



## YAKACIK ÇAYI HAVZASININ (HATAY) MORFOMETRİK ANALİZİ

THE MORPHOMETRIC ANALYSIS OF YAKACIK RIVER BASIN (HATAY)

**Suzan ALTIPARMAK**

Doktora Öğrencisi, Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, suuzan.yldz@gmail.com

**Necla TÜRKÖĞLU**

Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, nturkoglu@ankara.edu.tr

### Makale Bilgisi

Gönderildiği tarih: 14 Şubat 2018  
Kabul edildiği tarih: 11 Nisan 2018  
Yayınlanma tarihi: 27 Haziran 2018

### Article Info

Date submitted: 14 February 2018  
Date accepted: 11 April 2018  
Date published: 27 June 2018

### Anahtar sözcükler

Coğrafi Bilgi Sistemleri; Sayısal Yükseklik Modeli; Yakacık Çayı; Havza Morfolojisi; Hatay

### Keywords

Geographic Information Systems; Digital Elevation Model; Yakacık River; Basin Morphology; Hatay

### Öz

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak sayısal yükseklik modelleri üzerinden havza morfometrik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Morfometrik analizler havzanın rölyeje ait çizgisel, alansal özelliklerini içermektedir. Çalışma alanı olarak Yakacık Çayı Havzası (Hatay) seçilmiştir. Havzanın morfometrik karakteristiğinin belirlenmesinde 1/25.000 ölçekli sayısal topografik haritalar üzerinden Sayısal Yükseklik Modeli üretilmiş, morfometrik analizlerin ve indis hesaplarının tamamı Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında ArcGIS 10.2 yazılımında otomatik üretilmiştir. Bu bağlamda havza karakteristik özelliklerinden; havza sınırı, alanı, çevresi, akış yönleri, drenaj ağları, eğim ve baki gibi özellikleri belirlenmiştir. Sayısal topografik harita üzerinden klasik yöntemlerle belirlenmesi zor ve zaman alıcı olan havza sınırlarının ve gerekli morfolojik özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla oluşturulacak sayısal yükseklik modeli kullanılarak daha kolay ve hızlı bir şekilde yapılabileceğine ilişkin yaklaşımlar ortaya konulmuştur.

### Abstract

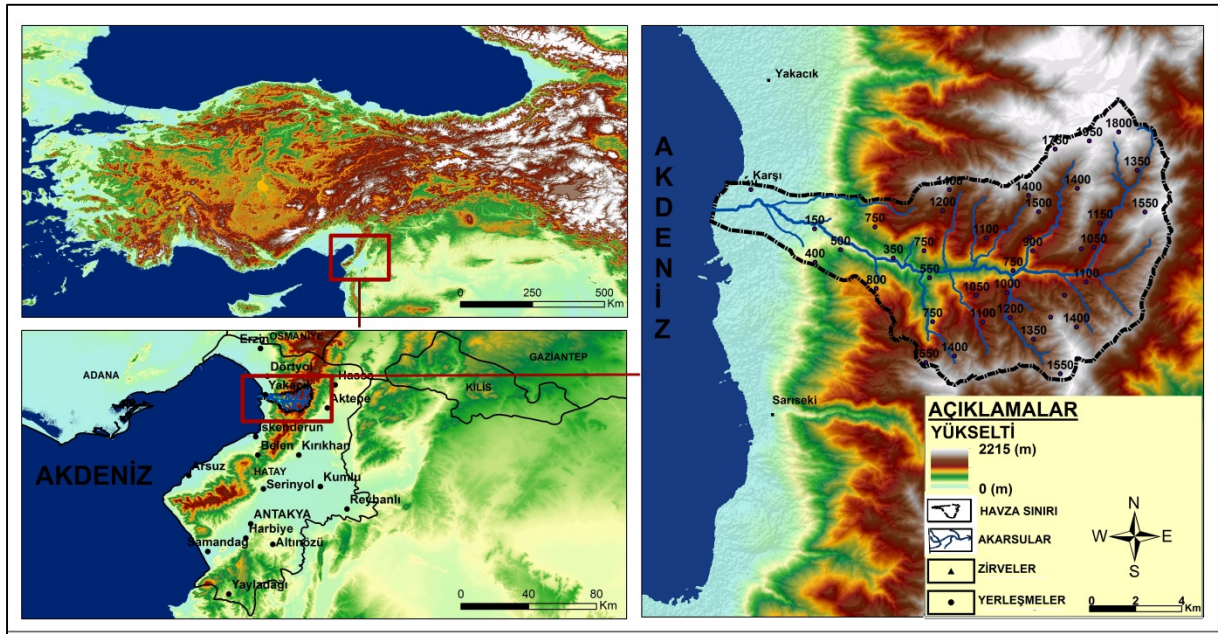
This study aims to determine the basin morphological features with the help of digital elevation models by using of Geographic Information Systems. Morphometric analyses include the linear, spatial properties of the relief of the basin. Yakacık River basin (Hatay) is chosen as the field of study. Digital elevation model obtained from 1/ 25.000 scaled digital topographic maps was used for determining the basin's morphometric characteristics, and all of the morphometric analyses and calculations of indices were performed using Geographic Information Systems on ArcGIS 10.2 software automatically. In this context, the characteristic features of the basin, the basin boundary, area, perimeter, flow directions, drainage networks, slope and aspect were determined. This study introduces some approaches that involve the use of digital elevation model created with the help of GIS for a quick and easy way of determining the basin boundary and its morphological properties which are time consuming and difficult to determine on the digital topographic map by means of conventional methods.

DOI: 10.33171/dtcjournal.2018.58.1.18

## Giriş

Dünyanın farklı yerlerinde birçok akarsu havzası ve alt havzalarının drenaj özellikleri farklı yöntemler kullanılarak çalışılmıştır (Horton 275). Morfometrik çalışmalar, akarsulara ait değişik özelliklerinin ölçülmesiyle değerlendirilmelerini sağlar (Strahler, *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology* 913). Morfolojik parametrelerin değerlendirilmesi, akarsu dizinleri, havza alanının ölçülmesi, havza çevresinin ölçülmesi, akarsu kanal uzunluğu, akarsu yoğunluğu, akarsu sıklığı, çatallanma oranı, tekstür oranı gibi değişik akarsulara ait parametrelerinin analiziyle gerçekleştirilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), bu parametrelerin

analiziyle gerçekleştirilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), bu parametrelerin ölçülmesinde etkin bir araç olarak karşımıza çıkar. Bu bağlamda havzada meydana gelen jeomorfolojik üniteler ve birimlerin oluşum ve gelişimde flüvyal etken ve süreçlerin etkilerini ortaya koymak çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Ayrıca çalışma sahasında flüvyal jeomorfolojiyle ilgili böyle bir çalışmanın henüz yapılmamış olması bu çalışmanın temel dayanağını oluşturmaktadır. Çalışma alanı Akdeniz Bölgesi'nde Adana Bölümü'nün doğusunda kuzeydoğu-güneybatı uzanışlı Amanoslar'ın batı yamacında yer alır (Şekil 1). Yakacık Çayı Havzası, Hatay ilinin Kırıkhan ve İskenderun ilçe sınırları içinde yaklaşık olarak 129 km<sup>2</sup>lik bir alan kaplamaktadır. Havzanın yükseltisi genel olarak batıdan doğuya doğru artmaktadır.



Şekil 1: Yakacık Çayı Havzası Lokasyon Haritası

Araştırma sahasında Paleozoik'ten Kuaterner'e kadar çeşitli zaman aralıklarında sedimentler, metamorfik ve volkanik kayalardan oluşan allokon, paraotokton ve otokton birimler mevcuttur. Bu jeolojik birimlerin dış etken ve süreçlere karşı verdiği birbirinden farklı aşınım ve birikim tepkilerinden dolayı havzada morfolojik birim gelişmiştir. Amanos Dağları levha tektoniği bakımından Anadolu Levhası ve Arabistan Levhası'nın arasında yer alan Afrika Levhası'nın en kuzey ucunu oluşturur (Seyrek ve diğerleri 329). Yukarıda belirtilen levhaların göreceli hareketleri birçok fayın gelişmesine olanak sağlayarak Amanosları morfotektonik açıdan şekillendirmiştir. Havzanın günümüzdeki morfolojik özelliklerini kazanmasında asıl rolü flüvyal etken ve süreçler oynamıştır. Havzanın suları Yakacık Çayı ve yan kolları tarafından İskenderun Körfezi boyunca Akdeniz'e drene

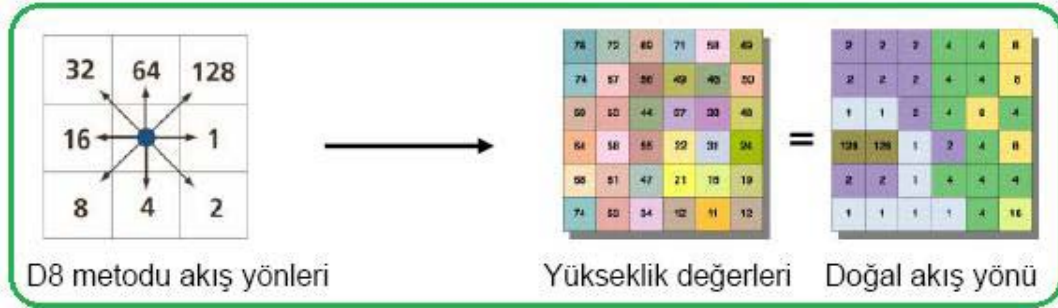
edilmektedir. Yakacık Çayı havzasında yer alan akarsuların rejimleri iklimsel yapıya paralel olarak Akdeniz akarsu rejimindedir. Bölgeye düşen yağışlar akarsuların akımı üzerinde etkili olduğu için, bu bölgedeki akarsuların “Yağmurlu Akdeniz Rejimi” karakteri taşıdığı söylenebilir. Alanda jeomorfolojik yapının getirdiği bir karakter olarak akarsular hemen hemen doğu-batı doğrultusunda akmakta olup, daha çok kısa boyludurlar.

