



Araştırma Makalesi / Research Article

HİDROMORFOMETRİK ANALİZLERLE ESMAHANIM DERESİ HAVZASININ TAŞKIN DUYARLILIğININ BELİRLENMESİ

Flood Susceptibility Assessment through Hydromorphometric Analysis of Esmahanım River Basin

Ali Osman KAMUŐA, Ayőe Atalay DUTUCU^b

^a Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Sakarya
ali.kamus2024@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-1491-0593>

^b Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sakarya
aatalay@sakarya.edu.tr  <https://orcid.org/0000-0002-8602-8172>

Makale Tariğesi

Geliő 30 Eylül 2022

Kabul 17 Nisan 2023

Article History

Received: 30 September 2022

Accepted: 17 April 2023

Anahtar Kelimeler

Taőkin Duyarlılığı, ArcHydro, Hidromorfometrik Analizler, Esmahanım Deresi, Coğrafı Bilgi Sistemleri

Keywords

Flood Susceptibility, ArcHydro, Hydromorphometric Analysis, Esmahanım River, GIS

Atıf Bilgisi / Citation Info

Kamuş, A.O. & Atalay Dutucu, A. (2023). Hidromorfometrik Analizlerle Esmahanım Deresi Havzasının Taőkin Duyarlılığının Belirlenmesi / Flood Susceptibility Assessment through Hydromorphometric Analysis of Esmahanım River Basin, Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches 2023 (11): 1-21.

doi: 10.46453/jader.1182773

ÖZET

Çalışma alanını oluşturan Esmahanım Deresi havzası Düzce'nin Akçakoca, Cumayeri ve Çilimli ilçeleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Söz konusu çalışma alanında çeşitli tarihlerde meydana gelen taőkinlarda maddi ve manevi zararlar oluőmuőtur. Bu çalışmanın amacı hidromorfometrik analizlerle Esmahanım Deresi havzası ve alt havzalarına ait taőkin duyarlılık sınıflandırmasının yapılmasıdır. Çalıőmada yersel çözünürlüğü 12,5 m olan 2008 tarihli ALOS (PALSAR) sayısal yükselti verisinden elde edilen Sayısal Yükselti Modeli (SYM) verisi kullanılmıştır. Analizlerin yapılmasında Arc-GIS 10.5 yazılımı Mekansal Analiz araç kutusu içinde yer alan Hidroloji aracından yararlanılmıőtır. Esmahanım Deresi alt havzası, Gübi alt havzası ve Küpler alt havzasından oluşan 3 alt havza çeşitli hidromorfometrik analizlere tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarına göre alt havzalar kendi aralarında taőkin duyarlılığı bakımından kıyaslanmıőlardır. Elde edilen sonuçlara göre Gübi alt havzasında taőkin duyarlılığı yüksek iken, Esmahanım alt havzasında orta, Küpler alt havzasında ise taőkin duyarlılığı düşük çıkmıőtır. Taőkin duyarlılığının yüksek ve orta olduğu Esmahanım ve Gübi alt havzalarında planlanan beőerl faaliyetlerde bu durumun göz önüne alınarak uygulamaların yapılması önem arz etmektedir.

ABSTRACT

Esmahanım Stream Basin, which constitutes the study area, is located within the borders of Akçakoca, Cumayeri and Çilimli districts of Düzce. Material and moral damages occurred in the floods that occurred on various dates in the study area. The aim of this study is to make flood susceptibility classification of Esmahanım Stream basin and its sub-basins by hydromorphometric analysis. In the study, the local resolution is 12,5 m Digital Elevation Model (DEM) data obtained from ALOS (PALSAR) digital elevation data of 2008, was used. The Hydrology tool in the Spatial Analysis toolbox of the Arc-GIS 10.5 software was used for the analysis. Esmahanım Stream sub-basin, Gübi sub-basin and Küpler sub-basin were subjected to various hydromorphometric analyzes. According to the results of the analysis, sub-basins were compared among themselves in terms of flood susceptibility. According to the results obtained, while the flood sensitivity was high in the Gübi Basin, it was moderate in the Esmahanım Sub-Basin and low in the Küpler Basin. It is important to take this situation into account in the planned human activities in Esmahanım and Gübi basins, where flood sensitivity is high and moderate.

© 2023 Jeomorfoloji Derneği / Turkish Society for Geomorphology
Tüm hakları saklıdır / All rights reserved.

1.GİRİŐ

Taőkin, őiddetli sağanak yaęıőlar neticesinde akışa geçen suyun kanalından çıkip taőması veya miktarca fazla su kütlesinin akarsuyun

mecrasından taőarak kontrolsüzce çevredeki alanlara yayılması olarak nitelendirilir. Meteorolojik, topoğrafik ve antropojenik pek

çok faktörün etkilediği taşkınlar sonucunda çeşitli derecelerden can ve mal kayıpları ortaya çıkabilmektedir. Böyle bir durumda taşkınlar doğal afet olarak nitelendirilmektedir.

Son yıllarda giderek artan bir şekilde etkisini hissettiren iklim değişikliğiyle beraber daha sık yaşanmaya başlayan taşkınlar dünyada ciddi can ve mal kayıplarına neden olan doğal tehlikelerin başında gelmektedir (Tonbul ve Sunkar, 2008; Özşahin, 2013; Duong ve Gourbesville, 2016; Rentschler ve Salhab, 2020; Tellman vd., 2021; CRED, 2022). İklim elemanlarından özellikle yağışın türü, zaman ve süresindeki değişmelere bağlı olarak taşkınlar daha sık yaşanmakta ve geniş alanları etkisi altına almaktadır (Özey, 2011; Fural vd., 2019). Dünya nüfusun yaklaşık 1.47 milyarlık kesimi (%19) taşkın yaşanma ihtimali olan bölgelerde yaşamlarını sürdürmektedir (Rentschler ve Salhab, 2020). Her yıl 106 milyon insanı etkileyen taşkın olaylarının (PBL, 2018) artması ve 2030 yılına gelindiğinde sadece akarsu kaynaklı taşkınlara maruz kalan insan sayısının bile 132 milyona yükselmesi beklenmektedir. Bununla beraber akarsu taşkınlarına bağlı olarak meydana gelen afetlerde hasar gören kentsel mülklerin sayısının üç kat artacağı, 157 milyar dolar olan ekonomik kaybın ise yaklaşık 535 milyar dolara çıkacağı öngörülmektedir (Kuzma ve Luo, 2020).

Taşkınların oluşmasında arazinin fiziki coğrafya özelliklerinin yanında beşeri faktörlerin de etkisi göz ardı edilmeyecek büyüklüktedir (Rentschler ve Salhab, 2020). Taşkın oluşumuna neden olan faktörler gözönüne alındığında (Turoğlu, 2005; Turoğlu ve Özdemir, 2005; Özcan, 2006; Şen, 2009; Dölek, 2013; Avcı ve Sunkar, 2015) Türkiye sel ve taşkınlar için uygun koşullara sahip bir ülkedir. Afet boyutuna ulaşan taşkınların sıklıkla yaşanması bu yargıyı desteklemektedir. AFAD (2020) istatistiklerine göre ülkemizde sadece 2019 yılında toplam 499 sel/taşkın olayı meydana gelmiştir. Neden olduğu zararlar, ölümler ve ekonomik kayıplar göz önüne alındığında taşkınlar, riskli alanların belirlenerek önleme çalışmalarının ivedilikle yapılması gereken bir doğa olayıdır.

Son yıllarda, UA (Uzaktan Algılama) ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) araçları aracılığıyla taşkın tehlike ve taşkın duyarlılık analizleri birçok araştırmacı tarafından yapılmakta ve bu

analizlerde yüksek oranda doğruluk sağlanmaktadır (Fekete, 2009; Pradhan vd., 2009; Bates, 2012; Wanders vd., 2014; Cürebal vd., 2016; Nikoo vd., 2016; Khosravi vd., 2016; Rahmati vd., 2016). Taşkın çalışmalarında analitik hiyerarşi süreci (Chen vd., 2011), frekans oranı (Pradhan vd., 2009), kanıt ağırlıkları (Tehrany vd., 2014), bulanık mantık (Pierdicca vd., 2010), yapay sinir ağları (Kia vd., 2012), destek vektör makineleri (Tehrany vd., 2015), uyarlanabilir nöro bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) (Bui vd., 2018), biyocoğrafya tabanlı optimizasyon ve BAT algoritmaları (Ahmadlou vd., 2018) gibi yöntemlerden faydalanılmaktadır (Das, 2019).

Hidromorfometrik analizler, akarsu havzalarının hidrolojik ve morfometrik özelliklerinin belirlenmesinde araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan yöntemlerdir (Biswas vd., 1999; Waikar ve Nilawar, 2014; Bogale, 2021). Morfometrik analizler esas alınarak taşkın duyarlılığının belirlendiği pek çok çalışma bulunmaktadır (Mahmood ve Rahman, 2019; Adnan vd., 2019; Jothimani vd., 2021; El-Rawy vd., 2022; Hasanuzzaman vd., 2022). Ülkemizde de hidromorfometrik analizler çerçevesinde taşkınları ele alan çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Özdemir, 2011; Utlu ve Özdemir, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019; Koçyiğit vd., 2021; Coşkun ve Öztürk, 2022). Özdemir (2011), genel olarak havzaların morfometrik özelliklerinin meydana gelen taşkınlar ile ilişkisini ortaya koymuştur. Utlu ve Özdemir (2018), Biga Çayı havzasında meydana gelen uzun süreli taşkınların nedenlerinin havza ve alt havzaların morfometrik özellikleri çerçevesinde incelenmesini ve taşkın üretme potansiyelini ele almıştır. Turoğlu ve Aykut (2019), Ergene Nehri'nin 14 alt havzasında hidromorfometrik parametreler kullanılarak taşkın duyarlılığını belirlemiştir. Koçyiğit vd. (2021), Doğu Akdeniz havzası ani taşkın potansiyelini morfometrik analizler yardımıyla incelemiştir. Coşkun ve Öztürk (2022), Ermenek Çayı havzası ve Gökçay havzasının morfometrik analiz parametreleri çerçevesinde karşılaştırılmalı olarak değerlendirmiştir.

Çalışma alanı olarak belirlenen Esmahanım Deresi havzası, Büyük Melen Çayı'nın yan kollarından biridir. Esmahanım Deresi Havzası ve komşu havzalarda sel ve taşkın afetinin sık

sık yaşandığı bilinmektedir (Tablo 1). 2019 yılında meydana gelen taşkın sonucunda Akçakoca'da bulunan Uğurlu, Esmahanım, Dilaver ve Davutağa köyleri yüksek oranda etkilenmiş, can kayıpları ile beraber maddi hasarlar meydana gelmiştir (Taş ve Ceylan, 2020; Şekil 2). Meydana gelen bu afet nedeniyle Esmahanım köyünde 7 kişi hayatını kaybetmiştir. Ayrıca yol ve ulaşım yapıları zarar

görmüş, binalarda çeşitli derecelerden hasarlar olmakla birlikte pekçok konut yıkılmış, çoğu findıklık olan binlerce dekar tarım arazisi tahrip olmuş, yüzlerce küçükbaş ve büyükbaş hayvan ve binlerce kümes hayvanı telef olmuştur (İMO, 2019; Şekil 1). Gelecek dönemlerde de aynı bölgede taşkınların yaşanması kuvvetle muhtemeldir.

Tablo 1: Araştırma sahası ve yakın çevresinde meydana gelen sel/taşkın olayları / **Table 1:** Flood events occurring in the research area and its immediate surroundings.

