T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SULAKYURT BARAJ GÖLÜ HAVZASININ MORFOMETRİK ANALİZİ

Eda ÜNSAL ECEOĞLU

Danışman
Prof. Dr. Nilüfer YAZICI

ISPARTA - 2025

© 2025 [Eda ÜNSAL ECEOĞLU]

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.

24/12/2024

Eda ÜNSAL ECEOĞLU

…….

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER i
ÖZET iii
ABSTRACT iv
TEŞEKKÜR v
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 6
3. MATERYAL VE YÖNTEM 12
3.1. Materyal 12
3.1.1. İklim verileri 13
3.1.2. Toprak özellikleri 20
3.1.3. Bitki örtüsü 21
3.1.4. Sosyal ve ekonomik durum 22
3.1.5. Sulakyurt baraj havzası özellikleri 22
3.2. Yöntem 23
4. BULGULAR 26
4.1. Çizgisel Morfometri 27
4.1.1. Dere sırası ve sayısı 27
4.1.2. Dere uzunluğu 28
4.1.3. Çatallanma oranı 29
4.1.4. Tekstür oranı 30
4.1.5. Yüzeysel akış uzunluğu 31
4.2. Alansal Morfometri 31
4.2.1. Havzanın alanı 32
4.2.2. Havza uzunluk oranı 33
4.2.3. Dere sıklığı 34
4.2.4. Drenaj yoğunluğu 35
4.2.5. Dairesellik oranı 35
4.2.6. Form faktörü 36
4.2.7. Şekil faktörü 36
4.2.8. Kompaktlık katsayısı 37
4.2.9. Drenaj tekstürü 37
4.3. Rölyef (Relief) Morfometrisi 38
4.3.1. Havza rölyefi 38
4.3.2. Rölyef (Relief) oranı 39
4.3.3. Engebelilik değeri 39
4.3.4. Hipsometrik integral 40
4.3.5. İnfiltrasyon oranı 40
4.3.6. Eğim durumu 41
4.3.7. Bakı durumu 43
4.3.8. Yükseklik durumu 44
4.3.9. Arazi kullanım türü/arazi örtüsü 45
4.3.10. Verimli-bozuk orman durumu 46
4.3.11. İğne yapraklı- geniş yapraklı orman durumu 47
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 49

KAYNAKLAR 52
ÖZGEÇMİŞ 62

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SULAKYURT BARAJ GÖLÜ HAVZASININ MORFOMETRİK ANALİZİ

Eda ÜNSAL ECEOĞLU

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nilüfer YAZICI

Bu çalışmada Sulakyurt Baraj Gölü Havzasının Sayısal Yükseklik Modeli yöntemi ile morfometrik analizinin yapılması amaçlanmıştır. İlk aşamada sahanın 1/25 000 ölçekli topografik haritadan sayısallaştırılan eşyükselti eğrileri temin edilmiş, bu veriler kullanılarak sahanın Sayısal Yükselti Modeli üretilmiştir. Böylece araziye ait yükseklik, eğim, bakı haritaları oluşturulmuştur. Daha sonra akarsu havzalarına ait morfometrik parametreler üretilmiş ve havza alanı, havza çevresi, dere sırası ve sayısı, dere uzunluğu, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, form faktörü, şekil faktörü, dairesellik oranı, çatallanma oranı, drenaj tekstürü, tekstür oranı, engebelilik değeri, havza reliefi vb. faktörler analiz edilmiştir. Analiz sonucu çatallanma oranı 3.4, uzaman oranı 0.74, form ve şekil faktörü sırasıyla 0.43 ve 2.31 bulunmuştur. İkinci aşamada analiz sonuçları incelenmiş ve yorumlanmıştır. Havzaya ait üretilen morfometrik veriler, planlama ve yönetim çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma ile elde edilecek veri alt yapısı Sulakyurt havzasında doğal kaynak yönetiminin sürdürülebilir yönetimi için temel altlık oluşturacaktır. Elde edilen veriler sonucu çalışma sahasında eğimin düşük, yüzeysel akışın az, infiltrasyon değerinin yüksek, erozyon riskinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havza, Morfometrik analiz, Sulakyurt barajı, Coğrafi bilgi sistemleri

2025, 62 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF SULAKYURT DAM LAKE BASIN

Eda ÜNSAL ECEOĞLU

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

Supervisor: Prof. Dr. Nilüfer YAZICI

In this study, it is aimed to carry out the morphometric analysis of the Sulakyurt Dam Lake Basin using the Digital Elevation Model method. In the first stage, contour lines digitized from the 1/25 000 scale topographic map of the field were obtained, and a Digital Elevation Model of the field was produced using this data. Thus, elevation, slope and aspect maps of the land were created. Then, morphometric parameters of the river basins were produced and the basin area, basin perimeter, stream order and number, stream length, drainage density, stream frequency, form factor, shape factor, circularity ratio, bifurcation ratio, drainage texture, texture ratio, roughness value, basin relief etc. factors were analyzed. In the second stage, the analysis results were examined and interpreted. The morphometric data produced for the basin forms the basis of planning and management studies. The data infrastructure produced by the thesis study will form the basis for the sustainable management of natural resources in the Sulakyurt basin. As a result of the data obtained, it was determined that the slope in the study area was low, surface flow was low, infiltration value was high, and the risk of erosion was low.

Key Words: Basin, Morphometric analysis, Sulakyurt dam, Geographic information systems

2025, 62 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince beni sürekli destekleyerek 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 Prof. Dr. Nilüfer YAZICI'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca teze vermiş oldukları katkılardan dolayı jüri üyesi hocalarıma çok teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan ve destek olan ablam Zuhal ÜNSAL ALTUNTOP'a, arkadaşım Şerife ALTUNSOY'a, Meslek büyüğüm Hüseyin ACAR'a ve eşim Arif ECEOĞLU'na sonsuz sevgilerimi sunarım.

Eda ÜNSAL ECEOĞLU
ISPARTA, 2025

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Sulakyurt baraj gölü havzası konumu 13
Şekil 3.2. 2020 yılı Erinç yağış etkinlik indeksi ve iklim özellikleri haritası 15
Şekil 3.3. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi 17
Şekil 3.4. Sulakyurt baraj gölüne ait su bilançosu diyagramı 18
Şekil 3.5. Sulakyurt baraj yerinin jeoloji haritası 21
Şekil 3.6. Sayısal yükseklik modeli ile morfometrik analiz akış şeması 25
Şekil 3.7. Akarsu ağı ve havza sınırı tespiti akış çizelgesi 25
Şekil 4.1. Sulakyurt baraj gölü havzasının strahler yöntemine göre dere dizilimi 28
Şekil 4.2. Sulakyurt baraj gölü havzası ana dere eğimini gösterir harita 29
Şekil 4.3. Sulakyurt baraj gölü havzası genişlik ve uzunluk haritası 32
Şekil 4.4. Sulakyurt baraj gölü havzası alt havzalarını gösterir harita 33
Şekil 4.5. Sulakyurt baraj gölü havzası eğim haritası 42
Şekil 4.6. Sulakyurt baraj gölü havzası bakı haritası 43
Şekil 4.7. Sulakyurt baraj gölü havzası yükseklik haritası 44
Şekil 4.8. Sulakyurt baraj gölü havzası arazi kullanım durumu haritası 46
Şekil 4.9. Sulakyurt baraj gölü havzası verimli-bozuk orman durumu haritası 47
Şekil 4.10. Havzanın iğne yapraklı- geniş yapraklı orman durumu haritası 48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Erinç yağış etkinlik indeksi ve iklim özelliği 14
Çizelge 3.2. Sulakyurt havzasına ait veri değerlendirme ve istatistik cetveli..... 16
Çizelge 3.3. Sulakyurtbaraj gölüne ait su bilançosu 19
Çizelge 3.4. Havzaya ait bazı morfometrik parametreler 24
Çizelge 4.1. Sulakyurt baraj gölü havzasının morfometrik parametre sonuçları..... 26
Çizelge 4.2. Sulakyurt baraj gölü havzası alt havzalar dağılımı 33
Çizelge 4.3. Sulakyurt baraj gölü havzası eğim dağılımı 42
Çizelge 4.4. Sulakyurt baraj gölü havzası bakı dağılımı..... 44
Çizelge 4.5. Sulakyurt baraj gölü havzası yükseklik dağılımı 45
Çizelge 4.6. Sulakyurt baraj gölü havzası arazi kullanım türü/arazi örtüsü..... 46
Çizelge 4.7. Sulakyurt baraj gölü havzası verimli-bozuk orman durumu..... 47
Çizelge 4.8. Havzanın iğne yapraklı-geniş yapraklı orman durumu..... 48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
>	Büyüktür
°C	Santigrat Derece
A	Havza Alanı
B	Havza Genişliği
Bh	Havza Reliefi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
Cc	Kompaktlık Katsayısı
Dd	Drenaj Yoğunluğu
DEM	Dijital Yükseklik Modeli
Fs	Dere Sıklığı
H	Ortalama Havza Yüksekliği
Hi	Hipsometrik İntegral
Hmax	Havzanın En Yüksek Noktası
Hmin	Havzanın En Düşük Noktası
İ	İnfiltrasyon oranı
Km	Kilometre
L	Havza Uzunluğu
Lb	Maksimum Havza Uzunluğu
Lu	Dere Uzunluğu
M	Metre
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Mm	Milimetre
N	Toplam Dizin Sayısı
Nu	Akarsu Dizinindeki Toplam Kol Sayısı
P	Havza Çevresi
Rb	Çatallanma Oranı
Rc	Dairesellik Oranı
Re	Uzama Oranı
Rf	Form Faktörü
Rh	Relief Oranı
Rn	Engebelilik Değeri
Rs	Şekil Faktörü
Rt	Drenaj Tekstürü
SYM	Sayısal Yükselik Modeli
T	Tekstür Oranı

1. GİRİŞ

Her geçen gün doğal ve kültürel kaynaklar hızla azalmakta, ancak bu durumu engelleyebilecek etkili koruma stratejileri henüz uygulanamamaktadır. Nüfus artışıyla birlikte tüketimin de yükselmesi, ekosistemler üzerindeki dengenin bozulmasına yol açmıştır (Görür ve Karadeniz, 2018). Bunun yanında, mevcut doğal kaynaklar yanlış arazi kullanımı ve aşırı tüketim nedeniyle yok olma riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Etkili doğal kaynak yönetimi ve planlaması yapılabilmesi için, ekosistemlerin korunmasını amaçlayan optimal arazi kullanımının titizlikle belirlenmesi gerekmektedir. Doğal kaynakların sınırlarını en belirgin şekilde küçük, orta ve büyük ölçekli havzalar çizmektedir. Havza bazında yapılan ekolojik envanter çalışmaları, yerel ölçekte en önemli bileşenlerin mikro havzalar özelinde ortaya konmasına olanak tanımaktadır (Yüksel vd., 2020).

Havzalar hem beşerî hem de ekolojik faktörleri bir arada barındırdığı için, yönetim ve planlama çalışmaları açısından son derece uygundur (Heathcote, 2009). Havza, eko-hidrolojik analizlerin yapıldığı coğrafi bir alan olarak tanımlanabilir. Havza yönetimi ise, doğal kaynakların korunmasını sağlamak ve doğru şekilde kullanılmasını teşvik etmek, insan yaşam kalitesini artırmak, doğal afetlere karşı önlemler geliştirmek ve ekosistemi bütünsel bir yaklaşımla değerlendirmek amacı güden, sürdürülebilir bir planlama ve yönetim sistemidir (Girgin, 2008; Beheim vd., 2010).

Havza yönetimi, bir bölgedeki sorunları çözerek, doğal kaynakların insan ihtiyaçlarına uygun şekilde ve sürdürülebilir bir biçimde kullanılmasını sağlamayı amaçlar. Bu süreç, aynı zamanda insanların refahını devamlı kılmayı hedefler (Garipağaoğlu ve Uzun, 2019).

Son yıllarda, havza yönetimi ve planlaması alanında önemli kavramsal gelişmeler yaşanmış, uluslararası projelerde basit envanter yöntemlerinden daha ileri düzeydeki değerlendirme ve analiz tekniklerine doğru bir kayma gözlemlenmiştir (Hızal vd., 2008).

Türkiye'de erozyon, sel ve taşkın gibi olaylar giderek daha büyük boyutlara ulaşmaktadır. Bu tür afetler, özellikle iklim, topoğrafya, toprak yapısı, arazi kullanım

şekli, flora ve fauna gibi çevresel faktörlerle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, bu olayların önlenmesi için gerekli tedbirlerin belirlenmesinde, havzaların çevresel koşullarının doğru ve hızlı bir şekilde tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır (Şensoy vd., 2006).

Havza yönetimi ilkeleri çerçevesinde, toprak ve su kaynaklarının planlanması ve yönetimi giderek daha büyük bir öneme sahip olmaktadır. Bu durum, su toplama havzalarının detaylı bir şekilde analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu analizlerde kullanılan yöntemlerden biri de morfometrik parametrelerin değerlendirilmesidir. Havza yönetim planları doğrultusunda incelendiğinde, bu yöntemin en önemli avantajı, havzaların topografik yapısını ve drenaj ağı özelliklerini ölçme ve değerlendirme konusunda sağladığı pratikliktir. Morfometrik analiz yöntemi, dünyanın çeşitli bölgelerinde de uygulanmış ve havzaların morfometrik özellikleri bu teknikle incelenmiştir (Şensoy vd., 2006; Yılmaz, 2010; Öz, 2023).

Su kaynaklarının korunması ve verimli bir şekilde kullanılması, yalnızca bütünleşik bir yönetim yaklaşımıyla mümkün olabilir. Dünya çapında birçok akarsu havzası ve alt havzasının drenaj özellikleri, çeşitli yöntemler ve morfometrik parametreler kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışmalar, havzaların daha etkili bir şekilde yönetilmesi için önemli veriler sağlamaktadır. Morfometrik parametrelerin analizi, geniş havzaların hidrolojik özelliklerini, yer altı yapıları, su kaynaklarını ve taşkın yönetimini anlamada önemli bilgiler sunar. Bu parametrelere dair veriler genellikle uydu görüntüleri ve topoğrafik haritalar aracılığıyla elde edilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama yöntemleri, bu parametrelerin belirlenmesinde etkili araçlar olarak kullanılmaktadır. Morfolojik parametrelerin analizi, çeşitli akarsu özelliklerinin incelenmesiyle gerçekleştirilir. Bu inceleme, akarsu dizinleri, havza alanı ve çevresi, akarsu kanal uzunluğu, akarsu yoğunluğu, akarsu sıklığı, çatallanma oranı ve tekstür oranı gibi ölçümleri kapsar (Yılmaz, 2010; Öz, 2023). Bu parametreler, havza ve akarsu özelliklerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olan önemli göstergelerdir.

Sürdürülebilir doğal kaynak planlaması için her havzanın kendine özgü fiziksel özelliklerini ve üzerindeki süreçleri doğru bir şekilde anlamak gereklidir. Havza yönetimi ve planlama çalışmalarında, havzanın karakteristik özellikleri büyük bir

öneme sahiptir. Havza amenajmanı çalışmalarının ilk adımı, havzaların morfometrik analizini yapmaktır. Bu analiz, özellikle havza odaklı hidrolojik planlamaların temelini atmaktadır.

Morfometri yüzey şekillerinin ölçümü olarak tanımlanır. Morfometrik analizler de özellikle akarsu havzalarına ait jeomorfolojik özelliklerin ortaya konması amacıyla yapılan çalışmalardır. Bu yöntemle havzaya ait jeomorfolojik özellikler sayısal yükseklik modeli kullanılarak hesaplanmakta ve elde edilen sonuçlar morfometrik indis değerlerine dönüştürülerek parametreler elde edilmektedir. Her bir parametre havzanın farklı bir özelliğini ortaya koymakta ve havza gelişimine olan etkisini tespit etmektedir (Schumm, 1986; Keller ve Pinter, 1996). Morfometri, şekilsel unsurların rakamlarla ifade edilmesidir. Morfometri, matematik, yer bilimleri ve bilgisayar bilimleri gibi farklı disiplinleri birleştiren, kapsamlı bir bilim dalıdır. Coğrafya, jeomorfoloji, toprak bilimleri, mühendislik ve askeri uygulamalar gibi pek çok alanda uygulanabilir ve yalnızca sayısal tekniklerin bir birleşimi olmanın ötesinde, kendi başına bir bilim dalı olarak kabul edilmektedir (Pike, 1995). Morfometrik analizde kullanılan başlıca parametreler ise: havza alanı, havzanın çevresi, dere sırası ve sayısı, dere uzunluğu, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, çatallanma oranı, form faktörü, şekil faktörü, dairesellik oranı, uzama oranı, kompaktlık katsayısı, havza reliefi, relief oranı ve hipsometrik eğri gibi ölçütlerdir (Özhan, 2004). Havzaların detaylı morfometrik analizi, jeomorfik tarihini, yer şekillerinin evrimini ve drenaj şebekelerinin gelişiminin anlaşılmasına yardımcı olur. Ayrıca, drenaj havzalarının fiziksel özellikleri (örneğin şekil, boyut, drenaj yoğunluğu, akış uzunluğu ve boyutu gibi) ile bu havzaların hidrolojik parametreleri arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Strahler, 1952; Mesa, 2006).

Günümüzde doğaya yönelik yapılan araştırmaların sonuçlarının haritalara aktarılması, büyük bir önem taşımaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), basit harita üretiminden karmaşık karar destek süreçlerine kadar birçok alanda insanların doğru kararlar almasına yardımcı olmaktadır. CBS, verileri konumsal verilere bağlama yeteneği ile özellikle havza yönetimi çalışmalarında giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Havzadaki erozyonun tahmin edilmesi, toprak koruma ve planlama çalışmalarında son derece önemli ve etkili bir yöntemdir; bu sayede daha doğru ve güvenilir veriler elde

edilebilmektedir (Ulu vd., 1999). Sayısal yükseklik verilerinin CBS ortamında kullanılması, havzanın morfometrik analizlerini klasik yöntemlere göre çok daha kolay hale getirmektedir (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018).

Son 20 yılda, CBS ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, morfometri konulu çalışmalarda önemli bir artışa yol açmıştır. Bu çalışmalar, farklı alanlarda gerçekleştirilmiş olup, bazı araştırmalarda morfometri ana konu olarak ele alınırken, diğerlerinde ise morfometrik parametreler, çalışmanın tamamlayıcı analizleri olarak kullanılmıştır. Taşkın, heyelan, erozyon, havza yönetimi, tektonizma, morfoloji, limnoloji gibi pek çok farklı alanda morfometri uygulanmıştır. Bu alanlarda yapılan çalışmalar, morfometrinin kullanım alanlarını kapsamlı bir şekilde incelemiş ve değerlendirmiştir (Elbaşı ve Özdemir, 2018).

Havzaya ait üretilen morfometrik veriler, planlama ve yönetim çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma ile üretilecek veri alt yapısı Sulakyurt baraj gölü havzasında doğal kaynak yönetiminin sürdürülebilir yönetimi için temel altlık oluşturacaktır. Bu nedenle araştırma alanının havza karakteristikleri CBS ile ArcInfo yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Baraj havzası ile ilgili morfometrik analizlerin yapılması barajdan gerektiği kadar verimli ve uzun süre yararlanılması için ihtiyaçtır. Baraj, göl ve gölet havzalarının morfometrik analizlerin yapılmasının birden çok faydası vardır. Bunlar; gölün uzun ömürlü olması, gölden verimli ve uzun süre yararlanılması, aktif hacmin ekonomik ömrünün uzun olması ve daha verimli olarak kullanılabilmesi şeklinde sıralanabilir.

Bir havzanın morfometrik özelliklerinin analiz edilmesi, o havzanın hidrolojik özelliklerinin anlaşılmasında kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, havza yönetim planlarında morfometrik parametrelerin kullanılması, sel, taşkın ve erozyon risklerini değerlendirmek açısından oldukça faydalıdır. Bu analizler, havzanın sürdürülebilir yönetimini sağlamak için gerekli verileri sunmaktadır. Sulakyurt baraj gölü havzasının hidrolojik karakterini değerlendirmek için morfometrik analizler büyük oranda yardımcı olacaktır.

Bu çalışmanın amacı; Sulakyurt baraj gölü havzasının morfometrik parametrelerini belirlemek ve bu parametrelerin havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Bu doğrultuda;

a) Havzanın morfometrik parametreleri belirlenmiş,
b) CBS kullanılarak havzanın belirli morfometrik özellikleri ortaya konulmuş,
c) Elde edilen sayısal veriler ışığında, bu parametrelerin havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yıllarda, CBS ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, morfometriyi içeren çalışmalarda önemli bir artışa neden olmuştur. Bu çalışmalar, farklı alanlarda gerçekleştirilmiş olup, bazı araştırmalarda morfometri ana konu olarak ele alınırken, diğerlerinde ise morfometrik parametreler, çalışmanın tamamlayıcı analizleri olarak kullanılmıştır. Bu alanlarda yapılan araştırmalar, morfometrinin kullanımını ve katkı sağladığı farklı yönleri detaylı bir şekilde incelemiştir.

