

Göksu Nehri ve Tarsus Çayı (Mersin) Arasında Yer Alan Akarsu Havzalarının Morfometrik Özellikleri

Morphometric Characteristics of River Basins Between Göksu River and Tarsus Stream (Mersin)

Ümit YILDIRIM^{1,*} , Cüneyt GÜLER² , Mehmet Ali KURT³ , Onur GÜVEN⁴

¹ Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi, 69010 Bayburt

² Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 33343 Mersin

³ Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 33343 Mersin

⁴ Bayburt Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı, 69010 Bayburt

Geliş (Received): 22/04/2025 / Düzeltme (Revised): 03/06/2025 / Kabul (Accepted): 04/07/2025

ÖZ

Bu çalışmada, Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Mersin ilindeki 17 adet akarsu havzasının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile morfometrik analizlerinin yapılarak çalışma alanında havza tabanlı yönetim stratejilerinin geliştirilmesine yönelik katkılarının oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, morfometrik parametreler, “temel parametreler” ve bu parametrelerden türetilen “karakteristik parametreler” olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Havzaların hidrolojik, jeomorfolojik ve jeolojik olarak yorumlanmasında kullanılan karakteristik parametreler; drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, drenaj dokusu, çatallanma oranı, form faktör, uzama oranı, yüzeysel akış uzunluğu, rölyef oranı ve hipsometrik integraldir. Elde edilen sonuçlara göre; çalışma alanının batısında, karbonatlı kayaların bulunduğu havzalarda drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı ve sel riski düşük olup doğudaki havzalarda ise sel riski daha yüksektir. Akarsu havzalarının alanı ile rölyef arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bazı havzalarda, tektonik ve yapısal faktörlerin çatallanma oranlarını etkilediği tespit edilmiştir. Havzalar, kuzey-güney doğrultusunda ince ve uzamış şekillere sahiptir. Çalışma alanının batısındaki havzaların hipsometrik integral değerleri, doğuda yer alan havzalara göre daha yüksek olup bu havzalar aşınma açısından daha hassastırlar. Bu çalışma ile analizler sonucunda elde edilen veriler ile yapılan sel/taşkın afet riski değerlendirmelerinin dışında, çalışma alanında ilerleyen süreçte yapılacak hidrolojik modelleme ve afet risk yönetimi süreçlerinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalar için de veri tabanı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akarsu havzası, CBS, morfometrik analiz, Mersin

ABSTRACT

This study contributes to developing basin-based management strategies in the study area by conducting morphometric analyses of 17 river basins in Mersin province, located in the Eastern Mediterranean region, using Geographic Information Systems (GIS). For this purpose, morphometric parameters were divided into “basic parameters” and “characteristic parameters” derived from these parameters. Characteristic parameters used for the hydrological, geomorphological, and geological interpretation of the basins are: drainage density, stream frequency, drainage texture, bifurcation ratio, form factor, elongation ratio, overland flow length, relief ratio and hypsometric integral. According to the results, drainage density, stream frequency and flood risk are low in basins

with carbonate rocks in the west of the study area, while flood risk is higher in basins to the east. There is a negative relationship between the area of the river basins and the relief. In some basins, tectonic and structural factors affect the bifurcation ratios. The basins have thin and elongated shapes in the north-south direction. The hypsometric integral values of the basins in the west of the study area are higher than those in the east, and these basins are more sensitive to erosion. In addition to the flood/overflow disaster risk assessments made with data obtained from the analyses in this study, a database was also created to evaluate hydrological modelling and disaster risk management processes to be carried out in the study area in the future.

Keywords: River basin, GIS, morphometric analysis, Mersin

GİRİŞ

Morfometrik analizler, akarsu havzalarının hidrolojik ve jeomorfolojik özelliklerini belirlemede ve farklı havzaları birbirleriyle kıyaslamada kullanılan önemli bir araçtır (Strahler, 1964). Bu analizler, havzanın su toplama kapasitesini, akış rejimini, erozyon potansiyelini ve taşkın riskini anlamak için sıklıkla kullanılmaktadır (Yıldırım, 2021a; Esen, 2022; Erol ve Karadeniz, 2018). Morfometrik analiz, hidrolojik tepkileri değerlendirmek için gerekli olan topografya, drenaj yoğunluğu ve akarsu frekansı gibi fiziksel özelliklerin nicel değerlendirmesini içermektedir (Makhamreh vd., 2020; Dimple vd., 2022). Öyle ki, yüksek drenaj yoğunluğuna sahip havzaların, artan akış miktarı ve azalan sızma kapasitesine sahip olduğu ve bu durumun da taşkın riskini arttırdığı çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Singh vd., 2021; Khalifa vd., 2023). Bununla birlikte, havzanın şekli ve eğimi de akış süresini belirleyen parametreler olup sel yoğunluğunu ve zamanlamasını etkilemektedir (Ede, 2015). Havza morfolojisinin çeşitli hidrolojik, jeolojik ve jeomorfolojik süreçleri yansıttığı, geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan çok sayıda çalışmada vurgulanmıştır (Horton, 1945; Strahler, 1952; 1957; 1964; Morisawa, 1959; Muller, 1968; Shreve, 1969; Evans, 1972; Chorley vd., 1984; Merriots ve Vincent 1989; Ohmori, 1993; Cox, 1994; Krishnamurthy vd., 1996; Oguchi, 1997; Hurtrez vd., 1999). Morfometrik analiz, havzanın jeomorfolojik evrimini yorumlamada ve olası iklim değişikliği veya insan faaliyetlerinden

kaynaklı değişiklikleri dikkate alan etkili yönetim stratejileri geliştirmede önemli bir yer tutmaktadır (Hajam, 2013; Mzobe vd., 2020).

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi gibi mekansal bilgi teknolojilerinin ortaya çıkmasıyla birlikte havzalar veya alt havzalar içindeki drenaj ağlarının tanımlanması oldukça kolaylaşmıştır (Özdemir ve Bird, 2009). Özellikle de CBS'nin morfometrik analizle bütünleştirilmesi, akarsu havzalarının özelliklerinin oldukça doğru bir şekilde ölçülmesini sağlamıştır. CBS tabanlı yöntemler karmaşık verilerin anlaşılabilir formatlara dönüştürülmesini kolaylaştırmaktadır (Gericke, 2019; Sherzad ve Tharavathy, 2022). Arazinin üç boyutlu gösterimi olan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), özellikle arazi özelliklerini, hidrolojiyi ve jeomorfolojiyi incelemek için önemli bir araçtır. SYM'lerin kullanımı eğim, yön, yükseklik ve drenaj desenleri gibi temel morfometrik parametrelerin türetilmesini sağlamaktadır.

Morfometrik analizler, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunma potansiyeli taşırken, özellikle iklim değişikliği etkisi altındaki Akdeniz havzasındaki akarsu havzalarının yönetiminde kritik bir rol oynamaktadır. Küresel düzeyde, iklim değişikliği nedeniyle su talebindeki artış, su kaynaklarının etkin yönetim ve korunma gereksinimini artırmaktadır (Fraga vd., 2020; Appiagyei vd., 2022). Morfometrik analizler, havzaların su toplama kapasitesini ve akış rejimini anlamada önemli veriler sağlayarak, iklim değişikliğine bağlı su kaynaklarının

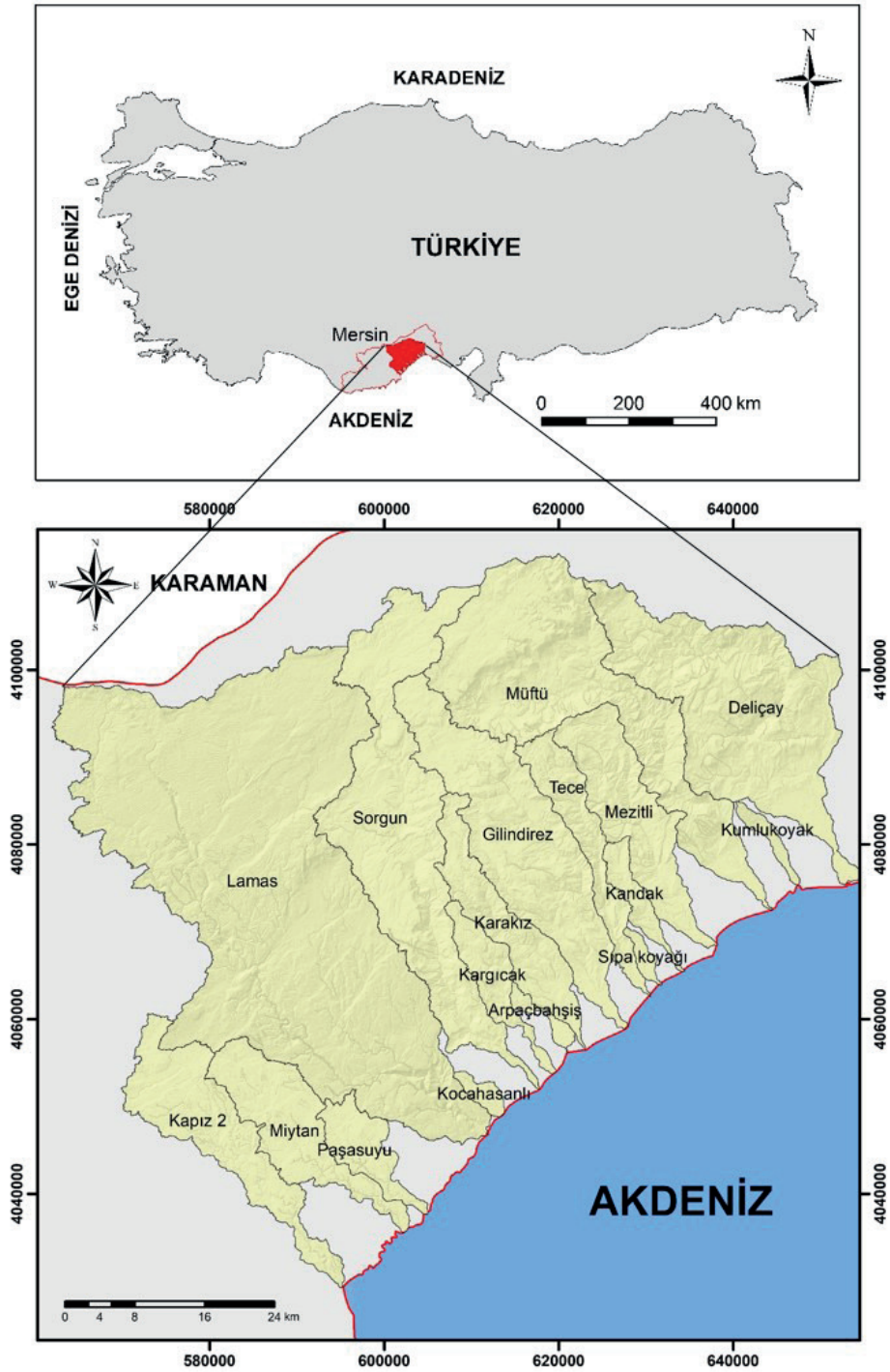
yönetimini kolaylaştırmaktadır (Romshoo vd., 2012; Bhat vd., 2023).