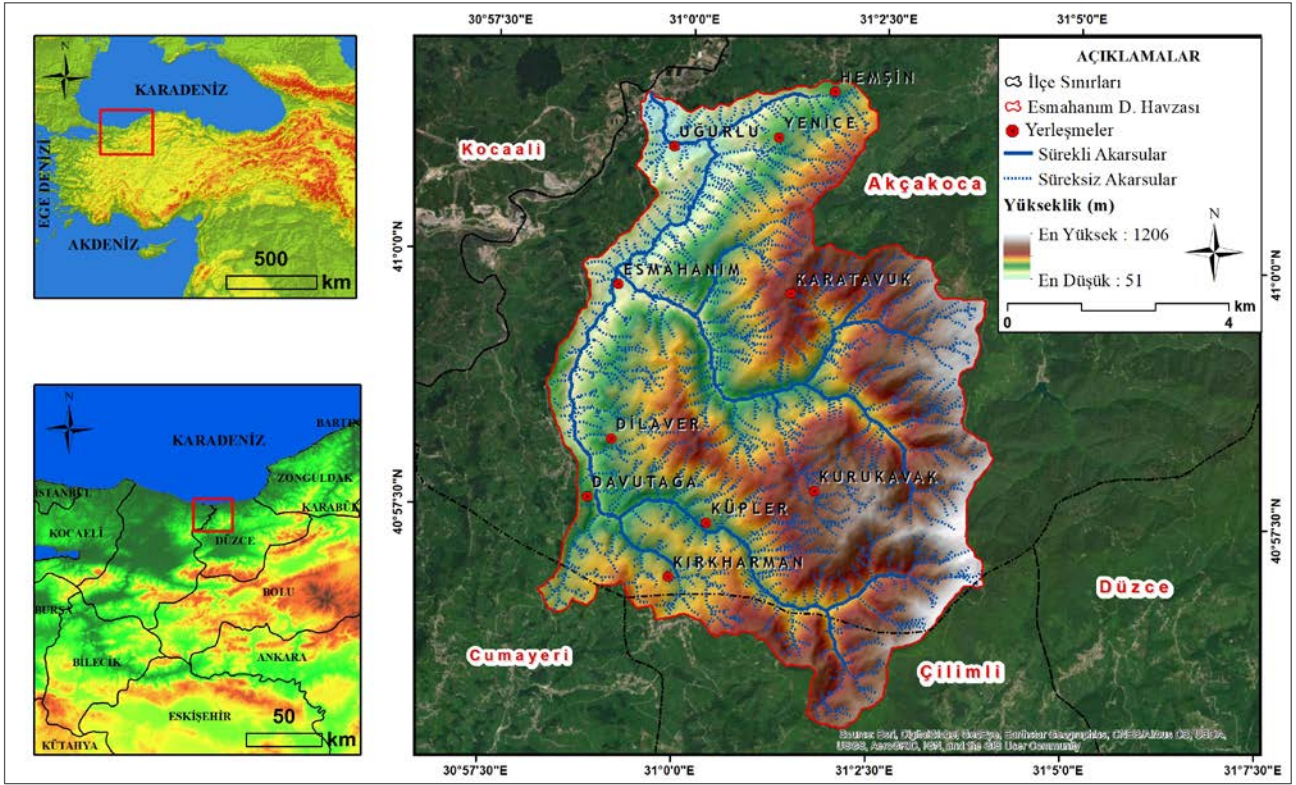
İlçe	Yerleşim	Akarsu Adı	Tarih
Kaynaşlı	Kaynaşlı		10.05.1974
			12/25.07.1995
			27.05.1998
			21.12.2005
Merkez	Hacılısüleymanbey		15.07.1965
Eften	Efteni Gölü	Efteni Gölü çevresi	15.07.1965
Adaköy		B. Melen	15.07.1965
Karasu		Karasu	15.07.1965
Merkez		Uğursuyu	15.07.1965
Merkez		Asarsuyu	15.07.1965
Merkez		K. Melen	15.07.1965
Merkez	Merkez	Uğursuyu	20.06.1972
Yığılca	Merkez	Ahmetçiler	23.07.1998
Akçakoca	Akçakoca		04.11.2006
Gümüşova	Merkez		18.06.1998
			24.05.1998
Gümüşova	Adaköy		20.05.1998
Akçakoca-Cumayeri	Esmahanım köyü	Kıran	17/18. 07.2019
			07.07.2021

Kaynak: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı 2019'dan güncelleştirilerek.



Şekil 1: 17-18 Temmuz 2019 Yılında Yaşanan, 7 Kişinin Hayatını Kaybettiği Taşkın ve Sel Afetinin Gerçekleştiği Köylere Ait Görüntüler, a-c-d) Esmahanım Deresi, b) Dilaver Deresi (İMO, 2019).

Figure 1: Images of the villages where the flood and flood disasters in which 7 people lost their lives, occurred on July 17-18, 2019, a-c-d) Esmahanım Stream, b) Dilaver Stream (İMO, 2019).



Şekil 2: Çalışma Alanının Lokasyon Haritası / **Figure 2:** Location map of Research Area.

İnceleme alanının başlıca akarsuyunu Esmahanım Deresi oluşturmakla birlikte havza, ana akarsuya bağlanan birçok yan koldan oluşan bir akarsu ağına sahiptir. Gübi Deresi, Küpler Deresi ve Esmahanım Deresi alt havzası olarak 3 alt havzaya ayrılan havzanın toplam alanı yaklaşık olarak 61,6 km²'dir. Havzadaki toplam kol uzunluğu 205,9 km olmakla birlikte havzadaki ana akarsu kolu uzunluğu 19,7 km'dir.

Yükseltinin 51- 1206 metre arasında değiştiği araştırma sahasında yükselti batıdan doğuya doğru artmaktadır (Şekil 3).

Bir sahanın yükselti, eğim vb. jeomorfolojik özellikleri meydana gelmesi muhtemel hidrometeorolojik afetlerin türü üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Turoğlu ve Özdemir, 2005; Özcan, 2006; Özdemir, 2007). Bir akarsu havzasında taşkın için en fazla risk oluşturan sahalara akış hızının yavaş olduğu düz ve az eğimli alanlardır. Çalışma alanında eğim değerleri 0°-68° arasında değişkenlik

göstermektedir. Ortalama havza eğimi 19,1° iken 0°-2° arasındaki çok az eğimli (düz) sahalara yaklaşık %1'lik bir alan kaplamaktadır. Söz konusu eğim grubuna dahil araziler, Esmahanım Deresinin ağız kısmına tekabül eden taşkın ovasıdır (Şekil 4, Şekil 5). Havzadaki en fazla alana sahip eğim sınıfı havzanın güneydoğusu hariç sıklıkla gözlenen 2°-15° ve 15°-25° arasındaki az eğimli ve hafif eğimli olan sahalardır. Bu eğim grupları toplam alanın %75'ini oluşturmaktadır (Şekil 4).

En fazla yağışın cephesel faaliyetlerin de yoğunlaştığı sonbaharda (%32) en az yağışın (%18) ise ilkbahar mevsiminde düştüğü araştırma sahasında yıllık toplam yağış ortalaması (1959-2022) 1092,53 mm'dir (MGM, 2022). Koçman (1993)'ünün yağış rejimi sınıflandırılmasına göre Karadeniz tipi yağış rejimine giren Esmahanım Deresi havzasının 1959-2022 yılları arasındaki yıllık sıcaklık ortalaması ise 13,2 °C'dir (MGM, 2022).

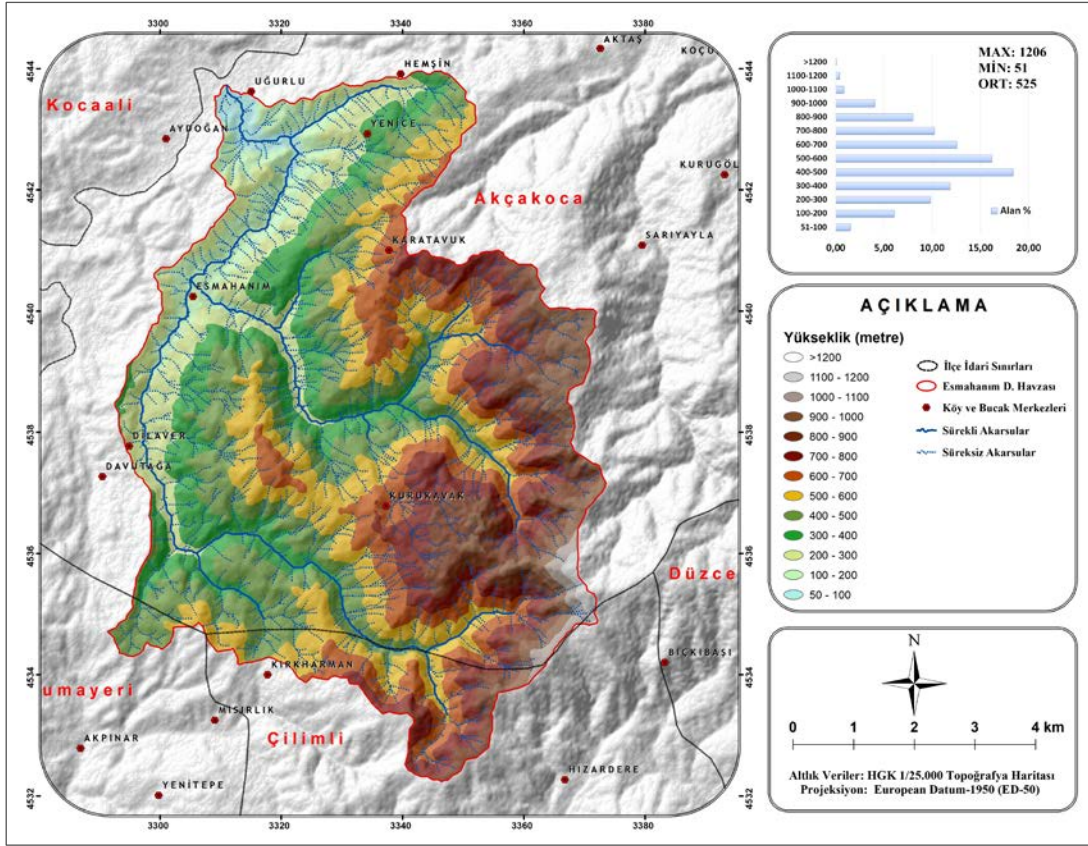
2. VERİ ve YÖNTEM

Çalışma alanının çeşitli jeomorfolojik ve hidromorfometrik özelliklerini ortaya koyabilmek için birçok araştırmacı (Turoğlu ve Aykut (2019), Arabameri vd. (2020), Alam vd. (2021), Jothimani vd. (2021), Coşkun ve Öztürk

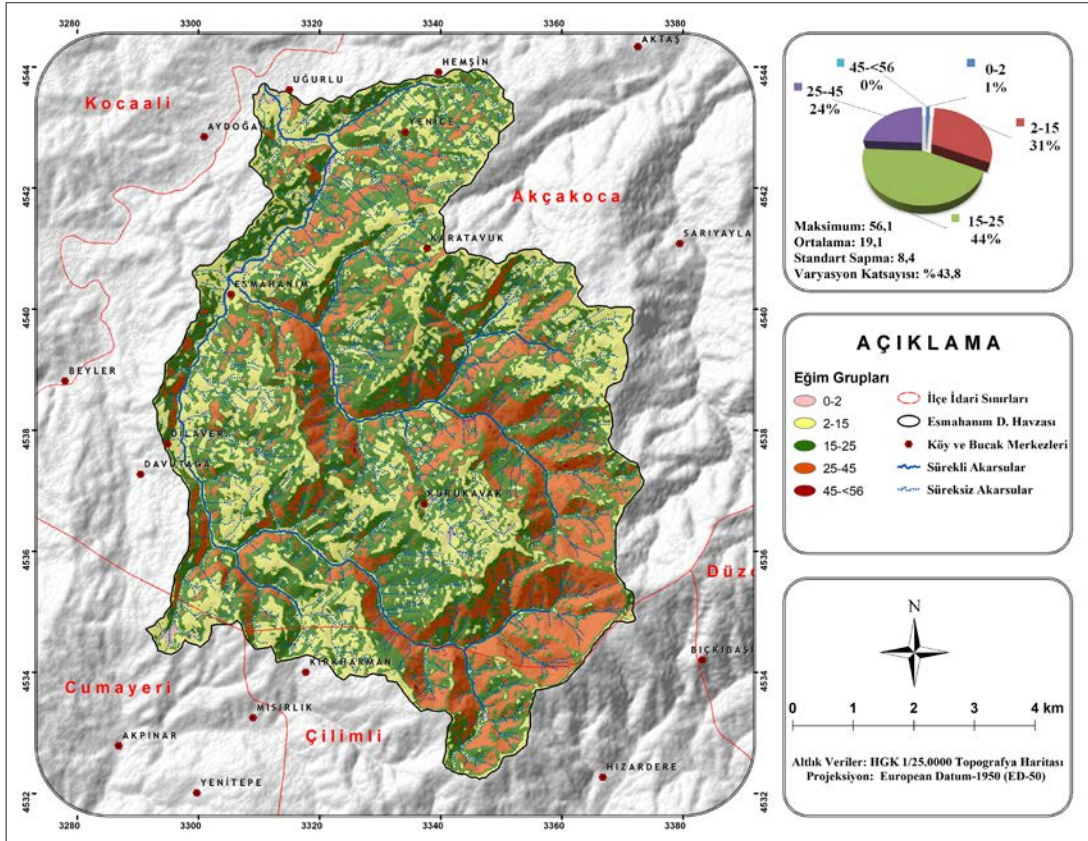
(2022) vb.) tarafından da tercih edilen ALOS DEM verisi kullanılmıştır. Bu veri Japon Uzay Araştırma Ajansı (JAXA) ve Japon Kaynakları Gözlem Sistemi (JAROS) tarafından geliştirilen ve idaresi sağlanan Advanced Land Observing

Satellite (ALOS)-Aşamalı donanımlı L-band tipindeki sentetik açıklıklı radar (PALSAR) adlı uydudan elde edilen 12,5 metre yersel

Çözünürlüğe sahip 2008 tarihli Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) verisidir (ALOS, 2022; Tablo 2).