Morfometrik analizlerin havza karakteristiğini tanımlamada kullanıldığına dair önemli yayınlar arasında şunlar yer almaktadır: Baumgardner (1987), Gardiner (1990), São vd. (2006), Ahmed vd. (2010), Guth (2011), Thomas vd. (2012), Aadil Hamid (2013), Magesh vd. (2013), Prasannakumar vd. (2013), Ashmawy vd. (2014), Ibrahim ve Ahmed (2014), Rai vd. (2014), Yunus vd. (2014), Babu vd. (2014), Satish ve Vajrappa (2014), Kaliraj vd. (2014), Farhan vd. (2015). Bu çalışmalar, morfometrinin çevresel analizler, hidrolojik modelleme ve doğal afet risklerinin değerlendirilmesindeki önemini vurgulamaktadır.

Strahler (1957)'e göre, morfometrik araştırmalar; akarsulara, dere ve havzalara ait farklı etken özelliklerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesini sağlar.

Singh (1992)'ye göre, akarsu havzalarının yönetimi ve planlamasında havza topoğrafyası ile drenaj ağına ait özelliklerin belirlenmesi önemlidir. Bu süreçler, jeomorfolojik ve hidrolojik açılardan incelenir ve arazi yüzeyi şekilleri ile gelişimi hakkında bilgi verir.

Krishnamurthy vd. (1996)'ya göre, dünyanın çeşitli bölgelerinde pek çok nehir havzası ve alt havzanın drenaj özellikleri, morfometrik tekniklerle analiz edilmiştir. Bu çalışmalar, havzaların drenaj yapıları ve özelliklerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamıştır.

Obi Reddy vd. (2002)'ye göre, morfometri, yeryüzü yüzey şekillerinin ve boyutlarının ölçülmesine olanak tanıyan matematiksel bir analiz yöntemidir. Bu teknik, özellikle topoğrafik ve jeomorfik özelliklerin değerlendirilmesinde önemli bir araçtır.

Obi Reddy vd. (2004)'e göre ise, morfometrik analizler, havza ile ilgili yönlendirici bir rehber niteliği taşır ve bir akarsu havzasının çalışma ve yönetimi için en uygun yöntem olarak kabul edilir. Bu analizler, havza yönetimi ve hidrolojik planlamada kritik bir rol oynamaktadır.

Ülkemizde de havza karakterlerinin ortaya konması ve farklı alanlardaki çalışmaların desteklenmesi amacıyla morfometrik analizler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, bu çalışmalar genellikle tek bir veya birkaç havzayı inceleyen, yerel düzeyde yapılan çalışmalardır. Bu tür çalışmalara örnekler şu şekilde sıralanabilir:

Aslan (2005), Coğrafi Bilgi Sistemleri alanındaki ilerlemeler sayesinde Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) kullanımının oldukça basitleştiğini ifade etmiştir. SYM, arazi analizleri ve üç boyutlu (3D) uygulamalar için kapsamlı bir veri kaynağı sunarak, havza alanı, alt havza alanları, su akış yönleri ve drenaj ağları gibi havza özelliklerinin hızlı bir şekilde belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

Aydın (2009), Gümüşhane-Torul Barajı havzasının karakteristiklerini (havza büyüklüğü, şekli, ortalama eğim, bakı durumu, ortalama yükseklik, akarsu ve drenaj ağı özellikleri) ArcInfo yazılımı yardımıyla belirlemiştir. CBS'nin sunduğu imkânlar sayesinde bu karakteristiklerin, geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında çok daha hızlı ve kolay bir şekilde elde edilebileceğini vurgulamıştır.

Akgül (2003), çalışmasında CBS ve uzaktan algılama destekli yöntemler kullanarak havza sınırlarının belirlenmesi üzerine bir inceleme yapmıştır. Bu çalışma, özellikle havza sınırlarının belirlenmesinde teknolojinin ne denli faydalı olduğunu ortaya koymuştur.

Akar (2006), CBS ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin drenaj ağı morfometrisi üzerindeki önemli kullanım alanlarını ele almıştır. Kasatura Körfezi Hidrolojik Havzası üzerinde yapılan bu çalışmada, havza içindeki ana akarsular olan Sultanbahçe Deresi ve Elmalı Deresi havzalarındaki çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı ve akarsu boyuna profili gibi hidrolojik veriler detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Bu örnekler, morfometrik analizlerin ülkemizde çeşitli havzalar üzerinde nasıl kullanıldığını ve bu yöntemlerin havza yönetimi ve planlamasında ne denli önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir.

Öztürk ve Erginal (2008) tarafından yapılan çalışmada, Biga Yarımadası'nın kuzey kıyılarından Marmara Denizi'ne dökülen Bayramdere havzasının drenaj gelişimi incelenmiştir. Bu çalışmada, havzanın gelişimini etkileyen yapısal faktörler morfometrik analizler ve çeşitli morfometrik indisler kullanılarak açıklanmıştır. Bayramdere havzası üzerinde yapılan bu analiz, havza gelişimini kontrol eden doğal ve yapısal unsurların anlaşılmasında önemli bir katkı sağlamıştır.

Göl ve Dengiz (2007), Çankırı Eldivan Karataşbağı Deresi Havzası'nda 1955 ve 2006 yıllarına ait haritaları inceleyerek arazi kullanımının arazi örtüsündeki değişimini ortaya koymak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. İnceleme sonucunda 1955 yılında bozuk baltalık, bozuk karaçam ve tarım alanlarında azalma olduğunu ve karaçam ormanlık alanlarında ise yükselme görüldüğünü bildirmişlerdir.

Yıldırım ve Karadoğan (2009) tarafından yapılan çalışmada, Dicle Üniversitesi kampüsünün planlaması ve bilgi sistemlerine yönelik olarak, kampüs alanının sayısal haritalarla Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında saha analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, sayısal yükseklik modelleri yorumlanmış ve kampüs alanının jeomorfik şekillenmesinde rol oynayan faktörler, morfolojik indeksler ve morfometrik analizlerle detaylı bir şekilde incelenmiştir. Böylece, kampüs alanının topoğrafik özelliklerinin belirlenmesi ve yerel gelişim süreçlerinin anlaşılması amaçlanmıştır.

Özşahin (2010), ArcMap yazılımı kullanarak Sarıköy ve Kocakıran Dereleri havzalarının jeomorfolojik özelliklerini morfometrik açıdan ele almıştır. Sonuç olarak havzada tektonik aktivitenin devam ettiğini ve Sarıköy deresinde de bu durumun daha yüksek bir biçimde hissedildiğini buna ek olarak söz konusu iki havzada da yoğun bir şekilde akarsu aşındırmalarının yaşandığını bildirmiştir.

Günek vd. (2013) tarafından yapılan "Harput ve Yakın Çevresinin CBS-Uzaktan Algılama ile Morfometrik Özelliklerinin Analizi" adlı çalışmada, elde edilen morfometrik karakterlerin değerlendirilmesi yoluyla hem yerleşimin gelişiminin nasıl

sınırlandığı hem de bölgedeki su kaynaklarının sınırlı olmasının yaşam için ne denli kritik bir faktör olduğu açıklanmıştır. Bu çalışma, Harput ve çevresinin jeomorfik yapısını ve su kaynaklarının dağılımını analiz ederek, yerleşim alanlarının çevresel faktörlerden nasıl etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Topuz (2014), Mersin iline bağlı Silifke ile Erdemli ilçeleri arasındaki akarsu havzalarının gelişim, oluşum ve jeomorfolojik özelliklerini jeomorfometrik indisler ile saptamak amacıyla bir çalışma yapmıştır.

Özşahin (2015), Ganos (Işıklar) Dağı ve yakın çevresindeki drenaj sisteminin özelliklerinin ve tiplerinin açıklanması amacıyla yürüttüğü çalışmada CBS tekniklerinden yararlanmıştır. Çalışma sonucunda toplam akarsu uzunluğunun 1157 km olduğu sahada, km²'ye düşen drenaj yoğunluğunu ortalama 2.54 km/km² olarak hesaplamıştır.

Acar (2018), Çorum Ahmetçe Mikrohavzası'nda yürütülen havza ıslah çalışmalarının başarı durumunu entegre havza yönetimi bakımından değerlendirilmesi amacıyla yapmış olduğu çalışmada mikrohavzaya ait jeolojik, toprak, topoğrafik ve meşçere haritalarını incelemiştir. Bunun sonucunda proje içerisinde uygulanan ağaçlandırma 4çalışmalarının başarı gösterdiği sonucuna varırken kırsal kalkınmaya yönelik çalışmaların yetersiz olduğunu bildirmiştir.

Altıparmak ve Türkoğlu (2018) çalışmalarında, Hatay Yakacık Havzası'nın morfometrik analizini yapmışlardır. Bunun için ArcGIS yazılımını kullanmışlardır. Gerekli morfolojik özelliklerin CBS ile oluşturulan SYM kullanılarak daha kolay ve pratik bir şekilde yapılabileceğine ilişkin sonuçlar ortaya koymuşlardır.

Görür ve Karadeniz (2018) çalışmalarında, Eğirdir Gölü Havzası'nın morfometrik parametrelerini CBS yardımıyla SYM verileri kullanılarak sayısal olarak elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda havza etütleri çerçevesinde morfometrik parametrelerin analiz edilmesinin hidrolojik değerlendirmelere önemli katkılar sağlayacağı sonucuna varmışlardır.

Gürboğa ve Aktürk (2018), Antalya ili sınırları içerisinde yer alan Elmalı Havzası ve yakın çevresini kapsayan bir çalışma yürütmüştür. MapInfo ve Global Mapper programları kullanılarak haritalar üretilmiştir. Çalışmalar sonucunda alanın fazlaca deformasyon yapısına ve aktif faylara sahip olduğu belirlenmiştir.

Utlu ve Özdemir (2018), Biga Çayı Havzası'nda meydana gelen uzun süreli taşkınların nedenlerinin havza ve alt havza morfometrisi bakımından araştırılması amacıyla birlikte yürüttükleri çalışmada ArcGIS programından yararlanmışlardır. Çalışmanın sonucunda Biga Çayı havzasında, Biga alt havzasının ana kol üzerinde taşkın üretme bakımından en fazla etkiye sahip alt havza olduğunu tespit etmişlerdir.

Nazlı (2019), Bingöl ili Genç ilçesinde havza karakteristikleri ve erozyon durumunu CBS ortamında belirlemek için bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma sonucunda havzanın genel anlamda drenaj ağı yönünden yeterli olduğunu, havza uzunluğunun 16.51 km ve havza genişliğinin 9.93 km olduğunu belirlemiştir. Bununla beraber dere sıklığınım 1.18 olduğunu tespit ederken drenaj yoğunluğunun ise 3.25 olduğunu yaptığı çalışmalar neticesinde saptamıştır.

Ödeker ve Türkoğlu (2020) yapmış oldukları çalışmada, Rize Sabuncular Deresi Havzası'nın morfometrik özelliklerini CBS ile incelemişlerdir. Bu çalışmada CBS'nin yaygın olarak kullanılması sonucu verilerin depolanmasının, analiz edilmesinin, düzenlenmesinin, yorumlanmasının, güvenilirliklerinin ve doğruluklarının sorgulanmasının daha kolay bir hale geldiğini vurgulamışlardır.

Öztürk (2020), bütüncül havza yönetimi yaklaşımının Türkiye'deki olası etkilerinin Ermenek Çayı Havzası özelinde irdelenmesi amacıyla yaptığı çalışmada havza karakteristiklerini belirlemek için ArcMap programından yararlanmış ve morformetrik analizlerin, havzaları tanımlayıcı analizler olarak, havza yönetimi faaliyetlerinde kullanılmasının uygun olduğunu söylemiştir.

Dursun ve Babalık (2023), Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametreleri ve erozyon durumunu CBS ortamında belirlemek için yürüttükleri çalışmada ArcGIS yazılımı kullanmışlardır. Çalışma sonucunda; akarsu uzunluk oranını 3.46, çatallanma oranını 3.42, dere sıklığını 0.95, drenaj yoğunluğunu 1.25, form faktörünü 0.25,

dairesellik oranını 0.14, gravelius indeksini 2.66, havza uzunluk oranını 0.28, havza rölyefini 1534, rölyef oranını 0.013, engebelilik değerini 1.92 ve hipsometrik integral değerini 0.28 olarak belirlenmiştir.

Öz (2023) yaptığı çalışmada, Berdan Baraj Havzası'nın Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile morfometrik özelliklerinin incelenmesidir. Bu çalışmada sayısal topografya haritaları kullanılarak Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuştur. SYM üzerinden havza karakteristikleri ve morfometrik haritalar elde edilmiştir. Havzanın çevresi 215.49 km, alanı 953 km^2, havzanın uzunluğu 58.44 km, ana akarsu uzunluğu 59.47 km olarak belirlenmiştir. Havzanın en yüksek noktası 3507 m, en alçak noktası 40 metre olarak bulmuştur.

21. yüzyıla girerken teknolojik imkânların hızla gelişmesi, verilerin daha kolay erişilebilir hale gelmesi ve farklı alanlarda sunduğu geniş kullanım olanakları, morfometrik analizlerin akademik dünyada yoğun ilgi görmesini sağlamıştır. Özellikle litoloji (tektonik, morfolojik değişiklikler, erozyon, heyelan vb.) ve hidroloji (havza planlaması, sel-taşkın yönetimi, limnoloji vb.) gibi alanlarda morfometrik analizlerin sağladığı kolaylıklar, bu alandaki ilginin giderek artmasına yol açmıştır. Bu analizler, hem çevresel süreçlerin daha iyi anlaşılmasını hem de risk yönetimi ve planlama çalışmalarının daha verimli bir şekilde yapılmasını mümkün kılmaktadır.

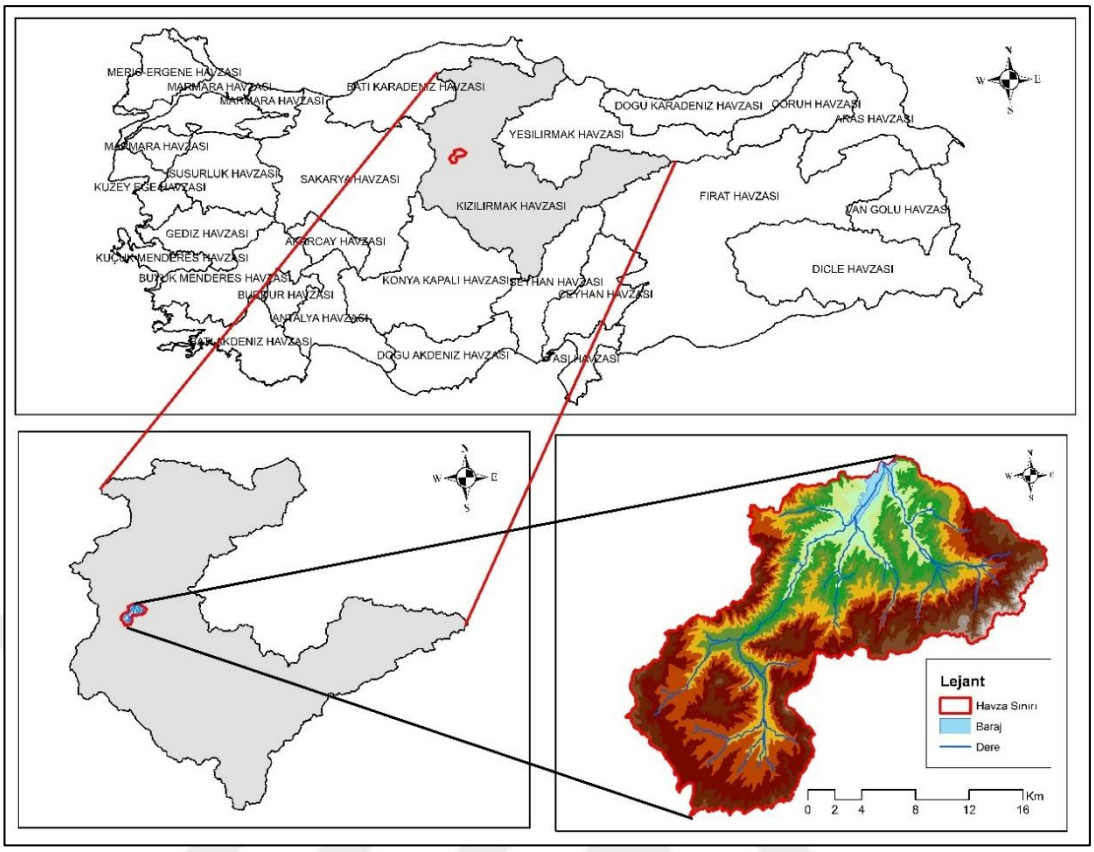
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Sulakyurt baraj gölü havzasının morfometrik parametreleri ve bu parametrelerin havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkileri çalışmanın materyalini oluşturmaktadır.

3.1. Materyal

Sulakyurt baraj havzası Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan bir havzadır. Kırıkkale ilinin Sulakyurt ilçesinde bulunan Sulakyurt barajını ve çevresindeki dağlık arazileri içerir. Baraj; Sulakyurt ilçesinin yaklaşık 5 km kuzeyinde Taretözü deresi üzerindedir (Özsan ve Kadıoğlu, 1997). Çalışma alanı; ülke koordinat sistemi içinde, 40°11'10.5" kuzey enlemi ve 33°45'12.6" doğu boylamı arasındadır (Şekil 3.1).

Sulakyurt barajı 1999-2001 yılları arasında tamamlanmıştır. Temelden yüksekliği 91.5 m’dir. Barajın öncelikli amacı içme suyu ve sulama ihtiyacını karşılamaktır (Anonim, 2024a). Toprak dolgu baraj olarak yapılmıştır. Kullanım amaçları arasında Sulakyurt İlçesi ve Kızılırmak nehri arasında kalan alanın sulu tarıma açılması da vardır (Özsan ve Kadıoğlu, 1997).



Şekil 3.1. Sulakyurt baraj gölü havzası konumu

3.1.1. İklim verileri

Sulakyurt barajı; karasal iklimin hüküm sürdüğü bir bölgede yer almakta olup, yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Çalışma alanının en düşük rakımı 730 m, en yüksek rakımı ise 1370 m olup, ortalama rakım 1061.69±139.23 m olarak hesaplanmıştır. En düşük eğim 0 derece, en yüksek eğim ise 78 derece olup, ortalama eğim 11.17±8.38 derece olarak belirlenmiştir. Orta Anadolu'nun yarı kurak iklimine rağmen, havzada Karagüney Dağları'nın etkisiyle yarı nemli iklim özellikleri gözlemlenmektedir (Yılmaz ve Çiçek, 2018).

Ortalama yıllık sıcaklık 13.2°C'dir. Ocak ayında ortalama sıcaklık 0.8°C, Temmuz ayında ise ortalama sıcaklık 25.4°C'dir. En yüksek sıcaklık 40°C'yi, en düşük sıcaklık ise -18°C'yi bulmaktadır. Ortalama yıllık yağış miktarı 388.9 mm'dir. Yağışlar genellikle ilkbahar ve sonbahar aylarında görülmektedir. Ayrıca kış aylarında kar yağışı da almaktadır. Hâkim rüzgâr yönü kuzeybatıdır. Yaz aylarında güneybatıdan, kış aylarında ise kuzeydoğudan esen rüzgârlar da görülmektedir. Ortalama yıllık nem

oranı %65'tir. Yaz aylarında nem oranı %50'ye kadar düşerken, kış aylarında %70'e kadar yükselmektedir (Anonim, 2023a).