Akdeniz havzasında, küresel iklim değişikliği baskısı altında sıcaklık ve yağış düzenlerinde önemli değişiklikler yaşanmaktadır (Segnalini vd., 2010; Appiagyei vd., 2022). Bu bölge, iklim değişikliği “sıcak noktaları” arasında sayılmakta olup bölgede mevcut çevresel baskılarla başa çıkmak ve doğal kaynakların sürdürülebilirliğini sağlamak için morfometrik verilerin değerlendirilmesi oldukça önemli yer tutmaktadır (Appiagyei vd., 2022). Morfometrik analizler, akarsu havzalarının erozyon potansiyeli ve taşkın riskleri gibi önemli hidrolojik riskler hakkında bilgi elde edilmesine yardımcı olacağı için hem doğal afet risk yönetimi hem de su yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde etkili bir araç sunmaktadır (Soni, 2016; Paliaga vd., 2019).

Havza bazlı yönetim stratejileri oluşturmak, özellikle Mersin gibi iklim baskısı altında kalan bölgelerde, su kaynaklarının yönetiminde ve afet risklerinin azaltılmasında kritik bir öneme sahiptir (Lin vd., 2019; Paliaga vd., 2019). Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi için (özellikle 6, 11, 13 ve 15 numaralı hedefler), bu tür çalışmaların yerel yönetimler tarafından benimsenmesi büyük fırsatlar sunmaktadır. Böylelikle, su kaynaklarının korunması, yerel ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve doğal afetlerin etkilerinin azaltılması gibi hedeflere ulaşılabilir (Segnalini vd., 2010; Fraga vd., 2020; Appiagyei vd., 2022). Küresel ölçekte olduğu gibi Türkiye’de de akarsu havzalarında ve alt havzalarında morfometrik analiz çalışmaları giderek yaygınlaşmaktadır (Cürebal vd., 2015; Avcı ve Sunkar, 2015; Avcı, 2017; Altıparmak ve Türkoğlu, 2018; Zorer ve Tonbul, 2019; Ödeker ve Türkoğlu, 2020; Yıldırım, 2021a; Yıldırım, 2021b; Esen, 2022; Arıkan vd., 2023; İrcan vd., 2024; Kuşçu ve Özdemir, 2025). İklim değişimi baskısı altında kalan Akdeniz havzasında yer alan Mersin ilinde alt havza ölçeğinde yapılan

morfometrik analiz çalışmaları ise oldukça sınırlı sayıdadır (Topuz ve Karabulut, 2016; Tekin, 2019; Babaiban, 2020; Baduna Koçyiğit vd., 2021; Dikici, 2024). Bu çalışmada, Mersin ili için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak akarsu havzalarının morfometrik özelliklerinin detaylı bir biçimde belirlenmesi hedeflenmektedir. Aynı zamanda, elde edilen bu verilerin havza tabanlı yönetim stratejileri geliştirilmesindeki katkılarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın karar alıcılara potansiyel doğal afetlerin, özellikle sel ve taşkın gibi olayların önlenmesine yönelik etkili eylem planlarının oluşturulmasında sağlam bir yönetim aracı sunması beklenmektedir. Mersin ilinin morfometrik verileri, bölgenin doğal yapısını anlamak ve sürdürülebilir su yönetimi uygulamaları geliştirmek açısından kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, bu veriler sayesinde hidrolojik modellerin oluşturulması ve bu modeller aracılığıyla olası afet senaryolarının simülasyonu, afet risk yönetiminde daha bilinçli ve veri temelli kararların alınmasına olanak tanıyacaktır. Dolayısıyla, bu çalışmanın sonuçları, yerel yönetimlerin stratejik planlama süreçlerine ciddi katkılar sağlayarak, Mersin ilinde meydana gelebilecek doğal felaketlerin önlenmesine yönelik proaktif önlemlerin geliştirilmesine imkan tanıyacaktır.

Çalışma alanı, Doğu Akdeniz Havzası’nda yer alan Mersin il sınırları içerisindeki 17 adet akarsu havzasını kapsamaktadır. Bu akarsu havzaları 36°24’11” – 37°09’29” kuzey enlemleri ile 33°41’42” – 34°44’05” doğu boylamları yer almaktadır (Şekil 1). Kuzeyden (Toros Dağları) güneye (Akdeniz) doğru uzanım gösteren akarsu havzalarının doğu sınırını Tarsus Çayı, batı sınırını ise Göksu Nehri havzası oluşturmaktadır. Akarsu havzalarının alanları 10,6 km² ile 1344,2 km² arasındaki değişmekte olup en büyük yüzey alanına sahip akarsu havzası Lamas havzasıdır. Akarsu havzalarının topografik yükseklikleri deniz seviyesi ile 2564 m arasında değişmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası ve çalışma kapsamında incelenen havzalar.

Figure 1. Location map of the study area and river basins examined within the scope of the study.

Doğuda Ecemiş fayı, batıda Kırkkavak fayı ile sınırlandırılan Orta Toros Kuşağında yer alan çalışma alanında çeşitli litolojik birimler bulunmaktadır (Şekil 2). Bunlar; Paleozoyik yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar (P), Mesozoyik yaşlı ofiyolitik (Ofi) ve karbonat kayaçları (M), Paleojen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar (P1), Neojen yaşlı karbonat kayaçlar (N2) ve kırıntılı kayaçlar (N3) ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Q) (Şekil 2). Bu birimler, Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel birimlerinin üzerinde görülmektedir. Paleojen ve Neojen yaşlı birimler Kuvaterner yaşlı birimler tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir. Çalışma alanının kuzeydoğu ve güneybatısında dar bir alanda yüzeylenen Paleozoyik yaşlı birimler, farklı formasyonlardan oluşmaktadır. En alta Gümüşali formasyonu (Geç Devoniyen) yer alırken, üste doğru sırasıyla Beledik (Karbonifer), Belpınaritepe (Karbonifer-Permien), Yellice (Geç Permien) ve Karlıgöntepe (Geç Permien) formasyonlarına geçiş görülmektedir. Bu birimler silttaşı, kireçtaşı, şeyl, kuvarsit ve dolomitik kireçtaşları gibi kayaçlardan oluşmaktadır (Gedik vd., 1979; Alan vd., 2007; Alan vd., 2011). Mesozoyik yaşlı birimler, ofiyolit kayaçlar ve kırıntılı kayaç ara katkılı karbonat kayaçlarından oluşmaktadır. Karbonat kayaçları, Katarası formasyonu (Erken-Orta Triyas) ile başlayıp, Kocatepe (Erken-Orta Triyas) ve Sarıyarma (Geç Triyas) formasyonları ile devam etmektedir (Demirtaşlı, 1967; Ayhan ve Lengeranlı, 1986; Alan vd., 2007). Jura-Kretase döneminde karbonat kayaçları baskın hale gelirken, Tavşancıdağtepe, Çamlık ve Yavca formasyonları bu süreçte gelişmiştir (İlker, 1975; Alan vd., 2007; Alan vd., 2011). Geç Kretase’de,

Mersin ofiyoliti tektonik dokanak ile bölgeye yerleşmiş ve Mersin ofiyolitik melanji tarafından üzerlenmiştir (Poisson, 1977; Juteau, 1980; Şenol vd., 1998; Alan vd., 2007). Mesozoyik birimleri, çalışma alanının orta ve kuzey kesimlerinde yaygın olup alanın yaklaşık %25’ini kaplamakta ve bunun büyük kısmını ofiyolitik kayaçlar oluşturmaktadır. Neojen-Paleojen yaşlı birimler Akdeniz’e paralel bir şekilde yayılım göstermekte olup akarsu havzalarının yaklaşık olarak %67’sini kaplamaktadır. Resifal karbonatlı kayaçlar bu birimler içerisinde en fazla bulunan litolojik birimdir. Kuvaterner yaşlı birimler, alüvyon, alüvyonel taraça, yamaç molozu, delta çökeli ve kalişlerden oluşmaktadır. Alüvyonlar, taraçalar ve delta çökelleri, çakıl, kum, kil ve siltten oluşmaktadır. Kalişler (karasal karbonat çökelleri) ise genellikle Toros yükseliminin eteğindeki küçük sırt ve tepelerde görülmektedir (Eren vd., 2008). Çalışma alanındaki litolojik birimlerin havzalardaki oransal dağılımları Çizelge 1’de sunulmuştur.

Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Mersin ilinin genelinin 1940-2024 yılları arasında ölçülen yıllık toplam yağış ortalaması 609,5 mm olup en fazla yağış Aralık, Ocak ve Şubat aylarında görülmektedir (MGM, 2025). Yine bu ölçüm periyodunda en yüksek sıcaklık Ağustos ayında görülmekte (ortalama 28,4 °C) olup yıllık ortalama sıcaklık 19,3 °C’dir (MGM, 2025). İncelenen akarsu havzalarının doğal bitki örtüsü Akdeniz ikliminde yaygın olarak görülen makidir. Akdeniz kıyısından Toros Dağları’na doğru gidildikçe topografyaya bağlı olarak makiden önce ormana, daha sonra doğal bozkıra bir geçiş gözlenmektedir.

Çizelge 1. Litolojik birimlerin akarsu havzalarındaki dağılımları (% cinsinden).

Table 1. Distribution of lithological units in the studied river basins (in %).