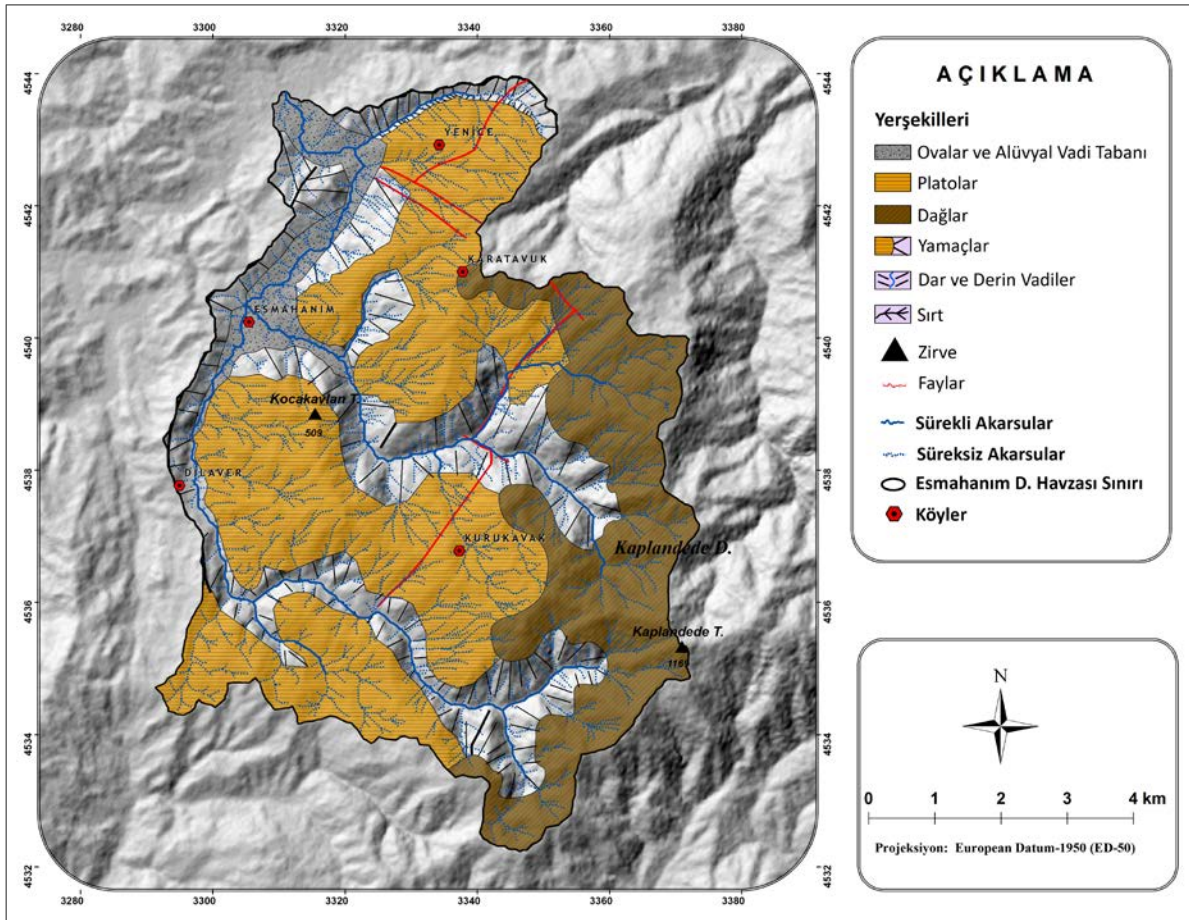
Şekil 3: Esmahanım Deresi Havzası Yükselti Basamakları Haritası / Figure 1: Esmahanım Stream Basin Elevation Levels Map



Şekil 4: Esmahanım Deresi Havzasının Eğim Haritası / Figure 2: Slope Map of Esmahanım Stream Basin.

Tablo 2: ALOS-PALSAR Algılayıcısının Teknik Özellikleri (MTA, 2023) / **Table 2:** Technical Specifications of ALOS-PALSAR Sensor (MTA, 2023).

İşletmeci	JAXA	
Fırlatma Tarihi	2006	
Zamansal Çözünürlük	46 Gün	
Frekans	L-bandı (1.27GHz)	
Gözlem Modu	Yüksek Çözünürlük	SCAN SAR
Polarizasyon	HH, VV, HH & HV, VV&VH	HH, VV
Çözünürlük	10m (Görüntü M)	100m (Tarama SAR M)
Görüntü Sayısı	2	8
Tarama Genişliği	70 km	100m (Tarama SAR M)
Off – Nadir Açısı	10 - 51 derece	

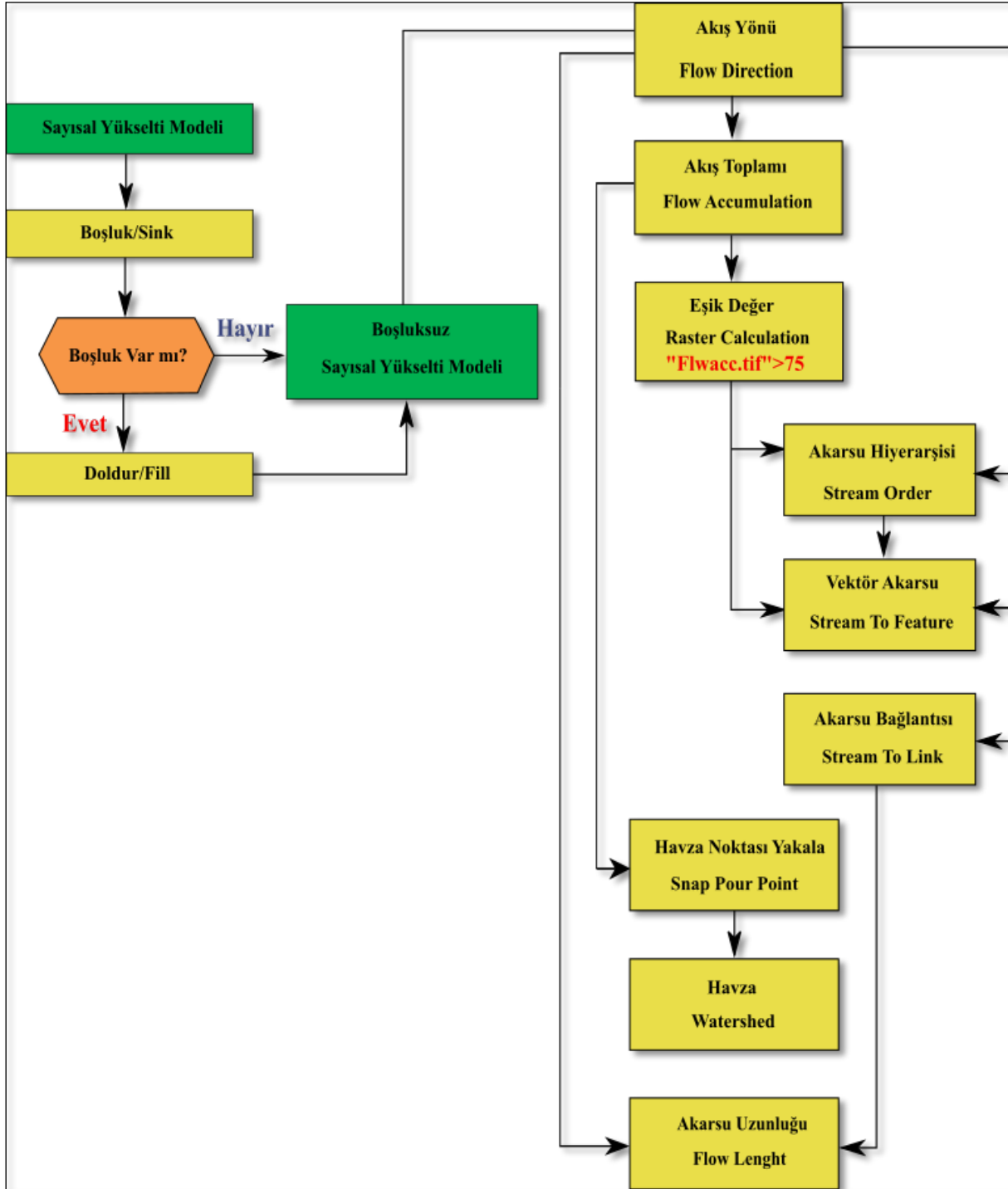
**Şekil 5:** Esmahanım Deresi Havzasının Jeomorfoloji Haritası / **Figure 3:** Geomorphology Map of Esmahanım Stream Basin.

Söz konusu veri CBS yazılımlarından biri olan, ArcGIS 10.5 ortamında Mekansal Analiz (Spatial Analysis) araç kutusu içinde yer alan Hidroloji (Hydrology) aracı kullanılarak analize tabi tutulmuştur. Havzaya ilişkin yapılan hidroloji analizinde topoğrafyaya ait SYM verisindeki düzensizlikler doldur (fill) aracıyla giderilmiştir. Sonraki aşama olan doğal akış yönleri, (flow direction) aracıyla D8 yöntemi esas alınarak belirlenmiştir (O'Callaghan ve Mark, 1984; Jenson ve Domingue, 1988; Demirkesen, 2003; Özdemir, 2007; Rahman vd., 2010; Utlü ve

Özdemir, 2018). Akış toplamının belirlenmesinde ise "flow accumulation" aracı kullanılmıştır. Elde edilen akış toplamı raster verisine "raster calculator" aracı kullanılarak "Flwacc.tif">75 piksel eşik değeri uygulanmıştır. Bu değer ile birlikte kurumuş akarsular ve küçük kollarında akarsu ağına dahil edilmesi sağlanmıştır. Sonraki aşamada raster formatındaki drenaj ağı, "stream order" aracıyla Strahler (1957) yöntemi esas alınarak dizinlere ayrılmıştır. Elde edilen raster veri "stream to feature" aracı kullanılarak vektör veri

formatına dönüştürülmüştür. Son olarak ana kola bağlanan alt havzaların çıkış noktaları "snap pour point" aracıyla tayin edilerek alt

havzalar "watershed" aracıyla belirlenmiştir (şekil 6, şekil 7).



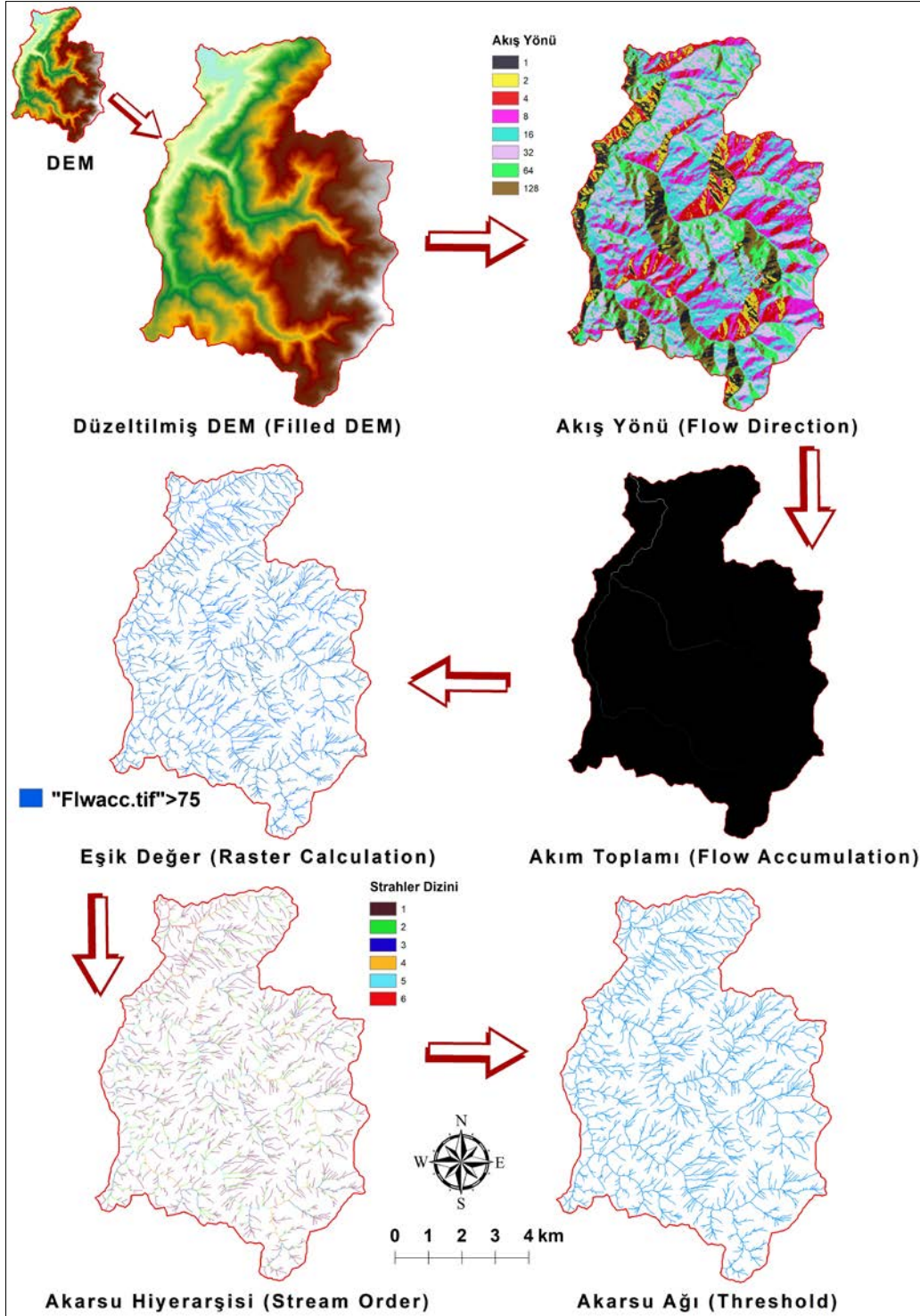
şekil 6: Hidrolojik Analizlerin Akış Grafiği / Figure 6: Flow chart of Hydrological Analysis.