Bir yerin iklim tipini belirlemek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar arasında Erinç (1965), Walter (1970) ve Thornthwaite (1948) gibi iklim sınıflandırma yöntemleri yer almaktadır (Çepel, 1995). Erinç (1965) iklim sınıflandırmasında, esas etmen olarak yağış ile buharlaşma sonucu oluşan su kaybı dikkate alınır. Bu yöntemde, evapotranspirasyon ile su kaybının yarattığı kuraklık ve yağış ilişkisi formüle edilerek bir indeks oluşturulur. İklim tipi, bu indeksin değerlerine göre belirlenir. Erinç yönteminde hesaplanan bu indeks değeri şu şekilde bulunur (MGM, 2024) (Denklem 3.1):

$$Im = \frac{P}{Tom} \tag{3.1}$$

Im: Yağış etkinlik indeksi P: Yıllık Toplam Yağış (mm) Tom: Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık (°C)

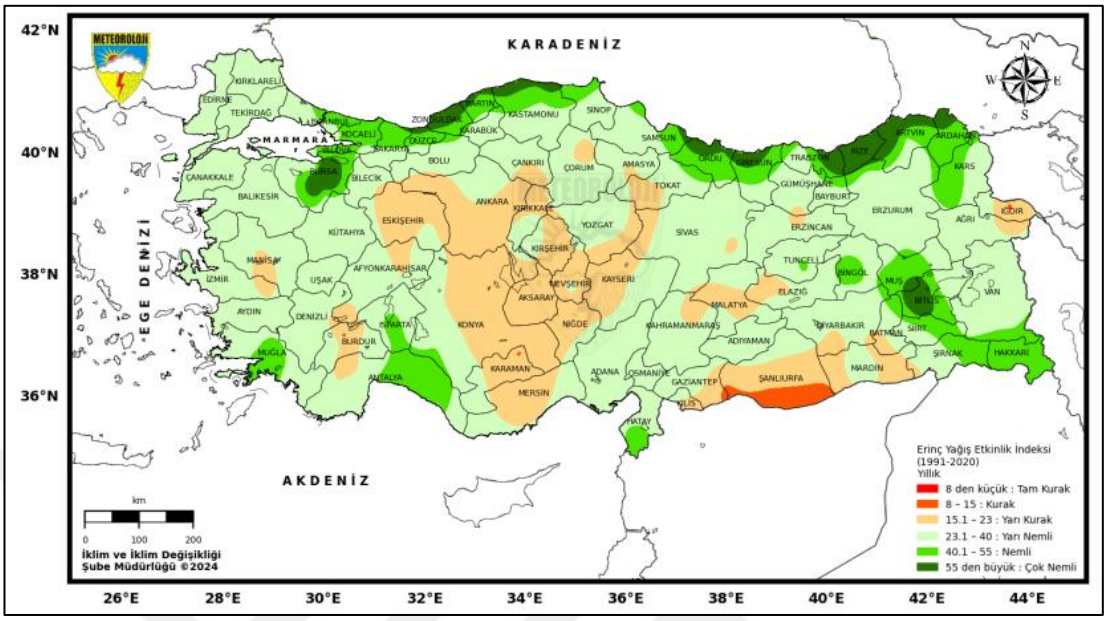
Erinç, "Yağış müessiriyeti indisi" ne göre iklim ve vejetasyon tipleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.1. Erinç yağış etkinlik indeksi ve iklim özelliği

Im	**İklim Özelliği**	**Vejetasyon Tipi**
< 8	Tam Kurak	Çöl
8 – 15	Kurak	Çölümsü step
15 – 23	Yarı Kurak	Step
23 – 40	Yarı Nemli	Park görünümlü kurak mıntıka ormanları
40 – 55	Nemli	Nemli mıntıka ormanları
55 >	Çok Nemli	Çok nemli mıntıka ormanları

Erinç Yağış Etkinliği İndeksi (Im), her bir istasyon için ayrı ayrı hesaplanmış ve Coğrafi Bilgi Sistemi altında mekânsal analiz gerçekleştirilerek, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) Enterpolasyon yöntemiyle haritalandırılmıştır. Bu indeks, aylık ve mevsimlik

olarak da hesaplanabilmektedir. Bu durumda, aylık veya mevsimlik bazda kurak ve nemli dönemler belirlenebilmektedir (MGM, 2024) (Şekil 3.2).



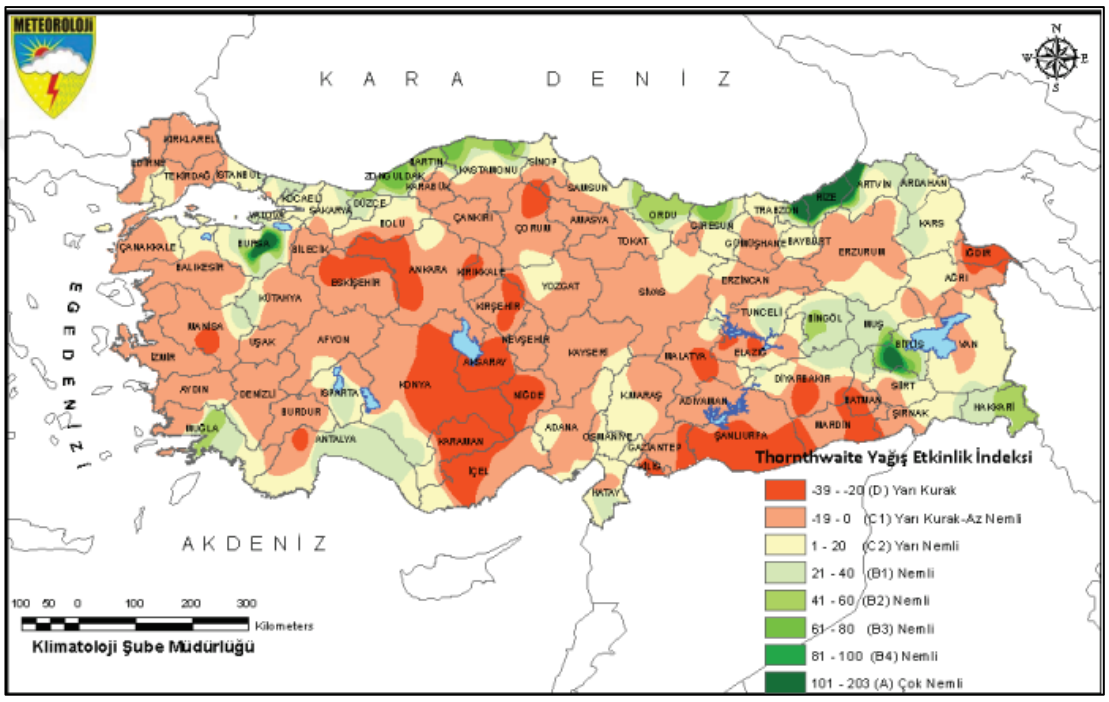
Şekil 3.2. 2020 yılı Erinç yağış etkinlik indeksi ve iklim özellikleri haritası

Çizelge 3.2. Sulakyurt havzasına ait veri değerlendirme ve istatistik cetveli

Ölçüm Parametresi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Ortalama/Toplam
Ortalama Sıcaklık (ºC)	0.8	3.1	7.6	12.4	17.3	21.5	25.4	25.3	20.5	14.2	7.4	2.5	13.2
Ortalama Yüksek Sıcaklık (ºC)	4.7	8.3	13.8	19.1	24.2	28.5	32.4	32.3	27.9	21.2	13.7	6.5	19.4
En Yüksek Sıcaklık Ortalaması (ºC)	18.0	21.4	30.4	32.0	36.0	37.5	41.8	40.3	40.6	33.5	24.8	18.6	41.8
En Düşük Sıcaklık Ortalaması (ºC)	-18.1	-17.5	-9.6	-4.3	1.5	5.4	11.4	8.0	4.6	-1.5	-9.0	-17.0	-8.1
Ortalama Minimum Sıcaklık (ºC)	-2.3	-1.1	-2.3	6.3	10.8	14.7	18.0	18.0	13.4	8.3	2.5	-0.7	7.5
OrtalamaYağış (mm)	49.5	30.3	38.0	37.6	46.8	42.3	8.3	12.7	20.1	28.2	31.0	44.1	388.9
Ortalama Nispi Nem (%)	79.7	72.1	62.5	57.8	56.1	52.0	43.2	43.8	48.5	59.8	71.2	80.0	60.6

Sulakyurt için; yıllık ortalama yağış 388.9 mm, yıllık ortalama en yüksek sıcaklık ise 18.6°C'dir. Havzanın Erinç formülüne göre yağış etkinliği indeksi 20.76 olduğundan iklim tipi yarı kurak, vejetasyon tipi ise step tipine girmektedir (Denklem 3.1) (Şekil 3.2, Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2).

Bir diğer iklim sınıflandırma çeşiti olan Thornthwaite yöntemine göre de Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu ölçüm değerlerinden yararlanılmış ve iklim verileri hesaplanmıştır.



Şekil 3.3. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi

$$ETp = 16\ x\ [10xT/I]a\ x\ F(\lambda) \quad (3.2)$$

ETp: aylık potansiyel buharlaşma-terleme değeri (mm/ay)

a = $(6.75*10^{7}$ x I3) - $(7.71*10^{5}$ x I2) + $(1.79*10^{2}$ x I) + 0.49239

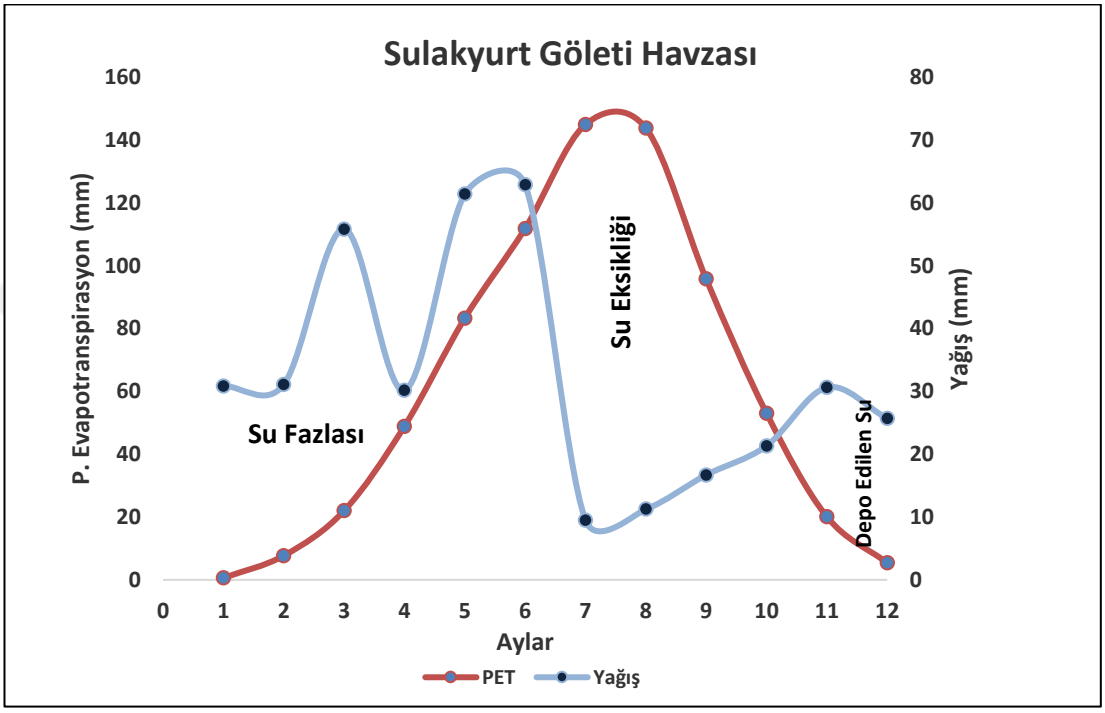
I: yıllık sıcaklık indeksi (12 aya ait sıcaklık indeksleri (i)'nin toplamı)

i: (T/5)1.514 aylık sıcaklık indeksi

T: aylık ortalama hava sıcaklığı (°C) (aylık veriler kullanılmıştır)

F (λ): Düzeltme katsayısıdır ve bu katsayı alanın enlem derecesine göre De Marsily (1986) referansındaki ilgili tablolardan belirlenir.

Baraj Havzasının iklim parametreleri analiz edilerek su bilançosu hazırlanmıştır (Şekil 3.3 ve Çizelge 3.3). Bu değerler sonucu su bilançosu diyagramı çizilmiştir (Şekil 3.4). Baraj çevresinin Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre D, B'2 2. Derece, b'3, s iklim türünde olduğu belirlenmiştir (D Yarı Kurak, B'2 2. Derece Mezotermal, b'3, Su fazlası kış mevsiminde ve orta derecede olan).



Şekil 3.4. Sulakyurt baraj gölüne ait su bilançosu diyagramı

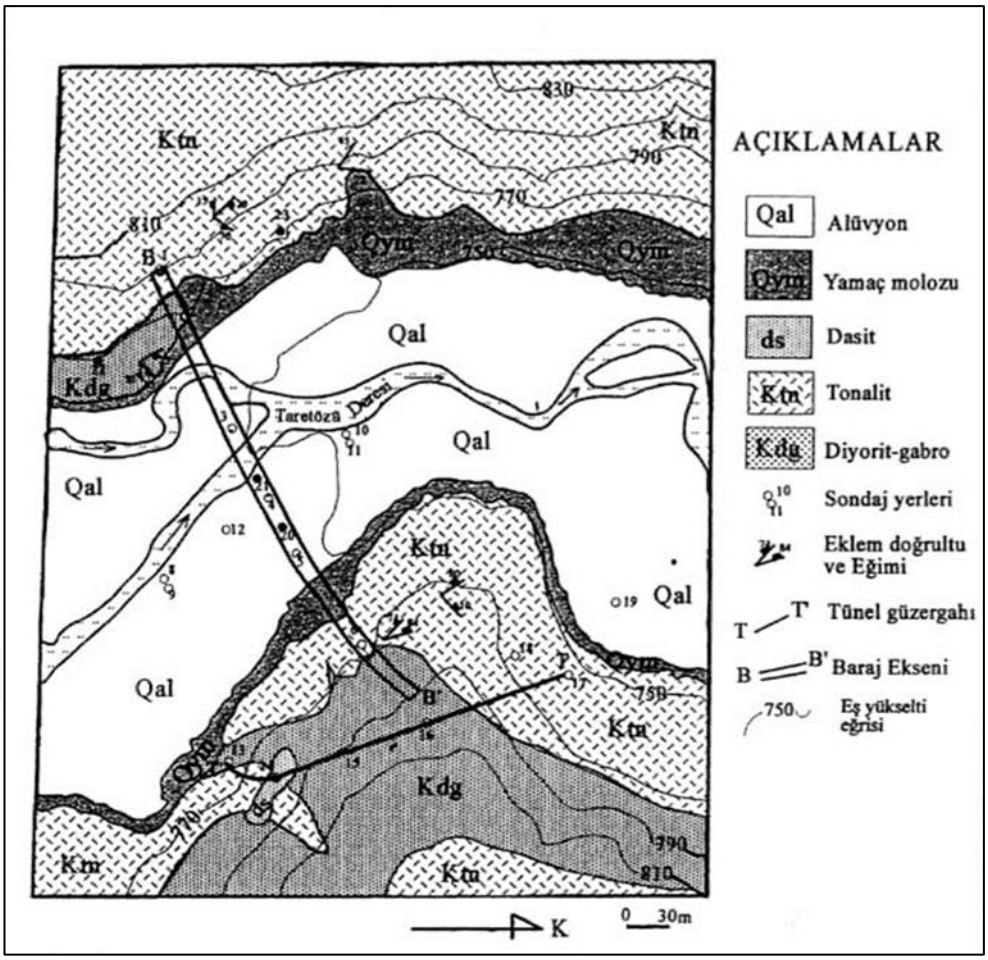
Çizelge 3.3. Sulakyurtbaraj gölüne ait su bilançosu

Aylar	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Toplam**
Sıcaklık (ºC)	0.60	3.80	7.00	11.80	16.10	19.80	23.60	24.60	20.10	13.90	7.60	3.00	151.90
Sıcaklık İndisi	0.04	0.66	1.66	3.67	5.87	8.03	10.48	11.16	8.22	4.70	1.88	0.46	56.85
PET	0.7	9.2	21.3	44.0	67.7	90.2	115.1	121.9	92.1	55.2	23.9	6.6	647.97
G	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.3	1.18	1.04	1	0.84	0.82	12.40
DET	0.60	7.69	21.99	48.87	83.30	111.86	144.97	143.80	95.79	53.03	20.10	5.41	737.41
Yağış (mm)	30.86	31.08	55.82	30.17	61.4	62.88	9.48	11.25	16.69	21.32	30.62	25.69	387.26
Su Depo (mm)	100	100	100	81.3	0	0	0	0	0	0	10.5	30.8	422.62
Depo Değişimi (mm)	0	0	0	-18.7	-81.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	20.3	-69.2
GET (mm)	0.6	7.7	22.0	48.9	142.7	62.88	9.48	11.25	16.69	21.32	20.09	5.41	368.99
Su Fazlası (mm)	30.3	23.4	33.8	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	87.46
Su Eksikliği (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	59.4	49.0	135.5	132.6	79.1	31.7	0.0	0.0	487.23
Nemlilik (%)	50.20	3.04	1.54	-0.38	-0.26	-0.44	-0.93	-0.92	-0.83	-0.60	0.52	3.75	54.69
Yüzeysel Akış (mm)	15.13	19.26	26.54	13.27	6.63	3.32	1.66	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	86.63

3.1.2. Toprak özellikleri

Çalışma alanının büyük kısmı, Kızılırmak Formasyonu'na ait marn, konglomera, kiltaşı ve kumtaşı gibi birimlerle kaplıdır. Bunun yanı sıra, Faraşlı ve Kalekışla köyleri arasında, Faraşlı volkanikleri olarak bilinen ve bazaltlardan oluşan kayaçlar da yüzeye çıkarak mostra vermektedir (Evcimen, 2011).

Bölgedeki topraklar genellikle kahverengi topraklar olup, kireç oranları oldukça yüksektir. Anakaya volkanik özellikler gösterir ve bu topraklar engebeli alanlarda özellikle çukurumsu bölgelerde birikim yapmıştır. Bu alanlarda çıplak volkanik kaya yüzeylerine rastlanmaktadır. Mineraller açısından zengin olan bu topraklar, verimli olmalarıyla dikkat çeker. Ayrıca bölgenin güney kısmında, akarsu kenarlarında alüvyon topraklar yer almaktadır. Bu topraklar yer yer kalın örtüler oluşturur ve eğimleri çok azdır. Bu özellikleriyle tarla tarımına ve sulu tarıma uygun bir yapı sergiler. Yörenin düşük yağış alması ve kuraklık gibi iklimsel faktörler, toprak oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır (Anonim, 2023b) (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Sulakyurt baraj yerinin jeoloji haritası

Sulama amaçlı olarak planlanmış Sulakyurt baraj havzasında granitoid kayaçları bulunmaktadır. Bunlar tonalit, diyorit ve çok az da dasit şeklinde görülmektedir. Diyoritler çalışma, alanının sağ ve sol sahil yamaçlarında yüzeylenmekte olup gri, yeşilimsi siyah ve koyu yeşil renklerini gösterirler ve faneritik dokuludurlar. Amfibol, oligoklas, andezin ana mineral bileşimini oluşturmakta, biyotik, epidot, kalsi, titanit, kuvars ve opak mineraller ise tali olarak görülmektedir. Tonalitler, çalışma alanında en yaygın kayaç birimini oluşturmaktadır. Dasitler mikroskop altında kuvars, alkali, feldispat, biyotit, klorit ve opak mineralleri içermektedir (Özsan ve Kadıoğlu, 1997).

3.1.3. Bitki örtüsü

Çalışma alanı için özel bir floristik inceleme bulunmamakla birlikte, bu alanın içinde yer aldığı Karagüney Dağları ile ilgili çeşitli floristik çalışmalar mevcuttur (Dönmez, 2002; Kırsal Çevre Yıllığı, 2019; Özcan, 2021).

Dönmez (2002)'e göre, İran-Turan Fitocoğrafya Bölgesi'nde yer alan Karagüney Dağları'nda, çoğunluğunu Asteraceae, Fabaceae ve Poaceae familyalarına ait 378 cins ve 868 takson tespit edilmiştir. Alanın güney kısmında 900 m ile 1350 m arasındaki rakımlarda, ormanlar hâkimdir. Bu ormanlarda saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) ve tüylü meşe (*Quercus pubescens* Willd.) türleri bulunur (Özcan, 2021). Ayrıca, Anadolu Palamut Meşesi (*Quercus ithaburensis* subsp. *Macrolepis*) ormanı, düşük kapalılıkla (%10-40) tarım ve mera alanlarında yer yer park ormanı şeklinde gelişir.

Alçak rakımlarda tüylü meşe, 1150 m ve daha yüksek rakımlarda ise saçlı meşe meşçereleri, yüksek kapalılıkta, 10 m'ye kadar boylanabilen ormanlar oluşturur. Anadolu Palamut Meşesi ormanlarının, doğal yayılış alanı dışında kalan en büyük kalıntısının bu alanda bulunması, floristik açıdan büyük bir öneme sahiptir (Özcan, 2021).

3.1.4. Sosyal ve ekonomik durum

Sulakyurt ilçe nüfusu 6106 kişi olup, nüfusun üçte birini 65 yaş üzeri kişiler oluşturmaktadır. Okuryazarlık seviyesi %75 oranında ilkokul mezunudur. Ekonomik yapı tarıma dayalıdır. Tarım ürünlerinden arpa, aspir, buğday, çeltik, nohut, yem bitkileri vb. ürünlerin üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2024b). Bölgede turizm sektörünün il ekonomisine katkısı bulunmamaktadır. Doğal, tarihi ve kültürel zenginlikleriyle turist çekme konusunda yetersiz kalan bölge, ziyaretçilerin ilgisini uyandırabilecek ve onları konaklama konusunda teşvik edebilecek alternatif aktiviteler sunmamaktadır (Anonim, 2019).

3.1.5. Sulakyurt baraj havzası özellikleri

Sulakyurt barajı Taretözü deresi üzerinde kurulu olan bir barajdır. Yapımına 2012 yılında başlanmış olup, 2015 yılında tamamlanmış ve 2016 yılında ise hizmete girmiştir. Kret uzunluğu 405 metre, temelden yüksekliği 51 metredir. Sulama amaçlı inşaa edilmiştir. 43.80 milyon m³ su biriktirme hacmine sahiptir. Baraj yüksek basınçlı borulu sistem ile 25 690 dekarlık zirai araziyi suyla buluşturmaktadır. Toprak dolgu baraj olarak yapılmıştır (Anonim, 2021). Yöre halkı aynı zamanda sulama imkânının yanında balık tutma ve sosyal etkinlik amaçlıda barajdan faydalanmaktadır.

3.2. Yöntem

Araştırma büro, arazi ve değerlendirme çalışmaları olmak üzere 3 aşamada yürütülmüştür. Çalışmanın şekillenebilmesi için literatür taraması yapılmıştır. Ayrıca ilgili kurumların çalışma alanına ait verileri kullanılmıştır (Orman İşletme Müdürlüğü, Meteoroloji Müdürlüğü, Doğa Koruma Milli Parklar Genel Müdürlüğü vb.).