### **Veri ve Yöntem**

Çalışmada yer verilen hidrolojik ve hidrometrik özelliklerin araştırılması sırasında hem ampirik hem de analitik yöntemler kullanılmıştır. Bununla birlikte literatürde daha sık kullanılan yöntemlerin yanı sıra havzanın doğal ortam şartları da göz önünde bulundurularak çalışma sahasına uygun olduğu düşünülen yöntemler öncelikli olarak tercih edilmiştir. Bu çalışmada sayısal yükseklik modelleri üzerinden havza sınırlarının belirlenmesi yanında, su akış yönlerinin ve akış toplanma gridlerinin hesaplanması ile drenaj ağlarının belirlenmesi ve havzaya ait morfometrik indekslerin hesaplanması amaçlanmıştır. Çalışmada Harita Genel Komutanlığı'ndan elde edilen 1/25.000 ölçekli sayısal topoğrafya haritaları üzerinden CBS ortamında sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Çalışma alanının morfometrik özellikleri alansal (areal), çizgisel (linear) ve yüzeysel (rölyef) morfometrik parametreler olarak üç başlık altında ele alınmıştır. Hidrografik özelliklerin matematiksel temelini ifade edilmesinde (Strahler, *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology*) in geliştirdiği modelleme ve yöntem kullanılmıştır. Bu yaklaşıma göre ilk akarsuyu oluşturan kollar birinci diziyi, bunların birleşmesiyle oluşan kol ikinci diziyi meydana getirir. Bu durum diğer kollara da aynı şekilde uygulanır. Ana akarsu ise en soldaki diziyi yani en büyük numaralı diziyi meydana getirir (Hoşgören 116). Morfometrik parametrelerden 6 rölyef, 6 çizgisel ve 7 alansal olmak üzere toplamda 19 parametre havzaya uygulanmıştır. Havza alanı (a), havza çevresi (p), drenaj yoğunluğu ( $d_a$ ), lemniskat (kelebek eğrisi) oranı (k), akarsu sıklığı (fs), havza uzunluk oranı (re), dairesellik oranı (rc) gibi parametreler alansal parametreler içinde, ana akarsu uzunluğu (lm), maksimum havza genişliği (w), havza uzunluğu (l), çatallanma oranı (rb), akarsu uzunluk oranı (r), yüzeysel akış uzunluğu ( $l_o$ ) çizgisel morfometrik parametreler başlığı altında; eğim (sı), bakı (as), yükselti (e), hipsometrik eğri (hc), hipsometrik integral ( $h_1$ ) ise yüzeysel morfometrik parametreler arasında ele alınıp havzaya uygulanmıştır. Elde edilen sayısal veriler ışığında Yakacık Havza'sının flüvyal etken ve süreçleri yorumlanmaya çalışılmıştır. Bunların yanında çalışma sahasına ait morfometrik haritalar üretilmiştir. Bu doğrultuda çalışma alanına ait

morfometrik analizlerin yapılabilmesi için çalışma alanı olan Yakacık Çayı havzasının sınırları belirlendikten sonra morfometrik analizlerin yapılabilmesi için hidrografik analizin temelini oluşturan parametreler ArcGis 10.2 yazılımında Spatial Analyst Tool modülünden yararlanılarak oluşturulmuştur.

**Akım Yönü (Flow Direction):** Akış yönleri, sayısal yükseklik modeline bağlı olarak hidrolojide suyollarının ve sediment taşınım hareketlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Tarboton 311). Sayısal yükseklik modeli üzerinde her bir grid hücresinin sahip olduğu bir yükseklik değeri bulunmaktadır. Hücrede akış, yükseklik değeri kendi değerinden düşük olan komşu hücrelerden sadece birine doğru olabilmektedir. Her bir hücre için 8 olası yön vardır ve bu yönler aşağı, yukarı, sağa, sola, yukarı sağ, yukarı sol, aşağı sağ ve aşağı sol olmak üzere belirlenmiştir. Şekil 2 de X hücresinden olası akış yönleri ve bu akış yönlerine göre, yeni oluşacak su akış yönü modelinde X hücresinin alacağı değerler verilmiştir. Bu değerler, çalışılan yazılım da akış yönünü ifade eden değerlerdir. Buna göre X hücresinde akış hücrenin sağına doğru ise, X hücresinin akış yönü değeri 1, soluna doğru ise 16 ve aşağı doğru ise 4 olacaktır (Jenson ve Domingue 1594). Sayısal yükseklik modeli üzerindeki her bir hücreye ilişkin olası su akış yönleri hesaplanarak, su akış yönleri modeli oluşturulmaktadır.

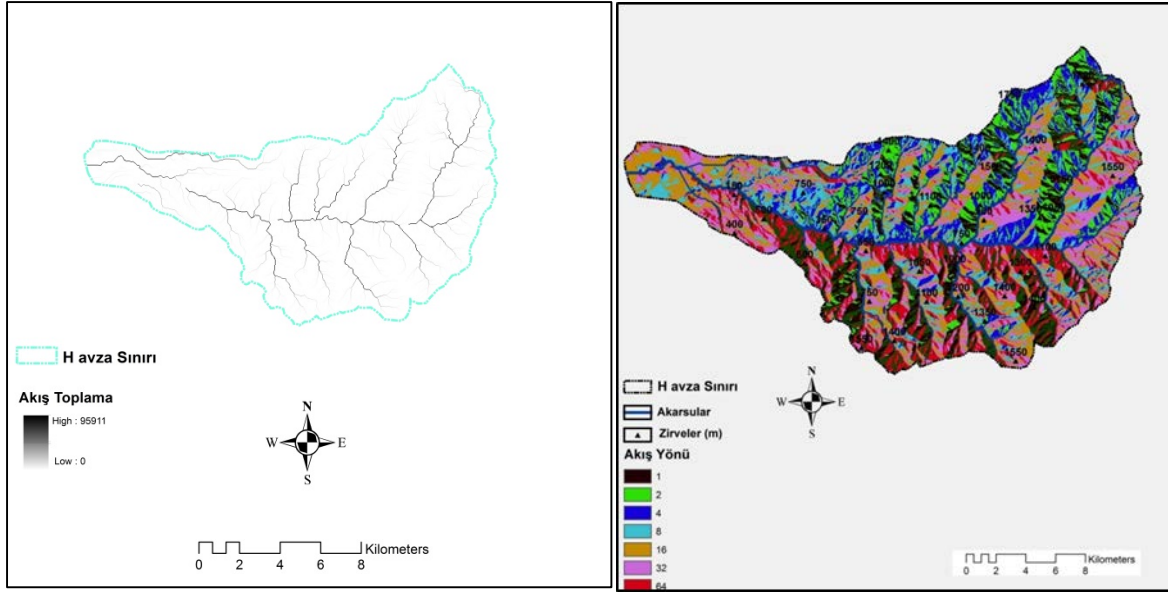


**Şekil 2:** Akış Yönleri ve Bu Yönlere Göre Hücre Değerleri

Akış yönleri modeli kullanılarak akış toplanma modeli oluşturulur. Akış yönleri modeli üzerinde, hücrelerin akış yönüne göre, her bir hücreye gelen akış miktarı, birikimli olarak toplanmakta ve akış toplanma gridleri elde edilmektedir (Jenson ve Domingue 1594). Sayısal yükseklik modelinden; su akış yönleri belirlenmiş ve su akış yönleri modeli oluşturulmuştur. Su akış yönleri modelinde sağ üst köşeden başlanarak, hücre hücre akış toplanma değerleri hesaplanmıştır. Bir hücreye, herhangi bir hücreden akış olmuyorsa alacağı değer sıfır olmaktadır. Bu bağlamda CBS ortamında oluşturulmuş alana ilişkin DEM verisi kullanılarak Spatial

modülündeki hidroloji uygulaması yardımıyla Şekil 3 de verilen Yakacık Çayı havza alanına ilişkin akış istikameti belirleme haritası oluşturulmuştur.

**Kümülatif Akım (Flow Accumulation):** CBS ortamında hidroloji modülü yardımıyla oluşturulan akış istikameti belirleme haritası yardımıyla alana ilişkin akış toplama durumu analiz edilmiştir. Akış yönlerinden yola çıkarak havzaya ilişkin akış toplama modeli oluşturulmuştur. Bu bağlamda Hidroloji modülündeki “Flow Accumulation” fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon yukarıdaki hücrelerden aşağıdaki her bir hücreye akan suyun hesaplamasını yapar. Her bir hücrede 1 birim su bulunduğu varsayımından yola çıkarak, yukarıdaki hücrelerden akan suyun aşağıdaki komşu hücrede 2 birime ulaştığını kabul eder. Bu akış işlemi grid’in en altında bulunan hücreye kadar devam eder. Çıktı gridi ise yağış miktarı varsayımına dayandırılmıştır. Meteoroloji istasyonları ölçümlerinden istifade edilerek, enterpolasyon yöntemi ile yüzeye düşen yağış miktarı bu modül yardımıyla belirlenebilir. Su akış yönlerine göre Yakacık çayı havza alanına ait akış toplama modeli oluşturulmuştur. Şekil 3 de yer alan haritada görüleceği üzere grid değerleri birikimli olarak hesaplanmış ve her bir grid hücresi 0 ile 95911 arasında değerler almıştır. Beyaz ile gösterilen alanlardaki grid değeri sıfır iken grid değeri büyüdükçe hücreler daha koyu renkle gösterilmiştir. En yüksek gridin sahip olduğu değer yağışın en fazla toplandığı alanı göstermektedir. Su akış yönlerine göre Yakacık çayı havza alanına ait akış toplama modeli oluşturulmuştur. Şekil 3 de yer alan haritada görüleceği üzere grid değerleri birikimli olarak hesaplanmış ve her bir grid hücresi 0 ile 95911 arasında değerler almıştır. Beyaz ile gösterilen alanlardaki grid değeri sıfır iken grid değeri büyüdükçe hücreler daha koyu renkle gösterilmiştir. En yüksek gridin sahip olduğu değer yağışın en fazla toplandığı alanı göstermektedir.



