

Esmahanım Deresi Havzası'nın (Akçakoca-Düzce) Morfometrik Özellikleri ve Taşkınlara Etkisi

Vedat AVCİ¹

¹Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 12000, Bingöl

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 26.07.2022

Kabul: 17.02.2023

Yayın: 15.04.2023

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmada Esmahanım Deresi Havzası'nın morfometrik özelliklerinin taşkın oluşumdaki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. 18 Temmuz 2019 tarihinde meydana gelen taşkında, Esmahanım köyünde 7 kişi hayatını kaybetmiş, yollar, meskenler, araçlar ve ekili-dikili araziler zarar görmüştür. Akçakoca ilçesini de etkileyen taşkında, en fazla zarar Esmahanım ve Uğurlu köylerinde yaşanmıştır. Taşkın etkilerinin en fazla olduğu Esmahanım Deresi Havzası, çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Esmahanım Deresi, Melen Çayı'nın bir kolu olup, Uğurlu köyünde bu akarsuya bağlanmaktadır. Nisbi yükselti farkının fazla olduğu havzada, yan kolların ana akarsuyla birleştiği az eğimli sahalarda taşkınlar meydana gelmektedir. Bu çalışmada temel veri seti olan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları kullanılarak oluşturulmuştur. 10x10 m çözünürlüğündeki SYM'den Esmahanım Deresi Havzası'nı oluşturan alt havzalar belirlenmiştir. Morfometrik analizler kapsamında alt havzalara; geometrik, alansal ve relief morfometrik özellikleri ortaya koyan 24 indis uygulanmış ve havzalar göreceli olarak karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları bazı havza parametreleri açısından değerlendirildiğinde; genel olarak drenaj yoğunluğu (Dd) ve akarsu sıklığı (Fs) değerleri yüksektir. Yarıлма derecesi yüksek olup, kaynak kısmındaki alt havzaların hipsometrik eğrileri ve integral değerleri genç topoğrafyayı ve buna bağlı olarak yüksek erozyonu göstermektedir. Morfometrik özelliklerin taşkın tehlikesini artırıcı etkide bulunduğu havzada, yapılacak planlama çalışmalarında alt havzaların morfometrik özelliklerinin dikkate alınması yararlı olacaktır. Bu çalışmaların başında mikro havza bazında erozyonu önleyici çalışmalar gelmektedir. Drenaj yoğunluğunun fazla olması yağış sonrası yüzeysel akışın hızlı olacağı anlamına gelmektedir. Bu nedenle yağışın, akarsulara ulaşmasını geciktirmek için bitki örtüsü korunmalı ve güçlendirilmelidir. Havzaların relief özellikleri, litoloji ve iklim özellikleri ile birleştiğinde heyelanlar yoğun olarak meydana gelmekte ve taşkınların zarar derecesini büyütmektedir. Bu nedenle heyelan zararlarını azaltıcı çalışmalar yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler – Akçakoca, Düzce, taşkın, Esmahanım Deresi Havzası, morfometri

Morphometric Features of Esmahanım Creek Basin (Akçakoca-Duzce) and its Effects on Overflow

¹Bingöl University, Faculty of Arts and Science, Department of Geography, 12000, Bingöl

Article History

Received: 26.07.2022

Accepted: 17.02.2023

Published: 15.04.2023

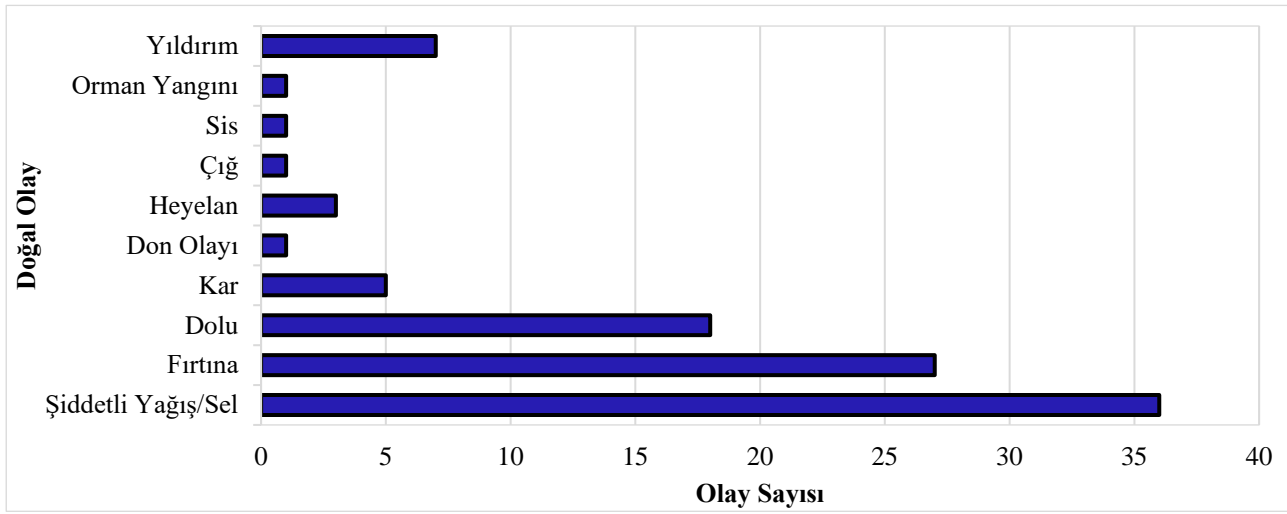
Research Article

Abstract - In this study it is aimed to evaluate the effects of morphometric features of Esmahanım Creek Basin on the formation of overflow. In the overflow that occurred on the 18th of July 2019, 7 people lost their lives, and roads, settlements, vehicles and cultivation areas were damaged in Esmahanım Village. In the overflow, which also affected Akçakoca district, Esmahanım and Uğurlu Villages experienced damages the most. Esmahanım Creek Basin was determined as the study area due to the highest overflow impact. Being a tributary of Melen Stream, Esmahanım Creek joins the stream in Uğurlu village. In the basin where the relative elevation difference is much, overflow take place in fields with little slope where tributaries meet with the main stream. Digital Elevation Model (DEM), which is the basic data set in the study, was created using topographic maps of 1/25,000 scale. Sub-basins forming the Esmahanım Creek Basin were determined from DEM with the resolution of 10x10 m. Within the scope of morphometric analyses, 24 indices revealing geometric, areal and relief morphometric features were applied to the sub-basins and then basins were compared relatively. When the results of analyses are evaluated in terms of some basin parameters, the drainage density (Dd) and stream frequency (Fc) are high, in general. The degree of dissection is high, and hypsometric curves and integral values in the source section show the young topography and high erosion risk. In the basin where morphometric features have increasing effects on the overflow hazard, it will be beneficial to take into account the features of the sub-basins when planning studies are carried out. Erosion prevention is the primary study on the basis of micro-basin. The drainage density means high surface flow after precipitation. Hence, vegetation should be protected and strengthened to delay the precipitation from reaching the rivers. When the relief characteristics of the basins are combined with those of lithology, climate, landslides occur frequently and increase the level of overflow damage. Therefore, studies should be carried out to reduce landslide damages.

Keywords – Akçakoca, Düzce, overflow, Esmahanım Creek Basin, morphometry

1. Giriş

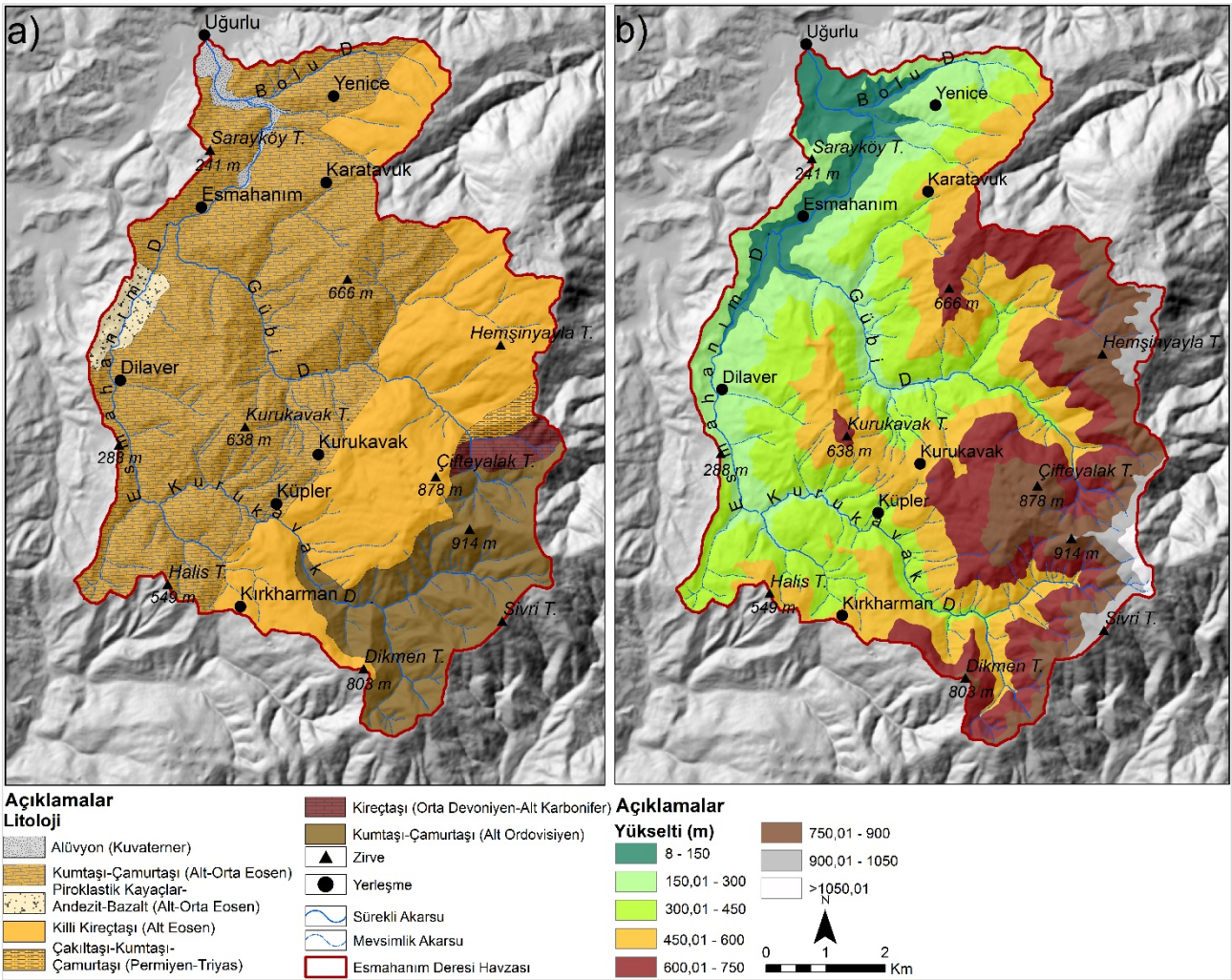
Taşkınlar, yüksek yoğunluklu ve uzun süre devam eden yağışlara kar erimeleri de eklenince afet boyutunda etkilere yol açar. Taşkınlara duyarlı alanlarda bulunan binalar, yollar ve tesisler zarar görür, can kayıpları meydana gelir (Mirzaei vd., 2021). Emergency Events Database (EM-DAT) verilerine göre, 2010-2020 yılları arasında Türkiye’de afet boyutunda 10 taşkın olayı yaşanmış, 80 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu veriye göre taşkınlardan etkilenen insan sayısı 22.615’dir. Bu dönemde ülkemizde taşkın kaynaklı zararların 285.000 ABD doları olduğu tahmin edilmektedir (URL-1). Türkiye’de özellikle 2000’li yıllardan sonra afete yol açabilecek meteorolojik olayların frekansında belirgin bir artış görülmektedir. 2019 yılında ülkemizde meteorolojik kökenli doğal olaylar içerisinde en fazla meydana gelen olay, şiddetli yağış/sel olayıdır. 2019’da rapor edilen şiddetli yağış/sel olayı sayısı 332 olup, fırtına ve sel ülkemizin büyük bir kısmında etkili olmuştur. 2019 yılında ülkemizi etkileyen meteorolojik kökenli doğal olaylar içerisinde; şiddetli yağış/sel olayı, %36’luk oranla 1. sıradadır (Şekil 1, URL-2).