Toplamda 6 dizin ile sınıflandırılan havzanın 6. dizinini Esmahanım Deresi oluşturmaktadır. Alt havzaların belirlenmesinde ise 5. dizin esas alınmıştır (Koçyiğit ve Akay, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019; Koçyiğit vd., 2021; şekil 8). Bu

doğrultuda 3 alt havzadan en büyüğü Gbi Deresi alt havzası iken en küçük alt havza ise Esmahanım Deresi alt havzasıdır (Tablo 3).

Tablo 3: Havzanın Akarsu Ağı ve Morfometrik Parametreleri / **Table 3:** Stream Network and Morphometric Parameters of the Basin.

Havzalar	Çevre Uzunluğu (km)	Alanı (km ²)	Havza Uzunluğu (km)	Maksimum Yükseklik (m)	Minimum Yükseklik (m)	Akarsu Dizinleri (Nu)						Toplam Dizin Sayısı	Toplam Dizin Uzunluğu (km)
	(P)	(A)	(L)	(H _{max})	(H _{min})	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	(ΣN _{ij})	(ΣL)
Esmahanım A.H.	15,54	10,09	4,14	631	51	170	40	7	1	-	1	219	67,44
Gübi A.H.	24,25	25,75	7,97	1177	147	469	108	25	5	1	-	608	155,72
Küpler A.H.	31,31	25,74	9,67	1206	147	441	96	18	3	1	-	559	148,63
Havza Genelí	41,30	61,58	12,03	1206	51	1080	244	50	9	2	1	1386	371,8

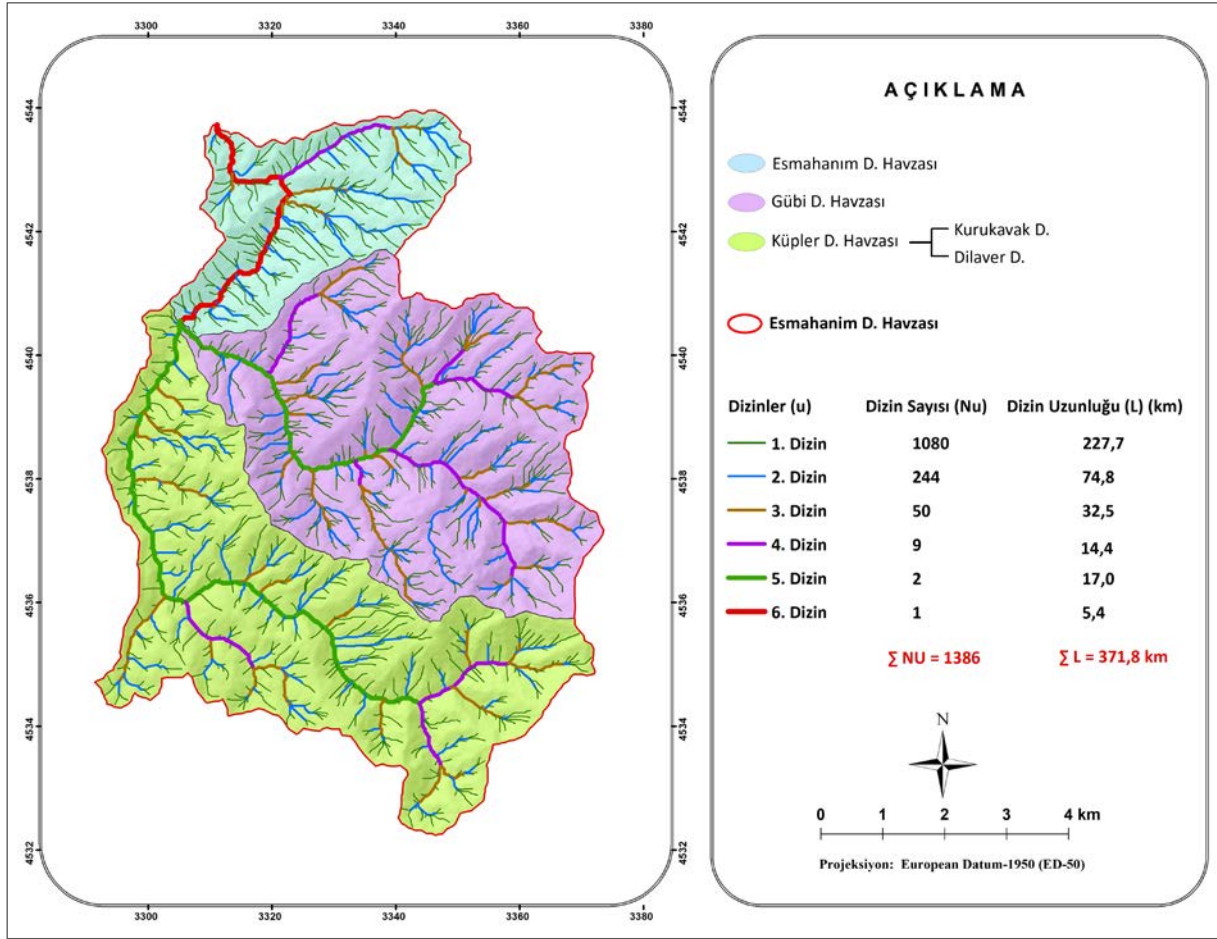
**Şekil 7:** Hidrolojik Analiz İşlem Adımları / **Figure 7:** Hydrological Analysis Processes.

Tablo 4: Morfometrik Parametreler ve Hesaplanmasında Kullanılan Formüller / **Table 4:** Morphometric Parameters and Formulas Used in Calculation.

Çizgisel Morfometri (Linear Morphometry)	Formül	Açıklama	Kaynak
Çatallanma Oranı (R_b)	$R_b = \frac{N_U}{N_{U+1}}$	N_U : Toplam dizin sayısı N_{U+1} : Bir sonraki toplam dizin sayısı	
Akarsu Uzunluk Oranı (R_L)	$R_L = \frac{L_U}{L_{U+1}}$	L_U : Toplam dizin uzunluğu (m) L_{U+1} : Sonraki toplam dizin uzunluğu (m)	(Patton, 1988)
Tekstür Oranı (T)	$T = \frac{N_{u1}}{P}$	N_{u1} : 1. Dizinlerin toplam sayısı P : Havza çevre uzunluğu (km)	(Horton, 1945)
Alansal Morfometri (Areal Morphometry)	Formül	Açıklama	Kaynak
Drenaj Yoğunluğu (D_d)	$D_d = \frac{\sum L}{A}$	$\sum L$: Toplam akarsu uzunluğu (km) A : Havza alanı (km ²)	(Horton, 1932, 1945)
Akarsu Sıklığı (F_s)	$F_s = \frac{N_U}{A}$	N_U : Toplam dizin sayısı A : Havza alanı (km ²)	(Horton, 1932, 1945)
Havza Şekli-Form Faktörü (R_f)	$R_f = \frac{A}{(L_b)^2}$	A : Havza alanı (km ²) L_b : Havza uzunluğu (km)	(Horton, 1932)
Uzunluk Oranı (R_e)	$R_e = \frac{2}{L_m} * \left[\frac{A}{\pi} \right]^{0,5}$	L_m : Havza çevre uzunluğu (km) A : Havza alanı (km ²)	(Schumm, 1956)
Rölyef Morfometrisi (Relief Morphometry)	Formül	Açıklama	Kaynak
Havza Rölyefi (B_h)	$B_h = H_{max} - H_{min}$	H_{max} : Maksimum yükselti (m) H_{min} : Minimum yükselti (m)	(Schumm, 1956)
Rölyef Oranı (R_h)	$R_h = \frac{B_h}{L}$	B_h : Havza rölyefi L : Maksimum havza uzunluğu (m)	(Schumm, 1956)
Engebelilik Değeri (R_n)	$R_n = B_h * D_d$	B_h : Havza rölyefi D_d : Drenaj yoğunluğu	(Schumm, 1956)
Akım Toplanma Zamanı (T_c)	$T_c = 0,0195 * \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$	L : Maksimum havza uzunluğu (m) S : Havza eğimi	(Kirpich, 1940)
Hipsometrik İntegral (H_i)	$H_i = \frac{H_{ort} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$	H_{ort} : Ortalama yükselti (m) H_{max} : Maksimum yükselti (m) H_{min} : Minimum yükselti (m)	(Mayer, 1990; Pike ve Wilson, 1971)

Esmahanım Deresi havzasını oluşturan 3 alt havza için 12 hidromorfometrik analiz yapılmış ve analizler üç başlık altında gruplandırılmıştır. Bu analizler: Çizgisel morfometrik özellikleri ifade eden; Dizin Çatallanma Oranı (R_b), Akarsu Uzunluk Oranı (R_L), Tekstür Oranı (T), Alansal morfometrik özellikleri ortaya koyan; Drenaj Yoğunluğu (D_d), Akarsu Sıklığı (F_s), Form Faktörü-Havza Şekli (R_f), Uzunluk Oranı (R_e) ve Rölyef morfometrisini ifade eden; Havza Rölyefi (B_h), Rölyef Oranı (R_h), Engebelilik Değeri (R_n), Akım Toplanma Zamanı (T_c), Hipsometrik İntegral (H_i)'dir. Elde edilen hidromorfometrik

parametrelerin hesaplanmasında Tablo 4'de yer alan matematiksel denklemler kullanılmıştır. İnceleme alanına uygulanan analizler sonucunda hesaplanan değerler Tablo 5' te verilmiştir. Hesaplanan her bir hidromorfometrik parametreye ilişkin sonuçlar taşkın açısından değerlendirilmiş ve üç alt havza olduğu için 1-3 arasında değer verilerek "Sayısal Etki Tablosu" oluşturulmuştur (Tablo 6). Toplamda en yüksek ve en düşük değerler temel alınmış ve alt havzalar içerisinde duyarlılık seviyeleri tanımlanmıştır.



Şekil 8: Strahler Metodu ile Üretilmiş Akarsu Dizineri ve Alt Havzalar / **Figure 8:** Stream Indexes and Sub-Basins Generated by Strahler Method.

3. BULGULAR

3.1. Hidromorfometrik Analizler

3.1.1. Çizgisel Morfometri

Akarsu gelişim evreleri dikkate alındığında öncelikle ana yataktan başlayarak bir gelişimin olduğu gözlemlenmektedir. Birinci derece kolları oluşturan bu süreçten sonra zamanla ikinci, üçüncü ve diğer derecelerden yan kollar artan bir sıklıkla dallanarak gelişim gösterir (Turoğlu, 1997; Erinç, 2000).

Dizin Çatallanma Oranı (R_b): Strahler akarsu dizin sistemi temel alınarak bir dizindeki toplam dizin sayısının bir üst dizindeki toplam dizin sayısına bölünmesiyle elde edilir (Tablo 4). Bu işlem neticesinde elde edilen R_b değerlerinin ortalaması alınarak havza için bir değer belirlenir. Havzadaki veya dizin hiyerarşisindeki dizin sayılarına bağlı olarak bu değer değişkenlik gösterir. Bu durumda R_b değerinin değerlendirilmesi adına mutlak bir ölçüt yoktur, değerlendirme yapmak için diğer değerlerle

karşılaştırmak gerekir (Özdemir, 2011). Strahler (1964)'e göre keskin ve pik noktasının yüksek olduğu dar görünlü hidrograflarda R_b değeri düşük iken pik noktasının düşük olduğu geniş görünlü hidrograflarda bu değer yüksektir. Çalışma alanında ana akarsu havzasında ve alt havzalardaki çatallanma oranları 3,39-4,73 arasında değişmektedir. Bu çatallanma oranlarıyla araştırma sahası Verstappen (1983)'nin jeolojik anlamda homojen olarak nitelendirdiği değer sınıfı (3-5) içerisinde yer almaktadır. Alt havzalardaki dizin sayıları incelendiğinde genel olarak ilk ve ikinci dizinler arasındaki dizin farkının nispeten yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum havzada gully ve dar derin vadilerin çokça olduğunu ifade etmektedir. Bir diğer deyişle çatallanma oranları arttıkça gully ve dar-derin vadilerin sayısı da artmaktadır (Verstappen, 1983). Havza genelindeki dizin çatallanma oranı (R_b) 4,27 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak **3,39** ile en

düşük R_b değerine sahip olan Esmahanım Deresi alt havzası taşkın duyarlılığı yüksek bir havza iken, **4,73** ile en yüksek değere sahip Küpler Deresi alt havzasının taşkın duyarlılığı ise düşüktür (Tablo 5).