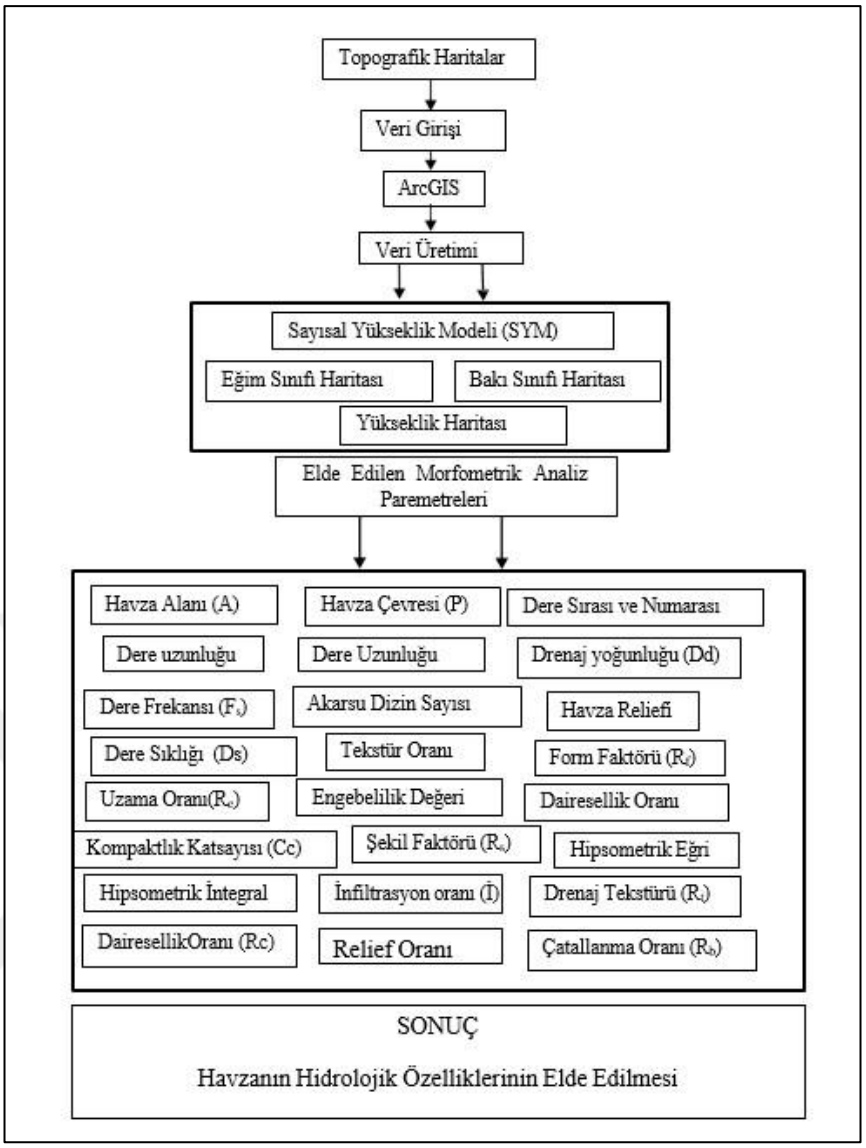
Çalışmaya başlamadan önce havza alanın belirlenmesi için Kırıkkale Orman İşletme Müdürlüğü Sulakyurt Orman İşletme Şefliğinden harita altlıkları oluşturulması için DEM (Dijital Elevation Model) verileri elde edilmiştir. Sonrasında analiz edilerek sayısallaştırılma işlemi yapılmıştır. Araştırma alanının CBS üzerinden ArcGIS 10.6 programı kullanılarak SYM haritası elde edilmiştir. 1/25 000 ölçekli topografik haritalardan elde edilen sayısal yükseklik modelinden; yükseklik, eğim, bakı ve arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca mevcut sayısal yükselti modelinden ArcHydro yazılımı ile havzalara ait drenaj ağı, dere uzunlukları ve alt havzalar elde edilmiştir.

Araştırmada Sulakyurt baraj gölü havzasının drenaj ağı ve topografik özelliklerine ait parametreler incelenmiştir. SYM kullanılarak Çizelge 3.4'teki işlem adımları izlenmiş ve havzanın ana ve alt havza su ayrım çizgileri elde edilmiştir (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7). Havzanın morfometrik özelliklerine ait veri alt yapısı (akarsu ağı karakteristikleri, arazi kullanım durumu, havza uzunluğu, havza alanı, çatallanma oranı, yükselti, eğim, bakı vb.) oluşturulmuştur. Havzaya ait alansal, çizgisel ve relief morfometrisi özelliklerinin büyük bölümü Çizelge 3.4'te belirtilen yöntemlerle belirlenmiştir (Karadeniz, 2019; Dursun, 2022).

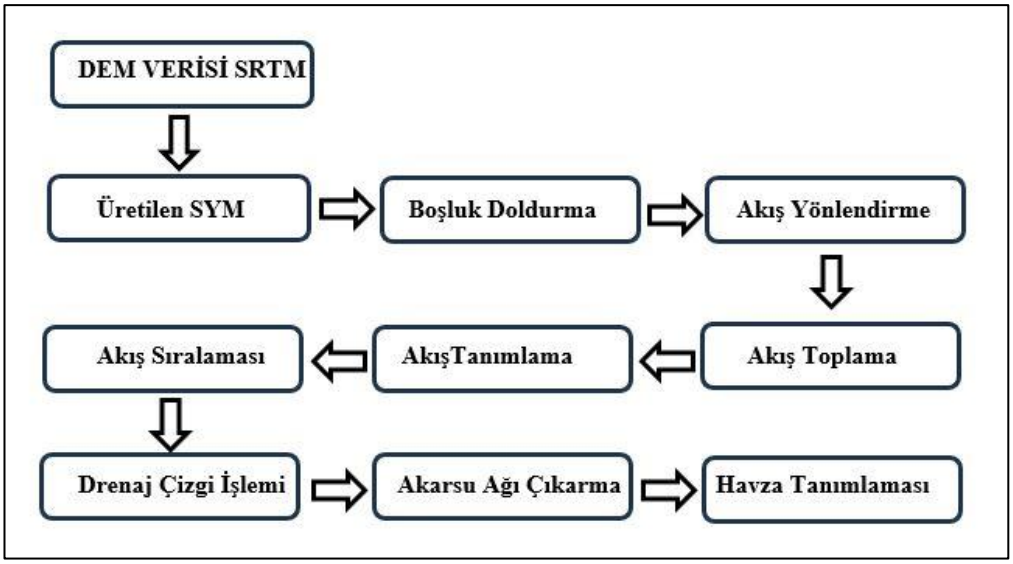
Çizelge 3.4. Havzaya ait bazı morfometrik parametreler

Çizgisel Mofrometri			
Morfometrik Parametreler	**Formül**	**Birim**	**Kaynaklar**
Dere Sayısı	Nu	Adet	(Strahler, 1964)
Akarsu Dizin sayısı	Nu	Adet	(Strahler, 1964)
Dere Uzunluğu	Lu	km	(Horton, 1932)
Çatallanma Oranı	Rb= Nu/N(u+1)		(Sreedevi vd., 2013)
Alansal Mofrometri			
Havza Alanı	A	ha	
Havza Uzunluğu	L	km	
Havza Genişliği	B	km	
Drenaj Yoğunluğu	Dd= ΣLu/A	km.km-2	(Verstappen, 1983)
Dere Sıklığı	Fs= Nu/A	Adet.km-2	(Horton, 1932)
Form Faktörü	Rf= A/L2		(Obi Reddy vd., 2004)
Relief Mofrometrisi			
Maksimum Havza Reliyefi	Bh= Hmax - Hmin	m	(Özhan, 2004)
Relief Oranı	Rh= H/L		(Özhan, 2004)
Engebelilik Değeri	Rn= BhxDd		(Schumm, 1956)

NOT: A- havza alanı, Rf - form faktörü, L- havza uzunluğu, P- havzanın çevresi, Rb- çatallanma oranı, Nu- toplam dere sayısı, N(u+1) - Bir sonraki üst dere sayısı, D- drenaj yoğunluğu, Km- Kilometre, Ha- Hektar



Şekil 3.6. Sayısal yükseklik modeli ile morfometrik analiz akış şeması



Şekil 3.7. Akarsu ağı ve havza sınırı tespiti akış çizelgesi

4. BULGULAR

Bu çalışma çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisi şeklinde 3 gruba ayrılmıştır ve toplam 30 morfometrik parametrenin değerlendirilmesine yer verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Sulakyurt baraj gölü havzasının morfometrik parametre sonuçları

Parametre	Açılımı	Birimi/Formül	Değeri
Nu	Akarsu dizinindeki toplam kol sayısı	adet	50
N(u+1)	Bir üst akarsu dizinindeki toplam kol sayısı	adet	
	1. mertebeden dere sayısı	adet	30
	2. mertebeden dere sayısı	adet	16
	3. mertebeden dere sayısı	adet	3
	4. mertebeden dere sayısı	adet	1
N	Toplam dizin sayısı	adet	4
Lu	Dere uzunluğu	km	
	1	km	68.7
	2	Km	35.7
	3	Km	7.6
	4	Km	31.3
A	Havza alanı	Ha	37988.4
L	Havza uzunluğu	Km	29.6
P	Havza çevresi	Km	119.3
Lb	Maksimum havza uzunluğu	Km	30.88
Hmax	Havzanın en yüksek noktası	M	1375
Hmin	Havzanın en düşük noktası	M	750
H	Ortalama havza yüksekliği	M	1057
H	Rölatif yükseklik		625
B	Havza genişliği	Km	21.5
ΣL	Toplam drenaj uzunluğu	Km	143.3
Rb	Çatallanma oranı	Rb= Nu/N(u+1)	3.4
Dd	Drenaj yoğunluğu	Dd = ∑L / A	0.38
Fs	Dere sıklığı	Fs= Nu/A	0.13
Rf	Form faktörü	Rf = A/L²	0.43
Rs	Şekil faktörü	Rs = L²/A	2.31
Rc	Dairesellik oranı	Rc=4π*A/P²	0.34
Re	Uzama oranı	Re=2/Lb*A/π½	0.74
Cc	Kompaktlık katsayısı	Cc=0,2821P/$A^{0.5}$	1.73
Rt	Drenaj tekstürü	Rt=Nu/A	0.13
T	Tekstür oranı	T=Nu1/P	0.42
Bh	Havza reliefi	Bh=Hmax-Hmin	625
Lo	Yüzeysel akış uzunluğu	Lo= 1/2Dd	1.31
Rh	Relief oranı	Rh=H/Lb	0.02
Rn	Engebelilik değeri	Rn=Dd*Bh	0.23
Hi	Hipsometrik integral	Hi=H-Hmin/Hmax-Hmin	0.49
İ	İnfiltrasyon oranı	İ=Dd*Fs	0.05

4.1. Çizgisel Morfometri

Çizgisel morfometri, havzaların drenaj ağlarında yer alan çizgisel şekillerin incelenmesi ve yorumlanmasına dayalı bir yöntemdir (Özdemir, 2011). Havzanın çizgisel morfometrisi kapsamında; dere sırası, akarsu dizin sayısı, dere uzunluğu, çatallanma oranı, uzunluk oranı ve tekstür oranı gibi parametreler üzerinde analizler yapılmış ve elde edilen bulgulara dayanarak, havzanın taşkın oluşturma potansiyeli değerlendirilmiştir.

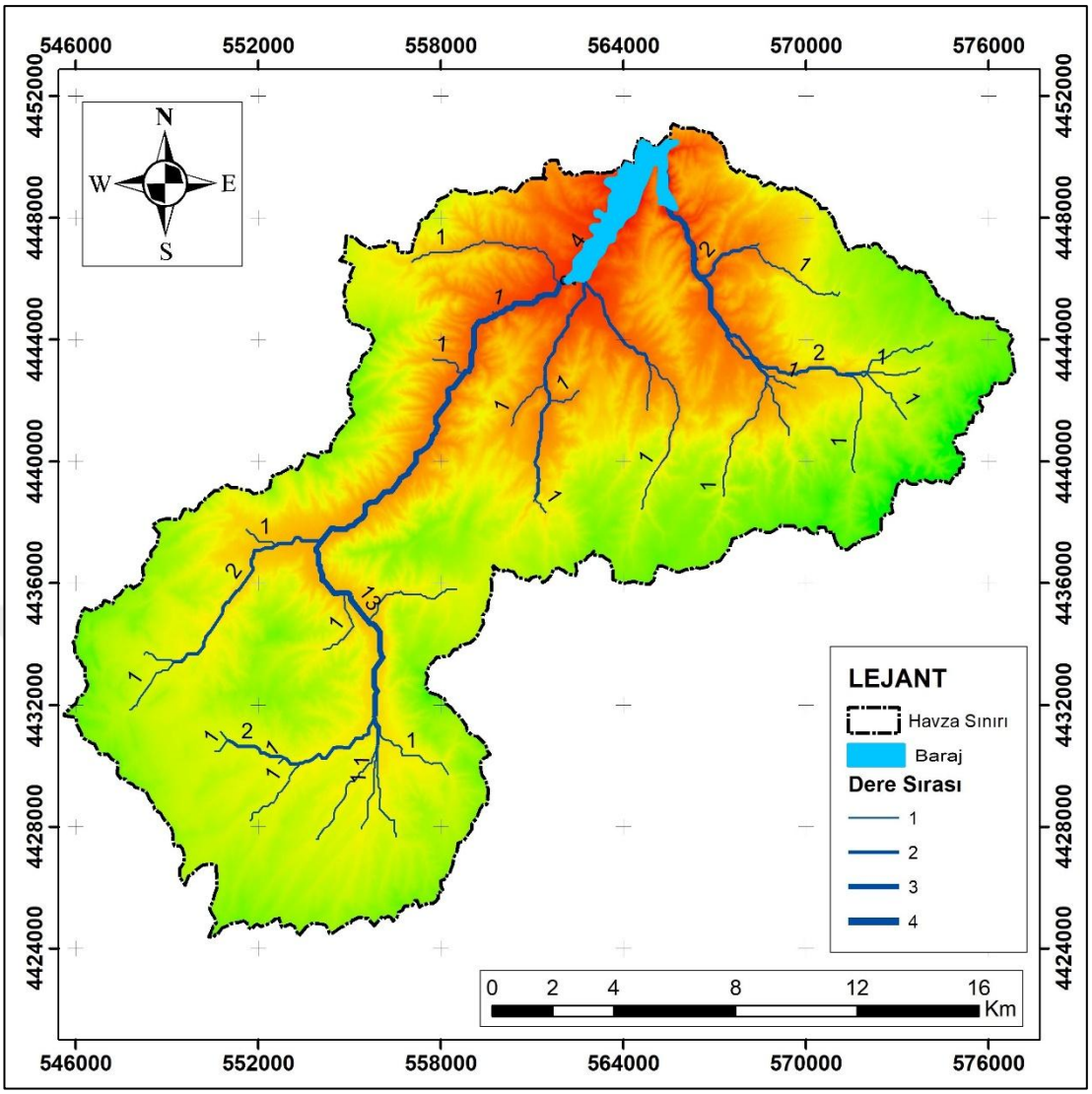
4.1.1. Dere sırası ve sayısı

Morfometrik analizin ilk belirlenen parametrelerinden biri olan dere sırası ve sayısında gözlemlenen temel kural; toplam dere sırasının arttıkça, toplam dere sırası sayısının azaldığıdır (Horton, 1945; Strahler, 1964; Farhan vd., 2017; Rai vd., 2018).

Havza analizlerinde, dere derecelendirilme işi yapılması gereken ilk adımdır. Bu nedenledir ki dereler, kaynaklardan başlayarak derecelendirilir. Bunun için havzaların drenaj haritalarının çizilmesi gereklidir. Bu çalışmada dere sınıflandırması Strahler'in ortaya koyduğu sisteme göre derecelendirilmiştir (Strahler, 1957). Bu metot pratikte daha fazla kullanılmakta olup sıralama her bir akarsu kolu için yapılmaktadır. Strahler'in ortaya koyduğu sisteme göre, harita ölçeğinin artması ile bütün dere derecelendirmelerinin belli bir sabit ile artacağı bulunmuştur.

Strahler'e göre, en küçük ve bölünmemiş dereler 1. sırada yer alırken, birinci sıradaki derelerin birleştiği noktada oluşan dereler 2. sırayı, ikinci sıradaki derelerin birleşim noktalarındaki dereler ise 3. sırayı oluşturur. Bu sistem, derelerin birleşme sırasına göre devam eder ve ana dere, bu sıralama içinde en yüksek sayıyı temsil eder (Özhan, 2004).

Sulakyurt baraj gölü havzası toplam 4 akarsu dizini ve buna bağlı olarak 50 dere sayısına sahiptir. 1. derece dere sırası 30 adet, 2. derece dere sırası 16 adet, 3. derece dere sırası 3 adet ve 4. dereceden de 1 adet dere sırası bulunmuştur. Havza içinde en büyük paya sahip dere sırası 1 ve en düşük paya sahip dere sırası ise 4. derecedeki derelerdir (Şekil 4.1).



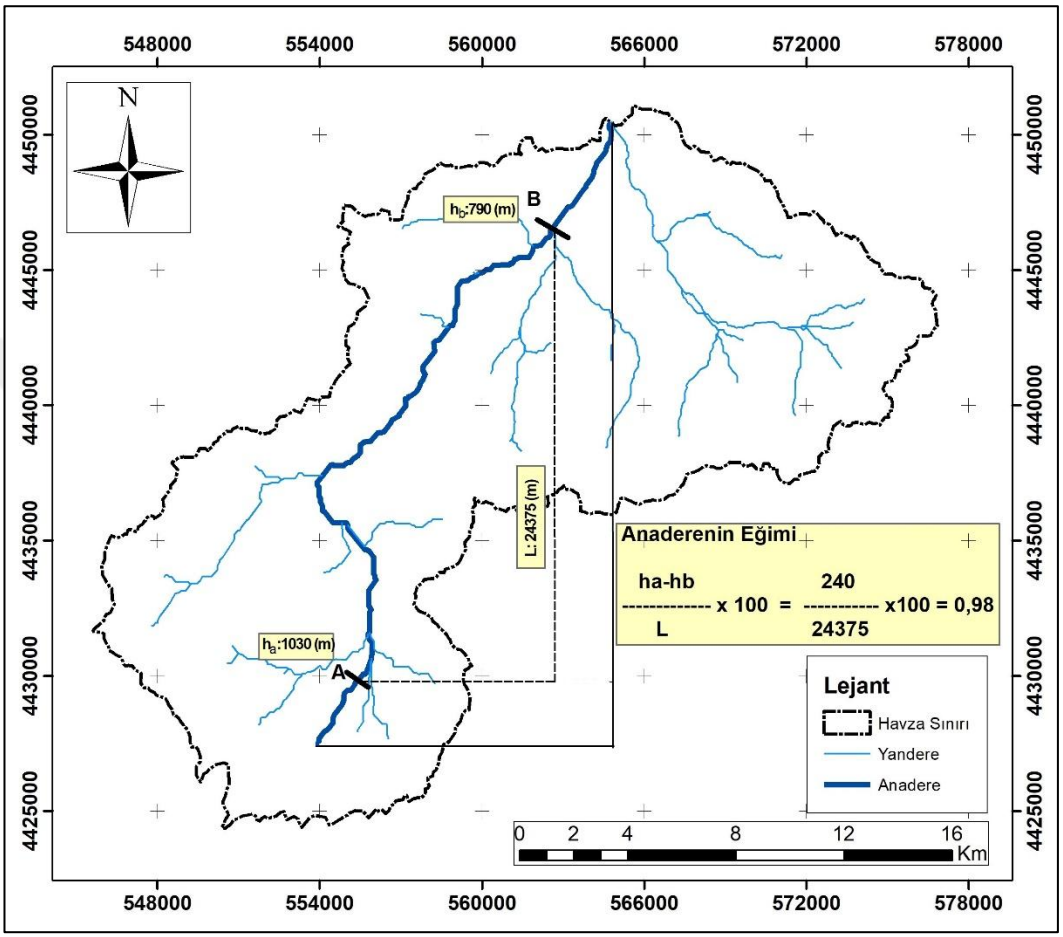
Şekil 4.1. Sulakyurt baraj gölü havzasının strahler yöntemine göre dere dizilimi

4.1.2. Dere uzunluğu

Dere uzunluğu (Lu), bir akışın kaynağından drenaj bölgesine kadar olan mesafeyi ifade eder. Bu parametre, drenaj şebekesinin elemanlarının özelliklerini ve havza yüzeylerini anlamak için önemli bir boyut ölçüsüdür. Horton'un dere uzunluğu kanunu, dere sırasının arttıkça havzaların genel yapısında geometrik benzerliğin ve düzenin korunduğunu öne süren bir teoriye dayanır (Strahler, 1964).