**Şekil 3:** Yakacık Çayı Havzası Akış Toplama ve Akış Yönü Haritası

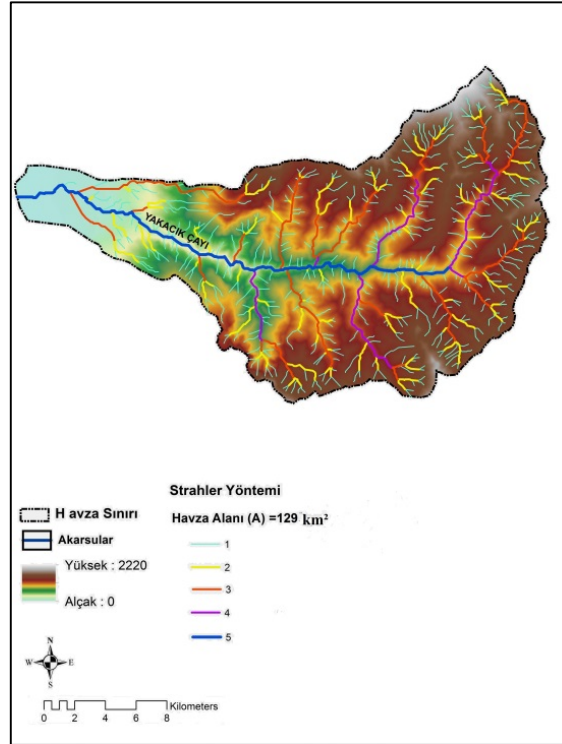
## Bulgular

### Alansal Parametreler

Yakacık Çayı havzasındaki alansal morfometrik analizler havza alanı (a), havza çevresi (p), drenaj yoğunluğu ( $d_d$ ), lemniskat (kelebek eğrisi) oranı (k), akarsu sıklığı (fs), havza uzunluk oranı (re), dairesellik oranı (rc) incelenmiştir.

**Havza alanı (A):** Havza alanı havzanın büyüklüğünün bir ifadesidir. Buna göre, her akarsu ya da drenaj şebekesini oluşturan her bir birim kendi gücü nispetinde açtığı vadilerde belli bir düzen içerisinde birbirleri ile kontak sağlarlar. Şüphesiz bu durum sürece bağlı olarak yanıtıcı görüntüler de ortaya koyabilmektedir. Ancak, özellikle havza alanı açısından, güncel verilerle bağlantılı halde akış ve sediment yükü özelliklerine paralel büyüklükler söz konusudur (Karataş 111). Yani havza alanının büyüyüp küçülmesi havzadaki akış ve erozyonal faaliyetler üzerinde doğrudan belirleyici rol oynamaktadır. Bununla birlikte (Strahler, *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology* 915) havza alanlarının kıyaslanmasıyla ulaşılabilecek yorumların daha anlamlı hale gelmesi için söz konusu karşılaştırmanın akarsu dizileri bazında yapılması gerektiğini savunmaktadır. Böylelikle flüvyal sürecin işleyişinin benzer flüvyal aktörlerin faaliyetleri karşısında ne gibi bölgesel farklılıklar ortaya koydukları daha net olarak anlaşılacaktır. Bu ve benzeri sebeplerden dolayı havza alanının bilinmesi morfometrik çalışmalar açısından büyük öneme sahiptir. İhmal edilmemesi gereken diğer bir ayrıntı ise, havzaların su toplama alanı ile hidrografik havza sınırlarının farklılıklar arz edebileceğidir. Yakacık Çayı havza alanı 129 km<sup>2</sup> dir (Şekil 4).

**Havza çevresi (P):** Araştırmada Yakacık Çayı havza alanına ilişkin TIN modelinden üretilmiş arazi genel görünümü Şekil 4'de görülmektedir. Havzaların çevre uzunluğu TIN ile oluşturulmuş arazi modeli üzerinden CBS ortamında hesaplanmıştır. Analiz sonunda havza çevresi 58 km olarak belirlenmiştir. Drenaj havzalarında çevre uzunluğu, havzanın kapladığı alan ile birlikte su bölümü çizgisinin geçtiği güzergâhın girinti-çıkıntı miktarı, dolayısıyla da havzanın su bölümü hattındaki engebe durumu hakkında fikir edinilmesine yardımcı olan bir parametredir (Karataş 112).



**Şekil 4:** Yakacık Çayı Havza Alanı Haritası

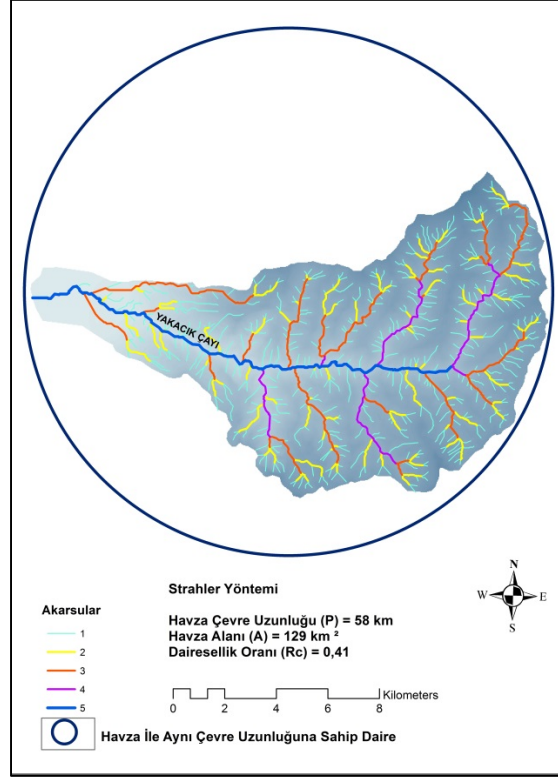
#### **Dairesellik Oranı (Rc):**

Dairesellik oranı; havza alanının, havza ile aynı çevre uzunluğuna sahip bir dairenin alanına oranlanmasıyla elde edilir (akt.Karataş 113). Bu oran sayesinde havzanın şekli ve yapısal olarak ne ölçüde denetlendiği konusunda fikir edinmek mümkündür.

$$Rc = A / \left[ \left( \frac{P}{2} \right)^2 \times \pi \right]$$

Yakacık Çayı havzası dairesellik oranı; havza çevre uzunluğu 58 km sahip bir dairenin yarıçapı ile havza alanı 129 km<sup>2</sup> oranıyla ortaya çıkmaktadır, dolayısıyla Yakacık Çayı havzası dairesellik oranı 0,41 olarak bulunmuştur. Engebeli rölyefe sahip havzalarda havza sınırlarının daha girintili çıkıntılı olması havzaların çevre

uzunluklarının fazla olmasına neden olmaktadır. Yakacık Çayı havzasında bu duruma bağlı olarak dairesellik oranı yüksek bir değer arz etmektedir. Yakacık Çayı havzasının dairesellik oranı değerinin yüksek çıkması havzanın engebeli bir rölyefe sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 5).



**Şekil 5:** Yakacık Çayı Havzası Dairesellik Oranı Haritası

### Havza Uzunluk Oranı (Re)

Havza uzunluk oranı, havza ile aynı alana sahip bir dairenin çapı ile havzanın kaynaktan ağıza kadar olan uzunluğunun birbirine oranıdır (Zavoianu 106). Bu oranın bilinmesi havzanın ne ölçüde oval olduğunu belirlemek açısından önemlidir. Çünkü özellikle taşkın ve akış toplanma süresi havzanın geometrik yapısıyla yakından ilgilidir (Karataş 113).

$$Re = \left[ \sqrt{\frac{A}{n}} \times 2 \pi \right] / L$$

Yakacık Çayı havzası ile aynı alana sahip bir dairenin çapı hesaplanmış, buna göre de havzanın uzunluk oranı 0,02 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla havzanın 1'e 2 oranında uzunlamasına bir görüntüye sahip olduğunu söylemek mümkündür. Uzunluk oranı (Re), havzanın infiltrasyon kapasitesi ve yüzeysel akış durumu hakkında bilgi vermektedir. Düşük değerler yüksek geçirgenliğin olduğu ve düşük yüzeysel akışın olduğu alanları gösterirken, yüksek Re değeri ise erozyonun fazla



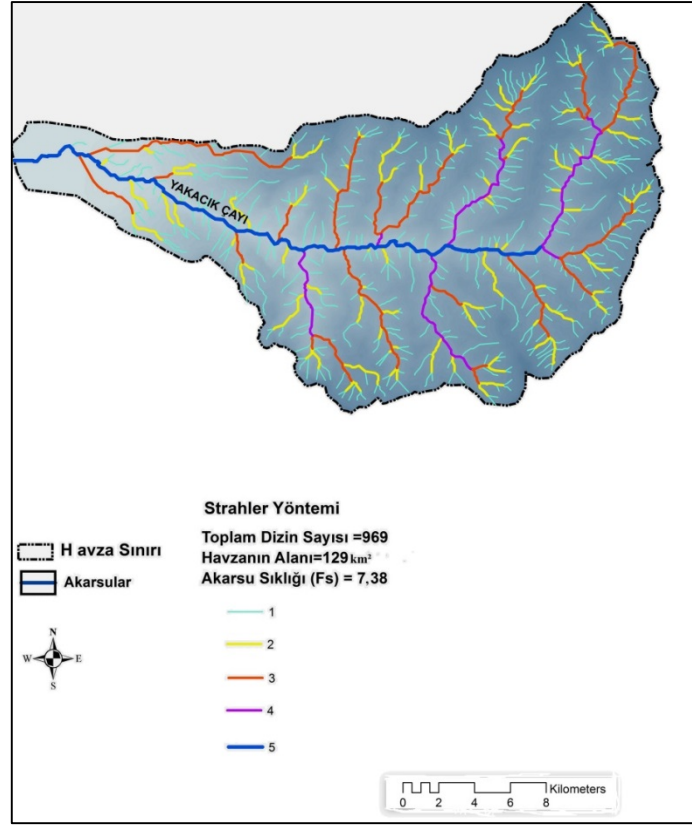
olduğunu ve sediment taşınmasının yüksek olduğu havza özelliklerini ortaya koymaktadır (Reddy ve diğerleri 12). Ayrıca değerin 1'e yaklaşması havzanın daha dairesel bir şekle sahip olduğunu göstermektedir (akt. Karataş 113). Uygulanan formül sonucu bulunan değere göre Yakacık Çayı havzasının uzunlamasına bir şekil gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu durumdan hareketle Yakacık Çayı havzasının nispeten küçük bir havza olmasından dolayı akış süresi düşüktür ve buna bağlı olarak suyun aşağı çığıra ulaşması fazla zaman almaz. Bu nedenle küçük havzalarda uzunluk oranının taşkınlar üzerindeki etkisi zayıf olduğu sonucuna varılabilir.