Şekil 1. 2019 yılında Türkiye’de görülen meteorolojik kökenli doğal olaylar (URL-2)

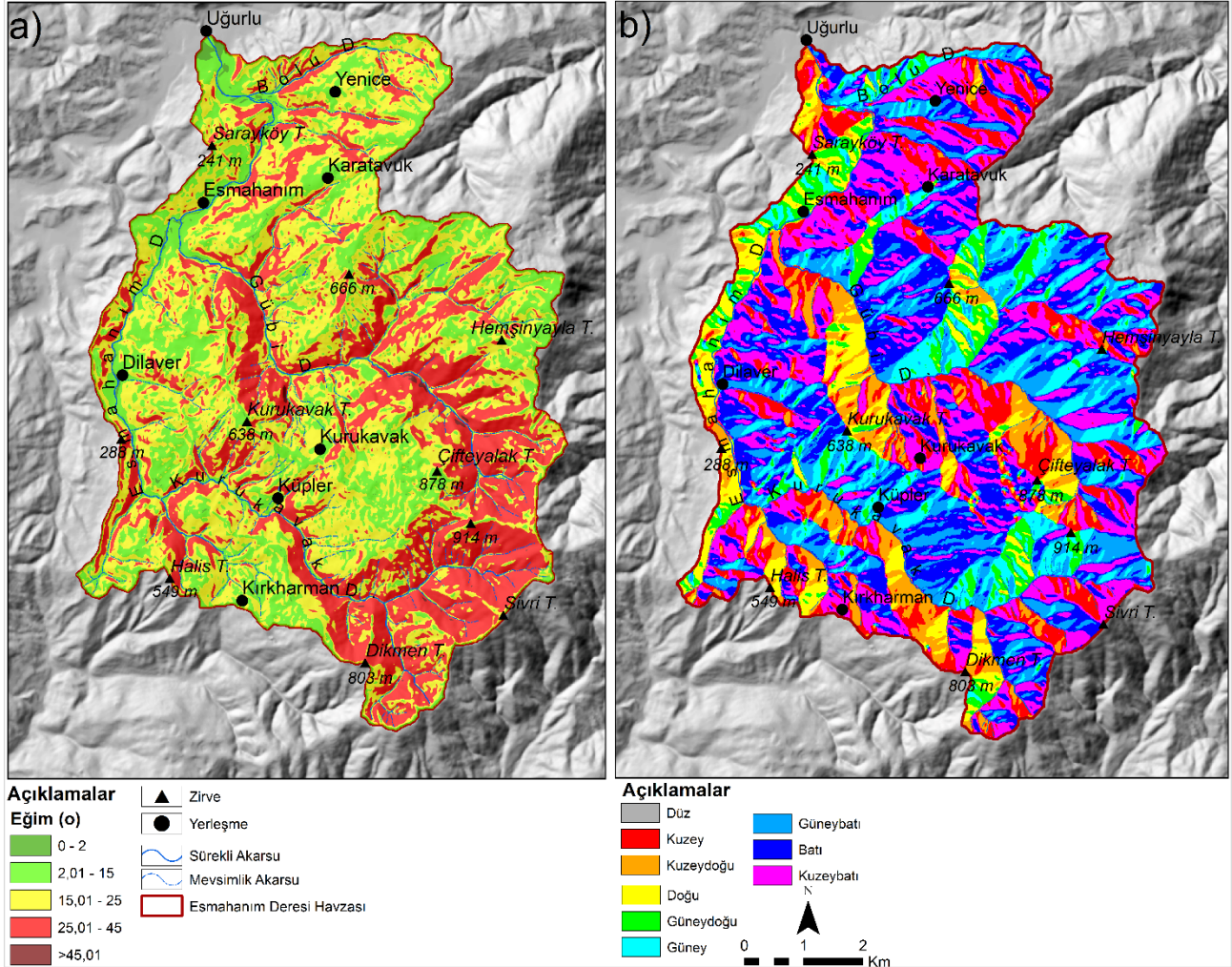
Taşkın, çevre altyapısına ve topluma zarar verebilecek yıkıcı bir doğal afettir. Bu nedenle, taşkına duyarlı bölgelerin belirlenmesi, bu tür tehlikeleri önlemek için önemli bir görevdir (Ali vd., 2020). Akarsu havzalarının morfolojik özelliklerinin ortaya konması taşkın, tektonizma konulu çalışmalar için oldukça faydalıdır (Elbaşı ve Özdemir, 2018). Literatürde bazı çalışmalarda taşkın duyarlılığı havza morfolojisi parametreleri ile değerlendirilmiştir. Patton ve Baker (1976), drenaj yoğunluğu, akarsu büyüklüğü ve rölyef oranı gibi morfolojik parametrelerin, küçük (<100 mi²) drenaj havzalarında taşkın potansiyelini pratik olarak ölçtüğünü ortaya koymuştur. Bu çalışmaya göre yüksek taşkın potansiyelli havzalar, düşük taşkın potansiyelli havzalara göre daha yüksek relief, daha fazla drenaj yoğunluğu ve dolayısıyla daha fazla engebelilik değerine sahiptir. Costa (1987), ABD’de yaptığı çalışmada havza reliefi, uzama oranı, birinci dereceden kol sayısı ve drenaj yoğunluğu değerlerini karşılaştırmıştır. Bu çalışmada maksimum taşkın zirvesi ile havzaların morfolojik ve fizyografik özellikleri arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Taşkın duyarlılığı düşük olan havzaların drenaj yoğunluğu ile birinci dereceden kanal frekansı, duyarlılığın yüksek olduğu havzalara göre daha küçüktür. Mesa (2006), şekil parametrelerinin havza ve alt havzaların uzamasını da ortaya koyduğunu, bu özellik nedeniyle, uzunlamasına havzanın, dairesel bir havzaya kıyasla daha küçük taşkın pik noktasına, ancak daha uzun süreli akışlara sahip olma eğiliminde olduğunu belirtmiştir. Avcı ve Sunkar (2015, 2018), Giresun’da taşkın oluşumuna yol açan akarsu havzalarının morfolojik özellikleri ile taşkın arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Gopinath vd., (2016), Güney Hindistan’da Kuttiyadi Havzası’nda morfolojik analizler ve çok kriterli karar verme yöntemini birlikte kullanarak havza yönetimi çalışmalarında elverişli araçları belirlemiştir. Ahmad vd., (2020), Pakistan’da Aşağı Dir Havzası’nda morfolojik parametrelerle taşkın duyarlılığını belirlemiştir. Shrivatra vd., (2021) tarafından Merkezi Hindistan’da yapılan çalışmada, havza mor-

Çalışma alanında farklı jeolojik dönemlere ait litolojik birimler yüzeylenmektedir. En yaşlı birimi oluşturan Alt Ordovisyen dönemli kumtaşı ve çamurtaşından oluşan birim, araştırma sahasının güneydoğusunda, Orta Devoniyen-Alt Karbonifer dönemine ait kireçtaşlarından oluşan birim, Çifteyalak Tepe doğusunda mostra verir. Permien-Triyas dönemine ait çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşan litolojik birim, Çifteyalak Tepe kuzeyinde, Alt Eosen killi kireçtaşı birimi, Hemşinyayla Tepe ile Kırkharman arasında görülür. Dilaver köyü kuzeyinde, Alt-Orta Eosen dönemli proklastik kayalar, andezit ve bazalttan oluşan litolojiler yüzeylenir. Bu döneme ait kumtaşı ve çamurtaşı, çalışma alanında en geniş yüzeylenme alanına sahip litolojilerdir. Bu litolojiler, havza batısında görülmektedir. Esmahanım ve Bolu derelerinin ağız kısmında Kuvaterner dönemine ait alüvyonlar görülür (Altun ve Aksay, 2002; Gedik ve Aksay, 2002; MTA, 2002; Pehlivan vd., 2002; Timur ve Aksay, 2002; Şekil 3a). Havza yukarı bölümlerinde litoloji geçirimsiz birimlerden oluşmaktadır. Bu nedenle bu sahalarda sızma düşük, yüzeysel akış miktarı ise fazladır. Aşağı bölümde ise litoloji daha çok geçirimli birimlerden oluşmaktadır. Esmahanım Deresi Havzası'nda minimum yükselti 8 metre, maksimum yükselti 1.166 metre, ortalama yükselti ise 483 metredir. Maksimum yükselti, doğu ve güneydoğuda ölçülmektedir. Kuzeybatıya doğru yükseltinin azaldığı dikkat çekmektedir. Minimum yükselti değeri kuzeybatıda Esmahanım Deresi'nin Büyük Melen Çayı'na ulaştığı alanda ölçülmüştür. Araştırma sahasında yükselti, yağış miktarı ve yağış biçimi üzerinde etkili olarak taşkınların yaşanmasında belirleyici olmaktadır (Şekil 3b).



Şekil 3 a) Esmahanım Deresi Havzasının litoloji haritası (Altun ve Aksay, 2002; Gedik ve Aksay, 2002; MTA, 2002; Pehlivan vd., 2002; Timur ve Aksay, 2002'den yararlanılmıştır), Esmahanım Deresi Havzası'nın fiziki haritası (b)

Esmahanım Deresi Havzası'nda minimum eğim değeri 0° , maksimum eğim değeri 55° , ortalama eğim değeri, $20,96^\circ$ 'dir. Havzada, maksimum eğim, vadi yamaçlarında ölçülmüştür. Bolu Deresi, Esmahanım Deresi, Kurukavak Deresi vadilerinde derine aşındırmanın etkisiyle eğim değerleri yükselmektedir. Esmahanım Deresi'nin Uğurlu köyünde, Büyük Melen Çayı ile birleştiği sahada eğim düşmektedir. Dağlık sahalarda yer alan aşınım düzlüklerinde de düşük eğimler ölçülmüştür. Ana havzada ortalama eğim değerleri de oldukça yüksektir. Bu durum taşkın tehlikesini artıran bir neden olarak değerlendirilmektedir. Çalışma alanında yamaç eğim yönü genel olarak kuzeydir (Şekil 4a, b).



Şekil 4a). Esmahanım Deresi Havzası'nın eğim haritası, b) Bakı haritası

Eğim haritası sınıflandırması Bogolomov (1963)'e göre (akt. Erkal ve Taş, 2020) yapılmıştır. Buna göre $0-2^\circ$ eğim grubu %0,6; $2-15^\circ$ eğim grubu %25,4, $15-25^\circ$ eğim grubu %41,8, $25-45^\circ$ eğim grubu %31,9, 45° ve üzeri eğim grubu %0,12 oran kaplamaktadır. Havza genelinde 15° 'den fazla eğime sahip alanların oranı %74'dür. Bu oran havzada taşkınların olabileceğini göstermektedir. Bakı haritasına göre kuzeyli yönlerin oranı %41,2'dir. Kuzeyli bakılar içerisinde, kuzeybatı yönlü yamaçlar en fazla alan kaplamaktadır. Yamaç eğim yönü, hava kütlelerine dönüklüğü etkileyeceğinden yağış miktarı üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bölgede Karadeniz üzerinden gelen hava kütlelerine dönük kuzeyli yamaçlar duldada kalan güneyli yamaçlara nazaran daha fazla yağış alır. Bu durum zemin nemliliği ve bitki örtüsü üzerinde etkili olarak taşkın oluşumu üzerinde belirleyici bir rol oynar (Uzun, 2007). Zemin nemliliğinin yüksek olduğu kuzeyli yamaçlarda sızma az, yüzeysel akış miktarı fazladır.

