

**To Cite This Article:** Esen, F. (2022). Ayancık Çayı Havzası'nda (Sinop) meydana gelen taşkın olaylarının havza morfometrisi açısından değerlendirilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 47, 233-257. <http://dx.doi.org/10.32003/igge.1126933>

## AYANCIK ÇAYI HAVZASI'NDA (SİNOP) MEYDANA GELEN TAŞKIN OLAYLARININ HAVZA MORFOMETRİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

### Evaluation of Flood Events in the Ayancık Stream Basin (Sinop) in Terms of Basin Morphometry

Fatma ESEN<sup>ID</sup>

#### Öz

Karadeniz kıyı şeridinde yer alan Ayancık Çayı Havzası'nda taşkın olayları sıklıkla görülmektedir. Ayancık Çayı Havzası'ndaki taşkın olaylarını drenaj havzası morfometrisine bağlı olarak değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışmada, morfometrik indisler kullanarak havzanın taşkın potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda havzada alanı 0.4-175.3 km<sup>2</sup> arasında değişen 24 alt havzaya çizgisel, alan ve rölyef morfometri parametrelerine bağlı 20 farklı morfometrik indis uygulanarak her bir alt havzanın taşkın potansiyeli tespit edilmiş ve açıklanmıştır. Belirlenen bu alt havzaların, olası taşkın oluşturma potansiyelleri iki farklı yöntem ile açıklanmaya çalışılmıştır. Morfometrik analiz ve temel bileşen analizi (TBA) esas alınarak alt havzaların öncelik sıralaması yüksek, orta ve düşük öncelik olarak 3 sınıfta değerlendirilmiştir. Morfometrik analiz sonucuna göre: 11 adet alt havza yüksek, 7 alt havza orta, 6 alt havza da düşük önceliğe sahiptir. Temel bileşen analizine göre ise 6 alt havza yüksek, 11 alt havza orta, 7 alt havza düşük önceliğe sahiptir. Bununla birlikte her iki yöntemin benzer sonuçları değerlendirildiğinde, yüksek önceliğe sahip 6 alt havza, orta önceliğe sahip 5 alt havza, düşük önceliğe sahip 4 alt havzanın olduğu belirlenmiştir. Ayancık Çayı Havzası'ndaki alt havzaların havza morfometrisine bağlı olarak değerlendirilmesi sonucunda, alt havzaların drenaj, geometrik ve topografik özelliklerinin taşkın olasılıklarının anlaşılmasında önemli rol oynadığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Drenaj havza morfometrisi, morfometrik analiz, temel bileşen analizi, taşkın, Ayancık çayı havzası.

#### Abstract

Flood events are frequently seen in the Ayancık Stream Basin, which is located on the Black Sea coastline. The aim of this study is to evaluate the flood events in the Ayancık Stream Basin depending on the drainage basin morphometry. For this purpose, the flood potential of the basin was tried to be determined by using morphometric indices. The flood potential of each sub-basin was determined and explained by applying 20 different morphometric indices depending on the linear, area and relief morphometry parameters to 24 sub-basins with an area of 0.4-175.3 km<sup>2</sup> in the basin. The possible flooding potentials of these sub-basins were tried to be explained by two different methods. Based on morphometric analysis and principal component analysis (PCA), the priority order of the sub-basins was evaluated in 3 classes as high, medium and low priority. According to the morphometric analysis result: 11 sub-basins have high priority, 7 sub-basins have medium priority, and 6 sub-basins have low priority. According to principal component analysis, 6 sub-basins have high priority, 11 sub-basins have medium priority, and 7 sub-basins have low priority. However, when the similar results of both methods were evaluated, it was determined that there were 6 sub-basins with high priority, 5 sub-basins with medium priority, and 4 sub-basins with low priority. As a result of the evaluation of the sub-basins in the Ayancık Stream Basin depending on the basin morphometry, it has been seen that the drainage, geometric and topographic features of the sub-basins play an important role in understanding the flood probabilities.

**Keywords:** Drainage basin morphometry, morphometric analysis, principal component analysis, flood, Ayancık stream basin

\* **Sorumlu Yazar:** Dr. Öğr. Ü., Bingöl Üniversitesi, ✉ fesen@bingol.edu.tr

## GİRİŞ

Giderek artan dünya nüfusu, doğal ortam üzerinde öngörülemez değişimlere neden olmaktadır. Değişimler en fazla akarsu vadi tabanları ile taşkın ovaları gibi toprak verimliliğinin yüksek olduğu alanlarda meydana gelmektedir. Bu alanlarda görülen hızlı kentleşme, kontrolsüz bina artışı ve plansız şehirleşme gibi ciddi çevre sorunlarına yol açabilmektedir. Ayrıca, zeminin geçirimsizliğini azaltan betonarme yapılaşma yüzeysel akışı artırarak hidrolojik süreçleri ve dinamiklerini de etkilemektedir (Alaghmand vd., 2010; Ouma & Tateishi, 2014). Hızlı kentleşmenin olduğu alanlarda, şehirlerdeki mevcut altyapı genellikle aşırı yağışları karşılayamaz, bu da ani taşkın olaylarının meydana gelme sıklığını artırır (Aydın & Raja, 2020). Şehirlerde drenaj sistemlerinin kapasitesini aşan ani sağanak yağışlar, hizmet ve ekonomik faaliyetlerin aksamasına, mülklerin zarar görmesine, hatta can kayıplarına neden olabilmektedir (Arango vd., 2021; Jian vd., 2021). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2014), kentsel alanların karşılaştığı aşırı yağışlardan kaynaklanan taşkın riskinin altını çizmiştir. Önümüzdeki yıllarda iklim değişikliği ve yüzey akışını arttıran kentsel genişleme nedeniyle taşkın olaylarının daha şiddetli, sık ve yıkıcı olması beklenmektedir (Abdelkarim vd., 2019; Kostopoulou & Jones, 2005; Opdam & Wascher, 2004; Thieken vd., 2016).

Sel ve taşkın olayları sık yaşanan, ciddi can ve mal kayıplarına neden olan doğal afetlerden (Bodur, 2018; Ergünay, 2007; Zeybek, 2014) olup, yaklaşık olarak dünya topraklarının 3'te 1'inde meydana gelmektedir (Samela vd., 2016). Türkiye'de Karadeniz ve Ege kıyıları sel ve taşkın olayları açısından en riskli alanlardır. Bu alanların yüksek risk taşınmasında, özellikle iklimik ve jeomorfolojik özellikler etkili olmuştur (Baltacı, 2018; Ghasemlounia & Utlı, 2021; Kömüşçü vd., 1998). Son yıllarda yağışların sıklığı ve yoğunluğundaki değişimler, sel ve taşkın olaylarının görülme sıklığını arttırmıştır. Bu durum sel ve taşkın bilgisi, takibi, potansiyeli ile taşkın tehlikesini azaltma çözümleri gibi çalışmaların giderek daha fazla önem kazanmasına neden olmuştur (Abdelkarim vd., 2020).

Doğal kaynakların geliştirilmesi ve yönetimi için havzaların hidrolojik davranışının saptanması önemlidir. Morfometrik analiz, jeolojik ve jeomorfolojik özellikler ile birlikte ayrıntılı şekilde sorgulandığında drenaj havzalarının mevcut hidrolojik koşulları hakkında detaylı bilgi verir (Bhat vd., 2019; Esper Angillieri, 2008; Eze & Efiog, 2010; Gunjan vd., 2020). Bununla birlikte havzanın hidrolojik davranışı ve akış üretme kapasitesi ile morfolojik özellikleri arasındaki ilişkinin yorumlanmasında kolaylık sağlar (Aher vd., 2014; Malik vd., 2019). Bir diğer ifade ile morfometrik analiz, her hangi bir havzanın drenaj modelinin farklı yönleri arasındaki ilişkinin anlaşılmasını ve ayrıca çeşitli jeolojik ve iklimsel rejimlerde geliştirilen farklı havzaların karşılaştırmalı bir analizinin yapılmasını sağladığı için en tatmin edici sonuçları verir (Kumar Rai vd., 2017). Morfometrik analiz taşkın çalışmalarında ise havza dinamiklerinin farklı açılardan değerlendirilmesine imkan tanıyarak, analiz sonucunda elde edilen kantitatif verilerin yorumlanması ile havzanın taşkın potansiyeli hakkında bilgiler verir. Son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de drenaj havza morfometrisi ile havza taşkın potansiyeli değerlendirme çalışmaları birçok bilim insanı tarafından yapılmaktadır (Altıparmak & Türkoğlu, 2018; Avcı & Sunkar, 2015; Cürebal, 2004; Cürebal & Erginal, 2007; Ghasemlounia & Utlı, 2021; Özdemir, 2007, 2011; Özdemir & Bird, 2009; Utlı & Özdemir, 2018).

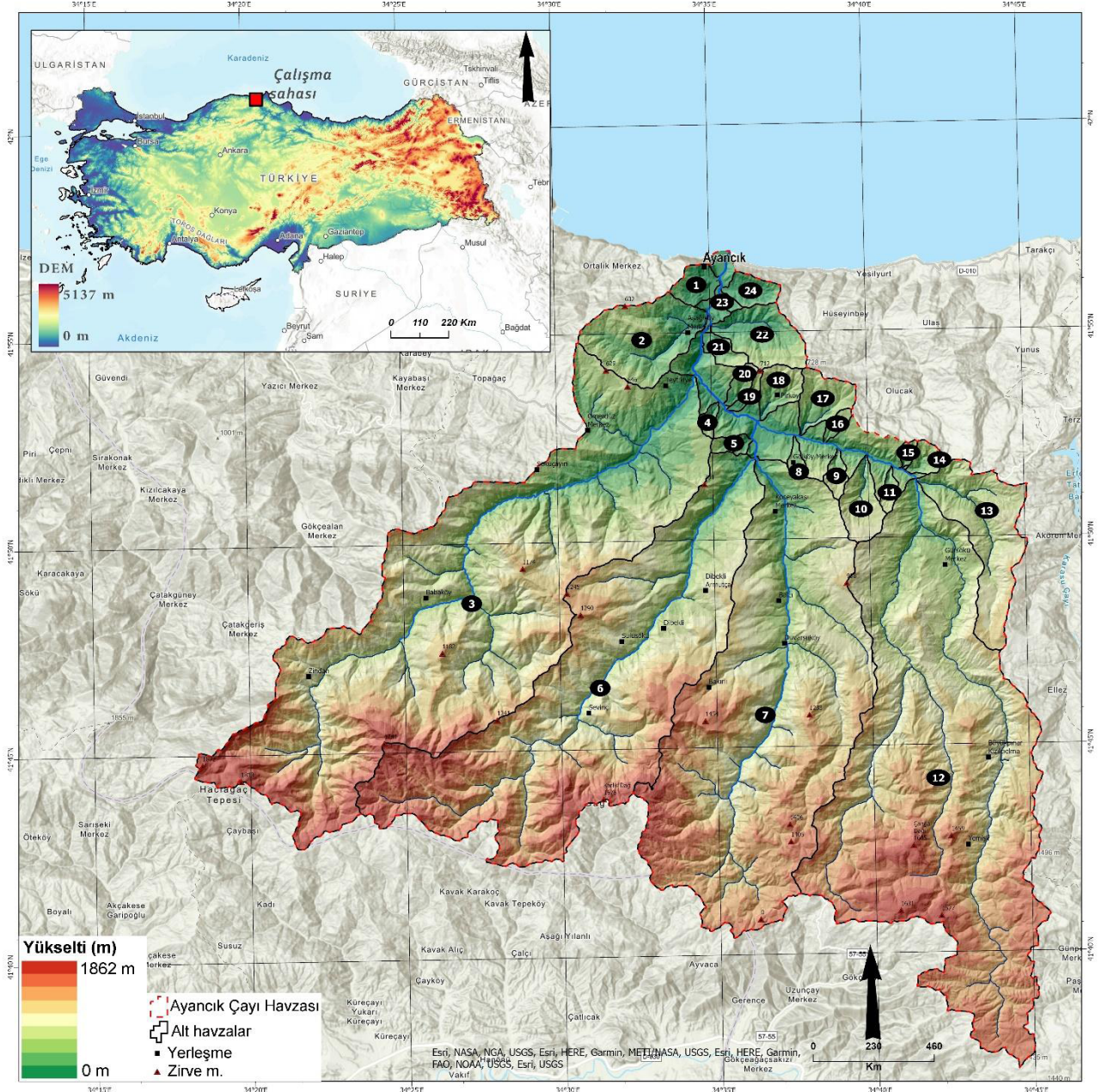
Doğal kaynakların yönetiminde, yönetim stratejilerini yürütmek için havzaların morfometrik karakterinin tespiti ile birlikte havzaların taşkın, erozyon gibi farklı afetlere göre önceliklendirmesi büyük önem taşır (Abdul Rahaman vd., 2015). Havzaların önceliklendirilmesi, ortalama yıllık toprak kaybı, su kaynaklarının tükenmesi, ekolojik bozulma gibi çok çeşitli faktörlere dayalı olarak kırılabilirlik derecesine göre alt havzalara sıralama atamayı içerir (Joshi vd., 2019; Waiyasuri & Chotpantarat, 2020; Welde, 2016). Sel ve taşkın risklerine karşı tüm havzalara koruma prosedürlerinin uygulanması ekonomik değildir. Bu nedenle alt havzalara öncelik sırası atamak suretiyle potansiyel bölgelerin belirlenmesi, risk azaltma çalışmalarının uygulanabilirliğini artırır.

Bu çalışmada Sinop il sınırları içerisinde yer alan ve taşkın olaylarının sıklıkla yaşandığı Ayancık Çayı Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın amacı, Ayancık Çayı Havzası'ndaki taşkın olaylarını drenaj havzası morfometrisine bağlı olarak değerlendirmektir. Bu amaç doğrultusunda havza alanı 0.4-175.3 km<sup>2</sup> arasında değişen 24 alt akarsu havzasının taşkın potansiyeli morfometrik indisler kullanarak saptanmaya çalışılmıştır. Alt havzalara çizgisel, alan ve rölyef morfometrisinden oluşan 20 farklı morfometrik indis uygulanmış ve her bir alt havzanın taşkın dinamikleri, taşkın potansiyeli bakımından açıklanmaya çalışılmıştır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda alt havzalar, taşkın potansiyelinin anlaşılmasında sıklıkla kullanılan morfometrik analiz ve temel bileşen analizi (TBA) yöntemleri esas alınarak, taşkın açısından yüksek, orta ve düşük öncelik olmak üzere 3 sınıfta değerlendirilmiştir.

## ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olan Ayancık Çayı Havzası, Sinop il sınırları içerisinde  $34^{\circ}20' - 34^{\circ}45'$  doğu boylamları ile  $41^{\circ}35' - 41^{\circ}65'$  kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Havzanın güneyindeki dağlık alanlardan kaynağını alan Ayancık Çayı'nın toplam drenaj alanı  $678,3 \text{ km}^2$ 'dir. Ayancık Çayı Havzası, alansal büyüklükleri  $0,4-175,3 \text{ km}^2$  arasında değişen ve ana kola sularını drene eden 24 alt havzaya sahiptir. Alt havzaların çevre uzunlukları  $2,9-20,7 \text{ km}$  arasında değişmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Araştırma alanına ait lokasyon haritası











Ayancık Çayı Havzası'nda farklı tarihlerde meydana gelen taşkın afetlerinde can ve mal kayıpları olmuştur. Sinop İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nden edinilen bilgilere göre Sinop il genelinde 1963, 1964, 1988, 1989, 2012, 2013 ve 2021 yıllarında afet boyutunda taşkın olayları meydana gelmiştir. AFAD tarafından taşkınların neden olduğu hasar tespit edilirken sadece hasarlı binalar kayıt altına alınmıştır. Bu verilere göre 1964 yılında meydana gelen taşkın olayında Durağan ve Türkeri ilçeleri etkilenmiş olup, herhangi bir hasar kaydı bulunmamaktadır. 1988 ve 1989 yıllarında meydana gelen taşkın olaylarında Durağan ilçesinde her iki taşkın olayında da 21 bina hasar görmüştür. 2012 yılında meydana gelen taşkın olayında Ayancık ilçesinde 20 bina, Durağan ilçesinde 22 bina, Dikmen ilçesinde 22 bina ve Türkeri ilçesinde 11 bina hasar görmüştür. 2013 yılında meydana gelen taşkın olayında ise sadece Ayancık ilçesi etkilenmiştir. Bu taşkın olayına ait hasar kaydı bulunmamaktadır. Bununla birlikte 1963 yılında meydana gelen taşkın, çok sayıda can kaybına neden olurken, o dönemler için sahanın en önemli gelir kaynağını oluşturan tomruk fabrikasının ve fabrikaya tomruk taşıyan demiryolu sisteminin de hasar görmesine neden olarak ciddi ekonomik kayıpların yaşanmasına da sebep olmuştur (Kaya, 2011). En son 2021 yılında meydana gelen taşkın olayında “11 Ağustos 2021 tarihinde 24 saatte metrekaareye 240 kilogram yağışın düşmesinin ardından, havzada sel ve taşkın olayları yaşanmış olup, 14 kişi hayatını kaybetmiştir. Debisi yükselen Ayancık Çayı, ilçe merkezine taşmış, cadde ve sokaklar nehir görüntüsü kazanmıştır. Yaşanan olayda mahsur kalan 472 kişi, helikopterlerle güvenli bölgelere sevk edilmiştir. Ayrıca ev ve iş yerlerinin zemin ve bodrum katları suyla dolmuş, araçlar sürüklenmiştir. İlçede altyapı ve üstyapıda ağır hasarlar oluşmuş, tarım arazileri büyük zarar görmüş, yollar çökmüş, su, elektrik ve telefon hatlarında ciddi tahribatlar meydana gelmiştir” (Gülersöyler, 2021) (Şekil 5). Sinop İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü verilerine göre 2021 yılında meydana gelen bu taşkında Ayancık ilçesinde 229 bina hasar görmüştür.



**Şekil 5:** 11 Ağustos 2021 tarihinde meydana gelen taşkın olayının neden olduğu yıkıcı sonuçlar, a-b-c) Ayancık ilçe merkezi ve yakın çevresine ait görüntüler, d) Ayancık Çayı Havzası orta çığır ve yakın çevresine ait görüntüler (URL\_1; URL\_2).

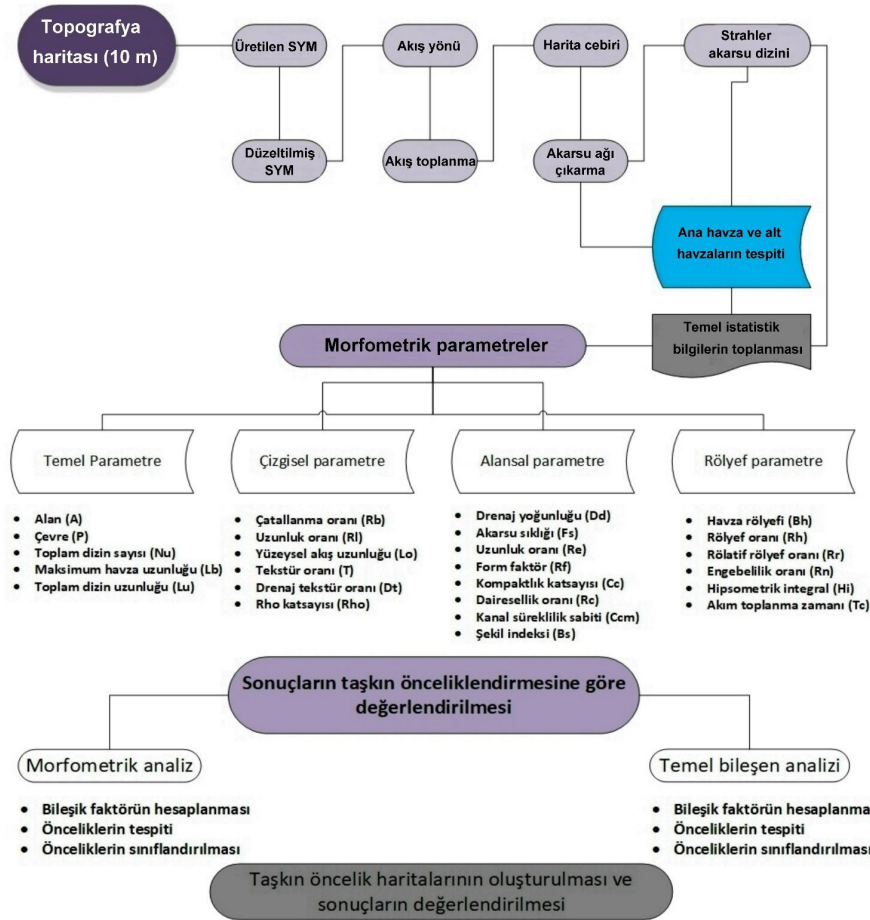
## MATERYAL VE METOT

Ayancık Çayı Havzası'nda meydana gelen taşkın olaylarını morfometrik indisler kullanarak değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri ile istatistikî yöntemlerden faydalanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25.000 ölçekli E33a1-a2-a3-a4-b4-c1-d1-d2-d3, E32b4-b3-c1-c2 topoğrafya



paftaları sayısallaştırılmış, topografya haritalarından elde edilen 10 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli (SYM) temel altlık olarak kullanılmıştır. Çalışmada analiz ve haritalama işlemlerinin tamamlanmasında ArcGIS 10.7, Microsoft Office 2021 ve SPSS istatistik programı kullanılmış olup, haritalama işlemleri sırasında tercih edilen referans sistemi WGS84 Datum UTM Projeksiyon 36. Zon'dur. Havza drenaj ağı tespitinde ise 250 eşik değeri kullanılmıştır.

Çalışmanın tamamlanmasında kullanılan genel iş akış şeması Şekil 6'da verilmiştir. Buna göre iş akışı, (1) sayısal yükseklik verisinin elde edilmesi, (2) havza ve alt havza sınırlarının tespit edilmesi ve istatistiksel açıdan temel parametrelerin oluşturulması, (3) drenaj havza morfometrisine bağlı indislerin çizgisel, alansal ve rölyef morfometriye göre analiz edilmesi (Tablo 1), (4) elde edilen indis sonuçlarının taşkın önceliklendirmesi için morfometrik analiz ve temel bileşen analizlerine göre değerlendirilmesi ve (5) iki farklı yöntemle elde edilen sonuçların karşılaştırılmasını içermektedir.



Şekil 6: Çalışmanın genel akış şeması.

Morfometrik parametrelerden elde edilen sonuçların istatistiksel açıdan yorumlanması ve bu doğrultuda alt havzaların taşkın önceliğine göre değerlendirilmesi esnasında sıralama yönteminden faydalanılmıştır (Farhan vd., 2017; Meshram & Sharma, 2017). Sıralama yöntemi uygulanırken iki farklı yöntem tercih edilmiştir. Bunlar; (1) morfometrik analiz yöntemine göre taşkın önceliklendirme, (2) temel bileşen analizine göre taşkın önceliklendirme yöntemleridir. Morfometrik analiz yöntemine göre taşkın önceliklendirme sıralama tekniği kullanılırken tüm indisler hesaplamaya dâhil edilmiştir. Temel bileşen analizine göre taşkın önceliklendirme sıralama tekniğinde ise oluşturulan döndürülmüş bileşen matrisi dikkate alınarak aralarında güçlü korelasyon ilişkisi olan indisler değerlendirmeye alınmıştır. Her iki yöntemle göre, havzaların taşkın önceliği belirlenirken her bir indisin maksimum ve minimum değeri taşkın açısından değerlendirilmiş, taşkın potansiyeli bakımından en yüksek olasılığa sahip havzalar, havza sayısına göre 1(en yüksek taşkın olasılığı)-24(en düşük taşkın olasılığı) arasında sıralanmıştır. Her bir indise göre ayrı ayrı

sıralamaya alınan alt havzaların toplam ortalaması hesaplanmış, elde edilen sonuçlar doğrultusunda önem derecesine göre en düşük değer en yüksek taşkın olasılığına, en yüksek değer ise en düşük taşkın olasılığına karşılık gelecek şekilde her bir alt havzanın öncelik sırası belirlenmiştir (Farhan vd., 2017). Daha sonra her bir alt havzanın taşkın olasılık değeri ArcGIS ortamında havzalara eklenmiş, drenaj havza morfometrisi ve taşkın çalışmalarında yaygın olarak kullanılan “doğal kırılma (natural breaks)” algoritma tekniği (Jenks, 1967) esas alınarak, yüksek, orta ve düşük öncelik olmak üzere 3 grupta değerlendirilmiştir (Costache vd., 2019).

**Tablo 1:** Araştırmada kullanılan temel, çizgisel, alansal ve rölyef parametrelerine dayalı morfometrik indisler.

Sıra No	Parametre	Birim	Formül	Kaynak
<b>Temel parametreler</b>				
1	Alan (A)	km <sup>2</sup>	CBS yazılım	(Horton, 1945)
2	Çevre(P)	km	CBS yazılım	
3	Maksimum akarsu uzunluğu (L)	km	CBS yazılım	
4	Strahler akarsu dizini hiyerarşik sırası (u)	-	CBS yazılım	(Strahler, 1957)
5	Toplam dizin sayısı (N <sub>u</sub> )	-	CBS yazılım	(Horton, 1945)
6	Her bir dizin sayısı (N <sub>u(1,2,3,...)</sub> )	-	$N_u = N_{u1} + N_{u2} + \dots + N_{un}$	(Horton, 1945)
7	Maksimum havza uzunluğu(L <sub>b</sub> )	km	CBS	(Horton, 1945)
8	Toplam dizin uzunluğu (L <sub>u</sub> )	km	$L_u = 1.312 \times A^{0.568}$	(Nooka Ratnam vd., 2005)
9	Her bir dizinin uzunluğu (L <sub>u(1,2,3,...)</sub> )	km	$L_u = L_{u1} + L_{u2} + \dots + L_{un}$	(Horton, 1945)
10	Maksimum havza yükseklik (H <sub>max</sub> )	m	CBS yazılım	
11	Minimum havza yükseklik (H <sub>min</sub> )	m	CBS yazılım	
12	Ortalama havza yükseklik (H <sub>ort</sub> )	m	CBS yazılım	
<b>Çizgisel Morfometri</b>				
13	Çatallanma oranı (R <sub>b</sub> )	-	$R_b = N_u / N_{u+1}$	(Horton, 1945)
14	Uzunluk oranı (R <sub>l</sub> )	-	$R_l = L_u / L_{u-1}$	(Strahler, 1957)
15	Yüzeysel akış uzunluğu (L <sub>o</sub> )	km	$L_o = 1 / (2D_d)$	(Horton, 1945)
16	Tekstür oranı (T)	km <sup>2</sup>	$T = N_u * (1/P)$	(Smith, 1950)
17	Drenaj tekstür oranı (D <sub>t</sub> )	km <sup>-1</sup>	$D_t = N_u / P$	(Schumm, 1956)
18	Rho katsayısı (R <sub>ho</sub> )	-	$N_t = R_l / R_b$	(Horton, 1945)
<b>Alansal Morfometri</b>				
19	Drenaj yoğunluğu (D <sub>d</sub> )	km/km <sup>2</sup>	$D_d = L_u / A$	(Horton, 1945)
20	Akarsu sıklığı (F <sub>s</sub> )	km <sup>-2</sup>	$F_s = N_u / A$	(Horton, 1945)
21	Uzunluk oranı (R <sub>e</sub> )	-	$R_e = (2/L_b) * (A/\pi)^{0.5}$	(Schumm, 1956)
22	Form faktör (R <sub>f</sub> )	-	$R_f = A / L_b^2$	(Horton, 1945)
23	Kompaktlık katsayısı (C <sub>c</sub> )	-	$C_c = P / 2(\pi A)^{0.5}$	(Gravelius, 1914a; 1914b)
24	Dairesellik oranı (R <sub>c</sub> )	-	$R_c = 4\pi A / P^2; \pi = 3.14$	(Miller, 1953)
25	Kanal süreklilik sabiti (C <sub>cm</sub> )	km <sup>2</sup> /km	$C_{cm} = 1 / D_d$	(Schumm, 1956)
26	Şekil indeksi (B <sub>s</sub> )	-	$B_s = 1 / R_f$	(Schumm, 1956)
<b>Rölyef Morfometri</b>				
27	Havza rölyefi (B <sub>h</sub> )	-	$B_h = H_{max} - H_{min}$	(Schumm, 1956)
28	Rölyef oranı (R <sub>h</sub> )	-	$R_h = B_h / L_b$	(Schumm, 1956)
29	Rölatif rölyef oranı (R <sub>r</sub> )	-	$R_r = H * 100 / P$	(Melton, 1957)
30	Engebellelik oranı (R <sub>n</sub> )	-	$R_n = B_h * D_d$	(Strahler, 1957)
31	Hipsometrik integral (H <sub>i</sub> )	-	$H_i = (H_{ort} - H_{min})(H_{max} - H_{min})$	(Mayer, 1990; Pike & Wilson, 1971)
32	Akım toplanma zamanı (T <sub>c</sub> )	m/dk	$T_c = 0.0195 * L^{0.77} / S^{0.385}$	(Kirpich, 1940)