### **Akarsu Sıklığı (Fs):**

Akarsu sıklığı; havza içindeki toplam akarsu dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilir (Horton 277). Başka bir ifade ile akarsu sıklığı km<sup>2</sup>' ye düşen dizin sayısına karşılık gelmektedir. Havzalardaki yüksek Fs değerleri, geçirgen olmayan zemin özellikleri, seyrek bitki örtüsü ve yüksek rölyef özelliklerini gösterirken, düşük Fs değerleri ise geçirgen olan zemin özelliklerini, sık bitki örtüsünü ve homojen rölyef özelliklerini ortaya koyar (Özdemir 463). Bunlara ek olarak dağlık alanların kısa mesafelerde değişen iklim özelliklerinin bir yansıması olarak akarsu sıklığının ovalık alanlara nazaran daha fazla olduğunu belirtmiştir (İzbırak 129). Bir sahanın akarsu sıklığı diğer koşullar sabit tutulduğunda (jeoloji, vejetasyon vb.) havzayı etkisi altına alan iklim özelliklerine ve zamana bağlı olarak değişim göstermektedir (Wang ve Wu 322). Ayrıca Fs oranının yüksek olduğu yerlerde akarsu yatakları ile vadi sınırları arasındaki mesafe ve sırtlar Fs oranının düşük olduğu yerlere nazaran daha düşüktür. Yani arazide pek çok keskin, küçük sırt bulunur.

$$Fs = (\sum_{i=1}^N N) / A$$

Yakacık Çayı havzasının akarsu sıklığı 7,38 olarak belirlenmiştir (Şekil 6). Havzada akarsu sıklığının en yoğun olduğu alanlar eğimin azaldığı 1.dizi akarsu yataklarının bulunduğu alanlardır. Bu durumun nedeni eğimin azaldığı yerde uzun ve belirgin vadilerin yerini çok sayıda kısa ve silik akarsu yatağının almasıdır. Akarsu sıklığı üzerinde iklim, zeminin litolojik özellikleri, jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü, süre ve insan gibi çeşitli etmenlerin rolleri vardır (Peltier 214).



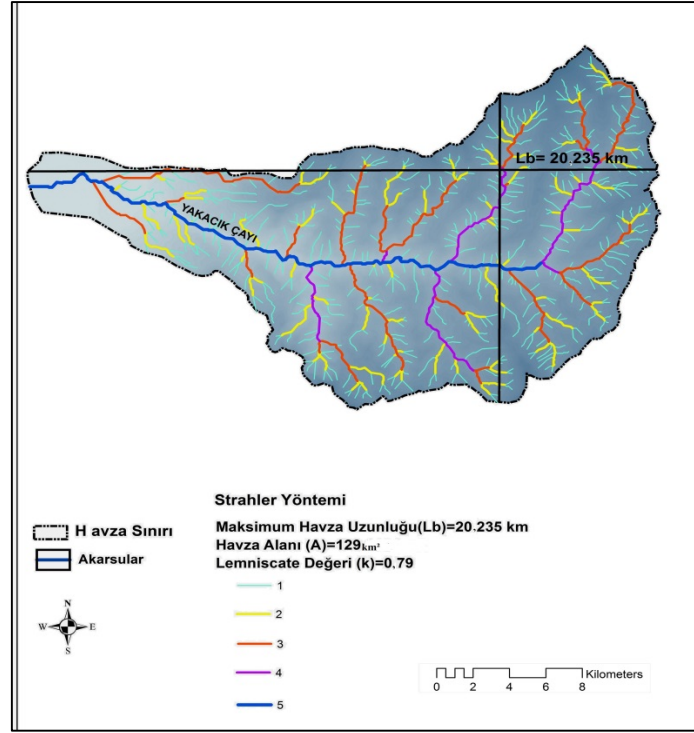
**Şekil 6:** Yakacık Çayı Havzası Akarsu Sıklığı Haritası

#### **Lemniskat (Kelebek Eğrisi) Oranı (K):**

Havza uzunluğunun karesinin, havza alanının dört katına oranlaması olarak ifade edilen lemniskat oranı (Zavoianu 107) genel olarak havzanın ortalama eğimini belirtir. Lemniskat oranının artması akarsu akış hızını ve akış hızına bağlı olarak sediment yükü taşınımının arttığına işaret etmektedir (Rama 214). Ayrıca akarsu akış hızı ve sediment yük artışının yüksek olduğu havzalardaki vadilerde meydana gelen çizgisel aşındırma diğer havzalara nazaran daha fazla olmaktadır (Erinç 386). Yakacık Çayı havzası Lemniskat katsayısı 0,79 olarak bulunmuştur (Şekil 7).

$$K = Lb^2 / 4A$$

Bu değer Yakacık Çayı havzasının ortalama eğiminin ve havza eğimine bağlı olarak akarsu akış hızı ve sediment yükü taşınımının düşük olduğu anlamı taşımaktadır.



**Şekil 7:** Yakacık Çayı Havzası Lemniskat Değerleri Haritası

### Drenaj Yoğunluğu ( $D_d$ ):

Flüvyal havzalarda drenaj yoğunluğunun tespit edilmesi söz konusu sahaların fiziki çevre özellikleri hakkında önemli ipuçları vermesi bakımından oldukça önem arz etmektedir.  $D_d$ ; havzadaki akarsu segmentlerinin toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesi ile elde edilir (Horton 283).  $D_d$  oranı ile havzanın yüzey erozyonuna karşı hassasiyeti, infiltrasyon kapasitesi (Horton 283) rölyef ve iklim özellikleri (Langbein 134) havzanın büyüklüğü, toprak örtüsünün permabilite ve porozitesi, akarsuların uzunluğu (Strahler, *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology* 951) evaporasyon, bitki örtüsü (Patton ve Baker 951) morfolojik evrimin aşaması (Erinç 380) ve yeraltı su tablasının yüzeye yakınlığı (Carlston 7) arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

$$D_d = L / A$$

Drenaj yoğunluğu, havzalarda bulunan mevcut akışa sahip akarsulardan daha ziyade maksimum yağışlarda suyu taşıma ve iletme (drene etme) kabiliyetine sahip bütün vadi uzunlukları dikkate alınmaktadır. Havzalardaki taşkınlar açısından bu şekilde bir değerlendirme doğru olacaktır. Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ ), havzanın akarsular tarafından parçalanma derecesini gösteren bir ölçüdür. Dolayısıyla parçalanmada önemli bir etkiye sahip olan jeolojik, morfolojik, iklimik ve bitki örtüsü özellikleri hakkında bilgi vermesi açısından da önemlidir. Buna bağlı olarak,

düşük Dd değerine sahip havzalar yüzeysel suların yeraltına sızdığı ve yer altı akımlarını oluşturduğu, buna karşın yüksek Dd değerine sahip havzalar yüzeysel akışlarla aşındırmanın ve parçalanmanın hakim olduğu bir özellik gösterir (Patton ve Baker 942). Genel olarak, yüksek sızma kapasitesinin olduğu ve dayanıklı kayaların bulunduğu alanlarda akarsu aralıkları daha geniş olmakta ve düşük Dd değeri ortaya çıkmaktadır. Buna karşın geçirgenliğin azaldığı alanlarda yüzeysel akışın artmasıyla akarsu aralıkları azalmakta ve yüksek Dd değeri ortaya çıkmaktadır (Aytuk 166). Genel bir kural olarak, jeoloji ve eğim değerlerinin aynı olduğu alanlar, nemli bölgelerde yoğun bitki örtüsüne bağlı olarak infiltrasyonla su kaybı fazla olup Dd değeri azalırken, daha kurak bölgelerde ise bu durumun tam tersi meydana gelmekte ve Dd değeri artış göstermektedir. Bu da drenaj yoğunluğunun sadece jeolojiyi değil aynı zamanda iklimik jeomorfolojiyi de yansıttığını gösterir. Sonuç olarak, bir akarsu ağının hidrolojik tepkisi direkt olarak havzanın drenaj yoğunluğuyla ilişkilidir. Çünkü drenaj yoğunluğunun arttığı yerde yamaç eğimleri artarken yüzeysel akış uzunluğu azalır ( Reddy ve diğerleri14), Drenaj yoğunluğu değerinin 1,75'ten büyük olması halinde yüksek, 2,5'ten büyük olması halinde çok yüksek olarak tanımlanabileceğini ifade etmiştir. Yakacık Çayı havzası drenaj yoğunluğu 2,67 dir. Bu değer havzada drenaj yoğunluğunun yüksek olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla Yakacık Çayı havzasında drenaj yoğunluğunun yüksek olması geçirgenliğin az yüzeysel akışın fazla olduğunu ve meydana gelebilecek maksimum yağışlar sonucunda taşkın riskinin ortaya çıkaracağını göstermektedir.