Akarsu Uzunluk Oranı (R_L): Bu değer bir dizinin toplam uzunluğunun bir sonraki dizinin uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir (Patton, 1988; Özdemir, 2011; Goudar, 2015) (Tablo 4). Akarsu kollarındaki uzunluk, suyun bu kollardaki tutulma oranı hakkında bizlere fikir vermektedir. Böylece üst dizinlerden gelen su miktarının alt dizinler tarafından ne ölçüde taşınabileceğinin anlaşılmasında önemli bir değerdir. R_L havza şekline göre farklı değerler alabilmektedir. Örneğin uzun ve dar havzalarda R_L değeri düşük çıkmaktadır. Bu durum suyun hızlı bir şekilde drene olduğu ve daha az tutulduğunu göstermektedir. Dairesel havzalarda ise bu oran yüksek çıkmakta ana kol üzerindeki su birikim yükü daha fazla artmaktadır (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). Havzadaki R_L değerleri göz önünde bulundurulduğunda **2,17** ile en yüksek değere, dolayısıyla en yüksek taşkın duyarlılığına sahip havza Küpler Deresi alt havzasıdır. Esmahanım alt havzası ise en düşük akarsu uzunluk oranı olan **1,71** değerine sahip olması nedeniyle taşkın duyarlılığı en düşük olan alt havzadır (Tablo 5).

Tekstür Oranı (T): En önemli hidromorfometrik analizlerden biri olarak kabul edilen tekstür oranı, havzanın litolojisine, zeminin sızma kapasitesine ve rölyef özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterir (Altaf vd., 2013; Rana vd., 2016). Bu değer, 1. dizinlerin toplam sayısının havza çevre uzunluğuna bölünmesi ile elde edilir (Horton, 1945; Biswas vd., 1999; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011; Tablo 4). T değerinin yüksek çıkması ana kola bağlanan 1. düzeydeki dizinlerin sayısının çok yani dizin sıklığının fazla olduğuna işarettir. Bu değer düşük çıkması ise dizin sıklığının az olduğunu göstermektedir (Özdemir, 2011; Rana vd., 2016; Turoğlu & Aykut, 2019). Havza şekline göre değişkenlik gösteren T değeri, dairesel görünüme sahip havzalarda yüksek; uzunlamasına bir görünüme sahip havzalarda düşük çıkmaktadır. Değer hakkında karar verebilme adına Smith (1950)'in drenaj yoğunluğuna bağlı olarak oluşturmuş olduğu T değeri ölçeği kullanılabilir. Beş farklı

sınıfa ayrılan bu ölçekte; $T < 2$ ise "çok geniş", $T = 2-4$ aralığında ise "geniş", $T = 4-6$ aralığında ise "orta", $T = 6-8$ arasında ise "dar", $T > 8$ ise "çok dar" drenaj dokusuna sahip olduğunu göstermektedir (Smith, 1950; Turoğlu & Aykut, 2019). Araştırma sahası içerisindeki en düşük T değerine sahip alt havza **10,94** değeri ile Esmahanım alt havzası iken en yüksek değere sahip havza ise **19,34** ile Gübi alt havzasıdır. Bu değerlere göre taşkın duyarlılığı en yüksek alt havza Gübi iken taşkın duyarlılığı en düşük olan alt havza ise Esmahanım alt havzasıdır (Tablo 5).

3.1.2. Alansal Morfometri

Drenaj Yoğunluğu (D_d): Havzanın akarsular tarafından ne ölçüde parçalandığını gösteren sayısal bir ifadedir. Toplam akarsu uzunluğunun havza alanına bölünmesiyle elde edilir (Verstappen, 1983; Baker vd., 1988; Turoğlu, 1997; Máčka, 2001; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2007; Tablo 4). Bu sayısal ifade arazinin parçalanmasında ciddi bir etkiye sahip olan jeolojik, iklimik, morfolojik ve bitki örtüsü özellikleri hakkında bizlere fikir vermesi bakımından önem arz eder (Verstappen, 1983; Baker vd., 1988; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011). Ayrıca drenaj yoğunluğu havzadaki sediment ve su çıkışını etkilemektedir (Máčka, 2001). Tüm bu nedenlerle drenaj yoğunluğu, yukarıda bahsi geçen yüzeysel akışı kontrol eden etmenlerin bir neticesi olarak görülebilir. Drenaj yoğunluğunun düşük olduğu havzalarda yüzeysel akışa geçen suların yeraltına sızdığını buna karşın yüksek değere sahip havzalarda ise aşındırma ve parçalama kaynaklı deformasyonun olduğuna işaret etmektedir (Melton, 1957; Patton, 1988; Özdemir, 2011). Yüksek sızma kabiliyetine sahip kayalardan müteşekkil arazilerde birim alanda akarsu yoğunluğu azalmakta, bu durum düşük D_d değerlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Tam tersi durumda yani geçirgenliğin azaldığı sahalarda ise yüzeysel akışın artmasına paralel olarak birim alandaki akarsu yoğunluğu artış göstermekte neticede D_d değeri de yüksek çıkmaktadır (Özdemir, 2011). Daha önce ifade edildiği üzere D_d değerlerindeki değişkenliğin tek nedeninin jeolojik ve morfolojik etkenler olduğunu düşünmek doğru değildir. Ayrıca nemli iklim koşulları gösteren bununla bağlantılı olarak da

bitki örtüsünün yoğun olduğu sahalarda infiltrasyona bağlı su kaybı artış göstermekte bu durumda D_a değeri düşük olmaktadır. Aksi durumda yani kuraklığın egemen olduğu sahalarda ise bu değer yüksektir (Melton, 1957; Özdemir, 2011). Keza Melton (1957) ve Bandara (1974) drenaj yoğunluğu ve Thornthwaite yağış etkinlik indisi arasında bir ilişki kurmuştur. Sonuç olarak yukarıdaki görüşü destekler nitelikte bir fikir ortaya koymuşlardır. Buna göre bitki örtüsü bakımından fakir ve kuraklığın egemen olduğu sahalarda drenaj yoğunluğunun (D_a) zirve yaptığını ifade etmişlerdir. Bu duruma ek olarak nemli bir iklimde sahip bol yağışlı alanlarda da vadi oluşumu fazla olduğu için drenaj yoğunluğu (D_a) yüksek çıkabilmektedir. Bahsi geöen her iki bölgedeki sediment yükü birikimi D_a değerine paralel olarak artmaktadır. Temel olarak özetlemek gerekirse drenaj yoğunluğu (D_a), havzadaki akarsu ağının morfolojik karakterini ve hidrolojik tepkisini ortaya koyan bir ifadedir. Çünkü D_a değerlerinin yükselmesi eğimli yamaöların artışını işaret ederken aynı zamanda yüzeysel akış uzunluğunun düşmesini ifade eder (Reddy vd., 2004). Araştırma alanı içerisinde en düşük D_a değerine sahip alt havza **5,78** değerine sahip alt havzası, en yüksek değere sahip havza ise **6,68** ile Esmahanım alt havzasıdır. Bu sonuçlara göre araştırma sahası içerisinde taşkın duyarlılığı en yüksek olan havza Esmahanım alt havzasıdır. Drenaj yoğunluğuna bağlı olarak taşkın duyarlılığı en düşük olan alt havza ise Küpler alt havzasıdır (Tablo 5).

Akarsu Sıklığı (F_s), havzadaki drenaj sisteminin gelişim seviyesinin bir göstergesidir. Havzadaki toplam dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilir (Horton, 1945; Tablo 4). Akarsu Sıklığı (F_s) değerlerinin yüksek olması yüksek rölyef özelliklerinin gözükteğü, bitki örtüsünün seyrek olduğu, geöirgen olmayan zemin koşullarını işaret etmektedir. Bunun tam dersi durumda ise geöirgen bir yapı ve alöak rölyef özellikleri söz konusudur (Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011). Bu durumda akarsu sıklığı ve drenaj yoğunluğu havzadaki drenaj dokusu hakkında genel bir kanıya varmamızda bizlere yardımcı olan başlıca hidromorfometrik unsurlardır. Melton (1957)'a göre öoğu zaman bu iki unsur arasında doğru orantı söz

konusudur. Fakat drenaj yoğunluğunun eşit olduğu durumlarda akarsu sıklıkları değişkenlik gösterebilir. Zira akarsu sıklığı (F_s) üzerinde drenaj yoğunluğu üzerinde etkili olan faktörlere ek olarak beşeri unsurların da etkisi söz konusudur (Hoşgören, 2001; Özdemir, 2011). Kısaca ifade etmek gerekirse akarsu sıklığı (F_s), bize topoğrafyanın yarılma seviyesi ve erozyonal süreçlerin tesiri hakkında bir fikir verir (Rana vd., 2016; Turoğlu ve Aykut, 2019). F_s değerinin yüksek çıkması yüksek akıma ve dolayısıyla yüksek taşkın potansiyeline işaret etmektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019). Gübi Deresi alt havzası **23,61** değerine sahip alt havza iken **21,70** değerine sahip alt havzası en düşük değere sahip alt havzadır. Dolayısıyla akarsu sıklığına bağlı olarak taşkın duyarlılığı en yüksek olan alt havza Gübi alt havzası iken, en düşük alt havza ise Esmahanım alt havzasıdır (Tablo 5).

Havza şekli-Form Faktörü (R_f), Havzanın şeklini ifade eden önemli indislerden biridir. R_f değerini azaldıköa havzanın uzun ve dar bir şekle sahip olduğu anlaşılmaktadır (Horton, 1932; Görür ve Karadeniz, 2018). Bu tip havzalarda ana akarsuya aralıklarla bağlanan yan kollar kısa boylu olma özelliği gösterir. Bu nedenle küçük su toplama havzasına sahip olan yan kollar, kısa sürede az miktardaki su kütlesini ana akarsuya aktarmaktadır. Bu tip drenaj ağı ani yağışlarla meydana gelen yüksek akımları aynı anda toplanmasını engellemektedir. R_f değerinin yüksek olduğu durumda ise havzanın şekli dairesel bir görünüm kazanmaktadır. Böylece nispeten büyük su toplama havzasına sahip olan uzun boylu yan kollar uzun bir süre taşıdığı yüksek miktardaki su kütlesini kısa aralıklarla ana kola aktarmaktadır. Bu durum ana akarsu üzerindeki su miktarını arttırarak taşkın oluşturma ihtimalini arttırmaktadır (Horton, 1932; Selby, 1985; Biswas vd., 1999; Bishop ve Prosser, 2001; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2007; Görür ve Karadeniz, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019). R_f değerini 0-1 arasında değişkenlik göstermektedir. Değerini 0'a yaklaşması dar ve uzun havzaları işaret ederken, 1'e yaklaşması ise dairesel havzalara işaret etmektedir (Horton, 1932). Bu bağlamda öalışma alanında alt havzalar içinde en yüksek R_f değerine sahip havza **0,59** ile Esmahanım alt havzası iken en düşük değere sahip havza ise

0,27 ile Küpler Deresi alt havzasıdır. Bu indise göre araştırma sahasındaki alt havzalar taşkın duyarlılığı yüksek olandan düşük olana doğru; Esmahanım, Gübi ve Küpler alt havzaları şeklinde sıralanmaktadır (Tablo 5).

Uzunluk Oranı (R_e): Havza maksimum uzunluğu ile havzayla aynı alana sahip bir dairenin çapının oranlanmasıyla hesaplanır (Schumm, 1956; Özdemir, 2011; Tablo 4). Bu değer havzanın infiltrasyon kapasitesi hakkında bilgi verir. Bununla birlikte yüzeysel akış hakkında da bilgi elde edinilebilir. İnfiltrasyonun düşük, yüzeysel akışın ise yüksek olduğu havzalarda R_e değerleri yüksek çıkar. Düşük R_e değerleri ise havzadaki aşınma ve sediment taşıma kabiliyetinin az olduğunu göstermektedir (Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2007). Ayrıca değer 1'e yaklaştıka havzanın daireselliği artar (Biswas vd., 1999; Özdemir, 2011). Sonuç olarak değer 1'e yaklaştıka taşkına duyarlılık artar (Turoğlu, 1997). En düşük R_e değerine sahip alt havza **0,18** değerine sahip Küpler Deresi alt havzası, en yüksek değere sahip havza ise **0,24** ile Gübi Deresi alt havzasıdır. Bu sonuçlara göre alt havzalar içerisinde taşkın duyarlılığı en yüksek olan Gübi alt havzası iken, en düşük olan ise Küpler alt havzasıdır (Tablo 5).