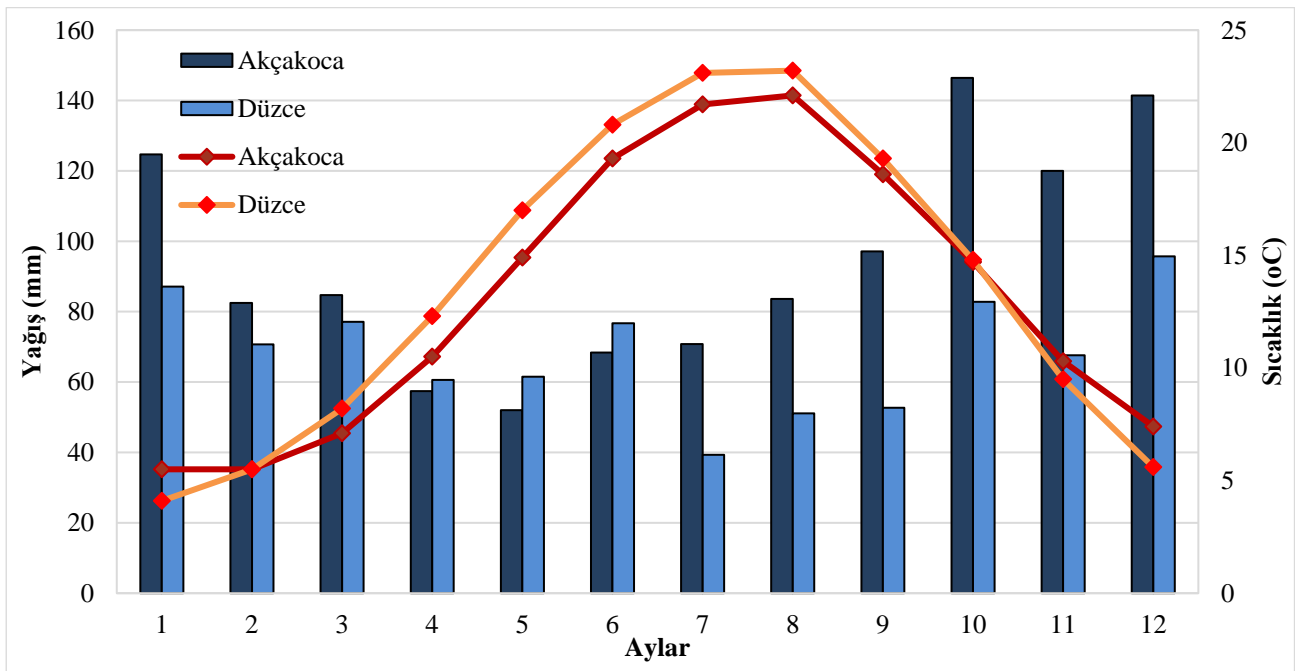
Düzce-Akçakoca çevresi "subtropikal okyanusal iklim bölgesi ile karasal Akdeniz iklim bölgesi arasında bir geçiş alanı durumundadır" (İnandık, 1955; akt. Pekcan, 2000). Akçakoca meteoroloji istasyonu verilerine

göre Akçakoca'da yıllık ortalama sıcaklık 13,1 °C, yıllık toplam yağış ise 1.129 mm'dir. Yağışların mevsimlere dağılımı değerlendirildiğinde; kış %31, ilkbahar %17, yaz %20 ve sonbahar %32 orana sahiptir. Yağışın mevsimlere dağılımı Karadeniz yağış rejimine örnek oluşturmaktadır. Düzce'de yıllık sıcaklık ortalaması 13,6 °C, yıllık toplam yağış 822,9 mm'dir. Bu yağışın mevsimlere dağılımı ise kış %31, ilkbahar %24, yaz %20, sonbahar %25 şeklindedir (Tablo 1; Şekil 5).

Tablo 1

Akçakoca (1980-2018) ve Düzce (1991-2020) istasyonlarının uzun yıllar aylık sıcaklık ortalamaları ve yağış miktarları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020)

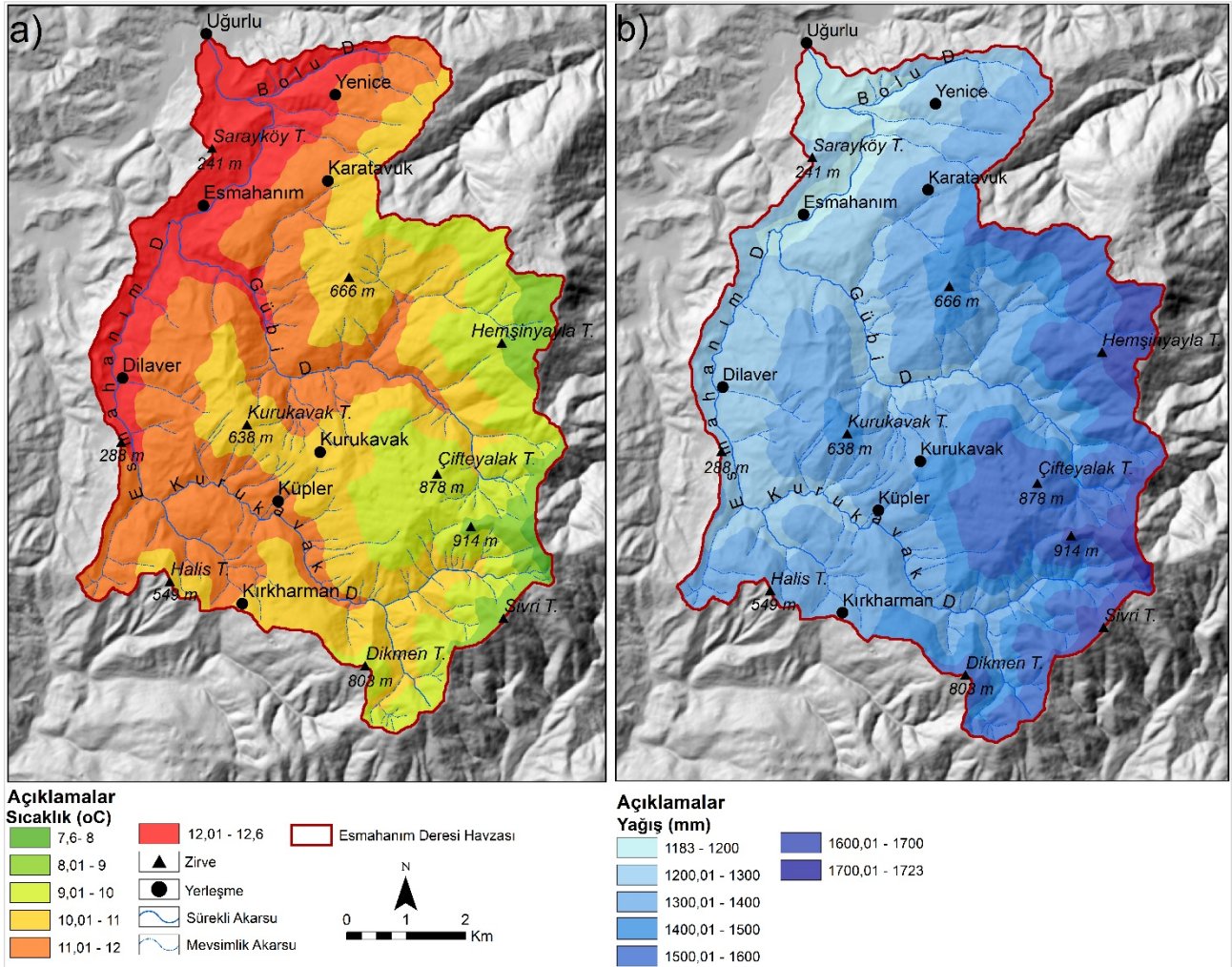
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	YILLIK
Akçakoca Ortalama Sıcaklık (°C)	5,5	5,5	7,1	10,5	14,9	19,3	21,7	22,1	18,6	14,7	10,3	7,4	13,1
Akçakoca Ortalama Yağış (mm)	124,7	82,5	84,7	57,4	52	68,4	70,8	83,6	97,1	146,4	120	141,4	1.129
Düzce Ortalama Sıcaklık (°C)	4,1	5,5	8,2	12,3	17	20,8	23,1	23,2	19,3	14,8	9,5	5,6	13,6
Düzce Ortalama Yağış (mm)	87,1	70,7	77,1	60,6	61,5	76,7	39,3	51,1	52,7	82,8	67,6	95,7	822,9



Şekil 5. Akçakoca (1980-2018) ve Düzce (1991-2020) meteoroloji istasyonu uzun yıllar aylık sıcaklık ve yağış ortalaması (Sütun yağışı, çizgi sıcaklığı göstermektedir. Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020)

Düzce, Akçakoca'ya göre daha az yağış alırken, ortalama sıcaklık değeri daha yüksektir. Sonbahar yağışlarının oranı Akçakoca istasyonunda daha fazladır. Karadeniz iklim özellikleri Akçakoca'da daha belirgindir (Şekil 5). Çalışma alanına en yakın istasyonlardan Akçakoca dışındaki Çilimli ve Cumayeri istasyonlarının rasat süreleri (5 yıl) oldukça kısadır. Bu nedenle Akçakoca istasyonunun sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak havza için sıcaklık ve yağış haritaları oluşturulmuştur. Sıcaklık haritası, Ters Mesafe Ağırlık Yöntemi (IDW) yöntemi ile sıcaklıkların yükseldikçe her 100 m'de 0,5 °C azalacağı esasına göre yapılmıştır. Oluşturulan haritaya göre havzada sıcaklık 76-12,6 °C arasında değişmektedir. Havza içerisinde sıcaklık doğu-güneydoğu doğrultusunda azalmaktadır. Sıcaklık azalışı yağış biçiminin, kış mevsiminde kar

şeklinde değişmesine neden olarak taşkın oluşumu üzerinde etkili olmaktadır. Havza için, yağışın her 100 m'de 54 mm artacağına dayalı Schreiber formülüne (Ardel vd., 1969, akt. Işık vd., 2018) göre Kriging yöntemi kullanılarak yağış haritası oluşturulmuştur. Schreiber formülü ile oluşturulan haritaya göre havzada, yağış 1183-1723 mm arasında değişmektedir. Yağış miktarı yükseltiye bağlı olarak doğu ve güneydoğuya doğru artmaktadır. Doğu ve güneydoğuda kış sıcaklıklarının 0°C'nin altına düşeceği dikkate alındığında yağışlar bu dönemde kar şeklinde olacaktır. Karın, ilkbahar mevsiminde erimesi taşkınlara neden olacaktır (Şekil 6). Ayrıca yukarı havzanın engebeli yapısı yağışın hızlıca akışa geçmesine ve drenaja katılmasına yol açmaktadır. Bu durum taşkın oluşumunu kolaylaştırmaktadır.