Sulakyurt baraj gölü havzasında 4. dereceye kadar çıkan 50 adet kuru ve sulu dere bulunmakta ve toplam uzunlukları 143.3 km'dir. Ana derenin eğimi %0.98 bulunmuştur (Şekil 4.2). Havza form faktörü ve şekil faktörü hesaplamaları neticesinde elde edilen değerler sonucu uzunlamasına bir havzadır. Havza

uzunlamasına yapıda olduğu ve ana dere eğimi düşük olduğu için ana dere yükünün ani artma ihtimali düşük olduğundan sel riski de düşüktür. Havza mansabında Sulakyurt barajı inşa edildiğinden taşkın riski de düşüktür. Havzanın dere sırasının 4. dereceye kadar çıkması dere uzunluğunun düşük olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.2. Sulakyurt baraj gölü havzası ana dere eğimini gösterir harita

4.1.3. Çatallanma oranı

Çatallanma oranı (Rb) Horton tarafından geliştirilen, Strahler akarsu dizin metodunu kullanan bir morfometrik orandır (Horton, 1932; Strahler, 1957; Pike vd., 2009). Rb değeri her dizin için ayrı ayrı hesaplanır. Tüm dizinler arası Rb değerlerinin ortalaması ise havzaların çatallanma oranı değerini verir (Horton, 1945; Schumm, 1956).

Horton'un akarsu dizin numaraları yasasına göre, ideal bir havzanın akarsu dizin değeri (Rb) 3 olmalıdır (Horton, 1945; Scheidegger, 1968). Ayrıca, genel olarak Rb

değeri 3 ile 5 arasında olan havzaların jeolojik yapılarının daha homojen olduğu gözlemlenmektedir (Verstappen, 1983; Ritter vd., 2002; Özdemir, 2011).

Sulakyurt Baraj Gölü Havzasının çatallanma oranı 3.4'dür. Havzada derelerin çatallanma oranı 1. ve 2. dereceden derelerde 3. ve 4. derece derelere göre daha yüksek orandadır. Bu sebeple homojen bir jeolojik yapıya sahip değildir. Birçok araştırmacıya göre değerlerin bu şekilde çıkması erozyonun bir göstergesi olarak (Verstappen, 1983; Sreedevi vd., 2013; Magesh ve Chandrasekar, 2014) ifade edilmektedir. Bundan dolayı göl havzasının erozyona uğrama eğilimi çok düşük seviyede değildir.

4.1.4. Tekstür oranı

Tekstür oranı (T), bir akarsu ağındaki 1. dizindeki akarsuların sayısının havzanın çevresine oranını ifade etmektedir. Nu1 birinci dizindeki akarsuları ifade ederken P havzanın çevresinin uzunluğu (km olarak) olarak tanımlanmıştır (Horton, 1945). Başka bir deyişle; tekstür oranı, havzadaki birinci dereceli akarsuların toplam sayısının, havza çevresinin uzunluğuna oranı olarak tanımlanır (Denklem 4.1). Bu oran, yüzeysel akışın miktarı ve hızı hakkında bilgi sağlar (Farhan vd., 2017). Tekstür oranının azalışı, havzanın litolojik yapısı ile bağlantılı olarak akarsu sıklığının ve taşkın hassasiyetinin de azalışını ifade edebilmektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019).

$$T = Nu1 * \left(\frac{1}{P}\right) \tag{4.1}$$

T: Tekstür oranı, Nu1: 1. dizinlerin toplam sayısı, P: Havzanın çevre uzunluğu

Sulakyurt baraj gölü havzasının tekstür oranı 0.42'dir. Tekstür oranları 1. mertebeden dizinler toplamı için 0.25, 2. mertebeden dizinler toplamı için 0.13, 3. mertebeden dizinler toplamı 0.025 ve 4. mertebeden dizinler toplamı için 0.008 bulunmuştur. Bu oranlar havzanın tekstür yapısının çok kaba olduğunu göstermektedir. Smith (1950)'e göre teksür oranı < 2 ise çok kaba, 2 ve 4 arası ise kaba, 4 ve 6 arası ise orta, 6 ve 8 arası ise ince ve 8'den daha yüksek çıkması durumundaysa çok ince drenaj yapısına sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum havzadaki su geçirgenliğinin yüksek seviyede olduğu şeklinde yorumlanabilir.

4.1.5. Yüzeysel akış uzunluğu

Yüzeysel akış uzunluğu (Lo), seyelan şeklinde akan suyun akarsu vadilerinde çizgisel akışa geçmeden önceki mesafesini ifade eder (Denklem 4.2). Havzaların drenaj yoğunluğuna bağlı olarak bu parametre, yüzeysel erozyonu etkileyen faktörler arasındaki ilişkiyi ortaya koymada önemli bir rol oynar. Yüksek Lo değeri, seyelan şeklinde akan su miktarının da yüksek olduğunu gösterir (Horton, 1945). Ayrıca, drenaj yoğunluğu ile yüzeysel akış arasında bir ilişki bulunmakta olup, bu iki parametre birbirini etkileyebilir.

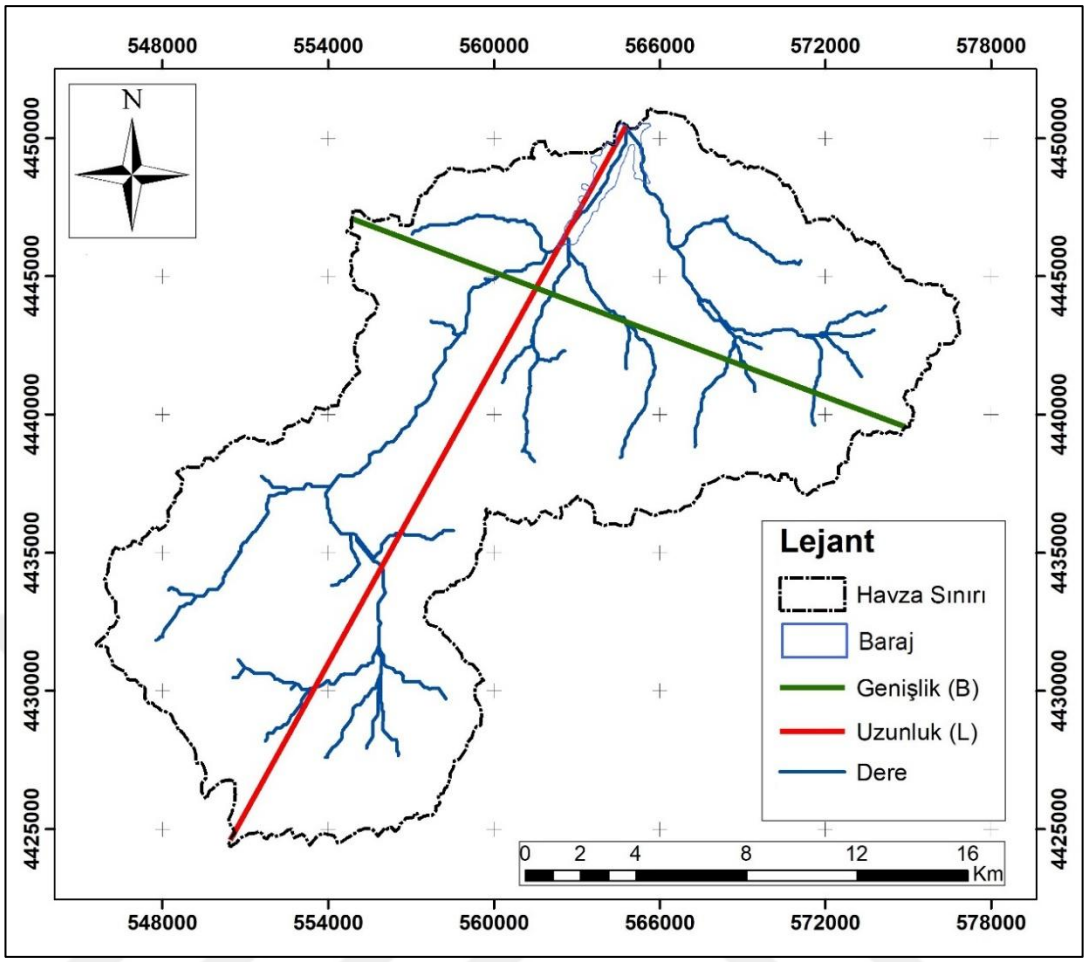
$$Lo = \frac{1}{2Dd} \tag{4.2}$$

Lo: Yüzeysel akış uzunluğu, Dd: drenaj yoğunluğu.

Sulakyurt baraj gölü havzasının yüzeysel akış uzunluğu 1.31'dir. Yüzeysel akış uzunluğu, drenaj yoğunluğu ile ters orantılı olduğu için, çizgisel akışın az olduğu havzalarda yüksek değerler gözlemlenir. Bu tür havzalar genellikle dairesel bir şekle sahip olma eğilimindedir (Özdemir, 2011). Araştırma havzasında yüzeysel akış uzunluğu değerinin düşük çıkması havzanın uzunlamasına şekli olduğunu göstermektedir. Ayrıca yüzeysel akış uzunluğu değeri düşük olduğu için havzada çizgisel akışın fazla olduğu söylenebilir.

4.2. Alansal Morfometri

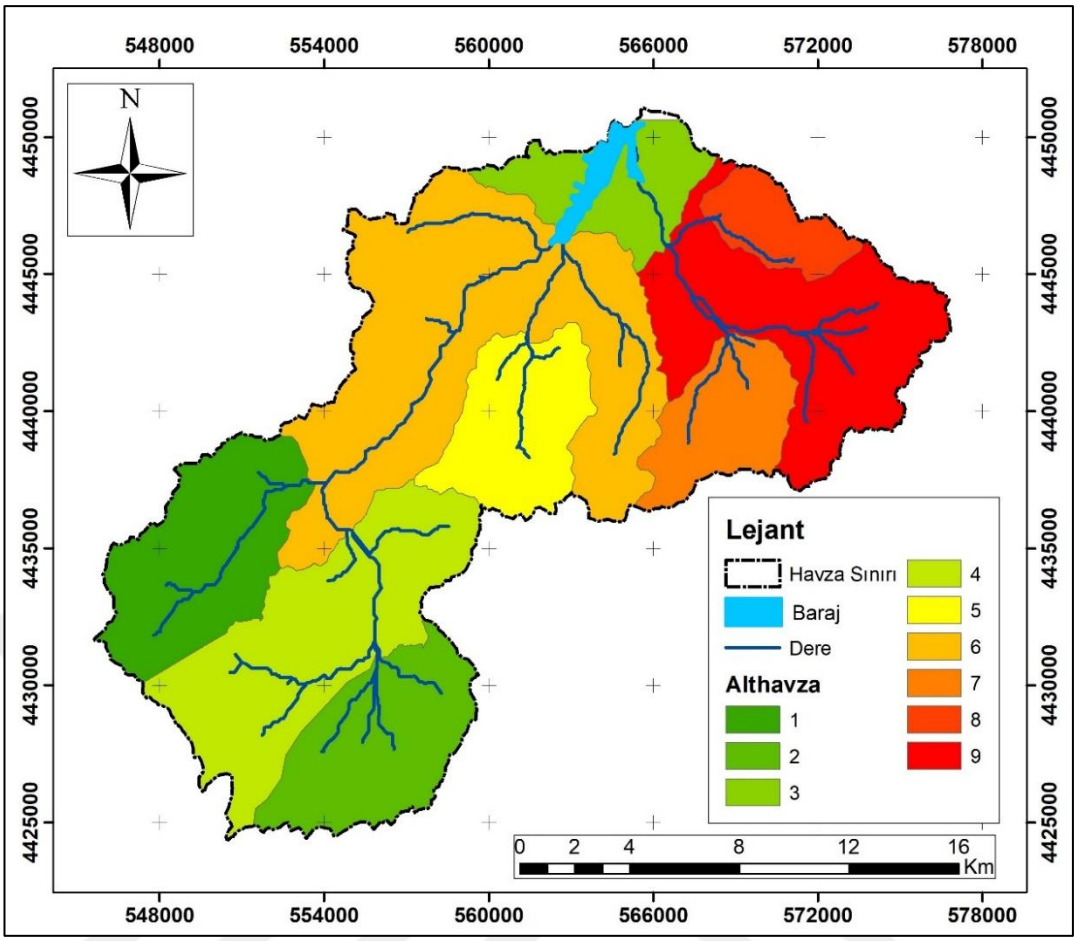
Alansal morfometri, havzaların drenaj ağı gelişimi ile geometrik özellikleri arasındaki ilişkiyi tanımlar. Bu kapsamda uygulanan parametrelerin sonuçları, havzanın uzunlamasına mı yoksa dairesel bir şekle mi sahip olduğu hakkında bilgi edinmemizi sağlar (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Sulakyurt baraj gölü havzası genişlik ve uzunluk haritası

4.2.1. Havzanın alanı

Havza sınırı havza alanının bütünündeki drenaj ağlarını besleyen kanallara ait alt havzalarla belirlenebildiği gibi havza sınırındaki herhangi bir noktaya göre de belirlenebilir (Akkaya vd., 2004). Havza alanının (A) büyüklüğü veya küçüklüğü, havzadaki akış durumu ve erozyon süreçleri üzerinde doğrudan belirleyici bir etkiye sahiptir (Kutukcu vd., 2015) (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.4). Çalışma havzasının toplam alanı 37 988.4 ha'dır.



Şekil 4.4. Sulakyurt baraj gölü havzası alt havzalarını gösterir harita

Çizelge 4.2. Sulakyurt baraj gölü havzası alt havzalar dağılımı

Althavza No	**Çevre (km)**	**Alan (km^2)**
1	30.6	40.7
2	29.7	35.5
3	26.9	24.6
4	50.7	95.7
5	25.5	28.8
6	72.4	99.1
7	22.5	22.2
8	16.7	12.6
9	51.3	55.6

4.2.2. Havza uzunluk oranı

Havza uzunluk oranı (Re), akarsu drenaj havzasının şeklini tanımlar (Schumm, 1956). Havza ile ilgili verilerin eksik olduğu durumlarda, bu oran, havza şekli hakkında akarsu akışlarıyla ilgili tahminler yapılmasına olanak sağlar (Bağdatlı ve Öztürk, 2014). Havza uzunluk oranının formülü, havza alanıyla aynı büyüklüğe sahip bir

dairenin çapı ile havza uzunluğu (Lb) arasındaki oranı ifade eder (Schumm, 1956) (Denklem 4.3). Bu oran, havzanın dar ya da geniş olduğunu gösteren bir parametredir (Aydın, 2009). Uzama oranı, havzanın infiltrasyon kapasitesi ve yüzeysel akışı hakkında bilgi verir. Bu oran 1'e yaklaştığında, havzanın dairesel bir şekle sahip olduğunu gösterir (Biswas vd., 1999). Düşük değerler, yüksek geçirgenliğe ve düşük yüzeysel akışa sahip havzaları; yüksek değerler ise eroziv faaliyetlerin ve sediment taşınımının fazla olduğu havzaları (Obi Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011) işaret etmektedir.

$$Re = \frac{2}{Lb} * \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0.5} \quad (4.3)$$

Re: Havza uzunluk oranı, Lb: Havza uzunluğu, A: Havza alanı, π: Pi sayısı (3.14).

Strahler (1957), uzama oranının; farklı iklim ve jeolojik yapılarda 0.6 ile 1.0 arasında değiştiğini belirtmektedir. Araştırmacıya göre, havzanın eğimlerinin farklılık göstermesi nedeniyle uzama oranı değeri şu şekilde sınıflandırılabilir: dairesel havzalar (0.9-1.0), oval havzalar (0.8-0.9), orta derecede uzamış havzalar (0.7-0.8), uzun havzalar (0.5-0.7) ve çok uzun havzalar (<0.5).

Sulakyurt baraj gölü havzasında uzunluk oranı 0.73 olarak hesaplanmıştır (Denklem 4.3). Bu değerle havza orta derecede uzamış havzalar sınıfına girmektedir. Bu durum havzada erozyon ve sediment taşınımı riskinin yüksek olduğunu göstermektedir.

4.2.3. Dere sıklığı

Dere sıklığı (Fs), bir kilometrekareye düşen akarsu dizin sayısını ifade eder. Havzalarda yüksek Fs değerleri; geçirgen olmayan zemin yapıları, seyrek bitki örtüsü ve yüksek rölyef özelliklerini gösterirken; düşük Fs değerleri geçirgen zemin yapıları, sık bitki örtüsü ve homojen rölyef özelliklerini ortaya koyar (Özdemir, 2007; Görür Erol ve Karadeniz, 2018). Diğer bir deyişle dere sıklığı; havza içindeki toplam akarsu dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle hesaplanır (Horton, 1945).

Sulakyurt baraj gölü havzasının dere sıklığı 0.13 adet/km²'dir. Alt havzalardaki dere sıklığı değerleri H1'de 0.07, H2'de 0.04, H3'de 0.007 ve H4'de 0.002'dir. Dere sıklığı değerlerinin düşük olması havzanın geçirgen arazi yapısı özellikleri ve alçak topografya özelliklerini taşıdığını göstermektedir (Pawar-Patil ve Mali, 2013; Görür Erol ve Karadeniz, 2018).

4.2.4. Drenaj yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu (Dd), tüm mertebelerdeki akarsuların toplam uzunluğunun (Lu), havza alanına (A) oranı olarak tanımlanan bir parametredir. Drenaj yoğunluğu hesaplanırken, bir akarsu havzasındaki maksimum yağışlarda yatağa ulaşan suyu taşıyan tüm vadilerin toplam uzunluğu dikkate alınır (Özdemir, 2011). Başka bir deyişle drenaj yoğunluğu; her 1 km²'ye düşen ortalama akarsu uzunluğu olarak ifade edilebilir (Özhan, 2004).

Sulakyurt baraj gölü havzasının drenaj yoğunluğu 0.38 km/km² hesaplanmıştır. Alt havzalar bazında yapılan hesaplamalarda ise drenaj yoğunluğu 1. alt havza için 0.03, 2. alt havza için 0.03, 3. alt havza için 0.02, 4. alt havza için 0.06, 5. alt havza için 0.02, 6. alt havza için 0.10, 7. alt havza için 0.02, 8. alt havza için 0.01 ve 9. alt havza için 0.06 bulunmuştur. Drenaj yoğunluğunun fazla olduğu havzalarda taşkın potansiyeli yüksektir (Farhan vd., 2017). Drenaj yoğunluğu değeri havza alanındaki litoloji, iklim, bitki örtüsü ve topografya ile yakından ilişkilidir. Drenaj yoğunluğu değerinin düşük olması bir havzada suların yer altına sızdığı geçirimli- sahaları yani akışa geçen su miktarının kayba uğradığını ifade etmektedir. Bu tür alanlarda akarsu sıklığının düşüklüğü söz konusudur (Horton, 1932, 1945; Verstappen, 1983). Buna göre Dd değeri 0-2 arasında olduğu için havzanın toprak geçirgenliğinin yüksek olduğu söylenebilir.

4.2.5. Dairesellik oranı

Dairesellik oranı (Rc), havzanın şeklini belirlemek için kullanılan bir parametredir. Havza alanının havza çevre uzunluğuna sahip bir dairenin alanına oranı ile bulunur (Denklem 4.4) (Yılmaz, 2010). Çeşitli iklim ve jeolojik özellikler gösteren bölgelerde, bu oran 0.6 ile 1.0 arasında değişiklik göstermektedir. Oranın 1 olması, genellikle

alçak topoğrafyayı temsil eder. Ancak 0.6-0.8 arasındaki değerler, genellikle dik ve sarp bir topografik durumu işaret eder (Balcı ve Özyuvacı, 1988).

$$Rc = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (4.4)$$

Rc: Dairesellik oranı, A: Alan, P: Havzanın çevresi,

Sulakyurt baraj gölü havzasının dairesellik oranı 0.34'tür. Dairesellik oranı 1'e eşit olduğunda, havza tam olarak dairesel bir şekle sahiptir. Bu oran 1'den uzaklaştıkça, havzanın şekli dairesel görünümünden uzaklaşır ve daha düzensiz şekiller alır (Öztürk vd., 2015). Havzanın dairesellik oranı düşük olduğu için havza uzunlamasına bir havzadır ve taşkın olasılığı düşüktür şeklinde değerlendirilebilir. Yüksek Rc değeri, dairesel bir havza yapısını ve yüksek taşkın riskini gösterirken, düşük Rc değeri ise uzunlamasına bir havza şeklini ve düşük taşkın riskini ifade etmektedir (Ward ve Robinson, 2000).

4.2.6. Form faktörü

Form Faktörü (Rf); havza genişliğinin havza uzunluğuna oranı ile hesaplanmaktadır (Özhan, 2004). Uzunlamasına şekle sahip havzalarda yüksek çatallanma oranı düşük fakat sürekli bir akıma yol açarken, dairesel şekilli havzalarda düşük çatallanma oranı akımın birden yükselip alçaldığı özelliklerin ortaya çıkmasına neden olur (Özdemir, 2011).

Sulakyurt baraj gölü havzasında form faktörü 0.43 bulunmuştur. Bu değerin 1'den küçük olması havza uzunluğunun havza genişliğinden büyük olduğunu göstermektedir. Form faktörü küçüldükçe havza şekli daha dar ve uzun kabul edilmektedir.