## BULGULAR

Çalışmada, çizgisel, alansal ve rölyef parametreleri içeren 20 farklı morfometrik indis kullanılmıştır. Bu indislerden 6'sı çizgisel parametreyi: çatallanma oranı ( $R_b$ ), akarsu uzunluk oranı ( $R_l$ ), yüzeysel akış uzunluğu ( $L_o$ ), drenaj tekstür oranı ( $D_t$ ), tekstür oranı ( $T$ ) ve Rho katsayısını ( $R_{ho}$ ), 8 indis alansal parametreyi: drenaj yoğunluğu ( $D_d$ ), akarsu sıklığı ( $F_s$ ), uzunluk oranı ( $R_c$ ), form faktör ( $R_f$ ), şekil indisi ( $B_s$ ), kompaktlık katsayısı ( $C_c$ ), dairesellik oranı ( $R_c$ ), kanal süreklilik sabiti ( $C_{cm}$ )'ni ve 6'sı da rölyef parametreyi: havza rölyefi ( $B_h$ ), rölyef oranı ( $R_h$ ), rölatif rölyef oranı ( $R_r$ ), engebelilik oranı ( $R_n$ ), hipsometrik integral ( $H_i$ ) ve akım toplanma zamanı ( $T_c$ ) içermektedir. Her bir alt havzaya uygulanan morfometrik indis sonuçları Tablo 2'de verilmiş olup, sonuçların alt havzalara göre dağılışı Şekil 7'de gösterilmiştir.

**Tablo 2:** Temel, çizgisel, alansal ve rölyef morfometrik parametrelere ait sonuçlar.

Havza No	Temel parametre			Çizgisel parametre							Alansal parametre							Rölyef parametre							
	A (km <sup>2</sup> )	P (km)	$\Sigma N_u$	$L_b$ (km)	$L_u$ (km)	$R_b$	$R_l$	$L_o$	$D_t$	T	$R_{ho}$	$D_d$	$F_s$	$R_c$	$R_f$	$B_s$	$C_c$	$R_c$	$C_{cm}$	$B_h$	$R_h$	$R_r$	$R_n$	$H_i$	$T_c$
1	2,8	6,8	68	2,3	12,5	5,72	3,60	0,049	9,94	4,97	1,59	4,53	24,73	0,80	0,51	1,97	1,16	0,74	0,221	377,64	0,16	5,52	1,71	0,35	0,22
2	14,7	16,3	298	5,9	53,5	2,62	2,21	0,075	18,33	9,23	1,19	3,64	20,30	0,73	0,42	2,40	1,20	0,70	0,275	633,21	0,11	3,89	2,31	0,56	0,67
3	175,3	84,6	3435	28,7	641,4	1,79	2,26	0,075	40,61	20,42	0,79	3,66	19,60	0,52	0,21	4,69	1,80	0,31	0,273	1805,9	0,06	2,14	6,61	0,44	2,88
4	0,8	4,4	17	1,7	2,8	1,63	1,58	0,088	3,89	2,06	1,03	3,37	20,48	0,59	0,28	3,61	1,35	0,55	0,297	389,12	0,22	8,91	1,31	0,62	0,18
5	1,2	5,1	35	2,0	4,6	2,01	3,35	0,074	6,92	3,56	0,60	3,68	28,23	0,64	0,33	3,07	1,28	0,61	0,271	387,4	0,20	7,66	1,43	0,48	0,21
6	121,6	70,8	2399	23,7	445,0	1,86	2,26	0,075	33,87	17,01	0,82	3,66	19,72	0,53	0,22	4,61	1,81	0,30	0,273	1573,7	0,07	2,22	5,76	0,56	2,48
7	129,3	62,0	2568	21,5	504,1	2,37	3,20	0,066	41,42	20,82	0,74	3,90	19,87	0,60	0,28	3,58	1,54	0,42	0,256	1517,7	0,07	2,45	5,92	0,55	2,07
8	0,9	4,6	19	1,9	4,6	1,83	1,77	0,034	4,18	2,20	1,04	5,40	22,35	0,54	0,23	4,38	1,39	0,52	0,185	473,96	0,25	10,42	2,56	0,58	0,20
9	1,4	5,6	27	2,4	5,5	1,60	1,87	0,065	4,79	2,48	0,86	3,94	19,29	0,57	0,25	3,98	1,34	0,55	0,254	517,52	0,22	9,18	2,04	0,68	0,23
10	4,9	9,9	103	4,0	22,1	2,42	2,29	0,049	10,36	5,23	1,06	4,51	21,02	0,63	0,31	3,20	1,27	0,62	0,222	758,6	0,19	7,63	3,42	0,57	0,38
11	1,0	5,0	21	2,2	5,0	1,60	1,78	0,041	4,23	10,46	0,90	4,92	20,59	0,52	0,21	4,70	1,39	0,52	0,203	506,8	0,23	10,20	2,49	0,59	0,22
12	156,3	77,7	3096	26,7	601,8	4,69	1,88	0,067	39,86	20,03	2,49	3,85	19,81	0,53	0,22	4,55	1,75	0,33	0,260	1373,4	0,05	1,77	5,29	0,58	2,90
13	18,4	25,1	387	8,8	72,9	1,83	2,10	0,064	15,41	7,80	0,87	3,97	21,06	0,55	0,24	4,18	1,65	0,37	0,252	936,24	0,11	3,73	3,71	0,53	0,97
14	1,7	5,6	45	2,0	7,0	1,61	1,52	0,060	7,98	4,08	1,06	4,09	26,47	0,74	0,43	2,33	1,22	0,67	0,244	398,9	0,20	7,07	1,63	0,52	0,22
15	0,7	3,8	9	1,5	2,2	1,25	1,51	0,092	2,37	1,32	0,83	3,30	13,43	0,62	0,30	3,31	1,31	0,59	0,303	368,98	0,25	9,74	1,22	0,45	0,16
16	0,9	4,5	19	1,9	5,0	1,83	2,26	0,031	4,24	2,23	0,81	5,66	21,59	0,55	0,23	4,28	1,35	0,55	0,177	422,98	0,22	9,44	2,39	0,57	0,20
17	4,7	9,9	89	3,4	17,6	1,78	1,71	0,071	8,99	4,55	1,04	3,76	19,02	0,72	0,40	2,47	1,29	0,60	0,266	558,92	0,16	5,65	2,10	0,56	0,33
18	3,4	8,2	57	3,0	12,8	1,99	1,87	0,069	6,94	3,53	1,07	3,81	16,91	0,68	0,36	2,74	1,26	0,63	0,263	593,16	0,20	7,22	2,26	0,53	0,27
19	0,9	5,5	9	2,4	3,2	2,33	2,40	0,073	1,65	0,92	0,97	3,69	10,34	0,44	0,15	6,57	1,65	0,37	0,271	552,89	0,23	10,14	2,04	0,34	0,24
20	1,4	5,5	25	2,3	5,4	1,63	1,61	0,067	4,54	2,36	1,01	3,86	17,99	0,59	0,27	3,64	1,32	0,58	0,259	592,31	0,26	10,75	2,29	0,45	0,21
21	1,8	6,3	33	2,4	5,6	1,87	1,38	0,102	5,23	2,69	1,35	3,13	18,33	0,63	0,31	3,20	1,33	0,57	0,319	627,19	0,26	9,94	1,97	0,47	0,22
22	8,1	12,7	161	4,7	31,6	1,65	1,72	0,065	12,67	6,37	0,96	3,91	19,93	0,69	0,37	2,69	1,26	0,63	0,256	687,77	0,15	5,41	2,69	0,45	0,50
23	0,4	2,9	7	1,2	1,9	1,33	2,08	0,051	2,38	1,36	0,64	4,44	16,28	0,62	0,30	3,35	1,26	0,62	0,225	236,37	0,20	8,04	1,05	0,54	0,14
24	2,7	7,0	53	2,6	9,4	1,54	2,16	0,080	7,53	3,84	0,71	3,53	19,85	0,70	0,38	2,61	1,22	0,68	0,283	299,66	0,11	4,26	1,06	0,49	0,33

## Morfometrik Parametreler

### Çizgisel morfometri

Çizgisel morfometri, havzaların drenaj ağlarında görülen çizgisel şekillerin değerlendirilmesi ve yorumlanması esasına dayanır (Özdemir, 2011). Bu çalışmada çizgisel morfometri kapsamında ele alınan 6 farklı indis her bir alt havzaya uygulanmış, elde edilen sonuçlar doğrultusunda havzaların taşkın üretme potansiyeli açıklanmaya çalışılmıştır.

Çatallanma oranı ( $R_b$ ), yüzeysel akışta akım miktarını etkileyen önemli bir parametredir (Bhat vd., 2019; Chorley, 1969; Jain & Sinha, 2003). Yüksek  $R_b$  değeri, yüzeysel akış oranının daha fazla ve ana kola taşınan su miktarının yüksek oranda olmasını ifade etmektedir (Odiji vd., 2021) Araştırma alanında  $R_b$  değeri 1.25-5.72 arasında değişmektedir. En yüksek değer 1 no'lu alt havzada, en düşük değer ise 15 no'lu alt havzada görülmektedir. Alt havzaların genel ortalaması ise 2.12'dir.

Uzunluk oranı ( $R_l$ ), ana akarsuya yan kollardan taşınan suyun uzunluğuna bağlı olarak tutulma oranı hakkında bilgi verir. Dolayısıyla bu indis değeri alt kolun, üst kollardan gelen suyun taşınmasında yeterli olup olmadığını açıklaması bakımından önemlidir (Özdemir, 2011). Yüksek  $R_l$  değeri akışa geçen yüzey sularının yüksek miktarda su taşıdığını ve yüksek taşkın potansiyelini ifade ederken, düşük  $R_l$  değeri daha az miktarda taşınan suyu ve düşük taşkın potansiyelini ifade eder.  $R_l$  oranı 21 no'lu havzada 1.38 ile en düşük değere, 3.6 ile 1 no'lu havzada en yüksek değere sahiptir. Alt havzaların genel ortalaması ise 2.1'dir.

Yüzeysel akış uzunluğu ( $L_o$ ), (Horton, 1945) tarafından tanımlanmıştır. Havzaların drenaj yoğunluğuna bağlı olarak, yüzeysel erozyonları kontrol eden faktörler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmada etkilidir.  $L_o$  değerinin düşük olması, yüksek eğimli araziye, yüzeysel akışın fazlalığını ve dolayısıyla yüksek taşkın riskini ifade ederken, yüksek  $L_o$  değeri düşük taşkın riskini ifade eder (Jothimani vd., 2021; Kumar Rai vd., 2017). Alt havzalara ait  $L_o$  değeri 0.03-0.10 arasında değişmektedir. Taşkın olasılığını ifade eden en düşük değer 16 no'lu havzada, en yüksek değer ise 21 no'lu havzada görülmektedir.

Tekstür oranı (T), havzadaki birinci dizinlerin toplam sayısının, havza çevre uzunluğuna olan oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Yüzeysel akışın miktarı ve hızı hakkında bilgi verir (Farhan vd., 2017). Yüksek T oranı yüksek taşkın olasılığını ifade etmektedir (Singh & Pandey, 2021). Alt havzalarda T değeri 0.92-20.82 arasında değişmektedir. En düşük orana 19 no'lu havza, en yüksek orana ise 7 no'lu havza sahiptir. T değerinin genel ortalaması 6.65 olmasına karşılık, 20.42 ile 3 no'lu havza, 20.03 ile 12 no'lu havza ve 17.01 ile 6 no'lu havza oldukça yüksek T değerine sahiptir.

Drenaj tekstür oranı ( $D_t$ ), havzadaki dizinlerin toplam sayısının, havza çevre uzunluğuna olan oranıdır (Horton, 1945).  $D_t$  değeri drenaj hatlarının yoğunluğu hakkında bilgi verir (Abdeta vd., 2020). Yüksek  $D_t$  oranı yüksek taşkın riskini ifade ederken, düşük  $D_t$  oranı düşük taşkın riskini ifade eder.  $D_t$  değeri 1.65-41.42 arasında olup, 7 no'lu havza en yüksek değere, 19 no'lu havza ise en düşük değere sahiptir.

$R_{ho}$  katsayısı ( $R_{ho}$ ), drenaj ağının depolama kapasitesi ile drenaj gelişimi hakkında fikir veren önemli bir indistir (Horton, 1945). Düşük  $R_{ho}$  değeri yüksek taşkın potansiyeline sahip su depolanmasını ifade eder (Waiyasuri & Chotpantararat, 2020). Buna göre 0.6-2.49 arasında değişen  $R_{ho}$  değerine sahip alt havzalarda en yüksek değer 12 no'lu havzada, en düşük değer ise 5 no'lu havzada görülmektedir (Şekil 7).

## Alansal Morfometri

Alansal morfometri, havzaların drenaj ağı gelişimi ile geometrik özellikleri (çevre uzunluğu, alan genişliği) arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Alansal morfometri kapsamında uygulanan indislerin sonuçları, alt havzaların genel olarak uzunlamasına ya da dairesel bir görünümde olup olmadığı ile alakalı bilgiler vermektedir.

Drenaj yoğunluğu ( $D_d$ ), jeoloji, geçirimsizlik, arazi yapısı, bitki örtüsü ve toprak erozyonunun miktarı hakkında bilgi verir (Abdelkarim vd., 2020; Gebremedhin vd., 2015). Drenaj yoğunluğunun fazla olduğu havzalarda taşkın potansiyeli yüksektir (Farhan vd., 2017). Araştırma alanında  $D_d$  oranı 3.13-5.66 arasında değişmektedir. Bu oran 16 no'lu havza en yüksek değere sahipken, 21 no'lu havzada en düşük değere sahiptir. Yüksek  $D_d$  oranına sahip diğer alt havzalar ise havza 8 (5.40), havza 11 (4.92) ve havza 1 (4.53) olarak görülmektedir.