Şekil 6. Esmahanım Deresi Havzası'nın sıcaklık (a) ve yağış (b) haritası

2. Materyal ve Yöntem

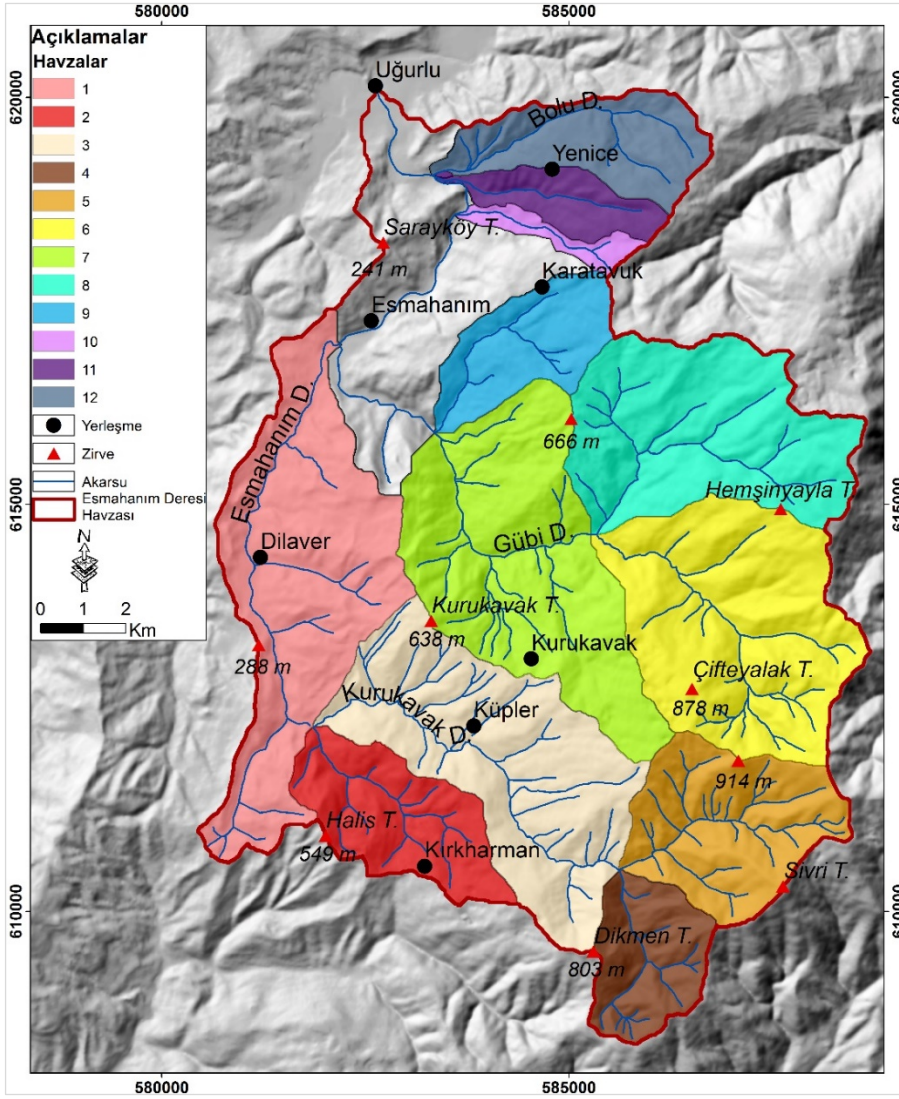
Bu çalışmada temel datalar, 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarının F25c3, F26d4, G25b2 ve G26a1 paftaları (HGK, 2001) kullanılarak oluşturulan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile Düzce ve Akçakoca meteoroloji istasyonu sıcaklık-yağış verileri ve çalışma alanını kapsayan farklı ölçekteki jeoloji haritalarının ilgili paftalarıdır. 10x10 m çözünürlüğünde SYM, CBS yazılımlarından ArcMAP 10.1, Spatial Analiz-Interpolation-Topo to Raster aracı kullanılarak oluşturulmuştur (Tablo 2).

Tablo 2

Çalışmada kullanılan veriler, tipleri ve kaynakları

Kullanılan Veri	Kullanım Amacı	Veri Tipi	Kaynak
1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları, F25 c3, F26 d4, G25b2 ve G26a1 paftaları	Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturmak	Raster	Harita Genel Komutanlığı
1/100.000 ölçekli jeoloji haritaları Ereğli F25- F26, Adapazarı G25-G26 paftaları,	Litolojik birimler haritası oluşturmak	Vektör/Raster	MTA Genel Müdürlüğü
1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Zonguldak paftası			
Akçakoca ve Düzce'nin ortalama sıcaklık ve yağış verileri	Sıcaklık ve yağış oluşturmak, taşkın değerlendirmek	haritaları .xlsx	Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Havza morfometrisi ile ilgili yapılacak çalışmalarda, havzalara ait yüzeysel hesaplamalarda ana havzanın alt havzalara ve havza arası alanlara (mikro havza) bölünmesi önerilmiştir (Erkal ve Taş, 2020). Bu nedenle ArcMAP-Archydro Modülü kullanılarak Esmahanım Deresi Havzası'nı oluşturan 12 alt havza belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Esmahanım Deresi Havzası'nda morfometrik indis analizlerinin uygulandığı alt havzalar.

SYM kullanılarak belirlenen alt havzalara Tablo 3'de yer alan havza geometrik, alansal ve relief morfometrik özelliklerini değerlendiren indisler uygulanmıştır. Literatürde bu indisler kullanılarak yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Apaydın, 2021; Baduna Koçyiğit ve Akay, 2018; Ege ve Avsever, 2022; Erol Görür ve Karadeniz, 2018; Erten ve Gürbüz, 2018; Esen, 2022; İmamoğlu, 2020; Kütükçü vd., 2015; Turoğlu, 1997). İndislerle alt havzaların geometrik, alansal ve relief özellikleri belirlenmiş ve alt havzalar, indis sonuçları ile taşkın duyarlılığı açısından göreceli olarak karşılaştırılmıştır.

Tablo 3
Belirlenen alt havzalara uygulanan morfometrik indisler

	Morfometrik Parametreler	Formül	Kaynak
Geometrik Özellikler	Havza Uzunluğu (Lb)	ArcGIS yazılımı ile hesaplanmıştır	
	Havza Genişliği (W)	ArcGIS yazılımı ile hesaplanmıştır	
	Havza Çevresi (P)	ArcGIS yazılımı ile hesaplanmıştır	
	Form Faktör (Ff)	$Ff = A / L^2$	(Horton, 1932)
	Şekil Katsayısı (Sf)	$Sf = Lb^2 / A$	Horton, 1945, akt. Verstappen, 1983)
	Uzama Oranı (Re)	$Re = (2 / Lm) * [A / \pi]^{0,5}$	(Schumm, 1956)
	Dairesellik Oranı (Rc)	$Rc = 4\pi A / P^2$	(Strahler, 1964)
	Gravelius İndeksi (Kg)	$K_G = P / 2\sqrt{\pi A}$	(Gravelius, 1914)
Alansal Morfometri	Havza Alanı (A)	ArcGIS yazılımı ile hesaplanmıştır	
	Drenaj Yoğunluğu (Dd)	$D_d = \sum L / A$	(Horton, 1932, 1945)
	Akarsu Sıklığı (Fs)	$F_s = N / A$	(Reddy vd., 2004; Strahler, 1964)
	Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg)	$L_g = 1 / 2D_d$	(Horton, 1945)
Relief Morfometri	Yüksek Relief (m)	SYM'nin histogramı kullanılarak elde edilmiştir.	
	Alçak Relief (m)	SYM'nin histogramı kullanılarak elde edilmiştir.	
	Rölyef Oranı (Rh)	$R_h = H / L$	(Schumm, 1956)
	Havza Reliefi (Bh)	$B_h = H_{maks} - H_{min}$	(Schumm, 1956)
	Hipsometrik İntegral (Hi)	$Hi = (Hort - H_{min}) / (H_{maks} - H_{min})$	(Strahler, 1952)
	Hipsometrik Eğri (He)	$y = h / H, x = a / A$	(Strahler, 1952)
	Yarıлма Derecesi (Dissection) İndeksi (Dis)	$Dis = H / Ra$	(Singh ve Dubey, 1994)
	Gradyan Oranı (Rg)	$Rg = (Z - z) / Lb$	(Sreedevi vd., 2005)
	Melton Engebellik İndeksi (Mrn)	$MR_n = H / A^{0,5}$	(Melton, 1965)
	Eğim (o)	ArcGIS yazılımı ile oluşturulmuştur.	
Ortalama Eğim (o)	SYM'nin histogram verisinden elde edilmiştir.		
Engebellik Değeri (Rn)	$Rn = B_h * D_d$	(Melton, 1957)	
Akım Toplanma Zamanı (Tc)	$T_c = 0,0195 * L^{0,77} / S^{0,385}$	(Kirpich, 1940)	

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde 18 Temmuz 2019 Esmahanım köyünde meydana gelen taşkın olayı meteorolojik verilerle değerlendirilmiş ve morfometrik indis analizleri yapılmıştır.

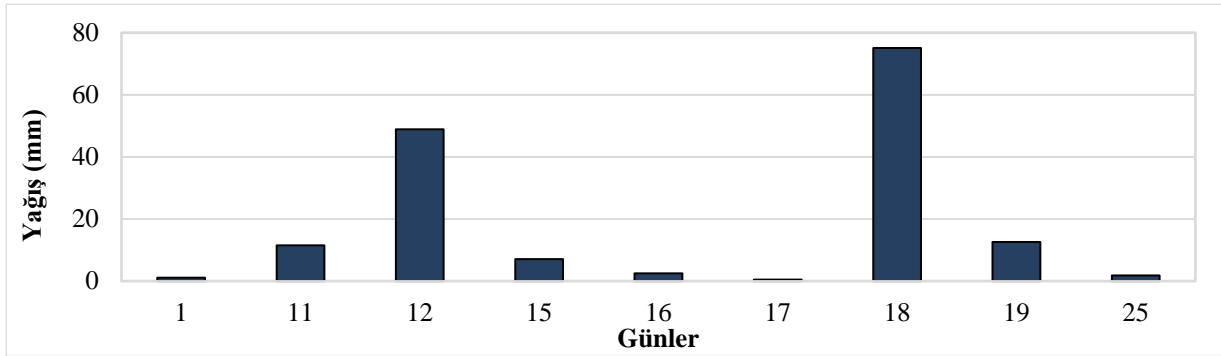
3.1. 18 Temmuz 2019 Esmahanım Taşkını

2019 yılı temmuz ayında meydana gelen taşkında 7 kişi hayatını kaybetmiş, büyük ekonomik kayıplar yaşanmıştır. Taşkın olayında Esmahanım ve Uğurlu köylerini birbirine bağlayan yollar ve köprüler yıkılmış, araçlar, ekili-dikili araziler zarar görmüştür (Foto 1). Yöre sakinlerinin ifadelerine göre Gübi Deresi'nde alternatif ürün olarak dikilen 750 yeşil elma ağacı zarar görmüş, 3 ev yıkılmıştır. Esmahanım köyünde 18, Uğurlu köyünde 2 ev yıkılmıştır. Taşkın sonucu Bezirgan köyünde bulunan 2 tavuk çiftliğinde 200 bin hayvanın telef olduğu işletme sahipleri tarafından bildirilmiş, mısır tarlaları ve fındık bahçeleri zarar görmüştür. Bezirgan köyünü Uğurlu köyüne bağlayan köprü yıkılmıştır. Davutağa, Esmahanım, Dilaver, Kozluk, Bezirgan, Melen taşkından en çok etkilenen yerleşmeler olmuştur.



Foto 1. Sel-taşkın sırasında yollar (a,b), araçlar (c) ve köprüler (d) zarar görmüştür. Fotoğrafın kaynağı, Düzce AFAD İl Müdürlüğü, 2019'dur

Taşkın, toprağın emme kapasitesini ve nehirlerin, akarsuların ve kıyı alanlarının akış kapasitesini aşan yoğun veya sürekli yağışların bir sonucudur (URL-3). Kısa süreli aşırı yağış ve ani taşkınlar, dünyada en büyük doğal tehlikelerdir (Bryndal vd., 2017). Taşkınlar genelde uzun süreli yağışlardan sonra ya da kısa sürede düşen fazla miktardaki yağışlardan sonra meydana gelir ve afet boyutuna dönüşebilir. Taşkınla ilgili yapılacak çalışmalarda taşkından önce düşen yağış ile taşkın anındaki yağış miktarının değerlendirilmesi faydalıdır. Çünkü toprak nemliliği, sızma üzerinde doğrudan etkili iken, sızma da yüzeysel akış miktarı üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle zemin nemliliği ile taşkın oluşumu arasında bir ilişki bulunmaktadır. Zemin nemliliğinin yüksek olması infiltrasyonu azaltırken, yüzeysel akışa geçecek su miktarını artırmaktadır (Hoşgören, 2004). Akçakoca'da uzun yıllar ortalamasına göre temmuz ayı yağış toplamı 70,8 mm'dir. Taşkın olayından 6 gün önce Akçakoca'da 50 mm yağış düşmüştür. Afetin yaşandığı günde temmuz ayı toplamı kadar yağış düşmüştür. Kısa sürede düşen bu yağış taşkın meydana gelmesinde ana nedenlerden birini oluşturmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. 2019 yılı Temmuz ayında Akçakoca'da düşen yağışın yağışlı günlere dağılımı (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020)

Akçakoca istasyonu ile Esmahanım Deresi'nin yukarı havzası arasında 1.100 m'yi geçen yükselti farkı nedeniyle yağış miktarının bu sahada daha fazla olacağı söylenebilir. Bu nedenle taşkın olayının afet boyutuna dönüşmesi bu yağışlarla doğrudan ilişkilidir.

Taşkının meydana gelmesinde kütle hareketleri de etkili olmuştur. Esmahanım Deresi Vadisi'nin yamaçlarında çok sayıda heyelan meydana gelmiş, akarsu vadisine taşınan malzeme, taşıma kapasitesini düşürerek afetin yaşanmasında rol oynamıştır (Foto 2).