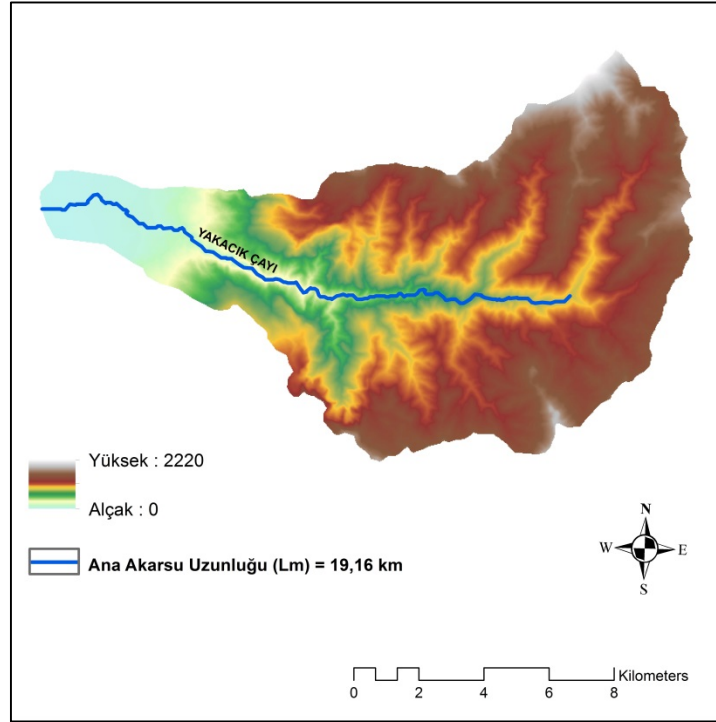
### **Çizgisel Morfometrik Özellikler**

Havzaların çizgisel morfometrik özellikleri, havzalar üzerinde ilk bakışta göze çarpan ve bir takım çizgilerden oluşan şekillerin değerlendirilmesiyle ortaya çıkan özelliklerdir. Bu özelliklerin temelinde akarsu dizinlerinin sayısı, uzunluğu, havzanın çevre uzunluğu gibi parametreler vardır. Ana akarsu uzunluğu (Lm), maksimum havza genişliği (w), havza uzunluğu (l), çatallanma oranı (rb), akarsu uzunluk oranı (r<sub>1</sub>), yüzeysel akış uzunluğu (l<sub>o</sub>) çizgisel morfometrik parametreler altında incelenmiştir.

### **Ana Akarsu Uzunluğu (Lm):**

Ana akarsu uzunluğunun belirlenmesinde, kaynak kesimindeki en uzun 1. dizi yatağının başlangıcından havzadaki en büyük dizideki akarsuyun ağız kısmına kadar olan vadi uzunluğunun ölçülmesi yolu benimsenmiştir (Şekil 8). Bu sayede ana akarsuların uzunluğu flüvyal sürecin işleyişi göz önünde bulundurularak

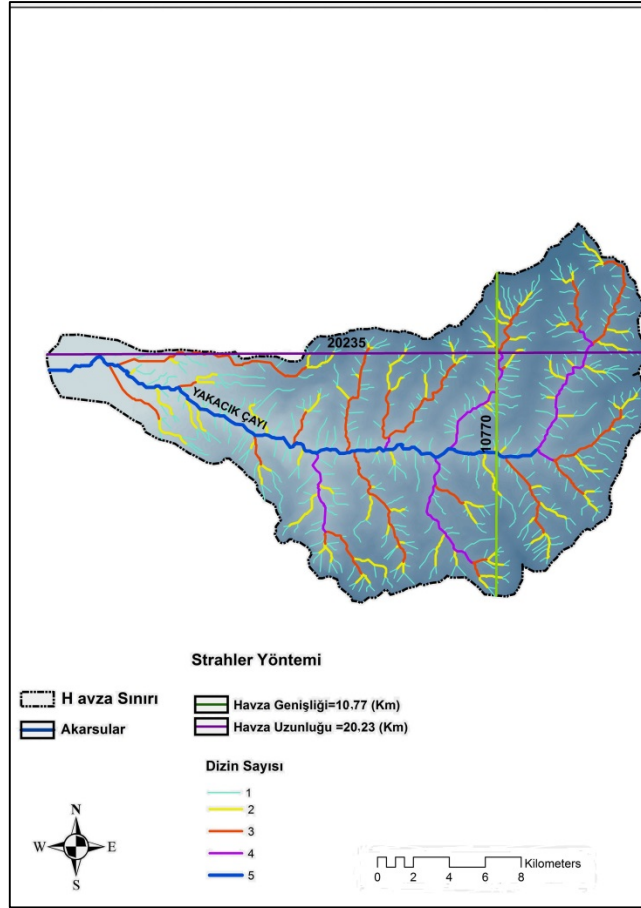
belirlenmiş olup, hidrolik ve iklimik etkenlerden dolayı ortaya çıkabilecek sapmalar bertaraf edilmiştir.



**Şekil 8:** Yakacık Çayı Havzası Ana Akarsu Uzunluğu Haritası

### **Maksimum Havza Genişliği (W) ve Havza Uzunluğu (L):**

Havzada uzun eksene dik olarak ölçülen en büyük genişlik değerine karşılık gelir. Gerek yapının gerekse flüvyal aşındırmanın havzadaki etkinliğinin yorumlanması açısından önemli bir parametre olup, havza biçim faktörü ve havza görünüm oranı gibi başka parametrelerin hesaplanmasında da gerek duyulan bileşenlerden birisidir (Karataş 127). Yakacık Çayı havzası maksimum havza genişliği 10, 77 km, maksimum havza uzunluğu 20,23 km'dir (Şekil 9). Havza uzunluklarının yorumlanması, kendi başlarına ifade ettikleri niceliklerden ziyade, başka morfometrik parametrelerin belirlenmesindeki etkileri üzerinden yapılabilmektedir. Aksi takdirde sadece havza uzunluğuna karşılık gelen büyüklüğe bakılarak bir havzanın uzun, kısa, geniş veya dar gibi sıfatlarla nitelenmesi mümkün değildir (Karataş 126).



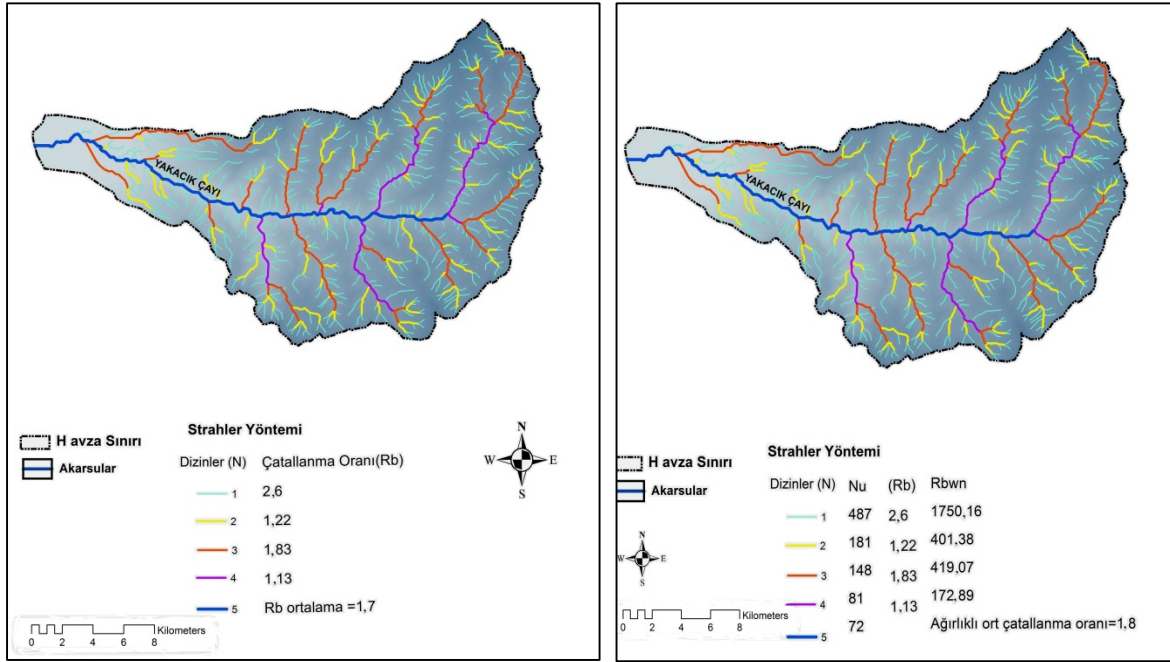
**Şekil 9:** Yakacık Çayı Havzası Havza Uzunluğu Ve Havza Genişliği Haritası

### Çatallanma Oranı (Rb)

Çatallanma oranı belirli dizideki toplam akarsu sayısının kendinden bir üst dizideki toplam akarsu sayısına bölünmesi ile elde edilir (Strahler, *Hypsometric Analysis of Erosional Topography* 1134) (Şekil 10). Çatallanma oranının bilinmesi havzaların rölyef ve parçalanma şiddetinin hangi ölçüde olduğunu ortaya koymaktadır (Horton 290). Ayrıca belirli bir dizindeki çatallanma oranı kendisinden bir sonraki dizinin çatallanma oranından farklıdır ve bu fark dizin çatallanması üzerinde güçlü bir şekilde jeolojik koşulların egemen olduğu sahaların dışındaki havzalarda düşük olduğu ifade edilmektedir (Strahler, *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology* 914). Düşük çatallanma oranına sahip havzalar strüktürel özelliklerden etkilenmediğini ve drenaj özelliklerin strüktürel düzensizliklerden dolayı saptırılmadığının göstergesi olarak kabul edilmesine rağmen göreceli olarak homojen litolojilerin yer aldığı sahalarda çatallanma oranının üçten az, beşten fazla olmadığı belirtilir (Huggett 212). Çatallanma oranı ortalaması 5'ten az olması jeomorfolojik kontrollü drenaj paterni gelişimini, 5'ten daha fazla olması ise strüktürel kontrollü drenaj patern gelişimini yansıttığı

vurgulanmaktadır (Rama 202). Ayrıca çatallanma oranı havzada egemen olan akım hakkında da bilgi vermektedir. Yüksek çatallanma oranının olduğu havzalarda daha çok sel karakterli akımlar, düşük çatallanma oranının olduğu havzalarda taşkın karakterli akımlar görüldüğü ifade edilmektedir (Özdemir 460). Yakacık Çayı havzası çatallanma oranı 1,7 ağırlıklı ortalama çatallanma oranı ise 1,8 olarak hesaplanmıştır. Değerlerin düşük olması havzada sel karakterli akımlardan ziyade taşkın karakterli akımların görüldüğü anlamını taşımaktadır.