4.2.7. Şekil faktörü

Şekil faktörü (Rs), havza uzunluğunun karesinin havza alanına oranı ile hesaplanır (Özhan, 2004) (Denklem 4.5). Eğer bütün havza karakteristiklerinin eşit olduğu

varsayılırsa, küçük alana sahip havzalarda şekil faktörü büyük olacaktır. Aynı koşullar altında, havza uzunluğu azaldıkça şekil faktörü katsayısı da düşmektedir (Ediş, 2011).

$$Rs = \frac{L^2}{A} \tag{4.5}$$

Rs: Şekil Faktörü, L: Havza uzunluğu, A: Havza alanı

Sulakyurt baraj gölü havzasında şekil faktörü 2.31 bulunmuştur. Bu değer havzanın uzunlamasına bir şeklinin olduğunu göstermektedir. Çünkü şekil faktörünün 1'den büyük olması, havzanın uzunlamasına bir şekle sahip olduğunu, 1'den küçük olması ise havzanın dairesel bir şekil aldığını gösterir (Erol ve İlhan, 2011; Görür Erol ve Karadeniz, 2018).

4.2.8. Kompaktlık katsayısı

Havza çevresinin havza alanına sahip olan bir dairenin çevresine oranı ile bulunan değerdir (Denklem 4.6).

$$Cc = \frac{0.2821P}{A^{0.5}} \tag{4.6}$$

Cc: Kompaktlık katsayısı, P: havza çevresi, A: havza alanı

Sulakyurt baraj gölü havzasının kompaktlık katsayısı 1.73'tür. Bu değer havzanın daireden uzaklaşan, uzunlamasına bir durumda olduğunu göstermektedir. Kompaktlık katsayısının değeri arttıkça, havzanın şekli dairesellikten uzaklaşır ve daha düzensiz hale gelir (Özhan, 2004; Çokoyoğlu, 2008).

4.2.9. Drenaj tekstürü

Drenaj tekstürü; araştırma alanının jeolojik yapısını, infiltrasyon değeri ve alanın şekli ile ilgili fikir veren önemli parametrelerden biridir (Denklem 4.7) (Rai vd., 2018).

$$Rt = \frac{Nu}{A} \quad (4.7)$$

Rt: Drenaj Tekstürü, Nu: Havzadaki dizinlerin toplam sayısı, A: Havza alanı

Sulakyurt baraj gölü havzasının drenaj tekstürü 0.13'tür. Bu değere göre havzanın iri taneli tekstür yapısına sahip olduğu söylenebilir. Aynı zamanda geçirgen kayaçlardan oluşan, az eğimli, daha stabil bir arazi yapısının olduğunu göstermektedir. 2'den az drenaj tekstür değeri çok iri taneli, 2-4 arasında ise kaba tekstürlü, 4-6 aralığında ise orta tekstürlü, 6-8 aralığında ise de ince ve 8'den büyük olunca da çok ince tekstürlü olarak ifade edilir (Smith, 1950).

4.3. Rölyef (Relief) Morfometrisi

Rölyef morfometrisi havzaların drenaj koşulları ve rölyef özellikleri arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Rölyef morfometri indis sonuçlarına bakılarak havzanın topografik özelliklerinin ortaya çıkartacağı taşkın ihtimali belirlenmeye çalışılmıştır.

4.3.1. Havza rölyefi

Havza rölyefi (Bh), havzanın maksimum ve minimum yükseltisi arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Denklem 4.8) (Schumm, 1956).

$$Bh = H_{max} - H_{min} \quad (4.8)$$

Bh: Havza rölyefi, Hmax: Havzanın en yüksek noktası (m), Hmin: Havzanın en alçak noktası (m)

Sulakyurt baraj gölü havzasının havza rölyefi 625 m'dir. Bu değer sonucuna göre havza alanında erozyon sorunu düşük denebilir. Bir havzada rölyef ne kadar yüksekse, havza alanındaki erozyon o kadar güçlü olmaktadır (Patton, 1988). Havza rölyefi, akarsu ağının yapısı ve gelişimi, yüzeysel akış, akım toplanma süresi ve taşkın pik değerlerinin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Özdemir, 2011; Elbaşı ve Özdemir, 2018). Relief değeri arttıkça havzanın şeklinin daha sarp ve dik yamaçlar

ile dere yataklarının daha yüksek eğime sahip olduğu kabul edilmektedir. Bu durum maksimum havza reliefinin artmasıyla birlikte eğim oranının yükselmesi sonucu akım toplanma süresinin kısalmasına, buna bağlı olarakta taşkın piki değerlerinin artmasına yol açmaktadır (Özdemir, 2011).

4.3.2. Rölyef (Relief) oranı

Rölyef oranı (Rh); havzanın maksimum ve minimum yükseltisi arasındaki farkın, havzanın maksimum uzunluğuna oranı olarak tanımlanır (Schumm, 1956). Rölyef oranı su toplanma süresi, taşkın duyarlılığı ve havza litolojisinin homojenliği ile doğrudan ilişkilidir (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). Havzadaki rölyef koşulları, eğim özellikleri ve erozyon faaliyetleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Kaur vd., 2014).

Sulakyurt baraj gölü havzasının relief oranı 0.02'dir. Düşük relief oranı olan bu değer genellikle düzlük veya hafif eğimli arazilerde görülür. Bu tür arazilerde, yüzey eğimi düşüktür ve erozyon süreci yavaş ilerlemektedir. Alanın relief oranı düşük olduğu için havzanın düz ve hafif arazilerden oluştuğu ve erozyon seviyesinin düşük olduğu belirtilebilir. Mahala (2019)'a göre yüksek relief oranı, yüksek erozyon potansiyelini ve taşkın riskini ifade eder.

4.3.3. Engebelilik değeri

Engebelilik Değeri (Rn); bir arazinin yükselti farklarını belirten bir parametredir (Obi Reddy vd., 2004). Bu değer havzanın rölyef koşulları, drenaj yoğunluğu, erozyon potansiyeli ve litolojik yapısı hakkında önemli bilgiler sunar (Chitra vd., 2011).

Sulakyurt baraj gölü havzasının engebelilik değeri 0.23'tür. Bu değer arazi yapısının düz veya hafif eğimli, taşkın riskinin ise az olduğunu göstermektedir. Yüksek Rn değeri yüksek rölyef koşulları ve buna bağlı olarak yüksek taşkın olasılığını ifade ederken, düşük Rn değeri ise düşük rölyef koşulları ve düşük taşkın olasılığını göstermektedir (Jothimani vd., 2021).

4.3.4. Hipsometrik integral

Hipsometrik integral (Hi; hipsometrik indeks veya yükselti/ alan oranı) hipsometrik eğrinin altında kalan toplam alanı ifade etmektedir (Denklem 4.9) (Pike vd., 1971; Mayer, 1990).

$$Hi = H{-}Hmin\ /Hmax{-}Hmin \tag{4.9}$$

Hi: Hipsometrik integral, H: Ortalama havza yüksekliği, Hmin: Minimum havza yüksekliği, Hmax: Maksimum havza yüksekliği

Sulakyurt baraj gölü havzasının hipsometrik integral değeri 0.49 bulunmuştur. Bu değer, drenaj havzasının yükselti farkına rağmen akarsular tarafından aşındırıldığını ve bunun sonucunda genç bir topografyanın, kısmen ileri gençlik dönemine doğru geçiş yaptığını temsil etmektedir.

Hipsometrik integral değeri 0.6-1 arasında olan alanlar gençlik, 0.35-0.6 arasında olanlar olgunluk ve 0.3'ten daha düşük olanlar ise yaşlılık devresindeki arazileri temsil etmektedir (Mahalingam, 2012). Bu değerlerin yüksek veya düşük olması, havzanın aşınım süreçlerinin hangi aşamada olduğunu, yani aşındırma, taşıma veya biriktirme faaliyetlerinden hangisinin baskın olduğunu göstermektedir

4.3.5. İnfiltrasyon oranı

İnfiltrasyon oranı, drenaj yoğunluğu ile dere sıklığına bağlıdır (Denklem 4.10) (Ali ve Khan, 2013).

$$\text{İ} = Dd * Fs \tag{4.10}$$

İ: İnfiltrasyon oranı, Dd: Drenaj yoğunluğu, Fs: Dere sıklığı

Sulakyurt baraj gölü havzasının infiltrasyon oranı 0.05’tir. Bu değer havzada infiltrasyonun yüksek olduğunu göstermektedir. İnfiltrasyon oranı ne kadar yüksek olursa zemin yüzeyinden sızan su miktarı o kadar düşük olur ve yüzeysel akış daha yüksek olurken, infiltrasyon oranı ne kadar düşük olursa zemin tarafından emilen su

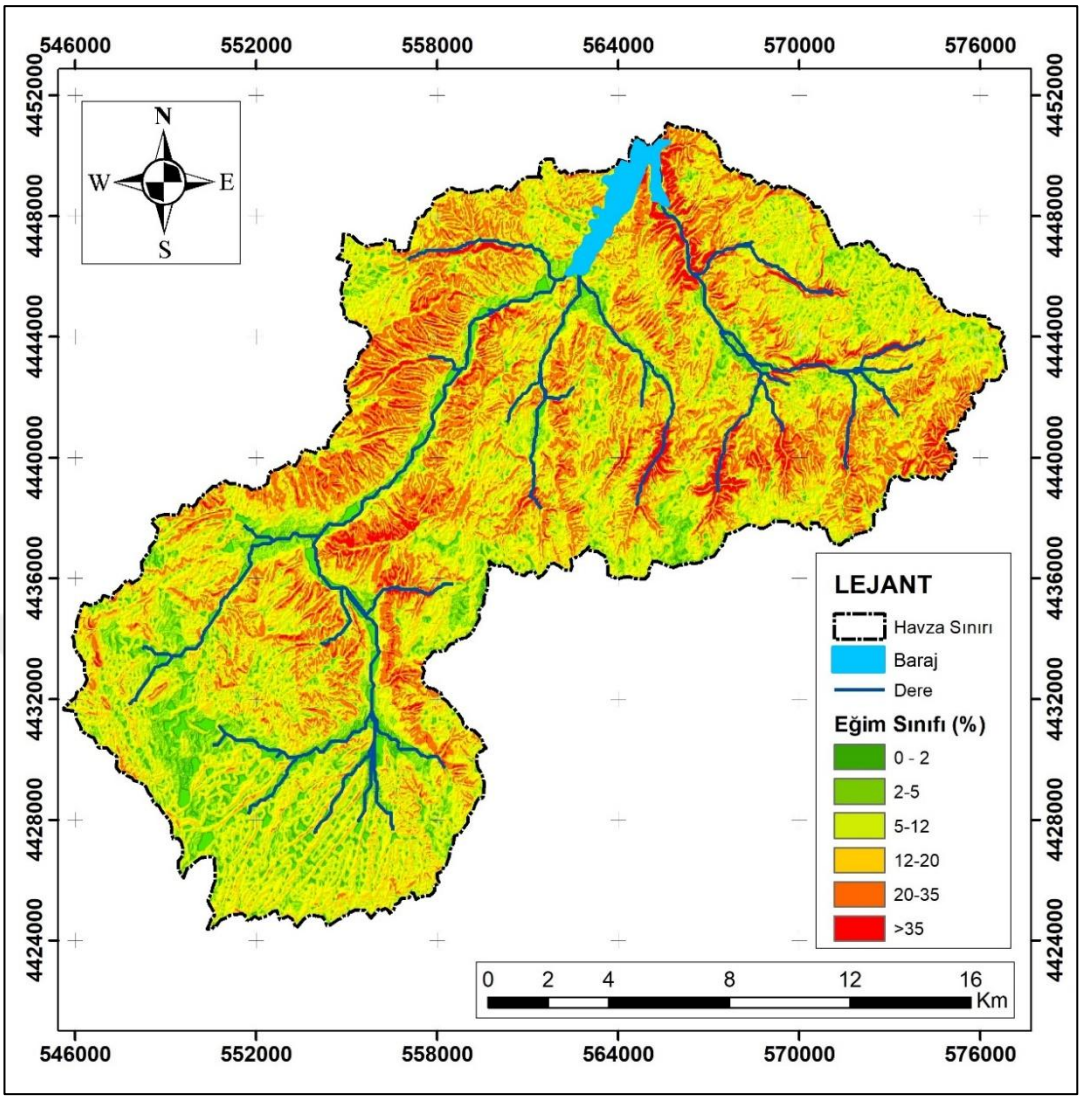
miktarı artar ve bu da yüzeysel akışın daha az olmasına neden olmaktadır (Pareta ve Pareta, 2011).

4.3.6. Eğim durumu

Havza eğimi eş yükselti eğrilerinin eğimlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanır. Havza eğimi özellikle heyelan ve taşkın gibi doğal afetlerin oluşumunda önemli bir rol oynar. Diğer havza karakteristikleri sabit kabul edilirse; eğimi yüksek olan havzalarda yağış sonrası suyun doğrudan yüzeysel akışa geçme olasılığı, eğimi düşük olan havzalara göre daha yüksektir. Bu durum, yağış sularının toprağa sızma oranlarının düşük olmasına yol açabilir (Bağdatlı ve Öztürk, 2014).

Eğim, taşkın ve heyelanların oluşumunda kritik bir faktördür. Eğimin yüksek olduğu alanlarda yağışla gelen suyun toprağa sızma oranı, eğimin düşük olduğu alanlara göre daha yavaş ve azdır. Bu nedenle suyun toprağa sızmadan doğrudan yüzeysel akışa katılması, yüzeysel akış miktarının artmasına neden olmaktadır (Ödeker ve Türkoğlu, 2020).

Sulakyurt baraj gölü havzasının eğim durumu haritası Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Sulakyurt baraj gölü havzası eğim haritası

Havzanın eğim dağılımında 0-2 derece eğim sınıfı toplam alanın %6.41'lik kısmını kaplarken, >35 derece eğim sınıfı ise toplam alanın %4.15'lik kısmını kapsamaktadır. En fazla alan kapsayan eğim grubu ise %32.19'luk bir alan ile 5-12 derece eğim grubudur (Çizelge 4.3).

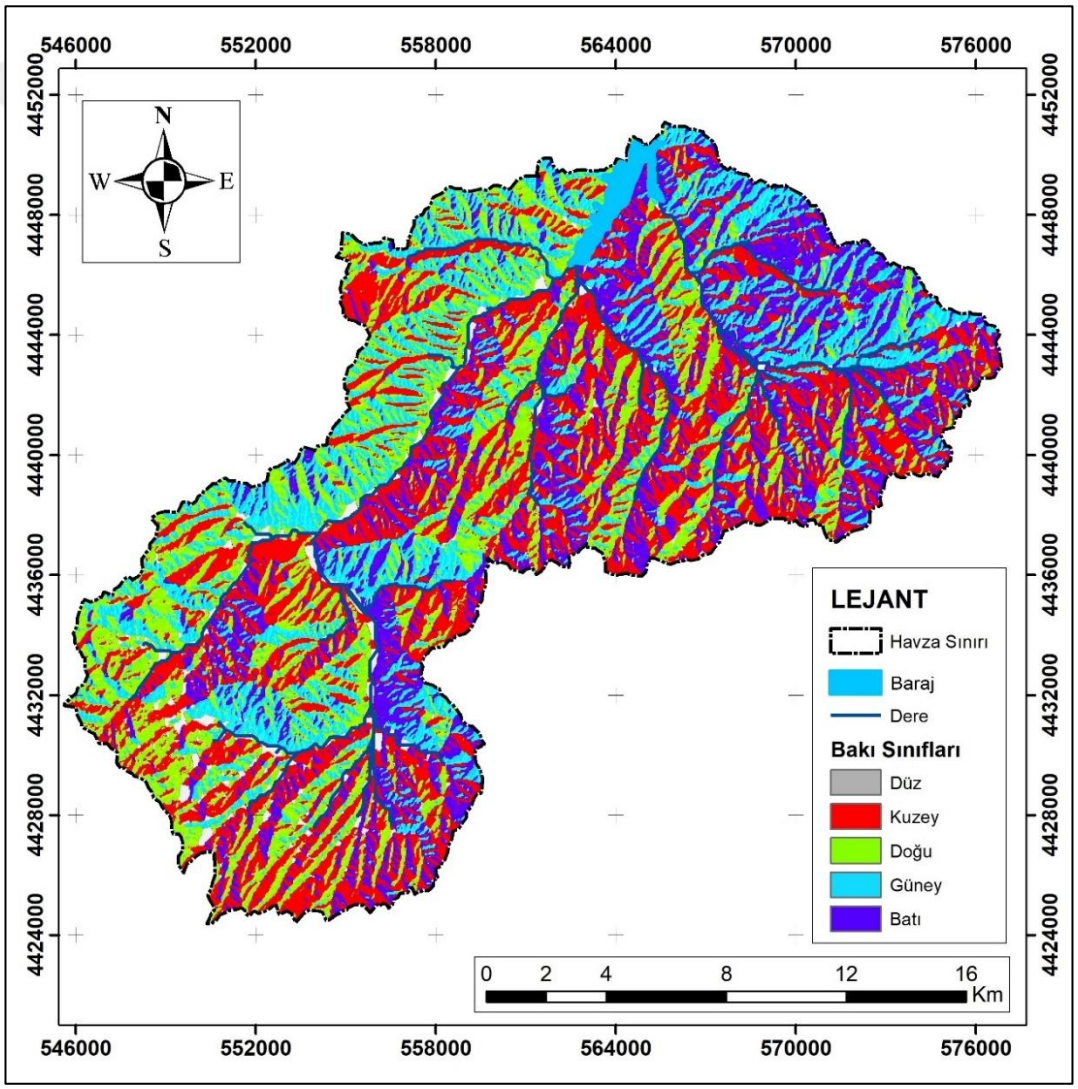
Çizelge 4.3. Sulakyurt baraj gölü havzası eğim dağılımı

Eğim Sınıfı (%)	**Alan (ha)**	**Alan (%)**
0-2	2433.9	6.41
2-5	4663.5	12.28
5-12	12230.2	32.19
12-20	9577.2	25.21
20-35	7504.8	19.76
>35	1578.4	4.15
Toplam	37988	100

4.3.7. Bakı durumu

Bakı, yüzeyin kuzeyle yaptığı coğrafi açı olarak tanımlanır ve yüzeyin 0°-360° arasında sıralanan pusula yönlerini ifade eder. Kuzey 0° olarak kabul edilir ve saat yönünde ilerlerken sırasıyla 90° doğu, 180° güney ve 270° batı yönlerini temsil eder. Eğim derecesi 0 olan düz alanlar ise -1 değeri ile ifade edilir (Ödeker ve Türkoğlu, 2020).

Sulakyurt baraj gölü havzasının bakı durumu haritası Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Sulakyurt baraj gölü havzası bakı haritası

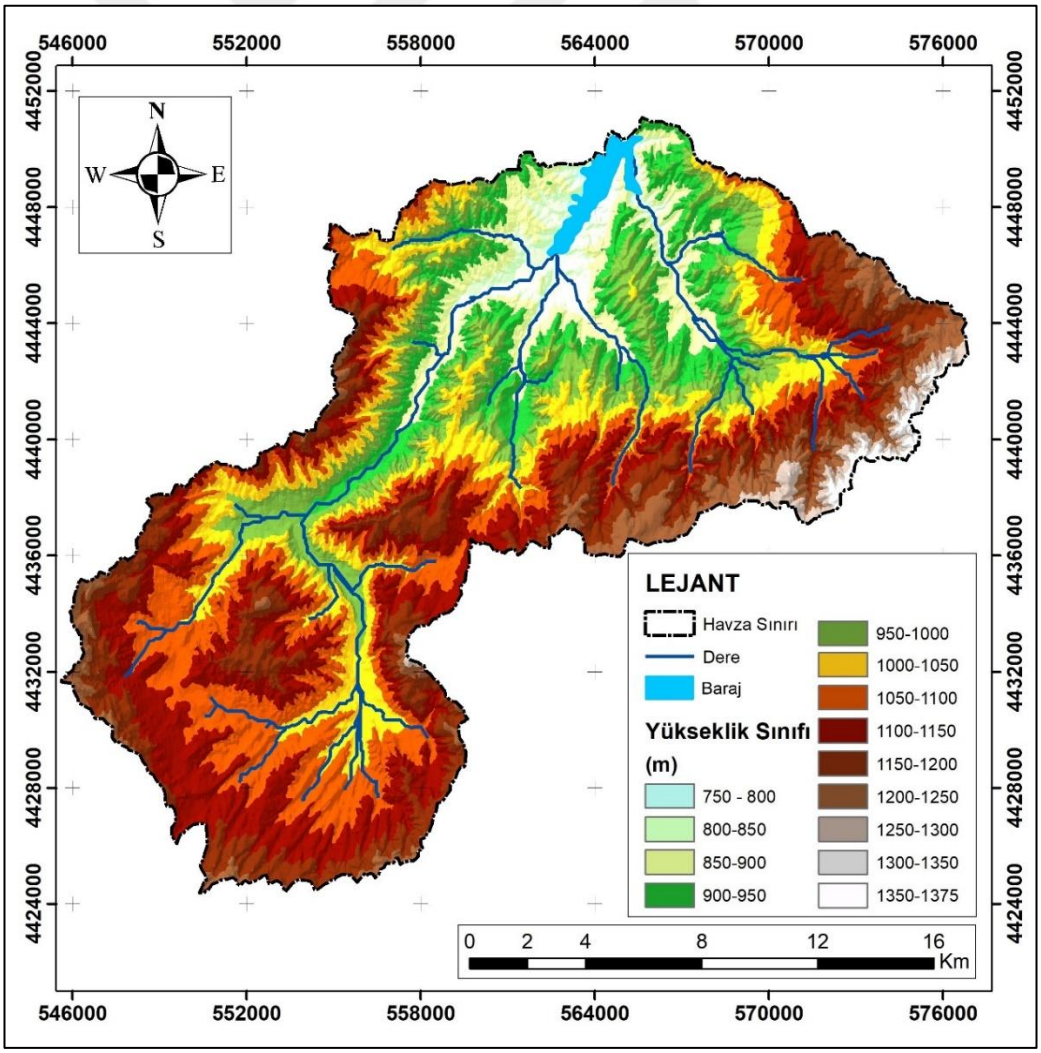
Havzanın genel bakı durumu %30.62'lik dilimle kuzey yönlüdür. En az alanın ise %2.95'lik kısım ile Düzey (düz alan) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Sulakyurt baraj gölü havzası bakı dağılımı

Bakı Sınıfıları	Alan (ha)	Alan (%)
Düzey	1121.8	2.95
Kuzey	11 630.9	30.62
Doğu	8909.5	23.45
Güney	7829.6	20.61
Batı	8496.2	22.37
Toplam	37 988	100

4.3.8. Yükseklik durumu

Sulakyurt baraj gölü havzasının ≥1200 m yüksekliğe sahip alanı %7.96'lık dilimde iken en düşük yükseklik %1.25'lik dilimle 750-800 m aralığındadır. En fazla alana sahip yükseklik grubu ise %18.95'lik dilimle 1100-1150 m aralığıdır (Şekil 4.7 ve Çizelge 4.5).