3.1.3. Rölyef Morfometrisi

Havza Rölyefi (B_h): Havzadaki en yüksek nokta ile en alçak nokta arasındaki farkı ifade etmektedir (Schumm, 1956; Tablo 4). B_h değerinin yüksek çıkması durumda havzada yükselti farkının çok, yamaçların dik, engebe ve akarsu yatak eğiminin fazla olduğu anlaşılmaktadır (Turoğlu ve Aykut, 2019). Buna bağlı olarak havzada akım toplanma süresi kısalmakta ve akım hızı artmaktadır. Netice olarak taşkın piki ve taşkın duyarlılığı artmaktadır (Özdemir, 2011). Havza genelinde B_h **1155** gibi oldukça yüksek bir rölyef değerine denk gelmektedir. Bu durum havzanın taşkına olan duyarlılığını gösteren önemli bir unsurdur. En düşük B_h değerine, dolayısıyla en düşük taşkın duyarlılığına sahip alt havza **580** ile Esmahanım alt havzası iken **1059** ile Küpler Deresi alt havzası en yüksek değere dolayısıyla en yüksek taşkın duyarlılığına sahip alt havzadır (Tablo 5).

Rölyef Oranı (R_h): Havza rölyefinin ana akarsuya paralel maksimum havza uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir (Schumm, 1956; Patton, 1988; Tablo 4). Bu değer ana yatağın yamaç eğimlerinin hangi ölçüde olduğu hakkında fikir verir (Turoğlu ve Aykut, 2019). Ayrıca havzanın en yüksek noktası ile ana akarsuyun en yüksek noktası arasındaki farkın çok az olduğu sahalarda ana akarsu eğiminin çıkarsamasında da kullanılabilir (Özdemir, 2011; Zavoianu, 2011). Rölyef oranı R_h , iklim faktörü ve bitki örtüsü ile birlikte havzadaki sediment kayıplarında önemli bir etkiye sahiptir (Özdemir, 2011). Schumm (1956) rölyef oranı R_h ve drenaj yoğunluğundan yola çıkarak uzunluk oranı, yatak eğimi ve asılı yük arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Morisawa'ya (1962) göre litolojik anlamda sade bir yapı gösteren sahalarda akarsu oluşumu bakımından elverişli koşullara sahiptir ve böyle sahalarda artan dizin sayısına bağlı olarak rölyef oranı R_h düşmektedir. Yüksek R_h değerleri yüksek topoğrafya ve dik yamaçlara işarettir, bu durumda akışa geçen suyun hızının artmasına bağlı olarak mansaba ulaşma süresi kısalmaktadır. Havzadaki R_h değerleri göz önünde bulundurulduğunda en yüksek değere sahip havza **0,14** değerine sahip Küpler Deresi alt havzasıdır. En düşük değer sahip olan alt havza **0,11** değerine sahip Küpler Deresi alt havzasıdır. Bu sonuçlara göre araştırma sahası içerisindeki alt havzalardan taşkın duyarlılığı en yüksek olan Esmahanım alt havzası, en düşük olan ise Küpler Deresi alt havzasıdır (Tablo 5).

Engebelilik Değerleri (R_n): Drenaj yoğunluğu ve havza rölyefinin çarpılmasıyla elde edilir (Melton, 1957; Tablo 4). Bir bakıma havzanın yarılma derecesini ortaya koymaktadır. Ayrıca sahadaki akım gravitesi, yüzeysel akış durumu, infiltrasyon ve erozyonel süreçler hakkında da fikir vermektedir (Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004). Yüksek R_n değerleri su kaybının az ve yüzeysel akışın fazla olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak havzanın sel potansiyeline sahip olduğunu da ifade etmektedir (Baker vd., 1988; Ritter vd., 1995; Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). R_n değerinin düşük çıkması halinde ise su kaybının artarak yüzeysel akışın azalması, buna bağlı olarak da taşkın duyarlılığının düşmesi söz konusudur. Alt havzalar içinde en yüksek R_n değerine sahip

havza 6,23 ile Gübi Deresi alt havzası iken en düşük değere sahip havza ise 3,88 ile Esmahanım alt havzasıdır. Bir başka ifade ile alt havzalar içerisinde taşkın duyarlılığı en fazla olan Gübi Deresi alt havzası iken en düşük olan Esmahanım Deresi alt havzasıdır (Tablo 5).

Akım Toplanma Zamanı (T_c): Havzanın mansaba en uzak olan noktasına düşen yağışın, havzanın deşarj olduğu çıkış noktasına kadar olan yolculuğunda geçen süreyi ifade eder (Kirpich, 1940; Mockus, 1961; Verstappen, 1983; Fang vd., 2007). Hidrolojik açıdan değerlendirildiğinde bu değer yüksek olması havza büyüklüğünün yanı sıra suyun havzada oyalandığına işaret etmektedir. Bu oyalanma topoğrafyadaki arızalar, eğim koşulları, zemin geçirimsizliği, bitki örtüsünün yoğun olması, şehirleşme vb. faktörlere bağlı olarak yüksek çıkabilir. Bilhassa şehirleşmenin yüksek olduğu ve zeminin asfalt-beton ile kaplandığı sahalarda suyun yeraltına sızma kabiliyeti azalmakta sonuç olarak su yüzeysel akışa daha çabuk geçmektedir. Burada suyun akışa geçtiği yatağın yapısı da önem arz eder. Doğal yatağa sahip yataklarda suyun oyalanma ve sızma miktarı artarken, sonradan ıslah edilmiş yapay

yataklarda yani kanallarda sızma kabiliyeti ve sürtünme direnci buna bağlı olarak akıştaki oyalanma süresi azalacaktır. Eğim miktarının fazla olduğu yataklarda su daha çabuk çıkış noktasına ulaşacağından T_c değeri azalmakta, taşkın duyarlılığı yükselmektedir (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). Ayrıca yan kollardaki T_c değerlerinin birbirine yakın olması ve mansap noktalarının ana kola bağlandığı kavşak noktaları arasındaki mesafenin az olması taşkın tehlikesini arttıran faktörlerdendir. Akım toplam süresini hesaplanmasında birçok yöntem kullanılmaktadır (Kirpich, 1940; Mockus, 1961; Chow, 1962; Kennedy ve Watt, 1969; Haktanır ve Sezen, 1990; NRCS, 1991; Sharifi ve Razaz, 2014). Kirpich (1940) metodu kullanarak hesaplanan değerler irdelendiğinde havza genelinde 118,00 dakika olan T_c değerinin en yüksek olduğu alt havza 79,91 dakika ile Küpler Deresi alt havzası iken, en düşük olan alt havza ise 34,10 dakika ile Esmahanım Deresi alt havzasıdır. Dolayısıyla akım toplanma zamanına göre taşkın duyarlılığı en yüksek olan havza Esmahanım Deresi alt havzası iken en düşük olan havza ise Küpler Deresi alt havzasıdır (Tablo 5).

Tablo 5: Alt Havzalara İlişkin Hidromorfometrik Parametre Analiz Sonuçları / Table 5: Hydromorphometric Parameter Analysis Results of Sub-Basins.

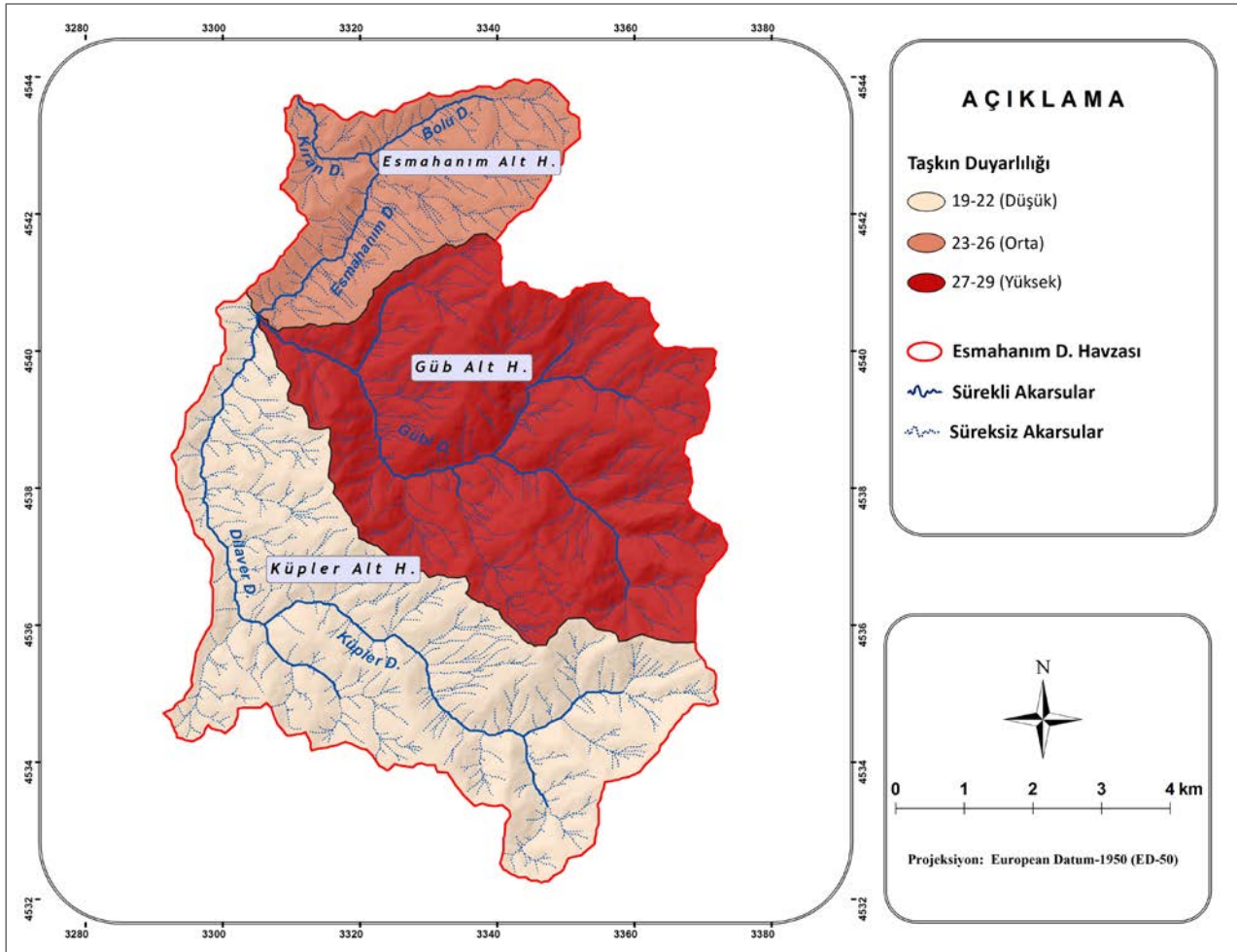
Çizgisel Morfometri (Linear Morphometry)	Esmahanım Alt Havzası	Gübi Alt Havzası	Küpler Alt Havzası
Çatallanma Oranı (Bifurcation ratio)	3,39	4,67	4,73
Akarsu Uzunluk Oranı (Length ratio)	1,71	2,05	2,17
Tekstür Oranı (Texture ratio)	10,94	19,34	14,08
Alansal Morfometri (Areal Morphometry)			
Drenaj Yoğunluğu (Drainage density)	6,68	6,05	5,78
Akarsu Sıklığı (Stream frequency)	21,70	23,61	21,72
Havza Şekli (Basin shape)	0,59	0,41	0,27
Uzunluk Oranı (Elongation ratio)	0,23	0,24	0,18
Rölyef Morfometrisi (Relief Morphometry)			
Havza Rölyefi (Basin relief)	580	1030	1059
Rölyef Oranı (Relief ratio)	0,14	0,13	0,11
Engebelilik Değeri (Ruggedness number)	3,88	6,23	6,12
Akım Toplanma Zamanı (Time of concentration)	34,10	52,44	79,91
Hipsometrik İntegral (Hypsometric integral)	0,40	0,46	0,36

Hipsometrik İntegral (H_i): Hipsometrik eğri altında kalan alanı temsil etmektedir (Strahler, 1952; Pinter ve Keller, 2002). Bu değer hesaplanırken havza yükseklik ortalamasından

havza minimum yüksekliği çıkarılır ve elde edilen değer havza rölyefine bölünür (Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990; Tablo 4). Hesaplamalar neticesinde çıkan değer ortalama

ve düşük olursa bu havzanın büyük oranda aşındırıldığına ve parçalandığına işaret etmektedir (Özdemir, 2011). Ayrıca bu değer göz önünde bulundurularak havzadaki yamaç gelişimi hakkında değerlendirmeler yapılabilmektedir (Andreani, 2014). H_i değerleri göz önünde bulundurularak arazinin hangi aşınım evresinde olduğu hakkında bilgi edinilebilir. Buna göre $H_i < 0,35$ ise “Yaşlılık”, $0,35 \leq H_i \leq 0,60$ ise “Olgunluk”, $H_i > 0,6$ ise “Gençlik” evresinde olduğunu göstermektedir (Singh vd., 2008). Taşkın duyarlılığı açısından ön plana çıkan safha “Olgunluk” safhasıdır (Turoğlu

ve Aykut, 2019). Havza genelinde 0,41 olan H_i değeri havzanın olgunluk safhasında olduğunu göstermekle birlikte, araştırma sahası içindeki tüm alt havzalar da taşkına karşı duyarlılığın yüksek olduğu olgunluk aşamasındadır. En yüksek H_i değerine sahip alt havza 0,46 ile Gübi alt havzası iken Küpler alt havzası 0,36 H_i değeri ile en düşük değere sahip alt havzadır (Tablo 5). Bu sonuçlar itibarıyla en yüksek taşkın duyarlılığına sahip alt havza Gübi alt havzası iken en düşük duyarlılığa sahip alt havza ise Küpler alt havzasıdır.