$$R_b = N_u / N_u + 1$$



**Şekil 10:** Yakacık Çayı Havzası Oranı ( $R_b$ ) Ve Ağırlıklı Ortalama Çatallanma Oranı ( $R_{bwn}$ ) Haritası

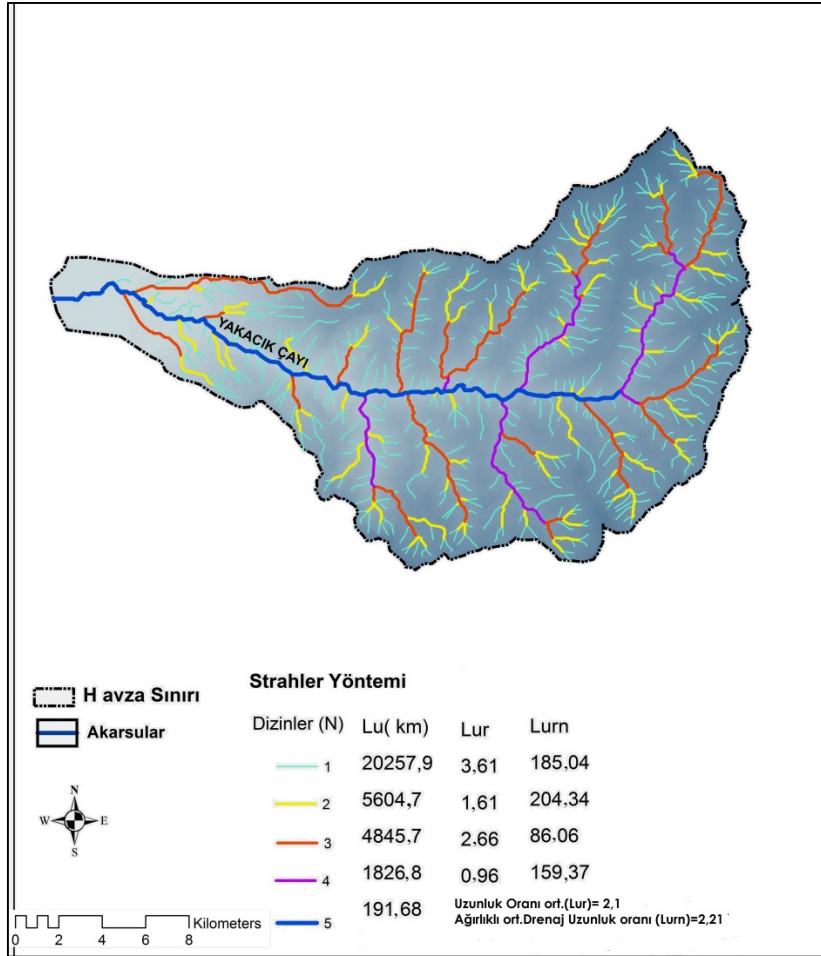
### Akarsu Uzunluk Oranı ( $R_l$ ):

Strahler yöntemine bağlı olarak belirli bir dizinin toplam uzunluğunun bir sonraki dizinin toplam uzunluğuna oranıdır (Patton ve Baker 943). Uzunluk oranı, akarsu kollarındaki suyun uzunluklarına bağlı olarak tutulma oranları hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Böylece daha üst kollardan gelecek olan suyun, alt kolun uzunluğunun yeterli veya yetersiz olması durumlarının anlaşılmasında yardımcı olmaktadır. Uzunlamasına olan havzalarda dizin uzunluk oranlarının toplam ve ortalama değerleri, dairesel havzalara oranla daha az olmaktadır. Bu da suyun daha az tutulduğunun hızlı bir şekilde drene olduğunun bir göstergesidir. Dairesel havzalarda tutulma ve ana kolda birikim daha fazladır. Ayrıca dendritik karakterli drenaj şebekelerinde düşük, paralel veya sub-paralel görünümlü drenaj

ağlarında ise yüksek akarsu uzunluk oranlarından söz etmek mümkündür (Karataş 129).

$$RL=Lu/Lu+1$$

Yakacık Çayı havzası uzunluk oranı 2,1 ağırlıklı ortalama drenaj uzunluk oranı ise 2,21 dir ( Şekil 11). Değerlerin düşük olması havzanın dentdritik karakterli drenaj şebekesine sahip olduğunu göstermektedir.



**Şekil 11:** Yakacık Çayı Havzası Uzunluk Oranı ve Ağırlıklı Ortalama Drenaj Uzunluk Oranı Haritası

### Yüzeysel Akış Uzunluğu ( $l_o$ ):

Yüzeysel akış uzunluğu havza alanının, drenaj yoğunluğunun karesine oranlanması ile elde edilir (Horton 284). Yüzeysel akış uzunluğu akarsuların belirli bir yatağa kanalize olmadan önce zemin üzerinde akan suyun uzunluğu olarak tanımlanmış bir terimdir ve oldukça yaygın olarak kullanılan sheet flow ile eş anlamlıdır. Yüzeysel akış uzunluğu oranı havzada yüzeysel erozyonun tespiti bakımından önemli bir parametre olup oranın artmasına paralel olarak yüzeysel



erozyon miktarında da artma eğilimi görüldüğü tespit edilmiştir (Rama 202). Yüzeysel akış uzunluğu dairesel ve drenaj yoğunluğunun fazla olduğu havzalarda suyun oyalanması daha fazla olduğu için  $l_0$  değeri oldukça küçük çıkmaktadır. Buna karşın suyun oyalanmasının daha az olduğu uzunlamasına havzalarda ise bu değer nispeten daha fazla olduğu belirtilmektedir (Özdemir 461). Yakacık Çayı havzası yüzeysel akış uzunluğu 24, 16 dır. Yakacık Çayı havzası için elde edilen bu değer havzada yüzeysel akış uzunluğunun fazla olduğu dolayısıyla yüzeysel erozyon miktarında yüksek olduğu göstermektedir.

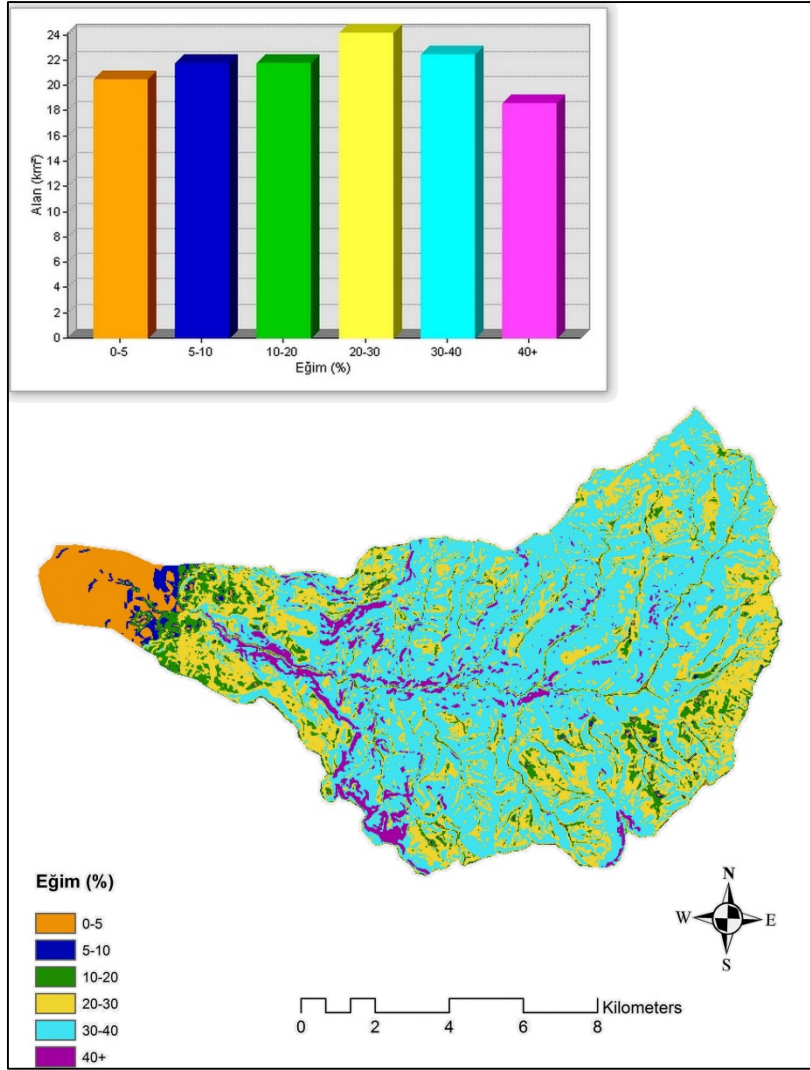
$$l_0 = A / Dd^2$$

### **Rölyef Morfometrik Özellikler**

Yakacık Çayı havzasının rölyef parametrelerine dair analiz çalışmaları kapsamında havzanın eğim (sı), bakı(as), yükselti (e), hipsometrik eğri (he), hipsometrik integral (hi) oranı incelenmiştir.

