöntemi Strahler (1952, 1957, 1964) tekrar düzenlemiş, böylece bütün derelerden ziyade derelerin segmentlerini (en küçük kollarını) sıralamıştır. Strahler yöntemi olarak da bilinen bu yöntemde yan kolu olmayan fakat küçük de olsa akışı olan bir dere kolu (segment) 1. dizin olarak isimlendirilmiştir. İki tane 1. dizin birleşmesiyle 2. dizin, iki tane 2. dizinin birleşmesiyle 3. dizin oluşur ve bu böyle devam eder. Bu sistemde daha küçük bir

dizin kendisinden büyük bir dizinle birleşince dizin değerinde bir artış olmaz. Melton (1957)'de iklim ile morfolojik özellikler arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuş ve engebellik değeri formülünü üretmiştir. Strahler (1964) tarafından geliştirilen yöntem, Shreve (1966, 1967) tarafından tekrar ele alınmış ve Shreve Magnitude (Shreve Büyüklük) olarak isimlendirilen yeni bir yöntem ortaya konmuştur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Strahler'e göre derecelendirme

Bu yöntemde bir dizin kendisinden önceki dizinlerin toplamı şeklinde bir dizilişe sahiptir. Dolayısıyla havzanın aşağı kesimindeki 1. dizindeki bir segment, birleştiği yukarı havzalardan toplanarak gelmiş bir n büyüklüğündeki dizine katılarak bu dizinin değerini $n+1$ yapar ve büyütür. Scheidegger (1968) ise iki dere dizinleme yönteminin karşılaştırmasını yapıp havza karakterini temsil etme derecelerini ortaya koymuştur.

Jeomorfoloqlar yağış-akış arasındaki ilişkinin araştırılmasında Shreve Büyüklük yöntemini daha kullanışlı bulmuşlardır. Morfometrik analizleri ilk olarak iki kapsamda inceleyen Evans (1972), morfometriyi genel ve özel olarak ayrı iki sınıfta ele almıştır. Araştırmacıya göre özel morfometri ayırık yüzey özelliklerini ele alırken, genel morfometri sürekli yüzey özelliklerini incelemektedir. Yer şekillerinin morfometrisi, dijital veri kullanılsa da, kantitatif jeomorfolojinin önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir (Pike vd., 2009). Morfometrik akarsu hidrograflarını hesaplama, toprak erozyonu tahmini, toprak kayması duyarlılığı, yeraltı suyunun hareket tahmini, topografyanın görselleştirilmesi gibi sayısız

problemlerin çözümünde yer bilimlerine ve mühendislik alanlarının kullanabileceği güvenilir metotlar üretilmiştir (Florinsky, 1998; Hogdson, 1998).

Chorley (1972), jeomorfolojideki mekânsal analizleri bir araya toplayan bir kitap yazmıştır. Patton (1976), morfometri ve taşkın konulu ilk yayını yazmıştır. Daha sonra Keller ve Pinter (1996) ve Pike (2009)'ın yayınladığı kitaplar morfometrinin geçmişi ve uygulamalarını bir araya toplamıştır.

Birçok araştırmacı ve/veya jeomorfolojist havza morfometrisine ait parametreleri çalışmalarında kullanmış ve önemine vurgu yapmışlardır. Bunlardan bazıları, Horton (1945), Strahler (1952, 1957, 1964), Leopold ve Miller (1956), Morisawa (1959), Mark (1975), Verstappen (1983), Abraham (1984), Baumgardner (1987), Patton (1988), Krishnamurthy vd. (1996), Turoğlu (1997), Kumar vd. (2000), Macka (2001), Hoşgören (2001), Ritter vd. (2002), Reddy vd. (2004), Özdemir ve Bird (2009), Özdemir 2011, Günek vd. 2013, Farhan (2016), Avcı ve Kıranşan (2017), Farhan (2017), Akay ve Koçyiğit (2018), Elbaşı ve Özdemir (2018), Utlı ve Özdemir (2018)' dir.

Morfometrik çalışmalar, akarsuların değişik özelliklerinin ölçülmesiyle değerlendirilmelerini içerirler (Doornkamp ve Cuchlaine, 1971; Strahler, 1957). Ülkemizde havza özelliklerinin ve taşkın risklerinin ortaya konması ve farklı konularda yapılan çalışmalarda destekleyici veriler üretilmesi amacıyla morfometrik analizler kullanılmıştır. Fakat bu çalışmalar bir veya birkaç havzayı inceleyen, lokal çalışmalar şeklindedir (Erginal ve Cürebal, (2007); Karabulut vd., (2013); Özdemir ve Bird (2009)). Bu çalışmalara; Erol ve İlhan (2006) Aksu havzasını morfometrik özelliklerini, Elbaşı ve Özdemir (2018) Marmara Denizi akarsu havzalarını, Erol Görür ve Karadeniz (2018) Eğirdir Gölü havzasının morfometrik özelliklerini ortaya koymuşlardır.

2.3. Çalışmada Değerlendirilen Morfometrik Parametreler

2.3.1. Havzanın alanı (A)

Havza alanı (A), havzanın büyüklüğünün bir ifadesi olarak kullanılmaktadır. Havzadaki her bir dere kolunun açtığı vadiler belli bir düzen içerisinde birbirleri ile ilişki halinde olup, havza alanının büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir (Karataş, 2017). Diğer bir ifadeyle, havza alanının büyük ya da küçük olması havzadaki akış durumu ve erozyon olgusu üzerinde doğrudan belirleyici rol oynamaktadır (Kutukcu vd., 2015). Benzer şekilde, Strahler (1957)'de havza alanlarının kıyaslanmasıyla ulaşılabilecek yorumların daha anlamlı hale gelmesi için söz konusu karşılaştırmanın dere sırası ve uzunluğunun esas alınarak yapılmasının doğru olabileceğini savunmaktadır. Böylece, yapılacak karşılaştırmanın, akarsu vadilerinin şekillenmesinde ve erozyon olgusunun meydana gelmesinde göstereceği farklılıklar daha net olarak anlaşılabilir. Bu ve benzeri sebeplerden dolayı havza alanının bilinmesi morfometrik çalışmalar açısından büyük öneme sahiptir. Ancak, havzaların su toplama alanı ile hidrografik havza sınırlarının farklılıklar gösterebileceği de göz önüne alınmalıdır (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018).

2.3.2. Havza çevresi (P)

Havza büyüklüğü ve şeklinin hesaplanmasında önemli bir parametre olan havza çevresi, havzanın sınırını gösteren çizginin uzunluğudur (Kutukcu vd., 2015). Karataş (2017)'a göre havzanın çevre uzunluğu, kapladığı alan ile birlikte su bölümü çizgisinin geçtiği güzergâhın girinti-çıkıntı miktarı, dolayısıyla da havzanın su bölümü hattındaki engebe durumu hakkında fikir vermesi bakımından yardımcı bir parametredir.

2.3.3. Dere sırası ve sayısı

Dere sırası ve sayısı dere sistemindeki hiyerarşik sıralamayı ifade eder. Bu parametreleri sayısallaştırmak amacıyla, dere kolları belirlenmiş ve dere sırası numaraları verildikten sonra belirlenen her bir derece için dere sayıları elde edilmiştir. Morfometrik analizin ilk belirlenen parametresi olan dere sırası ve

sirasında izlenen temel kural, toplam dere sırası artarken toplam dere sırası sayısının azalmasıdır (Horton, 1945; Strahler, 1964; Farhan vd., 2017; Rai vd., 2018).

Dere sırası ve sırasındaki değişim büyük ölçüde havza alanının jeolojik yapısı ve morfolojik özellikleri ile ilgili (Farhan vd., 2016; Kuntamalla vd., 2018) olup, havza büyüklüğüne ilişkin bilgi vermektedir. Benzer şekilde, alanın fizyografik ve yapısal özellikleri de dere sırası ve numarasına etki eden önemli faktörlerdir (Rai vd., 2018). Akarsu derelerindeki değişimin; akımın yüksek rakımlardan oluşmasından, ana kaya özelliklerindeki değişimlerden ve orta derecedeki dik yamaçlardan kaynaklandığını (Strahler, 1964) göstermektedir.

2.3.4. Dere uzunluğu (Lu)

Yapılan çalışmalarda dere uzunluğunun dere sırası arttıkça azaldığı ve birinci dereceden derelerde dere uzunluğunun maksimum olduğu (Horton, 1945; Strahler, 1964; Farhan vd., 2017; Rai vd., 2018) belirlenmiştir.

Dere uzunluğu, bir akışın kaynağından drenaj bölmesine kadar ölçülür. Lu, drenaj şebekesi elemanlarının özelliklerini ve havza yüzeylerini anlamak için kullanılan boyutlu bir parametredir. Akarsu ağlarının morfometrik özelliklerini sayısal olarak ilk kez Horton (1945) incelemiş ve “drenaj kompozisyonu” olarak isimlendirilen farklı büyüklükteki dereler arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ifade edilebileceğini göstermiştir. Horton'un dere uzunluğu kanunu, geometrik benzerliğin genellikle dere sırası arttıkça havzada düzenin korunduğu teorisini desteklemektedir (Strahler, 1964).

Bir akarsu havzasına bakıldığında ilk dikkati çeken özellikler, havza içindeki akarsu ve kolları, havzanın şekilsel özellikleri ve minimum-maksimum yükseklikleridir. Sadece bu özelliklerine bağlı olarak havzaların genel morfolojik karakterleri hakkında bilgi sahibi olmamız mümkündür. Örneğin, akarsu ağının çok fazla olması, havzanın geçirimsiz bir zemine sahip olduğu, eğiminin fazla olduğunu veya bitki örtüsünden yoksun olduğunu; havza şeklinin dairesel olması, ana akarsu koluna yan kollardan suların daha geç bir sürede katılacağını göstermektedir (Özdemir, 2011). Zeminin daha az geçirgen olduğu yerlerde, daha çok sayıda küçük akış uzunluğu

oluşturur (Asode, 2016). Uzunlamasına olan havzalarda dere derecelerinin uzunluklarının toplam ve ortalama değerleri, dairesel havzalara oranla daha az olmaktadır. Bu da suyun daha az tutulduğunun hızlı bir şekilde drene olduğunun bir göstergesidir. Dairesel havzalarda tutulma ve ana kolda birikim daha fazladır (Özdemir, 2011).

2.3.5. Drenaj yoğunluğu (Dd)

Temel akarsu uzunluğu olarak kabul edilen drenaj yoğunluğu (Dd), dere akışı hakkında sabit olmayan yorumları belirgin ve ayrıntılı açıklanabilen bir duruma getirmiştir (Tarboton vd., 1992; Elbaşı, 2015). Horton (1945), drenaj yoğunluğunun doğru hesaplanabilmesi için topografik haritalarda yer alan ve dere kollarını temsil eden mavi çizgilerin toplam uzunluklarının havza alanına bölünmesi gerektiğini belirtmiştir (Eşitlik 3.1). Buradaki amaç, birim alandaki akarsu uzunluğunu belirlemektir (Dury, 1964; Atalay, 1986; Turoğlu, 1995; Erinç, 2000; Cürebal, 2003-2004). Öte yandan drenaj yoğunluğu, havzanın akarsular tarafından parçalanma derecesini göstermektedir (Ongley, 1974; Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004; Macka, 2001, Rodriguez-Iturbe ve Rinaldo, 2001; Özdemir, 2011). Birden fazla faktörün birbirleriyle etkileşiminin bir sonucu olduğu gibi kendisi de tek başına yüzeysel akış, havzadaki su ve sediment taşınımı hakkında ipuçları vermektedir (Macka, 2001; Malik vd., 2011; Erol Görür ve Karadeniz, 2018).

Yüzeyin akarsular tarafından parçalanma oranını ortaya koyan drenaj yoğunluğu, birden fazla faktörün birbirleriyle etkileşiminin bir sonucu olduğu gibi kendisi de tek başına akarsuların su ve sediment taşınımı hakkında ipuçları vermektedir. Drenaj yoğunluğunu belirleyen etmenler arasında iklim, bitki örtüsü, toprak ve kayaç yapısı, relief özellikleri, aşınım ve birikim süreçleri bulunmaktadır (Malik vd., 2011). Düşük Dd değerine sahip havzalarda yüzeysel suların yer altına sızdığı, yüksek Dd değerine sahip havzalar ise yüzeysel akış ile parçalanmanın fazla olduğu havzalardır (Özdemir, 2011). Sunkar ve Avcı (2015) ve Verstappen (1983)'de drenaj yoğunluğunun havzaların akarsular tarafından yarıma oranını gösterdiğini belirtmektedirler.

2.3.6. Dere sıklığı (F_s)

Birim alana düşen akarsu kolu sayısını gösteren dere sıklığı, drenaj yoğunluğunda olduğu gibi havza alanına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Eşitlik 3.2). Bu yüzden tek başına bir anlam ifade etmemektedir (Strahler, 1964; Malik vd.,2011; Erol Görür ve Karadeniz, 2018). Bunun nedeni havza boyutları ile birlikte havzaların sahip olduğu küçük kolların sayısında ciddi değişiklikler olmasıdır. Buna rağmen, yüksek F_s değeri genel olarak geçirgen olmayan zemin özelliklerini, seyrek bitki örtüsünü ve yüksek relief özelliklerini gösterirken, düşük değerleri ise geçirgen olan jeolojik özellikleri ve alçak topografya özelliklerini temsil etmektedir (Reddy vd., 2004; Özdemir ve Bird, 2009; Özdemir, 2011). Sunkar ve Avcı (2015) yaptıkları çalışmada 3.5' ten yüksek bulunan dere sıklığı değerini çok yüksek olarak değerlendirmişlerdir.

Bir havzanın dere sıklık derecesi, birinci derecede oluşumundan itibaren geçen zamanın uzunluğuna daha sonra yağış, alanın eğimi ve geçirimsizlik özelliklerine bağlıdır (Erinç ve Bilgin, 1956; Scheidegger, 1961; Chorley, 1971; Erinç, 2000; Knighton, 1996; Turoglu, 1997; Cürebal, 2003; Cürebal, 2004).

2.3.7. Çatallanma oranı (R_b)

Çatallanma oranı (R_b), Horton (1932) tarafından geliştirilen, Strahler akarsu dizin metodunu (Strahler, 1957) kullanan bir morfometrik orandır. Horton'un akarsu dizin numaraları yasasına göre, ideal bir havzanın R_b değeri 3 olmalıdır (Horton, 1945; Scheidegger, 1968). Pike (2009)'e göre her nehir bir ana akışı besleyen yan kollardan oluşur, her kol kendi büyüklüğüyle orantılı bir vadide akar ve bu akışların tamamı vadi sistemlerini oluşturur ve akışlar birbirleri ile etkileşim halindedir. Her akarsu kolu sonunda, ana kanala ulaşır ve bu kolların ana kol üzerindeki etkisi kendi büyüklükleriyle orantılıdır. R_b , havzalardaki dere derecesi sayılarına bağlı olarak değişik çıkabilmektedir. Çıkan sonuçların değerlendirilmesi, sabit bir değer üzerinden olmayıp, daha çok farklı havzalara ait sonuçların karşılaştırılmasıyla anlam kazanır.

Örneğin düşük R_b değerine sahip havzalarda akımlara ait hidrograflar daha keskin ve yüksek olurken, yüksek R_b değerine sahip havzalarda ise daha düşük ve devamlı

olabilmektedir (Strahler, 1964). Çatallanma oranının bilinmesi havzaların topografyasının ve arazinin parçalanma şiddetinin hangi ölçüde olduğunu ortaya koymaktadır (Horton, 1945). Ayrıca belirli bir dizindeki çatallanma oranı kendisinden bir sonraki dizinin çatallanma oranından farklıdır ve bu fark dizinin çatallanması üzerinde güçlü bir şekilde jeolojik koşulların egemen olduğu alanların dışındaki havzalarda düşük olduğu ifade edilmektedir (Strahler,1957). Düşük çatallanma oranına sahip havzaların strüktürel özelliklerden etkilenmediği ve drenaj özelliklerinin strüktürel düzensizliklerden kaynaklanmadığı kabul edilmesine rağmen göreceli olarak homojen litolojilerin yer aldığı alanlarda çatallanma oranının <3 , >5 olduğu belirtilmektedir (Huggett, 2010). Çatallanma oranı havzadaki akım hakkında da bilgi vermektedir. Yüksek çatallanma oranının olduğu havzalarda daha çok sel karakterli akımlar, düşük çatallanma oranının olduğu havzalarda taşkın karakterli akımlar görüldüğü ifade edilmektedir (Özdemir, 2007). Araştırmacının çalışma yaptığı havzada çatallanma oranı 1.7 olarak hesaplanmıştır. Buna göre çatallanma oranı değerlerinin düşük olması, havzada sel karakterli akımlardan ziyade, taşkın karakterli akımların görüldüğü anlamını taşımaktadır.

2.3.8. Form faktörü (Rf)

Havza şekli, yağışla toplanan suyun pik debilerini ve taşkın gibi hidrografik özelliklerini değerlendirmek için kullanılmaktadır (Özhan, 2004). Form faktörü (Rf); havza alanının havza uzunluğunun karesine bölünerek elde edilmektedir (Eşitlik 3.3). Rf havza alanı ile uzunluğu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Havza şekli, suyun konsantrasyon zamanını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Form faktörünün düşük değerler (0'a yaklaşan) aldığı havzalar, dar ve uzun havzalar olarak nitelendirilmektedir. Bu tip havzalarda suyun toplanma süresi daha uzun olacağı için daha düşük akımlar oluşmaktadır (Horton, 1932).

Yüksek form faktör değerine (1'e yaklaşan) sahip havzalar ise daha kısa veya orta uzunlukta, yani daireselliğe yaklaşan havzalar olarak nitelendirilir (Horton, 1932; Kutukcu vd., 2015). Yani yüksek form faktörü değerlerinin görüldüğü havzalarda; yan kolların boyu uzun olduğu için, yüzeysel akışa geçen sular ana kola daha geç ulaşacaktır. Fakat yan kolların boyu uzun olduğu için akım yüksek olacaktır. Düşük form faktörünün görüldüğü havzalarda yan kollardan gelen yüksek akımlarla ana

akarsu üzerinde kısa süreli fakat çok yüksek akımlar görülecektir (Biswas vd. 1999; Reddy vd., 2004). Şekli dairesele yakın olan havzalarda, toplanma zamanı kısa olacağından, kısa sürede yüksek akımlar oluşacaktır (Bishop ve Victoria, 2001; Kutukcu vd., 2015; Veeranna vd., 2017).

2.3.9. Şekil faktörü (Rs)

Şekil faktörü ise havza uzunluğunun karesinin havza alanına oranlanmasıyla bulunmaktadır (Özhan, 2004). Şekil faktörü form faktöründe olduğu gibi havza alanı ile uzunluğu arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Eşitlik 3.5). Bu değer 1'den büyük bulunması havzanın uzunlamasına bir şekli olduğunu, 1' den küçük çıkması ise dairesel bir şekil aldığını göstermektedir (Erol ve İlhan, 2011; Erol Görür ve Karadeniz, 2018).

2.3.10. Dairesellik oranı (Rc)

Dairesellik oranı (Rc), havza uzama oranı ile birlikte havzanın şeklini anlayabildiğimiz önemli alansal morfometrik parametrelerdendir. Havza alanının, havzanın çevre uzunluğuna eşit çevre uzunluğuna sahip bir dairenin alanına oranlanması ile elde edilir (Eşitlik 3.6). Havza alanının aynı dairesellikte olup olmadığını gösteren bir orandır. Değer 1'e yaklaştıkça dairesellik artar (Özhan, 2004).

Alanı havza alanına eşit bir dairenin çapının, havza uzunluğuna oranı ile bulunan bu değer 1'e eşit veya 1'den küçük olmaktadır (Özhan, 2004). Havza şeklinin dar veya geniş olduğunu gösteren bir parametredir. Çok değişik iklim ve jeolojik özellikler gösteren bölgelerde bu oranın 0.6-1.0 arasında değiştiği, 1 olmasının ise alçak topografyayı temsil ettiği, ancak 0.6-0.8 arasındaki değerlerin genellikle dik ve sarp bir topografik durumu gösterdikleri (Balcı ve Özyuvacı, 1988) ifade edilmektedir. Benzer şekilde, uzama oranı 0.43-0.83 arasında olan havzaların yüksek topografik koşullara sahip oldukları ve dik eğimli oldukları belirtilmektedir.

2.3.11. Uzama oranı (Re)

Alanı havza alanına eşit bir dairenin çapının, havza uzunluğuna oranı ile bulunan bu değer 1'e eşit veya 1'den küçük olmaktadır (Özhan, 2004). Havza şeklinin dar veya geniş olduğunu gösteren bir parametredir. Çok değişik iklim ve jeolojik özellikler gösteren bölgelerde bu oranın 0.6-1.0 arasında değiştiği, 1 olmasının ise alçak topoğrafyayı temsil ettiği, ancak 0.6-0.8 arasındaki değerlerin genellikle dik ve sarp bir topografik durumu gösterdikleri (Balcı ve Özyuvacı, 1988) ifade edilmektedir. Benzer şekilde, uzama oranı 0.43-0.83 arasında olan havzaların yüksek topografik koşullara sahip oldukları ve dik eğimli oldukları (Panhalkar vd., 2012) belirtilmektedir.

Uzama oranı (Re), havzanın infiltrasyon kapasitesi ve yüzeysel akışı hakkında bazı bilgiler vermektedir. Bu değer 1'e yaklaşması durumunun havzanın dairesel bir şekle sahip olduğunu gösterdiği (Biswas vd., 1999) ifade edilmektedir. Düşük değerler, yüksek geçirimsizliğe ve düşük yüzeysel akış özelliğine işaret ederken, yüksek değerler erozif faaliyetlerin ve sediment taşınımının yüksek olduğu havzalara (Özdemir, 2011; Reddy vd., 2004) uymaktadır.

2.3.12. Kompaktlık katsayısı (Cc)

Gravelius'a (1914) göre, bir havzanın kompaktlık katsayısı (Cc), havzanın çevresinin, havzasının çevresine eşit olan dairesel alanın çevresine oranı ile bulunan bu değer 1'e eşit veya 1'den büyüktür (Özhan, 2004) (Eşitlik 3.8). Bu değer havzanın büyüklüğünden bağımsızdır ve sadece eğime bağlıdır.

2.3.13. Drenaj tekstürü (Rt)

Drenaj tekstürü (Rt), drenaj hatlarının göreceli aralıklarının olduğu anlamına gelen jeomorfoloji kavramlarından biridir. Drenaj tekstürü altta yatan litoloji, infiltrasyon kapasitesi ve arazinin rahatlatma yönü üzerindedir. Rt, o alanın çevresindeki tüm derelerin toplam akış segmenti sayısıdır (Eşitlik, 3.9).

Smith (1950) sınıflandırmasına göre, düşük değerler yüksek geçirgenlik ve düşük yüzeysel akışın olduğu havzaları, yüksek değerler ise düşük geçirgenlik ve yüksek yüzeysel akışların olduğu havzaları temsil eder.

2.3.14. Tekstür oranı (T)

Havzanın morfolojik özelliklerinin havza hidrolojisine etkilerini değerlendirmek amacıyla incelenmesi gereken önemli parametrelerden biri de tekstür oranıdır. Strahler yöntemine bağlı olarak oluşturulan bu yöntem havzadaki jeolojik özelliklere, yüzeyin geçirimsizliğine, bakı durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu yöntem 1. derecedeki toplam dere sırası sayısı ile havzanın çevre uzunluğu arasındaki orandır (Eşitlik 3.10). Bu oranın yüksek çıkması, ana akarsu koluna su gönderen 1. derecedeki dere kollarının fazla olduğunu, bu oranın az çıkması ise bu kolların az olduğunu gösterir. Bu değer yüksek olması havzaya düşen yağışın yüksek bir oranda derelerden akışa geçtiği anlamına gelmektedir (Verstappen, 1983; Reddy vd.,2004).

2.3.15. Gravelius indeks (Kg)

Bu indeks, havzaların dairesel ya da uzunlamasına olup olmadığını belirleyen indekslerden biridir (Gravelius, 1914). Bu indeks sonuçlarına göre değer büyüdükçe havza uzunlamasına bir şekil göstermektedir. Gravelius İndeks değerinin büyüklüğü nispetinde havzadaki aşınım faaliyetleri üzerinde topografyanın etkisinin fazla olduğunu (Özdemir, 2011, Karataş ve Ekinci, 2013) söylemek doğru olabilir. Ajay vd., (2014)' ye göre bu değer küçük olması havzanın dairesel bir görünümde olduğunu ortaya koyarken, değer yüksekliği sahanın uzunlamasına bir görünümde ve yüksek erozyon potansiyeline sahip bir alan olduğunu gösterebilir. Ayrıca Özdemir (2011), Gravelius indeks parametresinin havza şekillerine bağlı olarak akım hidrograflarına etki ettiğini ve uzunlamasına havzalarda hidrograf düşük fakat devamlı iken, dairesel havzalarda pik hidrograflar görülmekte olduğunu belirtmiştir.

2.3.16. Havza reliefi (Bh)

Havza reliefi (Bh), havzadaki maksimum ve minimum yükselti değerleri arasındaki farka göre belirlenmektedir (Keller ve Pinter, 2002). Birimi metre olan Bh, önemli morfometrik parametrelerden birisidir. Bh özelliklerinin ve havza eğiminin hidrolojik parametre olarak önemi bilinmektedir (Sherman, 1932; Horton, 1945; Strahler, 1964; Baker vd., 1988). Relief değerlerinin arttığı sahalar daha dik yamaçlara ve yüksek yatak eğimlerine, bunun bir sonucu olarak düşük akım toplanma zamanına ve yüksek taşkın piklerine sahiptir. Yüksek relief düşen yağışın kısa sürede yüzeysel akışa geçmesini sağlamaktadır. Ayrıca havza reliefi havzalardaki drenaj gelişimi, yüzeysel ve yeraltı su akımları, geçirgenlik, arazi yüzeylerinin gelişimi ve erozif faaliyetler açısından önemli bir rol oynar (Baker, vd., 1988; Özdemir, 2011; Sunkar ve Avcı, 2015).

2.3.17. Relief oranı (Rh)

Relief oranı (Rh), havzalardaki erozyon ve taşınan sediment miktarı üzerinde etkili olmaktadır. Bunun dışında, havzada erozyonla taşınan malzeme miktarı üzerinde iklim ve bitki örtüsü de etkili olan önemli faktörlerdendir. Havzaların relief oranının yüksek olması, sel ve taşkınların çok sık görülmesine neden olmaktadır. Schumm (1956), 7 drenaj havzasına ait verileri kullanarak relief oranı ile drenaj yoğunluğu, akarsu yatak eğimi, uzunluk oranı ve asılı yük arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Relief oranı, havzanın maksimum yükseklik değeri ile ana akarsuyun maksimum yüksekliği arasındaki farkın çok az olduğu havzalarda, ana akarsuyun eğiminin tahmininde de kullanılabilir (Zavoianu, 1978).

2.3.18. Engebililik değeri (R_n)

Engebililik değeri (R_n), drenaj yoğunluğu ve rölyefin ortak ürünüdür (Eşitlik 3.14) ve yüzeysel akış, sızma kapasitesi ve havzadaki aşındırma ve etmen süreçleri hakkında bilgi vermektedir (Özdemir, 2007; Reddy vd., 2004). Boyutsuz bir tanım olması sebebiyle farklı alanlardaki havzalarla karşılaştırılması rahatlıkla yapılabilmektedir. Yüksek oranda yarılmış havzalar, alçak relief özelliklerini gösterirken, daha az yarılmış engebili olan havzalar ise yüksek relief özelliği

göstermektedir. Drenaj havzasının engebелilik değeri arttıkça, havzalardaki erozyon faaliyetleri ve pik akımlarda artış meydana gelmektedir (Melton, 1957; Özdemir, 2011). Engebелilik değeri, yüksek drenaj yoğunluğu değeri ve alçak rölyefe sahip havzalar ile düşük drenaj yoğunluğu değeri ve yüksek rölyefe sahip havzalarda yakın değerler vermektedir. Yüksek değerin olduğu alanlar, su kaybının fazla olduğu ve yüzeysel akış için şartların uygun olmadığı alanları göstermektedir (Baker vd., 1988).

Yüksek taşkın riskine sahip havzalar genel olarak yüksek R_n değerine sahip, iyi drene olmuş, vadi yamaçlarındaki yüzeysel akış minimum düzeyde ve yüksek artmaktadır (Özdemir ve Bird, 2009; Özdemir, 2011; Patton ve Baker, 1976).

2.3.19. Hipsometrik eğri

Hipsometrik eğri bir kara parçasının yüksekliğinin dağılışını tanımlar. Drenaj havzası bir içbükey bir de dışbükey özellik gösteren hipsometrik eğriye sahiptir (Scheidegger, 1961). Hipsometrik eğri bir bölgenin yükseklik dağılımını gösterir. Hipsometrik eğrilerin yapımında alan ve yükseklik, toplam alan ve toplam yüksekliğin bir fonksiyonu olarak hesaplandığı için hipsometrik eğri havzanın boyutu ve yüksekliğinden bağımsızdır (Bilgin, 2001). S-şekilli eğriler orta ölçüde erozyonu ifade ederken, konkav eğriler göreceli olarak daha yaşlı ve yüksek derecede erozyona uğramış havzaları temsil etmektedir (Keller ve Pinter, 2002).

Yüksekliğin havza içerisindeki dağılımını gösteren hipsometrik eğri (hipsografik eğri), aşınım süreçleri ve havzanın evrimi hakkında önemli deliller göstermektedir. İki temel formu bulunan hipsometrik eğrinin en temel formu ölçülmüş kesin ölçüler kullanılarak belirlenmektedir. Bu formda ordinatta yükselti basamakları metrik olarak çizilirken; apsiste verilen yüksekliğin üzerinde kalan alanlar metre-kare cinsinden çizilmektedir. Bu metot kümülatif bir eğri üretmekte ve her nokta o yüksekliğin üzerindeki alanı temsil etmektedir. Erozyonal faaliyetlerin bölgeler arasındaki farkları incelenmek istediğinde hipsometrik eğrinin bu biçimi bazı eksiklikler ortaya koymaktadır. Kesin ölçüler kullanılan bu biçimde farklı alanlara ve yükseltilere sahip havzalarda sonuçlar karşılaştırma ve yorumlama açısından zorluklar çıkarmaktadır. Bu yöntemin yerine oransal hipsometrik eğri yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem yükselti ve alandan bağımsız olarak tamamen boyutsuzdur (Özdemir, 2011; Strahler, 1952; Zavoianu, 1978). Hipsometrik eğri,

birçok farklı drenaj havzasının karşılıklı değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü bu özellikle, havzaların farklı büyüklük ve yükseklik özellikleri ortadan kaldırılmış ve normalize edilmiştir (Strahler, 1952).

Hipsometrik eğri havzanın fizyografik yaşı hakkında bilgiler vermektedir. İç bükey eğriler havzanın büyük ölçüde aşındığını, yaşlılık evresinde olduğunu, akarsuların akımının ve buna bağlı olarak aşındırma gücünün azaldığını göstermekteyken; dış bükey eğriler havzanın aşındırma evresinin henüz başında olduğunu, akarsularının yüksek olduğunu ve güçlü aşındırma gücünü göstermektedir (Özdemir, 2011). Hipsometrik eğriler her zaman düzenli bir form göstermeyebilirler. Kimi havzalarda eğriler bazı noktalardan itibaren dikleşebilir veya ani şekilde yön değiştirebilir. Bu şekilde eğriler gösteren havzalar tektonik olarak aktif olabileceği gibi, farklı aşınım direncine sahip kayalardan oluşuyor olabilir. Hipsometrik eğrilerdeki bu düşüşler havzalarda su düşüşlerinin varlığı hakkında ipuçları da vermektedir (Elbaşı ve Özdemir, 2018).

2.3.20. Hipsometrik integral (H_i)

Hipsometrik integral ve topografyanın parçalanma derecesi, havzanın aşınım döngüsü içindeki safhasını ortaya koymasından önemlidir. “Gençlik” safhası yüksek yatak eğimlerine sahip akarsuların varlığını, derinliği deniz seviyesinden yüksekliğine bağlı olarak derelerin kanyon ve/veya “V” şekilli vadiler içinde akış gösterdiğini, topografyanın derin bir şekilde yarıldığı daha engebeli şekillerin hâkimiyetini, ani su düşüşleri ve şelâlerin varlığını, buna karşın taşkın ovasının olmadığı bir topografyayı ifade eder. “Olgunluk” safhası; drenaj ağının gençlik safhasına göre daha geliştiği, akarsuların vadilerini deniz seviyesine kadar aşındırdığı, mendereslerin ortaya çıktığı, buna bağlı olarak da birçok jeomorfik şeklin denge seviyesine ulaştığı topografyaları ifade eder. “Yaşlılık” safhası ise bütün ana akarsularda eğimin ortadan kalktığı, mendereslerin gerisi ve önünün tamamen taşkın ovası durumuna geçtiği, vadilerin oldukça geniş olduğu, eğimin ise çok azda olsa boyuna profillerdeki varlığı, vadi genişliklerinin menderes kuşağının genişliğinden oldukça fazla olduğu, su akım hızının oldukça düşük buna bağlı olarak sediment taşınımının oldukça sınırlı olduğu, topografyanın deniz seviyesine yaklaştığı ve morfolojik birimler arası geçişlerin daha yumuşak olduğu buna rağmen

de bazı aşınım artığı tepelerinde olabileceği “peneplen” topografya görünümünü ifade eder. Hipsometrik integral değerleri, havzaların SYM’lerine ait histogramından elde edilen minimum, maksimum ve ortalama yükseklik değerleriyle hesaplanır (Özdemir, 2011).

Hipsometrik eğri altında kalan toplam alandır ve çalışılan drenaj havzası için hipsometrik eğriyi karakterize etmenin en basit yoludur (Keller ve Pinter, 2002). İntegrali hesaplamada havzanın maksimum, minimum ve ortalama yükseklik değerleri kullanılır (Pike vd., 1971; Mayer, 1990).

2.3.21. İnfiltrasyon oranı (İ)

Bir havzanın infiltrasyon oranı (İ), drenaj yoğunluğunun ve akış frekansının ürünü olarak tanımlanır (Eşitlik 3.17) ve havzanın sızma özellikleri hakkında fikir verilir. İnfiltrasyon sayısı ne kadar yüksek olursa, sızma o kadar düşük olur ve yüzeysel akış yüksek olur. İnfiltrasyon sayısı ne kadar düşük olursa, sızma o kadar yüksek olur ve yüzeysel akış daha az olur (Pareta ve Pareta, 2011).

2.4. Morfometrik Özelliklerin Sayısallaştırılmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı

Havzalardaki arazi kullanımlarının ve insan faaliyetlerinin su üretim miktarı, su rejimi ve kalitesine etkileri birçok uluslararası araştırmayla ortaya konulmuş olup (Swank vd., 2001; Wei vd., 2003.), günümüzde kullanım alanı hızla yaygınlaşmaktadır. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi), hidrolojik modellemelerde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Havza düzenlemesine ilişkin daha doğru kararlar verebilmek ancak söz konusu havzanın tüm özellikleriyle bilinmesine bağlıdır. Bu bağlamda, havzaya ait verilerin toplanması, sayısal ortamda depolanması ve konumsal analizlere olanak sağlayacak şekilde sorgulanması için gerekli ortamların hazırlanması gerekmektedir.

CBS, bu anlamda kullanılan en etkili teknolojik araç olarak görülmektedir. Bilgisayar ortamında oluşturulan arazi modelleri, özellikle uydu görüntüleri ile desteklenen mevcut konum bilgileriyle, havza hakkında kullanıcılara çok yönlü

dinamik bir sorgulama ortamı sunmaktadır. Bununla birlikte CBS çevre sorunlarının çözümünde de etkili bir teknolojik araçtır (Yomralıoğlu ve Akça, 1999; Nişancı vd., 2007).

CBS, araziye dayalı uzaysal, alansal ve niteliksel bilgilerin, depolanması, bu bilgilere ulaşılması, analiz yapılması, değerlendirilmesi, değiştirilmesi ve kontrolünün sağlanması otomasyonu olarak tanımlayabileceğimiz bir sistemdir. Sistem, aslında bir bilgisayar yazılım ve donanımının insan bilgisiyle birlikte mantıklı yapılandırma teknolojisidir (Köse ve Başkent 1993).

CBS, son yıllarda, klasik arşivleme yöntemlerinin yetişemeyeceği kadar çok ve değerli türdeki verilerin yönetilmesinde kullanılan önemli bir araç olmuştur. Bunun yanında CBS' nin en önemli kullanım alanlarından birisi de coğrafi durumlara ilişkin olaylar üzerine "doğru kararların" verilebilmesine yardımcı olmasıdır. Çok değerli uygulama alanları bulunan CBS, 1990'lı yıllardan itibaren mekânsal unsurların geometrik ve mantıksal bilgilerini oluşturmak, bu bilgileri saklamak ve analiz etmek için karmaşık bir sistem olarak (Turoğlu, 2000) kullanılmıştır. Basit haritaların sayısal olarak hazırlanmasından karmaşık kararların alınmasına kadar olan değerli alanlarda insanlara karar vermede hizmet eden CBS, verileri konumsal verilere iyi bir şekilde bağlayabilme özelliği ile ormancılıkta da önemli bir kullanım alanına sahiptir (Başkent ve Jordan, 1991). CBS' nin havza yönetiminde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Havzadaki erozyonun tahmin edilmesi, toprak koruma, planlama ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı çalışmalarında çok geniş ve etkili bir yöntem olup, CBS teknolojisi kullanılarak daha etkin ve doğru veriler elde edilmektedir (Laflen vd., 1991). Havza yönetiminde kullanılan grafik ve öz nitelik bilgilerin elde edilmesi, kullanılması ve güncelleştirilmesi klasik yöntemlerle çok güç olmaktadır. Oysa CBS kullanılarak verilerin güvenilir ve hızlı bir şekilde elde edilmesi olanaklı olmaktadır (Burrough, 1990).

Havza planlama ile CBS arasında da güçlü bir bağ bulunmaktadır. CBS' inin havza yönetim planlarındaki kullanımı noktasal olmayan kaynaklarının değerlendirilebilen bir karasal sistem niteliğindedir. Bu nedenle, matematiksel modellerin kullanılmasında ve gerekli verilerin temin edilmesinde güvenilir araçlardır. CBS gelişmeleri de, bu araçların bütünleşik analizlerde kullanılması için geçmişe kıyasla

çok daha zengin olanaklar sunmaktadır. Havza alanları ile ilgili tüm doğal eşik özelliklerinin tespiti ve CBS oluşturulması için ilk çalışma olarak, tematik haritalar dijital ortamda, eş koordinat sisteminde ve yeterli hassasiyette derlenmektedir. Saha çalışmalarının da bulunduğu birçok tematik haritanın CBS' de çakıştırılması sonucu planlama aşaması başlamaktadır. Ayrıca saha çalışmaları ile güvenilirliği, hassasiyeti ya da çözünürlüğü düşük tematik haritalar ya da diğer veri kaynakları sıranabilir. Arazi kullanım ve uygunluk planlarının alan üzerinde tespitinin yapılması ve planlama çalışmalarının gerçekleşme durumunun incelenmesi de alan çalışmalarının ayrı bir işlevidir. Tüm verilerin kabul edilebilir bir güvenilirlikte ve yeterli sayıda derlenmesi tamamlandığında tercihen CBS altlığı kullanılarak bir veri tabanı oluşturulması ve zamana ve/veya mekâna bağlı veri sorgulanmalarının yapılabilmesi mümkün olmaktadır (Yüceil ve Göneç, 2006).

CBS'nin drenaj ağı morfometri çalışmalarında kullanımı, oluşturulan sayısal ve sözel veri tabanı yardımıyla günümüzde kullanıcıya ve araştırmacıya birçok kolaylık sağlamaktadır. Bu kolaylıklardan biri drenaj ağı ve özelliklerini kantitatif olarak belirlenmesi ve belirlenen bu kantitatif özelliklerin CBS teknolojisi yardımıyla güvenilir ve kesin olarak ortaya konmasıdır. Drenaj ağı morfometri çalışmalarında CBS'nin kullanımı ise oluşturulan sayısal ve sözel veri tabanı yardımıyla günümüzde kullanıcıya ve araştırmacıya birçok kolaylık sağlamaktadır. Bu kolaylıklardan biri Drenaj ağı ve özelliklerini kantitatif olarak belirlenmesi ve belirlenen bu kantitatif özelliklerin CBS teknolojisi yardımıyla güvenilir ve kesin olarak ortaya konmasıdır. Ayrıca oluşturulan veri tabanı doğrultusunda CBS teknolojisi kullanılarak; çatalanma miktarı, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, akarsu boyu ve boyuna profili gibi birçok hidrografik veriyi ortaya koyabilecek veri kaynakları oluşturma potansiyeline sahiptir. Bunun yanında CBS, havzalara ait morfometrik parametrelerin ve diğer ilişkili veri tabanlarının mekânsal analizlerinin güncellenmesi ve izlenmesinde etkili bir kullanıma sahiptir (Turoğlu, 1995).