Akarsu sıklığı ( $F_s$ ), topografik özellikler, bitki örtüsü yoğunluğu, yüzeysel akış ve sızma kapasitesine bağlıdır. Yüksek  $F_s$  değeri düşük geçirgenlik, seyrek bitki örtüsü ve yüksek yüzeysel akışı ifade ederken, düşük  $F_s$  değeri yüksek geçirgenlik ve düşük yüzeysel akışı ifade eder (Rajasekhar vd., 2020). Elde edilen sonuçlara göre 10.34-28.23 arasında değişen  $F_s$  değeri 5 no'lu havzada en yüksek değere, 19 no'lu havzada en düşük değere sahiptir.

Uzunluk oranı ( $R_c$ ), akarsu drenaj havzasının şeklini ifade eder (Schumm, 1956). Havza şekli  $R_c$  oranına göre 3 kategoride değerlendirilebilir: dairesel (0,9), oval (0,9-0,8) ve uzun (0,7) (Jain & Goel, 2002).  $R_c$  değerinin yüksek olduğu havzalarda taşkın riski yüksek iken,  $R_c$  değerinin düşük olduğu havzalarda taşkın riski nispeten daha düşüktür. Araştırma alanında  $R_c$



değeri 0.44-0.8 arasında değişmektedir.  $R_c$  değeri dikkate alındığında 0.8 değeri ile 1 no'lu havzanın oval bir geometriye sahip olduğu, en düşük değere sahip 19 no'lu alt havzanın ise uzunlamasına bir şekle sahip olduğu görülür.

Form faktör ( $R_f$ ), havzanın şeklinin uzunlamasına mı yoksa dairesel mi olduğunu ifade eder (Horton, 1945). Uzunlamasına havzalarda yüksek çatallanma oranı, düşük fakat devamlı akıma neden olurken, dairesel şekle sahip havzalarda düşük çatallanma oranı, birden yükselen ve alçalan akım özelliklerinin görülmesine neden olur (Özdemir, 2011). Dolayısıyla düşük  $R_f$  değeri uzunlamasına havzayı ve düşük taşkın riskini ifade ederken, yüksek  $R_f$  değeri dairesel şekle sahip havzayı ve yüksek taşkın riskini ifade eder. En düşük  $R_f$  değerine 0.15 ile 19 no'lu havza sahipken, 0.51 ile en yüksek değere ve yüksek taşkın olasılığına 1 no'lu havza sahiptir.

Kompaktlık katsayısı ( $C_c$ ), bir havza şeklinin standart bir daireden sapma derecesinin sayısal gösterimi şeklinde ifade edilebilir (Wentz, 2000). Drenaj havzalarının hacmine ve eğimine bağlı olarak kompaktlık katsayısı değişir (Iqbal & Sajjad, 2014). Değerin 1'e yaklaşması yüksek taşkın olasılığını ifade ederken, değer 1'den uzaklaşması taşkın olasılığını düşürmektedir (Ghasemlounia & Utlı, 2021; Islam & Deb Barman, 2020). En düşük  $C_c$  değeri 1.16 ile 1no'lu alt havzada, en yüksek  $C_c$  değeri ise 1,81 ile 6 no'lu havzada görülmektedir.

Dairesellik oranı ( $R_c$ ), 1953'de Miller tarafından tanımlanmıştır.  $R_c$  kolların uzunlukları ve sıklığı, jeolojik yapı, arazi kullanımı, iklim, rölyef ve havza eğimi gibi faktörlerden etkilenir (Nandi vd., 2016). Dolayısıyla  $R_c$  değeri, havza şekli, havzanın hidrolojik tepkileri ve taşkın riskleri hakkında bilgi verir (Ward & Robinson, 2000). Yüksek  $R_c$  değeri dairesel bir havzayı ve yüksek taşkın olasılığını ifade ederken, düşük  $R_c$  değeri uzunlamasına bir havzayı ve düşük taşkın olasılığını ifade eder. En düşük  $R_c$  değeri 0,3 ile 6 no'lu alt havzada, en yüksek  $R_c$  değeri ise 0,74 ile 1 no'lu alt havzada görülür.

Kanal süreklilik sabiti ( $C_{cm}$ ), havzanın iklim, litolojik ve rölyef özelliklerinden etkilenir (Schumm, 1956). Yüksek  $C_{cm}$  yüksek geçirgenlik ve düşük yüzeysel akışı ifade ederken, düşük  $C_{cm}$  değeri düşük geçirgenlik ve yüksek yüzeysel akışı temsil eder (Schumm, 1956; Utlı & Ghasemlounia, 2021). En düşük  $C_{cm}$  0,177 ile 16 no'lu alt havzada yüksek taşkın olasılığını, en yüksek  $C_{cm}$  ise 0.319 ile 21 no'lu alt havzada düşük taşkın olasılığını ifade eder.

Şekil indeksi ( $B_s$ ), havzanın şekilsel özellikleri hakkında bilgi verir (Schumm, 1956). Havza dairesel bir şekle sahipse, yoğun ve şiddetli yağış sonrası havzanın yüzeysel akışa tepkisi hızlı ve büyük olur (Tucker & Bras, 1998). Dolayısıyla  $B_s$  değerinin yüksek olması uzunlamasına bir havza şeklini ve düşük taşkın riskini ifade ederken, düşük  $B_s$  değeri (1'e yakın) dairesel şekle sahip havzayı ve yüksek taşkın riskini ifade eder. 1.97 – 6.57 arasında değişen  $B_s$  değeri 1 no'lu alt havzada 1.97 ile yüksek taşkın olasılığını, 19 no'lu alt havzada ise 6.57 ile düşük taşkın olasılığını ifade eder (Şekil 7).

## Rölyef Morfometri

Rölyef morfometri havzaların rölyef özellikleri ve drenaj koşulları arasındaki ilişkiyi ifade eder. Bu bölümde rölyef morfometri indis sonuçları değerlendirilerek her bir alt havzanın topografik özelliklerinin ortaya çıkartılabileceği taşkın olasılığı saptanmaya çalışılmıştır.

Havza rölyefi ( $B_h$ ), havzanın maksimum ve minimum yükseltisi arasındaki fark olarak tanımlanır (Schumm, 1956).  $B_h$  değerinin yüksek olması, yüksek eğim değeri ve hızlı akım toplanma zamanına işaret eder. Bunlar da taşkın pikinin artmasına sebep olur (Özdemir, 2011). Araştırma alanında 236.4-1805.9 arasında değişen  $B_h$  değeri, 3 no'lu alt havzada en yüksek değere, 23 no'lu alt havzada ise en düşük değere sahiptir. Bunun yanı sıra havza 6, havza 7 ve havza 12'de  $B_h$  değeri 1000 m'nin üzerindedir.

Rölyef oranı ( $R_h$ ), havzanın maksimum ve minimum yükseltisi arasındaki farkın, maksimum havza uzunluğuna olan oranıdır (Schumm, 1956). Rölyef oranı, havzadaki rölyef koşulları, eğim özellikleri ve erozyonel faaliyetler hakkında bilgi verir (Kaur vd., 2014). Yüksek  $R_h$  değeri, yüksek erozyon potansiyelini ve taşkın riskini ifade eder (Mahala, 2019). En düşük  $R_h$  değeri 0.05 ile 12 no'lu alt havzada düşük taşkın olasılığını ifade ederken, en yüksek  $R_h$  değeri 0.26 ile 21 no'lu alt havzada yüksek taşkın olasılığını ifade eder.

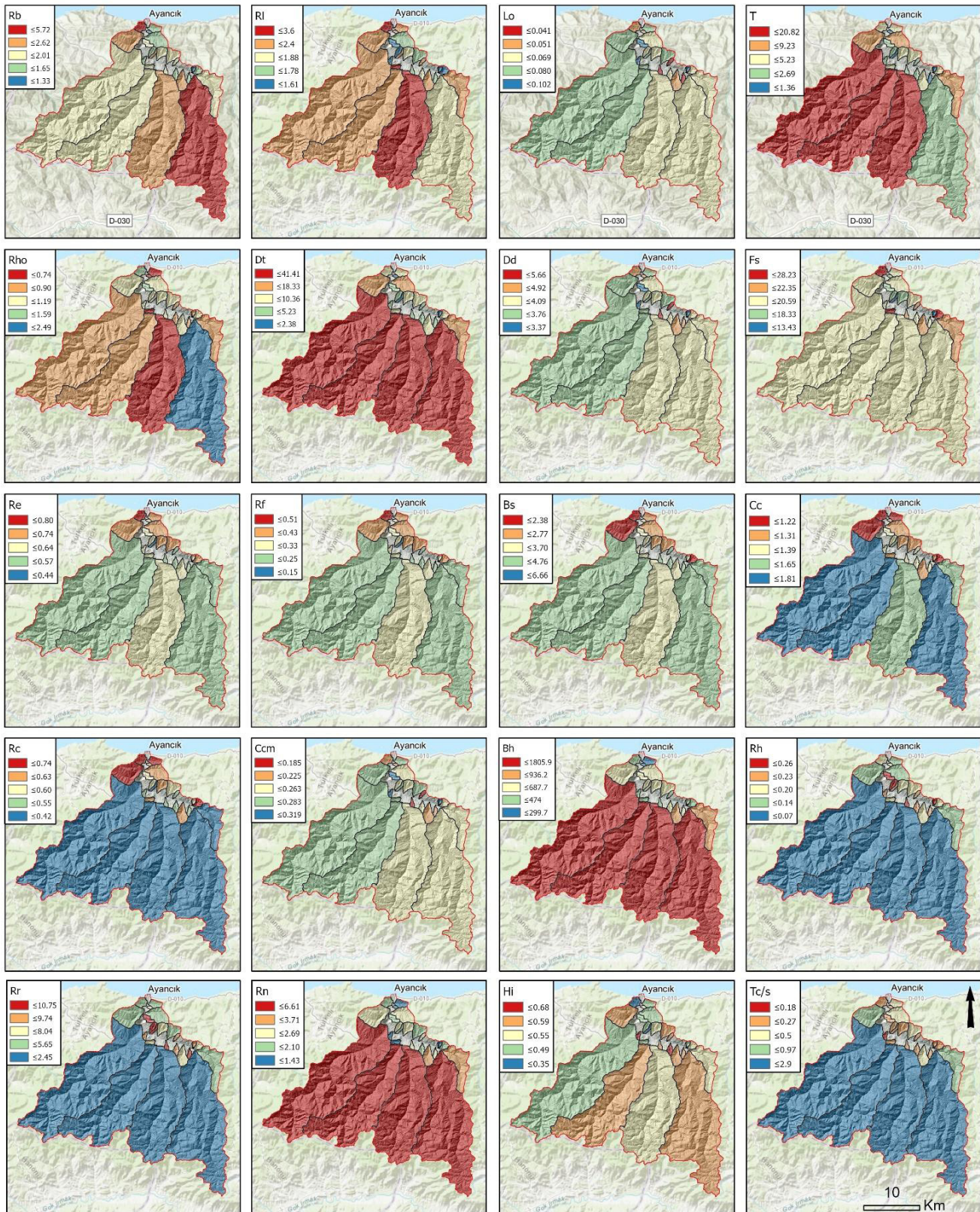
Rölatif rölyef oranı ( $R_r$ ), havzanın rölyef, eğim ve erozyon koşulları hakkında bilgi verir (Strahler, 1957). Yüksek  $R_r$  değeri yüksek rölyef, yüksek eğim, yüksek erozyon potansiyeli ve yüksek taşkın riskini ifade ederken, düşük  $R_r$  değeri alçak rölyef, düşük eğim ve düşük taşkın potansiyelini ifade eder. En düşük  $R_r$  değeri 1,77 ile 12 no'lu alt havzada, en yüksek  $R_r$  değeri 10.75 ile 20 no'lu alt havzada görülmektedir. Ayrıca, havza 7, havza 11, havza 19 ve havza 20'de  $R_r$  değeri 10'un üzerindedir.

Engebelilik değeri ( $R_n$ ), havzanın rölyef koşulları, drenaj yoğunluğu, erozyon potansiyeli ve litolojik yapısı hakkında bilgiler verir (Chitra vd., 2011). Yüksek  $R_n$  değeri yüksek rölyef koşulları ile yüksek taşkın olasılığını ifade ederken, düşük  $R_n$  değeri düşük rölyef koşulları ile düşük taşkın olasılığını ifade eder (Jothimani vd., 2021). Ayancık Çayı Havzası'nda  $R_n$  değeri 1.05-6.61 arasında değişmektedir. En yüksek  $R_n$  değeri 23 no'lu alt havzada, en düşük  $R_n$  değeri de 3 no'lu alt havzada görülmektedir.

Hipsometrik integral ( $H_i$ ), havzanın gelişim süreci hakkında bilgi verir (Özdemir, 2011). Yüksek  $H_i$  değeri genç akarsu havzasını, aktif tektoniği ve yüksek erozyonal faaliyetleri ifade ederken, düşük  $H_i$  değeri olgun akarsu havzasını, alçak rölyefi ve nispeten düşük erozyonal faaliyetleri temsil eder (Keller & Pinter, 1996; Strahler, 1957). Araştırma alanında  $H_i$  değeri 0.34-0.68 arasında değişmektedir. En düşük  $H_i$  değeri 19 no'lu alt havzada, en yüksek  $H_i$  değeri ise 9 no'lu alt havzada görülmektedir.

Akım toplanma zamanı ( $T_c$ ), hesaplanırken yaygın olarak Kirpich (1940) formülü kullanılır (Özdemir, 2011). Havza içerisinde akışa geçen suyun havzanın en uzak kısmından, ağız kısmına veya ana kola kavuşuncaya kadar geçen süreyi saptamak için kullanılan indislerden biridir (Grimaldi vd., 2012; Utlı & Özdemir, 2018; Verstappen, 1983). Jeoloji, iklim, bitki örtüsü, toprak ve rölyef özellikleri gibi pek çok faktör akım toplanma zamanını etkilemektedir (Utlı & Özdemir, 2018). Ayancık Çayı Havzası'nda  $T_c$  değeri 0,14 saat ile 2.9 saat arasında değişmektedir. En düşük  $T_c$  değeri 23 no'lu alt havzada, en yüksek  $T_c$  değeri de 12 no'lu alt havzada görülmektedir (Şekil 7).