Foto 2. Esmahanım köyünde taşkın olayı ile eş zamanlı meydana gelen heyelanlar

Esmahanım Deresi yatağında eğimin azaldığı alanlarda aşırı sediment birikimi görülmektedir. Bu durum havzada şiddetli erozyonu göstermektedir. Taşkın oluşumunda sediment birikiminin etkisi fazladır. Dere yatağına oldukça yakın yapılaşma da afetin etki derecesini artırmıştır (Foto 3).



Foto 3. Havzada erozyon şiddetlidir (a, b), yapılaşma, dere yatağına oldukça yakındır (c, d).

3. 2. Morfometrik İndis Analizleri

Bu bölümde havzaların geometrik, alansal ve relief özelliklerini gösteren morfometrik indis analizleri yapılmıştır (Tablo 4). Sonuçlara göre engebellik değerinin çok yüksek olduğu, yarıлма derecesinin erozyonu artırarak taşkın oluşumunu kolaylaştırdığı, havzaların uzunlamasına şekillerinden dolayı uzun süreli düşük akımlar şeklinde taşkınlar meydana geldiği söylenebilir. Özellikle ana havzanın yukarı bölümünde yer alan alt havzaların morfometrik özellikleri nedeniyle aşağı kısımda taşkınlar yol açtığı belirlenmiştir.

Tablo 4
Esmahanım Deresi alt havzalarına uygulanan morfometrik indis sonuçları

Morfometrik Parametreler	Havza No												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Geometrik Özellikler	Havza Uzunluğu (Lb)	6,92	3,35	4,9	2,1	2,96	4,08	4,9	3,76	2,85	2,41	2,92	3,48
	Havza Genişliği (W)	26	1,66	3,53	1,69	2,48	3,07	2,64	2,77	1,50	0,76	0,90	1,60
	Havza Çevresi (P)	22,11	10,65	17,93	7,77	10,93	14,27	17,21	14,83	9,05	6,00	7,51	10,72
	Form Faktör (Ff)	0,17	0,28	0,31	0,50	0,48	0,45	0,33	0,45	0,30	0,10	0,16	0,23
	Şekil Katsayısı (Sf)	5,75	3,47	3,13	1,96	2,05	2,21	2,99	2,18	0,89	9,72	5,99	4,19
	Uzama Oranı (Re)	0,47	0,60	0,63	0,80	0,78	0,75	0,65	0,76	0,62	0,36	0,46	0,55
	Dairesellik Oranı (Rc)	0,21	0,35	0,30	0,48	0,44	0,46	0,33	0,37	0,37	0,21	0,31	0,31
	Gravelius İndeks (Kg)	1,16	1,67	1,82	1,43	1,49	1,46	1,71	1,64	1,62	2,18	1,77	1,80
Alansal Morfometrik Özellikler	Havza Alanı (A)	8,32	3,24	7,69	2,35	4,27	7,54	8,01	6,49	2,46	0,60	1,43	2,89
	Drenaj Yoğunluğu (Dd)	2,08	2,68	3,18	3,10	3,68	2,31	2,0	1,99	2,0	5,48	2,87	3,07
	Akarsu Sıklığı (Fs)	1,44	3,69	3,64	5,08	5,61	2,51	2,49	1,84	2,02	3,28	0,69	2,41
	Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg)	0,23	0,18	0,15	0,16	0,13	0,21	0,24	0,25	0,24	0,09	0,17	0,16
Relief Morfometrisi Özellikleri	Yüksek Relief	624	695	855	891	1176	1139	868	975	734	618	612	559
	Alçak Relief	119	263	259	446	444	310	195	315	193	66	46	45
	Rölyef Oranı (Rh)	0,07	0,12	0,12	0,20	0,24	0,20	0,13	0,17	0,18	0,22	0,19	0,14
	Havza Reliefi (Bh)	505	432	596	445	732	829	673	660	541	552	566	514
	Hipsometrik İntegral (Hi)	0,40	0,45	0,41	0,53	0,44	0,49	0,44	0,56	0,50	0,55	0,51	0,50
	Yarıлма Derecesi (Dissection) indesi (Dis)	0,80	0,62	0,69	0,49	0,62	0,72	0,77	0,67	0,73	0,89	0,92	0,91
	Gradyan Oranı (Rg)	0,07	0,12	0,12	0,20	0,24	0,20	0,13	0,17	0,19	0,23	0,19	0,24
	Melton Engebellik İndeksi (Mrn)	0,17	0,23	0,21	0,28	0,35	0,30	0,23	0,25	0,34	0,70	0,47	0,30
	Eğim (S)	0-42	0-43	0-47	0-45	0-48	0-49	0-55	0-50	0-43	0-43	0-44	0-44
	Ortalama Eğim (o)	17,1	18,2	21,5	26,8	29,5	25	20,8	19,2	19,6	20,7	19,2	18,7
	Engebellik Değeri (Rn)	1,05	1,61	1,89	1,38	2,7	1,92	1,35	1,31	1,08	3,02	1,62	1,58
	Akım Toplanma Zamanı (Tc, saat)	1,65	0,71	1,16	0,7	0,65	0,82	0,7	0,64	0,81	0,62	0,68	0,98

3.2.1 Havza Geometrik Özellikleri

Form faktör, şekil katsayısı, uzama oranı, dairelilik oranı ve Gravelius indeks ile alt havzalar geometrik (şekil) özellikleri açısından değerlendirilmiştir.

Form Faktör (Ff)

Havza şekli (form faktör), alan, çevre ve uzunluk gibi temel ölçümlerin basit boyutsuz oranları ile hesaplanabilir (Sarma vd., 2013; Singh, 1998). Bu indis havzaların dairesel ya da uzunlamasına ya da düzensiz bir

şekle sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Horton, 1932). Düşük form faktörü uzunlaması havzaları gösterir. Bu havzalarda daha uzun süre boyunca daha düz bir taşkın doruğuna (pik) sahip akımlar görülür (Sarma vd., 2013). Uzamış havzaların hidrograf eğrisi daha düzgündür, bu da üst havzadan gelen suyun çıkışa ulaşması için daha fazla zaman gecikmesi ile açıklanır. Dairesel havzalarda, alt, orta ve üst havzadan gelen su daha kısa sürede çıkışa ulaşır ve daha kısa sürede, daha yüksek deşarjlara neden olur (Verstappen, 1983). Havzalar için form faktörü değerleri 0,10-0,50 arasında değişmektedir. En küçük form değeri 10 numaralı havzada, en büyük form değeri ise 4 numaralı havzada ölçülmüştür. Ff, açısından yapılan değerlendirme, havzaların uzunlamasına bir şekle sahip olduğunu göstermektedir. 4 numaralı havza diğer havzalara nazaran dairesel şekle daha yakındır (Tablo 4).

Şekil Katsayısı (Sf)

Şekil katsayısı, havza şeklinin belirlenmesinde kullanılan katsayılardan bir diğeridir. Şekil katsayısının büyük değeri, uzun ve dar havzaları gösterir (Bayazıt, 1979; Hoşgören, 2004). 1'den büyük Sf değeri, havza şeklinin uzunlamasına olduğunu gösterir (Bishop ve Prosser, 2001). Şekil katsayısı değerleri tüm havzalarda uzunlamasına havzalar için önerilen 1 değerinden yüksektir. Bu değer havzalarda, 1,96-9,72 arasında değişmektedir. 1.96 ile en düşük değer 4 numaralı havzaya, 9,72 ile en yüksek değer 10 numaralı havzaya aittir. Analiz sonuçları havza formlarının dairesel olmaktan ziyade uzunlamasına olduğunu göstermektedir (Tablo 4).

Uzama oranı (Re)

Dairesel şekilli havzalar, yüzeysel akışın tahliye edilmesinde uzunlamasına havzalara nazaran daha elverişlidir (Hema ve Govindaiah, 2012; Singh ve Singh, 1997). Uzunlamasına bir şekli olan havzada, suyun havzanın yukarı bölümünden havza çıkışına varması için, gerekli süre daha fazladır. Daha yuvarlak bir havzada ise, boşalım aşağı, orta ve yukarı kesimler için daha az zamanda olacağından bu süre daha kısadır (Erkal ve Taş, 2020). Uzama oranı değerleri Esmahanım Deresi Havzası'nı oluşturan alt havzalar için 0,36-0,80 arasında değişmektedir. En büyük uzama oranı değeri 4 numaralı havzada, en küçük değer ise 10 numaralı havzada ölçülmüştür (Tablo 4). Yüksek uzama oranı değerleri, aynı zamanda yüksek sızma kapasitesi ve düşük yüzeysel akışı gösterirken, daha düşük Re değerleri yüksek erozyon duyarlılığı ve yüksek sediman taşınımı olan havzaları tanımlar (Rai vd., 2017; Reddy vd., 2004). Bu açıdan 10 numaralı havzada erozyon ve taşkın duyarlılığı daha yüksektir.

Dairesellik oranı (Rc)

Rc, akarsu uzunluğu ve sıklığından, jeolojik yapıdan, arazi kullanımı ve örtüsünden, iklimden, havza rölyefi ve eğiminden etkilenir (Hema ve Govindaiah, 2012). Bu değer maksimum olarak 4.havzada 0,48, minimum olarak 1.ve 10. havzalarda 0,21 olarak belirlenmiştir. Düşük Rc değeri uzunlaması, yüksek Rc değerleri dairesel havzaları karakterize etmektedir (Rai vd., 2017). 1'e yaklaşan dairesellik oranı (Rc) değerleri, havza şekillerinin dairesel olduğunu gösterir (Reddy vd., 2004). Tüm havzaların Rc değerlerinin küçük olması havzaların uzunlamasına bir forma sahip olduğunu bu indisle de doğrulamaktadır (Tablo 4).

Gravelius İndeks (Kg)

Havza çevre uzunluğunun (P), havzayla aynı alana sahip bir dairenin çevre uzunluğuna oranlanmasıyla bulunan Gravelius katsayısının küçüklüğü oranında, havza dairesel bir şekle yaklaşmaktadır (Hoşgören, 2004). Esmahanım Deresi alt havzalarında, Kg değerleri 1,16-2,18 arasında değişmektedir. İndeks değeri en düşük olan havza 1.havza iken, 10 numaralı havzada indeks değeri en yüksektir. Genel olarak havzaların Kg değerleri yüksektir. Bu durum havzaların dairesel olmaktan ziyade uzunlamasına bir form gösterdiğini kanıtlamaktadır (Tablo 4).

3.2.2. Alansal Morfometrik Özellikler

Alt havzaların alan, drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, yüzeysel akış uzunluğu bu başlık altında değerlendirilmiştir.

Havza Alanı (A)

Havza alanı, debi, geçiş ve gecikme süresi üzerinde etkili olur. Diğer faktörlerin aynı olması durumunda, ana akarsuyun akım miktarı, havza büyüklüğü oranında artar. Havza büyüdükçe, düşen yağmur suyunun ana akarsuya ulaşması o oranda gecikir. Yani gecikme süresi, havzanın büyüklüğü ile doğrudan ilişkilidir. Yine, havzanın büyümesi oranında düşen yağmurun daha fazla bir kısmı tutulma (intersepsiyon), sızma (infiltrasyon) ve buharlaşma (evaporasyon) gibi nedenlerle kaybolabilir. Bu durum taşkın doruğuna olumsuz olarak yansır (Hoşgören, 2004). Daha büyük bir havza düşünüldüğünde genel yağış yoğunluğu daha az olurken, depolama kapasitesi ve taşkın konsantrasyonunun süresi artar (Verstappen, 1983). Çalışılan alt havzaların alanı, 0,60-8,32 km² arasında değişmektedir. En büyük alana sahip 1 numaralı havza iken, en küçük alanlı havza ise 10 numaralı havzadır. Buna göre 1 numaralı havzada taşkın konsantrasyonu geç, 10 numaralı havzada taşkın konsantrasyonu daha kısa sürede gerçekleşmektedir (Tablo 4).