Havza Adı	Litoloji (% dağılım)		
	1	2	3
Deliçay	Karbonatlı Kayaç (35)	Ofiyolitik Kayaç (30)	Diğer (35)
Kumlukoyak	Kırıntılı Kayaç (35)	Karbonatlı Kayaç (35)	Diğer (30)
Müftü	Karbonatlı Kayaç (53)	Ofiyolitik Kayaç (28)	Diğer (19)
Mezitli	Ofiyolitik Kayaç (45)	Karbonatlı Kayaç (30)	Diğer (25)
Kandak	Karbonatlı Kayaç (54)	Kırıntılı Kayaç (46)	—
Sıpa Koyağı	Karbonatlı Kayaç (84)	Kırıntılı Kayaç (16)	—
Tece	Karbonatlı Kayaç (58)	Ofiyolitik Kayaç (30)	Diğer (12)
Gilindirez	Karbonatlı Kayaç (54)	Ofiyolitik Kayaç (40)	Diğer (6)
Karakız	Ofiyolitik Kayaç (45)	Karbonatlı Kayaç (44)	Diğer (11)
Arpaçbahşiş	Karbonatlı Kayaç (84)	Kırıntılı Kayaç (16)	—
Kargıcak	Karbonatlı Kayaç (75)	Kırıntılı Kayaç (14)	Diğer (11)
Sorgun	Karbonatlı Kayaç (55)	Ofiyolitik Kayaç (25)	Diğer (20)
Kocahasanlı	Karbonatlı Kayaç (97)	Kırıntılı Kayaç (3)	—
Lamas	Karbonatlı Kayaç (95)	Kırıntılı Kayaç (4)	Diğer (1)
Paşasuyu	Karbonatlı Kayaç (90)	Kırıntılı Kayaç (10)	—
Miytan	Karbonatlı Kayaç (99)	Kırıntılı Kayaç (1)	—
Kapız 2	Karbonatlı Kayaç (90)	Kırıntılı Kayaç (10)	—

MATERYAL VE YÖNTEM

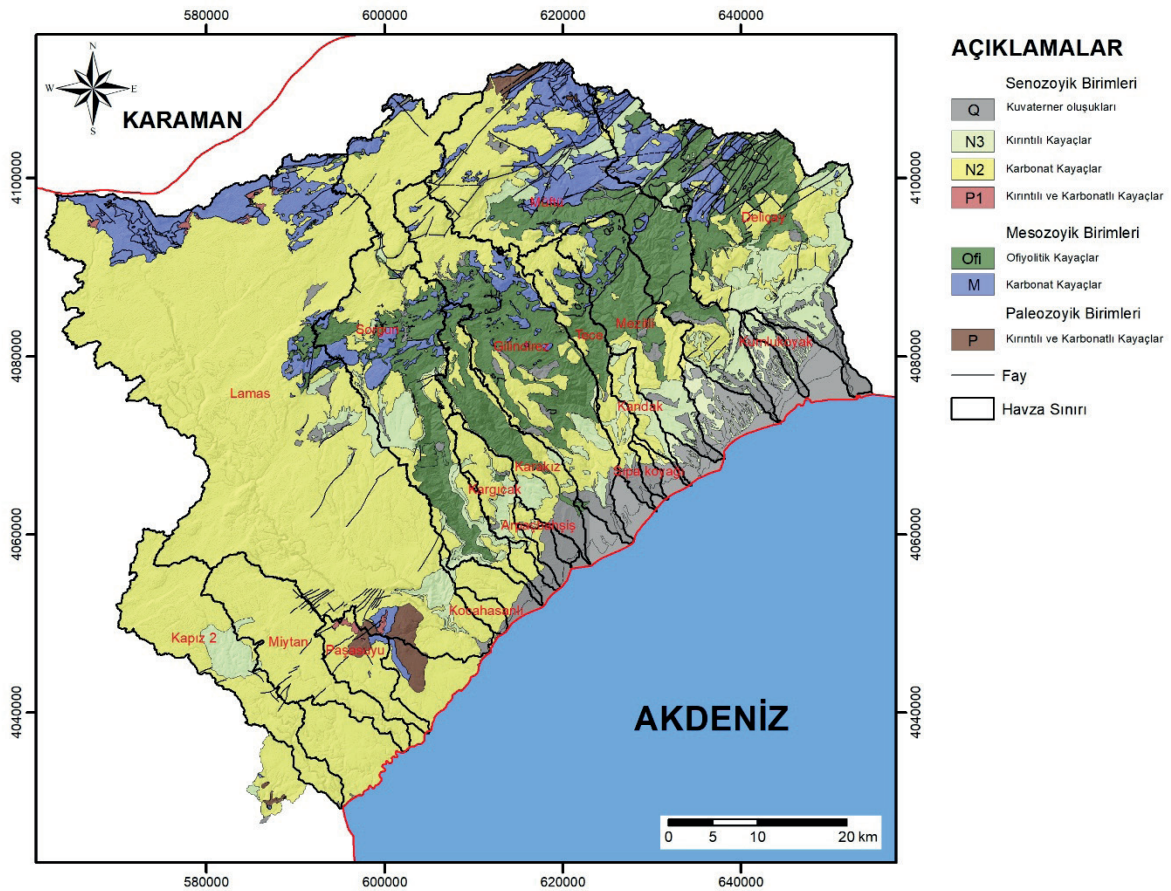
Çalışmada kullanılan temel materyal olan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilen Mersin O33, O32 ve O31 (1:100.000) paftaların kapladığı alana ait 1:25.000 ölçekli topografik haritalardır. Bu haritalar CBS ortamında Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyon sistemi kullanılarak (WGS 84 UTM Zon 36 N) kaydedilmiştir. Çalışma alanına ait SYM, topografik haritalarda bulunan eş yükselti eğrilerinin sayısallaştırılmasıyla elde edilmiş olup morfometrik analizler ve SYM ArcGIS 9.3 sürümü (ESRI, 2009) ve eklentileri yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Sayısallaştırılan eş yükselti eğrilerinden SYM’ni oluşturmak için “Topo to raster” algoritması kullanılmış olup bu yöntem karstlaşmanın etkili olduğu bölgeler için sayısal

yükseklik modeli oluşturulmasında sıklıkla tercih edilmektedir (Bolongaro-Crevenna et al., 2005; Barton, 2015). Bu algoritma, özellikle su akışlarının doğru modellenmesi gereken durumlarda (sel, heyelan, taşkın gibi afet analizlerinde) nokta verisi (yükseklik noktaları), izohips (eş yükselti eğrileri) ve akarsu ağı gibi heterojen verileri birlikte kullanarak akarsu ağlarını koruyacak şekilde interpolasyon yapar (Hutchinson ve Dowling, 1991; Hutchinson, 1996; Hutchinson, 1997).

İncelenen akarsu havzalarına ait çeşitli hidrolojik özellikleri belirlemek amacıyla ArcHydro eklentisinden yararlanılmıştır (Baye, 2020). Bu eklenti yardımıyla öncelikle yüzeysel akışı engelleyen hücreler “Fill DEM” aracı kullanılarak düzenlenmiş, ardından akarsu havzalarının drenaj desenlerini tanımlayan

veri kümelerini üretmek için düzenlenen bu SYM kullanılmıştır. Düzenlenen SYM altlık olarak kullanılarak arazi ön işleme ve akarsu havzalarının analizi süreçleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, sırasıyla “Flow direction” ile akış yönü, “Flow accumulation” aracı ile akış birikimi, “Stream definition” aracı ile akarsu ağları ve “Watershed delineation” aracı ile havza sınırları belirlenmiştir. Akış dizilimini belirlemek için morfometrik analizlerde yaygın

olarak kullanılan Strahler yöntemi kullanılmıştır (Strahler, 1964). Akarsu havzalarının fiziksel özelliklerini yansıtan temel parametreler; havza alanı (A), havza çevresi uzunluğu (P), havza uzunluğu (L_b), havza rölyefi (B_h), akış dizilimi (U), akış numarası (N_u), akış uzunluğu (L_u) ve hipsometrik eğridir. Bu temel parametrelerden üretilen karakteristik parametrelere ait tanımlayıcı bilgiler Çizelge 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Gedik vd., 1979; Şenol vd., 1998; Alan vd., 2007; Alan vd., 2011).

Figure 2. Geological map of the study area (Gedik et al., 1979; Şenol et al., 1998; Alan et al., 2007; Alan et al., 2011).

Çizelge 2. Morfometrik analizlerde kullanılan karakteristik parametrelerin formülleri.

Table 2. Formulas of characteristic parameters used in morphometric analyses.

Karakteristik Parametreler	Formül ve Metot	Kaynak
Drenaj yoğunluğu (D_d)	L_u/A	Horton, 1932
Akarsu sıklığı (F_s)	N_u/A	Horton, 1945
Drenaj dokusu (D_p)	N_u/P	Horton, 1945
Alansal Form faktör (R_f)	A/L_b^2	Horton, 1932
Uzama oranı (R_e)	$2 \sqrt{\frac{A}{\pi}}/L_b$	Schumm, 1956
Yüzeysel akış uzunluğu (L_g)	$1/2D_d$	Horton, 1945
Çizgisel Çatallanma oranı (R_b)	$N_u/N_u + 1$	Horton, 1932
Rölyef Rölyef oranı (R_r)	B_h/L_b	Schumm, 1956
Hipsometrik Hipsometrik integral (I_{hyp})	Hipsometrik eğri altında kalan alan	Strahler, 1952

BULGULAR VE TARTIŞMA

Temel Parametreler

Akarsu havzalarının temel morfometrik parametreleri kullanılarak havzaların karakteristik özellikleri ile ilgili sonuçlara ulaşılmaktadır. Temel parametre olarak nitelendirilen sayısal veriler ile bu verilerden üretilen karakteristik parametreler aracılığıyla farklı havzalara ait özellikler karşılaştırılabilmektedir (Yıldırım, 2021b). Çalışma kapsamında incelenen akarsu havzalarına ait temel morfometrik parametrelere ait sonuçlar Çizelge 3'te sunulmuştur.

Havza alanı (A), su potansiyelini yansıtan (Oruonye ve Ahmed, 2021) ve akış süreçleri hakkında bilgi sağlayan (Karataş, 2017) önemli bir parametredir. Çalışma alanındaki akarsu havzalarının alanları 10,6 km² (Sıpa Koyağı) ile 1344,2 km² (Lamas) arasındaki değişmektedir (Çizelge 3). Havzanın engebe durumunu yansıtan (Karataş, 2017) ve drenaj dokusunun hesaplamasında kullanılan havza çevre uzunluğu

(P) ise bir diğer önemli geometrik özelliktir. Çalışma alanında en kısa çevre uzunluğuna sahip havza Kocahasanlı havzası iken (18,9 km) en uzun çevre uzunluğuna sahip havza ise Lamas havzasıdır (289,0 km) (Çizelge 3). Ana akarsuyun kaynak noktasından boşalım noktasına paralel çizilen hattın uzunluğunu ifade eden havza uzunluğu (L_b) değerleri 8,3 km ile 104,1 km arasında değişmektedir (Çizelge 3).