#### **Eğim (Sı):**

Eğim faktörü, havzanın morfometrik özellikleri içinde yer alır. Özellikle taşkın ve heyelanların oluşmasında çok önemli bir etkiye sahiptir (Şekil 13). Bütün koşulların aynı olması şartıyla, eğimin fazla olduğu alanlarda yağışla gelen suların toprağa sızması eğimin az olduğu alanlara nisbeten daha azdır. Bunun sonucunda da yağmur suları direkt akışa katılırlar. Bu da akım değerini fazlalaştırır. Özellikle bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda erozyonel faaliyetleri başlatır ve akarsuyun taşıdığı sediment miktarını artırır. Ayrıca kütle hareketlerinin oluşmasında yamacın yerçekiminin etkisine bağlı olarak harekete geçmesi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bundan dolayı eğim değerinin fazla olduğu alanlarda, heyelanlar diğer şartlar da uygun değerler içeriyorsa, kolaylıkla meydana gelebilir. Yakacık Çayı havzası eğim değerlerine bakıldığında % 0-5 arası eğim % 20,4 oranında alana % 5-10 arasında eğim % 21,7 oranında alana % 10-20 arasındaki eğim % 21,6 oranında alana, % 20-30 arasındaki eğim % 24,1 oranında alana, % 30-40 arasındaki eğim % 22,4 % 40 + eğim % 18,5 oranında alana sahip olduğu görülmektedir. Bitki örtüsü, jeoloji gibi unsurlar eşit kabul edildiğinde çok az eğimli veya düz ve düze yakın alanlarda taşkın riskinin daha fazla olduğu bilinmektedir. Yakacık Çayı havzası eğim değerlerinin düşük olduğu ağız kısmında sel, yukarı kesimlerinde ise taşkın riskinin söz konusu olduğu yorumu yapılabilir (Şekil 12).

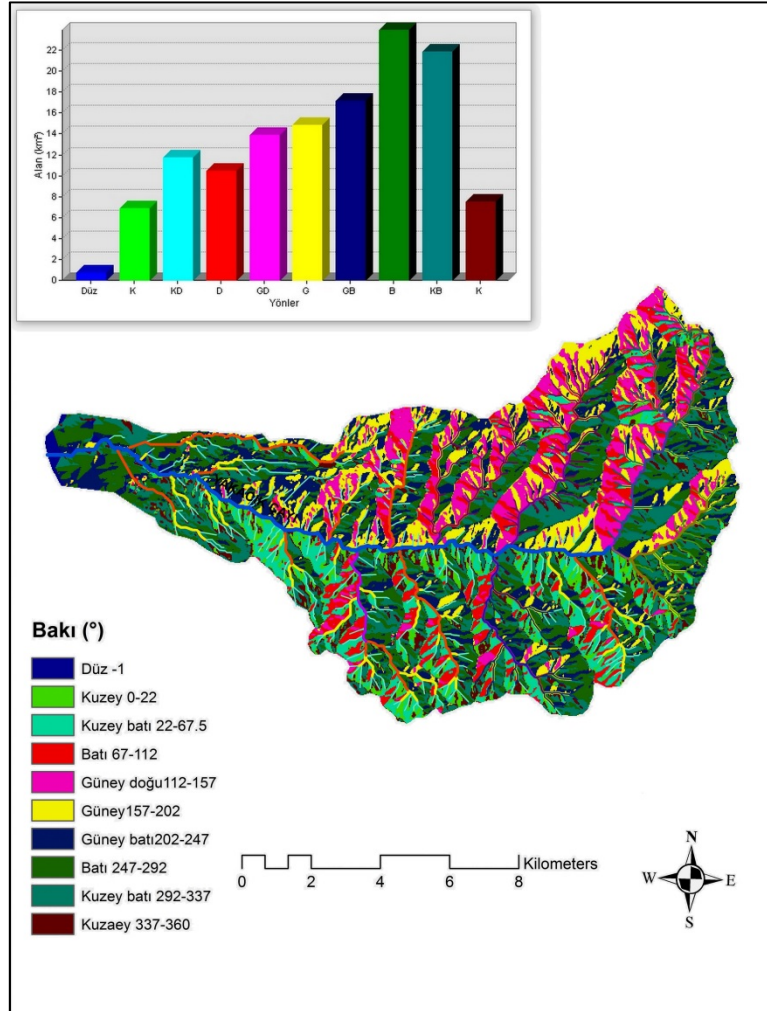


**Şekil 12:** Yakacık Çayı Havzası Eğim Değerleri Haritası

### Bakı (As):

Bakı şartlarının güneş ışınlarının geliş açısı, güneşlenme süresi, yağış, toprak oluşumu, karın yerde kalma süresi ve bitki örtüsü gibi birçok doğal faktör üzerinde etkili olduğundan yola çıkarak hidrografik unsurlar üzerinde de ciddi bir belirleyici etken olduğunu ileri sürmek mümkündür. Yamaç eğim ve yönlerinin akış ve sızma süreçleri ile ilişkisi bilinen bir durumdur. Bununla birlikte, ana materyalin maruz kaldığı ayrışmanın türü ve şiddeti üzerinde fonksiyonel bir rolü bulunan bakı durumunun, değişik bakı şartlarına sahip yamaçlar arasında farklı işleyen erozyonal faaliyetlere de zemin hazırladığı göz ardı edilmemelidir. Hidrolik ve hidrografik parametrelerde bakıya bağlı karakteristikler bu şekilde daha doğru yorumlanabilecektir. Yakacık Çayı havzasının geneli için hesaplanan ortalama bakının bileşke değeri  $292,5^\circ$  ile batıdır. Batıya bakan yamaçlar % 23,9 oranındaki dağılışı ile havzadaki en geniş bakı grubunu oluşturmaktadır (Şekil 13). Öte yandan

güney yönlü yamaçlar % 14,85, güneybatı yönlü yamaçlar % 17,13, kuzeybatı yönlü yamaçlar % 21,84, kuzey yönlü yamaçlar % 7,5, güneydoğu yönlü yamaçlar % 13,91, doğu yönlü yamaçlar % 10,47, kuzeydoğu yönlü yamaçlar % 11,71 ve düz alanlar olarak kabul edilen 1° den daha az alanlar ise % 0,73 oranında dağılışa sahiptirler.

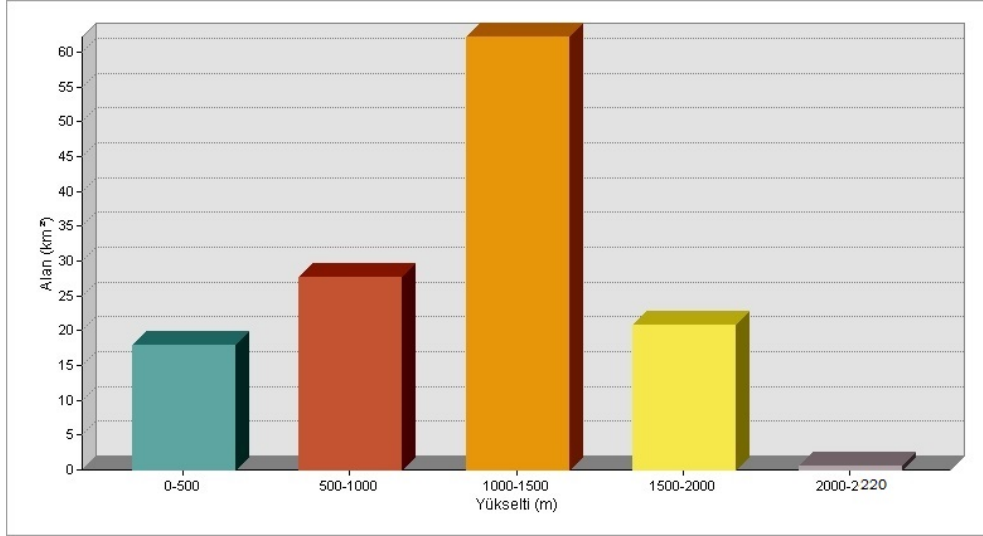


**Şekil 13:** Yakacık Çayı Havzası Bakı Değerleri Haritası

### **Yükselti (E):**

Eğim ve bakı gibi bir rölyef bileşeni olan yükselti de hidrografik süreç ve faaliyetler açısından büyük öneme sahiptir. Başta iklim elemanlarına olan etkisi yer almak üzere, yükselti farkını belirlemesi sebebiyle eğim, ayrışmaya etkisi sebebiyle toprak özellikleri ve bitki örtüsü üzerinde söz sahibi olan yükselti, aynı zamanda vadi derinlikleri ve vadi yamacı eğimleri üzerinde de etkili olan doğal parametrelerden biridir. Yakacık Çayı havzının yükselti değerleri 0 m. ile 2220 m. arasında değişmektedir. Bu durumda havzanın yükselti amplitüdünün 2220 m. olduğu anlaşılmaktadır. Havzanın yükselti kademeleri içerisinde en fazla alan kaplayan bölümü % 46,15 ile 891-1337

m. aralığındaki kuşak oluşturmaktadır (Şekil 14). En dar alanlı yükselti kuşağı ise % 2,85 ile 1777-2220 m aralığındaki havzanın en yukarı kısmını oluşturan yükselti bölümü meydana getirmektedir.