Drenaj Yoğunluğu (Dd)

Drenaj ağı ve yoğunluğunun belirlenmesiyle, bir saha ya da havzada akarsu ağının kurulumu ve gelişmesini denetleyen faktörler ortaya konarak, topoğrafyanın derelerle parçalanma durumu aydınlatılabilir (Atalay, 2018). Drenaj yoğunluğu değeri, kumul alanları için 0, geçirgen olmayan şeylerde yüksek miktarda, yarılanın fazla olduğu badlans topoğrafyasında ise 1.000 km/km²'den daha fazla bir değerde olabilir (Erkal ve Taş, 2020). Langbein (1947), nemli bölgelerde drenaj yoğunluğunun 0,55 ile 2,09 km/km² arasında değiştiğini ve ortalama drenaj yoğunluğunun 1,03 km/km² olduğunu önermiştir. Vadi uzunlukları dikkate alınarak belirlenen Dd değerleri 1,99-5,48 km/km² arasında değişmektedir. En büyük Dd değeri 10. havzada, en küçük Dd değeri 8 numaralı havzada ölçülmüştür. Langbein (1947) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre 1.8. ve 9. havzalar dışında diğer havzaların drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç, Dd değeri yüksek olan bu havzaların taşkın üretme potansiyelinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 4).

Akarsu Sıklığı (Fs)

Km²'de akarsu sayısını gösteren bu indis (Strahler, 1964; Reddy vd., 2004), genel olarak drenaj yoğunluğuna paralel bir dağılım göstermiştir. Çalışma alanında Fs değerleri 0,69-5,61 arasında değişmektedir. Maksimum Fs değeri 5. havzada, minimum Fs değeri 11.havzada ölçülmüştür. Reddy vd., (2004), akarsu sıklığı düşük olan havzaların yüksek geçirimli jeolojiye ve düşük rölyefe, yüksek sıklığa sahip havzaların ise düşük geçirimsizliğe, seyrek bitki örtüsüne ve yüksek rölyefe sahip olduğunu belirtmektedir. Akarsu sıklığı ve drenaj yoğunluğu ne kadar düşüğe, yüzeysel akış o kadar yavaş olur (Taha vd., 2017). Bu durumda havza taşkına karşı daha az duyarlı olur (Carlston, 1963; Obeidat vd., 2021). Fs parametresi açısından taşkın tehlikesi 5. havzada yüksek iken, 11. havzada düşüktür (Tablo 4).

Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lg)

Lg'nin düşük değeri, yüksek rölyef, kısa akış yolları, daha fazla yüzeysel akış ve daha az sızma anlamına gelir ve bu da ani taşkınlara karşı sahayı daha savunmasız hale getirir. Yüksek Lg değeri, düşük eğimler ve uzun akış yolları, daha fazla sızma ve daha az akış anlamına gelir (Chandrashekar vd., 2015; Rai vd., 2017; Sukristiyanti vd., 2018; Vinutha ve Janardhana, 2014). Yüzeysel akış uzunluğu, alt havzalarda 0,09-0,25 arasında değişmektedir. Bu parametre için maksimum değer 8. havzada, minimum değer ise 10. havzada ölçülmüştür. Yüzeysel akış uzunluğu açısından taşkın tehlikesi 8. havzada minimum, 10. havzada maksimumdur (Tablo 4).

3.2.3. Relief Morfometrik Özellikler

Havzaların 3.boyut özellikleri olan relief morfometrisi kapsamında; rölyef oranı, havza reliefi, hipsometrik integral, hipsometrik eğri, yarıma derecesi (dissection indeks), gradyan oranı, Melton engebelilik indeksi, eğim, ortalama eğim, engebelilik değeri ve akım toplanma zamanı özellikleri değerlendirilmiştir.

Rölyef Oranı (Rh)

Bir drenaj havzasının hidrolojik özelliği ile rölyef oranı arasında bir ilişki vardır. Rh normalde, belirli bir drenaj havzasının drenaj alanı ve alt havzalarının boyutu azaldıkça artar (Gottschalk, 1964; Schumm, 1956). Rh'nin yüksek değerleri, dik eğimi ve yüksek rölyefi, daha düşük değerleri ise küçük sırtları ve daha düşük eğimli tepelikleri gösterir (GSI, 1991; akt. Hema ve Govindaiah, 2012). Rölyef oranında belirli bir ölçek yoktur. Rölyef oranı, erozyon duyarlılığı ile yüksek oranda ilişkili olup, yüksek değeri, havzanın toprak erozyonuna eğilimli olduğunu gösterir (Aravinda ve Balakrishna, 2013; Dubey vd., 2015; Tribhuvan ve Sonar, 2016; Tufa ve Feyissa, 2018). Rh değeri alt havzalar için 0.07-0.24 arasında değişmektedir. Rölyef oranı en düşük olan 1.havzada taşkın tehlikesi, bu değer en yüksek olduğu 5.havzaya göre daha düşüktür (Tablo 4).

Havza Reliefi (Bh)

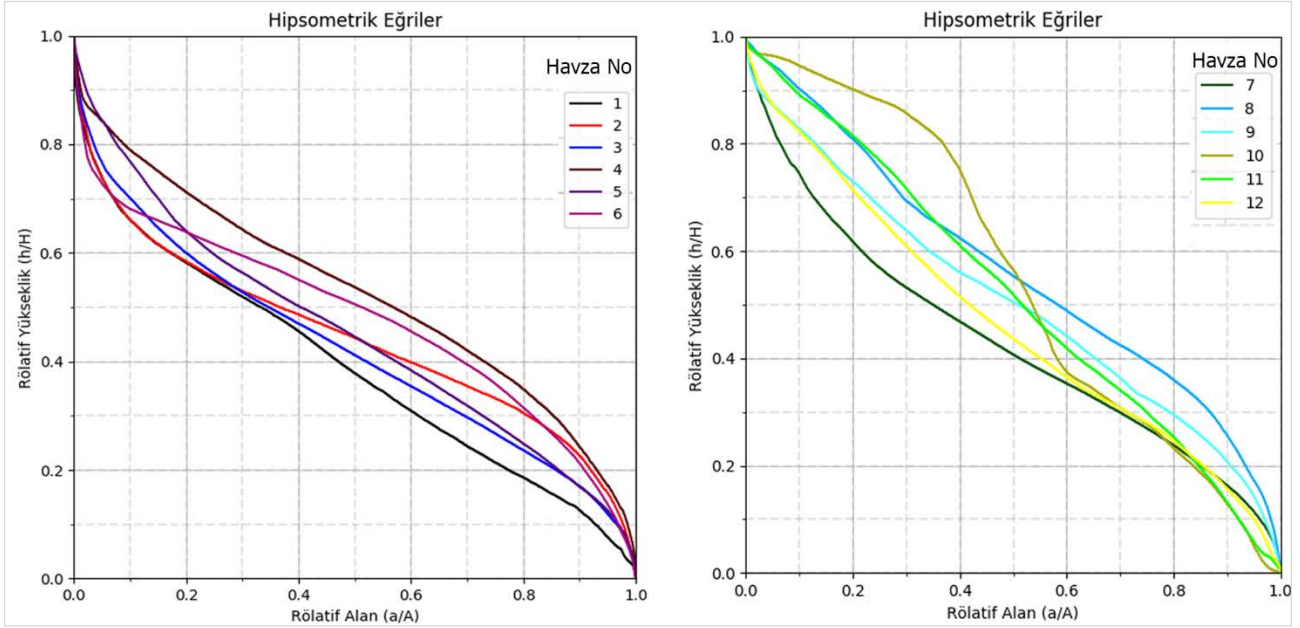
Minimum ve maksimum yükselti farkı ile havza reliefi bulunur. Havza reliefi, drenaj gelişimi, yüzeysel ve yüzey altı su akışı, geçirgenlik ve erozyon özellikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır (Reddy vd., 2004). Alt havzalarda, havza reliefi değerleri 432-829 m arasında değişmektedir. 2 numaralı havzada, havza reliefi değeri en düşük, 6 numaralı havzada bu değer en yüksektir. Havza reliefi değerinin yüksek olması, havzada yükselti değişiminin ani olduğunu gösterir (Üzülmez, 2019). Havza reliefi yüksek olan havzalarda taşkın tehlikesi daha yüksektir. Bu açıdan 5, 6 ve 7 numaralı havzalarda tehlike daha yüksek olmaktadır. Havza reliefi parametresi alt havzaların bu açıdan yüksek riske sahip olduğunu göstermektedir (Tablo 4).

Hipsometrik İntegral (Hi)

Havzaların minimum, ortalama ve maksimum yükselti değerlerinden formül doğrultusunda Hi elde edilmiştir. Hi'nin yüksek değeri genç havzaları, küçük değeri yaşlı havzaları gösterir (Keller ve Pinter, 2002; Strahler, 1952). Alt havzalarda Hi değerleri 0.40-0.56 arasında değişmektedir. Hi değeri en küçük olan havza 0.40 ile 1 numaralı havza iken, en büyük Hi değeri 0.56 ile 8 numaralı havzada ölçülmüştür. 4, 8, 10 ve 11 numaralı havzalarda Hi değeri 0,50'den büyüktür. Bu değerlere göre alt havzalardan doğu ve güneydoğuda yer alanlar, diğer havzalara nispeten genç özellik göstermektedir (Tablo 4). Bu nedenle bu havzalar taşkın açısından yüksek tehlike kategorisindedir. Bu parametre açısından düşük Hi değeri nedeniyle, 1 numaralı havzada tehlike düşüktür.

Hipsometrik Eğri (Hc)

Hipsometrik eğri, drenaj havzalarında yükseltinin alansal dağılımını gösteren bir indistir (Strahler, 1952). Hipsografik eğriler, çalışılan sahada tektonik yükselmenin varlığı hakkında da fikir verebilir (Erginal ve Cürebal, 2007). Alt havzalara ait hipsometrik eğriler, CalHypso (Pérez-Peña vd., 2009) eklentisi kullanılarak otomatik olarak oluşturulmuştur. Buna göre 1., 2., 3., 5., 6. ve 7. havzaların eğrisi karmaşık, diğer havzaların eğrisi ise dışbükey görünümündedir (Şekil 9).



Şekil 9. Alt havzalara ait hipsometrik eğriler

Dışbükey görünüme sahip eğrilerin bulunduğu 4. 8. 9. 10. 11. ve 12. havzalarda, genç topoğrafyaya bağlı olarak erozyon yüksek, yüzeysel akış fazla ve dolayısıyla taşkın tehlikesi diğer havzalara kıyasla daha yüksektir.

Yarılma Derecesi İndeksi (Dis-Dissection Index)

Yarılma derecesini gösteren bu indeksin minimum değeri 0, maksimum değeri 1'dir. Bu indekste düşük değer, düz ve daha az eğimli arazilere, yüksek değer ise eğim kırıklıklarına (yar) veya dik yamaçlara karşılık gelmektedir (Pareta ve Pareta, 2012). Alt havzalarda yarılma derecesi indeksi sonuçları 0,49-0,92 arasında değişir. 4 numaralı havzada yarılma derecesi düşük, 11 numaralı havzada yarılma derecesi yüksektir. Havzalar göreceli olarak karşılaştırıldığında 1, 7, 9, 10, 11 ve 12 numaralı havzaların Di değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yarılma derecesinin yüksek olması bu havzalarda erozyonun da yüksek olduğunu gösterir. Bu durum taşkın oluşumunu kolaylaştırıcı ve taşkın etkisini artırıcı yönde bir rol oynamaktadır (Tablo 4).

Gradyan Oranı (Rg)

Rg, yüzeysel akış hacminin hesaplanmasını kolaylaştıran kanal eğiminin bir parametresidir (Rai vd., 2018; Sreedevi vd., 2005). Alt havzaların gradyan oranı değerleri 0,07 ile 0,24 arasında değişmektedir. En düşük gradyan oranı değeri 1 numaralı havzada, en yüksek gradyan oranı değeri 5. ve 12. havzalarda ölçülmüştür. Rai vd., (2018), değerlerin yüksek olması ile arazinin dağlık olması arasında bir ilişki kurmuştur. Bu parametreye göre 5. ve 12. havzalar diğerlerine nazaran daha dağlık bir özellik göstermektedir. Bu nedenle bu havzalarda erozyon ve buna bağlı olarak taşkın tehlikesi yüksektir (Tablo 4).