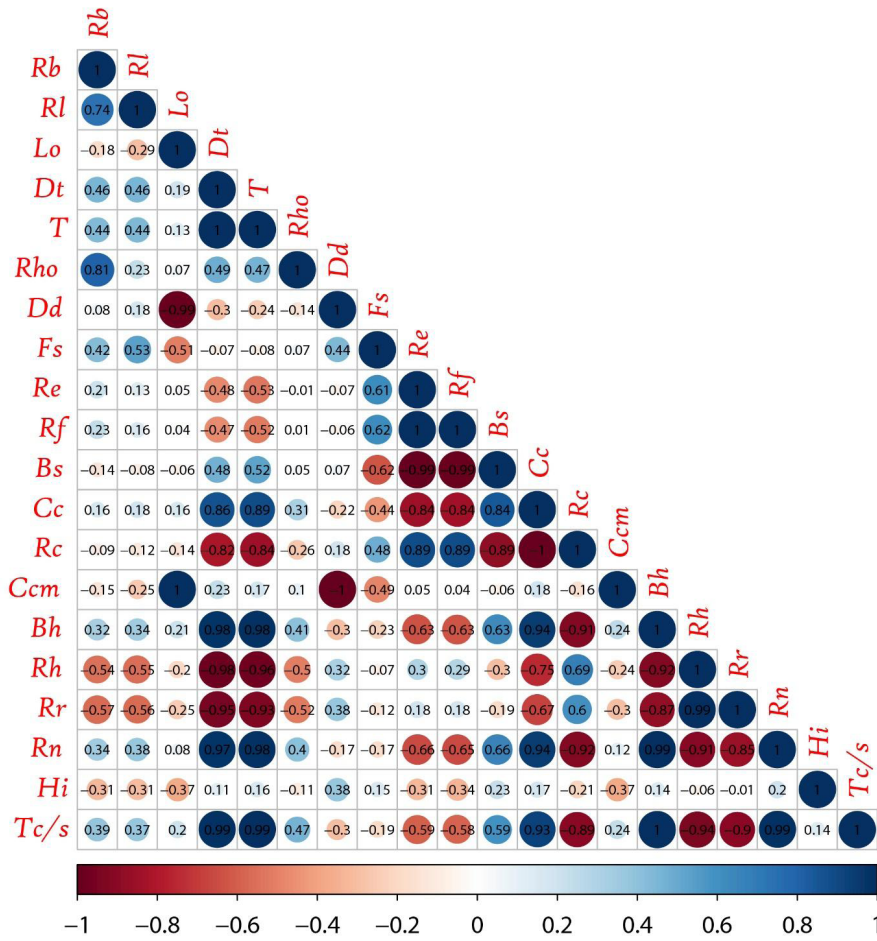


Şekil 7: Ayancik Çayı Havzası'ndaki alt havzaların çizgisel, alansal ve rölyef parametrelerine ait sonuçları.



## İstatistik Değerlendirme

Her bir morfometrik parametrenin diğerleriyle ilişkisini belirlemek için Sosyal Bilimler İstatistik Paketi (SPSS) kullanılarak korelasyon analizleri yapılmıştır. Buna göre 20 morfometrik indis arasında 210 korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. Korelasyon katsayıları arasındaki ilişki düzeyi, çok zayıf (0-0,1), zayıf (0,1-0,35), orta (0,35-0,65), güçlü (0,65-0,9) ve çok güçlü (0,9-1) olarak ele alınmıştır (Abdelkarim vd., 2020). Korelasyon matrisine göre 20 farklı indisin kendi aralarında oluşturmuş olduğu korelasyon katsayısının şiddeti negatif ve pozitif yönde olup, indisler arasında çok güçlü korelasyon ilişkisi bulunmaktadır (Şekil 8). Buna göre,  $D_d$  ile  $L_o$  arasında;  $T$  ile  $D_t$  arasında;  $B_s$ ,  $R_e$ ,  $R_f$  ve  $R_c$  arasında;  $R_c$  ile  $C_c$  arasında;  $C_{cm}$ ,  $L_o$  ile  $D_d$  arasında;  $B_h$ ,  $D_t$ ,  $T$ ,  $R_c$  arasında;  $R_h$ ,  $D_t$ ,  $T$ ,  $B_h$  arasında;  $R_s$ ,  $D_t$ ,  $T$ ,  $C_c$ ,  $B_h$ ,  $R_c$ ,  $R_h$  arasında;  $T_c$ ,  $D_t$ ,  $T$ ,  $C_c$ ,  $B_h$ ,  $R_n$ ,  $R_h$  ve  $R_f$  arasında çok güçlü korelasyon ilişkisi mevcuttur (Şekil 8). Parametreler arasındaki ilişki düzeyi, parametrelerin ortak performansı hakkında bilgi vermektedir (Dillon & Goldstein, 1984). Araştırmada kullanılan morfometrik indislerin yaklaşık olarak yarısı arasında güçlü ilişki bulunması, indislerin birbirini destekleyen sonuçlar verdiğini kanıtlamaktadır.



Şekil 8: Morfometrik parametrelerin korelasyon matrisi.

Alt havzaların taşkın olasılığı doğrultusunda öncelik sırası belirlenirken morfometrik analiz ve temel bileşen analiz yöntemleri kullanılmıştır. Öncelik sınıfları saptanırken bileşik faktör/değer (Compound value) sonuçları değerlendirmeye alınmıştır. Her iki yöntemde de elde edilen bileşik faktör sonuçları yüksek, orta ve düşük öncelikli 3 farklı taşkın öncelik sınıfında değerlendirilmiştir. Sınıflandırmalar Jenks (1967) "doğal kırılma" tekniği kullanılarak yapılmıştır. Her iki önceliklendirme yöntemi sonuçları değerlendirilerek her bir alt havzanın olası taşkın potansiyeli belirlenmiştir.

## Morfometrik Analiz Sonuçları

Drenaj havza morfometrisine bağlı olarak gerçekleştirilen çalışmalar çoğunlukla, toprak ve su kaynaklarını korumaya yöneliktir. Özellikle taşkın ve erozyonel süreçlerin anlaşılmasında, farklı büyüklükteki havzaların (alt havzalar, mini havzalar ve mikro havzalar) önceliklendirilmesinde yaygın olarak morfometrik analiz yöntemi kullanılır (Umrikar, 2015). Bu yöntemden elde edilen sonuçların güvenilirliği her geçen gün geliştirilen istatistikî yöntemler ve envanter kaynaklarına bağlı olarak test edilerek sınanmaktadır. Morfometrik analiz yönteminde en yüksek öncelik, alt havzalar arasında daha yüksek derecede sel, taşkın ve erozyon riskini taşıyan havzayı işaret ederek, koruma önlemlerinin uyarlanmasında potansiyel alanı belirtir (Makwana & Tiwari, 2016).

Araştırma alanında morfometrik analiz bileşik faktör değerleri 9.15-16.25 arasında değişmektedir. Bileşik faktör değerleri esas alınarak taşkın önceliği, yüksek öncelik 9.15-11.75, orta öncelik 11.75-13.5, düşük öncelik 13.5-16.25 arasında değişen oranlara sahip 3 sınıfta değerlendirilmiştir (Tablo 3; Şekil 9, 10a). Alansal büyüklükleri 0.4-175.3 km<sup>2</sup> arasında değişen ve ana kola sularını drene eden 24 farklı alt havzaya sahip Ayancık Çayı Havzası'nda, morfometrik analiz taşkın önceliklendirme yöntemi esas alınarak yapılan değerlendirmelere göre: 11 alt havza (Havza No:1-2-5-7-8-10-11-13-14-16-22) yüksek öncelik, 7 alt havza (Havza No: 6-9-12-17-18-20-23) orta öncelik, 6 alt havza (Havza No: 3-4-15-19-21-24) düşük öncelik sınıfında yer almaktadır (Tablo 6; Şekil 9, 10a).

**Tablo 3:** Ayancık Çayı Havzası'ndaki alt havzaların morfometrik analiz öncelik sonuçları.

H.No	Çizgisel parametre					Alansal parametre							Rölyef parametre							Bileşik faktör	Taşkın sınıfı	öncelik	
	R <sub>b</sub>	R <sub>l</sub>	L <sub>o</sub>	D <sub>t</sub>	T	R <sub>ho</sub>	D <sub>d</sub>	F <sub>s</sub>	R <sub>e</sub>	R <sub>f</sub>	B <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>	R <sub>c</sub>	C <sub>cm</sub>	B <sub>h</sub>	R <sub>h</sub>	R <sub>r</sub>	R <sub>n</sub>	H <sub>i</sub>				T <sub>c</sub>
1	1	1	4	9	10	23	4	3	1	1	1	24	1	4	21	16	16	18	23	8	9,45	Yüksek	
2	3	9	20	5	6	21	20	10	3	3	3	23	2	20	8	20	19	11	9	19	11,7	Yüksek	
3	14	8	18	2	2	5	18	16	22	22	22	2	23	18	1	23	23	1	22	23	14,25	Düşük	
4	18	21	22	21	21	15	22	9	14	14	14	9	16	22	19	7	9	21	2	3	14,95	Düşük	
5	7	2	17	14	14	1	17	1	8	8	8	16	9	17	20	11	11	20	17	6	11,2	Yüksek	
6	10	6	19	4	4	7	19	15	21	21	21	1	24	19	2	22	22	3	8	22	13,5	Orta	
7	5	3	11	1	1	4	11	12	13	13	13	6	19	11	3	21	21	2	11	21	10,1	Yüksek	
8	11	17	2	20	20	16	2	4	19	19	19	7	18	2	16	4	2	8	5	4	10,75	Yüksek	
9	21	15	9	16	17	9	9	17	16	16	16	11	14	9	14	8	8	16	1	12	12,7	Orta	
10	4	5	5	8	9	19	5	7	10	10	10	17	8	5	6	14	12	6	6	17	9,15	Yüksek	
11	20	16	3	19	5	11	3	8	23	23	23	8	17	3	15	5	3	9	3	10	11,35	Yüksek	
12	2	13	13	3	3	24	13	14	20	20	20	3	22	13	4	24	24	4	4	24	13,35	Orta	
13	13	11	8	6	7	10	8	6	17	17	17	4	21	8	5	19	20	5	13	20	11,75	Yüksek	
14	19	22	7	11	12	18	7	2	2	2	2	21	4	7	18	10	14	19	15	11	11,15	Yüksek	
15	24	23	23	23	23	8	23	23	11	11	11	14	11	23	22	3	6	22	19	2	16,25	Düşük	
16	11	7	1	18	19	6	1	5	18	18	18	10	15	1	17	9	7	10	7	5	10,15	Yüksek	
17	15	19	15	10	11	17	15	18	4	4	4	15	10	15	12	15	15	14	10	15	12,65	Orta	
18	8	14	14	13	15	20	14	21	7	7	7	19	6	14	10	13	13	13	14	14	12,8	Orta	
19	6	4	16	24	24	13	16	24	24	24	24	5	20	16	13	6	4	15	24	13	15,75	Düşük	
20	17	20	12	17	18	14	12	20	15	15	15	13	12	12	11	1	1	12	21	7	13,25	Orta	
21	9	24	24	15	16	22	24	19	9	9	9	12	13	24	9	2	5	17	18	9	14,45	Düşük	
22	16	18	10	7	8	12	10	11	6	6	6	20	5	10	7	17	17	7	20	18	11,55	Yüksek	
23	23	12	6	22	22	2	6	22	12	12	12	18	7	6	24	12	10	24	12	1	13,25	Orta	
24	22	10	21	12	13	3	21	13	5	5	5	22	3	21	23	18	18	23	16	16	14,5	Düşük	

## Temel Bileşen Analiz (TBA) Sonuçları

TBA, morfometrik parametreler arasındaki fiziksel davranış ve ilişkiler hakkında güvenilir sonuçlar veren bir yöntemdir (Farhan vd., 2017). Bu yöntem, seçilen değişkenler arasında gözlemlenen ilişkiyi oluşturan süreçleri yorumlamanın yanı sıra, bileşen matrisi

olarak bilinen basitleştirilmiş bir veri matrisi de sağlar (Mather & Doornkamp, 1970). Bu doğrultuda alt havzalara uygulanan morfometrik parametreler arasındaki ilişkiyi sayısal olarak ifade eden bileşen matrisi oluşturulmuştur (Tablo 4a, 4b). 20 farklı morfometrik indisin korelasyon matris sonuçları değerlendirildiğinde, 13 indisin çok güçlü korelasyona sahip olduğu görülmüştür.  $D_t$ ,  $T$ ,  $R_{ho}$  ve  $L_o$  çizgisel parametre içerisinde yer almakta olup, çok güçlü korelasyona sahip indislerdir.  $D_d$ ,  $R_e$ ,  $R_f$ ,  $R_p$ ,  $C_{cm}$ , ve  $B_s$  alansal parametre içerisinde yer alan ve çok güçlü korelasyon ilişkisine sahip indislerdir. Ayrıca, rölyef parametre içerisinde yer alan  $T_c$ ,  $R_h$ ,  $R_n$ ,  $B_h$  de çok güçlü korelasyon ilişkisine sahip diğer indislerdir. Temel bileşen analiz matris sonucu 1'den büyük olan morfometrik indis değerlerindeki toplam varyansın %100'üne karşılık gelen değerlere bağlı olarak değerlendirilmiştir (Tablo 4a, 4b).