2.5. Morfometrik Parametreler Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Erenbilge, (1996) Denizli Çürüksu havzasının hidrolojik yapısını CBS kullanarak ortaya çıkarmayı ve havza üzerine bir hidrolojik modelin uygulanmasını amaçladığı bir çalışmada bir yağış-akış modeli kullanmıştır. Bu çalışmada Çürüksu Nehrinin

1972 km²'lik drenaj alanında, havzanın hidrolojik yapısının oluşumunu etkileyen morfolojik parametreler analiz edilmiş, CBS yardımı ile elde edilen bilgiler ve CBS dışı yazılımlar ile birlikte kullanılarak modele uygulanmış, gözlenen ve hesaplanan akımlar arasında %72'lik korelasyon bulunmuştur.

Reddy vd., (2004) drenaj morfolojisini ve bunun toprak erozyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada yer verdikleri parametreler; toplam akış uzunluğu, çatallanma oranı, havza reliefi, sağlamlık numarası, drenaj yoğunluğu, dere frekansı, tekstür oranı, form faktörü, uzama oranı, kanal bakım sabitidir. Drenaj yoğunluğu ve çatallanma oranının yüksek olarak elde edildiği ve zeminin geçirimsiz topografyanın dik olduğu böylece yüzeysel akışın yüksek olduğunu ve havzada ciddi derecede erozyonun var olduğu belirlenmiştir.

Sreedevi vd., (2005) Pageru nehri havzasının drenaj özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmada birçok morfolojik parametreye yer vermişlerdir. Çalışmanın sonucunda kurak ve yarı kurak bölgelerde yüzey suyu ve yer altı sularından yararlanmak için havza planlama ve yönetiminin önemli olduğunu, morfolojik analiz çalışmalarının bu konularda çok fazla bilgi sağladığını belirtmişlerdir.

Cürebil ve Erginal (2007), havza gelişimini kontrol eden faktörleri ortaya koymaya amaçladığı bir çalışmada, havzanın jeolojik, topografik ve hidrografik özelliklerini incelemişlerdir. CBS yazılımı olan ArcGIS Desktop'un ArcMap programı üzerinde işlenen sayısal verilerden havzaya ait sayısal veri tabanını ve 3 boyutlu sayısal arazi modellerini elde etmişlerdir. Elde edilen morfolojik ve jeomorfolojik indis verileri, Mıhlı Çayı Havzasının gelişimi üzerinde Kazdağ yükselmesini kontrol eden neotektonik aktivitenin egemen olduğunu ortaya koymuşlardır.

Özşahin (2010), Güney Marmara Bölümünde Gönen Havzası sınırları içerisinde yer alan Sarıköy ve Kocakıran Dereleri havzalarını incelemiş ve jeomorfolojik özelliklerini morfolojik açıdan karşılaştırmalı bir şekilde açıklamıştır. Morfolojik analizde CBS yardımıyla sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş ve gerekli sayısal analizleri yapmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda elde edilen jeomorfolojik indis

verileri, havzaların jeomorfolojik özelliklerinin oluşum ve gelişimi üzerinde tektonik aktivite ile akarsu aşınım ve birikim faaliyetlerinin egemen olduğu belirtilmiştir.

Pareta ve Pareta (2011), drenaj alanındaki morfometrik parametrelerin değerlendirilmesinde uzaktan algılama ve ArcGIS uygulamasının geleneksel yöntemlerden daha uygun olduğunu ortaya koymak için bir çalışma yapmıştır. Yaptıkları çalışmada 85 morfometrik parametre hesaplamışlardır. Kullanılan morfometrik parametreler; dere sırası, sayısı, dere uzunluğu, havza alanı, havza çevresi, drenaj yoğunluğu, çatallanma oranı, tekstür oranı, form faktörü, şekil faktörü, uzama oranı, dairesellik oranı ve kompaktlık katsayısı bunların bazılarıdır. Havzada çatallanma oranı normal, zemin orta derecede geçirgen, kaba drenaj dokusuna sahip ve drenaj yoğunluğu orta derecedir. Tüm morfometrik parametrelerin analizlerine dayanarak; alanın akarsular tarafından erozyonel gelişiminin olgunluğun ötesinde ilerlediği ve litolojinin drenaj gelişiminde bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Erol ve İlhan (2011), yaptıkları çalışmada, Aksu havzasının yetişme ortamı koşullarını ve havzadaki erozyon riskini belirlemek için havzanın morfometrik parametrelerini analiz etmişlerdir. Böylece doğal kaynakların kullanımına ilişkin mevcut potansiyelin belirlenmesi ve bu doğrultuda havzadaki doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımına ilişkin çözüm önerilerinin geliştirilmesi sağlanmıştır. Çalışmanın sonucunda araştırma alanında erozyon riskinin yüksek olduğu, ancak günümüzde yoğun kullanımdan kaynaklanan sorunların olmadığı, bununla birlikte araştırma alanının havza ilkeleri doğrultusunda değerlendirilmediğinden su üretimi bakımından risk taşımakta olduğunu belirtmişlerdir.

Ali ve Khan (2013), arazi ve su kaynaklarının optimum ve sürdürülebilir kullanımı için Banas Nehri havzasının morfometrik özelliklerini hesapladıkları bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan morfometrik parametreler; dere sırası, dere numarası, dere uzunluğu, ortalama dere uzunluğu, dere uzunluğu oranı, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, dere frekansı, drenaj tekstürü, arazi akış uzunluğu, havza alanı, havza çevresi, akış frekansı ve infiltrasyon sayısı'dır. Yapılan çalışma sonucunda, Banas Nehri'nin morfometrik özelliklerinin; 5. dereceden dereye ve fazla sayıda birinci dereceden dereye sahip olduğu ve litolojisinin düzgün olduğu

ve yumuşak eğim derecesi gösterdiği, çatallanma oranının 2.54 olduğu olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmada, akışlar genellikle sistematik şekilde ve drenaj yoğunluğu yüksek bulunmuştur.

Dar vd., (2013), tektonik aktivitenin drenaj havzalarının jeomorfik evrimine etkilerini incelemek için Romushi havzasında morfometrik ve morfotektonik analizleri içeren bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada kullanılan parametreler; dağ cephesi kıvrımlılığı, drenaj havzası asimetrisi, çatallanma oranı, çizgisel analiz, nehir profili, akış uzunluğu ve jeomorfolojik haritalamadır. Bu çalışmada, çatallanma oranı 3.16 bulunmuş ancak jeolojik yapıların drenaj düzenini bozmadığı havzalarda bu oran 3.0 ile 5.0 arasında değiştiği belirlenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde, jeolojik geçmişte havzada zaman zaman yükselmeler olduğu ve erozyonun etkili olduğu ortaya konmuştur.

Kutuku vd., (2015), uzun bir vadi boyunca uzanan ve Ege denizine dökülen Büyük Menderes havzasının morfometrik analizini yapmışlardır. Çalışmada kullanılan morfometrik parametrelerden çatallanma oranının hesaplanmasında kullanılan akarsu toplanma alanları, akarsu yönü, akarsu dizinleri gibi verilerin elde edilmesinde ve akarsu drenaj ağı derinlik ve genişlik değişimini hesaplanmasında en önemli altlık 10 m mekansal znrlkl Sayısal Arazi Modeli verileri olmuştur. Yapılan çalışmada drenaj yoğunluğunun çok düşük, akarsu sıklık değerinin düşük ve tekstür oranı değerinden havza yapısının geçirgen bir yapıya sahip olduğu ve havzaya düşen yağışın direkt akışa geçmediği belirlenmiştir.

Paulinus vd., (2016), drenaj havzasının morfometrik özelliklerini ve diğer arazi kullanım/arazi dinamiklerini değerlendirmek amacıyla Güneydoğu Nijerya'nın Oguta bölgesindeki iki havzanın morfometrik analizini yapmışlardır. Njaba ve Orashi drenaj havzalarının çatallanma oranı sırasıyla; 1.80 ve 3.92, drenaj yoğunlukları 0.54 ve 0.5, relief oranları 0.0038 ve 0.00367, form faktörü 0.31 ve 0.189 olarak hesaplanmıştır. Form faktörü değerlerine göre, Njaba drenaj havzasının dairesel, Orashi drenaj havzasının ise uzunlamasına bir şekil gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada morfometrik özelliklerin drenaj havzalarının jeo-hidrolojik davranışlarını ve ani taşkınların değerlendirilmesinde paha biçilmez anahtar göstergeler olduğunu belirtmişlerdir.

Farhan vd., (2016), Ras En Naqb havzası ve alt havzaları için morfometrik analiz yaparak ani su taşkınlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada dere sırası, dere numarası, dere uzunluğu, ortalama dere uzunluğu, akış uzunluğu oranı, çatallanma oranı, form faktörü, uzama oranı, şekil faktörü, dairesellik oranı, drenaj tekstürü, dere frekansı, drenaj yoğunluğu, havza reliefi, relief oranı, sağlamlık oranı, diseksiyon indeksi bunlardan bazılarıdır. Bu parametrelerden çatallanma oranı 3.5-5 bulunmuş olup, havzada yapısal bozulmaların (yani faylanma ve canlanma) gözle görülür bir etkisinin olduğu ve drenaj ağlarının gençleşmesini gösterdiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, dairesellik oranları 0.177 - 0.704 arasında olup, bazı alt havzaların dairesel olduğu ve bazılarının da şeklinin uzunlamasına olduğu belirlenmiştir. Morfometrik analiz ve ani taşkın değerlendirmesi sonucunda, on havzanın (% 83.3) yüksek ve orta taşkın duyarlılığı altında sınıflandırıldığını ve hatalı erozyonel şev çalışmalarının taşma açısından daha tehlikeli olduğunu belirtmişlerdir.

Oruonye vd., (2016), yaptıkları bir çalışmada drenaj havzasının morfometrik parametrelerini ve bunun hidrolojik ve jeomorfik süreçlere etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, havzanın form faktörü 0.19, dairesellik oranı 0.5, drenaj tekstürü 0.3, dere frekansı 0.11, drenaj yoğunluğu 0.389, çatallanma oranı 3.85 ve akış uzunluğu oranı 0.13 bulunmuştur. Drenaj yoğunluğu, çatallanma oranı ve dairesellik oranı değerlerine bakıldığında havzanın yumuşak bir eğime, uzunlamasına bir şekle ve çok geçirgen bir ana kaya yapısına sahip olduğu belirlenmiştir.

Muhtamilselvan ve Dhivya Sri (2017), yaptıkları çalışmada morfometrik parametrelerden; dere sırası, dere numarası, çatallanma oranı, dere uzunluğu, havza alanı, form faktörü, uzama oranı, dairesellik oranı, drenaj yoğunluğu, dere frekansı, infiltrasyon sayısı ve drenaj tekstürü değerlerini belirlemişlerdir. Morfometrik analiz sonucunda, Sweta havzasında dereler 6. dereceye kadar dallanma yapmış olduğu drenaj yoğunluğunun 1.9, akış frekansının 2.26, çatallanma oranının normal havza şekline giren 3 ila 5.33 arasında değişmekte olduğu belirlenmiştir. Ayrıca infiltrasyon sayısı 4.10 bulunmuştur. Bu değer düşük olduğu için havzada infiltrasyonun yüksek olduğu ve yüzeysel akışın az olduğu belirtilmiştir.

Raut vd., (2017), Gilgit havzasının morfometrik ve hidrolojik özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmalarında morfometrik parametreleri üçe

ayırılmışlardır. Bunlar; a) çizgisel morfometrik parametreler (dere sırası, dere numarası, dere uzunluğu, dere uzunluğu oranı, çatallanma oranı, ortalama çatallanma oranı), b) relief morfometrik parametreleri (sağlamlık numarası, havza reliefi, relief oranı, eğim derecesi, eğim oranı) ve c) alansal morfometrik parametreler (drenaj yoğunluğu, dere frekansı, dairesellik oranı, uzama oranı, drenaj tekstürü, yüzeysel akışının uzunluğu, hipsometrik integral)' dir. Havzanın drenaj yoğunluğu 0.50 olarak bulunmuş ve iyi drene bir havzayı gösterdiği belirtilmiştir.

Khanday ve Javed (2017) de yaptıkları çalışmada morfometrik parametrelerden yararlanarak yaptıkları çalışmada; dere sırası, dere uzunluğu, ortalama dere uzunluğu, dere uzunluğu oranı, çatallanma oranı, ortalama çatallanma oranı, relief oranı, dere frekansı, drenaj tekstürü, drenaj yoğunluğu, kıvrımlılık indeksi, form faktörü, dairesellik oranı, uzama oranı ve havza eğimi parametrelerini kullanmışlardır. Bu çalışmada morfometrik analiz sonucunda bazı alt havzalarda yüksek drenaj yoğunluğu, geçirimsiz zemin, dağlık araziye sahip seyrek bitki örtüsü görülürken bazı alt havzalarda geçirimli zemin, düşük drenaj yoğunluğu ve alçak relief oranı olduğunu belirlenmiştir. Yedi alt havzanın form faktörü, uzama oranı ve dairesellik oranı, havzaların uzun biçimli olduğunu, dört alt havzanın erozyona karşı yüksek duyarlılık gösterdiğini ve üç alt havzanın yüksek sızma kapasitesine ve düşük akış kapasitesine sahip olduğunu söylemişlerdir.

Avcı ve Kıranşan (2017), Darköprü Deresi Havzası'nın tektoniğinin morfolojiye yansımalarını morfometrik analizlerle araştırmışlardır. Çalışmada Darköprü Deresi Havzası'nda tektoniğin morfolojiye yansımalarını belirlemek için kullanılan morfometrik parametreler; eğim, nispi relief, hipsometrik eğri, hipsometrik integral ve drenaj havzası asimetrisidir. Bu çalışmada da morfometrik analizler, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinde uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre havzanın hipsometrik eğrisi dışbükey görünüm sergilemekte olup, hipsometrik integral değeri 0.58 bulmuşlardır. Asimetrik bir yapıya sahip olan havzada eğim değerleri yüksektir. Nisbi relief değerleri 16-329 m arasında değişmektedir. Bu sonuçlarla havzada tektonik etkinin belirgin olduğu ve havzanın gençlik döneminde olduğu ifade edilmiştir.

Frahan (2017), hidromorfolojik süreçleri incelemek için yaptığı çalışmasında şu morfometrik parametrelere yer vermiştir. Bunlar; havza alanı, havza uzunluğu, havza çevresi, dere sırası, dere uzunluğu, ortalama dere uzunluğu, eğim, çatallanma oranı, ortalama çatallanma oranı, akış uzunluğu oranı, dere frekansı, drenaj yoğunluğu, drenaj tekstürü, havza reliefi, relief oranı, sağlamlık numarası, hipsometrik integral, hipsometrik eğri, uzama oranı, dairesellik oranı ve form faktörüdür. Bu değerlerden çatallanma oranı 2-7 arasında bulunmuş ve yüksek olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, araştırmacı, çözüm olarak drenaj ağı üzerinde yapısal kontrollerin yapılmasını önermiştir. Araştırmacı, havzada morfolojik faktörler (kabartma ve dik eğimler) ve yağış faktörlerinin mevcudiyeti tarafından teşvik edilen toprak erozyonu ve tortu verim potansiyelinin yüksek olduğunu da belirtmiştir.

Ali vd., (2018), hidrolojik özellikleri ve taşkın potansiyelini değerlendirmek için Ahar havzasında morfometrik ve arazi kullanım/arazi örtüsü analizi çalışması yapmışlardır. Çalışmada havza alanı, havza çevresi, havza uzunluğu, dere sırası, dere numarası, dere uzunluğu, çatallanma oranı, dere frekansı drenaj yoğunluğu, dairesellik oranı, form faktörü, uzama oranı ve şekil faktörü değerlerine yer vermişlerdir. Yapılan morfometrik analiz sonucunda, havzada geçirimsiz ağır kil ve daha az geçirgen kil ile kaplanan yüksek eğimli alanlar ve bunlardan kaynaklanan taşkın riski olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar taşkın hassasiyetini azaltmak için, yüksek drenaj yoğunluğu alanında, üst kısımda yer alan Badi ve Madar gölleri başta olmak üzere rezervuar derinliğini artırarak uygun bir arazi kullanım yönetimi çalışmasının yapılmasını önermişlerdir.

Sunkar ve Avcı (2018), Giresun batısında yer alan Bulancak'ta sel ve taşkına neden olan akarsu havzalarının morfometrik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Sel ve taşkın oluşumunda jeomorfolojik özelliklerin etkisini belirlemek amacıyla havzaların alansal ve relief morfometrisi analiz edilmiştir. Bu çalışmada dört akarsu (Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak dereleri) havzasının alansal morfometrik özelliklerini belirlemek amacıyla; drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, havza şekli, uzunluk oranı ve Gravelius indeks analizleri yapmıştır. Araştırmacılar relief morfometrisi özelliklerini belirlemek amacıyla havza reliefi, relief oranı, engebelilik değeri, akım toplanma zamanı, hipsometrik eğri ve integral analizlerini yapmışlardır. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre tüm havzaların drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, engebelilik değeri

yüksek olup, havza şekilleri ise dar ve uzun, hipsometrik eğri ve integral değerleri havzaların gençliğe yakın olgunluk safhasında olduğunu göstermektedir. Çalışmada, havzalardan İncüvez Dere ve Bulancak Deresi havzalarının sel ve taşkın potansiyelinin diğer havzalara göre daha yüksek olduğunu belirtilmiştir.

Elbaşı ve Özdemir (2018), yaptıkları çalışmayla ülkemizdeki bölgesel morfometri çalışmalarına başlangıç niteliğinde olan Marmara Denizi akarsu havzalarının morfometrik envanterini ortaya koymuşlardır. Çalışmada 10 metre çözünürlüklü SYM altlık olarak kullanılarak Marmara Denizi akarsu havzaları belirlenmiştir. Belirlenen havzalarda hesaplanan morfometrik parametreler; çatallanma oranı, yüzeysel akış uzunluğu, tekstür oranı, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, Gravelius indeksi, havza rölyefi, engebellik değeri, hipsometrik eğri ve hipsometrik integraldir. Çalışma sonucunda Marmara Denizi'nin kuzeyinde yer alan havzaların güney havzalarına kıyasla daha kısa boylu, uzunlamasına, düşük drenaj yoğunluğuna ve yüksek hipsometrik integral değerine sahip, tektonik olarak daha genç havzalar olduğu ortaya konulmuştur.

Kuntamalla vd., (2018), Pargi nehir havzasının morfotektonik ve hidrolojik özelliklerini incelemek için morfometrik parametreleri kullanmışlardır. Çalışmada yer verilen parametreler; dere sırası, dere uzunluğu, ortalama dere uzunluğu, dere uzunluğu oranı, çatallanma oranı, ortalama çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, drenaj tekstürü, dere frekansı, uzama oranı, dairesellik oranı, form faktörü, karasal akış uzunluğu, havza reliefi, relief oranıdır. Havzanın çatallanma oranı 3.4 - 4.7, dere frekansı 2.99, drenaj yoğunluğu 2.17, dairesellik oranı 0.44, uzama oranı 0.20, form faktörü 0.40 olarak elde etmişlerdir. Morfometrik analiz sonucu drenaj yoğunluğu düşük olduğu için zeminin geçirimli ve bitki örtüsünün sık olduğu, havzanın uzunlamasına bir şekil gösterdiği ve bu nedenle yüzeysel akışın süresinin uzun olacağı belirtilmiştir.

Bu çalışmalardan da anlaşılmaktadır ki, havzanın hidrolojik süreçlerini anlamak için morfometrik analizin kullanılması oldukça yararlı olmaktadır.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Alanı ve Özellikleri

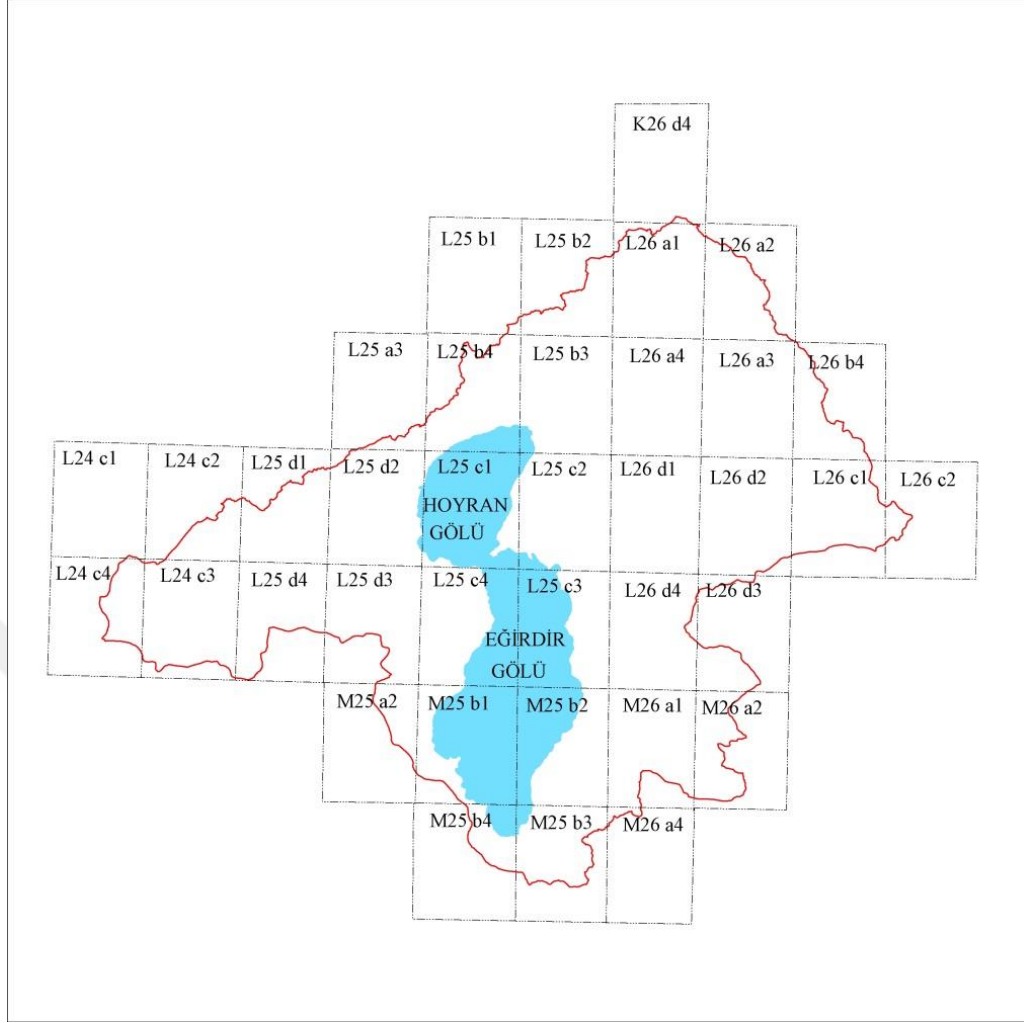
3.1.1. Araştırma alanı

Araştırma alanı, Isparta ili sınırları içerisinde yer alan Eğirdir Gölü Havzasıdır. Havza, Isparta ilinin kuzey-kuzeydoğu sınırını oluşturmaktadır. Eğirdir Gölü, Göller Bölgesi'nde bulunan Türkiye'nin dördüncü büyük ve ikinci büyük tatlı su gölüdür. Göl, kuzey-güney uzanımlı büyük bir çöküntü alanının kuzey sınırında fayla ayrılma tektoniğine bağlı olarak oluşmuştur (Yaman, 2007). Eğirdir Gölü Havzası Acıgöl, Akşehir, Eber, Burdur ve Beyşehir göllerinin havzaları ile çevrili (Başyiğit, 2002) olup, 5 ilçe merkezi, 17 belde ve 59 köyden oluşan toplam 81 yerleşim birimini kapsamaktadır.

3.1.2. Araştırma materyali

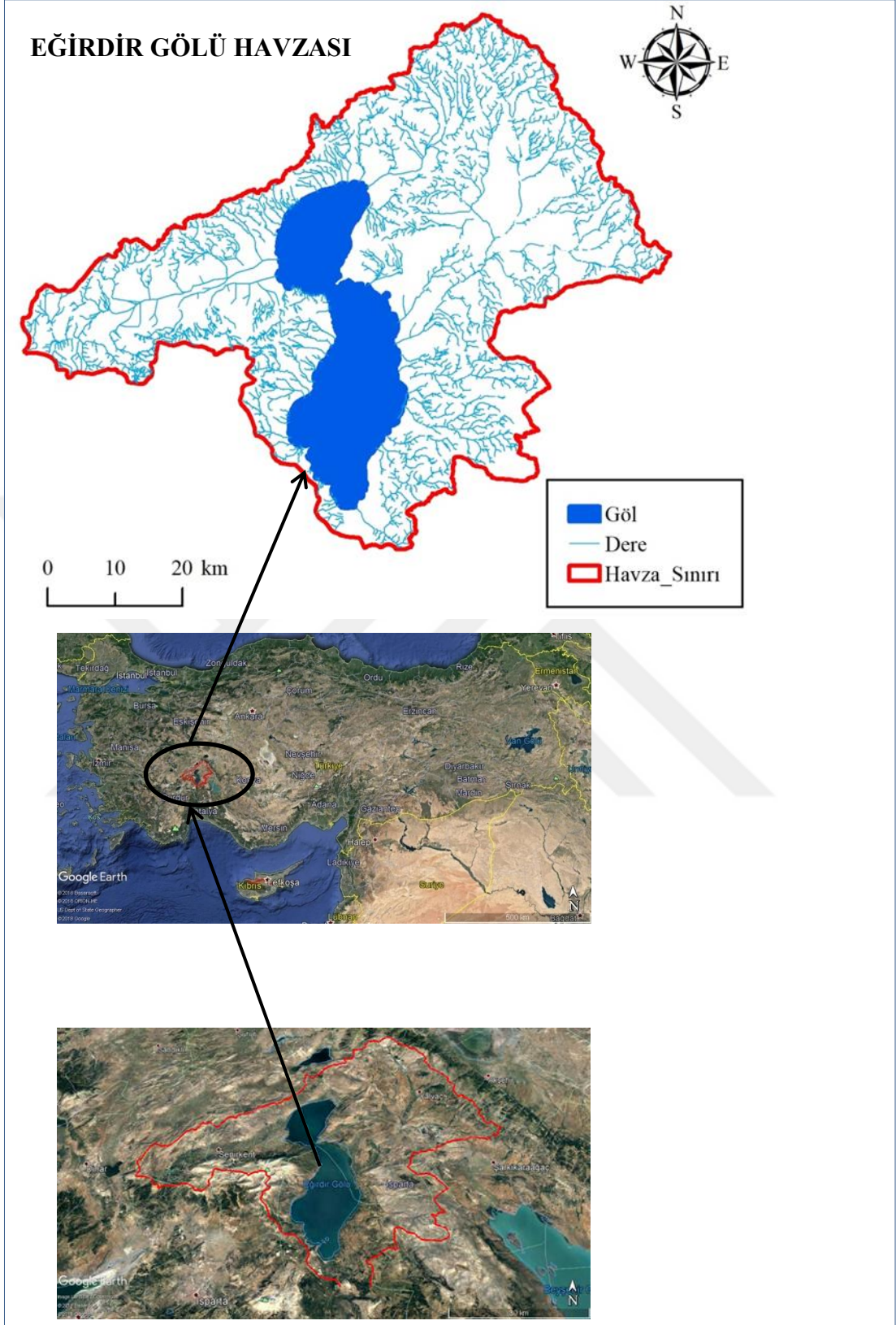
Araştırmanın başlıca materyali, alana ait topografik haritalardır (1/25.000'lik). Bu haritaların toplamı 37 paftadan oluşmaktadır. Bunlar;K26d4, L25b1, L25b2,L25b3, L25b4, L26a1, L26a2, L26a3, L26a4, L25a3, L26b4, L24c1, L24c2, L24c3, L24c4, L25d1, L25d2, L25d3, L25d4, L25c1, L25c2, L25c3, L25c4, L26d1, L26d2, L26d3, L26d4, L26c1, L26c2, M25a2, M25b1, M25b2, M25b3, M25b4, M26a1,M26a2, M26a4 paftalarıdır (Şekil 3.1).

Sayısal topografik haritadan elde edilen verilere göre Eğirdir Gölü Havzası'nın alanı yaklaşık 3458.50 km²'dir (Şekil 3.2). Bunun 484.36km²'sini gölün alanı oluşturmaktadır. Havza büyük havza sınıfına girmektedir (Özhan, 2004). Havzanın çevre uzunluğu 374.7 km²'dir. Çalışma alanı 37°45'-38° 30' kuzey enlemleri ve 30°15'-31°30' doğu boylamları arasında yer almaktadır.



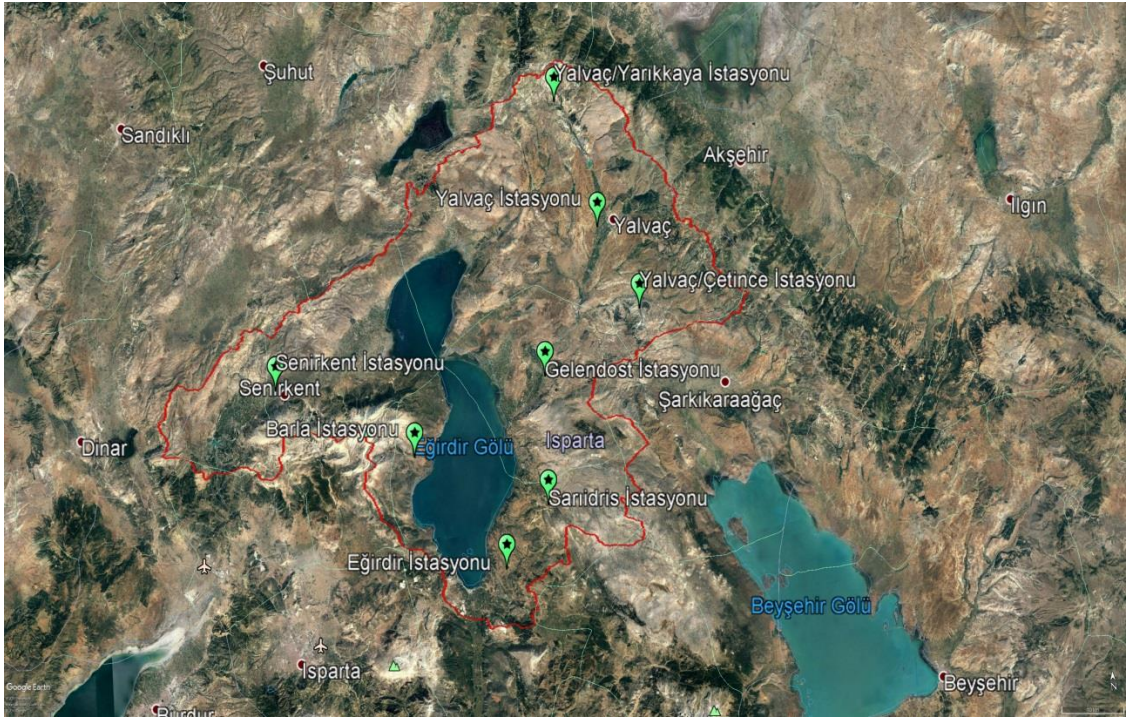
Şekil 3.1. Eğirdir gölü havzası alanı topografik paftalarının alan üzerindeki görünümü

Havzanın deniz seviyesinden yüksekliği 915-2790 m arasında değişmektedir. Havzayı besleyen göl 915 metre yüksekliktedir ve ortalama 8-9 m derinliğe sahiptir. Gölün en derin noktası 13-14 m'dir. Gölün kuzeyinde yer alan küçük bölüm Hoyran, güneyinde kalan bölümü ise Eğirdir olarak adlandırılmaktadır (Kesici ve Kesici, 2006; Şener, 2010). Bu bölümler, gölün orta kısmında doğu batı doğrultusunda bir daralma göstererek iki ayrı bölüme ayrılmaktadır (Şekil 3.2). Bunlardan gölün Hoyran Bölgesi daha sığ olup, boğaz bölgesinde daha çok sazlıklardan oluşan geniş alanları kapsamaktadır. Su kuşları için önemli alanların bulunduğu bu bölgenin kıyı kesimlerinde elma bahçeleri ve tarım alanları bulunmakta, bataklık alanlar ise daha çok gölün kuzeybatısında yer almaktadır (Coşkun ve Ertan, 2016).



3.2. Havza Alanın İklim Özellikleri

Eğirdir Gölü Havzası'nın iklimi, Akdeniz iklimi ile İç Anadolu karasal iklimi arasında bir geçiş göstermektedir (Kantarıcı, 1982; Utku, 1990; Kantarıcı, 1991; Tokgözlü, 1996; ÇKGM, 1999). Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı olan bölgede yazın konvektif, kışın ise depresyonik yağışlar hakimdir (Başayığıt ve Dinç, 2016; Göncü vd., 2017). Arazinin jeomorfolojik yapısı, havzanın farklı kesimlerinde özellikle gölün kuzey ve güneyinde iklimin farklılaşmasına neden olmaktadır. Aksu Vadisi, Kovada Gölü ve Kovada Kanalı boyunca, Akdeniz iklimi Eğirdir Gölü Havzası'nın güney kesimlerine ulaşarak buraları etkileyebilmektedir. Havzanın kuzeyinde, özellikle de kuzey ve kuzey doğusunda karasal iklim etkisi görülmektedir (Kantarıcı, 1982; Kantarıcı, 1991). Havzanın kuzeybatısında yer alan Senirkent ve Uluborlu kasabalarının iklimi yağış miktarı bakımından Akdeniz iklimine yakınlık gösterirken, sıcaklık bakımından karasal iklime daha yakındır. Gölün batısında yer alan Barla kasabasında ise iklim yağış ve sıcaklık bakımından Akdeniz iklimi ve Karasal iklim arasında yer almaktadır. Ayrıca çalışma alanında bulunan meteoroloji istasyonları Şekil 3.3'de harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Eğirdir gölü havzasında bulunan meteoroloji istasyonlarının konumu

3.2.1. Havza alanına ait iklim tipinin belirlenmesi

Alanın iklim tipini belirlemek amacıyla Özyuvacı (1999)'nın Meteoroloji ve Klimatoloji kitabı kullanılmıştır (syf 323-350). Thornthwaite yönteminden yararlanılmıştır. Bu yöntemde iklim tiplerini ayrıntılı olarak açıklamak için dört indis kullanılmaktadır (Özyuvacı, 1999) (Ek Çizelge A.1). Bu indisler: 1) yağış etkenliği indisi, 2) sıcaklık etkenliği indisi, 3) yağış rejimine göre belirlenen indisler ve 4) yıllık düzeltilmiş PE (Potansiyel Evapotranspirasyon)'nin üç yaz ayına ait düzeltilmiş PE değerleri toplamına oranı indisidir (Çizelge A.2). Tüm bu indisler bulunarak iklim tipi belirlenmiştir.

3.2.1.1. Alanın yağış ve sıcaklık etkenliği indisleri

Yöntemde yağış etkenliği indisi değeri 11.60 bulunmuştur. Bu indise göre havzanın yağış etkenliğinin simgesi C2 (yarı nemli)'dir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Yağış etkenlik indis aralığı değerleri

Yağış İndisleri (Im)	Etkenlik	Yağış Etkenliği	İklim Tipi	Simgesi
100' den büyük		Çok nemli		A
80 – 100		Nemli		B4
60 – 80		Nemli		B3
40 – 60		Nemli	Nemli iklimler	B2
20 – 40		Nemli		B1
0 – 20		Yarı nemli		C2
(-20)- 0		Kurak – Az nemli		C1
(-40) – (-20)		Yarı kurak	Kurak iklimler	D
(-40)' tan küçük		Kurak(Çöl)		E

Alanın sıcaklık etkenliği indisi, yıllık düzeltilmiş PE değerleri esas alınarak (Çizelge 3.2) hesaplanmıştır. Havza alanının PE değeri 709.14 bulunmuş ve bu değer aldığı simge B1 iklim tipinde (mezotermal-orta sıcaklıktaki iklimler) bulunmuştur.

Çizelge 3.2. Sıcaklık etkenliği indis değerleri

Yıllık PE (mm)	İklim Tipi	Simgesi
142 ve daha az	Don (Çok düşük sıcaklıktaki iklimler)	E'
142 – 285	Tundra	D'
285 – 427	Mikrotermal (Düşük sıcaklıktaki iklimler)	C1'
427 – 570		C2'
570 – 712		B1'
712 – 855	Mezotermal (Orta sıcaklıktaki iklimler)	B2'
855 – 997		B3'
997 – 1140		B4'
1140 ve daha fazlası	Yüksek sıcaklıktaki iklimler	A'

3.2.1.2. Yağış rejimine göre belirlenen indisler

Eğirdir gölü havzası yağışlı iklimler arasında kaldığı için kuraklık indisine bakılmıştır. Buna göre Eğirdir gölü havzasının kuraklık indisi değeri 35.21 bulunmuştur (Çizelge 3.3). Çizelgeye bakıldığında s2 ve w2 simgesine karşılık gelmektedir. Bu indise göre (s2) havzada yazın çok kuvvetli su açığı bulunmaktadır.

Çizelge 3.3. Yağışlı iklimler (AI, B ve C2) için kuraklık indisi değerleri

Kuraklık İndisi	Simgesi	Anlamı
0 – 16.7	r	Su açığı yok veya pek az
16.7 – 33.3	s	Yazın orta derecede su açığı
16.7 – 33.3	w	Kışın orta derecede su açığı
33.3 ve daha fazlası	s2	Yazın çok kuvvetli su açığı
33.3 ve daha fazlası	w2	Kışın çok kuvvetli su açığı

3.2.1.3. Yıllık düzeltilmiş PE'nin üç yaz ayına ait düzeltilmiş PE değerleri toplamına oranı indisi

Bu indis hesaplanırken Eğirdir Gölü havzasının yaz mevsimi ayları olan Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının düzeltilmiş PE değerleri toplanarak, yıllık düzeltilmiş PE değerine bölünmüştür (Çizelge 3.4). Havza alanının düzeltilmiş PE üç yaz ayına oranı indisi % 54.41 olarak elde edilmiştir (b3' = okyanusal iklim etkisine yakın koşullar).

Çizelge 3.4. Düzeltilmiş PE'nin üç yaz ayına oranı, simgesi ve anlamı

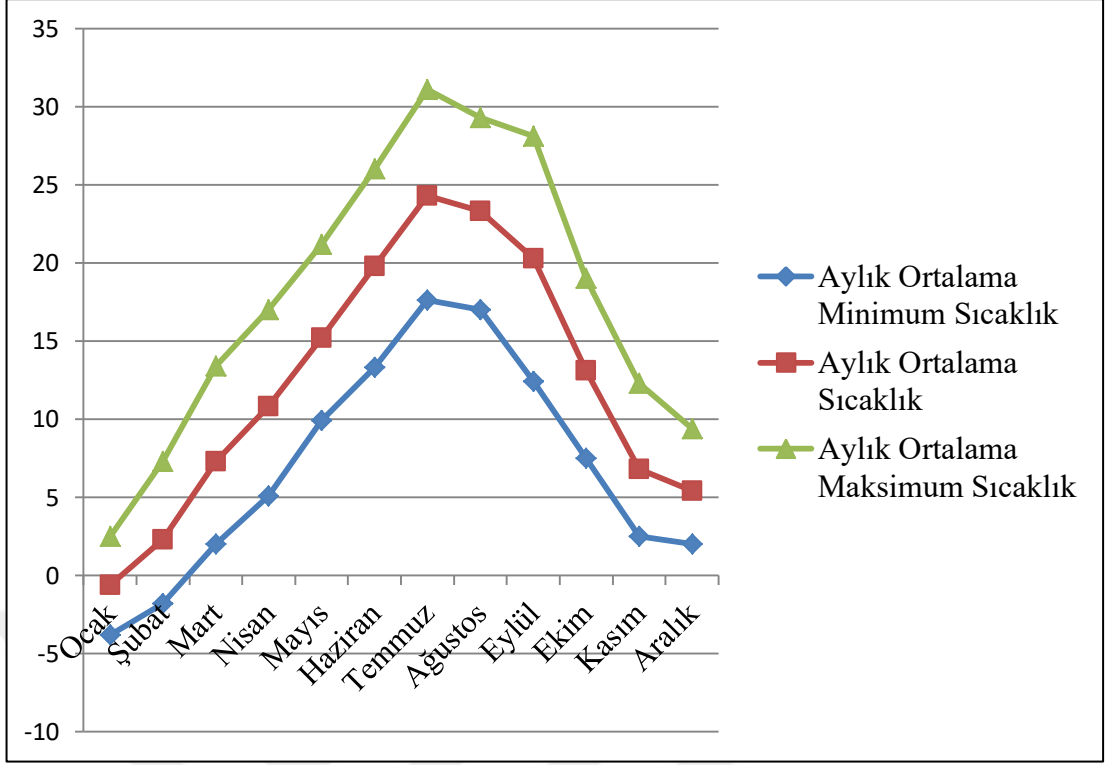
Düzeltilmiş PE'un üç yaz ayına oranı (%)	Simgesi	Anlamı
48'den küçük	a'	Tam okyanusal iklim koşulları
48.0 - 51.9	b4'	
51.9 – 56.3	b3'	Okyanusal iklim etkisine yakın koşullar
56.3 – 61.6	b2'	
61.6 – 68.0	b1'	
68.0 – 76.0	c2'	Karasal iklim etkisine yakın koşullar
76.3 – 88.0	c1'	
88' den büyük	d'	Tam karasal iklim koşulları

Böylece, Thornthwaite yöntemine göre yapılan değerlendirmede, Eğirdir Gölü havzasının C2B1's2b3'(yarı nemli mezotermal) iklim tipine girdiği ve yazın çok fazla su açığı olan okyanusal iklim etkisine yakın özellikler gösterdiği belirlenmiştir.