Havzanın en yüksek noktası ile en düşük noktası (çıkış noktası) arasındaki mutlak yükselti farkı olarak tanımlanan havza rölyefi (B_h) 0,56 km (Sıpa Koyağı) ile 2,56 km (Müftü) arasında değişmektedir (Çizelge 3). Yüksek rölyefe sahip havzalar, yüksek eğim, dik yamaçlar ve akış toplanma zamanının kısalığı ile karakterize edilmektedir (Özdemir, 2011). Horton (1932) tarafından geliştirilen ve Strahler (1964) tarafından revize edilen Akış dizilimi (U), akışları hiyerarşik olarak düzenleyen bir sınıflandırma yöntemidir. Bu çalışmada, Strahler (1964) yöntemi kullanılarak akış dizilimleri

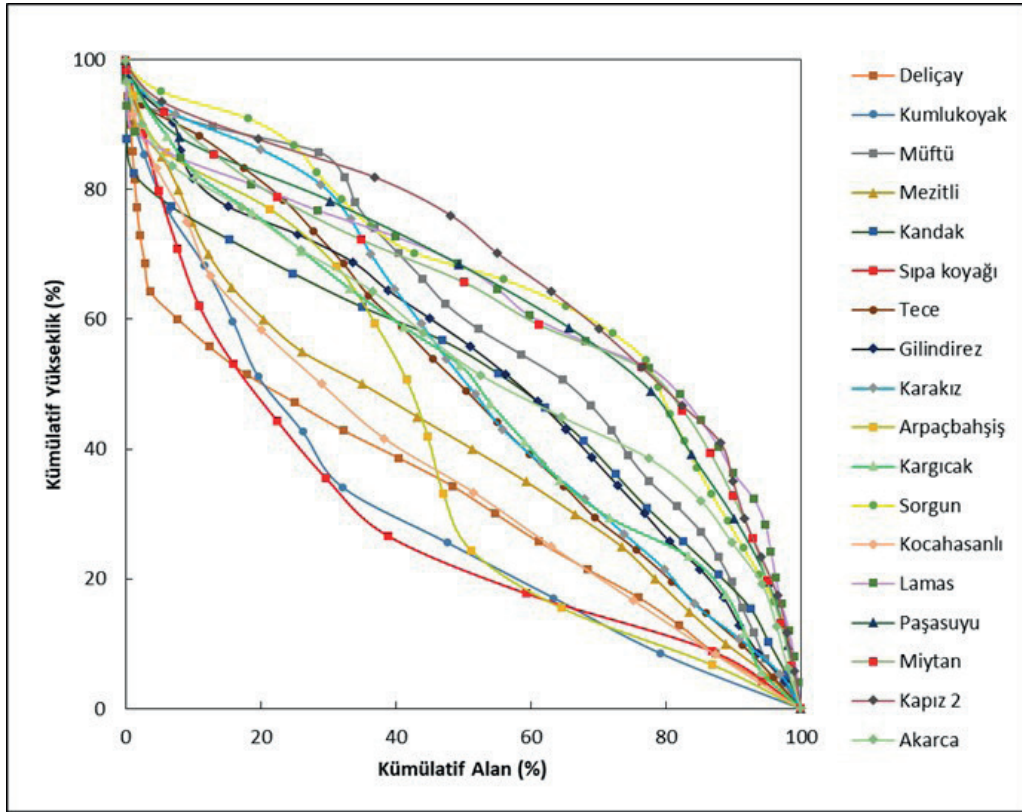
sınıflandırılmış olup en düşük akış dizilimi (3) Kocahasanlı havzasında bulunurken en yüksek akış dizilimi (6) ise Lamas havzasında bulunmuştur (Çizelge 3). Yüksek sayıda akış dizilimine sahip havzalar iyi drene olmuş havza olarak nitelendirilmektedir (Hajam vd., 2013). Bununla birlikte akış dizilimi parametresi yardımıyla havzanın jeolojisi ve jeomorfolojisi hakkında yorumlama yapılabilmektedir (Iqbal vd., 2013; Harsha vd., 2020; Yıldırım, 2021a). Akarsu kollarının sayısını temsil eden (Horton, 1945) akış numarası (N_u), havzanın jeolojisine, eğimine, toprak tipine, bitki örtüsü yoğunluğuna ve iklimsel koşullara bağlı olarak gelişen temel morfometrik parametredir (Singh vd., 2023). Çalışma alanındaki 17 adet havzanın akış numaraları 24 ile 1718 arasında değişmektedir (Çizelge 3). Çalışma alanında en az sayıda akarsu koluna sahip havza Kocahasanlı havzası iken en fazla sayıda akarsu koluna sahip havza ise Lamas havzasıdır (Çizelge 3). Genel olarak akarsu düzeni arttıkça akış sayısı azalmaktadır (Pande ve Moharir, 2017). Bununla birlikte fazla sayıda akarsu, havzaların düşük sızma kapasitesi, daha az geçirimli zemin ve büyük yüzeysel akış koşullarını yansıtmaktadır (Pande ve Moharir, 2017; Yıldırım, 2021b). Bir havzanın akarsu kollarının toplam uzunluğunun sayısal ifadesi olan akış uzunluğu (L_u) (Strahler, 1964), havzanın drenaj deseni, jeolojisi ve morfolojisi hakkında bilgi sağlamaktadır. Akarsu havzaları içinde Kocahasanlı havzası en kısa akış uzunluğuna (27 km) sahip havzadır. Lamas havzası 1940 km ile en uzun akış uzunluğuna sahip havzadır (Çizelge 3). Yüksek eğimli ve gözenekli temel kayaç yapısına sahip havzalarda uzun akarsuların sayısı az olurken, daha az geçirgen temel kayaçların bulunduğu havzalarda kısa uzunluğa sahip çok sayıda akarsu bulunmaktadır (Thomas vd., 2011; Singh vd., 2023; Shekar ve Mathew, 2024).

Hidrolojide ve jeomorfolojide temel araç olarak kullanılan hipsometrik eğri, akarsu

havzasının nispi yüksekliği ile nispi alanı arasındaki ilişkiyi temsil etmektedir (Strahler, 1952). Bu grafiksel yöntem, farkı akarsuların birbiriyle karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır. Oluşturulan grafikte dışbükey eğriler havzanın genç, akarsu akım gücünün yüksek ve su baskınlarının genellikle sel şeklinde olduğunu göstermektedir. (Özdemir, 2011). İçbükey eğriler ise havzanın olgunlaşmış olduğunu, akarsuların akım gücünün ve taşınan materyalin azaldığını ve su baskınlarının daha çok taşkın karakterli olduğunu ifade etmektedir (Özdemir, 2011). Eğrideki ani eğim değişimleri, özellikle yüksek kesimlerde görülen fay zonları veya kayaç değişimleri gibi tektonik özelliklerin göstergesi olabilmektedir (Strahler, 1952). Çalışma kapsamında incelenen akarsu havzalarının hipsometrik eğrileri Şekil 3'te gösterilmiştir. Deliçay, Kumlukoyak, Mezitli, Sıpa Koyağı, Arpaçbahşiş, Kocahasanlı içbükey eğriye sahip havzalar olup Müftü, Karakız, Sorgun, Miytan ve Kapız 2 havzaları dışbükey eğriye sahiptir. Deliçay ve Müftü havzalarının yüksek rakımlı bölgelerinde gözlenen ani eğri değişimlerine fayların, Arpaçbahşiş havzasında gözlenen ani eğri değişimine ise kayaç değişimlerinin (karbonat kayaçlarından Kuvaternere geçiş) neden olduğu anlaşılmıştır.

Karakteristik Parametreler

Temel parametrelerden üretilen karakteristik parametreler arasında, drenaj yoğunluğu (D_d), akarsu sıklığı (F_s), drenaj dokusu (D_l), çatallanma oranı (R_b), form faktör (R_f), uzama oranı (R_e), yüzeysel akış uzunluğu (L_g), rölyef oranı (R_r) ve hipsometrik integral (I_{hyp}) yer almaktadır. Bu karakteristik parametrelerin hesaplanmasında kullanılan formüller Çizelge 2'de, akarsu havzalarına ait sonuçlar ise Çizelge 4'te sunulmuştur.



Şekil 3. İncelenen akarsu havzalarına ait hipsometrik eğriler.

Figure 3. Hypsometric curves of the studied river basins.

Birim alan başına akarsu kollarının toplam uzunluğu olarak tanımlanan drenaj yoğunluğu (D_d) (Horton, 1932), esas olarak havzanın yüzey suları tarafından ne düzeyde parçalandığını ifade etmektedir (Karataş, 2017). Düşük D_d genellikle daha az parçalanmış topoğrafyada tipik olan kaba drenaj dokularını yansıtırken, artan drenaj yoğunluğu genellikle daha çok parçalanmış topoğrafyaya ince dokulara karşılık gelmektedir (Dwivedi vd., 2022; Kumar vd., 2023). Drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu havzalarda toprak erozyonu daha kolay gelişmekte olup (Ocak ve Bahadır, 2024), bitki örtüsü yoğunluğu daha az olmaktadır (Yıldırım, 2021b). Bununla birlikte, yüksek D_d değerine sahip havzaların yağışlar

sırasında yerel hidrolojik rejimleri önemli ölçüde değişebilmekte ve taşkın riskleri artmaktadır (Moeini vd., 2015). Çalışma alanındaki en düşük D_d değerine sahip havza Paşasuyu havzası iken, en yüksek D_d değerine sahip havza ise Arpaçbahşiş havzasıdır. İncelenen akarsu havzalarının D_d değerleri 1,10 ile 2,99 km/km^2 arasında değişmektedir (Çizelge 4).

Akarsu kollarının birim alandaki sayısını temsil eden akarsu sıklığı (F_s) (Horton, 1945), havza jeomorfolojisi, arazi kullanımı, toprak tipi ve iklim dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Yüksek eğim, hızlı drenajı ve daha karmaşık akarsu ağlarının oluşumunu desteklediğinden dolayı, dik topoğrafyaya sahip

havzalar genellikle daha yüksek F_s değerine sahiptir (Eimers ve McDonald, 2014). Daha yüksek F_s değeri daha fazla yüzey akışına, geçirimsiz zemin yapısına ve seyrek bitki örtüsüne karşılık gelmektedir (Shekar ve Mathew, 2024). Çalışma kapsamında F_s değerleri 0,70 ile 4,94 arasında değişmektedir. En düşük F_s değeri Paşasuyu havzasında, en yüksek F_s değeri ise Kandak havzasında bulunmuştur (Çizelge 4). Arazi kullanımındaki değişimler akarsu sıklığını etkileyebilmektedir. Özellikle kentleşme ile birlikte artan geçirimsiz yüzeylerin olduğu havzalarda doğal akışların yolu, sayısı ve sıklığı

değişebilmektedir (Debbage ve Shepherd, 2018). Bununla birlikte kayaç yapısı da akarsu sıklığını belirleyen faktörlerden bir tanesidir. Özellikle karbonat kayaçlarının geçirgenliği ile karstlaşma süreçleri arasındaki etkileşim, karst bölgelerinin hidrolojik manzarasını önemli ölçüde şekillendirir ve bu tür jeolojik oluşumların hakim olduğu alanlarda akarsu sıklığı değerlerinin daha düşük olmasına yol açar (Ensley vd., 2021). Bu çalışmada da çalışma alanında yer alan karbonat kayaçların hakim olduğu havzaların akarsu sıklığı değerlerinin göreceli olarak düşük olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 3. Temel morfometrik parametrelerin değerleri.