**Tablo 4:** Morfometrik indislerin açıklanan toplam varyansı (a), döndürülmüş bileşen matrisi (b).

Bileşen	a) Açıklanan Toplam Varyans									b) Döndürülmüş Bileşen Matrisi					
	Toplam Faktör Yükleri			Faötör Yüklerinin Çıkarılmış Topamları			Faktör Yüklerinin Döndürülmüş Topamları			Bileşenler					
	Toplam	Varyansın %	Kümülatif %	Toplam	Varyansın %	Kümülatif %	Toplam	Varyansın %	Kümülatif %	1	2	3	4	5	
Rb	8,16	40,78	40,78	8,156	40,781	40,781	7,093	35,463	35,463	$R_b$	0,27	0,19	0,19	0,79	0,43
$R_l$	4,14	20,71	61,49	4,142	20,709	61,490	4,769	23,846	59,309	$R_l$	0,34	0,19	0,31	-0,06	0,77
$L_o$	3,33	16,64	78,13	3,327	16,635	78,125	3,358	16,789	76,097	$L_o$	0,07	0,03	-0,98	-0,03	-0,01
$D_t$	1,56	7,80	85,93	1,561	7,803	85,929	1,693	8,463	84,560	$D_t$	0,97	-0,11	-0,06	0,12	0,03
T	1,26	6,29	92,22	1,259	6,294	92,222	1,532	7,662	92,222	T	0,94	-0,16	0,02	0,11	-0,01
$R_{ho}$	0,60	3,01	95,23							$R_{ho}$	0,17	0,03	-0,04	0,97	-0,11
$D_d$	0,43	2,16	97,39							$D_d$	-0,17	-0,08	0,96	0,03	-0,04
$F_s$	0,27	1,37	98,76							$F_s$	0,23	0,57	0,47	-0,03	-0,03
$R_e$	0,10	0,50	99,26							$R_e$	-0,12	0,96	-0,11	0,10	0,11
$R_f$	0,05	0,24	99,49							$R_f$	-0,12	0,95	-0,09	0,13	0,16
$B_s$	0,03	0,17	99,67							$B_s$	0,08	-0,97	0,10	-0,01	0,05
$C_c$	0,02	0,12	99,79							$C_c$	0,64	-0,73	-0,09	0,06	0,03
$R_c$	0,02	0,11	99,90							$R_c$	-0,57	0,80	0,07	-0,01	0,03
$C_{cm}$	0,01	0,07	99,97							$C_{cm}$	0,10	0,05	-0,98	-0,03	0,01
$B_h$	0,01	0,03	99,99							$B_h$	0,90	-0,34	-0,10	0,04	0,00
Rh	0,00	0,00	100,00							$R_h$	-0,93	-0,12	0,05	-0,06	-0,09
$R_r$	0,00	0,00	100,00							$R_r$	-0,91	-0,23	0,12	-0,08	-0,10
$R_n$	0,00	0,00	100,00							$R_n$	0,89	-0,36	0,08	0,05	-0,01
$H_i$	0,00	0,00	100,00							$H_i$	0,15	0,02	0,29	-0,12	-0,83
$T_c$	0,00	0,00	100,00							$T_c$	0,93	-0,29	-0,09	0,15	-0,01

TBA analiz sonucuna göre alt havzaların öncelik değerleri 9.23-17.54 arasında değişmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, 6 alt havza (Havza No: 1-7-10-14-16-22) yüksek öncelik, 11 alt havza orta öncelik (Havza No: 2-3-5-8-9-11-13-17-18-20-23), 7 alt havza ise düşük taşkın öncelik (Havza No: 4-6-12-15-19-21-24) sınıfında yer almaktadır (Tablo 5; Şekil 9, 10b).

**Tablo 5:** Ayancık Çayı Havzası'ndaki alt havzaların temel bileşen analizi (TBA) öncelik sonuçları.

H.No	Çizgisel parametre				Alansal parametre					Rölyef parametre				Bileşik faktör	Taşkın öncelik sınıfı
	$L_o$	$D_t$	T	$R_{ho}$	$D_d$	$R_e$	$R_f$	$B_s$	$C_{cm}$	$B_h$	$R_h$	$R_n$	$T_c$		
1	4	9	10	23	4	1	1	1	4	21	16	18	8	9,23	Yüksek
2	20	5	6	21	20	3	3	3	20	8	20	11	19	12,23	Orta
3	18	2	2	5	18	22	22	22	18	1	23	1	23	13,62	Orta
4	22	21	21	15	22	14	14	14	22	19	7	21	3	16,54	Düşük
5	17	14	14	1	17	8	8	8	17	20	11	20	6	12,38	Orta
6	19	4	4	7	19	21	21	21	19	2	22	3	22	14,15	Düşük



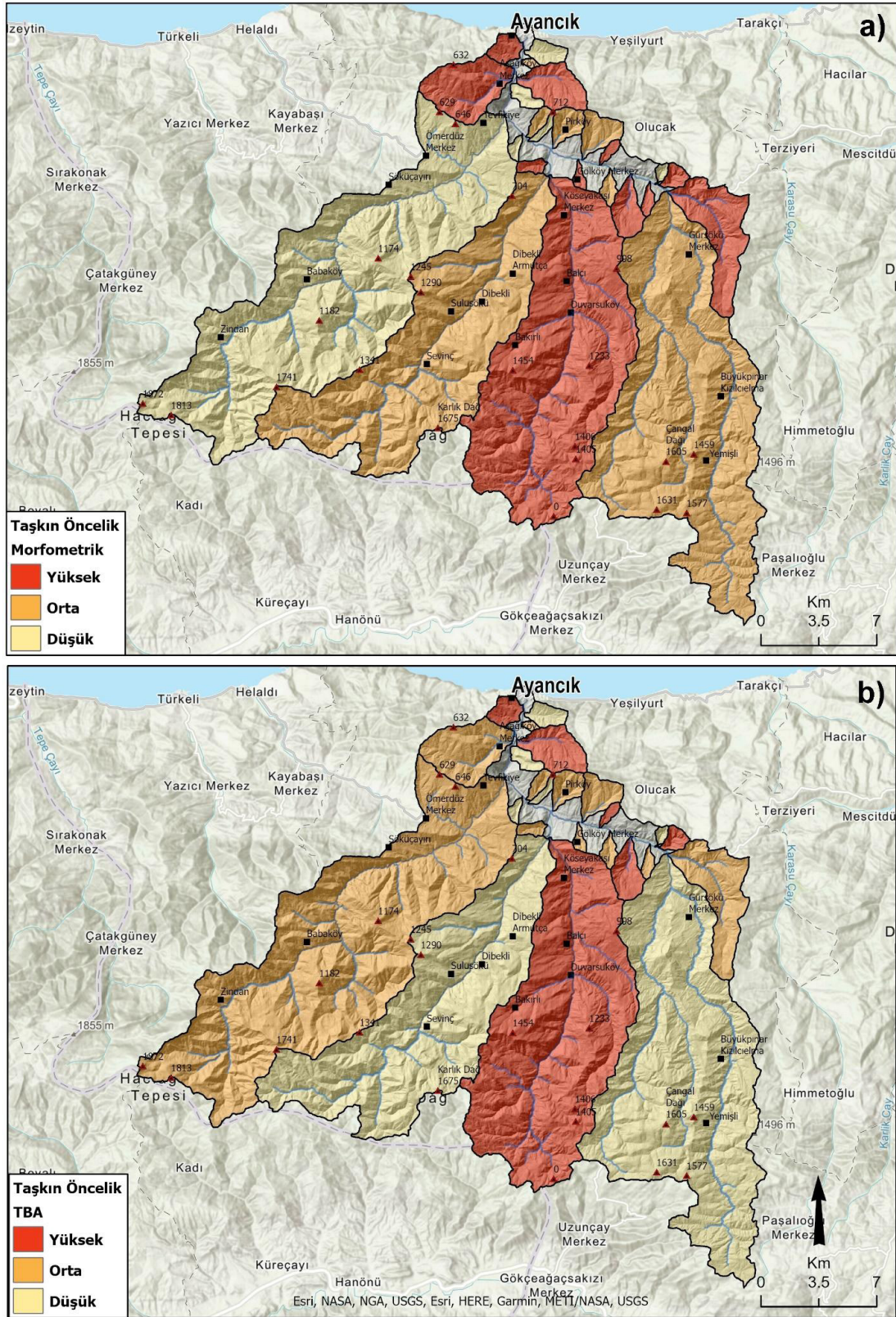
7	11	1	1	4	11	13	13	13	11	3	21	2	21	9,62	Yüksek
8	2	20	20	16	2	19	19	19	2	16	4	8	4	11,62	Orta
9	9	16	17	9	9	16	16	16	9	14	8	16	12	12,85	Orta
10	5	8	9	19	5	10	10	10	5	6	14	6	17	9,54	Yüksek
11	3	19	5	11	3	23	23	23	3	15	5	9	10	11,69	Orta
12	13	3	3	24	13	20	20	20	13	4	24	4	24	14,23	Düşük
13	8	6	7	10	8	17	17	17	8	5	19	5	20	11,31	Orta
14	7	11	12	18	7	2	2	2	7	18	10	19	11	9,69	Yüksek
15	23	23	23	8	23	11	11	11	23	22	3	22	2	15,77	Düşük
16	1	18	19	6	1	18	18	18	1	17	9	10	5	10,85	Yüksek
17	15	10	11	17	15	4	4	4	15	12	15	14	15	11,62	Orta
18	14	13	15	20	14	7	7	7	14	10	13	13	14	12,38	Orta
19	16	24	24	13	16	24	24	24	16	13	6	15	13	17,54	Düşük
20	12	17	18	14	12	15	15	15	12	11	1	12	7	12,38	Orta
21	24	15	16	22	24	9	9	9	24	9	2	17	9	14,54	Düşük
22	10	7	8	12	10	6	6	6	10	7	17	7	18	9,54	Yüksek
23	6	22	22	2	6	12	12	12	6	24	12	24	1	12,38	Orta
24	21	12	13	3	21	5	5	5	21	23	18	23	16	14,31	Düşük

Toplamda 20 farklı indis sonucunun değerlendirildiği bu çalışmada, elde edilen sonuçlar havzaların rölyef, drenaj ağı durumu, yapısal özellikleri, bitki örtüsü yoğunluğu ve erozif koşulları gibi özelliklerinin açıklanmasına imkân tanımıştır. Ancak elde edilen sonuçlar havzada kritik önem taşıyan taşkın özelliklerinin açıklanmasında kullanılmıştır.

Ayancık Çayı Havzası'ndaki alt havzalara uygulanan önceliklendirme yöntem sonuçları incelendiğinde, morfometrik analiz yönteminde toplamda 20 farklı indis değerleri istatistik açıdan değerlendirilirken, temel bileşen analizinde döndürülmüş bileşen matrisinde yüksek korelasyona sahip 13 indis kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Havzaların drenaj, geometrik ve topografik özelliklerinin bir arada değerlendirilmesi, taşkın olasılığının ya da özelliklerinin anlaşılmasında önemli rol oynamıştır. Her iki yöntemden elde edilen sonuçlar alt havza ölçeğinde incelendiğinde, birbirleriyle oldukça benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Taşkın olasılıklarının anlaşılmasında özellikle taşkın önceliklendirme yöntemine bağlı olarak alt havzalarda ortaya çıkan sonuçların benzer olması, bununla birlikte elde edilen sonuçların havzada farklı tarihlerde gerçekleşen taşkın olayları ile de örtüşmesi, yöntemlerin kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Morfometrik analiz ve temel bileşen analiz sonuçlarına göre alt havzalarda ortaya çıkan yüksek, orta, düşük taşkın öncelik sayıları ve iki farklı yöntemle göre ortak önceliğe sahip havzalar Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'da verilen sonuçlar incelendiğinde, morfometrik analiz sonucuna göre 11 adet alt havzanın yüksek, 7 alt havzanın orta, 6 alt havzanın ise düşük önceliğe sahip olduğu; temel bileşen analiz sonuçlarına göre ise 6 alt havzanın yüksek, 11 alt havzanın orta, 7 alt havzanın da düşük önceliğe sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, iki farklı yöntemin uygulanması sonucunda ortaya çıkan benzer sonuçlar değerlendirildiğinde, yüksek önceliğe sahip 6 alt havza, orta önceliğe sahip 5 havza, düşük önceliğe sahip 4 havza ortak önceliğe sahip havzalar olarak belirlenmiştir (Şekil 8, 9).

**Tablo 6:** Morfometrik analiz ve temel bileşen analizine göre, taşkın önceliklerine sahip havzaların sayısı.

	Yüksek öncelik	Orta öncelik	Düşük öncelik
Morfometrik önceliklendirme	11 (Havza No: 1-2-5-7-8-10-11-13-14-16-22)	7 (Havza no: 6-9-12-17-18-20-23)	6 (Havza No: 6-9-12-17-18-20-23)
TBA önceliklendirme	6 (Havza No: 1-7-10-14-16-22)	11 (Havza No: 2-3-5-8-9-11-13-17-18-20-23)	7 (Havza No: 3-4-15-19-21-24)
Ortak havza sayısı	6 (Havza No: 1-7-10-14-16-22)	5 (Havza No:9-17-18-20-23)	4 (Havza No: 4-15-19-21-24)



Şekil 9: Morfometrik analiz ve temel bileşen analizine bağlı olarak alt havzaların taşkın önceliği.



## SONUÇ

Karadeniz kıyılarında taşkın olayları sıklıkla meydana gelmektedir. Sahanın jeolojik, jeomorfolojik ve iklimik özellikleri taşkın olaylarının meydana gelmesinde büyük rol oynar. Özellikle kıyı şeridinin çok dar olması, yerleşmelerin ve yapılaşmanın akarsu taşkın yatakları üzerine genişlemesine etki ederek, meydana gelen taşkın olaylarının yıkıcı etkisini arttırmasına neden olmaktadır. Karadeniz kıyı şeridinde taşkın olaylarının meydana geldiği önemli havzalardan biri de Ayancık Çayı Havzası'dır. Havzada ani şekilde oluşan sağanak yağışlar, büyük ölçüde yüzeysel akışa geçerek, ana kola yan kollardan yüksek miktarda su taşınmasına sebep olmakta, ana akarsuyun artan debisinden dolayı da sık sık sel ve taşkın olayları meydana gelmektedir. Havzada sel ve taşkın olayları ciddi hasarlara ve can kayıplarına neden olabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı Ayancık Çayı Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Ayancık Çayı'na su taşıyan yan derelerin havzalarının, havza üzerinde taşkın oluşturma potansiyelleri drenaj havza morfometrisine bağlı olarak çizgisel, alansal ve rölyef parametrelere göre değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda 20 farklı morfometrik indis alansal bakımdan 0.4-175.3 km<sup>2</sup> arasında değişen 24 farklı alt akarsu havzasına uygulanmış, elde edilen sonuçlar referans alınarak her bir havzanın olası taşkın potansiyeli istatistiki açıdan ele alınmıştır. Buna göre, kullanılan morfometrik indisler ile alt havzaların her birinin jeolojik ve morfolojik özellikleri ile hidrolojik koşulları hakkında nicel veriler elde edilmiş, elde edilen veriler değerlendirilerek her bir alt havzanın taşkın potansiyeli tespit edilmiştir.