3.2.1.2. Eğirdir gölü havzasına ait meteorolojik elemanların değerlendirilmesi

3.2.1.2.1. Sıcaklık

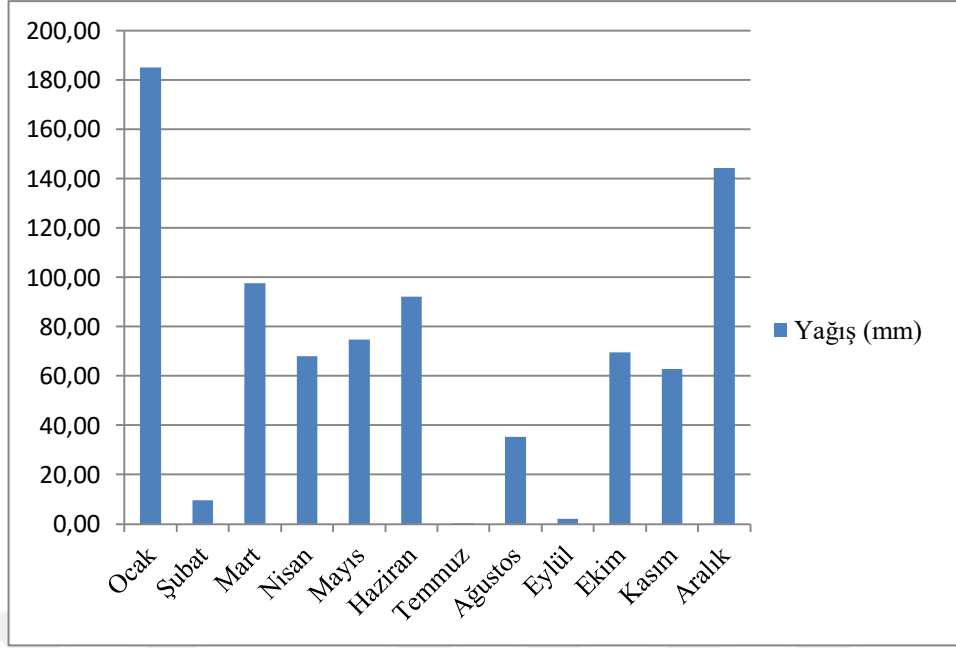
Meteoroloji istasyonundan alınan 2017-2018 yılları verilerine göre Eğirdir gölü havzasının ortalama sıcaklığı 12.3 °C' dir. Yılın en sıcak ayı Temmuz (24.3 °C), en soğuk ayı ise Ocak (-0.6 °C)'dir. Ortalama yıllık en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri sırasıyla 18.1°C ve 7.0°C'dir (Şekil 3.4). En yüksek sıcaklık 03.07.2017 günü 36.4°C olarak ölçülmüştür. Buna karşılık, en düşük sıcaklık derecesi ise -9.9°C ile 01.02.2017 günü ölçülmüştür.



Şekil 3.4. Eğirdir ilçesinin 2017-2018 yılı aylık ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinin aylara dağılımı

3.2.1.2.2. Yağış

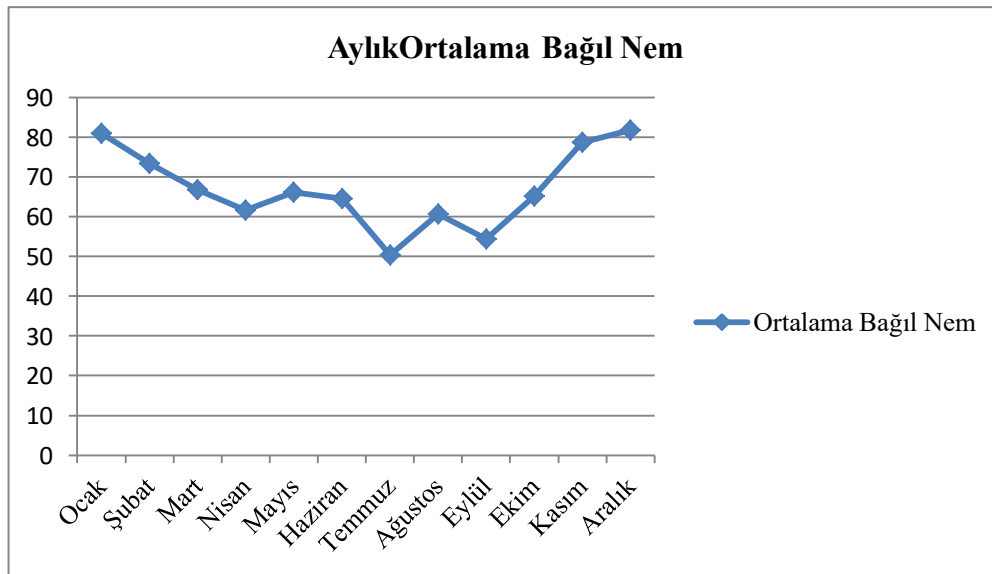
Eğirdir gölü havzasının yıllık ortalama yağışı 841.60 mm'dir. Çizelge 2.' ye bakıldığında ortalama en yüksek yağış alan ay Ocak (185.0 mm) ayı, ortalama en düşük yağış alan ay ise Temmuz (0.20 mm) ayıdır (Şekil 3.5). Günlük mutlak maksimum yağış miktarı Ocak ayında 51.60 mm, minimum miktarı ise Temmuz ayında 0.20 mm' dir. Yıllık yağışın büyük bir kısmı kışın (% 40.28) düşmekte ve bunun yanı sıra sırasıyla ilkbahar (% 28.56), sonbahar (% 15.99) ve yaz (% 15.16) mevsimleri izlemektedir.



Şekil 3.5. Eğirdir ilçesinin 2017-2018 yılı aylık ortalama yağış verilerinin aylara dağılımı

3.2.1.2.3. Bağıl nem

Eğirdir gölü havzasının alınan meteoroloji verilerine göre yıllık ortalama bağıl nem değeri % 67'dir (Şekil 3.6). Ortalama bağıl nem en yüksek değerine Ocak (%81.7) ayında, ortalama en düşük değerine ise Temmuz (%50.3) ayında ulaşmaktadır. Yıllık en düşük bağıl nem ise Temmuz ayında değeri ise %13' dür.



Şekil 3.6. Eğirdir ilçesinin 2017-2018 yılı aylık ortalama bağıl nem verilerinin aylara dağılımı

3.2.1.2.4. Rüzgâr

Eğirdir gölü havzasının meteoroloji verilerine bakıldığında yıllık ortalama rüzgar hızı 2.9 m/sn' dir. En yüksek rüzgar hızı 20.5 m/sn olup yönü Güney (S)'dir. Hakim rüzgar yönü Güney, Güneydoğu (SSE) olup, yıllık ortalama hızı 22.95 m/sn'dir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Eğirdir Meteoroloji verilerine göre rüzgar esiş yönleri esiş sayıları, esiş sayılarının toplamı ve yüzdeleri (yıllık)

Esiş Yönleri	Esiş Sayıları	Esiş sayılarının toplama göre yüzdeleri (%)
Kuzey	1390	19.48
Kuzey, Kuzey doğu	209	2.93
Kuzey doğu	89	1.25
Doğu, Kuzey doğu	63	0.88
Doğu	114	1.60
Doğu, Güney doğu	249	3.49
Güney doğu	463	6.49
Güney, Güney doğu	1551	21.74
Güney	1021	14.31
Güney, Güney batı	139	1.95
Güney batı	44	0.62
Batı, Güney batı	48	0.67
Batı	120	1.68
Batı, Kuzey batı	108	1.51
Kuzey batı	344	4.82
Kuzey, Kuazey batı	1182	16.58
Toplam	7134	100

3.3. Havza Alanın Bitki Örtüsü

Havza florasında Akdeniz ve İran-Turan elementlerinin oranı birbirine çok yakındır. Bu durum, alanın Akdeniz ve İran-Turan bitki coğrafya bölgelerinin geçiş zonunda bulunduğunu gösterir. Ağaçsı türlerin çoğunluğu Akdeniz kökenli olup, İran-Turan ve Akdeniz kökenli otsu bitkiler alt florayı oluşturarak bir orman step geçiş formasyonu meydana getirirler (Erik ve Mutlu, 1997; Şan 1997).

Çalışma alanının doğal bitki örtüsü kurak iklimlere adapte olmuş otsu bitkiler, çalı-orman karışımı doğal örtüler, yüksek alanlarda çam türleri, maki ve mera bitkileridir.

Kurakçıl otsu bitkilerden Festuka (Festuca), Geven (Astragalus), Üzerlik (Peganum harmala) ve Fermer en yaygın yetişenlerdir (Başyigit, 2002). Kantarcı (2008), Eğirdir Gölü'nün de içinde olduğu göller bölgesinde ormanların önemli bölümünde kapalılığın azaldığını ve ormanların bozuk koru veya bozuk baltalık ve çalılışmış alanlara dönüştüğünü ve bu yüzden toprakların erozyonla taşınmasına neden olduğunu belirtmiştir (Başyigit, 2002). Orman örtüsü meşe türleri ve ardıçlardan oluşmaktadır. Makilikler ve bozulmuş orman örtüsü olarak boz Ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) ve Pırnal meşesi (*Quercus ilex* L.), alanın baskın bitki türleridir (Başyigit, 2002). Kantarcı (1982, 1991), Eğirdir Gölü'nün kuzey ve güneyindeki bitki örtüsünün, türlerin çeşitliliği ve karışım oranları bakımından birbirinden farklı olduğunu belirlemiştir (Kantarcı, 1991). Barla Dağı' nın kuzey- kuzeydoğu bakılı yamaçlarında, 1000-1200 m arasındaki alt yamaçlarda; Pırnal Meşesi (*Quercus coccifera*), Karaçalı (*Paliuruss pina-christi*), Kuş Üvezi (*Sorbus torminalis*), 1200-1600/1700 m arasındaki orta yamaçlarda; Karaçam (*Pinus nigra*), 1600/1700 m yukarısındaki üst yamaçlarda ise Sedir (*Cedrus libani*), Karamuk (*Berberis cretica*), Kokulu Ardıç (*Juniperus foetidissima*) ve Kasnak Meşesi (*Quercus vulcanica*) gibi türler yayılış göstermektedir. Sedir ormanlarında Dişbudak (*Fraxinus angustifolia*), Hanımeli (*Lonicera numulariifolia*) ve Akçaağaç (*Acer hyrcanum*) türleride yayılmaktadır. Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa*) ve Kokulu Ardıç (*Juniperus foetidissima*) aşağıdan yukarıya doğru, Katran Ardıcı (*Juniperus oxycedrus*) ise 1050-1550 m'ler arasında bulunmaktadır (Kantarcı, 1991).

Barla Dağı'nın Boyalı Çiftliği tarafındaki güneydoğu bakılı yamaçlarında, 1300-1400 m'ye kadar Katran Ardıcı, Karaçalı ve Pırnal Meşesi türlerinin yaygın olduğu bir çalı kuşağı yer almaktadır. Kokulu Ardıç 1000-1500 m arasında yoğunlukta olmak üzere, 1000 - 2000 m arasında yayılmaktadır. Karaçam ve Sedir ile Karamuk 1450 m'de seyrek olarak ardıç ormanına karışmakta olup, 1500 m'den itibaren ormana dönüşmektedir (Kantarcı, 1998). Çalışma alanında yer alan meralar Yem kaynaşı (*Phalaris arundinacea*), Domuz ayrığı (*Dactylis glomerata*), Stipa (*Dactylis hispaica*), Çayır kelp kuyruğu (*Pheleum pratense*), Otlak ayrığı (*Agropyrum cristatum*), Kır ayrığı (*Agropyrum desertorum*) ve Yüksek otlak ayrığından (*Agropyrum elengatum*) oluşmaktadır. Alanda kültür bitkisi olarak buğday, arpa, mısır, nohut ve fasulye sulanan alanlarda yoğun elma tarımı, yağ gülü ve bazı sebze türleri yetiştirilmektedir (Başyigit, 2002). Havza ve çevresinde, mevcut bitki türlerini

belirlemeye yönelik Kızıldağ'da (Şarkıkaraağaç), Barla Dağı'nda, Aksu'da, Davraz ve Dedegül Dağı'nda bazı bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda Kızıldağ'da (Şarkıkaraağaç) 776, Aksu'da 658, Davraz Dağı'nda 415 adet bitki türü tespit edilmiştir. Bölgedeki bitki türlerinin büyük bir çoğunluğu Akdeniz bitki yayılışı bölgesi elamanıdır (Erik ve Mutlu, 1997, Şan 1997). Karaçam(*Pinus nigra* Subsp.), Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Toros Sediri (*Cedrus libani*), Boylu Ardıç (*Juniperus foetidissima* Wild.), Kokulu Ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.), Kasnak Meşesi (*Quercus vulcanica* Boiss et Heldr.), Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.) ve bazı Meşe türleri havzada orman kuran başlıca ağaç türlerini oluşturmaktadır (OGM, 1997a; OGM, 1997b).

3.4. Havza Alanının Toprak Özellikleri

Havzanın toprak özellikleri Başayığit (2002) ve Karatepe (2004)'nin çalışmalarından derlenmiştir. Havzanın tamamında ana kayaya bağlı olarak kireçtaşı ve dolomit gibi ana kayalar üzerinde kireçli esmer orman toprakları, kireçsiz olan kumtaşları ve kil taşları gibi ana kayalar üzerinde kireçsiz esmer orman toprakları yaygındır. Bununla birlikte özellikle havzanın kuzeyindeki ve güneyindeki iklim farkı, yüksek dağlık mntıkada kireçtaşlarından karstlaşma sonucunda oluşmuş kokurdanlıklar (çukurlar) içerisindeki lokal koşullar ve arazi yapısı farklı bazı toprak tiplerinin gelişimine yol açmıştır (Karatepe, 2004).

Çalışma alanı genelinde alüviyal, tuzlu alkali alüviyal ve hidromorfik alüviyal, kolüviyal, kahverengi orman ve kireçsiz kahverengi orman, kestane rengi, kırmızı Akdeniz ve kırmızımsı kahverengi Akdeniz ve taşkın toprakların oluşmaktadır. Bunlar dışında doğal toprağı bulunmayan veya çok az olan çıplak kayalıklar bulunmaktadır. Alüviyal topraklar, çalışma alanının düz ve düze yakın kısımlarında ve Eğirdir gölüne komşu alanlarda yer almaktadır. Gölün kıyısında ise yer yer hidromorfik alüviyal topraklar (Başayığit, 2002) bulunmaktadır. Yüksek bölgelere doğru kahverengi orman, kireçsiz kahverengi orman ve kestane rengi topraklar karışık olarak bulunmaktadır. Bu ana dağılım deseni arasında yer yer tuzlu alkali alüviyal, kırmızı Akdeniz, kırmızımsı kahverengi Akdeniz toprakları yer almakta, dere ağızlarında taşkın toprakları bulunmaktadır. Çalışma alanında 1800 m yükseklikten sonra genel olarak aşınmış çıplak kayalıklar yer almaktadır.

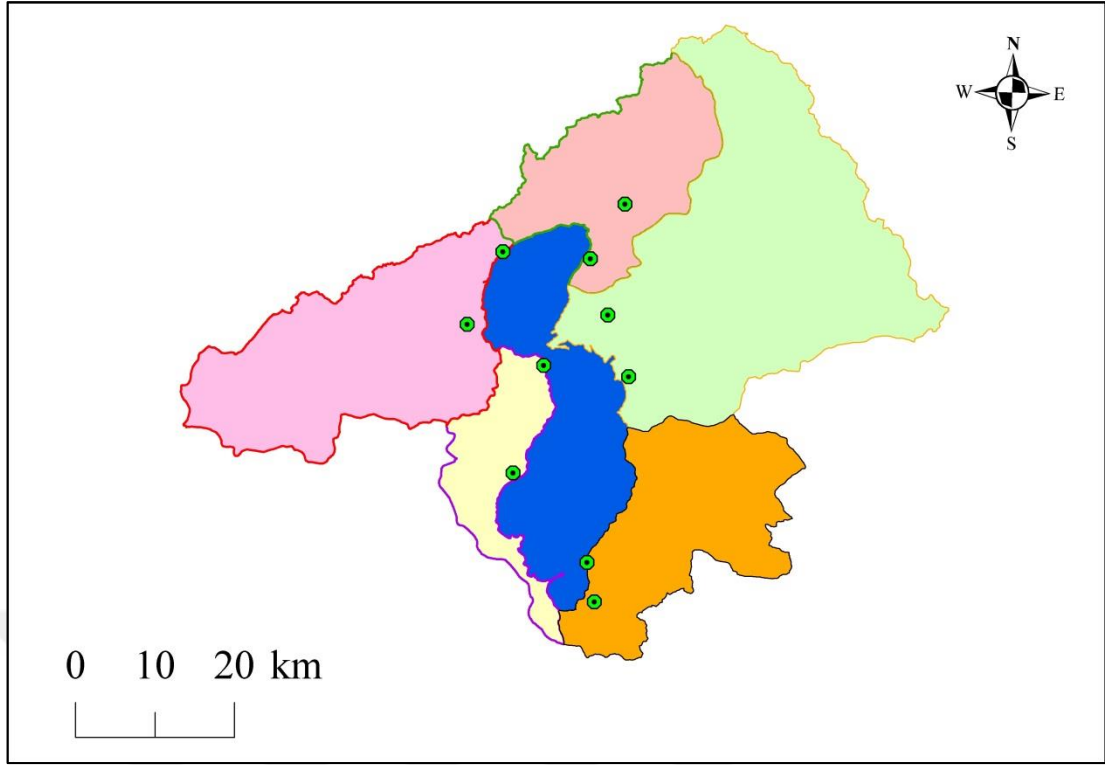
Çalışma alanını oluşturan büyük toprak grubu çoğunlukla kahverengi orman topraklarıdır. Bu toprakları kestane rengi topraklar izlemektedir. Alanda yer alan çıplak kayalıkları üçüncü sırada yer almaktadır. Bu üç grup, alanın yaklaşık ¾'ünü oluşturmaktadır. Kırmızımsı Akdeniz toprakları havzada en az alana sahip toprak grubudur (Başayığıt, 2002).

Karatepe'nin (2004) yaptığı çalışmaya göre havzanın kuzey kesiminde Sultan Dağları-Anamas Dağı-Kirişli Dağı arasındaki yükseltinin 1100-1300 m olduğu arazide, özellikle ana kayanın gevşek kireçtaşı ve kavkılı kireçtaşı olduğu yerlerde “kara topraklar” (Çernozyum) ve “esmer bozkır toprakları” yaygındır. Havza'nın güneyinde kırmızı akdeniz toprakları yayılış göstermektedir. Havzadaki orman zonunun daha yukarılarındaki yüksek dağlık kesimlerde “ham topraklar” (sirozem) yaygındır. Dağların alt yamaçlarındaki kağşaklarda, “kağşak regosolu” tipinde topraklar gelişmiştir. Kağşak regosolleri özellikle Eğirdir İlçesi'nin hemen üst tarafı ile ve Kiroğ Dağı, Gelincik Dağı ve Kapıdağ'ın kuzey tarafındaki alt yamaçlarda yaygındır. Garip Ormanı'nın doğusundaki Kapı Deresi yatağında ise, “çakıl regosolleri” yaygındır. Havzadaki kokurdanlıklar içerisinde “killi ham topraklar” yaygın olarak bulunmaktadır (Karatepe, 2004).

Çalışma alanının toprak özelliklerini incelemek için CBS ortamında belirlenen 10 noktada 3 tekerrürlü 30 adet toprak örneği alınarak analiz yapılmıştır (Çizelge 3.6) (Şekil 3.7).

Çizelge 3.6. Havzadan alınan toprak örneklerinde bulunan bitki örtüsü durumu ve ana materyal

Örnekleme Noktası	Bitki Örtüsü	Ana Materyal
D1	Nadas Arazi	Kil, Kum, Çakıl, Çakıl Taşı
D2	Ardıç, Meşe	Kireç Taşı
D3	Nadas, Erik Bahçesi	Alüvyal
D4	Nadas	Alüvyal
D5	Meşe Açıklığı	Kireç Taşı
D6	Erik Bahçesi	Alüvyal
D7	Meşe Açıklığı	Kum Taşı
D8	Nadas + Meşe, Ardıç Açıklığı	Kum Taşı
D9	Buğday Tarlası	Kil, Kum, Çakıl, Çakıl Taşı
D10	Meşe Açıklığı	Kireç Taşı



Şekil 3.7. Alt havzalarda belirlenen toprak deneme noktaları

Çizelge 3.7. Örnekleme noktalarının kordinatları

Deneme Noktası	X Koordinatları	Y Koordinatları
D1	4207854,43	306379,83
D2	4221324,82	310204,95
D3	4226481,46	300619,27
D4	4235584,65	305089,53
D5	4234718,85	316053,71
D6	4241549,90	320391,87
D7	4227649,62	318238,62
D8	4219941,42	320873,09
D9	4196669,62	315652,52
D10	4191712,71	316544,13

Havza topraklarından alınan toprak örneklerinin tekstür analizinde Bouyoucous hidrometre metodu ile ASTM 152 H hidrometresi kullanılarak, toprak türleri ise uluslararası toprak türü ayırım üçgenine göre belirlenmiştir (Gülçur, 1974). Buna göre havza topraklarının tamamı kumlu killi balçık tekstüre sahiptir. Alt havzalar düşünüldüğünde H1 için kumlu balçık, H2 için killi balçık, H3 için balçıklı kil, H4 için kumlu killi balçık, H5 için ise kumlu balçık olarak bulunmuştur. Havza toprakları genel olarak kumlu balçık, balçık ve ağır balçık tekstür sınıfına girmektedir (Çizelge 3.7)

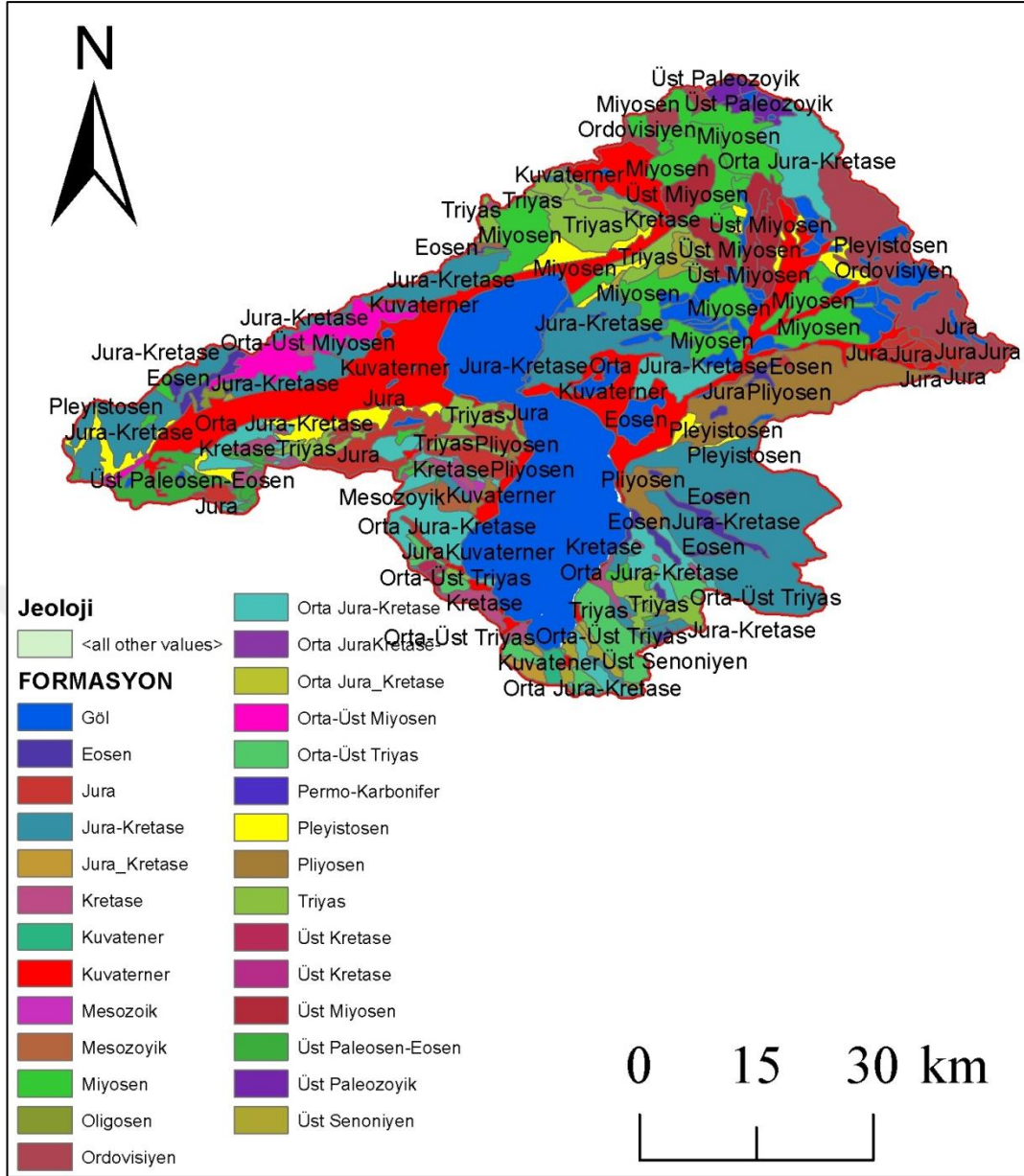
Çizelge 3.7. Örnekleme noktalarından alınan toprakların kum, toz, kil oranları ve toprak tekstürü sonuçları

Alt havza	Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı
Eğirdir Gölü Havzası	61.55	21.18	17.27	Killi Balçık (KB)
H1	73.77	13.97	12.26	Kumlu balçık (KuB)
H2	51.22	23.75	25.03	Killi balçık (KB)
H3	38.72	35.48	25.80	Balçıklı Kil (BK)
H4	72.13	15.49	12.38	Kumlu killi balçık (KuKB)
H5	71.89	17.23	10.88	Kumlu balçık (KuB)

3.5. Havza Alanının Jeolojik Özellikleri

Havzanın jeolojik özellikleri ile ilgili bilgiler, Başyigit (2002) ve Karatepe (2004)'den sağlanan bilgilerden derlenmiştir. Başyigit (2002)'e göre bölgede otokton mesozoî, karbonat platformu üzerine lütesiyon sonunda ofiyolitik karmaşık tektonik olarak yerleşmiştir. Tortoniyen sonunda toroslar su yüzeyine çıkmış ve miyosen-pliyosen yaşlı birimlerce uyumsuz olarak örtülmüştür. Bundan sonra karasal tortulaşma, kıta içi volkanizma ve blok faylanmaları gelişmiş ve göl yatağı güney-güney doğu kenarı faylanma üzerine yaslanmıştır (KHGM, 1994).

Çalışma alanı temel kayaçları neojen-ayrılmış karasalları, kuaterner-ayrılmamış karasalları, Mesozoik Tersiyerler ve Palezoik metamorfiklerinden oluşmuştur. Havzanın çukur alanları kuaterner karasalları oluşturmaktadır. Havza ortası ve güney doğusunda kalan yükseltiler Mesozoik Tersiyerlerden oluşmuştur (Şekil 3.8). Havzanın doğusunda yer alan yükseltilere doğru önce Neojen karasal formasyonları sonra Jura-Kretase dizilimleri ve havza sınırında Paleozoik metamorfikler yer almaktadır. Havzanın güney doğusu Ofiolitli Mesozoiklerden oluşmuştur (Başyigit, 2002). Havzanın batısında genel olarak neritik kireçtaşları, ağırlıklı olarak Kapıdağ'ın Senirkent ve Uluborlu arasındaki arazide pelajik kireçtaşları, Boyalı Çiftliği yukarısında dolomitik kireçtaşları, Kıröğ, Gelincik Dağı ile Kapıdağ'ın kuzey alt yamaçlarında yamaç molozları yaygın olarak bulunmaktadır. Barla ve Boyalı çevrelerindeki alt yükseltilerde göl tortulları yayılış göstermektedir.



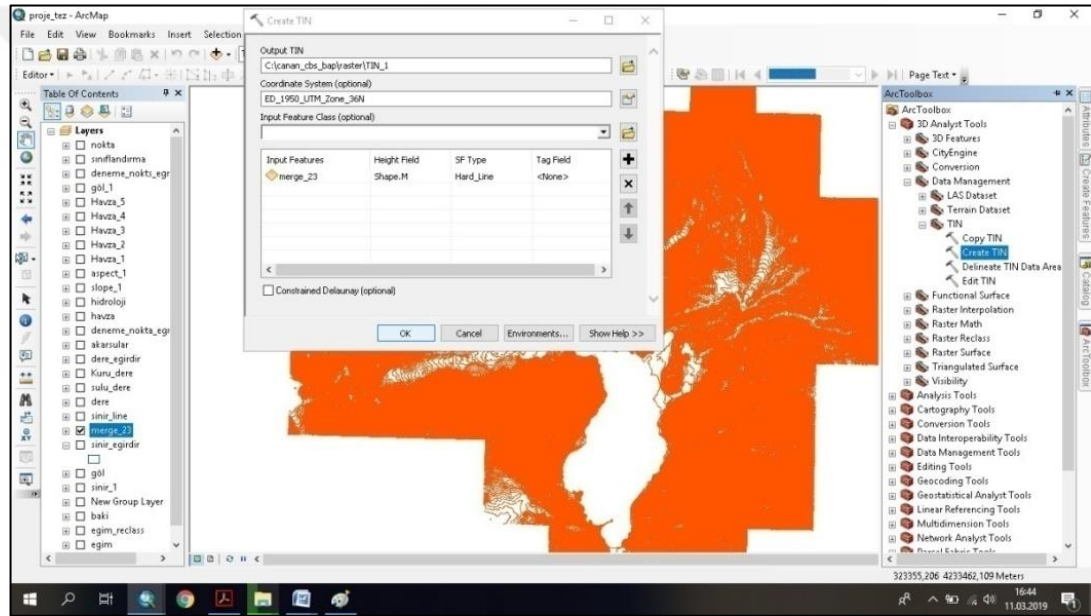
Şekil 3.8. Eğirdir Gölü havzasının jeoloji haritası

Kuştaşı Tepe'nin kuzeyindeki Harpışla Mevkii'nden başlayarak Barla altlarına kadar uzanan kısımda ve Senirkent Ovası'nda ise, taban arazide 4. zaman tortulları (alüvyonlar) yer almaktadır (Pamir ve Erentöz, 1975; Şenel, 1997).

Göl havzasının batı kısmında ise üst kratese fişleri temel oluşumlardır. Kuzey batı yamaçlarında lokal olarak dağılmış tüf ve Eosen fişleri temel formasyonlardır. Kuzey batı yamaçlarında lokal olarak dağılmış tüf ve eosen fişler yer almaktadır (Başyigit, 2002).

3.6. Araştırma Yöntemi

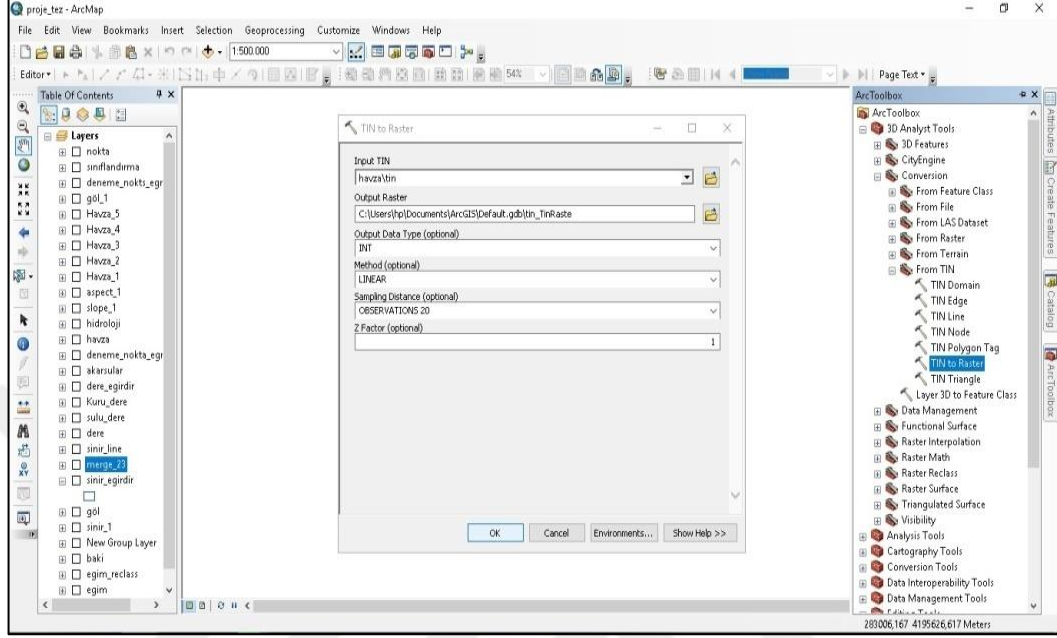
Çalışmada morfometrik analizlerin yapılması amacıyla Coğrafi Bilgi Sistem (CBS) yazılımı kullanılmıştır. Harita Genel Komutanlığı'ndan, havza alanına ait 37 adet (1/25.000 ölçekli) sayısal (vektör formatta) topografik pafta temin edilmiştir. ArcGIS 10.2 CBS yazılımı ile bu sayısal paftalar birleştirilmiş ve 10 m' de bir geçen eşyükselti eğrileri kullanılarak alana ilişkin sürekli topografik yüzeyler oluşturulmuştur. ArcMap 10.2 yazılımının "3D" Analiz araçları kullanılarak öncelikle Sayısal Arazi Modeli (SAM) oluşturulmuştur (Şekil 3.9). SAM, arazinin hidrolojik yüzey özelliklerini göstermektedir.



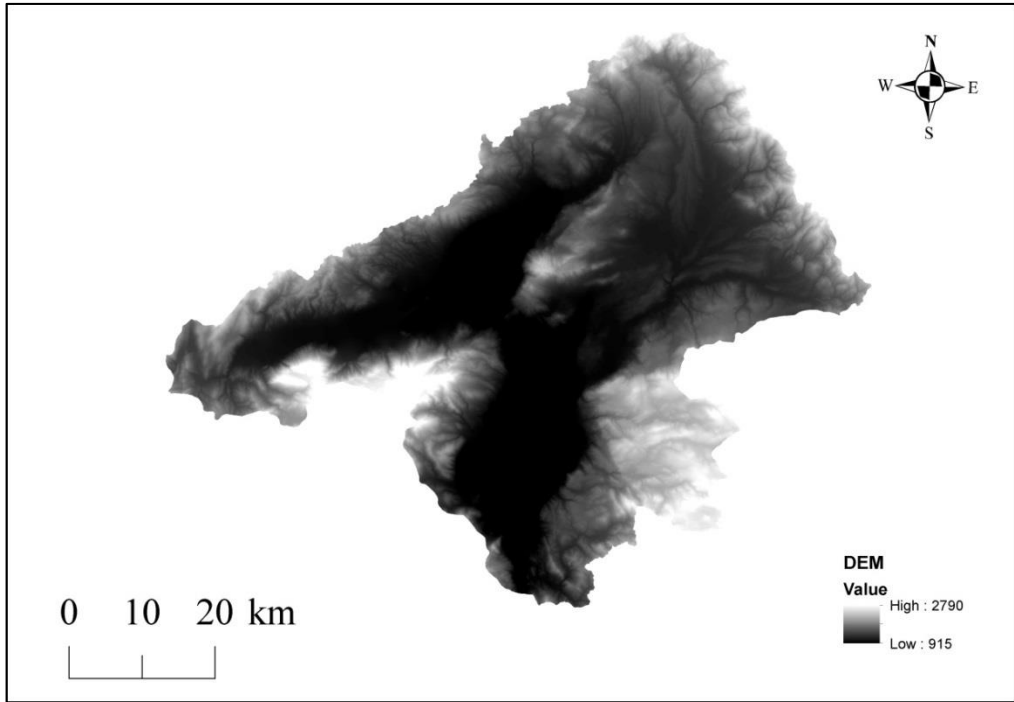
Şekil 3.9. Sayısal arazi modelinin CBS ortamında üretilmesi

Hidrolojik yüzey özellikleri, sıradag zirvelerini ve sırtlarını, su ayırım çizgilerini ve vadileri içerir. Böylece, SAM havzanın bu özelliklerini üç boyutlu olarak görmemizi sağlar. Topografik bir yüzeyin sayısal gösterimi için SAM daha genel bir terim olmasına karşın Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Rabus vd., 2002; Mckean ve Roeringb, 2003). Çünkü SYM verileri morfometrik analiz çalışmalarında en sık kullanılan girdi verileridir. Bu veriler, grid adı verilen kare şeklindeki hücrelerden meydana gelmektedir. Her hücrenin x, y ve z değeri vardır. SYM'ler topografya haritalarındaki izohipslerin sayısallaştırılması ile üretilbildiği gibi; GPS verilerinden, RADAR (Radio Detection And Ranging) ve LIDAR (Light Detection and Ranging) görüntülerinden ve Stereo

uydu görüntülerinden elde edilebilirler (Elbaşı, 2015). Bu çalışmada sayısal topografik haritadaki eşyüksekti eğrileri kullanılarak SYM üretilmiştir (Şekil 3.10, 3.11).



Şekil 3.10. Sayısal Yükseklik Modelinin ArcGIS ortamında elde edilmesinin görüntüsü

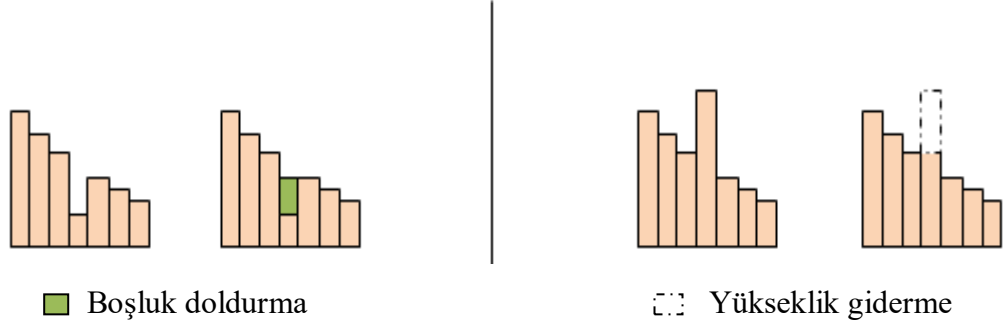


Şekil 3.11. Sayısal Yükseklik Modeli haritası

SYM üretilirken, izohipsler arasındaki yükseltimin tayin edilebilmesi için bazı enterpolasyon teknikleri uygulanmaktadır. Bu teknikler farklı istatistiksel yöntemler ve formüller kullanmakta ve böylece sürekli bir yüzey modeli ortaya konulmaktadır. SYM verisi üretilirken hangi enterpolasyon tekniğini kullanılırsa kullanılsın, verinin içinde sistematik veya rastgele hatalar bulunabilir (Bater ve Coops, 2009). Sahanın genel yükselti modelinin üretiminin ardından, üretilen verideki bahsedilen hataların giderilmesi gerekmektedir. SYM' lerdeki yapay ve büyük hatalar görsel olarak kolay bir şekilde ayırt edilebilirken, sistematik hataların tespiti için spesifik istatistiksel yöntemler kullanılmalıdır. Enterpolasyon işlemleri sonucunda en çok karşılaşılan rastgele hatalar gerçekte mevcut olmayan teraslar, boşluklar, gerçekte olmayan çukurlar (*sink*) ve yükseltilerdir (*peak*) (Martz ve Garbecht, 1992; Chorowicz vd., 1992). Bu hatalar girdi verilerindeki hatalardan, enterpolasyon sonucu veya çözünürlüğün seçiminden kaynaklanabilir (Callaghan ve Mark, 1984; Mark, 1988; Fairfield ve Leymarie, 1991; Martz ve Garbrecht, 1998).

SYM' den üretilecek olan akarsuların gerçeğe yakın olması için SYM' in çözünürlüğünün yeterli olması gerekmektedir. Aksi takdirde, büyük düzlük alanlar doğal olmayan bir drenaj ağının oluşmasına neden olurlar (Maidment, 2002; Özdemir, 2007). Bu sebeple SYM' nin içindeki çukurlar doldurulup, normalden fazla olan yükseklikler giderilmiştir. Bunun giderilmesinin sebebi oluşacak akarsu ağındaki kesiklikleri engellemektir (Tarboton vd., 1991; Özdemir,2007).

20 m piksel değerli SYM verisindeki hataların giderilmesi için ArcGIS 10.2 yazılımı içindeki Spatial Analyst Tool'daki Hydrology uzantısı kullanılmıştır. Hydrology uzantısı içerisinde bulunan "Fill" ile işlem gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.12) (Çoban ve Eker, 2009).