Melton Engebelilik İndeksi (Mrn)

Melton (1965) tarafından geliştirilen bu indekse göre; çok engebeli bir alanda, birinci dereceden bir havza için Mrn değeri 2,0 veya 3,0 olabilirken, üçüncü veya dördüncü dereceden havzalar için Mrn değerinin 1,0'ı aşması nadirdir (Melton, 1965). Mrn için düşük değerler, ana akarsuyun fazla moloz taşımadığı, normal bir akışı göstermektedir (Soni, 2017). Mrn değerleri alt havzalarda 0,17-0,70 arasında değişmektedir. En düşük değer 1. havzada, en yüksek değer ise 10. havzada ölçülmüştür. Bu indis açısından 10 numaralı havza diğerlerine göre daha engebeli bir yapıya sahip olup, taşkın tehlikesi yüksektir (Tablo 4).

Eğim (S)

Eğim ve relief, havzaların 3.grup morfometrik özelliklerindedir (Speight, 1980; Verstappen, 1983). Eğim, taşkın ve heyelan oluşumunda oldukça etkilidir (Altıparmak ve Türkoğlu, 2018). Dik eğimli sahalarda yüzeysel akış fazla iken infiltrasyon düşüktür. Eğim değerlerinin yüksek olması durumunda sediman üretimi de fazla olmaktadır (Verstappen, 1983). Kirkby ve Chorley (1967), “maksimum yüzeysel akışın meydana gelebileceği dört bölge birinin şevlerin dipleri ya da eğim profili konkav olan yamaçlar, çukurluklar ve az geçirgen topraklar olduğunu bildirmiştir” (Anderson ve Burt, 1978). Havzada taşkın oluşumu üzerinde sediman taşınımının yüksek olması da etkili olmuştur. Dere yatağına taşınan malzeme taşıma kapasitesini düşürmüş, buna bağlı olarak taşkın olayı yaşanmıştır. Esmahanım köyünde düşük menfezler tıkanmış, bunun sonucunda dere yatağına yakın meskenler su baskınından etkilenmiştir. Tüm havzaların eğim derecesi yönünden ortak özelliği, eğim değerlerinin yüksek olmasıdır. Maksimum eğim değerleri 7. (55°) ve 8. havzalarda (50°) ölçülmüştür (Tablo 4). Özellikle yukarı havzalarda ölçülen maksimum eğimler sel karakterli akımların fazla olduğunu göstermektedir.

Ortalama Eğim

Wentworth (1930)'a göre, bir nehir havzasında erozyon, ortalama eğimden hesaplanabilir. Diğer her şey sabit tutulursa, eğim değerinin artması daha fazla erozyondur (Rai vd., 2018). Tüm havzaların ortalama eğim değerleri oldukça yüksektir. Bu durum yüzeysel akışa geçecek su miktarını ve hızını artırdığından, taşkın üzerinde kolaylaştırıcı rol oynamaktadır. Yamaç eğim açısının yüksek olması, kütle hareketlerine neden olduğundan taşkın oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Ortalama eğim değerlerinin en yüksek olduğu 4. ve 5. havzalarda tehlikenin yüksek olduğu söylenebilir (Tablo 4).

Engbelilik Değeri (Rn)

Diğer bir relief morfometrisi parametresi de engbelilik derecesidir. Rn, lokal relief ve drenaj yoğunluğundan üretilir. Rn, dolaylı olarak eğimin dikliğini gösterir. Drenaj yoğunluğu artarsa ve lokal rölyef değeri sabit kalırsa, eğim dikliği de artacaktır. Lokal relief artar ve Dd değeri sabit kalırsa, eğimler daha dik ve daha uzun olacaktır. Yüksek rölyef ve drenaj yoğunluğu ile engbelilik değeri yüksek olur (Verstappen, 1983). Rn değerleri yüksek olan havzalar erozyona karşı oldukça duyarlıdır (Reddy vd., 2004). Havzaların Rn değerleri 1.05-3.02 arasında değişmektedir. En düşük değer 1.havzada, en yüksek değer 10.havzada ölçülmüştür. Tüm havzalarda Rn değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum havzalarda erozyonun yüksek olduğunu kanıtlamaktadır (Tablo 4).

Akım toplanma zamanı (Tc)

Suyun havzanın en uzak noktasından havzanın çıkış noktasına ulaşması için geçen süreye akım toplanma zamanı denir (Verstappen, 1983). Alt havzalar için akım toplanma zamanının hesaplanmasında Kirpich (1940), tarafından önerilen formül kullanılmıştır. Buna göre alt havzalarda akım toplanma süresi 7-125 dakika arasında değişmektedir. 1 numaralı havzada suyun yukarı bölümden aşağı bölüme ulaşması için geçmesi gereken süresi en uzun olup, 125 dakikadır. 4. ve 7.havzalarda bu süre en kısa olup, 7 dakikadır. Havzalarda genelde Tc süreleri kısa olup, suyun menbadan mansaba çabuk ulaştığını göstermektedir (Tablo 4). Tc süresinin kısa olması, eğimin fazla olması ile doğrudan ilişkilidir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada 18 Temmuz 2019 tarihinde Düzce-Akçakoca ilçesi Esmahanım köyünde meydana gelen ve 7 kişinin ölümüne neden olan taşkın olayı meteorolojik veriler ve havza morfometrik özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Taşkın olayının afete dönüşmesinde, temmuz ayı yağışının yarıdan fazlasının 24 saat içerisinde düşmesinin etkisi büyük olmuştur. Taşkına yol açan durumlardan biri de yağıştan önce toprak nemliliğinin yüksek olmasıdır. Havza morfometrik özellikleri açısından yapılacak değerlendirmede; şekil

özellikleri havzaların uzunlamasına forma sahip oldukları görülmektedir. Langbein (1947) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre 1., 8. ve 9. havzalar dışında diğer havzaların Dd değerleri yüksektir. Havzalar için genel olarak akarsu sıklığı değerlerinin de yüksek olduğu söylenebilir. Analiz sonuçlarına göre özellikle ana havzanın kaynak bölümlerindeki alt havzalarda eğim, yükselti ve engebe fazladır. Havzaların büyük bir kısmında ortalama eğim değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Havzalarda engebelenin artması hem yüzeysel akış miktarını hem de yüzeysel akış hızını artırmış, infiltrasyonu ise azaltmıştır. Bu durum, yüzeyde akışa geçecek su miktarının fazlalaşmasına sebep olmuştur. 4., 8., 9., 10., 11. ve 12. havzalarda Hi değeri yüksek olup, Hc profili dışbükeydir. Bu sonuç, bu havzaların diğer havzalara göre daha genç ve erozyonun şiddetli olduğunu, sediman taşınımının yüksek olduğunu göstermektedir. 1., 7., 9., 10., 11. ve 12 numaralı havzalarda yarılanma derecesi indeksi değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum havza içerisinde erozif faaliyetlerin ve sediman taşınımının yüksek olduğunu gösteren başka bir sonuçtur. Yarılanmanın yüksek olması taşkın üzerinde, tehlikeyi artırıcı bir rol oynamaktadır. Alt havzalarda havza reliefi değerleri 432-829 arasında değişmektedir. Bu değerlere kısa mesafelerde erişilmesi taşkın duyarlılığını artırıcı bir özelliktir. Esmahanım Deresi Havzası'nda taşkınların afet boyutunda sonuçlara yol açmasında havzada meydana gelen kütle hareketlerinin de büyük etkisi olmuştur. Arazi çalışmalarında da özellikle Esmahanım ve çevresinde meydana gelmiş çok sayıda heyelan görüntülenmiştir. Heyelan kütlesi, dere yataklarına taşındığından, su taşıma kapasitesi azalmış, yan kollardan ana akarsuya ulaşan suyun taşınmasına sebep olmuştur. Afet boyutunda taşkınların görüldüğü çalışma alanında havza morfometrik özelliklerinin planlama çalışmalarında göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Çalışma alanında; drenaj yoğunluğunun yüksek olması, suyun kısa sürede toplanacağını, havza relief morfometrik özellikleri de erozyonun yüksek olduğunu göstermektedir. Bu nedenle;

1. Mikro havza bazında erozyonu önleyici çalışmalar yapılmalıdır.
2. Bu çalışmaların başında doğal bitki örtüsünün korunması ve güçlendirilmesi gerekmektedir.
3. Havzada yoğun olarak yaşanan heyelanlara karşı da önlemler alınmalıdır.
4. Fındık ve alternatif ürün tarımı için orman alanları tahrip edilmemeli ve tarım alanlarına dönüştürülmemelidir.
5. Havzalarda orman örtüsünün güçlendirilmesiyle yüzeysel akışa geçecek suyun, ana kola ulaşma süresi uzayacak ve su kütlesinin birden yükselmesi engellenecektir.
6. Özellikle Esmahanım ve Uğurlu köyünde dere yatağına yakın olan konutlar büyük zarar görmüştür. Bu nedenle yer seçiminde taşkın olasılığı dikkate alınmalıdır.
7. Taşkın ıslahı, taşkın zararlarına yol açacak şekilde yapılmamalıdır.

Kaynaklar

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), (2020), Afet Yönetimi Kapsamında 2019 Yılına Bakış ve Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- Ahmad, W., Nasir, M. J. ve Iqbal, J. (2020). Flash flood susceptibility modeling for drainage basins of Dir Lower Khyber-Pakhtunkhwa: A comparative analysis of morphometric ranking and El-Shamy's approach. *Proc. SPIE 11528, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XXII*, 115280E. <https://doi.org/10.1117/12.2573062>
- Ali, Sk. A., Parvin, F., Pham, Q. B., Vojtek, M., Vojteková, J., Costache, R., Linh, N.T. T., Nguyen, H.Q., Ahmed, A. ve Ghorbani, M. A. (2020). GIS-based comparative assessment of flood susceptibility mapping using hybrid multi-criteria decision-making approach, naïve Bayes tree, bivariate statistics and logistic regression: A case of Topľa basin, Slovakia. *Ecological Indicators*, 117, 106620.
- Altıparmak, S. ve Türkoğlu, N. (2018). Yakacık Çayı Havzası'nın (Hatay) Morfometrik Analizi, *DTCF Dergisi* 58 (1), 353-374.

- Altun, İ. E. ve Aksay, A. (2002). 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları Ereğli F26 Paftası, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Anderson, M. G. ve Burt, T. P. (1978). The role of topography in controlling throughflow generation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 3(4), 331-344.
- Apaydın, A. (2021). 22 Ağustos 2020 Tarihli Taşkına Neden Olan Dereli Deresi (Giresun) Havza Analizleri, Taşkın Nedenleri ve Sonuçları. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11 (2), 392-425, Doi: 10.31466/kfbd.908878
- Aravinda, P. T. ve Balakrishna, H. B. (2013). Morphometric analysis of Vrishabhavathi watershed using remote sensing and GIS. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(8), 514-522.
- Ardel, A., Kurter, A. ve Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji Tatbikatları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Ede. Fak. Coğ. Enst. Yayınları.
- Atalay, İ. (2018). *Uygulamalı Hidroğrafya*. İzmir: Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Avcı, V. ve Sunkar, M. (2015). Giresun'da Sel ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi Havzalarının Morfometrik Analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (30), 91-119.
- Avcı, V. ve Sunkar, M. (2018). Bulancak'ta (Giresun) Sel ve Taşkın Olaylarına Neden Olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Derelerinin Morfometrik Analizleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 28 (2), 15-41. Doi: 10.18069/firatsbed.460907
- Baduna Koçyiğit, M. ve Akay, H. (2018). Morfometrik parametreler yardımıyla havzada muhtemel taşkın riskinin tahmin edilmesi: Akçay Havzası örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33 (4), 1321-1332. Doi: 10.17341/gazimmfd.416429
- Bayazıt, M. (1979). *Hidroloji*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bishop, V. ve Prosser, R. (2001). *Water resources: Process and management*. London: Collins Educational.
- Bogolomov, L. A. (1963). Topograficeskoe deshifrirovaniije prirodnogo landsafta na aero-nimkov, *Gosgeol-tekhizdat, JPRS*, 17-771.
- Bryndal, T., Franczak, P., Krocak, R., Cabaj, W. ve Kolodziej, A. (2017). The impact of extreme rainfall and flash floods on the flood risk management process and geomorphological changes in small Carpathian catchments: A case study of the Kasiniczanka river (Outer Carpathians, Poland). *Natural Hazards*, 88(1), 95-120.
- Carlston, C. W. (1963). *Drainage density and streamflow*. United States Department of the Interior, Geological Survey Professional Paper No:422-C
- Chandrashekar, H., Lokesh, K. V., Sameena, M., Roopa, J. ve Ranganna, G. (2015). GIS-based morphometric analysis of two reservoir catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *Aquatic Procedia, Proc. Int. Conf. On Water Resources, Coastal and Ocean Engineering (Mangalore) vol 4 ed G S Dwarakish (Elsevier Procedia)*, 1345-1353.
- Costa, J. E. (1987). Hydraulics and basin morphometry of the largest flash floods in the conterminous United States. *Journal of hydrology*, 93(3-4), 313-338.
- Dubey, S. K., Sharma, D. ve Mundetia, N. (2015). Morphometric Analysis of the Banas River Basin Using the Geographical Information System, Rajasthan, India. *Hydrology*, 3(5), 47-54.
- Düzce AFAD İl Müdürlüğü (2019). Esmahanım Taşkınına ait fotoğraflar ve istatistiki veriler, Düzce AFAD İl Müdürlüğü, Düzce.
- Ege, İ. ve Avsever, D. (2022). Sille Çayı Havzası'nın (Konya) Morfometrik Özelliklerinin CBS İle Belirlenmesi. *Gelecek Vizyonlar Dergisi*, 6(2), 40-63.
- Elbaşı, E. ve Özdemir, H. (2018). Marmara Denizi Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi. *Coğrafya Dergisi*, (36), 63-84. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iucografya/issue/37715/418790>
- Erginal, A. E. ve Cürebal, İ. (2007). Soldere Havzası'nın Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım: Jeomorfik İndisler İle Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 203-210. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/susbed/issue/61793/924141>
- Erkal, T. ve Taş, B. (2020). *Jeomorfoloji ve İnsan Uygulamalı Jeomorfoloji* (2.Baskı). İstanbul: Yeditepe Yayınevi.
- Erol Görür, A. ve Karadeniz, C. (2018). Morfometrik parametrelerin havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 19(4), 447-454. Doi: 10.18182/tjf.476776