Table 3. Values of basic morphometric parameters.

Temel Parametreler							
Havza Adı	Alansal			Rölyef		Çizgisel	
	A (km ²)	P (km)	L _b (km)	B _h (km)	U*	N _u *	L _u (km)
Deliçay	439,3	183,7	65,4	2,33	6	1114	807
Kumlukoyak	15,5	27,1	13,1	0,58	4	41	42
Müftü	468,7	177,8	80,0	2,56	6	850	776
Mezitli	168,7	92,6	38,7	1,99	5	513	376
Kandak	34,2	44,6	20,4	0,97	4	169	100
Sıpa Koyağı	10,6	19,0	8,9	0,56	4	42	31
Tece	99,6	89,4	37,7	2,04	5	387	229
Gilindirez	330,4	138,9	58,5	2,32	5	543	527
Karakız	126,9	93,4	39,3	1,85	5	338	256
Arpaçbahşiş	13,8	27,7	12,9	0,58	4	63	41
Kargıcak	60,1	59,6	26,9	1,70	4	84	100
Sorgun	449,2	271,9	79,9	2,42	6	1001	812
Kocahasanlı	14,2	18,9	8,3	0,60	3	24	27
Lamas	1344,2	289,0	104,1	2,47	6	1718	1940
Paşasuyu	64,0	55,5	23,6	1,02	4	45	70
Miytan	153,5	97,1	39,7	1,52	5	252	250
Kapız 2	193,6	127,5	53,7	1,70	5	256	298

*Birimsiz

Akarsu kollarının toplam sayısının (N_u) havzanın çevre uzunluğuna (P) bölünmesiyle drenaj dokusu (D_t) elde edilmektedir (Horton, 1945). Bu parametre, zeminin sızma kapasitesinden, iklimden, yağıştan, toprak tipinden ve bitki örtüsünden etkilenmektedir (Smith, 1950). Kaba drenaj dokusuna sahip havzalarda yüzeye düşen yağış hızlı bir şekilde akışa geçmekte ve yüzey akışı artmaktadır (Thomas vd., 2010). İnce drenaj dokusuna sahip havzalarda sızma potansiyeli yüksek olduğundan dolayı sular daha yavaş drene olmaktadır (Thomas vd., 2010). Smith (1950) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre; havzalar çok kaba ($D_t < 2$), kaba ($2 < D_t < 4$), orta ($4 < D_t < 6$), ince ($6 < D_t < 8$) ve çok ince ($8 < D_t$) olmak üzere beş sınıfa ayrılmaktadır. Çalışma alanına ait 17 akarsu havzasının D_t değerleri Çizelge 4’te verilmiştir. İncelenen havzaların dördü “çok kaba”, sekizi “kaba”, dördü “orta” ve biri “ince” drenaj dokusu sınıfına girmektedir.

Çatallanma oranı (R_b), her akarsu dizinin toplam sayısının, kendinden bir üst dizinin toplam sayısına oranlanmasıyla (Çizelge 4) elde edilen karakteristik parametredir (Strahler, 1952; Schumm, 1956). Bu parametre, akarsuların erozyonel süreçlerdeki etkisini yorumlamada önemli bir veridir (Karataş, 2017). Boyutsal olmayan bu veri, bir drenaj havzasında çeşitli düzendeki akarsular arasındaki bütünleşmenin derecesini göstermektedir (Pande ve Moharir, 2017). Jeolojinin drenaj ağı üzerindeki etkisinin az olduğu havzalarda R_b tipik olarak 3,0 ile 5,0 arasında değişmektedir (Verstappen, 1983; Özdemir ve Bird, 2009). Yüksek R_b , drenaj deseninin jeolojik yapılardan etkilendiğini (Mazahir vd., 2022) ve ani sel potansiyeli olan erken hidrograf zirvesini göstermektedir (Kanth vd., 2012; Hajam, 2013). Düşük değerlerin gözlemlendiği havzaların geçirimsizliği az olup yüzeysel akışı yüksektir (Utlı ve Özdemir,

2018). Akarsu havzalarının çatallanma oranı 3,35 (Sıpa Koyağı) ile 5,88 (Kandak) arasında değişmekte olup (Çizelge 4) çalışma alanın doğusunda yer alan havzaların düşük değerlere sahip olması bu bölgelerin taşkın riski altında olduğunu göstermektedir.

Havza alanının, havza uzunluğunun karesine oranını (Çizelge 4) temsil eden form faktörü (R_f), akarsu havzalarının şekilsel özelliğini yansıtmaktadır (Horton, 1932). Form faktörü değeri düşük havzalar ($< 0,22$) uzunlamasına ve ince şekilli olup yüksek değere sahip havzalar ise daha yuvarlak şekle sahiptir (Hajam, 2013). Bununla birlikte, form faktörü değeri havza akışının yoğunluğunu temsil etmektedir (Singh vd., 2025). Daha yüksek form faktörü değerleri daha büyük ve daha uzun süreli pik akışlarını gösterirken, daha düşük form faktörü değerleri daha küçük ve daha kısa süreli pik akışlarını göstermektedir (Horton, 1945). Form faktörü değeri hesaplanan havzaların tümü ince–uzun şekilli olup elde edilen değerler 0,07 ile 0,20 arasında değişmektedir (Çizelge 4). Havzaların ince–uzun şekle sahip olmasında, denize paralel uzanan Toros Dağları’ndan kaynaklanan akarsuların denize dik bir şekilde akış göstermesi etkili olmuştur.

Uzama oranı (R_c), bir havzanın uzunluğunu veya daireselliğini belirleyen morfometrik bir parametredir. Havza ile aynı alana sahip bir dairenin çapının maksimum havza uzunluğuna oranı olan R_c değeri (Çizelge 4), akarsu havzasının şekli ile ilgili bilgi vermektedir (Schumm, 1956). Bu boyutsuz oranın 0’a yakın değerler alması uzunlamasına bir havzayı temsil ederken, 1’e yakın değerler ise havzanın daha dairesel olduğunu göstermektedir (Biswas vd., 1999). Strahler (1952), çok çeşitli iklimsel koşullar ve jeolojik ortamlarda uzama oranının 0,6 ile 1,0 arasında değiştiğini belirtmektedir. Ayrıca

0,5'ten küçük uzama oranına sahip havzalar daha uzun şekilli olarak kabul edilmektedir (Shekar ve Mathew, 2024). İncelenen akarsu havzalarına ait en yüksek uzama oranı değeri 0,51 iken en düşük uzama oranı değeri 0,29'dur (Çizelge 4). Bu değerlere göre 17 akarsu havzasının tümü uzun ve daha uzun şekilli havza olarak belirlenmiştir. Düşük uzama oranına sahip, uzun ve dar havzalarda yüzey akışı yüksek olup, aşınma ve sediman taşınımı fazla olmaktadır (Biswas vd., 1999). Bu tür havzalar yüksek rölyef, düşük sızma kapasitesi ve dik topoğrafya ile karakterize edilmektedir (Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011; Utlu ve Özdemir, 2018).

Drenaj yoğunluğu ile ilişkili karakteristik bir parametre olan yüzeysel akış uzunluğu (L_g), yeryüzüne düşen suyun belli bir yatağa ulaşmadan önce katettiği mesafenin bir ölçüdür (Horton, 1945). Bu parametre havza şekli, arazi eğimi, bitki örtüsü ve zeminin geçirimsizliği gibi değişkenlerden etkilenmektedir. Yüksek drenaj yoğunluğuna ve dairesel şekle sahip havzalar, yüzey akışının akarsu kanallarına daha fazla yönlendirilmesi nedeniyle daha kısa yüzeysel akış uzunluğu sergilemektedir (Özdemir, 2011; Samal vd., 2015; Sukristiyanti vd., 2018; Cheruku vd., 2023). Uzama ile karakterize edilen, düşük akış koşullarına sahip ve geçirimsizliği fazla olan havzaların yüzeysel akış uzunluk değerleri yüksek olmaktadır (Jayswal vd., 2021). Bununla birlikte, eğimin fazla olduğu havzalarda, kanallara doğru daha hızlı su taşınımı nedeniyle yüzeysel akışların uzunluğu azalmaktadır (Gomi vd., 2008; Nieuwenhuizen vd., 2021). Çalışma alanında bulunan havzaların yüzeysel akış uzunluğu değerleri 0,17 (Arpaçbahşiş havzası) ile 0,45 (Paşasuyu havzası) arasında değişmektedir (Çizelge 4).

Rölyef oranı (R_r), bir havzanın diklik derecesini ifade eden önemli bir morfometrik

parametre olup matematiksel olarak, dikey yükseklik farkının (toplam havza rölyefi) havzanın maksimum uzunluğuna oranlanmasıyla (Çizelge 4) elde edilmektedir (Schumm 1956). Rölyef oranı, erozyonel süreçler ile havzanın topoğrafyası hakkında gösterge olarak kullanılmaktadır (Cürebal ve Ekinci, 2006; Karataş, 2017). Yüksek rölyef oranı, dik topoğrafyayla, genellikle artan akışla, fazla aşınmayla ve taşkın riskleriyle ilişkilidir (Babu vd., 2014). Rölyef oranı düşük olan havzaların, eğime bağlı olarak boşalım miktarı az olduğundan dolayı bu havzaların yeraltı suyu potansiyeli yüksektir (Parveen vd., 2012). Çalışma alanında en düşük rölyef oranı 0,02 (Lamas havzası), en yüksek rölyef oranı ise 0,07 (Kocahasanlı havzası) olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4). Elde edilen sonuçlara göre; havza alanı ile rölyef oranında negatif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Havzaların evrimleri sırasında, farklı aşamalardaki aşınmış arazi şekilleri arasında ayırım yapmak için Strahler (1952) tarafından hipsometrik integral (I_{hyp}) yöntemi geliştirilmiştir. Jeomorfolojik bir parametre olan hipsometrik integral, 0 ile 1 arasında değerler almakta olup bu değerler hipsometrik eğri altında kalan alanı temsil etmektedir. Erozyon döngüsünün bir göstergesi olan (Singh vd., 2008) hipsometrik integral kullanılarak havzaların erozyon döngüsü üç sınıfa ayrılmıştır (Strahler (1952). Bu sınıflar, aşınma ve erozyon süreçlerinin bittiği “yaşlı evre” ($I_{hyp} < 0,3$), havzanın denge durumuna ulaştığı “olgun evre” ($0,3 \leq I_{hyp} < 0,6$) ve havzanın erozyona karşı oldukça hassas olduğu “genç evre” ($I_{hyp} \geq 0,6$) şeklindedir. Çalışma kapsamında 17 adet akarsu havzasının ikisinin yaşlı evrede, onunun olgun evrede ve beşinin genç evrede olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Karakteristik morfometrik parametrelere ait sonuçlar.