Şekil 9: Esmahanım Deresi Alt Havzaları Taşkın Duyarlılık Sınıflaması / **Figure 9:** Flood Susceptibility Classification of Esmahanım Stream Sub-Basins.

3.2. Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi

Toplam 12 farklı hidromorfometrik parametrenin işleme alındığı bu analizde alt havzaların taşkın duyarlılığı belirlenmiştir. Analize tabi tutulan alt havzalara 1-3 arasındaki değerler verilerek bir “Sayısal Etki Tablosu” oluşturulmuştur (Tablo 6). Bunun yapılmasındaki amaç toplam 3 alt havzanın taşkına duyarlılık derecesine göre kendi

aralarında sıralanmasıdır. Tablo 6’nın sonundaki toplam değerlerin yüksek çıkması taşkın duyarlılığının yüksek olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle her bir parametre değerlerinin toplanması sonucunda elde edilen en yüksek değer alt havzalar arasında taşkın duyarlılığının en fazla olduğu havzayı vermektedir.

Analiz sonucunda en yüksek değere sahip havzanın Gübi Deresi alt havzası olduğu görülmektedir. Bu durum taşkın duyarlılığı açısından en duyarlı havzanın Gübi Deresi alt havzası olduğunu göstermektedir. Bu havzayı sırasıyla Esmahanım ve Küpler alt havzaları takip etmektedir. Söz konusu havzaların duyarlılık seviyesinin belirlenmesine ilişkin duyarlılık sınıflandırılması yapılmıştır. Bu sınıf aralıkları temelde en düşük değere sahip alt havza ile en yüksek değere sahip alt havza arasındaki farkın 3 eşit aralıklı duyarlılık sınıfına ayrılmasıyla belirlenmektedir (Turoğlu & Aykut, 2019; Tablo 7). Yapılan analiz ve hesaplama

sonuçlarına göre 19-29 arasında değişen etki değerleri düşük, orta ve yüksek duyarlılık seviyelerine ayrılmıştır. Buna göre yüksek duyarlılık seviyesinde Gübi Deresi alt havzası bulunurken, düşük duyarlılık seviyesinde Küpler Deresi alt havzası bulunmaktadır. Esmahanım Deresi alt havzası ise orta duyarlılık seviyesinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan analizler neticesinde taşkın duyarlılığı açısından en duyarlı alt havzanın Gübi Deresi alt havzası olduğu, en düşük duyarlılığa sahip havzanın ise Küpler Deresi alt havzası olduğu saptanmıştır (Tablo 8; şekil 9).

Tablo 6: Hidromorfometrik Parametre Analiz Sonuçları İle Elde Edilen Sayısal Etki Tablosu / **Table 6:** Numerical Effect Table Obtained by Hydromorphometric Parameter Analysis Results.

Alt Havzalar	R_b	R_L	T	D_d	F_s	R_f	R_e	B_h	R_h	R_n	T_c	H_i	Σ
Esmahanım Alt Havzası	3	1	1	3	1	3	2	1	3	1	3	2	24
Gübi Alt Havzası	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	29
Küpler Alt Havzası	1	3	2	1	2	1	1	3	1	2	1	1	19

Tablo 7: Taşkın Duyarlılığı Seviye Aralıklarına Karşılık Gelen Duyarlılık Tanımları / **Table 7:** Sensitivity Definitions Corresponding to Flood Susceptibility Level Ranges.

Seviye Aralığı	Tanım
19-22	Düşük
23-26	Orta
27-29	Yüksek

Tablo 8: Esmahanım Deresi Alt Havzaları Taşkın Duyarlılık Sınıflaması / **Table 8:** Flood Susceptibility Classification of Esmahanım Stream Sub-Basins.

Alt Havzalar	Duyarlılık Değeri	Tanım
Küpler Alt Havzası	19	Düşük
Esmahanım Alt Havzası	24	Orta
Gübi Alt Havzası	29	Yüksek

4. SONUÇ

Çalışma alanı ve yakın çevresi sık sık sel ve taşkın olaylarının yaşandığı bir bölgedir. Esmahanım Deresi havzasında Temmuz 2019 ve Temmuz 2021 tarihlerinde gerçekteşen taşkınlarda can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Son yıllarda çalışma alanında gerçekteşen taşkınlara frekansının artması nedeniyle bu alanın incelenmesi gerekli görülmüştür. Bu çalışmada öncelikle Büyük Melen Çayı'nın yan kolu olan Esmahanım Deresi havzası 5. dizine göre alt havzalarına ayrılmıştır. Esmahanım alt havzası, Küpler alt havzası ve Gübi alt havzası olmak üzere toplam üç alt havza elde edilmiştir. Daha sonra bu alt havzalara çizgisel, alansal ve rölyef

morfolojisi başlıkları altında yer alan 12 hidromorfometrik analiz uygulanmıştır. Çalışma sahasının jeomorfolojik özelliklerine göre yapılan bu analizlerde maksimum yağış, frekans analizi, arazi kullanımı, hidrolik mühendislik uygulamaları gibi taşkın üretmede etkili olan diğer parametreler göz ardı edilmiştir.

Analiz sonuçlarına dayanarak bu havzaların kendi aralarında taşkın duyarlılıklarını kıyaslanmıştır. Üç farklı seviyede (düşük, orta, yüksek) taşkın duyarlılığının tanımlandığı araştırma alanında yapılan hesaplamalara göre; Küpler Deresi alt havzası düşük, Esmahanım Deresi alt havzası orta, Gübi Deresi alt havzası ise yüksek taşkın duyarlılığına sahiptir. Bir başka

ifadeyle tekstür oranı (T), akarsu sıklığı (Fs), uzunluk oranı (Re), engebelilik değeri (Rn) ve hipsometrik integral (Hi) parametrelerinin hepsine göre taşkın duyarlılığı yüksek olan Gübi Deresi alt havzasında potansiyel taşkın tehlikesi diğler havzalara göre nispeten daha fazladır. Sadece akarsu uzunluk oranı (Rl) ve havza rölyefi (Bh) parametrelerine göre taşkın duyarlılığı yüksek çıkan Küpler alt havzasında ise potansiyel taşkın tehlikesi diğler alt havzalara göre düşüktür.

Bu çalışma bir taşkın tehlike veya taşkın risk çalışması değildir. Ancak bu tür çalışmalar için temel teşkil etme potansiyeline sahiptir. Çalışmanın bu haliyle bölgesel-mahallî taşkın literatürüne katkı sağlayacağı, sonuçların paylaşılmasıyla yerel yönetimlere yapılacak coğrafi planlama ve havza yönetim çalışmalarında faydalı olacağı düşünülmektedir.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ali Osman KAMUŞ tarafından hazırlanan “Esmahanım Deresi Havzasının (Düzce) Taşkın Risk Analizi” adlı yüksek lisans tezinin bulgularından yararlanılarak oluşturulmuştur.

Çalışma boyunca değerli deneyimlerini, bilgi birikimini bizden esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Cercis İKİEL'e, çalışmamız için veri temini sağlayıp, değerli önerilerde bulunan Sayın Doç. Dr. Osman SÖNMEZ'e teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Adnan, M. S. G., Dewan, A., Zannat, K. E. & Abdullah, A. Y. M. (2019). The use of watershed geomorphic data in flash flood susceptibility zoning: a case study of the Karnaphuli and Sangu river basins of Bangladesh. *Natural Hazards*, 99(1), 425-448. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03749-3>

AFAD. (2020). Afet Yönetimi Kapsamında 2019 Yılına Bakış ve Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri.

Ahmadlou, M., Karimi, M., Alizadeh, S., Shirzadi, A., Parvinnejhad, D., Shahabi, H. & Panahi, M. (2018). Flood susceptibility assessment using integration of adaptive network-based fuzzy inference system (ANFIS) and biogeography-based optimization (BBO) and BAT algorithms (BA). *Geocarto Int.* 1–21. <https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1474276>

Alam, A., Ahmed, B. & Sammonds, P. (2021). Flash flood susceptibility assessment using the

parameters of drainage basin morphometry in SE Bangladesh. *Quaternary International*, 575, 295-307. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.047>

ALOS. (2022). ALOS (Advanced Land Observation Satellite). Earth Observation Research Center Japan Aerospace Exploration Agency. https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/index_e.htm

Altaf, F., Meraj, G. & Romshoo, S. A. (2013). Morphometric analysis to infer hydrological behaviour of Lidder watershed, Western Himalaya, India. *Geography Journal*. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/178021>

Andreani, L., Stanek, K. P., Gloaguen, R., Krentz, O. & Domínguez-González, L. (2014). DEM-Based analysis of interactions between tectonics and landscapes in the Ore Mountains and Eger Rift (East Germany and NW Czech Republic). *Remote Sensing*, 6(9), 7971-8001. <https://doi.org/10.3390/rs6097971>

Arabameri, A., Tiefenbacher, J. P., Blaschke, T., Pradhan, B. & Tien Bui, D. (2020). Morphometric analysis for soil erosion susceptibility mapping using novel gis-based ensemble model. *Remote Sensing*, 12(5), 874. <https://doi.org/10.3390/rs12050874>

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. <https://dergipark.org.tr/en/pub/iucografya/issue/25075/264657>

Baker, V., Kochel, R. & Patton, P. (1988). *Flood Geomorphology*. In: New York, John Wiley.

Bandara, C. M. (1974). Drainage density and effective precipitation. *Journal of Hydrology*, 21(2), 187-190. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(74\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(74)90036-5)

Bates, P.D. (2012). Integrating remote sensing data with flood inundation models: how far have we got? *Hydrol. Process*, 26 (16), 2515–2521. <https://doi.org/10.1002/hyp.9374>

Bishop, V. & Prosser, R. (2001). *Water resources: process and management*. London: Collins Educational.

Biswas, S., Sudhakar, S. & Desai, V. (1999). Prioritisation of Subwatersheds Based on Morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian society of remote sensing*, 27(3), 155-166. <https://doi.org/10.1007/BF02991569>

Bogale, A. (2021). Morphometric analysis of a drainage basin using Geographical Information System in Gilgel Abay Watershed, Lake Tana Basin, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Applied*