- Erten, A. ve Gürbüz, A. (2018). Dalaman Çayı Drenaj Havzası'nın Morfometrik İndisler Kullanarak Hidrolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, VII. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, 18-21 Eylül 2018, Eskişehir Teknik Üniversitesi, 905-910.
- Esen, F. (2022). Ayancık Çayı Havzası'nda (Sinop) meydana gelen taşkın olaylarının havza morfometrisi açısından değerlendirilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 47, 233-257 . Doi: 10.32003/igge.1126933
- ESRI (2022). Environmental Systems Research Institute
- Gedik, İ. ve Aksay, A. (2002). 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları Adapazarı G25 Paftası, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara
- Gopinath, G., Nair, A. G., Ambili, G. K. ve Swetha, T. V. (2016). Watershed prioritization based on morphometric analysis coupled with multi criteria decision making. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(2), Article Number:129.
- Gottschalk, L. C. (1964). Reservoir Sedimentation. In *Handbook of Applied Hydrogeology*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Gravelius, H. (1914). Grundrifi der Gesamten Gewässerkunde. Band I: Flufikunde. Compendium of Hydrology, vol. I. Rivers. *German. Goschen, Berlin*.
- GSI. (1991). *Geological and Mineralogical Map of Karnataka & Goa*. India: Geological Survey of India.
- Harita Genel Komutanlığı (HGK), (2001), 1/25.000 Ölçekli Topoğrafya Haritaları F25 c3, F26 d4, G25 b2 ve G26a1 Paftaları, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Hema, H. C. ve Govindaiah, S. (2012). Morphometric analysis using remote sensing and GIS techniques in the subwatersheds of Kanakapura watershed, Arkavathi river basin, Ramanagar district, Karnataka, India. *Environ Geochem*, 15(2), 47-56.
- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Eos, transactions american geophysical union*, 13(1), 350-361.
- 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.
- Hoşgören. M. Y., (2004). *Hidroğrafyanın Ana Çizgileri-1*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Işık, F., Bahadır, M. ve Çağlak, S. (2018). Artvin İlinde Yağışın Mekânsal Dağılışı Üzerine Bir Deneme, Schreiber Formülü, *Uluslararası Artvin Sempozyumu*, 18-20 Ekim 2018, Artvin.
- İmamoğlu, A. (2020). Alaca Çayı Havzası Erozyon Durumunun Morfometrik Ölçümler ile İlişkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18 , 868-878 . DOI: 10.31590/ejosat.710987
- İnandık, H. (1955). Adapazarı Bölgesinin iklimi ve bitki örtüsü. *Türk Coğrafya Dergisi*, (13-14), 125-140.
- Keller, E. A. ve Pinter, N. (2002). *Active tectonics: Earthquakes, uplift, and landscape*. Prentice-Hall, Upper Saddle River.
- Kirkby, M. J. ve Chorley, R. J. (1967). Throughflow, overland flow and erosion. *Hydrological Sciences Journal*, 12(3), 5-21.
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil engineering*, 10(6), 362.
- Kütükçü, A., Kaya, Ş., Kabdaşlı, S. ve Gazioğlu, C. (2015). Nehir Havzalarının Morfolojik Karakteristiklerinin CBS Destekli Nümerik Modeller Kullanılarak Analizi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VIII Sempozyumu*, 177-182, 21-23 Mayıs Konya.
- Langbein, W. B. (1947). *Topographic characteristics of drainage basins*. United States Department of Interior, USGS Water Supply Paper, 947-C. 157 p
- Melton, M. A. (1957). *An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology*. Columbia Univ, Department of Geology, Technical Report, No: ONR-11, New York.
- Melton, M. A. (1965). The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona. *The Journal of geology*, 73(1), 1-38.
- Mesa, L. M. (2006). Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucuman, Argentina). *Environmental Geology*, 50, 1235-1242.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2020), Düzce ve Akçakoca Sıcaklık ve Yağış Verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara
- Mirzaei, S., Vafakhah, M., Pradhan, B. ve Alavi, S. J. (2021). Flood susceptibility assessment using extreme gradient boosting (EGB), Iran. *Earth Science Informatics*, 14, 51-67.
- MTA Genel Müdürlüğü (MTA), (2002), 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Zonguldak Paftası, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

- Obeidat, M., Awawdeh, M. ve Al-Hantouli, F. (2021). Morphometric analysis and prioritisation of watersheds for flood risk management in Wadi Easal Basin (WEB), Jordan, using geospatial technologies. *Journal of Flood Risk Management*, 14(2), e12711.
- Pangali Sharma, T. P., Zhang, J., Khanal, N. R., Prodhon, F. A., Nanzad, L., Zhang, D. ve Nepal, P. (2021). A Geomorphic Approach for Identifying Flash Flood Potential Areas in the East Rapti River Basin of Nepal. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(4), 247.
- Pareta, K. ve Pareta, U. (2012). Quantitative geomorphological analysis of a watershed of Ravi River Basin, HP India. *Int J Remote Sens GIS*, 1(1), 47-62.
- Patton, P. C. ve Baker, V. R. (1976). Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. *Water resources research*, 12(5), 941-952.
- Pehlivan, Ş., Bilginer, E. ve Aksay, A. (2002). 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları Adapazarı G26 Paftası, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara
- Pekcan, N. (2000). Düzce-Akçakoca Bölgesinin Jeomorfolojisi. *Filiz Kitabevi, İstanbul*.
- Pérez-Peña, J. V., Azañón, J. M. ve Azor, A. (2009). CalHypso: An ArcGIS extension to calculate hypsometric curves and their statistical moments. Applications to drainage basin analysis in SE Spain. *Computers & Geosciences*, 35(6), 1214-1223.
- Rai, P. K., Mishra, V. N. ve 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.
- Rai, P. K., Chandel, R. S., Mishra, V. N. ve Singh, P. (2018). Hydrological inferences through morphometric analysis of lower Kosi river basin of India for water resource management based on remote sensing data. *Applied Water Science*, 8, Article number:15.
- Reddy, G. P. O., Maji, A. K. ve Gajbhiye, K. S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6(1), 1-16.
- Sarma, P. K., Sarmah, K., Chetri, P. K. ve Sarkar, A. (2013). Geospatial study on morphometric characterization of Umtrew River basin of Meghalaya, India. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 5(8), 489-498.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646.
- Shrivatra, J. R., Manjare, B. S. ve Paunikar, S. K. (2021). A GIS-based assessment in drainage morphometry of WRJ-1 watershed in hard rock terrain of Narkhed Taluka, Maharashtra, Central India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 22.
- Singh, S. (1998). *Physical Geography*. Allahabad, India: Prayag Pustak Bhawan.
- Singh, Sarvesh. ve Singh, M. B. (1997). Morphometric analysis of Kanhar river basin. *National geographical Journal of india*, 43(1), 31-43.
- Singh, S. ve Dubey, A. (1994). *Geoenvironmental planning of watersheds in India*. Allahabad: Chugh Publications.
- Soni, S. (2017). Assessment of morphometric characteristics of Chakrar watershed in Madhya Pradesh India using geospatial technique, *Appl Water Sci*, 7, 2089–2102 Doi. 10.1007/s13201-016-0395-2
- Speight, J. G. (1980). The role of topography in controlling throughflow generation: A discussion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 5(2), 187-191.
- Sreedevi, P. D., Subrahmanyam, K. ve Ahmed, S. (2005). Integrated approach for delineating potential zones to explore for groundwater in the Pageru River basin, Cuddapah District, Andhra Pradesh, India. *Hydrogeology Journal*, 13, 534-543.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological society of America bulletin*, 63(11), 1117-1142.
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel net work. In: Chow, V., Ed., *Handbook of Applied Hidrology*, McGraw Hill Newyork, 4-76.
- Sukristiyanti, S., Maria, R. ve Lestiana, H. (2018). Watershed-based Morphometric Analysis: A Review. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, (118).
- Taha, M. M., Elbarbary, S. M., Naguib, D. M. ve El-Shamy, I. Z. (2017). Flash flood hazard zonation based on basin morphometry using remote sensing and GIS techniques: A case study of Wadi Qena basin, Eastern Desert, Egypt. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8, 157-167.
- Timur, E. ve Aksay, A., (2002). 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritaları Ereğli F-24-F25 Paftası, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara

- Tribhuvan, P. R. ve Sonar, M. (2016). Morphometric analysis of a Phulambri river drainage basin (Gp8 Watershed), Aurangabad district (Maharashtra) using geographical information system. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 5(6), 1813-1828.
- Tufa, F. G. ve Feyissa, T. A. (2018). Morphometric Analysis of Kito and Awetu Sub Basins Jimma, Ethiopia, *American Journal of Water Science and Engineering*, 4(3), 80-90.
- Turoğlu, H. (1997). İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım. *Türk coğrafya Dergisi*, 32, 355-364.
- Turoğlu, H. (2007). Flood and flash floods analysis for Bartın River Basin. *International River Basin Management Congress, Proceeding*, 1-14.
- URL-1, EM-DAT Public (<https://public.emdat.be/mapping>). Erişim tarihi 15/05/2021
- URL-2, MGM (https://mgm.gov.tr/FILES/genel/raporlar/2019Meteorolojik_AfetlerDegerlendirmesi.pdf) Erişim Tarihi 20/05/2021
- URL-3, <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea66e/ch08.htm>) Erişim Tarihi 25/02/2021
- Uzun, A. (2007). Doğu Karadeniz kıyı kuşağında coğrafi yapı ve sel ilişkisi. *5-7 Aralık 2007 TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı* içinde, 387-393.
- Üzülmez, M. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Morfometrik Analize Bir Örnek: Suat Uğurlu Baraj Gölü Çevresi. *Amasya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (ASOBİD)*. 6, 225-253.
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied geomorphology: Geomorphological surveys for environmental development*. Amsterdam: Elsevier.
- Vinutha, D. N. ve Janardhana, M. R. (2014). Morphometry of The Payaswini Watershed, Coorg District, Karnataka, India, Using Remote Sensing and GIS techniques. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(5), 516-524.
- Wentworth, C. K. (1930). A simplified method of determining the average slope of land surfaces. *American journal of science*, 5-20(117), 184-194.