Table 4. Values of characteristic morphometric parameters.

Karakteristik Parametreler									
Havza Adı	D_d (km ⁻¹)	F_s	D_t	R_b	R_f	R_c	L_g	R_r	I_{hyp}
Deliçay	1,84	2,54	6,06	3,98	0,10	0,36	0,27	0,03	0,33
Kumlukoyak	2,71	2,64	1,51	3,44	0,09	0,34	0,18	0,04	0,30
Müftü	1,66	1,81	4,78	3,86	0,07	0,31	0,30	0,03	0,59
Mezitli	2,23	3,04	5,54	5,00	0,11	0,38	0,22	0,05	0,41
Kandak	2,92	4,94	3,79	5,88	0,08	0,32	0,17	0,05	0,50
Sıpa Koyağı	2,98	3,98	2,12	3,35	0,13	0,41	0,17	0,06	0,29
Tece	2,30	3,88	4,32	3,72	0,07	0,29	0,22	0,05	0,50
Gilindirez	1,59	1,64	3,90	5,41	0,09	0,35	0,31	0,04	0,53
Karakız	2,02	2,66	3,62	4,36	0,08	0,33	0,25	0,05	0,53
Arpaçbahşiş	2,99	4,56	2,28	3,74	0,08	0,32	0,17	0,04	0,40
Kargıcak	1,66	1,40	1,41	4,22	0,08	0,33	0,30	0,06	0,49
Sorgun	1,80	1,80	3,68	4,18	0,07	0,30	0,27	0,03	0,66
Kocahasanlı	1,83	1,68	1,27	4,38	0,20	0,51	0,27	0,07	0,37
Lamas	1,51	1,28	5,94	4,42	0,12	0,39	0,33	0,02	0,64
Paşasuyu	1,10	0,70	0,81	3,39	0,12	0,38	0,45	0,04	0,63
Miytan	1,74	1,64	2,59	3,75	0,09	0,35	0,28	0,04	0,63
Kapız 2	1,54	1,32	2,01	4,02	0,07	0,29	0,32	0,03	0,68

Tarihsel süreç boyunca Mersin ilinde, kayda değer maddi ve manevi kayıplara neden olmuş birçok sel ve taşkın olayı meydana gelmiştir (Çizelge 5). Bu afetlerin oluşum

yerlerine bakıldığında çoğunlukla Mersin ili merkez ilçeleri ve doğusunda meydana geldiği görülmüştür. Bu göstergeler ise bu çalışmanın sonuçları ile örtüşmektedir.

Çizelge 5. Mersin ilinde meydana gelen kaydadeğer sel/taşkın afetleri.

Table 5. Significant flooding disasters in Mersin province.

Tarih	İlçe/Bölge	Etkiler	Kaynak
28 Aralık 1968	Silifke, Tarsus, Mersin Merkez	5 ölü, 851 bina zarar, 95 bin dekarlık alan sular altında	MP, 2016
3 Aralık 2001	Silifke (Kızkalesi), Mersin Merkez	5 ölü, çok sayıda ev ve iş yeri hasarlı	Kaynak, 2001
2014	Mersin Merkez	70 kg/m ² yağış, su baskınları	İçel, 2014
29 Aralık 2016	Yenişehir, Mezitli, Akdeniz	5 ölü, kent merkezinde altyapı ve taşkın zararı	Bilici ve Everest, 2017

SONUÇLAR

Çalışma kapsamında Mersin ili merkezinde bulunan Deliçay, Kumlukoyak, Müftü, Mezitli, Kandak, Sıpa Koyağı, Tece, Gilindirez, Karakız, Arpaçbahşiş, Kargıcak, Sorgun, Kocahasanlı, Lamas, Paşasuyu, Miytan ve Kapız 2 olmak üzere 17 adet akarsu havzasının morfometrik analizleri yapılmış ve analizler sonucunda elde edilen veriler ile çalışma alanında ilerleyen süreçte yapılabilecek hidrolojik modelleme ve afet risk yönetimi süreçlerinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalar için veri tabanı oluşturulmuştur. Ayrıca akarsu havzalarının morfometrik parametrele değerleri karşılaştırılarak ve aralarındaki farklılıklar ve benzerlikler ortaya koyulmuştur.

Karbonatlı kayaçların bulunduğu güneybatıdaki havzalar, ofiyolitik kayaçların bulunduğu kuzeydoğu havzalarına göre daha düşük drenaj yoğunluğuna sahiptir. Batıdaki karbonat kayaçlarının bulunduğu havzalarda akarsu sıklığı ve sel riski düşük olup, doğudaki havzalarda ise sel riski daha yüksektir. Havzalar, çok kaba drenaj dokusundan ince drenaj dokusuna kadar çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Bazı havzalarda tektonik ve yapısal faktörlerin çatallanma oranlarını etkilediği tespit edilmiştir. Akarsu havzaların uzama oranları ve form faktör değerleri arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Havzalar kuzey-güney doğrultusunda ince ve uzun şekillidir. Paşasuyu havzası en uzun, Arpaçbahşiş havzası ise en kısa yüzeysel akış uzunluğuna sahip havzalardır. En yüksek rölyef oranına sahip havzalar Kocahasanlı ve Sıpa Koyağı iken, en düşük rölyef oranına sahip havza Lamas'tır. Elde edilen sonuçlara göre havza alanı ile rölyef oranı arasında negatif bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Hipsometrik integral değerleri referans alınarak 17 adet akarsu havzasının ikisinin yaşlı evrede, onunun

olgun evrede ve beşinin genç evrede olduğu bulunmuştur. Batıdaki havzaların hipsometrik integral değerleri, doğudaki karbonat kayaçların bulunduğu havzalara göre daha yüksek olup bu havzaların aşınma/erozyona karşı hassasiyeti daha yüksektir.

Çalışma alanının doğu bölgelerinde ve Mersin il merkezini de kapsayan akarsu havzalarında hızlı kentleşme ve nüfusun artmasıyla arazi kullanımı da hızla değişmektedir. Özellikle bu havzalarda sel ve taşkın riskine karşı gerekli planlamalar yapılarak önlemlerin alınması ve bu süreçte havzaların morfometrik özelliklerinin de göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, birinci yazara (Ümit Yıldırım) ait “Göksu Nehri ve Tarsus Çayı (Mersin) Arasında Yer Alan Akarsuların Morfometrik, Hidrolojik ve Hidrokimyasal Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı doktora tezinden üretilmiş olup Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: 2015-TP3-1008). Yazarlar bu desteğinden dolayı Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

- Alan, İ., Şahin, S., Balcı, V., Elibol, H., Böke, N., Altun, İ., Esirtgen, T., Keskin, H., Kop, A., ve Bakırhan, B. (2011). *Orta Torosların jeodinamik evrimi: Bozyazı-Aydıncık-Gülner-Silifke (Mersin) yöresi* (Rapor no: 11462). MTA (yayımlanmamış).
- Alan, İ., Şahin, S., Böke, N., Saçlı, L., Keskin, H., Pehlivan, Ş., Altun, İ., Kop, A., Bakırhan, B., Hanilçı, N., Balcı, V. ve Çelik, Ö. F. (2007). *Orta Torosların jeodinamik evrimi: Ereğli (Konya)-Ulukışla (Niğde)-Karsanti (Adana)-Namrun (İçel) yöresi* (Rapor no: 11006). MTA (yayımlanmamış).

- Altıparmak, S. ve Türkoğlu, N. (2018). Yakacık Çayı havzasının (Hatay) morfometrik analizi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 58(1), 353-374.
- Appiagyei, B. D., Belhoucine-Guezouli, L., Bessah, E., Morsli, B., & Fernandes, P. A. M. (2022). A review on climate change impacts on forest ecosystem services in the Mediterranean basin. *Journal of Landscape Ecology*, 15(1), 1-26. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2022-0001>
- Arıkan, M., Erkal, T. ve Ertek, T. A. (2023). Kuzey Anadolu Fay zone ve güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) relief morfometrisi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 28(49), 8-27. <https://doi.org/10.5152/EGJ.2023.220405>
- Avcı, V. (2017). Darköprü Deresi havzasında (Bingöl) tektonik etkinin morfometrik analizlerle belirlenmesi. *Journal of International Social Research*, 10(48), 270-284. <https://doi.org/10.17719/jisr.2017.1499>
- Avcı, V. ve Sunkar, M. (2015). Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının morfometrik analizleri. *Journal of Geography*, 30, 91-119. https://dergipark.org.tr/tr/pub/iucografya/issue/25075/264657#article_cite
- Ayhan, A. ve Lengeranli, Y. (1986). Yahyalı-Demirkazık (Aladağ Yöresi) arasının tektonostratigrafik özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 27, 31-45. https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmd/issue/90147/1632017#article_cite
- Babaiban, E. (2020). *Morfometrik parametreler yardımıyla olası havza taşkın potansiyelinin değerlendirilmesi: Doğu Akdeniz havzası örneği* [Yayımlanmamış Yüksek Tezi]. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 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>
- Baduna Koçyiğit, M., Akay, H. ve Babaiban, E. (2021). Temel bileşen analizi kullanılarak Doğu Akdeniz Havzası ani taşkın potansiyelinin morfometrik yaklaşımla değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(3), 1669-1686. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.829390>
- Barton, G. (2015). Simulating environmental impacts based on the example of roşia montană. *Journal of Environmental Geography*, 8(3-4), 1-10. <https://doi.org/10.1515/jengeo-2015-0007>
- Baye, M. (2020). Watershed delineation by Arc Hydro tools. *International Journal of Science and Research*, 9(5), 956-961. <https://www.doi.org/10.21275/SR20516144818>
- Bhat, A. G., Paradkar, V., Aishwarya, M. S., Balley, P., & Rema, K. P. (2023). Geospatial analysis of Kurumanpuzha sub-watershed in the Chaliyar River basin: a remote sensing and GIS approach for geomorphological assessment. *Journal of Experimental Agriculture International*, 45(11), 9-21. <https://doi.org/10.9734/jeai/2023/v45i112230>
- Bilici, Ö. E. & Everest, A. (2017). 29 Aralık 2016 Mersin Selinin Meteorolojik Analizi ve İklim Değişikliği Bağlantısı. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 22(38), 227-250. <https://doi.org/10.17295/ataunided.294027>
- Biswas, S., Sudhakar, S. & Desai, V. R. (1999). Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 27(3), 155-166. <https://doi.org/10.1007/bf02991569>
- Bolongaro-Crevenna, A., Rodríguez, V., Sorani, V., Frame, D., & Ortíz, M. (2005). Geomorphometric analysis for characterizing landforms in morelos state, Mexico. *Geomorphology*, 67(3-4), 407-422. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.11.007>
- Cheruku, S., Prabhakar, G. & Boddu, U. R. (2023). Morphological characteristics of Kanthatmakur Vagu watershed of Warangal district: Using Geographical Information System (GIS). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 17(1), 255-265. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.17.1.0027>
- Chorley, R. J., Schumm, S. A. & Sugden, D. E. (1984). *Geomorphology* (1st ed.). Methuen, London.