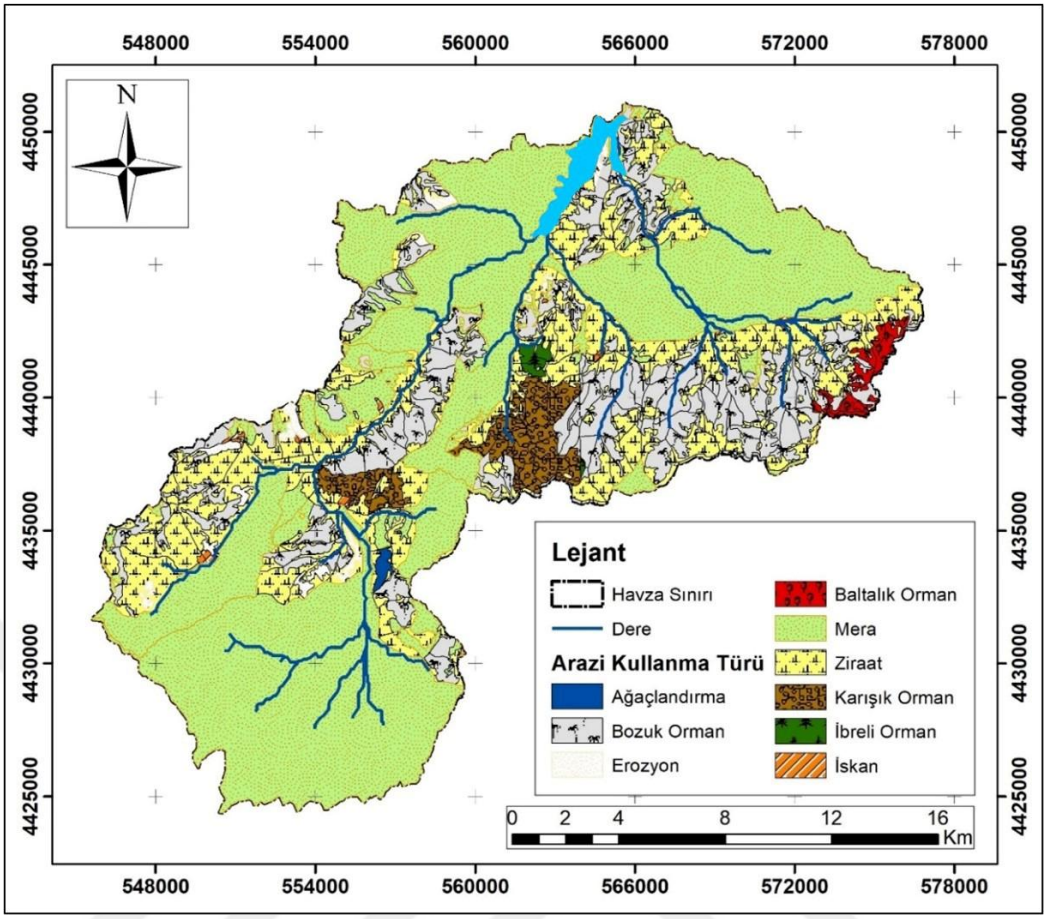
Şekil 4.7. Sulakyurt baraj gölü havzası yükseklik haritası

Çizelge 4.5. Sulakyurt baraj gölü havzası yükseklik dağılımı

Yükseklik Sınıfı (m)	Alan (ha)	Alan (%)
750-800	474.9	1.25
800-850	1308.3	3.44
850-900	2164.9	5.7
900-950	3448.8	9.08
950-1000	4110.1	10.82
1000-1050	4599.4	12.11
1050-1100	6636.8	17.47
1100-1150	7197.7	18.95
1150-1200	5022.4	13.22
1200-1250	2218.9	5.84
1250-1300	548.5	1.44
1300-1350	241.4	0.64
1350-1375	15.9	0.04
Toplam	37 988	100

4.3.9. Arazi kullanım türü/arazi örtüsü

Sulakyurt baraj gölü havzası arazi kullanım durumuna göre 6 farklı arazi kullanım türü belirlenmiştir. Bunlar ağaçlandırma alanı, ziraat alanı, erozyon alanı, ormanlık alan (bozuk, ibreli, karışık, baltalık), mera ve iskân alanlarıdır. Toplam alan içerisinden en yüksek paya %53.9'luk oranla mera alanları sahiptir. Ormanlık alan toplam alanın %21.5'lik kısmını oluşturmaktadır. En düşük alana sahip kullanım türü %0.2 ile ağaçlandırma alanı iken, bunu %0.3 ile iskân alanı takip etmektedir (Şekil 4.8 ve Çizelge 4.6).



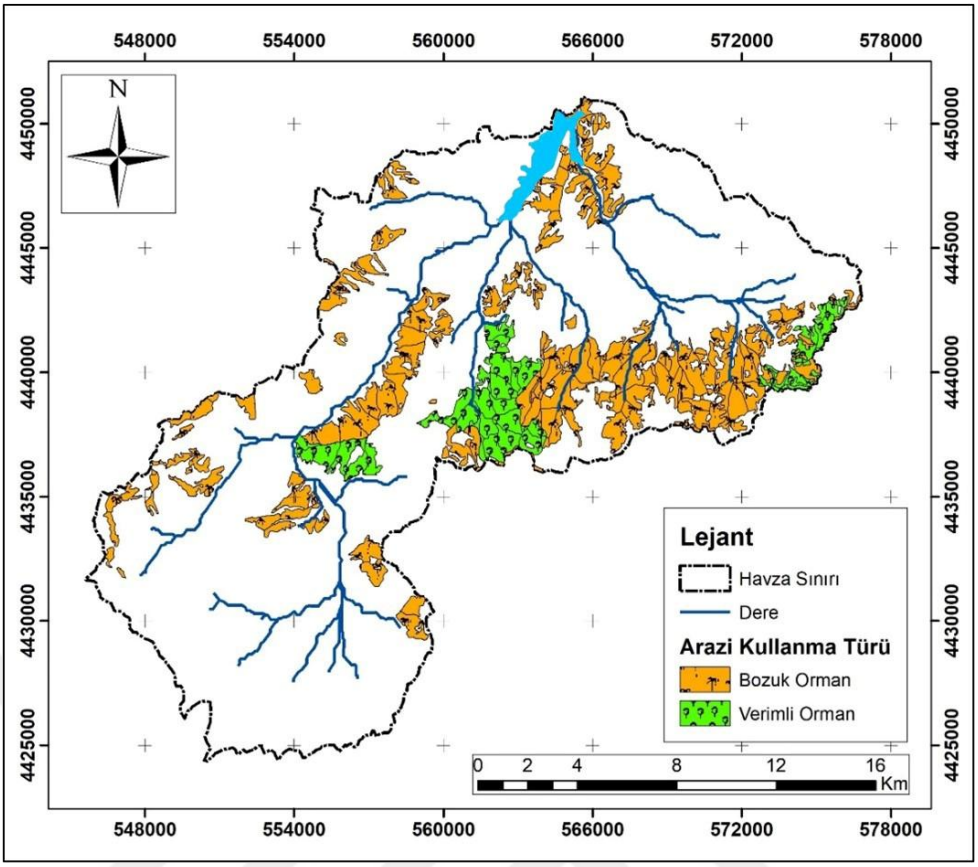
Şekil 4.8. Sulakyurt baraj gölü havzası arazi kullanım durumu haritası

Çizelge 4.6. Sulakyurt baraj gölü havzası arazi kullanım türü/arazi örtüsü

Arazi Kullanma Türü	**Alan (km^2)**	**Alan (ha)**	**Alan (%)**
Bozuk Orman	63.9	6390	16.8
Ağaçlandırma Alanı	0.67	67	0.2
Ziraat	87.39	8739	23.0
Erozyon	4.47	447	1.2
İbreli Orman	1.2	120	0.3
Karışık Orman	13.28	1328	3.5
Baltalık Orman	3.34	334	0.9
Mera	204.6	20 460	53.9
İskân	1.03	103	0.3
Toplam	379.88	37 988	100.0

4.3.10. Verimli-bozuk orman durumu

Sulakyurt baraj gölü havzasının ormanlık alanlar içerisinde verimli orman alanı %21.8'lik kısmı, bozuk orman alanı ise %78.2'lik kısmını oluşturmaktadır (Şekil 4.9 ve Çizelge 4.7).



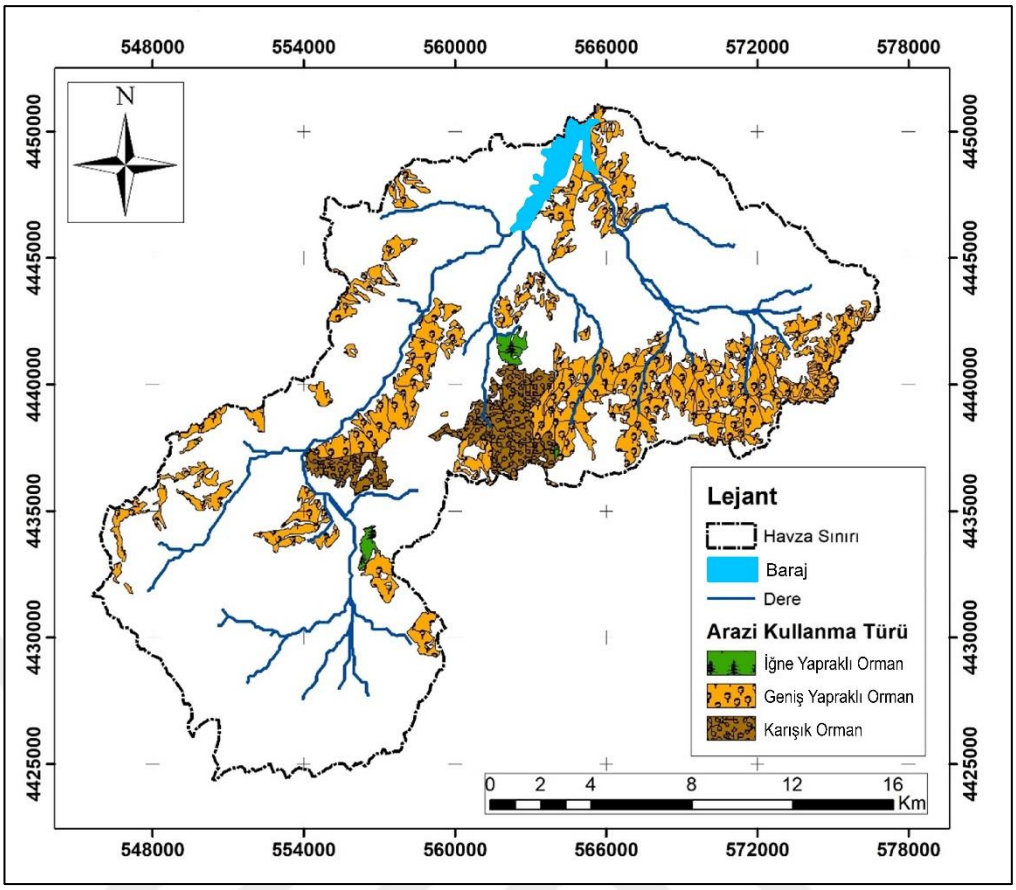
Şekil 4.9. Sulakyurt baraj gölü havzası verimli-bozuk orman durumu haritası

Çizelge 4.7. Sulakyurt baraj gölü havzası verimli-bozuk orman durumu

Orman Alanı	**Alan (km^2)**	**Alan (ha)**	**Alan (%)**
Verimli orman	17.82	1781.65	21.80
Bozuk orman	63.91	6390.70	78.20
Toplam	81.72	8172.35	100.00

4.3.11. İğne yapraklı- geniş yapraklı orman durumu

Sulakyurt baraj gölü havzasının ormanlık alanlar içerisinde %98.5'lik kısmı yapraklı ormanlık alan, %1.5'lik kısmı ise ibreli ormanlık alandan oluşturmaktadır. Ormanlık alan içerisinde geniş yapraklı orman varlığının iğne yapraklı orman varlığından çok olması yüzeysel akışın daha yavaş ilerlemesine, yapraklara düşen suyun evaporasyon ile toprakla buluşmadan yok olmasına ve suyun yere daha yavaş düşerek intersepsiyonun artmasına yardımcı olmaktadır. Böylece yüzeysel akışla taşınan sediment miktarıda az olacaktır (Şekil 4.10 ve Çizelge 4.8).



Şekil 4.10. Havzanın iğne yapraklı- geniş yapraklı orman durumu haritası

Çizelge 4.8. Havzanın iğne yapraklı-geniş yapraklı orman durumu

Orman Alanı	**Alan (km^2)**	**Alan (ha)**	**Alan (%)**
İğne Yapraklı Orman	1.2	120	1.5
Geniş Yapraklı Orman	80.52	8052	98.5
Toplam	81.72	8172	100.0

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Morfometrik parametreler havzalardaki toprak ve su kaynaklarının yönetimini mikro düzeyde analiz edebilmek için kullanılan matematiksel veriler olup, havzanın şekil, büyüklük, eğim gibi özelliklerini tanımlayarak hidrolojik süreçlerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur. Havzaların morfometrik parametrelerinin sayısal analizi, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir. Analizlerde havzanın dere sayısı, dere sırası, uzunluğu, genişliği, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, çatallanma oranı vb. parametreler değerlendirilerek çizgisel, alansal ve relief morfometrisine dair sayısal veriler elde edilmiştir.

Çalışma havzasının yükseklik haritası verileri sonucu maksimum yükseklik 1375 m iken minimum havza yüksekliği 750 m'dir. Havzada toplam 4 dere sırası bulunmaktadır. Acar (2018), Çorum Ahmetçe mikrohavzasında yapmış olduğu çalışmada, devamlı ve periyodik 5 dere sırasının üzerinde toplam 524 adet derenin olduğunu belirtmiştir. Ayrıca drenaj yoğunluğunun iyi olmasının havza yüzeysel sularının uzaklaştırılmasında iyi bir özellikte olduğunu ifade etmiştir. Havzanın en yüksek paya sahip eğim grubu %32.19 oran ile %5-12 arası eğim sınıfıdır. Eğimin yüksek olmadığı alanlarda suyun infiltrasyonu fazla buna bağlı olarak ise yüzeysel akışı az olmaktadır. Bu durum erozyon riskinin yüksek eğim grubu olan sahalara göre daha az olduğunu göstermektedir. Bakı haritası incelendiğinde elde edilen sonuçlarda kuzey bakının havza üzerindeki oranı %30.62 olup bunu %23.45 ile doğu, %22.37 ile batı takip etmektedir. Bu durum bize bakı oranlarının yakın olduğunu göstermektedir. Kuzeye bakan yamaçlarda toprak nemini koruyabildiği için yüzeysel akış daha az olmaktadır.

Havzanın çatallanma oranı (Rb) 3.4 olarak hesaplanmış olup, bu değer drenaj ağının nispeten dengeli ve düzenli bir yapıda olduğunu göstermektedir. Çatallanma oranının bu seviyede olması, havzada oluşacak yüzey akışının yönlendirilmesinde etkin bir dağılım sağlayabilir ve aşırı yağış dönemlerinde akışın istikrarlı kalmasına katkıda bulunabilir. Pareta ve Pareta (2011)'nın çalışmasında çatallanma oranı 3.0-4.7 değerileri arasındadır. Oranın daha yüksek değerleri drenaj yapısında meydana gelen bozulmaları işaret ederken, düşük değerler ise havzanın yapısal bozulmalardan etkilenmediğini gösterdiği ifade edilmiştir.

Havzanın yüzeysel akış uzunluğu (Lo) 1.31, drenaj yoğunluğu (Dd) 0.38 km/km², dere sıklığı (Fs) ise 0.13 km² olarak tespit edilmiştir. Drenaj yoğunluğunun nispeten düşük olması havzanın geçirgen bir yapıya sahip olduğunu, yüzey akışının sınırlı ve yeraltı akışının etkin olduğunu işaret etmektedir. Bu durum bölgenin yüzey akışının kontrollü kalmasını sağlarken taşkın riskini minimize etmektedir. Benzer şekilde düşük dere sıklığı, alanda bulunan akarsu kollarının sayısının, drenaj alanına göre daha az olduğunu ve havzanın hidrolojik olarak stabil olduğunu ifade etmektedir. Elbaşı ve Özdemir (2018)'e göre, drenaj yoğunluğu kuzey bakı havzalarında güney bakı havzalarına kıyasla daha düşüktür. Bu durum, güneydeki akarsuların havzalarını daha fazla parçalamış olduğunu ve dolayısıyla sediment taşınım kapasitesinin güneyde daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Form faktörü (Rf) 0.43, şekil fakörü (Rs) 2.31 ve uzama oranı (Re) 0.74 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler havzanın uzun ve dar bir yapıda olduğunu ve yağış sonrası akışın yavaş bir şekilde tepki verdiğini göstermektedir. Dairesellik oranı (Rc) 0.34 olarak belirlenmiş olup, havzanın yuvarlak yerine uzamış bir yapıya sahip olduğunu belirtmektedir. Bu form faktörü ve dairesellik oranı kombinasyonu, yüzey suyu akışının havzada daha uzun süre kalabileceğini, böylece suyun akış süresinin artabileceğini ortaya koymaktadır. Özhan (2004)'e göre, jeolojik olarak homojen bir yapıya sahip havzalarda dairesellik oranı 0.6-0.7 arasında iken heterojen jeolojik yapıdaki bir havzada 0.4-0.5 arasında değerler almaktadır.

Kompaktlık katsayısı (Cc) 1.73 olarak bulunmuştur ve havzanın kompakt olmaktan uzak bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Drenaj tekstürü (Rt) ve tekstür oranı (T) sırasıyla 0.13 ve 0.42 olarak belirlenmiştir. Bu düşük değerler, havzada çok sayıda küçük akarsu kolunun bulunmadığını ve sahanın suyu daha çok yeraltına yönlendiren bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Relief oranı (Rh) 0.02 ve engebelilik değeri (Rn) 0.23 olarak hesaplanmış olup, havzanın hafif eğim ve düze yakın yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu düşük relief oranı erozyon riskinin az olduğunu gösterir. Utlu ve Özdemir (2018) çalışmalarında, relief oranı değerlerini karşılaştırmışlardır. En yüksek relief oranı değeri, 0.020 ile Biga alt havzasına aittir. En düşük değerler ise sırasıyla Kocabaş (0.012), Kirazlıdere (0.016) ve Kocadere (0.018) alt havzalarına aittir. Biga alt

havzasında yüksek bir Rh değeri gözlemlenmesi, havzanın drenaj yoğunluğunun, genel eğim özelliklerinin ve uzunluk oranının yüksek olduğunu, dolayısıyla akışa geçen su miktarının da yoğun olduğunu göstermektedir.

Hipsometrik integral (Hi) 0.49 olarak belirlenmiş olup, havzanın aşınım süreci bakımından olgun bir yapıya ulaştığını, bu nedenle arazinin topoğrafik olarak denge durumuna yakın olduğunu göstermektedir. İnfiltrasyon oranı (İ) 0.05 olarak bulunmuş olup, bu değer yüzey akışının sınırlı olduğunu ve suyun yeraltı akışına yöneldiğini ifade etmektedir. Sunkar ve Avcı (2015) çalışmalarında, Aksu Çayı Havzası için hipsometrik integral değerini 0.45, Batlama Deresi Havzası için ise 0.39 olarak hesaplamışlardır. Bu değerlere göre, Aksu Çayı Havzası gençlik döneminde, Batlama Deresi Havzası ise olgunluk dönemine geçiş aşamasındadır.