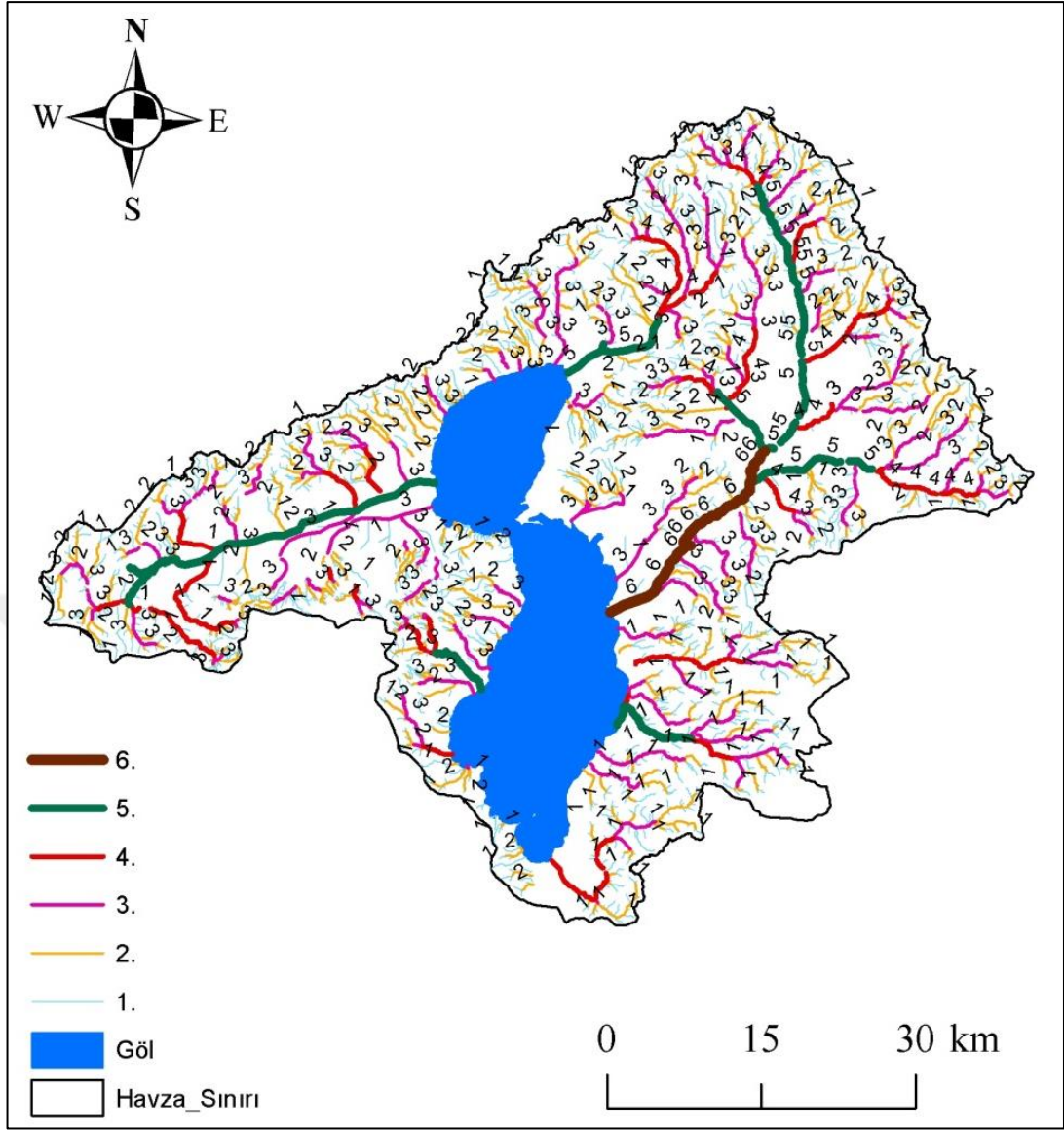


Şekil 3.12. SYM verisindeki çukurlukların ve yüksekliklerin giderilmesi

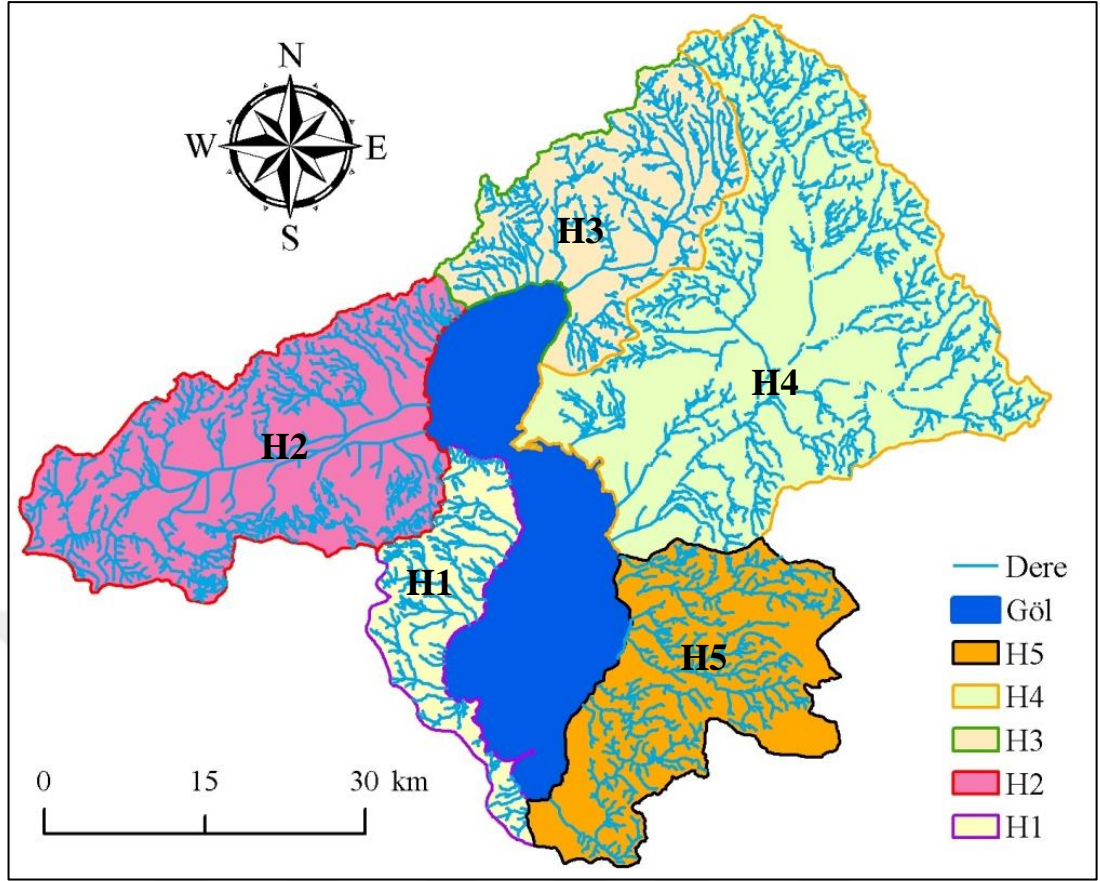
Daha sonra çukurlukları doldurulmuş SYM' den doğal akış yönü (*Flow Direction*) belirlenmiş ve bu akışların toplanma (*Flow Accumulation*) verisi elde edilmiştir. Akım toplanma verisinden akarsu ağının oluşturulması için elde edilen haritaya eşik ($\text{flowaccumulation} > 500$) değeri verilerek akarsu ağı üretilmiştir. Nitekim Özdemir (2007)'de bu değerin gerçeğe yakın ve maksimum akım potansiyelini ortaya koyan 100 ve 100 piksel değerinin katlarını oluşturduğunu ifade etmiştir.

Ardından SYM kullanılarak 3D Analyst Tools modülünün Raster Surface opsiyonu kullanılarak Eğirdir havzasının eğim, bakı ve yükselti haritaları (katmanları) oluşturularak, burada haritalarda sınıflandırmalara göre bir gruplandırma yapılmıştır. Böylece, havzanın ortalama eğimleri elde edilmiş, yüksekliğe göre eğimlerin bulunması ve bu eğim gruplarının hangi bakıya sahip oldukları belirlenmiştir.

SYM' den yararlanılarak havza sınırı katmanı elde edilmiştir. Daha sonra aynı paftalar üzerinden üretilen dere haritası sayısal ortamda çizilmiş (Şekil 3.13), dere sırasının (drenaj ağının) dereceleri Strahler (1952, 1957, 1964) yaklaşımına göre ArcGIS yardımıyla belirlenmiş ve elde edilen dereceler manuel olarak öz nitelik tablosuna eklenmiştir. Dere katmanı, sayısal yükseklik katmanı ve eşyüksekti eğrisi katmanı kullanılarak alt havzaların sınırları elde edilmiştir (Şekil 3.14). Böylece, konumsal analizlerin yapılmasını sağlayacak veri tabanı elde edilmiştir.



Şekil 3.13. Eğirdir Gölü havzasının Strahler yöntemine göre dere dizilimi



Şekil 3.14. Eğirdir gölü havzasının alt havzaları ve drenaj ağı

SYM' den farklı olarak öz nitelik tablosu ve ilişkilendirilmiş veri ile kurulan bir model daha türetilmiştir. Bu model üzerinde yükselti sınıflandırması ve bu sınıflara giren alanların hem tablo, hem de grafik bilgilerine ait dökümler elde edilmiştir. Sayısal veri tabanı üzerinden istatistik işleci kullanılarak havza alanı, çevresi, dere uzunluğu gibi özellikler doğrudan elde edilmiştir. Daha sonra havzanın şekline bakılarak havza uzunluğu ve havza genişliği değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sayısal değerler kullanılarak havzanın morfometrik özellikleri değerlendirilmiştir.

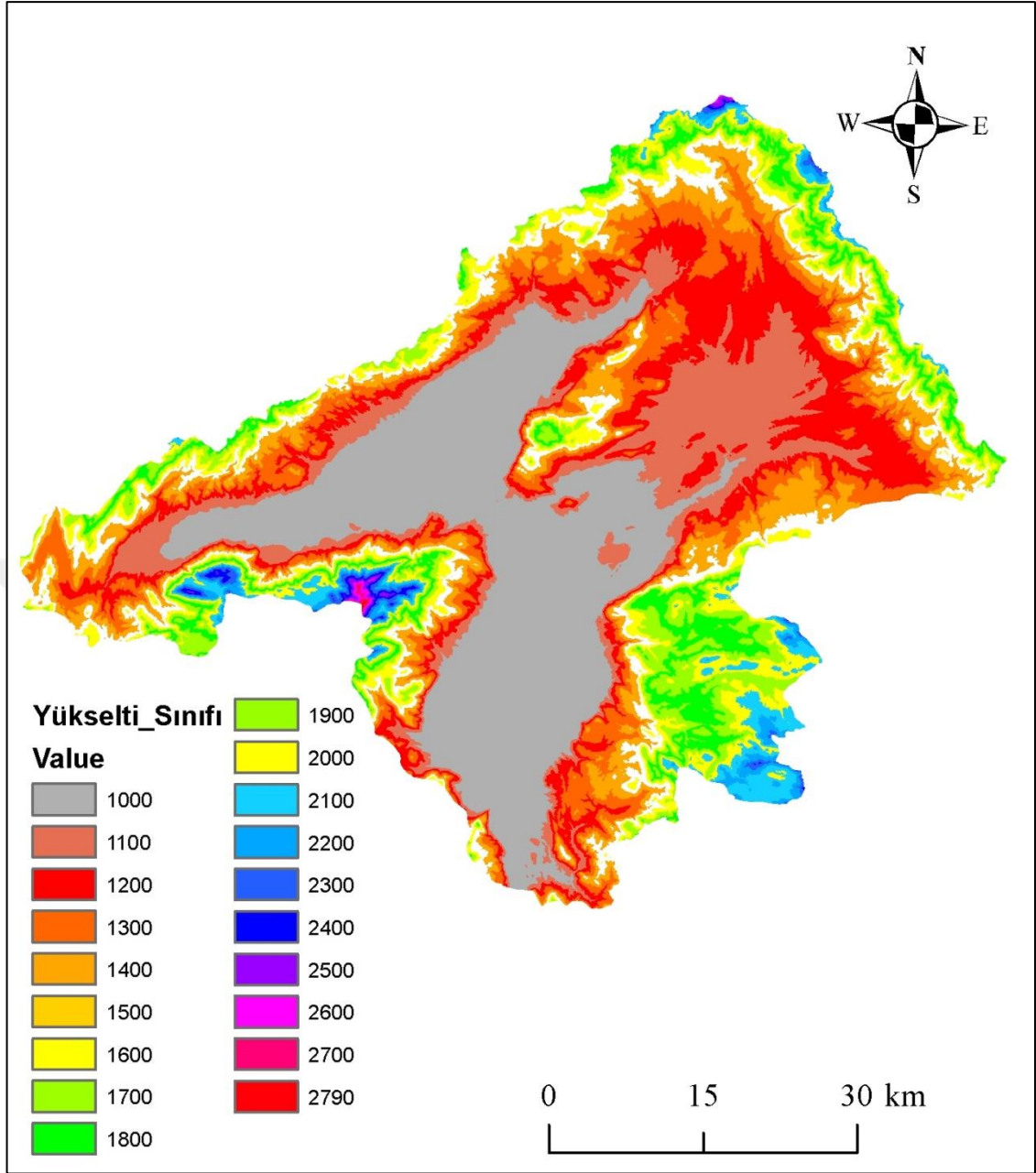
Eğirdir Gölü havzası beş alt havzaya ayrılmıştır (Çizelge 3.8). Bu alt havzaların eğim, bakı, yükselti özellikleri ayrı ayrı elde edilmiş ve bu özellikler alt havzalarda birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma alanındaki başlıca akarsular kuzeyde Senirkent Ovası'ndaki Pupa Çayı, Hoyran Ovası'ndaki Değirmen Çayı ve Gelendost Ovası'ndaki Akçay'dır. Bu üç akarsu da göle dökülmektedir. H2 alt havzası Pupa Çayı alt havzası, H3 alt havzası Aşağı Dere havzası ve H4 alt havzası ise Özdere havzası olarak nitelendirilmiştir. Ancak, H1 ve H5 alt havzalarında sürekli olarak

akan ve ana derede toplanarak Eğirdir Göl'üne boşalan bir ana dere yoktur. Bu nedenle bu iki alt havza bu anlamda isimlendirilmemişlerdir.

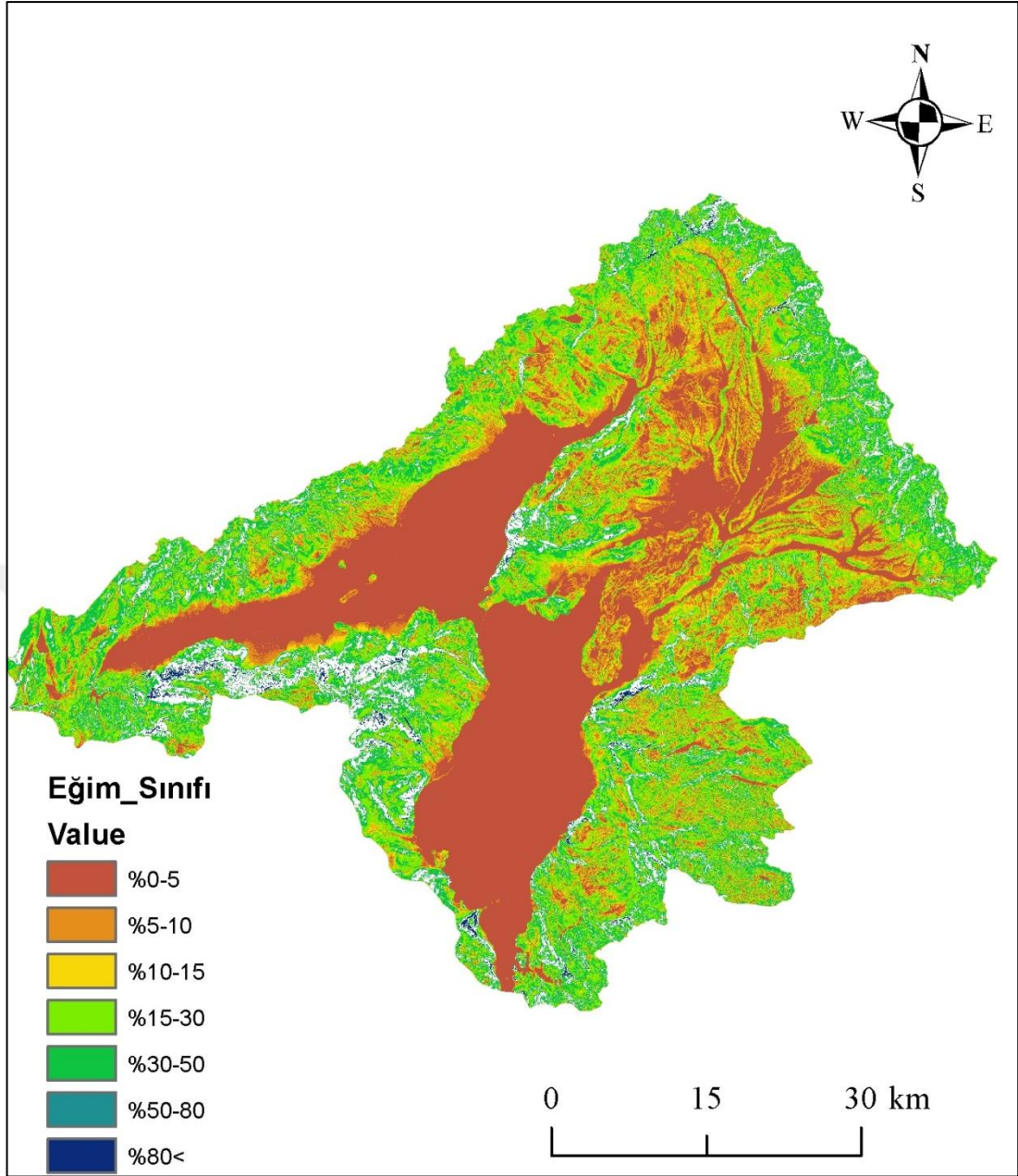
Çizelge 3.8. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının ortalama yükselti aralığı ve toplam alan içindeki dağılımı

Alt Havzalar	Alt Hava İsimleri	Ort. Yükselti (m) aralığı	Toplam alan içindeki payı (%)
H1	H1	1000-1500	%72.09
H2	Pupa Çayı havzası	1000-1500	%72.20
H3	Aşağı Dere havzası	1000-1400	%73.65
H4	Özdere havzası	1000-1400	%74.26
H5	H5	1300-1400	% 20.47

H5 alt havzasında yer alan % 43.63'lik alan 1800-2100 m arasında yer almaktadır (Şekil 3.15). Alt havzalardaki yükselti dağılımı büyük bir kısmı 1000 m ile 1500 m arasında olup 2100 m'ye kadar ulaşmaktadır. Ana havzada (Eğirdir Gölü Havzası) toplam alanın % 31.44'ü düz ve düze yakın eğime sahiptir (Şekil 3.16). Alt havzalarda ise bu eğim sınıfında olan havzaların toplam alanları içindeki payları sırasıyla % 10.59, %32.38, %21.77, %29.99 ve %17.91 olarak değişmektedir. Hafif ve orta eğimde olan alanların dağılımı; Eğirdir Gölü havzası, H1, H2, H3, H4 ve H5'de sırasıyla %33.64, %41.42, %30,84, %30.45, %28.91 ve %47.68'dir. Dik ve Çok dik eğimlerde sırasıyla %24.28, %46.02, %35.5, 40.66 ve %33.39 iken sarp eğimde sırasıyla %0.64, %1.97, %1.29, %0.18, %0.44 ve %0.63'tür (Çizelge A.3).

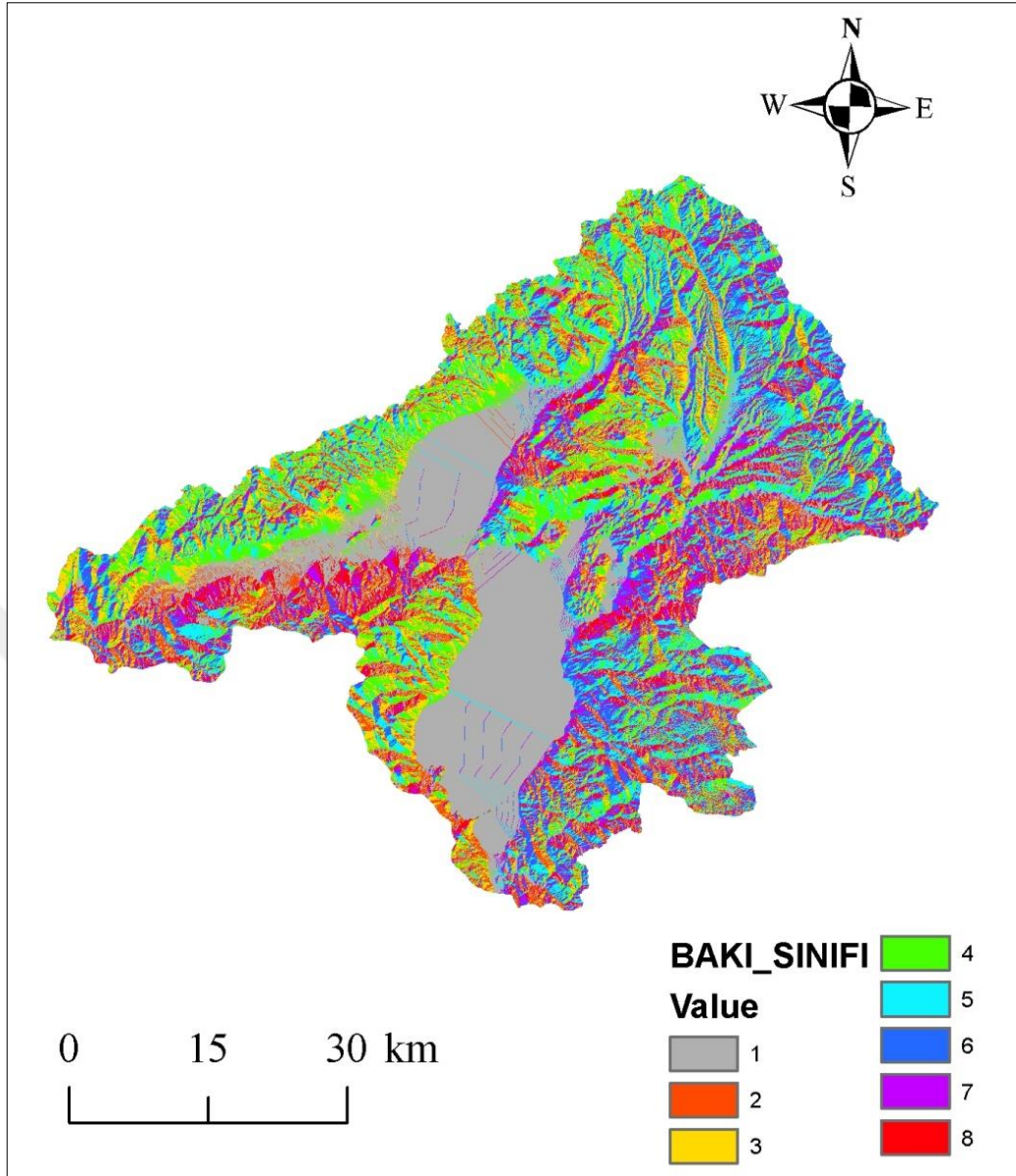


Şekil 3.15. Eğirdir Gölü havzasının yükselti sınıfı haritası



Şekil 3.16. Eğirdir Gölü havzasının eğim sınıfı haritası

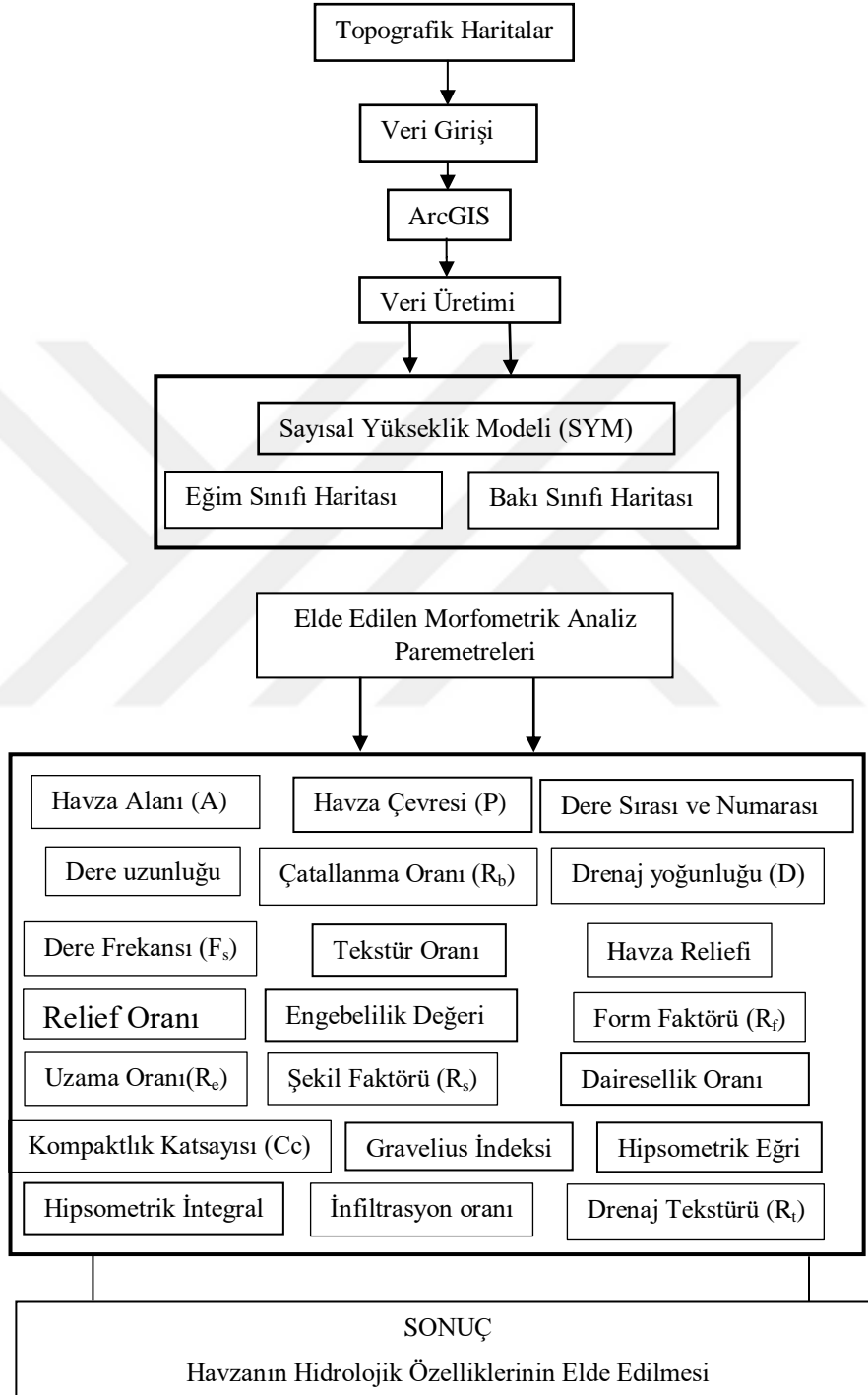
Bakı sınıfları genel olarak değerlendirildiğinde, Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının kuzey bakılarında yer alan dağılımları sırasıyla %26.53 ve %34.87, %33.05, %23.7, %28.71, %24.06' dır (Şekil 3.17). Bu değerler güney bakılarda sırasıyla %35.31 ve %41.58, %37.80, %49.76, %40.10, %39.37' dir. Buna göre havzanın ve alt havzalarının egemen bakısının güney bakı olduğu söylenebilir (Çizelge A.4).



Şekil 3.17. Eğirdir Gölü havzasının bakı haritası

3.7. Yöntemin Akış Şeması

Yöntemin akış şemasında veri girişi ve veri üretimi aşaması sonucunda morfolometrik parametrelerin elde edilmesi anlatılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Morfolometrik parametrelerin sayısal değerlerinin elde edilmesinde kullanılan yöntemin akış şeması

Eğirdir gölü havzasının 37 adet olan 1:25.000'lik paftaları sayısal olarak temin edildiğinden (HGK, 2015) veri girişi yapılmadan ArcGIS ortamında birleştirilmişlerdir. Havzanın morfolojik özelliklerini elde edebilmek için Sayısal arazi modeli (SAM)'i üretilmiştir. Böylece, çalışma alanı düzenlenerek havza ve alt havza sınırları bulunmuştur. Havza sınırları ve SAM kullanılarak sayısal yükseklik modeli (SYM) elde edilmiştir. SYM'yi kullanarak havza ve alt havzaların eğim, bakı, yükselti sınıfları elde edilmiştir. Bununla birlikte, SYM kullanılarak ArcGIS ortamında dereler çizilmiştir. Tüm bu veriler sayısal olarak elde edilmiştir. Böylece yöntem içinde veri üretimi aşaması tamamlanmıştır. Bunun sonucunda havzanın hidrolojik özellikleri sayısal olarak elde edilmiştir (Şeki 3.18).

3.8. Morfolojik Parametrelerin Analizi

Araştırmada, Eğirdir Gölü Havzasının drenaj ağı ve topografik özelliklerine ait toplam 21 başlık altında ifade edilen parametreleri incelenmiştir. Çalışmaya konu olan morfolojik özellikler; havza alanı (km²), havza çevresi (km), dere sırası ve sayısı (adet), dere uzunluğu (km), drenaj yoğunluğu (km/km²), dere sıklığı (adet/km²), form faktörü (km²/km), şekil faktörü (km/km²), dairesellik oranı (km²/km), uzama oranı(km²/km), kompaktlık katsayısı (km²/km), çatallanma oranı, drenaj tekstürü (adet/km), tekstür oranı (Adet/km), engebelilik değeri, hipsometrik eğri, hipsometrik integral (m), gravelius indeksi, havza reliefi, relief oranı, infiltrasyon oranın'dan oluşan 21 (yirmibir) adet parametre kullanılarak analiz edilmiştir (Çizelge 3.9). Bu parametrelerden havza alanı, havza çevresi, dere sırası, sayısı ve dere uzunluğu değerleri 1/25.000 ölçekli haritalardan ArcGIS10.2 yardımıyla 10 m aralıklarla SYM' den yararlanılarak elde edilmiştir.

Drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, form faktörü, şekil faktörü, dairesellik oranı, uzama oranı, kompaktlık katsayısı, çatallanma oranı, drenaj tekstürü, tekstür oranı, engebelilik değeri, hipsometrik eğri, hipsometrik integral, gravelius indeksi, havza reliefi, relief oranı, infiltrasyon oranı değerleri ise havza alanı, havza çevresi, dere uzunluğu, dere sırası ve sayısı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Morfolojik parametrelerden dere sırası ve sayısı, dere uzunluğu, çatallanma oranı, drenaj tekstürü, tekstür oranı, drenaj yoğunluğu drenaj ağı özelliklerini ifade ederken,

form faktörü, şekil faktörü, uzama oranı, dairesellik oranı, kompaktlık kat sayısı, relief oranı, havza reliefi, hipsometrik eğri, hipsometrik integral, infiltrasyon sayısı ise topografik özellikleri ifade etmektedir.

3.8.1. Havza alanı (A)

Havza alanı, diğer bir ifade ile drenaj alanı hidrolojik verinin işlenmesi, analizi ve yorumlanmasında kullanılan temel parametrelerden birisidir. Nitekim, havza alanı hidrolojik süreçlerde önemli bir bileşendir (Al-Saady vd., 2016). Daha büyük havzalar ve nispeten yüksek topografyaya sahip alt havzalar genellikle daha fazla deşarj özelliği ile karakterize edilirler. Dolayısıyla, doğrudan pik akışları ve akışın büyüklüğünü belirleyen parametredir (Farhan, 2017). Chorley vd. (1957), birim alandaki maksimum sel akışının havzanın büyüklüğü ile ters orantılı olduğunu ifade etmektedirler. Havzanın alanı, SYM' den yararlanılarak CBS ortamından elde edilmiştir.

3.8.2. Havzanın çevresi (P)

Drenaj alanı gibi havza alanının çevresi de hidrolojik veri işlemleri, analiz ve yorumlama için temel bir morfometrik parametredir. Havzanın çevresi, SYM' den yararlanılarak CBS ortamından elde edilmiştir.

3.8.3. Dere sırası ve sayısı

Drenaj havzası analizinde dere sırasının belirlenmesi ilk adımdır. Dere sırası, bir drenaj ağı oluşturan bireysel akış bölümleri arasındaki hiyerarşik ilişkiyi ifade eder. Drenaj havzası analizindeki ilk adım (Horton, 1945) tarafından sunulan bir sistemin ardından akış sıralarının belirlenmesidir. Akarsular, hiyerarşik akarsu sıralamasını temel alan (Strahler, 1964) akarsu sıralama sisteminin ardından sıralanmıştır. Kolları olmayan bir akış segmenti birinci dereceden bir deredir, iki tane birinci dereceden derenin birleşmesiyle ikinci dereceden dere oluşturulur, üçüncü dereceden dere ise iki tane ikinci dereceden derenin birleştirilmesi ile oluşur yani iki tane aynı numaralı dereler kendinden sonra gelecek olan bir üst numaralı dereyi oluştururlar (Strahler, 1952).

Akış özelliklerinin detayları, belirli bir drenaj havzasında farklı sıradaki akışların sayısının ters bir geometrik orana yaklaşma eğiliminde olduğunu belirten Horton (1932) ' un “akış sayısı yasası” nı doğrulamaktadır. Horton'un ilkesine göre, akış numarası ile sırası arasında negatif bir ilişki vardır, yani akış numarası artıkça akış sırası azalır.

3.8.4. Dere uzunluğu (L_u)

Havzanın akış uzunluğu özellikleri, bir drenaj havzasındaki her bir düzenin ortalama akış uzunluğunun, doğrudan bir geometrik orana yakın bir şekilde yaklaşma eğiliminde olduğunu gösteren ikinci “akış uzunluğu kanunu” na uygundur (Horton, 1932). Havzanın içindeki çeşitli sıralarının akış sayıları sayılır ve uzunlukları ölçülür. Genel olarak, akış bölümlerinin toplam uzunluğu artan akış için azalır.

3.8.5. Drenaj yoğunluğu (D_d)

Horton (1932;1945) tarafından üretilmiş olup en önemli morfometrik parametrelerden biridir. Havzaların akarsular tarafından bölünme oranını göstermektedir (Verstappen, 1983).

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \quad (3.1)$$

Formülde; D_d : Drenaj yoğunluğu, $\sum L$: Toplam drenaj uzunluğu (km), A : Havzanın alanı' dır.

3.8.6. Dere sıklığı (F_s)

Birim alana karşılık gelen akarsu kol sayısını göstermekte olup havza içindeki toplam akarsu dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Horton, 1932, 1945; Strahler, 1964; Balcı ve Özyuvacı, 1988; Reddy vd., 2004).

$$F_s = \frac{N}{A} \quad (3.2)$$

Formülde; N: Toplan dizin sayısını, A: Havzanın alanını ifade etmektedir.

3.8.7. Çatallanma oranı (R_b)

Çatallanma oranı (R_b) Horton tarafından Playfair yasası kullanılarak geliştirilen, Strahler akarsu dizin metodunu kullanan bir morfometrik orandır (Horton, 1932; Strahler, 1957; Pike, 2009; Sreedevi vd., 2013).

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad (3.3)$$

Formülde; N_u : akış sırasını, N_{u+1} : bir üst akış sırasını ifade etmektedir.

3.8.8. Form faktörü (R_f)

Havza alanının maksimum havza uzunluğunun karesine oranıdır (Horton, 1932).

$$R_f = \frac{A}{L_b^2} \quad (3.4)$$

Formülde; A: havza alanı, L_b : havza uzunluğunu ifade etmektedir.

3.8.9. Şekil faktörü (R_s)

Havza uzunluğunun karesinin havza alanına oranı ile hesaplanmaktadır (Özhan, 2004).

$$R_s = P_u / A \quad (3.5)$$

Formülde; P_u : havza uzunluğunun karesi, A : havzanın alanı' dır.

3.8.10. Dairesellik oranı (R_c)

Miller (1953) ve Strahler (1964) dairesellik oranını; havza alanını havza alanının çevresi ile aynı çevreye sahip olan bir dairenin alanına oranı olarak tanımlamıştır ve formülü aşağıdaki şekildedir.

$$R_c = 4\pi * A/P \quad (3.6)$$

Formülde; A : havza alanını, P : havza alanının çevresini ve π : Pi sayısı (3.14)' dır.

3.8.11. Uzama oranı (R_e)

Havzayla aynı alana sahip bir dairenin çapıyla havzanın maksimum uzunluğu arasındaki oranla elde edilir, bu değer bire eşit veya birden küçük olmaktadır (Schumm, 1956; Özhan, 2004).

$$R_e = \frac{2}{L_b} \times \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0.5} \quad (3.7)$$

Formülde; A : havza alanını, L_b : havza uzunluğunu ifade etmektedir.

3.8.12. Kompaktlık katsayısı (C_c)

Havza çevresinin havza alanına sahip olan bir dairenin çevresine oranı ile bulunan bu değer bire eşit veya birden büyüktür (Özhan, 2004).

$$C_c = 0,2821P / A_{0,5} \quad (3.8)$$

Formülde; P : havza çevresini, A : havza alanını İfade etmektedir.

3.8.13. Drenaj tekstürü (R_t)

Drenaj tekstür oranı (R_t), havza infiltrasyon kapasitesini gösteren önemli parametrelerden birisidir (Horton, 1945).

$$R_t = N_u/A \quad (3.9)$$

Formülde; N_u : havzadaki dizinlerin toplam sayısı, A : havza alanını ifade etmektedir.

3.8.14. Tekstür oranı (T)

Tekstür oranı Strahler yöntemini kullanarak birinci dizindeki akarsu kollarının toplam sayısı ile havza çevresinin oranını ifade etmektedir (Horton, 1945; Özdemir, 2011).

$$T = N_{u1}/P \quad (3.10)$$

Formülde; N_{u1} : 1. dizinlerin toplam sayısı, P : Havzanın çevre uzunluğudur (km).

3.8.15. Gravelius indeksi (K_g)

Gravelius katsayısı, havzanın çevre uzunluğunun havza ile aynı alanda dairenin çevre uzunluğuna oranıdır. Bu katsayı büyüdükçe havzanın şekli daireden uzaklaşır (Ünal, 2015)

$$K_g = P/2\sqrt{(\pi \times A)} \quad (3.11)$$

Formüldeki P , havza çevresini (km); π , pi sayısını (3); A ise havza alanını (km^2) temsil etmektedir.

3.8.16. Havza reliefi (B_h)

Havza relief özelliklerinin ve havza eğiminin hidrolojik parametre olarak önemi bilinmektedir (Sherman, 1932; Horton, 1945; Strahler, 1964; Baker, vd, 1988). Havzanın en yüksek noktası ile en düşük noktası arasındaki yükselti farkını ifade eder.

$$B_h = H_{max} - H_{min} \quad (3.12)$$

Formülde; H_{max}: Havzanın en yüksek noktası (m), H_{min}: Havza en alçak noktası (m) dır.

3.8.17. Relief oranı (R_h)

Relief oranı, maksimum havza reliefinin ana akarsuya paralel olan maksimum havza uzunluğuna bölünmesiyle elde edilmektedir (Schumm, 1956).

$$R_h = H/L_b \quad (3.13)$$

Formülde; H: maksimum havza reliefi, L_b: maksimum havza uzunluğunu ifade etmektedir.

3.8.18. Engebelilik değeri (R_n)

Engebelilik değeri havzanın drenaj yoğunluğu ile dere sıklığının çarpımı ile elde edilir (Reddy vd., 2004).

$$R_n = D_d \times B_h \quad (3.14)$$

Formülde; D_d: drenaj yoğunluğunu, B_h: havza reliefini ifade etmektedir.

3.8.19. Hipsometrik eğri

Bir drenaj alanının hipsometrik eğrisi, farklı boyutlardaki havzaların yükseklik/alan dağılımını tanımlamaktadır (Strahler, 1952a).

$$H_c = h/H \quad (3.15)$$

Formülde; h: rölatif yükseklik, H: maksimum yüksekliktir.

3.8.20. Hipsometrik integral (Hi)

Hipsometrik integral (Hi; hipsometrik indeks veya yükselti/ alan oranı) hipsometrik eğrinin altında kalan toplam alanı ifade etmektedir. Bir havzanın hipsometrik eğrisini karakterize etmenin en kolay yolu olan hipsometrik integrali hesaplamada havzanın maksimum, minimum ve ortalama yükseklik değerleri kullanılır (Pike vd., 1971; Mayer, 1990).

$$H_i = \frac{H - H_{min}}{H_{max} - H_{min}} \quad (3.16)$$

Formülde H , ortalama havza yüksekliğini; H_{min} , minimum havza yüksekliğini; H_{max} ise maksimum havza yüksekliğini ifade etmektedir.

3.8.21. İnfiltrasyon oranı (İ)

İnfiltrasyon değeri, drenaj yoğunluğu ve dere sıklığının bir ürünüdür (Ali ve Khan, 2013).

$$İ = D_d * F_s \quad (3.17)$$

Formülde; D_d : drenal yoğunluğu, F_s : dere sıklığını ifade etmektedir.