- Cox, R. T. (1994). Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi embayment. *Geological Society of America Bulletin*, 106(5), 571–581. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1994\)1062.3.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1994)1062.3.co;2)
- Cürebal, İ. ve Ekinci, D. (2006). Kızılkeçili Deresi havzasında CBS tabanlı RUSLE (3D) yöntemiyle erozyon analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 47, 115-130.
- Cürebal, İ., Efe, R., Özdemir, H., Soykan, A. & Sönmez, S. (2015). GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey). *Geocarto International*, 31(4), 355-366. <https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1047411>
- Debbage, N. & Shepherd, J. M. (2018). The influence of urban development patterns on streamflow characteristics in the Charlanta Megaregion. *Water Resources Research*, 54(5), 3728-3747. <https://doi.org/10.1029/2017WR021594>
- Demirtaşlı, E. (1967). *Pınarbaşı-Sarız-Mağara ilçeleri arasındaki sahanın litostratigrafi birimleri ve petrol imkanları*. (Rapor no: 3489). MTA (yayımlanmamış).
- Dikici, M. (2024). Rapid identification of flood-prone settlements in the Eastern Mediterranean basin in Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 83, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12665-024-11614-1>
- Dimple, D., Rajput, J., Al-Ansari, N., Elbeltagi, A., Zerouali, B. & Santos, C. A. G. (2022). Determining the hydrological behavior of catchment based on quantitative morphometric analysis in the hard rock area of Nand Samand catchment, Rajasthan, India. *Hydrology*, 9(2), 31. <https://doi.org/10.3390/hydrology9020031>
- Dwivedi, L., Pandey, R. & Tripathi, S. (2022). Remote sensing and GIS based morphometric characterization of Bichiya River watershed of Rewa district, MP. *International Journal of Applied Research*, 8(6), 101-107. <https://doi.org/10.22271/allresearch.2022.v8.i6b.9829>
- Ede, P. N. (2015). Morphometric features of a low-elevation urban catchment and the implications for flooding. *Global Journal of Geological Sciences*, 13(1), 9-14. <https://doi.org/10.4314/gjgs.v13i1.2>
- Eimers, M. C. & McDonald, E. C. (2015). Hydrologic changes resulting from urban cover in seasonally snow-covered catchments. *Hydrological Processes*, 29(6), 1280-1288. <https://doi.org/10.1002/hyp.10250>
- Ensley, R., Hansen, R., Morales-Aguilar, C., & Thompson, J. (2021). Geomorphology of the mirador-calakmul karst basin: a gis-based approach to hydrogeologic mapping. *Plos One*, 16(8), e0255496. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255496>
- Eren, M., Kadir, S., Hatipoğlu, Z. & Gül, M. (2008). Quaternary Calcrete development in the Mersin area, Southern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(4), 763-784. <https://journals.tubitak.gov.tr/earth/vol17/iss4/7>
- Erol, A. & Karadeniz, C. (2018). Morfometrik parametrelerin havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmesi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 447-454. <https://doi.org/10.18182/tjf.476776>
- Esen, F. (2022). Ayancık Çayı Havzası'nda (Sinop) meydana gelen taşkın olaylarının havza morfometrisi açısından değerlendirilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 47, 233-257. <https://doi.org/10.32003/igge.1126933>
- ESRI. (2009). ArcGIS version 9.3. Redlands, California
- Evans, I. S. (1972). *General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics*. In R. J Chorley (Ed.), *Spatial Analysis in Geomorphology*, (pp. 17-90). Harper and Row.
- Fraga, H., Moriando, M., Leolini, L., & Santos, J. A. (2020). Mediterranean olive orchards under climate change: a review of future impacts and adaptation strategies. *Agronomy*, 11(1), 56. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010056>
- Gedik, A., Birgili, Ş., Yılmaz, H. ve Yoldaş, R. (1979). Mut-Ermenek-Silifke yöresinin jeolojisi

- ve petrol olanakları. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22, 8-26.
- Gericke, O. J. (2019). GIS applications to investigate the linkage between geomorphological catchment characteristics and response time: a case study in four climatological regions, *South Africa. Water*, 11(5), 1072. <https://doi.org/10.3390/w11051072>
- Gomi, T., Sidle, R. C., Miyata, S., Kosugi, K. & Onda, Y. (2008). Dynamic runoff connectivity of overland flow on steep forested hillslopes: scale effects and runoff transfer. *Water Resources Research*, 44(8), 1-16. <https://doi.org/10.1029/2007wr005894>
- Hajam, R. A., Hamid, A. & Bhat, S. U. (2013). Application of morphometric analysis for geo-hydrological studies using geo-spatial technology-a case study of Vishav drainage basin. *Journal of Waste Water Treatment and Analysis*, 4(3), 1-13. <https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000157>
- Harsha, J., Ravikumar, A. S. & Shivakumar, B. L. (2020). Evaluation of morphometric parameters and hypsometric curve of Arkavathy river basin using RS and GIS techniques. *Applied Water Science*, 10(3), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1164-9>
- Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *American Geophysical Union of Transactions*, 13(1), 350-361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:edosat\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:edosat]2.0.co;2)
- Hurtrez, J. E, Sol, C. & Lucazeau, F. (1999). Effect of drainage area on hypsometry from an analysis of small-scale drainage basins in the Siwalik Hills (Central Nepal). *Earth Surface Processes and Landforms*, 24(9), 799-808. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199908\)24:9<799::AID-ESP12>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199908)24:9<799::AID-ESP12>3.0.CO;2-4)
- Hutchinson, M. F. & Dowling, T. I. (1991). *A continental hydrological assessment of a new grid-based digital elevation model of Australia*, *Hydrological Processes*, 5 (1), 45-58. In: Beven, K. J., Moore, I. D. (Eds.), 1995, Terrain analysis and distributed modelling in hydrology (Advances in Hydrological Processes), John Wiley & Sons, 49-62.
- Hutchinson, M. F. (1996). *A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models*. In Proceedings, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, NM, January 21-26, 1996. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis.
- Hutchinson, M. F. (1997). ANUDEM Version 4.6, User Guide, (Revision: 26 August 1997), The Australian National University, Centre for Resource and Environmental Studies, Canberra.
- İçel, G. (2014). Mersin'de Meteorolojik ve Hidrometeorolojik Afetler. *Journal of Turkish Studies*, 9(11), 263-282. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.7454>
- Iqbal, M., Sajjad, H. & Bhat, F. A. (2013). Morphometric analysis of Shaliganga Sub Catchment, Kashmir Valley, India using Geographical Information System. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 4 (1), 10-21. <https://ijettjournal.org/archive/ijett-v4i1p202>
- İlker, S. (1975). *Adana Baseni Kuzey-Batısının Jeolojisi ve Petrol Olanakları* (Rapor No: 973). TPAO (yayımlanmamış).
- İrcan, M. R., Kale, M. M. ve Duman, N. (2024). Morfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi: Şanlıurfa örneği. *Geomatik*, 9(3), 361-374. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1506840>
- Jayswal, P. S., Gontia, N. K. & Sondarva, K. N. (2021). Morphometric study of Dhatarwadi River basin using RS and GIS techniques. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 40(11), 1-11. <https://doi.org/10.9734/cjast/2021/v40i1031354>