- Water Science, 11(7), 1-7. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01447-9>
- Bui, D.T., Panahi, M., Shahabi, H., Singh, V.P., Shirzadi, A., Chapi, K., Khosravi, K., Chen, W., Panahi, S., Li, S. & Ahmad, B.B. (2018). Novel hybrid evolutionary algorithms for spatial prediction of floods. *Sci. Rep.* 8 (1), 15364. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33755-7>
- Chen, Y.R., Yeh, C.H. & Yu, B. (2011). Integrated application of the analytic hierarchy process and the geographic information system for flood risk assessment and flood plain management in Taiwan. *Nat. Hazards* 59 (3), 1261–1276. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9831-7>
- Chow, V. (1962). Hydrologic Determination of Waterway Areas for The Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins.
- Coşkun, M. & Öztürk, A. (2022). Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının karşılaştırmalı morfometrik analizi. *Turkish Journal of Forestry*, 23(1),1-10. <https://doi.org/10.18182/tjf.1024569>
- Cürebal, İ., Efe, R., Özdemir, H., Soykan, A. & Sönmez, S. (2016). GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey). *Geocarto International*, 31(4),355-366. <https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1047411>
- CRED. (2022). 2021 Disasters in Numbers. CRED https://cred.be/sites/default/files/2021_EMDAT_rep_ort.pdf
- Das, S. (2019). Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 14, 60-74. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.02.006>
- Demirkesen, A. C. (2003). Sayısal Yükseklik Modellerinin Analizi ve Sel Basman Alanlarının Belirlenmesi. TUJK Yılı Bilimsel Toplantısı Poster Bildiri Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, 24-25.
- Dölek, İ. (2013). Muş'ta yaşanan sel ve taşkınlara neden olan doğal faktörlerin analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (28), 408-422. <https://dergipark.org.tr/en/pub/marucog/issue/475/3939>
- Duong, V. N. & Gourbesville, P. (2016). Model uncertainty in flood modelling. Case study at vu gia thu bon catchment-Vietnam. *Procedia Engineering*, 154, 450-458. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.537>
- El-Rawy, M., Elsadek, W. M. & De Smedt, F. (2022). Flash flood susceptibility mapping in Sinai, Egypt using hydromorphic data, principal component analysis and logistic regression. *Water*,14(15),24-34. <https://doi.org/10.3390/w14152434>
- Erinç, S. (2000). Jeomorfoloji I (Güncelleştirenler: Ahmet Ertek-Cem Güneysu). Der Yayınları, (284).
- Fang, X., Thompson, D. B., Cleveland, T. G. & Pradhan, P. (2007). Variations of time of concentration estimates using NRCS velocity method. *Journal of irrigation drainage engineering*, 133(4), 314-322. [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2007\)133:4\(314\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(314))
- Fekete, A. (2009). Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9 (2), 393–403. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-393-2009>
- Fural, ř., Cürebal, İ. & İnan, F. (2019). Elmalı'da (Antalya) yağışın tetiklediği sel taşkın ve çamur akıntısı afetlerinin jeomorfolojik analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 3, 49-61. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jader/issue/49634/633790>
- Goudar, M. (2015). Morphometric Analysis And Stream Network Characteristics in Gadag District. In *Integrated watershed development in Gadag district* (pp. 147-167). <http://shodhganga.inflibnet.ac.in/handle/10603/36306>.
- Görür, A. E. & Karadeniz, C. (2018). Morfometrik parametrelerin havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19(4), 447-454. <https://doi.org/10.18182/tjf.476776>
- Haktanır, T. & Sezen, N. (1990). Suitability of two-parameter gamma and three-parameter beta distributions as synthetic unit hydrographs in Anatolia. *Hydrological sciences journal*, 35(2), 167-184. <https://doi.org/10.1080/02626669009492416>
- Hasanuzzaman, M., Islam, A., Bera, B. & Shit, P. K. (2022). Flood susceptibility mapping using morphometric parameters and GIS. In *Spatial Modelling of Flood Risk and Flood Hazards*, 15-31. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-94544-2_2
- 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. (2001). Hidrografya 'nın Ana Çizgileri: Yeraltısuları-Kaynaklar-Akarsular. Çantay Kitapevi.

- İMO. (2019). (17-18 Temmuz 2019) Düzce Cumayeri ve Akçakoca Sel Felaketi Değerlendirme Raporu. Türkiye Mühendisler Odası.
- Jenson, S. K. & Domingue, J. O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric engineering remote sensing*, 54(11), 1593-1600. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=06a20725ae38b4dce81951bb230b197dd346daa>
- Jothimani, M., Dawit, Z. & Mulualem, W. (2021). Flood susceptibility modeling of Megech river catchment, lake tana basin, north western Ethiopia, using morphometric analysis. *Earth Systems and Environment*, 5(2), 353-364. <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00173-7>
- Kennedy, R. & Watt, W. (1969). The relationship between lag time and the physical characteristics of drainage basins in Southern Ontario.
- Khosravi, K., Nohani, E., Maroufinia, E. & Pourghasemi, H. R. (2016). A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran: a comparison between frequency ratio and weights-of-evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique. *Natural hazards*, 83(2), 947-987. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2357-2>
- Kia, M.B., Pirasteh, S., Pradhan, B. vd. (2012). An artificial neural network model for flood simulation using GIS: Johor River Basin, Malaysia. *Environ Earth Sci* 67, 251-264 (2012). <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1504->
- Kirpich, Z. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil engineering*, 10(6), 362.
- Koçman, A. (1993). Türkiye iklimi. Ege Üniversitesi.
- Koçyiğit, M. B. & Akay, H. (2018). Gökırmak Havzası'nda morfomerik parametreler kullanılarak ani taşkın potansiyelinin tahmini. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(4). http://indexive.com/uploads/papers/pap_indexive15938641462147483647.pdf
- Koçyiğit, M. B., Akay, H. & Babaiban, E. (2021). Temel bileşen analizi kullanılarak Doğu Akdeniz Havzası ani taşkın potansiyelinin morfometrik yaklaşımla değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(3), 1669-1686. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.829390>
- Kuzma, S. & Luo, T. (2020). The number of people affected by floods will double between 2010 and 2030. <https://www.wri.org/insights/number-people-affected-floods-will-double-between-2010-and-2030>
- Máčka, Z., 2001, Determination of texture of topography from large scale contour maps. *Geografski Vestnik*. 73(2):53-62.
- Mahmood, S. & Rahman, A. U. (2019). Flash flood susceptibility modeling using geo-morphometric and hydrological approaches in Panjkora Basin, Eastern Hindu Kush, Pakistan. *Environmental earth sciences*, 78(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-8041-y>
- Mayer, L. (1990). Introduction to quantitative geomorphology: an exercise manual. Prentice-Hall International, Inc. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19911959868>
- Melton, M. A. (1957). An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD0148373.pdf>
- Mockus, V. (1961). Watershed lag. US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, ES-1015, Washington DC.
- Morisawa, M. E. (1962). Quantitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau. *Geological society of America bulletin*, 73(9), 1025-1046. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1962\)73\[1025:QGOSWI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1962)73[1025:QGOSWI]2.0.CO;2)
- MGM. (2022). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara
- MTA (2023, 10 Kasım). PALSAR'ın başlıca özellikleri. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/birimler/uacbs-uydu-palsar adresinden 10 Kasım 2023 tarihinde erişilmiştir>.
- Nikoo, M., Ramezani, F., Hadzima-Nyarko, M. & Nyarko, E.K. (2016). Floodrouting modeling with neural network optimized by social-based algorithm. *Nat. Hazards*. 82 (1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2176-5>
- NRCS. (1991). Time of Concentration. *Engineering Hydrology Training Series Module 206A (0098-3004)*.
- O'Callaghan, J. F. & Mark, D. M. (1984). The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer vision, graphics, image processing*, 28(3), 323-344. [https://doi.org/10.1016/S0734-189X\(84\)80011-0](https://doi.org/10.1016/S0734-189X(84)80011-0)
- Özcan, E. (2006). Sel olayı ve Türkiye. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 26(1), 35-50. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gefad/issue/6754/90823>
- Özdemir, H. (2022). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi (Tez

- No: 215084) [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi].
Yök Tez Merkezi.
- Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar. Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel, 5, 457-474.
- Özey, R. (2011). Afetler Coğrafyası. Konya: Aktif Yayınevi.
- Özşahin, E. (2013). Arnavut'ta taşkın risk analizi. International Journal Of Eurasia Social Sciences, 12, 91-109. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijoes/issue/8530/105929>
- Patton, P. C. (1988). Drainage basin morphometry and floods. In Baker VR, Kochel RC ve P. PC (Eds.), Flood Geomorphology (pp. 51–65). John Wiley & Sons New York.
- PBL, (2018). The geography of future water challenges. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Pierdicca N., Pulvirenti L., Chini M., Guerriero L. & Ferrazzoli P. (2010). A fuzzy-logic-based approach for flood detection from Cosmo-SkyMed data. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International, pp. 4796–4798. DOI: 10.1109/IGARSS.2010.5650903
- Pike, R. & Wilson, S. (1971). Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. Geological society of America bulletin, 82(4), 1079-1084. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1971\)82\[1079:ERHIAG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1971)82[1079:ERHIAG]2.0.CO;2)
- Pinter, N. & Keller, E. (2002). Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape. In: Prentice Hall, Hoboken.
- Pradhan, B., Shafiee, M. & Pirasteh, S. (2009). Maximum flood prone area mapping using RADARSAT images and GIS: Kelantan river basin. International Journal of Geoinformatics, 5(2).<https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=24147608-8321-4510-b251-9e0a73af176c%40redis>
- Rahman, M., Arya, D. S. & Goel, N. K. (2010). Limitation of 90 m SRTM DEM in drainage network delineation using D8 method—a case study in flat terrain of Bangladesh. Applied Geomatics, 2(2), 49-58. <https://doi.org/10.1007/s12518-010-0020-2>
- Rahmati, O., Pourghasemi, H.R. & Zeinivand, H. (2016). Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golestan Province, Iran. Geocarto Int., 31 (1), 42–70. <https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1041559>
- Rana, N., Singh, S., Sundriyal, Y., Rawat, G. & Juyal, N. (2016). Interpreting the geomorphometric indices for neotectonic implications: An example of Alaknanda valley, Garhwal Himalaya, India. Journal of Earth System Science, 125(4), 841-854. <https://doi.org/10.1007/s12040-016-0696-8>
- Reddy, G. P. O., Maji, A. K. & Gajbhiye, K. S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach. International Journal of Applied Earth Observation Geoinformation, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2004.06.003>
- Rentschler, J. & Salhab, M. (2020). People in harm's way: Flood exposure and poverty in 189 countries. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-9447>
- Ritter, D., Kochel, R. & Miller, J. (1995). Process Geomorphology, Dubuque, William C. Brown Pub, 539.
- 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. [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)
- Selby, M. J. (1985). Earth's changing surface: an introduction to geomorphology. Oxford University Press. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=7982380>
- Sharifi, S. & Razaz, M. (2014). A New Methodology For Deriving Regional Time Of Concentration Equations Using GIS And Genetic Programming. https://academicworks.cuny.edu/cc_conf_hic/307/
- Singh, O., Sarangi, A. & Sharma, M. (2008). Hypsometric integral estimation methods and its relevance on erosion status of north-western lesser Himalayan watersheds. Water Resources Management, 22(11), 1545-1560. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9242-z>
- Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. American journal of Science, 248(9), 655-668.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological society of America bulletin, 63(11), 1117-1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions American Geophysical Union, 38(6), 913-920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In

- Chow VT (ed) Handbook of applied hydrology (pp. 4-40–44-74).
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1572824500442828288>
- Şen, Z. (2009). Taşkın afet ve modern hesaplama yöntemleri. Su Vakfı.
- Taş, M. A. & Ceylan, M. A. (2020). Melen ayı Havzası'nda 17-18 Temmuz 2019 tarihinde meydana gelen sel afetinin Uğurlu, Esmahanım, Dilaver ve Davutağa köylerine (Akçakoca) etkilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) yazılımlarıyla tespiti. Journal of International Social Research, 13(74).
<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=035f3caa-794d-40c1-ac8f-87a95870b640%40redis>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2019). Batı Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara
- Tehrany, M.S., Pradhan, B. & and Jebur, M.N. (2014). Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS. J. Hydrol. 512, 332–343.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.03.008>
- Tehrany, M.S., Pradhan, B. & Jebur, M.N. (2015). Flood susceptibility analysis and its verification using a novel ensemble support vector machine and frequency ratio method. Stoch. Environ. Res. Risk A 29, 1149–1165.
<https://doi.org/10.1007/s00477-015-1021-9>
- Tellman, B., Sullivan, J., Kuhn, C., Kettner, A., Doyle, C., Brakenridge, G., Erickson, T. & Slayback, D. J. N. (2021). Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods. 596(7870), 80-86.
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03695-w>
- Tonbul, S. & Sunkar, M. (2008). Batman Őehrinde yer seiminin jeomorfolojik zellikler ve doğal risk açısından değerlendirilmesi. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, 103-114.
- Turoğlu, H. (1997). İyidere Havzasının hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. Türk Coğrafya Dergisi (32), 355-364. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tcd/issue/21255/228106>
- Turoğlu, H. (2005, 1-04 Haziran 2005). Bartın'da meydana gelen sel ve taşkınlara ait zarar azaltma ve nleme nerileri. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, İstanbul.
- Turoğlu, H. & Aykut, T. (2019). Ergene Nehri Havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi. Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi (2), 1-15. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jader/issue/44568/538941>
- Turoğlu, H. & zdemir, H. (2005). Bartın'da Sel ve Taşkınlar, Sebepler, Etkiler, nleme ve Zarar Azaltma nerileri. Çantay Kitabevi.
- Utlu, M. & zdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga ayı Havzası rneği. Coğrafya Dergisi (36), 49-62. <https://dergipark.org.tr/en/pub/iucografya/issue/37715/408101>
- Verstappen, H. T. (1983). Applied geomorphology: geomorphological surveys for environmental development. ITC Enschede.
- Waikar, M. & and Nilawar, A. P. (2014). Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system: a case study. Int J Multidiscip Curr Res, 2(2014), 179-184. https://www.researchgate.net/profile/Aditya-Nilawar/publication/271657602_Morphometric_Analysis_of_a_Drainage_Basin_Using_Geographical_Information_System_A_Case_study/links/54cf26040cf29ca810fd9649/Morphometric-Analysis-of-a-Drainage-Basin-Using-Geographical-Information-System-A-Case-study.pdf
- Wanders, N., Karsenberg, D., Roo, A.D., De Jong, S. & Bierkens, M. (2014). The suitability of remotely sensed soil moisture for improving operational flood forecasting. Hydrol. Earth Syst. Sci., 18 (6), 2343–2357. <https://doi.org/10.5194/hess-18-2343-2014>
- Zavoianu, I. (2011). Morphometry of drainage basins. Elsevier.