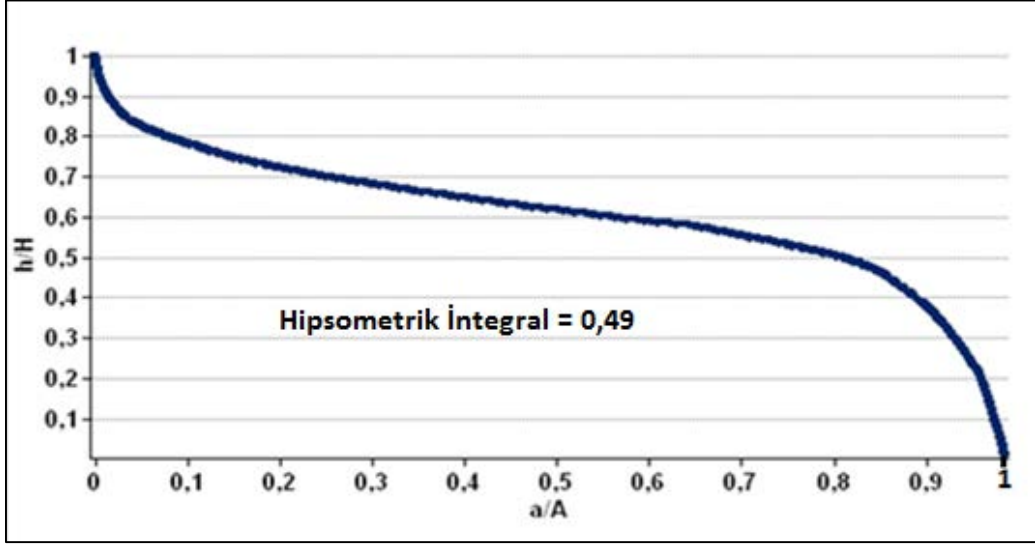


**Şekil 14:** Yakacık Çayı Havzası Yükseklik Değerleri

#### **Hipsometrik Eğri (Hc) ve Hipsometrik İntegral (Hi):**

Hipsometrik eğri, araziye etkileyen erozyonal süreçlerin şiddeti tarafından şekillendirilen topografyanın jeomorfolojik bakımdan hangi devreye karşılık geldiğinin anlaşılması bakımından nispi alanın nispi yükseltiye oranı şeklinde ifade edilen sayısal verilerdir (Strahler, *Hypsometric Analysis of Erosional Topography* 1121-1122) (Şekil 16). Bu veriler sayesinde topografyanın, aşınım sürecinin hangi aşamasında olduğu tespit edilip yorumlanabilmektedir. Hipsometrik eğrinin sayısal ifadesi olan hipsometrik integral değeri ise morfolojik açıdan çok fazla deformasyona maruz kalan bölgeler için yanıltıcı sonuçlar verse de, genel anlamda topografyanın aşınım döngüsü bakımından durumunu izah etmeye yardımcı olan bir parametredir. Ortalama havza yükseltisi-minimum havza yükseltisi farkının maksimum havza yükseltisi-minimum havza yükseltisi farkına bölünmesi ile elde edilir. Hipsometrik integral değerinin büyüklüğü çoğunlukla topografyanın gençlik evresine dâhil olduğunu söylemek mümkündür (Strahler, *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology* 118). Yakacık Çayı havzası'nda hipsometrik integral değeri 0,49 olarak hesaplanmıştır (Şekil 15). Bu değer drenaj havzasının yükselti farkına rağmen akarsular tarafından parçalandığını ve bunun sonucu olarak genç bir topografyanın kısmen ileri gençlik bir topografyaya geçişini temsil etmektedir. Hipsometrik eğrinin S şeklinde olması havzanın erozyonal faaliyetler bakımından şiddetli bir şekilde işlendiğini gösterir. Bu durum havzanın akarsular tarafından

aşındırma etkilerinin fazla olduğunu, dar ve derin vadilerin geliştiğini göstermektedir (Aytuk 142).



**Şekil 15:** Yakacık Çayı Havzasının Hipsometrik Eğri Grafiği

### Sonuç ve Öneriler

Son yıllarda coğrafi bilgi sistemlerinin yaygın olarak kullanılması coğrafi bilgilerin tüm özelliklerinin güvenilir biçimde saklanması, kantitatif veri tabanı oluşturulması, güncellenmesi, yorumlanması analiz edilmesi ve haritalanması gibi birçok konuda araştırmacılara kolaylık sunmaktadır. Özellikle araziye çıkmadan çalışma alanına ait sayısal verilerin üretilmesi analiz edilmesi ve haritalanması yapılacak çalışmaya ön bilgi sağlamaktadır. CBS' nin jeomorfoloji çalışmalarında kullanımıyla daha önce uzun zaman alan ve tekrar kullanımlarında birtakım problemler çıkan çalışmalar yerine, koordinatlı, istendiğinde güncellenebilen, elde edilen sonuçlar bakımından daha doğru olması gibi nedenlerden dolayı bir takım kolaylıklar getirmiştir. Bunun yanında jeomorfoloji çalışmaları sadece büro çalışmaları olmayıp elde edilen analiz sonuçları ve değerlerin arazi gözlemleriyle desteklenmesi gerekmektedir. Böylece, CBS çalışmalarının arazi çalışmalarıyla desteklenmesiyle daha güvenilir ve gerçekçi çalışmalar ortaya çıkacaktır. Bu çalışma ile sayısal yükseklik modeli üzerinden bir havzanın gösteriminde, önemli rolü olan su akış yönleri ve bu yönlere göre drenaj ağlarının gösterilmesi konusu irdelenmiş çizgisel, alansal ve morfometrik özellikleri olarak ayrılan havza morfometrisiyle, havzaların sahip olduğu bütün kantitatif değerler elde edilerek değerlendirmeler yapılmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak şu yorumlar yapılabilmektedir. Yakacık Çayı havzasının taşkın tehlikesini arttıran morfometrik özellikler taşıdığı ancak havzanın ortalama eğiminin ve havza eğimine bağlı olarak

akarsu akış hızı ve sediment yükü taşınımının düşük olduğu havzada sel karakterli akımlardan ziyade taşkın karakterli akımların görüldüğü yüzeysel akış uzunluğunun fazla olmasından dolayı yüzeysel erozyon miktarında yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca havzanın yükselti farkına rağmen akarsular tarafından parçalandığını ve bunun sonucu olarak genç bir topografyanın kısmen ileri gençlik bir topografyaya geçişini göstermektedir. Çalışmanın bir diğer önemli sonucu sayısal yükseklik verilerinin (SYM) morfometrik analizlerde kullanılabilirliğinin ortaya konulmasıdır. Ayrıca morfometrik analizlerin CBS ortamında hızlı ve yüksek doğrulukla gerçekleştirilebilmesi bu çalışmaların gerçekleştirimini kolaylaştırmaktadır. Bu çalışma havza yönetimi ve planlaması çalışmalarına altlık oluşturmak bakımından önem taşımaktadır.

### **KAYNAKÇA**

- Aytuk, Cüneyt. *Değirmendere Havzası'nın (İskenderun/Hatay) Flüvyal Jeomorfolojisi*. Hatay: Mustafa Kemal Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2017. Web.24 Ocak 2018.
- Carlston, Charles William. *Drainage Density and Streamflow*. US Geol, 1963.
- Erinç, Sırrı. *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım. 1996.
- Horton, Robert Elmer. "Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology." *GSA Bulletin* 56.3 (1945): 275-370.
- Hoşgören, Mehmet Yıldız. *Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü*. İstanbul: Çantay Kitabevi, 2011.
- Huggett, Richard John. *Fundamentals of Geomorphology 2*. USA: Edt. Routledge, 2010.
- İzbrak, Reşat. *Sular Coğrafyası* Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, 1990.
- Jenson, Susan. K. ve O. Julia Domingue. *Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis*. Sioux Falls: TGS Technology, Inc., EROS Data Center, 1988. Web.12 Kasım 2017.
- Karataş, Atilla. *Karasu Çayı Havzasının Hidrografik Planlaması*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2014. Web.26 Kasım 2017.
- Langbein, Walter Basil. *Topographic Characteristics of Drainage Basins*. United States: Geological Survey Water Supply, 1947.

- Özdemir, Hasan. *Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, 2007. Web 24 Kasım 2017.
- Patton, Peter C. ve Victor R. Baker. "Morphometry and Floods in Small Drainage Basins Subject to Diverse Hydrogeomorphic Controls. U.S." *Water Resour Res* 12 (19769). Web.18 Aralık 2017.
- Peltier, Louis C. "The Geographic Cycle in Periglacial Regions as it is Related to Climatic Geomorphology." *Annals of the Association of American Geographers* 40 (1950). Web. 19 Aralık 2017.
- Rama, V. Anantha. "Drainage Basin Analysis for Characterization of 3rd Order Watersheds Using Geographic Information System (GIS) and ASTER Data." *Journal of Geomatics* Vol: 8.2 (2014). Web.22 Kasım 2017.
- Reddy, Gangalakunta P. Obi ve diğerleri. "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 (2004). Web. 20 Aralık 2017.
- Strahler, Arthur N. "Hypsometric Analysis of Erosional Topography." *Bulletin of the Geological Society of America* 63 (1952). Web. 28 Kasım 2017.
- . "Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology." *American Geophysical Union Transactions* 38.6 (1957). Web. 28 Kasım 2017.
- Seyrek, Ali ve diğerleri. *Late Cenozoic Uplift of the Amanos Mountains and Incision of the Middle Ceyhan River Gorge*. Southern Turkey; AR-AR Dating of the Düziçi Basalt, Geomorphology, Vol: 97. 2008.Web. 20 Kasım 2017.
- Tarboton, David. *A New Method for The Determination of Flow Directions and Upslope Areas in Grid Digital Elevation Models*. Utah Water Research Laboratory. Utah State University, Logan Water Resources Research, Vol. 33, No. 2, Pages 309-319, February 1997. Web. 26 Aralık 2017.
- Wang, Dingbao. and Wu, Liuliu. *Similarity of Climate Control on Base Flow and Perennial Stream Density in the Budyko Framework*. Hydrol. Earth Syst. Sci, Vol: 17. 2013. Web. 28 Ekim 2017.
- Zavoianu, Ion. *Morphometry of Drainage Basins*. Developments in Water Science, Elsevier. 1985.