- Juteau, T. (1980). Ophiolites of Turkey. *Ofiyoliti*, 2, 199-233.
- Kanth, T. A. & ul Hassan, Z. (2012) Morphometric analysis and prioritization of watersheds for soil and water resource management in Wular catchment using Geo-Spatial tools. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2(1), 30-41.
- Karataş, A. (2017). Karasu Çayı Havzasının Hidrografik Planlaması. Çantay.
- Kaynak, A. (2001). *Mersin'de Sel Afeti Raporu*. TMH (Türkiye Mühendislik Haberleri), 415. <https://www.imo.org.tr/Eklenti/1718,mersinde-sel-afeti-raporupdf.pdf?>
- Khalifa, A., Bashir, B., Alsalman, A., Naik, S. P. & Nappi, R. (2023). Remotely sensed data, morpho-metric analysis, and integrated method approach for flood risk assessment: Case study of Wadi Al-Arish landscape, Sinai, *Egypt. Water*, 15(9), 1797. <https://doi.org/10.3390/w15091797>
- Krishnamurthy, J., Srinivas, G., Jayaram, V. & Chandrasekhar M. G. (1996). Influence of rock type and structure in the development of drainage networks in typical hard rock terrain. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(3), 252-259.
- Kumar, S., Singh, V. & Saroha, J. (2023). Application of geospatial techniques in soil erosion assessment in Sarbari Khad of Himachal Pradesh, India. *Journal of Advanced Zoology*, 44(3), 25-33. <https://doi.org/10.17762/jaz.v44i3.215>
- Kuşçu, İ. & Özdemir, H. (2025). Flood susceptibility analysis of settlement basins on a provincial scale using inventory flood data. *Environmental Earth Sciences*, 84(15), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s12665-024-11988-2>
- Lin, L., Wu, Z., & Liang, Q. (2019). Urban flood susceptibility analysis using a GIS-based multi-criteria analysis framework. *Natural Hazards*, 97(2), 455-475. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03615-2>
- Makhamreh, Z., Al-Hawary, M. & Odeh, S. (2020). Assessment of morphometric characteristics of Wadi Al-Shumar Catchment in Jordan. *Open Journal of Geology*, 10, 155-170. <https://doi.org/10.4236/ojg.2020.102009>
- Mazahir, S., Javed, A. & Khanday, M. (2022). Drainage basin characteristics of Dhund River basin, Eastern Rajasthan India, using remote sensing and GIS techniques. *Journal of Geographic Information System*, 14(4), 347-363. <https://doi.org/10.4236/jgis.2022.144019>.
- Merritts, D. J. & Vincent, K. R. (1989). Geomorphic response of coastal streams to low, intermediate, and high rates of uplift, Mendocino triple junction region, Northern California. *Geological Society of America Bulletin*, 101(11), 1373-1388. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1989\)1012.3.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1989)1012.3.co;2)
- MGM (2025, 03 Mart). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İllimize Ait Genel İstatistik Verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ICEL>
- Moieni, A., Zarandi, N. K., Pazira, E. & Badiollahi, Y. (2015). The relationship between drainage density and soil erosion rate: a study of five watersheds in Ardebil province, Iran. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 197, 129-138. <https://doi.org/10.2495/rm150121>
- Morisawa, M. E. (1959). *Relation of morphometric properties to runoff in the Little Mill Creek, Ohio, Drainage basin*, (Rapor no: CU-TR-17). Columbia University (yayınlanmış).
- MP (Mersin Portal) (2025, 06 Mayıs). *Mersin 1968 – 2001 – 2016 Değişmeyen Kaderi Sel*. <https://www.mersinportal.com/mersin/mersin-1968-2001-2016-degismeyen-kaderi-sel-h34102.html>
- Mueller, J. E. (1968). An Introduction to the hydraulic and topographic sinuosity indexes. *Annals of the Association of American Geographers*, 58(2), 371-385. <https://www.jstor.org/stable/2561621>
- Mzobe, P., Yan, Y., Berggren, M., Pilesjö, P., Olefeldt, D., Lundin, E., Roulet, N. T. & Persson, A. (2020). Morphometric control on dissolved organic carbon in Subarctic streams. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 125(9), 1-16. <https://doi.org/10.1029/2019JG005348>
- Nieuwenhuizen, N. V., Lindsay, J. B. & DeVries, B. (2021). Smoothing of digital elevation models

- and the alteration of overland flow path length distributions. *Hydrological Processes*, 35(7), 1-12. <https://doi.org/10.1002/hyp.14271>
- Ocak, F. & Bahadır, M. (2024). Evaluation of potential soil erosion areas in the Ladik Lake basin via AHP and GIS integration (Samsun, Türkiye). *Journal of Geography* 49, 83-96. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2024-1452908>
- Oguchi, T. (1997). Drainage density and relative relief in humid steep mountains with frequent slope failure. *Earth Surface Processes and Landforms*, 22(2), 107-120. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199702\)22:2<107::AID-ESP680>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199702)22:2<107::AID-ESP680>3.0.CO;2-U)
- Ohmori, H. (1993). Changes in the hypsometric curve through mountain building resulting from concurrent tectonics and denudation. *Geomorphology*, 8(4), 263-277. [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(93\)90023-U](https://doi.org/10.1016/0169-555X(93)90023-U)
- Oruonye, E. D. & Ahmed, Y. M. (2021). Evaluation of erosion-prone areas in Lamurde River basin, Nigeria using morphometric prioritization method. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 25(8) 17-31. <https://doi.org/10.9734/jgeesi/2021/v25i830301>
- Ödeker, B. ve Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi havzasının (Rize/Çayeli) morfometrik özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60(1), 14-38.
- Özdemir, H. & Bird, D. K. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and dem in point of floods. *Environmental Geology*, 56(7), 1405-1415. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1235-y>
- Özdemir, H. (2011). *Havza Morfometrisi ve Taşkınlar* In D. Ekinci (Ed.), *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemlik ve Bölgesel*, (ss. 507-526). Babil.
- Paliaga, G., Faccini, F., Luino, F., & Turconi, L. (2019). A spatial multicriteria prioritizing approach for geo-hydrological risk mitigation planning in small and densely urbanized Mediterranean basins. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(1), 53-69. <https://doi.org/10.5194/nhess-19-53-2019>
- Pande, C. B. & Moharir, K. N. (2017). GIS based quantitative morphometric analysis and its consequences: a case study from Shanur River basin, Maharashtra India. *Applied Water Science*, 7(2), 861-871. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0298-7>
- Parveen, R., Kumar, U. & Singh, V. K. (2012). Geomorphometric characterization of upper South Koel basin, Jharkhand: A Remote Sensing & GIS Approach. *Journal of Water Resource and Protection*, 4(12), 1042-1050. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2012.412120>
- Poisson, A. (1977). *Recherches géologiques dans les Taurides occidentales* (Turquie) [Ph.D. Thesis], Université Paris-Sud Orsay.
- Reddy, G. P. O., 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>
- Romshoo, S. A., Bhat, S. A., & Rashid, I. (2012). Geoinformatics for assessing the morphometric control on hydrological response at watershed scale in the upper Indus basin. *Journal of Earth System Science*, 121(3), 659-686. <https://doi.org/10.1007/s12040-012-0192-8>
- Samal, D. R., Gedam, S. S. & Nagarajan, R. (2015). GIS based drainage morphometry and its influence on hydrology in parts of western Ghats region, Maharashtra, India. *Geocarto International*, 30(7), 755-778. <https://doi.org/10.1080/10106049.2014.978903>
- Segnalini, M., Nardone, A., Bernabucci, U., Vitali, A., Ronchi, B., & Lacetera, N. (2010). Dynamics of the temperature-humidity index in the Mediterranean basin. *International Journal of Biometeorology*, 55(2), 253-263. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0331-3>
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy, New

- Jersey. *Geological Society of American Bulletin*, 67(5), 597-646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- Shekar, P. R. & Mathew, A. (2024). Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques. *Watershed Ecology and the Environment*, 6, 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>
- Sherzad, S. & Tharavathy, N. C. (2022). Morphometric analysis of Baghlan province for Amu river basin in Afghanistan using remote sensing and GIS. *Ecology, Environment and Conservation*, 28(2), 964-974. <https://doi.org/10.53550/eec.2022.v28i02.059>
- Shreve, R. L. (1969). Stream lengths and basin areas in topologically random channel networks. *The Journal of Geology*, 77(4), 397-414. <https://doi.org/10.1086/628366>
- Singh, M. C., Satpute, S. & Prasad, V. (2023). Remote sensing and GIS-based watershed prioritization for land and water conservation planning and management. *Water Science & Technology*, 88(1), 233-265. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.207>
- Singh, O., Sarangi, A. & Sharma, M. C. (2008). Hypsometric integral estimation methods and its relevance on erosion status of north-western lesser Himalayan watersheds. *Water Resources Management*, 22(11), 1545-1560. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9242-z>
- Singh, R., Sahu, P., Kumari, S. & Chauhan, V. (2025). Assessing tectonic influence on landscape evolution: case study of the Nandakini watershed, Western Himalaya. *Journal of Mountain Science*, 22(2), 666-680. <https://doi.org/10.1007/s11629-024-9065-2>
- Singh, W. R., Barman, S. & Tirkey, G. (2021). Morphometric analysis and watershed prioritization in relation to soil erosion in Dudhnai watershed. *Applied Water Science*, 11(9), 151. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01483-5>
- Smith, K. G. (1950). Standards for grading textures of erosional topography. *American Journal of Science*, 248, 655-668. <http://dx.doi.org/10.2475/ajs.248.9.655>
- Soni, S. (2016). Assessment of morphometric characteristics of Chakrar watershed in Madhya Pradesh, India using geospatial technique. *Applied Water Science*, 7(5), 2089-2102. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0395-2>
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63(11), 1117-1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:haoet\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:haoet]2.0.co;2)
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- Strahler, A. N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks*. In V. T. Chow (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology*, (pp. 439-476). McGraw Hill Book Company.
- Sukristiyanti, S., Maria, R. & Lestiana, H. (2018). *Watershed-based morphometric analysis: a review*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 118, 1-5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012028>
- Şenol, M., Şahin, Ş. ve Duman, T. Y. (1998). *Adana-Mersin dolayının jeoloji etüt raporu* (Rapor no: 10098). MTA (yayımlanmamış).
- Tekin, S. (2019). *Göksu Nehri havzasının coğrafi bilgi sistemleri tabanlı jeomorfometrik analizi ve niceliksel heyelan olası tehlike değerlendirmesi* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Thomas, J., Joseph, S. & Thrivikramaji, K. P. (2010). Morphometric aspects of a small tropical mountain river system, the southern Western Ghats, India. *International Journal of Digital Earth*, 3(2), 135-156. <https://doi.org/10.1080/17538940903464370>
- Thomas, J., Joseph, S., Thrivikramaji, K. P. & Abe, G. (2011). Morphometric analysis of the drainage system and its hydrological implications in the

- Rain Shadow Regions, Kerala, India. *Journal of Geographical Sciences*, 21, 1077-1088. <https://doi.org/10.1007/s11442-011-0901>
- Topuz, M. ve Karabulut, M. (2016). Limonlu ve Alata havzalarının (Mersin-Erdemli) jeomorfometrik analizi. *Journal of Turkish Studies*, 11(2), 1231-1231. <https://doi.org/10.7827/turkishstudies.9165>
- Utlü, M. ve Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği. *Journal of Geography*, 36, 49-62. https://dergipark.org.tr/tr/pub/iucografya/issue/37715/408101#article_cite
- Verstappen, H. (1983). *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development*. Elsevier, New York.
- Yıldırım, Ü. (2021a). Trabzon (KD Türkiye) akarsu vavzalarının Coğrafi Bilgi Sistemi kullanılarak morfometrik analiz yoluyla hidrolojik değerlendirmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1), 244-253. <https://doi.org/10.24011/barofd.894180>
- Yıldırım, Ü. (2021b). Morphometric analysis to infer hydrological behaviour of Coruh River basin (Northern Turkey) using GIS technique. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(05), 4962-4974.
- Zorer, H. ve Tonbul, S. (2019). Başkale havzasında havza gelişiminin jeomorfometrik analizlerle incelenmesi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 29(2), 19-38. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.536045>