Alt havzaların, taşkın açısından öncelik sırasını belirlemek için morfometrik öncelik ve TBA öncelik sıralama yöntemleri kullanılmıştır. Havzaların taşkın potansiyeli öncelik sırasının iki farklı yöntem kullanılarak belirlenmesi, elde edilen sonuçların tutarlılığını ve güvenilirliğini karşılaştırma imkânı sağlamıştır. Buna göre, morfometrik analiz yöntemi esas alındığında taşkın önceliği yüksek olan alt havzaların sayısı 11 iken, temel bileşen analizinde yüksek önceliğe sahip alt havza sayısı 6'dır. Her iki yöntemde göre yüksek önceliğe sahip ortak alt havza sayısı ise 6'dır. Orta önceliğe sahip alt havza sayısı morfometrik analiz yöntemine göre 7, temel bileşen analizine göre ise 11'dir. Ortak orta önceliğe sahip alt havza sayısı 5'tir. Düşük önceliğe sahip havzalarda bu sayı, morfometrik analiz yöntemine göre 6, temel bileşen analizine göre 7 olup, düşük önceliğe sahip ortak alt havza sayısı 6'dır. Her iki analizin ortak sonucuna göre Ayancık Çayı Havzası'ndaki 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzalar sel ve taşkın riskine karşı yüksek önceliğe sahiptir.

Havza drenaj koşullarının değerlendirildiği parametreler dikkate alındığında 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzalarda akarsu sıklığının ve yoğunluğunun fazla olduğu görülür. Dolayısıyla bahsi geçen alt havzalarda yan kollarda ana akarsuya taşıdığı su miktarı da fazladır. Bununla birlikte havza şeklini gösteren parametreler, 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzaların diğer alt havzalara oranla daha dairesel bir yapıda olduğunu gösterir. Havzaların dairesel yapıda olması diğer özelliklerle birlikte havzada ani taşkın olaylarının meydana gelme olasılığının yüksek olduğunu ifade eder. 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzaların rölyef koşulları incelendiğinde yükselti farkının fazla, eğim değerlerinin de yüksek olduğu görülür. Sarp yamaçların geniş yer tuttuğu 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzaların topografik özellikleri havzaya düşen yağışların toplanma zamanı ve akışa geçme hızının yüksek olmasına etki etmiştir. Ayrıca 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzaların litolojik özelliklerinin havzaya düşen yağış sularının yüzeysel akışa geçme miktarını, havza çıkışına ulaşma hız ve zamanını arttırıcı bir yapıda olduğu görülür. Tüm bu özellikler dikkate alındığında Ayancık Çayı Havzası'ndaki 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzaların morfometrik özelliklerinin taşkın olaylarının görülme olasılığını arttırıcı nitelikte olduğu saptanmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgular göstermiştir ki, Ayancık Çayı Havzası'nda taşkın tehlikelerini azaltmak için uygulamaya yönelik bir plana acilen ihtiyaç duyulmaktadır. Havzada taşkın tehlikelerini azaltmak için yapılacak plan ve projelerde, taşkınların meydana gelme olasılığı bakımından yüksek önceliğe sahip olan 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzalara yoğunlaşılması gerektiği önerilmektedir. Bununla birlikte çalışma alanında öncelikli olarak gelecekteki kentsel büyümenin ve altyapının taşkın riski açısından yüksek önceliğe sahip alanlardan uzağa yönlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzalardaki yüzey akıntısı ile orantılı sel ve taşkın tehlikelerini azaltmak için vadi içlerine inşaat yapımından kaçınılması veya mümkünse bu alanlarda inşaat yapımının yasaklanması önerilmektedir. Bunların dışında erken sel ve taşkın uyarı sistemlerinin kurulması, sel ve taşkın önlemeye yönelik tesislerin yapılması, sulak alanların, tarım alanlarının ve yerleşim alanlarının korunması gibi koruma prosedürlerinin doğru ve güvenilir şekilde uygulanabilmesi için 1-7-10-14-16-22 no'lu alt havzaların hidrolojik ve hidrolik modellemelerinin yapılarak taşkın yayılım, hız ve derinlik paternlerinin de tespit edilmesi gibi detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışma Ayancık Çayı Havzası'nda su kaynaklarını korumaya yönelik yapılacak çalışmalarda özel ve devlet kurumlarındaki karar vericiler için referans niteliğinde olup, bundan sonraki süreçte yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır.



**| EXTENDED ABSTRACT |****Evaluation of Flood Events in the Ayancık Stream Basin (Sinop) in Terms of Basin Morphometry**Fatma ESEN **INTRODUCTION**

Increasing world population causes unpredictable changes in the natural environment. Changes occur mostly in areas where soil fertility is high, such as stream valley floors and flood plains. Rapid urbanization in these areas can cause serious environmental problems such as uncontrolled building growth and unplanned urbanization. In addition, reinforced concrete construction, which reduces the permeability of the ground, increases the surface flow and affects hydrological processes and dynamics (Alaghmand et al., 2010; Ouma & Tateishi, 2014). In areas with rapid urbanization, existing infrastructure in cities often cannot afford excessive precipitation, increasing the frequency of flash flood events (Aydin & Raja, 2020). Sudden downpours exceeding the capacity of drainage systems in cities can cause disruption of services and economic activities, damage to property, and even loss of life (Arango et al., 2021; Jian et al., 2021). The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014) highlighted the risk of flood from excessive rainfall faced by urban areas. Flood events are expected to be more severe, frequent and destructive due to climate change and urban expansion that increases surface runoff in the coming years (Opdam & Wascher, 2004; Kostopoulou & Jones, 2005; Thielen et al., 2016; Abdelkarim et al., 2020).

Flood events are natural disasters that are common and cause serious loss of life and property (Zeybek, 1998; Ergünay, 2007; Bodur, 2018) and occur in approximately one third of the world's lands (Samela et al., 2016). Black Sea and Aegean coasts in Turkey are the most risky areas in terms of flood events. Especially climatic and geomorphological features have been effective in the high risk of these areas (Kömüşçü et al., 1998; Baltacı, 2018; Ghasemlounia & Utlu, 2021). Changes in the frequency and intensity of precipitation in recent years have increased the incidence of flood events. This situation has led to the increasing importance of studies such as flood and flood information, monitoring, potential and flood hazard mitigation solutions (Abdelkarim et al., 2019).

It is important to determine the hydrological behavior of the basins for the development and management of natural resources. Morphometric analysis gives detailed information about the current hydrological conditions of drainage basins when questioned in detail, along with geological and geomorphological features (Esper, 2008; Eze & Efiog, 2010; Bhat et al., 2019; Gunjan et al., 2020). In addition, it facilitates the interpretation of the relationship between the hydrological behavior of the basin and its flow generation capacity and its morphological characteristics (Aher et al., 2014; Malik et al., 2019). Morphometric analysis provides information about the flood potential of the basin by interpreting the quantitative data obtained as a result of the analysis, by allowing the evaluation of basin dynamics from different perspectives in flood studies.

In the management of natural resources, it is important to determine the morphometric character of the basins and prioritize the basins according to different disasters such as flood and erosion in order to carry out management strategies (Abdul Rahaman et al., 2015). Basin prioritization involves assigning rankings to sub-basins based on their degree of vulnerability based on a wide variety of factors such as average annual soil loss, depletion of water resources, ecological degradation (Welde, 2016; Joshi et al., 2019; Waiyasusri & Chotpantarat, 2020). It is not economical to apply protection procedures to all basins against flood risks. Therefore, identifying potential regions by prioritizing sub-basins increases the feasibility of risk reduction studies.

In the Ayancık Stream Basin, which is determined as the study area, flood events are frequently observed. The aim of this study is to evaluate the flood events in the Ayancık Stream Basin depending on the drainage basin morphometry. For this purpose, the flood potential of 24 sub-basins with a catchment area of 0.4-175.3 km<sup>2</sup> was tried to be determined by using morphometric indices. 20 different morphometric indices consisting of linear, area and relief morphometry were applied to the sub-basins. Thus, flood dynamics of each sub-basin were tried to be explained in terms of flood potential. In line with the results obtained, the sub-basins were evaluated in 3 classes as high, medium and low priority in terms of flood, based on the morphometric analysis and principal component analysis (PCA) methods, which are frequently used in understanding the flood potential.

## DATA AND METHOD

In this study, which aims to evaluate the flood events occurring in the Ayancık Stream Basin by using morphometric indices, Geographic Information Systems technologies and statistical methods were used. For this purpose, first of all, 1/25.000 scaled E33a1-a2-a3-a4-b4-c1-d1-d2-d3, E32b4-b3-c1-c2 topography maps were obtained from the General Directorate of Maps. The maps were digitized and a 10 m resolution Digital Elevation Model (DEM) was obtained. In the study, ArcGIS 10.7, Microsoft Office 2021 and SPSS statistical program were used to complete the analysis and mapping processes, and the preferred reference system during the mapping processes is WGS84 Zone 36. The general flowchart used in the completion of the study is given in Figure 5. Accordingly, the general flowchart consists of (1) obtaining Digital Elevation Model, (2) determining the basin and sub-basin boundaries and establishing statistically basic parameters, (3) analyzing the indices related to the drainage basin morphometry according to linear, areal and relief morphometry, (4) evaluation of the indice results obtained according to morphometric analysis and principal component analysis for flood prioritization; and (5) comparison of the results obtained according to two different methods.

## RESULTS AND DISCUSSION

Flood events occur frequently on the Black Sea coasts. The geological, geomorphological and climatic features of the area play a major role in the occurrence of flood events. In particular, the very narrow coastline causes the settlements and construction to expand on the river floodplains, causing the flood events to increase the destructive effect. One of the important basins where flood events occur on the Black Sea coastline is the Ayancık Stream Basin. Heavy rains that occur suddenly in the basin, largely pass to the surface flow, causing a high amount of water to be carried from the sub-stream to the main stream. Due to the increasing flow of the main stream, floods occur frequently. Flood events in the basin can cause serious damage and loss of life. For these reasons, the Ayancık Stream Basin has been determined as the study area. Flood potentials of the sub-basins carrying water to the Ayancık Stream were evaluated according to the linear, areal and relief parameters depending on the drainage basin morphometry. In this direction, 20 different morphometric indices were applied to 24 different sub-basins with an area of 0.4-175.3 km<sup>2</sup>, and the possible flood potential of each basin was statistically evaluated by taking the results obtained as reference. Accordingly, with the morphometric indices used, quantitative data about the geological and morphological features and hydrological conditions of each of the sub-basins were obtained, and the flood potential of each sub-basin was determined by evaluating the obtained data.

Morphometric priority and TBA priority ranking methods were used to determine the priority order of sub-basins in terms of flooding. Determining the flood potential priority order of the basins by using two different methods provided the opportunity to compare the consistency and reliability of the results obtained. According to the morphometric analysis result: 11 sub-basins have high priority, 7 sub-basins have medium priority, and 6 sub-basins have low priority. According to principal component analysis, 6 sub-basins have high priority, 11 sub-basins have medium priority, and 7 sub-basins have low priority. However, when the similar results of both methods were evaluated, it was determined that there were 6 sub-basins with high priority, 5 sub-basins with medium priority, and 4 sub-basins with low priority. Values such as elevation difference, bifurcation rate, drainage density, runoff length, basin shape, roughness and texture ratio in sub-basins numbered 1-7-10-14-16-22, which have high priority against flood risk, are considerably higher than other basins is high. This shows that the morphometric features of the sub-basins numbered 1-7-10-14-16-22 increase the probability of flood events. For this reason, it is foreseen that the plans and projects to be made to prevent floods in the region should focus on the sub-basins numbered 1-7-10-14-16-22, which have high priority in terms of the probability of flood events.

## KAYNAKÇA

- Abdelkarim, A., Al-Alola, S. S., Alogayell, H. M., Mohamed, S. A., Alkadi, I. I., & Youssef, I. Y. (2020). Mapping of GIS-flood hazard using the geomorphometric-hazard model: Case study of the al-shamal train pathway in the city of Qurayyat, Kingdom of Saudi Arabia. *Geosciences*, 10(9), 333. <https://doi.org/10.3390/geosciences10090333>
- Abdelkarim, A., Gaber, A. F. D., Youssef, A. M., & Pradhan, B. (2019). Flood hazard assessment of the urban area of Tabuk City, Kingdom of Saudi Arabia by integrating spatial-based hydrologic and hydrodynamic modeling. *Sensors*, 19(5), 1024. <https://doi.org/10.3390/s19051024>
- Abdeta, G. C., Tesemma, A. B., Tura, A. L., & Atlabachew, G. H. (2020). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. *Applied Water Science*, 10(7), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s13201.020.01239-7>
- Abdul Rahaman, S. A., Ajeez, S. A., Aruchamy, S., & Jegankumar, R. (2015). Prioritization of sub watershed based on morphometric characteristics using fuzzy analytical hierarchy process and geographical information system—A study of Kallar Watershed, Tamil Nadu. *Aquatic Procedia*, 4, 1322–1330. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.172>
- Aher, P. D., Adinarayana, J., & Gorantiwar, S. D. (2014). Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. *Journal of Hydrology*, 511, 850–860. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.02.028>
- Alaghmand, S., Abdullah, R. B., Abustan, I., & Vosoogh, B. (2010). GIS-based river flood hazard mapping in urban area (a case study in Kayu Ara River Basin, Malaysia). *International Journal of Engineering and Technology*, 2(6), 488–500.
- Altıparmak, S., & Türkoğlu, N. (2018). Yakacık Çayı Havzasının morfometrik analizi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 58(1), 353–374.
- Arango, M. I., Aristizábal, E., & Gómez, F. (2021). Morphometrical analysis of torrential flows-prone catchments in tropical and mountainous terrain of the Colombian Andes by machine learning techniques. *Natural Hazards*, 105(1), 983–1012. <https://doi.org/10.1007/s11069.020.04346-5>
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2015). Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, 30, 91–119.
- Aydin, O., & Raja, N. B. (2020). Spatial-temporal analysis of precipitation characteristics in Artvin, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 142(1), 729–741. <https://doi.org/10.1007/s00704.020.03346-6>
- Baltacı, H. (2018). 18 Temmuz 2017 tarihinde İstanbul'da meydana gelen sel olayının meteorolojik analizi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 30(1), 55–60. <https://doi.org/10.7240/marufbd.397544>
- Bhat, M. S., Alam, A., Ahmad, S., Farooq, H., & Ahmad, B. (2019). Flood hazard assessment of upper Jhelum basin using morphometric parameters. *Environmental Earth Sciences*, 78(2), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s12665.019.8046-1>
- Bodur, A. (2018). Sel ve İstanbul: Sel riskine karşı yapılan dere ıslah çalışmaları ile ilgili bir değerlendirme. *Resilience*, 2(1), 57–68. <https://doi.org/10.32569/resilience.413867>
- Chitra, C., Alaguraja, P., Ganeshkumari, K., Yuvaraj, D., & Manivel, M. (2011). Watershed characteristics of Kundah sub basin using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2(1), 311.
- Chorley, R. J. (1969). *Introduction to Fluvial Processes*. <https://doi.org/10.4324/978.042.9273315>
- Costache, R., Pham, Q. B., Sharifi, E., Linh, N. T. T., Abba, S. I., Vojtek, M., Vojteková, J., Nhi, P. T. T., & Khoi, D. N. (2019). Flash-flood susceptibility assessment using multi-criteria decision making and machine learning supported by remote sensing and GIS techniques. *Remote Sensing*, 12(1), 106. <https://doi.org/10.3390/rs12010106>