Havzanın orman varlığını incelediğimizde %21.5'i ormandır. Havzada orman varlığı ne kadar çok olursa erozyon, sel ve taşkn riski o kadar azalacaktır. Ağaçlandırma ve erozyon sahalarının yüzdelik dilimi %1.4'tür. Bu alanlarda rehabilite çalışmaları yapılmalıdır.

Morfometrik analizlerin yapılması saha hakkında sonraki yıllarda yapılacak olan çalışmalara da ışık tutacak ve gelecek yıllarda karşılaşılabilecek problemlerin günümüzde önlenebilmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak, incelenen havza, yüksek geçirgenliğe sahip toprak yapısı, düşük drenaj yoğunluğu ve dere sıklığı ile hidrolojik olarak istikrarlı bir profile sahiptir. Havzanın uzun, dar yapısı ve sınırlı yüzey akışı, aşırı yağışlarda dahi akış rejiminin düzenli kalmasını sağlamaktadır. Bu özellikler, havzanın taşkın riskinin düşük olduğunu ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından olumlu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

Aadil Hamid, R. A. H. (2013). Application of morphometric analysis for geo-hydrological studies using geo-spatial technology a case study of vishav drainage basin. *Hydrology: Current Research*, *4*(3), 1-12. https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000157

Acar, H. (2018). *Çorum Ahmetçe Mikrohavza Planının Havza Yönetimi ve Islahı Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Ahmed, S. A., Chandrashekarappa, K. N., Raj, S. K., Nischitha, V., & Kavitha, G. (2010) Evaluation of morphometric parameters derived from ASTER and SRTM DEM a study on Bandihole sub-watershed basin in Karnataka. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *38*(2), 227-238. https://doi.org/10.1007/s12524-010-0029-3

Akar, İ. (2006). Kasatura körfezi drenaj ağı morfometrik özelliklerinin belirlenmesinde CBS kullanımı. http://uzalcbs.org/wp-content/uploads/2016/11/2006_40.pdf (Son erişim tarihi: 07 Nisan 2024)

Akkaya, Ş. T. A., Gündoğdu, K. S., & Demir, A. O. (2004). Sayısal yükseklik modelinden yararlanılarak bazı havza karakteristiklerinin belirlenmesi, bursa karacabey inkaya göleti havzası örneği. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18*(1), 167-180.

Akgül, S. (2003). *Havza Sınırının Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sitemleri ve Uzaktan Algılama Destekli Yöntemler.* (Doktora Semineri, Ankara Üniversitesi, 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. https://doi.org/10.4236/ojmh.2013.31004

Altıparmak, S., & Türkoğlu, N. (2018). Yakacık çayı havzasının hatay morfometrik analizi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, *58*(1), 353-374. https://doi.org/10.33171/dtcfjournal.2018.58.1.18

Anonim (2019). Kırıkkale İli Ekonomik Durumu. https://www.kirikkaletso.org.tr/ktso/dosyalar/2019%20KIRIKKALE%20EKONOM%C4%B0K%20DURUM.pdf (Son erişim tarihi: 22 Mart 2024)

Anonim (2021). Kırıkkale'ye Su, Ormancılık Milli Park ve Meteoroloji Alanında Büyük Yatırım. https://assets.ctfassets.net/dq9b2d58kdrp/m1esBDnxsWrVxKo9fLe3T/4f8a6cfda9f3c184000eed57de9e2e5f/K__r__kkale_Yat__r__mlar___2021.pdf (Son erişim tarihi: 25 Mart 2024)

Anonim (2023a). Sulakyurt Bölgesinde Yıl Boyu İklim ve Hava Durumu. https://tr.weatherspark.com/y/97748/Sulakyurt-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1l-Boyunca (Son erişim tarihi: 27 Şubat 2024)

Anonim (2023b). Bölgemiz Hakkında. http://kirikkale.ziraatodasi.org.tr/bolgemiz-hakkinda (Son erişim tarihi: 22 Mart 2024)

Anonim (2024a). Su-Yapı'nın 1975 Yılından İtibaren Hizmet Verdiği Baraj ve Hidroelektrik Santral Tesislerinin Listesi. https://www.suyapi.com.tr/upload/Node/18850/xfiles/Su_Yapi_Baraj_HES_Liste_TR+2.pdf (Son erişim tarihi: 01 Kasım 2024)

Anonim (2024b). Demografi. https://www.endeksa.com/tr/analiz/turkiye/kirikkale/sulakyurt/demografi (Son erişim tarihi: 22 Mart 2024)

Ashmawy, M., El-Wahed, M. A., Kamh, S. V., & Azim, F. A. (2014). Drainage Morphometry ad its Influence on Runoff of El-Kouf Watershed, NE, Libya - A Remote Sensing and GIS Approach. *Paper presented 2nd Scientific Conference for Environment and Sustainable Development in Arid and Semi-Arid Regions.* January 14–16, Ajdabiya, Libya.

Aslan, T. A. (2005). Coğrafi bilgi sistemi olanakları ile bazı havza özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, *8*(2), 128-134.

Aydın, M. (2009). Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasında arazi kullanımına göre WEPP (Water Erosion Prediction Project) modeli ile toprak kayıplarının belirlenmesi ve alınması gereken önlemler. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, *9*(1), 54-65.

Babu, K. J., Sreekumar, S., & Aslam, A. (2014). Implication of drainage basin parameters of a tropical river basin of South India. *Applied Water Science*, *6*(1), 67-75. https://doi.org/10.1007/s13201-014-0212-8

Bağdatlı, C., & Öztürk, B. (2014). Havza morfolojik özelliklerinin belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) etkin rolü. *Sakarya University Journal of Science*, *18*(1), 11-19. https://doi.org/10.16984/saufbed.11000

Balcı, N., & Özyuvacı, N. (1988). Havza Amenajmanı II. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul.

Baumgardner, R. W. (1987). *Morphometric Studies of Subhumid and Semiarid Drainage Basin, Texas Panhandle and Northeastern New Mexico*. Austin: Bureau of Economic Geology, University of Texas at Austin.

Beheim, E., Rajwar, G. S., Haigh, M., & Krecek, J. (2010). *Integrated Watershed Management: Perspectives and Problems.* Springer Science & Business Media.

Biswas, S., Sudhakar, S., & Desai, V. R. (1999). Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *27*, 155-166. https://doi.org/10.1007/BF02991569

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

Çepel, N. (1995). *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Çokoyoğlu, S. (2008). *Alibey ve Kâğıthane Havzalarında Arazi Kullanımı ve Sorunlarının 50 Yıllık Değişimi.* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Dönmez, A. A. (2002). Flora of karagüney mountain (Kırıkkale). *Turkish Journal of Botany*, *26*(6), 417-451.

Dursun, İ. (2022*). Burdur Gölü Havzasında Meydana Gelen Toprak Erozyonunun Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Wepp Erozyon Tahmin Modeli Kullanılarak Belirlenmesi* (Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)

Dursun, İ., & Babalık, A. A. (2023). Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry, 24*(1), 25-38.

Ediş, S. (2011). *Yarı Kurak Havzalarda Düşük Akışların Analizi (Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzaları Örneği)*. (Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Elbaşı, E., & Özdemir, H. (2018). Marmara denizi akarsu havzalarının morfometrik analizi. *Coğrafya Dergisi*, *36*, 63-84.

Erinç, S. (1965). *Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis*. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları. İstanbul: Baha Matbaası.

Erol, A., & İlhan, Ş. (2011). Aksu havzası envanteri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *12*(2), 77-83.

Evcimen, E. (2011). *Sulakyurt (Kırıkkale) Dolayının Jeolojisi ve Sulakyurt Granitinin Kesmetaş Olarak Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Farhan, Y., Anbar, A., Enaba, O., & Al-Shaikh, N. (2015). Quantitative analysis of geomorphometric parameters of Wadi Kerak, Jordan, using remote sensing and GIS. *Journal of Water Resource and Protection, 2015*(7), 456-475.

Farhan, Y., Anbar, A., Al-Shaikh, N., & Mousa, R. (2017). Prioritization of semi-arid agricultural watershed using morphometric and principal component analysis,

remote sensing, and GIS techniques, the Zerqa River Watershed, Northern Jordan. *Agricultural Sciences, 8*(1), 113-148. https://doi.org/10.4236/as.2017.81009

Gardiner, V. (1990). Drainage basin morphometry. In *Geomorphological Techniques.* (pp. 71-81)

Garipağaoğlu, N., & Uzun, M. (2019). İznik Gölü Havzası'nda doğal ortam koşulları, değişimler ve muhtemel risklerin havza yönetimi ve planlamasına etkisi. *Doğu Coğrafya Dergisi, 24*(42), 1-15. https://doi.org/10.17295/ataunidcd.621776

Girgin, E. (2008). Bütüncül havza planlaması ve yönetiminin hukuki temele dayandırılması. In *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildirileri Kitabı*. (pp. 377-388)

Göl, C., & Dengiz, O. (2007). Çankırı-Eldivan Karataşbağı deresi havza arazi kullanım arazi örtüsündeki değişim ve toprak özellikleri. *Ondokuz Mayıs Ziraat Fakültesi Dergisi, 22*(1), 86-97.

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

Guth, P. L. (2011). Drainage basin morphometry: A global snapshot from the shuttle radar topography mission. In *Hydrology and Earth System Sciences*. (pp. 2091-2099)

Günek, H., Akdemir, İ. O., & Kuşçu, V. (2013). Harput ve Yakın Çevresinin CbsUzaktan Algılama ile Morfometrik Özelliklerinin Analizi. *Fırat Üniversitesi Harput Uygulama ve Araştırma Merkezi, Geçmişten Geleceğe Harput Sempozyumu*. 23-25 Mayıs, Elazığ, 265-278.

Gürboğa, Ş., & Aktürk, Ö. (2018). Elmalı havzası (Antalya) ve yakın çevresinin neotektonik ve morfometrik özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 156,* 43-68.

Heathcote, I. W. (2009). *Integrated Watershed Management. Principles and Practice (Second Edition)*. John Wiley & Sons Inc.

Hızal, A., Serengil, Y., & Özcan, M. (2008). Ekosistem Tabanlı Havza Planlama Metodolojisi ve Havza Calışmalarında Yapılan Yanlış Uygulamalar. *TMMOB II. Su Politikalari Kongresi.* 20-22 Mart, Ankara, 1-12.

Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Transactions, American Geophysical Union, 13*(1), 350-361. https://doi.org/1029/tr013i001p00350

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America, 56*(3), 275-370.

Ibrahim Batis, K., & Ahmed, S. A. (2014). Evaluation of morphometric parameters a comparative study from Cartosat DEM, SRTM and SOI Toposheet in Karabayyanahalli sub-watershed, Karnataka. *International Journal of Research*, *11*, 679-688.

Jothimani, M., Dawit, Z., & Mulualem, W. (2021). Flood susceptibility modeling of Megech river catchment, lake tana basin, north western Ethiopia, using morphometric analysis. *Earth Systems and Environment, 5*(2), 353-364. https://doi.org/10.1007/ s41748.020.00173-7

Kaliraj, S., Chandrasekar, N., & Magesh, N. S. (2014). Morphometric analysis of the River Thamirabarani sub-basin in Kanyakumari District, South west coast of Tamil Nadu, India, using remote sensing and GIS. *Environmental Earth Sciences*, *73*(11), 7375-7401.

Karadeniz, C. (2019). *Morfometrik Parametreler ve Havza Hidrolojisi Üzerindeki Etkileri: Eğirdir Gölü Havzası Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)

Kaur, M., Singh, S., Verma, V. K., & Pateriya, B. (2014). Quantitative geomorphological analysis & land use/land cover change detection of two sub-watersheds in ne region of Punjab, India. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *40*, 371-375. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-8-371-2014

Keller, E. A., & Pinter, N. (1996). *Active Tectonics*. Prentice Hall, New Jersey.

Kırsal Çevre Yıllığı (2019). İç Anadolu'nun Kalıntı Ormanları. Kırsal Çevre ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği, Arkadaş Basım Sanayi Ltd. Şti.

Krishnamurthy, J., Srinivas, G., Jayaraman, V., & Chandrasekhar, M. G. (1996). Influence of rock types and structures in the development of drainage networks in typical hardrock terrain. *ITC Journal, 3*(4), 252-259.

Kutukcu, A., Kaya, S., Kabdaslı, S., & Gazioğlu, C. (2015). Nehir Havzalarının Morfolojik Karakteristiklerinin Cbs Destekli Nümerik Modeller Kullanılarak Analizi. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu.* 21-23 Mayıs, Konya, 58-70.

Magesh, N. S., Jitheshlal, K. V., Chandrasekar, N., & Jini, K. V. (2013). Geographical information system-based morphometric analysis of Bharathapuzha river basin, Kerala, India. *Applied Water Science*, *3*, 467-477. https://doi.org/10.1007/s13201-013-0095-0

Magesh, N. S., & Chandrasekar, N. (2014). GIS model-based morphometric evaluation of Tamiraparani subbasin, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India. *Arabian Journal of Geosciences*, *7*, 131-141.

Mahala, A. (2019). The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-

climatic settings. *Applied Water Science, 10*(1), 33. https://doi.org/10.1007/s13201.019.1118-2

Mahalingam, B. (2012). Hypsometric Properties of drainage basins in Karnataka using geographical information system. *New York Science Journal*, *5*(12), 156-158.

Mayer, L. (1990). *Introduction to Quantitative Geomorphology*. USA: Prentice Hall.

Mesa, L. M. (2006). Morphometric analysis of a subtropical andean basin (Tucuman, Argentina). *Environmental Geology, 50*, 1235-1242.

MGM (2024). Meteroloji Genel Müdürlüğü İklim Verileri. MGM, https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/erinc.pdf (Son erişim tarihi: 16 Eylül 2024)

Nazlı, E. (2019). *Bingöl İli Genç ilçesi Çevirme Mikrohavzasının Bazı Hidrofiziksel Toprak Özelliklerinin Araştırılması ile Havza Karakteristikleri ve Erozyon Durumunun CBS Ortamında Belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Obi Reddy, G. E., Maji, A. K., & Gajbhiye, K. S. (2002). GIS for morphometric analysis of drainage basins. *GIS India*, *4*(11), 9-14.

Obi Reddy, G. P., Maji, A. K., & Gajbhiye, K. S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India–a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *6*(1), 1-16. https://doi.org/10.1016/j.jag.2004.06.003

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

Öz, Y. (2023). *Berdan Baraj Havzası'nın Morfometrik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) ile Belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Özcan, A. U. (2021). Sulakyurt kalıntı anadolu palamut meşesi (Quercus ithaburensis Decne subsp. macrolepis (Kotschy) Hedge & Yalt.) Ormanı, tehditler ve koruma önerileri. *Turkish Journal of Forestry*, *22*(1), 8-16. https://doi.org/10.18182/tjf.842491

Özdemir, H. (2007). *Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi.* (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)

Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar. In *Fiziki Coğrafya Araştırmaları*. (pp. 507-526)

Özhan, S. (2004). *Havza Amenajmanı.* İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Özsan, A., & Kadıoğlu, Y. K. (1997). Sulakyurt Baraj Yeri Granitoidlerinin Mühendislik Jeolojisi Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği ve Sondaj Uygulamaları Sempozyumu.* 17-19 Şubat, Ankara, 32-34.

Özşahin, E. (2010). Komşu akarsu havzalarının morfometrik analizi: sarıköy ve kocakıran dereleri üzerine temel bir çalışma (Gönen Havzası, Güney Marmara). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1*, 139-154.

Özşahin, E. (2015). Ganos (Işıklar) Dağı ve Yakın Çevresindeki (Tekirdağ) akarsuların drenaj özellikleri. *International Journal of Social Science, 35*, 139-162. https://doi.org/10.9761/JASSS2920

Öztürk, M., Şimşek, M., & Utlu, M. (2015). Tahtalı Dağları (Orta Toroslar) karst platosu üzerinde dolin ve uvala gelişiminin CBS tabanlı analizi. *Türk Coğrafya Dergisi, 65*, 59-68. https://doi.org/10.17211/tcd.22648

Öztürk, B., & Erginal, A. (2008). Bayramdere havzasında (Biga Yarımadası-Çanakkale) havza gelişiminin morfometrik analizler ve jeomorfik indislerle incelenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi, 50*, 61-68.

Öztürk, A. (2020). *Bütüncül Havza Yönetimi Yaklaşımının Ermenek Çayı Havzası Örneğinde Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)

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. (1988). Drainage basin morphometry and floods. In *Flood Geomorphology.* (pp. 51-65)

Pawar-Patil, V. S., & 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.

Pike, R. J. (1995). Geomorphometry: progress, practice and prospect. *Zeitschrift fur Geomorphologie NF Supplement Band*, *101*, 221-238.

Pike, R. J., & Wilson, S. E. (1971). Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin*, *82*(4), 1079-1084. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1971)82[1079:ERHIAG]2.0.CO;2

Pike, R. J., Evans, I. S., & Hengl, T. (2009). Geomorphometry: a brief guide. *Developments in Soil Science*, *33*, 3-30. https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00001-9

Prasannakumar, V., Vijith, H., & Geetha, N. (2013). Terrain evaluation through the assessment of geomorphometric parameters using DEM and GIS: Case study of two major sub-watersheds in Attapady, South India. *Arabian Journal of Geosciences*, *6*, 1141-1151. https://doi.org/10.1007/s12517-011-0408-2

Rai, P. K., Mohan, K., Mishra, S., Ahmad, A., & Mishra, V. N. (2014). A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. *Applied Water Science*, *7*(1), 217-232. https://doi.org/10.1007/s13201-014-0238-y

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*, 1-16. https://doi.org/10.1007/s13201-018-0660-7

Ritter, D., Kochel, R., & Miller, J. (2002). *Process Geomorphology (4th Ed.).* NewYork, NY: Mcgraw-Hill.

Satish, K., & Vajrappa, H. J. (2014). Morphological parameter estimation derived from ASTER-DEM using GIS and remote sensing techniques – a study on hosakote watershed of dakshina pinakini river basin, Karnataka, India. *International Journal of Research, 1*(10), 1959-1967.

São, O. F., Southeastern, P., & Marco, A. (2006). Morphometric characteristics of seven meso-scale river basins in State of São Paulo (Southeastern Brazil). *Camınhos de Geografıa, 3*(17), 20-30.

Scheidegger, A. E. (1968). Horton's law of stream numbers. *Water Resources Research*, *4*(3), 655-658. https://doi.org/10.1029/WR004i003p00655

Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy New Jersey. *GSA Bulletin*, *67*(5), 597-646. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2

Schumm, S. A. (1986). Alluvial river response to active tectonics. In *Active Tectonics: Impact on Society.* (pp. 80-94)

Singh, S. (1992). Quantitative geomorphology of the drainage basin. In *Readings on Remote Sensing Applications*. (pp. 121-129)

Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *American journal of Science, 248*(9), 655-668.

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. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, *38*(6), 913-920.

Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In *Handbook of Applied Hydrology.* (pp. 4-74)

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.

Şensoy, A. G. H., Hızal, A., & Tunay, M. (2006). Bartın-Ulus-Aşağıdere Havzası'ndaki arazi kullanımı değişimlerinin değerlendirilmesi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, *6*(1), 87-97.

Thomas, J., Joseph, S., Thrivikramji, K. P., Abe, G., & Kannan, N. (2012). Morphometrical analysis of two tropical mountain river basins of contrasting environmental settings, the southern Western Ghats, India. *Environmental Earth Sciences*, *66*(8), 2353-2366. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1457-2

Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification. *Geographical Review, 38*(1), 55-94.

Topuz, M. (2014). *Silifke-Erdemli Arasındaki Derelerin Jeomorfometrik Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)

Turoğlu, H., & Aykut, T. (2019). Ergene nehri havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 2*, 1-15.

Ulu, F., Ayan, S., & Yüksel, A. (1999). Trabzon Uzungöl Havzasında Dere Akımını Etkileyen Fizyografik Etmenlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Belirlenmesi. *Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulaması Sempozyumu.* 13-15 Ekim, Trabzon, 287-296.

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

Verstappen, H. T. (1983). *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development.* New York, NY: Elsevier Science.

Walter, H. (1970). Vegetationszonen und Klima. E. Ulmer, Stuttgart.

Ward, R. C., & Robinson, M. (2000). *Principles of Hydrology.* McGraw-Hill, New York.

Yıldırım, A., & Karadoğan, S. (2009). Dicle üniversitesi kampüs alanının jeomorfolojik özelliklerinin belirlenmesinde morfometrik analizler. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1*, 48-69.

Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2018). Detailed Köppen-Geiger climate regions of Turkey Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri. *Journal of Human Sciences, 15*(1), 225-242.

Yılmaz, H. (2010). *Çankırı Gökdere Havzasının Havza Karakteristiklerinin ve Bazı Hidrofiziksel Toprak Özelliklerinin Araştırılması.* (Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Yunus, A. P., Oguchi, T., & Hayakawa, Y. S. (2014). Morphometric analysis of drainage basins in the western arabian peninsula using multivariate statistics. *International Journal of Geosciences, 5*(5), 527-539.

Yüksel, A., Meral, A., Demir, Y., & Eroğlu, E. (2020). Çapakçur Mikro Havzası'nda (Bingöl) mikro havza ölçekli peyzaj değerlendirmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7*(1), 16-26. https://doi.org/10.30910/turkjans.679893

ÖZGEÇMİŞ