Çizelge 3.9. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının morfometrik özelliklerinin analizinde kullanılan parametreler

Morfometrik Parametreler	Formül	Tanım	Referans
1)Havzanın Alanı(A)	—	Drenaj sisteminin kapladığı alanıdır.	
2)Havzanın Çevresi(P)	—	Drenaj sistemini çevreleyen ve su ayırım çizgileri ile çizilen havza sınıridir.	
3)Toplam Dere Sırası (N)ve Numarası	$(\sum N_u)$	Havzadaki toplam dere sırasıdır.	Strahler,1964
4)Toplam Dere Uzunluğu (L)	$(\sum L)$	Havzadaki derelerin toplam uzunluğudur (km)	Horton,1945
5)Drenaj Yoğunluğu (D_d)	$D_d = \sum L/A$	Havzadaki dizinlerin toplam uzunluğunu havzanın alanına bölünmesiyle elde edilir. (km/km ²)	Horton, 1932, 1945
6)Dere Sıklığı (F_u)	$F_u = \sum N_u/A$	Havzadaki toplam dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilir.	Horton, 1932, 1945
7)Çatallanma Oranı (R_b)	$R_b = N_u/N_{u+1}$	Havzadaki herhangi bir dizin sayısının kendisinden daha yüksek dizine oranıyla elde edilir.	Sreedevi, 2013
8)Form faktörü (R_f)	$R_f = A/L_b^2$	Havza alanının maksimum havza uzunluğunun karesine oranıdır.	Horton,1945
9)Şekil Faktörü(R_s)	$R_s = P_u/A$	Havza uzunluğunun karesinin havza alanına oranıdır.	Sameena vd., 2009
10) Dairesellik Oranı(R_c)	$R_c = 4\pi * A/P_2$	Havzanın alanının havzanın çevresi ile aynıçevreyesahipdairenin alanına oranıdır	Strahler, 1964
11)Uzama Oranı(R_e)	$R_e = \frac{2}{L_m} \times \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0.5}$	Havza ile aynı alana sahip daireninçapınınhavzanın uzunluğuna oranıdır.	Schumm, 1956
12) Kompaktlık Katsayısı(C_c)	$C_c = 0,2821P/A_{0,5}$		Sreedevi vd., 2013
13) Drenaj Tekstürü	$R_t = N_u/A$	Havzadaki toplam dizin sayısının havza alanına oranı ile elde edilir.	Horton, 1945
14)Tekstür Oranı (T)	$T = N_{D1}(1/P)$	Havzadaki 1. dizin sayısının havza çevre uzunluğuna oranıdır.	Schumm, 1956
15) Gravelius İndeks	$K_g = P/2 \sqrt{(\pi \times A)}$		(Özdemir, 2011)
16)Havza Reliefi (B_h)	$B_h = H_{max} - H_{min}$	Havzanın en yüksek ve en alçak noktası arasındaki yükselti farkıdır.	Schumm, 1956
17) Relief Oranı	$R_h = H/L_b$		Schumm, 1956
18)Engebelilik Değeri (R_n)	$R_n = B_h \times D_d$	Havza reliefi ve drenaj yoğunluğunun çarpımıdır.	Schumm, 1956
19) Hipsometrik Eğri	$H_c = h/H$	Rölatif yüksekliğin maksimum yüksekliğe oranıdır.	Pike ve Wilson (1971) Mayer (1990)
20) Hipsometrik İntegral	$H_i = \frac{H - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$		Pike ve Wilson (1971) Mayer (1990)
21)İnfiltrasyon Oranı	$\dot{i} = D_d * F_s$	Drenaj yoğunluğu ile dere sıklığının çarpımından elde edilir.	Ali ve Khan, 2013

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Morfolojik analiz, sayısal bilgiler elde etmemizi sağlayan ve bu bilgiler yardımıyla incelenen havzanın hidrolojik yapısı hakkında bilimsel anlamda fikir sahibi olabilmemize olanak tanıyan matematiksel bir yöntemdir.

Havzalardan maksimum düzeyde yararlanma olanaklarının yaratılması bakımından, morfometrik analiz yöntemini kullanarak drenaj ağı ve topografik özelliklerin belirlenmesi önemlidir. Havzaların morfolojik özellikleri hidrolojik özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu bakımdan, araştırmaya konu olan morfometrik özelliklerin hidrolojik süreç üzerindeki etkilerinin bilinmesi havza yönetimi kapsamında yapılacak birçok çalışma için önemli değerlendirmeler yapılmasına olanak sağlamaktadır. Araştırmaya konu olan Eğirdir Gölü Havzası Göller Bölgesi için önemli bir yere sahip olup, kentleşmenin arttığı bir yapı sergilemektedir. Yönetim planlarına konu olan havza ile ilgili çalışmalarda hidrolojik bakımdan yapılacak değerlendirmelere her dönemde ihtiyaç duyulacaktır. Bu çalışmada, havzanın hidrolojisini değerlendirmek için kullanılan morfometrik analiz yöntemine konu edilen parametreler sırasıyla; havza alanı, havza çevresi, toplam dere sayısı ve numarası, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, çatallanma oranı, form faktörü, şekil faktörü, dairesellik oranı, uzama oranı, kompaktlık katsayısı, drenaj tekstürü, tekstür oranı, gravelius indeksi, havza reliefi, relief oranı, engebelilik değeri, hipsometrik eğri, hipsometrik integral ve infiltrasyon oranıdır. Tüm bunların yanında, genel olarak Eğirdir Gölü havzası'nın ve alt havzalarının eğim bakı ve yükseklik özellikleri de değerlendirilmiştir.

4.1. Morfometrik Parametreler

Bu çalışmada, havza hidrolojisine olan etkileri bakımından değerlendirilen toplam 21 morfometrik parametrenin değerlendirilmesine yer verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Morfometrik analiz sonucu elde edilen morfometrik parametrelerin sonuçları

Morfometrik Parametreler	Eğirdir Gölü Havzası	H1	H2	H3	H4	H5
1) Havzanın Alanı(A)	3458,85	222,73	685,02	417,21	1157,87	491,31
2) Havzanın Çevresi(P)	374,70	115,12	144,14	118,40	205,42	131,95
3) Toplam Dere Sayısı (N)ve Numarası(u)	1. Derece 1849 2. Derece 456 3. Derece 111 4. Derece 25 5. Derece 7 6. Derece 1 Toplam2449	1. Derece 221 2. Derece 57 3. Derece 12 4. Derece 3 5. Derece 1 Toplam 294	1. Derece 519 2. Derece 131 3. Derece 33 4. Derece 7 5. Derece 1 Toplam 691	1. Derece 287 2. Derece 92 3. Derece 18 4. Derece 3 5. Derece 1 Toplam 401	1. Derece 530 2. Derece 114 3. Derece 31 4. Derece 8 5. Derece 3 6. Derece 1 Toplam 684	1. Derece 292 2. Derece 62 3. Derece 17 4. Derece 3 5. Derece 1 Toplam 375
4) Toplam Dere Uzunluğu(Lu)	417422	114385	101369	48092	117131	36445
5) Drenaj Yoğunluğu (D _d)	1.21	5.14	1.48	1.15	1.01	0.74
6) Dere Sıklığı (F _s)	0.82	1.32	1.01	0.96	0.59	0.77
7) Çatallanma Oranı (R _b)	4.63	3.91	4.91	4.31	3.57	4.15
8) Form faktörü (R _f)	0.47	0.31	0.32	0.42	0.46	0.35
9) Şekil Faktörü(R _s)	2.13	3.19	3.15	2.40	2.17	2.85
10) Dairesellik Oranı(R _c)	0.31	0.21	0.41	0.37	0.34	0.35
11)Uzama Oranı(R _e)	0.32	0.31	0.32	0.36	0.38	0.33
12) Kompaktlık Katsayısı(Cc)	1.80	2.18	1.55	1.64	1.70	1.68
13) Drenaj Tekstürü	0.71	1.32	1.01	0.96	0.59	0.76
14)Tekstür Oranı (T)	4.93	1.92	3.60	2.42	2.58	2.21
15) Gravelius İndeks	1.84	2.23	2.75	2.90	1.74	1.72
16)Havza Reliefi (B _h)	1875	1860	1873	1243	1685	1460
17) Relief Oranı	0.02	0.17	0.05	0.05	0.04	0.07
18)Engebelilik Değeri (R _n)	2.26	9.56	2.77	1.42	1.70	1.02
19) Hipsometrik Eğri						
20) Hipsometrik İntegral	0.41	0.41	0.41	0.43	0.42	0.42
21) İnfiltasyon Oranı	0.99	6.78	1.49	1.10	0.60	0.57

A=havzanın alanı (km²), P=havzanın çevresi (km), Nu=toplam dere sayısı (Adet), u= dere numarası, Lu= toplam dere uzunluğu (km), D_d= drenaj yoğunluğu (km/km²), F_s= dere sıklığı (Adet/km²), R_b= çatallanma oranı (km/km), R_f=form faktörü (km²/km), R_s= şekil faktörü (km/km²), R_c= dairesellik oranı (km²/km), R_e=uzama oranı (km²/km), Cc=kompaktlık katsayısı (km/km²), R_t= drenaj tekstürü (Adet/km²), T= tekstür oranı (Adet/km), K_g= Gravelius İndeks(km/km²), B_h= Havza Reliefi (m), R_h= Relief Oranı (m/km), R_n= Engebelilik Değeri, Hipsometrik Eğri, Hi= Hipsometrik İntegral (m/m), İ= İnfiltasyon Oranı

4.1.1. Havzanın alanı (A)

Havzanın büyüklüğü, aynı zamanda, su toplanma zamanını önemli derecede etkileyen bir parametredir. Havzanın alanı ne kadar büyükse su toplanma zamanı da o kadar uzamaktadır (Kutukcu vd., 2015). Havzaların alansal özelliklerine yönelik ve havza alanı kullanılarak hesaplanan morfometrik parametreler, su toplama havzasının tüm alanını kapsayacak şekilde, havzaya düşen yağışların toplanması ve yüzeysel akışın birikimi açısından önemli fikir verirler (Özdemir, 2011). Eğirdir Gölü havzası toplam alanı 3458. 85 km²'dir. Toplam alan içerisindeki gölalanı ise 484. 36 km²'dir. Havza genel olarak büyük havza sınıfına girmektedir. Alt havzaların alan dağılımı sırasıyla; 222. 73 km² (H1), 685. 02 km² (H2), 417. 21 km² (H3), 1157. 87 km² (H4) ve 491. 31 km² (H5)'dir. Buna göre, Eğirdir Gölü havzası genel olarak büyük havza sınıfına girdiğinden ve genel olarak alanı en büyük havza olduğundan yağışla üzerine düşen suyun toplanma zamanı uzun olacaktır. Alt havzaların tamamı büyük havza sınıfına girmekle beraber, kendi aralarında değerlendirmek amacıyla büyükten küçüğe doğru sıralandıklarında H4>H2>H5>H3>H1 şeklinde değişmektedir (Şekil 3.11). Buna göre, suyun toplanma zamanı H1 havzasında en kısarken, H4 havzasında yağışla gelen suyun toplanma ve yüzeysel akışa geçme zamanı en uzundur.

Genel olarak Eğirdir Gölü havzası ve alt havzaları büyük havza sınıfına girmektedir. Bu açıdan bakıldığında yağışla üzerine düşen suyun toplanma zamanı hepsinde de uzundur. Ancak alt havzalar kendi aralarında değerlendirildiklerinde, ana havzanın çıkış noktasında H1 ve H5 alt havzalarının bulunduğu görülmektedir. Bu iki alt havzanın diğer alt havzalara kıyasla daha küçük alanlara sahip olmaları suyun toplanma zamanında nispeten kısalmaya neden olabilecektir. Bu durum göz önüne alındığında bu iki alt havzanın özellikleri nedeniyle alt kesimlerde yüzeysel akış hızının arttırabileceği ve bunun da sediment birikimine neden olabileceği söylenebilir.

4.1.2. Havza çevresi (P)

Eğirdir Gölü havzının genel olarak çevre uzunluğu 374. 7 km olarak bulunmuştur. Alt havzalarının çevre uzunluğu ise sırasıyla 115. 12 km (H1), 144. 14 km (H2), 118. 40 km (H3), 205. 42 km (H4) ve 131. 95 km (H5) olarak bulunmuştur.

Eğirdir Gölü havzasının alt havzalarının çevre uzunluğu değerleri küçükten büyüğe doğru sırasıyla; 115. 12 km (H1), 118. 40 km (H3), 131. 95 km (H5), 144. 14 km (H2) ve 205. 42 km (H4) olarak değişmektedir. Bu değişim alt havza alanlarında $H4>H2>H5>H3>H1$ şeklindedir. Buna göre, Eğirdir Gölü havzası alt havzalarının alanı ile havza çevre uzunlukları arasında doğru bir ilişki olduğu söylenebilir. Uzama oranında ise bu sıralama 0.32 (Eğirdir Gölü havzası), 0.31 (H1), 0.32 (H2), 0.36 (H3), 0.38 (H4), 0.33 (H5) şeklindedir.

Eğirdir Gölü havzasında doğal ve genel olarak çevre uzunluğu en yüksek bulunmuş, alt havzalarında ise $H4>H2>H5>H3>H1$ sıralamasıyla H4 alt havzasında en yüksek bulunmuş ve bu değişim havza alanıyla orantılı bir değişim göstermiştir. Havzanın çevre uzunluğuna artıka su toplama bölümünde engebeliliğinin artacağı bilindiğinden alanı en küçük bulunan H1 alt havzasında engebeliliğin en az bulunduğu söylenebilir.

4.1.3. Dere sırası ve sayısı

Eğirdir Gölü havzasında 1849 adet dere (%75.50) 1. dereceden, 2. dereceden dere sırası 456 adet (%18.62), 3. dereceden 111 adet (%4.53), 4. dereceden 25 adet (%1.02), 5. dereceden 7 adet (%0.29) ve 6. dereceden dere 1 adet (%0.04) bulunmuştur. (Erol Görür ve Karadeniz, 2018). Genel olarak, havza alanı içindeki oranıyla en büyük paya sahip olan dere sırası 1 ve en düşük paya sahip olan dereler ise 6. derecedeki derelerdir. Alt havzaların dere sırası ve sayılarına bakıldığında; H1 alt havzasında dere numarası ve sırasının 221 (1.), 57 (2.), 12 (3.), 3 (4.), 1 (5) olmak üzere toplam dere sırasının 5 ve toplam dere sırasının 294 adet olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). H2 alt havzasında bu değerler sırasıyla; 519 (1.), 131 (2.), 33 (3.), 7 (4.) ve 1 (5.), olup toplam sayıları 691 adettir. H3 alt havzasında bu değerler 287 (1.), 92 (2.), 18 (3.), 3 (4.) ve 1 (5.) olup, toplamı 401 adettir. H4 ve H5 alt havzalarında

ise sırasıyla; 530 (1.), 114 (2.), 31 (3.), 8 (4.), 3 (5.), 1 (6.) ve 292 (1.), 62 (2.), 17 (3.), 3 (4.), 1 (5.) olup, toplam sayıları sırasıyla 684 ve 375 adettir. Buna göre dere sıralarının ana havza olan Eğirdir Gölü ve H4 alt havzasında 6., diğer alt havzalarda ise 5. dereceden oldukları görülmektedir.

Genel olarak Eğirdir Gölü havzası'nda ve alt havzalarından H4 ve H2 havzalarında 1. dereceden dere sayının fazla olması, kaynak kesiminde sel yarınlarının genel olarak Eğirdir Gölü havzası da en fazla ve alt havzalarından ise sırasıyla H4 ve H2 alt havzalarında etkili olacağı söylenebilir. Nitekim Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarından H4 ve H2 alt havzalarının alanlarına bağlı olarak dere sırası derecesinin arttığı belirlenmiştir (6. dereceden dereler). Bu sonuç, sel yarınlarının bu havzalar üzerindeki etkisinin artacağını gösteren önemli bir göstergedir.

Özşahin (2008) yaptığı çalışmada 1. dereceden dere kollarının sayısını 693, 2. dereceden kollarının sayısını 404, 3. dereceden kollarının sayısını 166, 4. dereceden kollarının sayısını 45 ve 5. dereceden kollarının sayısı da 57 olarak belirlemiştir. Araştırmacı, bir akarsuyun 1. dereceden kollarının çok sayıda olmasının kaynak kesiminde sel yarınları üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermesi bakımından önemli olduğunu ifade etmiştir. Buna göre akarsuyun 2. ile 3., 3. ile 4. dereceden kollarının arasında yaklaşık 3 kat farklılık olduğunu da bulmuştur. Araştırmacı aynı zamanda bu farklılıkların, akarsu havzasında taban seviyesi değişikliklerine kanıt olarak gösterilebileceğini ve 4. ve 5. dereceden kollarının arasında ise büyük farklılıklar olmadığını belirtmiştir (Özşahin, 2008).

Nitekim, Eğirdir gölü havzasında da dere sırası artarken, dere sıklığında (0.82) bir azalma olmakta ve maksimum frekans 1. derecedeki dere sırasının olduğu durumu teşkil etmektedir (Rai vd., 2018). Derelerin sıra derecesi artıkça havza şeklinin yuvarlak geometrik bir şekle yakın olduğu da (Farhan vd., 2016; Erol Görür ve Karadeniz, 2018) belirtilmektedir.

Elbaşı ve Özdemir (2018), yaptıkları çalışmada yüksek oranda görülen dere derecelerinin 3. ve 4. dereceden dereler olduğunu belirlemiş ve bunun sonucunda Marmara Denizi havzalarının çok büyük alanlara sahip olmadığını, akarsuların parçalanma derecesinin düşük olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.4. Dere uzunluğu (Lu)

Eğirdir Gölü havzasında 6.dereceye kadar yükselen toplam 2449 adet kuru ve sulu dere bulunmakta ve toplam uzunlukları 41742 km'yi bulmaktadır (Erol Görür ve Karadeniz, 2018). Alt havzaların dere uzunlukları sırasıyla; 114385 km (H1), 101369 km (H2), 48092 km (H3), 117131 km (H4) ve 36445 km (H5)'dir. Eğirdir Gölü Havzası uzunlamasına bir havzadır ve dere derecesi altıya kadar çıkmaktadır. Bu durum, havzaya yağışla düşen suyun kısa sürede ana dereye toplanıp deşarj edildiğini ve havzadaki dere uzunluğunun düşük olduğunu göstermektedir. Buradan dere sırası ve uzunluğu arttıkça havzadaki yüzeysel akış hızının azalabileceği ve bu yüzeysel akış sonucunda taşınan sediment miktarının düşük olacağı kanısına varabiliriz.

Eğirdir Gölü havzası genel olarak uzunlamasına bir havzadır ve dere derecesi altıya kadar çıkmaktadır. Bu durum, havzaya yağışla düşen suyun kısa sürede ana dereye toplanıp deşarj edildiğini ve havzadaki dere uzunluğunun düşük olduğunu göstermektedir. Buradan dere sırası ve uzunluğu arttıkça havzadaki yüzeysel akış hızının azalabileceği ve bu yüzeysel akış sonucunda taşınan sediment miktarının düşük olacağı kanısına varabiliriz. Aynı durum H4 alt havzası içinde geçerlidir. Nitekim genel olarak form faktörü değeri 1 den düşük olup havza uzunluklarının havza genişliklerinden fazla olduğunu bulunmuştur.

Ancak, hem genel olarak Eğirdir Gölü havzasının, hem de alt havzalarının uzunlamasına bir şekil gösterdikleri söylenebilir. Bu durumda, yağışlarla ana havza ve alt havzalara düşen suyun toplanma zamanının daha kısa olacağı ve kısa sürede yüksek akımlar oluşmayacağı bilinmektedir. Sonuç olarak, genel olarak Eğirdir Gölü havzasında ve alt havzalarında yağışla düşen suyun ani taşkın oluşturma ihtimali düşük olabilecektir.

Nitekim Samal vd., (2014) yaptıkları çalışmada toplam dere uzunluğunu (18.261.7 km) hesaplayarak Horton (1932, 1945)'un dere uzunluğu kanununa uygunluğunu değerlendirmiştir. Toplam dere uzunluğunun 11.191 km'si (% 60.8) birinci dereceden dereler, 3475.4 km'si (% 19) ikinci dereceden dereler, 1781.7 km'si (% 9.8) üçüncü dereceden dereler, 876.5 km'si (% 4.8) dördüncü dereceden dereler,

473.3 km'si (% 2.6) beşinci dereceden dereler, 351.7 km'si (% 1.9) altıncı dereceden dereler, 172.9 km'si (% 0.9) yedinci dereceden dereler ve 31 km'si (% 0.2) sekizinci dereceden dereler oluşturmaktadır. Araştırmacı birinci dereceden derelerin havza alanının şeklini oluşturan yapı taşı olduğunu belirlemiştir.

4.1.5. Drenaj yoğunluğu (Dd)

Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarında (H1, H2, H3, H4, H5) drenaj yoğunluğu değerleri sırasıyla; 1.21 km/km² ve 5.14 km/km², 1.48 km/km², 1.15 km/km², 1.01 km/km², 0.74 km/km²'dir.

Havzanın morfometrik analizlerinin yapıldığı çalışmalarda, Dd değerleri sınıflandırılarak yorumların daha kolay yapılması sağlanabilmiştir. Malik vd., (2011) yaptığı bir çalışmada Dd değerini 4 sınıfa ayırmıştır. Çalışmaya göre 0-2 düşük, 2-2.5 orta, 2.5-3 yüksek ve 3->3 çok yüksek olarak tanımlanmıştır.

Langbein ve Schumm (1958)'e göre, sediment birikim oranları drenaj yoğunluklarına paralel olarak artış göstermektedir. Buna göre, H1 alt havzasının drenaj yoğunluğuna bağlı olarak sediment birikimi yüksek, diğerlerinin ise H1 alt havzasına göre düşüktür.

Kayaçların infiltrasyon kapasitesinin ve toprak geçirimsizliğinin düşük olması yüzeysel akışın yeraltına sızamamasına ve Dd değerinin yüksek (Sreedevi vd., 2013) olmasına sebeptir. Buna karşılık geçirgenliğin azaldığı alanlarda yüzeysel akışın artmasıyla akarsu aralıkları azalmakta ve yüksek Dd değerleri ortaya çıkmaktadır. Buna göre, ana havza olarak Eğirdir gölü havzası ve H1 alt havzası dışındaki tüm alt havzalarda infiltrasyon kapasitesinin ve geçirgenliğin düşük olması nedeniyle yüzeysel akış artmakta dolayısıyla Dd da artmaktadır.

Drenaj yoğunluğu jeoloji ile iklim arasındaki ilişkiyi de yansıtmaktadır. Bu iki faktör bölgeden bölgeye farklı olduğu için drenaj yoğunluğunun da değişmesi beklenir. Yoğunluğu etkileyen faktörler zeminin geçirgenlik özelliği, bitki örtüsünün seyreklik veya sıklığı, relief özellikleri ve iklim faktörleri olarak sıralanmaktadır. Genel olarak yüksek geçirimsizlik derecesi ile dirençli zeminlerde düşük drenaj yoğunluğu

çıkılmaktadır. Zeminin direnci ve geçirimsizliği azaldıkça drenaj yoğunluğu daha yüksek olmaktadır (Verstappen, 1983; Ritter vd., 2002; Baker, vd., 1988). Genel bir kural olarak, jeoloji ve eğim değerlerinin aynı olduğu alanlar nemli bölgelerde yer alıyorsa yoğun bitki örtüsüne bağlı olarak infiltrasyonun fazla olması Dd değerini azaltmakta, daha kurak bölgelerde ise bu durumun tam tersi meydana gelmektedir. Diğer bir ifadeyle Dd değeri artış göstermektedir (Ritter vd., 2002; Malik vd., 2011; Erol Görür ve Karadeniz, 2018). Bu bakımdan değerlendirildiğinde, Eğirdir Gölü havzasının Dd değeri 1.21 km/km² iken alt havzalarda bu değer H1'de 5.14 km/km²'dir. Diğer dört alt havzada ise sırasıyla; 1.48 km/km² (H2), 1.15 km/km² (H3), 1.01 km/km² (H4) ve 0.74 km/km² (H5)'dir. Buna göre H1 havzası dışındaki havzalarda Dd değeri 0-2 arasında olup toprak geçirgenlikleri yüksek olan alanlardır. H1 alt havzasında ise 3'den büyük çıkan bu değer Dd değerinin toprak geçirgenliğinin düşük olmasına bağlı olarak oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Yüksek drenaj yoğunluğunun olduğu alanlar zemin açısından da geçirimsizdir.

Schumm (1956)'e göre bir akarsu ağının hidrolojik tepkisi havzanın drenaj yoğunluğuyla doğrudan ilişkilidir. Nitekim, drenaj yoğunluğunun arttığı yerde yamaç eğimleri artarken yüzeysel akış uzunluğu azalmaktadır (Verstappen, 1983; Baker, vd., 1988; Ritter vd., 2002). Düşük drenaj yoğunluğu arazinin iyi bir bitki örtüsüne sahip olduğunu ve yağışın önemli bir kısmının yüzeysel akışa geçmeden bitkiler tarafından tutulduğunu göstermektedir (Strahler, 1964; Sarangi vd., 2003). Yüksek drenaj yoğunluğu geçirimsiz zemin koşullarında, vejetasyon örtüsünce zayıf alanlarda ve genellikle dağlık rölyeflerde gözlenmektedir (Strahler, 1964). Özhan (2004)'ın yaptığı araştırmada bölgedeki iklim şartlarının akarsu uzunluğuna etkisini gösteren bu değer genellikle 0.5-2.5 km/km² arasında değişmektedir. Reddy vd., (2004) drenaj yoğunluğu değerinin 1.75'ten büyük olması halinde yüksek, 2.5'ten büyük olması halinde çok yüksek olarak tanımlanabileceğini ifade etmişlerdir.

Melton (1957) ve Madduma Bandara (1974), drenaj yoğunluğu ile Tornthwaite'in yağış etkenlik indisi arasında ilişki kurmuştur. Buna göre; drenaj yoğunluğunun en yüksek olduğu bölgeler kurak iklim şartlarının hâkim olduğu ve bitki örtüsünün azaldığı alanlar olurken, drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu bölgeler ise yoğun yağışlara bağlı olarak çok fazla vadi oluşumunun görüldüğü nemli tropikal bölgelerdir. Bu iki bölgedeki sediment birikim oranları da drenaj yoğunluklarına

paralel olarak artış göstermektedir (Langbein ve Schumm, 1958). Sonuç olarak, bir akarsu ağının hidrolojik tepkisi direkt olarak havzanın drenaj yoğunluğuyla ilişkilidir. Nitekim drenaj yoğunluğunun arttığı yerde yamaç eğimleri artarken yüzeysel akış uzunluğu azalmaktadır (Özdemir, 2011). Buna göre H1 alt havzasında drenaj yoğunluğunun yükselmesine bağlı olarak yamaç eğimlerinin arttığı söylenebilir.

Pareta ve Pareta (2011), yaptıkları çalışmada drenaj yoğunluğu değerini 2.79 bulmuşlar ve bu değer orta drenaj yoğunluğunu gösterdiğini belirtmişlerdir. Nag (1998) ise orta drenaj yoğunluğunu havzanın orta geçirgen alt toprağa ve yoğun bitkisel örtü durumuna sahip olduğunu ileri sürülmektedir.

Özdemir (2006) yaptığı bir çalışmada sekiz alt havzanın drenaj yoğunluğunu karşılaştırmıştır. Havza genelinde drenaj yoğunluğu değeri 2.8 iken, alt havzalardan 4.6, 3.9, 3.6 ve 3.4' tür. Bu değerlerin genel havza değerlerinin üzerinde olmasını araştırmacı bu alt havzalarda infiltrasyonun diğerlerine göre daha az olduğunu belirterek açıklamıştır.

Sunkar ve Avcı (2015) yaptıkları çalışmada, Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının drenaj yoğunluğu değerlerini hesaplamışlardır. Aksu Çayı Havzası için drenaj yoğunluğu değeri 1.57 bulunurken, Batlama Deresi Havzası için 2.42 hesaplanmıştır. Araştırmacılar, bu değerlerin her iki havza için de yüksek drenaj yoğunluğu değerleri gösterdiğini belirtmişlerdir. Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının drenaj yoğunluğu litolojinin geçirimsiz olmasıyla uyumlu, iklim ve bitki örtüsü özellikleri açısından uyumsuzluk göstermektedir. Aksu Çayı geniş alan (898 km²) kapladığı için litolojik yapı kısmen çeşitli olup, bu durum drenaj yoğunluğunun Batlama Deresi'ne (161.4 km²) göre düşük çıkmasına neden olmuştur. Ayrıca, Batlama Deresi Havzası uzunlamasına bir şekilde olduğu için ana kola yetişen yan kol sayısı fazladır. Bu değerler dikkate alındığında Batlama Deresi'nin taşkın riski Aksu Çayı'na göre çok yüksektir. Fakat genel olarak her iki havzada da drenaj yoğunluğu yüksek olduğu için taşınan sediment miktarı artmakta olup, bu durum sel ve taşkın riskini artırmaktadır.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara bakıldığında, drenaj yoğunluğu değerleri sadece H1 havzasında çok yüksek (3->3) bulunurken, ana havza ve H2, H3, H4, H5 havzalarındaki Dd değerleri düşük (0-2) bulunmuştur. Buna göre, H1 havzası hariç genel olarak Eğirdir Gölü Havzası'nda ve diğer alt havzalarda yağışla gelen suların yeraltına sızdığı dolayısıyla havza hidrolojisi üzerinde etkili oldukları söylenebilir.

Sreedevi vd., (2013)'e göre toprak geçirgenliğinin düşük olması yüzeysel akışın yeraltına sızamamasına dolayısıyla Dd değerinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Nitekim, zeminin direnci ve geçirimliliği azaldıkça drenaj yoğunluğunun daha yüksek olacağı diğer pek çok çalışmada (Strahler, 1964; Verstappen, 1983; Baker, vd., 1988; Ritter vd., 2002; Sarangi vd., 2003) ifade edilmiştir. Öte yandan, toprağın geçirimliliğinin artması drenaj yoğunluğunun düşük olacağına işaret etmektedir. Benzer şekilde zdemir (2011) drenaj yoğunluğunun arttığı yerlerde yamaç eğimlerinin artacağını ve yüzeysel akış uzunluğunun azalacağını ifade etmektedir. Ayrıca, Ana havza ve H2-H5 arasındaki havzalarda Dd değerlerinin düşük olduğu bu nedenle bu havzalarda yüzeysel suların yer altına sızdığı, yüksek Dd değerine sahip olan H1 havzasında ise yüzeysel akış nedeniyle parçalanmanın fazla olduğu (zdemir, 2011) söylenebilir.

Birim alandaki akarsu uzunluğu, diğer bir ifadeyle drenaj yoğunluğu, genel olarak Eğirdir Gölü havzasında düşük, H1 alt havzasında ise çok yüksek bulunmuştur. Buna göre H1 alt havzası dışında, hem genel olarak EG havzasında ve diğer alt havzalarda, H1 alt havzası hariç, sediment birikimi oranları oldukça düşük olabilecektir. Benzer şekilde H1 alt havzasında kayaçların infiltrasyon kapasitesinin ve toprak geçirgenliğinin düşük olduğu yüzeysel akışta artış olduğu söylenebilir. Ancak bu durum Eğirdir Gölü havzası ve diğer alt havzalarında terisine bir durum göstermektedir. Nitekim Strahler (1964) ve Sarangi vd. (2003), drenaj yoğunluğu düşük olan alanlarda bitki örtüsünün iyi özelliklere sahip olduğunu ve yağışın önemli bir kısmının yüzeysel akışa geçmeden bitkiler tarafından tutulduğunu belirtmişlerdir. Nitekim H1 alt havzasının sarp eğim sınıfındaki oranı (%1.97) diğer alt havzaların oranlarından yüksek bulunmuştur (izelge A.3). En yüksek sarp eğim sınıfı en yüksek oranla H1 alt havzasında (%1.97) görülmüştür.

4.1.6. Dere sıklığı (F_s)

Eğirdir Gölü havzasının genel olarak dere sıklığı 0.82 bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bu değer düşük bir dere sıklığı olarak kabul edilebilir. Düşük değerler ise geçirgen olan arazi yapısı özellikleri ve alçak topografya özelliklerini ortaya koymaktadır (Patil ve Mali, 2013; Erol Görür ve Karadeniz, 2018). Alt havzalardaki dere sıklığı değerleri ise sırasıyla H1 (1.32), H2 (1.01), H3 (0.96), H4 (0.59), H5 (0.77)' dir. Alt havzalarda en yüksek dere sıklığı H1 alt havzasında, en düşük dere sıklığı değeri ise H4 alt havzasında ortaya çıkmıştır. H4 alt havzasının en düşük dere sıklığı değerine sahip olması alt havzalar içinde en büyük alana H4 alt havzasının sahip olmasından ve havza alanının da dere sıklığı değeri üzerinde etkili bir parametre olmasından kaynaklandığını söyleyebiliriz.

Havzanın dere sıklığı, dere yoğunluğu ile ilişkili olup, dere sırasındaki artış ve drenaj ağının yapısı hakkında önemli ipuçları vermektedir. (Malik vd., 2011; Erol Görür ve Karadeniz, 2018). Genellikle havzanın arazi yapısının kayaç özellikleri tarafından kontrol edilir ve akış ağının yapısını belirler (Rai vd., 2018). Melton'a (1958) göre teorik olarak drenaj yoğunluğu eşit olan iki havzanın akarsu sıklıkları değişken olabilmektedir. Ama çoğunlukla, drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı arasında doğru orantı söz konusudur. Akarsu sıklığı üzerinde iklim, zeminin jeolojik özellikleri, jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü, zaman ve insan gibi çeşitli etmenlerin rollerinin olduğu (Erinç, 1996; Hoşgören, 2001; Malik vd., 2011) ifade edilmektedir. Benzer bir çalışmada (Peltier,1962), ortalama eğim değerlerine sahip yarı kurak bölgelerde dere sıklık değeri fazla, kurak bölgelerde çok az ve nemli bölgelerde orta değerlerde bulunmuştur.

Özdemir (2006)'in yapmış olduğu bir çalışmada topografik haritadan ve SYM'den elde ettiği derelerin dere sıklığını karşılaştırmıştır. Bu çalışmaya konu olan havzanın genelinde dere sıklığı 5.9' luk bir değer gösterirken, havzada en fazla değer Bent alt havzasında (12.0), buna takiben Küçükçay (8.3), Karahayıt (7.7), Kışla (7.4) ve Gelin (5.4) olarak elde edilmiştir. Aynı çalışmada; alansal büyüklük olarak Gelin alt havzası en büyük değere sahip olmasına rağmen sıklık bakımından havza genelinden de düşük bir değere sahiptir (5.4). Yapılan değerlendirmede bu sonucun nedeni, geçirgen zemin özellikleri ve düşük relief özellikleri olarak açıklanmıştır. Diğer

şartların etkisiz olması koşuluyla, oluşturulan SYM' den üretilmiş akarsuların oluşturduğu sıklık değerinin Gelin alt havzasında en yüksek değere sahip olduğu görülmüştür.

Malik vd. (2011)'in çalışmasında Fs değeri 4 sınıfta incelenmiştir. Buna göre, 0-2.5 düşük, 2.5-3.5 orta, 3.5-4.5 yüksek, 4.5 ve üstünde yer alan değerler çok yüksek olarak değerlendirilmiştir.

Özşahin (2008), yaptığı bir çalışmada havzanın drenaj sıklığı değerini 0.13 olarak elde etmiştir. Diğer bir ifade ile araştırmacı havzanın yukarıdaki parametrelere bağlı olarak genişleme evresini karakterize ettiğini belirtmiştir. Araştırmacı bu durumu Fs değerindeki artışın akarsu genişlemesiyle doğru orantılı olduğunu vurgulamıştır.

Malik vd. (2011)'in yaptığı sınıflamaya göre hem genel olarak Eğirdir Gölü havzasının hem de alt havzalarının dere sıklığı değerleri düşük bulunmuştur. Bununla birlikte H1 ve H2 alt havzalarının dere sıklığı değerleri hem ana havzadan hem de diğer alt havzalardan nispeten yüksek çıkmıştır. Buna göre, dere sıklığı ne kadar büyük olursa, havzanın drenaj durumunun o kadar yetersiz olduğu söylenebilir. Nitekim Reddy vd. (2004) de havzalardaki yüksek dere sıklığı değerlerinin geçirgen olmayan zemin özelliklerini, seyrek bitki örtüsünü ve yüksek relief özellikleri gösterdiğini, düşük değerlerin ise geçirgen olan jeolojik özellikleri ve alçak relief özelliklerini ortaya koyduklarını ifade etmişlerdir.

Altıparmak ve Türkoğlu (2018) yaptıkları çalışmada araştırma havzasının dere sıklığını 7.38 olarak belirlemişlerdir. Havzada dere sıklığının en yoğun olduğu alanlar eğimin azaldığı 1. dizi akarsu yataklarının bulunduğu alanlardır. Bu durumun nedeni eğimin azaldığı yerde uzun ve belirgin vadilerin yerini çok sayıda kısa ve silik akarsu yatağının almasıdır. Akarsu sıklığı üzerinde iklim, zeminin litolojik özellikleri, jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü, süre ve insan gibi çeşitli etmenlerin rolleri vardır (Peltier, 1962).

Toprak (2015), yaptığı bir çalışmada dere sıklığını 8.35 olarak hesaplamıştır. Bu değer inceleme havzasının geçirgen olmayan zemin özellikleri (bazalt, andezit) olması, seyrek bitki örtüsü ve yüksek reliefin göstergesi olduğunu belirtmiştir.

Özdemir (2006), yaptığı çalışmada havza genelindeki dere sıklığı değerini 5.9 olarak hesaplamıştır. Dere sıklığı değerinin yüksek olduğu alt havzalar ise Bent alt havzasında (12.0), Küçükçay (8.3), Karahayıt (7.7), Kışla (7.4) alt havzasıdır. Alansal büyüklük olarak Gelin alt havzası en büyük değere sahip olmasına rağmen sıklık bakımından havza genelinden de düşük bir değere sahiptir (5.4). Bunun durumun, geçirgen zemin özelliklerinden ve düşük relief özelliklerinden kaynaklandığını söylemek mümkündür.

Sunkar ve Avcı (2015) yaptıkları çalışmada Aksu Çayı (1.54) ve Batlama Deresi (3.54) havzalarının dere sıklığı değerini hesaplamış ve elde edilen dere sıklığı değerleriyle drenaj yoğunluğu arasında doğru orantı olduğunu belirtmişlerdir. Aksu Çayı Havzası'nda bitki örtüsü sık olduğu için bu değerler düşük çıkmıştır. Ancak, Aksu Çayı Havzası güneyinde bitki örtüsü seyrek olduğu için bu alanlarda akarsu sıklığı yüksektir. Batlama Deresi Havzası'nda akarsu sıklık oranının çok yüksek olması litolojinin geçirimsiz, bitki örtüsünün kısmen seyrek ve havzanın dar olmasına bağlıdır. Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının akarsu sıklık oranlarının yüksek çıkması, düşen yağışın kısa sürede dere yataklarında toplanmasına neden olmaktadır. Bu durum sağanak yağışlar sonrasında daha da güçlenerek, aşağı havzada sel ve taşkınlara neden olmaktadır.

Birim alana düşen dere kolu sayısı (dere sıklığı), Eğirdir Gölü havzası ve H4 alt havzasında en yüksek dere sıklığı değerine sahiptir. Bu durum havza alanlarının büyüklüğü ile de orantılıdır. Bu sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde hem Eğirdir Gölü Havzası'da hem de alt havzalarında dere sıklığı büyük değerler göstermemektedir. Diğer bir ifade ile, her ne kadar Eğirdir Gölü havzası ve H4'de daha yüksek çıksa da hem Eğirdir Gölü Havzası'da hem de alt havzalarında dere sıklığı değerleri düşüktür. Bunun sonucu olarak yağışla toplanan suyun dere yataklarında toplanma zamanının uzun olacağı, böylece sel ve taşkın riskinin az olacağı söylenebilir.

4.1.7. Çatallanma oranı (Rb)

Bu çalışmada, elde edilen Rb değeri ile ortalama çatallanma oranı değeri ifade edilmektedir. Bu değer, Eğirdir Gölü Havzası için 4.63 (Çizelge 4.1). Alt havzalara ait çatallanma oranları (sırasıyla 3.91, 4.91, 4.31, 3.57, 4.15) ise 3.57 ile 4.91 değerleri arasında değişmektedir. Çalışma alanında en düşük çatallanma oranı H4' de 3.57, en yüksek çatallanma oranı H2' de 4.91'dir. Rb değeri, özellikle havzaların akarsu üretme ve mevcut durumların belirlenmesi açısından önemlidir. Çatallanma oranının yüksek veya düşük çıkması havzalardaki yağışın topoğrafya, yüzey geçirimsizliği ve bitki örtüsü ile olan ilişkisini ortaya koyar. Buna göre düşük Rb değeri gösteren havzalarda, düşük geçirimsizlik kapasitesi, yüksek yüzeysel akışı ve aynı zamanda daha yüksek ve keskin bir akım hidrograf özellikleri hakimdir. Buna karşın yüksek Rb değeri gösteren havzalarda yüksek oranda infiltrasyon ve daha az ve devamlı bir akım özelliği gösteren hidrograf karakteri sergiler (Özdemir, 2011; Strahler, 1964). Bu özellikler de havzanın şeklinin de önemli bir etkisi bulunmaktadır (Verstappen, 1983). Çatallanma oranı, 3-5 arasında bir değer aldığı havza jeolojisinin daha homojen bir yapı gösterdiği belirtilmektedir (Chow, 1964; Verstappen, 1983; Ritter vd., 2002).