- Cürebil, İ. (2004). Madra Çayı Havzasının hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(11), 11–24.
- Cürebil, İ., & Erginal, A. E. (2007). Mıhlı Çayı Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfik indislerle analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(19), 126–135.
- Dillon, W. R., & Goldstein, M. (1984). *Multivariate analysis: Methods and applications*. Wiley, New York, NY.
- Ergünay, O. (2007). *Türkiyenin afet profili*. <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/3885.pdf>
- Esper Angillieri, M. Y. (2008). Morphometric analysis of Colangül river basin and flash flood hazard, San Juan, Argentina. *Environmental Geology*, 55(1), 107–111.
- Eze, E. B., & Efiog, J. (2010). Morphometric parameters of the Calabar River basin: Implication for hydrologic processes. *Journal of Geography and Geology*, 2(1), 18. <https://doi.org/10.5539/jgg.v2n1p18>
- Farhan, Y., Anbar, A., Al-Shaikh, N., & Mousa, R. (2017). Prioritization of semi-arid agricultural watershed using morphometric and principal component analysis, remote sensing, and GIS techniques, the Zerqa River Watershed, Northern Jordan. *Agricultural Sciences*, 8(1), 113–148. <https://doi.org/10.4236/as.2017.81009>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315.
- Gebremedhin, T., Kibru, T., Tesfaye, S., & Taye, G. (2015). Analysis of watershed attributes for water resources management using GIS: The case of Chelekot micro-watershed, Tigray, Ethiopia. *Journal of Geographic Information System*, 7(02), 177. <https://doi.org/10.4236/jgis.2015.72015>
- Ghasemlounia, R., & Utlu, M. (2021). Flood prioritization of basins based on geomorphometric properties using principal component analysis, morphometric analysis and Redvan's priority methods: A case study of Harşit River basin. *Journal of Hydrology*, 603, 127061. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127061>
- Gravelius, H. (1914a). *Grundrifi der gesamten Gewisserkunde*. Band I: Flufikunde Compendium of Hydrology I. Berlin, Germany.
- Gravelius, H. (1914b). *Flusskunde*. Goschen verlagshan dlung Berlin. In: Zavoianu, I. (Ed.), *Morphometry of Drainage Basins*. Elsevier, Amsterdam.
- Grimaldi, S., Petroselli, A., Tauro, F., & Porfiri, M. (2012). Time of concentration: A paradox in modern hydrology. *Hydrological Sciences Journal*, 57(2), 217–228.
- Gülersöyler, S. (2021). *Tomruk faciası: Ayancık'ta bir köyde 47 bina yıkıldı*. <https://www.sozcu.com.tr/2021/gundem/sel-ayancikta-bir-koyu-yok-etti-6592981/>
- Gunjan, P., Mishra, S. K., Lohani, A. K., & Chandniha, S. K. (2020). The Study of morphological characteristics for best management practices over the Rampur Watershed of Mahanadi River Basin using prioritization. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48(1), 35–45. <https://doi.org/10.1007/s12524.019.01061-y>
- 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)
- IPCC (2014). Summary for policymakers In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Ed C B Field et al (Cambridge)(Cambridge University Press)(Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA)*, 34.
- Iqbal, M., & Sajjad, H. (2014). Watershed prioritization using morphometric and land use/land cover parameters of Dudhganga Catchment Kashmir Valley India using spatial technology. *J Geophys Remote Sens*, 3, 115. <https://doi.org/10.4172/2169-0049.100.0115>
- Islam, A., & Deb Barman, S. (2020). Drainage basin morphometry and evaluating its role on flood-inducing capacity of tributary basins of Mayurakshi River, India. *SN Applied Sciences*, 2(6), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s42452.020.2839-4>
- Jain, V., & Sinha, R. (2003). Evaluation of geomorphic control on flood hazard through geomorphic instantaneous unit hydrograph. *Current Science*, 85(11), 1596–1600.
- Jenks, G. F. (1967). The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, 186–190.
- Jian, W., Li, S., Lai, C., Wang, Z., Cheng, X., Lo, E. Y., & Pan, T. (2021). Evaluating pluvial flood hazard for highly urbanised cities: A case study of the Pearl River Delta Region in China. *Natural Hazards*, 105(2), 1691–1719. <https://doi.org/10.1007/s11069.020.04372-3>
- Joshi, L. M., Kotlia, B. S., & Singh, A. K. (2019). Geomorphic characteristics of landscape development and formation of lakes in the zone of Munsiari Thrust, Garhwal Himalaya, Uttarakhand, India. *Quaternary International*, 507, 233–248. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.12.009>
- Jothimani, M., Dawit, Z., & Mulualem, W. (2021). Flood susceptibility modeling of Megech river catchment, lake tana basin, north western Ethiopia, using morphometric analysis. *Earth Systems and Environment*, 5(2), 353–364. <https://link.springer.com/10.1007/s41748.020.00173-7>
- Kaur, M., Singh, S., Verma, V. K., & Pateriya, B. (2014). Quantitative geomorphological analysis & land use/ land cover change detection of two sub-watersheds in NE region of Punjab, India. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL–8, 371–375. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-8-371-2014>

- Kaya, M. (2011). *Türkiye'nin ilk sanayi kasabalarından biri Ayancık*, Sinop. (Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Samsun).
- Keller, E. A., & Pinter, N. (1996). *Active tectonics* (Vol. 338). Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*, 10(6), 362.
- Kömüşçü, A. Ü., Erkan, A., & Çelik, S. (1998). Analysis of meteorological and terrain features leading to the Izmir flash flood, 3–4 November 1995. *Natural Hazards*, 18(1), 1–25. <https://doi.org/10.1023/A:100.807.8920113>
- Kostopoulou, E., & Jones, P. D. (2005). Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 89(1), 69–85. <https://doi.org/10.1007/s00703.005.0122-2>
- Kumar Rai, P., Narayan Mishra, V., & Mohan, K. (2017). A study of morphometric evaluation of the Son basin, India using geospatial approach. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 7, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.05.001>
- Mahala, A. (2019). The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. *Applied Water Science*, 10(1), 33. <https://doi.org/10.1007/s13201.019.1118-2>
- Makwana, J., & Tiwari, M. K. (2016). Prioritization of agricultural sub-watersheds in semi arid middle region of Gujarat using remote sensing and GIS. *Environmental Earth Sciences*, 75(2), 137. <https://doi.org/10.1007/s12665.015.4935-0>
- Malik, A., Kumar, A., Kushwaha, D. P., Aydin, O., Salih, S. Q., Al-Ansari, N., & Yaseen, Z. M. (2019). The implementation of a hybrid model for hilly sub-watershed prioritization using morphometric variables: Case study in India. *Water*, 11(6), 1138. <https://doi.org/10.3390/w11061138>
- Mather, P. M., & Doornkamp, J. C. (1970). Multivariate analysis in geography with particular reference to drainage-basin morphometry. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 51, 163–187. <https://doi.org/10.2307/621768>
- Mayer, L. (1990). *Introduction to quantitative geomorphology; an exercise manual*. ISBN:978.013.4882635 Prentice-Hall International, Inc, USA
- Melton, M. A. (1957). *An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology*. Columbia Univ New York.
- Meshram, S. G., & Sharma, S. K. (2017). Prioritization of watershed through morphometric parameters: A PCA-based approach. *Applied Water Science*, 7(3), 1505–1519. <https://doi.org/10.1007/s13201.015.0332-9>
- Miller, V. C. (1953). *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain Area Virginia and Tennessee*. Columbia Univ New York.
- Nandi, A., Mandal, A., Wilson, M., & Smith, D. (2016). Flood hazard mapping in Jamaica using principal component analysis and logistic regression. *Environmental Earth Sciences*, 75(6), 465. <https://doi.org/10.1007/s12665.016.5323-0>
- Nooka Ratnam, K., Srivastava, Y. K., Venkateswara Rao, V., Amminedu, E., & Murthy, K. S. R. (2005). Check dam positioning by prioritization of micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis—Remote sensing and GIS perspective. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33(1), 25. <https://doi.org/10.1007/BF02989988>
- Odiji, C. A., Aderoju, O. M., Eta, J. B., Shehu, I., Mai-Bukar, A., & Onuoha, H. (2021). Morphometric analysis and prioritization of upper Benue River watershed, Northern Nigeria. *Applied Water Science*, 11(2), 41. <https://doi.org/10.1007/s13201.021.01364-x>
- Opdam, P., & Wascher, D. (2004). Climate change meets habitat fragmentation: Linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. *Biological Conservation*, 117(3), 285–297. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.12.008>
- Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: Methodological overview and case study assessment. *Water*, 6(6), 1515–1545. <https://doi.org/10.3390/w6061515>
- Özdemir, H. (2007). Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi. (Basılmamış Doktora Tezi, İÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul).
- Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar, fiziki coğrafya araştırmaları: Sistemik ve bölgesel. D. Ekinçi (Ed.), *Havza Morfometrisi ve Taşkınlar (507–526)*. İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Yayınları., 457–474.
- Ozdemir, H., & Bird, D. (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, N. (2005). Sinop ilinde etkili olan bir doğal afet türü: Heyelan. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5, 67–106.
- Pike, R. J., & Wilson, S. E. (1971). Elevation-relief ratio, hypsometric integral and geomorphic areaaltitude analysis. *GSA Bulletin*, 82(4), 1079–1084. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1971\)82\[1079:ERHIAG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1971)82[1079:ERHIAG]2.0.CO;2)
- Rajasekhar, M., Raju, G. S., & Raju, R. S. (2020). Morphometric analysis of the Jilledubanderu river basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India, using geospatial technologies. *Groundwater for Sustainable Development*, 11, 100434.
- Samela, C., Troy, T. J., & Manfreda, S. (2016). *Flood Hazard Mapping over Large Regions using Geomorphic Approaches*, *Advances in Water Resources*. EPSC2016-15999.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy New Jersey. *GSA Bulletin*, 67(5), 597–646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)

- Singh, G., & Pandey, A. (2021). Flash flood vulnerability assessment and zonation through an integrated approach in the Upper Ganga Basin of the Northwest Himalayan region in Uttarakhand. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 66, 102573. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102573>
- Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248(9), 655–668. <https://doi.org/10.2475/ajs.248.9.655>
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913–920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- Thieken, A. H., Kienzler, S., Kreibich, H., Kuhlicke, C., Kunz, M., Mühr, B., Müller, M., Otto, A., Petrow, T., Pisi, S., & Schröter, K. (2016). Review of the flood risk management system in Germany after the major flood in 2013. *Ecology and Society*, 21(2).
- Tucker, G. E., & Bras, R. L. (1998). Hillslope processes, drainage density, and landscape morphology. *Water Resources Research*, 34(10), 2751–2764. <https://doi.org/10.1029/98WR01474>
- Umrikar, B. (2015). GIS techniques in management of watershed developed along the Korkan Coast, Maharashtra, India. *Journal of Geographic Information System*, 07(03), 280. <https://doi.org/10.4236/jgis.2015.73022>
- URL\_1. (2021, August 16). İlçemiz Ayancık 1963'teki selden daha kötü durumda. Ayancık Gazetesi. <https://www.ayancikgazetesi.com/ilcemiz-ayancik-1963teki-selden-daha-kotu-durumda/56021>
- URL\_2. (n.d.). Sel felaketi nedeniyle 40 evin yıkıldığı Babaçay köyünün sakinleri yaşadıklarını anlattı. Retrieved June 2, 2022, from <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/sel-felaketi-nedeniyle-40-evin-yikildigi-babacay-koyunun-sakinleri-yasadiklarini-anlatti/2334378>
- Utlu, M., & Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı Havzası örneği. *Coğrafya Dergisi*, 36, 49–62.
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied geomorphology: Geomorphological surveys for environmental development*.
- Waiyasusri, K., & Chotpantararat, S. (2020). Watershed prioritization of kaeng lawa subwatershed, khon kaen province using the morphometric and land-use analysis: A case study of heavy flooding caused by tropical storm podul. *Water*, 12(6), 1570. <https://doi.org/10.3390/w12061570>
- Ward, R. C., & Robinson, M. (2000). Soil water. *Principles of Hydrology*. McGraw-Hill, New York.
- Welde, K. (2016). Identification and prioritization of subwatersheds for land and water management in Tekeze dam watershed, Northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(1), 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.02.006>
- Wentz, E. A. (2000). A shape definition for geographic applications based on edge, elongation, and perforation. *Geographical Analysis*, 32(2), 95–112. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2000.tb00419.x>
- WorldClim. (2020). *Global climate and weather data*. <https://www.worldclim.org/data/index.html>
- Zeybek, İ. (2014). 22 Mayıs 1998 havza sel-taşkın felaketi. *Ondokuz Mayıs University Journal of Education Faculty*, 11(1), 160–167.