Ancak, Eğirdir Gölü havzasında derelerin çatallanma oranının 1., 2. ve 3. dereceden derelerin yüksek değerler göstermesi nedeniyle homojen bir jeolojik yapıya sahip olduğu söylenemez. Nitekim, 1. ve 2. dereceden dere sırası bulunan havzaların çatallanma oranının, daha yüksek derecedeki (4., 5. ve 6. derece) derelerin çatallanma oranından daha yüksek olduğu belirtilirken, bu durumun aynı zamanda erozyonun bir göstergesi olduğu (Verstappen, 1983; Sreedevi vd., 2013; Magesh ve Chandrasekar, 2014) ifade edilmektedir. Bu parametre, taşkınların tespiti ve değerlendirmesinde akış hidrografının rolünü öne çıkarmaktadır (Chorley, 1969). Genel olarak, havzanın çatallanma oranı düşük olduğunda hidrograf keskin bir pik akış üretir. Bu durumda, alanın düşük bir havza verimine sahip olduğu, ancak çatallanma oranı yüksek olduğunda yayvan bir pik eğrisi verebildiği ve taşkın riskinin daha düşük olduğu (Agarwal, 1998) belirtilmektedir. Öte yandan, diğer bazı çalışmalarda (Nag, 1998; Strahler, 1964; Chandrashekar vd., 2015; Kabite ve Gessesse, 2018) havzanın çatallanma oranının 5'den küçük olması üç şekilde nitelendirilmiştir. Bunlar; 1) havzanın dirençli kayalara sahiptir, 2) dereler büyük

ölçüde 1., 2. ve 3. dereceden derelerden oluşmaktadır, ve 3) homojen bir jeolojisi olduğu için erozyondan daha az etkilenir. Ancak, araştırmaya konu olan havzanın çatallanma oranı nispeten 5'den küçük olmasına rağmen jeolojik yapı bakımından heterojenlik göstermektedir (Erol Görür ve Karadeniz, 2018). Bu durumda, Eğirdir Gölü havzasının erozyondan etkilenme düzeyinin çok düşük olmadığı söylenebilir. Nitekim dairesellik oranı da havzanın heterojen bir jeolojik yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Pareta ve Pareta (2011)'nin yaptıkları çalışmada çatallanma oranı değeri 3.0-4.7 arasındadır. Rb'nin daha yüksek değerleri drenaj yapısında meydana gelen bozulmaları gösterirken, düşük değerler havzanın yapısal bozulmalardan etkilenmediğini gösterdiğini belirtmişlerdir.

Ali ve Khan (2013) yaptıkları çalışmada Banas nehri havzasının çatallanma oranının 1.93 ile 3.04 arasında değişmekte olduğunu, ortalama çatallanma oranının 2.54 olup normal havza kategorisine girdiğini belirtmişlerdir.

Eğirdir gölü havzası (4.63) ve alt havzalarının (sırasıyla 3.91, 4.91, 4.31, 3.57, 4.15) çatallanma oranı Horton'un ideal bir havza için belirlediği 3 değerinden yüksektir. İdeal bir havzaya en yakın orana 3.57 değeriyle H4 havzası sahiptir. Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarında çatallanma oranı değerinin 3' den büyük çıkması 1., 2. ve 3. dereceden derelerin sayısının yüksek olması, infiltrasyon sayısının yeterli olması, havzanın dirençli kayalara sahip olması ve havzanın uzunlamasına bir şekil göstermesinin sonucu olduğu söylenebilir. Ayrıca havzaya düşen yağışlar çok yüksek olmamakla birlikte devamlı yüzeysel akış olmaktadır. Böylece Eğirdir Gölü havzasında erozyon nedeniyle havzada yapısal bozulmaların olduğu söylenebilir.

Çatallanma oranı, her bir drenaj kolunun ana dere üzerindeki etkisini gösterir. Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarında çatallanma oranı değerleri 3' den büyük çıkmıştır. Buna göre ideal bir havzaya en yakın orana 3.57 değeriyle H4 havzası sahiptir. Öte yandan, tüm değerlerin 3-5 arasında yer aldığı da bilinmektedir. Araştırmaya konu olan H1 (3.91) ve H4 (3.57) havzalarının çatallanma oranı değerleri diğer alt havzalara oranla düşük değerlerde bulunmuştur. Bu durumda, ana havza ve alt havzalarının homojen bir jeolojik yapıda olduğu söylenebilir. Bu değerler her ne

kadar havzada meydana gelebilecek taşkın riskinin düşük olacağını gösterse de dere derecelerinin yüksek olması erozyon riskinin olmadığı anlamına gelmemektedir.

4.1.8. Form faktörü (Rf)

Eğirdir gölü havzasının genel olarak form faktörü değeri 0.47 olup, alt havzalarına (H1, H2, H3, H4, H5) ait bu değer sırasıyla ve 0.21, 0.41, 0.37, 0.34, 0.35 bulunmuştur. Form faktörü değeri alt havzalarda 0.21 ile 0.41 değerleri arasında değişmektedir. H1 alt havzası 0.21 değeri ile en uzunlamasına havzadır. Düşük olan bu değer havzada kısa zamanda yan kollardan gelen az akımla, uzun süreli meydana gelecek yüksek ana akımın görüleceği bir şekil gösterir. Bu değerlerin 1'den küçük çıkması havza uzunluğunun, havza genişliğinden büyük olduğunu göstermektedir. Yapılan bir araştırmada (Bishop ve Victoria, 2001), form faktörü 0.42 olan bir havzanın daha az uzunlamasına bir şeklinin olduğu ifade edilmektedir. Bu değerlendirme de şekli dairesele yakın olan bu havzada suyun toplanma zamanı daha kısa olacağından, kısa sürede yüksek akımlar oluşacaktır. Bu değerler gösteriyor ki, havzaya yağışla düşen suyun toplanma süresi daha uzun olacağından ani taşkın oluşma ihtimali de daha düşük olacaktır (Erol Görür ve Karadeniz, 2018).

Pareta ve Pareta (2011) yaptıkları çalışmada form faktörü değerini 0.42 olarak hesaplamışlardır. Bu değer düşük form faktörü değeri olduğu, havzanın uzunlamasına bir şekil gösterdiği ve daha uzun süreli akımlara sahip olduğu belirtilmiştir.

Erol ve İlhan (2011) yaptıkları çalışmada form faktörü değerini 0,54 olarak belirlemiştir. Form faktörü 1'den küçük çıkmıştır. Bu değer, havza uzunluğunun havza genişliğinden büyük olduğunu gösterir. Bir havzadaki form faktörü genelde 1'den küçük çıkar. Öte yandan, havzanın ortalama genişliği havzanın uzunluğuna eşit olduğunda form faktörü 1 olmaktadır. Havza genişliğinin uzunluğundan büyük olması halinde ise form faktörü 1'den büyük çıkmaktadır. Örneğin; küçük form faktörüne sahip havzalarda şiddetli bir yağışın havzadaki uzun eksenin (L) tamamını kapsama ihtimali, alanı aynı fakat büyük form faktörüne sahip olan bir havzaya nispetle daha azdır (Aydın, 2009).

Toprak (2015), Solhan Dere havzasında yaptığı morfometrik analiz sonucunda form faktörü değerini 1.31 olarak hesaplamıştır. Bu değer yüksek bir form faktörü değeri olduğu, uzun zamanda yan kollardan gelen yüksek akımla, kısa süreli düşük ana akımın görüldüğü ve kısa süreli maksimum akıma neden olan bir şekil ortaya çıkardığı belirtilmiştir.

Sunkar ve Avcı (2015), form faktörü değerini iki farklı havza için sırasıyla 0.032 ve 0.018 olarak hesaplamışlardır. Buradaki düşük değer; havzadaki dere kollarının kısa olduğunu, bu nedenle bu kollardan ana akarsuya kısa sürede akımların ulaştığını göstermektedir. İlk havza için nispeten daha düşük bir değer çıkması, dere yan kolların daha uzun olduğunu göstermektedir. Sunkar ve Avcı (2015) bu sonucu form faktörü 0.018 olan havzada uzun süreli yüksek akım, Aksu Çayı'nda ise kısa süreli akımların oluşacağını ancak çok yüksek akımlar görülebileceği şeklinde yorumlamıştır. Her iki durumda da bu derelere bağlı oluşan taşkın riskinin yüksek olacağı belirtilmiştir. Havzaların bu özellikler nedeniyle, oluşacak taşkınların boyutunun ve etkisinin de farklı olacağı bilinmelidir. Yüksek akımla oluşacak kısa süreli taşkınlarda mal ve can kayıplarının daha fazla olması beklenmektedir. Bu nedenle, form faktörü daha büyük olan havzalarda taşkınlardan oluşacak zarar daha büyük olacaktır.

4.1.9. Şekil faktörü (Rs)

Araştırma alanının şekil faktörü değeri 2.13 bulunurken alt havzalarının bu değeri sırasıyla 3.19, 3.15, 2.40, 2.17, 2.85 bulunmuştur. Araştırma havzasını değerlendirdiğimizde şekil faktörü değeri 2.17 ile 3.19 arasında değişmektedir. H1 alt havzası en yüksek şekil faktörü değerini (3.19) alarak şekli en uzunlamasına olan alt havzadır. H1 alt havzasının şekli daha çok uzunlamasına olduğu için yan kollar daha kısa olur, bu nedenle yan kollardan ana akarsuya kısa sürede akımlar ulaşır. Kısa sürede ana akarsuya ulaşan akımlar uzun süreli yüksek akıma neden olur. Genel olarak Eğirdir Gölü ve alt havzaların şekillerinin uzunlamasına olmasına bağlı oluşan yüksek akımlar havzanın hidrolojisi ve yüzeysel akışla meydana gelen toprak erozyonu üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Erol ve İlhan (2011) yaptıkları çalışmada şekil faktörü değerini 3,27 olarak hesaplamış ve çalışma havzası olan Aksu Havzası uzunlamasına bir şekle sahip olduğunu belirtmişlerdir.

4.1.10. Dairesellik oranı (Rc)

Dairesellik oranı değeri araştırma havzası için 0.31 bulunmuştur (Çizelge 4.1). Çalışma alanında dairesellik oranı 0.21 ile 0.41 değerleri arasında değişiklik göstermektedir. Havzada dairesellik oranı değeri 0.31 olup, aynı değerler alt havzalar için sırasıyla 0.21, 0.41, 0.37, 0.34 ve 0.35 bulunmuştur. Jeolojik yapı bakımından homojenlik gösteren küçük havzalarda bu oranın 0.6-0.7 arasında değiştiği, buna karşılık, heterojen bir jeolojik yapıya sahip olan havzalarda bu oranın daha uzun bir havza şeklini temsil ettiği ve 0.4-0.5 arasında değişebildiği (Hızal, 1984; Özhan, 2004) ifade edilmektedir. Erol Görür ve Karadeniz (2018), havza alanında yaptıkları çalışmada, Eğirdir Gölü havzasının uzunluğunun genişliğinden büyük olduğunu, jeolojik olarak heterojen bir yapıya sahip ve daireselden uzaklaşan bir şeklinin olduğu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte alt havzalarında şekilleri uzunlamasındadır.

Miller (1953), 0.4-0.5 değerleri arasında değişen dairesellik oranı değerinin kuvvetli biçimde uzun ve oldukça geçirgen homojen jeolojik materyalleri belirten havzalarda görüldüğünü belirtmiştir. Pareta ve Pareta (2011)'in çalıştıkları havzada belirledikleri dairesellik oranı değeri 0.44'dür. Dairesellik oranı (Rc), derelerin uzunluğu ve sıklığı, jeolojik yapıları, arazi kullanımını / arazi örtüsü, iklim ve eğiminden etkilenir (Chopra vd., 2005). Ali ve Khan (2013) yaptıkları çalışmada, dairesellik oranını 0.02 olarak hesaplamışlardır. Araştırmacılar, bu değer havzanın dairesel olmadığını bir göstergesi olduğunu belirtmişlerdir.

Dayal ve Sarup (2015), dairesellik oranını 0.25 olarak hesaplamışlardır. Bu değer düşük akımları ve toprağın geçirgenliğinin yüksek olduğunu gösterdiği belirtilmiştir.

Altıparmak ve Türkoğlu (2018), dairesellik oranını 0.41 olarak bulmuşlardır. Engelibeli topografyaya sahip havzalarda havza sınırlarının daha girintili çıkıntılı olması havzaların çevre uzunluklarının fazla olmasına neden olmaktadır. Araştırmacının çalıştığı havza da bu duruma bağlı olarak dairesellik oranı yüksek bir değer göstermektedir. Bu da havzanın engelibeli bir topografyaya sahip olduğunu göstermektedir.

Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının dairesellik oranının düşük olmasını havzanın şeklinin uzunlamasına, heterojen bir yapıya ve geçirgen bir zemine sahip olduğunu söyleyebiliriz. Ancak H1 alt havzasının dairesellik oranının (0.21) daha düşük olması ve daha çok uzama göstermesi engelibeli topografyaya sahip olduğu için havza sınırlarının daha girintili çıkıntılı olması ve havzanın çevre uzunluğunun fazla olmasından kaynaklandığını söyleyebiliriz.

Genel olarak Eğirdir Gölü havzası da ve alt havzalarında dairesellik oranı değerleri 1'e yaklaşmakta, bu da alanın dairesele daha yakın bir uzunlamasına şekle yakın olduğunu göstermektedir.

Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının drenaj tekstürü değerleri düşük olarak nitelendirilebilir. Bu nedenle ana havzanın ve alt havzalarının toprak yapısının nispeten yüksek geçirgenliğe sahip olduğu ve bu alanlarda düşük yüzeysel akışın olduğu söylenebilir. Ancak eğim değerlerinin yüksek olması nedeniyle aynı koşullarda erozyon olgusunun yine de olacağı söylenebilir.

4.1.11. Uzama oranı-(Re)

Eğirdir Gölü havzası için bu değer 0.32'dir (Çizelge 4.1). Alt havzalar için bu değer 0.31 ve 0.38 arasında değişmektedir. 0.31 değerine ile şekli daha çok uzunlamasına olan alt havza 1 (H1), 0.38 değerine ile alt havza 4 (H4) de uzunlamasına bir havzadır ancak alt havza 1 kadar uzunlamasına bir şekil göstermemektedir. Araştırma havzasının ve alt havzalarının çok dik ve sarp olmamakla birlikte, dağlık ve topografik açıdan dar havzalar oldukları söylenebilir.

Utlu ve Özdemir (2018)'in yaptığı bir çalışmada alt havzaların *Re* değerleri 0.5-0.7 arasında değişiklik göstermiştir. Buna göre *Re* değeri düşük olan Kocadere alt havzası (0.5) uzunlamasına bir havza olup düşük yüzeysel akış özelliği göstermiştir. Değerin yüksek olduğu Kocabaş alt havzası (0.7) yüksek yüzeysel akış özellikleri gösterirken, aynı zamanda dairesel bir görünüme sahip olduğunu belirtmişlerdir (Utlu ve Özdemir, 2018). Yine başka bir çalışmada Sunkar ve Avcı (2015), Aksu Çayı Havzası ve Batlama Deresi havzasının uzama oranını hesaplamışlar ve Aksu Çayı Havzası'nın uzunluk oranı 0,64, Batlama Deresi Havzası için 0,47 olarak hesaplamışlardır. Bu değerlere göre Aksu Çayı Havzası'nın daha dairevi, Batlama Deresi'nin ise uzunlamasına bir şekil gösterdiğini belirtmişlerdir. Uzunluk oranı analizleri sonuçlarına göre, Aksu Çayı üzerinde oluşan yüzeysel akışın kısa fakat çok yüksek, Batlama Deresi'nde oluşan yüzeysel akışın daha uzun fakat Aksu Çayı'na göre daha düşük akım değerleri göstermiştir.

Strahler (1957), uzama oranının çeşitlilik gösteren iklim ve jeolojik yapılarda 0.6 ile 1.0 arasında olduğunu belirtmektedir. Araştırmacıya göre havzanın değişen eğimleri nedeniyle uzama oranı değeri, dairesel (0.9-0.10), oval (0.8-0.9), daha az uzama (0.7-0.8), uzun (0.5-0.7) ve daha uzun (<0.5) şeklinde sınıflandırılabilir. Pareta ve Pareta (2011), uzama oranını 0.73 olarak hesaplamış ve bu değerini daha az uzama yönünde olduğunu belirtmiştir.

Altıparmak ve Türkoğlu (2018), uzama oranını 0.02 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla havzanın 1'e 2 oranında uzunlamasına bir görüntüye sahip olduğunu söylemek mümkündür. Uzama oranı, havzanın infiltrasyon kapasitesi ve yüzeysel akış durumu hakkında bilgi vermektedir. Düşük değerler, yüksek geçirgenliğin olduğu ve düşük yüzeysel akışın olduğu alanları gösterirken, yüksek *Re* değeri erozyonun fazla olduğunu ve sediment taşınmasının yüksek olduğu bir havza özelliği gösterdiği belirtilmektedir (Reddy vd., 2004). Ayrıca değerinin 1'e yaklaşması havzanın daha dairesel bir şekle sahip olduğunu göstermektedir (Karataş, 2014).

Altıparmak ve Türkoğlu (2018) uzama oranını 0,02 olarak hesaplamış ve havzanın uzunlamasına bir şekli olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, havzanın nispeten küçük bir havza olması nedeniyle akış süresinin düşük ve buna bağlı olarak akışın havza çıkışına ulaşmasının fazla zaman almayacağını ifade etmişlerdir. Bu durum

küçük havzalarda uzama oranının taşkınlar üzerindeki etkisinin zayıf olacağı söylenebilir. Toprak (2015), yaptığı çalışmada uzama oranı değerini 2.37 olarak hesaplamıştır. Araştırmacı, bu değer in erozyon olgusu ve sediment taşımı üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir.

Sunkar ve Avcı (2015), uzama oranı değerini bir havza için 0.64, başka bir havza için 0.47 olarak hesaplamışlardır. Bu değerlere göre uzama oranı 0.64 olan havzanın daha dairemsi, 0.47 olanın ise uzunlamasına bir şekil gösterdiğini belirtmişlerdir. Yine bu değerlere bağlı olarak göre, uzama oranı 0.64 olan havzada oluşan taşkınların kısa fakat çok yüksek, 0.47 olanda ise taşkınların daha uzun fakat diğerine göre daha düşük akım değerleri göstereceği sonucuna varmışlardır.

4.1.12. Kompaktlık katsayısı (Cc)

Araştırma havzası için kompaktlık katsayısı değeri 1.80' dir (Çizelge 4.1). Çalışma alanın alt havzalarında kompaktlık katsayısı değeri 1.55 ile 2.18 arasında değişmektedir. Alt havza H1 2.18 değeri ile şekli en dar ve uzunlamasına olan havzadır, 1.55 değeri ile alt havza H2 şekli geniş olmasına karşın uzun bir havzadır. Havza şekli ile ilgili bir diğer parametre olan kompaktlık katsayısının değeri büyüdükçe havzanın şekli daireden uzaklaşmaktadır (Özhan, 2004; Çokoyoğlu, 2008). Nitekim Eğirdir Gölü havzasının ve alt havzalarının şekli de daireden uzaklaşan, uzunlamasına bir durum göstermektedir.

Havza şeklini belirlemek amacıyla geliştirilen dere sırası, dere sırası, dere uzunluğu, form faktörü, şekil faktörü, dairesellik oranı, uzama oranı ve kompaktlık katsayısı eşitlikleri, Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının dairesellikten uzaklaşan şekilleri olduğunu göstermektedir. Havza şekli, sediment birikimi ve taşkın olaylarını değerlendirmek bakımından önemli bir parametredir.

Erol ve İlhan (2011) yaptıkları çalışmada Aksu havzasının kompaktlık katsayısını 2,11 olarak hesaplamıştır. Elde ettikleri değer sonucunda havza şekli ile ilgili bir parametre olan kompaktlık katsayısı büyüdükçe havzanın şekli daireden uzaklaştığını ve Aksu Havzası'nın şeklinin de uzunlamasına bir durum gösterdiğini belirtmişlerdir.

4.1.13. Drenaj tekstürü (Rt)

Eğirdir Gölü Havzası ve alt havzalarının drenaj tekstürü değerleri sırasıyla 0.71 ve 1.32, 1.01, 0.96, 0.59, 0.76'dır. Çalışma alanı için drenaj tekstür değeri 0.59 ile 1.32 değerleri arasında değişmektedir. Elde edilen bu değerler düşük değerlerdir. Sonuç olarak havzada geçirimsizliğin iyi olacağı ancak havzada eğimin yüksek olması nedeniyle su yeterince tutulamayacağı ve yüzeysel akışa geçerek havzada erozyon olgusuna neden olacağı söylenebilir. Bu çalışmada büro, arazi ve laboratuvar yöntemleriyle elde edilen tekstür analizi değerleri ise ana havza için kumlu balçık, killi balçık, balçıklı kil, kumlu killi balçık tekstür sınıflarına sahiptir. Alt havzalara baktığımızda ise H1 için kumlu balçık, H2 için killi balçık, H3 için balçıklı kil, H4 için kumlu killi balçık, H5 için kumlu balçık bulunmuştur.

Pareta ve Pareta (2011) yaptıkları çalışmada, havzanın drenaj dokusu 12.06'dır. Kategorinin çok iyi drenaj dokusu olduğunu gösterir. Bitki örtüsü olmayan yumuşak veya zayıf kayalar genellikle ince bir doku sergilerken, masif ve dirençli kayalarda kaba drenaj dokusu gelişir. Ali ve Khan (2013) Banas nehri havzasının drenaj tekstürü değerini 24.13 olarak hesaplamışlardır ve çok ince drenaj dokusu sınıfına girdiğini belirtmişlerdir. Çünkü kurak iklimdeki seyrek bitki örtüsü, nemli iklime göre daha ince dokuya neden olur.

4.1.14. Tekstür oranı (T)

Eğirdir Gölü havzası ve alt havzaları için bulunan tekstür oranı değerleri sırasıyla; 4.93 ve 1.92, 3.60, 2.42, 2.58, 2.21'dir. Buna göre araştırma alanındaki alt havzalarda tekstür oranı değerlerinin 1.92-3.60 arasında bulunduğu ve kaba tekstürü gösterdiği söylenebilir.

Reddy vd., (2004) yaptıkları çalışmada 2.5'in üzerindeki bir tekstür oranı değerini çok yüksek olarak değerlendirmişlerdir. Tekstür oranı dairesel havzalarda daha yüksek değere sahipken, uzunlamasına havzalarda daha düşük değerler gösterir. Simith (1950) tarafından geliştirilen bu oran kanalların birbirine yakınlığını tanımlayan bir özelliktir. Jeolojik yapı, arazi yapısının engebeliliği gibi faktörler bu oranı etkilemektedir. Tekstür oranının yüksek olması; yüksek rölyef, dik yamaçlar ve

düşük geçirgenliği ifade etmektedir. Drenaj tekstüründe olduğu gibi (Simith, 1950) tekstür oranının 2'den düşük olması çok kaba, 2 ve 4 arası kaba, 4-6 arası orta, 6-8 arası ince ve 8'den daha yüksek çıkması çok ince drenaj yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Bu oran drenaj yoğunluğu ve dere sıklığı parametreleri ile birlikte değerlendirilmelidir.

Schumm (1956)'a göre, tekstür oranı temel arazi yapısına, sızma kapasitesine ve arazinin eğim yönüne bağlı olan önemli bir faktördür. Yaptıkları çalışmada, havzanın tekstür oranı 9.11 olup, orta olarak sınıflandırılmıştır. Sreedevi, vd., (2013) tekstür oranı değerini 4.96 olarak hesaplamıştır. Smith sınıflandırmasına göre, havzanın tekstür değeri 4' ten büyük olduğu için kaba tekstür altında olduğunu belirtmiştir.

Utlu ve Özdemir (2018) yaptıkları çalışmada havzaların tekstür oranları değerlerinin 10.24 ile 25.45 arasında değişmekte olduğunu belirtmişlerdir. Değerin en fazla olduğu alt havza 25.45 ile Biga alt havzası ve 21.97 ile Kirazlıdere alt havzasıdır. Bu değerlerin yüksek çıkmasını, havzalara 1. düzeyde su toplayan kolların fazlalığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Çünkü aynı miktarda yağışın düştüğü iki havzadan, tekstür oranın fazla olduğu havzada suyun 1. düzeyden toplanması ve ana kola katılımı daha hızlı olacaktır. Araştırmacılar akarsu uzunluk oranı değerinin de Biga ve Kirazlıdere alt havzasında yüksek oluşu bu sonucu desteklemekte olduğunu da belirtmişlerdir.

Toprak (2015), Solhan Deresi Havzası' nda yaptığı çalışmada tekstür oranını 4.48 olarak hesaplamıştır. Tekstür oranının yüksek çıkmasının, ana akarsu koluna su gönderen 1. derecedeki kolların fazla olduğunu, bu nedenle havzaya düşen yağışın yüksek bir oranda akışa geçtiği anlamına geldiğini belirtmişlerdir.

Eğirdir Gölü havzası ve alt havzaların tekstür oranını karşılaştırdığımızda havza genelinde 1. dereceden derelerin çok olması ve arazinin eğimli olmasının Eğirdir gölü havzasının tekstür oranı değerinin yüksek çıkmasına (4.93) sebep olduğu söylenebilir. Alt havzalara baktığımızda H2 alt havzasının tekstür oranı değeri (3.60) en yüksektir. H2 alt havzasının diğer havzalara oranla 1. derecedeki dere sayısı yüksektir.

Bu da eğimli arazi ile birleşerek havzanın tekstür oranının yüksek çıkmasına ve yağışla oluşacak akışın havzaya sızmadan ana kanala ulaştırarak havzanın erozyona uğramasına neden olduğu söylenebilir. Bu durum havzanın hidrolojisi üzerinde önemli derecede etkilidir.

Yapılan pek çok çalışmada, yüksek bulunan tekstür oranı değerlerinin kaba tekstürü, düşük değerlerin ise daha ince tekstür değerlerini gösterdiği belirtilmektedir. Buna göre genel olarak Eğirdir Gölü havzasının tekstür oranı değeri kendi içinde ortalama bir değerdedir. Bu durum, havzanın nispeten kaba bir tekstüre sahip olduğunu göstermektedir. Ancak alt havzalara bakıldığında tekstür oranı değerlerinin H1 ve H5 havzalarında nispeten düşük olduğu bununda ince tekstür değerlerine işaret ettiği söylenebilir. Araştırmaya konu olan ana havza ve alt havzalarında tekstür oranı değerlerinin H1 ve H5 dışındaki alt havzalarda ortalama değerlerde oldukları, bunun da havzalardaki su geçirgenliğinin ne çok yüksek ne de çok düşük oldukları şeklinde yorumlanabilir.

4.1.15. Gravelius indeks (Kg)

Araştırma sonuçlarına göre Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının Gravelius indeks değerleri sırasıyla; 1.84 ve 2.23, 2.75, 2.90, 1.74, 1.72'dir. Burada ana havza ve alt havzalardan H4 ve H5 in değerleri 1.72-1.84 arasında çıkarken, H1, H2 ve H3'de ise 2.23-2.90 değerleri arasında bulunmuştur. Buna göre ana havza ile H4 ve H5 alt havzalarının şekillerinin uzunlamasına şekilden uzaklaştığı, H1, H2 ve H3 alt havzalarının ise uzunlamasına bir şekil gösterdikleri söylenebilir (Şekil 3.11). Bu sonuçlar ana havza ve alt havzaların nispeten yüksek erozyon potansiyeline sahip oldukları söylenebilir.

Özdemir (2011), yaptığı bir çalışmada Gravelius indeks değerini ortalama 1,52 olarak elde etmiştir. Havzaları kuzeydeki havzalar ve güneydeki havzalar şeklinde sınıflandırmıştır. En küçük değer 1,12 iken en yüksek değer 2,68'dir. Kuzey ve güney havzaları ayrı ayrı incelendiğinde: kuzey havzalarının ortalama değeri 1.51 iken güney havzalarının ortalama değeri 1.50 olarak elde etmiştir.

Sunkar ve Avcı (2015), Gravelius İndeks analizi sonucuna göre Aksu Çayı Havzası'nın değeri 1.56, Batlama Deresi Havzası'nın 165 olarak hesaplamıştır. Her iki akarsu havzası için yüksek çıkan bu değerlerin sonucunda havzaların uzunlamasına bir şekil göstermekte olduğunu belirtmişlerdir. Ancak Aksu Çayı'nın azda olsa düşük çıkması, yukarı havzanın genişlemesine bağlıdır. İndeks değerinin yüksek olması reliefin aşınım faaliyetleri üzerinde etkisinin yüksek ve erozyonun fazla olduğunu göstermektedir. Bu indeks değerleri dikkate alındığında, Aksu Çayı taşkın hidrografının kısa sürede yükselen, Batlama Deresi'nin uzun süreli ancak düşük değerli bir şekil gösterdiği anlaşılmaktadır. İki akarsuyun taşkın hidrografındaki bu durum nedeniyle Aksu Çayı'na bağlı oluşan taşkınların afet riski daha yüksektir.

Utlu ve Özdemir (2018) yaptığı çalışmada Biga (1.82), Kirazlıdere (1.70), Kocadere (1.99) ve Kocabaş (1.74) alt havzalarının gravelius indeks değerlerini karşılaştırmıştır. Gravelius indeks değeri en yüksek orana sahip ve uzunlamasına özellik sunan 1.99 ile Kocadere alt havzasıdır. Kirazlıdere alt havzası ise 1.7 en düşük Gravelius indeks oranına sahip dairesel bir havza görünümü sunmaktadır.

Gravelius indeks değerleri büyüdükçe, havza uzunlamasına bir şekil gösterdiği bilinmektedir. Bu nedenle, Eğirdir Gölü havzası (1.84) ve H1(2.23), H2(2.75), H3(2.90), H4 (1.74), H5 (1.72) ve benzer şekilde havzadaki aşınım faaliyetleri üzerinde topografyanın etkisinin fazla olduğu söylenebilir. Buna göre H4 ve H5 alt havzalarının hem ana havza hem de diğer alt havzalara göre daha fazla daireselden uzaklaştığı söylenebilir. Diğer havzaların ise nispeten daha uzunlamasına bir şekil gösterdikleri ifade edilebilir. Bu durumda H4 ve H5 dışındaki alt havzaların akım hidrografları daha düşük olurken, bu iki alt havzada daha yüksek akımları gösteren hidrografların olacağı söylenebilir. Benzer şekilde, bu değerlerin yüksek olması topografyanın aşınım faaliyetleri üzerindeki etkisinin yüksek, dolayısıyla erozyon olgusunun etkili olacağı anlamına gelmektedir.

4.1.16. Havza reliefi (Bh)

Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının relief değerleri sırasıyla; 1875 m ve 1860 m, 1873 m, 1243 m, 1685 m, 1460 m'dir. Alt havzalarda havza reliefi değeri 1243 (H3)

ile 1873 (H2) değerleri arasında değişmektedir. H2 alt havzasının yüksek havza reliefi değerlerine sahip olması akım toplanma zamanının ksalmasına, taşkın pikinin artmasına, akışa geçen suyun tutulmadaki azalmaya ve infiltre olmadan akışa geçmekte oldu söylenebilir. Yapılan araştırmalara (Utlu ve Özdemir, 2018; Toprak, 2015; Sunkar ve Avcı, 2015) bakıldığında Eğirdir Gölü havzasının ve alt havzalarının Bh değerleri çok yüksektir.

Havza reliefi, yükseklik nedeniyle sunulan bir drenaj sisteminin potansiyel enerjisinin bir göstergesidir. Samal vd., (2014) yaptıkları çalışmada sekiz alt havzanın reliefini incelemiş ve sırasıyla relief değerlerini; 582m, 716m, 545m, 756m, 663m, 663m, 483m ve 263m olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada havza relief değerleri 263 m ile 756 m arasında değişmektedir. Rölyef, dik tepe eğimleri ve daha yüksek akış gradyanları arttıkça, konsantrasyon süresi azalır, böylece taşkın tepe noktası artar (Patton ve Baker 1976). Bu bağlamda, yüksek kabartma alt havzasında düşük sızma ve yüksek akış koşulları olacaktır. Ayrıca, eğimin dağılımı, deşarj özelliklerinde önemli bir rol oynar.

Elbaşı ve Özdemir (2018), Marmara Denizi akarsu havzalarının ortalama Bh değeri 413,18 olarak elde etmiştir. Bu değerin sonucunda; çalışma alanındaki havzalarda yüksek yamaç eğimlerinin çok fazla yer almadığını, akım toplanma zamanının genel olarak yüksek olduğunu ve taşkın piklerinin çok fazla mevcut olmadığını belirtmişlerdir.

Utlu ve Özdemir (2018) yaptıkları çalışmada havza relief değerini en yüksek olan 1097.6 m ile Biga alt havzasıdır. En düşük değer de 267.32 m ile Kocabaş alt havzasıdır. Biga alt havzası yüksek havza reliefi değerlerine sahip olması akım toplanma zamanının ksalmasına, taşkın pikinin artmasına, akışa geçen suyun tutulmadaki azalmaya ve infiltre olmadan akışa geçmesini sağlamaktadır.

Toprak (2015), yaptığı çalışmada havza reliefi değerini 1519 m olarak hesaplamıştır. Bu değerin relief açısından çok yüksek olduğunu, dik yamaçların önemli yer kapladığını ve bu durumunda yüzeysel akışı artıracığını belirtmiştir.

Sunkar ve Avcı (2015) havza reliefi değerini Aksu Deresi için 3107 m, Batlama Deresi için 2055 m olarak hesaplamışlardır. Aksu ayı ve Batlama Deresi'nin maksimum uzunlukları düşünüldüğünde havza reliefi değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. İki akarsu havzasında da havza reliefi değerlerinin yüksek çıkması aşığı havzada taşkın riskinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Çünkü yüksek relief düşen yağışın kısa sürede yüzeysel akışa geçmesini sağlamaktadır.

4.1.17. Relief oranı (Rh)

Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının relief oranı değerleri sırasıyla; 0.02 ve 0.17, 0.05, 0.05, 0.04, 0.07'dir. Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının Rh oranlarını karşılaştırdığımızda H1 alt havzasının Rh değeri diğer havzalara oranla daha yüksektir. Bu oranın H1 alt havzasında yüksek çıkması drenaj yoğunluğunun (5.14) ve genel eğim özelliklerinin fazla olduğunu akışa geçen su miktarının ve taşınan sedimant miktarının yoğun olacağını göstermektedir. Ayrıca, litolojik olarak homojen sahalarda, çatallanma oranının yüksek oluşu, relief oranı değerinin düşmesine sebep olmakla birlikte çatallanma oranı ve relief oranı arasında negatif bir ilişkiden söz edilebilir (Schumm, 1956, Zavoinu, 1985). Çatallanma oranına baktığımızda H2 (4.91) alt havzasında en yüksek değere sahiptir ve bununda H2 alt havzasında relief oranının diğer alt havzalara göre düşük relief oranı (0.05) olmasını sağladığı söylenebilir. Ancak Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının tamamında relief oranı yüksek çıkmıştır. Yüksek relief değerlerinin sonucunda havzaya düşen yağışın çok hızlı bir şekilde yüzeysel akışa geçeceği söylenebilir.

Pareta ve Pareta (2011), yaptıkları çalışma alanında kabartma oranının değeri 0.006'dır. Düşük ila orta kabartma ve eğim alanlarının orta kabartma oranlarının değeri ile karakterize olduğu gözlenmiştir. Rölyef oranlarının düşük olması, çoğunlukla havzanın zeminin dirençli kayalıklardan oluşması ve düşük eğim derecesinden kaynaklanmaktadır.

Utlu ve Özdemir (2018) yaptığı bir çalışmada relief oranı değerlerini karşılaştırmıştır. En yüksek relief oranı değeri olan alt havza Biga alt havzası'dır (0.020). En düşük değerler ise Kocabaş (0.012), Kirazlıdere (0.016) ve Kocadere (0.018) alt havzalarıdır. Rh değerinin Biga alt havzasında yüksek çıkması havzada

drenaj yoğunluğunun, genel eğim özelliklerinin ve uzunluk oranının değerlerinin fazla olduğunu akışa geçen su miktarının yoğun olduğunu göstermektedir.

Sunkar ve Avcı (2015), yaptığı çalışmada relief oranı değerini Aksu Deresi için 0.05, Batlama Deresi için 0.08 olarak hesaplamışlardır. Relief oranı değerlerine göre, Batlama Deresi Havzası'nın drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığının Aksu Çayı Havzası'na göre daha fazla olduğu belirtilmektedir. İki havza için hesaplanan relief oranı, havza reliefi analiz sonuçlarında olduğu gibi yüksek çıkmıştır. Her iki analiz sonuçları karşılaştırıldığında, iki akarsu havzasına düşen yağışın çok hızlı yüzeysel akışa geçeceği görülmektedir.

Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının havza reliefi değerleri yüksektir. Bu durumda, genel olarak değerlendirildiklerinde ana havza ve alt havzaların akım toplanma zamanlarının taşkın oluşumu üzerinde etkili olacağı söylenebilir.

Nitekim hem ana havzada, hem de alt havzalarda relief oranlarının nispeten yüksek olduğu bunun da erozyon olgusunun oluşumu üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu değer H1 alt havzasında nispeten daha yüksektir. Bunun anlamı H1 havzasına düşen yağışın daha hızlı yüzeysel akışa geçecek olmasıdır. Nitekim, ana havzanın ve alt havzalarının engebelilik değerleri de bu sonucu göstermektedir. Bu durum, H1 alt havzasının erozyon ve taşkınlara daha duyarlı olduğunu göstermektedir.

4.1.18. Engebelilik değeri (R_n)

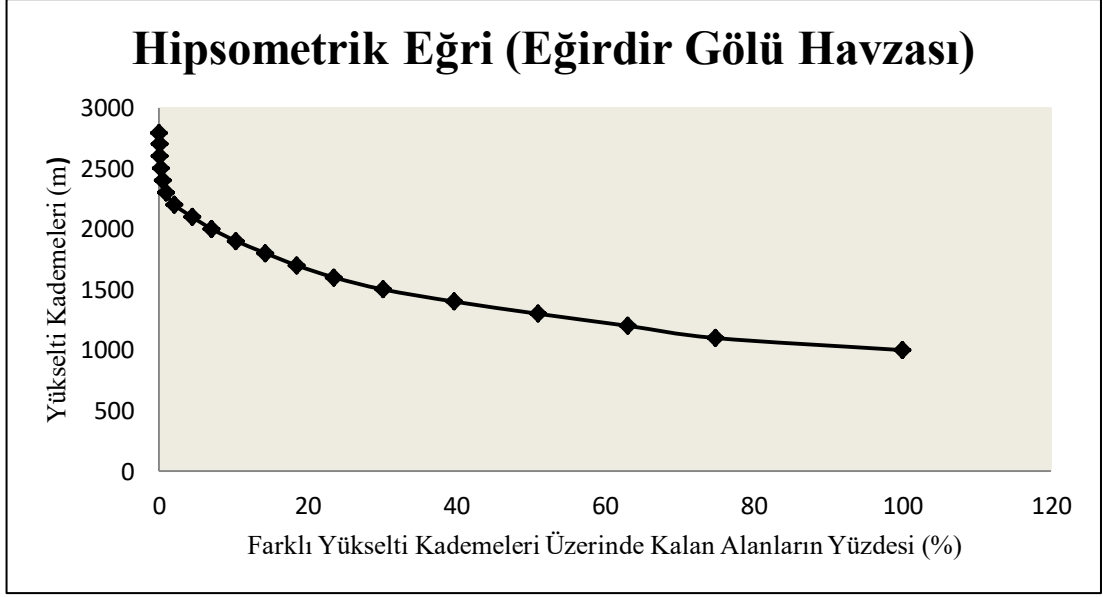
Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının engebelilik değerleri sırasıyla; 2.26 ve 9.56, 2.77, 1.42, 1.70, 1.02'dir. R_n değeri Eğirdir Gölü havzası için 1.02 ile 9.56 değerleri arasında değişmektedir. En yüksek değer (9.56) H1 alt havzasında görülürken, en düşük değer (1.02) H5 alt havzasındadır. H1 alt havzasında R_n değerinin bu kadar yüksek çıkması drenaj yoğunluğu değerinin (5.14) yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı şekilde H5 havzasının drenaj yoğunluğu değeri (0.74) düşük olduğu için en düşük R_n değeri bu alt havzada görülmüştür. En fazla yüzeysel akış ve erozyonla toprak kaybı H1 alt havzasında meydana geleceği daha sonra sırası ile H2, H4, H3 ve en az H5 havzasında meydana geleceği söylenebilir.

Samal vd., (2015) yaptıkları çalışmada engebелilik değeri 0,6 ile 2,7 arasında değişmektedir. Alt havzalardan 3., 7. ve 8. havza düşük Rn değerlerine sahiptir ve alt havzaların geri kalanı yüksek Rn değeri göstermiştir. Yüksek Rn değeri, erozyona karşı oldukça hassas bir arazinin yapısal karmaşıklığını gösterir. Yüksek kabartma ve düşük drenaj yoğunluğuna sahip alanlar, düşük kabartma ve yüksek drenaj yoğunluğuna sahip alanlardan daha dayanıklıdır. Yüksek engebелilik değeri hidrografide keskin bir yükselişe neden olur.

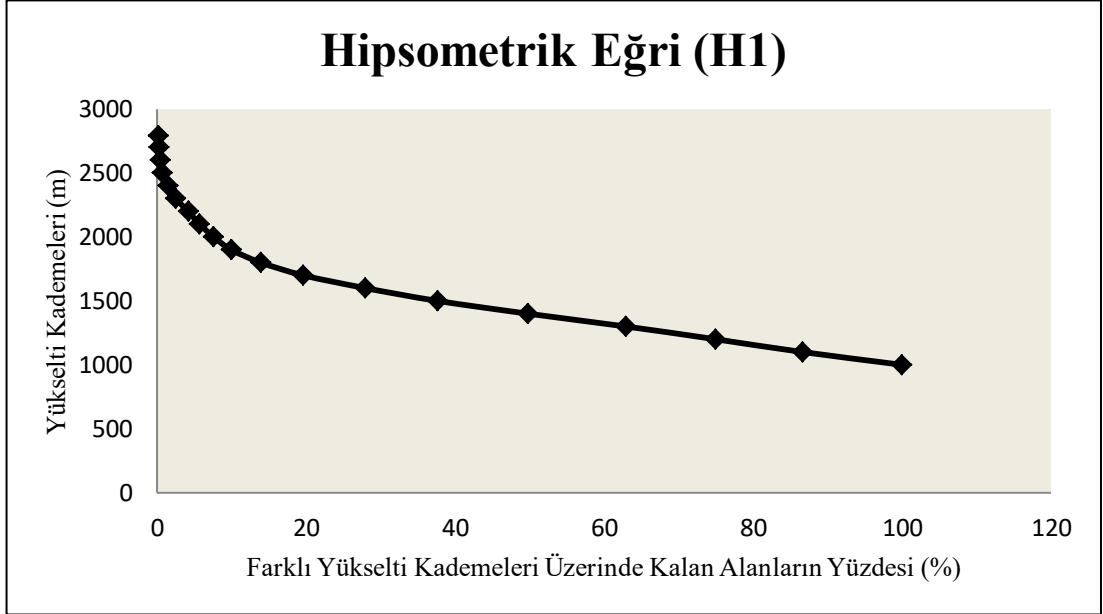
Özdemir (2006) yaptığı çalışmada engebелilik değerini havza geneli için 8.2 olarak hesaplamıştır, alt havzalardan Küçükçay 8.9 değeri ile havza genelinden de yüksek bir değer göstermiştir. Böylece araştırmacı, Küçükçay havzasının taşkın açısından önemli etkiye sahip olduğunu belirtmiştir.

4.1.19. Hipsometrik eğri

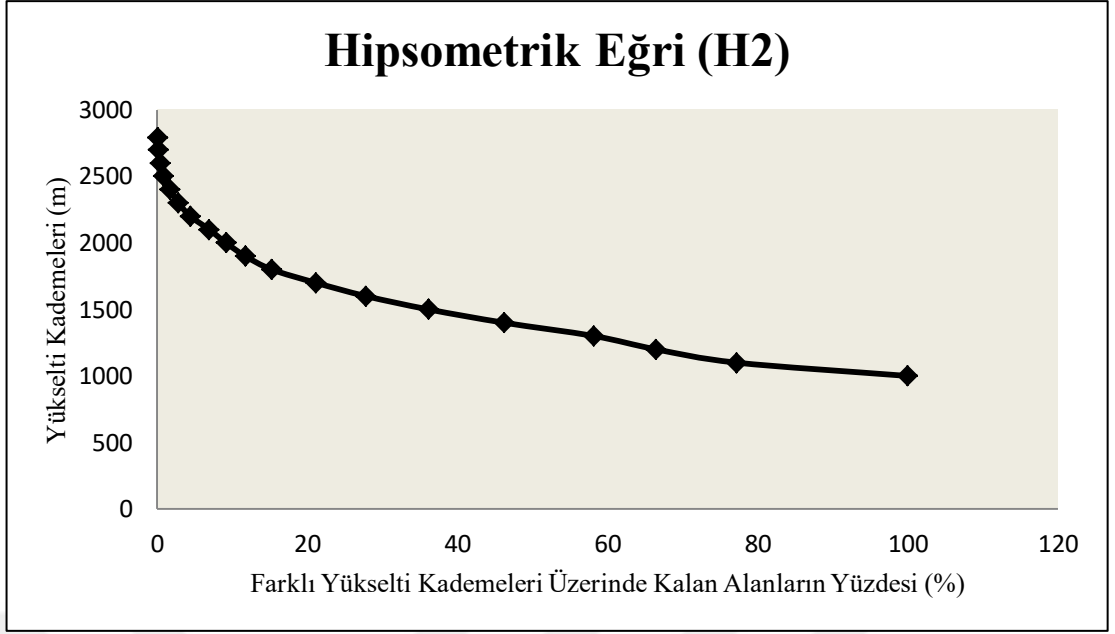
Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının hipsometrik eğrilerine bakıldığında (Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6) genel olarak Eğirdir Gölü havzası'nın ve alt havzalarının tamamına yakınının 1000 m ve üzerinde yer aldığı, bunlardan Eğirdir Gölü havzası'nın toplam alanının %74.81'inin 1100 m yüksekliğe sahip olduğu görülürken, alt havzalarda ise kendi toplam alanlarının sırasıyla; %86.62, 77.21, %86.25, %90.32 ve %97.75'i 1100 m'de olduğu görülmektedir. Buna göre genel olarak Eğirdir Gölü havzası'nın geneli ülkemizin ortalama yüksekliğinden nispeten yüksek olmakla birlikte büyük bir bölümü 1100 ile 2200 m arasında yer almaktadır. Hipsometrik eğrilere bakıldığında tatlı su kaynaklarının oldukça yüksek kesimlerden doğduğu görülmektedir. Nitekim Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının hipsometrik eğrilerine baktığımızda H5 havzası hariç tüm havzalar kısmen iç bükey özellik göstermektedir. Buda Eğirdir Gölü havzası ve H1, H2, H3 ve H4 alt havzalarının gençlikten olgunluğa geçiş döneminde olduğunu göstermektedir. H5 alt havzasının hipsometrik eğri verisi ise kısmen dış bükey özelliği göstermektedir. Buda H5 havzasının gençlik döneminde olduğunu ve aşındırma olaylarının daha fazla olduğunu göstermektedir.



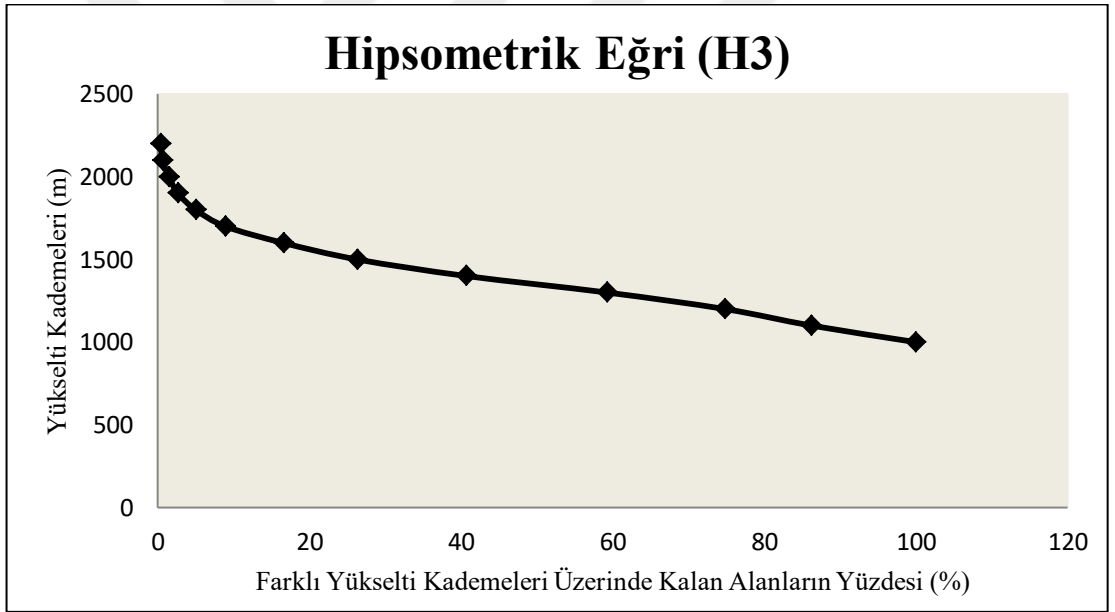
Şekil 4.1. Eğirdir Gölü Havzasının hipsometrik eğrisi



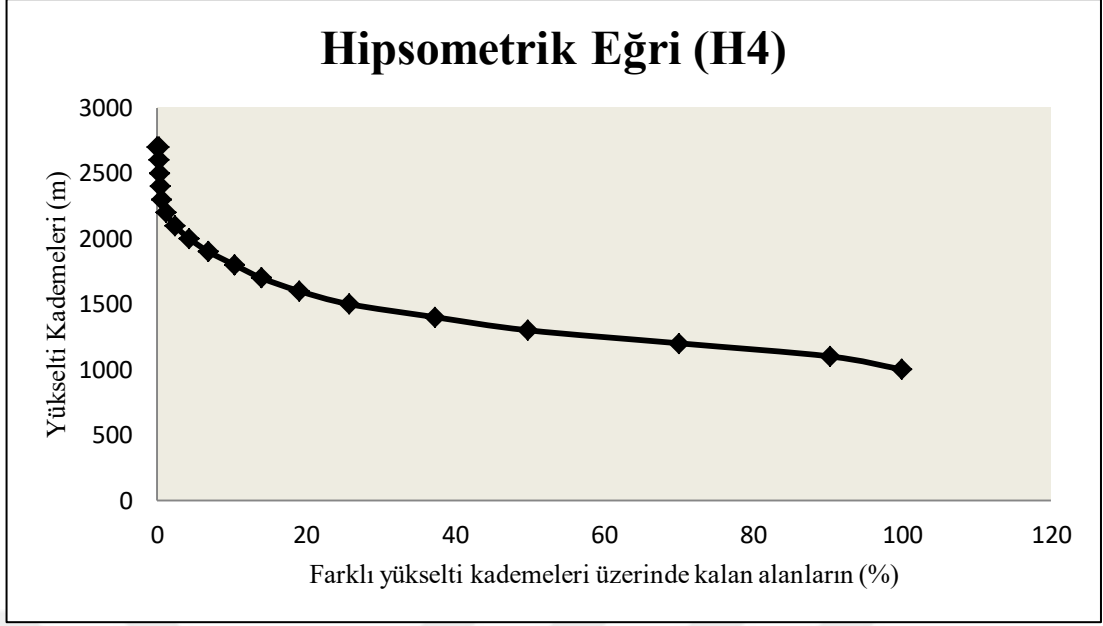
Şekil 4.2. H1 Havzasının hipsometrik eğrisi



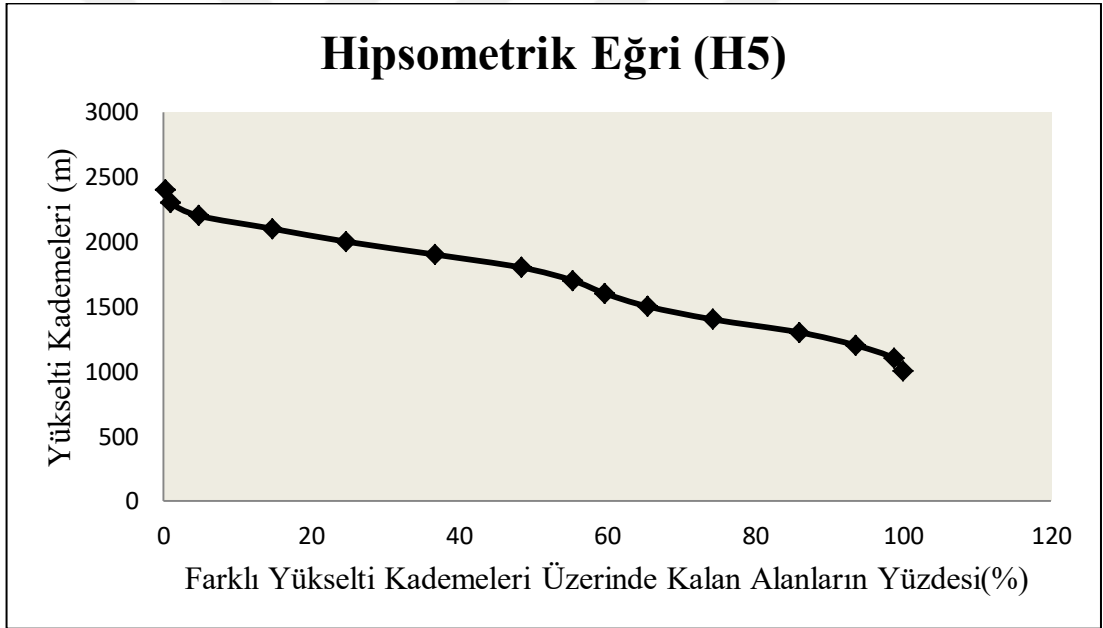
Şekil 4.3. H2 Havzasının hipsometrik eğrisi



Şekil 4.4. H3 Havzasının hipsometrik eğrisi



Şekil 4.5. H4 Havzasının hipsometrik eğrisi



Şekil 4.6. H5 Havzasının hipsometrik eğrisi

4.1.20. Hipsometrik integral (Hi)

Hipsometrik integral değeri; Eğirdir gölü havzasında 0.41 iken, alt havzalarda (H1, H2, H3, H4, H5) sırasıyla 0.41, 0.41, 0.43, 0.42, 0.42' dir (Çizelge 4.1). Eğirdir Gölü havzasında hipsometrik integral değeri 0.41 ile 0.43 değerleri arasında değişmektedir. En yüksek 0.43 değeri ile H3 alt havzasında, en düşük 0.41 değeri ile Eğirdir gölü havzası, H1 ve H2 alt havzalarında görülmektedir. Hesaplanan hipsometrik integral değerlerine göre Eğirdir Gölü havzası ve alt havzaları (H1, H2,

H3, H4, H5) gençlik döneminden olgunluğa geçiş dönemindedir. Gençlik döneminden olgunluğa geçiş döneminde olması nedeniyle Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarında dereler kısmen “ V ” şeklinde akmakta, topografyası engebeli, deniz seviyesinden yüksekliği fazla ve aşındırma olaylarının varlığının sonucunda erozyon olgusunun etkili varlığı söz konusudur.

Elbaşı ve Özdemir (2018), Marmara Denizi akarsu havzalarında yapmış oldukları çalışmada ortalama Hi değerini 0.42 olarak hesaplamışlardır. Değerler 0.0 – 0.76 arasında değişmektedir. Ortalama değer dikkate alındığında Marmara Denizi havzaları fizyografik olarak olgun-yaşlı dönemde olduğunu belirtmişlerdir.

Altıparmak ve Türkoğlu (2018) Yakacık Çayı Havzası'nda yaptıkları çalışmada hipsometrik integral değerini 0.49 olarak hesaplamışlardır. Bu değer drenaj havzasının yükselti farkına rağmen akarsular tarafından parçalandığını ve bunun sonucu olarak genç bir topografyanın kısmen ileri gençlik bir topografyaya geçişini temsil etmektedir. Hipsometrik eğrinin S şeklinde olması havzanın erozyonal faaliyetler bakımından şiddetli bir şekilde işlendiğini gösterir. Bu durum havzanın akarsular tarafından aşındırma etkilerinin fazla olduğunu, dar ve derin vadilerin geliştiğini göstermektedir (Aytuk, 2017).

Hipsometrik integral değerinin, 0.6-1 arasında olması alanın gençlik devresinde, 0.35-0.6 arasında ise olgunluk, 0.3'ten daha düşük bir değerde ise alanın yaşlı bir araziye sahip olduğu bilinmektedir (Ramu ve Mahalingam, 2012). Bu değerlerin yüksek ya da düşük çıkması havzanın aşınım süreçlerinden aşındırma, taşıma, biriktirme faaliyetlerinden hangisine karşılık geldiğine işaret etmektedir. Utlu ve Özdemir (2018) yaptıkları çalışmada Alt havza hipsometrik integral değeri Kocadere alt havzasında 0.32, Biga alt havzasında 0.26 Kirazlıdere alt havzasında 0.25, Kocabaş alt havzasında 0.18 çıkmıştır. Kocadere havzası dışbükey eğriye sahipken, diğer havzalar iç bükey bir görünüme sahiptir. Ramu ve Mahalingam 2012'ye göre Biga Çayı alt havzaları yaşlı bir araziye sahiptir. Kocadere havzasında diğer havzalara nispeten aşındırma süreçleri devam etmektedir.

Sunkar ve Avcı (2015), yaptıkları çalışmada Aksu Çayı Havzası için Hipsometrik integral değeri; 0,45, Batlama Deresi Havzası için 0,39 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlere göre de Aksu Çayı gençlik, Batlama Deresi olgunluğa geçiş dönemindedir.

4.1.21. İnfiltrasyon oranı (İ)

İnfiltrasyon oranı değeri Eğirdir Gölü Havzası için 0.99 (Çizelge 4.1). Alt havzalara ait infiltrasyon oranları (sırasıyla 6.78, 1.49, 1.10, 0.60, 0.57) ise 0.57 ile 6.78 değerleri arasında değişmektedir. En yüksek infiltrasyon oranı H1 (6.78), en düşük oran ise H5 (0.57) alt havzasına aittir. H1 alt havzasında bu değer diğer alt havzalara oranla yüksek çıkması drenaj yoğunluğu (5.14) değerinin yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ancak Eğirdir Gölü havzası ve alt havzaları için bulunan değer infiltrasyonun (sızma) yeterli olduğunu göstermektedir.

İnfiltrasyon sayısı 18.28 olan bir havzada infiltrasyonun düşük, yüzeysel akışın yüksek olduğu ifade edilmektedir (Ali ve Khan, 2013).

Pareta ve Pareta (2011) yaptıkları çalışmada infiltrasyon oranı değerini 12.13 olarak hesaplamışlardır. Bu değer sonucunda infiltrasyon oranı sayısı ne kadar yüksek olursa, sızmanın o kadar düşük olacağını ve yüzeysel akışında o kadar yüksek olacağını belirtmişlerdir.

4.1.22. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının eğim ve bakı durumları

Havzanın drenaj ağı özellikleri yanında topografik özellikleri de havza hidrolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

4.1.22.1. Eğim (%)

Akarsuların aşındırma ve taşıma etkisi, su hızının belli bir değeri aşamasından sonra ancak başlayabilir. Su hızını etkileyen faktör ise yatak eğimidir. Ayrıca toprağı taşımak için gerekli olan su miktarı da eğime bağlı olarak değişmektedir (Ekinci, 2005).

Bitki örtüsü, toprak özellikleri vs. koşulların aynı olması durumunda eğimin erozyon nedeniyle su kaynakları üzerinde önemli etkilere sahiptirler. Bu durumda, eğimin fazla olduğu alanlarda yağışla havzaya düşen suların toprağa sızması daha azdır. Bu nedenle yağışla gelen suların yüzeysel akışa geçerek akımla oluşan su ve toprak kaynaklarının kalitesi ve miktarında azalma sebep olması mümkündür. Bu gibi durumlarda, özellikle bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda, erozyon olgusunda ve sediment taşınımında artış olacaktır. Eğim değerleri arttıkça erozyonla kaybolan toprak miktarında da artış olacaktır. Aynı zamanda dik yamaçlarda pürüzlülük oranı az, yatay yamaçlarda ise fazladır. Özdemir (2007), akarsu hızının kritik bir değeri aşması halinde zemini oluşturan tane veya partiküllerde çözülme ve taşınma olabileceğini ifade etmektedir. Benzer şekilde, dere yatağı çok pürüzlü olursa, ya da iri partiküller içerirse, akım hızının da yüksek olacağı belirtilmektedir.

Eğirdir Gölü Havzası'nın geneline bakıldığında (Çizelge A.5), toplam alanın %41.44'ünün düz ve düze yakın eğim sınıfında, %33.64'ünün, orta eğim sınıfında ve %24.92'nün ise dik, çok dik ve sarp eğim sınıfında olduğu görülmektedir. Eğim sınıflarının alt havzalar için olan oranları ise H1, H2, H3, H4, H5 alt havzaları için sırasıyla; %10.59,%41.42 ve %47.99; %32.38, %30.84, %36.79; %21.77, %30.47 ve %47.76; %29.99, %28.91 ve %41.1; %17.91, %47.68 ve %34.42'dir. Bu değerler havzanın genel olarak ve alt havzaları ile birlikte dik, çok dik ve sarp eğimlerde olduğunu göstermektedir.

4.1.22.2. Bakı

Kirkby vd. (1990), Goudie (2004), Mater (1998), Turoğlu ve Özdemir (2005) ve Özdemir (2007) bakının jeolojik formasyon dolayısıyla toprak oluşumu üzerindeki etkisine değinmişlerdir. Araştırmacılara göre; bakının etkisiyle jeolojik formasyon üzerinde farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Benzer şekilde, güney bakıda yer alan yamaçlarda kuzey bakıya kıyasla radyasyon ve evapotranspirasyon oranları artarken, yağış sonrası bitki örüsünde suya olan ihtiyaç artmaktadır. Bunun sonucu olarak bitki örtüsü daha seyrek ve kuraklığa dayanıklı türlerden oluşmaktadır. Seyrek bitki örtüsünün olduğu yerlerde yüzeysel akış daha fazla olduğundan erozyon olgusunda da artış görülür. Kuzey bakılarda yer alan yamaçlar ise yağıştan sonra oluşan toprak

nemini uzun süre koruyarak bitki örtüsünün gelişimine olanak tanır. Böylece toprak oluşum hızında bir miktar artış olur. Bu özellik infiltrasyonu artırıcı ve yüzeysel akışı azaltıcı bir etki oluşturmasına karşın derin toprak oluşumu ve yüksek nemlilik içeriğinden dolayı kütle hareketleri için uygun şartlar sağlar.

Eğirdir gölü havzasının genelinde toplam alanın % 20.49'u düz bakış ız alanda bulunurken, toplam alanın %35.31'i ile egemen bakı güneydir (Çizelge A.6). Alt havzalarda ise bu değerler, H1, H2, H3, H4 ve H5 olmak üzere bakının olmadığı alanların oranı sırasıyla; %0.71, %10.86, %6.91, %10.06 ve %3.37 ve güney bakının olduğu alanların oranı %41.58, %37.80, %49.44, %40.10 ve %39.37'dir. Böylece, H2 havzanın %10.86 ile sahip olduğu düz bakı alanın H2 alt havzasında en yüksek değerde olduğu, güney bakının en yüksek oranda olduğu alt havzanın ise %49.44 ile H3 havzası olduğu söylenebilir.

Eğirdir Gölü havzası, bakı yönlerinin dizilimi özelliği ile iki parçaya ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi Eğirdir Gölünün kuzeyini oluşturan Hoyran Gölü çevresinde yer alan ve eğimin tüm alanlarda göle bakan kısımlarından oluşmaktadır. İkincisi ise Eğirdir Gölünün büyük kısmını oluşturan güneydeki bölümdür. Bu kısımda eğim yönleri göle doğru olmakla birlikte göl havzasının kuzeydoğusunda farklı eğim yöneylerinin birbirleri içerisinde girişler bulunduğu geniş alanlar yer almaktadır (Başayığit, 2002).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Morfometrik parametreler, havzalardaki toprak ve su kaynaklarının yönetimini mikro düzeyde değerlendirmek için kullanılabilen matematiksel verilerdir. Bir havzanın morfometrik özelliklerinin analizi, o havzanın hidrolojik özelliklerini belirlemeye yardımcı olduğundan havza yönetim planlarında sel, taşkın ve erozyon riskini değerlendirmek bakımından kullanılmaları oldukça yararlı olacaktır. CBS yönteminin sağladığı kolaylıklar havza morfolojisinin analiz edilmesinde önemli bir avantaja dönüştürmüştür. Bu nedenle bu çalışmada, Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının morfometrik özellikleri belirlenmiş ve genel olarak havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Morfometrik parametrelerin yüksek ve düşük değerlere göre sıralaması

Morfometrik Parametreler	Yüksek Havza	Çıkan Alt	Düşük Havza	Çıkan Alt
Havzanın Alanı(A)	H4		H1	
Havzanın Çevresi(P)	H4		H1	
Uzama Oranı(R_c)	H4		H1	
Toplam Dere Uzunluğu (L)	H4		H5	
Kompaktlık Katsayısı(Cc)	H1		H2	
Şekil Faktörü(R_s)	H1		H4	
Drenaj Tekstürü	H1		H4	
Dere Sıklığı (F_u)	H1		H4	
Relief Oranı	H1		H4	
Engebelilik Değeri (R_n)	H1		H5	
İnfiltrasyon Oranı	H1		H5	
Drenaj Yoğunluğu (D_d)	H1		H5	
Çatallanma Oranı (R_b)	H2		H4	
Form faktörü (R_f)	H2		H1	
Havza Reliefi (B_h)	H2		H3	
Toplam Dere Sayısı (N)ve Numarası	H2		H1	
Dairesellik Oranı(R_c)	H2		H1	
Tekstür Oranı (T)	H2		H1	
Gravelius İndeks	H3		H5	
Hipsometrik İntegral	H3		H1-H2	

Morfometrik parametreleri yüksek değerler ve düşük değerler bakımından kıyasladığımızda H1 havzası ile H4 havzası arasında bir korelasyon görülmektedir. H4 havzasının yüksek değerler aldığı parametrelerde H1 havzası düşük değerler almıştır. Aynı şekilde H1 havzası yüksek değerler aldığı parametrelerde H4 havzası

düşük değerler almıştır. H1 havzası ile H4 havzasındaki bu korelasyon H4 havzasının H1 havzasına göre alanın, çevre uzunluğunun yüksek ve drenaj yoğunluğu değerinin düşük değerde olmasından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak parametreleri tek tek değerlendirdiğimizde Eğirdir Gölü havzası ve alt havzaları büyük havza sınıfına girmektedir. Bu açıdan bakıldığında yağışla üzerine düşen suyun toplanma zamanı hepsinde de uzundur. Ancak, alt havzalar kendi aralarında değerlendirildiklerinde, ana havzanın çıkış noktasında yer alan H1 ve H5 alt havzalarının diğer alt havzalara oranla daha küçük alanlara sahip oldukları belirlenmiştir. Bu iki alt havzanın Eğirdir Gölü havzasının mansap(havzanın çıkış noktası) kısmında yer alması hem de hidrolojik bakımdan suyun toplanma zamanı nispeten kısa olacağından yüzeysel akışın hızının artabileceği ve bunun da sediment birikimine neden olabileceği söylenebilir.

Çevre uzunlukları bakımından değerlendirildiklerinde, ana havza ve alt havzaları engebeli bir topografyaya sahiptir. H1 alt havzasında engebелilik en az, H4 alt havzasında ise en fazladır. Bu durumda, H1 alt havzasında suyun toplanma zamanı daha kısa olduğundan, erozyon olgusu ve yarattığı sediment birikimi riski nispeten daha fazla olacaktır.

Hem ana havzada hem de alt havzalardan H4 ve H2'de 1. dereceden dere sırası sayısı daha fazladır. Bu nedenle hem ana havzadan hem de bu iki alt havzadan oluşacak yüzeysel akış gölde toplanan suyun miktarı ve kalitesi üzerinde etkili olacaktır.

Eğirdir Gölü havzası genel olarak uzunlamasına bir havzadır ve dere derecesi altıya kadar çıkmaktadır. Bu durum, havzaya yağışla düşen suyun uzun sürede ana derede toplandığını ve deşarj edildiğini göstermektedir. Ancak, hem ana havzadaki, hem de H4 ve H2 havzalarındaki 1. dereceden derelerin fazla olması toplam dere uzunluğunun nispeten kısa olduğunu göstermektedir.

Birim alandaki akarsu uzunluğu diğer bir ifadeyle drenaj yoğunluğu, genel olarak Eğirdir Gölü havzasında düşük, H1 alt havzasında ise çok yüksek bulunmuştur. Eğirdir Gölü havzasında ve diğer alt havzalarda, H1 alt havzası hariç, sediment birikimi oranları nispeten daha düşüktür. H1 alt havzasında kayaçların infiltrasyon

kapasitesinin ve toprak geçirgenliğinin düşük olduğu yüzeysel akışta artış olduğu söylenebilir. Ancak, bu durum, drenaj yoğunluğu düşük olan alanlarda bitki örtüsünün iyi özelliklere sahip olduğunu ve yağışın önemli bir kısmının yüzeysel akışa geçmeden bitkiler tarafından tutulduğu bilinmektedir. Nitekim H1 alt havzasının sarp eğim sınıfındaki oranı (%1.97) diğer alt havzaların oranlarından yüksek bulunmuştur.

Birim alana düşen dere sırası sayısı ya da dere sıklığı, hem ana havzada hem de alt havzalarda küçük değerlerdedir. Bununla birlikte, ana havzada ve H4 alt havzasında diğerlerine göre yüksek değerdedir. Bu nedenle, H4 alt havzasında yağışla toplanan suyun dere yataklarında toplanma zamanının daha kısa olacağı ancak tüm değerler göz önüne alındığında uzun olacak ve sel ve taşkın riski az olacaktır.

Çatallanma oranı, her bir drenaj kolunun ana dere üzerindeki etkisini gösterir. Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarında çatallanma oranı değerleri 3' den büyük çıkmıştır. Buna göre ideal bir havzaya en yakın orana 3.57 değeriyle H4 havzası sahiptir. Öte yandan, tüm değerlerin 3-5 arasında yer aldığı da bilinmektedir. Araştırmaya konu olan H1 (3.91) ve H4 havzalarının çatallanma oranı değerleri diğer alt havzalara oranla düşük değerlerde bulunmuştur. Bu durumda, her ne kadar Eğirdir Gölü havzasının jeolojisi heterojen bir yapı gösterse de alt havzaların homojen bir jeolojik yapıda olduğu söylenebilir. Bu değerler her ne kadar havzada meydana gelebilecek taşkın riskinin düşük olacağını gösterse de dere derecelerinin yüksek olması erozyon riskinin olmadığı anlamına gelmemektedir. Genel olarak hem ana derede hem de alt havzalarında dairesellik oranı değerleri alanın daireselle daha yakın bir uzunlukta olduğunu göstermektedir.

Kompaktlık katsayısı, havzanın şekli ve dolayısıyla yağışlarla toplanan suyun sediment tehlikesi yaratma özelliğini belirlememize yarayan olup, şekille ilgili diğer bir parametrelerdir. Bu parametre de ana havza ve alt havzalarının daireselden uzaklaşan ama tam olarak uzun havza şekline sahip olmadıklarını göstermektedir.

Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının drenaj tekstürü değerleri genel olarak düşüktür. Bu nedenle, hem ana havzanın ve alt havzalarının toprak yapısı nispeten yüksek geçirgenliğe sahiptir. Ancak eğim değerlerinin yüksek olması nedeniyle aynı koşullarda erozyon olgusunun yine de olacağı söylenebilir.

Gravelius İndeks değerlerine göre de, ana havza ve alt havzaların daireselden uzaklaşan şekilleri vardır. Bu değer, havzadaki aşınım faaliyetleri üzerinde topografyanın etkisinin fazla olduğunu göstermektedir. Buna göre H4 ve H5 alt havzalarının hem ana havza hem de diğer alt havzalara göre daha fazla dairesele yaklaştığı söylenebilir. Diğer havzaların ise nispeten daha uzunlamasına bir şekil gösterdikleri ifade edilebilir. Bu durumda H4 ve H5 alt havzalarında daha yüksek akımları gösteren hidrografların olacaktır. Benzer şekilde, bu değerlerin yüksek olması topografyanın aşınım faaliyetleri üzerindeki etkisinin yüksek, dolayısıyla erozyon olgusunun etkili olacağı anlamına gelmektedir.

Eğirdir gölü havzası ve alt havzalarının havza reliefi değerleri de akım toplanma zamanlarının taşkın oluşumu üzerinde etkili olacağını göstermektedir. Nitekim hem ana havzada, hem de alt havzalarda relief oranlarının nispeten yüksek olduğu bunun da erozyon olgusunun oluşumu üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Nitekim bu değer H1 alt havzasında nispeten daha yüksektir. Bunun anlamı H1 havzasına düşen yağışın daha hızlı yüzeysel akışa geçecek olmasıdır. Nitekim ana havzanın ve alt havzalarının engebelilik değerleri de bu sonucu göstermektedir. Bu durum, H1 alt havzasının erozyon ve taşkınlara daha duyarlı olduğunu göstermektedir.

Havzanın yükselti sınıfları ve hipsometrik eğrisi alanının hem genel olarak hem de alt havzalarda en çok 1000 m-2200 m arasında yer aldığını göstermektedir. Havzadaki yüksekliğin yukarıdan aşağıya doğru değişimi ve yükseklik kademesinin yüksekliği genel olarak havzaya düşen yağış sularının kaynağının yüksek kesimlerden doğduğunu göstermektedir.

Hesaplanan hipsometrik integral değerlerine göre Eğirdir Gölü havzası ve H1, H2, H3 ve H4 alt havzaları gençlikten olgunluğa geçiş dönemindedir, H5 havzası ise gençlik dönemindedir. Bu dönemde olmaları ana havza ve alt havzalarında topografyanın engebeli, deniz seviyesinden yüksekliğin fazla olması ve aşındırma olayları nedeniyle erozyon olgusunun etkili olduğunu göstermektedir. Daha da önemlisi erozyon olgusunun havzada etkili olacağına işaret etmektedir.

İnfiltrasyon oranı değeri H1 alt havzasında en yüksek çıkarken, ana havzada ve diğer alt havzalarda birbirlerine yakın değerlerdedir. H1 alt havzasında bu değer in yüksek çıkması drenaj değeri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Buna göre H1 alt havzasında infiltrasyon değeri daha düşük ve erozyon ve taşkın olaylarına duyarlılığı da yüksek olacaktır. Eğirdir Gölü havzası ve diğer alt havzalarında ise infiltrasyonun nispeten daha iyi olacağı söylenebilir.

Nitekim bu sonuçları tekstür oranı değerlerini de desteklemektedir. Bu nedenle, H1 ve H5 dışındaki alt havzalarda geçirgenliğin ortalama değerlerde olduğu ve havzalardaki su geçirgenliğinin ortalama düzeyde etkileneceği söylenebilir. Bu durum, ana havzanın ve alt havzaların erozyon potansiyeli nedeni ile hidrolojik özelliklerinin de etkileneceğine işarettir. Benzer şekilde, havza reliefinin yüksek olması da bu durumu desteklemektedir. Reliyef oranı değerleri de benzer sonuçları vermiştir. Diğer bir ifadeyle, ana havza ve alt havzaları erozyon ve sediment taşınımı nedeniyle hidrolojik bir risk taşımaktadır. Aynı sonuçlar eğimin ve drenaj yoğunluğu değerlerinin H1 alt havzasında yüksek olduğunu, böylece H1 havzasında toplanan suyun sel ve taşkın riskinin yüksek olduğunu göstermektedir. Engebelilik değerleri de bu sonucu desteklemektedir. Öte yandan hipsometrik eğriler incelendiğinde toplam alanın büyük bir kısmının 1100 m ile yaklaşık 2200 m'ye kadar değiştiği ve yine bu sonucu desteklediği görülmektedir.

Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının hipsometrik integralleri incelendiğinde, aşınma derecesinin gençlik döneminden olgunluğa geçiş döneminde olduğu ve morfometrik özellikleri nedeniyle su üretiminin olumsuz etkileneceği görülmüştür. Nitekim genel olarak Eğirdir Gölü havzası olmak üzere tüm alt havzaların eğim ve bakı durumları da havzanın su üretimi üzerinde etkili olmaktadır.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde, havzanın hidrolojisinin özellikleri esas alınarak şu önerilerde bulunulabilir:

- 1) Genel olarak Eğirdir gölü havzasının ve erozyon eğilimi yüksek olduğundan havzadaki bitki örtüsü titizlikle korunmalıdır.
- 2) Eğirdir Gölü havzası gençlik döneminden olgunluğa geçiş döneminde olduğundan erozyon nedeniyle oluşacak sediment birikimi devam edecektir. Bu nedenle, göl suyunun kalitesi ve miktarı üzerinde oluşabilecek olumsuzlukların havzanın

morfometrik özellikleri dikkate alınarak dönem dönem değerlendirilmesi ve havza yönetim planlarında bu konuya özel bir önem verilmesi yararlı olacaktır.

3) H1, H4, H5 alt havzalarında erozyon kontrol çalışmalarına özen gösterilmesi ve bitkilendirme çalışmalarının desteklenmesi gerekmektedir. Bu üç alt havza genel olarak Eğirdir Gölü havzasının su kalitesi ve miktarı üzerinde etkili olacağına, ele alınacak her tür çalışmanın titizlikle değerlendirilmesi yararlı olacaktır.



KAYNAKLAR

- 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 Navgarh area of Varanasi district, *U.P. Journal Indian Society of Remote Sensing*, 26, 169-175.
- Ajay, P., Mahmoud, K., Vijay, S., Paru, T. P., Joy, J, Nayan, P. & Kalubarme, M. H. (2014). Morphometric and land use analysis for watershed prioritization in Gujarat State, India. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(2), 1–7.
- Akay, H. & Koçyiğit, M.B. (2018). Morfometrik Parametreler Yardımıyla Havzada Muhtemel Taşkın Riskinin Tahmin Edilmesi: Akçay Havzası Örneği, Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Ali, S.A. & Khan, N. (2013). Evaluation of Morphometric Parameters—A Remote Sensing and GIS Based Approach. *Open Journal of Modern Hydrology*, 3(1), 20-27.
- Ali, S.A., Ikbal, J., Aldharab, H. & Alhamed, M., (2018). Watershed analysis and Landuse Management to Protect from Flash Flood in the Semi-Arid Region Udaipur, *Northwestern India using Geospatial Techniques*, 4(2), 601-612.
- Al-Saady, Y., Al-Suhail, Q., Al-Tawash, B. & Othman, A. (2016). Drainage Network Extraction and Morphometric Analysis Using Remote Sensing and GIS Map-ping Techniques (Lesser Zab River Basin, Iraq and Iran). *Environmental Earth Sciences*, 75, 1243.
- Altıparmak, S. & Türkoğlu, N. (2018). Yakacık çayı havzasının (Hatay) morfometrik analizi, *DTCF Dergisi* 58.1, 353-374, doi: 10.33171/dtcfjournal.2018.58.1.18.
- Anderson, S.D. (1999). Watershed Management and Nonpoint Source Pollution, The Massachusetts Approach, *Boston Collage Environmental Affairs Law Review*, Winter 1999, Vol:21, Issue: 2, pp:339, US.
- Asode, A., Sreenivasa, A. & Lakkundi, T. (2016). Quantitative Morphometric Analysis in the Hard Rock Hirehalla Sub-Basin, Bellary and Davanagere District, Karnataka, India Using RS and GIS. *Arabian Journal of Geosciences*, 9, 381.
- Atabay, S. (1989). *Peyzaj Planlama*, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü Ders Kitabı, YTÜ Matbaası, SP-372.18.89, İstanbul.
- Atabay, S. (1998). *Ekolojik Temele Dayalı Bölge Planlamasına Küreselleşme Açısından Yaklaşım*, Ekolojik Temele Dayalı Bölge Planlama Uluslararası Sempozyum Kitabı, Editör: Prof. Dr. Semra Atabay, İstanbul.

- Atalay, İ. (1986). *Uygulamalı Hidrografya*, İzmir. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 38.
- Avcı, V. & Kıranşan, K. (2017). Darköprü Deresi Havzası'nda (Bingöl) Tektonik Etkinin Morfometrik Analizlerle Belirlenmesi, Bingöl Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1307-9581,
- Baker, V.R., Kocheł, R.C. & Paton, P.C. (1988). *Flood Geomorphology*, John Wiley & Sons, USA.
- Balcı, A.N. & Özyuvacı, N. (1974). Present status of Education, Training, *Research and the management in turkey*, Review of the Faculty of Forestry, Universty of İstanbul, Ser. A, 24(2), 108-125.
- Balcı, A.N. (1978). *Toprak Koruması* (Ders Notları) Teksir Baskı, İstanbul.
- Balcı, N. & Özyuvacı, N., (1988). *Havza Amenajmanı II.*, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul.
- Başayığıt, L. (2002). *Eğirdir Gölü Havzasında Erozyon Riskinin Saptanması Üzerine Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.)
- Başayığıt, L. & Dinç, U., (2016). *Uydu Görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Eğirdir Gölü Havzası Erozyon Risk Haritalarının Oluşturulması*, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL- CBS 2016), 5-7 Ekim 2016, Adana.
- Başkent, E. Z. & Jordan, G. A. (1991). Spatial Wood Supply Simulation Modelling, *The Forestry Chronicle*, 676, 6 (1991), s. 610-621.
- Bater, C. & Coops, N. (2009). Evaluating error associated with lidar-derived SYM interpolation. *Computers and Geosciences*, 289-300.
- Baumgardner, R. (1987). Morphometric Studies Of Subhumid And Semiarid Drainage Basin, Texas Panhandle And Northeastern New Mexico. The University Of Texas At Austin, *Bureau Of Economic Geology Rep. Invest.*, 66.
- Bilgin, T. (2001). *Genel Kartografya II*. Filiz Kitapevi, İstanbul.
- Bishop, V. & Victoria, R. (2001). *Water Resources: Process and Management*. Series of Landmark Geography, Harpercollins Pub Ltd, 2nd edition (May 31, 2001), London.
- 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*, Vol. 27, No.3, p. 155-166.

- Brooks, K.n., Ffolliott, P.F., Gregersen, H.M. & Thames, J.L. (1996). *Hydrology and the Manaegment of Watersheds*, Iowa State Universty Press/Ames, Iowa.
- Burrough, P. (1990). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assesment, *Oxford University*, s. 108-110.
- Callaghan, J. & Mark, D. (1984). The Extraction Of Drainage Networks From Digital Elevation Data. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 323–344.
- Chandrashekar, H., Lokesh, V.K., Sameena,M., Roopa, J. & Ranganna, G. (2015). GIS-based morphometric analysis of two reservoir catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering (ICWCOE 2015)*, Aquatic Procedia, 4: 1345-1353.
- Chopra, R., Diman, R. D. & Sharma, P. K. (2005). “Morphometric Analysis of Sub-Watershed in Gurdaspur District, Pun- jab Using Remote Sensingand GIS Techniques,” *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 33, No. 4, pp. 531-539.
- Chorely, R., Donald, M., Pogrzelski, H. (1957) A New Standard for Estimating Drainage Basin Shape. *American Journal of Science*, 255, 138-141.
- Chorley, R.J. (1969). *Introduction to Fluvial Processes*. Methuen and Co. Limited, London.
- Chorley, R.J. (1971). *Introduction to Fluvial Processes*, London: University Paperbacks are published by Methuen Co. Ltd.
- Chorowicz, J., Ichoku, C., Riazznoff, S., Kim, Y. & Cervelle, B. (1992). A combined algorithm for automated drainage network extraction. *Water Resources Research*, 1293-1302.
- Chow, V.T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. Mc Graw Hill Book Company, New York.
- Çoban, H.O. & Eker, M. (2009). SRTM Verileri ile Bazı Topoğrafik Analizler:Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Örneği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), 76-91, Isparta.
- Coşkun, D. & Ertan, Ö.O. (2016). Eğirdir Gölü (Hoyran Bölgesi) Fitoplanktonik Alg Florası Üzerine Bir Araştırma, *Suleyman Demirel UniversityJournal of Natural and Applied Sciences*, 20, 1, 16-26.
- Cürebali, E. (2003). *Madra Çayı Havzasının Uygulamalı Jeomorfolojik Etüdü*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Basılmamış Doktora Tezi).

- Cürebal, E. (2004). "Madra Çayı Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım", *Balikesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 11, s. 11–24.
- Çevre Bakanlığı, (1999). *İçmesuyu Kaynağı Olarak Eğirdir Gölü'nün Korunması Projesi Final Raporu*, Çevre Koruma Genel Müdürlüğü, Alıcı Ortamları Koruma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Çokoyoğlu, S. (2008). *Alibey Ve Kağıthane Havzalarında Arazi Kullanımı Ve Sorunlarının 50 Yıllık Değişimi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.)
- Dar, R.A., Chandra, R. & Romshoo, S.A. (2013). Morphotectonic and Lithostratigraphic Analysis of Intermontane Karewa Basin of Kashmir Himalayas, India. *Journal of Mountain Science*, 10, 1-15.
- Dayal, V. & Sarup, J. (2015). Quantitative Morphometric Analysis of Bhadar River Basin, India using ASTER (GDEM) Data and GIS, *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS 2015*, Volume 4, Issue 1, pp. 1204-1213.
- Doornkamp, J.C. & Cuchlaine, A.M.K. (1971). *Numerical Analysis in Geomorphology - An Introduction*, Edward Arnold, London.
- Dury, G.H. (1964). *Principles of Underfit Streams*, Washington: Geological Survey Professional Paper 452-A, U.S. Government Printing Office.
- Ekinci, D. (2005). CBS tabanlı uyarlanmış RUSLE Yöntemi İle Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi. *Coğrafya Dergisi*, 13(1), 109-119.
- Elbaşı, E. (2015). *Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 119s., İstanbul.)
- Elbaşı, E. & Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, *Coğrafya Dergisi* 36(63-84), İstanbul.
- Erenbilge, T. (1996). *CBS Kullanılarak Denizli-Çürüksu Havzasının Hidrolojik Modellenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 124s., Ankara.)
- Erginal, A. E. & Cürebal, İ. (2007). Soldere Havzasının Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım: Jeomorfik İndisler İle Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 203–210.
- Erik, S. & Mutlu, B. (1997). *Kızıldağ (Isparta) Milli Parkı Florası*, TÜBİTAK Proje No: TBAG-1302, Ankara.
- Erinç, S. & Bilgin, T. (1956). "Türkiye'de Drenaj Tipleri", İstanbul Üniversitesi, *Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 4 (7), s. 124–156.

- Erinç, S. (2000). Jeomorfoloji I (Güncellestirenler: Ahmet ERTEK-Cem GÜNEYSU). *İstanbul Dergisi Yayınları*, No: 284.
- Erol, A. & Hızal, A., (2006). Gümüşhane İli Köse Deresi Yağış Havzasında Hidro-Fiziksel Toprak Özelliklerinin, Toprak Oluşumunda Etkili Faktörlere Bağlı Olarak Değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (10)1, 74-89 s.
- Erol, A. & İlhan, Ş., (2011). Aksu Havzası Envanteri. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 12: 77-83.
- Erol Görür, A. & Karadeniz, C., (2018). Morfometrik Parametrelerin Havza Hidrolojisi Bakımından Değerlendirilmesi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 19(4), 447-454.
- Evans, I.S. (1972). General Geomorphometry, Derivatives Of Altitude, And Descriptive Statistics. *Spatial Analysis In Geomorphology*, 17-90.
- Fairfield, J. & Leymarie, P. (1991). Drainage Networks From Grid Digital Elevation Models. *Water Resources Research*, 709-717.
- Farhan, Y., Anaba, O. & Salim, A. (2016). Morphometric Analysis and Flash Floods Assessment for Drainage Basins of the Ras En Naqb Area, South Jordan Using GIS. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4, 9-33.
- Farhan, Y., (2017) Morphometric Assessment of Wadi Wala Watershed, Southern Jordan Using ASTER (DEM) and GIS. *Journal of Geographic Information System*, 9, 158-190.
- Florinsky, I.V. (1998). Combined Analysis Of Digital Terrain Models And Remotely Sensed Data In Landscape Investigations. *Progress In Physical Geography*, 22, 33-60.
- Frankenberger, J., Mcloud, S. & Faulkenburg, A. (2002). *Watershed Inventory Workbook For Indiana-A Guide For Watershed Partnerships*.
- Garde, R.J. (2005). *River Morphology*, New Age International (Pvt) Ltd. Publishers, New Delhi.
- Göncü, S., Albek, E.A. & Albek, M. (2017). Burdur, Eğirdir, Sapanca ve Tuz Gölleri Su Seviyelerinin Nonparametrik İstatistik Yöntemler ile Eğilim Analizi, Afyon Kocatepe University, *Journal of Sciences and Engineering*, 17, 055401, 555-570.
- Gravelius, H. (1914). Grundrifi Der Gesamten Gewisserkunde. Band I: Flufikunde *Compendium of Hydrology*, vol. I.
- Goudie, A.S. (2004). *Encyclopedia of Geomorphology: Volume 1*, Routledge Taylor & Francis Group, London.

- Gülçur, F. (1974). *Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1970, O.F.Yayın No: 201, İstanbul.
- Güneş, H., Akdemir, İ.O. & Kuşçu, V. (2013). *Harput Ve Yakın Çevresinin Cbs-Uzaktan Algılama İle Morfometrik Özelliklerinin Analizi*, Fırat Üniversitesi Harput Uygulama ve Araştırma Merkezi, Geçmişten Geleceğe Harput Sempozyumu, Elazığ 23-25 Mayıs 2013
- HGK. (2015). *Harita Genel Komutanlığı (1/25 000 sayısal haritalar)*, Harita Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Hızal, A. (1984). Havza Fotoğrafları Yorumlamasının Havza Amenajmanı (Ova Deresi Havzası, Kocaeli) Çalışmalarında Uygulanma Olanaklarının Araştırılması. *İ.Ü. Yayın No: 3144, O.F. Yayın no: 341, İstanbul.*
- Hogdson, M.E. (1998). Comparison Of Angles From Surface Slope/Aspect Algorithms. *Cartography And Geographic Information Systems*, 25, 173-185.
- Horton, R.E. (1932). *Drainage Basin Characteristics*. American Geophysics Union, 350-361.
- Horton, R.E. (1945). *Erosional Development Of Streams And Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach To Quantitative Morphology*, Bull. Geol. Soc. Am. 56, 275-370.
- Hosgören, M. Y. (2001). *Hidrografyanın Ana Çizgileri I*, Eistanbul: Çantay Kitabevi.
- İstanbuluoğlu, A. (2008). *Hidroloji Ders Notları*, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fak., Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ,
- Kabite, G. & Gessesse, B. (2018). Hydro-geomorphological characterization of Dhidhessa River Basin, Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 6 (2): 175-183.
- Kantarcı, M.D. (1982). Akdeniz Bölgesi'nde Doğal Ağaç ve Çalı Türlerinin Yayılışı ile Bölgesel Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3054, O.F.Yayın No: 330, İstanbul.
- Kantarcı, M.D. (1991). *Akdeniz Bölgesi'nin Yetiştirme Ortamı Bölgesel Sınıflandırması*, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Sıra No: 668, Seri No: 64, Ankara.
- Kantarcı, M.D. (1998). *Türkiye Ormanlarının ve Ormancılığının Ekolojik Bakımdan Değerlendirilmesi*, Tarım ve Ormanlık Meteorolojisi'98 Sempozyumu, 21-23 Eylül 1998, İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 129-140.
- Kantarcı, M.D. (2008). Isınma-Kuraklaşma Sürecinin Göller Bölgesindeki Durumu ve Etkileri Üzerine Ekolojik Bir Değerlendirme, *S. Demirel Ün. Orman Fak. Dergisi*, Sayı 2, 1-34, Isparta.

- Karabulut, M., Küçükönder M. & Topuz, M. (2013). *Alata (Erdemli) Deresi'nin Jeomorfometrik Analizi*. A. Demirci & Y. Arı (Ed.), Coğrafyacılar Derneği Yıllık Kongresi bildiriler kitabı içinde (s. 450–459). İstanbul: Coğrafyacılar Derneği.
- Karadağ, AA. (2007). *Katılımcı Havza Yönetim Modelinin Oluşturulması: Kovada Gölü Örneği*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.)
- Karataş, A. & Ekinci, D. (2013). *Interpretation of the Morphological Characteristics of Şehir Creek Basin (İspir) Regarding Fluvial Geomorphology and Regional Tectonics*, 3rd International Geography Symposium, GEOMED 2013, 10-13 June 2013, Antalya, Turkey.
- Karataş, A. (2017). *Karasu Çayı Havzasının Hidrografik Planlaması*. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Karatepe, Y. (2004). *Eğirdir Gölü Havzası'nın Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Sınıflandırılması*. (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 294s, İstanbul.)
- Kauffman G.J. (2002). What If..The United States of America Were Based on Watersheds, *Water Policy*, Vol: 4, Pp: 57-68.
- Kesici, E. & Kesici, E. (2006). Eğirdir Gölü (Isparta)'nın Doğal Yapısına Yapılan Müdahalelerin Gölün Ekolojik Yapısına Etkileri. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, 23, 99-103.
- Keller, E.A. & Pinter, N. (1996). *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift And Landscape*.
- Keller, E.A. & Pinter, N. (2002). *Active Tectonics Earth Quakes, Uplift, and Landscape*, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Khanday, M.Y. & Javed, A. (2017). Hydrological investigations in the semi-arid Makhawan watershed, using morphometry. *Applied Water Science*, 7 (7), 3919–3936.
- KHGM (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü), (1994). Isparta İli Arazi Varlığı.
- Kirkby, M.J., Atkinson, K. & Lockwood, J.G. (1990). Aspect, Vegetation Cover and Erosion on Semi-arid Hillslope, in J.B. Thornes (ed.), *Vegetation and Erosion*, 25-39, Chichester: Wiley.
- Knighton, D. (1996). *Fluvial Forms and Processes*, London: Arnold, a Member of the Hodder Headline Group.
- Kittredge, J. (1948). *Forest Influences*, Mc Graw Hill Book Company New York, London.

- Köse, S. & Başkent, E. Z. (1993). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ormancılığımızdaki Önemi*, I. Ormancılık Şurası, 15 18 (1993), 195-204
- Krishnamurthy, J., Srinivas, G., Jayaram, V. & Chandrasekhar, M.G., (1996). Influence Of Rock Types And Structures İn The Development Of Drainage Etworks İn Typical Hardrock Terrain, *ITC J.* 3–4, 252–259.
- Kumar, R., Kumar, S., Lohani, A.K., Nema, R.K. & Singh, R.D. (2000). Evaluation of geomorphological characteristics of a catchment using GIS. *GIS India* 9 (3), 13–17.
- Kuntamalla, S., Nalla, M. & Saxena, P.R. (2018). Analysis of Drainage Basin through GIS: A Case Study from South Western part of Rangareddy District, Telangana State, India, *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*, 7 (3), 13-25.
- Kusler, J. (2003). Wetlands and Watershed Management, Institute for Wetland Science and Public Policy of the Association of State Wetland Managers, *Publication Number: 28*.
- Kutukcu, A., Kaya, S., Kabdasli, S. & Gazioğlu, C. (2015). *Nehir Havzalarının Morfolojik Karakteristiklerinin Cbs Destekli Nümerik Modeller Kullanılarak Analizi*, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu. (21-23 mayıs), Konya.
- Laflen, J., Lane, J. L. & Foster, G. (1991). WEPP A new generation of Erosion Prediction Technology, *Jornual of Soil and Water Conservation*, January-February, (1991), s. 34-38.
- Latief, S. U., Naqvi, H. R., Alam, A. & Amin, A. (2015). Morphometric Analysis Of East Liddar Watershed, Northwestern Himalayas, *Scientific Society Of Advanced Research And Social Change* 2 (1).
- Langbein, W. B. & Schumm S.A. (1958). Yield of sediment in relation to mean annual precipitation, *Eos Trans. AGU*, 39(6), 1076–1084.
- Leopold, L. & Miller, J. (1956). Ephemeral Streams: Hydraulic Factors And TheirRelation To The Drainage Network. *U.S. Geological*, 282.
- Macka, Z. (2001). Determination of Texture of Topography from Large Scale Contour Maps, *Geograf skivestnik*, 73-2, p. 53-62.
- Madduma Bandara, C. M. (1974). Drainage density and effective precipitation. *Journal of Hydrology*, 21, 235-236.
- Maidment, D.R. (2002). *ArcHydro GIS for Water Resources*, Esri Press, California.
- Magesh, N.S. & Chandrasekar, N. (2014). GIS model-based morphometric evaluation of Tamiraparani sub-basin, Tirunelveli district, Tamil Nadu, *India. Arab J. Geosci*, 7: 131–141.

- Malik, M. I., Bhat, M. S. & Kuchay, N. A., (2011). Watershed Based Drainage Morphometric Analysis Of Lidder Catchment In Kashmir Valley Using Geographical Information System. *Recent Research in Science and Technology*, 3(4), 118–126.
- Mark, D.M. (1975). Geomorphometric Parameters: A Review And Evaluations, *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, Vol. 57, No. 3/4. Pp. 165-177.
- Mark, D.M. (1988). Network Models In Geomorphology. *Modeling Geomorphological Systems*, 439-451.
- Martz, L. & Garbecht, J. (1992). Numerical Definition Of Drainage Network Andsubcatchment Areas From Digital Elevation Models. *Computer and Geosciences*, 167, 747-761.
- Martz, L.W. & Garbrecht, J., (1998). The Treatment Of Flat Areas And Depressions In Automated Drainage Analysis Of Raster Digital Elevation Models. *Hydrological Processes*, 843-855.
- Martins, A. K. & Gadiga, B. L. (2015). Hydrological and morphometric analysis of upper Yedzaram Catchment of Mubi in Adamawa State, Nigeria. Using Geographic Information System (GIS), *World Environment* 5(2): 63-69.
- Mater, B. (1998). *Toprak Coğrafyası, Çantay Kitabevi, İstanbul.*
- Mayer, L. (1990). *Introduction to Quantitative Geomorphology*, USA: Prentice Hall.
- Mckeana, J., & Roeringb, J. (2003). Objective landslide detectionand surface morphology mapping us inghigh- resolution airborne laseraltimetry, *Geomorphology*, 57 (2004) 331–351.
- Melton, M. (1957). An Analysis Of The Relation Among Elements Of Climate, Surface Properties And Geomorphology. Columbia University, Department Of Geology, New York.
- Mesa, L.M. (2006). Morphometric Analysis of a Subtropical Andean Basin (Tucuman, Argentina). *Environmental Geology*, 50, 1235-1242.
- Miller, V.C. (1953). “A Quantitative Geomorphic Study of Drain-age Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee,” Department of Geology, Columbia University, New York.
- Mohd, I., Haroon, S. & Bhat, F.A. (2013). Morphometric Analysis of Shaliganga Sub Catchment, Kashmir Valley, India Using Geographical Information System, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 4 (1).
- Montgomery, D. R. & Dietrich, W. E. (1992). Channel Initiation And The Problem Of Landscape Scale. *Science*, 255, 826–830. <http://doi.org/10.1126/science.255.5046.826>

- Morisawa, M.E. (1959). *Relation Of morphometric Properties To Runoff In The Littlemill Creek, Ohio, Drainage Basin*, Tech. rep. 17. Columbia University, Department of Geology, ONR, New York.
- Moore, I., Grayson, R. B. & Ladson, A. R. (1991). Digital Terrain Modelling: A Review Of Hydrological, Geomorphological, And Biological Applications. *Hydrol Process*, 5:3–30.
- Muthamilselvan A. & Dhivya Sri M. (2017). Morphometric analysis of Sweta Watershed, Perambalur District of Tamil Nadu, India: A Remote Sensing and GIS approach, *Int. Journal of Advances in Remote Sensing and GIS*, Vol. 5, No. 1.
- Munsuz, N., Ünver, İ. & Çaycı, G. (1999). *Türkiye Suları* A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No.1505 Ders Kitabı, 459, Ankara.
- Nag, S.K. (1998). Morphometric analysis using remote sensing techniques in the chaka sub-basin, purulia district, West Bengal. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 26(1-2):69-76, DOI: 10.1007/BF03007341.
- Nişancı, R., Yıldırım, V. & Yıldırım, A., (2007). *Su Havzalarına Yönelik Cbs Veri Tabanı Modellemesi: Trabzon Galyan Vadisi Örneği*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Trabzon
- OGM, (1997a). *Isparta Orman Bölge Müdürlüğü*, Isparta Orman İşletme Müdürlüğü, Senirkent Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı (1997-2006), Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, (1997b). *Isparta Orman Bölge Müdürlüğü*, Eğirdir Orman İşletme Müdürlüğü, Kuzukulağı Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı (1997-2006), Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Ongley, E. D. (1974). Fluvial Morphometry on the Cobar Pediplain, *Annals of the American Geographers*, 64 (2):281-292.
- Online. (2019). Oxford English Dictionary Online. Retrieved from <http://dictionary.oed.com> (Son erişim tarihi: 06.02.2019)
- Oruonye, E.D., Ezekiel, B.B., Atiku, H.G., Baba, E. & Musa, N.I. (2016). Drainage Basin Morphometric Parameters of River Lamurde: Implication for Hydrologic and Geomorphic Processes. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 5(2): 1-11.
- Özdemir, H. (2006). *Taşkın Çalışmaları Açısından Topografik Haritalardan Ve DEM'den Üretilmiş Akarsu Morfometrik Özelliklerin Karşılaştırılması*, 1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli-2006 (UZAL-CBS-2006), ISBN : 975-561-290-4, (CD), İTÜ İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü Uzaktan Algılama Anabilim Dalı.

- Özdemir, H. (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi. İstanbul.
- Özdemir, 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.
- Özdemir, H. (2011). *Havza Morfometrisi Ve Taşkınlar*. D. Ekinci (Ed.), Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik Ve Bölgesel İçinde (s. 507– 526). İstanbul: Babil.
- Özhan, S. (2004). *Havza Amenajmanı*. İ.Ü. Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Anabilim Dalı, İ.Ü. Rektörlük Yayın No: 4510, Orman Fakültesi Yayın No: 481, İstanbul.
- Özşahin, E. (2008). Keçidere (Gönen Çayı'nın Bir Kolu) Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım. Mustafa Kemal Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5 (10): 301-317.
- Özyuvacı, N. (1999). *Meteoroloji ve Klimatoloji*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 369s, İstanbul.
- Pamir, H.N. & Erentöz, C. (1975). *MTA Türkiye Jeoloji Haritaları*, Ankara Paftası, 1:500 000, No: 15, MTA Enstitüsü Matbaası, Ankara.
- Panhalkar, S.S., Mali, S.P. & Pawar, C.T. (2012). Morphometric analysis and watershed development prioritization of Hiranyakeshi basin in Maharashtra, India. *International Journal of Environmental Sciences*, 3 (1): 525534, DOI:10.6088/ijes.2012030131052.
- Pareta, K. & Pareta, U. (2011). Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS, *International Journal Of Geomatics And Geosciences*, 2 (1),248-269.
- Patton, P.C. & Baker, V.R. (1976). Morphometry And Floods In Small DrainageBasins Subject To Diverse Hydrogeomorphic Controls. *Water Resources Research*, 12(5), 941. <http://doi.org/10.1029/WR012i005p00941>
- Patil., P.S.V. & Mali., P.S. (2013). Watershed Charachterization And Prioritization Of Tulasi Subwatershed: A Geospatial Approach. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(6), 2182–2188.
- Paulinus, U.U., Ifedilichukwu, N.G., Ahamefula, A.C., Iheanyichukwu, O.A., Theophilus, E.T. & Edet, I.G. (2016). Morphometric Analysis of Sub-watersheds in Oguta and Environs, Southeastern Nigeria Using GIS and Remote Sensing Data. *Journal of Geosciences and Geomatics*, 4, (2), 21-28.
- Peltier, L.C. (1962). *Area Sampling for Terrain Analysis*. Prof. Geogr. Vol. 14, pp. 2428.

- Pike, J.R. & Wilson, E.S. (1971). "Elevation – Relief Ratio, Hypsometric Integral and geomorphic area-altitude analysis", *Geological Soc. Am. Bull.*, V. 82, p. 1079-1084
- Pike, R. (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, 1–20.
- Pike, R. Evans, I. & Hengl, T. (2009). *Geomorphometry: A Brief Guide*. Geomorphometry: Concepts, Software, Applications (S. 3-30), Amsterdam: Elsevier.
- Rabus, B., Eineder, M., Roth, A. & Bamler, R. (2002). The shuttle radar topography mission—a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 57 (241– 262).
- Rai, P.K., Chandel, R.S., Mishra, V.N. & Singh, P. (2018). Hydrological Inferences Through Morphometric Analysis Of Lower Kosi River Basin Of India For Water Resource Management Based On Remote Sensing Data. *Applied Water Science*, 8:15, DOI:10.1007/s13201-018-0660-7.
- Randhir O., T. (2006). *Watershed Management: Issues and Approaches*. ISBN: 9781843391098, IWA Publication, UK.
- Raut, N., Ali, K., Bajracharya, R.M., Sitaula, B.K. & Koirala, H.L. (2017). Morphometric Analysis of Gilgit River Basin in Mountainous Region of Gilgit-Baltistan Province, Northern Pakistan. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 5, 70-88.
- Reddy, G.P. O., Maji A.K. & Gajbhiye K.S. (2002). GIS For Morphometric Analysis Of Drainage Basins. *GIS India*, 4: 9-14.
- Reddy O.G.P., Maji A.K. & Gajbhiye S.K. (2004). Drainage Morphometry And Its Influence On Landform Characteristics In A Basaltic Terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach. *Int J Appl Earth Obs Geoinformatics* 6:1–16
- Rekha, V. B., George, A. V. & Rita, M. (2011). Morphometric analysis and micro-watershed prioritization of peruvant hanamsub-watershed, The Manimala River Basin, Kerala, South India. *Environmental Research, Engineering And Management*, 57(3), 6–14.
- Ritter, D. F., Kochel, R. C. & Miller, J.R. (2002). *Process Geomorphology*. Fourth Edition, McGraw-Hill.
- Rodriguez-iturbe, I. & Rinaldo, A. (2001). *Fractal River Basins: Chance and Self Organization*, Cambridge University Press, ISBN: 0521004055.

- Samal, D.R., Gedam, S. & Nagarajan, R. (2014). GIS Based Drainage Morphometry And Its Influence On Hydrology In Parts Of Western Ghats Region, Maharashtra, India, Erişim Tarihi:-20.03.19, DOI: 10.1080/10106049.2014.978903
- Sameena, M., Krishnamurthy, J., Jayaraman.V. & Ranganna, G. (2009). Evaluation of drainage networks developed in hard rock terrain. *Geocarto International*, 1-24, DOI:10.1080/10106040802601029.
- Scheldegger, A.E. (1961). *Theoretical Geomorphology*, Springer-Verlang, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- Scheldegger, A.E. (1968). Horton's Law Of Stream Numbers. *Water Resources Research*. <http://Doi.Org/10.1029/Wr004i003p00655>
- Schumm, S.A. (1956). Evolution Of Drainage Systems And Slopes In Badlands At Perth Amboy, New Jersey. *Geol. Soc. Am. Bul.* 67, 597-646.
- Sherman, L.K. (1932). The relation Of Hydrographs Of Runoff to Size And character Of Drainage basin, *Trans. Am. Geophys. Union*, 13, 332-339.
- Shreve, R.L. (1966). Statistical Law Of Stream Numbers. *Journ. Geology* 74: 17-37.34.
- Shreve, R.L. (1967). Infinite Topologically Random Channel Networks, *Journ. Geology* 75, 178-186.
- Singh, S. (1992). *Quantitative geomorphology of the drainage basin*. In: Chouhan, T.S., Joshi, K.N., (Eds.), *Readings on Remote Sensing Applications*, Scientific Publishers, Jodhpur, India, s. 121-129.
- Smith, K.G. (1950). Standards For Grading Texture Of Erosional Topography. *American Journal of Science*, 248, 655-668.
- Sreedevi P.D., Subrahmanyam K. & Shakeel A. (2005). The Significance Of Morphometric Analysis For Obtaining Groundwater Potential Zones In A Structurally Controlled Terrain. *J Environ Geol* 47(3):412-420
- 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 Sciences*, 70, 839-848. <http://doi.org/10.1007/s12665-012-2172-3>
- Strahler, A.N. (1952). Dynamic Basis of Geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, 63, 923-938
- Strahler, A.N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Union* 38, 913-920.

- Strahler, A. N. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks, In “*Handbook of Applied Hydrology*” (V.T. Chow, ed.) pp. 4-40-4-74, Newyork.
- Sunkar, M. & Avcı, V. (2015). Giresun'da Sel Ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Aksu Çayı Ve Batlama Deresi Havzalarının Morfometrik Analizleri. *Coğrafya Dergisi*, 1(30), 91-119.
- Swank, W.T., Vose, J.M. & Elliot, K.J. (2001). Long-Term Hydrologic And Water Quality Responses Following Commercial Clearcutting Of Mixed Hardwoods On A Southern Appalachian Catchment. *Forest Ecol. Manage.* 143 , 163-178.
- Şan, H.M. (1997). *Davras Dağı (Isparta) Florası*, (Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.)
- Şenel, M. (1997). *MTA Türkiye Jeoloji Haritaları*, Isparta-J 11 Paftası, 1:100 000, No: 14, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şener, Ş. (2010). *Eğirdir Göl Suyu ve Dip Sedimanlarının Hidrojeo kimyasal İncelenmesi*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 348 s., Isparta.)
- Tarboton, D., Bras, R. & Rodriguez-Iturbe, I. (1991). On The Extraction Of Channel Networks From Digital Elevation Data. *Hydrological Processes*, 5, 81-100.
- Teixeira, J., Chamine', H., Carvalho, J. M., Pe'Rez-Alberti, A. & Rocha, F. (2013). Hydrogeomorphological Mapping As A Tool In Groundwater Exploration. *J Maps* 9(2):263–273.
- Tokgözlü, A. (1996). *Eğirdir Gölü'nde Buharlaşıma ve Buharlaşmayı Önleme Yöntemleri*. (Doktora Tezi, İ.Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü.)
- Toprak, A. (2015). *Solhan Deresi Havzasının (Bingöl) Sel ve Taşkın Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ)
- Turan, T. & Eren, E. (2008). *Türkiye'de Su Kaynakları Ve Su Politikası*, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Erzurum
- Turoğlu, H. (1995). İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Bakış. *Türk Coğrafya Dergisi*, 32, (355-364), İstanbul.
- Turoglu, H. (1997). “Eyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım”, *Türk Coğrafya Dergisi*, 32, 349–355.
- Turoğlu, H. (2000). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Esasları*, Çantay Kitapevi, İstanbul.
- Turoğlu, H. & Özdemir, H. (2005). *Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri*, Çantay Kitapevi, İstanbul.

- Utku, M. (1990). *Isparta İklim Etüdü, T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, Resim ve Teksir Atölyesi, Ankara.*
- Utlu, M. & Özdemir, H. (2018). Havza Morfometrik Özelliklerinin Taşkın Üretmedeki Rolü Biga Çayı Havzası Örneği, Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, *Coğrafya Dergisi*, 36 (2018) 49-62, İstanbul.
- Ünal, B. (2015). *Hidroloji*, Ders notu, <https://docplayer.biz.tr/17514201-2015-2016-bahar-hidroloji-ders-notlari.html>.
- Veeranna, J., Gouthami, K., Yadav, P. B. & Mallikarjuna, V.R. (2017). Calculating linear and areal and relief aspect parameters using Geo-Spatial Techniques (ArcGIS 10.2 and SWAT model) for Akkeru River Basin Warangal. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (10): 1803-1809.
- Verstappen, H.Th. (1983). *Appliedgeomorphology*. ITC, Enschede.
- Wei, X., Kimmins, J.P. & Zhou., G. (2003). Disturbances And The Sustainability Of Long Term Site Productivity İn Lodgepole Pine Forests İn The Central Interior Of British Columbia- An Ecosystem Modeling Approach. *Ecol. Model.*, 164, 239-256.
- Wilm, H.G. (1957). The Trainig of Men in Forest Hydrology and Watershed Manegement, *Journal of Forestry*, 55(4).
- Yaman, E. (2007). *Eğirdir ve Kovada Göl Havzası Oluşumu ve Hidrolojik Değerlendirilmesi*. Eğirdir Gölü Yönetim Planı Çalıştayı, 22 Mayıs, Isparta, 26-28.
- Yomralıoğlu, T. & Akça, D.M. (1999). “Çevresel Bilgi Sistemleri İçin Model-Altlık Tasarımı: Trabzon – Değirmendere Havzası Örneği”, Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu, 297-306
- Yomralıoğlu, T. (2000). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, 1. Baskı. Seçil Ofset, İstanbul.
- Yüceil, K. & Gönenc, İ.E. (2006). Kırsal Yayılı Kaynaklar İçin Modelleme Destek Sistemi Ve Yerel Uygulaması, *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 5(1), Kısım:2, 161-174, Şubat 2006, İstanbul
- Zavoianu, I. (1978). *Morphometry of Drainage Basins*, Elsevier Sciences Publishing, New York.

EKLER

Ek A. ÇİZELGELER



Ek A. ÇİZELGELER

Çizelge A.1. Eğirdir İstasyonuna ait bazı meteorolojik elemanların ortalama, maksimum ve minimum değerleri

Enlem:37.8377

Boylam:30.872

Denizden yükseklik: 920 m

METEOROLOJİK VERİLER	Gözlem Süresi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama sıcaklık	1	-0.6	2.3	7.3	10.8	15.2	19.8	24.3	23.3	20.3	13.1	6.8	5.4	12.3
Ortalama en yüksek sıcaklık	1	2.5	7.3	13.4	17.0	21.2	26.0	31.1	29.3	28.1	19.0	12.3	9.4	18.1
Ortalama en düşük sıcaklık	1	-3.8	-1.8	2.0	5.1	9.9	13.3	17.6	17.0	12.4	7.5	2.5	2.0	7.0
En yüksek sıcaklık derecesi ve günü	1	7.9	13.5	20.1	25.1	31.7	32.9	36.4	34.5	34.1	22.8	17.6	17.5	36.4
En düşük sıcaklık derecesi ve günü	1	-9.8	-9.9	-2.8	-0.1	5.1	7.0	13.8	12.3	7.7	3.4	-1.9	-5.1	-11.4
Ortalama yağış miktarı	1	185.00	9.60	97.60	68.00	74.80	92.20	0.20	35.20	2.20	69.60	62.80	144.40	841.60
Günlük en çok yağış miktarı		51.60	4.20	35.40	20.40	26.00	30.60	0.20	16.60	2.20	29.20	13.60	30.20	51.60
Ortalama karla örtülü gün sayısı		0.25	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.36
Ortalama bağıl nem		80.9	73.3	66.7	61.6	66.1	64.5	50.3	60.7	54.4	65.1	78.7	81.7	67.0
En düşük bağıl nem		30.0	31.0	17.0	17.0	16.0	21.0	13.0	21.0	19.0	17.0	52.0		23.1
Ortalama rüzgar hızı	1	2.9	3.1	2.8	3.1	3.0	2.4	2.8	2.7	2.6	2.7	2.4	3.8	2.9
En hızlı rüzgar yönü ve hızı		S 20.5	N 15.7	WSW 15.6	W 17.3	SSE 15.1	SW 14.3	W 16.6	SSE 10.2	SSE 11.7	SE 10.5	N 13.6	NNE 14.6	S 20.5
Egemen rüzgar yönü(NE), hızı ve sayısı		SSE 23.59	N 24.43	SSE 22.57	SSE 24.48	SSE 28.63	NNW 24.36	NNW 27.76	N 21.74	S 19.32	N 4.67	SSE 21.59	SSE 30.78	SSE 22.95
Ortalama sisli günler sayısı	19	0.02	0.08	0.03	0.03	0.25	0.27	0.16	0.02	0.30	0.03	0.02	0.02	0.25
Ortalama donlu günler sayısı		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge A.2. Eğirdir Meteoroloji İstasyonunun verilerine dayanılarak hazırlanan su bilançosu

Meteorolojik eleman	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık
Sıcaklık (C)	-0.6	2.3	7.3	10.8	15.2	19.8	24.3	23.3	20.3	13.1	6.8	5.4	12.3
Sıcaklık indisi	0	0.31	1.77	3.21	5.38	8.03	10.95	10.28	8.34	4.30	1.59	1.12	55.28
Düzeltilmemiş (PE) mm	0	4.7	25.1	39.9	62.0	88.0	115.2	114.2	90.10	48.7	23.6	16.7	
Düzeltilmiş (PE) mm	0	3,95	25.85	43.89	75.64	108.24	144.0	133.61	92.80	47,24	20.06	13.86	709.14
Yağış (mm)	185.00	9.60	97.60	68.00	74.80	92.20	0.20	35.20	2.20	69.60	62.80	144.40	841.60
Depo edilen suyun aylık değişmesi (mm)	0	0	0	0	-0.84	-16.04	-83.12	0	0	22.36	42.74	34.9	
Depo edilen su (mm)	100	100	100	100	99.16	83.12	0	0	0	22.36	65.10	100	
Gerçek evapotranspirasyon (mm)	0	3.95	25.10	43.89	75.64	108.24	83.32	35.20	2.20	47.24	20.06	13.86	458.70
Su açığı (mm)	0	0	0	0	0	0	60.68	98.41	90.60	0	0	0	249.69
Su fazlası (mm)	0	5.65	71.75	24.11	0	0	0	0	0	0	0	95.64	232.05
Yüzeysel akış (mm)	23.91	16.76	57.18	62.59	68.70	80.45	40.33	37.76	19.98	44.79	53.80	47,82	554.07
Nemlilik oranı	0	1.4	2.78	0.55	0.0	-0.15	-0.99	-0.74	-0.98	0.47	2.13	9.41	

Çizelge A.3. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının eğim sınıfları ve kapladıkları alanlar ile bu alanların yüzde dağılımı

Eğim Sınıfı	Eğim (%)	Alan (ha)						Alan Yüzdesi (%)					
		Eğirdir Gölü Havzası	H1	H2	H3	H4	H5	Eğirdir Gölü Havzası	H1	H2	H3	H4	H5
1 (Düz)	0-5	107932,16	981.52	17196.88	1328.24	4622.08	4031.68	31.21	4.41	25.10	3.18	3.99	8.21
2 (Düze Yakın)	5-10	35347,76	1376.08	4984.16	7758.04	30107.69	4767.27	10.23	6.18	7.28	18.59	26.00	9.70
3 (Hafif)	10-15	32957,36	1902.41	5030.36	6293.79	18723.88	5319.24	9.54	8.54	7.34	15.09	16.17	10.83
4 (Orta)	15-30	83353,72	7324.24	16095.00	6415.12	14745.64	18104.24	24.10	32.88	23.50	15.38	12.74	36.85
5 (Dik)	30-50	61963,08	6772.52	16869.28	13325.00	28450.24	13027.32	17.90	30.41	24.63	31.94	24.57	26.52
6 (Çok Dik)	50-80	22076,71	3477.84	7443.00	6524.16	18633.36	3570.76	6.38	15.61	10.87	15.64	16.09	7.27
7 (Sarp)	80<	2219,08	438.84	882.84	77.04	504.16	310.68	0.64	1.97	1.29	0.18	0.44	0.63
Toplam		345849,87	22273.45	68501.52	41721.39	115787.05	49131.19	100	100	100	100	100	100

Çizelge A.4. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının bakı sınıfları ve kapladıkları alanlar ile bu alanların yüzde dağılımı

Bakı Sınıfı	Alan (ha)						Alan Yüzdesi (%)					
	Eğirdir Gölü Havzası	H1	H2	H3	H4	H5	Eğirdir Gölü Havzası	H1	H2	H3	H4	H5
1) Düz	70873	158.01	7438.92	2882.24	11647.60	1656.24	20.49	0.71	10.86	6.91	10.06	3.37
2) Kuzey	31004	2595.68	8529.24	3047.56	10362.49	6415.24	8.96	11.65	12.45	7.30	8.95	13.06
3) Kuzey doğu	28007	4079.12	7331.48	3233.84	8429.44	4790.32	8.10	18.31	10.70	7.75	7.28	9.75
4) Doğu	29144	4535.52	7587.56	4597.47	9511.24	2859.44	8.43	20.36	11.08	11.02	8.21	5.82
5) Güney doğu	42063	4618.64	11861.16	7575.84	14407.04	3471.96	12.16	20.74	17.32	18.16	12.44	7.07
6) Güney	41811	3160.56	8515.32	7425.92	15445.04	7142.52	12.09	14.19	12.43	17.80	13.34	14.54
7) Güney batı	38239	1481.56	5514.72	5622.44	16581.48	8726.20	11.06	6.65	8.05	13.48	14.32	17.76
8) Batı	31944	551.20	4940.04	3726.72	14938.08	7558.51	9.24	2.47	7.21	8.93	12.90	15.38
9) Kuzey batı	32766	1093.56	6783.08	3609.32	14464.56	6510.76	9.47	4.91	9.90	8.65	12.49	13.25
Toplam	345850	22273.45	68501.52	41721.39	115787.05	49131.19	100	100	100	100	100	100

Çizelge A.5. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının eğim sınıfları ve kapladıkları alanlar ile bu alanların yüzde dağılımı

Eğim Sınıfı	Eğim (%)	Alan (ha)						Alan Yüzdesi (%)					
		Eğirdir Gölü Havzası	H1	H2	H3	H4	H5	Eğirdir Gölü Havzası	H1	H2	H3	H4	H5
1 (Düz ve Düzeye Yakın)	0-10	143279.92	2357.60	22181.04	9086.28	34729.77	8798.95	41.44	10.59	32.38	21.77	29.99	17.91
2 (Orta)	10-30	116311.08	9226.65	21125.36	12708.91	33469.52	23423.48	33.64	41.42	30.84	30.47	28.91	47.68
3 (Dik)	30-50	61963.08	6772.52	16869.28	13325.00	28450.24	13027.32	17.90	30.41	24.63	31.94	24.57	26.52
4 (Çok Dik ve Sarp)	50<	24295.79	3916.68	8325.84	6601.20	19137.52	3881.44	7.02	17.58	12.16	15.82	16.53	7.90
Toplam		345849,87	22273.45	68501.52	41721.39	115787.05	49131.19	100	100	100	100	100	100

Çizelge A.6. Eğirdir Gölü havzası ve alt havzalarının bakı sınıfları ve kapladıkları alanlar ile bu alanların yüzde dağılımı

Bakı Sınıfı	Alan (ha)						Alan Yüzdesi (%)					
	Eğirdir Gölü Havzası	H1	H2	H3	H4	H5	Eğirdir Gölü Havzası	H1	H2	H3	H4	H5
1) Düz	70872.52	158.01	7438.92	2882.24	11647.60	1656.24	20.49	0.71	10.86	6.91	10.06	3.37
2) Kuzey	91776.38	7768.36	22643.80	9890.72	33256.49	17716.32	26.53	34.87	33.05	23.70	28.72	36.06
3) Doğu	29143.88	4535.52	7587.56	4597.47	9511.24	2859.44	8.43	20.36	11.08	11.02	8.22	5.82
4) Güney	122113.16	9260.76	25891.20	20624.20	46433.56	19340.68	35.31	41.58	37.80	49.44	40.10	39.37
5) Batı	31943.93	551.20	4940.04	3726.72	14938.08	7558.51	9.24	2.47	7.21	8.93	12.90	15.38
Toplam	345849.87	22273.45	68501.52	41721.39	115787.05	49131.19	100	100	100	100	100	100

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Canan KARADENİZ

Doğum Yeri ve Yılı : Aydın, 1993

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : cananatas09@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Nazilli Lisesi, 2007

Lisans : SDÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği, 2011

Yayınlar

Erol Görür, A., Karadeniz, C., (2018) Morfometrik parametrelerin havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmesi. Türkiye Ormancılık Dergisi, 19(4), 447-454.